

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

Implantación de sistema de planificación en empresa de coil coating



Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Pablo Artazcoz Osambela

Jorge San Miguel Indurain

Pamplona, junio de 2022

RESUMEN

El presente trabajo de fin de grado se ha realizado en REPLASA Advanced Materials, empresa asentada en Astrain dedicada al *coil coating*, proceso que consiste en recubrir acero laminado con un material orgánico para dotarlo de nuevas propiedades. Su justificación se entiende en un contexto de adopción por parte de la empresa de sistemas incluidos en la denominada Industria 4.0 para avanzar hacia la digitalización.

El objetivo del TFG ha sido implantar un sistema de planificación, herramienta existente en el software de organización empresarial empleado por Replasa y que todavía no está en uso. Hasta el momento, la secuenciación de órdenes de fabricación y la programación suministrada a las diferentes líneas de la planta se realiza de manera manual y esto puede inducir a errores y a un menor aprovechamiento de la capacidad productiva. Se explicará el funcionamiento de la herramienta, la problemática encontrada a lo largo del proceso de implementación de esta y cómo se ha procedido para su solución.

Finalmente se mostrarán las mejoras que ha supuesto para la empresa este proceso: información más precisa en el sistema recogida por la base de datos del ERP, programaciones con menor probabilidad de incluir errores, entre otras y una revisión masiva de las listas de materiales y hojas de ruta de los artículos referentes a productos terminados.

PALABRAS CLAVE

Coil coating, planificación, orden de fabricación, eficiencia, lista de materiales

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	5
2.	EMPRESA	5
2.1.	HISTORIA	5
2.2.	SECTOR	5
2.3.	PRODUCTOS	7
2.4.	PROCESO PRODUCTIVO.....	9
2.4.1.	LÍNEA DE RECUBRIMIENTO	9
2.4.2.	LÍNEA DE CORTE TRANSVERSAL	12
2.4.3.	LÍNEA DE CORTE LONGITUDINAL	14
2.4.4.	LÍNEA DE ESMERILADO.....	14
2.5.	PROCESO DE PLANIFICACIÓN	14
3.	MARCO TEÓRICO.....	16
3.1.	PLAN DE EMPRESA	16
3.2.	PLAN DE PRODUCCIÓN.....	16
3.3.	EVOLUCIÓN DE LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	16
3.3.1.	MRP	17
3.3.2.	MRP II	19
3.3.3.	ERP.....	20
3.4.	PRODUCCIÓN PUSH Y PULL.....	21
4.	PROBLEMÁTICA ACTUAL	24
4.1.	PLAN DE LA LÍNEA DE RECUBRIMIENTO.....	24
4.2.	PLAN DE LA LÍNEA DE CORTE TRANSVERSAL.....	26
4.3.	PLAN DE LA LÍNEA DE CORTE LONGITUDINAL.....	27
4.4.	PLAN DE LA LÍNEA DE GRATADO	28
5.	SOLUCIONES PLANTEADAS.....	30
5.1.	SISTEMAS MES.....	30
5.2.	MRP	31

5.3.	PLANIFICADOR DE LA PRODUCCIÓN	31
5.3.1.	CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN.....	35
5.3.2.	ESCENARIOS	36
5.3.3.	VISUALIZACIÓN DE ÓRDENES.....	39
5.3.4.	DURACIÓN DE LOS TRABAJOS	40
5.3.5.	GANTT DE TRABAJOS.....	42
5.3.6.	GANTT DE RECURSOS.....	43
5.3.7.	CALENDARIO.....	47
5.3.8.	MODIFICACIÓN DE LAS CARGAS DE TRABAJO	47
5.3.9.	SECCIONES, GRUPOS Y MÁQUINAS.....	52
6.	PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN.....	57
6.1.	CONDICIONANTES.....	57
6.2.	TIEMPOS.....	58
6.3.	MOVIMIENTO DE TRABAJOS	59
6.4.	DOBLES PASADAS	59
6.5.	MEJORAS	60
6.5.1.	DATOS.....	60
6.5.2.	ESTRUCTURAS Y FASES ESTÁNDAR.....	62
7.	RESULTADOS	64
8.	CONCLUSIONES	65
8.1.	EMPRESA.....	65
8.2.	PERSONALES.....	65
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Ventas de Replasa en millones de € [3].....	6
Fig. 2. Ventas de Replasa por área geográfica [3].....	6
Fig. 3. Ventas de Replasa por sector [3].....	7
Fig. 4. Inox + Antiadherente [3].....	7
Fig. 5. Metal + Film [3].....	8
Fig. 6. Metal + Antiadherente [3].....	8
Fig. 7. Metal + Pinturas [3].....	8
Fig. 8. Línea de recubrimiento [3].....	9
Fig. 9. Ejemplo de aplanadora [4].....	13
Fig. 10. Lista de materiales producto Inoxplate.....	18
Fig. 11. Funcionamiento MRP [6].....	19
Fig. 12. Funcionamiento MRP II [6].....	20
Fig. 13. Funcionamiento ERP [6].....	20
Fig. 14. Producción push [5].....	22
Fig. 15. Producción pull [5].....	22
Fig. 16. Sistemas MES [12].....	30
Fig. 17. Mantenimiento de órdenes – Spyro.....	32
Fig. 18. Mantenimiento de fases – Spyro.....	33
Fig. 19. Mantenimiento de artículos – Spyro.....	33
Fig. 20. Condiciones para la planificación.....	34
Fig. 21. Interfaz planificador.....	35
Fig. 22. Escenario.....	37
Fig. 23. Barra de accesos rápidos.....	37
Fig. 24. Creación de nuevo escenario.....	37
Fig. 25. Comparativa escenarios.....	39
Fig. 26. Visualización de órdenes.....	39
Fig. 27. Ficha de trabajo.....	40
Fig. 28. Duración de los trabajos - Spyro.....	41
Fig. 29. Colores de los trabajos.....	41
Fig. 30. Gantt de trabajos.....	43
Fig. 31. Gantt de recursos.....	43
Fig. 32. Gráfica de carga.....	44
Fig. 33. Lista de trabajos.....	45

Fig. 34. Modificación lista de trabajos.....	46
Fig. 35. Calendario.....	47
Fig. 36. Cambio de recurso para un trabajo.....	47
Fig. 37. Definición de dependencias de fases.....	48
Fig. 38. Fijación de trabajos.....	49
Fig. 39. Filtrado de trabajos.....	50
Fig. 40. Filtrado de trabajos - Gantt.....	50
Fig. 41. Zoom.....	51
Fig. 42. Pantalla de mantenimiento de órdenes- Spyro.....	52
Fig. 43. Complementos de máquinas.....	52
Fig. 44. Comparativa de escenarios con y sin capacidad - Gantt.....	53
Fig. 45. Comparativa de escenarios con y sin capacidad - Trabajos.....	53
Fig. 46. Comparativa de escenarios con y sin eficiencia - Gantt.....	54
Fig. 47. Comparativa de escenarios con y sin eficiencia - Trabajos.....	54
Fig. 48. Comparativa escenarios con y sin merma - Gantt.....	55
Fig. 49. Comparativa escenarios con y sin merma – Trabajos.....	55
Fig. 50. Secuenciación de órdenes inadecuada - Ancho.....	57
Fig. 51. Secuenciación de órdenes inadecuada - Dorso.....	58
Fig. 52. Nuevas clasificaciones de artículos.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativa pull – push.....	23
Tabla 2. Plan semanal de recubrimiento.....	25
Tabla 3. Plan semanal de corte transversal.....	26
Tabla 4. Plan semanal de corte longitudinal.....	27
Tabla 5. Plan semanal de esmerilado.....	28
Tabla 6. Prioridades del planificador.....	36
Tabla 7. Tiempo unitario por sección.....	59
Tabla 8. Plan recubrimiento - Oracle.....	61
Tabla 9. Plan corte trasversal - Oracle.....	62
Tabla 10. Plan corte longitudinal - Oracle.....	62
Tabla 11. Fase estándar acero esmerilado – Spyro.....	63
Tabla 12. Estructura acero esmerilado - Spyro.....	63

1. INTRODUCCIÓN

El presente TFG se ha realizado en conjunto con las prácticas curriculares del grado de ingeniería mecánica, y tiene como objetivo describir el proceso de implantación de una herramienta de planificación de la producción en una empresa de *coil coating*.

Con la introducción de las nuevas tecnologías en el mundo de la organización empresarial la digitalización supone una gran ventaja competitiva, y en este contexto, desde Replasa se ha apostado por la adopción de sistemas de este tipo.

Se expondrá cuál es el funcionamiento del software y cómo se relaciona con los datos recogidos en el ERP de la empresa, así como identificar las limitaciones afrontadas en el proceso de implementación y las mejoras que han surgido a raíz del análisis de la herramienta.

2. EMPRESA

2.1. HISTORIA

Replasa se constituye en 1968 e inicia su fabricación en Astrain recubriendo chapa ya cortada, hasta que en 1989 se instala una línea de corte y se empieza a trabajar con bobinas. Durante los siguientes años, la empresa crece de manera notable: se lanzan nuevas marcas comerciales y se realizan hasta dos ampliaciones de las instalaciones productivas de Astrain, en 1999 y en 2006. En este punto, se experimenta un mayor crecimiento y aumenta en gran medida el número de clientes. Esto lleva a la necesidad de aumentar la capacidad productiva y finalmente se establece la nueva unidad productiva en Los Arcos. Un claro indicador de este crecimiento es el número de personas que emplea la empresa: se pasa de 50 trabajadores en 2008 a alrededor de 100 en la celebración de su 50 aniversario (2018), distribuidos en ambas plantas, entre mano de obra directa e indirecta [1].

2.2. SECTOR

Como ya se ha mencionado, la actividad de Replasa se incluye en el sector del metal, y es una empresa miembro de asociaciones como ECCA (*European Coil Coating Association*) y SIDEREX (Asociación Española de Exportadores de Productos e Instalaciones Siderúrgicas). En la actualidad, entra en la clasificación de mediana empresa por número de empleados, aunque por volumen de negocio y balance general se podría considerar una gran empresa, según la definición de PYME de la Unión Europea [2]. Esto se debe en parte a la gran diversificación de clientes pertenecientes a distintos sectores tanto nacional como internacionalmente que dan gran solidez a la empresa. En la Fig. 1 se observa el crecimiento experimentado en los últimos

10 años, donde las ventas, especialmente en el extranjero, han aumentado en torno a un 200% hasta alcanzar un nivel de ingresos superior al de una mediana empresa [3].

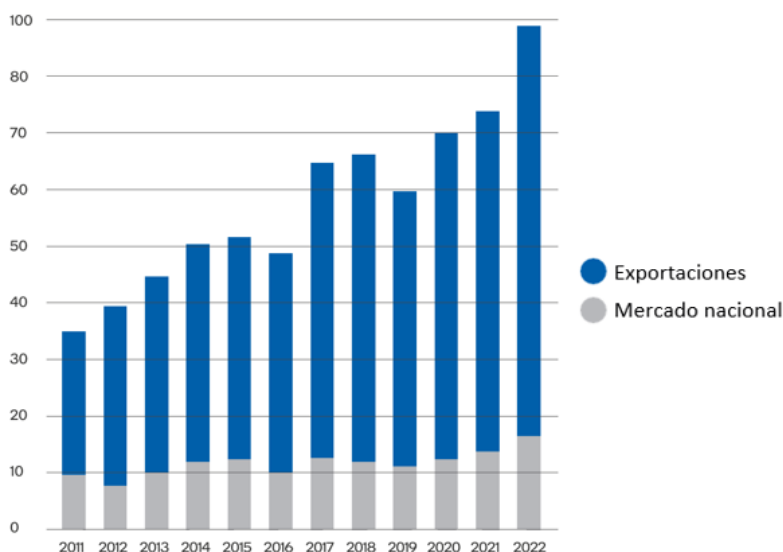


Fig. 1. Ventas de Replasa en millones de € [3]

En la Fig. 1 se ve que el 80% de la producción se exporta, con Europa y Norte América como principales mercados. También se envía material a clientes en Sur América, Asia y Oceanía, aunque cuentan con menor presencia (Fig. 2).

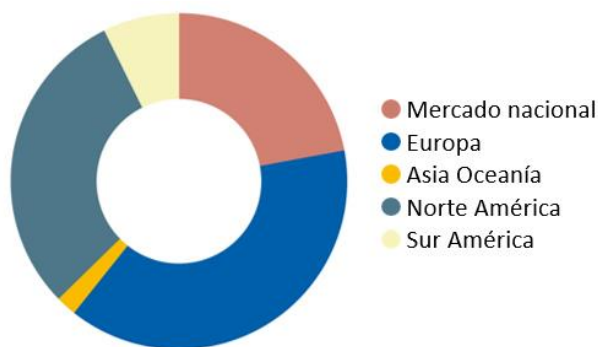


Fig. 2. Ventas de Replasa por área geográfica [3]

Entre los clientes internacionales destacan fabricantes líderes en la producción de electrodomésticos, a quienes se suministra material para sus plantas en varios países y suponen el mayor volumen productivo. Otro de los clientes de mayor constancia en la producción de Replasa son empresas de construcción que compran material impermeabilizado para cubiertas.

2.3. PRODUCTOS

La gran variedad de productos ofertados por Replasa abarcan un amplio abanico de usos. Como se muestra la Fig. 3, el sector mayoritario es el de los electrodomésticos: los productos destinados a esta actividad suponen casi el mismo volumen productivo que todos los demás combinados.

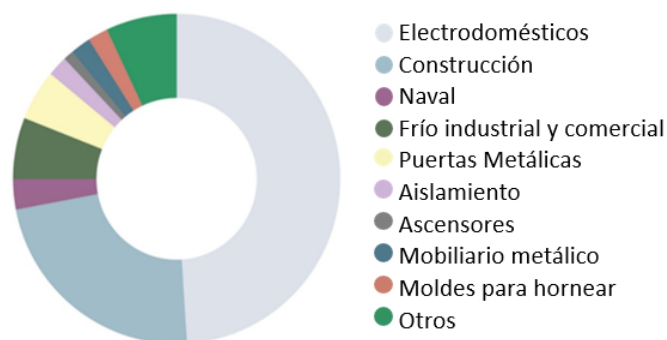


Fig. 3. Ventas de Replasa por sector [3]

INOX + EASYCLEAN

Producto estrella de Replasa, este recubrimiento al acero inoxidable aporta resistencia anticorrosiva y hace del producto acabado, comercialmente denominado como **Inoxplate**, un producto de fácil limpieza con propiedades antihuellas y antibacterianas. Con una amplia gama de acabados estéticos, está orientado a la fabricación de **electrodomésticos**.

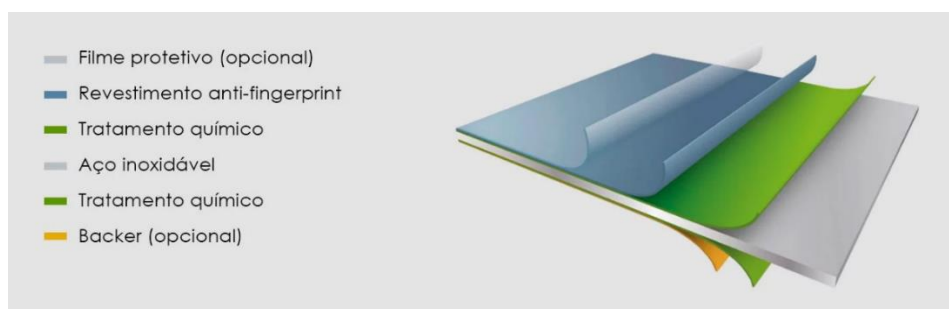
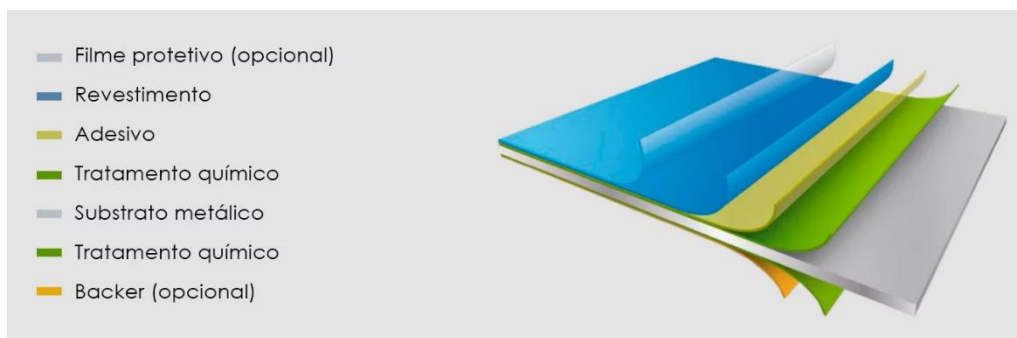


Fig. 4. Innox + Antiadherente [3]

METAL + FILM

Esta gama de productos incluye recubrimientos con film personalizables por cliente según sus necesidades, lo que da gran flexibilidad para diferentes aplicaciones: puertas metálicas, ascensores, industria marítima, construcción, aire acondiciona etc. En esta familia de productos se incluyen distintas marcas comerciales:



gr 5. Metal + Film [3]

METAL + ANTIADHERENTE

El nombre comercial del producto es **Thermoplate**, dotado de un recubrimiento antiadherente resistente a altas temperaturas y al rayado, destinado a utensilios de cocina.

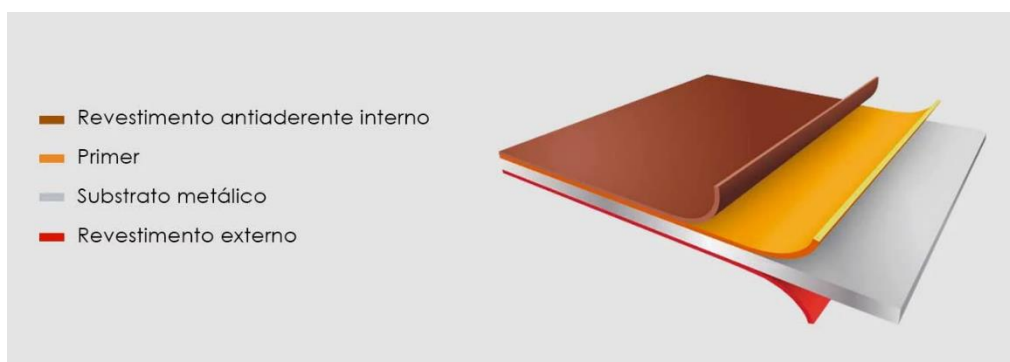


Fig. 6. Metal + Antiadherente [3]

METAL + PINTURAS

Son productos recubiertos por pintura, tratados químicamente, con una gran capacidad anticorrosiva y variedad de acabados. Están destinados a usos tanto interiores como exteriores: cubiertas, cerramientos, electrodomésticos, climatizaciones, paneles sándwich... En esta familia se incluyen el **Decorplate** y el **Lamiplate**.



Fig. 7. Metal + Pinturas [3]

2.4. PROCESO PRODUCTIVO

En Replasa se procesa acero laminado, y en menor medida de aluminio, y el producto final sale de fábrica en distintas formas y medidas según los pedidos de cliente: por un lado, bobinas o flejes (más estrechos), y por otro, formatos de chapa rectangular. Estos productos están destinados a una amplia variedad de aplicaciones finales, como electrodomésticos, puertas metálicas, paneles para el sector naval, cubiertas de edificios o ascensores, entre otros.

Para conseguir esa variedad de oferta, además del proceso de **coil coating** también se llevan a cabo operaciones de corte, transversal y longitudinal, y de esmerilado. A continuación, se describen las distintas fases por las que puede pasar un producto:

2.4.1. LÍNEA DE RECUBRIMIENTO

Esta línea, que se encuentra en ambas plantas, es la sección entorno a la que giran el resto de la fabricación, donde se lleva a cabo el **coil coating**. Esta sección, a la que internamente se le denomina LFA en el caso de la de Astrain y LFAR en Los Arcos, cuenta con una capacidad máxima de 30 m/min. La línea tiene una longitud total de 350 m, por lo que no es posible introducir bobinas inferiores a esa longitud. Además, las dimensiones máximas para procesar una bobina son 1,5 m de ancho y 1,5 mm de espesor.

Consta de varias partes relevantes para el proceso, como se ilustra en la Fig. 8:

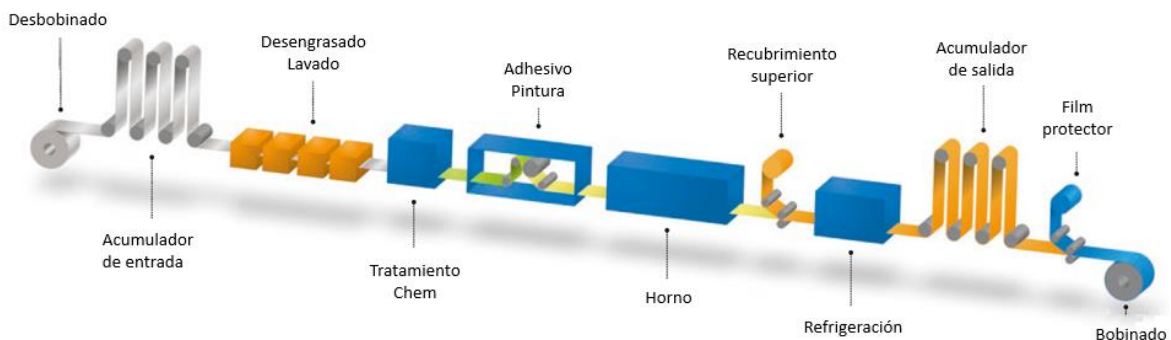


Fig. 8. Línea de recubrimiento [3]

Desbobinado

Es el inicio de la línea, donde se introduce la bobina a recubrir en el **mandril desenrollador**, que tiene la capacidad de disminuir su diámetro al colocar la bobina y aumentarlo para fijarla una vez dentro. A continuación, se **sanea** el inicio de la bobina con un corte transversal para eliminar las puntas, que pueden estar dobladas o en un estado no apto para su fabricación. Una vez saneada, el operario destinado al principio de la sección grapa la bobina al final de la anterior con una prensa. En esta operación es importante centrar las dos bobinas y comprobar que el

grapado se ha realizado correctamente para que no cause problemas en los rodillos de la línea. El prensado se hace con ambas bobinas en parado, pero sin necesidad de detener toda la línea, gracias al acumulador de entrada.

Acumulador de entrada

Está compuesto por dos filas de rodillos a distintas alturas que dan más recorrido a la chapa. La fila superior puede desplazarse verticalmente habilitando la **continuidad** del proceso cuando el desbobinado está parado: los rodillos superiores descienden y la disminución de chapa en el interior del acumulador sirve para alimentar el resto del proceso.

Baños

En esta zona se conduce la chapa por un proceso de desengrase y lavado para eliminar impurezas y suciedad de la chapa, lo que podría producir problemas en el resto del proceso.

Tratamiento chem

Este tratamiento químico se aplica únicamente al acero para dotarlo de protección extra contra la corrosión.

Recubrimientos líquidos

En esta zona se aplican los recubrimientos líquidos: el **adhesivo** y la **pintura**. Comúnmente se les hace referencia con su denominación en inglés, *primer* o *backer*, según si la capa va en el dorso o el reverso respectivamente. En este caso, la pintura se aplica en el dorso en la mayor parte de productos y el adhesivo en la parte superior, donde se pegará el plástico.

Horno

El horno posterior a la aplicación del adhesivo lleva la chapa a la **temperatura óptima** donde se aprovechen al máximo las propiedades del adhesivo. Además, aquí también se seca la pintura.

Recubrimiento superior

Una vez calentado el adhesivo se añade el recubrimiento superior, generalmente un plástico en rollos que se une a la chapa gracias al adhesivo.

Refrigeración

Después de unir chapa y plástico se refrigera el conjunto para que quede correctamente adherido.

Acumulador de salida

Se sitúa al final de la línea y su funcionamiento es el inverso al de la entrada: cuando se para la salida los rodillos superiores se elevan aumentando los metros que recorre la chapa dentro del

acumulador. Por otro lado, esta zona juega un papel clave en la detección de defectos, ya que aquí se sitúa un sistema de **visión artificial**, que detecta y marca ciertos defectos mediante dos puntos de tinta. Además, uno de los operarios se encarga de vigilar la chapa en esta fase final, por si hubiera otro tipo de imperfecciones no detectadas en la visión.

Film protector

El último de los componentes del producto se añade mediante presión en la parte final del acumulador de entrada, aunque únicamente para los clientes que lo requieren. En los casos donde el cliente ha especificado que los laterales queden sin film, este es dirigido por un láser que lo centra para respetar las medidas correspondientes. Esta operación se puede realizar también en la fase de corte longitudinal.

Bobinado

Finalmente, la bobina se enrolla de nuevo en un mandril hasta que pasa entera y se corta con una cizalla automáticamente. Una vez se saca del mandril, se identifica con una pegatina para indicar el lote y número de orden y se sitúa donde corresponda en función de a qué sección de corte se dirige.

2.4.1.1. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO

A la hora de planificar la secuenciación de órdenes de fabricación, es imprescindible tener en cuenta los diferentes factores que influyen en la eficiencia del proceso y las pérdidas que se dan en los cambios de procesos.

Estos son los condicionantes que delimitarán la programación a corto plazo de la producción:

Adhesivo

La fabricación se planifica de forma que todas las órdenes que requieran de un mismo adhesivo estén agrupadas, con el objetivo de reducir al máximo las paradas por cambio de adhesivo: los operarios deben cambiar el barril de adhesivo, así como limpiar el rodillo y la bandeja que contiene el recubrimiento líquido, operación que implica grandes pérdidas de eficiencia.

Ancho

Dentro de un mismo adhesivo, las órdenes se ordenan de ancho **mayor a menor**, y cuando el ancho siguiente es mayor al actual hay que cambiar los rodillos laminadores porque si no dejan marcas coincidentes con el ancho menor. Por ello, al cambiar un rodillo debe ser rectificado en un torno quitándole la capa superficial de forma que esté operativo de nuevo y no marque la chapa. Llega un momento en el que el diámetro se ha reducido tanto que ya no es factible reaprovecharlo, por lo que su vida útil termina. Además, el tiempo empleado en los cambios de

rodillos es tiempo improductivo, reduciendo la eficiencia global del proceso. Por estas dos razones, es de vital importancia recubrir el mayor número de metros posibles antes de cambiar a un ancho mayor.

Dorso

Cuando se cambia el dorso hay que limpiar la bandeja que contiene la pintura. Por ello, se intenta agrupar las órdenes de mismo dorso, siempre y cuando respete las restricciones anteriores.

Hay que resaltar que, en caso de detenerse la línea, no se apagan los hornos y por norma general los tramos de chapa que se encuentra en el interior de ellos quedan **defectuosos** al mantenerse prolongadamente a una temperatura tan elevada, exceptuando determinados productos cuyo recubrimiento plástico es de mayor espesor a otros. Por ello, siempre que hay paradas entre órdenes que requieran tiempo se introduce una bobina denominada de “sacrificio”, bobinas que no se validaron para proceder con su fabricación y se emplean en estas situaciones. En cualquier caso, estas paradas son planificadas y los operarios saben cuándo tienen que introducir sacrificio, por ello conviene reducirlas el máximo posible.

Espesor

El espesor únicamente se tiene en cuenta a la hora de grapar bobinas, y, es que no es posible grapar bobinas cuya **diferencia de espesor** sea mayor de 0,2 mm, y habrá que introducir también una bobina de sacrificio. Por eso, en la medida de lo posible, se intenta que los cambios de espesor se den de manera escalonada: si se pasa de una chapa de 0,6 mm a otra de 1 mm, conviene fabricar entre ambas una de 0,8 mm y así aprovechar ese tiempo, que terminaría siendo improductivo.

2.4.2. LÍNEA DE CORTE TRANSVERSAL

En esta zona las bobinas se cortan transversalmente para conseguir formatos rectangulares. Su capacidad máxima es distinta en Astrain y Los Arcos: 60 m/min y 30 m/min, respectivamente. El código interno incluido en el ERP para referirse a esta sección es LCT para Astrain y LCAR para la línea de Los Arcos.

Desbobinado

Inicialmente, se desenrolla y realiza un recorrido de unos metros que le permiten pasar por otro sistema de visión artificial, que detecta las zonas marcadas por la visión de recubrimiento y envía la información a la cizalla para eliminar esos tramos.

Refilado

La línea cuenta con dos cuchillas en los laterales para cortar el acero al ancho específico del artículo final. De esta forma, se retiran los bordes de la chapa, ya que pueden presentar rebaba de origen. Es una merma con la que ya se cuenta. El límite de corte son 100 mm, 50 por cada lado, y si se requiere un refilado superior a eso se debe realizar previamente un corte longitudinal.

Aplanado

Tras ser refilada, la chapa pasa por una aplanadora compuesta por varios rodillos para dar rigidez a la chapa y eliminar las ondulaciones. En la Fig. 9 se muestra el recorrido del acero en una aplanadora de este tipo.

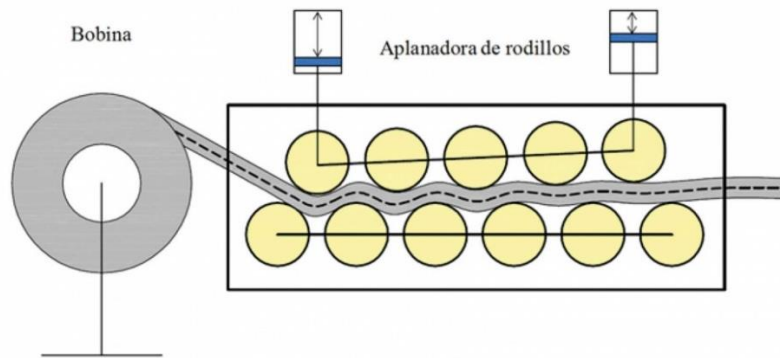


Fig. 9. Ejemplo de aplanadora [4]

Corte

Una cizalla corta la chapa al largo del producto y los tramos marcados por la visión. A su salida se sitúa un operario que vigila la chapa para identificar defectos que puedan no haber sido detectados por los sistemas de VA. Su labor consiste también en levantar, mediante un botón, el siguiente tramo de la cinta para que la chapa defectuosa caiga a un contenedor y deshacerse de ella. Esta operación es común a las dos plantas, aunque con una diferencia: en Los Arcos la máquina necesita parar la chapa cada vez que realiza un corte y en Astrain la cuchilla acompaña a la chapa. Esto permite realizar el corte de forma continua, lo que aumenta notablemente la capacidad productiva de la línea.

Embalaje:

Al final de la línea hay un sistema de embalaje semi automático, donde participan una máquina embaladora y un operario. Una vez finalizado, se identifican los paquetes con una pegatina, donde se incluye el número de lote, bulto y número de orden, y se transportan directamente al almacén.

2.4.3. LÍNEA DE CORTE LONGITUDINAL

Por este proceso de corte pasan las bobinas para ser cortadas longitudinalmente en diferentes medidas, pudiendo obtener una bobina más estrecha o varios flejes simultáneamente. Pese a contar con una velocidad máxima de 100 m/min, su capacidad real se aleja mucho de esta cifra, ya que se realizan muchas tareas de revisión y la detección de errores se realiza visualmente, por lo que debe ir a una velocidad que permita al ojo humano identificar los defectos. Cuenta con un **foso** situado posterior a las cuchillas cuya función es evitar que los flejes peguen al suelo cuando se están cortando diferentes medidas de fleje, ya que el más pequeño sufrirá menor tracción y tenderá a caer hacia el suelo. En esta línea también es posible colocar el **film protector**. Dependiendo del producto final actúa como una fase intermedia o final del proceso: las bobinas para formato pasan a la línea de corte transversal y el resto son embaladas y transportadas al almacén de producto terminado. Su identificación interna es LCL.

2.4.4. LÍNEA DE ESMERILADO

Este proceso, aunque mostrado en último lugar, es una fase previa a fabricación que únicamente se lleva a cabo para determinados productos de **acero inoxidable**. El esmerilado consiste en lijar la chapa para eliminar la capa superficial del material. De esta forma, se cambia el acabado espejo característico de este tipo de aceros y se logra uno más estético, preferido por los fabricantes de electrodomésticos. Pese a contar con una capacidad superior a las líneas de recubrimiento, 50 m/min, actualmente actúa como un cuello de botella debido a que muchas bobinas deben ser procesadas más de una vez por un acabado incorrecto.

Este proceso solo se realiza en Astrain, aunque las bobinas esmeriladas también son recubiertas en Los Arcos, por lo que hay que repartir el material esmerilado entre las dos plantas. Su código de referencia interno es GRD.

2.5. PROCESO DE PLANIFICACIÓN

La empresa funciona con una combinación de producción tipo *pull-push*. En sistemas de tipo *push*, la compra de materiales y su posterior fabricación están orientados a generar *stock* basándose en previsiones de demanda a medio-largo plazo. Este inventario final es después empleado para satisfacer los pedidos de los clientes. En cambio, los sistemas *pull* se basan en comprar y fabricar lo necesario para cumplir con los pedidos de venta.

En este caso, la planificación empieza desde el departamento de ventas: reciben los pedidos de los clientes y se los pasan a compras, que fijándose en la fecha del pedido revisan el stock de material y los pedidos de proveedor en curso para indicar cuándo será posible fabricarlo.

Finalmente, establecidas las fechas de cliente y material, planificación crea una orden de fabricación para una semana determinada que cumpla con la fecha del cliente. Por lo tanto, los pedidos de venta tiran de la fabricación y se podría decir que se sigue un sistema *pull*.

Sin embargo, la compra de materiales no siempre se realiza por pedidos de venta existentes, como es el caso del sustrato (metal). Ante la constante necesidad de esta materia prima y la inconsistencia de proveedores a la hora de cumplir con plazos de entrega previstos, se realizan pedidos de compra trimestrales. La disponibilidad de metal es imprescindible, sobre todo en bobinas que requieren pasar por la línea de esmerilado antes de ser fabricadas, ya que el plazo de entrega a cliente de esos productos es mayor. Además, la cantidad de material disponible para comprar generalmente está limitada por la oferta de medidas del proveedor y en el caso de los plásticos, pueden no gastarse en un único pedido, por lo que se genera stock. Esto es algo que sucede con clientes cuyos pedidos son en cantidades menores y más escalonados en el tiempo.

Una vez establecidas las fechas de producción y creadas las órdenes de fabricación que satisfarán las necesidades de cliente, se programa el lanzamiento de órdenes a las líneas teniendo en cuenta los condicionantes que permitan el menor cambio de procesos posible y así mejorar la eficiencia, factores ya comentados en el apartado 2.4.1.1. Es importante recalcar que **una sola fabricación** puede servir para cumplir con **varios pedidos** simultáneamente. Esto puede darse en situaciones donde un pedido no cuente con los metros suficientes (350 m) para introducirlo en la línea, ya que en caso contrario no se alcanzaría a cubrir el recorrido total de la misma y se producirían importantes pérdidas porque se estaría pasando parte de una bobina en vacío. Por otra parte, se pueden agrupar pedidos en una misma orden para aprovechar al máximo el ancho de una bobina y así reducir los desperdicios materiales. Estas agrupaciones únicamente pueden darse cuando los artículos a fabricar comparten características de sustrato, adhesivo y preferiblemente dorso.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. PLAN DE EMPRESA

Un **plan de empresa** es una planificación a largo plazo, normalmente más de tres años, de las acciones a llevar a cabo para conseguir los objetivos de la empresa. Estos deben estar bien definidos, así como las estrategias a seguir para lograrlos y asegurar un buen posicionamiento de la empresa en el futuro, algo clave en un mercado cada vez más globalizado y competitivo. Un plan estratégico, elaborado por la alta dirección, sienta las bases para establecer los planes de las distintas áreas de la empresa de nivel inferior, que deberán ir en línea con él [5].

3.2. PLAN DE PRODUCCIÓN

Una vez establecido un plan estratégico, el siguiente nivel de jerarquía lo ocupa la planificación agregada, comprendiendo un periodo de no menos de seis meses, para identificar los recursos necesarios que habilitarán su validez. Esta planificación a medio plazo se basa en una previsión de la demanda agrupada por familias de productos a partir de los pedidos pasados [5].

La planificación agregada habilita la realización del **Plan Maestro de Producción**, que abarca varias semanas y especifica el calendario de fabricación con detalle de artículos y cantidades que permitan cumplir con las fechas de entrega indicadas en los pedidos de venta [5].

Definidos los objetivos largo plazo y las necesidades a medio plazo, se inicia la **planificación a corto plazo**, programando las operaciones de producción lo más eficientemente posible con el objetivo de cumplir así el Plan Maestro. Su realización se puede dividir en varias partes [5]:

- **Autorización de pedidos:** primero se revisan los pedidos para establecer si es viable su fabricación, en función de disponibilidad de capacidad y materiales. Una vez autorizado, pasa a considerarse una orden de fabricación.
- **Programación de operaciones:** consiste en indicar las operaciones necesarias para materializar cada pedido y asignarlo a un centro de trabajo para iniciar su fabricación. Después se establece una prioridad para cada trabajo y se fabrican en ese orden.
- **Control de procesos:** por último, es necesario analizar la capacidad de los distintos centros de trabajo para identificar pérdidas de eficiencia y realizar las correcciones pertinentes.

3.3. EVOLUCIÓN DE LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La planificación de la producción ha evolucionado a la par con la manera de gestionar los materiales, cuya transformación ha ido en línea con los avances tecnológicos del siglo pasado.

En la primera mitad del siglo XX se dan los primeros pasos que conducirán a los sistemas de gestión modernos: el EOQ de Harris (*Economic Order Quantity*), que intenta determinar cuánto conviene pedir teniendo en consideración los costes de almacenaje, y el Modelo de Wilson en 1934, donde se plantea el concepto de plazo de aprovisionamiento, integrado la variable del ‘tiempo’ en la gestión de materiales para tratar de definir cuándo conviene pedir [6].

Tras la Segunda Guerra Mundial, se desarrollan técnicas matemáticas de programación lineal que resuelvan los problemas crecientes planteados por la planificación de la producción. Sin embargo, presentan ciertas limitaciones y rápidamente confluyen en modelos más complejos, cuya aplicación resulta complicada debido a la especialización requerida por parte del usuario.

A finales de los años 60, el EOQ queda obsoleto, debido a que el consumo de componentes para fabricar un producto no dispone de la suficiente continuidad. Además, resulta más complejo establecer el consumo cuando un artículo forma parte de distintos productos y entra en distintas fases del proceso de fabricación. Es en este momento cuando surgen los primeros sistemas **MRP**, *Material Requirements Planning*, que ofrecen solución a estos problemas. Consisten en una explosión de necesidades a partir de la lista de materiales de cada producto que permita satisfacer el plan maestro de producción [6].

Los MRP son sistemas de bucle abierto, ya que no consideran la viabilidad del plan en términos de capacidad. Para suplir esta necesidad, a principios de los 80 evolucionan a los denominados MRP II, *Manufacturing Requirements Planning*, que dan un paso más: realimentan el sistema analizando si los recursos disponibles son suficientes para cumplir el plan propuesto [6].

La incorporación de distintas áreas de la empresa en un único entorno de información deriva finalmente en la integración de otras áreas hasta llegar a los ERP, *Enterprise Resource Planning*, Estos sistemas engloban todos los recursos de la empresa, desde humanos y financieros hasta productivos [6].

3.3.1. MRP

El objetivo de un sistema MRP es establecer un plan de reaprovisionamiento para asegurar la disponibilidad de materiales en un horizonte temporal concreto. Para ello, emplea una gran cantidad de datos interrelacionados entre ellos, por lo que su implementación resulta inviable sin el apoyo de programas informáticos. Según se explica en [5], estos elementos de entrada requeridos para su funcionamiento son los siguientes:

Plan maestro de producción

Como ya se ha explicado, el PMP recoge las cantidades de producto terminado a producir, para lo que serán necesarios materiales y componentes. El MRP explota las listas de materiales para identificar si se puede satisfacer esas necesidades con el inventario existente, pedidos de compra u ordenes de fabricación, en caso de un componente intermedio, para el calendario de producción establecido.

Estructura del producto

La lista de materiales indica qué materiales, y en qué cantidad, componen un producto final. Estos componentes pueden ser de distintos niveles si alguno de ellos requiere a su vez de otros materiales, lo que se denomina lista multinivel. En la Fig. 10 se muestra lo que sería la estructura del Inox, donde el acero se transforma en la esmeriladora previo a su fabricación.

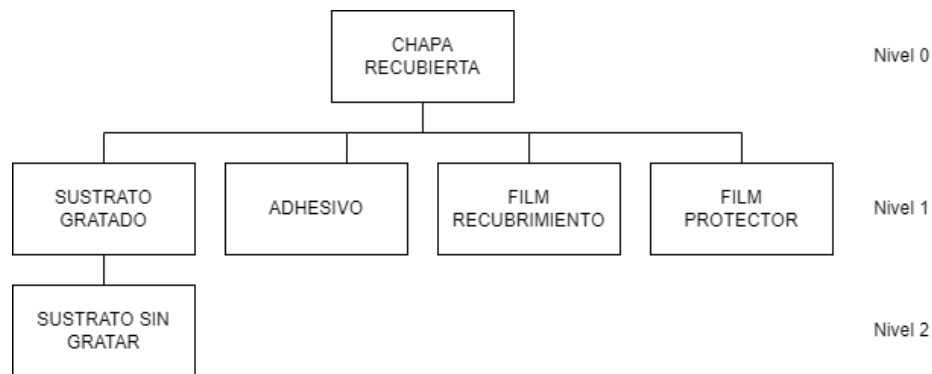


Fig. 10. Lista de materiales producto Inoxplate

Para el correcto funcionamiento de un sistema MRP es de crucial importancia que las listas de materiales estén correctamente definidas.

Estado del inventario

Otro de las entradas que alimentan a un MRP es el inventario, que podría ser descompuesto en varios factores:

- **Necesidades brutas:** demanda total de un elemento concreto.
- **Recepciones programadas:** pedidos ya emitidos que aún no se han recibido
- **Inventario disponible:** estimación de las existencias en el almacén teniendo en cuenta también las necesidades brutas para esa semana y las entregas de material programadas.
- **Cantidades comprometidas:** artículos que están ya reservados para satisfacer un pedido

Con estos datos de entrada, el sistema MRP calcula las necesidades netas de cada periodo y dará las siguientes salidas:

Previsión de inventario:

Es resultado de la explosión de listas de materiales, se actualiza el estado del inventario en función de los pedidos emitidos y las recepciones planificadas.

Plan de órdenes de fabricación y pedido

Propone un plan de las cantidades de material a pedir periódicamente, lo que sirve a compras y producción para emitir órdenes de pedido y lanzar ordenes de fabricación, respectivamente. En la Fig. 11 se muestra su funcionamiento de forma simplificada:

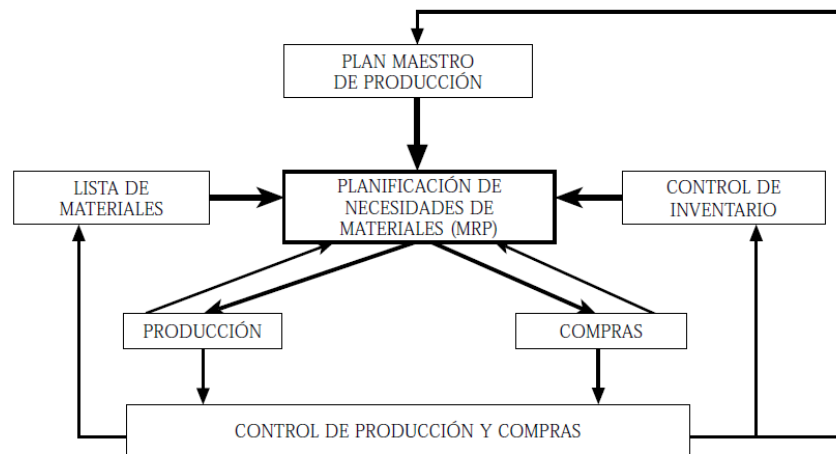


Fig. 11. Funcionamiento MRP [6]

3.3.2. MRP II

Los sistemas MRP II, o manufacturing resources planning, surgen a raíz de los MRP para dar respuesta a la pregunta ¿Se puede fabricar? Ya que, hasta el momento, no se consideraba la capacidad productiva en la planificación propuesta. De hecho, a los sistemas originales se les considera MRP de capacidad infinita, y a los MRP empleados posteriormente, de capacidad finita, ya que incluyen la planificación de capacidad productiva. En estos sistemas cobran importancia factores como [6]:

Estimadores de tiempo

Para analizar la capacidad de los recursos productivos de la empresa, es importante disponer de estándares de tiempo cercanos a la realidad que permitan

Recursos productivos

Se destaca la relevancia de la definición de los recursos y las distintas rutas de trabajo que pueden darse, lo que habilitará un reparto óptimo de la carga de trabajo entre distintos centros y secciones.

Su funcionamiento se muestra en la Fig. 12, y si se compara con la Fig. 11 se ve que la diferencia entre ambos radica en que los MRP II integran la planificación de las necesidades de capacidad y los centros de trabajo.

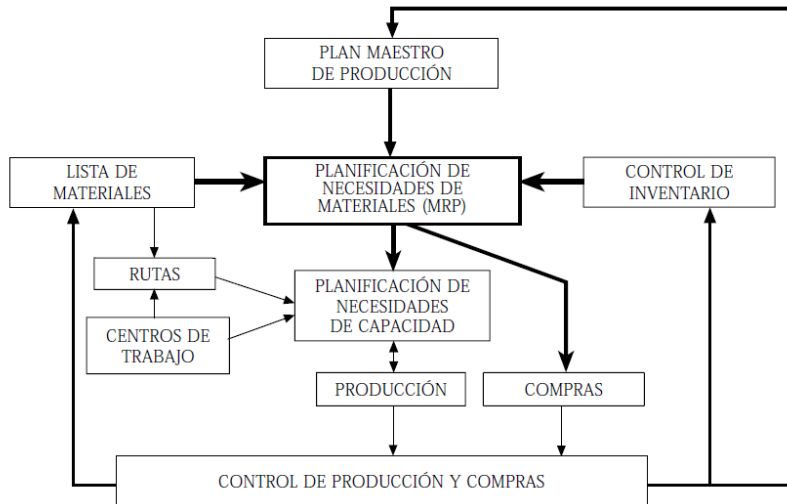


Fig. 12. Funcionamiento MRP II [6]

3.3.3. ERP

Un ERP, *enterprise resources planning*, es el paso próximo a los sistemas MRP II, que finalmente integra todas las áreas de una empresa: ventas, compras, RRHH, almacenes, producción... De esta manera, la información que atañe a cada una de ellas se relaciona para extraer el máximo potencial de ella. De hecho, este es uno de los sistemas incluido en la denominada tecnología de la información. En la Fig. 13 se muestra cómo se relacionan todas las áreas de una compañía que funcione con un ERP:

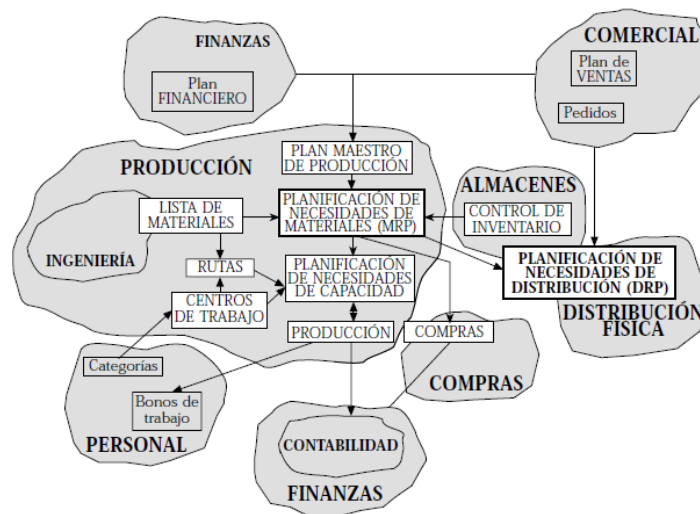


Fig. 13. Funcionamiento ERP [6]

Estos sistemas se apoyan sobre una base de datos, donde quedarán reflejados los cambios introducidos en el sistema y podrán ser consultados con programas específicos de consulta de bases de datos. Replasa emplea el **Oracle BI Discoverer**, software para la visualización de datos que será de relevancia más adelante en el trabajo.

En esta empresa se emplea el ERP Spyro, destinado a PYMES y desarrollado por una empresa guipuzcoana. La adopción de este sistema fue uno de los principales factores que habilitó el crecimiento experimentado durante la década pasada: la información referente a los artículos y pedidos de venta habilitó una mejoría en la planificación a medio plazo de la producción, donde se agilizó la comunicación entre compras ventas y producción y se habilitó una gran ampliación de la gama de productos ofertados por Replasa.

3.4. PRODUCCIÓN PUSH Y PULL

Existen distintos métodos para organizar la producción, siendo los más habituales los sistemas *push*, producción contra stock, y *pull*, producción contra pedido [7]. Aunque son sistemas contrapuestos, pueden combinarse para equilibrar los pros y contras que presentan cada uno de ellos.

Para entender las diferencias principales ante la aplicación de estos métodos, es importante hablar de los plazos de entrega, o *lead time*, concepto que hace referencia al tiempo que transcurre entre la emisión de un pedido al proveedor y la entrega de la mercancía por parte del mismo [8]. Su definición varía según la etapa de la cadena de suministro que se analice, aunque en este caso, interesa comparar el tiempo que el proveedor tarda en entregar la materia prima con el tiempo que se tarda en entregar el producto al cliente, desde que se inicia su fabricación hasta que llega a cliente.

Los sistemas *push*, se emplean cuando el tiempo de entrega a cliente es mayor que el tiempo de entrega del proveedor [9], una situación donde iniciar la fabricación de un producto después de recibir un pedido acarrearía no ser capaces de cumplir con los plazos de entrega prometidos al cliente. Por ello, se fabrica en base a lo indicado en el plan maestro y el stock sirve posteriormente para satisfacer los pedidos de cliente. Los MRP son un claro ejemplo de producción *push*: el reaprovisionamiento se lleva a cabo para suplir una previsión de la demanda sin que haya un pedido de venta detrás. Es importante que la previsión sea lo más precisa posible para no generar stock excesivo [9], que puede ocasionar un descenso de los márgenes de beneficio de la empresa [10] o una rotura de stock si la demanda real supera a la prevista [11]. Sin embargo, este sistema habilita la economía de escala, producción en grandes cantidades, lo que permite reducir al mínimo el precio unitario del producto.

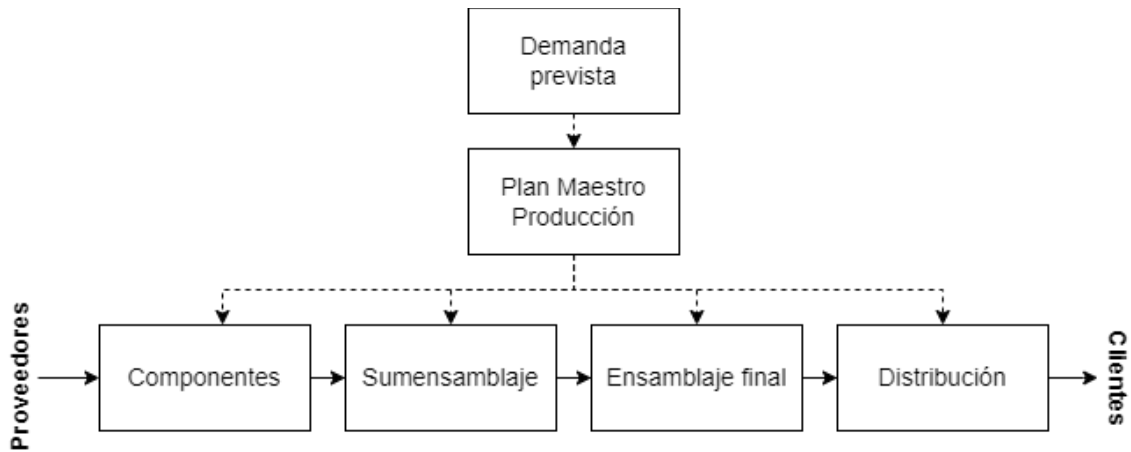


Fig. 14. Producción push [5]

La producción *pull* tiene como objetivo no fabricar nada hasta que exista un pedido en firme del cliente [7], y es posible llevarla a cabo cuando el plazo de entrega del proveedor sea menor al plazo de entrega del cliente. Esto habilita una gran capacidad de personalización del producto, que supone una ventaja competitiva para la empresa. Otras de las ventajas derivadas de producir bajo demanda son la reducción de los costes de almacenaje y la eliminación de la sobreproducción. Por contrapartida, los plazos de entrega a cliente son mayores que en sistemas *push* y los costes unitarios aumentan al alejarse de la economía de escala. En estos sistemas se incluye la producción JIT, *just in time*, que busca producir las cantidades necesarias únicamente cuando se necesiten para reducir así de manera significativa los costes derivados de la logística interna de la producción.

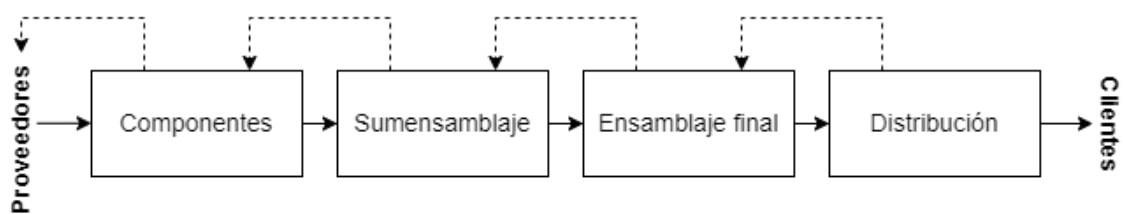


Fig. 15. Producción pull [5]

Push	Pull
Inventario empuja a la producción	Pedidos de venta tiran de la producción
Alto nivel de stock	Bajo nivel de stock
Alto coste de almacenamiento	Bajo coste de almacenamiento
Producción por lote	Alto grado de personalización de producto

Tabla 1. Comparativa pull – push

Visto que ambos enfoques de la producción cuentan con ventajas e inconvenientes, en la actual situación de competitividad global donde la personalización de productos y la imprevisibilidad de la demanda van en aumento, la mejor opción puede resultar en una combinación de ambos sistemas [8]. De esta forma, se habilita la producción contra pedido sin dejar de lado los stocks de seguridad guiados por previsiones que garanticen que se podrá cumplir a tiempo con los pedidos en firme, aunque sí reduciéndolos y disminuyendo los costes logísticos.

Como se ha mencionado, en Replasa se sigue una combinación de ambos, comprando parte de los materiales en base a las previsiones de demanda y fabricando para satisfacer pedidos de venta ya emitidos.

4. PROBLEMÁTICA ACTUAL

La problemática encontrada está relacionada con la programación a corto plazo de la producción. Actualmente, la planificación del lanzamiento de órdenes de fabricación a planta se realiza en un Excel, que se imprime y se lleva físicamente a los operarios. Esto puede llevar a errores, ya que toda la información incluida se introduce a mano, y cada vez que hay que actualizar el plan se hace también manualmente. Esta situación se da frecuentemente, ya que el cliente tiene necesidades cambiantes: puede darse el caso de retrasar la fabricación de un pedido porque no lo necesita en ese momento o le pueden surgir urgencias que son necesarias fabricar, por lo que se adelanta su producción o se incluye en el plan si aún no lo estaba. Salvo causa mayor, las modificaciones en la programación de la producción se realizan de manera que no comprometan la eficiencia del proceso productivo, condicionado por diversos factores explicados en el punto 2.4.1.1.

Por otro lado, la secuenciación de los trabajos se realiza por fuera del sistema. En consecuencia, las listas de materiales no tienen la fiabilidad deseada y esto causa ineficiencias en el acopio de materias primas, lo que repercute en otras áreas de la empresa.

Como se ha mencionado en el punto 2.4. existen diferentes líneas de producción en la planta y a cada una le corresponde una secuenciación de órdenes de fabricación diferente. De esta manera, se reparte un Excel diferente en cada sección, con la información relevante para cada uno de los procesos. Por lo tanto, se distribuyen hasta cuatro planes diferentes en toda la planta. En este contexto, la problemática expuesta al inicio de este apartado se ve multiplicada: por un lado, la probabilidad de cometer errores en la redacción del plan aumenta, además, de haber cambios en el plan de la línea de recubrimiento afectarán directamente a la secuencia de órdenes de las líneas de corte, por lo que habrá que realizar más de una modificación.

4.1. PLAN DE LA LÍNEA DE RECUBRIMIENTO

Siendo el proceso principal, su plan es el que más datos tiene en cuenta. El departamento de planificación se compromete con los operarios a facilitarles la hoja del plan con 24 h de antelación antes de los cambios, para que puedan ir preparando los materiales necesarios para la fabricación y los transporten al almacén de producto terminado.

La tabla que se facilita al equipo de recubrimiento (Tabla 2) está estructurada de la siguiente manera: hay una fila por pedido, pudiendo haber más de un pedido por orden, y las columnas indican los factores relevantes para la fase.

OF	CLIENTE	ADHESIVO	DORSO	CHAPA			PVC		MARCADO LOTE	PELABLE		CENEFA	METROS	Próximo Proceso	Velocidad	Hrs
				ANCHO	ESP.	MAT.	Ref.	Ancho		Ref.	Ancho					

Tabla 2. Plan semanal de recubrimiento

- **OF:**
Indica el número de orden, común para las fases fabricación y ambos cortes.
- **Cliente**
El cliente irá relacionado con el pedido, por lo que puede haber distintos clientes para una orden y es importante diferenciarlo, ya que cambiarán sus especificaciones e incluso su tolerancia a los defectos.
- **Adhesivo y dorso**
Muestran las referencias de adhesivo y dorso que requieren la fabricación.
- **Sustrato (chapa)**
 - Ancho
 - Espesor
 - Referencia
- **Recubrimiento superior (PVC)**
 - Referencia
 - Ancho

El recubrimiento plástico no tiene el mismo ancho que lo bobina de sustrato empleada en la orden, por lo que se indica manualmente para informar a los operarios de cuál deben emplear.
- **Marcado de lote**
El marcado de lote es una especificación de cliente, por lo que no se realiza siempre. Consiste en imprimir la información referente al lote en el dorso de la bobina vía láser.
- **Pelable**
 - Referencia
 - Ancho

El film pelable, al igual que el superior, no comparte ancho con la bobina, por lo que es importante indicarlo. Además, habrá que tener en cuenta las especificaciones de centrado del cliente.

- **Cenefa**

Se trata también de una especificación de cliente: se centra el pelable de manera que quede espacio a cada borde de la chapa. La medida varía con cada cliente.

- **Metros por recubrir**

Indica los metros de bobina que hay que procesar. Es importante de cara a los cambios de film superior y pelable, ya que pueden variar con diferentes líneas de pedido en una misma orden.

- **Próximo proceso**

Se indica si la bobina fabricada está destinada al corte longitudinal o transversal. En función de ello, el operario al final preparará la bobina para que sea transportada donde le corresponda.

- **Velocidad (m/min) y duración (horas)**

Estos elementos sirven como referencia para los operarios, aunque saben a que velocidad funcionan los diferentes tipos de productos.

4.2. PLAN DE LA LÍNEA DE CORTE TRANSVERSAL

OF	CORTE TRANSVERSAL	R. Suj	Medida	ML	Camid
121551			709 x 648	1.400	01.06.2022
123423			719 x 673	1.350	01.06.2022
122474			577 x 650	1.270	01.06.2022
123492			717 x 673	6.400	02.06.2022
119955			1063 x 619,6	2.620	02.06.2022
123234			714,7 x 1062,2 777,5 x 1070	4.600	02.06.2022
123183			661 x 1147,8	600	02.06.2022
121753			623,2 x 1086,1	1.240	02.06.2022

Tabla 3. Plan semanal de corte transversal

- **OF:** número de orden

- **Cliente**

Ofrece información a los operarios de a quién va dirigido el pedido, lo que les permitirá consultar las debidas especificaciones de cliente para una correcta fabricación.

- **Recubrimiento superior**
Sirve de orientación a la hora de diferenciar cortes.
- **Medida**
Ancho x largo del producto final.
- **ML:**
Metros lineales por cortar.
- **Camión:**
Información para que logística tenga en cuenta cuando pedir un camión.

4.3. PLAN DE LA LÍNEA DE CORTE LONGITUDINAL

OF	CORTE LONGITUDINAL	R. S.	Corte	ML	Para	Camión
119955			2 x 619,6	2.620	LCT	
5755			Refilar de 1125 a 1047	1.840	LAR	01.06.2022
123408			2 x 561	1.150	LAR	01.06.2022
123772			Refilar de 825 a 682	3.810	LFA	
123249		I-03	10 P. Rollitos	1.200		02.06.2022
123250		I125	10 P. Rollitos	1.200		02.06.2022

Tabla 4. Plan semanal de corte longitudinal

- **OF:** número de orden
- **Ciente**
Como ya se ha explicado una sola orden puede servir para satisfacer pedidos de distintos clientes. Por ello, es importante indicarlo para que los operarios sepan que deberán realizar un corte en un determinado momento.
- **Recubrimiento superior**
Es importante que se indique cuál es el recubrimiento superior, ya que puede en una misma bobina puede servir para satisfacer diferentes pedidos de venta y será necesario que sepan qué recubrimiento estará con qué medida.
- **Corte:**
Se indican instrucciones del corte a realizar: nº de flejes, sus medidas y embalaje del producto final: bobinas de 150 m, 30 m o flejes destinados al corte transversal.
- **ML:**
Ofrece información de los metros necesarios para ese pedido.

- **Para:**
 Se da información sobre el próximo proceso, corte transversal en Astrain o Los Arcos. Si el producto final es en bobina, no se indica nada.
- **Camión:**
 Información para que logística tenga en cuenta cuándo estará disponible el producto terminado y puedan pedir un camión

4.4. PLAN DE LA LÍNEA DE GRATADO

Este plan se realiza teniendo en cuenta la previsión de entrada de material y las órdenes de fabricación existentes la semana siguiente para cada medida y referencia de sustrato. La línea de gratado funciona para alimentar la producción de Inox, pero las órdenes de trabajo en esta línea son independientes de las de recubrimiento y corte. Por ello, se lanza una orden para cada medida y material, donde se procesa la cantidad necesaria. De esta forma, las bobinas que estaban en el almacén de la esmeriladora pasan a estar en el almacén de bobinas preparadas para ser fabricadas.

Cliente	Acabado	Espesor	Ancho	OF	Cantidad	Para

Tabla 5. Plan semanal de esmerilado

- **Cliente**
 Indica el cliente en términos generales. Para los clientes de electrodomésticos se suele indicar únicamente si va a lavavajillas o frigoríficos.
- **Acabado**
 Referencia interna para el acero esmerilado.
- **Espesor**
 Espesor de la bobina a esmerilar.
- **Ancho**
 Ancho de la bobina a esmerilar.
- **Ancho final**
 El ancho final al que se cortará la bobina. Es interesante contar con este dato por motivos de calidad. Por ejemplo, si presenta defectos en los bordes, pero por dimensión no estarán

presentes una vez se refile la chapa, siempre y cuando no comprometan el resto de los procesos no haría falta rechazar la bobina.

- **OF**

Número de orden, que no guarda relación con las de recubrimiento.

- **Cantidad**

Cantidad de material a esmerilar: kg y mL

- **Para**

Esta columna indica a cuál de las dos plantas está destinado el material.

5. SOLUCIONES PLANTEADAS

Para corregir la problemática propuesta, la empresa pensó en varias soluciones. Por un lado, la implantación de un sistema MES, y por otro la de un módulo de planificación existente en el ERP de la empresa, dividido entre un planificador y un MRP.

5.1. SISTEMAS MES

Esta es una solución planteada en línea con los pasos dados por Replasa hacia la transformación digital de la empresa. De hecho, está previsto llevarlo a cabo una vez se haya implantado el sistema de gestión de almacenes, SGA, paso previo para el correcto funcionamiento del sistema. El objetivo de un **MES**, del inglés *Manufacturing Execution System*, es la recopilación de datos de los procesos de fabricación para asegurar una ejecución eficaz mejorando el rendimiento y reduciendo costes, comunicándose tanto con el ERP y los dispositivos conectados a las máquinas de planta [12].



Fig. 16. Sistemas MES [12]

Ventajas

Entre las principales ventajas de estos sistemas están la disponibilidad de **información** en tiempo real sobre el proceso, las ya mencionadas aumento de la **productividad** y reducción de **costes**, reduciendo trabajos improductivos. Además, gracias a la monitorización de las variables que condicionan la producción se facilita la detección de puntos críticos del proceso permitiendo

augmentar la **calidad** de los procesos. Por otro lado, integran funciones de **planificación** de la producción y se vinculan con el ERP de la empresa para potenciar su aplicación [12].

Desventajas

Pese a ello, sería un desarrollo que habría que llevar a cabo con una empresa especializada en este tipo de softwares, junto con la empresa desarrolladora de Spyro, lo que acarrearía un alto coste económico, pero sobre todo llevaría tiempo.

5.2. MRP

Otra de las soluciones que podrían ayudar a solucionar la problemática planteada es un MRP incluido en el módulo de planificación de Spyro, y aunque aún no se ha implantado, el departamento de compras se está encargando de conocer su funcionamiento y realizar las modificaciones necesarias en el sistema para su correcto funcionamiento. Como ya se ha mencionado anteriormente, es imprescindible que las listas de materiales estén bien definidas, por lo que se requiere una revisión masiva de las estructuras de todos los productos y su actualización.

5.3. PLANIFICADOR DE LA PRODUCCIÓN

Otra solución barajada es un planificador de la producción ya existente en Spyro, pero que, al igual que el MRP, actualmente no está en uso. Se llegó a emplear a principios de la década pasada, aunque el volumen productivo era mucho menor y, por ende, también el número de condicionantes a tener en cuenta en la programación de la fabricación. Sumado a esto, la persona que ostentaba el cargo de planificador se jubiló, por lo que se perdió el conocimiento del funcionamiento de la herramienta. Por ello, para su implementación sería necesario realizar un análisis de los requerimientos y condicionantes del programa.

Inicialmente, de entre las tres soluciones planteadas se seleccionan las dos últimas, dejando de lado un sistema MES. Los principales motivos que respaldan esta elección son el económico y el temporal, ya que, al estar disponibles en el ERP, sus implantaciones a priori no suponen un gasto notable en comparación con un MES. Además, como ya se ha comentado, se va a implantar un SGA previamente para asegurar una correcta gestión de los materiales y almacenes, por lo que no era un buen momento para iniciar la implantación de un MES. Por otro lado, tanto el MRP como el Planificador son soluciones que ya están disponibles, aunque haya que analizar su funcionamiento y realizar las correcciones necesarias para su implantación.

Finalmente, teniendo en cuenta que el departamento de compras ya ha procedido con la utilización del MRP, se decidió asignar a un ingeniero en prácticas la implementación del **planificador**.

Este planificador realiza una simulación de las órdenes de fabricación ya creadas que aún no se han fabricado y les asigna una prioridad para ordenarlas en el tiempo. Además, separa cada orden en más trabajos, según las fases definidas en Spyro. Ofrece diferentes interfaces de visualización: diagramas de Gantt de las órdenes y la carga de trabajo de la máquina, y una ventana de calendario. Hay varias pantallas del ERP relevantes para el funcionamiento del planificador:

En primer lugar, está el **mantenimiento de órdenes** de fabricación. Este programa permite visualizar y modificar los datos incluidos en cada orden. Son de gran importancia para la herramienta presentada en este trabajo, ya que se indican:

- **Fecha prevista de cierre:** establecerá la semana en la que se planificará un trabajo.
- **Fecha tope fin:** establece la fecha de entrega de un trabajo.
- **Cantidad:** establecerá la cantidad a fabricar mostrada en el planificador.
- **Producto:** artículo final producido en esta orden, establecerá la prioridad de esta en el planificador.



Fig. 17. Mantenimiento de órdenes – Spyro

Por otro lado, el programa **fases de órdenes**, al que se puede acceder desde las pestañas derechas del mantenimiento de órdenes, muestra las fases necesarias para terminar la orden de fabricación. En el planificador, cada una de estas fases será considerada un trabajo y tendrán la duración prevista mostrada en esta pantalla, valor de T. Previsto, como se mencionará más

adelante en el trabajo. Además, se visualiza también el estado de una fase y la cantidad fabricada hasta el momento.

Fig. 18. Mantenimiento de fases – Spyro

Finalmente, el **mantenimiento de artículos** determinará los datos incluidos en las dos pantallas anteriores, así como la secuenciación de trabajos en el planificador. Aquí se define toda la información referente a los artículos, desde **estructuras y fases** de fabricación hasta almacenes a los que están destinados. Además, cada artículo tiene asignada una serie de clasificaciones que será de gran importancia en la secuenciación de órdenes del software.

Código	Valor	Descripción
PESO	0000003,72	3,72
PESOML	0000003,55	3,55
PESOUN	0000002,54	2,54
RAIZ	F	Fórmula
RECETA	05	K403 Para PET
SEC	0000002315	2315
SUBFAMILIA	1X3X	Acero AISI 430
TIPOART	1	Producto terminado
TIPOSUS	X3RO	Inoxidable AISI 430 / acabado BO Repla
TIPPEL	R114	4802A , 50MICRAS 60CN
TIPRECI	-	S/rec
TIPRECS	T155	HARDCOAT H10 15 M NOR61001 CLEA
Peso total		

Sit	Almacén	Nombre Almacén	Ult. Ubic.	Tipo Reap.	Pr. Med/U Stock	Existencias	A recibir	A servir	Def
03		Almacén REPLASA		Pedido Cliente	0,1396	0,00	8.700,00	87.044,74	✓
		Ubicación Def.				0,00	8.700,00	87.044,74	

Fig. 19. Mantenimiento de artículos – Spyro

A cada artículo se le pueden añadir diferentes clasificaciones, códigos para diferenciar los artículos tales como el ancho de la materia prima empleada, el espesor, y las dimensiones del producto final, entre otros. Una de las clasificaciones clave en el planificador será la **receta**, que permitirá establecer una prioridad para las órdenes que contengan esa característica y agruparlas por su valor. Este valor hace referencia al tipo de adhesivo empleado, factor clave en la optimización del proceso de *coil coating*, como se verá más adelante. Otra de las clasificaciones determinantes en el ordenamiento de la fabricación es el **ancho de materia prima**, que establecerá el orden de los trabajos con un mismo adhesivo. Por tanto, el planificador consulta todos estos datos y es imprescindible que estén bien definidos.

Existen varias condiciones que se deben cumplir para que una orden sea planificada en el programa. Por un lado, el artículo, y en consecuencia la orden, debe tener **fases definidas**. Además, estas no pueden tener estado de **Terminada**. Cuando una fase de recubrimiento está terminada pero no el corte, solo se planificará el corte. Por otro lado, la orden debe tener la casilla de planificar activada, aunque es algo que se da por defecto al crear una. Por último, si la cantidad fabricada es igual o superior a la indicada en la orden, no se tendrá en cuenta para la planificación.

Otro de los elementos claves para el correcto funcionamiento de esta herramienta es el calendario asociado a cada máquina, que debe estar definido en el periodo de planificación seleccionado. En caso contrario, la simulación solo se realizará hasta la última fecha del calendario y mostrará un mensaje de error.

The screenshot displays the 'Planificador' (Planner) window and the main order details. The 'Planificador' window has 'Planificar' checked. The main window shows order details for 'Tipo / Número' 122571, 'Cantidad' 3000 UN, and 'Fecha Apert.' 10/02/22. The 'Estado' is 'A'. Below this is a table of phases:

Fase	Oper. Descripción	G. Maq. Subc.	T. Prepar.	T. Máquina F. Prev. Inicio	Cantidad	C.NOR	Estado
1	1LINEA DE FABRICACIÓN NUEVA	LFA	0	,1	0	0	Lista
2	2LINEA DE CORTE LONGITUDINAL	LCL	0	,03	0	0	Cre.
3	3LINEA DE CORTE TRANSVERSAL	LCT	0	,04	0	0	Cre.

Fig. 20. Condiciones para la planificación



Fig. 21. Interfaz planificador

5.3.1. CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN

La prioridad con la que se planificarán las órdenes viene definida en una tabla, donde se indica para una semana concreta (columnas) que prioridad ostentarán las órdenes que se fabriquen con un adhesivo, o receta, concretos (filas). Esta prioridad va del 0 al 99, siendo el valor más prioritario y 99 el de menor prioridad, y en el caso de haber una prioridad nula, se entenderá como la de menor prioridad. Como ya se ha mencionado, la receta es una clasificación conectada a cada artículo y la semana prevista de fabricación estará definida por el campo fecha prevista de cierre de una orden.

Tabla	Columna	Descripción
REP_PLANIFICACION	PRIORIDAD	

	SEMANA						
RECETA	13	14	15	16	17	18	19
10	98	2	20	90	1	83	10
11	97	94	10	96	96	96	96
12	11	81	11	91	91	82	97
13	23	90	23	23	23	80	32
14	20	20	20	95	95	95	95
15	15	15	99	99	99	99	80
16	16	95	98	98	98	88	76
17	21	35	35	94	94	94	94
18	3	36	36	88	88	86	80
19	19	19	19	19	19	79	19
20	92	37	5	93	93	93	2
21	21	21	21	21	21	78	21
22	23	38	38	92	92	92	92
23	23	23	23	23	23	77	23
24	24	24	24	24	24	76	24
25	25	25	25	25	25	75	25

Tabla 6. Prioridades del planificador

Una vez establecida la prioridad, el planificador agrupa todas las órdenes de un **mismo adhesivo** y las ordena de **ancho a estrecho**. Como se ha visto en el punto 2.4.1.1, estos son dos de los criterios empleados a la hora de reducir pérdidas de eficiencia. Es muy importante definir las prioridades correctamente, ya que de haber dos o más valores iguales para dos o más recetas diferentes, en la planificación propuesta se les consideraría de igual adhesivo y los ordenaría de ancho estrecho mezclándolos, algo que no podría suceder en la práctica.

5.3.2. ESCENARIOS

Un **escenario** es una planificación de las órdenes, máquinas y periodo de tiempo indicados. Las acciones relativas a estos se ven en la pestaña Escenario en la barra de herramientas (parte superior de la pantalla). Es posible crear distintos si se quiere ver cómo afectará a la planificación un cambio y hacer comparaciones entre ellos. El icono en la lista de escenarios indica en qué escenario está seleccionado.

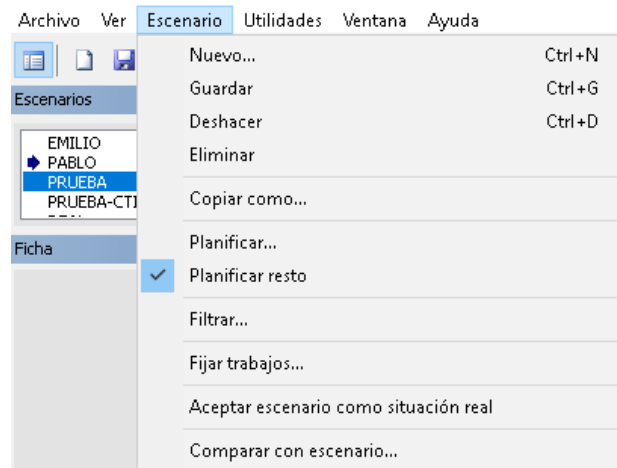


Fig. 22. Escenario

A continuación, se indica que se hace en cada elemento de la lista. Si he puesto un icono al lado del título, a esa función se puede acceder en la barra de acceso rápido mediante ese mismo icono.



Fig. 23. Barra de accesos rápidos

Nuevo:

Crea un nuevo escenario. Primero hay que darle un nombre y al aceptar aparece la ventana de planificar, donde hay que indicar:

- **Tipo y Nº de trabajo:** el tipo y número de órdenes a planificar.
- **Sección, Grupo máq. y Máquina:** máquinas a planificar.
- **Fecha:** fecha en la que se inicia la planificación.
- **F. prev. cierre:** fecha de fin de la planificación.

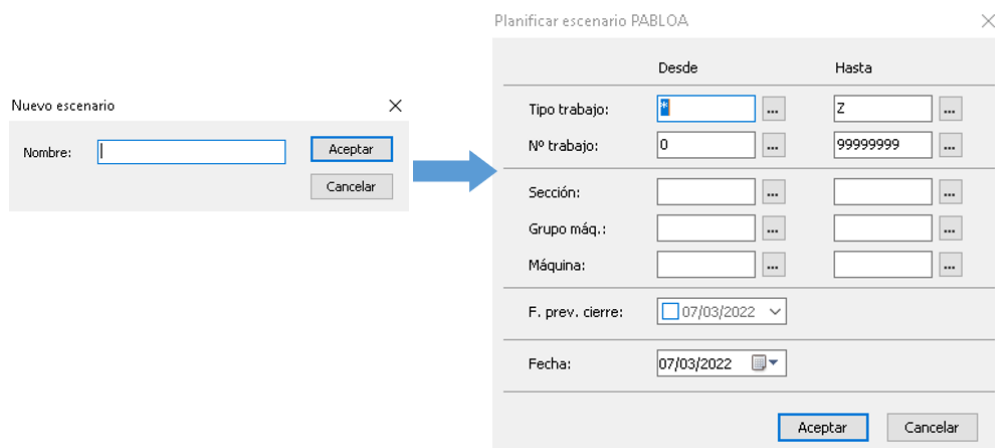



Fig. 24. Creación de nuevo escenario

Guardar: 

Guarda los cambios realizados en el escenario actual.

Deshacer: 

Deshace el último cambio realizado en el escenario actual.

Eliminar:

Elimina el escenario actual.

Copiar como:

Copia el escenario actual a uno nuevo. Hay que indicar el nombre del nuevo en la ventana que aparece.

Planificar:

Una vez creado un escenario es posible replanificarlo (por ejemplo, si se han movido órdenes a otras semanas) y aparecerá de nuevo la ventana de planificar que aparece al crear un escenario (ver **Nuevo**).

Filtrar: 

Se puede limitar qué se visualiza en pantalla una vez planificado el escenario (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Fijar trabajos:

Permite fijar un trabajo para que no cambie al replanificar un escenario (ver

FIJAR TRABAJOS 49 en la página 49)

Aceptar escenario como situación real:

Copia el escenario actual al escenario Real.

Comparación con escenario:

Compara el escenario actual con otro. Se abre una ventana con un desplegable para seleccionar el escenario a comparar.

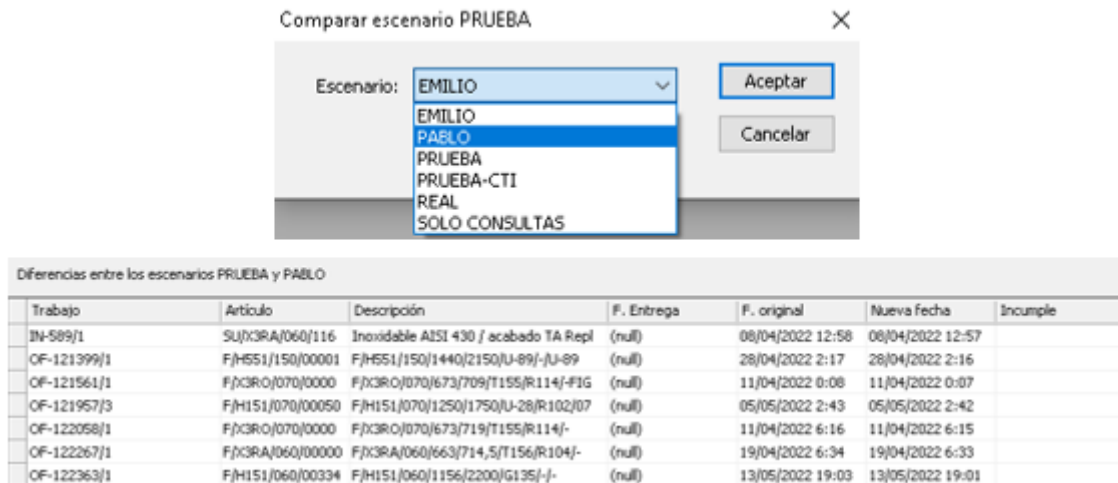


Fig. 25. Comparativa escenarios

5.3.3. VISUALIZACIÓN DE ÓRDENES

El planificador separa las órdenes en trabajos, uno por cada fase incluida en la orden. Están representados como rectángulos de diferente longitud según su duración. Además, el color indicará cuál es el estado de esa fase. La Fig. 26 muestra un ejemplo de cómo se visualizaría una orden de tres fases:

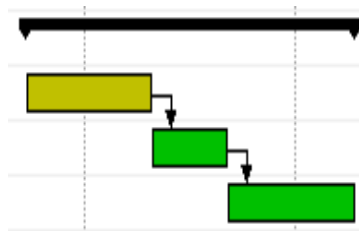


Fig. 26. Visualización de órdenes

Cuando se coloca el ratón sobre uno de los bloques, aparecerá en el lado izquierdo de la pantalla la ficha del trabajo, con características referentes a la fase (en orden descendente):

- Tipo y número de orden / fase
- Descripción de la fase (operación)
- Artículo

- Cliente
- Inicio y final de fase
- Tiempo de preparación y duración de la fase
- Unidades totales para fabricar en la orden
- Unidades ya fabricadas en la orden
- Fecha de entrega de la fase (F tope fin de la orden)
- Recurso (línea) en el que está planificada la fase
- Pedidos incluidos en la orden
- Estado de la fase (lista, creada, en proceso, terminada...)

Trabajo	
OF-121861/1 LINEA DE FABRICACIÓN NUEVA	
Artículo	
F/XSTA/074/000004 F/XSTA/074/811,5/712,5/T156/R1 44/-	
Cliente	
460	
Inicio	14/03/2022 18:04:07
Fin	15/03/2022 13:55:12
T. Prepar.	0 horas
Horas	15,05 horas
A fabricar	45150
Fabricado	0
F. Entrega	18/03/2022
Recurso	LFA: LINEA DE FAB. Astra
Proyecto	
Pedidos	
PEDVTA-18857/3179: WHIRLPOOL F	
Estado	Lista para comenzar

Fig. 27. Ficha de trabajo

5.3.4. DURACIÓN DE LOS TRABAJOS

La duración de las fases se calcula mediante la formula mostrada en la siguiente ecuación:

$$T. Previsto = \frac{T. Máq \cdot (Cant. a fabricar - Cant. fabricada)}{60} - T. prep$$

Donde,

- **T. Previsto** [h]: tiempo total de la fase.

- **T. Máquina** [min]: tiempo por unidad fabricada. En Mantenimiento de Artículos es T. unitario.
- **T. Preparación** [min]: tiempo de preparación de la fase.
- **Cantidad** [unidad]: unidades a producir [UN para formatos o ML para bobinas].

Estos datos, son extraídos por el planificador del ERP en la pantalla de fases de órdenes:

Fases de Ordenes

Tipo / Número: OF 121861 Cantidad: 45150 UN Fecha Apert.: 26/11/21 Cliente: 460
 Descripción: Estado: A Proyecto: Seguimiento: Tiempos necesar. máquina

Producto: FXSTA/074/000004 FXSTA/074/811,5/712,5/T156/R144/-

Fase	Oper. Descripción	G. Maq. Subc.	T. Prepar.	T. Máquina	F. Prev. Inicio	Cantidad	C.NOK	Estado
1	1 LINEA DE FABRICACIÓN NUEVA	LFA	0	,02		0	0	Lista
3	3 LINEA DE CORTE TRANSVERSAL	LCT	0	,02		0	0	Cre.

Provee. Máq. LFA Trans. 0 F. Prev. Fin C. Mol. Estado
 Proyecto Obser. Recur. A planificar F. Entrega 18/03/22 Óptim. 0 F.U. Bono
 F. Asoc. CNC T. Tra. Imprimir Prioridad 0000000128 P. Exi. 0% Avance

Fases de Ordenes

Tipo / Número: OF 121861 Cantidad: 45150 UN Fecha Apert.: 26/11/21 Cliente: 460
 Descripción: Estado: A Proyecto: Seguimiento: Tiempos reales máquina.....

Producto: FXSTA/074/000004 FXSTA/074/811,5/712,5/T156/R144/-

Fase	Oper. Descripción	G. Maq. Subc.	T. Previsto	T. Real	%Dsv	Cantidad	C.NOK	Estado
1	1 LINEA DE FABRICACIÓN NUEVA	LFA	15,05			0	0	Lista
3	3 LINEA DE CORTE TRANSVERSAL	LCT	15,05			0	0	Cre.

Fig. 28. Duración de los trabajos - Spyro

COLORES DE LOS TRABAJOS

Las fases pueden aparecer en pantalla con diferentes colores según su estado en el mantenimiento de fases. Cuando se crea una orden aparecen por defecto amarillas y verdes:


OF-122128/1	Creada (Cre.)	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: fit-content;"> Cre. EnPre Prep. Lista Proc. Term. </div>
OF-122125/1	En preparación (EnPre)	
OF-122121/1	Preparada (Prep.)	
OF-122123/1	Lista para comenzar (Lista)	
OF-122122/1	En proceso (Proc.)	

Fig. 29. Colores de los trabajos

- **Creada**: sale por defecto para las fases siguientes a fabricación.

- **En preparación:** la fase está siendo preparada.
- **Preparada:** fin de preparación
- **Lista:** estado por defecto de la fase de fabricación.
- **En proceso:** La fase está en proceso.
- **Terminada:** la fase está terminada, y en este estado no aparecerá en el planificador.

El **estado** de las ordenes se puede cambiar manualmente, pero se cambia automáticamente con la introducción de bonos de trabajo en planta.

Los trabajos **subcontratados** se visualizan como rombos granates: 

La subcontratación debe realizarse como última medida para tratar de evitar faltas de capacidad [6]. En caso de Replasa, no se utiliza para las fases de fabricación y corte, pero sí para esmerilar acero, ya que, como se ha mencionado anteriormente, la GRD es un cuello de botella.

Cuando se inició con la planificación, muchos de los artículos contaban con fases subcontratadas, marcado por la casilla de subcontratación que así lo indicaba, por instrucción del antiguo empleado de planificación. Ante esta situación, se identificó qué artículos contaban con esta información introducida y se cambió su hoja de ruta estándar.

5.3.5. GANTT DE TRABAJOS

En esta ventana se visualiza un **diagrama de Gantt** de las órdenes del escenario y su planificación en el tiempo. Permite visualizar ágilmente qué trabajos se encuentran fuera de plazo para ajustar la capacidad existente.

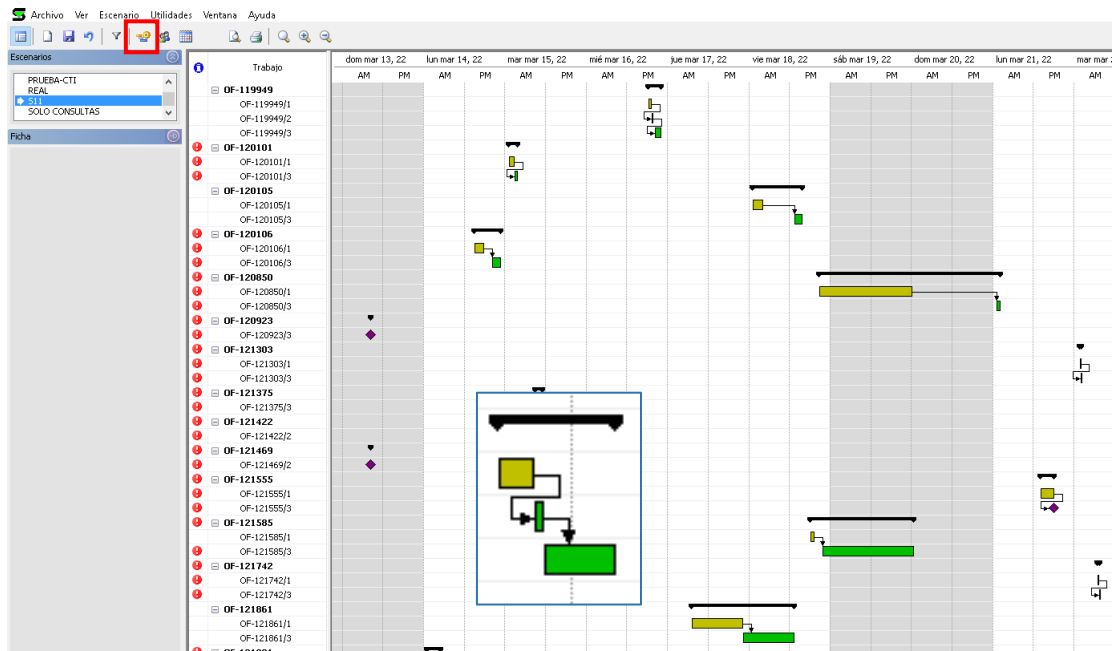


Fig. 30. Gantt de trabajos

- Duración total de la orden: inicio de primera fase - final de última fase
- La fase siguiente requiere que la anterior termine para comenzar
- La orden / fase no cumple con la fecha de entrega (F tope fin)

5.3.6. GANTT DE RECURSOS

En esta pantalla se visualiza el diagrama de Gantt de los recursos, lo que permite ver la carga de trabajo de las diferentes líneas: esmerilado, recubrimiento y corte.

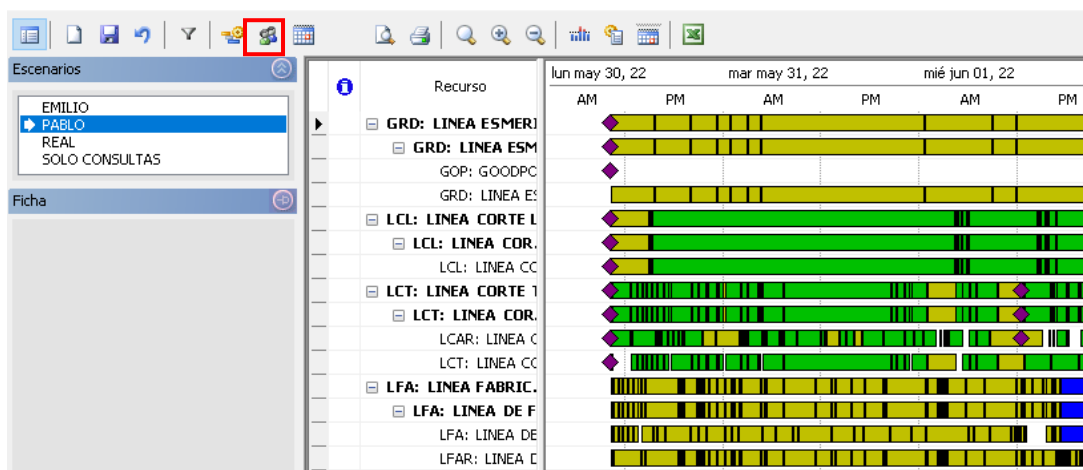


Fig. 31. Gantt de recursos

5.3.6.1. GRÁFICA DE CARGA

La gráfica de cargas muestra la carga y capacidad para el recurso seleccionado (Sección/Grupo/Máquina). Para visualizarla se clica en su icono en la barra de accesos rápidos.

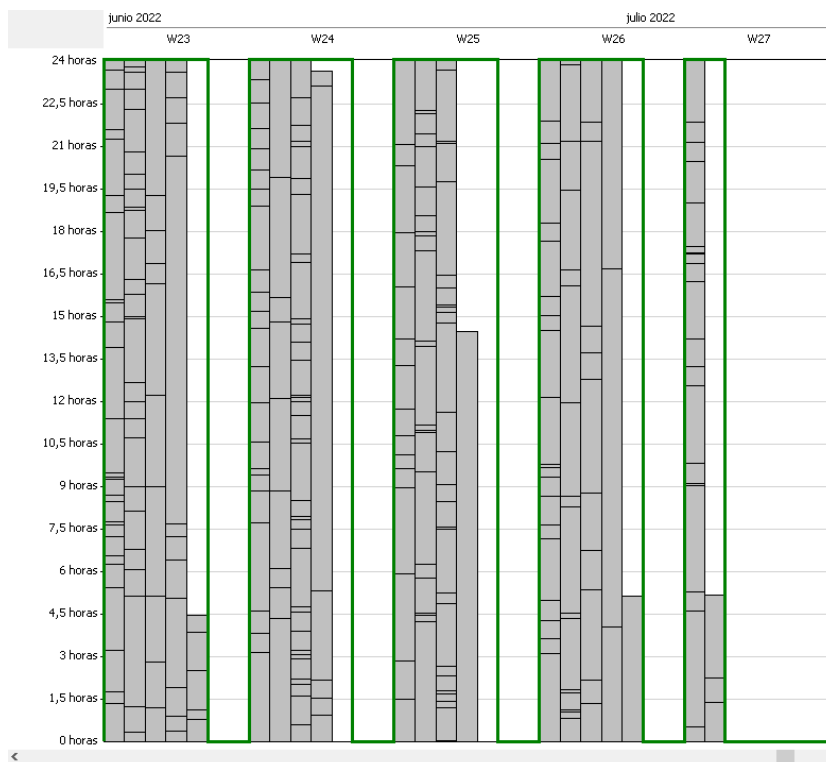


Fig. 32. Gráfica de carga

En la gráfica se muestra:

- **Línea verde:** capacidad total de la máquina (horas)
- **En gris:** carga de trabajo, tiempo en el que la máquina está ocupada

De nuevo, esta es una funcionalidad que permite visualizar el estado de la capacidad de una línea seleccionada en un vistazo rápido para hacer los cambios pertinentes.

5.3.6.2. LISTA DE TRABAJOS

La lista de trabajos muestra las órdenes pendientes para el recurso (Sección, Grupo o Máquina) seleccionado ordenadas según se le indique, en este caso por fecha de fabricación. Se visualiza seleccionando una Máquina mediante el botón de Lista de trabajos o con el botón derecho del ratón.

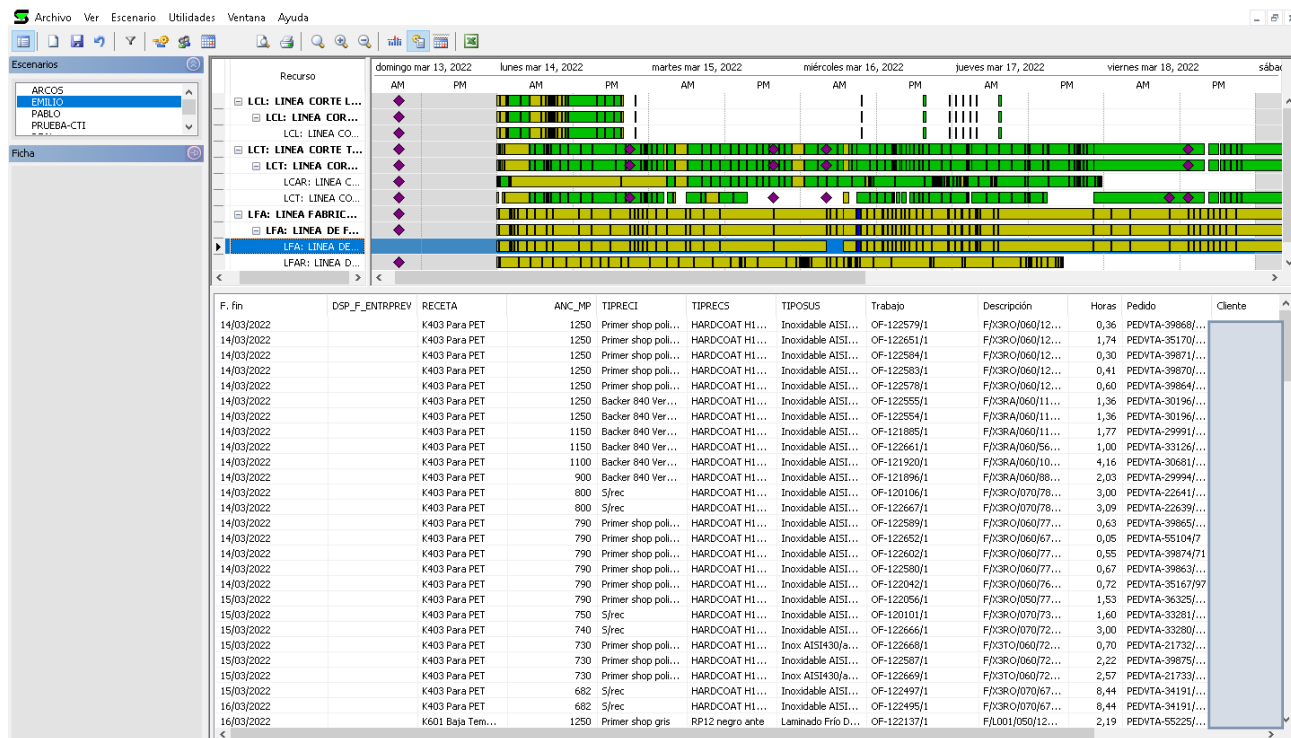


Fig. 33. Lista de trabajos

Es posible modificar esta lista por diferentes factores y clasificaciones de artículo, tal y como se muestra en la Fig. 33.

Definir columnas de la lista de trabajos ✕

Columnas

<input checked="" type="checkbox"/> Trabajo	<input type="checkbox"/> Horas	<input type="checkbox"/> Cant. pendiente
<input type="checkbox"/> Recurso	<input checked="" type="checkbox"/> F. inicio	<input type="checkbox"/> Cant. fabricada
<input type="checkbox"/> Artículo	<input type="checkbox"/> F. fin	<input type="checkbox"/> Pedido
<input type="checkbox"/> Descripción	<input type="checkbox"/> Movable	<input checked="" type="checkbox"/> Cliente
<input type="checkbox"/> Descripción de la fase	<input type="checkbox"/> F. entrega	
<input type="checkbox"/> T. preparación	<input type="checkbox"/> Estado	

<input checked="" type="checkbox"/> Clasificación 1:	<input type="text" value="RECETA"/>	...	<input type="checkbox"/> Clasificación 7:	<input type="text"/>	...
<input checked="" type="checkbox"/> Clasificación 2:	<input type="text" value="TIPRECI"/>	...	<input type="checkbox"/> Clasificación 8:	<input type="text"/>	...
<input checked="" type="checkbox"/> Clasificación 3:	<input type="text" value="ANC_MP"/>	...	<input type="checkbox"/> Clasificación 9:	<input type="text"/>	...
<input checked="" type="checkbox"/> Clasificación 4:	<input type="text" value="ESP"/>	...	<input type="checkbox"/> Clasificación 10:	<input type="text"/>	...
<input checked="" type="checkbox"/> Clasificación 5:	<input type="text" value="TIPRECS"/>	...	<input type="checkbox"/> Clasificación 11:	<input type="text"/>	...
<input checked="" type="checkbox"/> Clasificación 6:	<input type="text" value="TIPOSUS"/>	...	<input type="checkbox"/> Clasificación 12:	<input type="text"/>	...

Orden

F. inicio Trabajo Clasificación 1: RECETA Clasificación 2: TIPRECI Clasificación 3: ANC_MP Clasificación 4: ESP Clasificación 5: TIPRECS Cliente Clasificación 6: TIPOSUS	<input type="button" value="Asc"/> <input type="button" value="Desc"/> <input type="button" value="Eliminar"/>	F. inicio
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Fig. 34. Modificación lista de trabajos

5.3.7. CALENDARIO

El calendario muestra los trabajos planificados para el recurso seleccionado en un calendario.

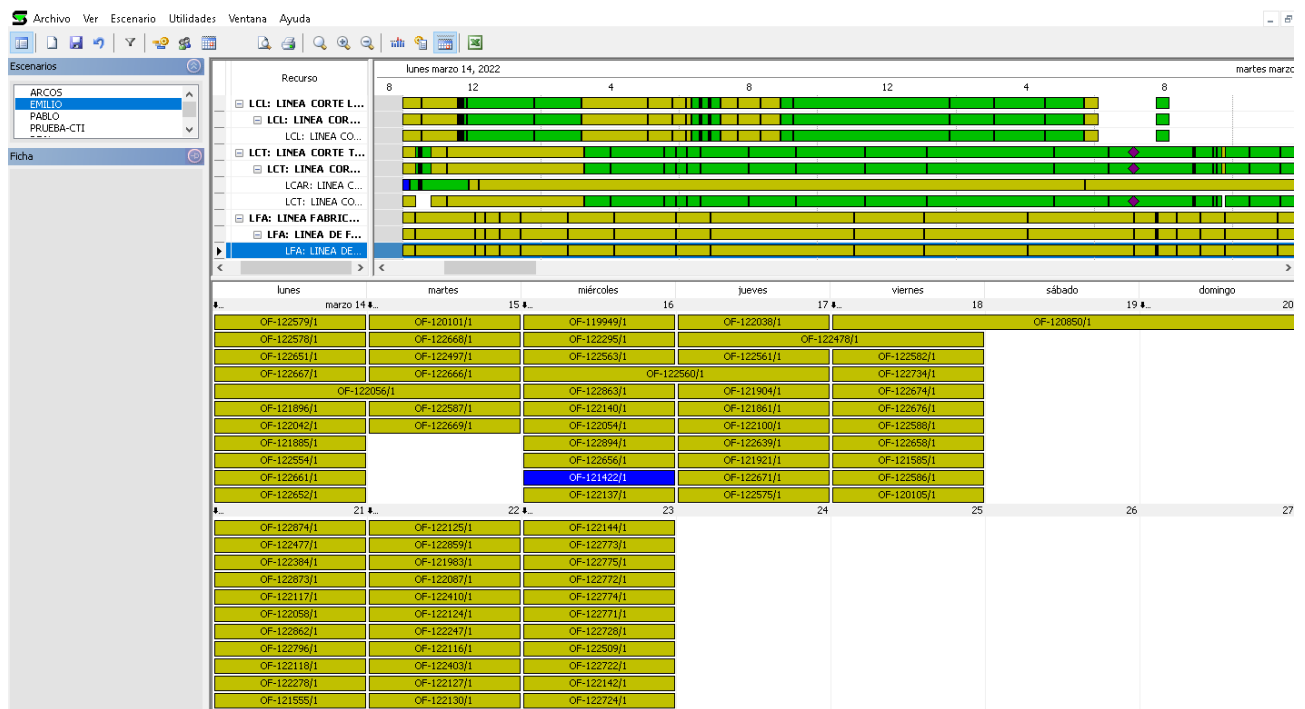


Fig. 35. Calendario

5.3.8. MODIFICACIÓN DE LAS CARGAS DE TRABAJO

Esta herramienta, además de ofrecer funcionalidades de visualización, permite realizar ciertas modificaciones a los trabajos planificados.

CAMBIO DE RECURSO PARA UN TRABAJO

Es posible modificar el recurso para una orden arrastrando una fase mientras se pulsa ALT. Esto cambiara su máquina en Spyro. Es de gran utilidad en ciertos casos donde por problemas de capacidad se envía una bobina recubierta ser cortada en Los Arcos, y viceversa.



Fig. 36. Cambio de recurso para un trabajo

DEFINICIÓN DE RESTRICCIONES

En la pestaña Utilidades, se puede definir que una fase necesita tener a otra terminada para iniciarse. Esto se indica mediante la flecha que une dos trabajos, y por norma general suele estar así definido, pero puede darse el caso de que en Spyro no se haya definido. Para ello hay que

seleccionar un trabajo y arrastrar el ratón al siguiente trabajo. Aunque esto se trata de una medida que afectará únicamente a la orden de fabricación, y habrá que definirlo en el artículo para que no se arrastre en fabricaciones futuras.

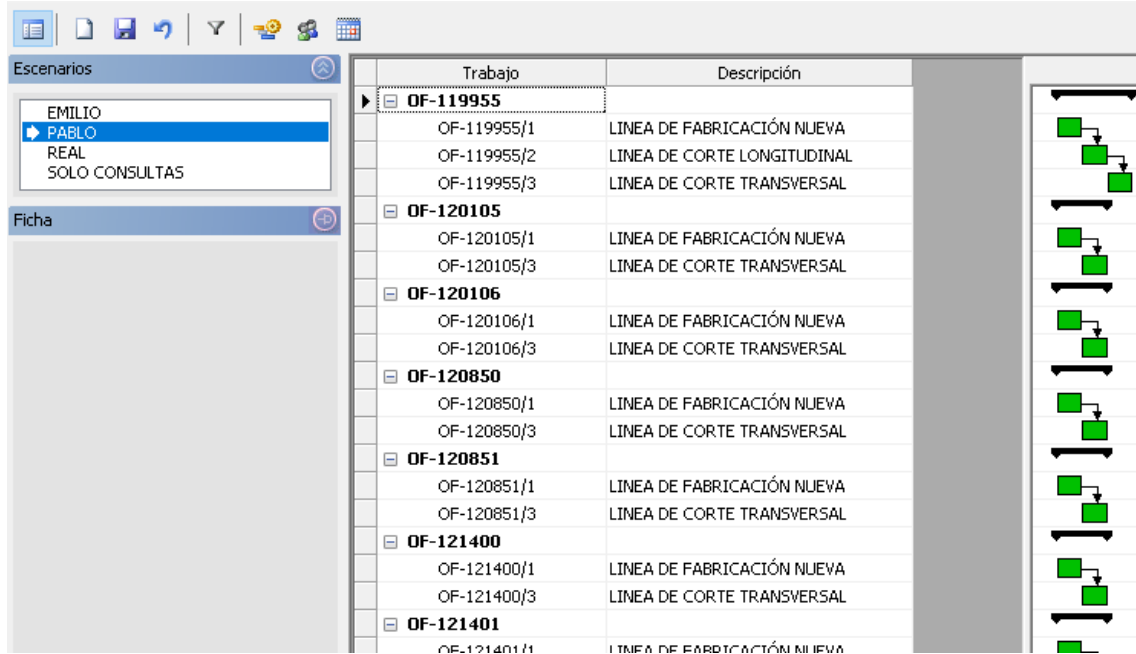


Fig. 37. Definición de dependencias de fases

FIJAR TRABAJOS

Como se ha mencionado anteriormente, es posible fijar trabajos desde la pestaña de Escenario, de forma que los trabajos que cumplan con los requisitos indicados no serán replanificados si se realiza una nueva planificación en el mismo escenario.

	Desde	Hasta
Tipo Orden:	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº Orden:	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº Fase:	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fecha:	<input type="text" value="08/03/2022"/>	<input type="text" value="08/03/2022"/>
Sección:	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Grupo máq.:	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Máquina:	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Clasificaciones de artículo:		
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Marcar los trabajos que cumplan los criterios anteriores como:		
	<input checked="" type="radio"/> Movibles	<input type="radio"/> Inmovibles
	<input type="button" value="Aceptar"/>	<input type="button" value="Cancelar"/>

Fig. 38. Fijación de trabajos

FILTROS

Se pueden aplicar filtros para seleccionar las ordenes que se visualizan en el Planificador. La planificación no cambia, sólo cambia qué se visualiza, desde la pestaña Escenario o desde el acceso rápido:

Filtrar escenario S11 ✕

	Desde	Hasta	Clasificaciones de artículo:	
Proyecto:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cliente:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo trabajo:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº trabajo:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sección:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Grupo máq.:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Máquina:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Artículo:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fecha:	<input type="text" value="08/03/2022"/>	<input type="text" value="08/03/2022"/>		
Tipo pedido:	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Nº pedido:	<input type="text"/>	<input type="text"/>		

Fig. 39. Filtrado de trabajos

Como ejemplo, en la Fig. 40 se puede ver como filtrando, por un número de orden en este caso, se facilita mucho la visualización:

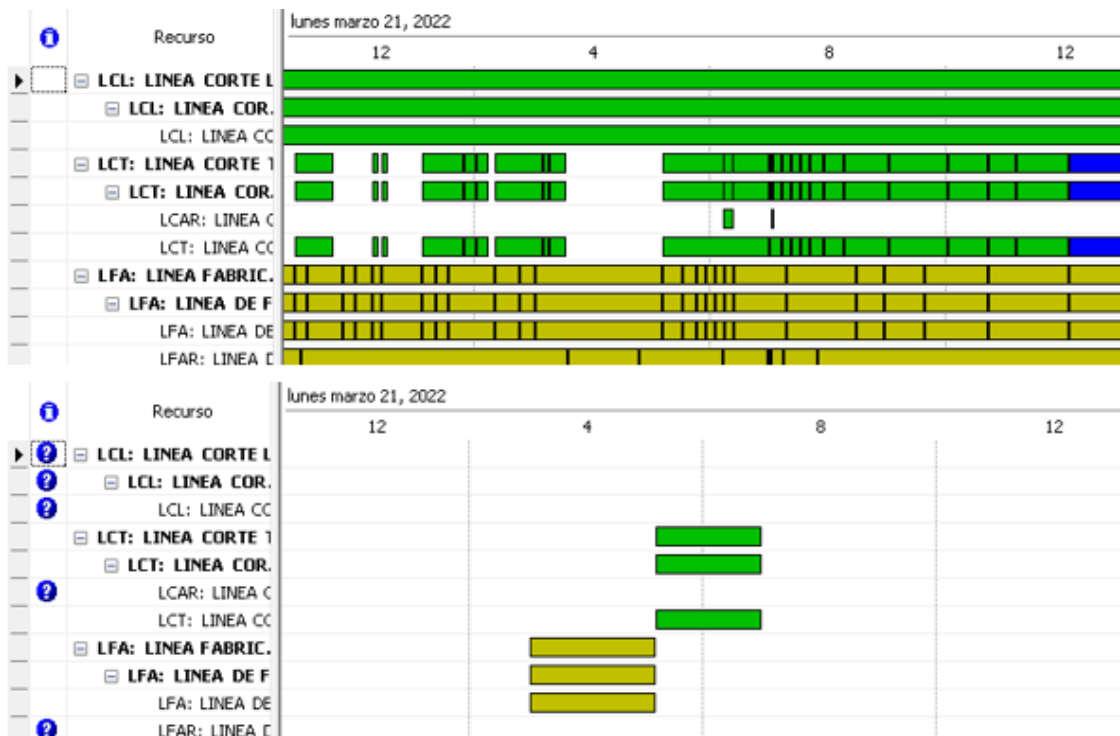


Fig. 40. Filtrado de trabajos - Gantt

ZOOM

Es posible aplicar zoom a las ventanas de Gantt para cambiar el horizonte de días visualizado.

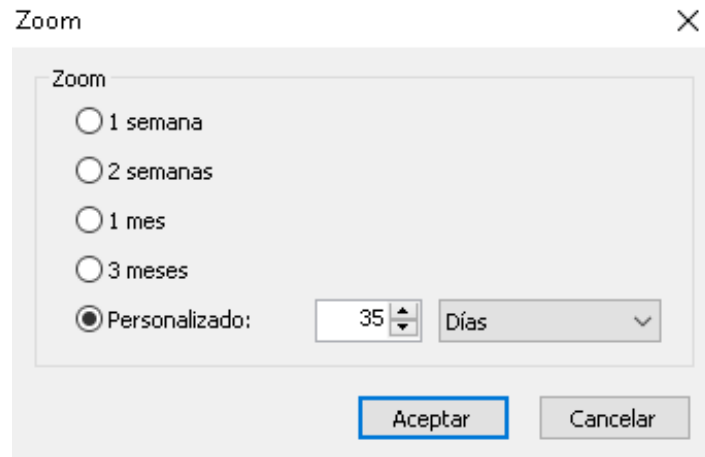


Fig. 41. Zoom

Capacidad

Este campo sería el relativo a la disponibilidad, y establece qué porcentaje del tiempo disponible estarán trabajando las máquinas. Si es el 80%, se planificará cada día de 00:00 a 19:12, exactamente el 80% del día. Como se ve en el ejemplo, la orden que esté en proceso a las 19:12, se alarga porque de esa hora a las 00:00 no trabajará. Toda la ficha del trabajo será igual, excepto su hora de finalización.

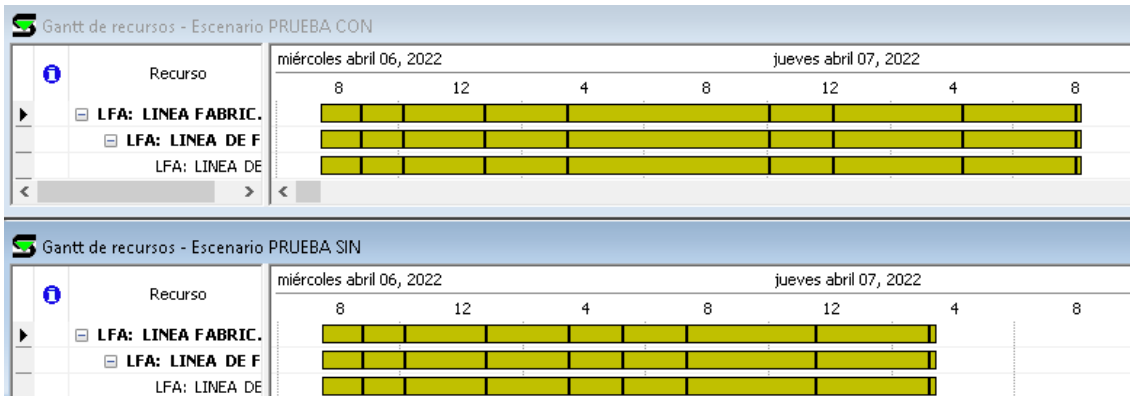


Fig. 44. Comparativa de escenarios con y sin capacidad - Gantt

Con el 100% se termina a las 21:01 y con el 80% se termina a la 1:49 porque se procesa de 18:56 a 19:12 y de 00:00 a 1:49.

OF-121931/1 LINEA DE FABRICACIÓN NUEVA	OF-121931/1 LINEA DE FABRICACIÓN NUEVA
Artículo F/X3RA/060/000014 F/X3RA/060/1086,1/623,2/T156/R 147/0605	Artículo F/X3RA/060/000014 F/X3RA/060/1086,1/623,2/T156/R 147/0605
Cliente 449	Cliente 449
Inicio 06/04/2022 18:56:36	Inicio 06/04/2022 18:56:36
Fin 06/04/2022 21:01:24	Fin 07/04/2022 1:49:12
T. Prepar. 0 horas	T. Prepar. 0 horas
Horas 2,08 horas	Horas 2,08 horas
A fabricar 6000	A fabricar 6000
Fabricado 0	Fabricado 0

Fig. 45. Comparativa de escenarios con y sin capacidad - Trabajos

Eficiencia

Este campo está relacionado con la velocidad de los procesos, por lo que haría referencia al rendimiento. Se pasará de tener un trabajo de 1h, con el 100% de eficiencia, a tener uno de 1,25h con el 80% (1/0,80). El aumento es inversamente proporcional al cambio de eficiencia.

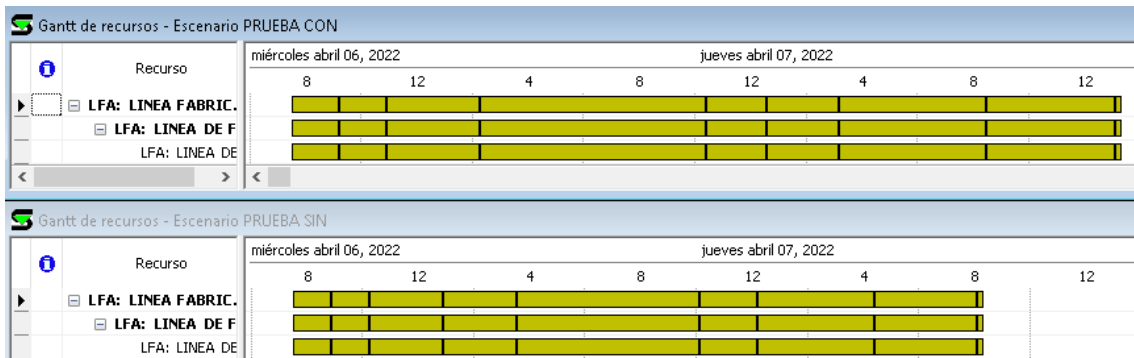


Fig. 46. Comparativa de escenarios con y sin eficiencia - Gantt

Con el 100% la duración del proceso es 2,66 h y con el 80% es de 3,33:

$$3,33 \text{ h} * 0,8 = 2,66 \text{ h}$$

OF-122852/1 LINEA DE FABRICACIÓN NUEVA	OF-122852/1 LINEA DE FABRICACIÓN NUEVA
Artículo F/X3RA/060/000016 F/X3RA/060/1147,8/661/T156/R1 47/0605	Artículo F/X3RA/060/000016 F/X3RA/060/1147,8/661/T156/R1 47/0605
Cliente 449	Cliente 449
Inicio 06/04/2022 12:15:12	Inicio 06/04/2022 12:57:00
Fin 06/04/2022 14:54:48	Fin 06/04/2022 16:16:48
T. Prepar. 0 horas	T. Prepar. 0 horas
Horas 2,66 horas	Horas 3,33 horas
A fabricar 7250	A fabricar 7250
Fabricado 0	Fabricado 0

Fig. 47. Comparativa de escenarios con y sin eficiencia - Trabajos

Merma

La merma cambia el tiempo de la siguiente fase de una misma orden. Si se indica que la línea de recubrimiento tiene una merma del X %, la duración de LCT bajará un x % porque se entiende que la cantidad de material a cortar ha disminuido en esa medida.

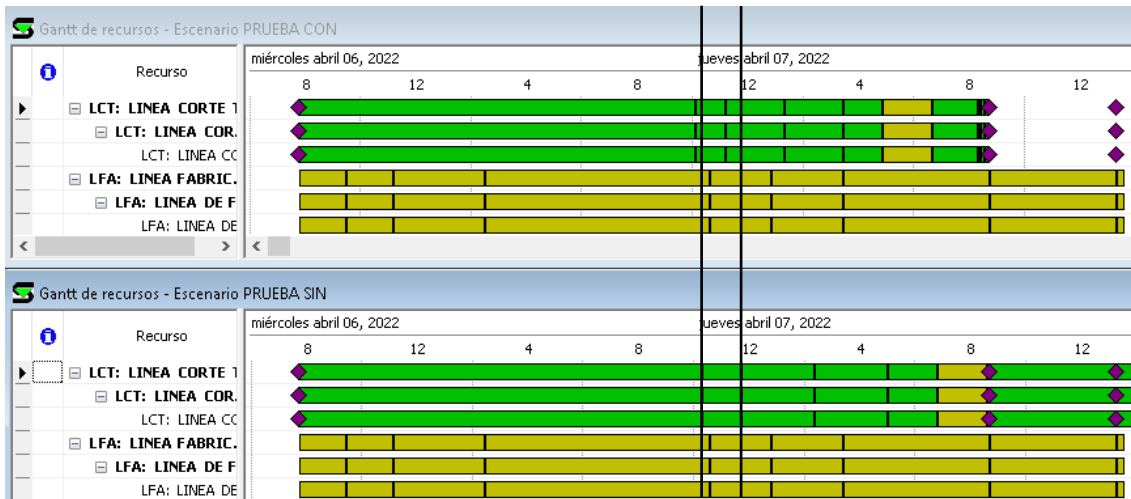


Fig. 48. Comparativa escenarios con y sin merma - Gantt

Para un ejemplo, se establece un 20 % de merma en LFA, y como se ve en el Gantt, es LCT la que sufre los cambios.

Se pasa la duración pasa de 2,66 h (0%) a 2,13 h (20%):

$$2,66 h * (1 - 0,2) = 2,13 h$$

OF-122852/3 LINEA DE CORTE TRANSVERSAL		OF-122852/3 LINEA DE CORTE TRANSVERSAL	
Artículo	F/X3RA/060/000016 F/X3RA/060/1147,8/661/T156/R1 47/0605	Artículo	F/X3RA/060/000016 F/X3RA/060/1147,8/661/T156/R1 47/0605
Cliente	449 <input type="text"/>	Cliente	449 <input type="text"/>
Inicio	07/04/2022 1:43:48	Inicio	07/04/2022 1:13:12
Fin	07/04/2022 4:23:24	Fin	07/04/2022 3:21:00
T. Prepar.	0 horas	T. Prepar.	0 horas
Horas	2,66 horas	Horas	2,13 horas
A fabricar	7250	A fabricar	7250
Fabricado	0	Fabricado	0

Fig. 49. Comparativa escenarios con y sin merma – Trabajos

Finalmente, se ha determinado que la introducción de valores de merma no tiene mayor relevancia debido a que en el proceso productivo de la empresa ya se cuenta de inicio con que habrá una merma consecuencia de material defectuoso que permita cumplir con el pedido.

Calendario

Establece el calendario que va a seguir la máquina en el planificador. Sería interesante darle uno a las máquinas de Astrain y otro a las de Los Arcos (LFAR y LCAR), ya que siguen calendarios laborales diferentes.

Cuello de botella

El planificador tendrá en cuenta que esa máquina actúa como cuello de botella, es decir, que marcará la capacidad máxima del proceso.

Planificar

Si no se clica, no se planifica esa máquina.

CAMBIO DE TURNO

Si un día hay una máquina que va a trabajar un tiempo diferente al definido en el calendario, ya sea por mantenimiento o por falta de personal, se puede establecer aquí sin necesidad de cambiar el calendario.

CALIBRACIÓN

Si una máquina requiere calibraciones o mantenimiento periódicos, se puede indicar en esta pestaña y se tendrá en cuenta para no planificar órdenes en el periodo de tiempo indicado.

6. PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN

Actualmente se está llevando a cabo la implementación de la herramienta, y en el proceso de análisis del funcionamiento de la herramienta se han encontrado diversas limitaciones que se han tratado de solucionar con los medios disponibles. Además, se valora contactar con la empresa desarrolladora del software para solventar aquellas que requieren de su intervención.

6.1. CONDICIONANTES

Como se ha expuesto en el punto 2.4.1.1, hay varios condicionantes que se deben tener en cuenta a la hora de programar la fabricación. Si bien el planificador funciona correctamente desde el punto de vista de la **agrupación de adhesivos**, y posteriormente secuencia las órdenes de **ancho a estrecho**, vuelve al ancho mayor cuando cambia de adhesivo. De esta manera, aun pudiendo seguir fabricando en anchos descendentes sugiere un cambio que realmente no sería necesario y que ocasionaría pérdidas de eficiencia y materiales, derivadas del cambio de rodillo. En la lista de trabajos mostrada en la Fig. 50 se ve cómo al realizar el cambio de adhesivo vuelve a la orden de mayor ancho, aunque la opción que probablemente se seguiría en la realidad es la de continuar con un ancho descendiente.

OF-123518/1		K601 Inox	1150	0,60	Backer 840 Ver...
OF-123519/1		K601 Inox	1150	0,60	Backer 840 Ver...
OF-123530/1		K601 Inox	1160	0,60	Backer 840 Ver...
OF-123535/1		K601 Inox	900	0,60	Backer 840 Ver...
OF-121860/1		K601 Inox	825	0,70	S/rec
OF-123339/1		K403 Para PET	1250	0,60	Primer shop poli...
OF-122490/1		K403 Para PET	810	0,80	S/rec
OF-120105/1		K403 Para PET	800	0,70	S/rec
OF-123346/1		K403 Para PET	790	0,60	Primer shop poli...
OF-122710/1		K403 Para PET	790	0,50	Primer shop poli...

Fig. 50. Secuenciación de órdenes inadecuada - Ancho

Por otro lado, no respeta la **agrupación** de fabricaciones de mismo **dorso**: hay casos en los que, siendo el adhesivo y ancho iguales, no parece seguir un orden de secuenciación lógico en lo que a optimización de procesos se refiere. En la Fig. 51 se muestra cómo la fabricación de bobinas de 1 m de ancho comienza sin dorso, posteriormente planifica órdenes con dorso y finalmente vuelve a trabajos sin dorso. Además, los trabajos con dorso no están agrupados: el primero es 0732, se realiza un cambio a la referencia 3004 y de nuevo se vuelve al 0732. Es decir, se realizan un total de **cuatro** cambios de proceso por dorso cuando realmente solo harían falta **dos**.

OF-123282/1		K201 Alta Tª	1000	0,60	S/rec
OF-123283/1		K201 Alta Tª	1000	0,60	S/rec
OF-123281/1		K201 Alta Tª	1000	0,60	S/rec
OF-123257/1		K201 Alta Tª	1000	0,60	Primer epoxy gris 0732
OF-123285/1		K201 Alta Tª	1000	0,60	404211 BACKING COAT PE ROJO RAL 3004
OF-123286/1		K201 Alta Tª	1000	0,60	404211 BACKING COAT PE ROJO RAL 3004
OF-123287/1		K201 Alta Tª	1000	0,60	404211 BACKING COAT PE ROJO RAL 3004
OF-123256/1		K201 Alta Tª	1000	0,60	Primer epoxy gris 0732
OF-123331/1		K201 Alta Tª	1000	0,50	S/rec
OF-122780/1		K201 Alta Tª	1000	0,50	S/rec
OF-122779/1		K201 Alta Tª	1000	0,50	S/rec
OF-122249/1		K201 Alta Tª	1000	0,50	S/rec

Fig. 51. Secuenciación de órdenes inadecuada - Dorso

Además, se ha mencionado en 2.4.1.1 que cuando se dan **cambios de espesor** mayores de 0,2 mm hay que introducir una bobina de sacrificio entre fabricaciones, lo que conlleva un tiempo improductivo que el planificador no tiene en cuenta.

6.2. TIEMPOS

Como se ha mencionado, la duración de los trabajos en el planificador se introduce en el ERP. Pero esta duración, por la naturaleza del proceso (paradas, reducción de la velocidad para observar mejor defectos etc.) es difícil de predecir para cada trabajo. Pese a ello, en aspectos generales, sí se podría predecir la cantidad de metros que serán recubiertos en un periodo de tiempo mayor. Además, desde el área comercial, encargados de introducir los tiempos unitarios al crear los artículos, no siempre se introduce un tiempo adecuado en las fases de corte.

Por otro lado, los tiempos improductivos que alargarán la duración de la producción dependerán de la secuenciación de las órdenes y no de los artículos, por lo que no es posible introducir esta información en los artículos. Como se ha mencionado en el punto anterior, el planificador no se ajusta completamente a los condicionantes de producción y, en consecuencia, estos periodos de tiempo improductivo no se reflejan en el escenario propuesto por el planificador.

Por todo esto, se ha decidido aplicar a cada fase la capacidad máxima a la que pueden operar las máquinas, y definir los factores de disponibilidad, rendimiento y calidad del OEE en el mantenimiento de máquinas, como se ha explicado en el punto 5.3.9. De esta manera, el planificador adaptará el tiempo disponible y la duración de los trabajos de una manera más ajustada a la realidad. Esta eficiencia cambia semanalmente, por lo que habría que indicarla

Pese a ello, ha sido necesaria una revisión de las fases estándar de una serie de artículos existentes en la empresa para corregir algunos de los tiempos unitarios que no se correspondían con la realidad. Los nuevos tiempos aplicados han sido los que se muestran en la Tabla 7:

Sección	Capacidad [m/min]	Tiempo unitario [min/m]
LFA	30	0,0333
LCT	50	0,025
LCL	100	0,01

Tabla 7. Tiempo unitario por sección

6.3. MOVIMIENTO DE TRABAJOS

Se ha explicado que el planificador establece una prioridad a cada adhesivo mediante un algoritmo y en base a ello ordena los trabajos por bloques. Según dio a entender la empresa desarrolladora, y según lo experimentado por el autor, este funcionamiento deshabilita la opción de mover trabajos en una misma semana. En la realidad, aunque se rompa la regla de fabricar de ancho a estrecho, sí que suele ser necesario retrasar órdenes por falta de material, incluso adelantarlas por necesidades del cliente. Por ello, la planificación propuesta por el software quedaría incompleta sin esta funcionalidad.

Hay que tener en cuenta, que en el momento en el que se realizó la personalización de la herramienta por parte de Spyro, el volumen productivo era mucho menor y las programaciones de órdenes resultaban menos complejas.

De nuevo, la solución a este inconveniente pasaría por contactar con Spyro y realizar un desarrollo sobre el programa. De hecho, ya se ha iniciado el proceso y la empresa se encuentra a la espera de que den una alternativa para efectuar movimientos de trabajos.

6.4. DOBLES PASADAS

En ocasiones se dan casos en los que la bobina requiere ser recubierta con dos adhesivos diferentes, algo que se repite mucho en Los Arcos, aunque internamente en Spyro se define como una única receta. En la práctica cada uno de ellos se puede agrupar con otras órdenes que se fabriquen con ese *primer*, aunque en el ERP únicamente se puede introducir una receta para cada artículo, clasificación que establecerá la prioridad del planificador. En Astrain, este tipo de recetas se dan de manera puntual y generalmente solo se requiere de una orden para satisfacer el pedido de vento.

La primera medida para solventar esto, fue introducir dos fases de recubrimiento a un artículo de doble pasada y, de esta forma, contaría con una fase por adhesivo, lo que se visualizaría como dos trabajos. A priori, los dos trabajos aparecen seguidamente, y ante la incapacidad de agrupar el segundo con el resto de las órdenes de ese adhesivo, se ha optado por, una vez se haya terminado la primera fase, dar a esa receta la misma prioridad que la receta con la que se espera

realizar la agrupación. Con el primer trabajo terminado, no aparecerá en el planificador y al realizar una replanificación el segundo se agrupará con el adhesivo deseado.

En cuanto a Los Arcos, donde este tipo de procesos se dan más habitualmente, se requeriría de una modificación de la herramienta que permitiera mover trabajos en el tiempo.

6.5. MEJORAS

6.5.1. DATOS

Además de las limitaciones presentadas, se ha conseguido solucionar de manera notable uno de los problemas presentados inicialmente: la realización manual de documentos Excel para comunicar a los operarios la planificación semanal. Aprovechando la secuenciación de órdenes propuesta por el planificador, se ha creado un libro en Oracle BI Discoverer, programa de consulta y análisis de datos utilizado por la empresa, para mostrar estos trabajos ordenados por su prioridad. De esta manera, es posible extraer los datos que actualmente se introducen manualmente de la base de datos sobre la que se apoya el ERP y ordenarlos con los criterios presentados por el programa, que, si bien por el momento no son los más acertados, se acercan a la realidad en cierta medida.

Este archivo cuenta con una hoja por proceso y en cada uno se tratarán de incluir los datos incluidos en sus respectivos Excel. Además, se han incluido una lista de desplegables donde se podrá seleccionar el escenario, sección y máquina, año y semana de la planificación a consultar.

RECUBRIMIENTO

La realización de una hoja de Oracle que recogiera todos los datos presentes en el Excel empleado actualmente para la línea de **recubrimiento** ha supuesto un reto, ya que dos de las columnas presentes en él, el **marcado de lote** y la **cenefa**, no estaban introducidas en el sistema. Por ello, se han creado clasificaciones para identificar los artículos que lo requieran y que sus características estén completas,

Por un lado, para indicar que un producto requiere marcado del lote se ha creado la clasificación **MLOTE** con un único valor SI, que posteriormente será el valor visualizado en la hoja de Oracle. De esta manera, crea una forma sencilla de identificar este tipo de artículos, ya que desde comercial no tendrán que estar pendientes de introducir este valor cuando el artículo no lleve marcado de lote y será de fácil visualización para las revisiones periódicas del departamento de calidad.

Por otro, se han añadido dos clasificaciones para identificar la cenefa, con el consejo del departamento de calidad, una para cada medida en cada lado de la chapa: **CENPP1** y **CENPP2**. El criterio ha sido un valor numérico igual a la medida que se dejará desde el borde de la chapa hasta el film protector, mostrado en la Fig. 52.

Clasificaciones Aplicar Formulas

ANCHO	0000000650	650
ANC_MP	0000000682	682
CENPP1	45	45
CENPP2	42	42
CTADEV	70800022	DEVOLUCION INOXPLATE
CTAVENTA	70100022	INOXPLATE
DENSIDAD	00000007,8	7,8
ESP	070	0,70
FAMILIA	1IX	Inoxplate
LARGO	0000000717	717
MLOTE	SI	
NAVEGAR	S	... SI
NAVEGAR		Histórico

Fig. 52. Nuevas clasificaciones de artículos

Elementos de Página: Escenario: PABLO Sección: LFA Máquina: LFA Año Plan: 2022 S Plan: 22

OF	CUENTE	ADHESIVO	DORSO	ANCHO	ESP	MAT	PVC	PELABLE	MARCADO LOTE	CENFEA	ML	PRÓXIMO PROCESO	ÚLTIMO PROCESO	V	HORAS
121557		K403 Para PET	-	682	0,70	X3RO	T155	R114	SI	45 - 42	1.291	LCT	LCT	5	4,21
123423		K403 Para PET	-	682	0,70	X3RO	T155	R114	SI	-	1.294	LCT	LCT	8	2,70
122474		K403 Para PET	-	682	0,70	X3RO	T155	R114	SI	-	1.818	LCT	LCT	25	1,21
123492		K403 Para PET	-	682	0,70	X3RO	T155	R114	SI	-	5.808	LCT	LCT	30	3,23
122482		K403 Para PET	-	682	0,70	X3RO	T155	R114	SI	-	2.013	LCT	LCT	13	2,51
123766		K403 Para PET	-	682	0,70	X3RO	T155	R114	SI	-	5.752	LCT	LCT	25	1,92
121551		K403 Para PET	-	675	0,60	X3RO	T155	R114	SI	-	3.332	LCT	LCT	31	1,80
123296		K204 Poliolefina	0100	1.000	0,60	H551	P-21	-	-	-	2.520	LCL	LCL	8	5,08
123295		K204 Poliolefina	0100	1.000	0,60	H551	P-25	-	-	-	1.200	LCL	LCL	30	0,67
123294		K204 Poliolefina	0100	1.000	0,60	H551	P-20	-	-	-	2.250	LCT	LCT	19	1,96
123293		K204 Poliolefina	0100	1.000	0,60	H551	P-20	-	-	-	4.800	LCL	LCL	30	2,64

Tabla 8. Plan recubrimiento - Oracle

La mayoría de las columnas se extraen del artículo incluido en cada línea de pedido. Por otro lado, para las columnas de próximos procesos se ha introducido un cálculo manual para indicar LCL y LCT en función de si el producto final es una bobina, un formato, o si la diferencia entre el ancho final y el de bobina es mayor a 100 mm, ya que como se ha explicado estos productos requieren pasar por el corte longitudinal. La duración y la velocidad, calculada dividiendo el tiempo empleado por la cantidad procesada, se extraen del mantenimiento de fases.

CORTE TRANSVERSAL

De nuevo, en esta hoja se recogen de forma específica los datos introducidos en los artículos. Además, se incluye la fecha de finalización del trabajo indicada en el planificador. Para representar la medida se han concatenado las clasificaciones de ancho y largo referentes a cada artículo.

Elementos de Página:					
Escenario: PABLO		Sección: LCT	Máquina: LCT	Año Plan: 2022	S Plan: 23
OF	CLIENTE	PVC	MEDIDA	ML	FECHA
122979		U-30	1250 X 2000	400	06-Jun
123579		U-63	1100 X 2140	214	06-Jun
123253		I125	1000 X 3000	3.600	06-Jun
123252		I-03	1000 X 3000	7.320	07-Jun
123252		I-03	1000 X 3000	7.320	06-Jun
123252		I-03	1000 X 2000	7.320	06-Jun
123252		I-03	1000 X 2000	7.320	07-Jun
122703		T155	1233,5 X 820	1.230	07-Jun

Tabla 9. Plan corte transversal - Oracle

CORTE LONGITUDINAL

En este caso, para la columna de corte se ha estructurado un condicional de forma que se indique en función del largo indicado en el artículo: en el caso de las bobinas, rollitos 30 m, bobinas 150 m y bobinas cuando son bobinas completas, y para formatos el número de flejes y el ancho al que se deben refilar. En cuanto al próximo proceso, que indicará si se corta en Astrain o Los Arcos, se ha realizado de forma que las órdenes de formato llegadas de Los Arcos muestren LAR y las que van al corte transversal de Astrain muestren LCT.

Elementos de Página:					
Escenario: PABLO		Sección: LCL	Máquina: LCL	Año Plan: 2022	S Plan: 23
OF	CLIENTE	R. SUP	CORTE	PARA	FECHA
123251		I-03	ROLLITOS 30 m		06-Jun
123251		I-03	BOBINAS 150 m		06-Jun
123254		I-03	ROLLITOS 30 m		06-Jun
123439		E134	BOBINA		06-Jun
122682		T164	1 X 1066	LCT	07-Jun
123569		T164	1 X 1066	LCT	07-Jun
4881		G328	1 X 1250	LAR	07-Jun
4882		G328	2 X 620		08-Jun

Tabla 10. Plan corte longitudinal - Oracle

6.5.2. ESTRUCTURAS Y FASES ESTÁNDAR

Como se ha comentado en el apartado 6.2, los tiempos unitarios del corte introducidos al crear un artículo no siempre son los adecuados, por lo que causa errores en la duración de los trabajos planificados. Por ello, se ha llevado a cabo un análisis de los artículos cuyos tiempos unitarios no eran del todo correctos y se han corregido las fases estándar de los mismos.

Además, por el camino se ha realizado también una actualización de las estructuras de diferentes artículos, lo que aporta precisión a las listas de materiales, factor clave en la implantación del MRP que está llevando a cabo el departamento de compras.

La reestructuración más importante se ha realizado en los artículos referentes al sustrato empleado para Inoxplate, que previo a su recubrimiento pasa por la línea de gratado. Hasta el momento, el **acero esmerilado** no tenía fases asignadas de la máquina esmeriladora ni una estructura que incluyera el acero del proveedor. Por lo tanto, el planificador no planificaba órdenes en la línea de gratado y lo que es más problemático aún: el MRP sugería pedidos de compras tanto de los artículos de acero con acabado espejo, empleados sin gratar en ciertos productos, como de los artículos de sustrato ya esmerilado, que realmente no se compran con esa referencia. Sin fases ni estructura, identificaba esos artículos como artículos de compra.

Hoja de Ruta Estándar

Artículo
 SU/X3RA/050/1250 Inoxidable AISI 430 / acabado TA Replasa Copiar

F.Revisión	Revisión	Observación	Cantidad Base	Unidad	Descripción
27/04/22	1		1	KG	KILOGRAMOS

Tiempos Máquina

Fase	Ruta	F. Revisión	Operac.	Descripción	Fase
	1	0	27/04/22	5LINEA ESMERILADO	

Sección	Gp.Mq.	Máq.	Subc.	T.Preparac.	T.Unitario	Cant.Desde
GRD	GRD	GRD		0	,02	
Total Tiempos Ruta						0 0 ,02 ,02

Tabla 11. Fase estándar acero esmerilado – Spyro

El tiempo unitario introducido en estos artículos ha sido 0,2 min/m, es decir, el inverso de la capacidad máxima de la línea, 50 m/min. Este tiempo se ajustará con la eficiencia media del proceso una vez se incluyan estas órdenes en el planificador para tener en cuenta las bobinas que requieren ser gratadas de nuevo.

Estructuras

Producto SU/X3RA/050/1250 Inoxidable AISI 430 / acabado TA Replasa Cantidad Base 1 Unid. KG Descripción KILOGRAMOS

F. Revisión 27/04/22 Revisión 1 Opción Valorado en Precio Medio Fecha 31/05/22

Posic...	Opc	F. Revisión	Componente	Descripción	C.Grupo	Cantidad	Unidad	Coste	EUR
10	1	27/04/22	SU/X3BA/050/1250	Inoxidable 430/BA 050x1250		1	KG	3,5400	

Tabla 12. Estructura acero esmerilado - Spyro

7. RESULTADOS

Actualmente, la herramienta únicamente se ha empleado a modo de prueba y como su implementación sigue en curso se espera que la colaboración con la empresa distribuidora del ERP termine de solventar las limitaciones presentadas por el programa. Por otro lado, se prevé integrar las órdenes de fabricación lanzadas a la línea de esmerilado con las del resto de los procesos. Esto habilitaría que en el planificador el recubrimiento siguiera un orden delimitado también por la fase de esmerilado. Para ese momento se creará también una hoja en Oracle con los datos del plan de gradado, algo que actualmente carece de sentido ya que la programación propuesta por el planificador para esa sección no está ligada a la realidad.

En este momento, se cuentan con las bases para proseguir con la implantación de la herramienta, incluyendo la revisión de estructuras y fases de artículos, así como las diferentes hojas de Oracle que sustituirán a las hojas Excel manuales. Esto último es un gran avance en cuanto a la reducción de errores gracias a que los datos son extraídos directamente de la base de datos del ERP. Pese a ello, es importante llevar a cabo un mantenimiento periódico de los artículos para que la información este actualizada.

Además, las diferentes gráficas visualizables en el planificador permiten detectar problemas en el reparto de carga de trabajo entre las distintas secciones ágilmente, lo que permitiría tomar las medidas correctoras necesarias para aprovechar al máximo la capacidad.

Finalmente, una vez compras haya terminado con la implementación del MRP, se combinarán ambas herramientas para que las planificaciones de materiales puedan también delimitar las propuestas del planificador. Esto será posible gracias a que las órdenes emitidas por el sistema tendrán en cuenta los plazos de proveedores, las existencias de materiales, etc., algo que actualmente se realiza de manera manual.

8. CONCLUSIONES

Se ha decidido enfocar la conclusión de este trabajo desde dos puntos de vista: por un lado, cómo ha servido a la empresa la labor del estudiante, y por otro, qué ha supuesto para el autor el trabajo de recopilación de información y la propia actividad dentro de la empresa.

8.1. EMPRESA

Como conclusión, hay que mencionar que, pese a estar aún en proceso de implantación se han sentado las bases para concluirla, identificando limitaciones que surgen derivadas de la herramienta y cómo pueden ser salvadas. Por otro lado, se ha dejado constancia de su funcionamiento mediante un manual de usuario realizado por el estudiante. Esto habilitará la posibilidad de seguir con el proceso en colaboración con Spyro, empresa desarrolladora del software.

Además, la actualización de las estructuras de los productos está siendo de gran ayuda también para que el departamento de compras lleve a cabo la implantación de MRP. Una de las labores destacadas en relación con esto ha sido la revisión masiva de los artículos participantes en el proceso productivo del Inoxplate, producto con mayor volumen de fabricación para la empresa, al que se le han añadido componentes de nivel 2 para habilitar un correcto funcionamiento del MRP y su inclusión en el planificador.

8.2. PERSONALES

A nivel personal, este TFG ha servido para conocer mejor el funcionamiento de una empresa desde el punto de vista de la planificación: qué tipos de planes se realizan, cuál ha sido su evolución a lo largo de la historia y qué sistemas modernos existen para su realización. Además, al hacerlo simultáneamente con las prácticas curriculares se ha tenido la posibilidad de relacionar todos los conceptos vistos en el proceso de búsqueda de información con la realidad en sí misma, algo que he valorado muy positivamente.

Por otro lado, las limitaciones presentadas en el proceso de implantación de esta herramienta han supuesto retos, que cuando han podido ser resueltos por mí mismo, me han reportado gran satisfacción. Además, la creación de tablas en Oracle BI Discoverer me han aportado una profundización en el uso de este tipo de herramientas que ofrecen gran utilidad hoy en día.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Inicio • Replasa», 22 de septiembre de 2017. <https://www.replasa.com/> (accedido 9 de mayo de 2022).
- [2] «Definición de PYME en la UE». <https://bit.ly/3wyAjgo> (accedido 4 de mayo de 2022).
- [3] «Presentación corporativa Replasa 2021».
- [4] «Desarrollo de la cadena de procesos para el conformado de piezas de chapa de aceros de tercera generación», *Interempresas*. <https://bit.ly/3MzVdBj> (accedido 21 de mayo de 2022).
- [5] Fco. J. Miranda, S. Rubio, A. Chamorro, y T. M. Bañegil, *Manual de dirección de operaciones*. Badajoz, Extremadura: Universidad de Extremadura: Thomson, 2005.
- [6] J. Delgado y F. Marín, «Evolución en los sistemas de gestión empresarial. Del MRP al ERP», p. 8, 2000.
- [7] Mecalux, «Sistema Push y Pull aplicado a la logística de producción». <https://bit.ly/3FvPuKr> (accedido 9 de mayo de 2022).
- [8] Mecalux, «¿Qué es el “lead time” en logística? Cómo optimizarlo». <https://bit.ly/3FugZ6O> (accedido 9 de mayo de 2022).
- [9] «Push vs. Pull Manufacturing: Is a Kanban Pull System Right for Your Company? | IndustryWeek». <https://bit.ly/3FvP9Yb> (accedido 2 de mayo de 2022).
- [10] Mecalux, «Sobrestock: estrategias para evitarlo». <https://bit.ly/3LYOHDX> (accedido 9 de mayo de 2022).
- [11] Mecalux, «Rotura de stock: ¿qué es y cómo evitar que se produzca?». <https://bit.ly/3M6xjNW> (accedido 9 de mayo de 2022).
- [12] «¿Qué es un Sistema MES industrial (Manufacturing Execution System)?», *ZEO Technology*, 17 de septiembre de 2021. <https://bit.ly/3ly4aj2> (accedido 22 de mayo de 2022).