

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE VEHÍCULOS DE GUIADO AUTOMÁTICO EN LA PLANTA DE CARROCERÍAS DE LA EMPRESA FORD ESPAÑA S.L.

AUTOR: IGNACIO CUÑAT TOLOSA

TUTOR: CARLOS ANDRÉS ROMANO

Curso Académico: 2016-17

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

RESUMEN

En este TFG se ha realizado un estudio completo del sistema de abastecimiento de piezas y componentes a 30 puestos de trabajo en la planta de carrocerías de Ford en Almussafes. El objetivo de este estudio era reemplazar el procedimiento actual de abastecimiento en el que un operario realiza el reparto de material de no producción (que consiste en piezas auxiliares para el proceso, por ejemplo cápsulas de soldadura, piezas de medición, brazos de soldadura, etc) y reemplazarlo por un sistema basado en el uso de un vehículo automatizado.

El TFG ha sido completado con un análisis de las ventajas de la nueva idea, un estudio económico de la misma y una selección de propuestas dadas por proveedores donde se han usado métodos comparativos para su elección.

El alcance del trabajo abordará todo el proceso de abastecimiento de la planta citada.

PALABRAS CLAVE: abastecimiento, vehículo AGV, producción, automóvil, carrocerías, layout

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

RESUM

En este TFG s'ha realitzat un estudi complet del sistema d'abastiment de peces i components a 30 llocs de treball en la planta de carroseries de Ford a Almussafes. L'objectiu d'este estudi era reemplaçar el procediment actual d'abastiment en què un operari realitza el repartiment de material de no producció (que consistix en peces auxiliars per al procés, per exemple càpsules de soldadura, peces de mesurament, braços de soldadura, etc) i reemplaçar-ho per un sistema basat en l'ús d'un vehicle automatitzat.

El TFG ha sigut completat amb una anàlisi dels avantatges de la nova idea, un estudi econòmic de la mateixa i una selecció de propostes donades per proveïdors on s'han usat mètodes comparatius per a la seua elecció.

L'abast del treball abordarà tot el procés d'abastiment de la planta esmentada.

PARAULES CLAU: abastiment, vehicle AGV, producció, automòbil, carroseries, layout

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

ABSTRACT:

In this TFG a complete study about the delivering system of pieces and components in 30 working areas in the Ford Almussafes Body plant has been done. The objective of this study is to replace the delivering current process where an operator makes the delivering of the non-production material (which consists on auxiliary parts for the main process, for example, welding capsule, measurement pieces, welding arms, etc.) and replace it for a system based on the use of and automated guided vehicle.

The TFG has been completed with an analysis about the new idea advantages, an economical study and a selection of the proposals given by the suppliers, where comparative methods have been used for the final choice.

The scope of this work approaches all the delivering process of the cited plant.

KEYWORDS: supplying, AGV vehicle, production, automobile, body, layout

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL 'TFG'

Memoria.....	11
Presupuesto.....	78
Planos.....	88
Anexos.....	99

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE VEHÍCULOS DE GUIADO AUTOMÁTICO EN LAS PLANTAS DE PRENSAS Y CARROCERÍAS DE LA EMPRESA FORD ESPAÑA S.L.

MEMORIA

INDICE DE LA MEMORIA

Contenido

1.	Objeto del trabajo	16
2.	Objetivos del trabajo	16
3.	Antecedentes	16
3.1.	Ford Motor Company	16
3.2.	Ford, inicios en España	18
3.3.	Ford España S.L.	19
3.4.	Ford Almussafes	20
3.5.	Planta de Prensas	21
3.6.	Planta de Carrocerías	23
3.7.	Almacenes Generales	24
4.	Alcance	24
5.	Motivación y justificación	25
6.	funcionamiento del sistema de abastecimiento	25
6.1.	¿Qué es el Non Production Material (NPM)?	25
6.2.	Localización del NPM	26
6.2.1.	Body1	26
6.2.2.	Body2	27
6.2.3.	Body 3	28
6.2.4.	Prensas	29
6.3.	Control del NPM	30
6.4.	Proceso de abastecimiento	31
7.	Problemas detectados	32
7.1.	Desperdicio de tiempo	33
7.1.1.	Body 1 y Body 3	33
7.1.2.	Body 2	36
7.1.3.	Prensas	38
7.2.	Proceso no automatizado	38
7.2.1.	Industria 4.0.	39
7.3.	Proceso no estandarizado	41
8.	Propuesta de mejora	41

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

8.1.	Vehículos de guiado automático (AGV)	42
8.2.	Descripción del nuevo proceso de abastecimiento	43
8.3.	Mejoras y oportunidades asociadas a la incorporación del AGV.....	44
8.3.1.	Reducción del tiempo de operación	45
8.3.2.	Reducción de coste de operario.....	47
8.3.3.	Estandarización del proceso.....	48
8.3.4.	Reducción del tiempo sin material en el área.....	48
8.3.5.	Entrada al nuevo mercado tecnológico	49
8.3.6.	Aumento de capacidad de proceso.....	49
8.4.	Problemas de implantación.....	49
9.	Estudio de mercado	51
9.1.	Contacto con fabricantes de AGV	53
9.1.1.	Omron Adept Technologies, Inc.....	53
9.1.2.	Mobile Industrial Robots (MiR)	55
9.1.3.	Robotnik	58
9.2.	Generación de especificaciones.....	60
9.3.	PIR (Purchasing Information Request)	65
9.4.	Business Case y comparativas de decisión.....	66
9.4.1.	Comparativa administrativa	68
9.4.2.	Comparativa presupuestaria	69
9.4.3.	Toma de decisiones según ofertas.	70
10.	Estudio económico	70
10.1.	One Page	72
11.	Pruebas piloto	74
12.	Conclusiones.....	74
13.	Anexos.....	75
14.	Bibliografía	76

1. OBJETO DEL TRABAJO

El objeto del trabajo es la elaboración de un sistema de abastecimiento de material de no producción, por medio de un sistema de vehículo de guiado automático, en las plantas de Carrocerías (Body 1, Body 2 y Body 3) y Prensas.

La empresa Ford quiere avanzar sus sistemas de producción y modernizar sus procesos de forma que puedan estar siempre en contacto directo con las nuevas tecnologías. Por ello, se quiere investigar y tratar de implementar nuevos sistemas que permitan automatizar en la medida de lo posible la compañía.

Las directrices dadas desde los altos mandos es comenzar por pequeños proyectos de inversión razonable que permitan en un futuro integrar aplicaciones de mayor envergadura y coste.

2. OBJETIVOS DEL TRABAJO

Este trabajo se realiza con el objetivo de reducir el personal utilizado para realizar el proceso de abastecimiento de material de no producción por las plantas de Prensas y Carrocerías.

Para el desarrollo del trabajo, se realizará un estudio de las áreas donde se realiza el reparto del material, un análisis con la propuesta ideada y sus posibles beneficios, así como un posterior estudio de mercado para encontrar los productos que mejor se adapten a nuestras necesidades. Estos productos serán ofertados por diferentes proveedores, y una vez recibidas las ofertas, se procederá a realizar una comparativa para elegir el mejor de ellos, efectuar el informe final para que sea aprobado por el director de la compañía y proceder a su implantación y su seguimiento.

3. ANTECEDENTES

La historia de Ford es muy extensa y cuenta con muchos capítulos distintos hasta formar lo que es a día de hoy. Por ello, se tratará de resaltar la información más significativa e importante para conocer la compañía, desde que comenzó a existir a lo que se ha convertido actualmente.

3.1. Ford Motor Company¹

Henry Ford, fundador de la compañía Ford Motor Company en el año 1903, nació en Detroit el 30 de julio de 1863. Fue el primero en crear las cadenas de producción modernas y desarrollar la producción en masa. Ese sería el comienzo de una marca que consiguió fabricar un gran número de automóviles de bajo coste, y que a día de hoy continúa como una de las franquicias más importantes en la venta de vehículos automóviles.

En 1896, Henry Ford inventó el primer vehículo de cuatro ruedas impulsado por un motor de cuatro caballos. En vez de llevar un volante, este vehículo tenía únicamente una especie de palanca timón para dirigirlo. La caja de cambios disponía tan sólo de dos marchas adelante y ninguna hacia atrás.

¹ (Ford Motor Company Timeline, s.f.)

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

En 1908, se comienza a introducir el modelo T. Se vendieron 15 millones de vehículos antes de terminar su producción en el 1927, convirtiéndolo en uno de los más rentables y posiblemente, en el más famoso de todos los tiempos.

Posteriormente, Ford revolucionaría la forma de trabajar implantando el sistema de producción en cadena. Este sistema se basaba en la idea de que cada trabajador tuviera una función concreta y especializada, situados en serie, lo que conseguiría reducir los tiempos de ciclo de fabricación por vehículo de forma abrumadora. Se pasó de trabajar de forma artesanal a hacerlo en masa.

En 1917 se fabricaría el primer modelo de camión basado en el modelo Ford T, pero con la diferencia de que incorporaba un chasis reforzado y un eje trasero. Este modelo fue denominado el Ford TT.

Edsel Ford, hijo de Henry Ford, pasó a tomar el mando de la compañía en la década de los 20'. Durante estos años Ford haría su entrada en Europa, iniciando su expansión en Alemania hasta lugares como España o Rumanía con el paso del tiempo.

En 1928 aparecería en el mercado un nuevo producto, el Ford Modelo A. Para la fabricación de este nuevo coche, Ford cerró sus plantas en todo el mundo con el fin de reformar, mejorar y perfeccionar la maquinaria y los procesos destinados a la elaboración del vehículo. Fue el primer modelo en incorporar el logotipo azul ovalado de Ford. Se consiguieron vender más de cinco millones de unidades a pesar de las dificultades que se atravesaban debido a la "Gran Depresión".

En los años siguientes, la empresa realizaría uno de los avances más innovadores del mundo del automóvil: el primer motor V8. Su funcionamiento se limitaba a un motor montado en el cárter con dos bancos de cuatro cilindros lo cuales comparten un cigüeñal formando una forma de "V". Este mecanismo era asequible para el consumidor, versátil y se comportaba de forma suave. Su fabricación continuó por más de 22 años y a día de hoy todavía se sigue utilizando.

A finales de los años 30', Ford empezó a comercializar la línea de coches Lincoln-Zephyr, un vehículo con un diseño más lujoso, para un sector exigente. Desgraciadamente, su venta no fue la esperada y su producción cesó al poco de iniciarse la II Guerra Mundial, ya que la compañía dedicó parte de su fabricación a la creación de vehículos militares con el objetivo de ayudar a su país a superar los problemas bélicos existentes.

En 1943, Edsel Ford murió, y su padre, Henry Ford se vio obligado a liderar de nuevo su gran compañía. No duraría mucho su andadura, ya que dos años más tarde delegaría en su nieto, Henry Ford II, para dirigir la compañía en los años venideros. Henry Ford moriría en 1947.

Durante la década de los 50', muchos modelos importantes verían la luz, como el famoso Ford de 1949, con un motor V8, una parrilla inspirada en los aeroplanos, y una aerodinámica testada en túneles, o el Thunderbird, con una alta comodidad, y un acabado clásico que mantendrían a Ford al frente del mercado automovilístico.

En 1964 aparece uno de los vehículos más emblemáticos de Ford, el Ford Mustang. Se caracterizaba por su larga capota, su precio razonable y su capacidad de personalización, llegando a aparecer en películas, y marcando una línea que a día de hoy sigue siendo un

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

estándar para la compañía. Se convirtió en un coche muy rentable por la cantidad de ventas que ocasionó.



Ilustración 1. Ford Mustang 1976

En Europa, concretamente en España, en el 1976, se comenzaría a introducir el coche que superaría al Ford Mustang como el coche más vendido en un año. Se construyó una planta enorme en Almassafes (Valencia) para poder abarcar la gran producción que este nuevo modelo iba a suponer. Este nuevo vehículo también se vendería años después en Norte América, aunque pararía su venta hasta el 2009, año en el que su se volvería a comercializar.

Más adelante, nuevas marcas que pasarían a ser emblemáticas y que muchas, a día de hoy continúan fabricando, harían su aparición. Modelos como el Escort, Taurus, Explorer o Mondeo marcarían el mercado automovilístico de Ford en el mundo.

Ya en el año 2008, Ford afrontaría una de las crisis más importantes de su historia, aunque fue una de las pocas compañías que no necesitó de un rescate bancario para poder superarla. Para ello tuvo que realizar multitud de recortes, cerrar siete compañías en todo el mundo, eliminar modelos que en el momento producían poca rentabilidad y vender marcas que para entonces eran suyas, tales como Volvo, Land Rover o Jaguar. También tuvo que hipotecar el logotipo azul de Ford y la propia marca.

3.2. Ford, inicios en España²³

En 1907, Ford comenzó a establecerse en España en una pequeña agencia de venta, aunque no sería hasta los años 20 cuando incorporarían su primera fábrica en Cádiz, debido a su estratégica situación geográfica.

Para 1923, debido a la poca mano de obra existente en Cádiz, la producción de Ford se tuvo que mover a Barcelona, lugar donde permanecería hasta bien entrada la Guerra Civil española. Debido a la situación del país, Ford decidió interrumpir su fabricación en España, centrándola en la creación e importación de recambios. En 1944, Ford decidió vender sus acciones de la empresa española.

El gobierno español retomó contactos con la empresa Ford para conseguir que la marca norteamericana regresara en 1970. La ley fue un obstáculo importante para conseguir este

² (<http://www.coches.net/nuevo-40-anos-de-ford-en-espana>)

³ (El Siglo de Ford, 2002)

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

proyecto, ya que existía la obligación de que el 90% de los componentes del vehículo fueran fabricados en España. Ford, con el fin de poder establecerse en el país, presentó una oferta donde resaltaba que la factoría daría trabajo a 6.500 empleados y sería capaz de producir una cantidad aproximada de 250.000 vehículos anuales. De esta forma se consiguió llegar al acuerdo de que tan solo el 50% de los componentes fueran producidos en España, con lo que el proyecto de Ford en España terminó por firmarse.

No sería hasta 1973 que se anunciaría la creación de una nueva factoría en la localidad de Almussafes, cerca de la provincia de Valencia, abarcando más de 270 hectáreas de terreno. Tres años después se conseguiría fabricar el primer motor con la marca de Ford España.

La planta de Almussafes consiguió una gran importancia para Ford debido principalmente al éxito conseguido por la fabricación y venta del modelo Ford Fiesta. Debido a la crisis del petróleo que ocupaba en EEUU en 1973, Ford decidió que fuera la planta valenciana la que se encargara de producir este nuevo vehículo de manera íntegra.

En 1995 se crea el Parque de Proveedores de Almussafes, en el cual se busca agilizar el transporte de material entre proveedores y Ford. De esta forma, todas las empresas que fabrican componentes o conjuntos para la factoría Ford comienzan a comunicarse con la misma a través de túneles aéreos, por donde circula todo el material.

Posteriormente, a finales del año 95, en Ford España se comienza a fabricar un nuevo modelo de vehículo, de menores dimensiones y con un coste muy asequible para el comprador. Este nuevo coche se llamaría Ford KA.

Actualmente, la empresa Ford en Almussafes posee una gran importancia dentro de esta marca tan importante. En ella se producen 5 modelos de coches diferentes, y es la factoría de referencia en Europa por su capacidad de producción y su versatilidad para elaborar una gran variedad de productos.

3.3. Ford España S.L.⁴

La empresa Ford España S.L. es una filial de la compañía multinacional Ford Motor Company, la cual lidera a nivel mundial el sector de la industria del automóvil en productos y servicios, fabricando motores, vehículos y componentes para estos.

Al igual que Ford España S.L., existen a nivel europeo plantas pertenecientes a Ford Motor Company distribuidas por todo el continente. Basándonos en registros del 2015, podemos encontrar:

- 11 plantas de carrocerías y montaje situadas en: Alemania (2), España (1), Polonia (1), Rumanía (1), Rusia (3) y Turquía (3).
- 5 plantas de motores situadas en: Alemania (1), España (1), Gran Bretaña (1), Rumanía (1) y Turquía (1).
- 2 centros de diseño I+D y oficinas centrales situadas en: Alemania (1) y Gran Bretaña (1).
- 1 planta de transmisiones situada en Gran Bretaña.

⁴ (<https://www.at.ford.com/en/homepage.html>)

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

En España, podemos encontrar la factoría de Ford Almussafes, la cual se encarga de la producción de vehículos y motores.

3.4. Ford Almussafes⁵

La factoría de Ford Almussafes es, actualmente, la fábrica europea de Ford que produce una mayor variedad de modelos y se sitúa como la más grande del mundo por su extensión, la cual es de 2.700.000 m² de superficie.

Desde su inauguración en 1976, la planta de Almussafes ha crecido de manera notable. Actualmente hay más de 8.000 empleados formando parte del complejo de Ford, produciendo diariamente una media de 1.900 vehículos y 2.600 motores.

La jornada laboral en la compañía se divide en tres turnos, los cuales varían dependiendo del nivel de producción y la demanda de trabajo que exista. Además, existe un cuarto turno el cual está enfocado al sector de la gestión, el cual es el de central. Así, los turnos se distribuyen de la siguiente forma:

- Mañana (6:00 – 14:00)
- Tarde (14:00 – 22:00)
- Noche (22:00 – 6:00)
- Central (8:30 – 16:45)

Dentro de la factoría de Ford, la compañía se divide en diferentes plantas, encargándose cada una de la elaboración de una parte del proceso del vehículo. Las plantas con el porcentaje de personal asignado es el siguiente:

- Prensas (8% de empleados)
- Carrocerías (25 % de empleados)
- Motores (20 % de empleados)
- Montaje (33 % de empleados)
- Pinturas (8 % de empleados)
- Recambios (2 % de empleados)
- Oficinas Centrales (4 % de empleados)

⁵ (<https://www.at.ford.com/en/homepage.html>)



Ilustración 2. Planta Ford Almussafes

3.5. Planta de Prensas

La planta de prensas es la encargada de fabricar y dar forma a la chapa que pasará a formar parte de la carrocería del vehículo. El proceso de producción que se lleva a cabo es el que se detalla a continuación:

El material que se usa para ser moldeado es acero laminado frío, el cual llega a la planta en bobinas de diferente tamaño, anchura y grosor. El acero puede ser recubierto de zinc o galvanizados, dependiendo del uso futuro que vayan a tener.

Posteriormente, esas bobinas se destinan a las cortadoras, las cuales seccionan el metal en los tamaños requeridos. Se inspecciona su estado y si existe algún tipo de defecto, se devuelve al proveedor. Tras el corte, las planchas de acero cortado pasan a las prensas, que se encargarán de dar forma a la chapa. Para dar la forma predefinida a la chapa, se utilizan matrices que poseen el molde de la pieza. Hay alrededor de 600 matrices que van cambiando gracias a una grúa elevadora con una frecuencia considerable.

Este proceso de producción es complicado, debido a que cada cambio de matrices supone altas cantidades de tiempo que no presentan valor añadido al producto. Por ello, para reducir esta pérdida, se intenta producir grandes lotes para disminuir los tiempos de cambio de matriz lo máximo posible.

Cuando se realizan los cortes de las chapas, todo el material sobrante se desliza a través de unas tolvas colocadas en los laterales y se transportan mediante unas cintas por los sótanos. Todo este material es llevado a una prensa externa que comprime todo el sobrante para que pueda ser devuelto a empresas de fundición para fabricar nuevas láminas de chapa.

Dentro de la planta de prensas podemos encontrar diferentes departamentos:

- Producción
- Matricería

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

- Mantenimiento
- Ingeniería de Equipos
- Ingeniería de Layout
- Ingeniería de Procesos
- Material Handling
- Control de Producción
- Control de Calidad

Departamento de Producción: encargado de la producción diaria de piezas, de que se cumpla el volumen de material requerido. Además, también realizan las funciones de control de Calidad del material fabricado, nuevas ideas de mejora de procesos, ahorro en costes de producción, etc.

Departamento de Matricería: son los encargados de llevar un control exhaustivo sobre las matrices utilizadas en las prensas. Reparar, modifican y realizan tareas de mantenimiento a las matrices en cuestión, además de ser responsables de sus roturas y los cambios de las mismas en las prensas cuando se requiere.

Departamento de Mantenimiento: se encargan de llevar un control rutinario de la maquinaria utilizada para producir material y que se encuentre en condiciones óptimas. Para realizar esta tarea, se llevan a cabo funciones como el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo mediante técnicas como termografía o detección por ultrasonidos.

Departamento de Ingeniería de Equipos: realizan el control de las distintas modificaciones llevadas a cabo en los equipos, así como la automatización de maquinaria. También se encargan de adquirir nuevos equipos, de su puesta en marcha y de formar al personal en su uso.

Departamento de Ingeniería de Layout: encargados de indicar donde se encuentra situado cada equipo dentro de la planta, del diseño de las instalaciones, ergonomía, y situaciones de obra civil, hidráulica, eléctrica, etc.

Departamento de Ingeniería de Procesos: se encargan del control y la mejora de los procesos de producción en planta. Sus funciones se centran en la incorporación de nuevas matrices, elaborando el estudio de ahorros, mejoras, cambios en el proceso, etc.

Departamento de Material Handling: son los encargados de transportar el material de producción.

Departamento de Control de Producción: se encargan de la programación de las piezas que van a ser elaboradas. Realizan conteos continuos a partir de un sistema centralizado, para ver la cantidad de piezas que se producen a tiempo real en cada máquina, el número de golpes realizado por cada prensa, el número de piezas defectuosas, etc.

Departamento de Control de Calidad: tienen como objetivo el control en la calidad de los productos utilizados para la fabricación (bobinas, subconjuntos, chapas), y de comprobar que las bobinas procedentes del exterior y utilizadas para la producción de conjuntos y subconjuntos tienen la calidad correcta.

3.6. Planta de Carrocerías

La planta de carrocerías está formada por tres naves, dos anexionadas y una separada. Se les denomina Body 1, Body 2 y Body 3. En cada una de ellas se realiza la fabricación de diferentes modelos de coche.

En esta planta se realiza la unión de los diferentes conjuntos y subconjuntos elaborados en la planta de prensas a partir de soldadura. Esta fabricación se encuentra distribuida en cuatro líneas distintas, las cuales son:

- Pisos
- Laterales
- Bastidores
- Engatillados

La elaboración de la carrocería se realiza mediante robots industriales completamente automatizados, los cuales se encargan de unir los diferentes conjuntos y subconjuntos a través de soldaduras, utilizando unas pinzas situadas en sus extremos. El proceso productivo que se lleva a cabo para el ensamblaje es el siguiente:

La fabricación comienza por el piso, el cual está compuesto por otros tres elementos o subconjuntos (compartimento del motor, piso delantero y piso trasero), y que son unidos por soldadura. De esta forma se completa la parte inferior del vehículo.

Posteriormente, llegan los laterales, fabricados en dos líneas distintas según sea la parte izquierda o derecha, y se sueldan al conjunto del piso ya formado. Este nuevo conjunto es transportado a una nueva área, bastidores.

La fase de bastidores es la más importante dentro del ensamblaje del vehículo, debido a que va a ser la que dote de la geometría total y correcta al conjunto entero. En esta parte se realiza la unión de la formación actual junto al techo, la caja de toma de aire y los refuerzos laterales. De la misma forma, se le añaden los patines encargados de transportar la estructura a las siguientes estaciones de trabajo.

Finalmente, el ensamblaje llega a la zona de engatillado, donde se sitúan las partes móviles de la carrocería, como son las puertas traseras y delanteras, el capó y el portalón. Esta unión no se realiza mediante soldadura, ya que no se quiere que la parte se fije, por ello se usa una pasta fijadora y unas pestañas que mantienen los elementos sujetos.

Una vez realizado todo el proceso, el producto terminado pasa a la zona de control de calidad, donde mediante una maquinaria de puntero láser o tridimensionales, se realizan mediciones para comprobar que se cumplen las medidas establecidas. Además, se realizan pruebas de fuerza para demostrar que la estructura es lo suficientemente robusta.

Esta planta cuenta con prácticamente los mismos departamentos que la planta de prensas, destacando el departamento de matricería, que no existe, ya que no hay fabricación mediante matrices, y que viene remplazado por el departamento de manipuladores y brazos móviles, encargados del correcto funcionamiento de la maquinaria encargada de soldar.

Todo el proceso de transporte de piezas en esta planta es realizado mediante un sistema Kanban, donde el operario de área encargado de posicionar los conjuntos y subconjuntos en los

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

robots para su posterior soldadura, reciben el material. Cuando el operario determina que las piezas de ensamblaje están por debajo del mínimo, presiona un botón que enviará una señal al personal de reparto para que en cuanto tenga la oportunidad, realice un envío del lote establecido al área en cuestión.

3.7. Almacenes Generales

En la planta de Ford existen actualmente seis almacenes declarados o, también denominados, Sattelite Cribs. Estos son:

- Almacén V1: General de Ford
- Almacén V3: Matricería
- Almacén V4: Laboratorio Electrónica
- Almacén V5: Carrocerías y Prensas
- Almacén V8: Motores
- Almacén V9: Pinturas
- Almacén V10: Montaje

Entre todos estos, los que atañen a las plantas de prensas y carrocerías son los almacenes V3 y V5. Estos son los encargados de almacenar todo el material utilizado en la reparación o recambio de maquinaria de planta, el llamado material de no producción.

El almacén V3 se encuentra situado en la planta de prensas, y se le denomina almacén de matricería por estar situado al lado del taller de matrices y ser el apoyo de material de los mismos. Esta área la administra un único operario por turno, habiendo dos turnos, mañana y tarde, y dejando la noche la puerta abierta para quien necesite repuestos.

El almacén V5 es el general de la planta de prensas y carrocerías. Se encuentra situado principalmente en la planta de Body 1 y otra parte de menor tamaño en Body 2, y está destinado a inventariar material tanto de prensas como carrocerías. Posee un área considerable de más de 650 m² y almacena más de 7.000 tipos de piezas.

El último almacén que repercute a la planta de carrocerías y prensas es el V1, llamado también almacén de V2Q. Todo el material que se pide desde planta, cuando el proveedor lo distribuye en Ford, pasa primero por V2Q para realizar el control requerido, y posteriormente, esta mercancía se envía a la planta asignada, o bien se acerca un empleado a recogerla.

4. ALCANCE

El proyecto pretende ser realizado principalmente en las tres plantas de Carrocerías (Body 1, Body 2 y Body 3) y en la planta de Prensas, aunque, si se consigue integrar de forma satisfactoria al sistema de trabajo existente, cabe la posibilidad de poder implantarlo en las plantas de Motores y Montaje para otro tipo de operaciones de transporte.

Además, la iniciativa de realizar transportes de material a partir de sistemas autónomos podría desarrollarse para llevar a cabo distintos repartos en planta, generando nuevas oportunidades como, por ejemplo, el reparto de racks de material de producción directo en línea o el transporte de matrices dentro de la planta de prensas.

5. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Este proyecto va más lejos de lo que sería un trabajo final de grado. Se trata de buscar una entrada en el ámbito de los vehículos inteligentes, una industria que ha dejado de ser un simple desarrollo e investigación, para pasar a ser una realidad.

Una gran cantidad de empresas dedicadas a la industria, entre las que destacan algunas automovilísticas, ya han dado el paso para desarrollar y mejorar sus sistemas y procesos con el fin de integrar esta nueva tecnología. Por ello, resulta imprescindible para una empresa del nivel de Ford el adentrarse en proyectos de esta índole para demostrar que sigue siendo puntera en la búsqueda de nuevas tecnologías para sus procesos, abierta a cambios, y con una mentalidad y filosofía enfocada al progreso industrial y a la mejora continua.

Si se consigue integrar esta pequeña modificación en la vida diaria de Ford, puede significar a posteriori un gran cambio debido a las oportunidades que se pueden plantear.

Finalmente, destacar que, como cualquier tipo de mejora, también proporcionará beneficios a nivel económico, ya que las tareas que se asignan a operarios podrán ser realizadas por los diferentes sistemas automáticos, ahorrando en personal, y mejorando en seguridad y eficiencia.

6. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

Para poder entender correctamente como se realiza el abastecimiento de material de no producción en las plantas de Carrocerías y Prensas, debemos conocer los elementos que forman parte del sistema.

6.1. ¿Qué es el Non Production Material (NPM)?

Dentro de las plantas de Prensas y Carrocerías, se trabaja con dos tipos de materiales: materiales de producción y materiales de no producción.

- Material de producción: es todo aquel material que se destina directamente a la fabricación del vehículo y que forman parte del mismo una vez es terminado. Se encuentra localizado en áreas de almacenaje concretas donde únicamente se permite el acceso al personal encargado de su transporte. Ej.: puertas, subconjuntos del lateral, techos, volante...
- Material de no producción: es todo aquel material que se usa para poder elaborar el vehículo. No forman parte del mismo, pero participan de forma directa en su fabricación y son indispensables dentro del proceso productivo. La mayor parte de estos elementos son materiales de repuesto y reparaciones. Se encuentra en los almacenes generales detallados en el punto 1.3.7. Ej.: cápsulas de soldadura, tornillería, sensores, cilindros neumáticos...

El material de producción comienza su elaboración desde las bobinas que llegan a prensas, donde se les da la forma requerida (ya sea puerta, lateral, techo, etc.), para llevarlos posteriormente a la planta de carrocerías, donde se les realiza los puntos de unión mediante soldadura y los ensamblan para darles la forma. Este material se transporta mediante carretillas de Ford (Fig. x. carretilla Ford Acciona) a cada línea de producción, servicio que se encuentra subcontratado a una empresa especializada.

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

En cambio, el material de no producción se compra a proveedores externos, los cuales distribuyen al almacén general de Ford para que, posteriormente se recoja y su reparto se realice por medio de empleados de Ford a puntos concretos de abastecimiento situados por las líneas. El abastecimiento de este tipo de material es el proceso que se va a analizar y tratar de implementar un sistema para su mejora.

6.2. Localización del NPM

El material de no producción se encuentra repartido por toda la planta, en lugares específicos, de forma que pueda atender a las necesidades del área. Deben de situarse cerca de las líneas de producción, ya que los empleados de línea usarán este material en caso de recambio de pieza de alguna máquina o reparación sencilla o de tiempo reducido. Se distribuyen en cajoneras industriales la mayor parte del material, y en tableros únicamente los brazos de soldadura y manipuladores. Estos puntos de almacenaje se identifican mediante una numeración y se les denomina como casetas. Tienen dividido su espacio interno según filas y columnas de cajón para facilitar su identificación y reposición.



Ilustración 3. Cajoneras industriales y tableros de soldadura

Para cada planta, las localizaciones de cada caseta con su numeración es la que se detalla en los siguientes layouts:

6.2.1. Body1

El área de Body 1 es la que, con diferencia, tiene una mayor rotación de material de no producción debido a la cantidad de líneas de producción existentes y a la alta cantidad de producción que debe de atender. El layout de su distribución de casetas es el siguiente:

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

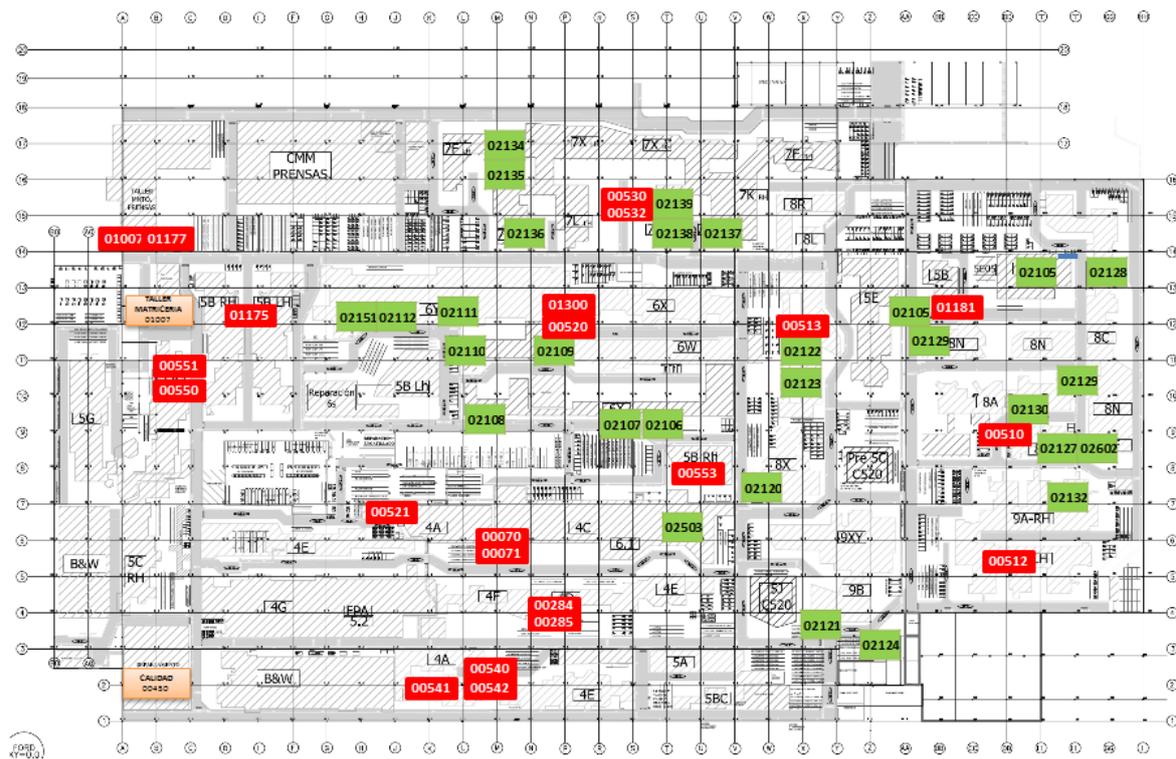


Ilustración 4. Distribución casetas de reposición en Body 1

6.2.2. Body2

Body 2, situado en otra planta, posee también una alta afluencia de uso de materiales, por lo que el tiempo para realizar las reposiciones también resulta elevado. Sus dimensiones son inferiores a las de Body 1, pero la carga de trabajo es mayor. Las casetas se encuentran de la siguiente forma:



Ilustración 5. Distribución casetas de reposición en Body 2

6.2.3. Body 3

El área de Body 3 tiene un área de reparto bastante extensa y las distancias que separan un punto de otro de la planta hacen que el abastecimiento sea bastante laborioso, aunque el consumo de piezas es inferior debido a que la producción no es tan alta. La distribución de casetas es la siguiente:

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

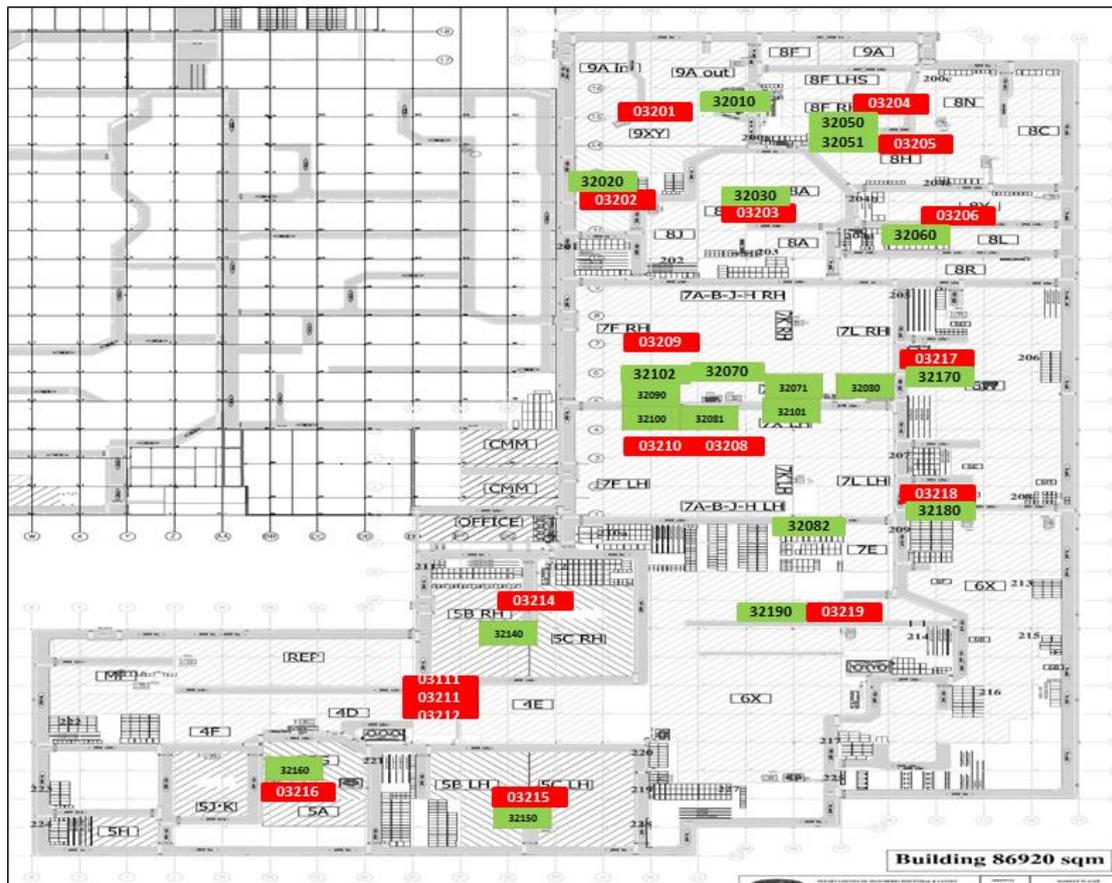


Ilustración 6. Distribución casetas de reposición en Body 3

6.2.4. Prensas

La planta de prensas se comporta de forma diferente a la demás, debido a que no manejan material de soldadura, por lo que no poseen tableros de soldadura con material pesado. Sus tiempos de reparto son menores por las cortas distancias y la poca cantidad de sitios a abastecer, aunque el trabajo resulta más complicado debido a la gran afluencia de carretillas o grúas móviles que se encargan de realizar el cambio de matrices, bloqueando numerosas veces los pasillos y ralentizando la tarea del repartidor. Además, los pasillos son estrechos y la capacidad de esquivar estos bloqueos resulta prácticamente imposible. El layout de distribución de casetas se resume de la siguiente manera:

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

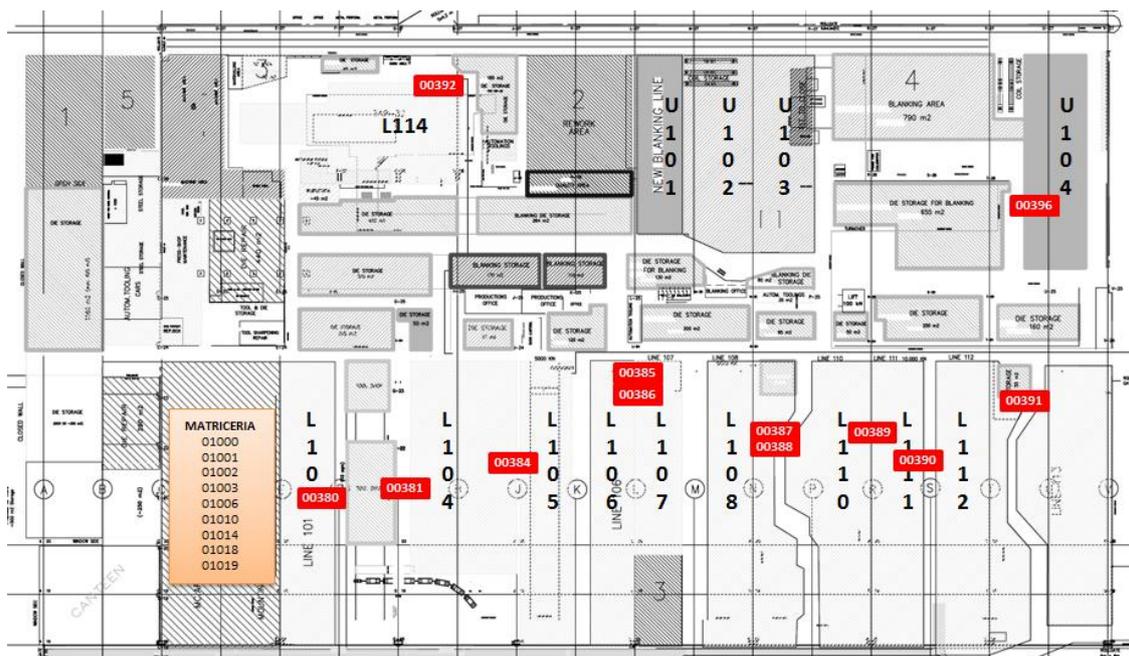


Ilustración 7. Distribución casetas de reposición en la planta de Prensas

6.3. Control del NPM

Para poder llevar un control lo más exacto posible del stock de material disponible en cada caseta, se diseñan unas tarjetas llamadas “tarjetas de control de material”. Cada material que se encuentra en cualquier caseta tiene asociado una, y en ellas se refleja la siguiente información necesaria para poder mantener el stock siempre correcto:

- Número simbólico: cada material de planta se encuentra referenciado con un número dependiendo del tipo de material que es. Se simboliza para facilitar su identificación y su compra.
- Descripción del material: nomenclatura del material en cuestión.
- Armario: número de caseta en el que se encuentra.
- Situación: localización exacta en planta del armario, según número de columna. Las plantas de carrocerías y prensas poseen una localización mediante las columnas, a las cuales se les asigna una letra y número para identificarlas.
- Posición: marca la posición exacta en la que se encuentra situada en el cajón o el tablero. Por ejemplo, si se encuentra en el cajón 5, columna 5, fila 1, se referencia como 5/5/1.
- Máximo: refleja el número máximo de piezas de una misma referencia que puede haber en la caseta.
- Mínimo: refleja el número mínimo de piezas de una misma referencia que puede haber en la caseta.
- Crítico: refleja si el material es crítico de reponer. Esto sucede con las piezas de alto valor o de poco uso, ya que por ello, solo existe una en la caseta. Cuando se utiliza pasa a ser crítico debido a que en caso de necesitarse de nuevo no hay existencias y es necesario buscarla en el almacén, lo que conlleva pérdida de tiempo.
- Código de barras: código de barras asignado al material para agilizar su identificación mediante pistolas de lectura de barras.



Ilustración 8. Tarjeta de reposición de material y pistola de leído de código de barras

Cada vez que un operario del área donde se encuentra la cajonera o tablero retira un material y determina que el stock se encuentra por debajo del mínimo establecido, deposita su tarjeta en un cajetín con el rótulo de tarjetas no leídas. Más adelante, el operario del almacén procederá con una lectura del código de barras de la tarjeta en cuestión por medio de una pistola de leído de códigos y le marcará que se encuentra por debajo del mínimo. Automáticamente, en el sistema de información y gestión interno de Ford se realizará una petición electrónica de compra del material para que posteriormente se pueda reabastecer hasta su stock máximo.

6.4. Proceso de abastecimiento

El proceso a seguir para abastecer diariamente todas las cajoneras y tableros de soldadura y manipuladores es realizado por tres operarios de almacén: uno para las áreas de Body 1 y Body 3, otro para la planta de Body 2, y un último operario para la planta de Prensas.

El procedimiento que realiza el operario es el siguiente:

1. Desde el almacén, el cual es el punto de inicio para todas las áreas, se prepara todo el material que se ha de servir a cada caseta. El operario lo organiza todo de forma que le facilite la identificación del material y agilice el reparto.



Ilustración 9. Vehículo de transporte de material

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

2. Una vez se tiene preparado y organizado correctamente el material, se ubica en el vehículo de transporte. El tiempo de ciclo de este proceso puede variar dependiendo del tamaño y peso de las piezas.
3. El operario se dirige al primer punto de parada para comenzar con la reposición de material.
4. En cada caseta, realiza la lectura de tarjetas que se encuentran en el cajetín de “tarjetas no leídas”, y, una vez leídas, las deposita en otro cajetín de “tarjetas leídas”.
5. Se procede a depositar todos los materiales a reponer. El operario recoge las tarjetas del cajetín de “tarjetas leídas” y las junta con el material pertinente para colocarlas en su posición de la cajonera, o en su defecto, colocar el brazo de soldadura o manipulador en el tablero.
6. Finalmente, el operario termina con ese punto de reparto y continúa hasta la siguiente parada hasta que finaliza la ruta establecida y abastece a todo el recorrido.

De esta forma, el flujograma del proceso sería el siguiente:



Ilustración 10. Flujograma del proceso de reposición de material

7. PROBLEMAS DETECTADOS

Si observamos con detenimiento el proceso descrito anteriormente de abastecimiento de casetas de material de no producción, comprobamos una cantidad importante de puntos a mejorar que posteriormente se explicarán de forma detallada:

- Desperdicio de tiempo
- Proceso no automatizado
- Proceso no estandarizado

7.1. Desperdicio de tiempo

El proceso realizado por el operario diariamente supone una alta carga de tiempo que obliga a tener a una persona dedicada a realizar esta función la mayor parte del día por cada área de reparto. Se pasará a realizar el cálculo de tiempo por cada zona.

El operario no posee una ruta establecida para pasar por todas las casetas, sino que realiza el recorrido por la ruta que él considera que le va a suponer un menor tiempo de reparto, llegando a circular por áreas donde no tiene permitido el paso. No existe ningún tipo de estandarización. Para poder calcular el tiempo que tarda en realizar toda el área de reparto, se ha estipulado una ruta siguiendo las siguientes directrices:

- Menor distancia recorrida:
A la hora de establecer el recorrido realizado, se ha utilizado una regla para obtener el camino mínimo, teniendo en cuenta las limitaciones o restricciones existentes, tales como las cadenas de los caminos por donde cruza material de producción entre líneas, pasillo de difícil acceso por sus dimensiones y el alto flujo de vehículos por ciertas zonas.
- Restricción de pasos con cadena:
En las tres plantas de carrocerías, existen unos pasos que atraviesan los caminos transitables por los vehículos. Se trata de unas cadenas por las cuales se transporta la carrocería ensamblada de una línea de proceso a otra, y por la dificultad de realizarlo de una forma distinta, es necesario ubicar este sistema.
La velocidad de estas cadenas es lenta, pero podría provocar daños en las ruedas del vehículo que circule por encima, por lo que se evita el paso por estas zonas, obligando a una reconfiguración de la ruta.
- Ubicación de áreas de parada:
Algunas zonas de abastecimiento tienen un acceso complicado y en muchas ocasiones es imposible acceder en carretilla. Por ello se debe diseñar unos puntos de parada situados lo más cerca posible a las cajoneras y tableros a repartir y que permitan la circulación del vehículo.

7.1.1. Body 1 y Body 3

Con el fin de valorar el tiempo utilizado para el abastecimiento, se va a proceder al cálculo de tiempos requeridos para realizar la operación completa. Para ello se realiza una medición lo más exacta posible de la duración del proceso basándonos en el cronometraje continuo del operario durante varias jornadas de trabajo. Después, a partir de la ruta que recorre, detallada en el punto anterior, se obtendrá el tiempo total del proceso. Esta operación se repite para todas las áreas donde se realiza el reparto (Body 1, Body 2, Body 3 y Prensas).

Comenzando por Body 1 y Body 3, esta es la zona donde el tiempo de ciclo para realizar el recorrido completo es mayor, ya que el operario debe repetir el proceso de preparación de material y reparto para las dos zonas de Carrocerías al estar las dos plantas comunicadas.

La siguiente tabla muestra, para cada parte del proceso de reparto, el tiempo en minutos que el operario tarda en realizarlo:

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

Tabla 1. Secuencia y tiempos de proceso de reparto manual de material

SECUENCIA DE TAREAS REPARTO MATERIAL MANUAL	Tiempos
Preparar y organizar material	40´
Ubicar material en vehículo de transporte	15´
Ir a punto de entrega	*2´
Lectura de tarjetas no leídas	1´
Colocar material en cajonera con tarjeta correspondiente	5´
Colocar brazo o manipulador en tablero con tarjeta correspondiente	3´
Recoger y dirigirse a próximo punto	1´

*Los tiempos de circulación se han obtenido a partir de la media de tiempos que tarda el operario en ir a los puntos de entrega, tomando como referencia su velocidad media y la distancia entre puntos.

En la planta de Body 1 hay 51 puntos donde se deben realizar paradas para depositar el material. Existen puntos que se encuentran muy próximos uno del otro, por lo que no resulta necesario trasladarse entre ellos con el vehículo. El recorrido, teniendo en cuenta que la distancia entre columnas es de 15 metros, tiene una longitud de 2.910 metros, comenzando y terminado en el almacén. Las líneas marcadas en rojo representan los puntos por donde está restringido el paso por las cadenas en el suelo. El número de paradas a realizar es de 18. De esta forma, la ruta con las paradas queda de la siguiente forma:

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

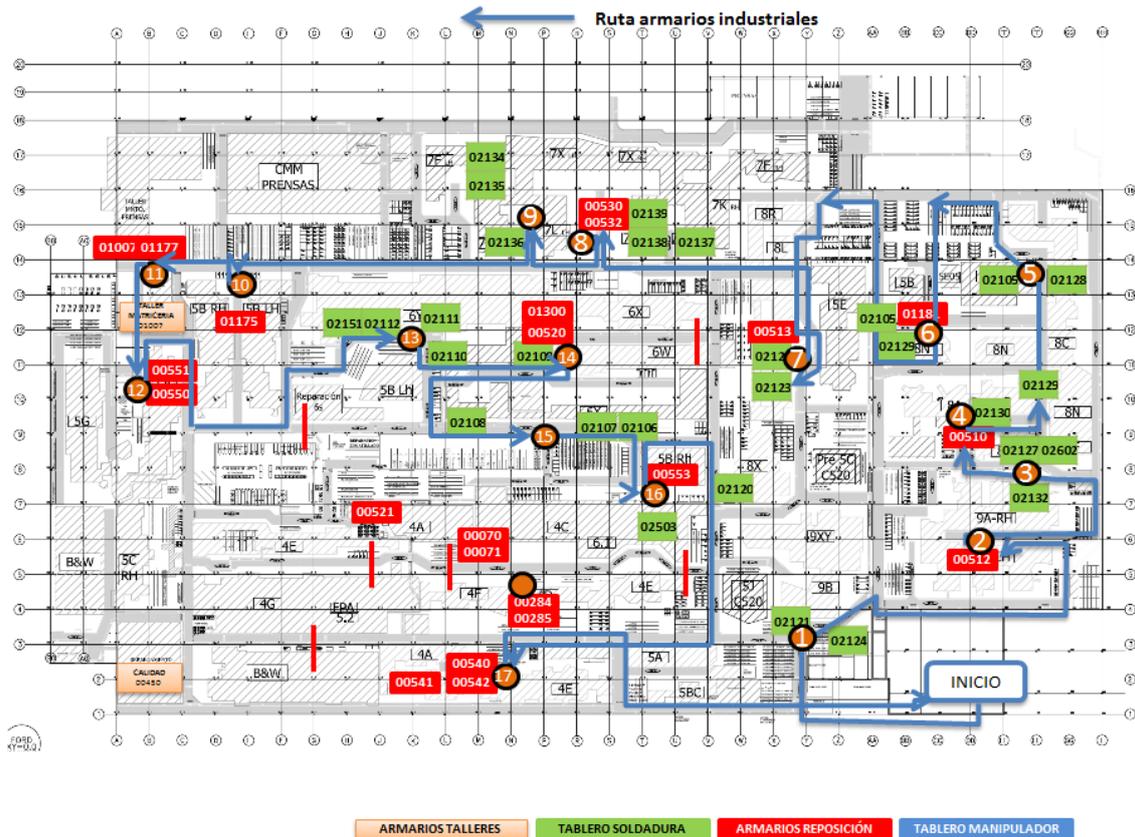


Ilustración 11. Layout Body 1 con ruta para abastecimiento de material

Con toda la información disponible se puede calcular el tiempo aproximado medio que tarda el operario en recorrer la planta de Body 1, desde que sale del almacén, hasta que regresa al mismo.

Este tiempo se calcula de la siguiente forma: el tiempo dedicado a preparar y ubicar el material realizado en almacén se sumará a la suma de tiempos que corresponden con las tareas de transporte del material (ir a punto de entrega, lectura de tarjetas no leídas, colocar material en cajonera con tarjeta correspondiente, colocar brazo o manipulador en tablero con tarjeta correspondiente, recoger y dirigirse a próximo punto), donde estas tareas de reparto se multiplicarán por el número de paradas a realizar. Así, el tiempo resultante es el siguiente:

$$(40' + 15') + (2' + 1' + 5' + 3' + 1') * (18 \text{ paradas}) = 271 \text{ min} = 4.5 \text{ horas aprox.}$$

El mismo cálculo lo podemos realizar para el área de Body 3. Esta zona contiene 39 puntos de abastecimiento, los cuales se reparten en 16 puntos de parada del operario, y la ruta completa ocupa un total de 2.610 metros. El layout y el cálculo de tiempo quedan de la siguiente forma:

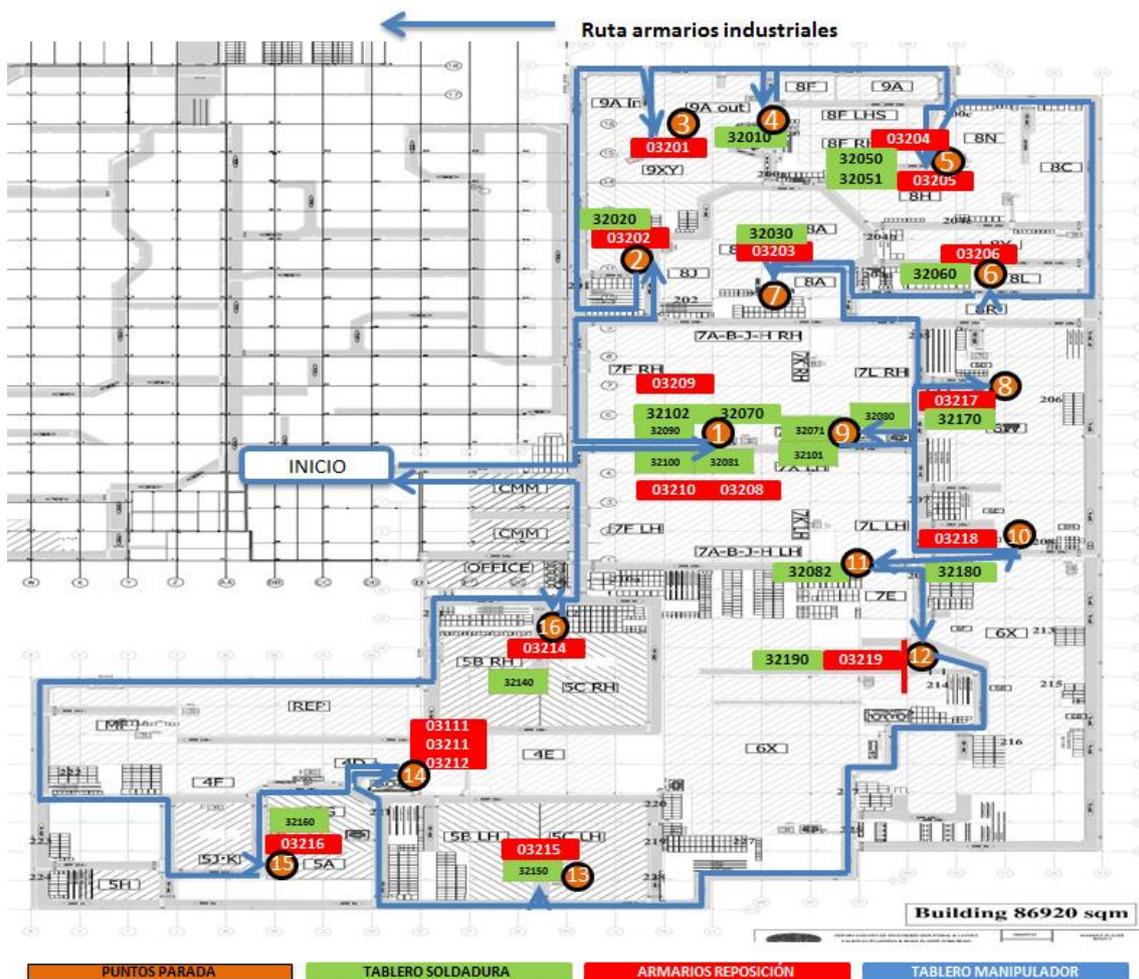


Ilustración 12. Layout Body 3 con ruta para abastecimiento de material

$$(40' + 15') + (2' + 1' + 5' + 3' + 1') * (17 \text{ paradas}) = 259 \text{ min} = 4.3 \text{ horas aprox.}$$

Las zonas de Body 1 y Body 3 se encuentran comunicadas y el reparto de estas áreas las realiza un mismo operario al cabo del día, por lo que los tiempos entre las dos plantas se unifican, quedando de la siguiente forma:

Tiempo reparto de material en Body 1 y Body 3 = 8.8 horas aprox.

Como se puede apreciar, el tiempo que se tarda en completar el proceso es de más de un turno completo de trabajo, por lo que es necesario disponer siempre de un operario como mínimo para que realice la tarea de forma diaria.

7.1.2. Body 2

Repetimos la operación anterior para la planta de Body 2. En esta planta existen también 39 puntos de reparto, repartidos en 19 puntos de parada. Este recorrido supone un total de 1.950 metros. El layout y el cálculo resultante son:

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

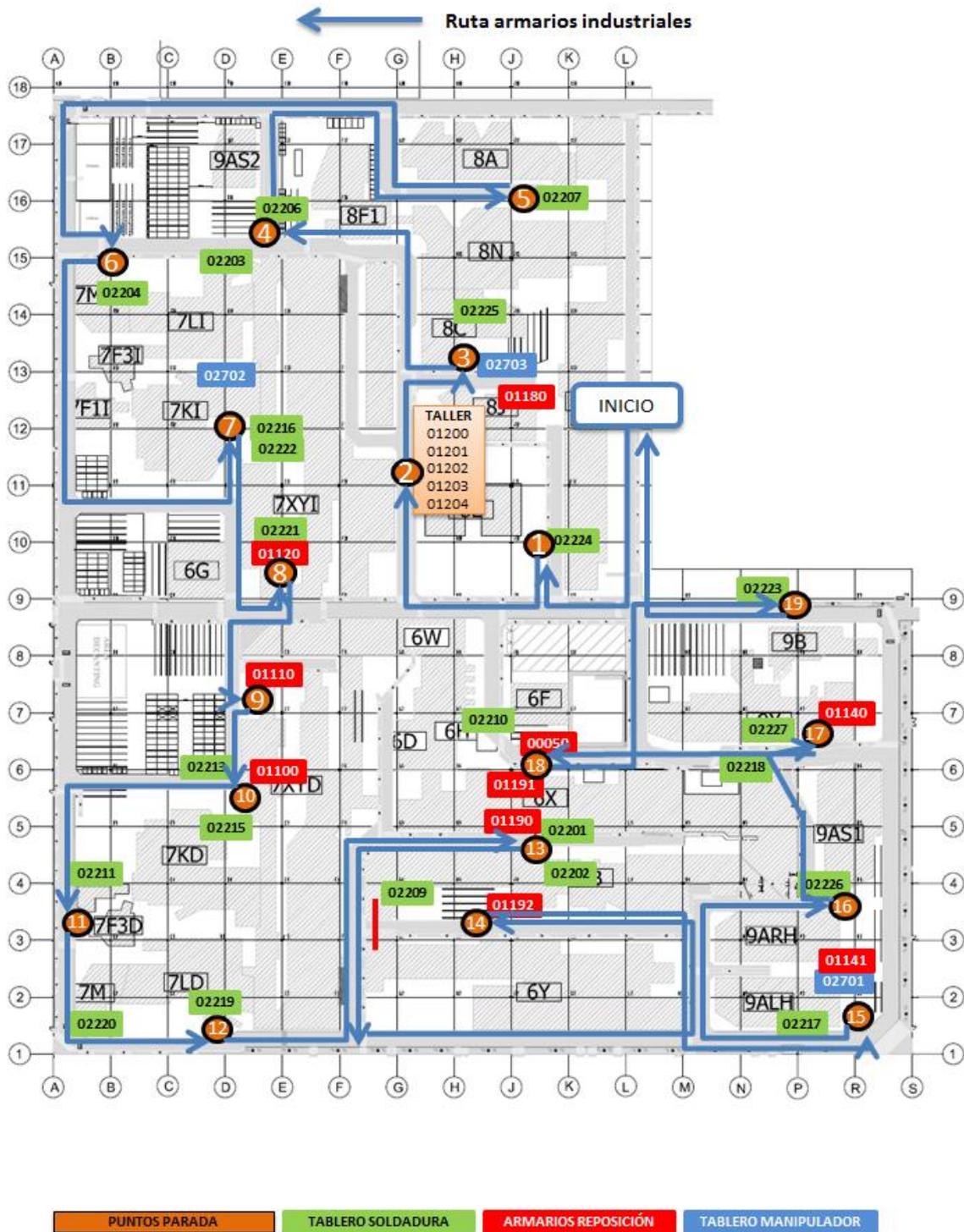


Ilustración 13. Layout Body 2 con ruta para abastecimiento de material

$$(40' + 15') + (2' + 1' + 5' + 3' + 1') * (20 \text{ paradas}) = 295 \text{ min} = 4.9 \text{ horas aprox.}$$

Para Body2, son necesarias aproximadamente 5 horas diarias para completar la operación. En esta zona existe otro operario al no estar comunicada con Body 1 ni Body 3 mediante vía por el interior de la planta, y solo se puede llegar accediendo al exterior, lo que impide el uso del vehículo de reparto por normas de seguridad.

7.1.3. Prensas

Finalmente, procedemos con la planta de Prensas, la cual contiene 21 cajoneras a repartir, distribuidas en 10 puntos de parada y la ruta ocupa un total de 905 metros, quedando de la siguiente forma:

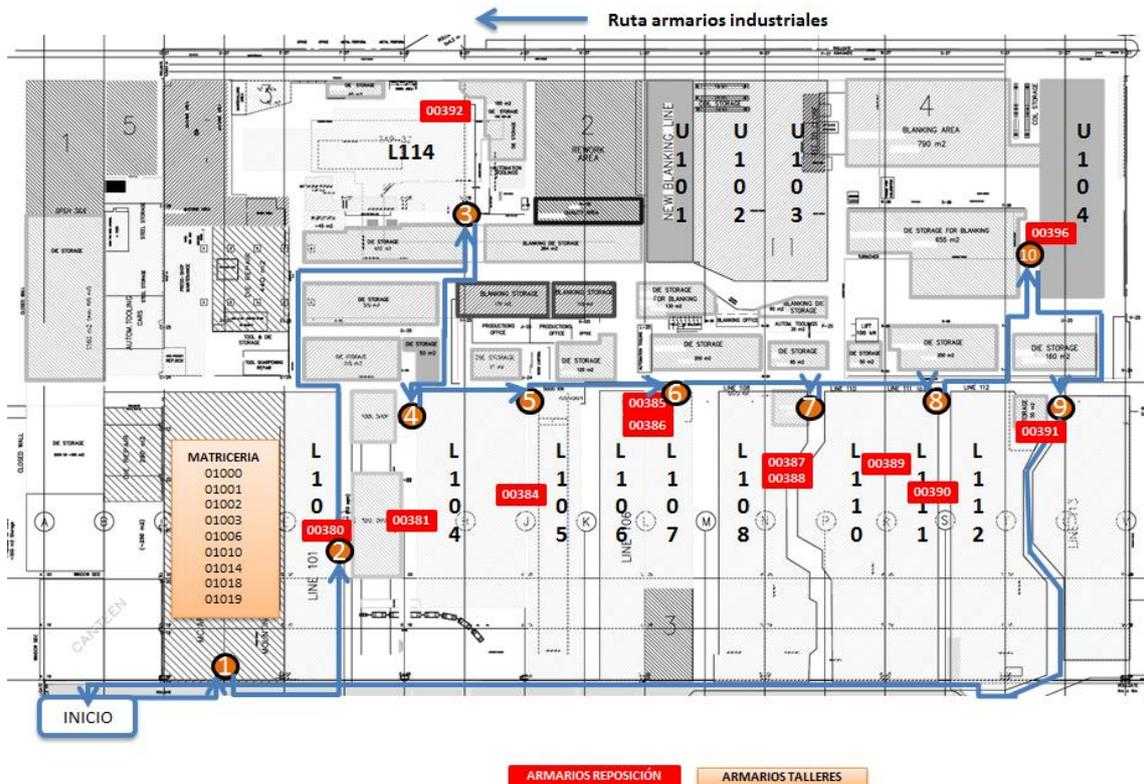


Ilustración 14. Layout Prensas con ruta para abastecimiento de material

Para esta área los tiempos se modifican, debido a que no se realizan repartos en tableros, pero en el área contemplada como matricería le ocupa una mayor carga de trabajo. Se le sumará al cálculo general un tiempo de 20 minutos, que es el tiempo medio que necesita invertir el operario encargado de realizar el abastecimiento.

$$(40' + 15') + (2' + 1' + 5' + 1') * (11 \text{ paradas}) + 20' = 174 \text{ min} = 2.9 \text{ horas aprox.}$$

Para la planta de Prensas, el tiempo aproximado de reparto es de 2.9 horas diarias.

7.2. Proceso no automatizado⁶

Uno de los grandes inconvenientes es la escasez de modernización y automatización de la operación. Es un proceso completamente manual, basado en un sistema rudimentario y sin ningún tipo de enfoque de futuro. Una compañía de la envergadura de Ford siempre busca estar entre las empresas más competitivas en todos los ámbitos, en los que priorizan algunos como

⁶ (<https://www.at.ford.com/en/homepage.html>)

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

la modernización y adaptabilidad a nuevas tecnologías. Estas ideas se ven reflejados de forma clara el Ford Production System (FPS).



Ilustración 15. Ford Production System

El Ford Production System es un sistema disciplinado de estándares flexibles de actuación con el fin de fabricar un producto de alta calidad siendo competitivos en el coste, usando procesos de trabajo estables, seguros y de fiabilidad para las personas. Básicamente, consiste en: generar resultados, identificar y eliminar desperdicios, impulsar la estabilidad y la disciplina a través de la estandarización y el control del cambio, promover la mejora continua y reproducir las mejores prácticas, establecer expectativas y roles definidos dentro de una estructura organizacional que apoye a personas capaces y comprometidas de diversas culturas. De esta forma, el FPS ayuda a saber exactamente qué se espera de cada persona de la compañía. Ofrece un lugar de trabajo optimizado, eficiente y estructurado que alienta a sus empleados para mejorar, ayudando a las personas y a la compañía a generar resultados.

Además de impulsar las premisas del FPS, la modernización y estandarización de procesos como es el caso que pretendemos llevar a cabo es un aspecto que se encuentra muy marcado actualmente en el mundo industrial, mediante una nueva revolución llamada Industria 4.0. Pero, ¿qué es realmente este cambio?

7.2.1. Industria 4.0.⁷⁸

El cambio de la Industria 4.0 consiste en la introducción de las tecnologías digitales en la industria, a lo que se le ha denominado la cuarta revolución industrial. Los avances en la tecnología, foco general de la Industria 4.0, tomarán parte en las empresas durante los próximos

⁷ (<http://www.industriaconectada40.gob.es/Paginas/Index.aspx#inicio>)

⁸ (Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries)

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

10 o 15 años. Es una idea proveniente del “Lean Manufacturing” y que ha sido desarrollada a otro nivel.

Este concepto es, básicamente, la capacidad de usar de una forma eficaz la información que las empresas poseen. En todos los procesos y operaciones realizadas en las compañías se obtienen infinidad de datos, los cuales se desaprovechan ya que no se analizan de la forma correcta. Las empresas deben ser capaces de gestionar esta gran cantidad de información y transformarla en datos útiles que puedan ser analizados para desarrollar mejoras, prever fallos o problemas o diagnosticar situaciones concretas. Además, la Industria 4.0 también trata de la incorporación de nuevas tecnologías en diferentes ámbitos, tales como los procesos de producción o transportes.

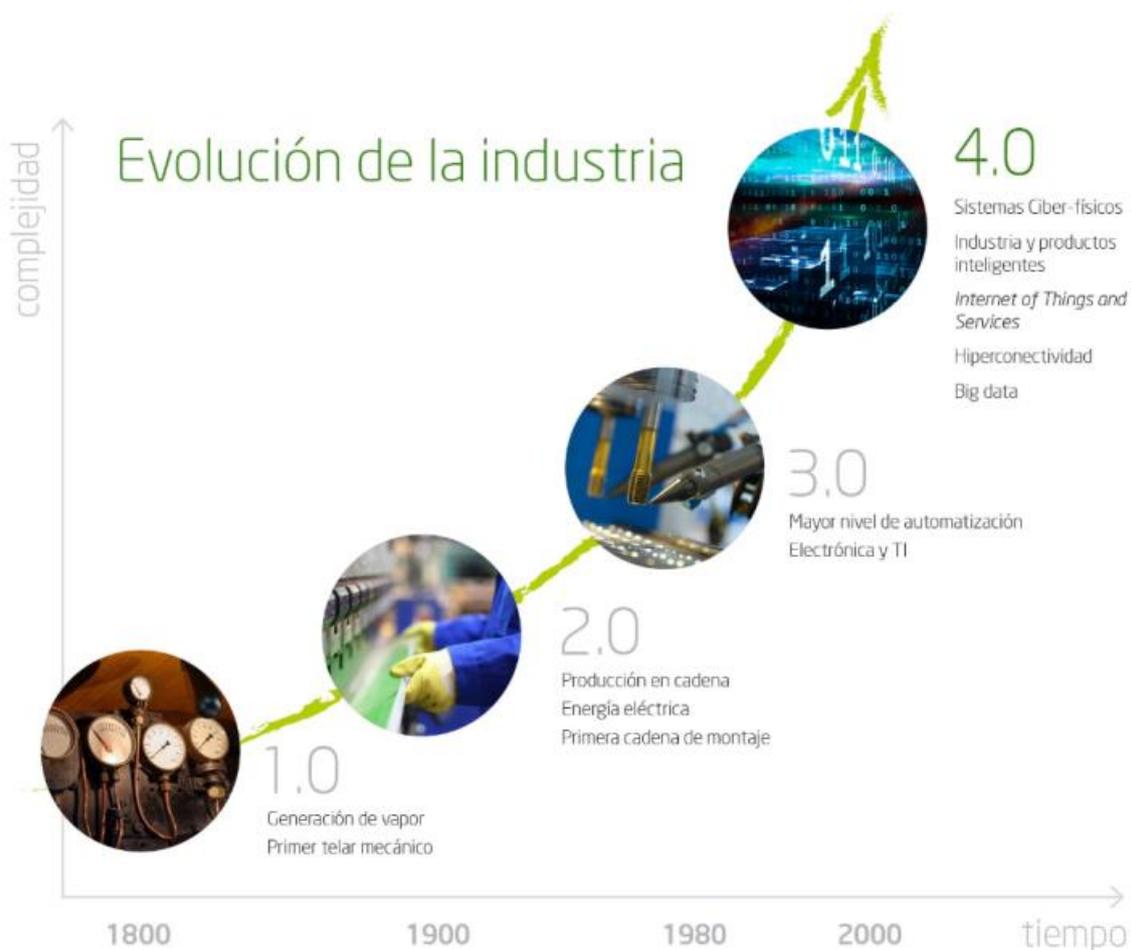


Ilustración 16. Evolución de la Industria

Los nueve casos que marcarán un impacto mayor en los trabajos y procesos diarios serán los siguientes:

- Control de calidad a partir del Big Data: uso de algoritmos basados en datos históricos para identificar problemas de calidad y reducir fallos en el producto.
- Robots de producción asistidos: robots flexibles de forma humana capaces de realizar operaciones como ensamblajes o empaquetados.

- **Vehículos logísticos de conducción autónoma: sistemas de transporte completamente automatizados que navegan de forma inteligente por dentro de la factoría (caso que nos atañe)**
- Simulación de líneas de producción: nuevos softwares permiten simular y optimizar líneas de ensamblaje.
- Redes inteligentes de aprovisionamiento: monitorización de redes enteras de abastecimiento para la mejora de decisiones.
- Mantenimiento predictivo: monitorización remota de los equipos permite prever una rotura y evitarla.
- Producción auto ajustable: máquinas coordinadas automáticamente optimizan su utilización y sus salidas.
- Fabricación 3D de elementos complejos: impresoras 3D permiten crear piezas complejas en pasos sencillos y rápidos para pruebas de testeo o reemplazo.
- Aumento de trabajo, mantenimiento y servicios: nueva industria facilita las guías operativas, asistencia remota y documentación.

Este proyecto envuelve el punto de los vehículos inteligentes, que van a ser la idea de propuesta a llevar a cabo y que se comenzará a detallar en los siguientes puntos. Resulta una idea novedosa, que ya posee varios años de utilización y que se encuentra con un desarrollo muy avanzado. Numerosas empresas utilizan de forma habitual esta práctica dentro de sus procesos industriales, aumentando día tras día.

7.3. Proceso no estandarizado

También existe el problema de la estandarización. Por lo general, las grandes empresas quieren que todos los procesos que se realizan dentro de sus compañías estén estandarizados y se realicen de forma predefinida, siguiendo también con la filosofía del Ford Production System.

Para el caso que concierne al proyecto, la operación no cumple ningún tipo de procedimiento estandarizado. El operario reparte según sus criterios, sin seguir un orden preestablecido. Por ello es muy complicado prever la localización aproximada del operario durante su reparto, los tiempos que tarda y el orden que decidirá establecer, resultando en una operación completamente descontrolada.

8. PROPUESTA DE MEJORA

El objetivo principal es conseguir estandarizar el proceso de abastecimiento de forma que se adapte a las tecnologías existentes en la actualidad. Un sistema basado en procedimientos estandarizados, tiempos y localización controlada a tiempo real en todo momento, reducir en costes, mejorar en tiempos de entrega y disminuir en riesgos de seguridad en la medida de lo

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

posible. Además, se quiere incorporar un elemento innovador, que sea flexible y versátil y que no requiera de ningún tipo de obra civil para llevarse a cabo.

Siguiendo las premisas marcadas, se decide estudiar la inversión de automatizar el proceso basándose en un sistema de abastecimiento por medio de un vehículo de guiado automático (AGV). Esta idea aparece tras estudiar las diferentes tecnologías aplicables a este tipo de operación teniendo en cuenta que todo transporte supone un coste que no proporciona ningún valor al producto y, además, obliga a tener a alguien que lo realice. La manera de mejorar la situación actual puede ser mediante dos formas: reducir el tiempo de la operación y/o reducir el coste de la misma. Así, mediante un AGV, tecnología presente en la Industria 4.0 y los nuevos modelos de empresa, se puede conseguir ambas mejoras que desarrollen el proceso.

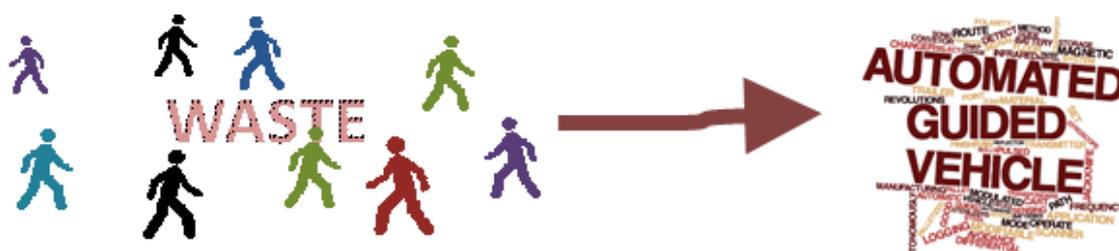


Ilustración 17. Desperdicio solucionado con AGV

8.1. Vehículos de guiado automático (AGV)⁹

Un vehículo de guiado automático o AGV (Automated Guided Vehicle) es un vehículo el cual no requiere de ningún tipo de conductor para desarrollar su actividad. Para cumplir con su principal característica de navegar o circular como un vehículo autónomo sin necesidad de la intervención del ser humano como piloto del mismo, estos vehículos disponen de distintos sistemas de guiado y de un complejo sistema de control y gestión, que permite diferenciar dos grandes grupos: aquellos cuyo sistema de gestión y control no comunica con el entorno donde se mueven, es decir, son autónomos y el sistema sólo gestiona la flota de vehículos haciéndolos trabajar de forma automática y sin interactuar con el entorno; o sistemas de AGV complejos, en los que las comunicaciones fluidas con el entorno son habituales y fundamentales, ya que a través de estas comunicaciones se gestionan las ordenes de los vehículos y los movimientos a realizar en todo momento, comunicando con los sistemas de manutención de planta, puertas automáticas, almacenes automáticos, así como el software de gestión de la compañía ya sea un ERP, un SGA, etc.

Existen tres tipos principales de AGV: filo-guiados, visión artificial y guiado autónomo.

- **Filo-guiados:** El AGV se desplaza guiándose por un hilo conductor instalado bajo el suelo. Este método de guiado es muy sencillo aun siendo el de menor flexibilidad, ya que las rutas de movimiento del AGV se limitan a las rutas con el hilo instalado. Su mayor hándicap es la necesidad de realizar obra para introducir el hilo.
- **Visión artificial:** El AGV reconoce mediante visión artificial una tira de espejo catadióptrico, calculando y corrigiendo en cada instante la desviación existente entre el

⁹ (<http://www.interempresas.net/Logistica/Articulos/38400-AGV-los-vehiculos-industriales-inteligentes.html>, s.f.)

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

AGV y la ruta. En función de la ruta que tiene cargada y la distancia obtenida mediante la visión artificial el AGV realiza los movimientos de timón adecuados para continuar con la ruta prefijada.

- Guiado autónomo: El AGV se desplaza siguiendo un mapa o layout que anteriormente ha sido cargado en su sistema. Mediante sensores que controlan su posición y encoders situados en las ruedas, los cuales calculan a partir de la velocidad de giro de éstas la distancia que recorre, permite que se mueva con una precisión milimétrica, conociendo su situación exacta a tiempo real en el plano a cada momento.

En el caso que atañe a este proyecto, se elige el AGV de guiado autónomo por ser el que mejor encaja con lo especificado ya que no sería necesario ningún tipo de obra y puede ser usado en cualquier tipo de situación debido a no estar limitado por un guiado de suelo, pudiendo ser adaptado a diferentes operaciones.

8.2. Descripción del nuevo proceso de abastecimiento

El proceso que se quiere realizar a partir de la incorporación de un AGV presenta diferentes modificaciones. La nueva idea pretende que el reparto del material de no producción a los diferentes puntos de abastecimiento sea realizado mediante el AGV, sin necesidad de ningún operario. Esta nueva operación será realizada de la siguiente manera:

1. Desde el almacén, el cual es el punto de inicio para todas las áreas, se prepara todo el material que se ha de servir a cada caseta. El operario lo organiza todo por gavetas identificadas correctamente.
2. Se le asigna la ruta preestablecida al AGV que debe realizar, estableciendo las paradas en las que se debe detener (asumiremos para la tabla posterior de tiempos que el AGV realiza se detiene en todas las paradas).
3. El AGV comienza la ruta o misión hasta el primer punto de entrega.
4. Antes de llegar al punto, el AGV emite un aviso para informar que se acerca al punto de entrega. Una vez allí, el responsable de área recoge su material, realiza la lectura de las tarjetas manualmente con una pistola que incorpora el robot, y confirma al AGV que se ha recibido el material, permitiéndole continuar al siguiente punto. En el caso de que nadie acuda a recoger la carga, el AGV esperará un máximo de 5 minutos para continuar al siguiente punto y dar el reparto como no entregado. Este tiempo se ha estimado teniendo en cuenta que el punto de parada se encuentra cerca de zonas donde un personal de área debería estar. En caso de no atender al robot en ese tiempo, se supone que tampoco será capaz de recibir al AGV en un tiempo cercano.
5. El AGV repite el proceso de entrega hasta regresar al almacén.

El proceso ha cambiado respecto al inicial, ya que en vez de ser el operario de almacén quien realiza toda la tarea, ahora el transporte es autónomo y las tareas de reposición las lleva a cabo el personal del área (MP) donde se realiza el reparto. Se ha identificado de color verde las tareas

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

que lleva a cabo el AGV en el flujo de proceso, diferenciándose del anterior, el cual estaba en azul por ser realizado completamente por el operario.

Por lo que el nuevo flujograma del proceso quedaría de la siguiente forma:



Ilustración 18. Flujograma del nuevo proceso de reposición de material

8.3. Mejoras y oportunidades asociadas a la incorporación del AGV

Para poder incorporar este nuevo sistema de guiado automático como sustitución del proceso manual llevado a cabo actualmente, es necesario demostrar que puede presentar importantes mejoras con respecto a la situación actual. Después de analizar con detalle el cambio que podría

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

suponer del anterior proceso al propuesto, las mejoras más destacables que se pueden llevar a cabo son las siguientes:

- Reducción del tiempo de operación
- Reducción de coste de operario
- Estandarización de proceso
- Reducción del tiempo sin material en el área
- Entrada al nuevo mercado tecnológico
- Aumento de capacidad del proceso

8.3.1. Reducción del tiempo de operación

Como se ha reflejado anteriormente, el tiempo actual en realizar el reparto estipulado para cada área siguiendo el proceso de abastecimiento predefinido es:

- Body1 y Body3: 8.8 horas
- Body2: 4.9 horas
- Prensas: 2.9 horas

Con la incorporación del AGV en cuestión, el proceso cambia y los tiempos dedicados a cada operación también. Esta actualización se refleja en la siguiente tabla:

Tabla 2. Secuencia y tiempos de proceso de reparto de material con AGV

SECUENCIA DE TAREAS REPARTO MATERIAL CON AGV	Tiempos
Preparar y organizar material	40´
Ubicar material en vehículo de transporte (AGV)	15´
Ir a punto de entrega	*3´
Lectura de tarjetas por parte del responsable de área	1´
Recogida de material por parte de responsable de área	1´
Continuar a próximo punto de reparto	1´

*Para calcular el nuevo tiempo que supone de ir al punto de entrega se ha predefinido una velocidad media del AGV de 1.5 m/s, basándonos en la velocidad media de varios modelos del mercado y situándose siempre por debajo de la velocidad máxima de circulación estipulada por la normativa de Ford para cualquier vehículo dentro de planta.

Los tiempos se calculan partiendo siempre de la idea de que nos encontramos en la situación más desfavorable posible, donde debe parar en todas las estaciones. Además, en la tabla vendrán reflejadas dos situaciones, el caso de que todos los responsables se encuentren

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

disponibles y la entrega se realice en 1 minuto, y el segundo caso, en el cual no pueda acudir nadie y tarde los 5 minutos de espera estipulados hasta proseguir con su recorrido.

Tabla 3. Secuencia y tiempos de proceso de reparto de material con AGV en situación desfavorable

SECUENCIA DE TAREAS REPARTO MATERIAL CON AGV	Tiempo (1 min)	Tiempo (5 min)
Preparar y organizar material	40´	40´
Ubicar material en el AGV	15´	15´
Ir a punto de entrega	3´	3´
Lectura de tarjetas no leídas por parte del responsable de área	1´	0´
Recogida de material por parte de responsable de área	1´	5´
Continuar a próximo punto de reparto	1´	1´

8.3.1.1. Body1 y Body3

Aplicando la misma ruta marcada anteriormente, y contando que son 18 paradas, el cálculo de tiempos para Body1 se realiza de la misma forma que para el proceso manual. Los tiempos son los siguientes:

Tiempo para 1 min:

$$(40' + 15') + (3' + 1' + 1' + 1') * 18 = 163 \text{ min} = 2.7 \text{ horas aprox.}$$

Tiempo para 5 min:

$$(40' + 15') + (3' + 1' + 0' + 5') * 18 = 217 \text{ min} = 3.6 \text{ horas aprox.}$$

Y de la misma forma para Body3:

Tiempo para 1 min:

$$(40' + 15') + (3' + 1' + 1' + 1') * 17 = 157 \text{ min} = 2.6 \text{ horas aprox.}$$

Tiempo para 5 min:

$$(40' + 15') + (3' + 1' + 0' + 5') * 17 = 208 \text{ min} = 3.5 \text{ horas aprox.}$$

La suma total de tiempos para esta área es de:

$$\text{Tiempo reparto de material en Body1 y Body3} = 7.1 \text{ horas aprox.}$$

Con el proceso manual en su situación más desfavorable el tiempo del proceso es de 8.8 horas, pero aplicando la nueva configuración con el AGV, el tiempo disminuye a 7.1 horas, basándose de igual manera la más desfavorable. Esto supone una reducción de tiempo de un 23%.

8.3.1.2. Body2

Repetimos la operación anterior para la planta de Body2:

Tiempo para 1 min:

$$(40' + 15') + (3' + 1' + 1' + 1') * (20 \text{ paradas}) = 175 \text{ min} = 2.9 \text{ horas aprox.}$$

Tiempo para 5 min:

$$(40' + 15') + (3' + 1' + 0' + 5') * (20 \text{ paradas}) = 235 \text{ min} = 3.9 \text{ horas aprox.}$$

Con el proceso manual, el tiempo es de 4.9 horas, y con la nueva configuración pasa a ser de 3.9 horas, reduciendo el tiempo en un 25%

8.3.1.3. Prensas

Para la planta de Prensas:

Tiempo para 1 min:

$$(40' + 15') + (3' + 1' + 1' + 1') * (11 \text{ paradas}) = 121 \text{ min} = 2 \text{ horas aprox.}$$

Tiempo para 5 min:

$$(40' + 15') + (3' + 1' + 0' + 5') * (11 \text{ paradas}) = 154 \text{ min} = 2.6 \text{ horas aprox.}$$

Con el proceso manual, el tiempo es de 2.9 horas, y con la nueva configuración pasa a ser de 2.6 horas, reduciendo el tiempo en un 11%

Se puede comprobar que existe una mejora considerable en cuanto a los tiempos de ciclo realizados para abastecer todos los puntos. En total, haciendo una valoración general del proceso, el tiempo global dedicado a realizar la tarea con el AGV se reduce con respecto al realizado de forma manual en un 38%, teniendo en cuenta los tiempos para un proceso correcto con 1 min de tiempo en realizar la recogida. Si por el contrario, tomamos el tiempo de 5 min, valorando la situación como la más desfavorable, la mejora de tiempo sería de un 18%, por lo que aun así, mejoraríamos de forma notable la situación actual.

8.3.2. Reducción de coste de operario

Analizando la carga de trabajo necesaria para la realización del proceso manual, se requiere disponer de un operario encargado de efectuar la operación para las plantas de Body1 y Body3, otro para la planta de Body2, y un último trabajador para Prensas.

Aplicando la nueva situación que resultaría con la disponibilidad de un AGV, el número de operarios se reduciría. Para Body1 y Body3 se podría prescindir de su uso, ya que la tarea de preparar el material, que sería la única realizada manualmente requiere de poco tiempo, por lo que cualquier otro operario sería capaz de efectuar la tarea. En Body2 sucedería la misma situación, aunque de forma algo distinta. En este caso se reducen 5 horas de trabajo manuales, lo que no llega a cubrir un turno entero de trabajo (8 horas), pero, al haber disponible personal de almacén que puede cubrir el resto de horas restantes del operario, también podemos prescindir de este puesto.

Para la planta de Prensas no existe reducción de operario, ya que el tiempo ahorrado en mano de obra no supone la carga suficiente como para considerar eliminar el puesto. Sin embargo,

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

permite mayores oportunidades para realizar tareas de otras índoles, permitiendo mayor versatilidad.

Más adelante se mostrará de forma detallada un análisis del beneficio obtenido.

8.3.3. Estandarización del proceso

Una parte importante de la automatización del proceso es la posibilidad de poder estandarizarlo. Actualmente, el proceso no tiene rutas estipuladas, tiempos establecidos, puntos de parada con ubicación exacta, etc.

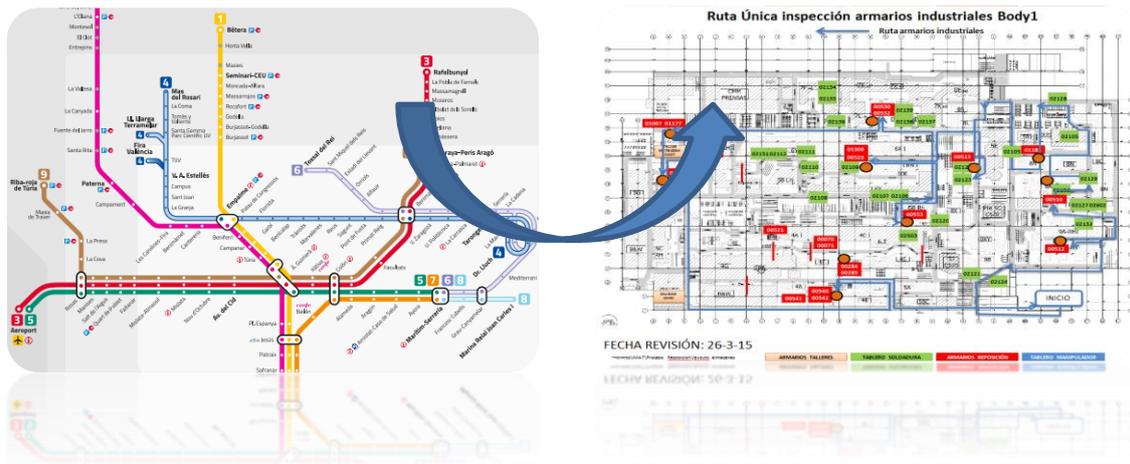


Ilustración 19. Comparativa de rutas estandarizadas

Con la incorporación de un sistema basado en un vehículo inteligente es necesario que el método de trabajo sea riguroso para permitir su correcto funcionamiento. La dinámica a seguir es semejante al funcionamiento de una línea de metro, como se puede observar en la imagen comparativa. En una línea de metro, todas las paradas se encuentran detalladas, con nombre y posición exacta, las distancias entre puntos de parada están estipuladas para que los tiempos sean similares, etc. La idea es adaptar este proceso al abastecimiento de material, con paradas, rutas y tiempos concretos.

Esta nueva idea de trabajar puede ser un punto de inflexión para próximos proyectos, ya que da la oportunidad de plantear para operaciones manuales poco desarrolladas y controladas la evolución en sistemas centralizados y monitorizados.

8.3.4. Reducción del tiempo sin material en el área

El reparto de material de área se realiza actualmente una vez al día. Pero existe la posibilidad que por cualquier incidente esa zona se quede sin repuesto una vez realizado el abastecimiento, lo que provoca que deban esperar para obtener el material o mandar a una persona al almacén. Así se cae en ineficiencias y obliga a tener a una persona desplazándose y abandonando su área de trabajo.

En cambio, aplicando el nuevo sistema de reparto con AGV, no sucederían las anteriores situaciones. Teniendo en cuenta que dentro del software del robot está marcado el layout de planta, se le puede asignar que se dirija a un lugar concreto de planta. Sólo es necesario el aviso por parte del responsable de área al almacén solicitando la entrega de algún tipo de material

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

que necesite para que, de esta forma, el personal de almacén prepare el envío y dirija al AGV al punto de entrega.

8.3.5. Entrada al nuevo mercado tecnológico

Siempre es necesario un primer proyecto innovador para poder dar paso a nuevas ideas y creaciones. Este caso puede plantearse como uno de ellos. En la factoría Ford España y en la mayor parte de Ford mundial el uso de vehículos automáticos e inteligentes que puedan realizar tareas de forma autónoma con la simple supervisión de una persona es un caso prácticamente nuevo. Es una tecnología a la que todavía no se le ha dado paso por su desconocimiento, su aún estado de investigación y porque resulta un reto demasiado innovador que obliga a cambiar la filosofía de trabajo en muchos sectores internos de la compañía.

Este tipo de mercado se encuentra todavía sin explotar, pero con los años se irá asentando en el mundo de la industria. De esta forma, una incorporación temprana en este sector permitirá ser más competitivos que otras empresas, las cuales tendrán una entrada más tardía y facilitará futuras incorporaciones al tener un rastreo del mercado ya efectuado, con proveedores informados y productos con mayor accesibilidad.

8.3.6. Aumento de capacidad de proceso

Existen numerosos envíos que no se pueden realizar por la poca disponibilidad de operarios de almacén, lo que obliga a los trabajadores a esperar para recibir el material, o bien, a desplazarse al almacén para proveerse, provocando que abandone su puesto de trabajo. Esta situación es una pérdida importante de dinero si cuantificamos el tiempo que al cabo del año pueden estar los operarios de planta desplazándose a por material.

Disponer de un AGV en las áreas de almacén permite aumentar la capacidad del proceso de abastecimiento de forma notable. A día de hoy el reparto se realiza una vez al día ocupando un turno entero de trabajo en algún caso. Pero una ventaja que aporta un vehículo autónomo es la no limitación de turnos, ya que puede estar operativo 24 horas (sin contar el tiempo de carga de batería), lo que le permite estar en continuo funcionamiento la mayor parte del tiempo.

8.4. Problemas de implantación¹⁰

A la hora de introducir esta nueva tecnología, se ha encontrado un problema importante que ha de ser solucionado: la integración del AGV dentro de las redes WIFI.

Dentro de la compañía Ford existen numerosas redes WIFI que se gestionan mediante un departamento particular llamado ingeniería de sistemas, en el cual realizan el control y la seguridad de las redes de Ford. Cada vez que se quiere implantar algún tipo de aplicación que necesite integrarse en las redes, se ha de pasar por esta área para recibir la aprobación pertinente.

En el caso del AGV, para llevar a cabo su monitorización remota es necesario que se permita crear una red particular. Pero este proceso plantea muchas dificultades ya que se trabaja con la seguridad de la compañía y el proceso es muy riguroso. A continuación, se detallará de forma breve cual es la manera de actuar para este tipo de situaciones.

¹⁰ (Company, <https://www.at.ford.com/en/homepage.html>, s.f.)

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

Para implantar la red WIFI para el AGV, es necesario presentar una serie de documentos llamados ACR (Application Control Review), los cuales aseguran que la red interna nueva es completamente fiable, ha pasado todos los controles, su diseño es correcto para que la interfaz pueda interactuar con otras aplicaciones sin provocar fallos, y, además, cumple con las normativas legales vigentes por la compañía para este ámbito.

Para la gestión de este proceso se deben seguir los siguientes pasos (Fig. x Proceso ACR):

1. Registrar la aplicación y mandar un informe completo sobre el ámbito de uso, características técnicas y nivel de privacidad al departamento de sistemas.
2. El departamento de sistemas clasifica la aplicación dependiendo de los datos aportados.
3. Se genera un paquete ACR con la información de la red a integrar, con el fin de ser aprobada por el departamento de sistemas en las oficinas centrales de la compañía a nivel Ford Europa. En este punto aceptarán o rechazarán la petición dependiendo de si puede suponer un riesgo importante para la compañía o no.
4. Finalmente, si la propuesta ha sido aceptada, se genera un paquete con toda la información y normativa para ser aprobada por la junta general. De esta forma ya se tiene todo lo necesario para poder llevar a cabo la integración de la nueva red WIFI.

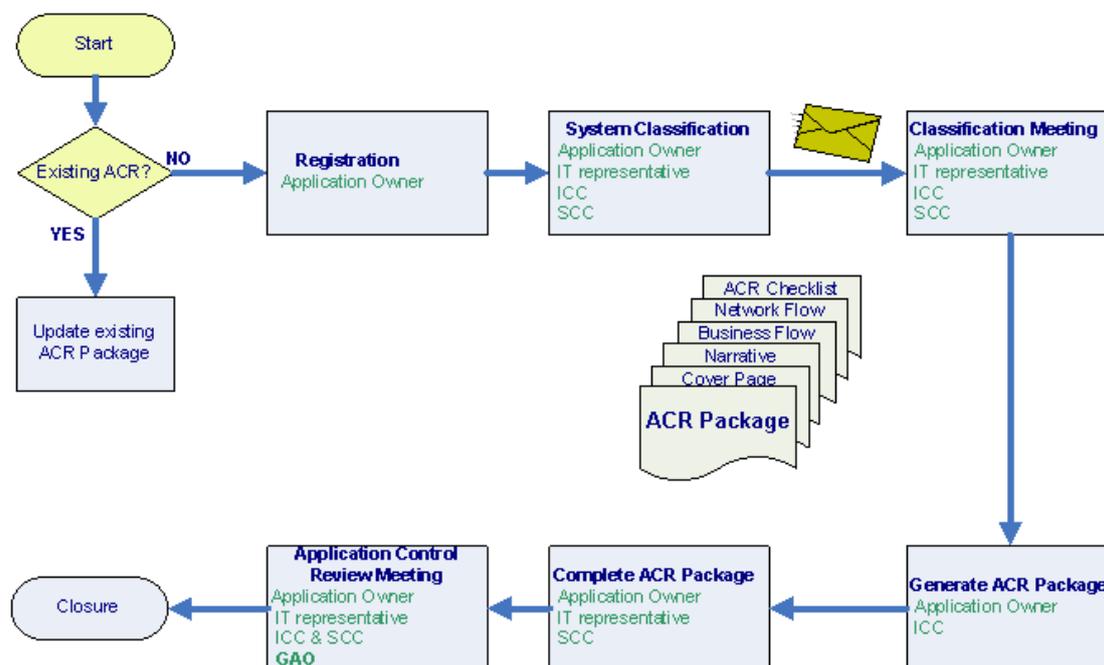


Ilustración 20. Proceso ACR

Este proceso burocrático requiere entre seis meses y un año, dependiendo del nivel de complejidad de la red a instalar, para conseguir su aprobación. Para nuestro caso, no sería necesario disponer desde el inicio el uso de la red, ya que el AGV es capaz de funcionar a pleno rendimiento sin su necesidad, aunque si se comenzará a gestionar por las oportunidades y facilidades laborales que permite.

9. ESTUDIO DE MERCADO

Una vez definido el tipo de sistema que se quiere implementar, es el momento de abrirse al mercado en busca del producto que más se adapte a nuestras necesidades. Para ello es necesario realizar un proceso donde participan tanto responsables del proyecto, aportando modelos e información, como proveedores de Ford, contactando con los vendedores. La operación de búsqueda y contacto con posibles vendedores y proveedores cuenta con los siguientes pasos:

- Contacto con vendedores de AGV
- Generación de especificaciones
- PIR
- Business Case
- One Page

Durante la realización de esta parte del proyecto, la gerencia estipuló un “timing” para la realización de proyectos centrados en la industria 4.0, donde se encuentra el de la incorporación del sistema de vehículo automático junto con otras propuestas pendientes de ser desarrolladas. El “timing” generado para el proyecto del AGV es el siguiente:

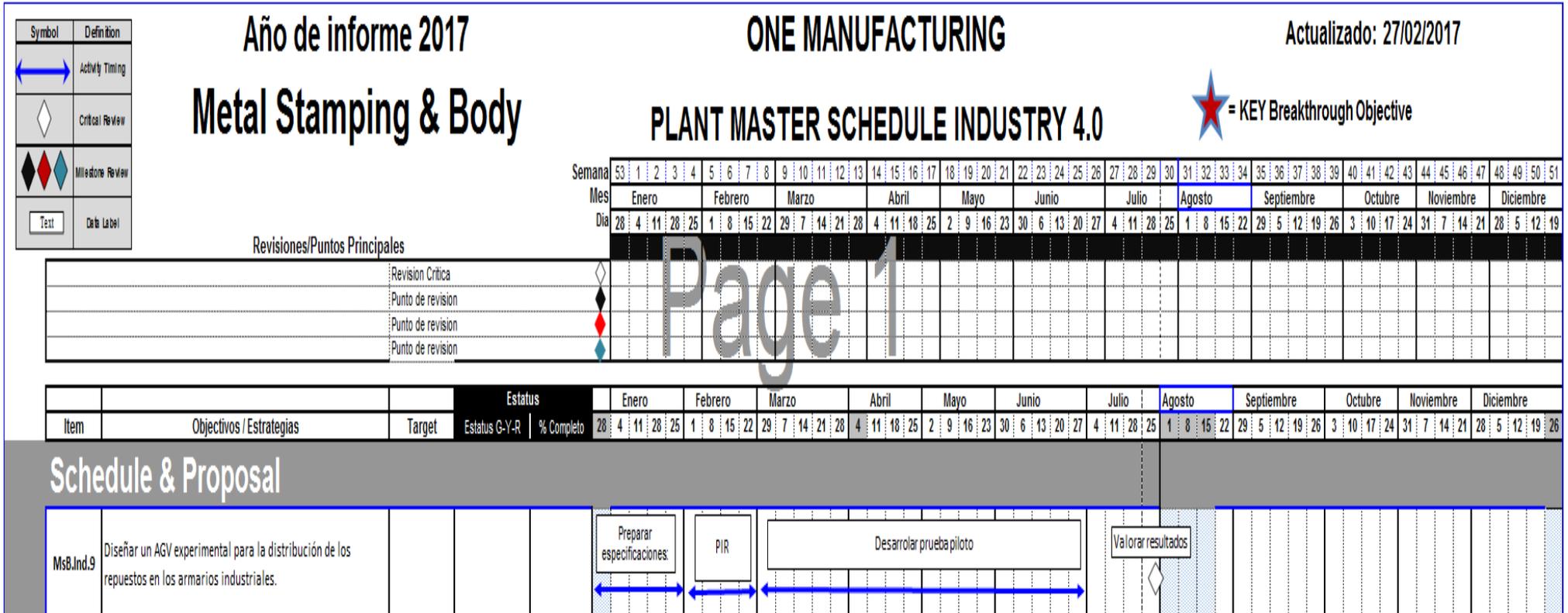


Ilustración 21. "Timing del proyecto"

9.1. Contacto con fabricantes de AGV

Tras el análisis realizado anteriormente y el estudio básico destinado a encontrar un área de productos que se adapten a lo que se requiere, comienza el momento de contactar directamente con distintos fabricantes de vehículos automáticos. Esta búsqueda se realizó de distintas formas: búsquedas por internet de distintos fabricantes, contactos con proveedores de todo el mundo a partir de correo electrónico o llamadas, visitas a diferentes compañías, etc. Además, se asistió a distintos eventos como la “Global Robot Expo”, feria de robótica, con el fin de explorar con mayor detalle y conocer de primera mano estos productos.

Las empresas con las que se mantuvo contacto fueron numerosas, pero tras una serie de reuniones con ellos e investigar las características de cada uno de sus productos, se concluyó con que sólo 3 empresas podían adaptarse a lo que este proyecto busca. Estas empresas no han puesto ningún tipo de problema para que las nombremos, por lo que sus nombres y productos serán los reales.

Las empresas y los productos ofrecidos son los siguientes:

- Omron Adept Technologies, Inc.
- Mobile Industrial Robots (MiR)
- Robotnik

9.1.1. Omron Adept Technologies, Inc.¹¹

La corporación Omron es un líder global en el campo de la automatización, basada en su tecnología principal de control y sensorización. El campo de negocios por el que se desplaza esta compañía cubre un amplio sector, desde la automatización industrial hasta componentes electrónicos para la automatización de diferentes elementos, sistemas de infraestructuras sociales, cuidados de la salud y soluciones medioambientales. Establecidos por primera vez en 1933, Omron tiene alrededor de 39.000 empleados en todo el mundo, trabajando para proveer de productos y servicios a más de 110 ciudades y regiones.

Omron Adept Technologies, Inc. es un proveedor líder mundial de sistemas y servicios robóticos inteligentes de visión guiada, incluyendo robots industriales, móviles, y otros equipos automáticos flexibles.

Dentro de su gama de productos, en el caso que acoge al proyecto, la empresa Omron posee un tipo de vehículo de guiado automático que podía coincidir con lo requerido. El elemento en cuestión es el modelo Adept Lynx Cart Transporter.

El modelo Adept Lynx Cart Transporter es un vehículo de guiado autónomo inteligente (AGV) diseñado para transportar mercancías movibles desde un punto de recogida a otro de dejada. La aplicación incluye la capacidad de transportar racks de piezas mediante enganches o ganchos, trabajar entre procesos para agilizar la faena, o transportar productos acabados a almacenes generales entre muchas otras.

Este AGV es capaz de realizar la navegación autónoma para poder encontrar la ruta más eficiente a partir de un camino preestablecido, siendo capaz de evitar obstáculos fijos y móviles, y con una interfaz fácil y sencilla de usar.

¹¹ (<http://www.adept.com/>, s.f.)

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

Sus especificaciones técnicas vienen detalladas en la siguiente tabla:

Tabla 4. Características técnicas AGV Omron Adept

Dimensiones	
Largo x Ancho x Alto	1020 mm x 1080 mm x 1400 mm
Altura sobre el suelo	30 mm
Peso (sin carga)	79 kg

Carga	
Capacidad de carga	130 kg
Superficie de carga	521 x 813 mm

Velocidad y Rendimiento	
Tiempo en funcionamiento	12 horas o 25 km
Velocidad Máxima	Adelante: 0.9 m/s (3.24 km/h) Marcha Atrás: 0.3 m/s (1 km/h)
Desnivel Máximo	5% con 100 kg
Exactitud de Posición	±1 cm

Energía	
Batería	LiFePO4, 22-29 VDC, 60 Ah; tiempo de carga de 3.5 horas (0-80%: 2.5 horas)

Comunicación	
WiFi	802.11 a/b/g wireless
Bluetooth	4.0 LE, rango: 10-20 m
I/Os	USB y Ethernet

Sensores

Láser Escáner	Protección visual 360°
Cámara 3D	Detección de objetos desde 2-35 cm sobre el suelo
Escáner ultrasónico	Detección de objetos transparentes, puertas de cristal, etc.



Ilustración 22. AGV Omron Adept

Este modelo posee unas características técnicas más que apropiadas para el funcionamiento del sistema propuesto, y que podría ser capaz de adaptarse a lo establecido. Su manejo es sencillo, y es posible monitorizarlo y mandarle órdenes a través de la pantalla que lleva incorporada.

Se trata de un producto robusto, con materiales de primer nivel, y con la versatilidad de poder desarrollar tareas de transporte de todo tipo.

Además, como característica particular, posee un elemento llamado “hook”, con el cual posee una precisión casi milimétrica para saber su posición exacta y así evitar fallos de localización. Un producto de primer nivel y de buenas prestaciones.

9.1.2. Mobile Industrial Robots (MiR)¹²

Mobile Industrial Robots (MiR) es un fabricante líder en robots móviles colaborativos. Se dedican al desarrollo de robots seguros, dinámicos y de uso fácil para ayudar a las compañías a mejorar

¹² (<http://www.mobile-industrial-robots.com/>, s.f.)

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

en la eficiencia de sus operaciones. Estos robots colaborativos se usan en una amplia gama de industrias y sectores del cuidado de la salud para automatizar transportes internos.

El modelo que llamó la atención para el reparto del material fue el MiR100. Este AGV trata de una base móvil inteligente capaz de realizar las funciones requeridas con una precisión casi milimétrica, y a la cual se puede incorporar una estructura encima. A continuación, se explicará con mayor detalle como es este producto.

El robot MiR 100 es, básicamente, un robot dedicado a las tareas de transporte de pesos no demasiado elevado, para la industria. Sus características técnicas son las siguientes:

Tabla 5. Características técnicas AGV MiR100

Dimensiones

Largo x Ancho x Alto	900 mm x 600 mm x 358 mm
Altura sobre el suelo	50 mm
Peso (sin carga)	62.5 kg

Carga

Capacidad de carga	100 kg (300 kg remolcados)
Superficie de carga	600 x 800 mm - ½ EU pallet

Velocidad y Rendimiento

Tiempo en funcionamiento	10 horas o 20 km
Velocidad Máxima	Adelante: 1.5 m/s (5.4 km/h) Marcha Atrás: 0.3 m/s (1 km/h)
Desnivel Máximo	5% con 100 kg
Exactitud de Posición	±5 cm

Energía

Batería	Li-NMC, 24 V, 40 Ah; tiempo de carga de 3 horas (0-80%: 2 horas)
---------	--

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

Comunicación

WiFi	Conexión Dual-Band AC/G/N/B
Bluetooth	4.0 LE, rango: 10-20 m
I/Os	USB y Ethernet

Sensores

SICK laser escáner S300	Protección visual 360°
Cámara 3D Intel RealSense	Detección de objetos desde 5-50 cm sobre el suelo
Escáner ultrasónico	Detección de objetos transparentes, puertas de cristal, etc.



Ilustración 23. AGV MiR100

Teniendo en cuenta las especificaciones técnicas detalladas en la tabla anterior y su aspecto visual, así como robustez y capacidad de carga, este modelo de AGV podría ser capaz de cumplir las funciones por las cuales se ha elegido.

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

En beneficio suyo, la empresa posee ciertas facilidades a la hora de comercializar el producto en Valencia, ya que posee una sede en Madrid y pretende ampliar el servicio creando una sede cerca de la planta de Ford.

Además, esta empresa ofrece una amplia variedad de productos móviles robotizados con lo que pretenden adentrarse y apostar fuerte por la llamada nueva industria 4.0.

Con todo esto, tanto la empresa como el modelo son una clara apuesta y van a suponer una opción muy considerable.

9.1.3. Robotnik¹³

Robotnik es una empresa española, situada en Paterna, que se dedica al desarrollo e investigación de nuevas tecnologías en la automatización industrial con robots. Son una empresa de referencia a nivel europeo en los vehículos de movilidad automática desde 2002, y sus principales mercados de venta son en el mundo de la industria y en hospitales o laboratorios. También distribuye a plataformas militares y de seguridad.



Ilustración 24. AGV Summit XL Steel

A diferencia de las otras dos empresas detalladas, Robotnik no posee el nivel de venta ni prestigio que las demás, debido a que siempre ha basado su trabajo en el desarrollo e investigación de nuevos modelos robóticos para la industria.

Esta compañía posee un robot que se adapta a las necesidades del proyecto. El modelo se denomina SUMMIT XL Steel. Este robot es una plataforma robótica para el desarrollo de

¹³ (<http://www.robotnik.es/>, s.f.)

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

aplicaciones (logística, transporte en interiores, etc.), basado en una arquitectura de control abierta y modular en ROS, y con una robustez ejemplar.

Sus especificaciones técnicas se detallan a continuación:

Tabla 6. Características técnicas AGV Summit XL Steel

Dimensiones	
Largo x Ancho x Alto	699 mm x 515 mm x 415 mm
Altura sobre el suelo	163 mm
Peso (sin carga)	90 kg
Carga	
Capacidad de carga	130 kg
Superficie de carga	650 x 410 mm
Velocidad y Rendimiento	
Tiempo en funcionamiento	10 horas o 25 km
Velocidad Máxima	3 m/s (10.8 km/h)
Desnivel Máximo	30% con 100 kg de carga
Exactitud de Posición	±5 cm
Energía	
Batería	LiFePO4, 16x3.3 V; tiempo de carga de 3 horas (0-80%: 2 horas)
Comunicación	
WiFi	802.11n
Bluetooth	4.0 LE, rango: 10-20 m
I/Os	USB y Ethernet

Sensores	
Hokuyo laser escáner	Protección visual 360°
Cámara 3D	Detección de objetos desde 0-200 cm sobre el suelo
Escáner ultrasónico	Detección de objetos transparentes, puertas de cristal, etc.

9.2. Generación de especificaciones

A la hora de integrar un proyecto, los requerimientos que exige Ford son muy estrictos. Para reflejarlos y dar constancia de ellos al proveedor se genera un documento denominado "Especificaciones", donde se incluye de una forma detallada las exigencias de Ford sobre el proyecto en cuestión. Con esto se pretende que la organización posea un proceso estandarizado de emisión de especificaciones (características) que soporte futuros procesos de calidad, auditoría, facturación, etc. Una vez los proveedores posean este documento, intentarán ofertar de forma que cumplan los requisitos impuestos en las especificaciones.

Si en el documento lo que se exige resulta muy detallado y concreto, las ofertas que se presenten serán muy poco flexibles y versátiles, imposibilitando la capacidad de modificar puntos concretos de la oferta y provocando que cualquier cambio suponga un aumento del coste de la misma. Detallar en gran medida una especificación es aconsejable para proyectos específicos donde se tenga muy claro lo que se requiere para agilizar el proceso y abaratar la operación, aunque cualquier modificación supondrá un coste elevado.

Por el contrario, si la especificación resulta algo ambigua, la oferta podrá ser muy abierta, dando opción a una mayor variedad. Cualquier cambio futuro no supondrá un coste tan elevado, pero al no concretar lo que se quiere con precisión, cualquier modificación podría afectar al proyecto entero, provocando la necesidad de cambiar considerablemente la oferta inicial. Esta opción se utiliza cuando el producto o proyecto es algo diferente, que nunca se ha llevado a cabo, para que cualquier cambio posible no suponga un coste alto.

En el caso que nos acoge, la especificación realizada se realiza dejando bastantes puntos sin detallar con el objetivo de que la oferta sea más abierta y permita tener un abanico más amplio donde elegir, ya que los AGV de guiado autónomo son productos relativamente nuevos y tanto la compañía como los proveedores no poseen experiencia en este campo.

Las especificaciones redactadas para el proyecto de implantación de AGV de reparto en Body1, Body2, Body3 y Prensas son las siguientes:

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

ANTECEDENTES.

El reparto de material de no producción realizado desde almacén a los armarios y tableros de Body1, Body2, Body3 es realizado por un operario, quién reparte el material y realiza la lectura de tarjetas dando entrada y salida al material de cada zona. En prensas, el reparto de material de producción y no producción a armarios la realiza otro operario, que se desplaza

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

diariamente a almacén para recoger el material requerido, y una vez en prensas realiza el reparto.

OBJETO DEL PROYECTO.

El objetivo es implantar dos Robots AGV para las plantas Body1, Body3 y prensas, más otro robot para la planta de Body2, los cuales realizarán los recorridos de reparto que realiza el operario. Debe repartir el material por zonas de reparto con la mayor eficiencia y rapidez posible, teniendo en cuenta que el AGV deberá de circular por zonas compartidas con peatones y otros transportes de piezas.

El proyecto se realizará "llaves en mano", todas las tareas se realizarán a cargo del proveedor y se entregará la línea en perfecto funcionamiento.

- Alcance del proyecto y trabajos a realizar.

En el proyecto se distinguirán las siguientes fases:

- Estudio básico de seguridad y salud.
- Mapeado de ruta.
- Coste de liberación de zonas de difícil acceso.
- Sistema de carga de materiales incorporado al robot
- Sistema de aviso.
- Consideraciones técnicas.
 - Estudio básico de seguridad y salud.

Como resultado del estudio básico de seguridad y salud se entregará toda la documentación necesaria que Ford y/o el organismo nombrado por Ford exija de acuerdo a la normativa de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Este estudio estará basado en los detalles de la intervención y las normas tanto internas de Ford como en la normativa europea vigente.

Será responsabilidad del proveedor examinar las condiciones del terreno y certificar que es adecuado para el correcto funcionamiento de la aplicación que se pretende implementar, así como la de identificar los posibles riesgos de seguridad.

- Mapeado de rutas.

Se realizará un mapeado de las rutas a llevar a cabo, así como las zonas de descarga de material. Estas rutas se optimizarán según la capacidad de carga del AGV y su autonomía. Se intentará reducir el número de rutas con el fin de poder abastecer el mayor número de áreas en el menor tiempo posible.

El estudio de las rutas será responsabilidad del proveedor y requerirá el visto bueno de los responsables de Ford. En cada ruta se especificarán las estaciones de descarga necesarias y debe existir la capacidad de especificar al robot qué paradas debe de efectuar en cada ruta y cuáles no, dependiendo de los materiales que se deban de entregar en ese momento.

Se estudiará la posibilidad de incorporar una función que permita al AGV recalcular su ruta en función de las paradas para optimizar el recorrido.

- Liberación de zonas de difícil acceso.

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

Se modificará el layout de las áreas de carga y descarga para facilitar el proceso y evitar bloqueos e interferencias en la ruta.

- Sistema de carga de materiales incorporado al AGV

Se incorporará al AGV un sistema de cajones/bandejas para llevar el material, los cuales deberán de ser extraíbles y tener un sistema de seguridad en el cual un operario no pueda recoger el material que no le corresponda. La estructura de carga no puede ser muy pesada ya que limitaría en gran medida la capacidad real de carga.

- Sistemas de aviso.
 - Se incluirá un sistema de información o aviso, ya sea lumínico, acústico, SMS a móvil, etc., que informe a los usuarios de la llegada de un envío.
 - Se incluirá un sistema de reconocimiento de recepción del envío, donde el operario informe al AGV que está procediendo a su descarga. El AGV permanecerá en la estación de descarga un tiempo predefinido. Si el envío no es retirado, el AGV continuará su ruta e informará de la incidencia al coordinador. Cuando el envío sea retirado el operario deberá de confirmarlo al AGV mediante un pulsador para que éste continúe al siguiente punto de descarga.

PLAN DE SEGURIDAD.

Los trabajos cumplirán escrupulosamente las normas europeas e internas de Seguridad e Higiene en el Trabajo. El proveedor se encargará junto con el departamento de SHT de Ford y el Coordinador de Seguridad y Salud que se nombre en su caso, de realizar los estudios y gestiones oportunas para completar y cumplir el plan de prevención del trabajo en cuestión.

El cumplimiento de las normas de seguridad es responsabilidad del proveedor. Para asegurar su cumplimiento deberá haber siempre una supervisión de los trabajos, así como una revisión junto con miembros de Ingeniería de Equipos de Ford.

LAYOUTS ZONA DE INTERVENCIÓN.

Los layouts se reflejarán en el Anexo, así como el listado de Cajoneras y Tableros de cada planta que existen.

OTROS REQUISITOS:

- Aunque Ingeniería de Planta suministrará los planos necesarios para la previsión del trabajo, el contratista deberá hacer mediciones y en su caso, modificaciones in-situ para la correcta ejecución de los mismos.
- El proveedor entregará la instalación a pleno rendimiento, llaves en mano.
- Presentación de planificación y Timing de las tareas antes de iniciarse éstas.
- Toda la instalación y cerramientos de seguridad, cumplirán las actuales Normas Europeas de Seguridad en el Trabajo.
- El Proveedor presentará con la oferta tanto los plazos de entrega desde que el pedido esté posicionado, como los plazos de ejecución de todos los trabajos.
- El Proveedor presentará, junto a la oferta, una completa planificación de los trabajos a realizar incluyendo las pruebas necesarias en su propio taller, antes del montaje de los equipos en Ford.

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

- Se considera imprescindible la visita del Proveedor al lugar de la instalación, las veces que sea necesario, para contrastar con este Departamento cualquier desviación.
- Las ofertas se entregarán en castellano y en inglés si existe la posibilidad.
- El proveedor incluirá en la documentación otras modificaciones o cambios que considere necesarios y no hayan sido incluidos en la presente especificación.
- El proveedor deberá proporcionar una guía de usuario para el manejo y mantenimiento de la instalación.
- Toda la documentación y manuales de uso deberán ser entregados en castellano.
- Las ofertas deberán incluir el análisis de riesgos del trabajo conforme a la actual normativa. La aceptación final será efectiva cuando el departamento de Ingeniería de Planta verifique la instalación.
- Todos los proveedores que concurren a concurso para este proyecto, junto con la oferta de los trabajos a realizar, especificará tanto el timing de los trabajos, como el plazo de entrega, entendido éste desde el momento en que el pedido esté posicionado hasta el inicio de los trabajos.
- La gestión de residuos correrá a cargo del proveedor.
- Modificaciones de layout y pintado de pasillos de acuerdo con indicaciones del departamento de layout de planta.
- Lista de repuestos requeridos para su reparación (fabricante, referencia, ubicación en plano y unidades).
- Seguimiento del funcionamiento por parte del proveedor una vez implantado el producto.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS:

➤ **Comportamiento general del AGV.**

- El correcto funcionamiento del AGV, no debe verse afectado por la circulación de otros vehículos o personas que compartan su zona de desplazamiento.
- Las rutas a efectuar por el AGV serán de tipo circular, con un mismo punto de origen y llegada y con paradas variables durante el recorrido en función del destino de los materiales que transporte. El coordinador del AGV (personal de almacén) deberá de poder elegir las paradas que le interesen dentro de una misma ruta.
- Los cambios de trayectoria del AGV solamente estarán permitidos cuando deba de realizar maniobras para evitar obstáculos que impidan su paso.
- La velocidad máxima del AGV durante su normal funcionamiento no deberá de exceder de 1.55 m/s. (5,6 Km/h)
- Los usuarios, o en su defecto una persona por turno de trabajo, deberá de poder programar y/o modificar la programación de la aplicación del robot, como son los entornos leídos para su orientación, las rutas o misiones y las paradas del AGV para adecuarse a los cambios que pudiesen ocurrir en un futuro para garantizar el funcionamiento de la aplicación en el tiempo.

➤ **Monitorización del estado y control Local/Remoto**

- El AGV deberá de tener la posibilidad de monitorización remota tanto de su posición como de su estado desde un punto de la planta, que será el lugar donde se efectuará

la carga del AGV. Deberá de tener la posibilidad de un sistema de control de flotas por si en un futuro se decide incorporar este elemento.

- El AGV deberá de incorporar un sistema de diagnóstico abordado para informar de su estado en caso de fallo a un operario o técnico de mantenimiento que acuda en caso de avería. Se valorará la incorporación de un sistema de diagnóstico abordado a tiempo real monitorizado desde la posición de coordinación. El AGV deberá permitir que se retire de forma manual a un lugar seguro en caso de avería, para evitar obstruir el paso a otros transportes o personas. Se permite la existencia de mandos inalámbricos y por cable para el movimiento manual del AGV en caso de necesitar su control en casos de averías o de mantenimiento del mismo. Estos mandos deberán de ser activados por llave.
- El sistema central de monitorización, que deberá de ubicarse en el punto de carga del robot, deberá de poder visualizar los siguientes aspectos del AGV: (Layout de las rutas/misiones, Posición de los AGV, Estado de cada AGV, nivel de batería, mensajes de error, indicaciones de alerta)
- Los AGV deberán de poder garantizar el funcionamiento bajo la supervisión del software de control de flotas (en caso de futura implantación) como de forma independiente desde el mismo AGV (stand-alone).

➤ **Características constructivas**

- El AGV deberá de tener un grado de protección suficiente para que no se vea afectado su buen funcionamiento por agentes externos como suciedad, polvo o eventuales salpicaduras de líquidos, así como poder circular por derrames ocasionales de líquidos que pudiesen existir en su ruta. Se establece un índice de protección mínimo de IP54.
- La carga mínima que deberá de soportar el AGV será de 100Kg (Esto incluye el continente y contenido añadido al sistema básico del AGV).
- El AGV deberá de disponer de un interruptor con llave para la puesta en marcha, de forma que solamente las personas autorizadas podrán ponerlo en funcionamiento.
- Los elementos de detección del entorno del AGV (láser, cámaras, etc...) deberán de estar protegidas contra posibles colisiones, causadas por el propio AGV como por otros vehículos de su entorno, para evitar que se dañen.
- El AGV deberá de incluir un pulsador (seta) de paro de emergencia en un lugar accesible de su estructura.
- Los láser scanner durante el movimiento normal, se utilizarán como dispositivo primario de parada de emergencia cuando un objeto o persona interfiera en la zona de parada de seguridad programada. El AGV deberá de ser capaz de realizar una parada de emergencia sin llegar a chocar con el objeto que lo provoca.
- Los laser scanner implementarán, como mínimo, tres zonas bien diferenciadas, una zona para cambio de velocidad nominal a baja velocidad, otra zona de paro controlado y otra zona de parada de emergencia.
- Si el AGV pierde la localización, deberá entrar en modo de parada de emergencia.
- El AGV deberá de tener un sistema de WATCHDOG para entrar en modo de emergencia en caso de pérdida de comunicación con su propio control.
- Al AGV deberán de incorporar las siguientes señales lumínicas (tipo LED) y acústicas para mejorar su visibilidad en áreas de la seguridad:
 - Luces ámbar a ambos lados del AGV que indicarán que el vehículo va a hacer un giro. 80 parpadeos/minuto.
 - Luces verdes parpadeando cuando el robot está en movimiento o está en condiciones de mover automáticamente. 80 parpadeos/min.

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

- Luz azul fija para indicar que el vehículo necesita una liberación o señal de arranque. La luz azul también indicará que el vehículo es seguro para la carga y descarga.
 - Luz roja parpadeante que indicará que el vehículo se encuentra en error (80 parpadeos/minuto), La luz roja pasará a estado fijo cuando se confirme el error, pero éste aún persista.
 - Tono audible durante 5 segundos desde que se le da la señal de start al AGV hasta que empiece a mover.
 - Tono audible de atención (80 tonos/min) que indicará que el AGV está en movimiento.
 - Tono audible de mayor frecuencia (160 tonos/min) que indicará: Arranque del movimiento, marcha atrás, giros.
- **Sistema de baterías y unidades de carga.**
- La autonomía de las baterías debería de ser igual o superior a la duración de un turno de trabajo, por lo tanto, un mínimo de 8 horas de funcionamiento ininterrumpido.
 - Las baterías deberán de alcanzar durante el proceso de recarga el 80% de la carga en un máximo de 3 horas. Las baterías tendrán la posibilidad de ser cargadas en una base automática (no imprescindible incorporar en este proyecto) o directamente en el AGV sin tener que extraer las baterías del mismo. En caso de tener que cambiar las baterías por un fallo, éstas deberán de poderse cambiar de una forma fácil por el usuario del AGV. El AGV deberá de tener implementado un sistema de visualización y control del nivel de carga de la batería.
- **Comunicaciones.**
- El AGV debe de disponer de la opción de comunicaciones inalámbricas (WIFI) para la transmisión de datos de posición y estado a un control central. El AGV deberá de incorporar el Hardware de comunicaciones compatible con la red WIFI de las plantas de prensas/carrocerías. El AGV deberá de incorporar las tecnologías de seguridad en redes telemáticas que indique nuestro departamento de IT en aras de poder conectarse a la red WIFI de las plantas de carrocerías/Prensas.
- **Sistema de carga de materiales.**
- El sistema de carga de materiales debe de garantizar en todo momento la estabilidad de la carga, especialmente durante las paradas de emergencia.
 - El sistema de carga deberá de tener distintos compartimentos cerrados con seguridad para que solamente la persona autorizada en cada área de descarga pueda acceder a su material y no a todos los materiales que transporte el AGV.

9.3. PIR (Purchasing Information Request)¹⁴

Una vez realizadas las especificaciones, se procede a lanzarlas a los proveedores para que ellos encuentren un producto que se adapte a lo que se pide. Esto se realiza mediante una herramienta interna de Ford llamada "Matloc".

Matloc es una ERP que se ejecuta desde el ordenador central de IBM Warley. Su acceso se encuentra limitado al personal de Ford, y es necesaria una clave proporcionada por la propia empresa. Su función es la de permitir la gestión y el control de todas las áreas de la empresa en

¹⁴ (Company, <https://www.at.ford.com/en/homepage.html>, s.f.)

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

todas las plantas de Ford. Esta herramienta contiene un apartado destinado a la gestión de financiación de proyectos llamado "CORA". Mediante esta herramienta se realiza la gestión de salida del proyecto al mercado.

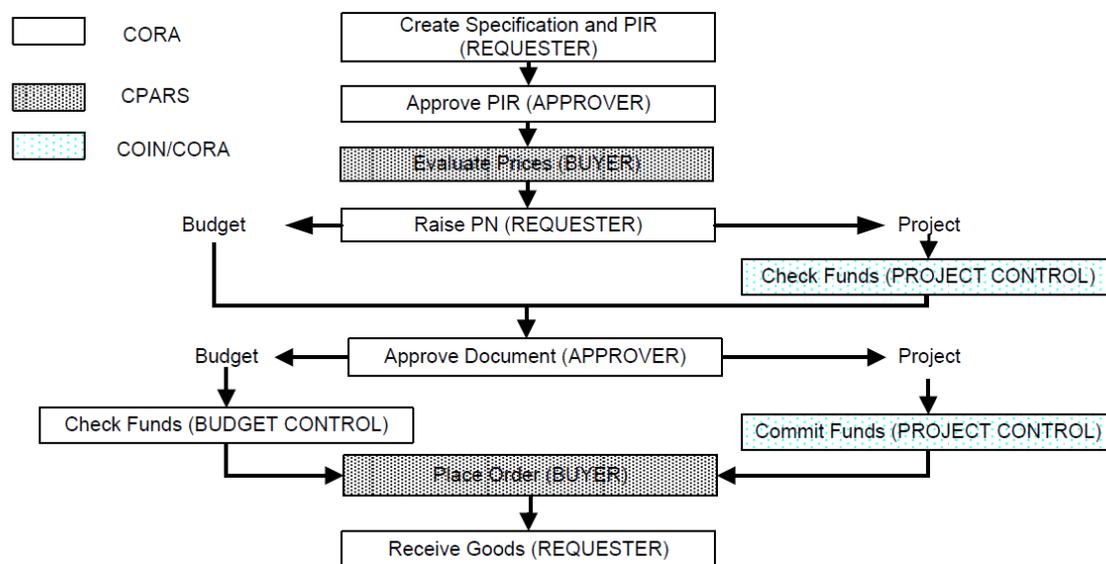


Ilustración 25. Flujograma proceso CORA

El proceso se resume en el envío de las especificaciones generadas anteriormente al comprador oficial de Ford, junto con la propuesta de compra desde "CORA". En esta propuesta se muestra una breve explicación del proyecto en cuestión, el presupuesto aproximado que se cree que se tendrá que destinar, los proveedores propuestos por parte de los que realizan el proyecto y la fecha para cuando se requiere que estén listas las ofertas. Una vez el comprador reciba toda esta información, contactará con los distintos proveedores que él considere oportunos, entre los que se han propuesto y otros que él piense que pueden adecuarse a la envergadura del proyecto.

Durante la espera de recibir las ofertas pertinentes tras la salida al mercado, los proveedores pasarán a contactar con Ford para establecer reuniones donde se pueda obtener más información del producto en cuestión que se quiere, mostrar los fabricantes ya contactados para que los proveedores trabajen con ellos, y realizar pequeñas demostraciones en planta o visitas a sus instalaciones de los productos que pretenden ofertar, para comprobar que pueden cumplir de forma satisfactoria los requisitos predefinidos.

Para el proyecto del vehículo de guiado automático, se tuvieron en cuenta cinco proveedores distintos, que por temas de confidencialidad se nombrarán como Proveedor 1, Proveedor 2, y así hasta el 5.

Tras pasar el período estipulado para recibir las ofertas, estas llegan de la mano del comprador, con los precios de los productos, así como opciones añadidas.

9.4. Business Case y comparativas de decisión

Con las ofertas en mano, se realiza un estudio de cuál de ellas es la más favorable teniendo en cuenta los factores más relevantes. Para ello se genera un business case con el fin de crear la comparación.

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

Un business case es una herramienta que asiste en el análisis y la estructuración de forma ordenada sobre el impacto financiero y de otros recursos económicos para la toma de decisiones y hacer un mejor uso del tiempo, así como disponer de la certidumbre de que el análisis incluye toda la información relevante para una adecuada toma de decisiones. En definitiva, es un medio para revisar las consideraciones, supuestos y métodos tomados en cuenta, así como para documentar las repercusiones de si la alternativa o propuesta es o no implementada, además de para identificar los beneficios que puede generar la implementación.

En el caso que nos acoge, la comparativa de ofertas se ha realizado teniendo en cuenta principalmente el precio, y en segundo plano las características e impresiones provocadas. Para evaluarlo, generamos el business case particular para este caso, además de una matriz X-Y de decisiones para realizar una distinción de los productos dependiendo de sus características, y distintas tablas comparativas con el fin de llegar al producto correcto y siempre basándose en las especificaciones detalladas anteriormente. (Todas las tablas mostradas estarán también disponibles en el anexo).

Para la realización de la matriz de decisiones X-Y, con el fin de elegir el producto adecuado, se tomaron distintas valoraciones, basándose en lo que, según la gerencia, se consideraba los puntos más esenciales o importantes del AGV. De esta forma, los puntos a valorar en orden descendiente según su importancia son los siguientes:

- Navegación
- Facilidad de uso y programación
- Capacidad de carga de transporte
- Duración de la batería
- Capacidades ya implementadas, sin necesidad de modificar el producto
- Robustez
- Mantenimiento
- Capacidad de evolución del software
- Servicio postventa

X-Y Matrix Table

Process:		Robots AGV													
Date:		07/06/2017													
		Ranking Scale: 1- none, 3- marginal, 9- highest													
Output Variables (Ys)		Description		1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	
		Weight		Navegacion	Facilidad Uso y Programación	Capacidad de carga	Duracion Batería	Capacidades ya implementadas	Robustez	Mantenimiento	Capacidad de evolucion del software	Servicio postventa			
Input Variables (Xs)		Weight													Ranking
1	MIR Robot			3	3	1	1	3	1	3	2	2			126
3	XL STEEL Robot			2	1	2	2	2	2	1	3	3			110
4	Omron MC 130			2	2	1	3	3	2	1	1	2			111
5															
														347	

Ilustración 2216. Matriz de decisiones X-Y

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

Como se puede comprobar según la valoración propuesta, sin tener en cuenta el presupuesto, es la que se detalla en la figura anterior. El AGV MiR100, de la compañía Mobile Industrial Robots es, con una diferencia a tener en cuenta, el modelo que más satisface las necesidades estipuladas. Esto resultará muy útil para poder realizar una decisión en caso de que el presupuesto no sea determinante.

De la misma forma, se aplica la herramienta del Business Case para poder desarrollar la comparativa en el aspecto económico, conociendo el coste de cada uno de los productos.

Technical Recap Specification N° xxxxx Sistema AGV							
Project: N° xxxxx Sistema AGV							
1. Included	Specifications	Proveedor N°1	Proveedor N°2	Proveedor N°3	Proveedor N°4	Proveedor N°5	
	1.- Gestión IT, ACR.	SI	NO	NO	NO	NO	NO
	2.- Coordinación Sys.	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	3.- Preparación estación carga baterías.	SI	Yes, MIR	SI	SI	SI	SI
	4.- Preparación zona descarga.	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	5.- Autorizaciones Wifi.	6 meses	N/A	No contemplada	6 meses	N/A	SI
	6.- Baliza luminosa y acústica.	SI	N/A	N/A	SI	SI	N/A
	7.- Sistema gestión rutas.	N/A	SI	N/A	NO	NO	SI
2. Other requirements							
3. Exclusions							
4. Delivery conditions	1. Time						
5. Prices	Quotes						
	1.- AGV						
	Robotnik (2 uds) XL Steel	82.533,75 €	N/A	115.011,00 €	88.144,50 €	N/A	
	MiR 100 (2 uds)	N/A	78.268,13 €	76.348,50 €	N/A	78.909,00 €	
	GMROM Mobile MC-130	N/A	N/A	132.039,00 €	N/A	N/A	
	3.- Remolque AGV.	4.087,50 €	N/A	N/A	N/A	23.636,25 €	
	4.- Opción comunicación Hotspot	21.557,25 €	N/A	N/A	N/A	N/A	
	5.- Opción comunicación Wifi.	19.635,75 €	N/A	4.161,47 €	N/A	N/A	
	6.- Opción comunicación Bluetooth.	N/A	N/A	N/A	N/A	2.391,75 €	
	7.- Opción Comunicación inalámbrica.	N/A	93.750,00 €	N/A	N/A	N/A	
	8.- Opción I/O Interfase.	N/A	N/A	N/A	N/A	30.750,00 €	
	9.- Opción Batería adicional.	N/A	N/A	N/A	N/A	2.673,00 €	
	10.- Estación de carga.	N/A	N/A	N/A	2.784,75 €	N/A	
	11.- Sistema de Gestión de flota.	N/A	N/A	N/A	5.062,50 €	N/A	
	12.- Documentación.	N/A	803,57 €	754,46 €	N/A	N/A	
6. TOTAL COST		86.621,25 €	79.071,70 €	77.102,96 €	95.991,75 €	102.545,25 €	

Ilustración 27. Business Case

En el business case se ha clasificado la comparativa para cada una de las ofertas recibidas por parte de los proveedores. Primero se ha valorado los aspectos que engloban situaciones las cuales requieren la actuación de otras áreas como pueden ser IT o sistemas. Segundo, se ha comparado los precios ofrecidos por cada proveedor, viendo cual era más competitivo.

9.4.1. Comparativa administrativa

Entrando al detalle de los aspectos a comparar en esta área, se ha tenido en cuenta lo siguiente como puntos de mayor fuerza para la toma de decisiones. Se va a analizar cada punto con detalle para poder entender la importancia de cada uno de ellos en la toma de decisiones.

- Gestión IT, ACR:

La gestión IT, ACR es básicamente la implantación de la tecnología WiFi dentro de la planta para esta tecnología, y con ello, su gestión con el departamento de sistemas o IT.

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocías de la empresa Ford España S.L.

- **Coordinación en seguridad y salud (SyS):**

Es la gestión legal y posterior coordinación de todos los temas referentes a la seguridad tanto del AGV como del proceso a realizar.
- **Preparación de estación de carga de baterías:**

Desarrollo e instalación de una estación donde el AGV pueda realizar la carga de batería.
- **Preparación de zona de descarga:**

Para cada punto de reparto, se facilitarán los recursos necesarios para la realización de la descarga de material.
- **Autorizaciones WiFi:**

Es un punto paralelo a la gestión IT, ACR, donde, una vez gestionado lo anterior, se debe conseguir los apartados legales que acrediten el correcto funcionamiento del sistema WiFi.
- **Baliza luminosa y acústica:**

Instalación de las balizas necesarias, tanto en el AGV como en la planta.
- **Sistema de gestión de rutas:**

El AGV posee adaptado un sistema, aparte de la propia monitorización y la interfaz desarrollada, que permita modificar las rutas desde el mismo, sin necesidad de usar una aplicación distinta.

9.4.2. Comparativa presupuestaria

Se realiza también la comparativa entre proveedores de qué producto es más barato y quién lo ofrece. Cada proveedor ha conseguido contactar con los fabricantes detallados anteriormente, obteniendo un precio para cada uno, ofreciendo dos unidades por producto. Además, han ofrecido una serie de extras opcionales para incluir en el producto con el objetivo de darle un mayor valor a la oferta. Las opciones a valorar se enumeran y explican a continuación:

- **Comunicación Hotspot:**

El AGV posee su propio enrutador y red inalámbrica, no necesitando una conexión WiFi externa para su correcto funcionamiento.
- **Comunicación WiFi:**

Capacidad de comunicación mediante tecnología WiFi.
- **Comunicación Bluetooth:**

Capacidad de comunicación mediante tecnología Bluetooth.
- **Comunicación inalámbrica:**

Capacidad de comunicación sin necesidad de cableado.
- **I/O Interfase:**

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

Periférico de entrada y salida para poder comunicarse con un sistema de procesamiento de información externo.

- Batería adicional:

Se incluye una batería adicional.

9.4.3. Toma de decisiones según ofertas.

A la hora de tomar la decisión final de qué oferta es la más satisfactoria, el proyecto se ha apoyado en el precio principalmente, y, a continuación, en las condiciones ofrecidas. Según el business case, la oferta que incluye el precio más competitivo es la del proveedor nº 3, con el AGV MIR100, aunque con poca diferencia respecto a las del proveedor nº 2 y nº 5. Como el precio es muy similar, se pasa a tener en cuenta las opciones que ofrece cada una de las ofertas, descartando la nº 1 y la nº 4 por disponer de precios tan elevados en comparación.

La inclusión de las autorizaciones WiFi por parte del proveedor nº 3 supone un alto valor a la oferta, ya que este proceso suele resultar complicado y tedioso, además de suponer un tiempo muy elevado para su consecución. De esta forma, ya se inclina la balanza de manera significativa hacia ellos. También en la oferta se incluye las balizas, importantes para evitar cuestiones de seguridad que puedan suponer un problema en el proyecto. Así, descartamos la oferta del proveedor nº 2 por no ofrecer ni las autorizaciones WiFi, ni las balizas.

Finalmente, las ofertas que quedan por decidir son la nº 2 y la nº 3. Las condiciones del proveedor nº 2 que destacan por encima de las del 3 son el sistema de gestión de rutas, el cual no se le da demasiado valor ya que resulta prescindible, y la incorporación de la opción de comunicación inalámbrica. Esta última característica sí que es necesaria para el correcto funcionamiento, pero es posible incorporarla en el futuro, por lo que no aporta excesivo valor en la oferta actual.

Aparte de la comparativa teórica, a nivel práctico el proveedor nº 3 este proveedor ha sido el que más interés ha mostrado en el proyecto, contactando con Ford antes que los demás y ofreciendo pruebas físicas del vehículo en planta para comprobar su correcto funcionamiento.

Finalmente, valorando las ofertas y comparando las características técnicas de cada producto, la gerencia decidió escoger la oferta proporcionada por el proveedor nº3, ya que ofrecía el AGV MIR100, el mejor valorado, y su precio era el más bajo, además de ofrecer en la oferta detalles que se consideraban importantes, dejando de lado aspectos de menor importancia, a diferencia de otras ofertas.

10. ESTUDIO ECONÓMICO

Una vez elegida la oferta más satisfactoria, llega el momento de comprobar el beneficio obtenido si se realizara el ejercicio de aceptar la oferta y llevar a cabo el proyecto. Estos datos son los presentados a la gerencia del coste total del proyecto. Los costes que se mencionan son los siguientes:

- Coste de los vehículos de guiado automático (AGV)
- Coste de estantería superior para el AGV para colocar material
- Coste de la documentación obligatoria de seguridad y salud

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

De la misma forma, los ingresos que se obtienen a raíz de la inversión de todo lo anterior es el ahorro en el coste de dos operarios, los cuales le suponen a la empresa un total de 55.000 € cada uno.

La siguiente tabla refleja el beneficio obtenido siguiendo los costes e ingresos comentados:

Tabla 7. Comparativa Ingresos-Costes

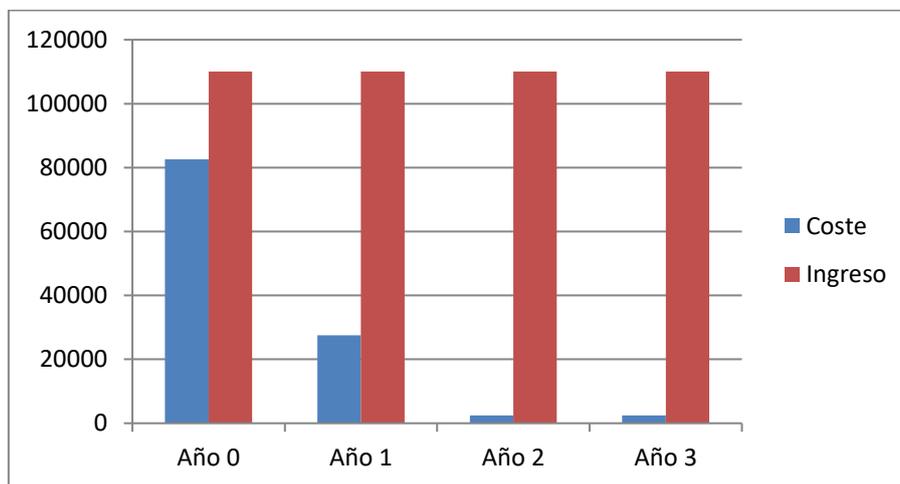
Descripción	Cantidad	Coste (€)	Importe (€)
Vehículo de guiado automático MiR100	2	38.174,25	- 76.348,50
Operario	2	55.000,00	+ 110.000,00
Documentación obligatoria de seguridad	1	754,00	- 754,00
Estantería superior para el AGV	1	5.500,00	- 5.500,00
TOTAL	-	-	+ 27.397,50

Existe el coste que se genera por la compra de los vehículos de guiado automático, la documentación de seguridad y la estantería superior que se fabricará para colocarla en la parte superior del robot. Todo ello conlleva un ahorro de dos operarios, como se ve en la tabla.

Finalmente, se puede apreciar que el beneficio total directo del proyecto es de 27.397,50 €.

Realizando un estudio de la amortización de la mejora en un rango de 5 años, se puede prever los siguientes resultados a partir de una tabla de costes-ingresos:

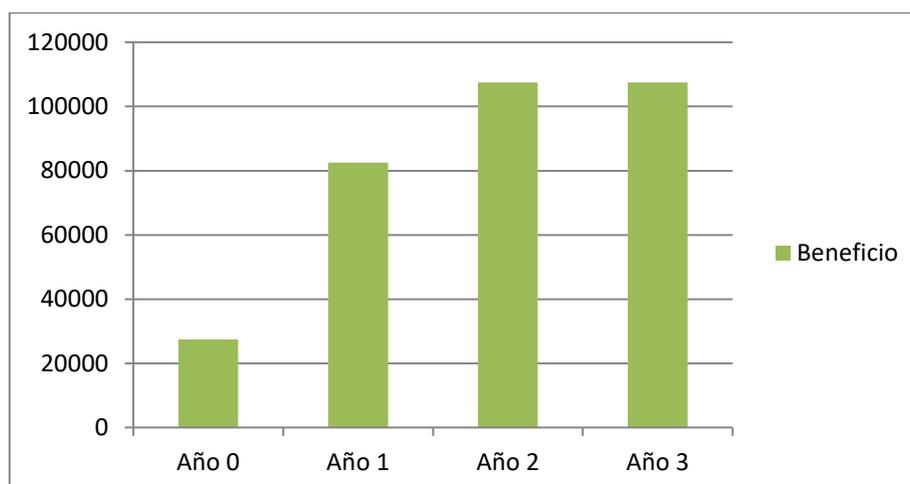
Tabla 8. Gráfico Ingresos-Coste



Se ha tomado en cuenta que para cada año la empresa recurrirá en unos costes fijos de mantenimiento de 2.500 €. Además, la compañía tiene pensado instalar el sistema WiFi no contemplado en la propuesta inicial. Esta aplicación podría suponer un coste aproximado de 25.000 si lo gestiona una empresa externa, aunque el tiempo de realización sería de algo más de 1 año, o también se puede realizar internamente, costando aproximadamente unos 15.000 € y alrededor de 6 meses de desarrollo.

De la misma forma que antes, realizamos la gráfica de beneficios en el mismo plazo de tiempo:

Tabla 9. Gráfico de beneficios



Se puede apreciar que existe una mejora del beneficio conforme avanzan los años. Al cabo de tres años de poseer el producto y aplicar este nuevo proceso, la aplicación puede reportar a la empresa un beneficio global de más de 300.000 €.

10.1. One Page

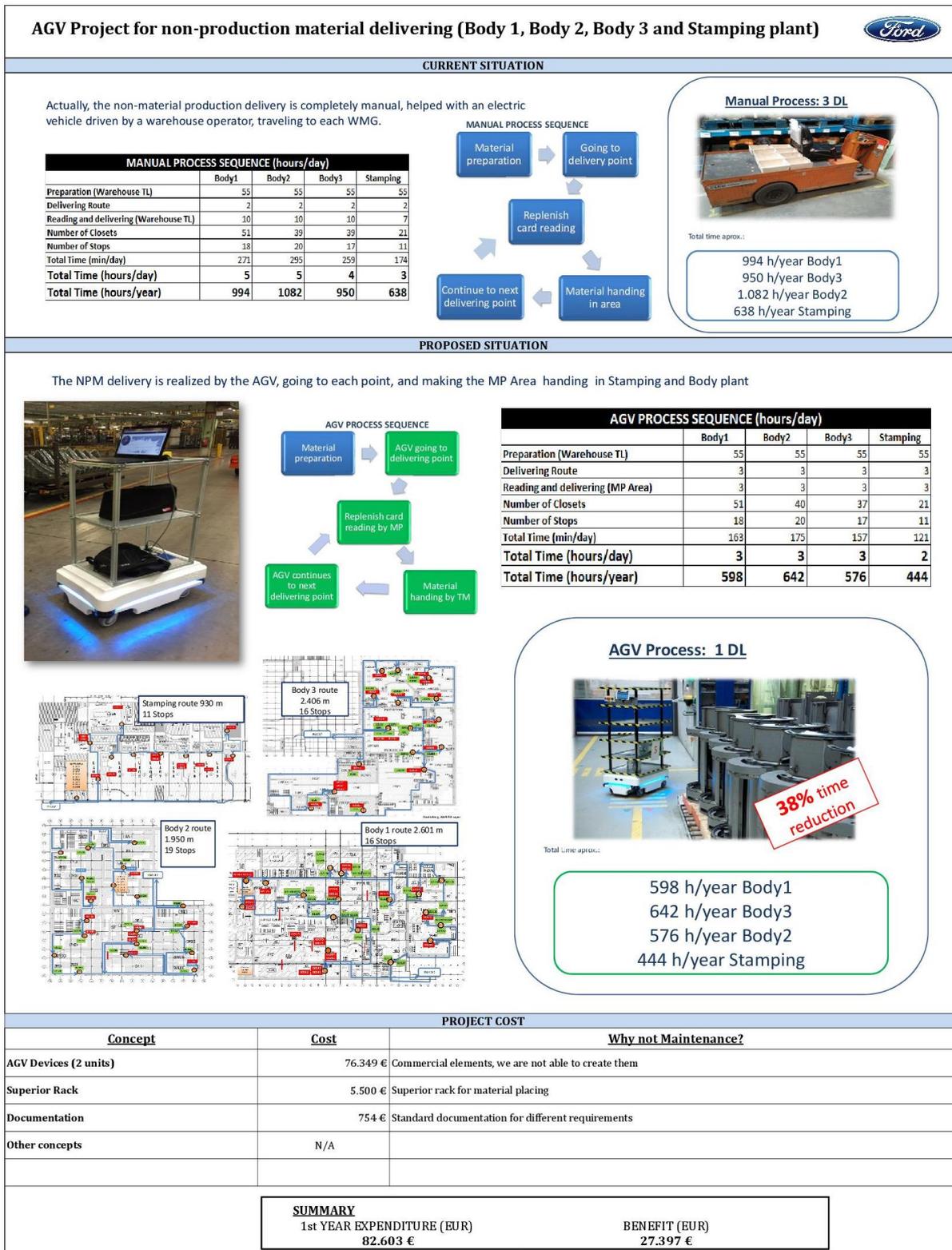
Una vez realizado todo el estudio económico, y habiendo llegado a la conclusión de qué opción es la más satisfactoria para nuestros requerimientos y los beneficios generados, es el momento de realizar el paso conocido como la creación del One Page.

El One Page, a nivel de Ford, es simplemente una hoja A3 donde se recoge la información más esencial, la cual, una vez realizada, será la prueba que se mostrará a la alta gerencia para que aprueben o rechacen finalmente el proyecto. Por regla general, en esta plantilla se muestran los beneficios obtenidos al aplicar el proyecto en cuestión, principalmente, pero también se recogen otros puntos importantes que es necesario mostrar. Los datos que se resaltan son los siguientes:

- Coste del proyecto (€)
- Ahorro en personal
- Reducción del tiempo del proceso (si los hay)
- Beneficio previsto (€)

A continuación, se muestra el One Page generado para este proyecto, redactado en inglés por norma interna de la compañía, ya que va dirigido a los compradores de Ford situados en Alemania:

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.



Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

El proceso de aprobación del proyecto por parte de la alta gerencia suele demorarse aproximadamente un par de meses. Esto es debido a que, en ciertas ocasiones, es necesario modificar diferentes aspectos según las peticiones de los altos cargos, por temas de presupuesto, viabilidad, etc.

Finalmente, cuando este proceso termina y se aprueba el proyecto, llega la hora de comenzar con las pruebas piloto del producto en la planta.

11. PRUEBAS PILOTO

Como último paso, se realizarán pruebas durante un período estipulado de 6 meses para evaluar la fiabilidad del nuevo proceso. Se comprobará si el AGV es capaz de realizar las funciones requeridas, así como si su funcionamiento es correcto y no conlleva a ningún tipo de fallo.

Principalmente, durante esta etapa se buscará encontrar distintos fallos y problemas que puedan ocasionar el uso de la aplicación para idear formas de mejorar y corregirlas. La capacidad de los sensores en un entorno tan complicado como una planta industrial de Ford, debido al alto flujo de vehículos y personas circulando, así como el constante cambio en el entorno por el movimiento de material, es la más importante tarea de control. Su correcto funcionamiento es clave para evitar problemas de seguridad y fiabilidad para conseguir llegar a los lugares correctos sin necesidad de ninguna ayuda externa.

Para esta función se destinará a una persona para realizar mediciones precisas del proceso y ver en qué medida se asemeja a los tiempos calculados en la memoria.

12. CONCLUSIONES

Después de realizar el estudio completo para la incorporación de un vehículo de guiado automático para el transporte de material de no producción, se ha conseguido implantar en planta el nuevo sistema.

La idea comenzó con una comparación entre el proceso actual y el propuesto, realizando un estudio completo sobre los métodos y tiempos llevados a cabo, buscando una optimización de los recorridos diarios a realizar. Tras demostrar la posible mejora, se salió al mercado en busca del producto que se adaptara mejor a lo requerido, optando por el AGV MiR100, opción más satisfactoria entre todas las existentes tanto en precio como en funcionamiento.

Tras la aceptación por parte de gerencia, se aceptó la posibilidad de tenerlo a prueba durante 6 meses, tiempo más que necesario para observar si su funcionamiento es correcto.

Actualmente, el nuevo proceso se encuentra en plena adaptación, realizando seguimientos continuos y tratando de detectar posibles fallos para su mejora. Se espera que a finales de este año el nuevo proceso se haya estandarizado, que no genere fallos ni reducciones de tiempo de ciclo del proceso, y que se pueda extrapolar a las distintas áreas y plantas de Ford.

Este nuevo sistema ha supuesto un gran avance en tecnología, sirviendo de primer contacto en la llamada Industria 4.0, así como en tecnologías de maquinaria autónoma capaz de desarrollar diferentes tipos de trabajos sin la necesidad de un operario.

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

Tras esta nueva mejora se abre un abanico de posibles implementaciones similares a la establecida. Se ha comenzado a estudiar la incorporación de AGV's para el transporte de material de producción, así como brazos autónomos capaces de realizar tareas de alta precisión y que pertenecen a la misma compañía que el robot MiR100. Estas son solo las primeras pinceladas de nuevos proyectos que al final se acabarán desarrollando, habiendo sido la implantación de este primer vehículo de guiado automático el pionero en esta nueva cultura 4.0.

13. ANEXOS

Los anexos se encuentran en el último punto de la memoria y se estructuran de la siguiente forma:

- Anexo I: Business Case
- Anexo II: Matriz de decisiones X-Y
- Anexo III: One Page

14. BIBLIOGRAFÍA

- Banham, R. (2002). *El Siglo de Ford*. San Diego: Coreia.
- Company, F. M. (s.f.). *Ford Motor Company Timeline*. Obtenido de <http://corporate.ford.com/history.html>
- Company, F. M. (s.f.). <https://www.at.ford.com/en/homepage.html>. Obtenido de <https://www.at.ford.com/en/homepage.html>
- Farré, G. (28 de Enero de 2014). *40 años de Ford en España*. Obtenido de <http://www.coches.net/nuevo-40-anos-de-ford-en-espana>
- <http://www.adept.com/>. (s.f.). Obtenido de Omron adept.
- <http://www.industriaconectada40.gob.es/Paginas/Index.aspx#inicio>. (s.f.). Obtenido de Industria Conectada 4.0: <http://www.industriaconectada40.gob.es/Paginas/Index.aspx#inicio>
- <http://www.interempresas.net/Logistica/Articulos/38400-AGV-los-vehiculos-industriales-inteligentes.html>. (s.f.). Obtenido de Interempresas: Logística, almacenaje y transporte.
- <http://www.mobile-industrial-robots.com/>. (s.f.). Obtenido de MiR: the future in motion.
- <http://www.robotnik.es/>. (s.f.). Obtenido de Robotnik.
- Romano, C. A. (2003). *Aplicaciones de mejora de métodos de trabajo y medición de tiempos*. Valencia: UPV.
- Rubmann, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Boston Consulting Group.
- Sabater, J. P. (2002). *Diseño de sistemas productivos y logísticos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia .



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE VEHÍCULOS DE GUIADO AUTOMÁTICO EN LA PLANTA DE CARROCERÍAS DE LA EMPRESA FORD ESPAÑA S.L.

PRESUPUESTO

INDICE DEL PRESUPUESTO

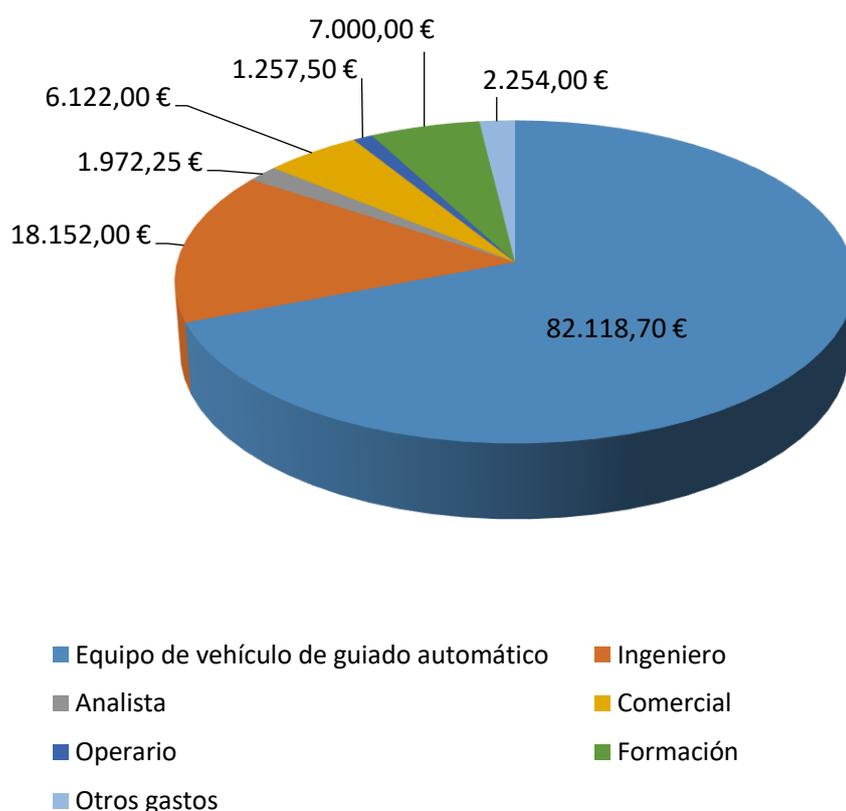
Contenido

1. Presupuesto General.....	82
2. Presupuesto equipo de vehículo de guiado automático (AGV)	83
C01. Equipos.....	83
3. Honorarios.....	83
C02. Ingenieros.....	83
C03. Analista.....	83
C04. Comercial	84
C05. Operario	84
4. Formación y otros gastos	84
C06. Formación	84
C07. Otros gastos	85
5. Presupuesto por tarea.....	85
6. Consideraciones	86

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

1. PRESUPUESTO GENERAL

Código	Descripción	Presupuesto (€)
C01	Equipo de vehículo de guiado automático	82.118,70
C02	Ingeniero	18.152,00
C03	Analista	2.972,25
C04	Comercial	6.122,00
C05	Operario	1.257,50
C06	Formación	7.000,00
C07	Otros gastos	2.254,00
	TOTAL	119.876,45



2. PRESUPUESTO EQUIPO DE VEHÍCULO DE GUIADO AUTOMÁTICO (AGV)

C01. Equipos

Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
01.01	Vehículo de guiado automático (AGV) modelo MiR100	2	38.174,25	76.268,13
01.02	Estantería superior	1	5.500,00	5.500,00
01.03	Portátil DELL E6330 i5 3360M	1	270,04	270,04
01.04	Receptor WiFi	1	80,00	80,00
01.05	Software programación ROS	1	0,00	0,00
TOTAL				82.118,70

3. HONORARIOS

C02. Ingenieros

Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
02.01	Horas dedicadas	640 h	26,00	16.640,00
02.02	Km recorridos con vehículo propio	3.600 km	0,27	972,00
02.03	Dietas	80 días	6,00	540,00
TOTAL				18.152,00

C03. Analista

Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
03.01	Horas dedicadas	120 h	22,50	2.700
03.02	Km recorridos con vehículo propio	675 km	0,27	182,25
03.03	Dietas	15 días	6,00	90,00
TOTAL				2.972,25

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

C04. Comercial

Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
04.01	Horas dedicadas	275 h	20,00	5.500,00
04.02	Km recorridos con vehículo propio	1.547 km	0,27	418,00
04.03	Dietas	34 días	6,00	204,00
	TOTAL			6.122,00

C05. Operario

Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
05.01	Horas dedicadas	85 h	12,50	1.062,50
05.02	Km recorridos con vehículo propio	478 km	0,27	129,00
05.03	Dietas	11 días	6,00	66,00
	TOTAL			1257,50

4. FORMACIÓN Y OTROS GASTOS

C06. Formación

Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
06.01	Formación equipo AGV	1	6.000,00	6.000,00
06.02	Formación equipo programación	1	0,00	0,00
06.03	Formación equipo reparación AGV	1	1.000,00	1.000,00
	TOTAL			7.000,00

Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

C07. Otros gastos

Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
07.01	Documentación de seguridad y salud	1		754,00
07.02	Gestión sistema WiFi (ACR)	1		0,00
07.03	Modificaciones de layout	1		1.500,00
	TOTAL			2.254,00

5. PRESUPUESTO POR TAREA

Tareas:

Código	Tareas	Importe (€)
1	Análisis situación de partida	350,00
2	Estudio de situación actual	10.562,13
3	Rastreo de mercado sobre diferentes propuestas	738,00
4	Análisis de prototipos de AGV rastreados	255,00
5	Estudio de situación futura	4.285,00
6	Generación de especificaciones	400,00
7	Contacto con empresas proveedoras de AGV	3.060,00
8	Pruebas en planta	1.050,00
9	Estudio de ofertas de proveedores y comparativa de AGV's	300,00
10	Generación de One Page	150,00
11	Planificación de puesta en marcha (metodología, seguimiento,...)	1.250,00
12	Presentación de proyecto	650,00
	TOTAL	23.050,13

6. CONSIDERACIONES

Se han tomado en cuenta una serie de consideraciones para el desarrollo del presupuesto del proyecto reflejados a continuación:

- El recorrido realizado por un trabajador desde su lugar de residencia hasta Ford Almussafes se estima en 45 km ida y vuelta.
- El coste de kilometraje se calcula teniendo en cuenta el coste de la gasolina, del seguro y del mantenimiento de un turismo diésel, suponiendo un coste de 0,27 €/km.
- Las dietas suponen el precio del menú completo del comedor para un trabajador externo de Ford, siendo de 6 € el menú.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE VEHÍCULOS DE GUIADO AUTOMÁTICO EN LA PLANTA DE CARROCERÍAS DE LA EMPRESA FORD ESPAÑA S.L.

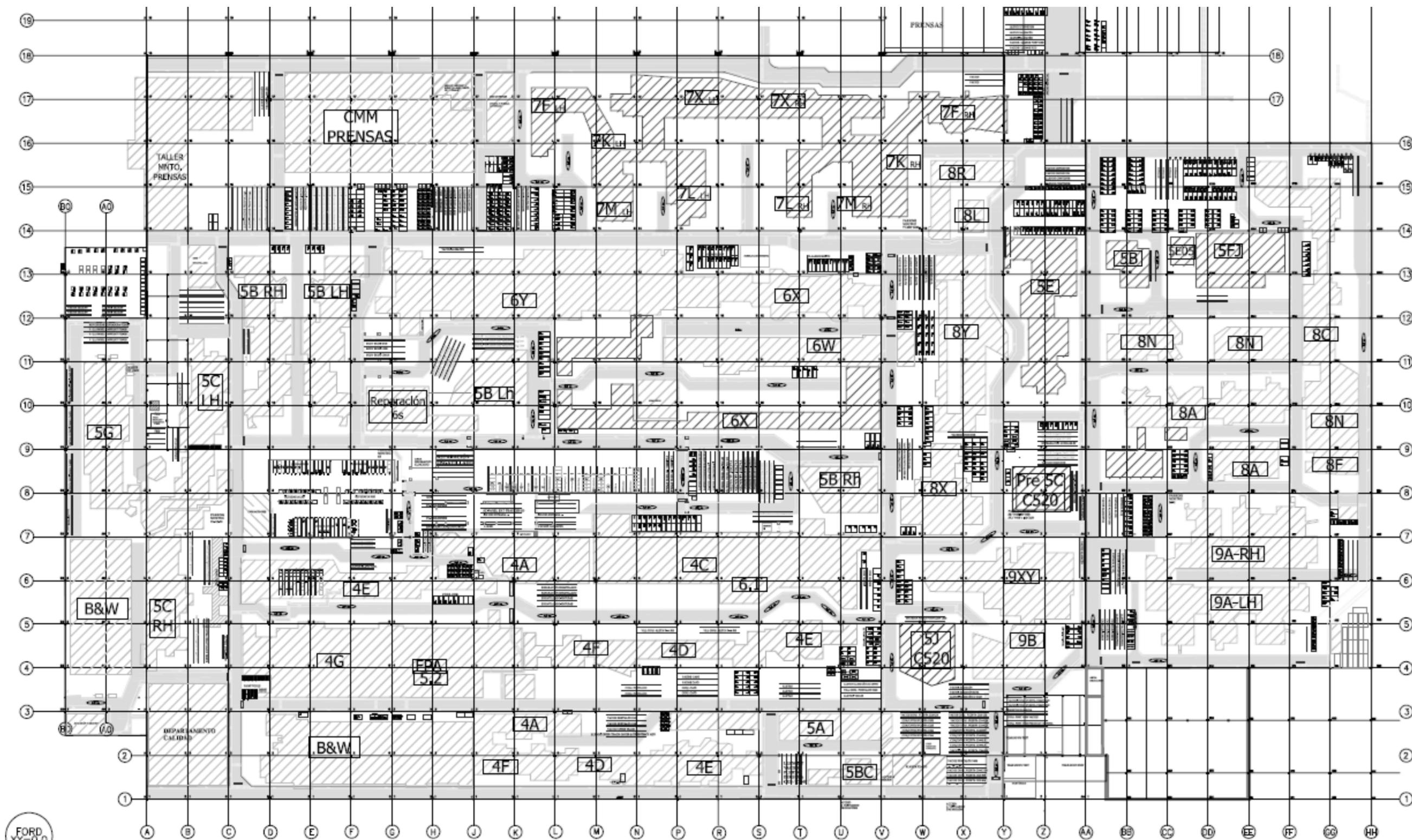
PLANOS

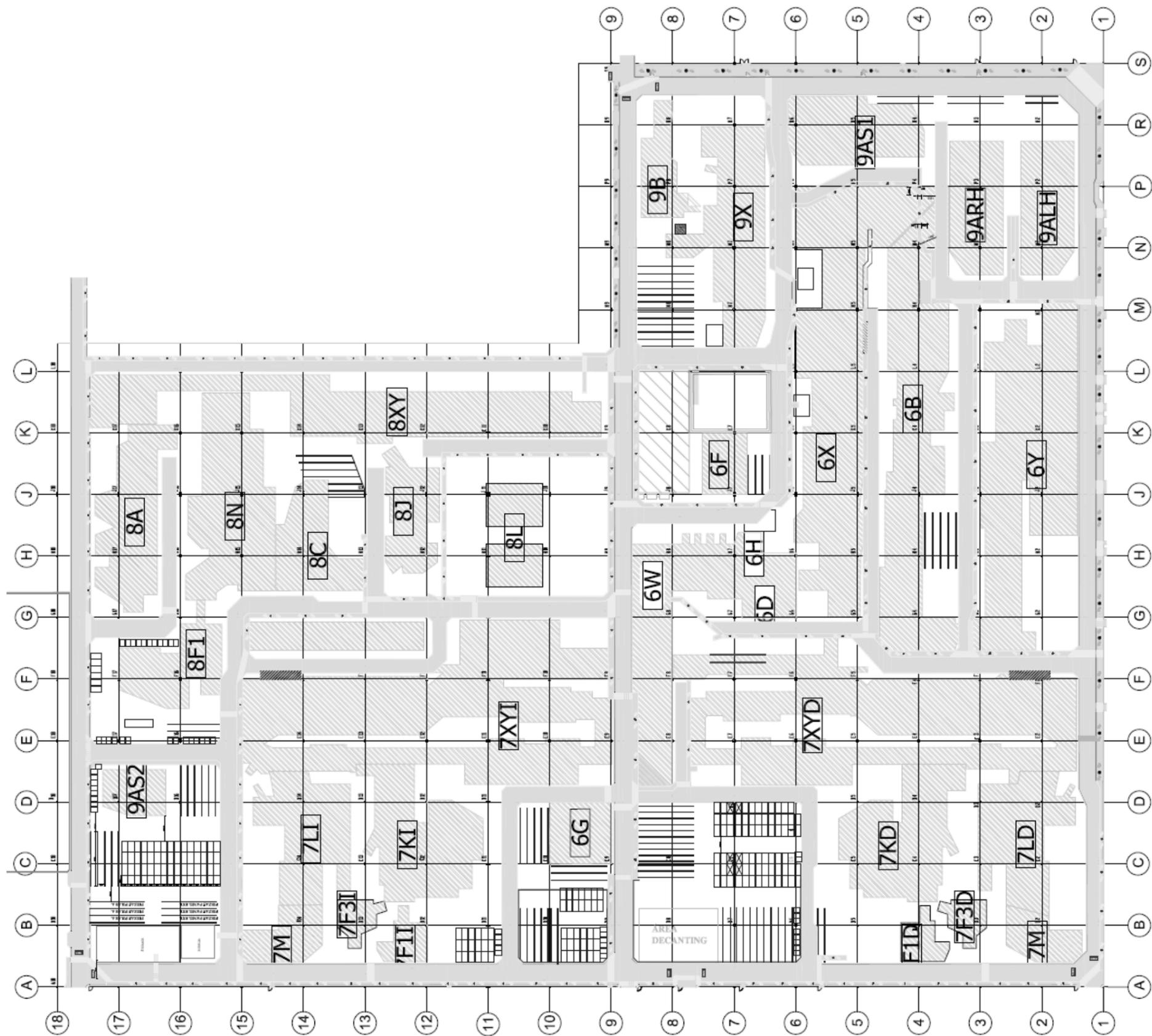
Análisis y diseño de un sistema de abastecimiento mediante vehículos de guiado automático en las plantas de prensas y carrocerías de la empresa Ford España S.L.

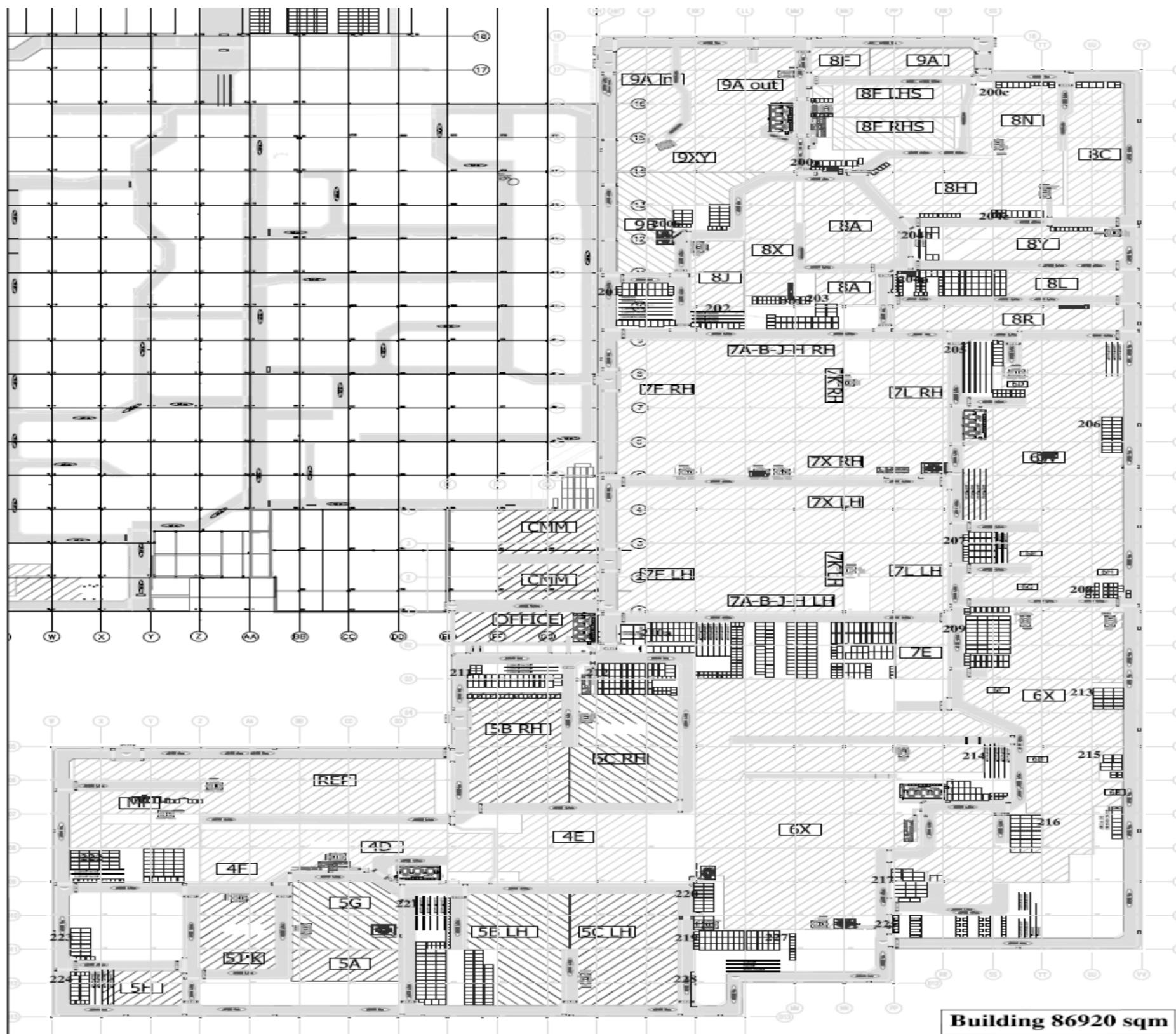
INDICE DE LOS PLANOS

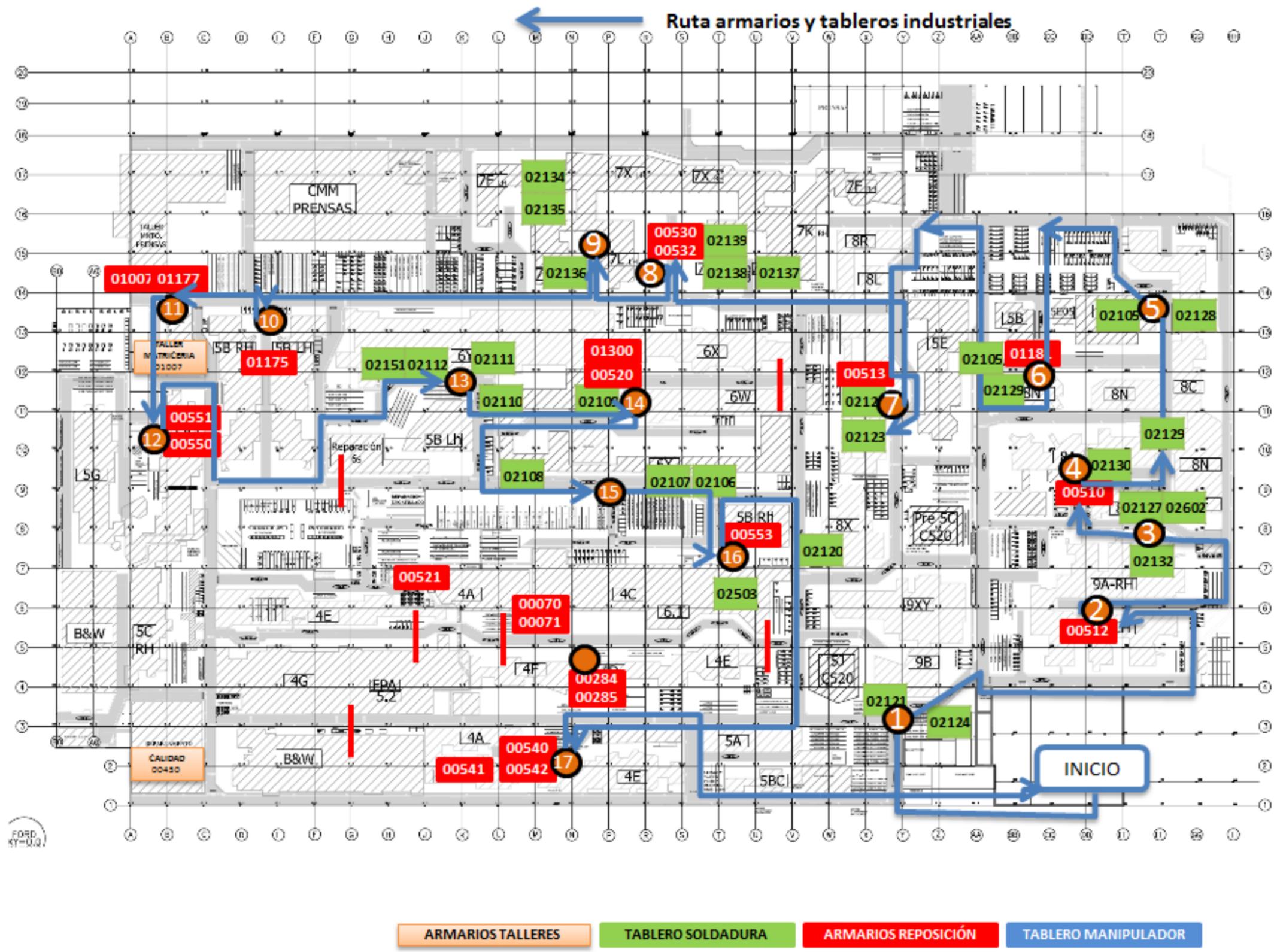
Contenido

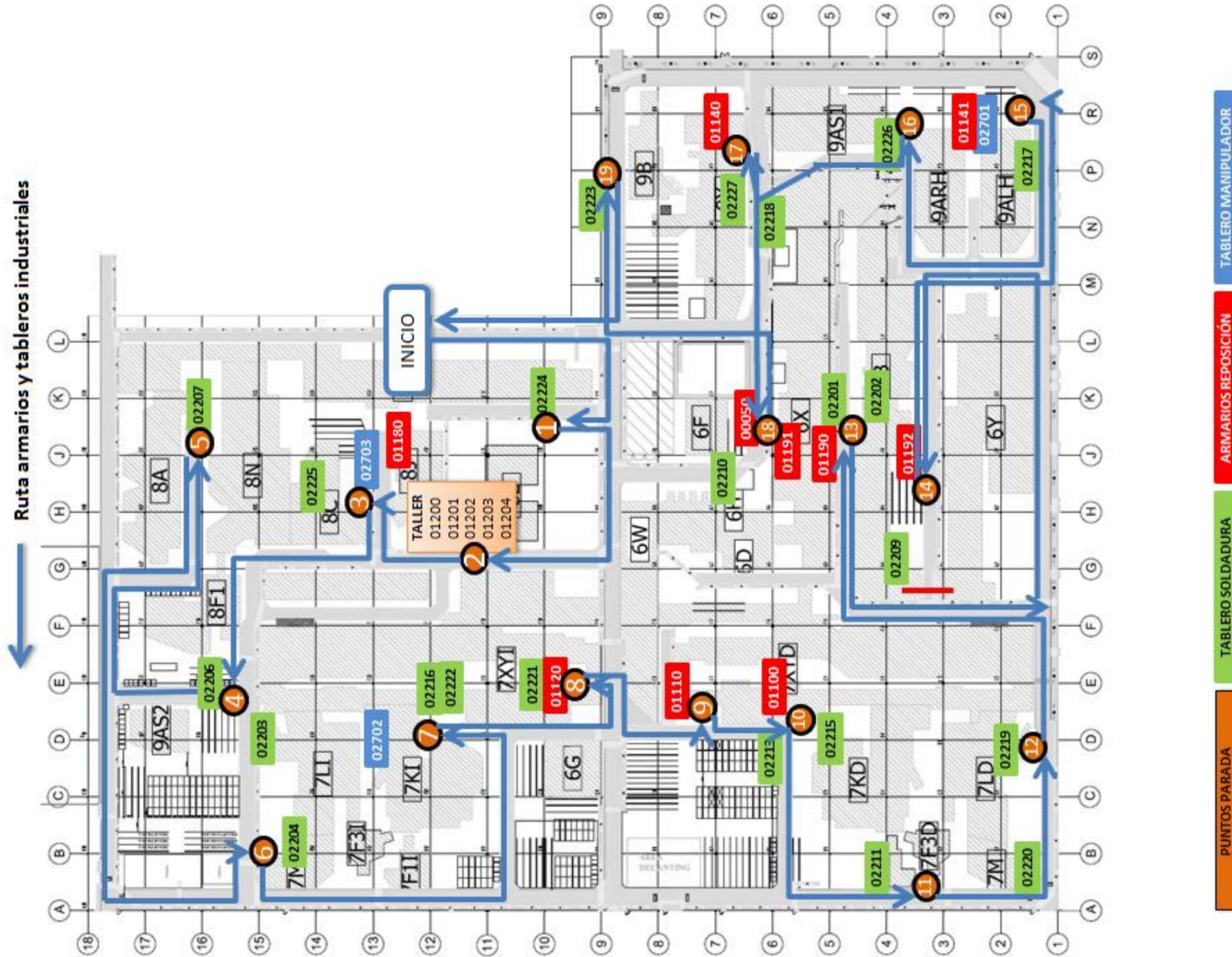
Plano 1. Body 1.....	91
Plano 2. Body 2.....	92
Plano 3. Body 3.....	93
Plano 4. Prensas	94
Plano 5. Ruta Body 1	95
Plano 6. Ruta Body 2	96
Plano 7. Ruta Body 3	97
Plano 8. Ruta Prensas.....	98

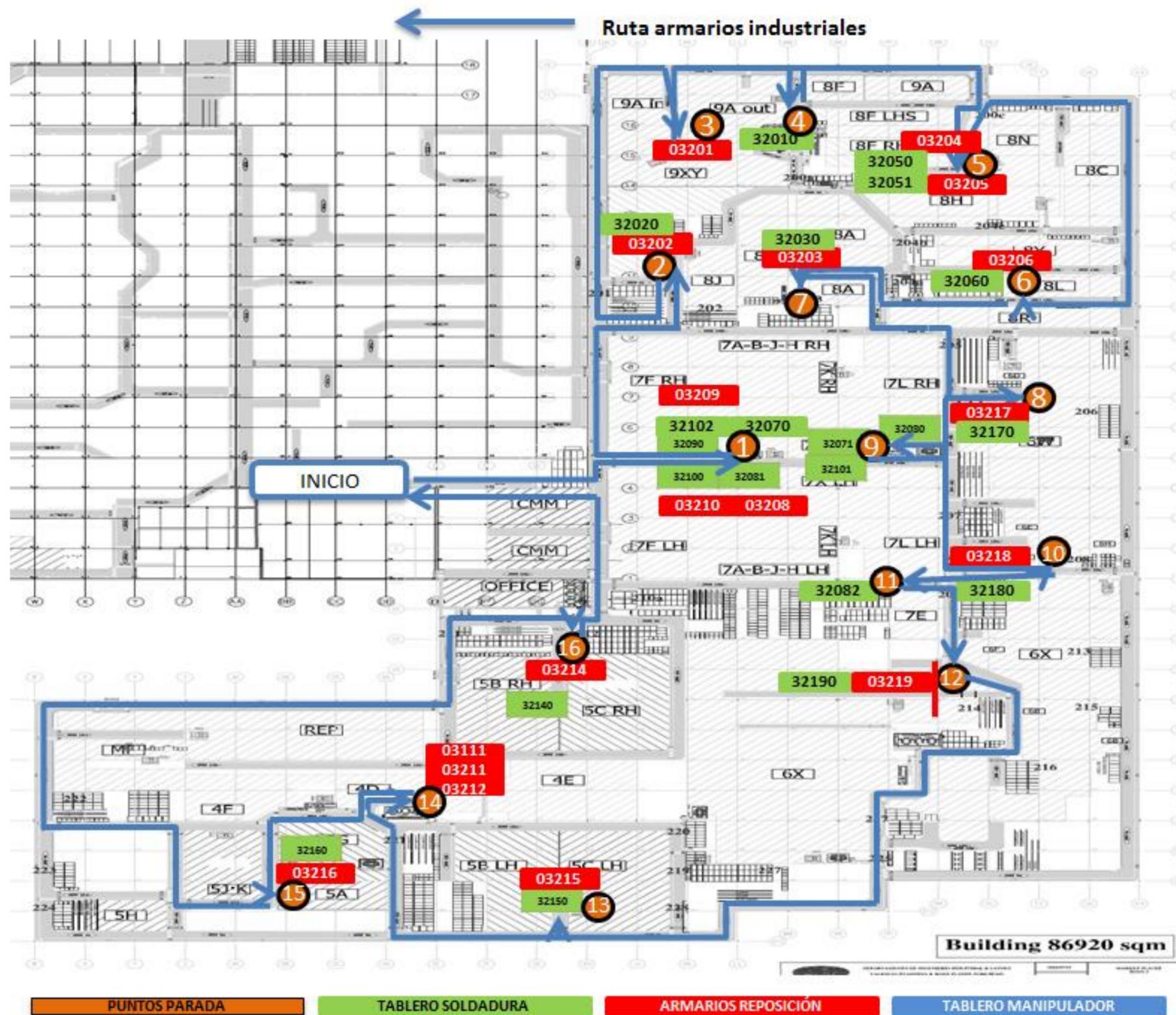


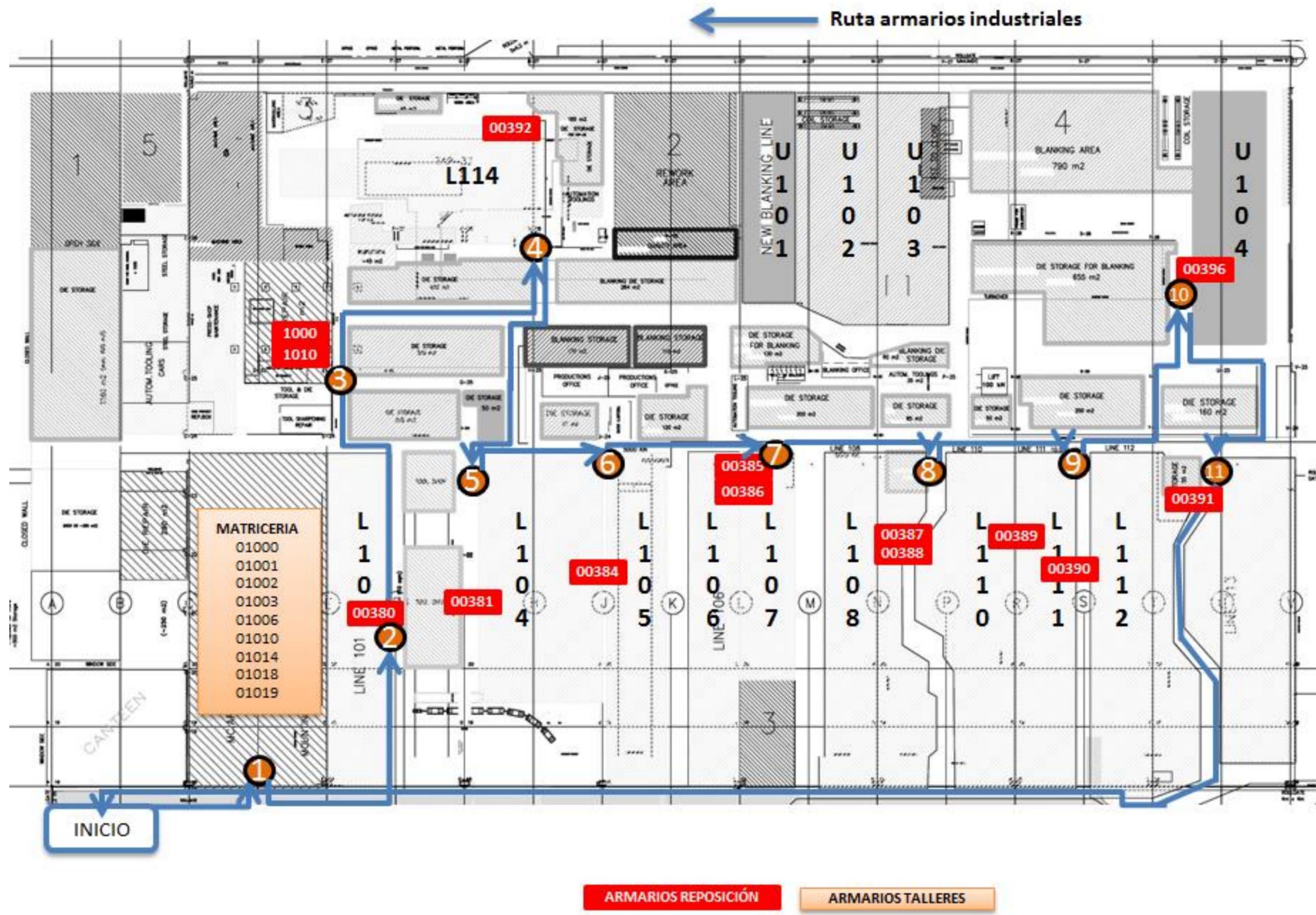














UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

ANEXO 1

BUSINES CASE

Technical Recap Specification N° xxxxx Sistema AGV						
	Project: N° xxxxx Sistema AGV					
1. Included	Specifications	Proveedor N°1	Proveedor N°2	Proveedor N°3	Proveedor N°4	Proveedor N°5
	1.- Gestión IT, ACR.	SI	NO	NO	NO	NO
	2.- Coordinación Sys.	SI	SI	SI	SI	SI
	3.- Preparación estación carga baterías.	SI	Yes. MIR	SI	SI	SI
	4.- Preparación zona descarga.	SI	SI	SI	SI	SI
	5.- Autorizaciones Wifi.	6 meses	N/A	No contemplada	6 meses	N/A
	6.- Baliza luminosa y acústica.	SI	N/A	N/A	SI	N/A
	7.- Sistema gestión rutas.	N/A	SI	N/A	NO	SI
2. Other requirements						
3. Exclusions						
4. Delivery conditions	1. Time					
5. Prices	Quotes					
	1.- AGV					
	Robotnik (2 uds) XL Steel	82.533,75 €	N/A	115.011,00 €	88.144,50 €	N/A
	MIR 100 (2 uds)	N/A	78.268,13 €	76.348,50 €	N/A	78.909,00 €
	OMROM Mobile MC-130	N/A	N/A	132.039,00 €	N/A	N/A
	3.- Remolque AGV.	4.087,50 €	N/A	N/A	N/A	23.636,25 €
	4.- Opción comunicación Hotspot	21.557,25 €	N/A	N/A	N/A	N/A
	5.- Opción comunicación Wifi.	19.635,75 €	N/A	4.161,47 €	N/A	N/A
	6.- Opción comunicación Bluetooth.	N/A	N/A	N/A	N/A	2.391,75 €
	7.- Opción Comunicación inalámbrica.	N/A	93.750,00 €	N/A	N/A	N/A
	8.- Opción I/O Interfase.	N/A	N/A	N/A	N/A	30.750,00 €
	9.- Opción Bateria adicional.	N/A	N/A	N/A	N/A	2.673,00 €
	10.- Estación de carga.	N/A	N/A	N/A	2.784,75 €	N/A
	11.- Sistema de Gestión de flota.	N/A	N/A	N/A	5.062,50 €	N/A
	12.- Documentación.	N/A	803,57 €	754,46 €	N/A	N/A
6. TOTAL COST		86.621,25 €	79.071,70 €	77.102,96 €	95.991,75 €	102.545,25 €



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

ANEXO 2

MATRIZ DE DECISIONES X-Y

X-Y Matrix Table

Process:	Robots AGV
Date:	07/06/2017

Ranking Scale:
1- none, 3- marginal, 9- highest

		1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12		
Input Variables (Xs)	Output Variables (Ys)	Description	Navegacion	Facilidad Uso y Programación	Capacidad de carga	Duracion Bateria	Capacidades ya implementadas	Robustez	Mantenimiento	Capacidad de evolucion del software	Servicio postventa			
	Weight	10	9	8	7	6	5	5	5	5	3			
														Ranking
1	MIR Robot		3	3	1	1	3	1	3	2	2			126
3	XL STEEL Robot		2	1	2	2	2	2	1	3	3			110
4	Omron MC 130		2	2	1	3	3	2	1	1	2			111
5														
													347	



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

ANEXO 3

ONE PAGE

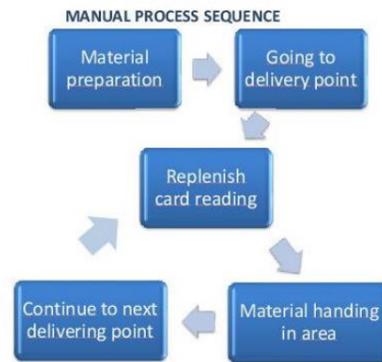
AGV Project for non-production material delivering (Body 1, Body 2, Body 3 and Stamping plant)



CURRENT SITUATION

Actually, the non-material production delivery is completely manual, helped with an electric vehicle driven by a warehouse operator, traveling to each WMG.

MANUAL PROCESS SEQUENCE (hours/day)				
	Body1	Body2	Body3	Stamping
Preparation (Warehouse TL)	55	55	55	55
Delivering Route	2	2	2	2
Reading and delivering (Warehouse TL)	10	10	10	7
Number of Closets	51	39	39	21
Number of Stops	18	20	17	11
Total Time (min/day)	271	295	259	174
Total Time (hours/day)	5	5	4	3
Total Time (hours/year)	994	1082	950	638



Manual Process: 3 DL

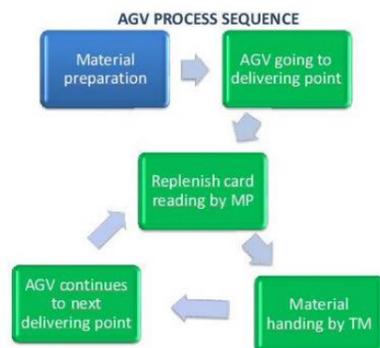


Total time aprox.:

994 h/year Body1
950 h/year Body3
1.082 h/year Body2
638 h/year Stamping

PROPOSED SITUATION

The NPM delivery is realized by the AGV, going to each point, and making the MP Area handing in Stamping and Body plant



AGV PROCESS SEQUENCE (hours/day)				
	Body1	Body2	Body3	Stamping
Preparation (Warehouse TL)	55	55	55	55
Delivering Route	3	3	3	3
Reading and delivering (MP Area)	3	3	3	3
Number of Closets	51	40	37	21
Number of Stops	18	20	17	11
Total Time (min/day)	163	175	157	121
Total Time (hours/day)	3	3	3	2
Total Time (hours/year)	598	642	576	444



AGV Process: 1 DL



Total time aprox.:

598 h/year Body1
642 h/year Body3
576 h/year Body2
444 h/year Stamping

38% time reduction

PROJECT COST

Concept	Cost	Why not Maintenance?
AGV Devices (2 units)	76.349 €	Commercial elements, we are not able to create them
Superior Rack	5.500 €	Superior rack for material placing
Documentation	754 €	Standard documentation for different requirements
Other concepts	N/A	

SUMMARY

1st YEAR EXPENDITURE (EUR)
82.603 €

BENEFIT (EUR)
27.397 €