

TRABAJO FIN DE GRADO

Análisis y optimización desde el punto de vista del diseño industrial de la línea de estampación de una empresa de automoción

Analysis and Optimization from the Standpoint of Industrial Design of the Stamping Line of an Automotive Company

Autor

Marcos Arruga García

Directores

David Ranz Angulo y Eduardo Martínez Elizalde

Zaragoza a 25 de junio de 2024

Índice de contenido

1.	Descripción del proyecto.....	4
1.1.	Objetivo y alcance	4
1.2.	Metodología	4
1.3.	Planificación	5
2.	Introducción	6
2.1.	Sobre la empresa.....	6
2.2.	Métodos utilizados: Técnica TRIZ y Brainstorming.....	6
3.	Análisis e investigación inicial	8
3.1.	Proceso productivo del automóvil	8
3.2.	Proceso productivo de las chapas	8
3.2.1.	Abastecimiento	9
3.2.2.	Corte.....	10
3.2.3.	Prensado	11
3.2.4.	Calidad y retrabajo	13
3.2.5.	Almacenamiento	14
3.3.	Chapas fabricadas en la línea 18	14
4.	Identificación y definición de problemas	16
4.1.	Identificación de problemas.....	16
4.1.1.	Paros de la línea	16
4.1.2.	Comparación y priorización.....	17
4.2.	Problema 1: Separación de chapas de aluminio	18
4.2.1.	Descripción del problema	18
4.2.2.	Causas del problema	19
4.3.	Problema 2: Ineficacia de los robots interprensas	19
4.3.1.	Descripción del problema	19
4.3.2.	Causas del problema	21
4.4.	Problema 3: Difícil proceso de colocación de imanes en mesas de carga	22
4.4.1.	Descripción del problema	23
4.4.2.	Causas del problema	23
4.5.	EDP'S de cada problema descrito.....	23
4.5.1.	Separación de las chapas de aluminio.....	24
4.5.2.	Ineficacia de los robots interprensas.....	24
4.5.3.	Difícil proceso de colocación de imanes en mesas de carga	24
5.	Propuestas y aplicaciones de mejora	25
5.1.	Separación de chapas de aluminio	25
5.1.1.	Bocetado de soluciones.....	25
5.1.2.	Selección de soluciones.....	28
5.1.3.	Solución más adecuada	28

5.2. Ineficiencia de los robots interprensas	33
5.2.1. Bocetado de soluciones.....	33
5.2.2 Selección de soluciones.....	36
5.2.3. Solución más adecuada.....	37
5.3. Mala ergonomía de colocación de imanes en mesas de carga	42
5.3.1. Bocetado de soluciones.....	42
5.3.2 Selección de soluciones.....	44
5.3.3. Solución más adecuada.....	45
6. Estimación tiempos de línea tras mejoras implantadas.....	51
7. Conclusiones	53
8. Bibliografía	54

1. Descripción del proyecto

1.1. Objetivo y alcance

En este capítulo se definirán los límites y el alcance de la investigación. Esto permitirá comprender mejor los objetivos y las limitaciones del estudio.

En el siguiente proyecto se procederá a realizar un estudio del proceso productivo de la estampación de chapa en press shop para la fabricación de automóviles. Entre las diferentes líneas de producción, el estudio se centrará en la línea 18, la cual es muy poco productiva con respecto al resto. El objetivo principal del proyecto es optimizar esta línea de producción y para ello debo mejorar los ASPH (Average Stroke Per Hour) (Media de golpes por hora), principal KPI con el que voy a trabajar durante el proyecto. El objetivo lo conseguiré mediante el diseño y desarrollo de soluciones ad-hoc para cada uno de los problemas encontrados.

En este proyecto, se llevarán a cabo observaciones detalladas del proceso de producción para identificar los puntos críticos y las áreas de debilidad. A continuación, se examinarán estos problemas y se propondrán mejoras utilizando enfoques como el diseño de componentes de la línea de producción, análisis ergonómico, análisis de datos, estadísticas y diseño de componentes de maquinaria para minimizar los fallos en el proceso.

Este estudio analizará solamente los modos de fallo relacionados con la producción de piezas de la línea. Se estudiarán las zonas entre las prensas (interprensas) y las mesas de carga al inicio de las líneas. También se estudiarán los movimientos de los trabajadores en estas zonas con el objetivo de facilitar y optimizar los movimientos. Las variables con las que se medirán e investigarán en este estudio son las siguientes:

- Paros: Se considera un paro cada vez que la máquina se encuentra parada y por tanto todo el proceso de fabricación de la línea para.
- Toques: Se considera un toque cada vez que el usuario interactúa de alguna manera con el proceso productivo. Existen dos tipos: planificados (recargas) y no planificados (fallos).
- Rechazo/Scrap/Reject: Se considera scrap cada vez que 1 unidad de producto es expulsada del proceso productivo por culpa (por ejemplo) de una incidencia de calidad.

El estudio se verá limitado por varios factores, que incluyen:

- Confidencialidad: Planos, datos técnicos, formularios y muchos otros aspectos no podrán ser compartidos en el trabajo por temas de confidencialidad.
- Tiempo: Para la validación completa de muchas de las mejoras es necesario más tiempo para descubrir con seguridad el impacto de estas.

1.2. Metodología

Durante la elaboración de este Proyecto de Fin de Grado, se empleará una metodología que integra los conocimientos obtenidos en diversas asignaturas de la carrera, tales como análisis de datos, ergonomía y diseño de producto, así como las prácticas metodológicas adquiridas en la fábrica, como el cálculo de ASPH, y metodologías de mejora continua y gestión operativa en sus instalaciones de fabricación.

- Analítica de Datos, Ergonomía y Diseño de Producto: La metodología de analítica de datos será aplicada para recopilar y analizar información relevante para el estudio. Se utilizarán técnicas de extracción de datos (SAPIA), análisis estadístico y visualización de datos para identificar patrones, tendencias y relaciones significativas en los conjuntos de datos recopilados.
- Detectar problemas: Realizo un listado de los problemas más destacados y que más afectan a la productividad de la línea 18 redactándolos brevemente.
- Seleccionar problemas relacionados con el diseño industrial: Comparo los diferentes problemas y selecciono los que más relación tengan con el diseño industrial en los que se puedan implantar mejoras rediseñando objetos ya presentes en la línea o diseñando nuevos productos que mejoren la productividad industrial. Identificando las EDP'S (Especificaciones de Diseño de Producto) para asegurarme de solucionar los problemas identificados.

- Realización de métodos creativos: Utilizo el método TRIZ y Brainstorming para identificar problemas y proponer soluciones creativas.
- Especificar situación actual de la línea (con datos): Utilizar los KPI's actuales para conocer los beneficios obtenidos por pieza y el tiempo que cuesta obtener una pieza.
- Desarrollar soluciones, mejoras: Diseñar productos que mejoren la productividad de la línea y reduzcan los costes tanto de tiempo como económicos para producir una pieza.
- Reafirmar mejora productiva en la línea: Comparar KPI's iniciales con las calculadas después de implantar las mejoras y reafirmar que hay ganancia económica.

1.3. Planificación

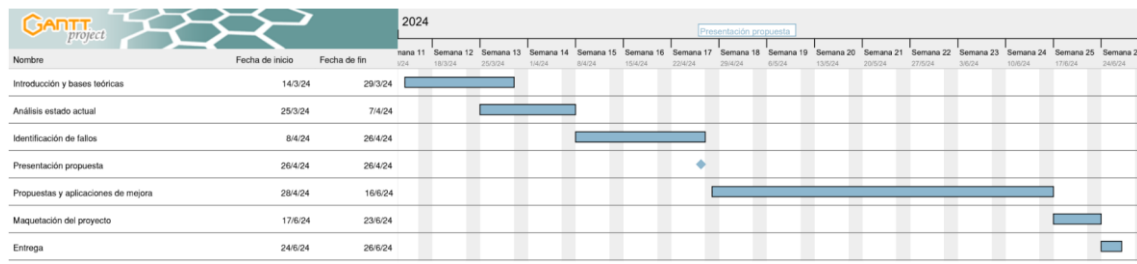


ILUSTRACIÓN 1: CALENDARIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Este documento presenta los elementos esenciales que permiten comprender el desarrollo del Trabajo de Fin de Grado y justificar las decisiones adoptadas durante su realización. Para una exposición más detallada y completa de cada sección, se adjunta información adicional en el documento de Anexos.

2. Introducción

2.1. Sobre la empresa

Es una de las compañías automotrices más grandes del mundo, resultado de una fusión entre Fiat Chrysler Automobiles (FCA) y Groupe PSA. La fusión se completó en enero de 2021, creando un gigante automotriz con una amplia gama de marcas y una presencia significativa en todo el mundo.

Es un grupo multinacional de empresas de la industria automotriz con sede en Ámsterdam, Países Bajos.

Algunas de las marcas más conocidas que forman parte del grupo son: Peugeot, Citroën, Opel / Vauxhall, Fiat, Alfa Romeo, Jeep, Chrysler, Dodge, Ram, Maserati, Lancia.

El CEO del grupo es Carlos Tavares. Carlos Tavares era el CEO de PSA Group antes de la fusión con Fiat Chrysler Automobiles (FCA) para formar el grupo. Tras la fusión, se convirtió en el CEO del nuevo grupo automovilístico.

Esta sociedad mercantil neerlandesa, a través de su consejo de administración, controlará y decidirá sobre los actos e inversiones de las empresas fabriles, que comercializan y explotan las diferentes áreas de negocio para las que fueron creadas, principalmente de venta de vehículos, sistemas de propulsión, robótica, servicios financieros y otras tecnologías del sector automotriz.

Opera en todo el mundo, con instalaciones de fabricación, ventas y distribución en Europa, América del Norte, América Latina y otras regiones. La fusión entre FCA y Groupe PSA se llevó a cabo con el objetivo de crear una empresa más sólida y competitiva en un mercado automotriz cada vez más globalizado y desafiante. La combinación de recursos, experiencia y carteras de productos de ambas compañías posiciona al grupo como un jugador importante en la industria del automóvil.

2.2. Métodos utilizados: Técnica TRIZ y Brainstorming

Las herramientas utilizadas durante este trabajo combinan las metodologías de ideación creativa brainstorming y técnica TRIZ. Para ver en detalle las metodologías, los pilares y herramientas que la componen visita el ANEXO 3 - Métodos de ideación creativos. A continuación, voy a explicarlos brevemente concluyendo con las soluciones más adecuadas para cada problema.

- **Técnica TRIZ:** que significa "Teoría de la Resolución de Problemas Inventivos", es un sistema metodológico para resolver problemas de ingeniería y desarrollo de productos. Algunos de los conceptos clave de TRIZ incluyen la identificación de contradicciones técnicas, la aplicación de principios de resolución de problemas y la utilización de patrones de evolución técnica.

La relación entre los "40-39" se plasma en la denominada "Matriz TRIZ o de Contradicciones". Esta matriz (de dimensiones 39x39) nos indica cuáles de los 40 principios inventivos se han utilizado con mayor frecuencia (según Altshuller) para resolver un problema de contradicción (intersecciones entre sí de los 39 parámetros técnicos).

Esta técnica sigue los siguientes pasos:

- 1. Definición del problema:** Se debe identificar el problema que se quiere resolver. Es importante definir el problema de manera clara y precisa
- 2. Identificación de las contradicciones:** se deben identificar las contradicciones asociadas con él. Las contradicciones son las situaciones en las que una solución puede resolver un problema, pero también puede causar otros problemas.
- 3. Búsqueda de patrones:** se busca patrones repetitivos en la solución de problemas similares.
- 4. Generación de ideas:** se genera una lista de ideas que puedan resolver el problema y las contradicciones identificadas.
- 5. Selección de solución:** se selecciona la mejor idea de la lista generada en la etapa anterior.
- 6. Implementación de la solución:** Finalmente, se implementa la solución seleccionada.

- Método Brainstorming: El brainstorming es una técnica que puedes aplicar individualmente para generar ideas de manera rápida y creativa. Consiste en dedicar un tiempo a pensar libremente sobre un tema específico, sin juzgar tus ideas ni limitarte a las convenciones habituales. Puedes hacerlo escribiendo en un papel o utilizando herramientas digitales. Anota todas las ideas que se te ocurran, sin importar lo absurdas que puedan parecer en ese momento. La clave es dejar fluir tu imaginación y explorar diferentes perspectivas. Una vez que hayas generado una buena cantidad de ideas, tómate un tiempo para revisarlas y evaluar su viabilidad. Puedes identificar las más prometedoras y trabajar en desarrollarlas con más detalle. El brainstorming individual es una forma efectiva de estimular tu creatividad y encontrar soluciones innovadoras a los problemas que enfrentas.

Guía paso a paso para realizar un brainstorming:

1. Elegir un tema o problema
2. Definir un objetivo claro: Aumentar el número de ASPH en prensas de la línea 18.
3. Preparar un entorno adecuado
4. Generar ideas libremente
5. Explorar diferentes enfoques
6. Evaluar y seleccionar las ideas
7. Refina y desarrolla las ideas seleccionadas

3. Análisis e investigación inicial

3.1. Proceso productivo del automóvil

En cuanto al proceso de fabricación de los automóviles en la fábrica, se divide en diferentes partes que explicaré a continuación

Es de gran importancia destacar que es una empresa que trabaja mediante el método de Just in time, es decir que no cuenta con almacenes de piezas, no cuenta con stock. Una vez el cliente compra el coche, éste comienza a fabricarse.

Abastecimiento de materiales: la fábrica adquiere los materiales necesarios para la fabricación de sus vehículos, que incluyen acero, aluminio (en bobinas o ya cortados con la forma de la pieza), plásticos, vidrio, componentes electrónicos, entre otros.

Estampado: En esta etapa, las chapas de acero se cortan y se forman utilizando prensas hidráulicas y troqueles para crear los paneles del cuerpo del automóvil, como puertas, capós, aletas, etc.

Soldadura y ensamblaje: Las piezas estampadas se unen mediante soldadura para formar la estructura básica del vehículo.

Pintura: El cuerpo del automóvil se somete a un proceso de pintura que incluye limpieza, imprimación, aplicación de capas base y acabado final. Este proceso puede variar según los estándares de cada marca y las preferencias del cliente.

Ensamblaje final: Se instalan los últimos componentes y accesorios, como asientos, volantes, sistemas de entretenimiento, etc. El vehículo se somete a pruebas de calidad y seguridad antes de ser enviado a la distribución.

Distribución y entrega: Los vehículos terminados se envían a los concesionarios y distribuidores de la empresa en todo el mundo para su entrega al público.

3.2. Proceso productivo de las chapas

El proceso de fabricación de las chapas se puede dividir en 5 partes: abastecimiento, corte, prensado, comprobación de calidad y retrabajo y almacenamiento.

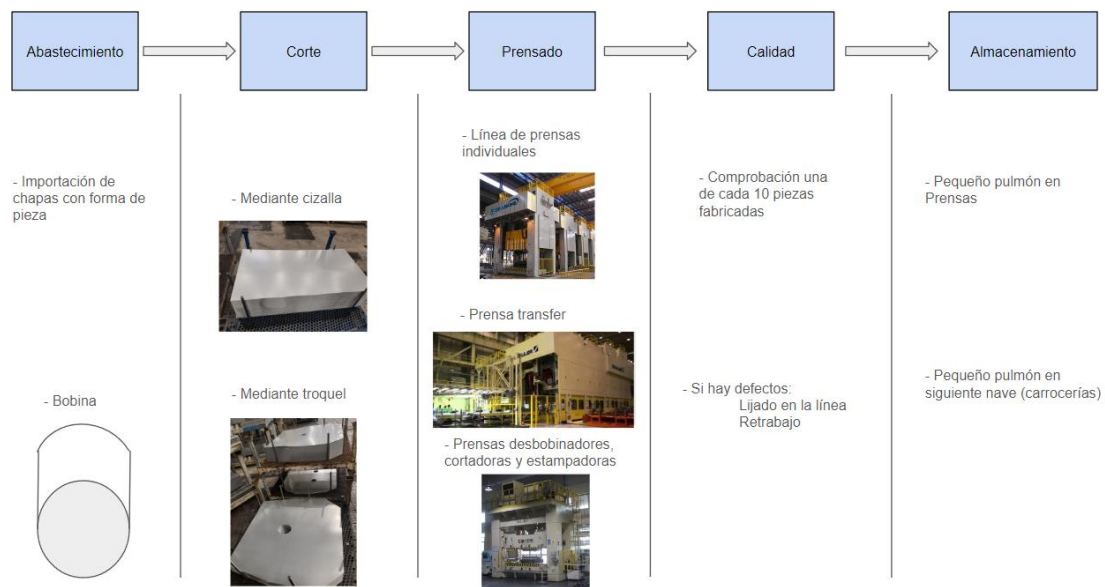


ILUSTRACIÓN 2 ESQUEMA PROCESO PRODUCCIÓN CHAPAS

A lo largo del trabajo, me centro en las fases más problemáticas del proceso productivo. Centraré mi atención en la parte de prensado que repercutirá a las siguientes partes del proceso productivo que le siguen.

En la fábrica de Zaragoza podemos distinguir diferentes líneas de producción, exactamente 4 diferentes tipos de líneas. Por una parte, podemos encontrar las líneas de corte que se encuentran en la parte inicial de la nave y es donde se cortan las bobinas de chapa proporcionando la forma a la chapa. Y a continuación, se encuentran las líneas de prensas restantes que son de 3 tipos, clasificadas en G1, G2, G3 según su tamaño y el tamaño de las piezas que fabrican.

Ahora se procederá a explicar cómo se fabrican las chapas:

3.2.1. Abastecimiento

En esta fase los camiones llegan a la nave cargados de bobinas o chapas con la forma de la pieza a estampar. Los materiales de las piezas son acero y aluminio.

Por tanto, se descarga la mercancía de los camiones, en caso de ser bobinas se depositan (mediante un puente grúa) en el inicio del proceso productivo donde posteriormente se colocarán en las cortadoras. En caso de ser chapas ya troqueladas y preparadas para estampar, se almacenan al lado de las bobinas para llevar posteriormente a las prensas.



ILUSTRACIÓN 3 CHAPAS IMPORTADAS

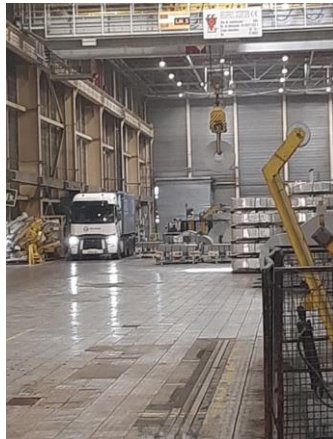


ILUSTRACIÓN 4 DESCARGA BOBINAS



ILUSTRACIÓN 5 BOBINAS IMPORTADAS

3.2.2. Corte

En la nave podemos encontrar 5 líneas de corte (LD6008, LD 6012, LD6014, LD6016, LD6017) situadas entre las bobinas importadas y las prensas. En estas líneas entra la bobina de metal que se desenrosca mediante un torno de giro automático y entra en la máquina que mediante un troquel que golpea constantemente la cinta de chapa saca las piezas en diferentes golpes. Finalmente, la pieza es extraída al exterior mediante una cinta transportadora.



ILUSTRACIÓN 6 BOBINA EN MÁQUINA



ILUSTRACIÓN 7 TROQUEL CORTADORA

En el caso de la cizalla, entra la cinta desde la bobina y una cizalla corta el largo de la chapa (el ancho viene determinado por el grosor de la bobina).

En ambos casos la chapa cortada con la forma deseada es transportada mediante una cinta magnética hasta que se desmagnetiza y suelta la pieza en el cargador de chapas donde se van acumulando.

En algunas ocasiones se hace uso de una máquina llamada volteadora que permite dar la vuelta a los paquetes de chapas antes de ser insertadas en las mesas de carga. Esta máquina es necesaria debido a que los troqueles de las cortadoras cortan las siluetas de las chapas de una forma determinada y en algunas referencias de pieza se necesita comenzar a estampar la pieza al revés de como se ha cortado.



ILUSTRACIÓN 8 VOLTEADORA

3.2.3. Prensado

En esta fase, los paquetes de chapa denominados cargadores, son transportados hasta la zona inicial de la línea de producción donde estos cargadores son colocados sobre los carros cargadores que cuentan con ruedas para entrar al interior de la línea mediante unas guías. Previamente, antes de entrar en la línea, el operario habrá colocado los dispositivos de separación de las chapas (imanes o sopladores).

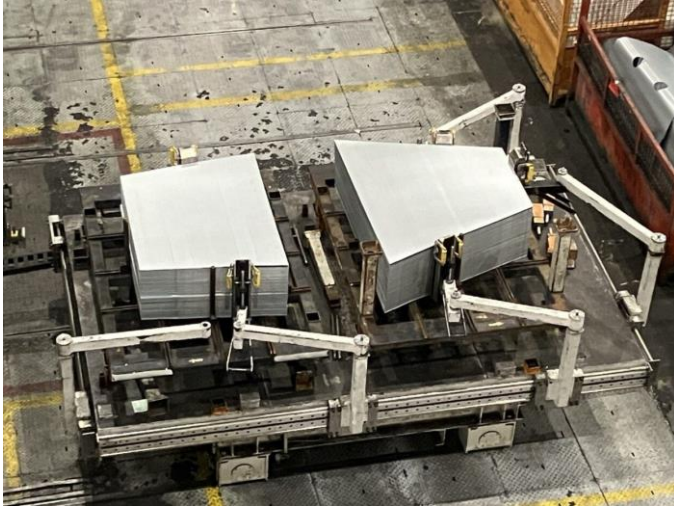


ILUSTRACIÓN 9 MESA CARGADOR CHAPAS

Una vez colocados los cargadores y las chapas en el interior de la línea, el robot comienza a coger las chapas una a una con ayuda de los dispositivos separadores y las pasa a la cinta transportadora, la cual acerca la chapa hasta la primera prensa de la línea. En caso de necesitar que las chapas sean cepilladas y aceitadas previamente a ser estampadas, la cinta se sustituye por una máquina limpiadora y aceitadora por donde pasará la pieza antes de comenzar el proceso de prensado. El robot con visión inteligente capta una imagen de la posición de la chapa en la cinta transportadora y visiona los puntos donde tiene que colocar las ventosas de la garra para coger la chapa y meterla dentro de la prensa.



ILUSTRACIÓN 10 INICIO LINEA PRODUCCION 18

Cuando el robot suelta la chapa en la prensa, ésta queda encajada entre el troquel inferior y superior. El troquel superior, anclado al portamachos, baja para estampar la chapa en el troquel. Cuando llega a hacer contacto con la parte inferior del troquel, el cojín de la prensa entra en juego permitiendo hacer que la parte inferior del troquel se desplace ligeramente hacia abajo consiguiendo así que la chapa no tome la forma bruscamente y rompa por superar el límite elástico o se formen arrugas en la misma.

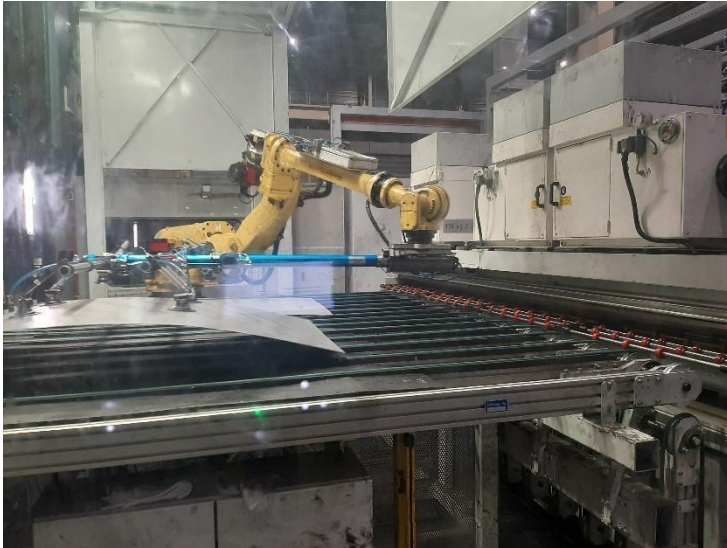


ILUSTRACIÓN 11 ROBOT METIENDO CHAPA EN PRENSA

A continuación, el siguiente robot coge la pieza del interior de la prensa y procede a dejarla sobre la mesa interpresas donde luego otro robot coge la pieza y la inserta en la siguiente prensa. Este proceso se repetirá 4 veces.



ILUSTRACIÓN 12 MESA INTERPRENSAS Y ROBOTS

La pieza ya está finalizada tras su pasada por la última prensa, entonces un robot la coge del interior de la prensa y la deposita sobre una cinta transportadora llegando hasta los operarios que se encuentran al final de la cinta, donde se comprueba la calidad de cada pieza. Los operarios cogen las piezas y las depositan en los carros que serán posteriormente trasladados a la siguiente nave del polígono (Carrocerías).



ILUSTRACIÓN 13 CALIDAD Y CINTA TRANSPORTADORA LÍNEA 18

3.2.4. Calidad y retrabajo

Una vez finalizada la fabricación de las piezas, se procede a la comprobación de calidad de las mismas. Al final de la línea hay una zona iluminada con focos, donde el operario encargado de la calidad de las piezas comprueba si hay algún defecto en las mismas. Lo hace en 1 de cada 10 piezas y las que ve que tienen pequeños defectos las liján en la propia cinta. Posteriormente 2 operarios se encargan de coger las piezas y colocarlas en los estantes para ser trasladadas al pequeño almacén o directamente a la siguiente fase.

En caso de que el operario encargado de calidad encuentre defectos más importantes las piezas serán trasladadas a retrabajo donde aplican masilla y pulen para conseguir una superficie totalmente plana. Si no se retrabaja correctamente las piezas de la carrocería exterior del coche, luego el cliente encontrará defectos bajo la pintura que saltarán mucho a la vista. La empresa del retrabajo es una empresa contrata, es decir que es una empresa externa al grupo que proporciona este servicio a la empresa y posteriormente se le paga una cantidad preacordada.

En caso de que la pieza no se pueda retrabajar debido a que el defecto es muy grande (grietas, roturas, grandes arrugas...) ésta se llevará a la chatarra donde posteriormente se funde y se aprovecha el material.



ILUSTRACIÓN 14 PIEZAS DESECHADAS A CHATARRA

3.2.5. Almacenamiento

Una vez colocadas en los estantes las piezas producidas, los carretilleros las transportan hasta el almacén donde se van acumulando por si en algún momento no se pueden estampar piezas debido a un problema en alguna prensa o avería de alguna máquina. De esta manera hay algo de tiempo de margen de error por si hay algún problema, no parar las siguientes fases del proceso productivo cogiendo las piezas almacenadas en los pequeños almacenes.

Cómo es una empresa que trabaja mediante el método Just in Time, no guarda productos finales fabricados. Todo vehículo fabricado tiene su comprador ya asignado, es decir, hasta que el cliente no compra su vehículo, éste no comienza a fabricarse. Las ventajas de esta estrategia son que no tienes productos finales en stock, es decir no tienes dinero parado dentro de los almacenes. Por el contrario, las desventajas son que una avería o problema producido en el proceso productivo puede causar pérdidas millonarias. Trabajar de esta manera requiere una organización de las diferentes fases muy estricta.



ILUSTRACIÓN 15 PEQUEÑO ALMACÉN NAVE PRENSAS

3.3. Chapas fabricadas en la línea 18

Como hemos comentado en el alcance del proyecto, el análisis que se va a realizar en este trabajo estará centrado en la línea 18 de producción de Press Shop Zaragoza donde se fabrican piezas de chapa de acero y aluminio. Primero analizaremos las características de las chapas.

LINEA	EXT/INT	ALUM	NUMERO REFERENCIA			NOMBRE	DESCARGA	MODELOS	PIEZAS X GOLPE
			OPEL	PSA	INF. PRODUCCION				
18	EXT	AL	39167521	98 293 252 80	98293252/42	Capó exterior	2	P2JO	2
18	EXT	AL	39167522	98 551 442 80		Capó interior	1		
18	INT		39222084	98 359 062 80	98359062/54	Marco ventana del. izdo.	2	P2JO	6
18	INT		39222085	98 359 054 80		Marco ventana del. dcho.			
18	INT		39222086	98 359 060 80		Marco ventana tras. izdo.			
18	INT		39222087	98 359 049 80		Marco ventana tras. dcho.			
18	INT		03559296	98 232 135 80		Ref. retrovisor (de esta salen 2 = x golpe)			
18	EXT		39167918	98 294 940 80	98294940/90	Portón exterior	2	P2JO	2
18	INT		39167917	98 293 290 80		Portón interior	1		
18	EXT		39228433	YQ 007 797 80	39228433	Panel exterior Portón	2	Aircross X	1
18	EXT		39165290	YQ 002 317 80	39165290	Panel exterior Portón	2	REPUESTO Aircross X	1
18	EXT	AL	93489168	98 312 395 80	98312395/67	Capó exterior	2	C41	3
18	INT	AL	93489169	98 311 967 80		Capó interior	1		
18	INT	AL	93489170	98 306 631 80		Refuerzo central Capó	1		
18	EXT			98 232 977 80	98232977	Pan. Lateral ext. Izdo.	4	P21	1
18	EXT			98 486 572 80	98486572	Pan. Lateral ext. Izdo. Con cubierta CV	4	P21	1
18	EXT			98 232 975 80	98232975	Pan. Lateral ext. Dcho.	4	P21	1
18	EXT			98 486 568 80	98486568	Pan. Lateral ext. Dcho. Con cubierta CV	4	P21	1
18	EXT	AL		98 232 257 80	98232257/69	Capó exterior	2	P21	2
18	INT	AL		98 232 269 80		Capó interior	1		
18	EXT			98 545 870 80	98545870/76	Portón exterior con alerón y sin agujero anagrama	2	P21	2
18	INT			98 232 276 80		Porton interior	1		
18	EXT			98 545 868 80	98545868/76	Porton exterior sin alerón y sin agujero anagrama	2	P21	2
18	INT			98 232 276 80		Portón interior	1		
18	INT			98 223 032 80	98223032/69	Brancard Therm. D	2	CMP	2
18	INT			98 223 269 80		Brancard Therm. G	2		
18	INT			98 260 167 80	98260167/68	Brancard EL D	1	CMP	2
18	INT			98 260 168 80		Brancard EL G	1		
18	INT			98 615 354 80	98615354/55	Pan. Int. Puerta del. Dcha.	2	L21	8
18	INT			98 615 355 80		Pan. Int. Puerta del. Izda.			
18	INT			98 232 135 80		Refuerzo del. Puerta del. Dcha.			
18	INT			98 232 135 80		Refuerzo del. Puerta del. Izda.			
18	INT			98 556 690 80		Frame puerta tras. Dcha.			
18	INT			98 556 691 80		Frame puerta tras. Izda.			
18	INT			98 506 955 80		Raidisseur Vertical doublure custode D			
18	INT			98 506 593 80		Raidisseur Vertical doublure custode G			
18	EXT	AL		98 552 714 80	98552714/45	Capó exterior	2	L21	2
18	INT	AL		98 507 045 80		Capó interior	1		
18	EXT		25981249	YR 008 715 80	25981249	Panel exterior Portón	2	REPUESTO MOKKA	1
18	INT		95420298	YR 008 876 80	95420298	Panel interior Portón	1	REPUESTO MOKKA	1
18	EXT		42558661	YR 008 827 80	42558661/62	Panel exterior puerta tras. Izda.	2	REPUESTO MOKKA	2
18	EXT		42558662	YR 008 828 80		Panel exterior puerta tras. Dcha.			
18	EXT		42558747	YR 008 833 80	42558747/48	Panel exterior puerta del. Izda.	2	REPUESTO MOKKA	2
18	EXT		42558748	YR 008 834 80		Panel exterior puerta del. dcha.			
18	EXT		42554446	YR 008 814 80	42554446	Panel lateral exterior izdo.	4	REPUESTO MOKKA	1
18	EXT		42554447	YR 008 815 80	42554447	Panel lateral exterior dcho.	4	REPUESTO MOKKA	1
18	EXT		25981230	YR 008 713 80	25981230	Aleta izda.	1	REPUESTO MOKKA	1
18	EXT		25981231	YR 008 714 80	25981231	Aleta dcha.	1	REPUESTO MOKKA	1
18	INT		13433495	YR 008 656 80	13433495	Panel interior puerta del. Dcha.	2	REPUESTO 4531	1
18	INT		13433494	YR 008 655 80	13433494	Panel interior puerta del. Izda.	2	REPUESTO 4531	1
18	EXT		13191095	YR 008 597 80	13191095/96	Aleta izda.	2	REPUESTO 4400 HB3-5	2
18	EXT		13191096	YR 008 598 80		Aleta dcha.			
18	EXT		13269745	YR 005 530 80	13269745	Capó exterior	2	REPUESTO MERIVA	1
18	INT		13408923	YR 005 467 80	13408923	Panel interior Capó	1	REPUESTO MERIVA	1

TABLA 1 REFERENCIAS PIEZAS FABRICADAS EN LIN 18

Como podemos observar en la tabla, actualmente en esta línea se fabrican piezas de los vehículos Opel Corsa, Crossland, Aircross y hace poco se comenzaron a fabricar piezas del nuevo Lancia. Sin embargo, hay otros tipos de piezas que son los repuestos para los clientes que quieren cambiar alguna parte de su coche por algún daño o defecto, por lo que se fabrican también en la línea 18 los repuestos del Opel MOKKA y del Meriva.

4. Identificación y definición de problemas

En la línea 18 hemos identificado importantes fallos que están afectando actualmente a la empresa, por lo que a continuación vamos a analizar qué grandes fallos son y cómo están afectando a la empresa. Además, veremos cómo de necesario es la aportación de soluciones a estos fallos y el orden en que abordaremos los diferentes problemas en función de la repercusión que éstos tengan sobre la línea y sobre los beneficios económicos del grupo.

En el Documento Anexos podemos encontrar los diferentes fallos identificados en la línea de producción con una breve descripción de los mismos (apartado ANEXO 3: Detección de los problemas existentes).

4.1. Identificación de problemas

4.1.1. Paros de la línea

Se comenzó con un análisis de las intervenciones/paros en todo el proceso de fabricación. Esto nos permitirá identificar cuáles son los puntos críticos y cuellos de botella en el sistema. Estos datos se consiguen extraer gracias a un servidor denominado SAPIA (Système d'Aide au Pilotage des Installations des Atelier), «Sistema de Ayuda para el Control de Instalaciones en Planta» que se conecta de manera periódica a los PLC de la planta donde lee variables determinadas. Estos datos quedan almacenados en este servidor y se pueden visualizar mediante varias plataformas.

Extraigo tablas significativas de diferentes días de fallos en la línea identificados por SAPIA. Para cada día, hago la media del tiempo de paro de la línea 18 debido a cada fallo y saco la tabla donde calculo los golpes perdidos y por tanto la traducción a pérdidas económicas. Adjunto en “ANEXO 4: Tablas de paros” las tablas de fallos sacadas de SAPIA de los días más significativos.

Una vez sacados todos los datos es necesario establecer un orden de prioridad. Los cuatro datos principales analizados en esta tabla son:

- Fallo: Este es el nombre de la avería producida a la que se debe la parada
- Tiempo medio de parada en 1 día: es el tiempo (en segundos) que la línea está parada por ese fallo en 24 horas.
- Golpes perdidos: Son los golpes perdidos en este tiempo que la línea está parada.
- Dinero perdido: Es la cantidad de dinero en euros perdidos en este tiempo al día.

Primero obtengo los datos de los principales paros de la línea producidos por averías. Los principales fallos son:

- Fallos en los sopladores: dificulta al robot la cogida de chapas, no realiza bien su función y no separa las chapas por lo que el robot coge varias chapas de vez.
- Retales: las salidas de chatarra de los troqueles se colapsan debido a que algo de chatarra queda cruzado taponando la salida.
- Imán en mesa: Los imanes son difíciles de colocar y se pierde mucho tiempo. Hay veces que no se colocan bien y posteriormente hay que recolocarlos.
- Fallo visión de pieza: en ocasiones las chapas entran torcidas a la visión y el robot no es capaz de identificar los puntos donde tiene que colocar las ventosas.

FALLO	TIEMPO MEDIO DE PARADA EN 1 DÍA (s)	GOLPES PERDIDOS EN UN DÍA	DINERO PERDIDO AL DÍA (€)
Parada de Línea – ARRETLIGNE, Fallan los sopladores	5032,5	349,4791667	698,9583333
L18 AVERIA GENERAL DE EMERGENCIAS DE PRENSA 3, retales	524,5	36,42361111	72,84722222
PONER IMAN EN MESA 2 FORMATO GIRADO EN CINTAS	420,5	29,20138889	58,40277778
fallo vision de pieza	440	30,55555556	61,11111111
ASPH lin 18= 250			

TABLA 2 PÉRDIDAS LIN 18 POR FALLOS

4.1.2. Comparación y priorización

El problema más importante a resolver es el fallo en los sopladores debido a la poca presión con la que sale el aire por la peineta y la falta de precisión en la regulación cuando el robot suelta las chapas al haber cogido varias. Por tanto, como acumula un total de 5032,5 segundos de máquina parada en un día debido a este problema, significa un total de 350 golpes perdidos en un día y aproximadamente con cada golpe se generan en torno a 2 euros, por lo que por culpa de esta avería se pierden 700 € al día.

Otro fallo importante a destacar es el colapso de las vías de salida de los retales en los troqueles por culpa de que los retales obstaculizan la salida. El problema de este percance es que el operario tiene que parar la línea de producción para desatascar la vía de salida por lo que se pierde mucho tiempo parando todo el sistema. En este caso se pierden 524,5 segundos al día que asciende a 72,8 € perdidos al día. En este caso, esta avería no puede ser mejorada por el área en el que estoy. Este fallo no tiene aplicación en el diseño industrial debido a que los troqueles son enviados a Zaragoza desde Francia en función de la producción y la productividad de la planta. Cuanto más productiva es la planta, más troqueles nos mandan. Por tanto, no podemos realizar ningún cambio en los mismos, el cambio lo tendría que realizar el área de matricería desde Francia.

Y por último es importante mejorar el fallo de los imanes en las mesas debido a que a pesar de que no causa fallos muy frecuentemente como podemos ver en la tabla 3, los operarios se quejan de la incomodidad de colocación de los imanes.

Si conseguimos mejorar estos 3 fallos y reducir el tiempo de línea parada por cada fallo, conseguiríamos ahorrar bastante dinero al día y si además implementamos la mejora de eliminar algún robot de interprensas para reducir el tiempo de traspaso de pieza de una prensa a otra y por tanto mejorar el KPI con el que trabajo que es ASPH, aún sería más productivo y económico.

En cuanto al problema de la ineficiencia de los robots entre las prensas, no lo he tenido en cuenta en este apartado porque no se traduce en ningún fallo que produzca el paro de la línea identificado por SAPIA, pero aun así voy a abordar este problema de ineficiencia y proponer soluciones para mejorar el tiempo de producción de piezas.

Abordaremos inicialmente el fallo de los sopladores debido a la cantidad de tiempo que hace perder a la empresa por los fallos que obligan a parar la línea. A continuación, abordaré el problema de los robots interprensas. Al haber 2 robots entre prensa y prensa, el tiempo de paso de una pieza a otra es el doble que si solo hubiese un robot, por lo que se ahorraría mucho tiempo si sustituimos los 2 robots interprensas por uno solo. Además, las averías serían menores ya que en lugar de tener que reparar las averías de 2 robots habría que arreglarlas solamente de uno. El tiempo y gasto de programación de los nuevos robots también disminuye a la mitad. Y por último abordaré el problema de colocación de los imanes que, aunque no se pierde demasiado tiempo por línea parada por dicho problema, los operarios ponen muchas quejas por la incomodidad de colocar dichos imanes.

4.2. Problema 1: Separación de chapas de aluminio



ILUSTRACIÓN 16 SOPLADOR DE MESA

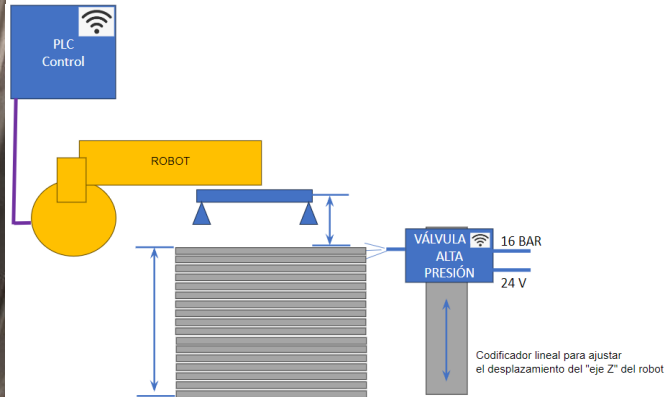


ILUSTRACIÓN 17 FUNCIONAMIENTO SISTEMA DE SOPLADO

4.2.1. Descripción del problema

El problema descrito se sitúa en un proceso industrial que involucra la manipulación de chapas de aluminio. En este proceso, es crucial separar las chapas para que puedan ser recogidas de manera individual por un robot. Sin embargo, los métodos convencionales, como el uso de imanes, no son efectivos debido a que las chapas están aceitadas y son de aluminio, es decir, no son magnéticas, lo que impide su separación.

Los sopladores que se utilizan para separar las chapas de aluminio en el momento en que el robot se dispone a coger la chapa superior, no tienen suficiente fuerza como para levantar las chapas dispuestas en la parte superior del paquete de chapas. Se utilizan peinetas con una fila de orificios que le permiten salir al aire canalizado para distribuir el aire entre las chapas y de esta manera levantarlas, pero el aire no sale a la presión necesaria para levantar las chapas de toda la zona, no tiene fuerza de levantar las chapas superiores que son las verdaderamente importantes a separar a la hora de comenzar el proceso productivo. Al no tener suficiente fuerza los sopladores de las mesas cargadoras, se han implementado sopladores en las garras del robot permitiendo tener una segunda fuente de aire focalizada en la parte más superior del paquete. Además, en los sopladores tanto de las garras como de la mesa están en constante funcionamiento sacando aire para conseguir una mayor presión. De esta manera se consigue que funcione algo mejor y que no se pierda tanto tiempo de línea de producción parada por dicho problema. Pero surge el problema complementario de que el gasto energético de las bombas de aire es muy alto ya que hay mucho aire que se desperdicia en momentos que no es necesario separar y levantar las chapas ya que el robot está dejando en la cinta la chapa que ha cogido previamente.

En caso de que el robot coja varias chapas que quedan pegadas, el robot está programado para que vuelva al paquete de chapas, deposite las chapas pegadas que ha cogido y vuelva a realizar el proceso. Si aun así no se consiguen separar las chapas, el operario debe entrar y separarlas manualmente. El robot cuenta con un sensor de grosor de chapa con el que comprueba si el grosor de la chapa que ha cogido es el correcto o es mayor. En caso de ser mayor procederá a realizar el proceso explicado previamente para tratar de despegar las chapas y coger una sola chapa para continuar adelante con el proceso productivo.

Los objetivos de implantar soluciones son: disminuir la cantidad de tiempo que la línea está parada por culpa de que el robot coge varias chapas pegadas y tiene que acceder el operario a separarlas. El objetivo es disminuir el tiempo de parada como mínimo a la mitad, es decir, 2516,25 segundos, de esta manera conseguiríamos ahorrar 349,5 €.

Además de aumentar la efectividad de la línea, otro de los objetivos más importantes a conseguir es el ahorro de energía empleada por las bombas que impulsan el aire a presión.

4.2.2. Causas del problema

Tras realizar el estudio del problema de los sopladores en la línea 18, hablando con los mecánicos y eléctricos encargados de la línea, sabemos que se debe a que el soplador distribuye el aire mediante una peineta que no focaliza el aire en las chapas superiores que tiene que separar exactamente. Por tanto, al tener un área de disparo tan amplia no tiene suficiente fuerza para levantar correctamente las chapas superiores. También se debe a que el sistema de tubos que conducen el aire a presión desde la bomba hasta los sopladores son estrechos y demasiado largos. Estos tubos cuentan con una válvula que se encuentra en el sótano, cerca de la bomba que proporciona el aire a presión. Por lo que, al estar esta válvula tan alejada de los sopladores, y tan cerca de las bombas, al abrirse para proporcionar esta presión al soplador tiene que llenar todo el tramo de tubo de aire hasta el soplador, por lo que cuando llega el aire al soplador llega sin presión.

Actualmente, esta válvula permanece totalmente abierta dejando pasar el aire continuamente desde la bomba debido a que si la válvula se cierra y se abre cada vez que el robot se acerca al paquete de chapas para coger la chapa situada en la parte superior, el aire pierde mucha presión al tener que llenar todo el tubo de aire hasta llegar al soplador. Actualmente está saliendo aire constantemente por los sopladores y por tanto las bombas están en funcionamiento todo el tiempo que la línea de producción produce piezas de aluminio. Además, en los paros de línea también sale aire por los sopladores por lo que cuanto más larga es la parada más energía se consume y se desperdicia.

4.3. Problema 2: Ineficacia de los robots interpresas



ILUSTRACIÓN 18 ROBOTS INTERPRENSAS LÍNEA 18

4.3.1. Descripción del problema

El problema de la ineficacia de los robots interpresas situados en la línea productiva 18 en la planta de prensas de la fábrica, que se dedica a la estampación de chapas para automóviles, consiste en que el espacio entre una prensa y la siguiente es más extenso de lo habitual por lo que en la construcción de la línea se vieron obligados a instalar 2 robots

que se pasasen las piezas entre ellos para poder llegar a pasar las piezas de una prensa a la siguiente. Por tanto, actualmente la línea 18 cuenta con 2 robots entre prensa y prensa que siguen una secuencia constante de pasos en la que el primer robot es el encargado de coger la pieza de la primera prensa y dejarla en la mesa y el segundo robot se encarga de coger la pieza depositada en la mesa y meterla en la siguiente prensa. Este proceso se repite secuencialmente.

La pieza de chapa una vez es estampada y adquiere la forma del troquel de la primera prensa, tarda 14 segundos hasta que es depositada por el robot en la siguiente prensa. El tiempo es muy elevado, debería haber un único robot en vez de dos, ya que el número de operaciones realizadas entre prensa y prensa es el doble que si hubiese un único robot. Cuando el robot coge y deja la pieza se aproxima suavemente a la superficie donde va a coger la pieza y ahí pierde mucho tiempo, por lo que cuantas más veces tenga que coger y dejar la pieza, peor, porque más tiempo va a perder. Al tener la mesa de por medio, el robot tiene que primero coger la pieza de la prensa donde se aproxima cuidadosamente para no chocar con el troquel, posteriormente tiene que sacar la pieza despacio para no chocar, a continuación, se mueve rápidamente hasta llegar a posicionarse sobre la mesa donde comenzará a bajar lentamente hasta posicionar la pieza de chapa sobre la mesa, para no dañar la chapa al impactar con la mesa. Posteriormente este robot suelta la pieza y vuelve a posición inicial preparándose para coger la siguiente pieza de la primera prensa tras ser prensada esta misma. La pieza situada en la mesa es cogida por el segundo robot mediante las garras, por lo que el robot se aproxima lentamente hasta aspirar la chapa con las ventosas de la garra, levanta la pieza, rápidamente la acerca hasta la prensa donde vuelve de nuevo a aproximarse lentamente a la zona del troquel donde se coloca la pieza en la parte inferior del troquel y se suelta la pieza. Finalmente, el robot saca la garra cuidadosamente del troquel para no colisionar con el mismo. En este proceso se realizan 2 cogidas y 2 dejadas de la pieza de chapa y dichas operaciones como he descrito, han de realizarse lentamente y con cuidado, por lo que el robot pierde mucho tiempo en estas aproximaciones. En caso de tener un solo robot, solo se aproximaría una única vez al troquel para coger la pieza y se aproximaría a la segunda prensa rápidamente hasta depositar la pieza lentamente y volver a salir del hueco del troquel. Solo se realizaría una cogida y una dejada de chapa por lo que se pierde mucho menos tiempo.

El tiempo que tarda un solo robot en realizar este movimiento de pasar una pieza de una prensa a la siguiente tarda en torno a 7 segundos. Es decir, la mitad de tiempo.

He cronometrado una secuencia de golpes de una de las prensas de la línea 18, concretamente de la prensa 3. El tiempo que aparece en la imagen inferior es el tiempo que transcurre entre golpe y golpe de esta prensa. Por lo que actualmente la línea 18 hace una media de 14 segundos entre golpe y golpe.

01	00:14.20	00:14.20
02	00:27.88	00:13.68
03	00:41.41	00:13.53
04	00:55.27	00:13.86
05	01:09.19	00:13.92
06	01:23.40	00:14.21
07	01:37.82	00:14.42

ILUSTRACIÓN 19 TIEMPO ENTRE GOLPE Y GOLPE LIN 18

En el caso de las otras prensas, he cronometrado una secuencia de golpes de una de las prensas de la línea 16, concretamente de la prensa 3. El tiempo que aparece en la imagen inferior es el tiempo que transcurre entre golpe y golpe de esta prensa. Por lo que actualmente la línea 16 hace una media de 7,5 segundos entre golpe y golpe. 6,5 segundos de diferencia en cada golpe es muchísimo, ya que poniendo que una línea que tiene un solo robot interpresas realiza 1800 golpes por turno, a lo largo del turno cualquier línea que solo tenga un robot entre prensas habrá ahorrado 11.700 segundos en un turno con respecto a la línea 18, que eso equivale a 195 minutos, lo que equivale a 3 h y 15 minutos más de golpes que la línea 18 no realiza por culpa de la poca productividad y eficiencia de los robots. Además del tiempo que se alargan las paradas por tener que cambiar casi el doble de garras de los robots.

01	00:07.03	00:07.03
02	00:14.91	00:07.88
03	00:22.56	00:07.65
04	00:29.84	00:07.28
05	00:37.18	00:07.34
06	00:45.02	00:07.84
07	00:52.72	00:07.70

ILUSTRACIÓN 20 TIEMPO ENTRE GOLPE Y GOLPE LIN 16

Además de todo esto, al tener 2 robots entre prensas la línea cuenta prácticamente con el doble de robots, por lo que el consumo energético de la línea será el doble que si solo hubiese un único robot entre prensas. Esto influye enormemente en los gastos de producción, ya que cada robot consume muchísima energía eléctrica y tienen un gran desgaste a lo largo del tiempo. Añadiendo también los gastos por reparación de cada robot que serán también el doble. Habrá que reparar el doble de robots, por lo que el tiempo que deberán estar los mecánicos trabajando será el doble y los sueldos deberán ser más elevados.

La secuencia de pasos que realizan los robots interprensas para trasladar las piezas de chapa de una prensa a otra se puede observar más detalladamente en el "ANEXO 5 - Secuencia de pasos que realizan los robots en la línea 18".

4.3.2. Causas del problema

Analizando el problema descrito en el apartado anterior, observamos que la causa de éste mismo es que, a diferencia del resto de líneas de prensas, la distancia entre prensa y prensa es mayor de lo normal por lo que un solo robot no es capaz de llegar a ambas prensas. Los robots existentes en el mercado (por fabricantes como FANUC, ABB...) son modelos, o muy pequeños para el hueco de la línea, o demasiado grandes para éste por lo que acaban chocando en las paredes de la línea, en las paredes de la prensa o en los troqueles.

En la línea 17 (es una línea gemela a la 18) existía el mismo problema, pero hace unos años se decidió intervenir para mejorar los tiempos, por lo que se instalaron 2 robots unidos, un modelo específico de ABB que consiste en dos robots unidos, uno en cada lado de la prensa, que comparten una garra y son más grandes que los robots que actualmente hay en la línea 18. Pero con estos robots no se consigue mejorar mucho la productividad de la línea por lo que instalar estos robots no podría ser una solución ya que son robots muy caros que no se rentabilizan a lo largo del tiempo en este tipo de líneas debido a que éstas son demasiado pequeñas.

El problema de los robots actuales en la línea 18 es que no son lo suficientemente largos, no llegan a alcanzar las piezas del interior de las prensas por pocos centímetros. Habría que intentar pensar cómo hacer que estos robots cubrieran esos pocos centímetros que les falta para poder llegar a las prensas. De esta manera evitaríamos tener dos robots interprensas en la línea y también evitaríamos tener que realizar 4 operaciones entre prensa y prensa. Consiguiendo que estos robots lleguen esos pocos centímetros haríamos la mitad de movimientos para pasar la pieza entre prensa y prensa, por lo que, el tiempo de fabricación de pieza reduciría prácticamente a la mitad y los gastos de energía de la línea por robots también se reducirían considerablemente.

4.4. Problema 3: Difícil proceso de colocación de imanes en mesas de carga



ILUSTRACIÓN 21 COLOCACIÓN DIFICULTADA DE IMANES



ILUSTRACIÓN 22 PUERTA CORREDERA PESADA

4.4.1. Descripción del problema

A continuación, explicaré detalladamente otro de los problemas con los que cuenta la línea 18 relacionado con la preparación de los paquetes de carga de las chapas al inicio de la línea. En realidad, este problema es general para todas las líneas, ya que las mesas de imanes son muy parecidas en todas. En las líneas G1 suelen ser más grandes, pero la altura es semejante en todas ellas. Por lo que la descripción de este problema es común para todas las líneas.

La principal cuestión de este problema es el elevado peso de los brazos de los imanes y la altura de los mismos por culpa de la mesa automatizada. El problema está en que los operarios encargados de preparar los paquetes de carga en la línea dedican demasiado esfuerzo y tiempo a la preparación de los paquetes. Además, en cada paquete se incluyen en torno a 200 chapas por lo que hay que cargar muchas veces por turno e incluso por conjunto de piezas de la misma referencia fabricadas. Se suelen fabricar en torno a 700 piezas de cada referencia*.

**La referencia de cada pieza es el número con el que se denomina a la pieza a fabricar. Una misma parte del coche puede tener hasta 4 o 5 referencias. Por ejemplo, el capó del C41, tiene 2 referencias diferentes para la parte exterior del capó y para su refuerzo y, por otra parte, este mismo capó puede tener una pequeña diferencia, como algún agujero de tornillo más o que sea un poco más alto para algún modelo eléctrico o híbrido que va a denominarse con otra referencia diferente y su refuerzo también tendrá otra referencia diferente.*

Por tanto, si fabrican 700 piezas por referencia y en cada paquete caben 150 chapas, los operarios deberán realizar esta tarea de colocación de imanes unas 5 veces por referencia y cada turno se suelen realizar 3 referencias por lo que un mismo operario en un solo turno realiza 15 veces esta tarea de colocar imanes (los operarios rotan por turno). Por lo que a lo largo del tiempo provoca grandes lesiones y dolores a los operarios y por ello es necesario implantar soluciones para mejorar la ergonomía y la posición del operario en la realización de esta tarea.

Por otra parte, quiero incluir en este apartado, otro problema que tiene que ver con la mesa de carga. La puerta corredera por donde entra la mesa de carga (la mesa es automática y entra sola) en el caso de esta puerta es muy pesada y por tanto el operario tiene que realizar mucha fuerza para abrirla y cerrarla. El operario tiene que inclinar todo su cuerpo para hacer la mayor fuerza posible y conseguir cerrarla lo más fuerte posible debido a que el cierre es antiguo y en ocasiones no se cierra correctamente, por lo que el proceso de producción no puede comenzar.

En el caso de la puerta, la acción de abrirla y cerrarla debe ser hecha por el operario manualmente cada vez que el carro del paquete de chapas sale y entra de nuevo. Es decir, como el carro sale en torno a 15 veces por turno, el operario tiene que desplazar la puerta un total de 30 veces haciendo un esfuerzo bastante grande.

4.4.2. Causas del problema

En el caso de la colocación de imanes, la causa del problema se debe a la altura y peso de las barras que soportan los imanes. Además, los imanes en los extremos de las barras son muy pesados y dificultan su movilidad. Las articulaciones que permiten articular las barras y moverlas hasta colocar el imán pegado a las chapas y permitir separarlas, son muy antiguas y no giran correctamente por la falta de aceite y el desgaste de las mismas. Las articulaciones solo permiten el giro entre barras de 360 grados horizontalmente entre sí, por lo que los movimientos son menos intuitivos y limitados en el plano horizontal y a una altura predeterminada, la cual no se puede variar. Por lo que hay operarios, los de menor altura, que les cuesta llegar a colocar los imanes exactamente para que separen las chapas superiores del paquete correctamente, y no las inferiores ya que el robot actúa sobre las chapas superiores.

En caso de la puerta corredera, el problema se debe a que las ruedas están poco engrasadas, desgastadas y antiguas y al peso de la puerta en sí ya que es de madera y hierro conteniendo además un grueso ventanal de metacrilato para poder observar el interior de la línea. La puerta corredera contiene un espesor de 6 mm.

En el Documento Anexos, apartado "ANEXO 6 - Análisis ergonómico del problema en las mesas de carga" podemos observar el análisis ergonómico de la posición adquirida para colocar los imanes mediante el método RULA. También realicé el estudio ergonómico de la posición adquirida para cerrar la puerta de las mesas descarga de los paquetes de chapa. Esta vez utilicé el método REBA.

4.5. EDP'S de cada problema descrito

A continuación, identifico y enumero las EDP'S que han de cumplirse al proponer soluciones a cada uno de los problemas nombrados previamente para conseguir soluciones válidas y que mejoren la situación actual. Estas EDP'S se han obtenido a raíz de la definición detallada de los problemas y la detección de sus causas. En caso de que la

solución propuesta no cumpla alguno de estas EDP'S no será válida debido a que no solucionará el problema al completo.

4.5.1. Separación de las chapas de aluminio

1. Separación entre chapas de una en una.
2. Se debe reducir lo máximo posible el consumo eléctrico.
3. Las chapas deben ser separadas durante un tiempo mínimo que le permita al robot cogerlas separadas
4. El separador siempre debe estar colocado a la altura de las chapas superiores para separar principalmente las chapas superiores del paquete.
5. El aire debe salir y llegar a las chapas con la mayor presión posible.
6. El separador debe incidir en el punto exacto entre chapa y chapa para separarlas.
7. Preproceso de despegue de chapas entre sí para posteriormente separar

4.5.2. Ineficacia de los robots interpresas

1. Se debe disminuir el tiempo que tarda en pasarse una chapa de una prensa a la siguiente.
2. Disminución de la energía eléctrica empleada.
3. No se debe sobrepasar la altura establecida debido a que puede chocar con el parking de garras.
4. La garra o sistema de manipulación debe ser capaz de sujetar y mover las piezas de chapa de manera segura y eficiente, incluso en condiciones de alta velocidad y precisión.
5. Se deben implementar medidas de seguridad adecuadas para proteger tanto al personal como al equipo de posibles accidentes durante la operación del nuevo producto industrial.
6. Se debe diseñar el robot teniendo en cuenta la facilidad de mantenimiento y reparación para minimizar los tiempos de inactividad y los costos asociados.

4.5.3. Difícil proceso de colocación de imanes en mesas de carga

1. Diseñar barras de imanes más ligeras sin comprometer su resistencia, con el fin de hacer más fácil la manipulación por parte de los operarios.
2. Se debe reemplazar las articulaciones antiguas por nuevas que permitan un movimiento más fluido y preciso en todas las direcciones
3. Se debe facilitar los movimientos del operario y a poder disminuir estos movimientos.
4. Se debe proponer opciones para reducir el peso de la puerta
5. Actualizar el mecanismo de cierre para garantizar un cierre seguro y confiable de la puerta

5. Propuestas y aplicaciones de mejora

A continuación, una vez estudiado en profundidad los problemas más destacados detectados en la línea 18 y haber determinado las causas exactas por las que se producen dichos problemas, procedo a plantear y bocetar diferentes soluciones para abordar estos problemas que han de ser resueltos lo antes posible para mejorar inmediatamente la productividad de la línea. En el siguiente apartado, plantearé propuestas de soluciones a dichos problemas y posteriormente estudiaré cuáles de estas soluciones bocetadas son más efectivas y encajan mejor con el objetivo tanto mío como de la empresa para resolverlos. Finalmente realizaré una descripción detallada de la solución seleccionada y realizaré un modelado 3D de la misma para que ésta sea ejecutada en un futuro próximo.

5.1. Separación de chapas de aluminio

5.1.1. Bocetado de soluciones

SOLUCIÓN PLANTEADA 1 Soplador con bombona

La primera de las soluciones planteadas para resolver el problema de los sopladores, consiste en realizar la entrada de aire al soplador más ancha (aumentando el diámetro de la boquilla) para evitar este cuello de botella. En cuanto a las peinetas que distribuyen el aire al salir del soplador, habría que eliminarlas e instalar unos distribuidores de aire cónicos que permita focalizar el aire en el punto indicado donde levante las chapas superiores del paquete.

Además, colocaremos la válvula más cerca del soplador para que cuando ésta se abra tras detectar que la presión es la determinada previamente tras realizar los cálculos de flujo de aire necesario para levantar las chapas y, por tanto, conseguir que salga el aire a mayor presión que la proporcionada con la bomba de aire. De esta manera conseguimos que el consumo de energía sea más bajo ya que la bomba no está proporcionando aire constantemente.

La entrada de aire al soplador y el tubo que conduce el aire será de mayor diámetro, por lo que permitirá llegar un gran flujo de aire al soplador, este contará con un tubo cónico al final del soplador que permitirá concentrar el aire en un cuello de botella haciendo que éste salga a mayor presión. El tubo conductor de aire por dentro del soplador es cada vez más estrecho lo que permite que la presión y la velocidad del aire sea mayor conforme se acerca a la salida del soplador.

El concepto de soplador cuenta con una bombona de aire de vidrio que permite acumular aire a presión proporcionado por la bomba de aire. Como la bomba de aire se encuentra alejada del soplador, si situamos la válvula en la salida del recipiente, al acumular una cantidad de aire en la bombona y abrir esta válvula, el aire acumulado sale a alta presión por lo que tendremos un pico de presión en el aire proporcionado por el soplador y separará las chapas situadas a la altura del mismo. La bombona cuenta con 2 válvulas, una de entrada y otra de salida del aire del interior del recipiente. Esto permite que el aire se quede en el interior de la bombona, es decir, una vez entre ya no podrá salir y una vez salga ya no podrá volver a entrar en la bombona de aire. De esta manera el aire se direcciona correctamente hacia la salida del soplador y no se pierde presión de aire.

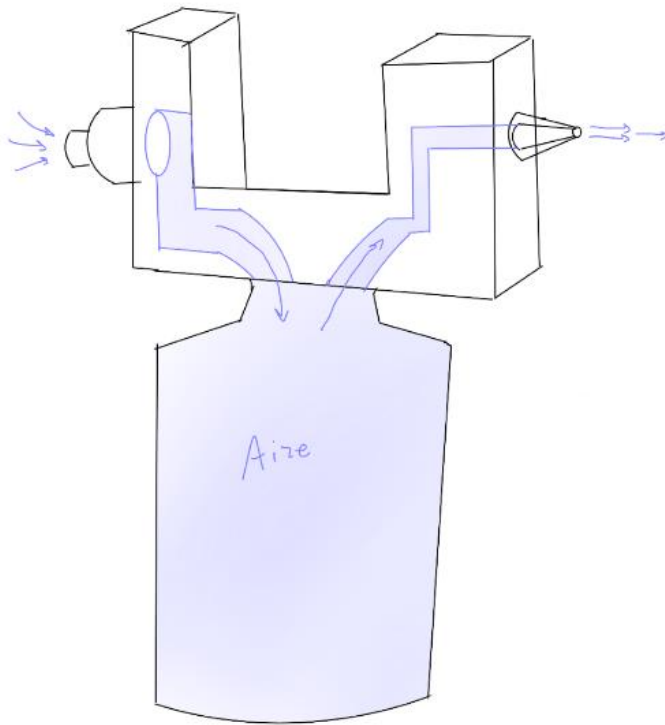


ILUSTRACIÓN 23 BOCETO CONCEPTO 1 PROBLEMA 1

SOLUCIÓN PLANTEADA 2 Soplador con rueda

A continuación, planteo otra solución para el problema de la separación de chapas. Esta propuesta está basada en dos partes, por un lado, una rueda con finas uñas que permite insertar cada una de estas uñas entre las chapas y posteriormente levantar la chapa con respecto a la de debajo. Por otro lado, para insertar las uñas entre las chapas, hay que levantarlas previamente y para ello se utilizarían sopladores. Una vez se hayan soplado las chapas y se han insertado las uñas entre las chapas, el soplador deja de expulsar aire y la rueda gira para levantar la chapa.

El funcionamiento del concepto sería el siguiente: Inicialmente el soplador detectaría la parte de arriba del paquete de chapas mediante una chapita incorporada en el soplador que cuando baje desde arriba la chapita marcadora choque con la chapa superior del paquete y suba hacia arriba significa que se ha llegado a la parte superior del paquete. Por tanto, los sopladores se activarán levantando las 6 ó 7 chapas superiores por lo que la rueda con uñas salientes se acercará al paquete de chapas que está siendo soplado y meterá las uñas entre las chapas. Una vez estén separadas las chapas por las uñas de la rueda, el robot cogerá la chapa superior mediante las ventosas y al subir desplazará la uña hacia arriba haciendo girar la rueda dentada. Por ello el soplador deberá descender y soplar las chapas de debajo de las chapas superiores que están sujetas actualmente por las uñas de la rueda para levantar estas chapas mediante el aire y que la rueda pueda meter más uñas entre las chapas para sostenerlas. A su vez, mientras gira la rueda para coger más chapas con las uñas, las chapas superiores que están sujetas ya, al girar la rueda suben.

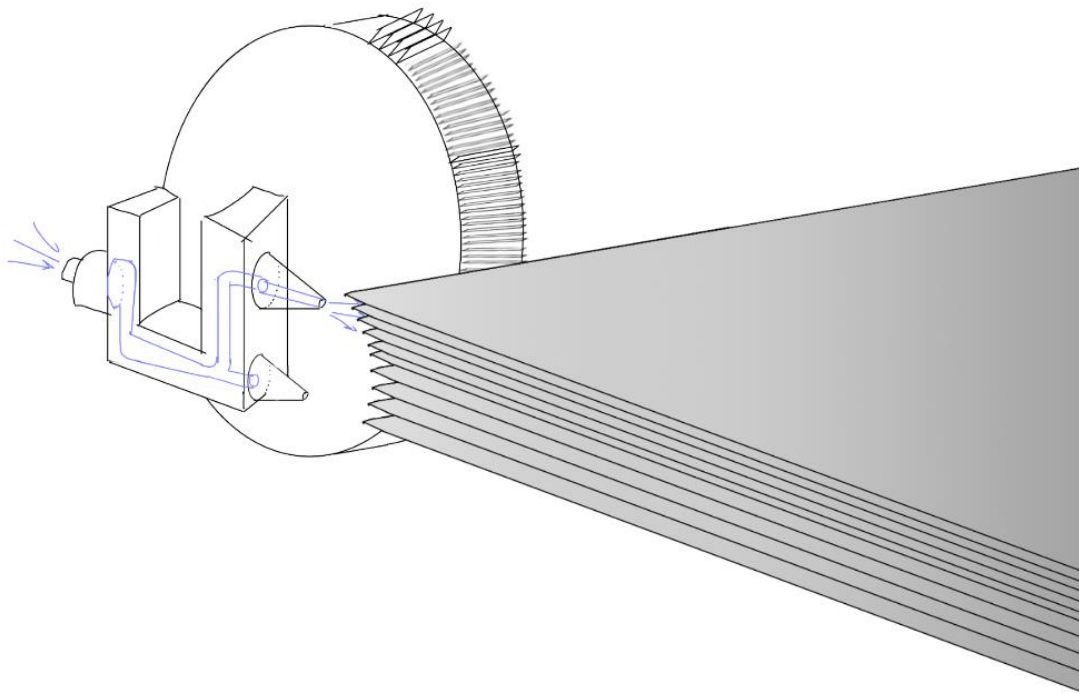


ILUSTRACIÓN 24 BOCETO CONCEPTO 2 PROBLEMA 1

SOLUCIÓN PLANTEADA 3 Caída de chapas y punzón que golpea abajo

Esta solución planteada es bastante diferente a las anteriores, es otra solución enfocada de manera distinta debido a que, en este caso, esta solución está formada por 2 partes principalmente. Por un lado, tenemos el paquete de chapas apiladas el cual es colocado sobre una bandeja en la cual caerán las chapas por gravedad. El paquete se colocará entre unas cintas situadas como si fuesen los imanes y éstas se moverán poco a poco desplazando el paquete hacia abajo y soltando las chapas poco a poco y de una en una sobre la mesa que se encuentra debajo. Si aun así en algún momento caen varias chapas a la vez debido a que están muy pegadas, en la mesa inferior contaremos con un punzón que golpea las chapas por la parte inferior produciendo que estas vibren y se despeguen entre sí, de esta manera el robot podrá coger la chapa superior de las chapas situadas en la mesa inferior y no parar el proceso de producción. El cabezal del punzón será de goma, de esta manera se protegen las chapas de abollarse por culpa de los golpes del punzón.

El funcionamiento de la solución propuesta consistiría en: inicialmente colocar el paquete de chapas mediante el toro mecánico en la mesa porta chapas. Una vez esté colocado el paquete, las cintas que sujetan el paquete se juntan a los bordes de las chapas y sujetan los paquetes. Una vez estén sujetas las chapas por las cintas, el paquete asciende hacia arriba para dejar hueco debajo de este para que caigan las chapas, bajo esta mesa se encontrará el punzón con el cabezal de goma. Tras ello, las cintas comenzaran a desplazar las chapas hacia abajo lentamente y cada vez que una chapa deje de estar sujeta por estas cintas, ésta caerá por su propio peso. En el caso de que estén muy pegadas y caigan varias chapas, lo que sucederá es que un sensor detectara que el espesor de las chapas que han caído es mayor por lo que interpretará que hay varias chapas. A continuación, activará el golpeo por punzón para hacer vibrar las chapas y de esta manera se conseguirán separar las chapas por lo que el robot cogerá las chapas separadas. En el caso de que hubiese caído una sola chapa porque éstas no se hubiesen pegado, el robot irá a por la chapa situada en la mesa y como el punzón no se habrá activado, el robot no tendrá que esperar.

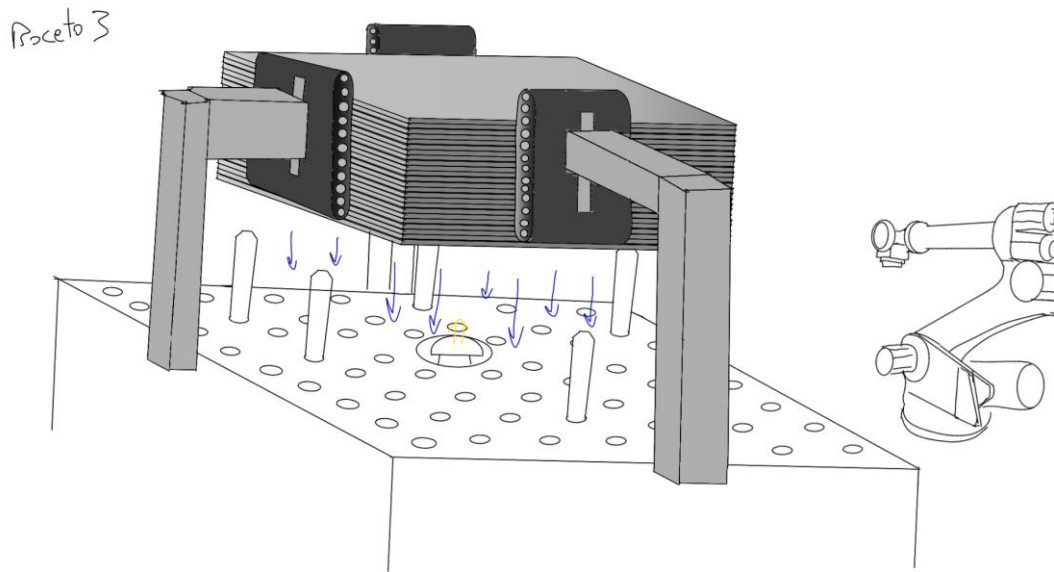


ILUSTRACIÓN 25 BOCETO CONCEPTO 3 PROBLEMA 1

5.1.2 Selección de soluciones

Para poder seleccionar de la manera más correcta y justificada la solución propuesta más indicada de los bocetos realizados en el apartado anterior, vamos a realizar una tabla donde compararemos las diferentes propuestas y elegiremos la que mejor solucione el problema propuesto.

Vamos a tener en cuenta determinados aspectos que diferencian los conceptos entre sí y permiten elegir los que mejor se adapten. Puntuamos cada característica de cada concepto del 1 al 5, (significando el 5 que es muy buena característica en el concepto y el 1 que es muy mala). Los términos elegidos para compararlos son:

- **Precisión de separación:** es la precisión con la que la herramienta consigue incidir entre chapa y chapa y separar las chapas. (Aire, rueda con uñas, cinta de caucho...)
- **Consumo eléctrico:** el concepto permite ahorrar energía haciendo que los elementos no estén en funcionamiento constantemente.
- **Viabilidad técnica:** es la facilidad de fabricación de cada propuesta.
- **Coste:** es el coste de la fabricación de la propuesta.

	Precisión de separación	Bajo consumo eléctrico	Viabilidad técnica	Coste	TOTAL
Concepto 1: soplador con bombona	3	5	5	4	17
Concepto 2: soplador con rueda separadora	5	4	5	4	18
Concepto 3: Caída de chapas y punzón	2	3	4	1	10

TABLA 3 TABLA DE COMPARACIÓN DE CONCEPTOS PROBLEMA 1

5.1.3. Solución más adecuada

Por tanto, la solución más adecuada es el concepto 2, es decir, el soplador con rueda separadora, ya que es la que mayor puntuación ha conseguido en la tabla de comparación del apartado anterior, con un total de 18 puntos.

A continuación, explicaré la solución propuesta detalladamente y haciendo hincapié en la mejora de cada una de las partes, comparando con los sopladores actuales para comprobar que se han mejorado dichas partes y solucionado los problemas explicados previamente (en el apartado 4.2 del documento Memoria del TFG).

En cuanto a la precisión de separación, la forma cónica de la boquilla ayuda a incrementar la presión y la precisión del aire a la salida ya que genera un cuello de botella y el aire que se encuentra en el interior del tubo empuja al aire que está siendo frenado por la boquilla cónica haciendo que este aire salga a mayor propulsión por un orificio más pequeño lo que permite que su área de incidencia en las chapas sea menor. En el caso de los conceptos 1 y 2 se utiliza este tipo de boquillas, la diferencia es que en el segundo concepto se utilizan 2 boquillas en lugar de una y el área de incidencia es mayor, pero con igual precisión que el concepto 1. También tienen una gran diferencia en que el primero cuenta con un depósito que permite acumular el aire en el mismo y una vez se alcanza la presión de salida del aire requerida para separar las chapas se abre la válvula permitiendo salir el aire e incidir en el paquete de chapas. El segundo concepto cuenta con una rueda de aluminio unida al soplador que permite separar las chapas para que la rueda con levas de chapa introduzca sus levas entre las chapas manteniendo estas separadas y así se consigue una mayor precisión de separación de las chapas. El tercer concepto, caída de chapas y punzón, cuenta con unas cintas de caucho que mantienen sujetas las chapas en lo alto y conforme van avanzando estas cintas desplazan las chapas hacia abajo permitiendo que éstas caigan de una en una sobre una superficie donde serán cogidas por el robot, esto no es fiable del todo, la precisión de separación es muy baja, debido a que la chapas son muy finas por lo que muy probablemente pueden caer varias chapas a la vez y el punzón que las golpea debajo no asegura al 100% que las separe a la hora de ser cogidas con el robot.

En cuanto al consumo eléctrico, el primer concepto tiene el consumo más bajo debido a que cuenta con el almacenamiento de aire comprimido que permite soplar las chapas a presión y mientras se esté soplando el compresor de aire no estará funcionando debido a que el aire que va a salir para separar las chapas se encuentra en la bombona de cristal. Posteriormente el concepto 2 consume mayor energía porque cuenta con más elementos que requieren de consumo eléctrico. En el caso de los sopladores, cómo no cuentan con la bombona de aire, el compresor actúa directamente por lo que tiene que estar conectado mayor tiempo para proporcionar la presión deseada. Además, como cuenta con 2 boquillas debe proporcionar aire a la mayor presión posible para que salga aire a presión por ambas boquillas y no solo por una, por lo que eso supone un mayor consumo eléctrico. Por otra parte, la rueda con levas separadoras cuenta con un motor que hace que vaya girando por lo que también supone un consumo eléctrico. En cuanto al concepto 3 cuenta con 3 cintas que soportan las chapas en la parte superior y que cada una se desplaza hacia abajo mediante un motor para soltar las chapas de una en una. Además, el punzón inferior está en constante vibración. Las cintas no paran en ningún momento a menos que pare la línea y el punzón tampoco para de vibrar, por lo que el consumo eléctrico es mayor que el resto de los conceptos.

En cuanto al coste, en el concepto 2 no incrementa mucho debido a que se podrían reutilizar muchos de los elementos ya que actualmente la parte de los sopladores es parecida, por lo que diferentes elementos como el soporte de aluminio, el fijador del soporte y el detector de la altura del paquete podrían reciclarse y disminuir su coste.

Explicación de la solución en detalle y MODELADO

Por tanto, el concepto de solución planteado, concepto 2 – soplador con rueda separadora, consiste en un soplador que permite separar las chapas mediante un impulso y continuación de expulsión de aire para separar las chapas y posteriormente mantenerse separadas mediante un soporte que permita elevar cada chapa a la hora de comenzar su transformación en la línea de producción.

Inicialmente el soplador expulsa aire por la boquilla. Este impulso de aire se ha generado en la bomba de aire que se encuentra alejada del soplador en la zona del sótano. Al estar tan alejado de la bomba se ha impuesto un tubo más ancho, es decir con mayor diámetro para evitar que no se pierda presión de aire en el transporte del mismo desde la bomba hasta el soplador. El soplador cuenta con un conjunto de perfiles cuadrados de 40 × 40 mm que por dentro de estos hay mecanizado un tubo de 15 mm por el que se desplaza el aire hasta las boquillas de expulsión.

Finalmente se ha decidido colocar 2 boquillas de expulsión de aire para facilitar la entrada de las levas de separación de la rueda entre chapa y chapa. Al haber 2 salidas de aire, la presión de éste incide en dos puntos del paquete de chapas por lo que facilita la separación de las mismas y permite que la rueda inserte las levas entre las chapas. La boquilla inferior incide en una zona donde hay más chapas más pegadas debido a que cuenta con chapas en la parte superior que hacen presión hacia abajo, este soplador expulsa aire a mayor presión debido al posicionamiento en el que se encuentra ésta. Por lo que la boquilla inferior se encarga de esta primera separación de los bordes de las chapas para que cuando incida el aire de la segunda boquilla terminen de ser separadas estas chapas. Posteriormente

una vez desciende el soplador (cuando el sensor de movimiento detecta que el paquete de chapas está por debajo de su límite), es la boquilla de la parte superior del soplador la que golpea a las chapas con el aire que expulsa. En cuanto a la boquilla en la parte superior del soplador, separa las chapas más superiores del paquete que van a ser cogidas por el robot directamente permitiendo que sean despegadas totalmente del resto de chapas y facilitando a la rueda la tarea de coger una única chapa en lugar de varias y que proceda a levantarlas.

Las boquillas tienen forma cónica para que el aire que expulsan salga a mayor propulsión. Al ser mayor el diámetro por el que entra el aire (16 mm) que el diámetro del orificio por el que sale (6 mm), se genera un cuello de botella y el aire sale a mayor presión de la que entra.

En cuanto a la rueda de aluminio, cuenta con un cilindro de diámetro 150 mm y a partir de este sobresalen unas uñas de chapa bastante afilada que permiten ser insertadas entre las chapas mientras el soplador expulsa aire y una vez deja de expulsar aire la rueda mantiene las chapas separadas y va girando, haciendo que las chapas se desplacen en sentido ascendente acercándose a la posición final donde el robot se aproximará y elevará las chapas transportándose al inicio de la producción.

Es decir, el soplador deberá estar colocado en una posición determinada que incida el aire justo en el punto en el que la rueda meta su uña entre las chapas y éstas sean separadas. Por tanto, una vez sean separadas las chapas, la rueda deberá girar para meter la siguiente de sus uñas entre las dos siguientes chapas y mientras gira para meter las uñas, las chapas ya sujetas por las 4 ruedas estarán siendo elevadas para facilitar la cogida de las mismas por el robot.

Tanto el soplador como la rueda se encuentran soportados por una estructura de metal que es posicionada por el operario cualificado. La estructura se fija a la mesa de igual manera que lo hace actualmente, mediante un fijador cuyo funcionamiento es muy sencillo. Este fijador consiste en una carcasa situada en la base del cuadro soporte de aluminio y cuenta con un imán el cuál es soportado en la parte superior de la carcasa por un muelle y al bajar una palanca de color negro que en la parte superior de la carcasa, el imán baja y se queda fijado a la mesa de carga (cuyo material es ferromagnético) ofreciendo una gran resistencia de rozamiento y dificultando mucho el movimiento del soporte de aluminio y por tanto del soplador y la rueda sobre la superficie de la mesa.

El soplador y la rueda se encuentran unidos al soporte mediante unas guías que permiten regular la altura de éstos. Para conocer la altura del soplador y la rueda en la guía en la que se posiciona para separar las chapas se utiliza un sensor formado por una plaquita de metal que apoya sobre la chapa superior del paquete y una vez el robot ha cogido x chapas y la altura del paquete ha bajado, el ángulo de la plaquita será inferior y por el sensor dará la señal que la altura del paquete es inferior a la de la rueda y el soplador. Por tanto, habrá que bajar la altura de la rueda y el soplador de ese soporte mediante las guías. En las guías hay unas ruedas unidas a un motor que facilitan este movimiento transversal.

En cuanto a elementos normalizados que se utilizan en esta propuesta, son la boquilla que es de SCHMALZ, y tiene un diámetro de canal de 10,5 mm por donde pasa el flujo de aire. El tubo irá colocado por fuera de la boquilla cuyo diámetro es de 16mm.

En cuanto al motor que se utilizará para rotar la rueda con uñas es un motor paso a paso.



ILUSTRACIÓN 26 MOTOR QUE HACE GIRAR RUEDA SEPARADORA DE CHAPAS (MOTOR PASO A PASO 0,9° 90mNm 0,8A 36x36mm CABLE - TRANSMOTEC)

Se utilizará un elemento de desplazamiento lineal eléctrico de Zimmer. Zimmer es una empresa contrata que trabaja actualmente con el grupo y ha instalado diferentes dispositivos de traslación por guías en la fábrica.



ILUSTRACIÓN 27 DISPOSITIVO DE TRASLACION DE RUEDA Y SOPLADOR ([KWH2501CS1A - ZIMMER GROUP \(ZIMMER-GROUP.COM\)](https://www.zimmer-group.com))

Montaje del producto

Inicialmente se introduce en las guías del interior de la estructura de aluminio la base de chapa metálica que soporta a la rueda dentada y al soplador. La chapa que une la rueda y el soplador lleva atornillado a un lado una tapa y al otro lado el dispositivo de traslación que se encarga de subir o bajar la rueda y el soplador con su motor.

El motor de la rueda se deberá incorporar en el interior de las chapas del soporte de rueda y soplador haciendo pasar el eje por el agujero para conectar el eje del motor al de la rueda haciendo que ésta gire. Al otro lado del eje se incorporará el rodamiento. En la parte inferior de la estructura que contiene las guías se coloca el imán para fijar la estructura de aluminio, la cual va atornillada a la pared inferior de la misma.

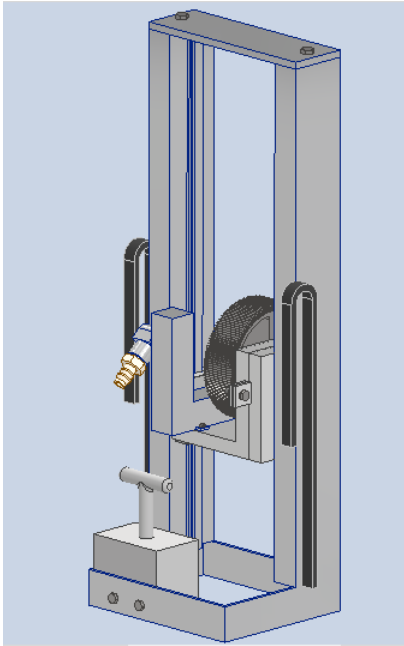


ILUSTRACIÓN 28 MODELADO DE LA SOLUCIÓN DE LOS SOPLADORES

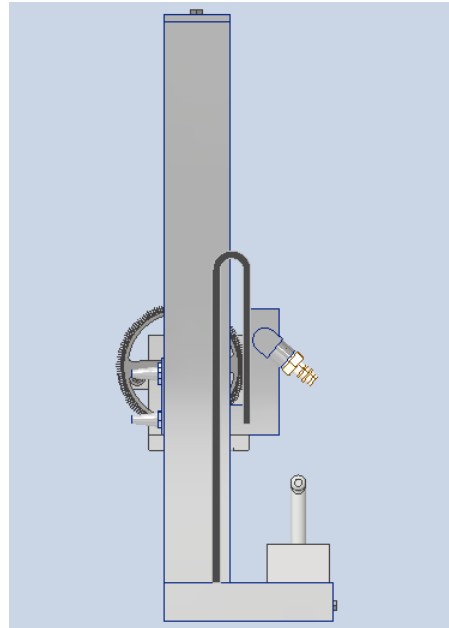


ILUSTRACIÓN 29 MODELADO DE LA SOLUCIÓN DE LOS SOPLADORES

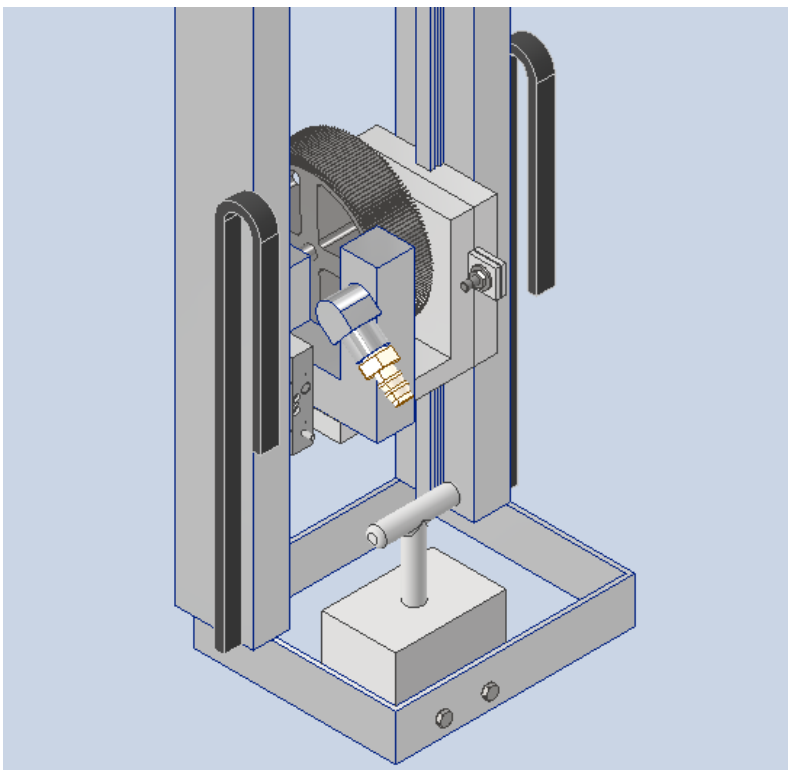


ILUSTRACIÓN 30 MODELADO DE LA SOLUCIÓN DE LOS SOPLADORES

5.2. Ineficiencia de los robots interpresas

5.2.1. Bocetado de soluciones

SOLUCIÓN PLANTEADA 1 robot con guías

La primera de las soluciones planteadas para resolver el problema de la ineficiencia del paso de las chapas de una prensa a la siguiente consiste en una peana desarrollada que se encuentra anclada a una base alargada por la que se desliza la peana del robot con éste encima. La base de la peana tendrá unas vías colocadas en un soporte sobre el suelo que permitirán anclar el robot y evitar que éste vuelque al estirarse a por las piezas.

El robot cuenta con un mecanismo piñón cremallera y un motor sobre la rueda dentada que permitirá al robot desplazarse por el interior del espacio interpresas. La rueda dentada se encontrará en el interior de la peana la cual tendrá una compuerta que de acceso a la rueda dentada y al motor para facilitar los trabajos de mantenimiento relacionados con estos elementos.

Las guías tendrán un perfil específico que encajará con el hueco que tendrá el soporte del robot bajo la peana, y permitirá mover la peana y el robot sobre una misma dirección única.

La guía deberá colocarse en el suelo y no ha de ser muy elevada ya que chocaría en la parte superior de las prensas y con el parking de garras donde el robot deja y coge las garras en cada cambio de referencia.

El funcionamiento de este concepto sería el siguiente: primero el robot cogería la chapa del interior del troquel de la primera prensa, posteriormente sacará cuidadosamente la garra con la chapa del interior de la prensa y en lugar de dejar la chapa en la mesa cuidadosamente, la mesa intermedia en este concepto ya no existe, lo que hará el robot es desplazarse horizontalmente a lo largo de la celda interpresas, mediante la vía, hasta aproximarse a la siguiente prensa. A continuación, la chapa será depositada en el interior del troquel y se procederá a la estampación de la misma.

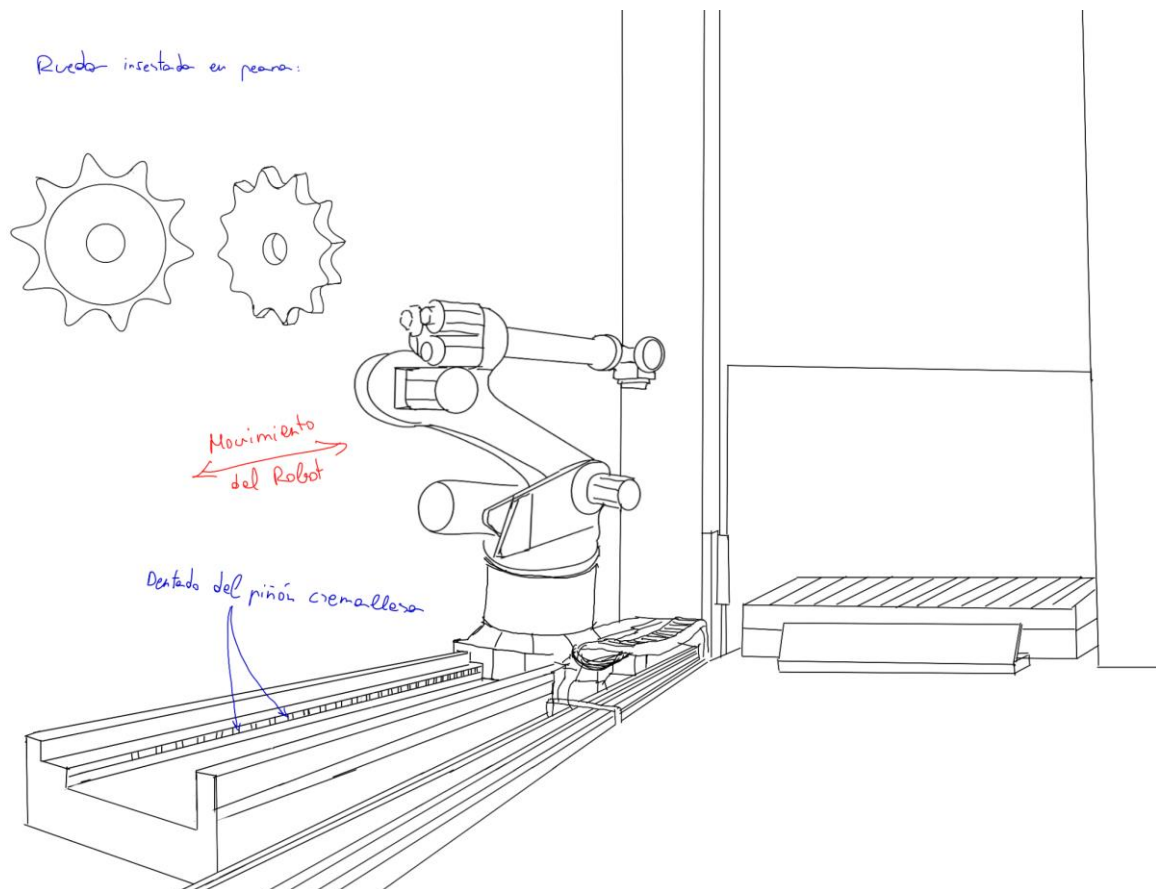


ILUSTRACIÓN 31 BOCETO CONCEPTO 1 PROBLEMA 2

SOLUCIÓN PLANTEADA 2 cinta transportadora

Esta propuesta de solución consiste en una cinta transportadora, de goma, que transportará las piezas de la primera prensa a la siguiente, cubriendo así la diferencia de metros que un solo robot no es capaz de llegar. Se instalarían robots más pequeños situados más cerca de las prensas, consiguiendo de esta manera que los robots hagan menos recorrido y ahorrar tiempo. La cinta sería de alta velocidad y solo funcionaría cuando la pieza es depositada sobre ella. Mediante un sensor se detectaría cuando está colocada la pieza sobre la mesa y por tanto se podría comenzar la movilización horizontal de la misma.

El funcionamiento sería, el primer robot coge la pieza y la deposita sobre la cinta la cual transportará la pieza hasta la siguiente prensa y donde un robot rápidamente cogerá la pieza y la dejará en el interior del troquel de la prensa.

La cinta estará compuesta por diferentes ruedas de polea que estarán unidas por cables de caucho. Esto permite la movilización de las piezas más rápida y evita paros por salida de cinta o rotura de cinta.

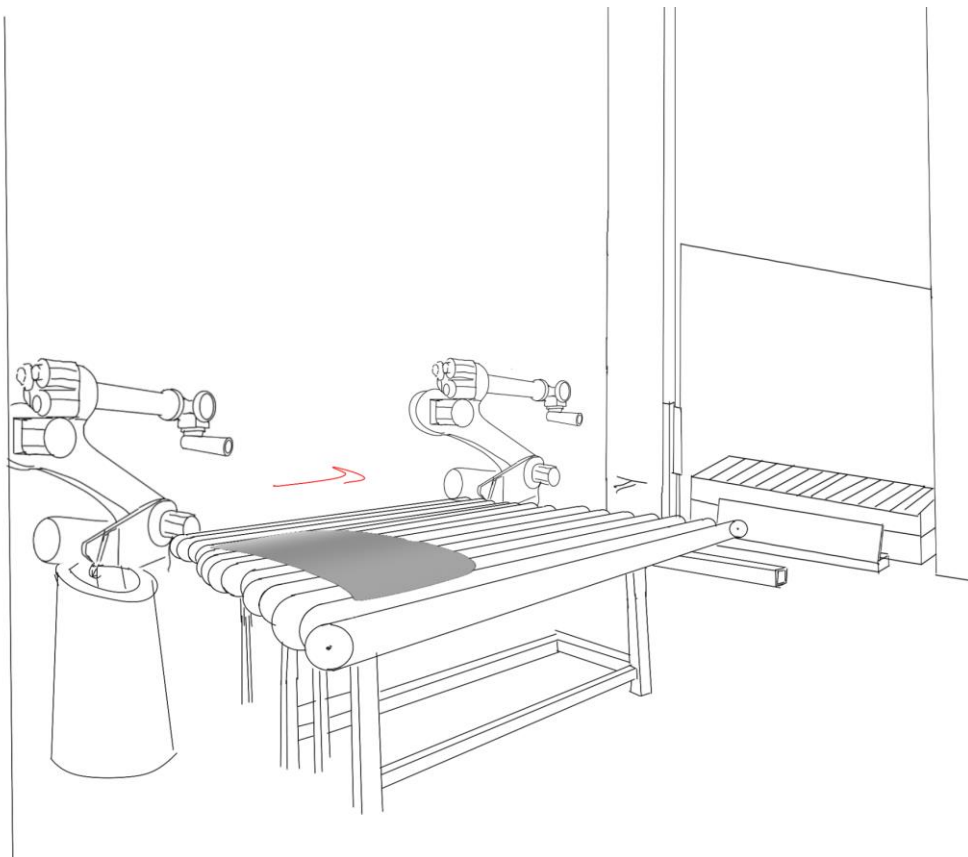


ILUSTRACIÓN 32 BOCETO CONCEPTO 2 PROBLEMA 2

SOLUCIÓN PLANTEADA 3 robot extensible

A continuación, planteo otra solución para acabar con el problema de la ineficiencia de los robots interprensas. Esta solución consiste en incorporar un alargador a los robots en el portagarras del robot de tal manera que al colocarlo queda fijo en el robot. Este dispositivo permite por un lado anclarse al portagarras del robot quedando fijo al mismo y por el otro lado, sujeta la garra. Este dispositivo permite alargarse o encogerse en función de las necesidades del robot para poder llegar a coger y dejar la chapa del interior de la prensa (se alarga el dispositivo extensible) y cuando va a salir de la prensa y transportar la pieza a la siguiente (se recoge el dispositivo extensible).

Este dispositivo alargador se encoge y alarga gracias a un sistema de tubos macho y hembra que permite alargarse para cubrir la diferencia de centímetros del brazo del robot hasta la prensa de donde cogerá la pieza. El dispositivo cuenta con 2 partes que será un macho y una hembra. La forma en que se alargará el brazo será mediante un

mecanismo de piñón cremallera, la pieza del dispositivo que soporta el robot (que va enganchada en el portagarras del propio robot) cuenta con un

El funcionamiento del dispositivo sería, inicialmente se le coloca al robot el dispositivo alargador en el extremo del brazo y el robot cogerá el dispositivo (el cual sirve para todos los robots y para todas las garras, porque el orificio para colocar la garra en el robot y la garra están unificados). Una vez el robot tiene el dispositivo cogido, se dispondrá a coger la barra por el otro extremo. Tras ello, el robot se acercará a la primera prensa y al estar posicionado para coger la pieza del interior del troquel (el robot no llega), el dispositivo se estirará permitiendo insertar la garra en el interior del troquel cogiendo así la chapa y para sacarla deberá encogerse de nuevo, tras ello el robot girará y llegará a la segunda prensa donde dejará la chapa estirando el dispositivo alargador. Finalmente se encogerá de nuevo y volverá a la primera prensa. De esta manera ahorraremos pasos entre prensa y prensa eliminando la mesa que hay actualmente.

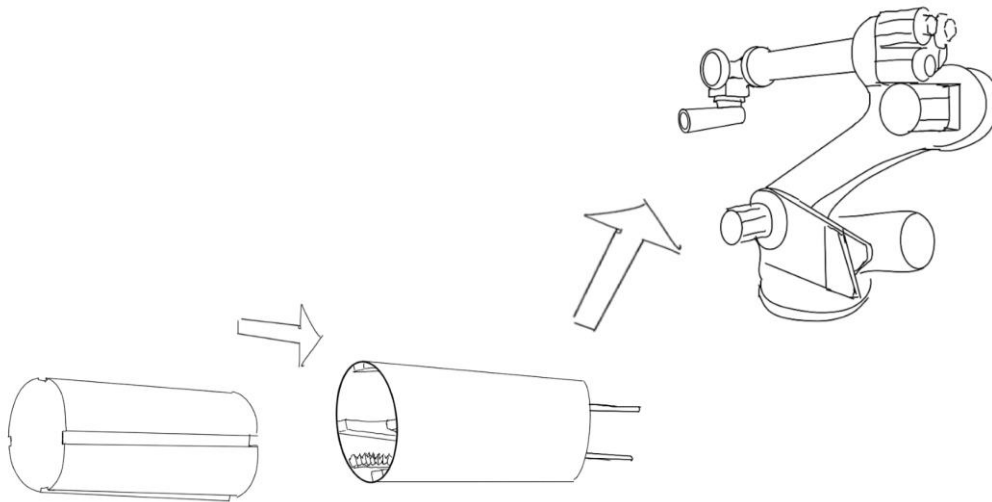


ILUSTRACIÓN 33 BOCETO CONCEPTO 3 PROBLEMA 2

SOLUCIÓN PLANTEADA 4 Columpio pendular

Este concepto consiste en utilizar una especie de péndulo o columpio formado por un soporte de 4 patas alargadas con un motor sobre la barra que permite la rotación de la misma y posibilita el movimiento pendular del soporte de garras.

En la parte inferior del columpio podemos observar un soporte de perfil rectangular que cuenta con 2 bisagras (una a cada lado) que permiten mantener el ángulo deseado con el que entrará la garra a la prensa a coger la chapa. En la parte inferior de este perfil rectangular contamos con el cabezal del robot con el que coge la garra y gira 360 grados. De esta manera controlamos el movimiento pendular con el eje superior, la inclinación de la garra con el perfil rectangular y el giro de la garra y de la pieza será mediante el soporte que coge la garra.

La garra será igual que lo que hay actualmente, cuenta con un mástil y brazos que cuentan con ventosas. Al utilizar las mismas garras de cada una de las referencias nos ahorramos dinero ya que podemos reutilizar estas garras antiguas y no hace falta comprar otras.

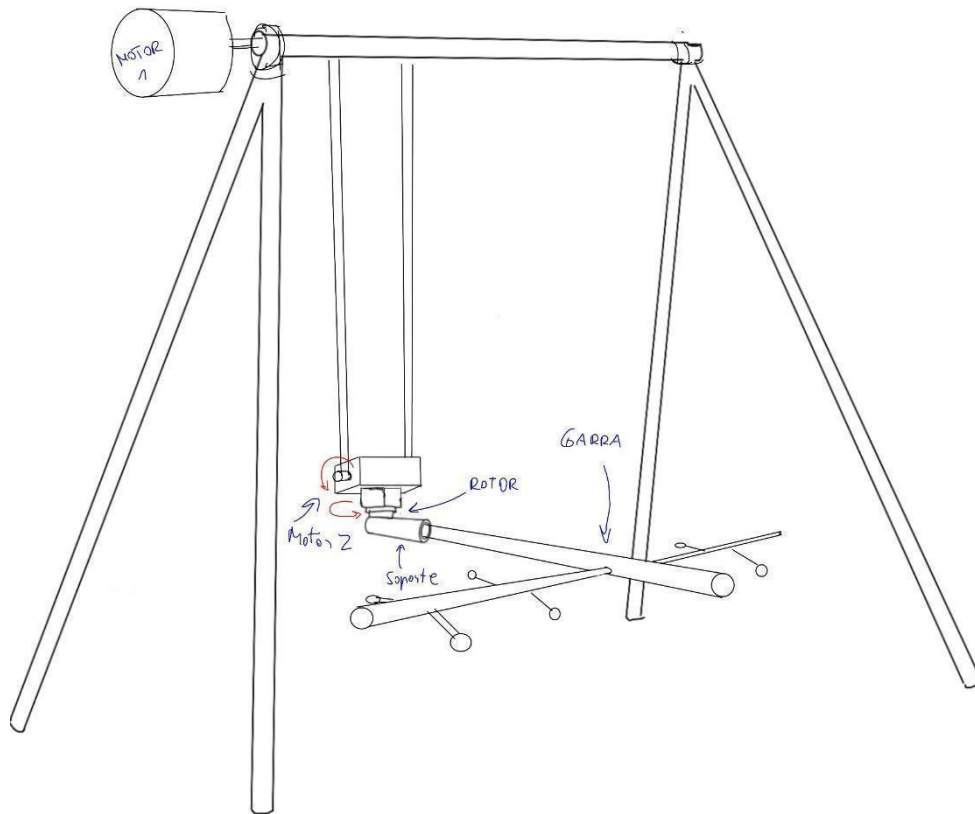


ILUSTRACIÓN 34 BOCETO CONCEPTO 4 PROBLEMA 2

5.2.2 Selección de soluciones

Para poder seleccionar de la manera más correcta y justificada la solución propuesta más indicada de los bocetos realizados en el apartado anterior, vamos a realizar una tabla donde compararemos las diferentes propuestas y elegiremos la que mejor solucione el problema propuesto.

Vamos a tener en cuenta determinados aspectos que diferencian los conceptos entre sí y permiten elegir los que mejor se adapten. Puntuamos cada característica de cada concepto del 1 al 5, (significando el 5 que es muy buena característica en el concepto y el 1 que es muy mala). Los términos elegidos para compararlos son:

- **Eficiencia de transporte:** es la velocidad con la que el concepto descrito consigue que una chapa pase de una prensa a la siguiente.
- **Consumo eléctrico:** el concepto permite ahorrar energía haciendo que los elementos no estén en funcionamiento constantemente.
- **Viabilidad:** es la facilidad de fabricación de cada propuesta.
- **Coste:** es el coste de la fabricación de la propuesta.

	Eficiencia de transporte	Bajo consumo eléctrico	Viabilidad	Coste	TOTAL
Concepto 1: Robot con guías	4	5	5	3	17
Concepto 2: Cinta transportadora	2	2	2	3	9
Concepto 3: Robot extensible	3	4	4	4	15
Concepto 4: Columpio pendular	3	5	2	3	13

TABLA 4 TABLA DE COMPARACIÓN DE CONCEPTOS PROBLEMA 2

5.2.3. Solución más adecuada

Por tanto, la solución más adecuada es el concepto 1, Robot con guías, ya que es la que mayor puntuación ha conseguido en la tabla de comparación del apartado anterior, con un total de 17 puntos.

A continuación, explicaré la solución propuesta detalladamente y haciendo hincapié en la mejora de cada una de las partes, comparando con la situación actual para comprobar que se han mejorado dichas partes y solucionado los problemas explicados previamente (en el apartado 4.3 del documento Memoria del TFG).

El concepto elegido es mejor que los otros propuestos debido a que tiene mayor puntuación, es decir es mejor en muchas de las características comparadas con el resto de los conceptos. El concepto número 1 es el que mejor soluciona los problemas identificados en el estudio de la línea de producción realizado previamente en el proyecto.

En cuanto a la eficiencia de transporte, todos realizan pasos más rápidamente que el sistema utilizado actualmente en la línea. La propuesta 1 es más rápida que los conceptos 2, 3 o 4 debido a que el robot sobre la peana móvil agiliza la llegada del robot a la prensa cubriendo esa diferencia de metros que el robot no puede alcanzar. El primer concepto tiene menor consumo de energía eléctrica debido a que no se encuentra en funcionamiento constante, tiene unos segundos de paro en el proceso. El robot cogerá la pieza y rápidamente la transportará a la siguiente prensa. Una vez depositada la chapa en la segunda prensa, el robot es transportado hasta la primera prensa de nuevo mediante la guía. Allí esperará a que otra chapa termine de ser embutida para repetir el proceso de nuevo. En este momento que el robot está esperando a coger la chapa de la primera prensa, el robot está parado sin funcionar, por lo que éste ahorra mucho tiempo de funcionamiento a lo largo de un día con 3 turnos que tiene cada día. Sin embargo, el concepto 2, Cinta transportadora, tiene más elementos que van parando en diferentes momentos de manera que se suceden los paros de ambos robots y de la cinta transportadora.

En cuanto a la viabilidad del concepto 1, es mayor debido a que las fuerzas que soporta la guía y el robot están equilibradas y con el perfil que hace que encaje, por lo que, entre este perfil, la peana y el contrapeso del robot, se permite sujetar al robot y que no vuelque (debido a que realiza palanca) cuando se estira a por la chapa del interior de la prensa. El segundo concepto con la cinta de alta velocidad y los robots a los lados se perderá más tiempo además de que el número de robots entre prensa y prensa no se disminuye, es más complicado que implantar esta solución mejore completamente el problema que tenemos actualmente. El concepto 3, robot extensible, es más viable que el concepto anterior, pero se instala mucho peso en el extremo del brazo del robot por lo que dificulta mucho al mismo para hacer movimientos ágiles y corre mucho riesgo de romperse. Y en cuanto al concepto 4, Columpio pendular, podría mejorar los tiempos y el consumo eléctrico es bajo, pero dificulta mucho su mantenimiento y el peso que ha de soportar en la parte del columpio que soporta la garra es muy elevada produciendo que por los movimientos repetitivos de pasar chapas se mueva la estructura milimétricamente y haya que reprogramar de nuevo cada parte de la línea de producción debido a que las chapas no entran correctamente en el troquel. Además, la velocidad no podría ser tan elevada por lo que igualaría o empeoraría los tiempos de ciclo de los robots actuales.

En cuanto al coste, es una desventaja para elegir el concepto 1, Robot con guías, porque las guías y la peana del robot son muy grandes y llevan mucho desarrollo, por lo que influye gravemente en el coste de este concepto, además de las obras, grúas y herramientas complejas que se necesitan utilizar para instalarlo en la línea.

Explicación de la solución en detalle y MODELADO

Por tanto, el concepto de solución planteado finalmente es el Robot con guías y consiste en la colocación de los 4 robots interpresas sobre una guía estudiada en detalle para soportar el peso del robot y evitar que vuelque debido al momento palanca creado cuando se estira a por la pieza al interior de la prensa. Debido a esto, la peana del robot sufre altas fuerzas de caída hacia el interior de la línea, por lo que la peana está bien anclada a las guías, las cuales lo están al suelo. Las guías cuentan con un diseño que las refuerza para contrarrestar estos momentos creados por el robot.

En cuanto a la secuencia de funcionamiento paso a paso del robot es, inicialmente, partiendo del momento en que el robot se aproxima hacia la primera prensa, el robot procede a colocar la garra para introducirla en el interior del troquel con el fin de coger la chapa estampada, mediante las ventosas con un sistema de aspiración de aire. Una vez ha cogido la chapa cuidadosamente sacará la garra junto con la chapa cogida y rápidamente se desplazará a lo largo de la vía, una longitud de 2000 mm, hasta llegar al lado de la segunda prensa dónde frenará y cuidadosamente meterá la garra junto con la chapa estampada en la segunda prensa, la depositará en el interior del troquel y saldrá la garra

del interior de la prensa cuidadosamente. Tras ello volverá rápidamente al lado de la primera prensa y se colocará en posición de entrada para, una vez termine esta prensa la estampación, entrar a por la chapa de nuevo. Mientras, se encontrará estático esperando (en bajo consumo energético) con la posición preparada para entrar en el interior de la prensa.

En cuanto al cambio de garra será realizado automáticamente por el robot. Las garras de cada referencia (10 garras en total, actualmente hay 20 debido a que son 2 robots) se colocarán en el parking de garras situado en la parte superior de la parcela donde se encuentra el robot. Es decir, las garras están dispuestas de 2 en 2 en una estructura de metal (que cuenta con 10 barras) situada encima del robot. Actualmente están ocupadas las 10 barras del parking con 2 garras en cada una pero tras la implementación de mejoras se colocarán las 10 garras usadas en las 5 barras más cercanas al robot (facilitando la llegada de éste a las garras y poder realizar el cambio). Las garras son colocadas ahí por los robots y no se bajarán a menos que haya una avería importante en alguna de las éstas. Las garras cuentan con una hembra de gancho de acero en su mástil que permite colgarla en el gancho, el cual está situado en el parking de garras con la parte de la garra que encaja en el robot mirando hacia abajo. Los operarios pueden subir al parking de garras, SIEMPRE Y CUANDO la línea se encuentre parada, para reparar o cambiar alguna ventosa o posición de los brazos de las garras, gracias a un pasillo a la altura de las ventosas. Si desde el pasillo no se llega a reparar la ventosa, cuando el robot baje la garra para fabricar la referencia, ésta será reparada.

Cuando se vaya a realizar un cambio de garra el robot se acercará a la mitad de la guía más o menos colocado en la mitad del espacio interprensas. Lentamente comenzará a subir acercándose al gancho del parking de garras reservado para colgar ahí esa determinada garra de esa determinada referencia de pieza que va a dejar colgada. Una vez colgada la garra, el gancho cuenta con un sensor con un muelle que una vez esté correctamente colgada la garra, este dará la señal para soltar la garra y que permanezca colgada en el gancho (de esta manera nos aseguramos de que la garra no quede mal colgada y pueda llegar a caer del elevado parking de garras rompiéndose). Tras ello el robot suelta la garra y procede a coger la garra de la siguiente referencia que se va a fabricar. Se realizará el mismo proceso, pero inverso para asegurar que la garra se coge correctamente y no pueda caerse. Finalmente, el robot se colocará en posición para comenzar la producción una vez se haya finalizado el cambio.

Este movimiento de traslación a lo largo de la guía se posibilita gracias a un juego de ruedas que facilitan el deslizamiento del robot a lo largo de la guía sin ejercer gran rozamiento. La aceleración es realizada por una rueda dentada que gira rápidamente gracias a su rotación, implementada por un motor, a lo largo de una cremallera colocada en el perfil de la guía que transforma la rotación de esta innovadora rueda dentada en movimiento de traslación a lo largo de la vía. El perfil de la guía está estudiado y diseñado cuidadosamente para sujetar al robot y ofrecer una gran resistencia al momento flector creado por el robot al estirarse para coger o insertar la chapa en la prensa.

La guía por las que se desplaza el robot permite su agarre y anclaje al suelo de manera que gracias al contrapeso y a este sistema al estirarse y coger la pieza, el robot no se vuelque cayendo de las guías. El robot se encuentra sobre una peana que cuenta con una rueda dentada y un motor que hace posible ese movimiento transversal del robot a lo largo de la celda con un mecanismo de piñón cremallera que será el que regula la velocidad de traslación del robot. El diseño del perfil de la guía permite que el robot no se pueda levantar de la guía de manera que éste está encajado. Primero meter la guía en el hueco interprensas y por el hueco lateral derecho entre la prensa y la guía, introducir la peana del robot en la guía. Y por último introducir el robot sobre la peana móvil dónde se atornillará y quedará anclado. Todos estos movimientos se realizarán mediante el puente grúa.

En este nuevo diseño de metodología para pasar una chapa de una prensa a la siguiente de la línea de producción sólo se utilizará un único robot. Por lo que se reutilizarán cuatro de los robots que se están utilizando actualmente en la línea. La política de la empresa no deja comprar robots nuevos sin la aprobación previa de los altos cargos del grupo tras haber consultado si tienen el tipo de robot necesitado en otras plantas de la compañía a nivel mundial. Esto se debe a que a nivel de grupo hasta antes de imponer esta restricción se compraban constantemente robots nuevos cuando en los almacenes había robots totalmente o casi nuevos con 0 ó unas pocas horas de uso. Esto se realizó para disminuir los gastos de la compañía y aprovechar el material que tenía en almacenes antes que comprar de nuevo productos que no eran necesarios. Por tanto, antes de comenzar la obra de instalación de los robots sobre las peanas se estudiarán los 8 robots que se están utilizando actualmente en la línea para determinar cuáles de esos 4 robots están en mejor estado. En caso de no tener 4 robots que están en estado aceptable para continuar la producción se procederá a solicitar los robots necesarios a las diferentes fábricas del grupo para instalar otros robots que estén en mejor estado.

El motor que hace girar la rueda a lo largo de la guía será un servomotor y será de FANUC, cuentan con variados modelos de diferentes tamaños por lo que en el modelado se ha simulado el motor a utilizar permitiendo así reservar el espacio para su instalación. También se plantea la manera en que va a anclarse a la peana móvil del robot.



ILUSTRACIÓN 35 MOTOR GIRATORIO DE RUEDA DENTADA ([Descripción de los motores FANUC](#))

La instalación del robot y de la guía en el interior de la celda interpresas será ejecutada mediante una obra realizada por Procon SYSTEMS. Esta empresa mencionada nos ayudará a llevar a cabo la obra a realizar. Realizaremos conjuntamente un estudio previo de la línea analizando todas y cada una de las partes que se van a cambiar y será necesario transformar para la instalación de la guía en el interior de la misma. El estudio será muy detallado debido a que sería una obra de nivel C3, (hay 4 niveles: C1, C2, C3 y C4 que marcan el grado de importancia de la obra a realizar en la línea de producción. Siendo C1 poco importante y C4 muy importante). Por tanto, el grado de importancia de la obra a realizar en la línea es C3 ya que si no se acaba la obra en la fecha especificada se parará la producción sin poder generar piezas y por tanto produciendo grandes pérdidas económicas en la compañía. La obra se realizará en el parón de verano debido a que es necesario cortar la producción para la ejecución del proyecto.

Por tanto, es importante estudiar con Procon el proyecto y todos los problemas que nos puedan surgir para verano ya que un error o un problema imprevisto podría causar grandes pérdidas económicas a nivel de grupo.

Montaje del producto

Inicialmente se ensamblarán las diferentes vigas que conforman la guía por la que circulará el robot. El ensamblaje de las guías quedará fijado por tornillos que sujetarán cada una de ellas uniéndolas con las vigas que tienen a sus lados. Posteriormente esta guía quedará fija al suelo mediante tornillos, exactamente 5 tornillos en cada lado, que sujetarán el ensamblaje por delante y por detrás del mismo.

Una vez esté montado y fijado el ensamblaje de la vía por donde circular el robot se procederá al montaje de la peana móvil. Como se ve en la imagen la peana está dividida en dos partes. Inicialmente se colocarán las ruedas con sus ejes en la peana, las ruedas amarillas más pequeñas serán colocadas en el interior del eje y el eje se colocará a presión dentro de la peana. Todas las ruedas son compradas al proveedor con los rodamientos colocados ya por el mismo en el interior de las ruedas. Tras ello se procederá a colocar el motor junto con la rueda dentada, primero se coloca la rueda dentada junto con el rodamiento en el hueco de la parte inferior de la peana y a continuación se introducirá la parte inferior de la peana en el interior de las guías. Posteriormente se atornilla el motor en la tapa de la peana haciendo encajar el eje de la rueda con el eje del motor y facilitando su rotación. Para finalizar se colocará el robot encima mediante la ayuda del puente grúa y se conectarán todos los cables. La cinta oscura que se ve en la imagen es una guía que facilita la salida de los cables del robot y de la peana evitando que éstos se enreden y se enganchen durante el movimiento del producto.

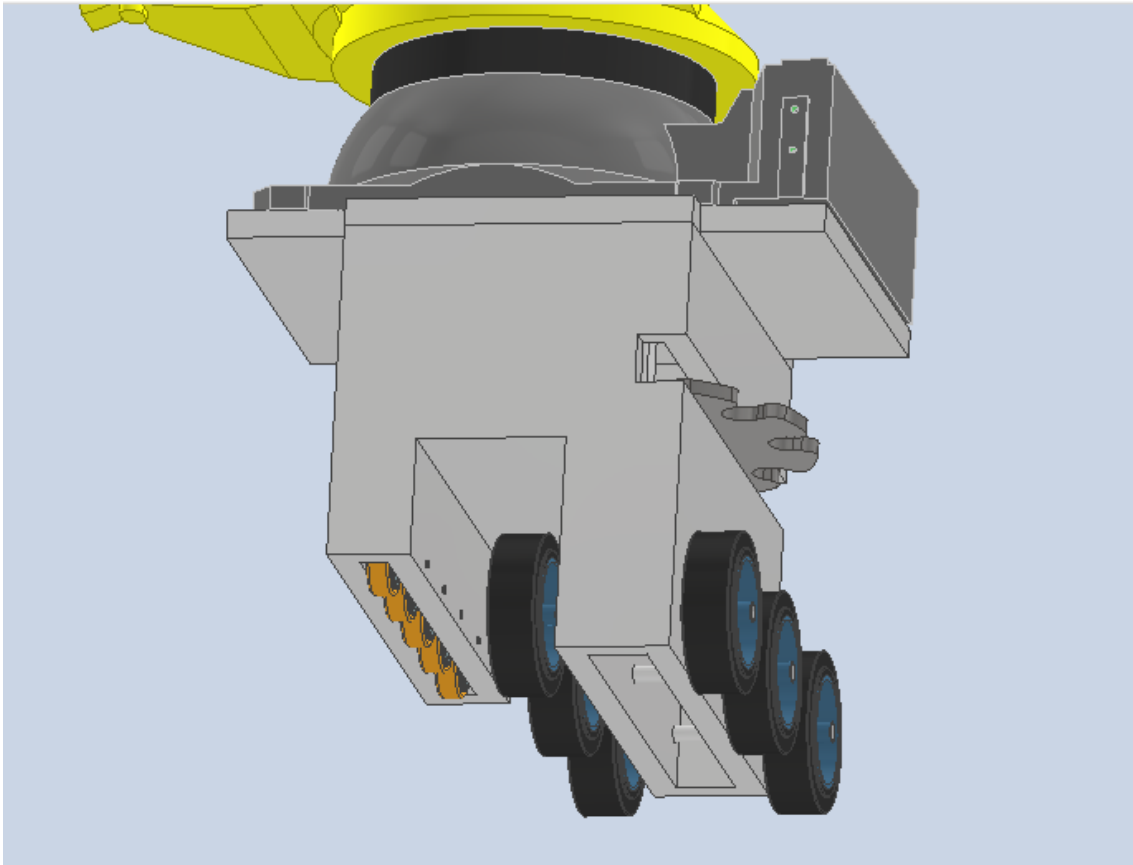


ILUSTRACIÓN 36 MODELADO PEANA MOVIMIENTO TRANSVERSAL

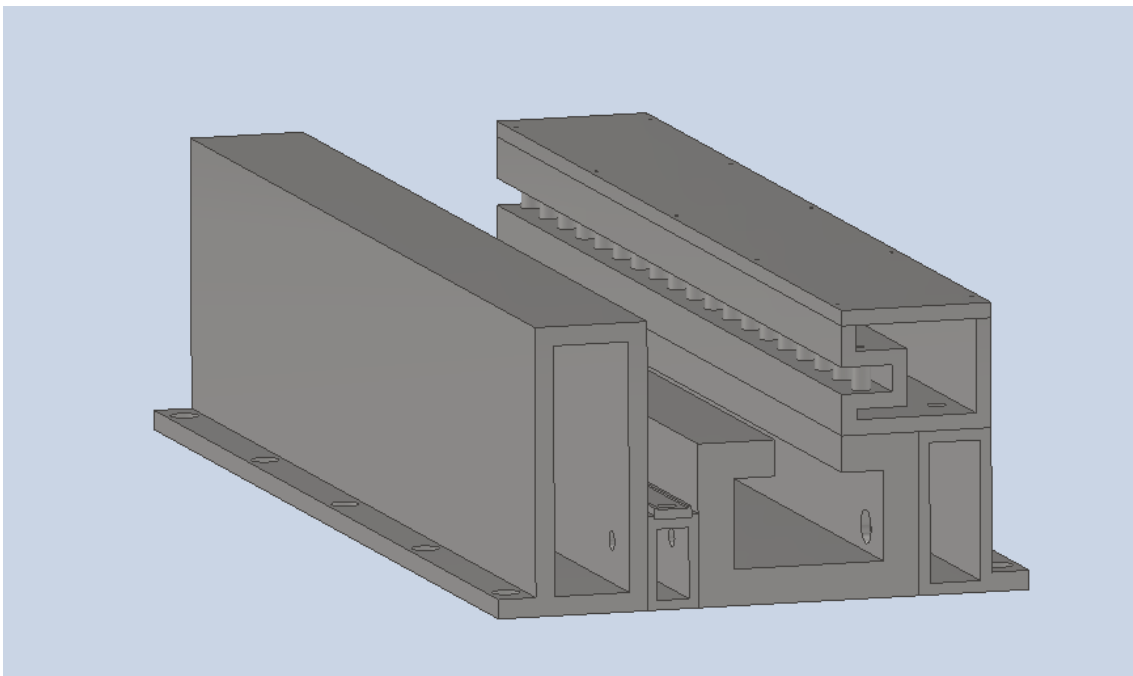


ILUSTRACIÓN 37 MODELADO GUÍA ROBOT

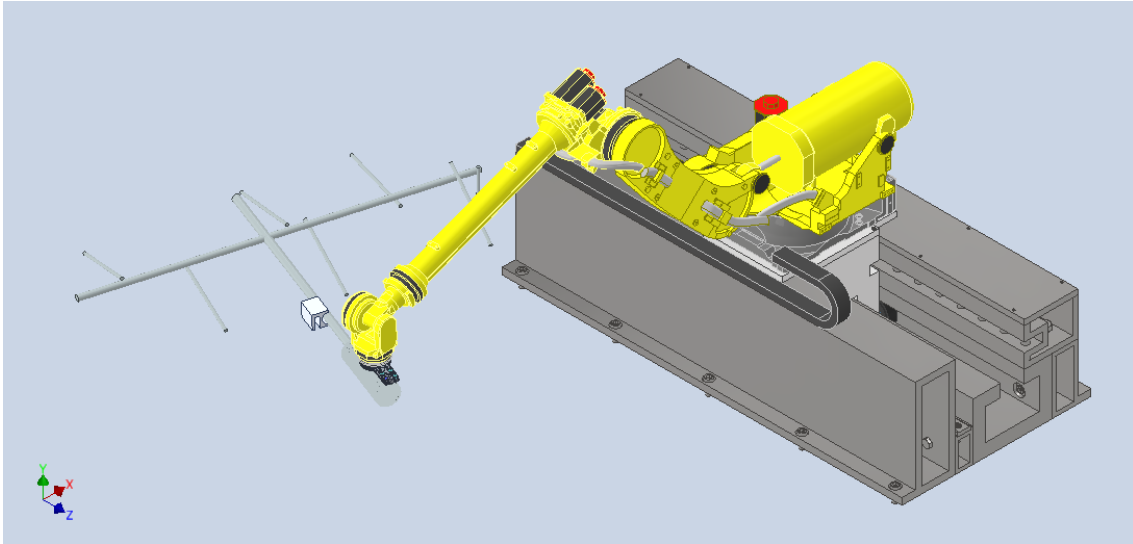


ILUSTRACIÓN 38 MODELADO SOLUCIÓN DE ROBOTS INTERPRENSAS

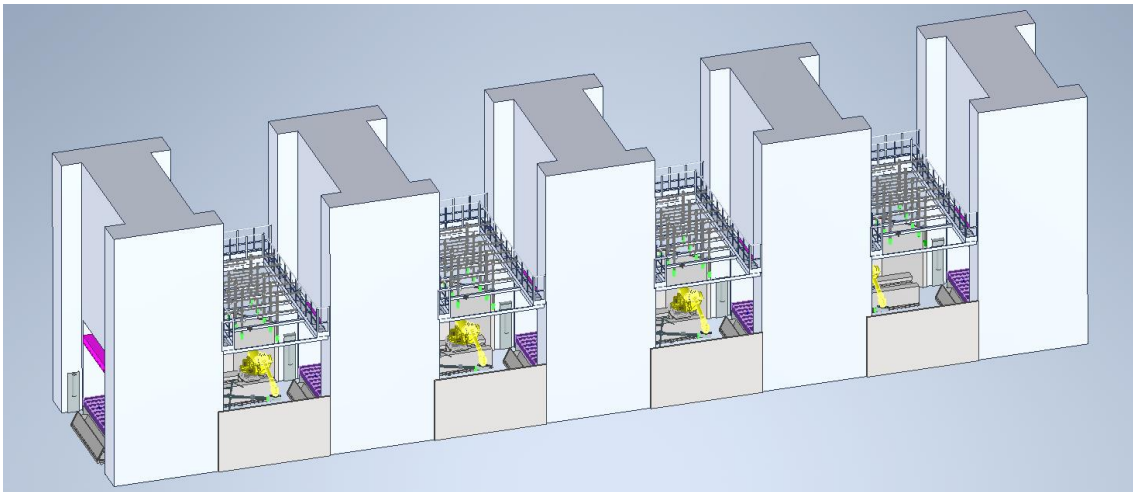


ILUSTRACIÓN 39 MODELADO SOLUCIÓN DE ROBOTS INTERPRENSAS

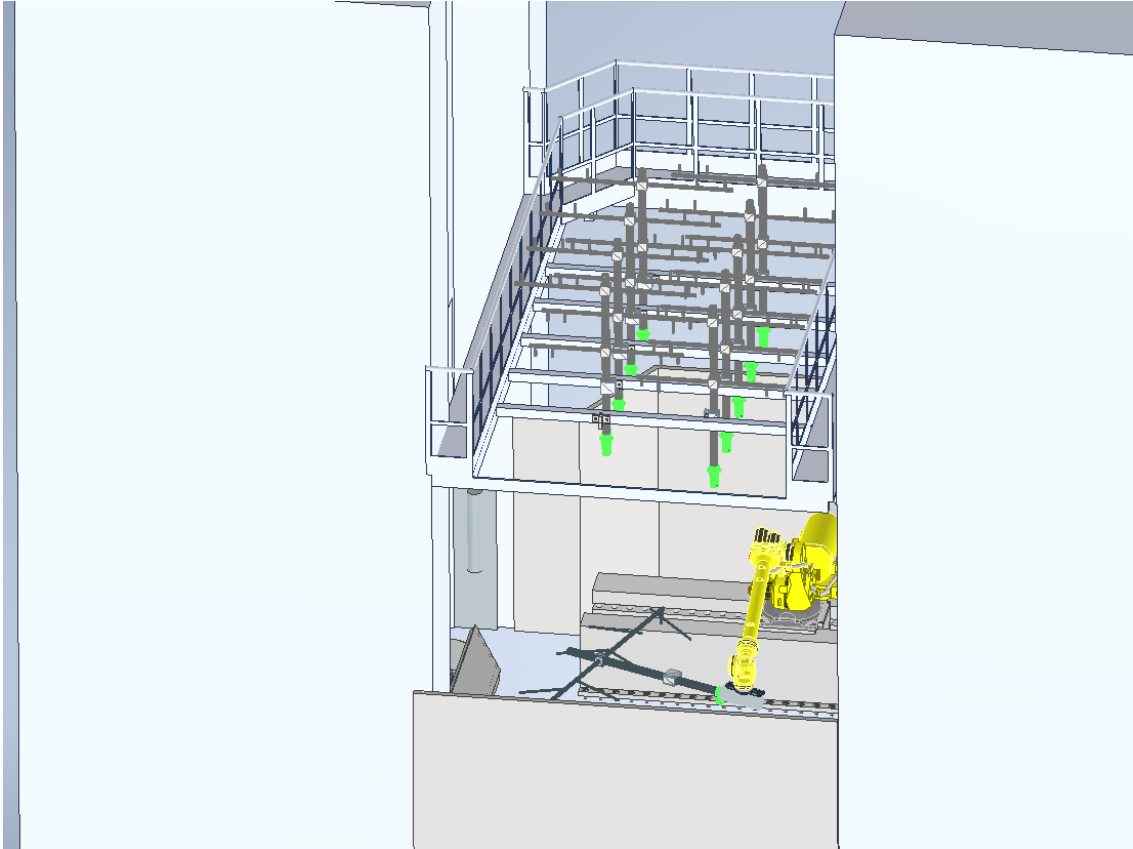


ILUSTRACIÓN 40 MODELADO SOLUCIÓN DE ROBOTS INTERPRENSAS

5.3. Mala ergonomía de colocación de imanes en mesas de carga

Tras haber realizado los análisis ergonómicos en el Documento Anexos, apartado “ANEXO 6 - Análisis ergonómico del problema en las mesas de carga” vemos cuales son las partes más problemáticas de cada postura por lo que nos facilita detectar cuales son los principales problemas de diseño del producto y nos facilita el rediseño del producto actuando solo en las partes más desfavorables para la ergonomía.

5.3.1. Bocetado de soluciones

SOLUCIÓN PLANTEADA 1 imanes sobre guías en 3 dimensiones

Este concepto consiste en incorporar un dispositivo de colocación de los imanes en las mesas portachapas que soportan los paquetes al inicio de la línea donde el robot las coge una vez han sido separadas. Para solucionar el problema de la colocación de imanes y que el operario adquiriera una postura más ergonómica, se utiliza un sistema de 3 ejes (x, y, z), que permite encontrar el punto exacto en el que se quiere colocar el imán.

El producto presentado cuenta con 3 guías que le permiten mover el imán en todas direcciones. Cada guía va unida a otra guía salvo la guía del eje horizontal que va anclada a la mesa, pero cuenta con unas sujeciones que permiten sujetarla a la misma y colocarla en el punto deseado.

Cada guía se mueve con respecto a la otra y lo hace utilizando un mecanismo de husillo de rosca trapezoidal guiado mediante un dispositivo de traslación que permite el movimiento lineal entre las barras y la mesa.

Lleva un husillo automatizado que cuando se le ordena, en la pantalla, que acuda a x coordenadas el husillo es girado por un motor y gira permitiendo el desplazamiento de las guías a lo largo de la barra roscada.

La altura del imán y sus posicionamientos laterales se bloquean mediante el bloqueo del husillo el cual estará unido al motor rotor. Por lo que mientras el motor no gire, éste estará bloqueado. Aun así, se colocarán automáticamente unas manecillas sobre la barra roscada una vez la posición se haya fijado y no permitirán el giro del husillo.

El imán está unido a la barra que lo soporta mediante una bisagra que permite su rotación en un rango de 180 grados. Esto ayuda al imán a adaptarse a la forma del paquete ya que en ocasiones las chapas tienen formas muy variadas y no siempre son rectangulares.

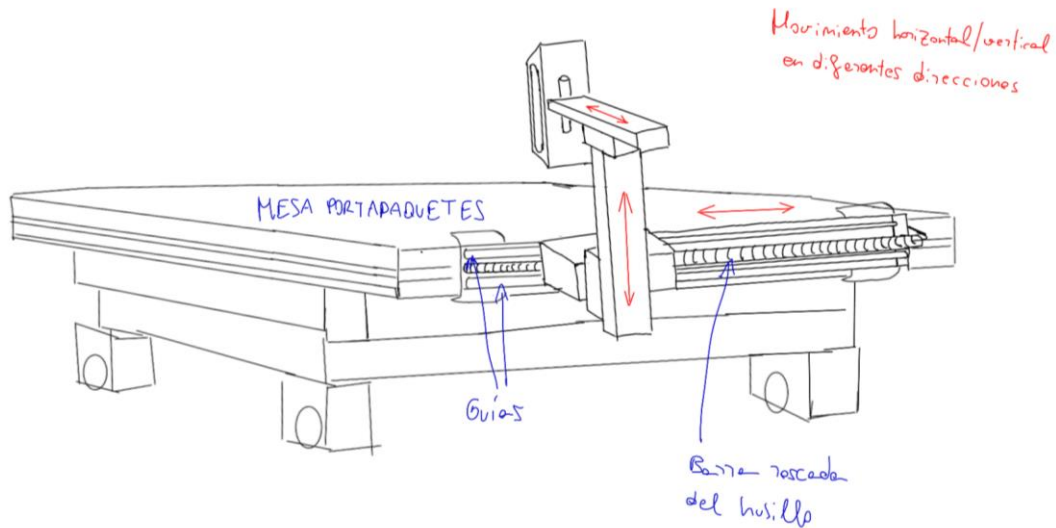


ILUSTRACIÓN 41 BOCETO CONCEPTO 1 PROBLEMA 3

SOLUCIÓN PLANTEADA 2 muchos brazos metálicos flexibles unidos

Este concepto planteado a continuación busca solucionar el problema ergonómico descrito en el apartado 4.4.1 de la Memoria.

La solución planteada consiste en unos brazos metálicos flexibles (como el soporte de un flexo, pero más resistente) que por un extremo sostiene el imán que separa las chapas y el otro extremo se encuentra anclado a la mesa mediante un soporte de guías fijado mediante tornillos, que es el anclaje a la mesa que se utiliza actualmente.

Estos soportes metálicos son flexibles y permiten ser ajustados por el operario. El operario tiene que realizar esfuerzo para moverlos lo que permite que una vez colocado en la posición deseada, el imán quede fijo y no se desplace por el peso del mismo.

Los brazos metálicos están formados a su vez por la unión de brazos más pequeños que uno solo no sería capaz de soportar el peso del imán, pero todos juntos permiten esa flexibilidad y a su vez esa resistencia para aguantar el imán.

El imán separa las chapas de acero del paquete de carga.

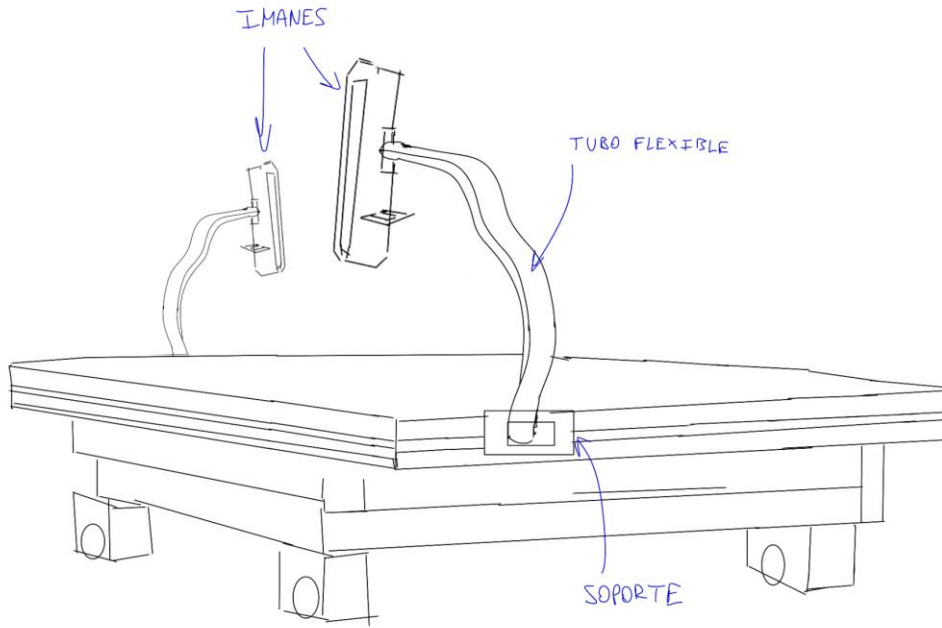


ILUSTRACIÓN 42 BOCETO CONCEPTO 2 PROBLEMA 3

5.3.2 Selección de soluciones

Para poder seleccionar de la manera más correcta y justificada la solución propuesta más indicada de los bocetos realizados en el apartado anterior, vamos a realizar una tabla donde compararemos las diferentes propuestas y elegiremos la que mejor solucione el problema propuesto.

Vamos a tener en cuenta determinados aspectos que diferencian los conceptos entre sí y permiten elegir los que mejor se adapten. Puntuamos cada característica de cada concepto del 1 al 5, (significando el 5 que es muy buena característica en el concepto y el 1 que es muy mala). Los términos elegidos para compararlos son:

- **Ligereza, resistencia y precisión:** es la ligereza con la que el operario puede mover el sistema propuesto, resistencia para que el imán quede en la posición deseada y precisión para que el imán pueda situarse en el punto exacto donde debe estar para separar las chapas del paquete.
- **Facilidad para operario:** facilidad de los movimientos del operario y disminución de estos movimientos.
- **Viabilidad:** es la facilidad de fabricación y posterior funcionamiento de cada propuesta.
- **Coste:** es el coste de la fabricación de la propuesta.

	Ligereza, resistencia y precisión	Facilidad para operario	Viabilidad	Coste	TOTAL
Concepto 1: imanes sobre guías en 3 dimensiones	4	5	4	3	16
Concepto 2: brazos metálicos flexibles unidos	2	3	4	5	14

TABLA 5 TABLA DE COMPARACIÓN DE CONCEPTOS PROBLEMA 3

5.3.3. Solución más adecuada

Por tanto, la solución más adecuada es el concepto 1, Imanes sobre guías en 3 dimensiones, ya que es la que mayor puntuación ha conseguido en la tabla de comparación del apartado anterior, con un total de 16 puntos.

A continuación, explicaré la solución propuesta detalladamente y haciendo hincapié en la mejora de cada una de las partes, comparando con la situación actual para comprobar que se han mejorado dichas partes y solucionado los problemas explicados previamente (en el apartado 4.4 del documento Memoria del TFG).

El concepto elegido finalmente destaca con respecto a los otros debido a diferentes características, las cuales se han comparado en la tabla del apartado anterior y estas características son las definidas previamente en el apartado de las especificaciones de diseño. Por tanto, como solucionan mejor estas necesidades del usuario es el concepto que se ha elegido finalmente.

En cuanto a la ligereza de movimiento del imán, la resistencia que posteriormente tiene este sistema para sujetarlo y mantenerlo fijo y la precisión que se alcanza permitiendo al usuario colocar el imán en el punto exacto en el que es necesario colocar el imán para separar las chapas, tiene mejor puntuación en el concepto 1, Imanes sobre guías en 3 dimensiones, debido a que éste cuenta con un sistema de barras móviles una con respecto a otra mediante un husillo engrasado que son movidos automáticamente sin que el operario ejerza esfuerzo. En cuanto a la resistencia que impone el sistema para mantener fijo el imán una vez colocado en la posición deseada. El husillo cuenta con un motor paso a paso que queda fijo bloqueando cualquier movimiento. Este sistema de colocación de imanes es muy preciso gracias a la automatización del movimiento del husillo y la pantalla para interaccionar con el usuario. En el concepto 2 sin embargo, las barras que soportan los imanes son rígidas permitiendo que quede fijo el imán en el punto deseado, pero con cualquier golpe o choque del operario o del robot puede desajustarse. Además, la precisión con la que cuenta el sistema para fijar los imanes en el punto deseado es compleja ya que la resistencia ofrecida por las barras no permite actuar con precisión al operario.

Hablando ahora sobre la facilidad del operario para utilizar cada uno de los conceptos propuestos, sin ninguna duda es mucho más ergonómico y favorable el uso del primer concepto desde el punto de vista del operario. Este concepto cuenta con una pantalla con la que interactúa el usuario por lo que le facilita adquirir una posición estable y ergonómica. Sin embargo, el otro concepto requiere ser colocado y quitado cada vez por el operario en cada referencia ejerciendo resistencia a sus movimientos.

En cuanto al coste, el primer concepto tiene un valor económico más elevado debido a toda la automatización del sistema e implementación de 3 husillos y 3 guías en cada uno de los 4 lados. El segundo concepto es más económico debido a la simpleza del mismo.

Explicación de la solución en detalle y MODELADO

Por tanto, el concepto seleccionado finalmente para solucionar el problema de la ergonomía de colocación de imanes en mesas de carga, es el concepto 1, Imanes sobre guías en 3 dimensiones, que consiste en un sistema de desplazamiento transversal formado por 3 guías y unidas entre sí mediante mecanismos de husillo. Una de las tres guías va anclada (mediante tornillos) a la mesa de carga de las chapas por lo que soporta y estabiliza, manteniendo fijo el sistema de traslación. Esta guía contiene 2 barras a los lados del tornillo del husillo que permitan dar estabilidad y resistencia a esta guía que es la que soporta todo el sistema. En cuanto a la segunda guía, de movimiento vertical, cuenta con otro husillo, el cual va anclado sobre la caja donde se encuentra el husillo de la primera guía lo que le permite trasladarse ya en 2 direcciones (eje X y eje Y). La tercera guía, que también cuenta con su propio husillo, éste va anclado al extremo de la segunda guía, de tal forma que cuando esta segunda guía suba y baje también lo hará la tercera guía. El husillo de la tercera guía se mueve horizontalmente en el eje Z y permite colocar el imán a la profundidad deseada con respecto del paquete de imanes. Es la guía que permite mantener en contacto y presionado el imán al paquete de chapas. Por último, el imán está anclado a la tercera guía mediante una bisagra, solamente mecánica sin automatizar, que permite adaptar la posición del imán en cuanto a su ángulo para apoyar toda su superficie en el lateral del paquete de chapas, que no siempre estará colocada perpendicularmente con respecto a la superficie del imán.

Además, este sistema contará con una pantalla táctil como la que se utiliza actualmente en las prensas, que permita al operario dar las diferentes órdenes al sistema de guías. Tanto la pantalla como el dispositivo de guías irán conectados a la red eléctrica de la instalación.

Para grabar en el sistema las coordenadas en las que tendría que estar colocado el imán para cada referencia, El operario tendría que seleccionar en la pantalla del sistema La opción “añadir coordenada” y posteriormente los bloqueos del sistema de ejes se quitarían y el operario debería mover el imán hasta el punto en el que quiere que esté colocado. Posteriormente debe darle a guardar las coordenadas en el sistema nombrando la referencia para las que estas coordenadas son.

En cada mesa de carga irán 6 sistemas como este, no siempre en todas las referencias se utilizarán los 6 imanes, habrá en referencias de piezas más pequeñas que se utilizarán solo 4 imanes, por tanto, dos de los imanes se quedarán recogidos en un lateral.

Los imanes en posición recogida, se colocarán: la primera guía con el husillo situado al fondo a la derecha, la segunda guía tendrá el husillo colocado en la parte superior de la guía (pegado a la tercera guía) y en la tercera guía, el husillo colocado en la parte más cercana del imán. De esta manera, los imanes quedarán situados en los laterales de la mesa abajo a la derecha, de manera que se quitan del medio y no estorban a la hora en que el carretillero meterá el paquete de chapas en la mesa con el toro mecánico. Una vez estén insertados los paquetes, el operario seleccionará la referencia de pieza que se va a fabricar, automáticamente los imanes que se vayan a utilizar acudirán a sus coordenadas las cuales fueron programadas el día en que se instaló el sistema.

La guía 1 es la que va unida a la mesa, como se puede observar en las imágenes adjuntadas, hay 2 sistemas uno seguido del otro en el lateral más extenso, sin embargo, en el lateral menos extenso hay solamente un único sistema.

En el lado izquierdo de la guía 1, que mide 1850 mm de largo, se ha contado con un espacio de 200 mm donde irá colocado el motor que haga girar esta guía (el motor mide en torno a 150 mm pero se ha dejado más espacio para poder acceder a reparaciones sin problema). El motor que hará girar la guía 2 irá colocado en la parte inferior de la guía, y el motor del husillo de la guía 3 irá colocado en el lado contrario a donde se encuentra situado el imán.

El motor de husillo es de Igus.S.L, la instalación la realizan ellos con ayuda del área de mantenimiento con un mecánico y un eléctrico. El mecanismo de husillo cuenta con una barra la cual es girada desde las sujeciones laterales mediante un motor (a un lado tiene el motor y al otro un soporte con rodamiento). Tiene una pieza de plástico la cual es desplazada mediante este movimiento rotatorio de la barra roscada. Esta pieza de plástico irá reforzada en el producto ideado mediante una pieza de aluminio que sujeta la pieza de plástico del husillo por un lado y por el otro sujeta la segunda guía. Esta pieza de aluminio se desliza por unas guías para reforzar el sistema.

M56

Métrica	Talla	Uds/Caja	Nombre	Precio/Caja	Unidades	Añadir
M56	1m	1000	Din 976 A – 8.8 varilla roscada zincada M56x1m	Ver precio		
M56	2m	1000	Din 976 A – 8.8 varilla roscada zincada M56x2m	Ver precio		

ILUSTRACIÓN 43 DATOS VARILLA ROSCADA (VARILLA ROSCADA UTILIZARÉ M56 (2M): [Calidad 8.8. - Zincada - Varosa](#))

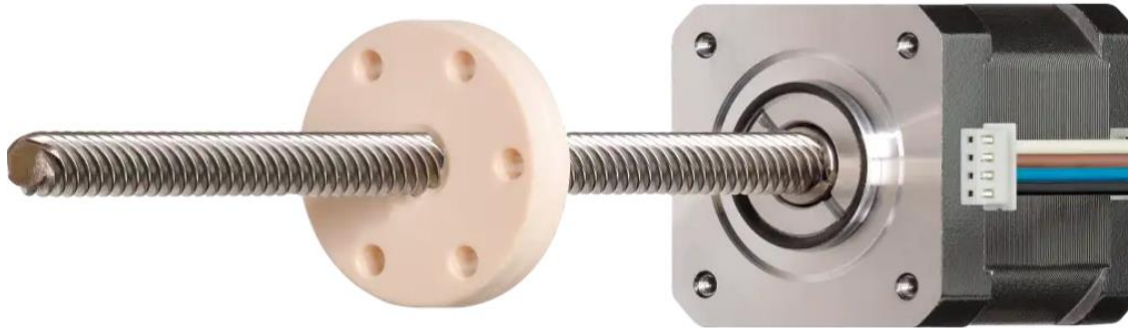


ILUSTRACIÓN 44 HUSILLO DE IGUS MOTION PLASTICS ([Motores de Husillo](#) | [Actuadores lineales de Husillo](#) | [igus \(drylin® E linear actuator, stranded wires with JST connector, NEMA17\)](#))

Montaje del producto

Inicialmente se colocará la guía 1 sobre la mesa, la cual irá atornillada mediante las levas que salen en los laterales. Esta guía, por donde circula el husillo, se habrá fabricado mediante mecanizado y mediante la unión soldada de piezas mecanizadas, barras y chapas de diferentes espesores. Tras ello se coloca la pieza del husillo en el interior de las guías y posteriormente se introduce la barra roscada pasando por el interior del husillo. Finalmente se añade un rodamiento en el extremo opuesto del motor de la barra roscada. Posteriormente se colocan los motores unidos a la barra roscada, anclados en la guía. La hembra del husillo va atornillada a la pared de la pieza llamada husillo.

Se repite el procedimiento para el resto de guías colocando juntos los husillos de las guías 1 y 2 y atornillándolos y el husillo de la guía 3 se atornilla al extremo de la guía 2. Y finalmente se coloca el imán haciendo coincidir los orificios con el saliente de la guía 3 por donde pasará un tornillo con una tuerca al otro lado que permitirá el movimiento de bisagra.

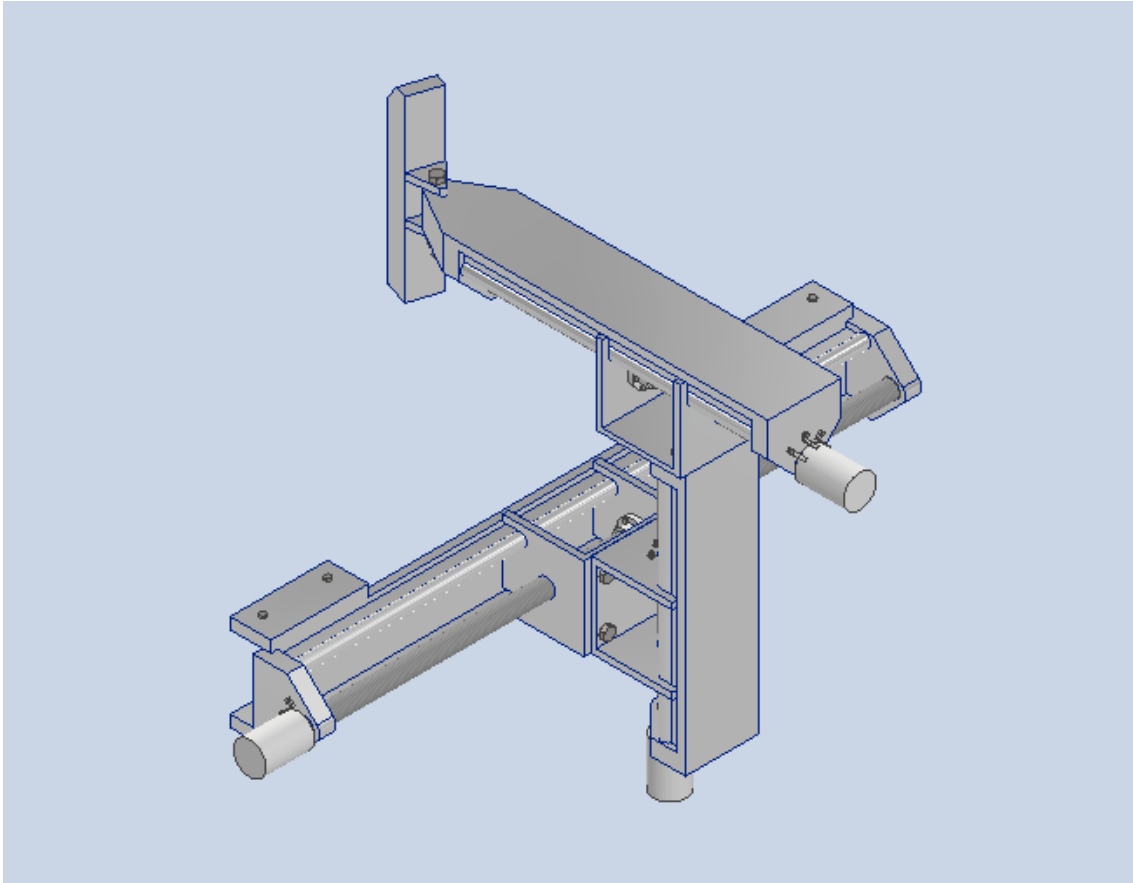


ILUSTRACIÓN 45 MODELADO SOLUCIÓN ERGONÓMICA DE LAS MESAS DE LOS PAQUETES DE CHAPAS

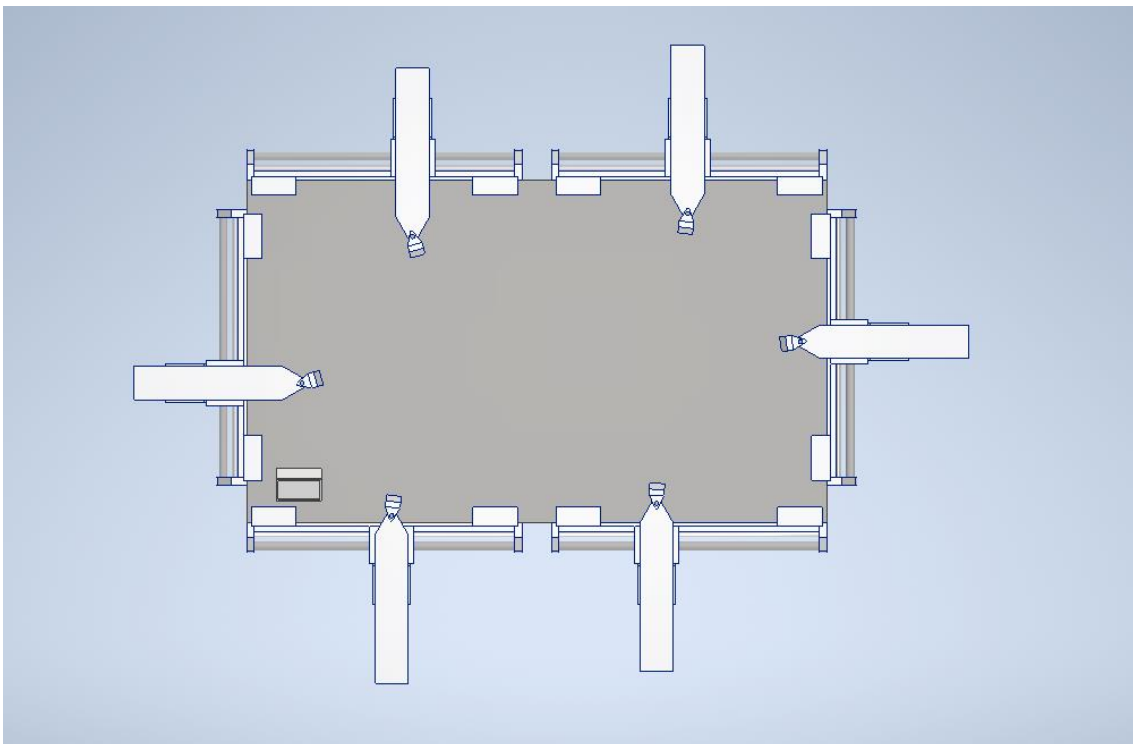


ILUSTRACIÓN 46 MODELADO SOLUCIÓN ERGONÓMICA DE LAS MESAS DE LOS PAQUETES DE CHAPAS

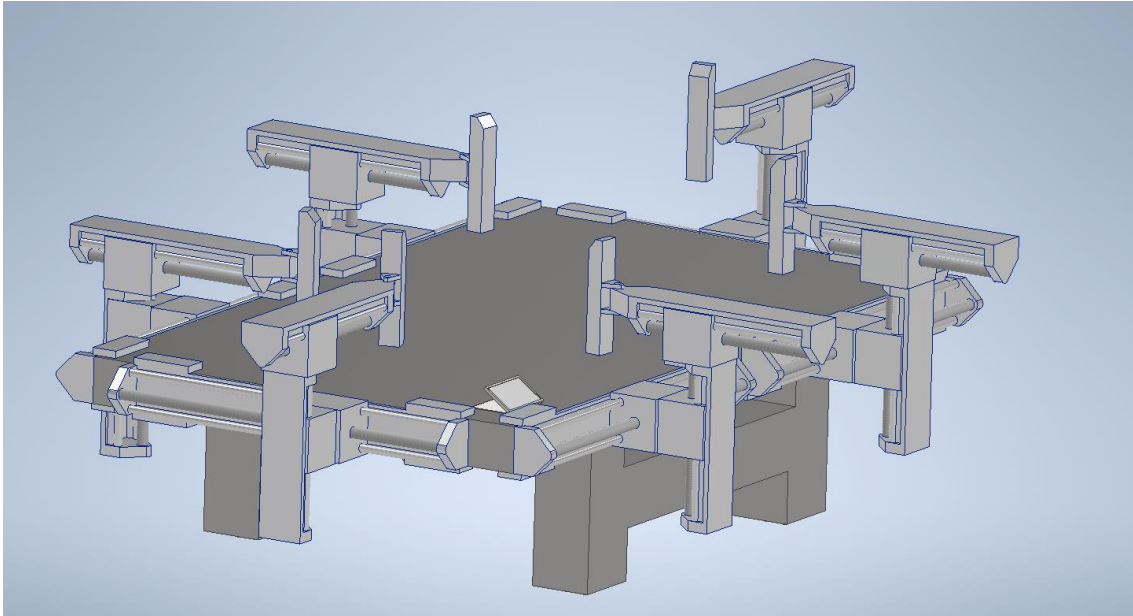


ILUSTRACIÓN 47 MODELADO SOLUCIÓN ERGONÓMICA DE LAS MESAS DE LOS PAQUETES DE CHAPAS

Explicación de la solución determinada para el problema de la puerta manual

En cuanto al problema de la puerta pesada en el inicio de la línea de producción que permite meter las mesas de carga de las chapas (descrito en el apartado 4.4 de la memoria) se ha implantado la siguiente solución:

Tras haber estudiado el problema ergonómico de la puerta pesada de la línea de producción, se observa que el operario tiene que realizar un sobreesfuerzo cada vez que abre la puerta y la cierra y al realizar el estudio ergonómico se observa que se han de implementar cambios inmediatamente. Por tanto, una vez estudiado el problema se deduce que la mejor forma de solucionar dicho problema es introduciendo una puerta automática que se recoge y se extiende automáticamente para evitar que el operario realice estos sobreesfuerzos.

El operario le dará a un botón situado al lado de la puerta que permitirá abrirla automáticamente, tras ello, una vez colocados los imanes mediante el sistema de husillo automático y el paquete colocado en la posición correcta, el carro de carga comenzará a entrar al interior de la parcela del inicio de la línea y el robot comenzará a coger las chapas de una en una. Posteriormente en cuanto la mesa termine de entrar entera, la puerta se cerrará automáticamente.

La puerta es una puerta automática ALBANY de la empresa "ASSA ABLOY Entrance Systems", (adjuntada a continuación). Las dimensiones de la puerta son, en cuanto al ancho que es lo que verdaderamente nos restringe ya que la puerta no puede ser menor a esta dimensión ya que si no dejaría huecos en los laterales y sería poco seguro para el personal de la línea o para cualquier persona que pasara por la línea. El ancho como mínimo será de 3320 mm y en cuanto a la altura de la puerta, no cuenta con restricciones de altura debido a que tiene espacio de sobra hacia arriba, por lo que contará con la altura correspondiente en función del ancho elegido de la puerta.



ILUSTRACIÓN 48 PUERTA ALBANY DE LA EMPRESA ASSA ABLOY ([Puertas para Protección de máquinas ASSA ABLOY Entrance Systems \(interempresas.net\)](http://Puertas para Protección de máquinas ASSA ABLOY Entrance Systems (interempresas.net)))

6. Estimación tiempos de línea tras mejoras implantadas

Tras implantar estas soluciones para acabar con los problemas analizados en la línea de producción, realizo un estudio detallado de la estimación de los tiempos tras la reducción de los paros de la línea y la optimización de las acciones de cada robot interpresas.

-Reduciendo paros de línea gracias a los nuevos sopladores con ruedas:

Debatiendo con mi responsable de la empresa, el manager de mantenimiento y el jefe de turno de producción, realizamos una estimación de los tiempos conseguidos con la futura línea de producción gracias a la nueva solución de sopladores planteada.

Actualmente la línea se encuentra parada alrededor de 5032 segundos al día, por lo que, la línea se queda parada alrededor de 1 hora y 30 min al día por culpa de los sopladores. Por lo que, tras haber implementado la solución descrita previamente, se prevé que el número de paradas de la línea detectadas con el PLC, por fallo de los sopladores debido a que no separan la chapa de los paquetes de carga, va a disminuir en un 82 % por lo que después de implementar el cambio solo se perderán en torno a 900 segundos por día lo que significa un cuarto de hora diario de parada debido a que fallan los sopladores implementados por no conseguir separar las chapas.

Con este nuevo sistema se evitaría que el operario entrara a separar las chapas manualmente cuando el soplador no lo consiguiera gracias a la rueda que cuenta con las uñas separadoras las cuales mete entre chapa y chapa. Si en algún momento entre uña y uña se encuentran varias chapas, el sensor lo detecta y hace girar la rueda en sentido contrario soltando las chapas cogidas y se vuelve a realizar el proceso de soplado y giro de la rueda en el sentido correcto para coger las chapas y elevarlas para que el robot las coja. Así se evitaría la entrada del operario en la línea de producción para separar las chapas y se ahorra mucho tiempo perdido.

Por lo que esto permitiría ganar 4126,2 segundos ($5032 \text{ s} * 82 \%$) de producción al día es decir después de implantar la mejora se consigue que la línea esté funcionando 4126 segundos más, por tanto genere 286,5 golpes ($4126 \text{ s} / 3600 \text{ s por hora} * 250 \text{ ASPH}$) más al día y por tanto permita incrementar la ganancia económica en 572 € al día ($286 \text{ golpes más al día} * 2 \text{ € el golpe}$).

Multiplicando la cantidad ahorrada por día por 300 días que la planta está funcionando, se consigue ahorrar en torno a 172.000 € anuales ($300 \text{ días laborales} * 572 \text{ € al día}$) con respecto a la situación actual. A esto habría que sumarle la energía ahorrada con la nueva propuesta.

Después de implantar la solución de sopladores propuesta:		
TIEMPO DEJA DE ESTAR PARADA LIN POR SOPLADORES/1 DIA (s)	GOLPES POR HORA GANADOS POR DIA	DINERO GANADO AL DIA (€)
4126,2	286,5416667	573,08 €

ILUSTRACIÓN 49 GANANCIAS DE TIEMPO, GOLPES Y ECONÓMICAS TRAS IMPLEMENTAR LA SOLUCIÓN DE LOS ROBOTS

-Estimando el tiempo de ciclo de los futuros robots interpresas:

Tras haber hablado con mi responsable y haber simulado la nueva propuesta de robots interpresas en un programa específico de cálculo de tiempo de ciclo de los robots, observamos que actualmente el robot cuenta con un tiempo de ciclo de en torno a 10 segundos. Comparando con el tiempo de ciclo de los anteriores robots vemos que gana 4 segundos por ciclo. Los ASPHS de la línea actualmente son 250, si implantamos las mejoras, se consigue ahorrar 4 segundos de tiempo de ciclo por lo que afecta directamente al número de ASPHS de la línea 18. Por lo que el número de ASPH, con 10 segundos de media de tiempo de ciclo, ascienden a 360 ASPH en la línea ($3600 \text{ s en una hora} / 10 \text{ s de ciclo}$) que por problemas en alguna chapa y cambios de garras baja a 330 ASPH. Por lo que la línea 18 tras implantar la mejora de los robots, hará una media de 330 golpes por hora. Es decir, se han conseguido ganar 80 golpes por hora, está unificado que con cada golpe la fábrica gana en torno a 2 euros, por lo que con esta mejora de optimización de los robots se ganarán 160 € más por hora ($2 \text{ €} * 80 \text{ ASPH}$). Como las prensas trabajan 7,2h por turno (son las 8 h menos los descansos de operarios) se generarán 1152 € más al turno ($7,2 \text{ h de trabajo} * 160 \text{ € por hora}$) y por tanto como hay

3 turnos al día, se ganarían 3456 € al día, que considerando que hay 300 días laborales, son 1.036.800 € ganados a final de año, por lo que con estas ganancias la inversión sería cubierta en un año o menos y sería posible empezar a generar ganancias antes de un año tras la obra. Esto es un buen marcador, cualquier proyecto de mejora que el retorno de la inversión sea en torno a un año es una buena señal para que al presentar el proyecto al grupo para pedir la financiación de la obra me lo aprueben.

-Mejorando la postura que adquieren los operarios al colocar los imanes en los paquetes de carga:

Tras haber realizado el estudio ergonómico de las diferentes posturas adquiridas por el usuario al colocar los imanes en los paquetes de carga al inicio de la línea, se estima la nueva posición, más ergonómica, adquirida por el operario al colocar los imanes en esta nueva propuesta de solución planteada.

Se realiza el análisis ergonómico de estimación de la postura adquirida por el operario durante la tarea y si la puntuación obtenida mediante el método ergonómico REBA es 1 ó 2 querrá decir que la postura es correcta y no es dañina ni perjudicial para el operario. Éste estará fuera de peligro de lesiones producidas por culpa de esta postura adquirida durante la realización de esta tarea.

El estudio ergonómico lo he realizado en el apartado “ANEXO 7 - Análisis ergonómico posición final” que se puede encontrar en el documento de Anexos del TFG.

Como la puntuación es menor que 4, no es necesaria la actuación, y por tanto la postura para la realización de la tarea de colocar los imanes en los paquetes de carga es ergonómica. El operario no tendrá dolores debido a esto y la tarea no requerirá alto esfuerzo por parte del operario. Por lo que responde a la queja de lesiones por parte de los operarios de la línea 18 debido a la colocación de los imanes en los paquetes de chapas.

Por tanto, la ganancia económica tras desarrollar e implementar las tres mejoras propuestas en el proyecto, será de: $172.000 \text{ €} + 1.036.800 \text{ €} = 1.208.800 \text{ €}$ ganados a final de año por la ejecución de las mejoras de la línea.

7. Conclusiones

En este proyecto se investiga y estudia la estampación de chapa en Press Shop de una importante fábrica de automóviles, enfocándose en optimizar una de las líneas de producción mediante el rediseño de algunas de las partes de la línea, con el principal objetivo de aumentar los Average Stroke Per Hour (ASPH) traduciendo estas mejoras a euros ahorrados y ganados, gracias a mejoras en el diseño, ergonomía y análisis estadístico de la línea.

Durante la elaboración de este Proyecto de Fin de Grado, se ha empleado una metodología integradora que incorpora conocimientos adquiridos en diversas asignaturas como análisis de datos, ergonomía y diseño de producto, así como prácticas metodológicas de la fábrica como el cálculo de ASPH y métodos de mejora continua. Se ha aplicado análisis de datos para identificar patrones y relaciones significativas, se han listado y priorizado problemas en la productividad de la línea 18, se han seleccionado aquellos relacionados con el diseño industrial para aplicar mejoras mediante métodos creativos como TRIZ y Brainstorming. Se han utilizado KPI's para evaluar la situación actual y los beneficios por pieza, y se han diseñado soluciones que mejoran la productividad y reducen costos, validando los resultados con comparativas antes y después de la implementación.

Tras realizar estos estudios y haber seguido una metodología específica, se identificaron los problemas más destacados y que más perjudicaban a las estadísticas y tiempos de la línea 18. Tras ello, ideé diferentes propuestas que solucionaban los problemas descritos y realicé una comparación entre ellos fijándome en las especificaciones de diseño que mis soluciones elegidas necesitaban tener para acabar con los problemas de la línea.

Tras elegir los 3 conceptos más adecuados que solucionarían los problemas propuestos, realicé una descripción muy detallada de los mismos para facilitar la ejecución del proyecto. En las partes del producto que no están relacionadas con mi ingeniería de diseño también detallé quien llevaría a cabo la implementación de esas partes y la ejecución de la obra en caso de tener que parar la línea e intervenir en la misma afectando a la producción (como sucede con la solución 2). Los planos de las soluciones se pueden encontrar en el apartado de "ANEXO 8- Planos".

Tras implantar estas soluciones para acabar con los problemas analizados en la línea de producción, realicé un estudio detallado de la estimación de los tiempos tras la reducción de los paros de la línea y la optimización de las acciones de cada robot interpresas. Traduzco estas estimaciones a términos económicos especificando una aproximación del dinero que se conseguiría ahorrar al año o en el caso del último problema demuestro que disminuye la cantidad de lesiones en los operarios gracias al nuevo producto diseñado que corrige la posición del operario.

En cuanto al aprendizaje personal he notado una curva de aprendizaje exponencial a lo largo de estos últimos 5 meses. En un principio me costó decidir sobre qué realizar el proyecto (la nave es muy grande y no la conocía bien, había zonas que no entendía para que servían, ni entendía los problemas que había en la nave al principio del periodo de prácticas en la empresa), pero hablando con mi responsable y compañeros me ayudaron a entender todas estas partes y me propusieron diferentes zonas de la fábrica donde había problemas existentes desconocidos y podrían mejorarse. Con ayuda del tutor elegí la línea 18 debido a las aplicaciones que podía tener el diseño sobre la misma y trabajé para identificar y estudiar los problemas en la línea. Al principio del proyecto empleé mucho tiempo definiendo y aclarando cuales eran mis objetivos y la dirección que iba a tomar para realizar el proyecto. Una vez tomada la decisión de la dirección del proyecto, conforme avanzaba el tiempo era más complicado volver y rectificar por lo que estudié con detenimiento las aplicaciones que podría tener y las aplicaciones de ingeniería de diseño sobre el proyecto para conseguir optimizar la producción de la línea.

A lo largo de estos meses me han ido surgiendo diferentes problemas e inseguridades, pero nada más me surgían me encargaba de resolverlas cuanto antes y asegurarme que quedaban bien resueltas para evitar que a raíz de esos problemas y dudas surgidas pudieran aparecer más. Para resolverlos dependiendo que tipo de duda o problema me surgía, si era de diseño lo abordaba con ayuda del tutor de la universidad y si era una duda de la planta de prensas o de la línea lo abordaba con el tutor de la empresa o con compañeros o con los propios trabajadores y operarios de la planta productiva.

La constancia e insistencia me ha permitido llevar a cabo este proyecto y poder finalizarlo a tiempo; y la metodología me ha permitido definir el rumbo del proyecto y llevar a cabo un plan de acción. La planificación realizada al principio del proyecto me ha facilitado ir al día con el proyecto y acabar con suficiente antelación como para entregarlo habiendo repasado el proyecto varias veces habiéndolo acabado.

Finalmente he utilizado diferentes herramientas y aplicaciones de la empresa y de la universidad para poder ejecutar el proyecto. Los principales programas utilizados son: Word 2016, Excel 2016, PowerPoint 2016, Autodesk Inventor Professional 2024, Gantt Project, ROBOGUIDE 3D, Sketchbook, SAPIA.

8. Bibliografía

[Método RULA - Rapid Upper Limb Assessment \(upv.es\)](#)

[Método REBA - Rapid Entire Body Assessment \(upv.es\)](#)

<https://www.transmotec.es/product/SHW3620-09-080/>

[KWH2501CS1A - ZIMMER GROUP \(ZIMMER-GROUP.COM\)](#)

[Descripción de los motores FANUC](#)

[Calidad 8.8. - Zincada - Varosa](#)

[Motores de Husillo | Actuadores lineales de Husillo | igus \(drylin® E linear actuator, stranded wires with JST connector, NEMA17\)](#)

[Puertas para Protección de máquinas ASSA ABLOY Entrance Systems \(interempresas.net\)](#)