



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Suministro de kitting mediante AGVs para líneas de flujo continuo

Autor:

Agüeros Herrero, Daniel

Tutor:

**García Ruíz, Francisco Javier
Ingeniería de Sistemas y Automática**

Valladolid, Octubre 2018.



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



Agradecimientos

A mis padres, gracias a quienes soy quien soy a día de hoy, que me han apoyado a lo largo de toda esta etapa académica y que sin duda han sido los mecenas de este proyecto.

A la gente de Faurecia, a todos mis compañeros del Departamento Técnico con los que trabajé para sacar adelante proyectos como este, y en especial a Óscar por todo lo que me ha enseñado.

A mis amigos, por su apoyo incondicional durante todo este tiempo y toda la energía que me aportan.

Y a ti, por estar siempre ahí.



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



Resumen

Uno de los elementos clave de la industria moderna es la calidad y eficiencia en el suministro de materiales a las áreas productivas. En este proyecto trataremos la implementación real de un sistema de kitting mediante AGVs para las líneas de flujo continuo de la fábrica de Asientos de Castilla y León, definiendo de una parte cuales son los fundamentos del kitting de forma teórica y las ventajas que puede aportar, y por otro lado, explicando la implementación y el funcionamiento del sistema que nos permite transportar los kits con los materiales desde el almacén hasta nuestras líneas de producción haciendo uso de vehículos que trabajan de forma autónoma y de un nuevo sistema de transportadores y mesas de transferencia.

Palabras clave: Kitting, AGV (vehículo autónomo), picking, waste (despilfarro), línea de fabricación.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. El grupo Faurecia	10
1.2. ASIENTOS DE CASTILLA LEÓN S.A.	13
1.3. Modelo productivo	16
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	19
2.1. Justificación.....	19
2.2. Objetivos.....	20
2.3. Presupuesto	21
3. KITTING MARCO TEÓRICO.....	23
3.1. Antecedentes	23
3.2. Marco teórico	25
3.2.1. Cambios en los sistemas de producción	25
3.2.2. Filosofía Lean.....	26
3.2.3. Reducción de despilfarros	27
3.2.4. Aplicación de la filosofía Lean	29
3.2.5. Principios Lean	30
3.2.6. Actividades Lean.....	32
3.2.7. Sistemas de aprovisionamiento de materiales.....	39
3.3. Actividades de selección de pedidos.....	41
3.4. Sistemas de Kitting.....	44
3.4.1. Razones para usar el kitting.....	45
3.4.2. Principales beneficios del Kitting	47
3.4.3. Principales inconvenientes de Kitting.....	49
4. IMPLANTACIÓN Y DESARROLLO	53
4.1. Ubicación del sistema.....	53
4.2. Descripción del sistema	53
4.2.1. Descripción mecánica del medio:	55
4.3. Modos de funcionamiento:	61



4.3.1.	Zona de carga (introducción de cajas de kitting secuenciadas).....	61
4.3.2.	Zona de descarga	69
4.4.	Automatización y movimientos manuales:.....	77
4.5.	Comunicación con AGVs:.....	84
4.5.1.	Fundamentos del funcionamiento	84
4.5.2.	Control de flotas mediante VSystems	86
4.6.	Modificación PLC líneas delanteras para la gestión de entrada/salida de bandejas	90
4.6.1.	Comienzo líneas delanteras	90
4.6.2.	Final línea delantera.....	91
4.6.3.	Nuevas señales:	91
5.	MATERIAL NECESARIO	95
5.1.	AGVs.....	95
5.1.1.	Características	96
5.2.	Carros de transporte.....	103
5.3.	Transportadores.....	106
5.4.	Integración eléctrica:	109
5.5.	Mantenimiento y repuestos	113
6.	RESULTADOS	115
7.	CONCLUSIONES.....	121
8.	APÉNDICES	125
9.	BIBLIOGRAFÍA	127



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**



1. INTRODUCCIÓN

En la industria actual, la creciente demanda de productos sobre los cuales el cliente final tiene una amplia capacidad de decisión incrementa el número de componentes distintos necesarios en las operaciones de ensamblaje, lo que hace necesarios modelos de suministro dotados de una alta flexibilidad. Ante esta situación donde el ensamblaje es complejo y la variabilidad de componentes es clave, el kitting surge como una opción que, además, nos puede otorgar múltiples beneficios relativos a diversas materias como la gestión del espacio, la reducción de tiempos o la mejora de las condiciones laborales.

De acuerdo con Bozer y McGinnis (1992) un kit es “una colección específica de componentes y/o subcomponentes que juntos (esto es, en el mismo contenedor), dando apoyo a una o más operaciones de ensamblaje para un producto dado u orden de trabajo”, y por tanto el kitting implicaría el aprovisionamiento de una cadena de montaje de dichos kits.

Nuestro proyecto va a tratar sobre la implementación de un sistema de kitting mediante AGVs para las líneas de flujo continuo de una planta de montaje de asientos de coche, es decir, de cómo aprovisionar a una cadena de ensamblaje de todas las piezas necesarias para el montaje del producto final mediante kits que incluirán todas las piezas necesarias para cada unidad productiva, y de cómo transportar dichos kits desde el almacén hasta nuestras líneas de producción haciendo uso de vehículos autónomos a fin de obtener un sistema completamente automatizado.

1.1. El grupo Faurecia

El emplazamiento donde tendrá lugar el montaje de nuestra instalación es la planta de Asientos de Castilla León S.A. del grupo Faurecia radicada en el Polígono Arroyo Berrocal de Valladolid.



Figura 1, vista aérea de Asientos de Castilla y León

Faurecia es una empresa de automoción global especializada en el diseño, desarrollo, fabricación y suministros de piezas automóbiles. Está dividida en 4 grupos empresariales clave; asientos de automóviles, tecnologías de control de emisiones, sistemas de interior y exteriores de automóviles.

Su misión es la de proporcionar soluciones innovadoras para productos y procesos que permitan fabricar vehículos que integren una combinación ganadora de seguridad, fiabilidad, comodidad, estilo y respeto al medio ambiente.

Faurecia es uno de los mayores proveedores de automoción mundial, en asientos de automóvil, interiores de vehículos y tecnologías de emisión limpias, suministrando 1 de cada 3 vehículos en todo el mundo. Con sede en Nanterre (Francia), fue fundada en 1997 y pertenece al Grupo PSA. En la actualidad, cuenta con presencia en 34 países y 330 centros de trabajo de los cuales 30 son centros de I+D. El Grupo Faurecia cuenta con 103.000 empleados, de los cuales 6.000 son ingenieros, y unas ventas de casi 20.7 millones de euros. En España, Faurecia posee 22 centros de trabajo y 4 centros de I+D.



Una fuerte presencia en todas las regiones de automoción



Figura 2, Datos sobre el grupo Faurecia

Faurecia es el sexto grupo a nivel mundial de componentes y equipamiento del automóvil, donde el principal cliente es Volkswagen, seguido del Grupo PSA, Renault y General Motors, ofreciéndoles soluciones innovadoras diseñando, desarrollando y fabricando gran cantidad de productos que se pueden diferenciar en tres divisiones empresariales:

❖ Asientos para el automóvil

Faurecia Asientos Automóvil #1 mundial en mecanismos & estructura de asientos
#3 mundial en el asiento completo



Figura 3, información sobre la sección de asientos

❖ Sistemas de interiores



Figura 4, información sobre la sección de interiores

❖ Tecnologías de control de emisiones

Faurecia Tecnologías de Control de Emisiones #1 mundial en tecnologías control emisiones



Figura 5, información sobre la sección de control de emisiones

Desde 2015, Faurecia se ha involucrado en una transformación estratégica de sus operaciones, guiada por los principios de la Industria 4.0. La aparición de nuevas soluciones, como robots colaborativos ("cobots") o vehículos guiados autónomos (AGV), ha llevado a un gran avance en la automatización de las actividades de montaje y manipulación en nuestras líneas de producción. (faurecia.com)

1.2. ASIENTOS DE CASTILLA LEÓN S.A.

Faurecia Asientos de Castilla León S.A, es una de las fábricas del grupo que ha ayudado que la división de asientos sea el número 1 a nivel mundial en mecanismos y estructuras de asientos y el tercero en el asiento completo. Está ubicada desde 1988 en el Polígono Industrial de Arroyo Berrocal a 3Km de Valladolid. Su localización se puede considerar punto estratégico, con conexión directa a la carretera nacional N-620 y a pocos metros de la salida 120 de la autovía A-62, lo que le permite a la fábrica producir componentes y equipos para sus principales clientes, Renault Palencia y Valladolid, así como una pequeña cantidad para Nissan Ávila, en un corto periodo de tiempo adaptándose a sus necesidades.



Asientos de Castilla León S.A. es una de las 34 plantas de producción que Faurecia posee en España, con una superficie total de 15.537m². Esta fábrica en concreto se encarga de la producción de asientos para automóviles, habiendo llegado a producir hasta 1.360 juegos de asientos al día con unos 400 empleados. Existen 4 turnos de trabajo, turno de mañana, turno de tarde, turno de noche y turno de fines de semana y festivos, estando este último turno inactivo durante el desarrollo del proyecto. Con dos velocidades de producción, N o N-1, producen una cantidad de 447 o 470 juegos de asientos cada turno, lo que equivale a un juego de asientos cada 54 o 53 segundos, respectivamente.

La planta sufrió una ampliación en el año 2018 que supuso la reconfiguración del área de almacén, con lo que surge la oportunidad de la inclusión de un nuevo sistema de kitting. Este documento se va a centrar en la línea de producción de los

asientos fabricados para Renault Palencia, donde se fabrican los modelos Renault Kadjar y Renault Megane:



RSA Palencia: BFB / HFE

Figura 6, modelos fabricados por el cliente

Pero además de producir los diferentes tipos de asientos para estos dos modelos de Renault, también provee una pequeña cantidad, unos 60 asientos diarios, a la fábrica abulense de Nissan donde se produce el Nissan Cabstar:

Nissan Cabstar for Ávila Plant: F91A



Figura 7, en esta planta también

Este trabajo se va a centrar en las líneas de montaje de los asientos para Renault, siendo el Layout actual de la planta el que podemos ver a continuación:

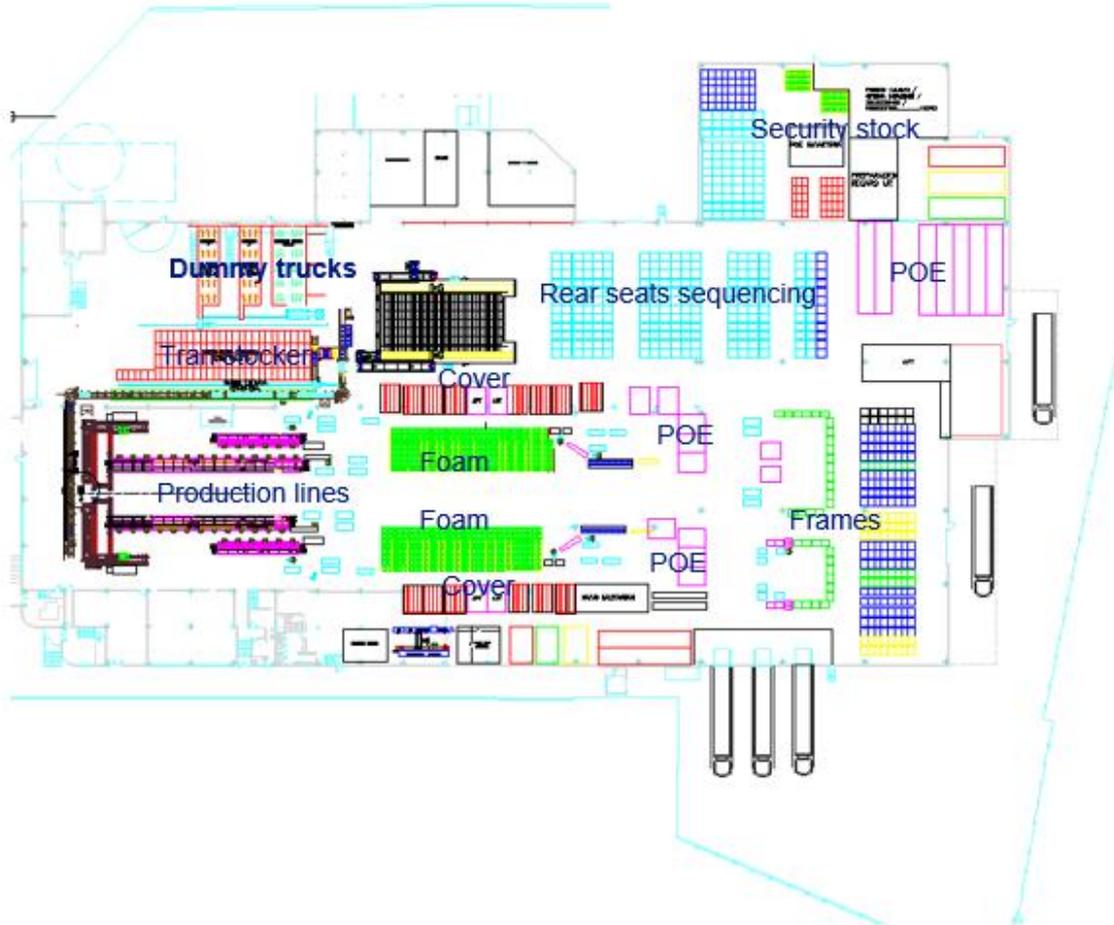


Figura 8, distribución actual de la planta de Asientos de Castilla y León

1.3. Modelo productivo

El modo de trabajo de esta fábrica se basa en la filosofía de la Mejora Continua y el Just In Time. Para llevar a cabo la mejora continua se sirven de los estándares de trabajo y los procedimientos que se encuentran en continua revisión, para poder dar al cliente la calidad que requiere. Utilizando la filosofía Just In Time donde el cliente recibe en el momento justo y en el orden adecuado los componentes que necesita para alcanzar sus objetivos de producción.

La planta cuenta con dos líneas de montaje de flujo continuo, una para los asientos de la derecha y otra para la izquierda en las que se concentra toda la producción de asientos para Renault. En ambos casos se montan exclusivamente los asientos delanteros.

Cada una de ellas se divide a su vez en la línea principal y la línea de respaldos. En la línea de respaldos como su nombre indica se montan los respaldos del asiento, los cuales al terminar de ser ensamblados pasan a la línea principal para atornillarse al basamento. A partir de este momento, cuando hablemos de las líneas de producción, nos estaremos refiriendo exclusivamente a las líneas principales, puesto que son las únicas que se ven afectadas por esta instalación.

En el momento en el que se plantea la introducción del kitting, todas las piezas necesarias para el montaje de los asientos se encontraban en cajas en estanterías en el borde de línea de las cuales el operario iba cogiendo la pieza requerida en función de un sistema de pick-to-lights.

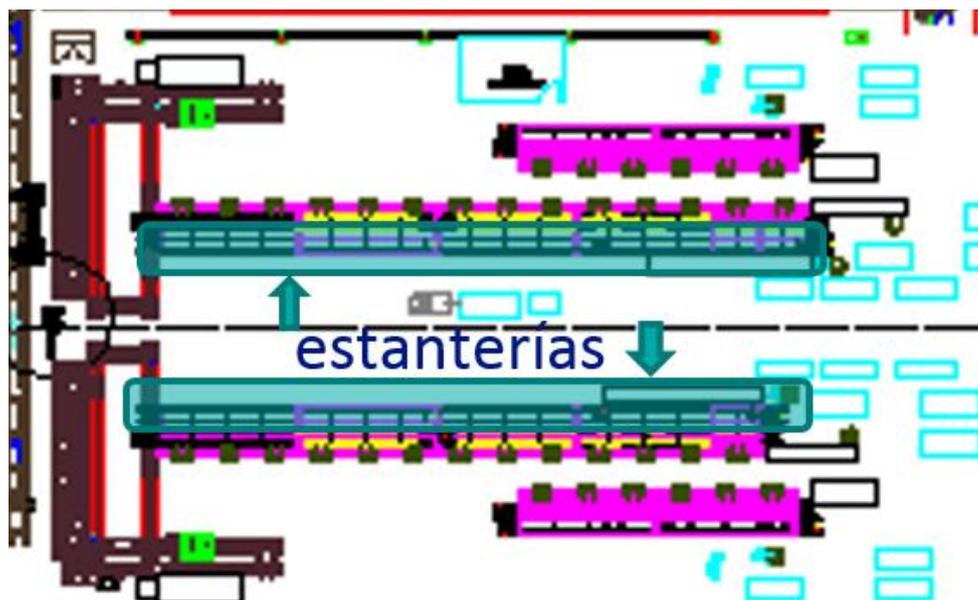


Figura 9, antigua posición de las estanterías pegadas a las líneas



En este sistema de pick to lights, en el primer puesto de la línea se leía la etiqueta en la cual aparecía toda la información relativa a ese asiento, con lo cual el sistema ya sabía que piezas eran las adecuadas en cada momento. Gracias a esto, al llegar el asiento a cada puesto de la cadena de montaje, una luz se iluminaba sobre la pieza que tenía que coger el operario para ensamblar en ese puesto, siendo su mano detectada por un sensor al coger la pieza, tras lo cual la luz se apagaba y el asiento seguía por la línea con normalidad.

Si por alguna razón el operario no cogía esa pieza, pasados unos segundos la línea se paraba hasta que el sensor detectaba que se cogía la pieza, siendo esta una de las principales causas de paradas en la línea.

Ante esta situación, se planteó la posibilidad de mejorar el sistema de aprovisionamiento de piezas para nuestro proceso, en la línea de otras plantas que estaban optando por sistemas de kitting y por AGVs para el transporte.



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.1. Justificación

Desde el equipo de Asientos de Castilla y León se planteó que la implementación de un sistema de kitting para el aprovisionamiento de piezas a las líneas de producción podría conllevar las siguientes ventajas:

- Reducción de dos miembros del personal de logística gracias a:
 - Reparto automático de los componentes mediante AGVs, en lugar de necesitar personal de logística para llevar diferentes tipos de transportes.
 - Solo dos zonas de aprovisionamiento en lugar de las tres actuales.

- Equilibrado de las líneas más flexible. Permite seguir las fluctuaciones del cliente. Este es sin duda un elemento clave que marca la diferencia frente al resto de métodos de suministro.

- Posibilidad de crear nuevas configuraciones N-1/N-2. Estas son las configuraciones que definen la velocidad de producción y la cadencia de nuestra línea de montaje.

- Mejoras en la ergonomía tanto de la línea de producción como en la logística.

- Mejora en el TRS de la línea de producción gracias a la eliminación de pick to lights. La gestión de tiempos es uno de los puntos críticos de cualquier cadena de montaje, y con este nuevo sistema se esperaban pequeñas mejoras en todos los puestos de la línea que implicasen alguna operación de montaje.

- 5S: Se eliminan las estanterías frontales y queda un espacio más limpio y diáfano entre líneas, proporcionando un espacio de trabajo más agradable a los operarios y facilitando las tareas de mantenimiento.



2.2. Objetivos

En un sector tan competitivo como es la automoción, donde la flexibilidad y la capacidad de adaptación son fundamentales, uno de los principales objetivos de las empresas es aumentar la satisfacción de sus clientes mejorando continuamente su producto manteniendo al máximo la calidad. A su vez, es fundamental mantener tanto el coste como el precio lo más bajos posible para poder competir, sin olvidar que siempre se busca aumentar la rentabilidad. Para lograr esto una empresa debe garantizarse un buen control sobre sus sistemas de producción, así como invertir en innovación y desarrollo buscando mejoras siempre que sea posible. Es aquí donde las decisiones sobre el suministro de materiales pueden ser clave, y nuestro objetivo es determinar si la opción que nos planteamos es la más adecuada para nuestro caso y como hemos de implementarla.

Este sistema tendrá como objetivo principal llevar las cajas o kits desde la zona de almacén hasta la zona de producción, para posteriormente introducir las cajas de kitting secuenciadas al inicio de nuestras líneas de fabricación y sacarlas al final de estas, para, en último lugar, llevar de nuevo las cajas al área de almacén para repetir el ciclo.

Para ello necesitaremos definir tanto el sistema para introducir y sacar las cajas de la línea sin que ello afecte a nuestro tiempo de ciclo, así como el diseño del sistema de transporte de las cajas desde la zona de almacén a la zona de producción. Del mismo modo, en este documento también nos centraremos en dichos procesos, comentando sus modos de funcionamiento, así como las señales de comunicación entre el sistema y el PLC de las líneas.

Por otra parte, se detallarán brevemente algunas características técnicas referentes a las cajas de kitting, al AGV y a los armarios eléctricos y demás elementos que compondrán nuestro sistema.

También trataremos de explicar razonadamente las conclusiones que se pueden extraer de la realización de este proyecto, así como de analizar tanto el desarrollo como los resultados obtenidos.

2.3. Presupuesto

En lo que al apartado económico se refiere, este proyecto también tiene una justificación desde el punto de vista de la cuenta de resultados, puesto que el objetivo es que se alcanzase la amortización en un plazo menor de un año.

Para todo el conjunto se estimó un gasto total de en torno a 200.000 €, de los cuales un diez por ciento iría destinado a la compra de las cajas o kits, y el resto estaría destinado a los nuevos transportadores. A esto había que sumarle un dispendio extra de unos 10.000 € para certificados, repuestos y materiales auxiliares como la cinta de los AGVs.

KITTING POEs + MOUSE/COIFFE COUSIN (K€)				
			CAR	
			BUDGET	TOTAL
C A P E X	LINES	Lines transporting kitting boxes	120	200
		Kitting boxes	20	
	WAREHOUSE	Lines transporting kitting boxes	60	
	TOTAL CAPEX			
E X P E N S E	LINE AND WAREHOUSE		BUDGET	TOTAL
		Certification		5
	Spare parts		BUDGET	TOTAL
		Motors, detectors, pneumatic stops, etc ...		5
	TOTAL EXPENSE			
TOTAL CAR KITTING				210

Figura 10, estimación del presupuesto para la instalación del sistema de kitting

Finalmente, entre las distintas ofertas recibidas por los proveedores se decidió optar por la oferta de la empresa Nikai Systems para el diseño y montaje de los transportadores por estar mucho más ajustada al precio que su competencia planteando todos ellas sistemas de características muy similares, mientras que en cuanto a los kits finalmente se optó por la francesa Ecopal.



	PROVEEDOR			
	NIKAI	ERGOS	VALENSYS / MiniTec	ECOPAL
KITTING POEs + RELLENO/FUNDA COJIN	181.887	284.763	468.691	20.056
Lineas Transporte de cajas kitting lineas	121.258	169.446	265.527	
Lineas Transporte de cajas kitting Almacen(Estimado)	60.629	84.723	132.764	
Cajas de kitting (150)				20.056

Figura 11, resumen de las principales ofertas de los proveedores

En todos estos cálculos no se incluye el coste de los AGVs, puesto que forman parte de una sustitución de trenes de transporte que se usaban anteriormente, con lo que se supone que el coste del alquiler de la flota no variaría de forma sustancial.

Con la inclusión del kitting en nuestro sistema productivo se estima que se pueden reducir las necesidades de plantilla en dos personas por turno, lo que implicaría una reducción anual de las necesidades de mano de obra directa de seis operarios. Teniendo en cuenta estos datos, se prevé un periodo de retorno de la inversión aproximado de once meses.

3. KITTING MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

En un sector tan competitivo como es la automoción, donde la flexibilidad y la capacidad de adaptación son fundamentales, uno de los principales objetivos de las empresas es aumentar la satisfacción de sus clientes mejorando continuamente su producto manteniendo al máximo la calidad. A su vez, es fundamental mantener tanto el coste como el precio lo más bajos posible para poder competir, sin olvidar que siempre se busca aumentar la rentabilidad. Para lograr esto una empresa debe garantizarse un buen control sobre sus sistemas de producción, así como invertir en innovación y desarrollo buscando mejoras siempre que sea posible. Es aquí donde las decisiones sobre el suministro de materiales pueden ser clave.

La experiencia muestra que la visión es tan importante como la acción para tener el máximo control en los sistemas de producción. Uno debe tener una visión sólida y una idea clara de sus metas futuras para establecer el sistema de producción más efectivo. Las filosofías Lean, que se iniciaron con el Toyota Production System, son vistas como un cambio revolucionario en esta mentalidad, en la que los fabricantes están sedientos en la búsqueda de la perfección, con sus efectos tanto en las acciones como en las visiones. (Dennis, 2002)

Las filosofías Lean ayudan a las empresas no solo a controlar su producción, sino que también les ayudan a combinar las mejoras en los aspectos operativos y comerciales, a gestionarlos para encontrar la forma de proporcionar éxito comercial

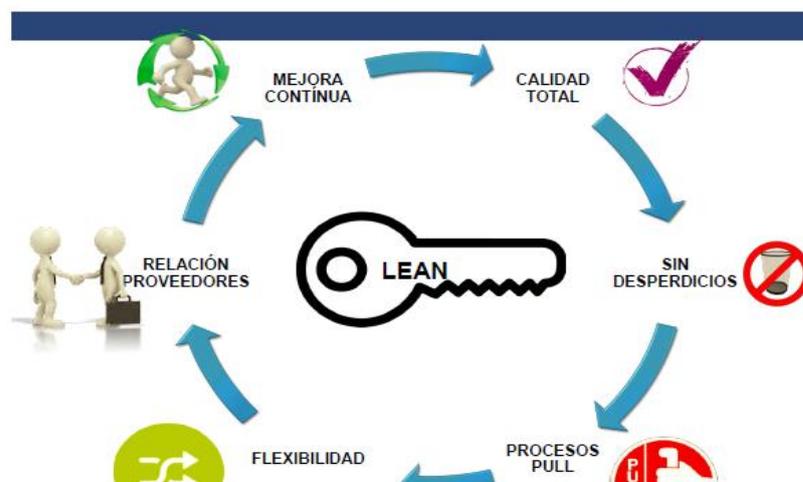


Figura 12, principios de la filosofía Lean

a largo plazo y a mejorar la capacidad del empleado para impulsar continuamente a esa empresa. (Dennis, 2002)

En la industria, las decisiones sobre el suministro de materiales son realmente importantes ya que permiten al fabricante aumentar el control y afectan a la eficiencia general de su sistema de producción.

La práctica de entregar componentes y subconjuntos al taller en las cantidades predeterminadas que se colocan juntas en contenedores específicos es conocida como kitting. En vez de entregar las piezas requeridas a una zona de ensamblaje en contenedores de componentes y en cantidades relativamente grandes, las partes se pueden juntar primero en los contenedores del kit antes de que ser transportadas al área de montaje. (Bozer y Mc Ginnis 1992)



Figura 13, funcionamiento básico de un sistema de kitting (universallogistics.com)

Según Mebdo (2008), el kitting es visto como una herramienta para solucionar problemas tales como:

- Falta de espacio
- Calidad
- Flexibilidad
- Manejo de materiales
- Aprendizaje



El kitting, cuando ha sido aplicado adecuadamente, ha mostrado numerosos beneficios para la línea de montaje. Puesto que el kitting implica tanto el acopio de todas las piezas del almacén como depositar el “kit” en la línea de montaje, todo ello afecta a múltiples fuentes de ineficiencias. Desde un punto de vista de filosofía lean, vale la pena pensar como las vías hacia un “lean kitting” son posibles. (Vujosevic, 2008)

3.2. Marco teórico

En este capítulo se presentan las teorías relacionadas con el kitting, a fin de poder entender mejor las razones de implementar estos tipos de sistema de suministro frente a las otras alternativas, y mostrar cómo puede constituirse en un elemento clave para el desarrollo de la industria 4.0 actual.

Con el fin de obtener una visión profunda del kitting en los sistemas de producción lean, Corakci (2008) afirma que es fundamental tener una comprensión de la filosofía Lean así como las principales actividades y operaciones que tienen lugar en el área de producción y ensamblaje.

3.2.1. Cambios en los sistemas de producción

En las últimas décadas la tendencia en todos los fabricantes a nivel mundial es tratar de adaptar sus sistemas de producción a la producción ajustada o lean production, cuyo principal exponente fue el Toyota Production System.

Sí la producción en masa es reconocida como el sistema de producción del siglo XX, la producción ajustada creada por Taiichi Ohno es vista como el sistema de producción del siglo XXI. (leanadvisors.com)

3.2.2. Filosofía Lean

La filosofía, principios y técnicas que fundamentan la producción lean se encuentra conceptualizados en la “Casa Lean” que observamos en la figura 14.

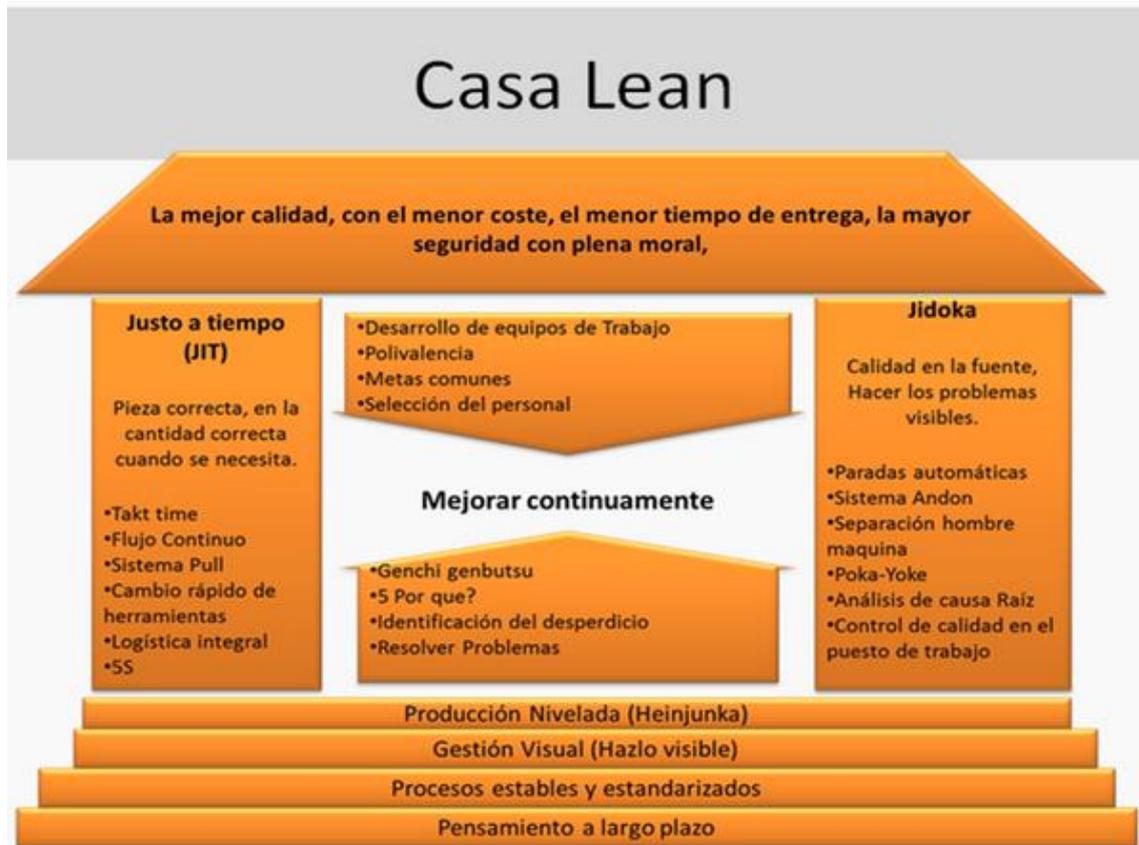


Figura 14, estructura de la casa Lean (Leansolutions, 2016)

El objetivo final se coloca en el techo y se centra en el cliente. El enfoque al cliente implica la más alta calidad, al menor coste y con el menor tiempo de entrega eliminando continuamente el desperdicio. Sin embargo, hoy los clientes tienen expectativas más amplias que antes. Por lo tanto, las compañías lean han agregado elementos tales como la seguridad, el medio ambiente y la moral de los colaboradores a sus objetivos principales. (Dennis, 2002)

La eliminación de desechos es el núcleo de la filosofía Lean. En el modelo, la forma de lograr el objetivo final es la eliminación continua de “muda”. Desde un punto de vista lean, muda (término japonés para desperdicio), significa cualquier actividad que el cliente no esté dispuesto a pagar. La eliminación de desechos está fuertemente relacionada con el lean, pero es solo un medio para lograr el ideal lean, no es un fin en sí mismo. (Bicheno, 2004)



Los trabajadores en un sistema lean siempre deben estar listos para ver el desperdicio y descubrir sus fuentes. Por lo tanto, los esfuerzos para eliminar el desperdicio nunca terminan. (Nicholas, 2006)

Como sugiere el modelo de Casa Lean, Lean es un sistema conceptual y físico, no es una caja de herramientas. Los profesionales Lean que consideran Lean como una caja de herramientas y se familiarizan con solo una o pocas herramientas y tratan de implementarlas en su organización se sentirán decepcionados. (Liker, 2004; Nicholas, 2006)

3.2.3.Reducción de despilfarros

Tal y como afirma Corakci (2008), prevenir la generación del waste, esto es, residuos, despilfarros, es al menos tan importante como la eliminación de desechos. El valor de es inverso al despilfarro y la generación de residuos. Todas las organizaciones necesitan mejorar continuamente la relación entre el valor agregado y las actividades que no agregan valor.

Hoy en día la reducción de despilfarros (waste reduction) constituye un pilar básico en cualquier industria que pretenda mantenerse competitiva y apuesta por la innovación.

Según Nicholas (2006), hay dos formas de hacer esto:

- Previendo y reduciendo el despilfarro.
- Buscando la mejora del valor añadido.

Bicheno (2004) menciona que Taiichi Ohno, el creador de Toyota Production System, originalmente definió siete “waste”, desperdicios. Más tarde, el desperdicio de potencial humano sin explotar también se agregó a la lista como el octavo despilfarro, ya que la producción ajustada busca crear “thinking people”, es decir, gente que se desarrolle plenamente en su puesto de trabajo.

Corakci elabora una lista partiendo de la de Onho a la que añade el octavo despilfarro adicional:



1. Despilfarro de sobreproducción: producción de artículos cuando no hay pedidos, producir demasiado, demasiado temprano o por si acaso. Todo ello crea pérdidas por exceso de personal, almacenamiento, costos de transporte y exceso de inventario.

2. Despilfarro de espera: Quita tiempo cuando el tiempo no se usa de manera eficiente. El tiempo de espera puede ser por trabajadores, partes o clientes y no agrega valor al producto.

3. Despilfarro de movimientos innecesarios: los empleados que realizan movimientos innecesarios como doblarse, estirarse, buscar piezas o caminar entre procesos crean despilfarros que no agregan valor

4. Despilfarro de transporte: el transporte ineficiente de materiales, partes, productos terminados entre procesos, y dentro y fuera del almacén, no agrega ningún valor.

5. Despilfarro de procesamiento excesivo / procesamiento incorrecto: Tener procesos innecesarios o ineficientes crea movimientos y defectos innecesarios en las piezas.

6. Despilfarro de Inventario Innecesario: El exceso de materias primas y el inventario de materiales terminados causan daños al producto, entregas tardías y desequilibrios. El inventario también oculta problemas en el sistema. La reducción de los inventarios revela los problemas y lleva a resolverlos.

7. Despilfarro de defectos: La producción de piezas defectuosas o la corrección cuestan tiempo y dinero. Cuanto más tiempo permanece sin detectar un defecto, más costos se agregan. Por esa razón, los defectos deben determinarse por métodos de prevención en lugar de por inspección.

8. Despilfarro de potencial humano sin explotar: El despilfarro se crea al no involucrar o escuchar a los empleados porque es una pérdida en el uso del potencial humano. Causa perder tiempo, ideas, habilidades, mejoras y oportunidades de aprendizaje.



3.2.4. Aplicación de la filosofía Lean

En la literatura aparecen múltiples formas de aplicación de la filosofía Lean, aunque todas se basan en los mismos principios. A continuación, pasamos a ver la estructura que le da Corakci (2008).

La forma correcta de aplicación del Lean en una empresa es elegir algunos de los bloques de base según la situación, importancia, conveniencia o economía y comenzar con un número suficiente de bloques de cimentación para colocar una de las paredes (JIT o Jidoka), y luego la filosofía que será apoyada por el muro. Eventualmente, agregando más bloques y paredes a la organización, y también por experiencia y aprendizaje, la organización será más ágil en cada paso. Este es un proceso largo, pero también es la única forma en que una organización puede lograr un sistema lean verdaderamente fuerte y duradero. (Nicholas, 2006)

Siendo un sistema de pensamientos y acciones hechos a medida para la compañía Toyota y que ha sido refinado a lo largo de los años, Lean no es un método que otras compañías puedan implementar directamente en su sistema simplemente practicando actividades Lean. La filosofía Lean requiere un cambio total de la mentalidad de la organización. (Womack y Jones, 1996; Liker, 2004)

Se puede realizar una transformación Lean siguiendo los pasos que enumeraremos a continuación. Sin embargo, hay que advertir que una vez que se aplica con éxito y se llega a un estado lean, no significa que la organización siempre será una organización lean y que los esfuerzos referentes a lean puedan verse disminuidos. En realidad, es justo lo contrario. En ese sentido, Lean es solo el comienzo. Es el comienzo de un proceso continuo de eliminación de residuos en la organización, por lo que este marco debe ser continuo e iterativo. (Bicheno, 2004)

1. Comprender los principios Lean.
2. Comprender a los clientes.
3. Estrategia, planificación y comunicación.
4. Comprender el sistema y la asignación.
5. Racionalización del Producto y Diseño Lean.
6. Implementación de los cimientos de la Casa Lean.
7. Implementación del ciclo de flujo de valor.
8. Construcción una Cultura Lean.
9. Sistema de suministro lean activo.

10. Sistema de distribución lean activo.
11. Presupuesto y mediciones.
12. Mejora y sostenibilidad.

3.2.5. Principios Lean

Con cinco principios podemos resumir el pensamiento Lean como se ve en la figura 15 que observamos a continuación:

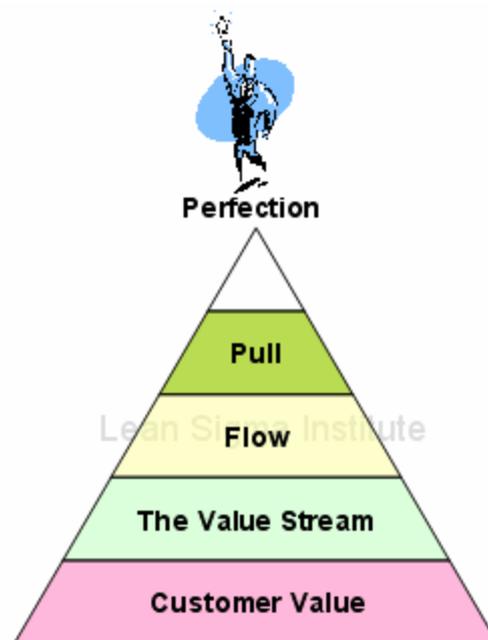


Figura 15 Principios Lean (Lean Sigma Institute)

Según Corakci (2008), los principios Lean se pueden definir así:

1. **Especificar el valor desde el punto de vista del cliente:** el punto de partida crítico para el pensamiento lean es el valor. El valor solo puede ser definido por el cliente final y solo es significativo cuando se expresa en términos de un producto específico (un bien o un servicio, y a menudo ambos a la vez), que satisface las necesidades del cliente a un precio específico en un momento específico. (Womack y Jones, 1996)

2. **Identificación del value stream:** Value stream (flujo de valor) son todas las acciones específicas requeridas para llevar un producto específico (ya sea un bien, un servicio o una combinación de ambos) a través de tres tareas de administración críticas en cualquier empresa. Estas tres tareas son la resolución de problemas o la tarea de definición del producto, la tarea de gestión de la información y la transformación física. (Bicheno, 2004)

El mapa de flujo de valor es una herramienta que:

- Le permite hacer los diagramas de su flujo de valor actual.
- Identifica los cuellos de botella que causan los retrasos.
- Desarrolla una visión de cómo debería ser su futuro sistema lean.

Además, también es importante observar toda la cadena de suministro o, más exactamente, la red de demanda. La concentración debe estar focalizada en el punto de vista del objeto (producto o cliente), no en el punto de vista del departamento o del proceso. (Bicheno, 2004)

3. **Hacer fluir el valor:** Hacer que el valor fluya significa trabajar en cada diseño, orden y producto continuamente de principio a fin para que no haya esperas, tiempo de inactividad o despilfarro dentro o entre los pasos. El estado ideal es un flujo de una pieza en y entre los procesos.

Esto generalmente requiere introducir nuevos tipos de organizaciones o tecnologías y deshacerse de los obstáculos. Es útil trabajar de acuerdo con la regla de oro de Stalk and Hout y nunca demorar una actividad que agrega valor debido a una actividad que no agrega valor. En su lugar, tales actividades deberían hacerse en paralelo. (Bicheno, 2004)

4. **Customer pull:** Pull (tirar, arrastrar) significa respuesta a corto plazo a la tasa de demanda del cliente. Permitir que el cliente sea el que marque la tasa de demanda del producto elimina los siguientes tipos de ineficiencias: diseños que están obsoletos antes de que el producto se complete, productos terminados, inventarios y hacer sistemas de seguimiento de inventario e información. (Bicheno, 2004)

5. **Buscar la perfección:** después de haber trabajado siguiendo los principios anteriores, la perfección se hace más alcanzable. En un contexto lean, la perfección significa producir exactamente lo que el cliente desea, exactamente en el momento correcto, a un precio justo y con el mínimo despilfarro. (Bicheno, 2004)

Bicheno (2004), también afirma que estos cinco principios no son un procedimiento secuencial y único, sino más bien un viaje de mejora continua.



3.2.6. Actividades Lean

Como se describe en el modelo de la Casa Lean, la filosofía Lean se basa en una serie de bloques de construcción y cimientos. Todos estos bloques consisten en diversas actividades cotidianas que contribuyen a un resultado exitoso de la filosofía Lean.

La base del sistema Lean es la estabilidad y la estandarización. Las paredes son la entrega JIT (justo a tiempo) y Jidoka. El objetivo del sistema está orientado al cliente, y en el corazón del sistema existe una involucración flexible y miembros del equipo motivados que continuamente buscan una mejor manera de hacer las cosas. (Corakci, 2008)

3.2.6.1. Estabilidad

La estabilidad es uno de los cimientos de la Casa Lean. Según Dennis (2002), las mejoras son imposibles de lograr sin estabilidad en las 4 M, que son:

- Mujer/hombre
- Máquina
- Material
- Método

Numerosos autores afirman que con el sistema 5S empieza la estabilidad, al admitir elementos cruciales para lograr la estabilidad de la producción como son el trabajo estandarizado y el TPM (Mantenimiento Productivo Total), además de trabajar en perfecta consonancia con la producción JIT.

Dennis (2002) menciona que el sistema 5S se compone de:

- Seiri (Clasificación): es el primer principio de la gestión visual y significa eliminar lo que no sea necesario en el lugar de trabajo.
- Seiton (Orden): se trata de colocar máquinas, herramientas, estantes de almacenamiento de forma eficaz para reducir el despilfarro de movimiento.
- Seiso (Limpieza): se trata de limpiar las áreas de almacenamiento, el equipo y entorno para elevar el espíritu de equipo.

- Seiketsu (Estandarización): se trata de poner estándares simples, claros y visuales mediante normas y procedimientos.
- Shitsuke (Mantener la disciplina): es asegurar que las 5S arraiguen en la empresa y se convierta en la forma normal de hacer negocios para seguir mejorando.



Figura 16, principios de las 5S (prevencionar.com)

Las 5S dirigen la organización al TPM, que es la clave para la estabilidad y efectividad de la maquinaria. (Corakci, 2008)

El TPM es revolucionario en el sentido de que cambia la mentalidad de " Yo opero, tu arreglas" a "Todos somos responsables de nuestros equipos, nuestra planta y nuestro futuro" (Dennis, 2002).



3.2.6.2. Estandarización

La estandarización es también uno de los bloques fundamentales de la Casa Lean. Las herramientas del trabajo estandarizado ayudan a mejorar la eficiencia al identificar el valor y el waste en el proceso. Según Dennis (2002), un estándar:

- Es una imagen clara de una condición deseada.
- Hace que las anomalías sean inmediatamente obvias para poder tomar medidas correctivas.
- Es bueno cuando es simple, claro y visual.

Bicheno (2004) explica tres aspectos clave del trabajo estándar que deben ser comprendidos:

- El trabajo estándar no es estático, debe actualizarse cuando se encuentre una mejor manera.
- El trabajo estándar admite estabilidad y reduce las variaciones desde que se realiza el trabajo exactamente de la misma manera cada vez.
- El trabajo estándar es esencial para la mejora continua.

Según Dennis (2002), los beneficios de la estandarización se pueden enumerar como:

- Estabilidad del proceso
- Puntos de parada y de inicio claros para cada proceso
- Aprendizaje organizativo
- Auditoría y resolución de problemas
- Participación del empleado y poka-yokes
- Kaizen
- Entrenamiento

Los elementos más importantes del trabajo estandarizado son: Takt time, tiempo de ciclo, secuencia de trabajo y el stock en proceso.

El Takt time nos dice con qué frecuencia se debe producir un producto. El tiempo de ciclo es el tiempo real que lleva realizar el proceso. El objetivo es



sincronizar el takt time con el tiempo de ciclo. La secuencia de trabajo define el orden en que se realiza el trabajo y debe ser definida claramente. El stock en proceso es el número mínimo de piezas de trabajo sin terminar requeridas para que el operador complete el proceso sin pararse frente a una máquina.

3.2.6.3. Just in Time

La producción justo a tiempo es uno de los pilares que conforman la Casa Lean y se basa en un Sistema Pull. Pull (tirar) significa producir solo cuando hay un pedido de un cliente. Lo opuesto es empujar, y significa producir incluso si no hay demanda para ello. (Dennis, 2002)

Dennis (2002) afirma que la producción JIT sigue cuatro reglas simples:

1. No produzca algo a menos que el cliente lo haya ordenado.
2. Nivele la demanda para que el trabajo pueda realizarse sin problemas en toda la planta.
3. Vincule todos los procesos a la demanda del cliente a través de herramientas visuales (kanbans)
4. Maximice la flexibilidad de las personas y la maquinaria.

Los componentes de un sistema JIT son:

- Kanban: es un sistema de herramientas visuales que se sincroniza y proporciona instrucciones para proveedores y clientes tanto interna como externamente.
- Nivel de producción (heijunka): el objetivo es producir al mismo ritmo todos los días, y minimizar la variación en la carga de trabajo. Heijunka también admite una adaptación rápida a la demanda fluctuante.



3.2.6.4.Jidoka

La otra pared que construye la Casa Lean es Jidoka. Este término ha sido definido por Toyota como "automatización con una mente humana" e implica trabajadores inteligentes y máquinas que identifican errores y toman contramedidas rápidas. (Dennis, 2002)

3.2.6.5.Prueba de error

Dennis (2002) afirma que las altas tasas de defectos causadas por los errores en la producción conducen a frecuentes paradas en la línea, que hacen que fluya y tire, y por lo tanto, la producción es imposible.

Hirano (1988) menciona diez tipos diferentes de errores:

- Olvido
- Errores debido a malentendido
- Errores en la identificación
- Errores cometidos por aficionados
- Errores voluntarios
- Errores inadvertidos
- Errores debido a la lentitud
- Errores debido a la falta de estándares
- Errores sorpresa
- Errores intencionados

Hirano (1988) también afirma que casi todos los errores pueden prevenirse si se pone el suficiente esfuerzo en identificarlos y se toman medidas para prevenirlos mediante el uso de métodos poka-yoke. Poka-yoke significa implementar dispositivos simples de bajo coste que detectan situaciones anormales antes de que ocurran o, una vez que ocurren, detienen la línea para prevenir defectos. (Dennis, 2002)



Ejemplos típicos de dispositivos poka-yoke son pasadores de guía, detectores, alarmas, finales de carrera, contadores y listas de verificación. (Hirano, 1988)

Según Dennis (2002), un buen poka-yoke cumple con los siguientes requisitos:

- Simple, duradero y bajo mantenimiento.
- Alta fiabilidad.
- Bajo coste.
- Diseñado para las condiciones del lugar de trabajo.
- Obtenidos por miembros del equipo del taller.

3.2.6.6. Implicación

La participación está en el corazón de la Casa Lean. Según Corakci (2008), el objetivo explícito de todas las actividades de participación es mejorar la productividad, el coste, el tiempo de entrega, la seguridad, el medio ambiente y la moral de la siguiente manera:

- Resolver problemas específicos desarrollando poka-yokes, reduciendo el tiempo de desplazamiento al alterar el layout, reduciendo el tiempo de cambio, etc.
- Reducción de molestias aplicando 5S para que las cosas sean fáciles de ver y encontrar.
- Reducir el riesgo mediante la implementación de poka-yokes para eliminar vertidos.

Según Dennis (2002), el elemento clave es mejorar la capacidad de los miembros del equipo. Al fortalecer al empleado, una empresa puede afrontar el futuro con confianza.

Kaizen Circle Activity (KCA) es la actividad de participación más conocida. Ayuda a los miembros del equipo a mejorar su capacidad para trabajar como parte de un equipo, como líder y también mejora su capacidad para pensar clara y lógicamente para resolver problemas. También ayuda a los miembros del equipo a crear confianza. (Dennis, 2002)



3.2.6.7. Fast, Flexible and Flow

Según Bicheno (2004), rápido, flexible y el flujo es la base de Lean en la fabricación.

Las empresas que pueden combinarlas del mejor modo pueden obtener de manera simultánea una gran productividad e importantes ganancias de calidad.

Rápido, flexible y fluir es la visión que lean requiere ir para la reducción de despilfarros y la mejora continua. Significa derribar las barreras entre los departamentos tradicionales. (Corakci, 2008)

Bicheno (2004) afirma que la rapidez es muy importante porque la velocidad está en el corazón de Lean, como dijo Ohno:

"Todo lo que estamos haciendo es mirar la línea de tiempo ... desde el momento en que el cliente hace un pedido hasta el cobro. Y estamos reduciendo la línea de tiempo eliminando los residuos sin valor añadido "

En la filosofía Lean, el enfoque principal está en las economías de tiempo, no en las economías de escala. Los clientes a menudo están dispuestos a pagar más por una entrega rápida. Además, cuando producir rápidamente se convierte en el objetivo, conduce automáticamente a la reducción de despilfarros, a un mejor diseño, a la reducción de la sobreproducción, a relaciones laborales más cercanas, a una mejor calidad, a lotes más pequeños y al pensamiento enfocado al flujo de valor. (Bicheno, 2004)

La flexibilidad es clave para Lean, ya que tiene la llave para responder a las necesidades del mercado lo más rápido posible y para obtener una ventaja competitiva. Hoy, Toyota, mediante el uso de la filosofía Lean, tiene la ventaja de flexibilidad en comparación con sus competidores occidentales. Al hacer cambios sutiles en la combinación de modelos de vehículos en el cronograma de producción, Toyota puede ajustar su producción para satisfacer la demanda creciente o decreciente de los clientes y, a la vez, mantener las plantas funcionando a plena capacidad. En ese sentido, las empresas occidentales son mucho menos flexibles y las consecuencias son plantas ociosas, demasiado inventario o pérdida de ventas. (Nicholas, 2006)

El flujo también es muy importante en Lean. Significa trabajar de manera constante al ritmo del cliente, no apresurarse y esperar, o concentrarse en el valor agregado mientras se ignoran las horas que no agregan valor. Ir por el flujo implica no solo competir a través de clientes más satisfechos, sino también una mayor productividad al reducir los despilfarros de la espera y el inventario. (Bicheno, 2004)

3.2.7. Sistemas de aprovisionamiento de materiales

Corakci (2008) afirma que uno de los elementos clave para una línea de ensamblaje es la decisión sobre el sistema de aprovisionamiento de materiales, es decir, el método de suministro de materiales a los operadores. Esta decisión afecta al resto de actividades realizadas, así como al rendimiento de la línea de montaje.

Johansson (1991) menciona tres principios para un sistema de suministro de materiales para una línea de ensamblaje que son el suministro por lotes, el suministro continuo y el kitting. Estos principios están categorizados con respecto a dos variables principales como se ve en la figura 17 a continuación:

- Si una selección o todos los números de pieza se muestran en la estación de ensamblaje
- Si los componentes están ordenados por número de pieza u objeto a ensamblar

	Selection of part numbers	All part numbers
Sorted by part number	BATCH	CONTINUOUS
Sorted by assembly object	KITTING	

Figura 17 Principios para el suministro de materiales (Johansson 1991)



3.2.7.1. Suministro continuo

Johansson (1991) define el suministro continuo como el caso en que el material se distribuye a las estaciones de ensamblaje en unidades adecuadas para el manejo y donde estas unidades se reemplazan cuando están vacías.

Bozer y McGinnis (1992) mencionan el mismo concepto como almacenamiento en la línea. La entrega masiva de los materiales es la forma habitual de proveer los materiales. Cada número de pieza diferente se suministra a la línea de montaje en un contenedor individual. La principal ventaja de este método es que no es necesario un preprocesamiento de las piezas y la disponibilidad continua de existencias en la línea de montaje. En el caso de que falte una pieza o esté defectuosa, el operario de ensamblaje puede elegir fácilmente otra desde el contenedor.

Sin embargo, para Corakci (2008), presenta diversas desventajas. Si hay un exceso de piezas para ensamblar significa que hay mucho capital inmovilizado en inventario, el área de producción se está viendo superpoblado por las piezas, y el operador del ensamblaje tiene que moverse mucho para obtenerlas y pierde tiempo buscando los números de pieza correctos.

3.2.7.2. Suministro secuencial

Johansson & Johansson (2006) define el suministro secuencial como el método de suministro en el cual los números de pieza necesarios para un número específico de objetos de ensamblaje se muestran en las estaciones de ensamblaje, ordenados por objeto. La principal motivación para el suministro secuencial es el hecho de que si el producto se ensambla en una línea serie donde solo se ensamblan unos pocos componentes en cada estación, el kitting es menos ventajoso ya que requerirá mucho manejo adicional de materiales para preparar diferentes kits para cada estación. El proceso de secuenciación puede ubicarse dentro o fuera de la planta de ensamblaje, lo que significa que el principio de suministro de materiales puede diferir entre la estación de ensamblaje y la cadena de suministro. Esto también es cierto para los otros principios de suministro de materiales.



Johansson (1991) afirma que estos principios existen simultáneamente en un sistema y que los diferentes tipos de partes se complementan entre sí. En la práctica, los sistemas puros difícilmente pueden describirse debido a la variedad de sistemas y soluciones.

3.2.7.3. Suministro por lotes

En los sistemas de suministro por lotes, el material se suministra para varios objetos de ensamblaje específicos. El lote de materiales puede ser un lote de los números de pieza necesarios o un lote de estos números de pieza en las cantidades necesarias. (Johansson, 1991)

3.3. Actividades de selección de pedidos

Otro elemento de importancia vital para la línea de montaje es todo lo relativo al método para la preparación de pedidos (order picking).

El picking de pedidos (order picking) es el proceso de coger elementos del almacén para satisfacer una demanda específica. Se puede realizar de forma manual o parcialmente automatizada. Representa el servicio básico que el almacén brinda al cliente. En un área de fabricación, la línea de montaje es aceptada como cliente interno del almacén. (Tompkins, 1996)

Brynzer (1995) menciona una forma de clasificar los sistemas de preparación de pedidos según si el picker (recolector) está viajando a los lugares de picking (picker to part) o los materiales se llevan al picker (part to picker). Picker to part es más utilizado en la industria habitualmente.

Según Piasecki (2003), de entre todos los procesos de almacén, la selección de pedidos es el que más atención recibe, puesto que la capacidad de procesar pedidos de clientes de forma rápida y precisa se ha convertido en una parte esencial de la actividad comercial. Según la encuesta anual de miembros del Consejo de Educación e Investigación de Almacenaje, las actividades de selección de pedidos constituyen el 50% del coste total de operación en un almacén típico.

Frazelle (2001) enumera una serie de elementos de trabajo relacionados con la preparación de pedidos de la siguiente manera:

- Viajar hacia, desde y entre ubicaciones de picking
- Extracción de elementos de ubicaciones de almacenamiento
- Acceder a ubicaciones de picking
- Documentación de transacciones de picking
- Clasificación de artículos en pedidos
- Artículos de embalaje
- Búsqueda de ubicaciones de picking

La distribución típica del tiempo de trabajo en la recogida de materiales se muestra en la figura 18 a continuación:

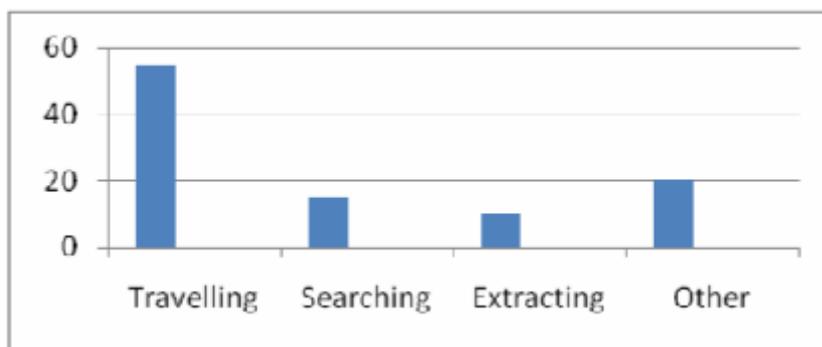


Figura 18 Distribución del tiempo de trabajo en el picking de pedidos (Piasecki, 2003)

Frazelle (2001) recomienda algunos métodos para reducir (o eliminar) estos tiempos de trabajo, como acercar ubicaciones de selección a quien realice el picking para reducir el tiempo de viaje, automatizar el flujo de información para reducir el tiempo de documentación, presentar artículos al nivel de la cintura para reducir el tiempo de alcance, iluminar los lugares en que se realiza el picking para reducir el tiempo de búsqueda y dispensación automática para reducir el tiempo de extracción.



Tompkins (1996) recomienda una serie de principios para planificar la selección de pedidos:

- Llevar las ubicaciones de recogida al picker.
- Eliminar y combinar tareas de preparación de pedidos cuando sea posible.
- Pedidos por lotes para reducir el tiempo total de viaje.
- Establecer áreas separadas de avance y retroceso.
- Asignar los artículos más utilizados a las ubicaciones más accesibles en el almacén.
- Equilibrar la actividad de picking en el área de trabajo para reducir la congestión.
- Asignar elementos que probablemente se soliciten juntos en la misma ubicación o en ubicaciones cercanas.
- Gestionar de los trayectos a las ubicaciones de picking para reducir los tiempos de viaje.
- Organizar la documentación y pantallas de kitting para minimizar el tiempo de búsqueda y los errores.
- Diseñar los vehículos de picking para minimizar el tiempo de clasificación y los errores para aumentar la comodidad del picker.
- Reducir al mínimo el papeleo en el picking.

Entre los objetivos clave del diseño de una operación de picking cabe destacar el aumento de la productividad, la reducción del tiempo de ciclo y mejorar la precisión. En ocasiones, estos objetivos pueden entrar en conflicto entre sí porque un método que se centra en la productividad puede no proporcionar un tiempo de ciclo lo suficientemente corto, o un método que se centre en la precisión puede sacrificar la productividad. (Piasecki, 2003)

Las decisiones sobre los sistemas de preparación de pedidos son muy importantes para el kitting ya que, como ya que según lo establecido por Bozer y McGinnis (1992) y también respaldado por otras investigaciones como las de Brynzer (1995) y Medbo (2008), conceptualmente el kitting es una operación de picking en sí misma.



3.4. Sistemas de Kitting

En este apartado pasamos a presentar las principales teorías sobre el kitting como un elemento con un gran encaje dentro de la filosofía Lean. Explicaremos cuales son los motivos para aplicar el kitting, y del mismo modo desarrollaremos los principales beneficios y desventajas.

La práctica de suministrar componentes y subconjuntos a la línea de ensamblaje en cantidades predeterminadas que se colocan juntas en contenedores específicos es conocida como "kitting" en la industria. (Corakci, 2008)

Un kit se puede definir ver generalmente como un contenedor que contiene un surtido específico de partes que se usan en una o más operaciones de ensamblaje en la planta. (Bozer y McGinnis, 1992)

En los kits, todos los artículos se presentan en un orden lógico para que puedan sacarse del contenedor lo más rápido posible sin daños. Es importante que tenga un diseño simple y que esté estructurado y distribuido de una manera predeterminada y efectiva. (Lean Advisors, 2008)

El tipo de componentes y subconjuntos necesarios para cada tipo de kit viene dado por la estructura del kit. El montaje del kit (kit assembly) es una operación donde todos los componentes y / o subconjuntos que se requieren para un tipo de kit en particular se colocan físicamente en el contenedor del kit apropiado. Conceptualmente, la creación del kit es una operación de preparación de pedidos. (Bozer y McGinnis, 1992)

La preparación del kit se considera normalmente como un trabajo no productivo. Sin embargo, algunos investigadores como Öjmertz (1998) afirman que la variedad de componentes podría considerarse como un valor agregado, ya que mejora los requisitos previos para el operador de ensamblaje.

El montaje del kit puede ser realizado como una actividad de picking o por los mismos ensambladores. Además, el picking puede realizarse en un almacén central o en áreas descentralizadas ubicadas cerca del área de ensamblaje, lo que se conoce como mercados de materiales. (Brynzer, 1995)



Bozer y McGinnis (1992) diferenciaron entre dos tipos de kits, que son los kits estacionarios y los travelling kits (kits móviles). Un kit estacionario se entrega en una estación de trabajo y permanece allí hasta que se agota. El producto que se monta se mueve de una estación a otra. Un kit móvil va junto con el producto y da servicio a varias estaciones de trabajo antes de que agotarse.

También hay dos tipos de kits móviles. En el primer tipo, el kit y el producto viajan en el mismo contenedor en que el producto es ensamblado. En el segundo tipo, el producto viaja en un contenedor y el kit lo sigue en paralelo en un contenedor separado. (Corakci, 2008)

El kit generalmente no contiene todas las piezas necesarias para ensamblar una unidad del producto final debido a la complejidad o el tamaño del producto. Además, ciertos componentes como pueden ser las arandelas casi nunca se incluyen en los kits, sino que se envían a granel al taller. (Bozer y McGinnis, 1992)

El kitting puede ser realizado tanto internamente como por un proveedor a un menor coste por hora. Sin embargo, el tiempo de espera aumentará debido al transporte del proveedor a la línea de producción. Dado que los kits a menudo se suministran en la secuencia correcta del programa de producción, esto complicará las tareas de suministro al operador. Además, la distribución de actividades de kitting sobre varios proveedores a veces conduce a instalaciones subóptimas y operaciones en gran parte manuales. (Limere y Van Landeghem, 2008)

3.4.1. Razones para usar el kitting

En la búsqueda de sistemas de producción más eficientes y flexibles junto con la posibilidad de mejores condiciones de trabajo, se han desarrollado sistemas de ensamblaje altamente paralelizados con largos tiempos de ciclo. En general, las líneas de productos requieren más y más piezas debido a la mayor diversidad de productos. (Elser, 1985)



Una desventaja de estos sistemas paralelos y largos tiempos de ciclo es su la dificultad en el suministro de materiales. Es por ello por lo que los sistemas de kitting se han considerado y desarrollado. (Johansson, 1991)

Las razones para usar el kitting todavía parecen poco entendidas y controvertidas. Bozer y Ginnis (1992), afirman que los defensores del kitting señalan que le da al usuario un mejor control del WIP y ayuda a reducir el espacio. Por otro lado, los oponentes afirman que las horas-hombre consumidas en el proceso de selección son trabajos no productivos y que el kitting se usa principalmente para ocultar la mala gestión de las operaciones de fabricación. (Brynzer, 1995)

En los sistemas de ensamblaje paralelo hay más piezas en cada estación de trabajo que en los de ensamblaje en serie. Esto conduce a una falta de espacio cuando se utiliza un suministro continuo. Además, se aumentará el número de áreas de almacenamiento por pieza, ya que cada elemento se suministra a varias estaciones paralelas en lugar de a una estación. En esta situación, con el uso de suministro continuo se producen problemas administrativos. Además, se dan problemas de flexibilidad que resultan en una gran cantidad de capital inmovilizado en el almacenamiento y en el sistema de producción. (Brynzer, 1995)

Además, Brynzer (1995) menciona que el kitting también ha demostrado ser apropiado:

- Cuando una gran cantidad de componentes distintos requieren un espacio muy grande en el sistema de ensamblaje.
- Para minimizar el riesgo de montar el componente incorrecto.

Desde el punto de vista del flujo del producto, los sistemas de flujo paralelo y ensamblaje de tiempo de ciclo largo pueden parecer confusos a los ingenieros que desean suavizar el flujo de productos y componentes dentro de una planta, ya que el flujo de producto en este tipo de planta no refleja el trabajo real de ensamblaje. Como los operarios se mueven constantemente por los productos y alternan entre los productos y las estaciones de subconjuntos, el patrón de trabajo solo refleja el trabajo de ensamblaje, pero no el flujo del producto. Por lo tanto, una razón importante para usar el kitting es el aspecto de la calificación del producto. Un principio básico es que los kits de materiales deben funcionar como rompecabezas estructurados, pautas de ensamblaje que permiten a los operarios supervisar su trabajo. De esta forma, se apoya el trabajo de ensamblaje de los trabajadores. (Medbo, 2003)



La teoría sobre el flujo paralelo y los sistemas de ensamblaje de tiempo de ciclo largo se ha centrado principalmente en la eficiencia y los aspectos organizativos. Los argumentos subrayados son que el aumento de la ampliación del trabajo, a través del trabajo de ensamblaje de tiempo de ciclo largo, combinado con flujos de producto paralelos, permite enriquecer el trabajo y grupos de trabajo autónomos. Sin embargo, los méritos en forma de flexibilidad también son cada vez más importantes debido a ciclos de vida del producto más cortos, mayor variación del producto y plazos de entrega más cortos. (Medbo, 2003)

3.4.2.Principales beneficios del Kitting

Si buscamos en la literatura especializada, nos encontraremos con numerosas ventajas para el uso del kitting, siendo muchas de estas citadas por más de un investigador.

Procedemos a agruparlos en las cinco categorías mencionadas por Corakci (2008). Aquí, se puede destacar que algunos beneficios encajan dentro de más de una categoría, por ejemplo, la eliminación del tiempo de búsqueda puede considerarse un beneficio tanto desde el punto de vista de la gestión de materiales como desde el punto de vista del aprendizaje, ya que reduce parte de la formación requerida para el picker.

- ❖ Beneficios a la hora de resolver problemas de espacio:
 - Ahorro de espacio en las estaciones de trabajo, ya que, si los materiales se suministraran en contenedores de materiales con numerosos componentes idénticos en el mismo contenedor, esto requeriría una planta enorme (Bozer y Mc Ginnis, 1992; Medbo 2003)
 - Ahorro en espacio de fabricación y un taller mejor organizado. (Bozer y Mc Ginnis, 1992; Medbo, 2003)
 - Los costes de inventario podrían reducirse gracias al almacenamiento y ensamblaje integrados. (Sellers y Nof, 1986; Schwind, 1992)



- ❖ Beneficios relativos a los problemas de calidad:
 - Las piezas podrían dañarse estando paradas en paquetes abiertos. (Schwind, 1992)
 - Uso más seguro de componentes que sean similares en apariencia. (Schwind, 1992)
 - Los componentes se pueden presentar en orden secuencial o de ensamblaje en paquetes especiales que aseguran el ensamblaje correcto. (Schwind, 1992)
 - Con el kitting se asegura el uso de la última lista de materiales. (Schwind, 1992)
 - Los componentes de mayor valor pueden asegurarse en el kit. (Schwind, 1992)
 - Identificación temprana de componentes de baja calidad. (Sellers & Nof, 1986; Bozer y McGinnis, 1992; Medbo, 2003)
 - Habrá menos daño en el proceso de transporte. (Bozer y Mc Ginnis, 1992; Medbo, 2003)

- ❖ Beneficios en la gestión de materiales:
 - Menor manipulación del material, en lugar de enviar piezas individuales, se enviará una colección de piezas a la línea de montaje. (Sellers y Nof, 1986; Ding y Balakrishnan, 1990; Medbo 2003)
 - La eliminación del tiempo de búsqueda. Los operarios no necesitan buscar las piezas necesarias, ya que todas las piezas están en un solo kit. Por lo tanto, se aumenta la productividad. (Ding y Balakrishnan, 1990; Medbo, 2003)
 - Mayor control sobre el WIP, las partes de los kits existentes proporcionan información inmediata con respecto al nivel de WIP, ya que cada kit consta de una cantidad predeterminada de partes. (Ding y Balakrishnan, 1990)
 - Se puede asegurar que todos los componentes estén disponibles antes de programar el trabajo. (Schwind, 1992)
 - Mejor control del flujo de materiales. (Sellers y Nof, 1986)
 - Cuando los kits están estandarizados, nace la oportunidad de implementar el manejo robótico. (Boldrin, 1982; Bozer y Mc Ginnis, 1992)



- ❖ Beneficios de flexibilidad:
 - Las áreas de montaje podrían ser más flexibles y estar libres de componentes sobrantes. (Schwind, 1992)
 - Si tradicionalmente se han utilizado materiales que se alimentan a través de la línea en el ensamble de flujo paralelo, el control de la cantidad de componentes para almacenar, el reabastecimiento y las numerosas órdenes de cambio de diseño será complicado de administrar y manejar. (Medbo, 2003)
 - Mejor control y mejor visibilidad del flujo de componentes en el taller. Como consecuencia, la disponibilidad de la parte también será mejor, además del cambio de producto que puede lograrse fácilmente. (Conrad y Pucanic, 1986; Bozer y Mc Ginnis, 1992; Medbo, 2003)
 - Menos trabajo en proceso en las estaciones de trabajo y, en consecuencia, plazos de entrega más cortos. (Medbo, 2003)

- ❖ Beneficios en el aprendizaje:
 - Los kits son fáciles de aprender para los trabajadores de ensamblaje lo que permite un entrenamiento más fácil (curvas de aprendizaje más bajas) y también reduce el coste de la formación. (Ding y Balakrishnan, 1990; Medbo 2003)
 - Usar los materiales como instrucción de trabajo. (Medbo, 2003)
 - Los productos complejos pueden ser revisados y entendidos. (Medbo, 2003)
 - Sería fácil darse cuenta si falta un componente, dado que el paquete del kit es adecuadamente diseñado. (Schwind, 1992)

3.4.3.Principales inconvenientes de Kitting

Como toda tecnología, el kitting también tiene sus contrapartidas, por lo tanto, es importante mencionar los inconvenientes del kitting para tener una visión de conjunto lo más objetiva posible. Los principales inconvenientes recogidos por Corakci (2008), son los siguientes:

- Preparar los kits requiere tiempo y esfuerzo, y no es una actividad que agregue valor (gasto) (Bozer y McGinnis, 1992)

- Es probable que el kitting aumente los requisitos de espacio de almacenamiento, especialmente cuando los kits se preparan con anticipación. (Bozer y McGinnis, 1992)
- Cuando los diferentes kits contienen partes comunes, se debe realizar una asignación de las partes disponibles para los kits. (Bozer y McGinnis, 1992)
- La escasez temporal de piezas disminuirá la eficiencia general del kitting. (Bozer y McGinnis, 1992)
- Es posible que se necesiten piezas de repuesto en la línea de montaje en caso de que una pieza del kit esté equivocada o defectuosa, de lo contrario se interrumpirá la producción. (Bozer y McGinnis, 1992)
- Aquellos componentes que puedan fallar durante el proceso de montaje requerirán una consideración especial o excepciones. (Bozer y McGinnis, 1992)
- Si se produce escasez de piezas, algunos kits pueden sufrir mordidas. Es decir, algunas piezas pueden extraerse de algunos de los kits existentes. Esto puede complicar aún más la escasez y puede ocasionar problemas en el recuento de piezas. (Bozer y McGinnis, 1992)
- A mayor número de situaciones de manipulación aumenta la probabilidad de dañar los componentes, por lo tanto, no todos los componentes son adecuados para el kitting. (Johansson & Johansson, 2006)

En la literatura, hay muchos comentarios sobre los problemas al usar kits ensamblados de manera incorrecta o incompleta. El concepto de "kit completo" es introducido por Ronen (1992) como la preparación del kit antes de su envío al área productiva. Corakci (2008), afirma que las reglas sobre cómo usar el kit completo pueden diferenciarse en tres bloques:

- ❖ No comenzar el ensamblaje a menos que el kit esté completo. Asignar a una persona como gater para que esté a cargo del kit completo y las tareas del gater se definen de la siguiente manera:
 - Asegurándose de que solo se liberarán los trabajos que deben producirse de acuerdo con el cronograma.
 - Auditar los tamaños de lote y garantizar que solo se lanzarán lotes pequeños que se ajusten a la demanda.
 - Monitoreando los buffers en el piso. Una vez que los buffers están llenos, no debería lanzar más WIP al piso.
 - Asegurarse de que solo se lanzan los kits completos.
- ❖ Si el tiempo del proceso / ensamblaje o el subconjunto excede el 50% del tiempo de entrega total, los niveles de ensamblaje deben redefinirse.



- ❖ Todo lo necesario para completar el proceso está incluido en el kit.

Los problemas que puede acarrear el hecho de trabajar con kits incompletos están definidos por Ronen (1992) de la siguiente manera:

- Más WIP: un kit incompleto causa un aumento del WIP (trabajo en proceso por sus siglas en inglés), debido a que hay que esperar a la llegada de componentes adicionales.
- Mayor tiempo de entrega: usar un kit incompleto causa más configuraciones diferentes y se gasta más tiempo por cada pieza.
- Alta variabilidad de los tiempos de entrega: es muy difícil citar un tiempo de entrega cuando un elemento importante de información (el tiempo de llegada de los elementos restantes) es desconocido y difícil de predecir.
- Mala calidad y más reelaboración: los kits incompletos tienden a esperar en instalaciones de almacenamiento inadecuadas durante demasiado tiempo hasta que llega el artículo faltante.
- Disminución del rendimiento: un elemento que se procesa sin venderse baja el rendimiento. Cuando se utilizan recursos en productos que no se pueden enviar, otros trabajos que pueden traducirse en un mayor rendimiento tienen que esperar.
- Disminución de la productividad: la experiencia muestra que el lanzamiento de un kit incompleto a planta significa gastar un 40% más de horas de trabajo que trabajar con un kit completo.
- Más gastos operativos: el WIP alto ocasiona más gastos operativos a causa de más costos de mantenimiento, más gastos y más trabajo puesto en el trabajo.
- Disminución de la motivación de los trabajadores: independientemente de su educación y capacitación, y del nivel de complejidad del trabajo que realizan, las personas pierden motivación y confianza en el sistema cuando sienten que se ven obligados a realizar un trabajo aparentemente innecesario.
- Aumento de la complejidad de los controles: incluso un diagrama de flujo simple puede volverse excesivamente complicado cuando se permiten kits incompletos en el sistema.
- Menos esfuerzo para asegurar la llegada de los elementos del kit faltantes: la entrega de un kit incompleto al taller le da tanto al cliente como al productor la ilusión de que se está haciendo todo lo posible para hacer el trabajo.



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

4. IMPLANTACIÓN Y DESARROLLO

4.1. Ubicación del sistema

A continuación, se puede ver una imagen del layout de las zonas donde se deberá integrar el sistema, es decir, al comienzo de las líneas y al final de las mismas.

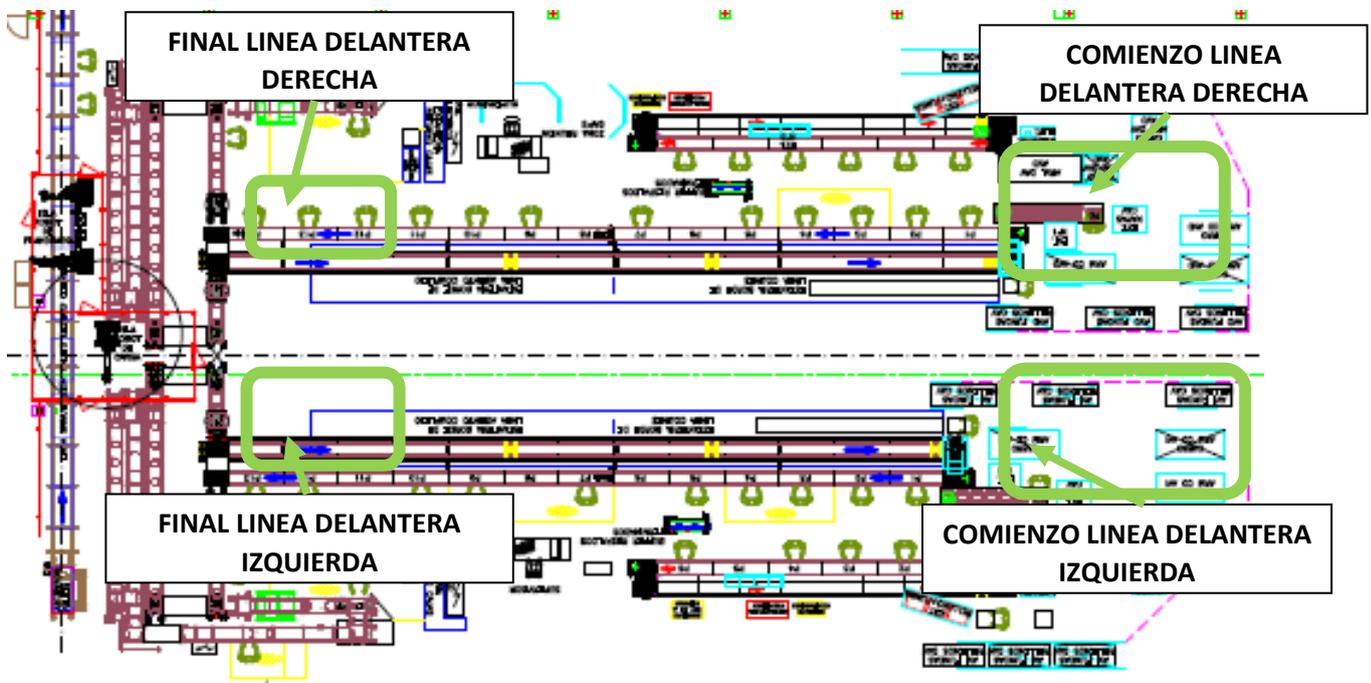


Figura 19 Layout de nuestro área productiva

4.2. Descripción del sistema

En líneas generales, con el sistema de transporte de cajas KITTING, se pretenden intercalar entre las bandejas con asientos la introducción/extracción de las cajas de KITTING sobre nuestras líneas de fabricación de asientos delanteros.

Las cajas de KITTING serán transportadas, de la zona de almacén hacia las líneas de fabricación y viceversa, mediante un AGV. Sobre este AGV ira montada una estructura donde se transportarán 7 cajas de KITTING.

Por ello, principalmente el sistema a instalar en cada línea tendrá que estar compuesto por los siguientes elementos:

- Un sistema de transporte para cajas llenas al principio de nuestra línea de fabricación, que se compondrá de los siguientes subelementos:
 - o Sistema para transferir las cajas llenas del AGV al transportador de cajas de KITTING del principio de línea.
 - o Transportador/es de cajas de KITTING llenas.
 - o Sistema para introducir cajas de KITTING llenas de forma secuencial a nuestra línea de fabricación entre dos bandejas.
- Un sistema de transporte para cajas vacías al final de nuestra línea de fabricación, que se compondrá de los siguientes subelementos:
 - o Sistema para sacar las cajas de KITTING vacías de nuestra línea de fabricación.
 - o Sistemas de ascensor/descensor para las cajas de KITTING vacías con el objetivo de no interferir en nuestra línea actual de retorno de bandejas.
 - o Transportador/es de cajas de KITTING vacías.
 - o Sistema para transferir las cajas de KITTING vacías del transportador del final de línea al AGV.
- Un armario eléctrico, donde estén todos los elementos de control del sistema, todos los elementos de seguridad del sistema, alimentaciones, etc.

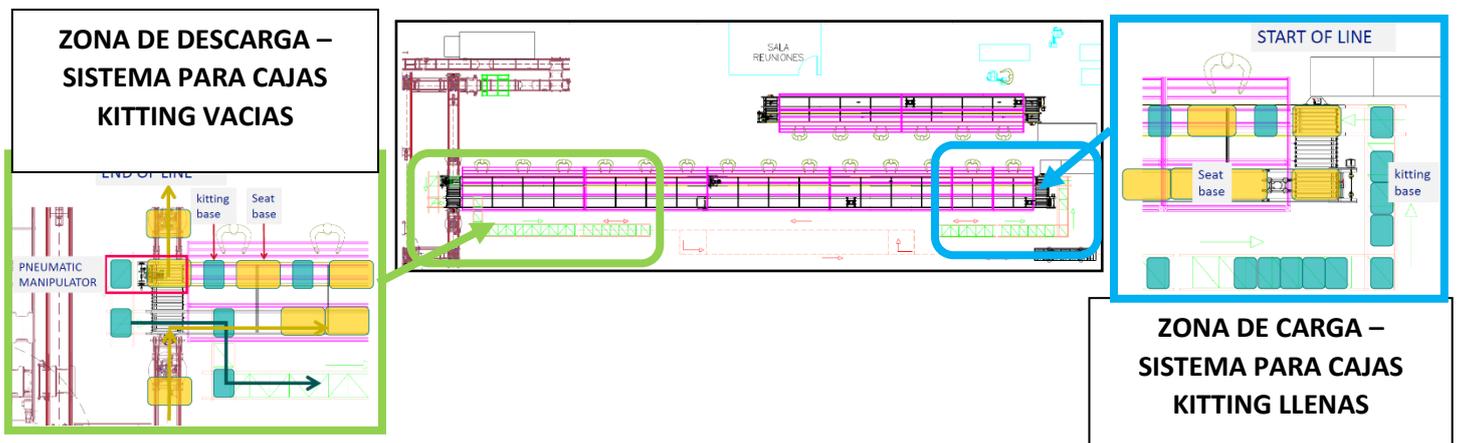


Figura 20 Situación de las zonas de carga y de descarga de los kits.



4.2.1. Descripción mecánica del medio:

El diseño y fabricación tanto de las cajas de kitting como de la estructura de soporte de estas en los AGV son responsabilidad de Faurecia. El proveedor es el que tiene que adecuar su sistema a estos diseños. Cualquier modificación que necesite el proveedor de estos diseños deberá ser consensuado con Faurecia.

Así mismo el proveedor será responsable de instalar todos los elementos necesarios tanto al comienzo de la línea como al final de la misma, para la correcta integración del sistema. De la misma forma, el transportador de transferencia de cajas de kitting del sistema a las líneas (comienzo de línea) o viceversa (final de línea) tiene que poseer las siguientes características:

- Misma distancia entre las cadenas que la existente en las líneas de fabricación.
- Las cadenas deberán situarse a la misma altura que las cadenas de la línea.
- Las cadenas se tendrán que mover a la misma velocidad que las cadenas de la línea de producción y pararse cuando la línea esté parada en los procesos de inserción o extracción de cajas de kitting.
- Tendrá que mantener las cajas de kitting aisladas unas de otras, para que sean introducidas de forma secuencial.

En principio, la primera opción planteada por su simplicidad era que las cajas siguiesen el mismo recorrido que las bandejas sobre las que se montaban los asientos, es decir, que entrasen y saliesen de la línea por las mismas vías que las bandejas y que se extrajesen y se depositasen directamente del retorno de las bandejas, pero esto planteaba una serie de problemas que a continuación pasamos a detallar:

Tenemos un buffer después de las líneas donde se encuentra una cantidad variable de bases de asientos. Cuando este buffer se vacía por completo, todas las bandejas pasan a estar los transportadores de retorno, lo que nos dejaría sin espacio para las cajas de kitting.



Figura 21 La línea roja marca el espacio ocupado por las bandejas en el retorno de bandejas cuando este está lleno.

En lo referido al inicio de línea, hemos de tener en cuenta que la base de las cajas es de un tamaño distinto a las bases de las bandejas de los asientos, con lo que surgirían deficiencias en el movimiento sobre algunos transportadores. El transfer no está preparado para las cajas de kitting, por tanto, sería mejor un transportador externo.

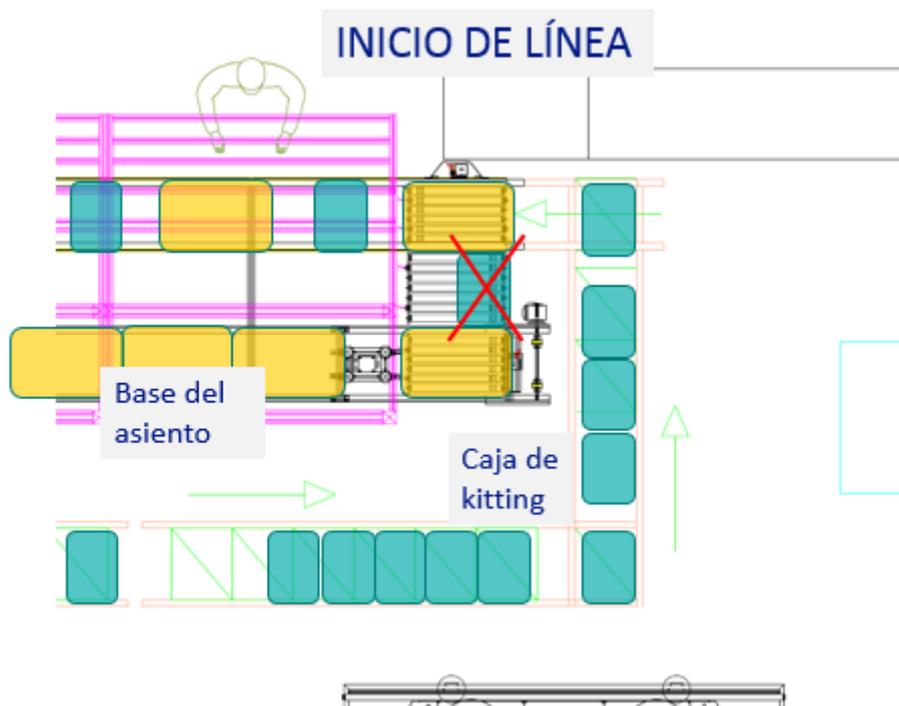


Figura 22 Disfuncionalidad de la transferencia de bandejas para mover cajas

Otro problema con el que nos encontraríamos en el inicio de línea sería el tiempo. Si bien en el transfer de entrada hay cierto margen de tiempo, este no sería suficiente para dar paso a bandejas de kitting y de asientos sin que hubiera choques. Para evitar choques a la entrada habría que aumentar unos 15 segundos el takt time, lo cual sería completamente inviable.

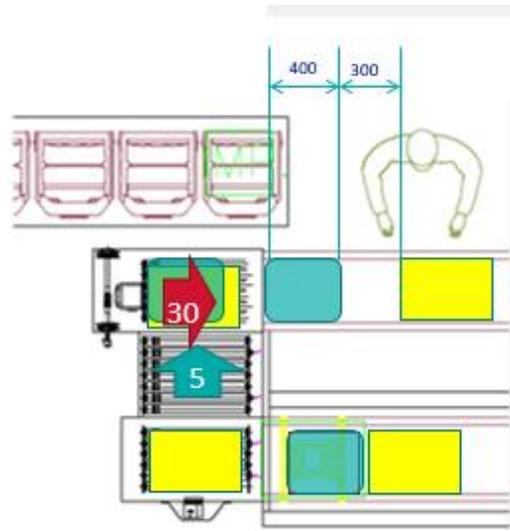


Figura 23 Observamos que no da tiempo a efectuar la transferencia completa

En el final de línea tendríamos problemas similares a los anteriores, ya que a la caja no le daría tiempo a salir de la línea sin verse embestida por la bandeja del asiento.

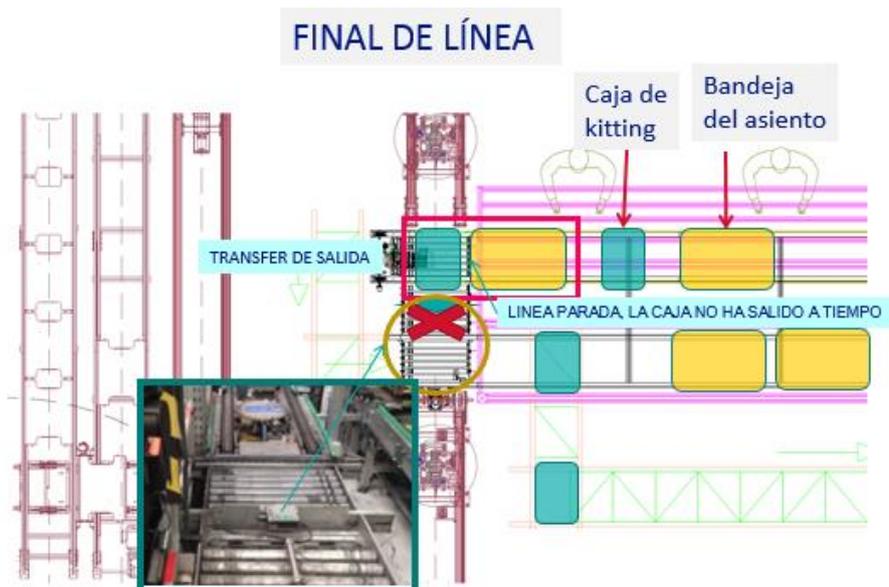


Figura 24 El transfer de salida nos da los mismos problemas



Teniendo en cuenta todos estos hechos se opta por la construcción de nuevos transportadores tanto a la entrada como a la salida.

A continuación, se mostrará, con la ayuda de fotos y lay-outs del comienzo y final de la línea de producción, la distribución de los elementos que integran el dispositivo.

4.2.1.1.COMIENZO LINEA DELANTERA.

Un Tope escamoteable con su electroválvula correspondiente y detectores de tope arriba y/o abajo.

- Servirá para las bandejas en la mesa de transferencia intermedia. Este tope se tendrá que integrar en la mesa de transferencia intermedia, intentando no obstaculizar a ningún rodillo de dicha transferencia.
- Además, deberá esconderse de alguna forma, para permitir que la bandeja vacía entre en la línea de fabricación.
- Estará controlado por nuestro PLC de las líneas delanteras (conectores de M12).

Un detector inductivo de presencia de bandeja

- Servirá para saber si hay una bandeja vacía preparada en la mesa intermedia.
- Estará controlado por nuestro PLC de las líneas delanteras (conectores de M12).

Un detector inductivo de presencia de caja de kitting

- Servirá principalmente para saber si la caja de kitting ha liberado la zona de la mesa de transferencia del inicio de línea, para permitir que suba y comenzar un nuevo ciclo de entrada de bandeja vacía.

- Estará controlado por nuestro PLC de las líneas delanteras (conectores de M12).

Un tope en la entrada de la línea para las cajas de kitting, con su electroválvula correspondiente y detectores de tope arriba y/o abajo.

- Servirá para permitir la entrada de las cajas de kitting a la línea de fabricación.
- Controlado por nuestro PLC de las líneas.

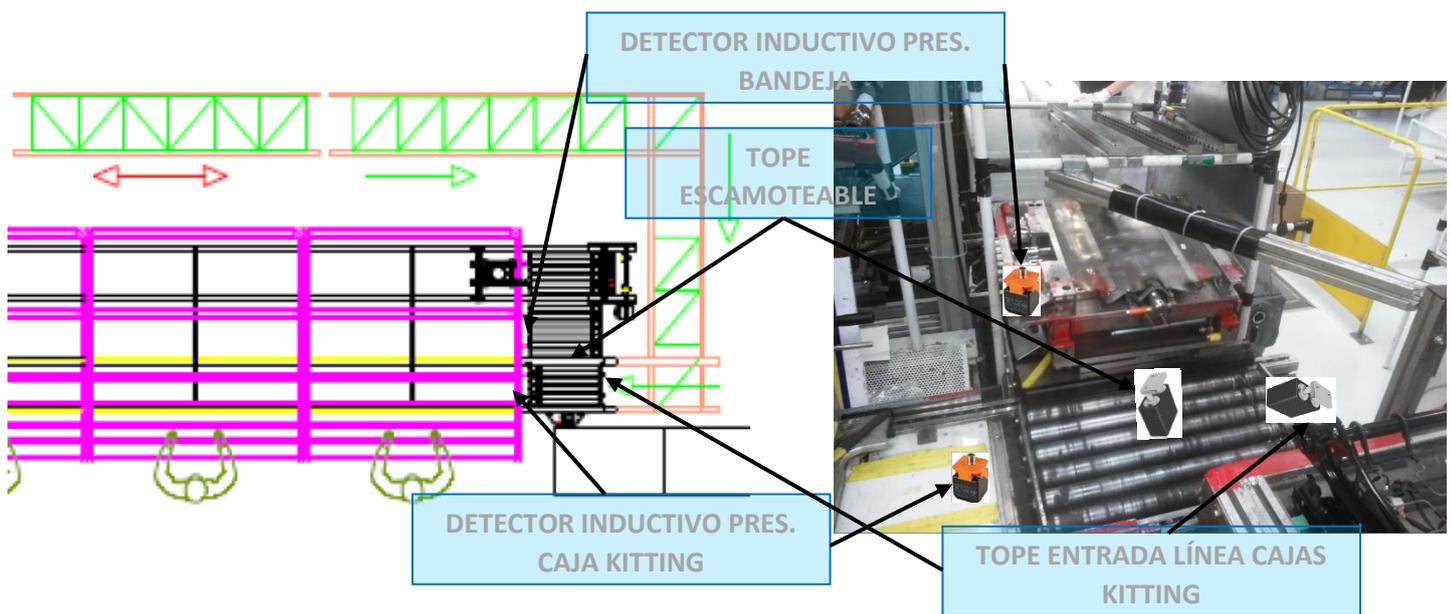


Figura 25 Situación de los topes y detectores

4.2.1.2. FINAL LINEA DELANTERA

Un amortiguador escamoteable, con sus electroválvulas y detectores.

- Tendrá la misma función que en la actualidad (detectar que la bandeja ha llegado al final de la línea de fabricación). Por lo que, deberá tener un detector para detectar que el amortiguador este pisado. De igual forma, este amortiguador estará pilotado por una electroválvula para recuperar su posición inicial.
- Además, deberá esconderse de alguna forma, para permitir la salida de la caja de kitting vacía hacia el sistema de kitting.

Por lo tanto, estará equipado con cilindro/s y su electroválvula/s para que suba y baje; y con sus detectores para saber si está arriba y/o abajo.

- Estará controlado por nuestro PLC de las líneas delanteras (conectores de M12).

Un detector inductivo de presencia de caja de kitting “saturación”

- Servirá principalmente para realizar la función de “saturación” de las líneas, en caso de que se detecte una caja de kitting, y exista todavía presencia de bandeja en la mesa de transferencia del final de línea.
- Estará controlado por nuestro PLC de las líneas delanteras (conectores de M12), y provocará su parada en caso de dar detección.

Un detector inductivo de presencia de caja de kitting “zona liberada”

- Tendrá la función de saber si la caja de kitting ha salido de nuestra línea de fabricación, para comenzar un nuevo ciclo a la salida de la línea.
- Podrá estar controlado por nuestro PLC de las líneas o por el PLC del sistema de kitting (a definir).

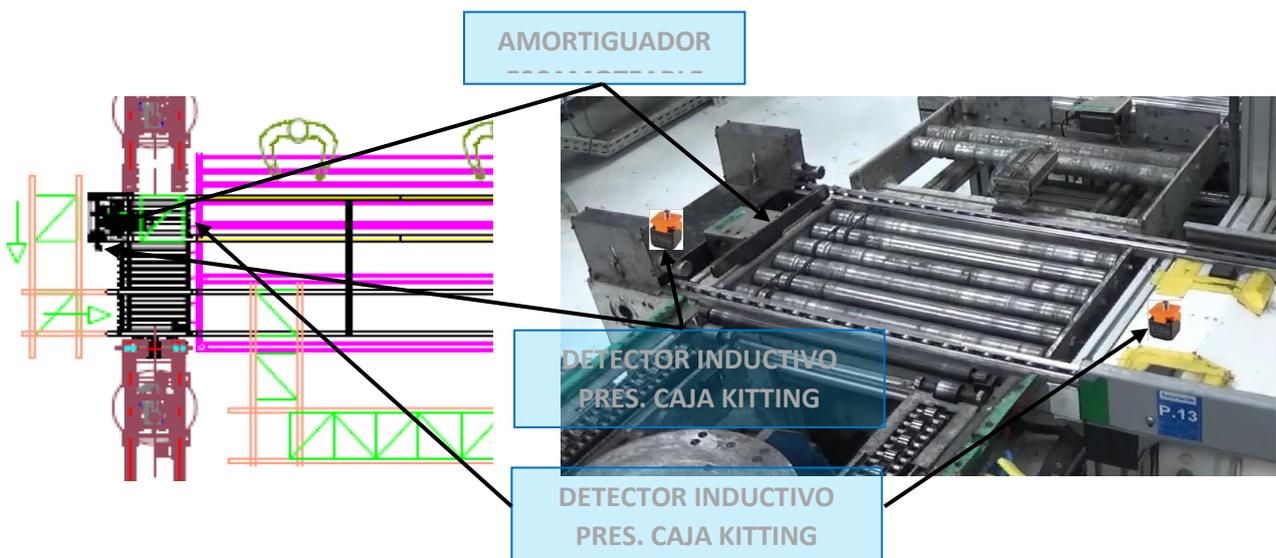


Figura 26 Situación de los detectores y del amortiguador en el final de línea

4.3. Modos de funcionamiento:

El sistema que se instalará en nuestras líneas delanteras estará compuesto por dos zonas independientes una de la otra, según el cometido que van a realizar. La primera de ellas, situada al inicio de la línea, la denominaremos zona de carga, ya que será la zona donde el sistema a instalar introducirá las cajas de kitting a nuestra línea de fabricación. La otra zona, situada al final de la línea, la denominaremos zona de descarga, ya que será la zona donde el sistema a instalar sacará las cajas de kitting de nuestra línea de fabricación.

En las siguientes líneas de este documento, detallaremos el funcionamiento en los procesos de introducción y extracción de las cajas de kitting a nuestra línea de fabricación, es decir, puntualizaremos principalmente en las comunicaciones y en las señales de intercambio que tendrán que tener el sistema de kitting con nuestra línea de fabricación para realizar un correcto funcionamiento.

4.3.1. Zona de carga (introducción de cajas de kitting secuenciadas)

En el sistema a instalar al comienzo de las líneas, se realizarán principalmente 3 ciclos distintos, los cuales son el ciclo de descarga de cajas de kitting llenas del AGV al sistema, el ciclo de transporte de cajas de kitting llenas al inicio de línea y el ciclo de introducción de cajas de kitting a la línea de fabricación.

4.3.1.1. Ciclo descarga de cajas de kitting llenas del AGV al sistema:

El AGV cargado de cajas de kitting llenas se sitúa en la posición de espera para descarga. En este punto, el sistema se comunica con el AGV para permitirle descargar las cajas de kitting llenas al sistema.



Figura 27 Modelo del conjunto de la zona de carga

El AGV envía una señal al sistema indicándole que está en posición de espera. Una vez este liberado el transportador inclinado que sirve para que el AGV descargue las cajas de kitting llenas al sistema, se le da la autorización para que se aproxime a la zona de descarga de cajas.

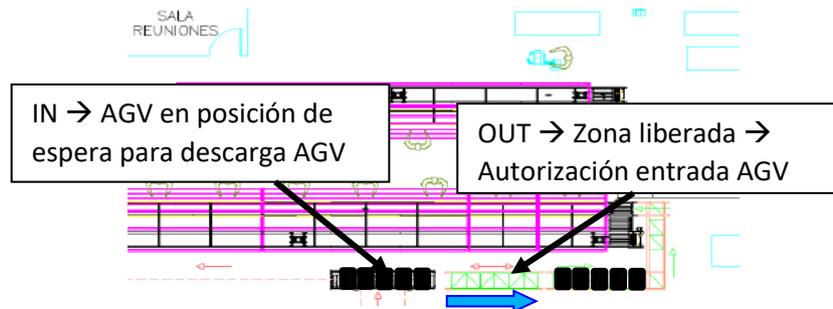


Figura 28 Entrada del AGV en la zona de carga

Hay instalados una serie de detectores o fotocélulas en el transportador inclinado para detectar la posición del AGV para poder sincronizar el arranque de dicho transportador con el movimiento del AGV.

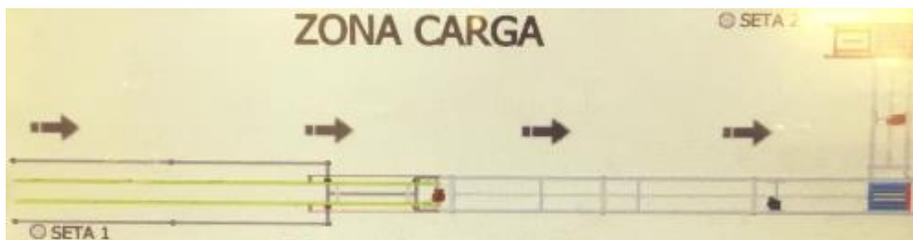


Figura 29 Layout de la zona de carga

Finalmente, una vez todas las cajas de kitting que transporta el AGV se encuentran sobre el transportador inclinado, se le enviará al AGV la señal autorización de salida.

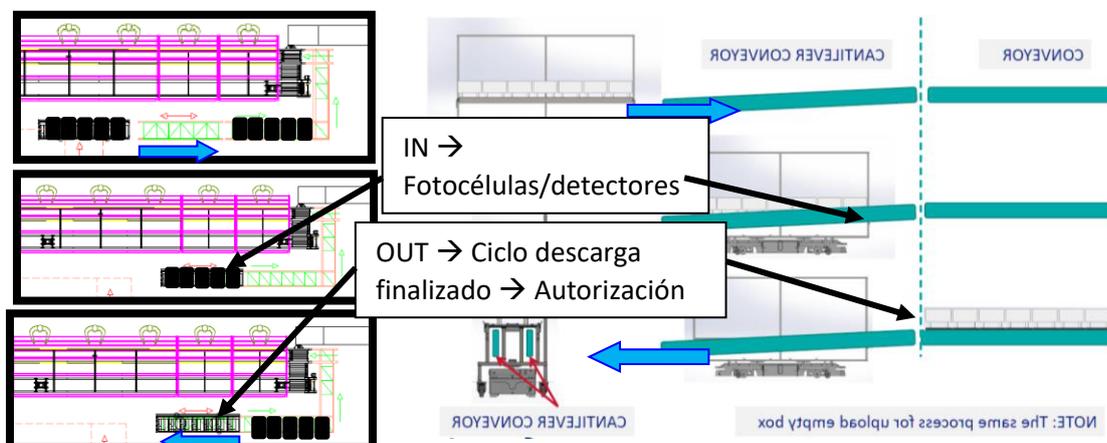


Figura 30 Posición del AGV frente al transportador en voladizo

4.3.1.2. Ciclo de transporte de cajas kitting llenas al inicio de línea:

Para la entrada de cajas a la línea disponemos de una serie de transportadores con una velocidad lineal de 10 metros por minuto.

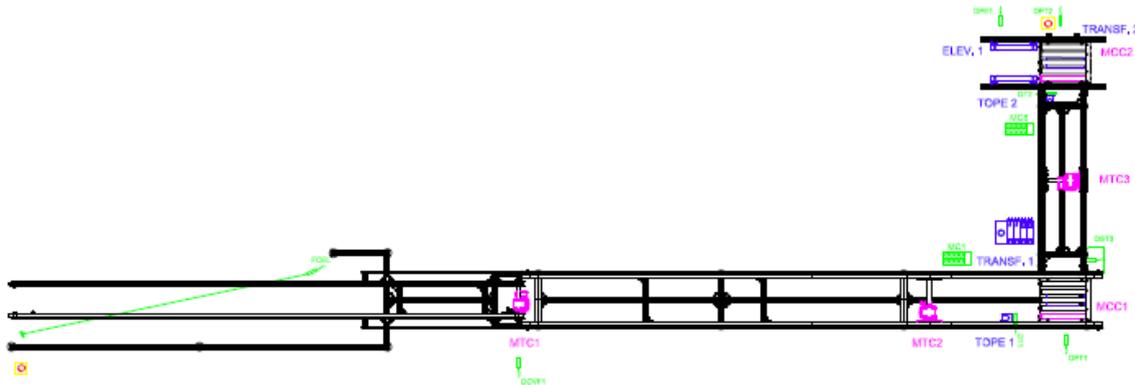


Figura 31 Esquema del conjunto de transportadores de entrada

La entrada de las cajas hasta la línea consta de diferentes etapas:

1. En la parte del transportador hay situada una fotocélula que nos informa de la presencia de cajas sobre las cadenas y de si hay espacio para una remesa más. En caso de no detectar, el AGV puede proceder a realizar la descarga. A la vez que el AGV va entrando, las correas del transportador en voladizo se ponen en marcha para ir arrastrando las cajas a medida que estas hacen contacto. En la parte final se encuentra otra fotocélula que comprobará que todas las cajas han pasado, tras lo cual las correas detendrán su marcha.

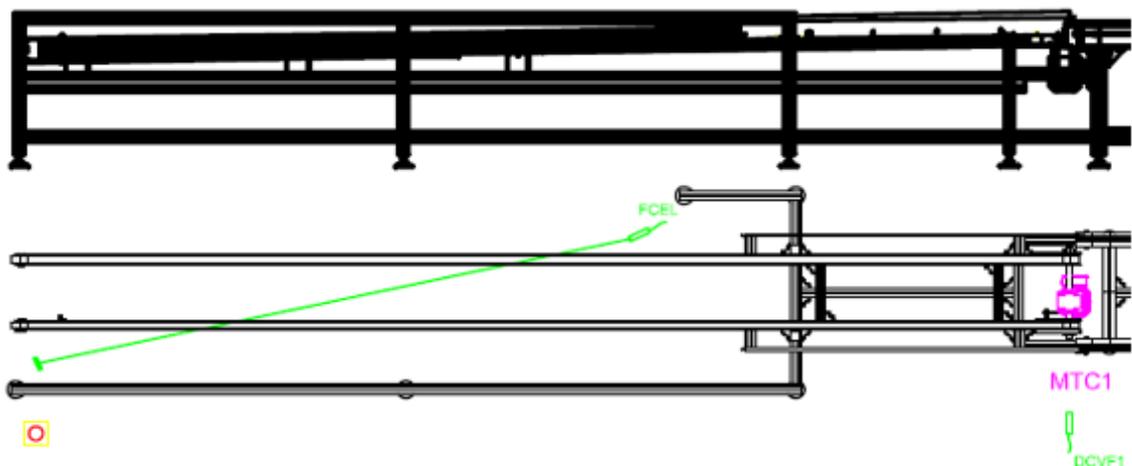


Figura 32 Transportador en voladizo

- Una vez terminan de circular por el transportador en voladizo, las cajas pasan a estar sobre el transportador situado en paralelo a la línea cuyas cadenas están en marcha de manera continua y llegan hasta una mesa de transferencia, la cual tiene una fotocélula que nos informa de su estado. Si hay una caja en el transportador, un tope situado antes sujetará todas las cajas, hasta el momento en que la mesa queda liberada, tras lo cual el tope bajará permitiendo el paso de una caja, para acto seguido subir de nuevo para sujetar a las cajas restantes.

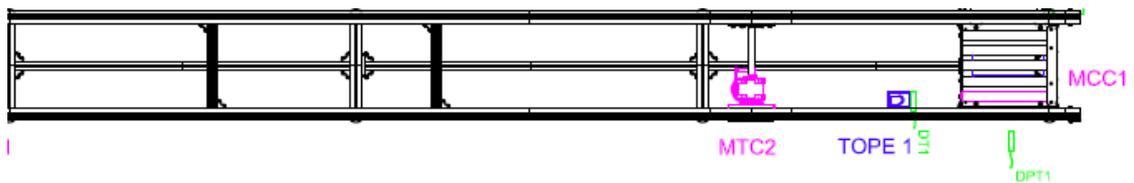


Figura 33 Primera parte del transportador, en paralelo a la línea

- Cuando la primera transferencia está vacía, una caja pasa y se sitúa encima. Otro detector nos dirá si hay hueco para la caja en el transportador perpendicular, y en caso afirmativo, la mesa de transferencia baja para que las cadenas muevan la caja. A continuación, antes de llegar a la siguiente transferencia, de nuevo otro tope sujetará a las cajas para evitar que puedan entrar a la mesa de transferencia mientras esta esté vacía. En el momento en que el transfer esté vacío, la caja entrará y ya estará sobre las cadenas de la línea principal.

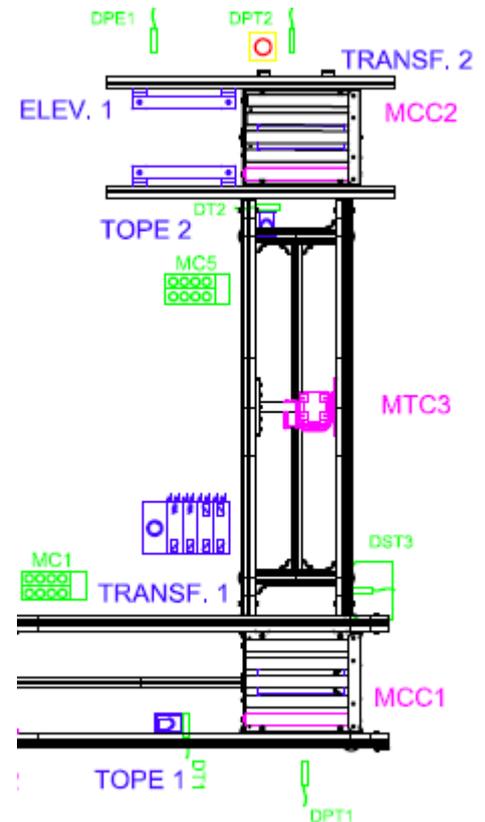


Figura 34 Segunda parte, entrada a la línea en perpendicular



Figura 35 El funcionamiento óptimo incluye dos cajas esperando para entrar a la línea

Una única electroválvula se encargará de la gestión neumática de todos los elementos que componen la alimentación de cajas a la línea.

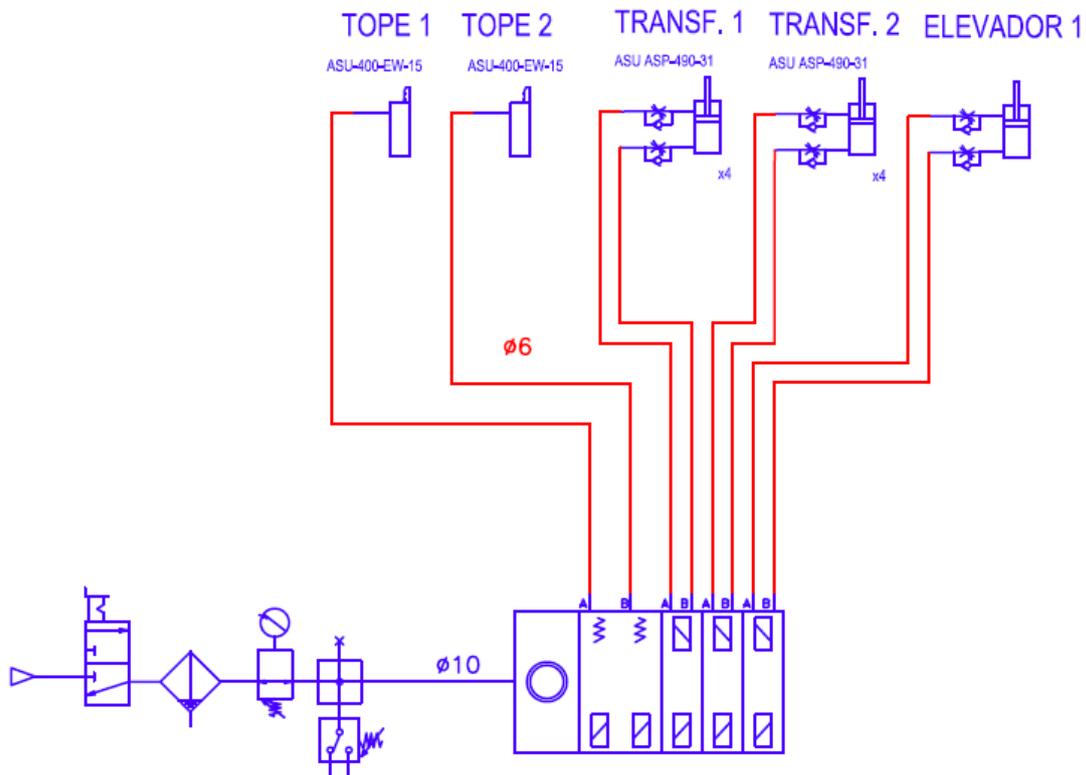


Figura 36 Esquema de los elementos neumáticos accionados por el Módulo BEP1

El resto de la gestión se divide en un módulo responsable de detecciones y otro responsable del control de motores y el envío de señales.

MODULE MC1

1	FCEL	FOTOCELULA CONTROL ENTRADA LIBRE
2	DT1	DETECTOR TOPE 1
3	DT2	DETECTOR TOPE 2
4	DPT1	DETECTOR PRESENCIA TRANSFERENCIA 1
5	DPT2	DETECTOR PRESENCIA TRANSFERENCIA 2
6	DST3	DETECTOR SATURACION TRANSPORTADOR 3
7	DPE1	DETECTOR PRESENCIA ELEVADOR 1
8	DCVF1	DETECTOR VARIADOR FRECUENCIA 1
9		

Figura 37 El módulo MC1 gestiona todas las señales de fotocélulas y detectores

MODULE MC5

1	MCC1		MOTOR CORRIENTE CONTINUA 1
2	MCC2		MOTOR CORRIENTE CONTINUA 2
3	COMHECC	I	COMUNICACION FAURECIA. HABILITACION DEL SISTEMA
4	COMSCC	I	COMUNICACION FAURECIA. SOLICITUD CAJA
5	COMBFC	I	COMUNICACION FAURECIA. FIN DE CICLO
6	COMCR	Q	COMUNICACION FAURECIA. CAJA READY
7			
8	SE.MCC1		SEÑAL ERROR MOTOR CORRIENTE CONTINUA 1
9	SE.MCC2		SEÑAL ERROR MOTOR CORRIENTE CONTINUA 2

Figura 38 El Módulo MC5 gestiona los motores y las comunicaciones con la línea

4.3.1.3.Ciclo introducción de cajas de kitting llenas a la línea de fabricación:

Como premisas iniciales para la correcta integración y comunicación entre nuestro autómatas de las líneas y el PLC del sistema se deberán tener en cuenta las siguientes señales:

- Bit de vida: Tendrá como objetivo saber el estado de las comunicaciones.
- Estado del sistema: Servirá para advertir a nuestro autómatas de cualquier defecto en el sistema de kitting.
- Señal habilitación/deshabilitación: Tendrá como objetivo inhabilitar el proceso de introducción de cajas de kitting, para que la línea de fabricación nos permita realizar ciertas funcionalidades que tenemos en la actualidad (Ejemplo: Vaciado de bandejas de la línea, etc.)
- Señal velocidad de cadenas: Servirá para que las cajas de kitting entren con la velocidad adecuada para evitar su deterioro.
- Señal línea fabricación parada: Servirá principalmente para evitar que las cajas de kitting se intercalen entre dos bandejas a una distancia errónea.

Para explicar el proceso de introducción de cajas de kitting a nuestra línea de fabricación, nos apoyaremos en los siguientes gráficos donde se detallarán las distintas comunicaciones entre nuestro autómatas y el PLC del sistema de kitting.

1. La bandeja 1° B esperará en el tope escamoteable del transfer intermedio hasta que la caja de kitting del asiento anterior libere la zona de la mesa transfer del inicio de línea.
2. Una vez que la caja de kitting del asiento anterior libere la zona de la mesa transfer (perdida presencia detector inductivo presencia caja kitting), se subirá la mesa transfer del inicio de línea, se desactivará el tope escamoteable y la bandeja 1° B avanzará hasta el inicio de línea.

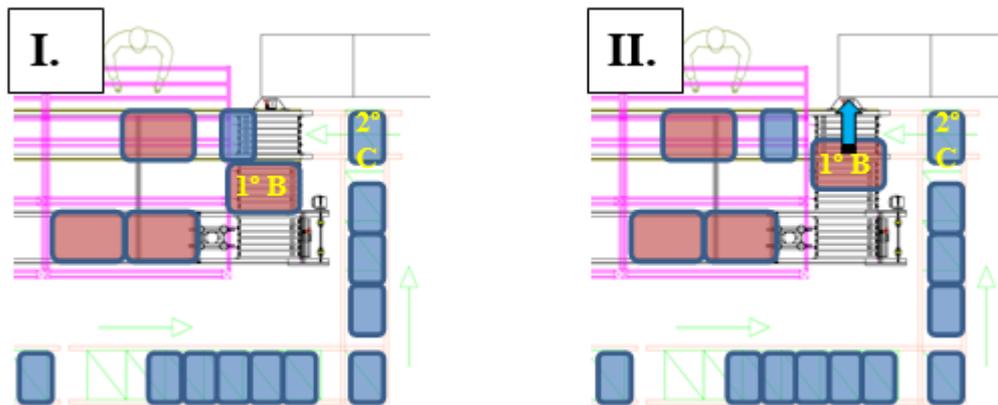


Figura 39 Entrada de la bandeja a la línea

3. Una vez la bandeja 1° B finalice el tránsito, se procederá como en la actualidad tanto a permitir el avance de la siguiente bandeja del retorno como a la liberación de la bandeja 1° B sobre la línea principal.

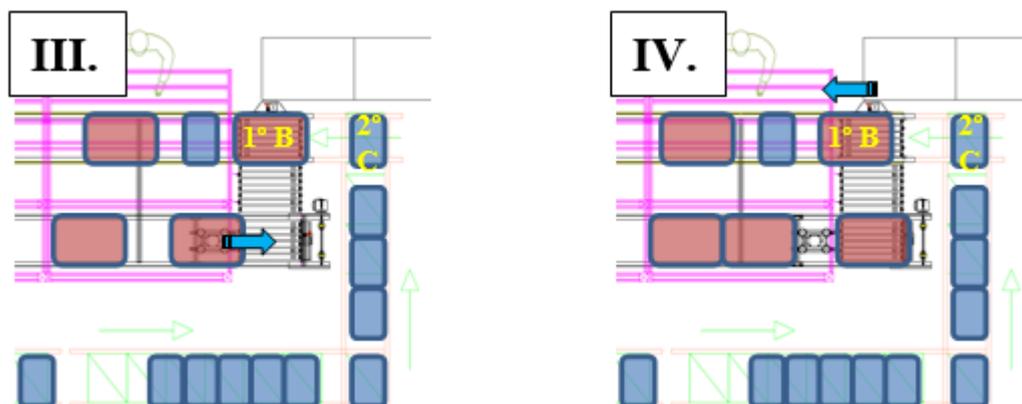


Figura 40 Transición de las bandejas

4. Una vez que la mesa de transferencia del comienzo de la línea haya bajado para depositar la bandeja 1° B sobre la línea, el “encoder” deberá empezar a contar para poder enviar al sistema de kitting la autorización para permitir la entrada de la caja en la línea, según la bandeja 1° B haya recorrido sobre la línea la distancia programada.
5. Una vez que la bandeja haya recorrido la distancia “D” programada, el autómatas de la línea de fabricación enviará la “autorización entrada caja kitting” al PLC del sistema de kitting para que comience a introducir la caja de kitting 2° C. Previamente el sistema de kitting deberá enviar la señal de “caja kitting preparada”. En caso, de no enviarnos esta señal, se deberá parar la línea por no haber caja de kitting preparada. Así mismo, en este punto del proceso, el sistema de kitting deberá tener en cuenta las señales de “velocidad de cadenas” y de “línea fabricación parada”.
6. Una vez la caja de kitting 2° C haya liberado la mesa de transferencia del inicio de línea (perdida de presencia detector inductivo presencia caja kitting), se enviará al sistema de kitting la orden de “fin de ciclo” para que dicho sistema comience a preparar una nueva caja de kitting para un nuevo ciclo.

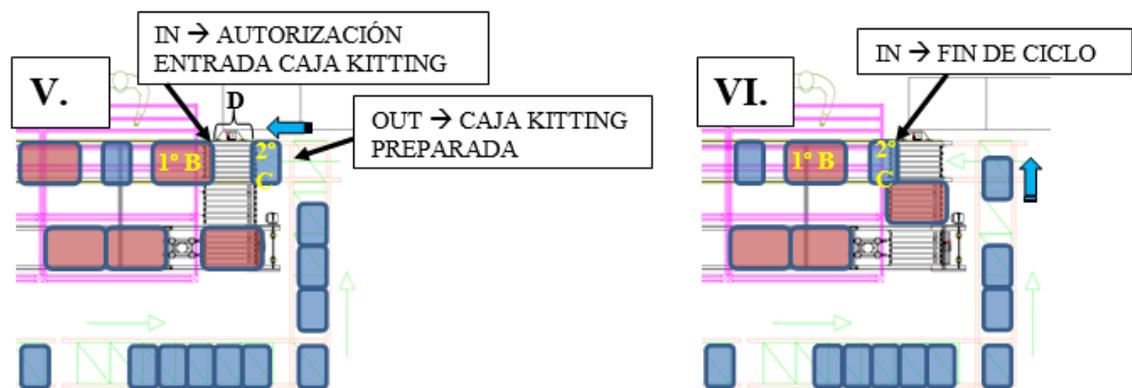


Figura 41 Entrada de la caja a la línea

4.3.2. Zona de descarga

En el sistema a instalar al final de las líneas, se realizarán principalmente 3 ciclos distintos, los cuales son el ciclo de extracción de cajas de kitting vacías de la línea de fabricación, el ciclo de transporte de cajas de kitting vacías y el ciclo de descarga de cajas de kitting vacías del sistema al AGV.



Figura 42 Modelo 3D de la zona de descarga

4.3.2.1. Ciclo extracción de cajas de kitting vacías de la línea de fabricación:

Del mismo modo que para el ciclo de introducción de cajas de kitting, se deberán tener en cuenta como premisas iniciales para la correcta integración y comunicación entre nuestro autómatas de las líneas y el PLC del sistema las siguientes señales:

- Bit de vida: Tendrá como objetivo saber el estado de las comunicaciones.
- Estado del sistema: Servirá para advertir a nuestro autómatas de cualquier defecto en el sistema de kitting.
- Señal habilitación/deshabilitación: Tendrá como objetivo inhabilitar el proceso de extracción de cajas de kitting, para que la línea de fabricación nos permita realizar ciertas funcionalidades que tenemos en la actualidad (Ejemplo: Vaciado de bandejas de la línea, etc.)
- Señal velocidad de cadenas: Servirá para que las cajas de kitting salgan con la velocidad adecuada para evitar su propio deterioro.
- Señal línea fabricación parada: Servirá principalmente para evitar que las cajas de kitting estén solo traccionadas por la cadena del sistema de kitting.

Para explicar el proceso de extracción de cajas de kitting de nuestra línea de fabricación, nos apoyaremos en los siguientes gráficos donde se detallarán las distintas comunicaciones entre nuestro autómatas y el PLC del sistema de kitting.

- i. Cuando la bandeja 1º B llegue al final de la línea, realizará el mismo funcionamiento que hacía previamente.
- ii. En caso de que la bandeja 1º B no pueda salir de la línea por que el buffer este saturado o bien la mesa de transferencia del final de línea siga arriba y la caja de kitting 2º C coja presencia en el detector inductivo pres. caja kitting “saturación” la línea se tendrá que parar para evitar la colisión entre la bandeja y la caja de kitting.

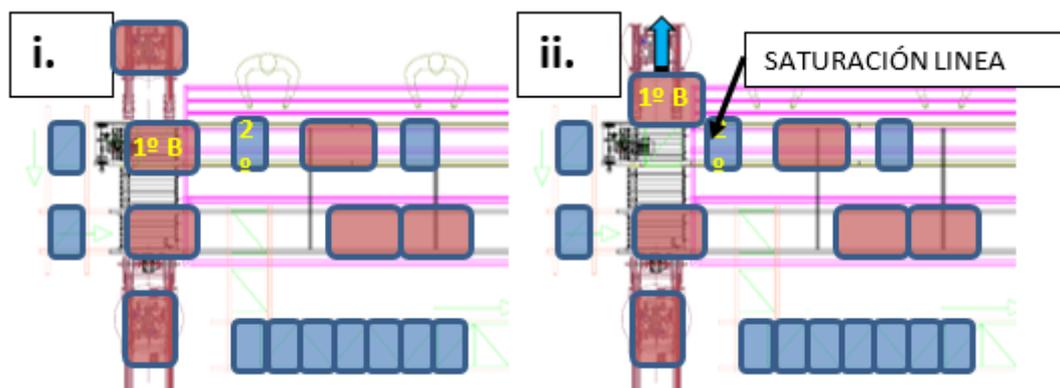


Figura 43 Situación de saturación de la línea por bandeja que aún no ha salido

- iii. Una vez la bandeja 1º B finalice el tránsito hacia el buffer final de línea, bajará la mesa de transferencia del final de línea (mismo funcionamiento que el que había previamente) y la caja de kitting 2º C podrá avanzar para ser extraída. Una vez se tenga un flaco de bajada (perdida de presencia en el detector inductivo pres. caja kitting “saturación”) se le enviará la “autorización extracción caja kitting” al sistema de kitting para que saque la caja kitting 2º C de la línea. Previamente el sistema de kitting deberá enviar la señal de “sistema preparado”. En caso, de no enviarnos esta señal, se deberá parar la línea para evitar la colisión entre dos cajas de kitting. Para permitir la salida de la caja de kitting 2º C de la línea, nuestro autómatas una vez haya enviado la señal de

autorización y haya recibido la señal sistema preparado, bajará el amortiguador escamoteable.

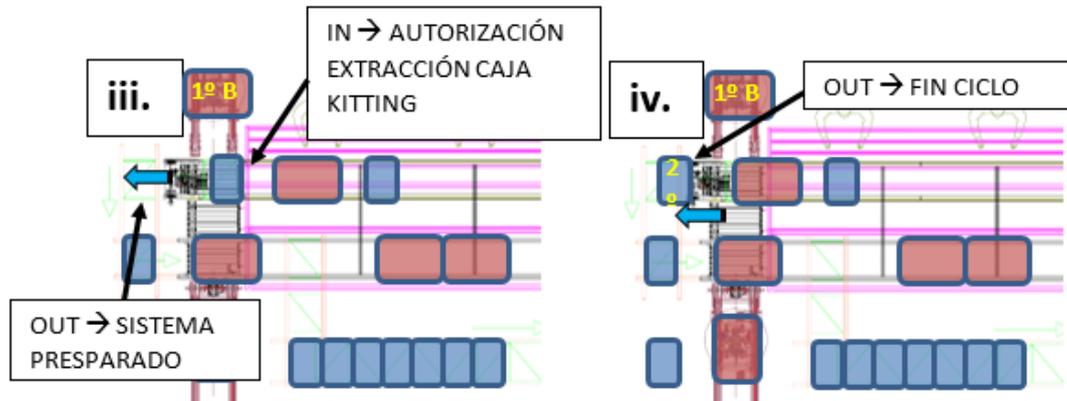


Figura 44 Salida de la caja de kitting

- iv. Una vez que el sistema termine el ciclo de extracción de la caja de kitting 2º C, nos enviará la señal de “fin de ciclo” para volver a comenzar con un nuevo ciclo. En ese instante, se podrá subir el amortiguador escamoteable, y este recuperará su posición inicial en espera de una nueva bandeja. En caso de que la siguiente bandeja llegue a los detectores de final de línea y no haya llegado la señal de fin de ciclo del sistema de kitting se deberá parar la línea.

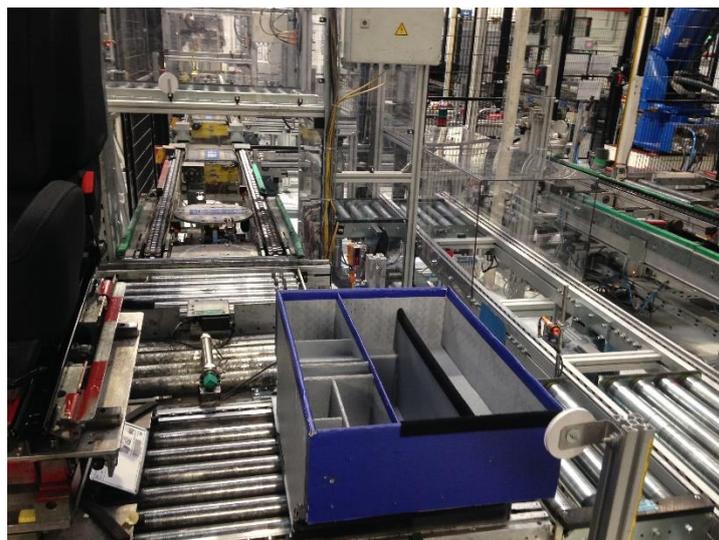


Figura 45 Transición de la caja de la línea principal a los transportadores de salida de cajas

4.3.2.2. Ciclo de transporte de cajas kitting llenas a la salida de línea:

En esencia, el funcionamiento de extracción de cajas de kitting es bastante similar al de entrada, no obstante, presenta algunas particularidades.



Figura 46 Esquema del transportador de descarga

1. De nuevo, tras salir de la línea principal, la caja tiene que pasar por dos mesas de transferencia, las cuales solo permitirán el paso en caso de que las fotocélulas indiquen que no hay nada ocupando ese espacio. Un detector nos marcará si hay saturación en la salida de cajas para evitar que entren más, lo cual provocaría la parada de la línea. Del mismo modo, si hay alguna caja en tránsito en el ascensor, un tope evitará que las cajas pasen a la transferencia del ascensor.

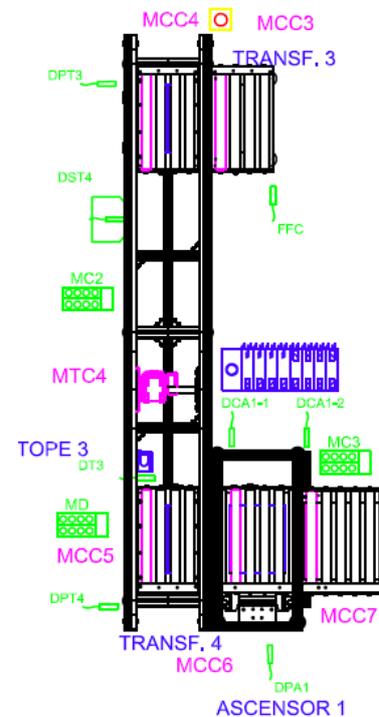


Figura 47 Parte inicial del transportador de salida

- Ante la necesidad de superar uno de los transportadores que se ubica en la zona, se opta por instalar un ascensor que pase las cajas por encima sin afectar al normal funcionamiento de la instalación. Básicamente constará de un ascensor inicial que subirá las cajas, un transportador intermedio y por último un segundo transportador que bajará de nuevo las cajas a un transportador situado a la altura normal de funcionamiento. Dispondremos de fotocélulas tanto en la parte alta como en la parte baja de los ascensores para ser conscientes en todo momento de la presencia de cajas y garantizar el correcto funcionamiento del equipo. Mientras la primera mesa no esté abajo no podrá entrar ninguna caja, y hasta que no pierda la detección en la parte alta no volverá a bajar la mesa. El tope 4 (figura 48), evitará que ninguna caja pase hasta confirmar que la segunda mesa está arriba y liberada. Por último, en el segundo ascensor las fotocélulas marcarán la presencia de cajas para que baje cuando la caja esté completamente dentro y que suba cuando la caja haya salido del todo.

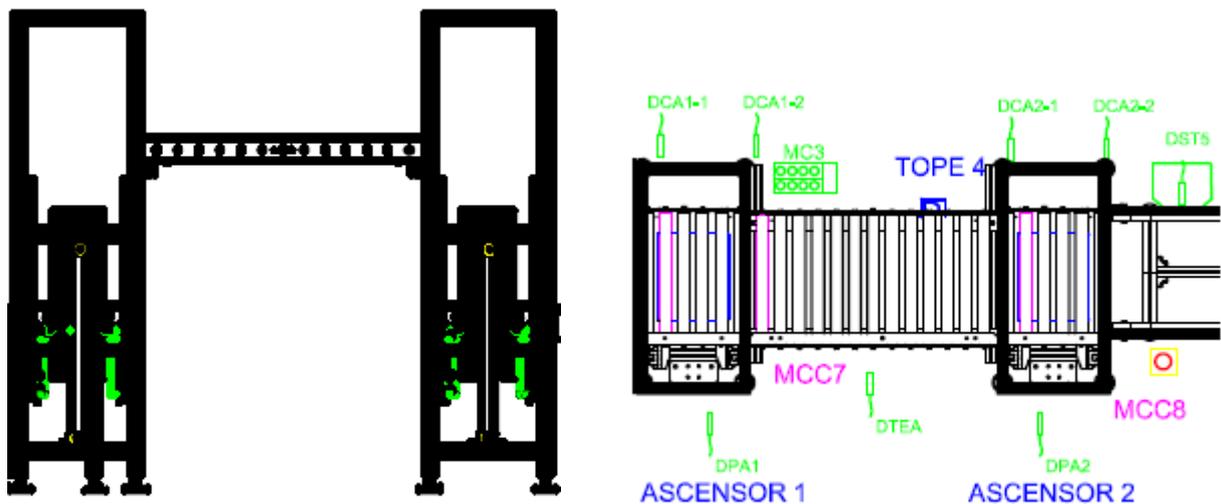


Figura 48 Perfil y alzado de nuestro ascensor

MODULE MC3

1	DPA1	DETECTOR PRESENCIA ASCENSOR 1
2	DCA1-1	DETECTOR CARRERA ASCENSOR 1-1
3	DCA1-2	DETECTOR CARRERA ASCENSOR 1-2
4	DTEA	DETECTOR TRANSICION ENTRE ASCENSORES
5	DPA2	DETECTOR PRESENCIA ASCENSOR 2
6	DCA2-1	DETECTOR CARRERA ASCENSOR 2-1

Figura 49 Módulo de control del ascensor

- Las cajas continuarán hacia la salida por un transportador hasta llegar a un tope que las irá sujetando hasta que una fotocélula detecte que ya hay siete cajas listas. A continuación, este tope baja y se ponen en marcha las correas, arrastrando las cajas hasta que se activa una fotocélula que las detiene a la espera de que llegue el AGV. Cuando el AGV llega hasta la posición marcada, las correas se ponen de nuevo en marcha descargando las cajas a medida que el AGV va saliendo hasta que dejan de detectarlas, momento en el cual se paran a la espera de una nueva partida de siete cajas.

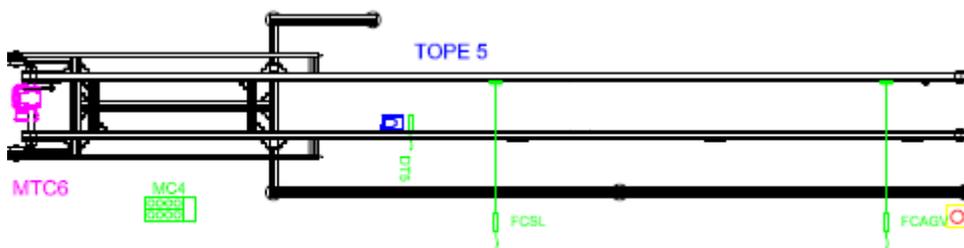


Figura 50 Esquema del transportador en voladizo de salida



Figura 51 Remesa de cajas siendo descargadas al AGV

4.3.2.3. Ciclo descarga de cajas de kitting vacías del sistema al AGV:

La necesidad de usar transportadores en voladizo surge por ser el mejor sistema para pasar de las correas a los carros de los AGVs sin evitar atranques ni deslizamientos, y probó ser muy efectiva en su funcionamiento.

El AGV vacío se situará en la posición de espera para recoger las cajas de kitting vacías. En este punto, el sistema se comunica con el AGV para permitirle la carga las cajas de kitting vacías del sistema.

El AGV enviará una señal al sistema indicándole que está en posición de espera. Una vez en el transportador inclinado de final de línea tenga las cajas de kitting vacías preparadas le dará la autorización para que se aproxime a la zona de carga de cajas vacías. El sistema es capaz de hacer grupos de siete cajas de kitting vacías, que es el número de cajas que transporte el AGV.

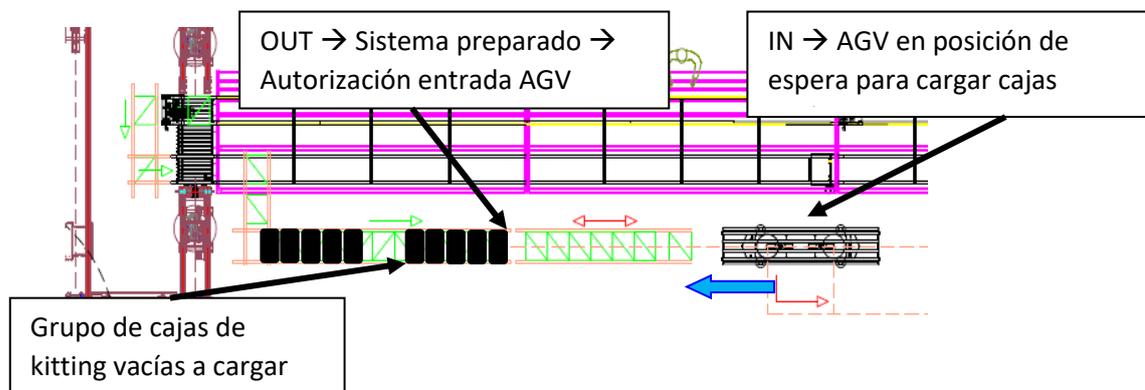


Figura 52 Momento en que AGV y autómatas están preparados para la descarga

De modo similar al proceso de descarga de cajas de kitting llenas, hay instalados una serie de detectores o fotocélulas en el transportador inclinado para detectar la posición del AGV para poder sincronizar el arranque de dicho transportador con el movimiento del AGV.

Finalmente, una vez que todas las cajas de kitting vacías estén sobre el AGV, se le enviará al AGV la señal autorización de salida.

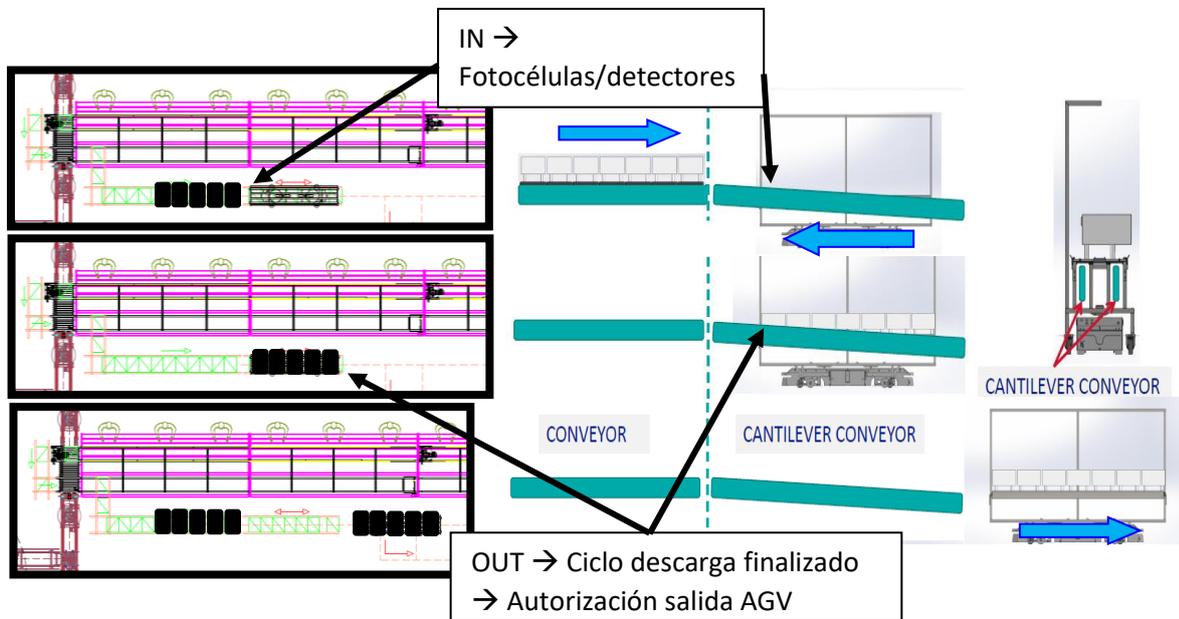


Figura 53 Ciclo de descarga

Por otra parte, el sistema nos permite seleccionar mediante un selector y/o mediante un sistema HMI trabajar en los siguientes modos de funcionamiento para cada zona:

- Automático: Funcionamiento explicado en las líneas superiores.
- Manual: Mediante este modo, se nos deberá permitir mover de manera independiente cada elemento del sistema.
- Apagado/sin funcionamiento: El sistema no deberá realizar ningún movimiento como si estuviera deshabilitado.

4.4. Automatización y movimientos manuales:

La modificación en el programa de PLC de las líneas de fabricación para la gestión de la entrada y salida de las cajas de kitting fue responsabilidad de Faurecia, mientras que fue el proveedor el responsable de programar la gestión de su sistema, así como gestionar las señales de comunicación con nuestro PLC para su correcta integración.

El proveedor fue responsable de asegurarse de la instalación de todos elementos necesarios para asegurar la correcta comunicación entre el sistema de cajas de kitting y el actual PLC. Esta comunicación se realiza a través de señales digitales, red PROFIBUS y ETHERNET.

El PLC es de la marca SIEMENS, un 314. El software empleado para la programación fue TIA PORTAL V13 STEP 7.

De igual manera, se programaron en el HMI todas las pantallas necesarias para su correcto funcionamiento, así como mostrar el mensaje de todos los defectos conocidos.

Las pantallas programadas son:

- SINOPTICO → En el que podamos ver un pequeño lay-out del sistema con el estado de todas las señales.
- MOVIMIENTOS MANUALES → En el que podamos seleccionar por pantalla el elemento que queramos mover.
 - Para realizar los movimientos manuales, se deberán instalar dos pulsadores iluminados de color verde, para realizar los movimientos (+ y -). Los pulsadores están intermitentes mientras este seleccionado un movimiento que se pueda realizar y están encendidos de forma fija cuando no esté permitido ese movimiento.

En el exterior de los armarios eléctricos de cada uno de los transportadores serán instaladas por tanto las pantallas HMI donde podremos gestionar de forma manual todo el sistema que en condiciones normales ha de funcionar en modo automático. Por tanto, tendremos dos pantallas, una en la línea derecha y otra en la izquierda, con exactamente las mismas funcionalidades.

A continuación, pasamos a ver las pantallas que nos permiten interactuar con el sistema.

En primer lugar, tendremos un menú inicial (figura 54) con un sinóptico que nos permite acceder a las diferentes funcionalidades.



Figura 54 Sinóptico del sistema

Si pulsamos sobre movimientos manuales podremos gestionar por un lado la zona de carga y por otro la zona de descarga.



Figura 55 Menú de movimientos Manuales

Escogiendo cualquiera de las dos opciones nos encontraremos con las mismas pantallas, siendo la única diferencia la zona sobre la que actúan.



Figura 56 Accesos al movimiento de los motores transportadores

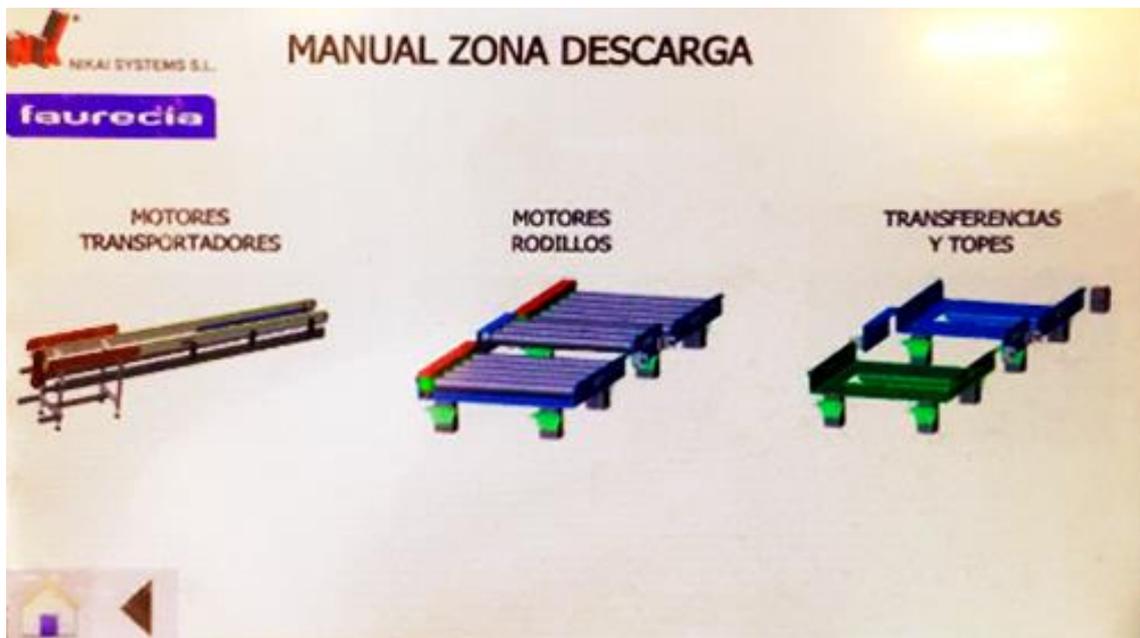


Figura 57 Acceso al forzado de topes y mesas de transferencia

Si accedemos a cualquiera de estas opciones, nos encontraremos con una pantalla que nos permitirá elegir el elemento concreto con el que queremos interactuar, en estas figuras observamos las opciones en la zona de carga.



Figura 58 Interacciones disponibles con los motores



Figura 59 Interacciones disponibles con topes y transferencias

La zona de descarga funciona del mismo modo, si bien por las características del sistema tendremos una mayor cantidad de opciones.



Figura 60 Posibles interacciones con motores y ascensores

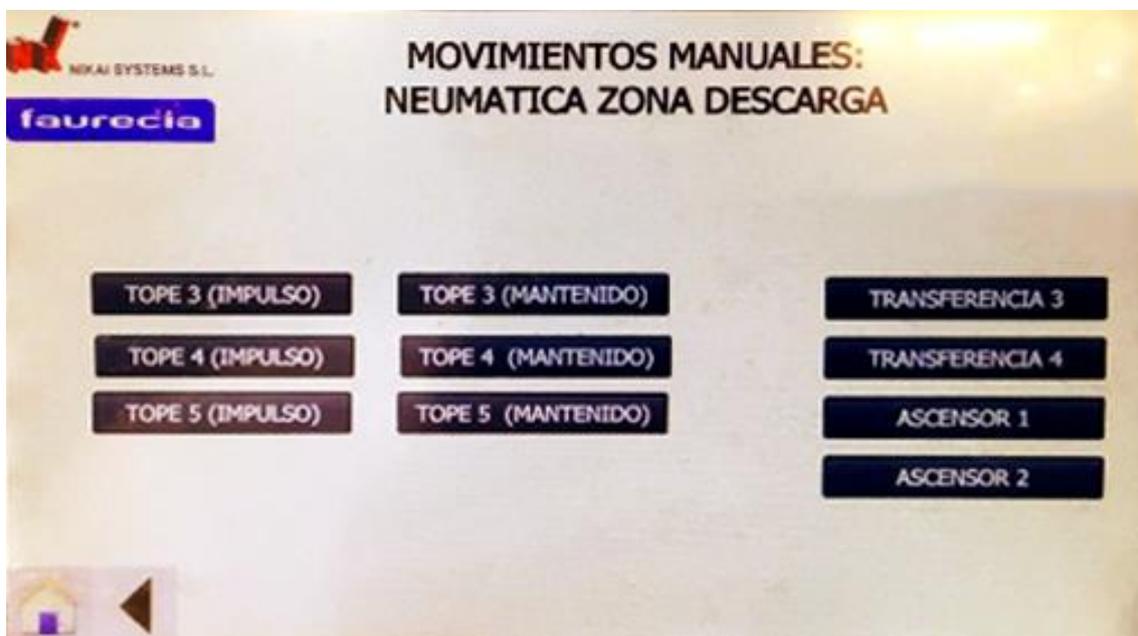


Figura 61 Opciones para interactuar con la neumática de la zona de descarga

En estas pantallas también podremos consultar en tiempo real las comunicaciones de los AGVs con el autómatas y el estado de carga o descarga en que nos encontramos.

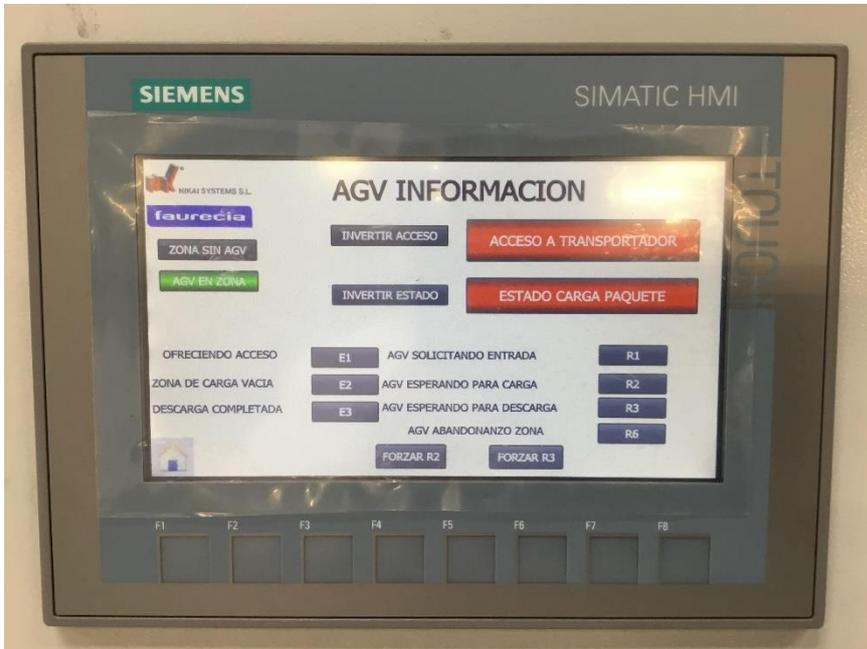


Figura 62 Información sobre el estado de los AGVs

También disponemos de una pantalla que fuerza la entrada y la salida de cajas. Para este fin también disponemos de pulsadores físicos situados junto a los transportadores.

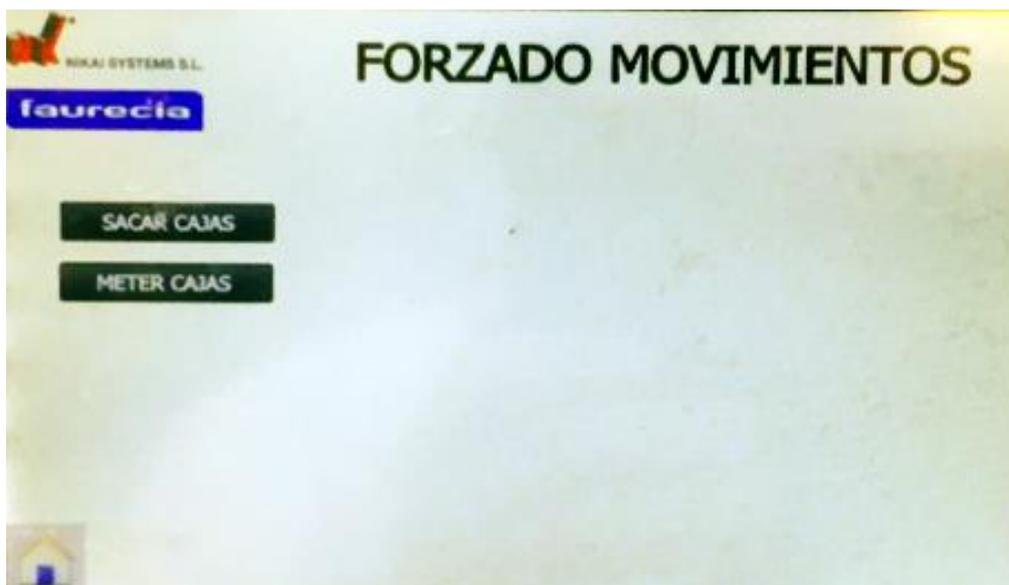


Figura 63 Pantalla de forzado para meter o sacar cajas

Por último, disponemos de una pantalla de información sobre el sistema que nos alerta sobre cualquier problema y nos indica qué elemento está fallando, ya sean motores o elementos neumáticos, o si hay alguna emergencia o alguna alerta activa.



Figura 64 Pantalla de visualización de alertas y emergencias

4.5. Comunicación con AGVs:

Los AGV (Automatic Guided Vehicle) son vehículos capaces de moverse de forma automática sin necesidad de conductor, su función principal es el transporte de una gran variedad de cargas a través de una ruta predeterminada obedeciendo una serie de instrucciones asignadas. Son especialmente útiles en tareas repetitivas y con alta cadencia de forma ininterrumpida.



Figura 65 Los AGVs tienen campos de detección activos en todo momento

4.5.1. Fundamentos del funcionamiento

El sistema de seguridad es uno de los elementos principales. El escáner de última generación SICK genera una lectura láser barriendo un sector de 180°, lo que asegura la máxima seguridad ante el contacto de personas y objetos.

El sistema produce mapeados inteligentes y adaptables de forma automática en función de la maniobra o la dirección de desplazamiento del AGV.

También dispone de señales acústicas y ópticas de advertencia. Su amplia versatilidad le permite desenvolverse con éxito en un gran número de aplicaciones técnicas.

Mediante un sistema PIN o Cazalanzas permite el arrastre de cargas muy pesadas con gran robustez mecánica.

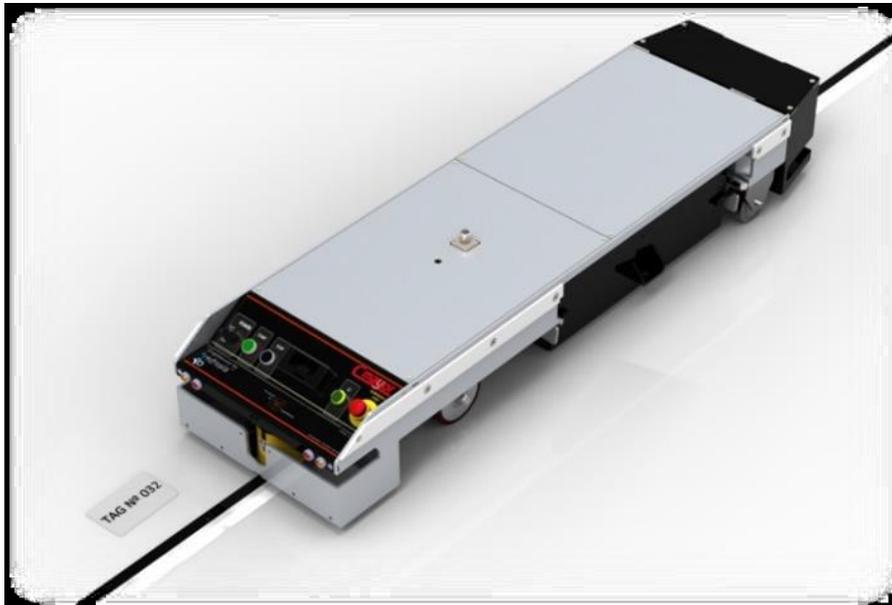


Figura 66 El AGV se desplaza en todo momento siguiendo una línea negra situada a tal fin en el suelo

Guiados por el seguimiento de una cinta magnética mediante sensores ópticos o magnéticos, su gran movilidad les permite tomar curvas sin perder la guía. Esta tecnología es muy fiable, flexible y el circuito es sencillo de instalar.

Mediante tecnología RFID, el AGV lee la orden almacenada en los TAGs. Entre estas órdenes se encuentran un cambio de velocidad, cambio de mapa de seguridad, accionamiento del pin de acople cambio de dirección etc.

El entorno VSystems, accesible desde cualquier dispositivo, permite controlar y monitorizar la flota por completo.

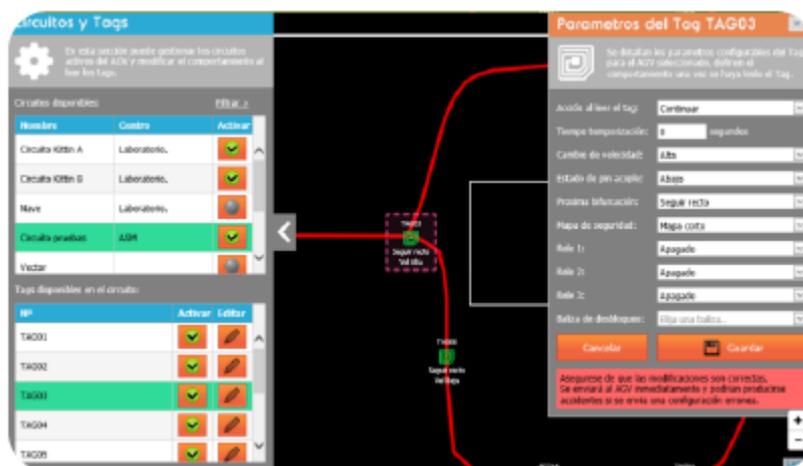


Figura 67 Podemos modificar de forma online cualquier parámetro de un TAG

4.5.2. Control de flotas mediante VSystems

Desde el entorno web se obtiene la información de AGV, así como la posibilidad de modificar los parámetros y acciones del vehículo.. El módulo VSystems es la centralita de proceso de todo el AGV. Su misión es la de coordinar todos los elementos que componen el AGV y asegurar la comunicación de éste con el sistema central.

Tenemos la posibilidad de crear un punto de acción para cada TAG y asignarle una orden, de esta forma el AGV se actualizará automáticamente y actuará de acuerdo a la nueva consigna cuando vuelva a pasar por ese punto.

Es fácil, rápido y se puede realizar desde cualquier lugar donde se disponga de conexión a internet, y se pueden crear circuitos distintos que trabajan simultáneamente en el mismo layout.

En nuestro caso, en el mismo layout conviven tanto los circuitos de kitting de los AGVs como los de los AGVs que transportan armaduras de asientos a las líneas.

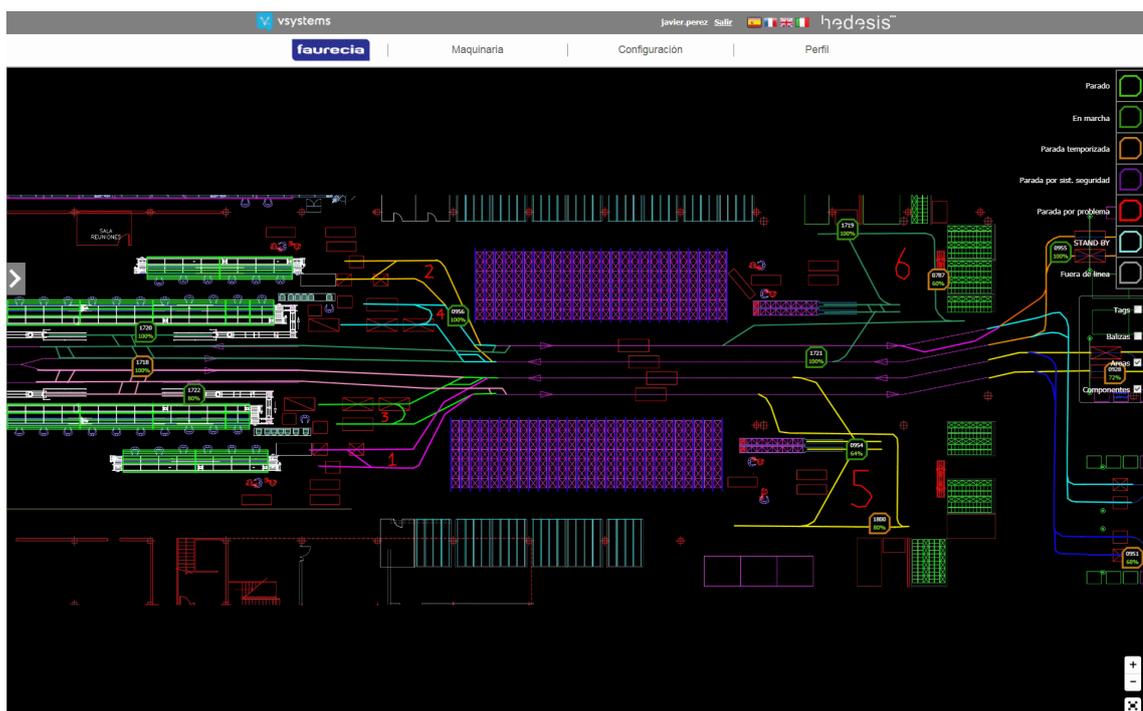


Figura 68 En esta pantalla podemos ver la situación del circuito en tiempo real.

El diseño del layout reproduce fielmente el trazado del circuito que se encuentra en el suelo de la planta, y nos permite en todo momento saber el

estado del circuito, conocer el estado de los AGVs en tiempo real e incluso el emplazamiento físico de cada uno de ellos.

Del mismo modo, en este mismo entorno podemos ver todos los tags que conforman el circuito, y que son los responsables de indicar al AGV que hacer a continuación de pasar por encima de ellos.

Con esta herramienta podemos modificar de forma instantánea desde el ordenador cualquiera de los parámetros de los tags del circuito.

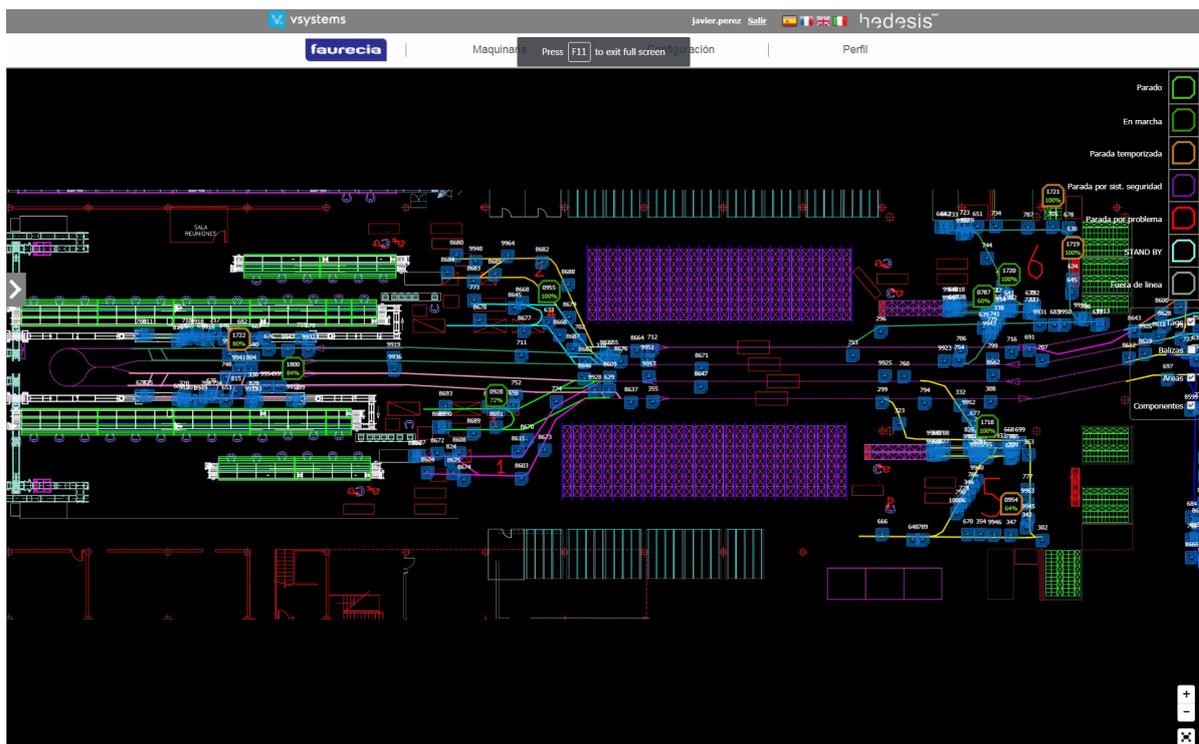


Figura 69 En la misma pantalla podemos optar por desplegar los TAGs que forman parte del circuito.

Gracias a esta herramienta se facilita la labor de encontrar los puntos problemáticos de nuestro circuito, pero ante todo su mayor virtud es su versatilidad para realizar cualquier modificación en los parámetros del circuito.

También disponemos de una lista en la que podemos consultar información sobre todos los AGVs en un formato más claro.

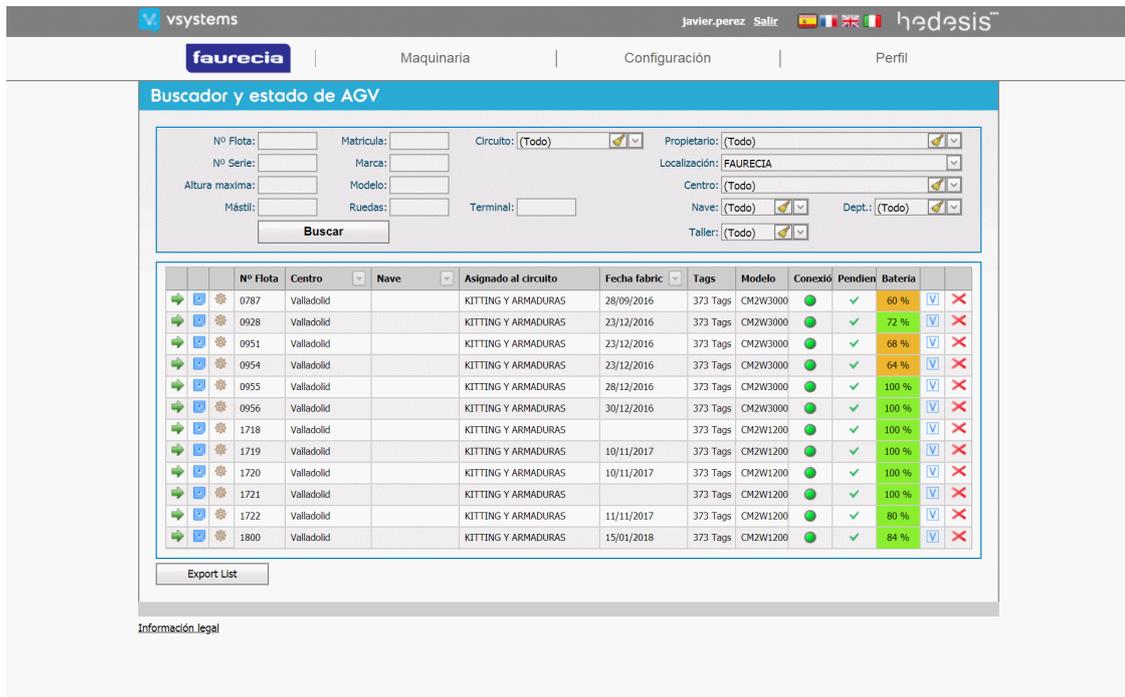


Figura 70 Lista con los números de AGV e información diversa

Los AGVs se comunican con el sistema a través de cajas de comunicación (ver imagen inferior izquierda). Faurecia se encargó de la instalación de las cajas de comunicación, y fue el proveedor el responsable de su integración en su sistema.

Se instaló una caja de comunicación en cada zona de intercambio de señales. Cada caja de comunicación tiene 6 entradas y 6 salidas.

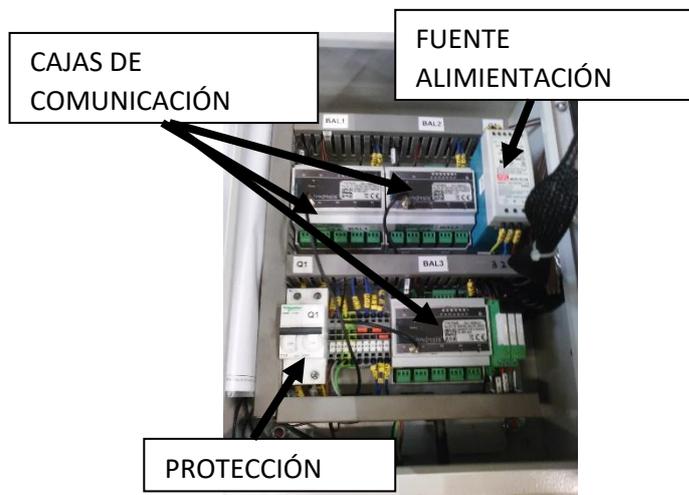


Figura 71 Configuración de las cajas de comunicación

La existencia de estas cajas es lo que permite que los AGVs circulen por el circuito sin percances, ya que se comunican antes de cada cruce o de entrar a una nueva zona para saber si ese espacio está libre, quedándose a la espera en caso contrario hasta nueva señal.

Se integró un pulsador luminoso, para quitar la alimentación a cada caja de comunicación (ver imagen inferior). El funcionamiento de este pulsador luminoso será el siguiente, estar encendido fijo cuando el AGV tenga pedida la zona, así mismo, al pulsarlo se deberá interrumpir la alimentación a la caja de comunicación para resetear esa señal.



Figura 71 Pulsador luminoso

4.6. Modificación PLC líneas delanteras para la gestión de entrada/salida de bandejas

Dividiremos la gestión a controlar en dos procesos distintos, el de entrada de bandejas y cajas de kitting al inicio de la línea (Ciclo introducción de cajas de kitting llenas a la línea de fabricación), y la salida de bandejas y cajas de kitting al final de la línea (Ciclo extracción de cajas de kitting vacías de la línea de fabricación).

4.6.1. Comienzo líneas delanteras

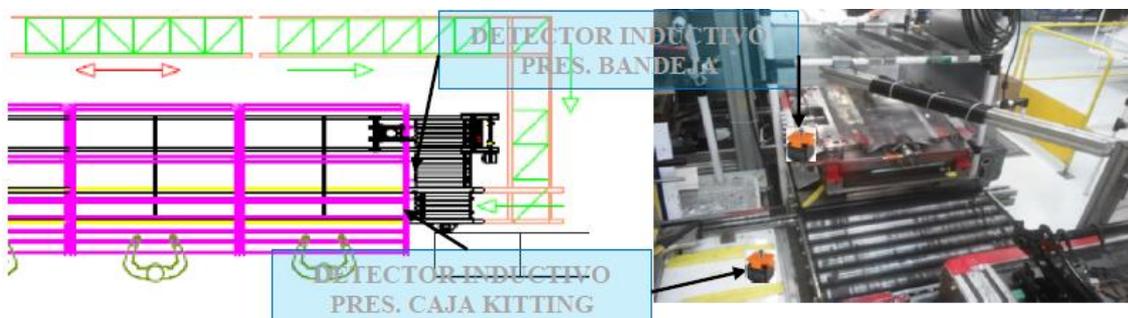


Figura 72 Posición de los nuevos detectores en la línea

- ❖ Un detector inductivo de presencia de bandeja:
 - Su función será la de saber si hay una bandeja vacía preparada en la mesa intermedia.

- ❖ Un detector inductivo de presencia de caja de kitting:
 - Servirá principalmente para saber si la caja de kitting ha liberado la zona de la mesa de transferencia del inicio de línea, para permitir que suba y comenzar un nuevo ciclo de entrada de bandeja vacía.

4.6.2. Final línea delantera.

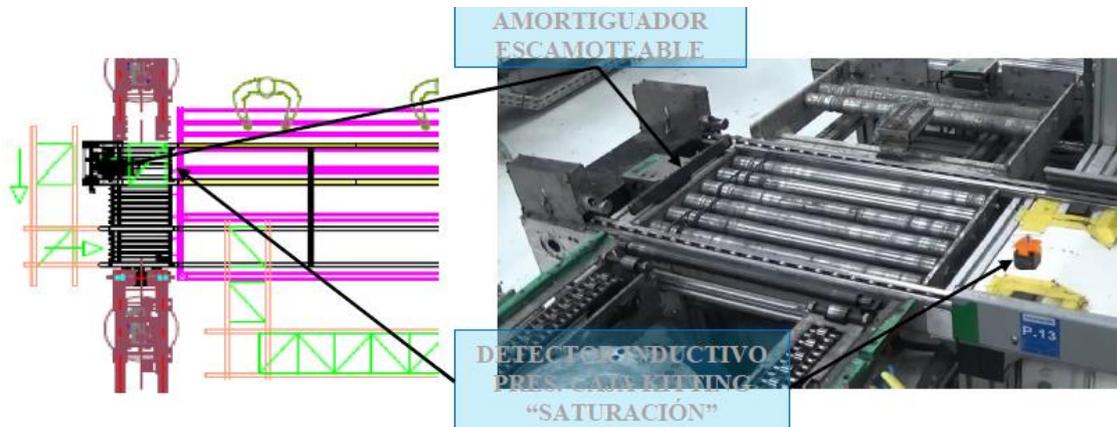


Figura 73 Posicionamiento del nuevo detector de saturación

- ❖ Un amortiguador escamoteable:
 - Tendrá la misma función que en la actualidad (detectar que la bandeja ha llegado al final de la línea de fabricación). Por lo que, se seguirán gestionando sus señales.
 - Además, se esconderá para permitir la salida de la caja de kitting vacía hacia el sistema de KITTING.
- ❖ Un detector inductivo presencia caja kitting “saturación”,
 - Servirá principalmente para realizar la función de “saturación” de las líneas, en caso de que se detecte una caja de kitting, y no se haya finalizado el tránsito de salida de la bandeja del ciclo anterior.

4.6.3. Nuevas señales:

Se seguirán usando las señales actuales que gobiernan el ciclo de introducción y extracción de bandejas a la línea, solo será necesario modificar la programación para gestionar las siguientes señales que tabularemos en este apartado (nuevos elementos más comunicación con el sistema de kitting) para la correcta integración del sistema.

Todas las señales de intercambio entre nuestro PLC y el sistema de kitting se realizarán a través de señales digitales (módulos AS-i).

4.6.3.1. Comienzo líneas delanteras

Tabla 1 Nuevas señales en el inicio de línea para la gestión del kitting

SEÑAL	TIPO	GESTIÓN
IN	DETECTOR	PRESENCIA BANDEJA EN MESA INTERMEDIA
IN	DETECTOR	PRESENCIA CAJA KITTING ZONA LIBERADA
IN	COMUNICACIÓN SISTEMA --> PLC	CAJA KITTING PREPARADA
IN'	ENCONDER LINEA	DISTANCIA A LA QUE ENVIAR AUTORIZACIÓN AL SISTEMA
OUT	COMUNICACIÓN PLC --> SISTEMA	AUTORIZACIÓN ENTRADA CAJA KITTING
OUT	COMUNICACIÓN PLC --> SISTEMA	FIN CICLO ENTRADA CAJA KITTING
OUT	COMUNICACIÓN PLC --> SISTEMA	SEÑAL HABILITAR/DESHABILITAR ENTRADA CAJA KITTING

4.6.3.2. Final línea delantera

Tabla 2 Nuevas señales en el final de línea para la gestión del kitting

SEÑAL	TIPO	GESTIÓN
IN	DETECTOR	PRESENCIA CAJA KITTING SATURACIÓN
IN	DET. AMORTIGUADOR ESCAMOTEABLE	AMORTIGUADOR POSICIÓN ARRIBA
IN	DET. AMORTIGUADOR ESCAMOTEABLE	AMORTIGUADOR POSICIÓN ABAJO (ESCONDIDO)
IN	COMUNICACIÓN SISTEMA --> PLC	SISTEMA PREPARADO
IN	COMUNICACIÓN SISTEMA --> PLC	FIN CICLO EXTRACCIÓN CAJA
OUT	EV. AMORTIGUADOR ESCAMOTEABLE	SUBIR AMORTIGUADOR A POSICIÓN ARRIBA
OUT	EV. AMORTIGUADOR ESCAMOTEABLE	BAJAR AMORTIGUADOR A POSICIÓN ESCONDIDA
OUT	COMUNICACIÓN PLC --> SISTEMA	AUTORIZACIÓN EXTRACCIÓN CAJA KITTING
OUT	COMUNICACIÓN PLC --> SISTEMA	SEÑAL HABILITAR/DESHABILITAR SALIDA CAJA KITTING

4.6.3.3. Pantallas PROFACE y WINCC:

Se deberán programar todas las pantallas necesarias, tanto en el WINCC como en las pantallas PROFACE, para la correcta gestión del sistema.

Se necesitará programar tanto en la pantalla PROFACE del inicio de línea como del final una pantalla que nos permita:

- Habilitar/deshabilitar el sistema.
- Resetear el estado tanto de las señales actuales como de las nuevas.



También se necesitará programar en el WINCC de la línea una pantalla que nos permita:

- Visualizar el estado de las señales de comunicación entre nuestro PLC y el sistema, así como el reseteo de dichas señales.
- Creación de los nuevos mensajes de defectos.
- Creación de un pequeño sinóptico, donde se podrán modificar los valores de las variables del proceso (Distancia entre bandeja y caja kitting).

La programación de todos estos elementos que afectan al autómata de la línea correría a cargo de la empresa Indomaut dada la complejidad del programa.



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

5. MATERIAL NECESARIO

En lo que se refiere a los materiales necesarios para el desarrollo de este proyecto, podemos diferenciar entre los elementos correspondientes a los transportadores, por una parte, y los AGVs por otra.

5.1. AGVs

En cuanto a los AGVs, debido a las exigencias que planteaba el circuito por el que tenían que circular, era necesario un modelo bidireccional, capaz de realizar el viaje de vuelta por la misma guía sin necesidad de girar, ya que el trazado del circuito es muy eficiente al carecer de curvas casi por completo, dotando al recorrido de una mayor fiabilidad y reduciendo al máximo los tiempos de los viajes.

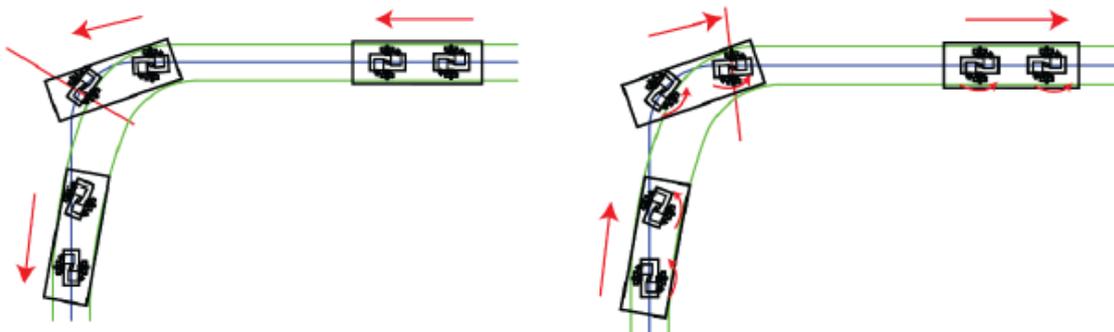
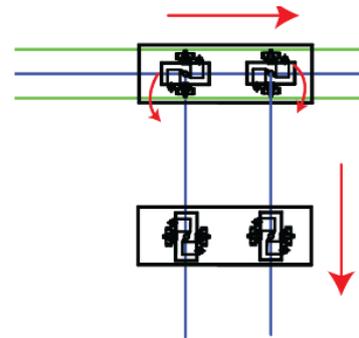


Figura 74 Posibilidades de giro de un AGV

Entre las diversas opciones que se le plantearon a la empresa, se optó por los AGVs de Carretillas Mayor, con la que ya habían contratado en otras ocasiones este tipo de servicios y que tiene su sede cerca del emplazamiento de la fábrica.

En concreto se optó por el modelo CM3000-2W por su gran versatilidad, puesto que es capaz de adaptarse perfectamente a las exigencias del trazado y su gran potencia le permite transportar la carga sin dificultades.

Procedemos a enunciar las características que nos aporta el proveedor Carretillas Mayor.

5.1.1. Características



Figura 75 Imagen de un AGV CM3000-2W

Entre las características técnicas a destacar podemos señalar:

- Peso (sin batería): 146kg \pm 5%
- Tensión de alimentación: 24VDC
- Carga máxima: 3000Kg
- Tipo de guiado: Cinta magnética/óptica
- Velocidad máxima: 40m/min
- Remonte: Radio de giro mínimo: 1400mm
- Frenada: Aprox. 5mm al 10% / Aprox. 100 mm al 100%
- Motor tracción: 4 motores 24VDC Brushless (2 motores en cada grupo motor). Con cartas de control individual integradas en grupo motor.
- Potencia: 200W/motor.
- Reductora: Reductora incorporada en cada bloque motor de 20:1.
- Sistema de elevación: Externo, mediante útil habilitado para la sustitución de batería y movimiento manual del AGV.
- Motor dirección: Por cadena
- Transmisión: Cadena de 18 eslabones $\frac{1}{2}$.
- Diferencial: Electrónico
- Dirección: Diferencial
- Ruedas motrices: Cuatro ruedas de Poliuretano rojo.

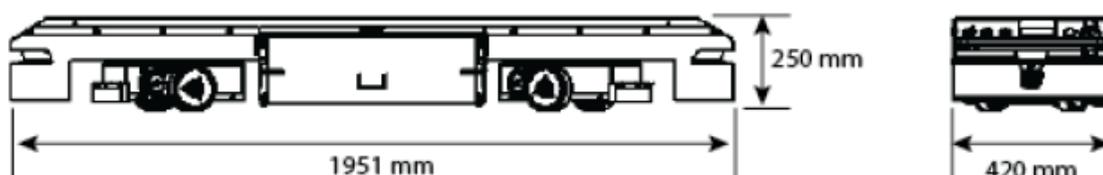


Figura 76 Dimensiones del AGV

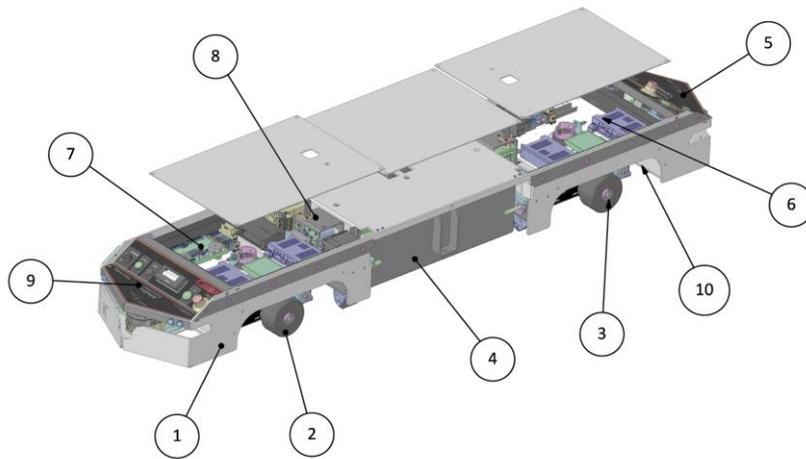


Figura 77 Despiece del AGV

Nº	REFERENCIA	NOMBRE	CANT
1	001913	CHASIS	1
2	002589SF	GRUPO MOTOR MASTER	1
3	002589SF	GRUPO MOTOR SLAVE	1
4	002337	COFRE DE BATERIAS	1
5	002869	FRONTAL SLAVE	1
6	002511	SUBCHASIS SLAVE	1
7		SUBCHASIS MASTER	1
8	002759	PIN R08 Ø25mm	2
9	002868	FRONTAL MASTER	1
10	001960	SUBCHASIS CARGA ON-LINE	1

Figura 78 Referencias de cada uno de los elementos

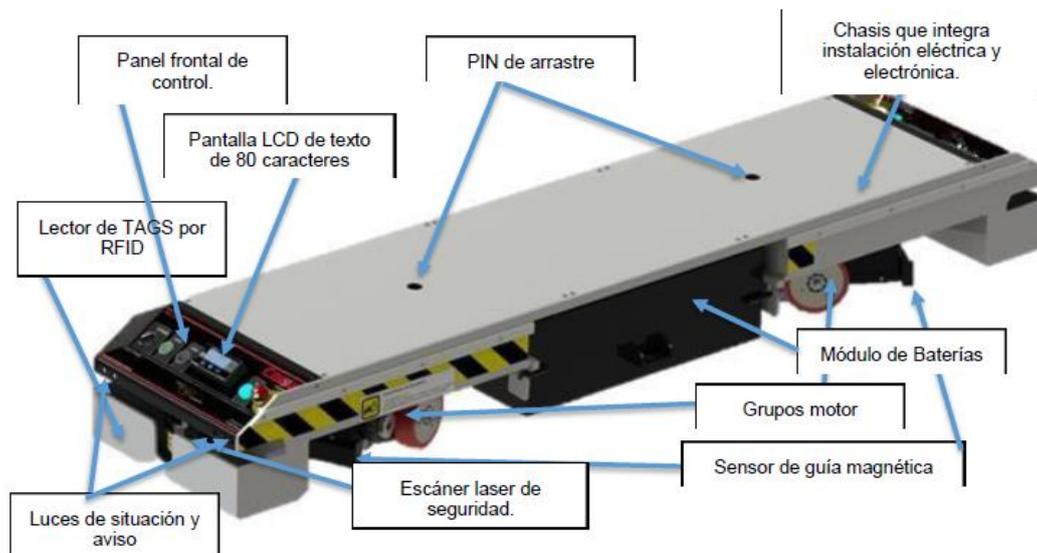


Figura 79 Localización de diversos elementos

5.1.1.1. Panel frontal de control

El AGV nos da la información mediante un panel frontal de control que nos permite la interacción, y una pantalla LCD retroiluminada que permite al usuario conocer las alertas y eventos que ocurren en el AGV referenciados en todo momento en fecha y hora.

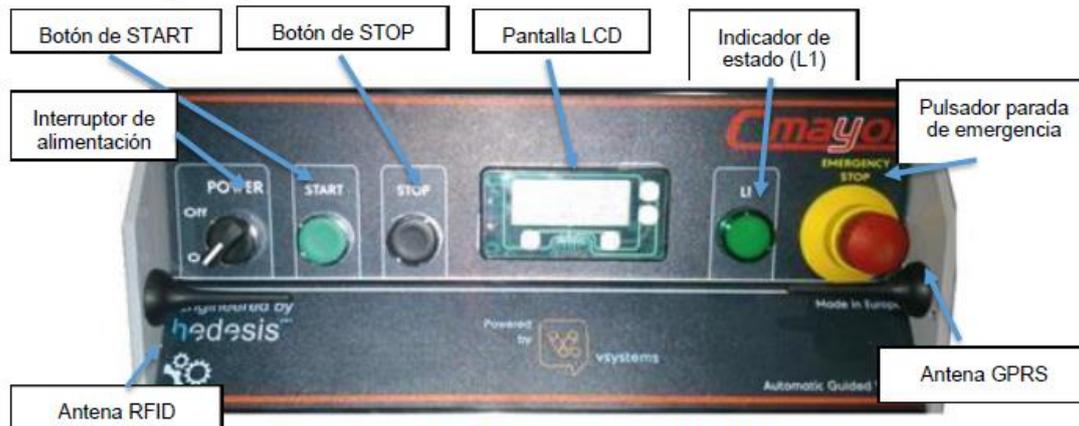


Figura 80 Elementos del panel

5.1.1.2. Panel LCD



Figura 81 Vista de la pantalla LCD

En esta pantalla se nos indica:

En la primera línea:

- La hora
- El logo de hedesis
- El número del AGV

En la segunda línea:

- El estado de conexión

En la tercera línea:

- El último evento del AGV

En la cuarta línea:

- Estado de batería en porcentaje. (BT)
- El número de mapa de seguridad (MAP)
- El multicircuito que hemos seleccionado(MTC)

5.1.1.3.Seguidor

Los AGVs CM3000-2W cuentan con un seguidor como el que podemos observar en la figura

REFERENCIA SEGUIDOR	TIPO	MODELO	
000579	MAGNÉTICO	MGS-H16	

Figura 82 Información sobre el seguidor responsable de ir detectando las guías del circuito

5.1.1.4.Módulo Lector RFID / SAM. Lector TAGs y comunicación local

Estos AGVs cuentan con un Módulo Lector RFID / SAM. Lector TAGs y comunicación local que se encuentra en la parte central derecha desde una vista frontal. Integra dos funciones según el fabricante:

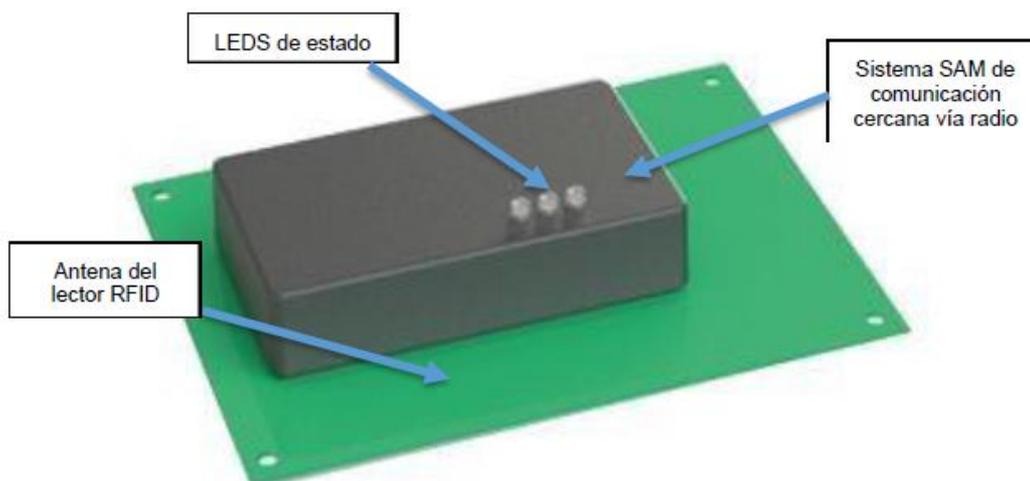


Figura 83 Imagen del módulo lector



1. Lector RFID

“Lee los TAG situados en el suelo mediante la antena que se encuentra situada bajo el panel electrónico y transmite los datos a la centralita VSystems para realizar las maniobras almacenadas en la memoria para ese TAG.

Las acciones a realizar para cada TAG se configuran desde en entorno web y pueden ser generales para todo el circuito o individuales para un AGV concreto. En el caso de que el lector pase por un TAG no existente en la memoria se genera un evento de ‘Leído TAG no configurado’.

Los TAG son componentes RFID pasivos que se sitúan en el suelo, a pocos cm a la derecha de la banda magnética. Según el tipo pueden ir enterados en el suelo o fijados con una resina epoxi para evitar en lo posible su deterioro.”

2. Comunicaciones locales vía radio

“El módulo de comunicaciones locales integra un pequeño modem radio bidireccional que trabaja en la banda libre de 433MHz y que se utiliza para los comandos u órdenes directas entre el AGV y los mandos a distancia o balizas de control.

No depende de la conexión GPRS o WIFI de la centralita ya que tiene su propia antena. Su alcance es limitado a unos 10m aproximadamente debido a su muy baja potencia de emisión.”

5.1.1.5. Grupos motores

Cada vehículo tiene dos motores de corriente continua, con sus correspondientes elementos de transmisión, las cartas de control de cada motor y la carta PID. Incluye en la parte frontal-exterior el sensor de guiado magnético u óptico.

5.1.1.6. Pin de arrastre

En cuanto a los pines que harán de enganche con los carros de transporte de las cajas para el arrastre de cargas, el fabricante nos aporta la siguiente información:

“El AGV dispone de un cilindro extraíble automático (PIN) que puede ser configurado desde el entorno VSystems asociándolo a la lectura de un TAG.

Su funcionamiento es extremadamente sencillo debido a que el motor no eleva el cilindro, sino que lo libera, permitiendo, por medio de un muelle, su extensión. Esta forma de trabajo hace que la duración de la reductora del motor sea mucho mayor porque evita que en el caso de que una carga se apoye sobre el cilindro no sea la reductora la que soporte dicha presión.

Permite una maniobra de carga más sencilla: El AGV se acerca al carro, libera el PIN y éste irá deslizándose por la placa de entrada, como si fuera un pestillo, hasta que entre en el agujero de anclaje sin que el AGV tenga que parar en ningún momento.”

REFERENCIA PIN	VERSIÓN	DIÁMETRO BULÓN (mm)	MOTOR	RPM	
002759	R08	Ø25	24V _{DC}	5	 002759

Figura 84 Los pines son un elemento clave para poder llevar los carros

5.1.1.7. seguridades

Estos AGVs cuentan con diferentes seguridades incorporadas:

- Dos escáneres laser de obstáculos S-300 mini en ambos extremos conectados a un dispositivo flexisoft.
- Dos pulsadores de parada de emergencia situados en ambos frontales.
- Señalización de situación mediante LEDs ámbar en ambos frontales y sonido intermitente.
- Señalización de ALERTA mediante LEDs rojos frontales y posteriores y sonido intermitente.

SICK s300 mini	Características
Registros de campo	8
Rango campo protección	2m
Rango de campo de aviso	8m (a 30% reflectividad)
Rango distancia medición	30 m
Ángulo de exploración	270°
Tiempo de respuesta	80ms
PLC de seguridad	PLC Flexisoft



Figura 85 Escáneres para la detección de obstáculos

En lo referente a los campos de seguridad frente a obstáculos, dispone de detección por escáner laser de seguridad con 4 posibles mapas de configuración.

Dos áreas de detección:

1. Bajada de velocidad.
2. Parada con Rearme automático a los 3s al desaparecer el obstáculo.

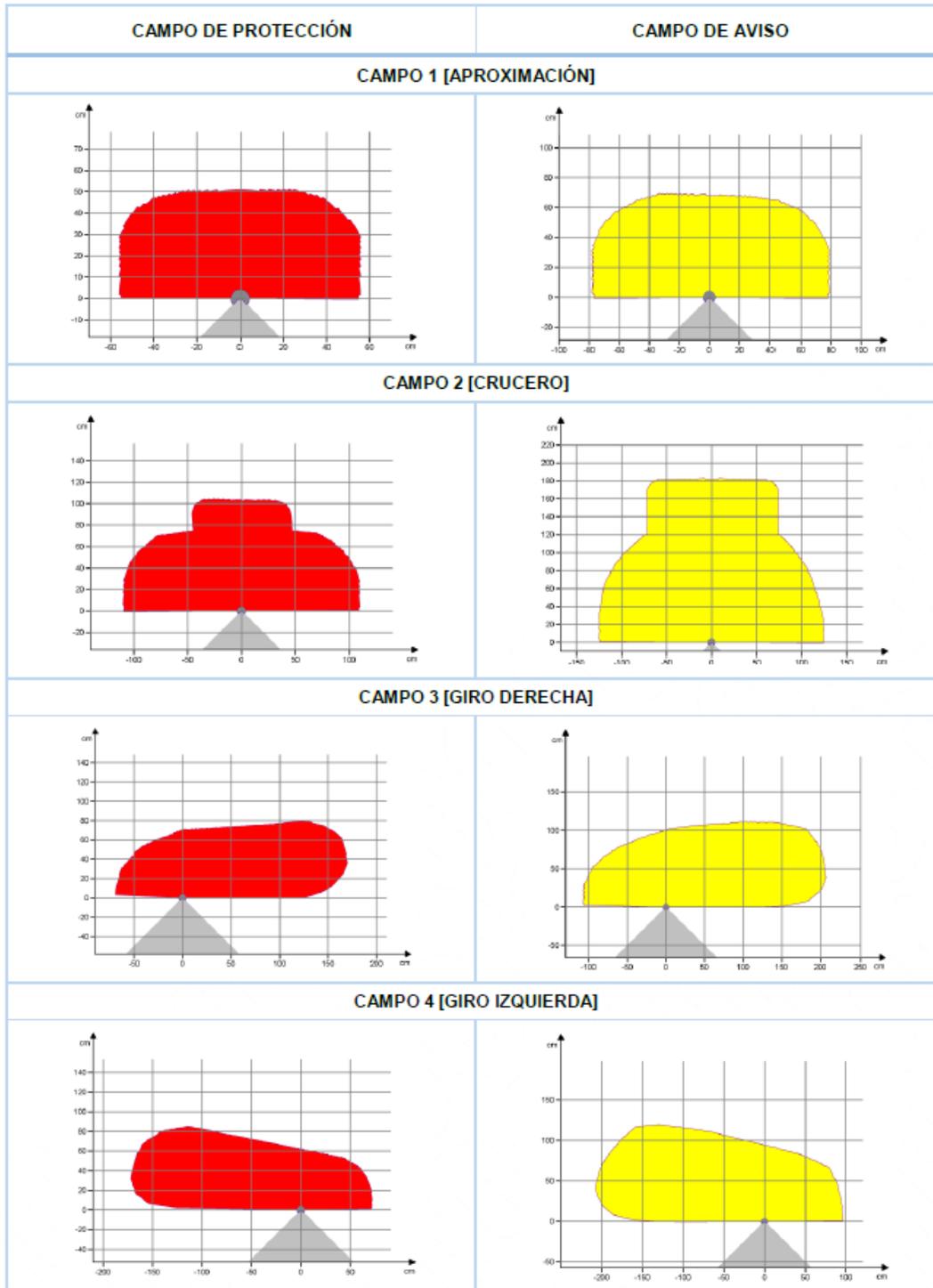


Figura 86 Áreas de detección en función del campo activo

5.2. Carros de transporte

Para poder transportar las cajas, los AGVs llevarán encima unos carros con capacidad para siete cajas. Estos carros serán arrastrados gracias a los pines que portan los AGVs.

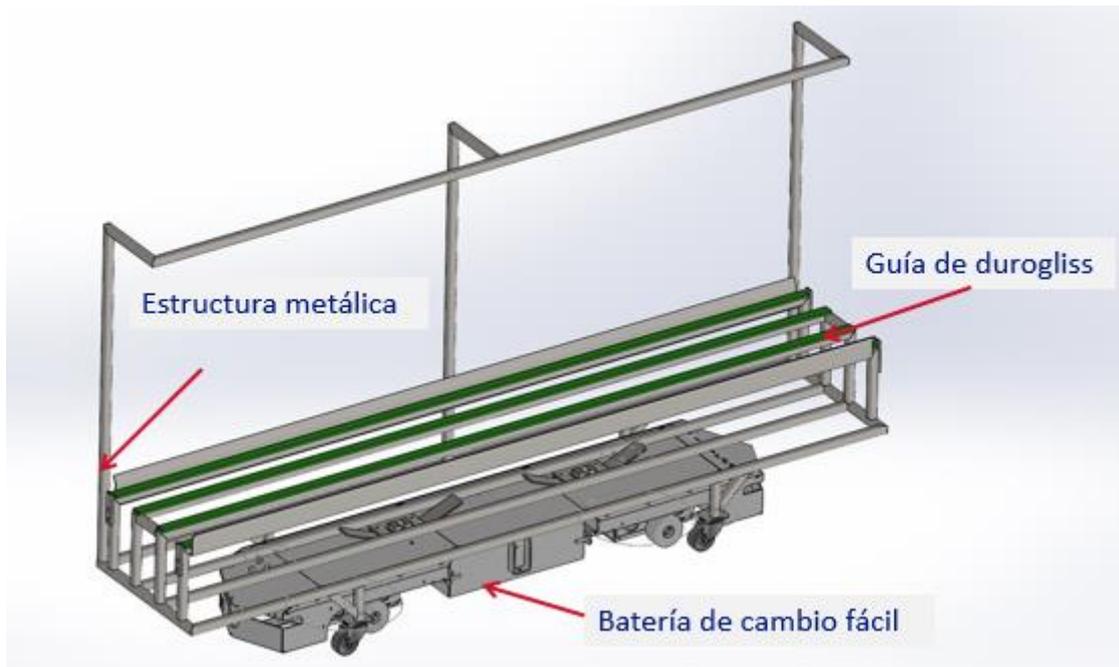
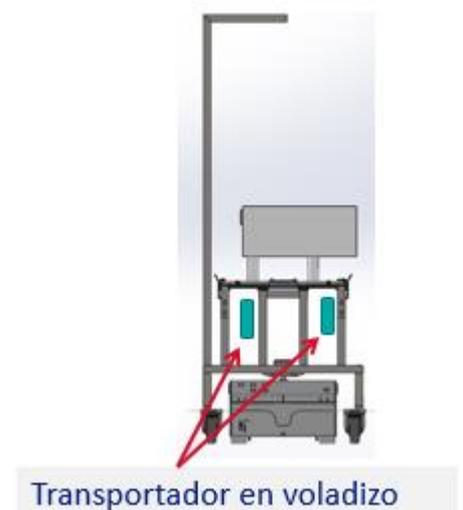


Figura 87 Estructura del carro sobre el AGV

Sus dimensiones son de 3000mm de largo por 1700mm de alto, con un ancho de 600mm. Incorporan unas guías de durogliss para mantener a las cajas en su posición y favorecer su deslizamiento tanto a la entrada como a la salida de los transportadores. Del mismo modo su forma nos permite cambiar la batería del AGV sin necesidad de soltar el carro.

Los carros contarán con huecos que atravesarán longitudinalmente su estructura a fin de poderse introducir dentro de los transportadores, que terminarán en voladizo para tal fin.



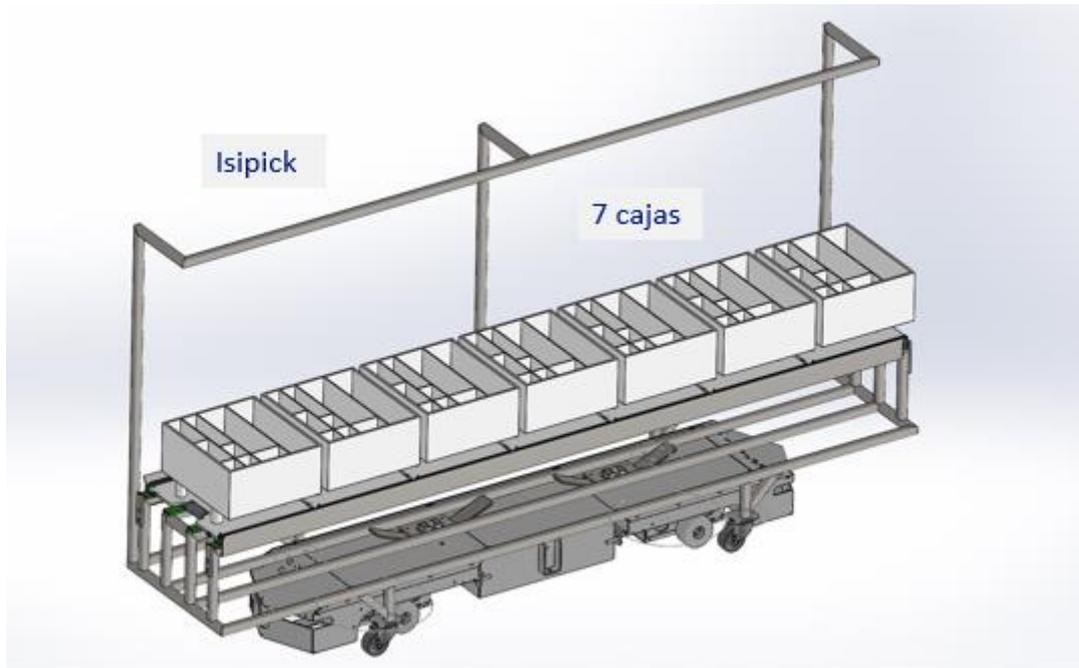


Figura 88 Imagen del carro con cajas

Cabría mencionar que los carros en su parte superior portarán elementos relativos al Isipick, pero estos se usan exclusivamente para la realización del picking en la parte del almacén.



Figura 89 AGVs esperando a que terminen las labores de picking

Los transportadores en voladizo están preparados para que sus fotocélulas no detecten a las AGVs en los procesos de carga y descarga de kits.



Figura 90 Imagen de los transportadores en voladizo del área de almacén

Un elemento común a todas las partes son las cajas. Las cajas de KITTING serán transportadas, de la zona de almacén hacia las líneas de fabricación y viceversa. Se encargaron 150 cajas a la empresa Ecopal. Estas tendrían diferentes compartimentos, siendo cada uno de ellos específico para cada tipo de pieza. Las cajas irán montadas sobre unas bandejas metálicas que a su vez viajarán sobre unas guías de plástico. Dimensiones 420 x 450 mm.

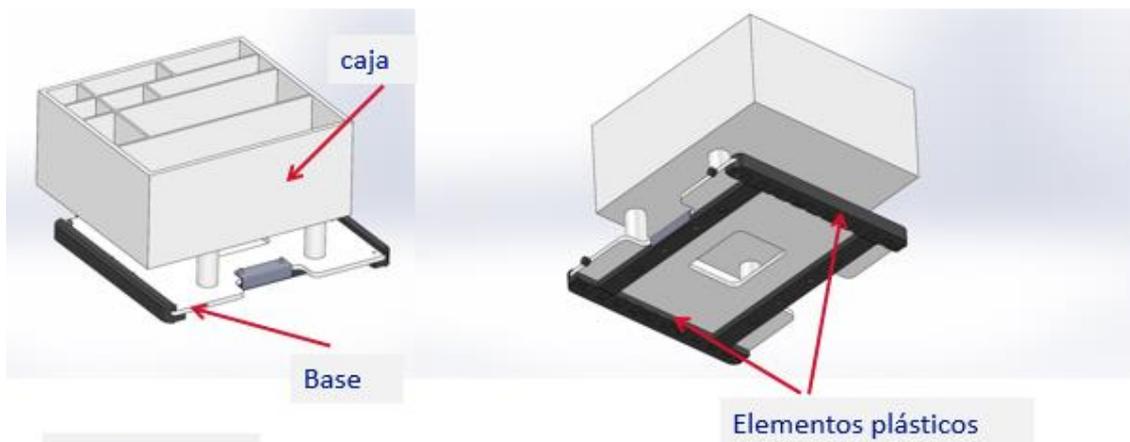


Figura 91 Modelo 3D inicial de las cajas



5.3. Transportadores

En lo que se refiere a los transportadores, estos podrían dividirse a la vez en dos grupos, los transportadores del área del almacén y los transportadores del área de producción. En ambos casos los elementos principales serán similares.

5.3.1.1. Zona de carga

La zona de carga constara de los siguientes transportadores y accesorios:

I. Transportador de correa dentada de doble vía. Modelo NT 400 21

- El transportador consta de un tramo inclinado (3.000 mm) y de un tramo recto (2.580 mm) con un ancho de vía de 420 mm
- Apoyos especiales para que el AGV pase por debajo del transportador.

II. Transportador de cadena de acumulación. Modelo NT 820 26

- Apoyos regulables en altura dotados con escuadras de fijación.
- Medidas:
 - o Largo 2.100 mm
 - o Alto por definir
 - o Ancho 450 mm

III. Sistema de transferencias. Modelo NT 600 50 XX

- Elevación por medio de cilindros neumáticos
- Transferencia del pallet por medio de rodillos motorizados
- Cantidad 2 unidades

IV. Otros

- Empujador de cajas para incorporar la caja de kitting a la línea de producción
- Topes neumáticos

5.3.1.2. Zona de descarga

I. Shuttle. Modelo: Sistema especial

- Shuttle neumático para desplazamiento de las cajas de kitting
- La longitud del shuttle es de 3.000 mm aproximadamente.
- El shuttle dispone de un bastidor-cerramiento por razones de seguridad.
- Modo de funcionamiento:
 - a. Unas pinzas entran en el transportador existente de faurecia para extraer la caja de kitting (Eje X)
 - b. Posiciona la caja y la evacua por la parte superior (Eje Z)
 - c. El shuttle se desplaza longitudinalmente en paralelo a la línea existente (la línea con el giro) y se situada en posición para depositar la caja.
 - d. Deposita la caja de kitting en un transportador de correa dentada que se describe a continuación.



Figura 92 Sistema Shuttle

II. Transportador de correa dentada de doble vía. Modelo NT 400 21

- Transportador de correa dentada de doble vía
- Motorización en posición central
- Medidas aproximadas del transportador:
 - a. Longitud 2.000 mm
 - b. Ancho 450 mm

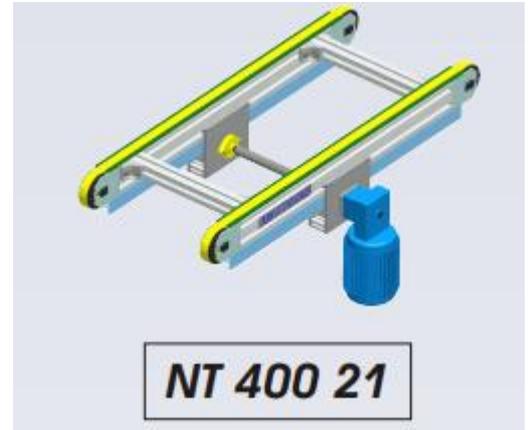


Figura 93 Transportador NT 400 21

III. Ascensor-Descensor. Modelo NT 600 40

- Bastidor en perfil de aluminio
- Accionamiento del ascensor por medio de cilindro neumático
- Cerramiento de seguridad

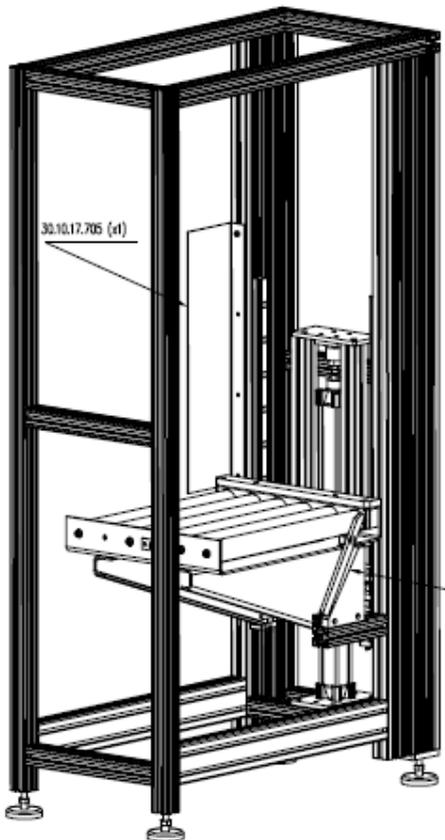


Figura 94 Modelo del ascensor utilizado



IV. Transportador de correa dentada de doble vía con inflexión NT 400 21

- Transportador de correa dentada de doble vía.
- Transportador con inflexión para cargar el AGV.
- Apoyos especiales para que el AGV pase por debajo del transportador.
- Motorización en posición central.
- Medidas aproximadas del transportador:
 - a. Longitud 8.500 mm
 - b. Ancho 450 mm

V. Otros

- Topes neumáticos

5.4. Integración eléctrica:

Faurecia suministró la acometida eléctrica, en tanto que fue el proveedor el responsable de integrar el armario eléctrico con todas las conexiones eléctricas necesarias (alimentaciones, señales, etc). En cualquier caso, el proveedor es responsable de realizar todas las conexiones eléctricas (alimentaciones, paradas de emergencia, elementos de campo, etc) necesarias para la correcta integración.

Así mismo, en cada armario principal del sistema, están instalados los botones de mando y estado para controlar el sistema. Este sistema de pulsadores es de la marca Scheneider.

- Pilotos de estado (armario en tensión): Debe haber tantos indicadores como energías eléctricas (230 VaC, 24 V salidas, 24 V entradas, etc.) tenga el armario. Debe ser de luz blanca.
- Pulsador iluminado de “encendido”: Debe ser de luz blanca. Al pulsarle deben entrar en servicio todas las energías (eléctrica y neumática).
- Pulsador iluminado de “arranque ciclo general”: De luz verde. Cuando el sistema este parado, encendido y en ciclo deberá estar intermitente para indicar que el sistema está preparado. Al pulsarle se quedará fijo y arrancará el sistema.
- Selector (llave 421e) de 3 posiciones fijas “general”: Este selector nos permitirá poner en automático, manual o apagado el sistema en general.
- Pulsador de “apagado general”: Debe ser negro. Al pulsarle deberán apagarse todas las energías (eléctrica y neumática).
- Pulsador de “ciclo parada general”: Debe ser negro. Al pulsarle deberá pararse el sistema en el momento del ciclo que este, sin tener que apagar ninguna energía.
- Pulsador de “reset fallos”: Ha de ser azul. Mediante este pulsador se resetearán los defectos programados (time-out de transferencia, etc).
- Selector (llave 421e) de 3 posiciones fijas “inicio de línea” y “final de línea”: Estos selectores nos permitirá poner en automático, manual o apagado cada zona del sistema de forma independiente.
- Pulsador iluminado de “arranque inicio de línea” y “arranque final de línea”: De luz verde. Estos pulsadores nos permitirán arrancar de manera independiente cada zona del sistema.
- Pulsador de “ciclo parada inicio de línea” y “ciclo parada final de línea”: De negro. Estos pulsadores nos permitirán parar de manera independiente cada zona del sistema.
- Además, en el armario principal de cada instalación tiene un sistema HMI. El sistema HMI a instalar es de la marca SIEMENS.



Figura 95 Cuadro de mandos

Por tanto, los elementos del armario eléctrico podrían quedar definidos como:

- Construcción de armario metálico:
- Interruptor general y piloto de red.
- Interruptor magnetotérmico diferencial general.
- Fuente de alimentación 24Vcc.
- Tarjetas e/s ET200 SIEMENS. Para X entradas y X salidas.
- Magnetotérmicos de protección.
- Relé de seguridad.
- Contactores y disyuntores para los motores de los transportadores
- Salida de mangueras por bornas a través del zócalo.
- Pulsador luminoso para conexión de la tensión de mando.
- Pulsador para desconexión de la tensión de mando.
- Pulsador luminoso para indicación y rearme de anomalía general.
- Pulsador de marcha.
- Pulsador de paro.



Figura 96 Interior del armario eléctrico

De igual forma, cada armario principal está equipado como mínimo con una baliza de color rojo y otra de color verde.

- BALIZA VERDE: Encendida cuando el sistema este operativo.
- BALIZA ROJA: Parpadeando cuando haya cualquier defecto.



En cuanto a las instalaciones de campo, cabría destacar los siguientes elementos:

- Detectores inductivos/magnéticos.
- Módulos de electroválvulas ASI, con entradas para detectores.
- Paradas de emergencia en la caja amarilla.
- Grupo neumático FRL con llave de cierre.
- Mangueras eléctricas de potencia.
- Canaleta portacables.

5.5. Mantenimiento y repuestos

El mantenimiento constituye un elemento esencial en cualquier industria, por lo tanto, hemos de planificar desde el principio cuales han de ser las acciones que hemos de tener en cuenta desde el punto de vista del mantenimiento preventivo. En la siguiente figura observamos cuales fueron las nuevas tareas definidas y su periodicidad.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Duración prevista: Horas y minutos
 Periodicidad: D01=Diario; S01=Semanal; S04=Mensual; S12=Trimestral; A01=Anual
 Estado de la máquina: FEP= Funcionamiento en producción; FFP= Funcionamiento fuera de producción; PBT= Parada bajo tensión; PFT= Parada fuera de tensión

Línea: LINEA ALMACEN Y PRODUCCION

Subconjunto	Elemento	Acciones a realizar	Duración prevista	Periodicidad o frecuencia	Estado de la máquina	Utillaje o medio de control	Piezas a cambiar:	
							Cantidad y denominación / Ref proveedor	Código
	CILINDRO	Comprobar apriete de tornillos y conexiones	5'	S12	FFP	VISUAL		
	FRL	Comprobar entrada de presión de aire	5'	S04	FEP	Visual	5 bar	
	GENERAL	Apriete de tornillos	60'	A01	PFT	Llave dinamométrica	M6=5Nm, M8=25Nm	
	GUIA LINEAL	Revisar engrase	30'	S12	PFT	GRASA	KP2P-35 DIN 5182525	
	CORREA DENTADA	Comprobar tensado	30'	S04	FFP	VISUAL		
	RODAMIENTO AUTOALINEABLE	Revisar Engrase	10'	S12	PFT	GRASA	KP2P-35 DIN 5182525	
	MOTORREDUCTOR	Control de aceite	30'	A01	PFT	GRASA	KP2P-35 DIN 5182525	
		Control de consumo	10'	S12	FFP	Herram. manuales	ISO VG 320	
		Control de temperatura	5'	S12	FFP	TERMOMETRO	Máx. 70°	
	CADENA	Comprobar tensado	30'	S04	FFP	VISUAL		
		Comprobar engrasado	30'	S12	PFT	GRASA		

Figura 97 Tabla con las tareas de mantenimiento para el nuevo sistema de kitting

Del mismo modo, tanto las estructuras como las actividades de mantenimiento fueron incluidas en el sistema PMP (Plant Maintenance Mobility) en el marco de la digitalización del mantenimiento, lo que nos da unas mayores garantías de control sobre nuestra instalación y nos sirve de base de datos para emprender acciones sobre los fallos más comunes o las averías más repetidas.

Actuamos del mismo modo con los repuestos, incluyendo en nuestro sistema aquellos que van a estar almacenados dentro de nuestra fábrica para poder llevar un mejor control sobre ellos.

6. RESULTADOS

En este apartado pasamos a hablar de los resultados obtenidos tras la implementación de nuestro nuevo sistema de kitting.

Podemos afirmar que el proyecto cumplió con los objetivos planteados, se cumplieron los plazos de entrega del proyecto y a la vuelta del periodo vacacional de Navidad se pudo comenzar a producir con el nuevo sistema. Los primeros días los objetivos de producción fueron menores, lo que permitió un mejor acoplamiento de la plantilla con las novedades que traía el kitting, con lo que todos los objetivos de producción fueron conseguidos pese a algunos problemas que pasaremos a comentar más adelante.

A modo de resumen, podríamos condensar los beneficios obtenidos como resultado de la implementación del sistema de kitting en los siguientes:

- Reducción del stock necesario en planta.
- Reducción del espacio en planta.
- Mayor control interno.
- Reducción del número de rechazos.
- Flexibilidad ante los cambios de entorno.
- Aumento de la satisfacción del personal.
- Reducción de los costes de almacenamiento.
- Reducción de los costes de mano de obra.
- Mejoras en 5S. Mayor limpieza.
- Mejora en el TRS en la línea de producción
- Equilibrado de las líneas más flexible.
- Mejora de la ergonomía tanto en la línea de producción como en la logística.
- Simplificación de tareas administrativas.
- Mejora de la calidad.

Si bien los resultados fueron en general satisfactorios, cabría destacar varios problemas que surgieron durante la fase de funcionamiento:

- Problemas con los AGVs:

Desde el primer momento los AGVs fueron el elemento que más dificultades puso a la hora de garantizar la eficiencia del sistema.

Varios elementos del trazado tuvieron que ser modificados, alguno de ellos en múltiples ocasiones, porque los AGVs tenían problemas con elementos como cruces y cambios de sentido. Durante las primeras fases de funcionamiento del proyecto el Departamento Técnico de Faurecia tuvo que dedicar muchos recursos a la solución de este problema.

Por otro parte, más allá de los problemas para seguir el trazado, nuestros AGVs padecían importantes fallos en lo referido a fiabilidad. Uno de los fallos más destacados era la confusión con el mapa que tenía que llevar en cada momento, con problemas en el rango de detección. Este problema se fue solucionando con diversas actualizaciones por parte del proveedor.

También cabría destacar un fallo de tipo mecánico, que era el incorrecto funcionamiento de los pines encargados de arrastrar los carros, pues en ocasiones el AGV llegaba a marcharse solo con los pines bajados dejando tras de sí el carro abandonado, por lo que muchos pines acabaron siendo reparados o sustituidos.

Sin embargo, tras esta primera fase en la que la instalación estaba a prueba y ciertos fallos podían considerarse aceptables, siguieron apareciendo múltiples problemas durante el funcionamiento normal del conjunto, entre los cuales cabría destacar:

- ❖ Salidas de circuito de los AGVs en las zonas de entrada/salida puestos kitting/producción:
 - Desplazamiento diagonal muy pronunciado, por lo que se suavizan las curvas en la línea de kitting izquierdo (logística + producción) y kitting derecho.
 - Disminución repentina del nivel de batería de manera repetitiva en la zona de entrada/salida (estudio de datos telemetría), ante lo cual se emprenden diversas acciones como una nueva revisión de la telemetría para el AGV 1712, ya que presenta fallos en la misma zona de salida diagonal, una disminución de la velocidad en los desplazamientos laterales y verificar los sobreesfuerzos que se producen en la zona de kitting izquierdo, tras lo cual se modifican algunos tags.
- ❖ Fallo en las comunicaciones/lecturas:
 - Se sospecha que pueda haber cierta saturación comunicaciones vía radio, pero se realiza un estudio y se concluye que no hay niveles de saturación que puedan afectar a la comunicación.
 - La colocación de TAGs en posición no recomendada por el proveedor podía afectar por lo que se modifica la orientación de algunos de estos.



- ❖ Problemas mecánicos:
 - Seguidor delantero y trasero presentan disfuncionalidad de movimiento, por lo que se procede a la revisión de inductivos y casquillos en todos los AGVs.
 - Inestabilidad en AGV provocado por ruedines centrales, por lo que se verifica que la chapa (pletina) metálica está colocada en las ruedas centrales de todos los AGVs.
 - Consumos repentinos, ante lo cual se verifican los tornillos del contactor.
 - Mensajes de FALLO MOTOR en display, se tienen que revisar mecánicamente motor, comunicaciones con PID, cables...
- ❖ Vida útil baterías:
 - Baterías antiguas presentan menor durabilidad de la carga, hay que verificar el nivel capacitivo de las baterías
- Correa rota:

El sistema está preparado desde el principio para trabajar en modo manual en el caso de que hubiese algún problema con los AGVs. Durante los primeros días de funcionamiento los problemas derivados de ciertas ineficiencias en el área de picking provocó la necesidad de llevar los carros con las cajas manualmente a las líneas. Esto a su vez hizo que, al meter los carros en los transportadores en voladizo, al no hacerse con suficiente cuidado, hubiese algo de desvío, la caja se inserta en la cinta de tracción, la dobla y rompe la valona y la cinta. Hubo que realizar varias reparaciones de urgencia cosiendo las correas ya que aparecieron varios cortes transversales que amenazaban con partirlas en dos, se sustituyeron las poleas por otras con valonas más robustas, y además se realizaron chaflanes en la base de las cajas de kitting.

- Cambio de los eslabones de las cadenas:

Las cadenas de las manutenciones tenían los bulones sin remachar y hacían saltar el guardamotor, por lo que en la parada del fin de semana el proveedor procedió a sustituir y reparar todas las cadenas para prevenir cualquier posible rotura.



- Atranques variados:

En ciertas partes de la línea nos dimos cuenta de que era más común que las cajas quedasen atascadas, podemos diferenciar diferentes grupos:

- Atranques en los transportadores: pudimos observar que, si bien la mayoría de las cajas efectuaban todo el recorrido sin ningún problema, alguna de ellas se atascaba en puntos determinados.
Por tanto, en primer lugar, se marcaron las cajas afectadas para retirarlas de la línea y con una maza se ajustaron los bordes para que no sobresaliese nada.
Por otro lado, se revisaron las zonas de los transportadores donde había algún problema para juntarlas bien, eliminando así los atranques casi por completo.
- Atranques en el inicio de línea: En ambas líneas se observó que al incorporarse las cajas en ocasiones las cajas se atascaban antes de llegar a intercalarse con las bandejas de los asientos, provocando la parada de la línea.
Tras investigarlo se llegó a la conclusión de que la causa era que en ocasiones las espumas de los asientos que venían en las cajas no estaban bien colocados en su posición, con lo que chocaban con estructuras que se encontraban al lado de la línea.
Por lo tanto, hubo que mover alguna de estas estructuras adyacentes para evitar que chocasen y se quedasen paradas.
- Atranques en el ascensor: El ascensor fue otro de los principales puntos problemáticos de la instalación.
Los problemas se manifestaron principalmente en la línea izquierda, porque las cajas de este lado son de color blanco, a diferencia de las de la derecha que son azules, y este color blanco daba problemas con algunas fotocélulas falseando detecciones. Esto llegó a provocar que alguna de las cajas se quedase suspendida en el aire en la primera parte del ascensor, puesto que perdía la detección justo en el momento de llegar arriba, quedándose encajada y siendo muy difícil de mover. Para solucionar esto hubo que sustituir varias fotocélulas por otros modelos que no fallasen por culpa del color.



- Final de línea:

El final de línea fue, sin lugar a dudas, el punto que más dificultades planteó en los primeros días tras la puesta en marcha del kitting, constituyendo la principal causa de pérdidas de tiempo en la línea en muchos turnos.

- En primer lugar, en ocasiones los operarios desplazaban las cajas en la línea al realizar alguna acción de ensamblaje, por lo que la caja en vez de llegar al final de línea en el punto medio entre dos bandejas podía encontrarse pegada tanto a la bandeja de delante como a la de detrás. Si bien se suponía que el sistema era capaz de solventar estas situaciones, a veces la extracción de la caja de la línea no se realizaba de manera adecuada, teniendo que ser empujada desde la línea, ante lo cual hubo que hacer algunas modificaciones en el final de línea, como el desplazamiento de ciertos detectores.
- Por otra parte, surgió otro problema no previsto a la salida, pero en este caso no era en la línea principal, sino en el transportador perpendicular a esta por el que continúan los asientos al terminar la línea. En este transportador hay una mesa giratoria que coloca el asiento en una posición más adecuada para su manipulación por parte de los operarios posteriormente. No obstante, si bien en teoría mientras el asiento está girando no se puede manipular, en ocasiones algunos operarios llevaban a cabo acciones en esta posición, lo que podía hacer que la bandeja del asiento impactase sobre la caja que iba a salir en ese momento de la línea, desplazándola de su posición sobre la línea e incluso llegando a volcar.



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

7. CONCLUSIONES

Finalmente, podemos extraer diversas conclusiones del sistema de suministro de kitting mediante AGVs a líneas de flujo continuo, tanto positivas como negativas.

En lo que se refiere a las conclusiones extraídas una vez implementado este sistema, en primer lugar, es importante destacar que la adaptación al nuevo sistema fue complicada, en las primeras fases de la implementación costó que el funcionamiento fuese el adecuado, siendo común la dificultad para mantener un flujo de cajas constante a la línea, lo que hizo necesario el apoyo casi constante por parte del equipo de mantenimiento para evitar que cualquier problema con los AGVs pudiese dejar sin abastecimiento a la línea.

Sin embargo, como cualquier novedad que se trata de implementar, hay que tener en cuenta que conlleva una curva de aprendizaje y un periodo de adaptación, por lo que se espera una mejora progresiva en el funcionamiento del sistema a medida que los empleados se vayan acostumbrando a todas las novedades.

El kitting, como método de suministro de materiales a la línea de montaje, en muchos casos puede ser una buena solución para la industria cuando hay problemas de espacio, calidad, gestión de materiales, flexibilidad o aprendizaje. No obstante, al tratarse de una opción bastante costosa, para muchas empresas puede no ser la primera opción. Sin embargo, en nuestro caso, se trata de una compañía con la capacidad necesaria para afrontar la inversión y que puede permitirse un periodo de aprendizaje y adaptación a las nuevas circunstancias.

Al hilo de esto cabría destacar también que, si bien en principio se consideraba que iba a ser un cambio muy positivo y que iba a significar un gran ahorro económico para la planta, haciendo un análisis con perspectiva transcurridos unos meses ya desde la implementación, podemos ver como no se tuvieron en cuenta algunos factores, como la cantidad de horas que iba a tener que dedicar el equipo de mantenimiento a dar apoyo y soporte al sistema, así como con los AGVs. Todo este tiempo no estaba contemplado en ningún momento en los costes, pero ha ocupado la mayor parte del tiempo de los técnicos de mantenimiento desde su implementación, en detrimento del resto de tareas que podían llevar a cabo, si bien no llegó a afectar de manera crítica al funcionamiento del departamento pudiéndose llevar a cabo todos los trabajos necesarios. No obstante, creo que había sido interesante tener en cuenta las necesidades que iba a conllevar para los diversos departamentos y en los efectos indirectos que podría tener en el día a día de la empresa.



Como mayor defecto que se podría extraer sobre el kitting, es la vulnerabilidad frente a los problemas que pueden surgir por fallos en el orden de las cajas. En ocasiones las cajas no llegan en el orden que deben a la línea por diversas circunstancias, generalmente relacionadas con que el picking no se haya hecho de manera correcta ya sea por fallos humanos o informáticos. Cuando esto sucede supone una parada de la línea que puede llegar a ser de varios minutos, para determinar dónde está el fallo y que piezas van con que asiento, y luego ya arrancar de nuevo cuando hay garantía de que las cajas de kitting van en el orden adecuado. La parte positiva es que es un error poco común y que los miembros de la plantilla ya saben cómo lidiar con circunstancias de este tipo, a lo que se suma el hecho de que este tipo de problemas con el picking se ha visto reducido drásticamente, por lo tanto, en mi opinión no debería volver a haber problemas destacables por este tipo de fallos.

Cabe destacar que la mayoría de los contratiempos que surgieron al inicio de la implementación no se dieron en las líneas de montaje, es más, el circuito para las cajas de kitting funcionó de manera bastante aceptable desde el principio, y en general los operarios del área de producción se adaptaron con rapidez a los cambios. La mayor parte de los problemas venían derivados de la zona de almacén, ya que el área de logística tuvo más dificultades a la hora de funcionar con el nuevo sistema, principalmente por problemas de organización interna.

No obstante, si bien el proyecto tiene una parte más negativa que debemos tener en cuenta y analizar en profundidad, más aún al ser siempre un objetivo subsanar cualquier defecto en nuestro proceso productivo, considero que el balance general es bastante positivo.

Por una parte, hay que destacar que la acogida del nuevo sistema de kitting fue positiva por parte de la mayor parte de la plantilla, siendo visto como algo que facilitaba el trabajo y que ayudaba a modernizar la planta, además de facilitar la comunicación entre las dos líneas de montaje. Otro punto crucial a favor era la mejora en ergonomía, ya que los movimientos para coger las piezas pasaban a ser más cómodos, y se apreciaba a simple vista la mejora en los movimientos de los operarios. Las quejas por parte de la plantilla se centraron en la reducción de mano de obra directa.

Otro elemento positivo es la reducción de costes a largo plazo gracias a una mayor eficiencia en logística y gestión, o la reducción de la cantidad de despilfarro de material entre otros, así como a hacer más ágil y dinámico nuestro proceso productivo. Esto es, se consigue el ansiado "waste reduction".

En la industria, el kitting se utiliza en combinación con otros métodos de suministro de materiales como el almacenamiento en las líneas, el procesamiento

por lotes y la secuenciación. Hay un punto de equilibrio donde el kitting tiene su mayor rendimiento hasta que empiezan a aparecer ciertos problemas debido al aumento de la complejidad. Además, algunas piezas pequeñas como tuercas, pernos, arandelas y otras piezas que puedan ser sensibles por temas de calidad no deberían incluirse en los kits.

Una mala realización del kitting podría acarrear numerosos problemas. Por lo tanto, es muy importante hacer los kits correctamente y protegidos de cualquier error. Además, los kits deben ser simples y estar estructurados de una manera predeterminada y efectiva. El kitting tiene su mejor rendimiento cuando se realiza internamente y lo más cerca posible de la línea de montaje.

Hemos de tener en cuenta que todas las decisiones relativas al kitting afectan de manera significativa al rendimiento de las líneas de montaje de múltiples maneras. Influyen en la distribución de tareas mediante la reducción de los tiempos de viaje y búsqueda de los trabajadores, provocan cambios en la distribución de tareas mediante la reducción de los tiempos de viaje y búsqueda de los trabajadores, nos aportan información y apoyo al servir como una instrucción de trabajo y reducir las curvas de aprendizaje para los trabajadores. El kitting también nos dota de flexibilidad al crear espacio libre alrededor de la línea de montaje y planificación de los materiales al afectar el tamaño de los recipientes y la cantidad de piezas dispuestas en torno a la línea.



Figura 99 El kitting nos dota de un espacio de trabajo claro y diáfano



Sin embargo, la principal ventaja que en mi opinión tiene este sistema de aprovisionamiento de piezas, es su versatilidad a la hora de incluir nuevas piezas o combinaciones de piezas en nuestro proceso. Ahora mismo el proceso de montaje en las líneas puede adaptarse directamente a cualquier nueva pieza que se quiera incluir en los asientos sin necesidad de hacer ningún cambio en las líneas. Es decir, si antes el número de anclajes de cinturón de seguridad distintos que podíamos montar en nuestro asiento se limitaba al número de cajas que podíamos tener en la línea, ahora este número se podría ver doblado o triplicado sin dificultad ya que vienen directamente de la zona de almacén donde podemos tener una mayor variedad de elementos que en las estanterías que se encontraban en el borde de línea. A esto se suma la rapidez en los cambios y sustitución de cualquier tipo de pieza. Ahora cualquier cambio en el tipo de elemento a ensamblar se gestiona en el área de almacén, sin que esto repercuta en la línea.

Personalmente, estoy en posición de afirmar que he podido aprender mucho con este proyecto. Por una parte, he visto como es el proceso interno de una empresa en la toma de decisiones a la hora de hacer cambios en su modelo productivo, y el poder colaborar activamente con el resto de los miembros del departamento técnico considero que ha sido un elemento clave para mi formación como ingeniero.

Desde el punto de vista técnico, pude ver de primera mano cómo se desarrolla la automatización de una instalación de este tipo, campo en el cual hasta ese momento yo carecía de conocimientos básicos. Del mismo modo adquirí conocimientos en diversos campos tales como la logística, el montaje de las cadenas de las mantenencias, la instalación de detectores, la colocación de balizas o como leer un esquema eléctrico.

Pero si hay algo que destacaría sería la gestión de los recambios y del mantenimiento de la instalación, puesto que al estar realizando yo mis prácticas en el área de mantenimiento fui el principal responsable de muchas de las tareas relacionadas con este campo, principalmente con el Plant Maintenance Mobility y todo lo relativo a la digitalización del mantenimiento.

Por último, he de decir que, aunando mi experiencia durante la implementación y lo que leí en la literatura especializada mientras redactaba este proyecto, he descubierto todo el mundo de la dirección de la producción y la ingeniería de procesos, siendo hasta entonces una faceta de la profesión bastante desconocida para mí y que me ha resultado bastante interesante, y destacar que elementos tales como el kitting pueden dotar al Lean Manufacturing de la capacidad de abrir el camino a la nueva Industria 4.0 y a la mejora general de los procesos industriales.



8. APÉNDICES

En nuestros anexos encontraremos diversos documentos reunidos en bloques diferenciados:

- Bloque I: Planos de la instalación y de los distintos componentes que la forman.
- Bloque II: Esquemas eléctricos de nuestra Instalación.
- Bloque III: Programa del autómeta que gestiona nuestra nueva línea.
- Bloque IV: Otros documentos de interés.



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



9. BIBLIOGRAFÍA

- Bartholdi, J. J. & Hackman, S. T. (2010). Warehouse and Distribution Science. The Supply Chain and Logistics Institute, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology Atlanta US.
- Bicheno J., 2004, The New Lean Toolbox: Towards Fast, Flexible Flow. Productivity Press.
- Boldrin B.,1982, Flexible Assembly and Line-feed Using Robot Vehicles, SME Technical Paper, AD 82-158.
- Bozer and McGinnis,1992, Kitting versus line stocking: a conceptual framework and a descriptive model. International Journal of Production Economics 28.
- Brynzér H., 1995, Evaluation of kitting systems: implications for kitting system design. Licentiate Thesis, Department of Transportation and Logistics, Chalmers University of Technology, Göteborg.
- Chow W.M., 1990, Assembly Line Design Methodology and Applications. Marcel Dekker Inc.
- Conrad S. and Pukanic R.,1986, Process Approach to Planning a Successful Kitting System is Outlined, Industrial Engineering, 18, 2, pp. 58-71.
- Corakci, M. A. (2008). An Evaluation of Kitting Systems in Lean Production. University College of Borås School of Engineering.
- Dennis, P., 2002. Lean Production Simplified. Taylor & Francis, Inc.
- Ding F.Y. and Balakrishnan P., 1990, Kitting in JIT Production, Production and Inventory Management Journal, 31, 4, pp. 25-28.
- Frazelle E., 2001, Supply Chain Strategy The Logistics of Supply Chain Management. McGraw-Hill Education.



- Hanson, R. & Brolin, A. (2012). A comparison of kitting and continuous supply in in-plant materials supply. *International Journal of Production Research*, Vol.51.
- Hanson, R., Johansson, M. I. & Medbo, L. (2011). Location of kit preparation – Impact on in-plant materials supply performance. *International Journal of Industrial Engineering*, Vol. 2.
- Hirano, H. 1988, *Poka-yoke Improving Product Quality by Preventing Defects*, Portland Productivity Press.
- Hua, S. Y. & Johnson, D. J. (2010). Research issues on factors influencing the choice of kitting versus line stocking. *International Journal of Production Research*, Vol. 48.
- Johansson E. and Johansson M.I., 2006, *Materials Supply Systems Design in Product Development Projects*. *International Journal of Operation and Product Management*, 26, 4, pp. 371-393.
- Johansson M.I., 1991, *Kitting Systems for Small Parts in Manual Assembly Systems*. *Production Research Approaching the 21st Century*, pp. 225-230.
- Liker J., 2004, *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Medbo L., 2003, *Assembly Work Execution and Materials Kit Functionality in Parallel Flow Assembly Systems*. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 31, pp. 263-281.
- Medbo L., 2007, *Chalmers University of Technology, Göteborg, Lecture Series*
- Nicholas J. and Avi Soni, 2006, *The Portal to Lean Production: Principles and practices for Doing More with Less*. Auerbach Publications.
- Öjmertz, B., 1998, *Materials handling from a value-adding perspective*. Department of Transportation and Logistics, Chalmers University of Technology, Göteborg.



- Piasecki D., 2003, Inventory Accuracy: People Processes and Technology, Ops Publishing
- Ronen, B., 1992, The Complete Kit Concept. International Journal of Production Research, Vol.30, No.10, pp.2457-2466.
- Schwind G.F., 1992, How Storage Systems Keep Kits Moving, Material Handling Engineering, 47, 12, pp.43-45.
- Sellers and Nof, 1986, Part kitting in robotic facilities. Material Flow 1-3 (1986), pp.163-174.
- Tompkins et al., 1996, Facilities Planning, John Wiley and Sons.
- Womack & Jones, 1996, The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production. MIT Press.