

# Trabajo Fin de Grado

## Grado en Ingeniería de Organización Industrial

### Desarrollo piloto de Sistema de Gestión de Aprovisionamiento para futura implementación en ERP

Autor: Rocío Hidalgo Prieto

Tutor: Juan Manuel González Ramírez

Dpto. Organización Industrial y Gestión de  
Empresas II  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2018





Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de Organización Industrial

# **Desarrollo piloto de Sistema de Gestión de Aprovisionamiento para futura implementación en ERP**

Autor:  
Rocío Hidalgo Prieto

Tutor:  
Juan Manuel González Ramírez  
Profesor asociado

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas II  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2018



Trabajo Fin de Grado: Desarrollo piloto de Sistema de Gestión de Aprovisionamiento para futura implementación en ERP

Autor: Rocío Hidalgo Prieto

Tutor: Juan Manuel González Ramírez

El tribunal nombrado para juzgar el Trabajo arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal



*A mi familia*  
*A mis maestros*





# Agradecimientos

---

A mis padres, hermano y toda mi familia. Gracias ellos soy quien soy y sólo puedo expresar mi sincero agradecimiento por apoyarme durante la etapa universitaria que hoy culmina.

A mis amigos y compañeros de clase por acompañarme en estos preciosos años de carrera.

Al profesor tutor de este proyecto por haber sido mi guía y mi estímulo durante la redacción.

Y a todos los profesores de la Escuela que han sabido sacar lo mejor de mí, mención especial a Don R.A.M.

*Rocío Hidalgo Prieto*

*Sevilla, 2018*



# Resumen

---

Según Lambert & Douglas, las empresas ya no compiten exclusivamente entre ellas como entidades autónomas, sino como redes de negocio o cadenas de suministro con elevados niveles de servicio al cliente.

En un entorno altamente competitivo como es la industria aeronáutica, se ha pretendido ayudar al Grupo de empresas Sevilla Control en su política de optimización de la organización fundamentada en Supply Chain Management.

Junto a esta empresa sevillana, existen numerosas compañías que trabajan en el mismo sector y con los mismos clientes, por lo que es primordial saber diferenciarse en el mercado ofreciendo altos niveles de servicio al cliente tanto en calidad como en tiempo.

Todo ello no es posible sin una definición clara de los objetivos. Es por ello por lo que este proyecto de Organización Industrial se ha trabajado bajo el fin general de diseñar y desarrollar una herramienta que permita la óptima Gestión del Aprovisionamiento de las materias primas de la empresa aeronáutica Sevilla Control, para una futura implementación en ERP (Enterprise Resource Planning) propio de dicha compañía.

Y para ello, se han llevado a cabo los siguientes objetivos específicos: identificar el problema, conocer el estado actual del arte, evaluar los inputs, proponer la metodología, implementar la herramienta y evaluar la herramienta los siguientes objetivos específicos: identificar el problema, conocer el estado actual del arte, evaluar los inputs, proponer la metodología, implementar la herramienta y evaluarla.

El presente documento está estructurado en 8 capítulos y cada uno de ellos hace referencia a uno de los objetivos señalados, respetando el mismo orden:

En el capítulo 1, **Objetivos**, se trata el motivo de la realización de este proyecto indicando sus objetivos tanto general como específicos y su justificación.

En el capítulo 2, **Presentación de la Empresa**, se hace un preámbulo de la empresa en la que se basa este proyecto. Abarcará el objetivo primero: identificar el problema.

En el capítulo 3, **Sistemas Productivos**, se resumen las bases teóricas referentes para este proyecto. Abarcará el objetivo segundo: conocer el estado actual del arte.

En el capítulo 4, **Recursos Disponibles**, se detallan los informes y herramientas con los que actualmente trabaja la empresa Sevilla Control. Abarcará el tercer objetivo: evaluar los inputs.

En el capítulo 5, **Metodologías**, expone detalladamente los fundamentos teóricos que hay detrás de las metodologías aplicadas. Abarcará el cuarto objetivo: proponer la metodología.

En el capítulo 6, **Aplicación**, recoge el trabajo realizado en la empresa necesario para llevar a cabo este proyecto. Abarcará el quinto objetivo: implementar la herramienta.

En el capítulo 7, **Análisis**, se evalúa el trabajo realizado mediante KPI. Abarcará el sexto objetivo: evaluar la herramienta.

En el capítulo 8, **Conclusiones**, se reúnen los fines alcanzados gracias al proyecto.

Para dar el proyecto como finalizado, se va a evaluar la consecución de los objetivos declarados con anterioridad: identificar el problema, conocer el estado actual del arte, evaluar los inputs, proponer la metodología, implementar la herramienta y evaluar la herramienta.

En el capítulo segundo, **Presentación de la Empresa**, cuyo objetivo es identificar el problema; se ha desarrollado un estudio de la compañía. Y se ha detectado el retraso de la misma con respecto a sus competidores en términos de automatización y estandarización de la gestión de compras.

En el capítulo tercero, **Sistemas Productivos**, cuyo objetivo es conocer el estado actual del arte; se han estudiado diferentes sistemas de producción, concluyendo con la visión de cómo la empresa aeronáutica de referencia -Airbus Group- soluciona los inconvenientes con los que Sevilla Control se ha encontrado.

En el capítulo cuarto, **Recursos Disponibles**, cuyo objetivo es evaluar los inputs; se ha estudiado si las soluciones anteriores son aplicables a las necesidades y requisitos de Sevilla Control.

En el capítulo quinto, **Metodologías**, cuyo objetivo es proponer la metodología; se han seleccionado las herramientas de Gestión más adecuadas mediante una matriz de decisión, y, se ha propuesto metodología de implementación.

En el capítulo sexto, **Aplicación**, cuyo objetivo es implementar la herramienta; se han desarrollado las herramientas en Microsoft Excel y se ha implantado en la compañía.

Y por último en el capítulo séptimo, **Análisis**, cuyo objetivo es evaluar la herramienta; se han estudiado los resultados de las mediciones del KPI desarrollado: número de informes excepcionales.

De esta forma se ha comprobado que este proyecto cumple con todos los objetivos. Gracias a él, Sevilla Control continúa en su camino de mejora, con el fin de aumentar sus beneficios y posicionarse en el mercado.

# Índice

---

Agradecimientos.....	ix
Resumen.....	xi
Índice .....	xiii
Índice de Tablas .....	xv
Índice de Ecuaciones .....	xvii
Índice de Figuras .....	xix
Notación .....	xxi
<b>1 Objetivos y Justificación .....</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Objetivos del Proyecto</i> .....	1
1.2 <i>Justificación del Proyecto</i> .....	4
<b>2 Presentación de la Empresa.....</b>	<b>5</b>
2.1 <i>TECNIPAIN</i> T .....	6
2.2 <i>AERCAL</i> .....	6
2.3 <i>AES</i> .....	7
2.4 <i>TRATERCOM</i> .....	7
2.5 <i>SEVILLA CONTROL</i> .....	7
<b>3 Sistemas Productivos.....</b>	<b>9</b>
3.1 <i>Etapa 1</i> .....	9
3.2 <i>Etapa 2</i> .....	10
3.3 <i>Etapa 3</i> .....	14
3.4 <i>Airbus</i> .....	14
<b>4 Recursos Disponibles .....</b>	<b>19</b>
4.1 <i>SMART, descripción del Sistema actual</i> .....	19
4.2 <i>Limitación Materias Primas</i> .....	21
4.3 <i>Limitación del Horizonte Temporal</i> .....	22
4.4 <i>Limitación Económica en el desarrollo del trabajo</i> .....	22
<b>5 Metodología .....</b>	<b>23</b>
5.1 <i>Cálculos auxiliares</i> .....	23
5.2 <i>Clasificación de materiales</i> .....	26
5.3 <i>Kanban</i> .....	31
5.4 <i>Compra Planificada</i> .....	34

<b>6</b>	<b>Aplicación .....</b>	<b>41</b>
6.1	<i>Aplicación Etapa 0</i> .....	41
6.2	<i>Aplicación Etapa 1</i> .....	49
6.3	<i>Aplicación Etapa 2</i> .....	51
6.4	<i>Aplicación Etapa 3</i> .....	55
6.5	<i>Formación</i> .....	61
6.6	<i>KPI</i> .....	61
<b>7</b>	<b>Análisis .....</b>	<b>63</b>
<b>8</b>	<b>Conclusión .....</b>	<b>67</b>
<b>9</b>	<b>Referencias .....</b>	<b>69</b>

# Índice de Tablas

---

Tabla 1.- Listas por nivel.	11
Tabla 2.- Matriz de decisión materiales tipo A y B.	29
Tabla 3.- Matriz de decisión materiales tipo C.	30
Tabla 3.- Estimación de Costes.	65
Tabla 4.- Presupuesto Estimado.	65





# Índice de Ecuaciones

---

Ecuación 1.- WIP sin aporte de material.	25
Ecuación 2.- Necesidades Netas PN fabricación.	25
Ecuación 3.- Stock de Seguridad.	33
Ecuación 4.- Punto de Pedido.	33
Ecuación 5.- Cantidad óptima de pedido.	33
Ecuación 6.- Cantidad mínima de pedido.	34
Ecuación 7.- Tiempo de ciclo.	34
Ecuación 8.- MRP: disposición inicial $t=1$ .	37
Ecuación 9.- MRP: disposición inicial $t \neq 1$ .	37
Ecuación 10.- MRP: necesidades netas.	37
Ecuación 11.- MRP: necesidades de recepción LFL.	38
Ecuación 12.- MRP: necesidades de recepción $Q+$ .	38
Ecuación 13.- MRP: necesidades de recepción $Q^*$ .	38
Ecuación 14.- MRP: necesidades de recepción POQ.	38
Ecuación 15.- MRP: necesidades de recepción proyecto.	38
Ecuación 16.- MRP: disposición final.	39
Ecuación 17.- Coste Medio actividad $i$ .	64
Ecuación 18.- Varianza actividad $i$ .	64
Ecuación 19.- Presupuesto del proyecto.	65



# Índice de Figuras

---

Figura 1.- Sistema de planificación y control de la producción.	2
Figura 2.- Logo Grupo Sevilla Control.	5
Figura 3.- A400M.	5
Figura 4.- A330 MRTT.	6
Figura 5.- Árbol del producto.	10
Figura 6.- Modelo de revisión continua.	12
Figura 7.- Modelo de revisión periódica.	13
Figura 8.- 5S en la fábrica de Scanfil Polonia.	15
Figura 9.- Sistemas PULL.	16
Figura 10.- Módulos de SAP.	16
Figura 11.- Etapa 0.	24
Figura 12.- Etapa 1.	27
Figura 13.- Criterio ABC.	28
Figura 14.- Etapa 2.	32
Figura 15.- Etapa 3.	36
Figura 16.- Aplicación Etapa 0.	42
Figura 17.- Excel Pull.	43
Figura 18.- Excel Pull Corte.	43
Figura 19.- Excel Pull Calidad.	44
Figura 20.- Excel WIP.	44
Figura 21.- Excel PMP.	45
Figura 22.- Excel PMP con LT de fabricación.	45
Figura 23.- Excel Estructura de Fabricación.	46
Figura 24.- Excel Explosión Bruta.	46

Figura 25.- Excel Stock Almacén.	47
Figura 26.- Excel Explosión Neta.	47
Figura 27.- Excel Maestro Materiales.	48
Figura 28.- Excel Nec. MP por cada N6.	48
Figura 29.- Excel Nec. Brutas MP.	49
Figura 30.- Aplicación Etapa 1.	50
Figura 31.- Excel Clasificación Materia Prima.	51
Figura 32.- Aplicación Etapa 2.	52
Figura 33.- Excel Parámetros Kanban.	53
Figura 34.- Tarjeta Kanban Sevilla Control.	54
Figura 35.- Excel Control Kanban.	55
Figura 36.- Aplicación Etapa 3.	56
Figura 37.- Excel Necesidades Brutas MRP.	57
Figura 38.- Excel Recepciones Programadas MRP.	57
Figura 39.- Excel Disposición Inicial MRP.	58
Figura 40.- Excel Nec. Netas MRP.	58
Figura 41.- Excel Nec. Recepción MRP.	59
Figura 42.- Excel Nec. Recepción en formatos MRP.	59
Figura 43.- Excel Nec. Lanzamiento Pedido MRP.	60
Figura 44.- Excel Disposición Final MRP.	60
Figura 45.- Formación Kanban.	61
Figura 46.- Resultados KPI.	63
Figura 47.- Distribución estadística.	64

# Notación

---

GSC	Grupo Sevilla Control
ERP	Enterprise Resource Planning
MRP	Material Requirement Planning
PMP	Plan Maestro de Producción
OH	“On Hand”, inventario en mano
$NB_t$	Necesidades Brutas en el período t
$DI_t$	Inventario disponible al inicio del período t
$NN_t$	Necesidades Netas en el período t
$RP_t$	Recepciones de pedidos en el período t
a	Coste optimista
b	Coste más probable
c	Coste pesimista



# 1 OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

---

*Las oportunidades no pasan, las creas.*

*- Chris Grosser -*

Este capítulo introductorio recoge los aspectos más relevantes del proyecto. Se resumirá el porqué, explicando su objetivo general y la forma en que se ha abordado. También se justificará la temática elegida, su contexto e importancia.

## 1.1 Objetivos del Proyecto

El objetivo general del proyecto es el diseño y desarrollo de una herramienta que permita la óptima Gestión del Aprovisionamiento de las materias primas de la empresa aeronáutica Sevilla Control, para una futura implementación en ERP (Enterprise Resource Planning) propio de dicha compañía.

Y para ello, se han llevado a cabo los siguientes objetivos específicos: identificar el problema, conocer el estado actual del arte, evaluar los inputs, proponer la metodología, implementar la herramienta y evaluar la herramienta.

### 1.1.1 Identificar el problema

Sevilla Control es una organización cuya principal actividad es el mecanizado industrial de piezas aeronáuticas. Lleva más de 30 años trabajando bajo un espíritu de superación y mejora, lo que le ha permitido mantenerse en el mercado con clientes muy exigentes tales como Airbus Defence and Space, Boeing y Alestis Aerospace.

La fabricación en el entorno aeronáutico supone un proceso bastante complejo con múltiples etapas intermedias que incluyen transformaciones de materias primas en productos, montajes de componentes para formar elementos de nivel superior (que a su vez pueden ser componentes de otros), y así hasta el acabado del producto final preparado para entregar al cliente. Con el objetivo de controlar el proceso de producción, de manera que resulte más sencillo a la empresa, existen gran variedad de sistemas de planificación y control de la producción, pero todos ellos podrían resumirse en 3 etapas [12]:

- i. La primera de ellas tiene por objetivo determinar el Plan Maestro de Producción. Es decir, determinar las cantidades y fechas en que deben estar disponibles los productos finales.
- ii. A continuación, en la segunda etapa, se calcula la explosión de necesidades a través del Plan Maestro obteniéndose como output el calendario detallado de fabricación y aprovisionamiento, así como las cargas de trabajo.
- iii. Por último, en la tercera fase, se realiza el control y seguimiento de las operaciones del taller y proveedores para garantizar el cumplimiento del calendario fijado en el paso anterior.

El principal problema de Sevilla Control es su estancamiento en la etapa 1. Debido a la falta de competencias en lo que a Organización Industrial se refiere, la compañía lleva desde sus comienzos omitiendo la segunda etapa de su sistema de planificación y control de la producción.

Es decir, nunca se ha establecido una relación directa entre el Plan Maestro de producción o calendario de fabricación y el Programa Detallado o calendario de compras y aprovisionamiento, de tal forma que se han tenido que soportar enormes gastos, ocasionados tanto por paradas de producción, desencadenadas por falta de material, como por exceso de inventario, que en ocasiones se trataba de materiales obsoletos.

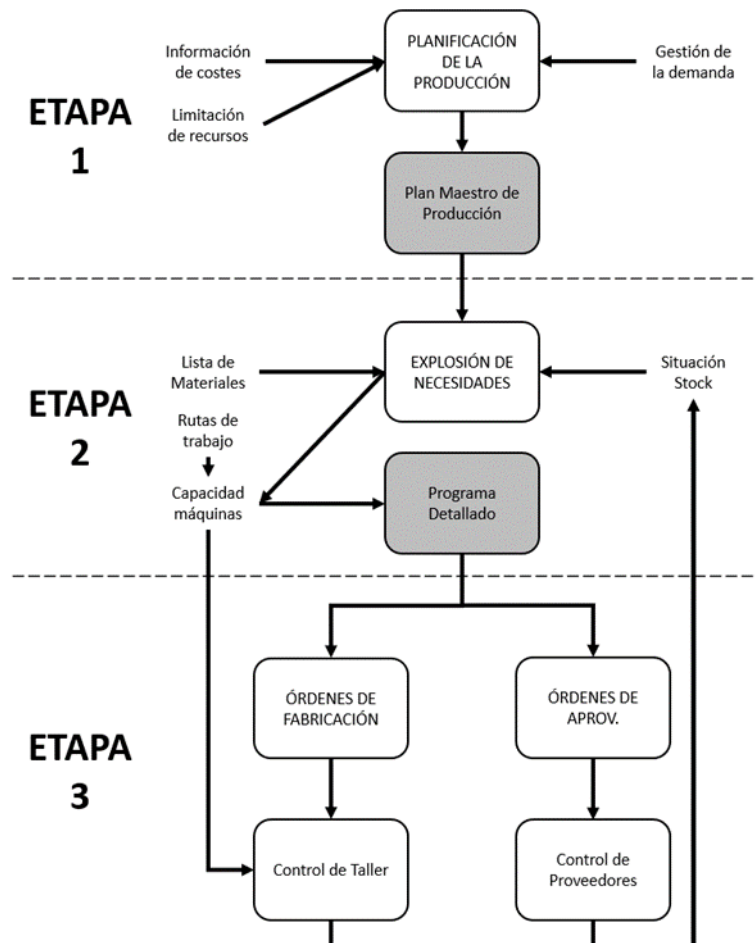


Figura 1.- Sistema de planificación y control de la producción.



### 1.1.2 Conocer el estado actual del arte

Cuando una empresa opta por adentrarse en un proyecto de esta envergadura resulta muy positivo investigar el estado actual del arte. Esto implica: conocer las investigaciones y los avances a los que se hayan llegado en los últimos años, cómo las empresas competidoras son capaces de afrontar problemas similares o comunes, opiniones de expertos y todo lo que conlleve el aprendizaje del asunto que se quiere mejorar.

### 1.1.3 Evaluar los inputs

Se tiene disponibilidad de un ERP que muestra información relevante como:

- Plan Maestro de Producción (PMP), que permite conocer las cantidades y fechas en que tienen que estar disponibles los productos finales y piezas de repuestos. Se tiene actualización mensual con 13 años vista.
- Estado de inventario: stocks de materias primas, de materiales en curso de fabricación (con fecha de recepción) y de productos terminados.
- Lista de materiales, que representa la estructura de fabricación de todos los productos que aparecen en el Plan Maestro de Producción.

Pero llegados a este punto, y debido a su complejidad, la gestión de compras pierde información. De tal forma que los siguientes datos no están disponibles para las muchas referencias de materia prima: plan de producción, plan de aprovisionamiento e informe de excepciones.

- Plan de producción, donde se detallan las cantidades y fechas en que deben estar fabricados cada uno de los ítems que intervienen en la fabricación.
- Plan de aprovisionamientos, donde se detallan las cantidades y fechas en que deben ser recibidos cada uno de los pedidos lanzados a proveedores.
- Informe de excepciones, donde se detallan las órdenes que sufren retrasos, así como sus repercusiones en la planta y en el cliente final.

Por ello proponemos una herramienta que permite a la empresa obtener visibilidad de estos tres últimos aspectos clave para la organización.

### 1.1.4 Proponer la metodología

Conocidos los recursos de los que disponemos y el estado actual del arte, se decide que la metodología que mejor se ajusta a las necesidades de la compañía puede segmentarse en cuatro grandes etapas: Etapa 0, Etapa 1, Etapa 2 y Etapa 3.

La primera de ellas, la Etapa 0, incluye cálculos auxiliares que relacionan la Etapa 1 de los sistemas de planificación y control de producción con la segunda de ellos.

La segunda, Etapa 1, contempla las actividades de clasificación de materiales según Criterio ABC.

La tercera, Etapa 2, sólo intervendrán en ella los materiales de tipo C. Se empleará el sistema Kanban de almacén para todos ellos.

La cuarta, Etapa 3, en la que intervienen el resto de los materiales. Se empleará la conocida y comúnmente empleada metodología MRP (Material Requirement Planning).

### 1.1.5 Implementar la herramienta

El proyecto tuvo una duración estimada de 38 semanas, comenzadas en octubre de 2017. Como se hubo completado el periodo de análisis, julio de 2018, se comenzará a implementar en el ERP propio de la compañía. Los pasos que se han ido dando para llevar a cabo el proyecto son los siguientes: aplicación etapas 0, 1, 2 y 3 propuestas en el punto anterior, formación y desarrollo y evaluación de KPI.

1. Aplicación Etapa 0
2. Aplicación Etapa 1
3. Aplicación Etapa 2
4. Aplicación Etapa 3
5. Formación de personal implicado
6. Desarrollo y evaluación KPI

### 1.1.6 Evaluar la herramienta

Se ha empleado un KPI para controlar el funcionamiento de la herramienta que consiste en cuantificar el número de informes de excepciones emitidos al mes. Este informe proporciona a la empresa el conocimiento de órdenes de fabricación que sufren o van a sufrir retrasos, y, especialmente, cuáles son sus posibles repercusiones.

## 1.2 Justificación del Proyecto

Andalucía es hoy en día la tercera potencia mundial del sector aeronáutico. La llegada de Airbus ha provocado que en pocos años brotaran múltiples empresas en torno a este campo. Entre estas compañías se encuentra el Grupo Sevilla Control, un conjunto familiar de empresas cuyas actividades productivas van desde el diseño hasta la fabricación del producto final de piezas auxiliares aeronáuticas.

Este proyecto surge en una época de cambios organizativos y organizacionales en la compañía Sevilla Control. Además, aparece en pleno siglo XXI, donde las empresas productivas se ven obligadas a estar en continua mejora buscando siempre maximizar la satisfacción del cliente minimizando los costes asociados a las distintas etapas de fabricación.

Tras un exhaustivo examen interno, la organización ha detectado un retraso abismal con respecto a los competidores en términos de planificación y control de la producción, lo que acarrea graves daños tanto a nivel económico como en la satisfacción y confianza de los clientes...que a su vez se convierte en una bajada de cadencia de trabajo y, en definitiva, en más perjuicios económicos.

La compañía ha confiado en este proyecto como inicio de su camino hacia la excelencia. Para ello será necesario identificar en primer lugar el problema real existente en la compañía. Estudiar más adelante los diferentes sistemas productivos y buscar aplicaciones prácticas finalizando así con un análisis para percibir si son o no aplicables a la empresa. Continuar con la identificación de las entradas de las que dispone la compañía. Y por último determinar la metodología que mejor se adapta a los recursos y restricciones de Sevilla Control y cómo se va a implantar y comprobar su bondad.

## 2 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

---



*Sólo el éxito en cada fase de proceso garantiza el mejor resultado global.*

- GSC -

Figura 2.- Logo Grupo Sevilla Control.

Este capítulo comienza narrando a modo de resumen los comienzos e importancia del sector aeronáutico en Andalucía. Más adelante, se centrará en la empresa en cuestión, Sevilla Control y concluirá con el objetivo específico de esta sección: la identificación del problema.

En 1926 Cádiz acogió a la empresa CASA (Construcciones Aeronáuticas Sociedad Anónima), especializada en el desarrollo, producción, certificación y venta de algunas aeronaves de transporte militar.

Terminada la Guerra Civil española en 1936, CASA abrió una factoría en Tablada, Sevilla.

Más adelante, en el año 1971, absorbió a otra empresa española del sector: Hispano Aviación S.A., lo que facilitó su posición como primera compañía española en el sector aeroespacial.

Años más tardes, al poco de comenzar el siglo XXI, CASA se incorporó al grupo aeronáutico europeo EADS, y pasaron a llamarse EADS CASA. Airbus Military se creó en 2009 tras la fusión de EADS CASA y Airbus Military Sociedad Limitada (AMSL). Siendo los únicos responsables del avión de transporte militar de referencia del siglo XXI: A400M, así como del desarrollo del modelo A330 MRTT principalmente.



Figura 3.- A400M.



Figura 4.- A330 MRTT.

Actualmente se tiene una única empresa -**Airbus Group**- centrada en tres divisiones: Airbus dedicada a aviones civiles, Airbus Helicopters a helicópteros y Airbus Defence & Space a transporte y logística militar, satélites y sistemas de seguridad. Gracias a las sedes de Sevilla y Bahía (Cádiz), Andalucía se encuentra hoy en día regentando el tercer puesto en el ranking de centros aeronáuticos de grandes aviones de transporte de Europa tras Toulouse y Hamburgo.

En los últimos se ha podido observar cómo han emergido una gran cantidad de empresas del sector auxiliar industrial en el ámbito de la aeronáutica, entre las que se encuentra el Grupo Aeronáutico Sevilla Control (GSC).

GSC es un conjunto de empresas capaz de asumir proyectos de gestión integral desde el diseño hasta la fabricación del producto final, incluso ofreciendo un completo soporte de servicio al cliente en la postventa.

Las empresas que pertenecen al grupo son principalmente cinco: Tecnipaint, centrada en procesos especiales; Aercal, dedicada al revestimiento y chapistería; Aeroestructura Sevilla (AES) centrada en el montaje electromecánico; Tratercom, especialista en tratamientos térmicos; y, por último, Sevilla Control, encargada del mecanizado industrial y de la gestión de todo el grupo.

## 2.1 TECNIPAIN

Tecnipaint es una empresa andaluza con sede en la provincia de Sevilla. Su actividad se centra en los tratamientos superficiales de piezas aeronáuticas. Disponen de medios tecnológicos tales como: Anonizado tartárico sulfúrico, anonizado crómico, película de conversión química (alodine), limpieza y pasivado de acero, cadmiado electrolítico, limpieza abrasiva, limpiezas previas o decapados, pickling titanio, inspección de grietas por partículas magnéticas, inspección de grietas por líquidos penetrantes, dureza y conductividad, bonderite brocha en zona de masa, pintura y lubricante seco.

En la actualidad tienen como objetivo, sin dejar de lado su esencia, dar un salto a nuevos sectores entre los que se encuentra el ferroviario.

## 2.2 AERCAL

Aeronáutica Caldería S.A. (AERCAL) es una empresa con más de 25 años de experiencia fabricando elementos para el sector aeroespacial. Entre sus actividades se encuentra la chapistería convencional, el conformado de revestimiento, mecanizado, montaje y procesos especiales.

Entre los principales clientes en el sector aeroespacial se encuentran Airbus Defence and Space, Airbus Operations, OGMA, Aernnova, Alestis, Sevilla Control Group, PLZ, GAZC.

## 2.3 AES

Aeroestructuras Sevilla (AES) se encarga de proporcionar un servicio completo de ensamblaje de aeroestructuras a todos los clientes del grupo.

Ofrece además servicios como compra de suministros, gestión y fabricación de piezas de chapa metálica, tratamientos de proceso final y especial y atención al cliente en FAL (Final Assembly Line) o línea de ensamblaje final que incluye montaje del sistema, reestructuración integral y soporte técnico.

Para ello cuenta con la certificación de actividades que van desde el ensamblaje y subensamblaje de aeroestructuras hasta procesos finales, ingeniería, consultoría y soporte técnico.

## 2.4 TRATERCOM

Tratercom, nacida en 2006 ofrece al sector una tecnología de tradicionalmente huérfana de tratamientos especializados: solubilizados, maduraciones y alivios de tensiones, inspección de durezas de aleaciones férreas, desengrase en fase vapor y tratamiento térmico de aceros.

Para ello cuentan con cuatro hornos capaces de trabajar temperaturas que oscilan entre los 150°C y 1080°C, capaces de calentar unas dimensiones de hasta 900x1400x350mm.

## 2.5 SEVILLA CONTROL

Y por último, Sevilla Control, que representa los inicios de este grupo empresarial. Principalmente dedicada al mecanizado, desarrolla las siguientes funciones como división empresarial: programación de CNC, mecanizado de elementales en convencional, 3, 4 y 5 ejes de piezas de aluminio, acero y titanio de hasta 5 metros de longitud, equipos completos de ingeniería, producción y calidad que dan soporte a cada uno de los trabajos expuestos, identificación, almacenaje y logística de productos terminados y gestión de la documentación.

El trabajo del grupo en gestión integral le permite ser capaz de asumir actividades muy diversas tales como las que se citan a continuación:

- Diseño de utillaje y componentes aeronáuticos
- Gestión de compras
- Ingeniería de fabricación
- Fabricación de elementales y elementales equipadas mecánicas
- Fabricación de elementales y elementales equipadas de chapa
- Fabricación eléctrica
- Procesos finales para materiales metálicos y compuestos
- Montaje de Aeroestructuras
- Soporte cliente en transformaciones de aviones, modificaciones o actualizaciones de componentes
- Transporte y logística de cada uno de los componentes y del producto final

En cada una de las fases, el Grupo Sevilla Control aplica su estructura multidisciplinar, versátil, flexible y precisa. Ventajas diferenciales que hacen que su trabajo integrado sea altamente competitivo.

Para permitir una correcta gestión de las actividades mencionadas anteriormente, cada empresa del grupo dispone de un ERP personalizado que incluye distintas herramientas según las necesidades de cada diligencia, del que se hablará en el capítulo 4.

Pero desde hace unos años Sevilla Control está sufriendo una bajada exponencial de cadencia de trabajo. Ésta es principalmente causada por no haber sabido adaptarse a las nuevas necesidades de las empresas: calidad extrema en el menor tiempo posible.

¿Cómo conseguirlo? En los siguientes capítulos se irá resolviendo esta cuestión. En concreto, el trabajo estará centrado en lo que implica al departamento de Compras.

Con anterioridad al proyecto, Sevilla Control organizaba la producción con una gran base en la experiencia laboral de sus altos mandos. Según esta forma de trabajo donde ni la planificación ni la predicción son partícipes del sistema productivo, los errores de calidad, tiempo y, al fin y al cabo, incrementos en el presupuesto, son “el pan de cada día”.

En concreto, la gestión de compras no disponía de ninguna herramienta. Todo cálculo sobre qué comprar, cuándo comprar, dónde comprar y cómo comprar, eran propios de “presagios” y “azar”. Por esto resulta lógico aceptar que los errores son cada vez mayores y sus consecuencias más graves.

Con el propósito de cambiar la forma de trabajo y, sobre todo, automatizar en la medida de lo posible estas tareas, se continuará este proyecto con el discernimiento del estado actual del arte, buscando como referencia al cliente final: Airbus.

# 3 SISTEMAS PRODUCTIVOS

---

*La productividad no es un accidente. Siempre es el resultado de un compromiso con la excelencia, planificación inteligente y esfuerzo concentrado.*

*- Paul J. Meyer -*

Este capítulo tiene por objetivo específico conocer el estado actual del arte. Es decir, obtener información sobre cómo las empresas de hoy en día contestan a la pregunta formulada en la conclusión del capítulo anterior. En un primer lugar se buscará las diferentes teorías existentes sobre el tema en cuestión y se expondrá cómo lo resuelve la empresa matriz: Airbus Group.

En el capítulo introductorio se ha citado cómo pueden separarse los sistemas de planificación y control de la producción en 3 etapas. A continuación, se detallarán cada una de ellas utilizando como base la estructura empleada en la bibliografía [12].

## 3.1 Etapa 1

Teniendo como input información de costes, limitación de recursos y la gestión de la demanda se materializa la planificación de la producción mediante el Plan Maestro de Producción.

### 3.1.1 Plan Maestro de Producción

Con lo que respecta a la primera etapa, el Plan Maestro debe ser aquel que cumpla con estas dos restricciones: que las producciones de cada elemento cubran las demandas previstas y que los recursos consumidos por la producción no superen la capacidad de la planta.

Como se ha comentado en capítulos anteriores, el Plan Maestro de Producción proporciona información de cantidades y fechas en que deben estar fabricados los productos finales. Por lo tanto, cabe destacar dos aspectos diferenciales: cantidad y fecha.

Se entiende por producto final aquel elemento que se entrega al cliente final o externo sin sufrir ninguna transformación ni modificación. En términos económicos es aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar y por tanto añade valor a la empresa.

Por otro lado, se tiene un calendario de fechas que indican cuándo deben estar accesibles los productos finales. Para ello es necesario discretizar el horizonte temporal y dividirlo en reducidos intervalos de tiempo. Habitualmente se determina la semana como unidad de medida temporal para el Plan Maestro, pero será decisión de la empresa establecer dicho régimen.

Evidentemente mientras más reducido sea ese espacio temporal mejor se adaptará a los posibles cambios que se produzcan (roturas de stock, averías de máquinas, rechazos de calidad...) pero implicará un aumento de la cantidad de información que se debe tratar, y esto se traduce en el requisito de un sistema más potente y complejo. Si esta capacidad de respuesta inmediata no es factible, se presenta uno de los principales problemas: incongruencia entre lo que muestra el sistema y la realidad. Ante esta situación el sistema empieza a ocupar un segundo plano y la fábrica comienza a regirse por técnicas informales, sobre las que no tiene control la dirección de la empresa.

Esta decisión debe ser tomada en definitiva bajo un mandamiento: buscar un programa de producción muy estable para eliminar al máximo las posteriores modificaciones.

En relación con el intervalo de tiempo se encuentra el horizonte temporal que debe cubrir el calendario de producción. Éste no debe ser en ningún caso inferior al tiempo máximo de fabricación de cualquier ítem. Además, como el sistema debe controlar la programación, resulta conveniente que el calendario abarque desde el aprovisionamiento hasta el montaje incluyendo la fabricación, para así evaluar sus consecuencias en la práctica.

## 3.2 Etapa 2

Teniendo como input la lista de materiales y situación del stock se obtiene una explosión de necesidades. Ésta, adecuándose a la capacidad de la planta proporciona el programa detallado.

### 3.2.1 Estructuras de fabricación – Lista de materiales

La estructura de fabricación es una lista detallada de todos los componentes y elementos que intervienen en la fabricación y montaje del producto final, reflejando la forma en que se ejecuta. Para una correcta definición de esta estructura se deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Cada componente o elemento que aparezca en ella tiene que tener un código asociado que lo identifique de forma inequívoca. Este código es el que se conoce como Part Number (PN).
- A cada elemento o componente le corresponde un nivel en la estructura. El primer nivel será asociado al producto final y se irán relacionando los siguientes niveles según proceso de fabricación o montaje.
- Criterio de codificación inferior: a cada elemento se le asignará el nivel más bajo al que pertenezca. De tal forma que, si un mismo PN aparece en dos niveles de la misma estructura, el nivel asociado al componente será el más bajo.

Se muestra el ejemplo 10.4 de la bibliografía [12] de estructura de fabricación en el esquema inferior.

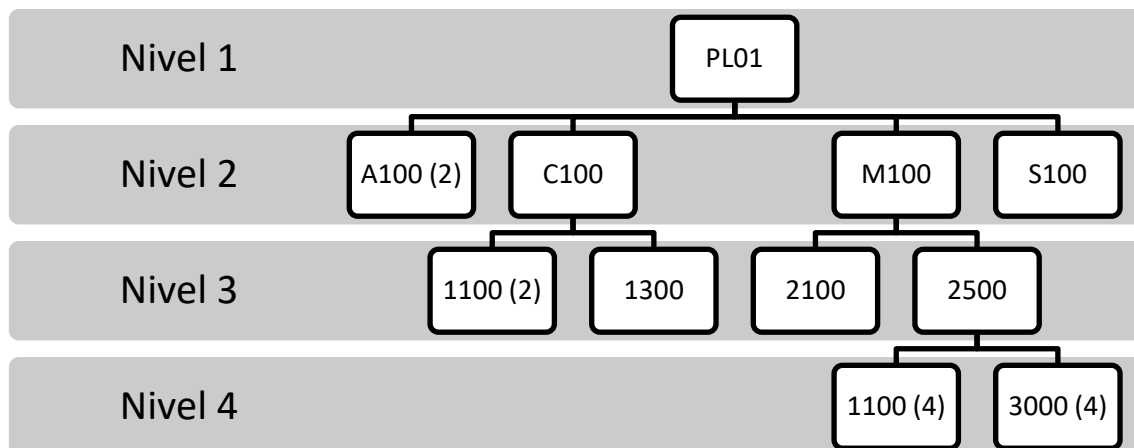


Figura 5.- Árbol del producto.



## ERP

Por lo general esta estructura se divide en una lista por cada nivel. De esta forma el mismo ejemplo quedaría segmentado en las cuatro listas que se muestran a continuación:

Tabla 1.- Listas por nivel.

PN PL01		PN C100		PN M100		PN 2500	
PN	Cantidad	PN	Cantidad	PN	Cantidad	PN	Cantidad
A100	2	1100	2	2100	1	1100	4
C100	1	1300	1	2500	1	3000	4
M100	1						
S100	1						

Coloquialmente se conoce esta relación como de padres e hijos, entendiéndose padre al elemento de nivel superior. Por ejemplo, el componente C100 es hijo del PN PL01 pero padre de los PN 1100 y 1300.

A través de estas listas se deben poder calcular los tiempos de fabricación y montaje de cada producto final.

### 3.2.2 El estado de los stocks

Una vez obtenido el calendario de producción en que deben estar disponibles los productos finales, así como sus cantidades y conocidas las listas de materiales, toca explotar el mismo cálculo hacia cada componente y elemento del listado de materiales. Estas cantidades, al contrastarse con las existencias físicas en stock, proporcionan las necesidades netas de cada uno de los componentes.

Para que el sistema de planificación y control de la producción cumpla con sus expectativas, la situación de los stocks ha de ser una información real en todo momento. Actualizándose además el estado de los pedidos en curso para controlar cualquier retraso que pueda surgir por motivos ajenos a la empresa. Si existen además algunas referencias que están comprometidas deben estar perfectamente indicadas ya que no estarán disponibles para el flujo normal de la producción.

Por lo tanto, el sistema de stocks debe reflejar la situación real y actual de cada tipo de inventario: existencias al principio de cada período, cantidades comprometidas, cantidades y fechas de recepción de pedidos en curso, stock de seguridad, tamaño del lote y plazos de aprovisionamientos y tiempos totales de fabricación.

- Existencias al principio de cada período.

Se consideran en este grupo todas aquellas unidades de las que se dispone físicamente en el almacén en el inicio de cada intervalo de tiempo del horizonte temporal determinado en el Plan Maestro.

- Cantidades comprometidas.

Las cantidades comprometidas son aquellos elementos que ya se encuentran adjuntados a algún conjunto mediante una orden de producción. De esta forma, no se podrá contar con este elemento para otros conjuntos.

- Cantidades y fechas de recepción de pedidos en curso.

Los pedidos en curso son los que ya se han lanzado, aunque se está esperando la recepción de sus ítems. En cuanto se reciban las piezas, éstas estarán disponibles en el almacén para su uso. Por ello es importante conocer cuántas unidades deberían estar disponibles en qué fecha y establecer un control de los proveedores de tal forma que, si se indica un retraso en la entrega, la nueva fecha de recepción se actualice en el sistema.

- Stock de seguridad.

Como se observa en la figura 1, el Plan Maestro tiene como input la gestión de la demanda. Ésta suele ser prevista, por lo que tiene una probabilidad alta de irregularidades. Para evitar que esta incertidumbre provoque un holocausto en la producción, se tiene el stock de seguridad. Existen modelos matemáticos que ayudan con su determinación, éstos se verán más adelante.

- Tamaño del lote.

En ocasiones resulta mucho más económico fabricar muchas piezas del mismo tipo a la vez, lo que se conoce por lotes. Esto ocurre especialmente en fabricación de tipo mecanizado, puesto que se suele emplear más tiempo en el cambio de herramientas de las propias máquinas en la fabricación de la pieza en sí. También existen distintos modelos para su cálculo, pero destacar en este punto que el sistema debe tener constancia del tamaño del lote de cada componente.

- Plazos de aprovisionamiento y tiempos totales de fabricación.

Se ha mencionado en varios puntos la palabra calendario. El Plan Maestro de Producción establece la fecha en que debe estar disponibles los productos finales. Pues bien, si se relaciona esta información con la lista de materiales y se conocen los plazos de aprovisionamiento y los tiempos totales de fabricación se podrá obtener fácilmente el calendario de necesidades de materias primas.

Un error que se ha producido durante muchos años en la industria es el de considerar que la acumulación de stock en el almacén es un sinónimo de eficacia. En situaciones como estas los costes de almacén son altísimos puesto que se necesitan naves de grandes dimensiones. Además, puede ocurrir que se acumulen elementos ya obsoletos. En contraposición, el ajustarse fielmente al sistema supone un riesgo atroz que puede ocasionar retrasos en las entregas y por ello insatisfacción del cliente.

### 3.2.3 Explosión de las necesidades

Esta subetapa tiene por objetivo responder dos preguntas fundamentales en los sistemas de planificación y control de la producción: cuándo pedir y cuánto pedir.

Existen para ello diversas políticas que serán estudiadas a continuación: modelo simple de revisión continua, modelo simple de revisión periódica, política de explosión de las necesidades, método exacto Wagner-Whitin.

#### 3.2.3.1 Modelo simple de revisión continua

Este modelo se corresponde con la política de gestión por Punto de Pedido. Se observa en la figura 6 que esta política depende de dos variables principales: punto de pedido y cantidad a pedir.

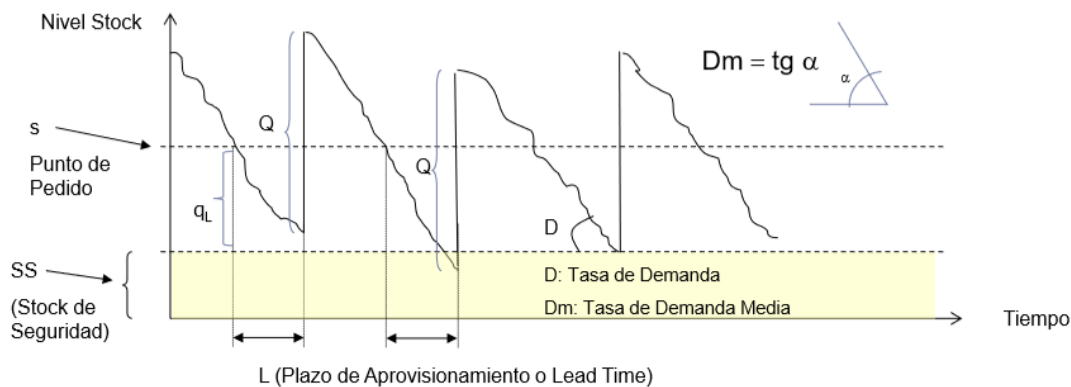


Figura 6.- Modelo de revisión continua.

## ERP

- ¿Cuándo pedir? Cuando se alcance un determinado nivel de stock llamado Punto de Pedido, siendo éste la cantidad máxima que se está dispuesto a servir durante el plazo de aprovisionamiento.
- ¿Cuánto pedir? Lo que minimice los costes de lanzamiento, adquisición y almacenamiento.

### 3.2.3.2 Modelo simple de revisión periódica

Esta política tiene por objetivo simplificar el trabajo administrativo asociado a las compras y disminuir los costes por lanzamiento y transporte de pedido. Se tienen dos variables principales según se observa en la figura 7: tiempo de revisión y cantidad a pedir.

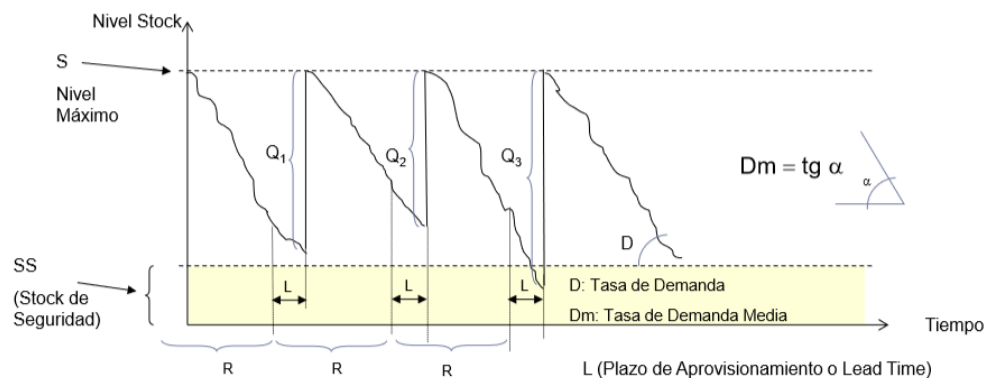


Figura 7.- Modelo de revisión periódica.

- ¿Cuándo pedir? Cada cierto tiempo prefijado.
- ¿Cuánto pedir? Lo que permita satisfacer la demanda hasta que se reciba el siguiente pedido.

### 3.2.3.3 Política de explosión de las necesidades

El MRP o planificación de requerimientos de material es el sistema de planificación y control de la producción más usado dentro de la **política de explosión de las necesidades**. Los principales objetivos de esta herramienta son tres: asegurar en todo proceso productivo la disponibilidad de los materiales necesarios, gestionar los niveles de stock y planificar las actividades de fabricación, órdenes y compras.

Se pasa a un modelo más práctico, automático y dinámico. Como resultado de esta metodología se puede conocer:

- ¿Cuándo pedir? En el período en que indique la herramienta.
- ¿Cuánto pedir? La cantidad que indique la herramienta como necesidades de lanzamiento.

### 3.2.3.4 Método exacto Wagner-Whitin

Se basa en una programación dinámica. En cada período se tomará una decisión: comprar en dicho período incurriendo costes de lanzamiento o en el período anterior incurriendo costes de almacenamiento. Dicha decisión siempre es motivada por seleccionar aquella opción que minimice los Costes Totales.

- ¿Cuánto pedir? Estrictamente lo que indique la demanda.
- ¿Cuándo pedir? En el período en que se minimicen los costes totales.

### 3.3 Etapa 3

Por último, teniendo como input el programa detallado de necesidades de todas las referencias que intervienen en la fabricación, se deben controlar tanto la planta como los proveedores para garantizar la adecuación entre el calendario programado y la realidad.

El sistema Kanban también puede utilizarse como sistema de control de la producción enlazando el MRP con el nivel operativo diario.

### 3.4 Airbus

En el capítulo anterior se demuestra la gran importancia que tiene la compañía francesa en toda España, pero de una manera especial en Andalucía.

Este éxito que ha ido adquiriendo a lo largo de los años se debe a la calidad de su trabajo. Todo el personal de Airbus Group se encuentra en continua formación académica, tienen a su alcance cursos de gran envergadura. Esto permite que toda la compañía crezca de forma conjunta y trabaje en una atmósfera de mejora continua.

Es por eso también que sean pioneros en aplicar técnicas en el sector aeronáutico, como por ejemplo el Lean Manufacturing.

---

*En 2013 se publicó un artículo en el “Diario de Cádiz” titulado Lean Manufacturing, la experiencia. En el que se expone lo siguiente:*

*“En Airbus Puerto Real, el método de trabajo Lean se implantó en el año 2007. Ese mismo año se creó un departamento dedicado a buscar, perseguir y catalizar la consecución de las actividades de mejora dedicadas a eliminar desperdicios y robustecer los procesos e implantar los principios descritos.*

*Este departamento se llama ALPS (Airbus Lean Production System, Sistema de Producción Lean de Airbus), y con la ayuda de los Agentes del Cambio, promueve:*

- 1) La formación y sensibilización en herramientas Lean*
- 2) La participación de todas las personas en Equipos Multifuncionales, que actualmente cuenta con una participación cercana al 80% del personal de la Planta en al menos un equipo de mejora continua*
- 3) El uso de la Gestión Visual para que todas las incidencias y problemas sean rápidamente denunciados y resueltos*
- 4) Un sistema estandarizado de resolución de problemas*
- 5) El mantenimiento productivo total que fomenta las labores preventivas en lugar de las correctivas*
- 6) Abastecer la línea y producir justo cuando es necesario, reduciendo inventarios*

*Desde entonces, nuestra Planta ha despuntado y ha sido pionera en muchas de las aplicaciones Lean...”*

---

Esta filosofía nace en los talleres de Toyota a principios de siglo XX. Se fundamenta en el estudio detallado de lo que aporta valor añadido. Todo lo que no aporte valor se considera despilfarro y debe ser eliminado.

En la práctica se detalla en diferentes técnicas independientes o no entre sí. Las más conocidas o utilizadas son: 5S, 6σ y Kanban.

### 3.4.1 5S

Técnica utilizada para la mejora de las condiciones de trabajo a través de una excelente organización, orden y limpieza de los puestos de trabajo.

Se basa en 5 principios básicos cuyos nombres en japonés empiezan por la letra S, de ahí su nombre. Dichos principios son por orden creciente de aplicación:

- Seiri – Selección: distinguir entre lo que es necesario y lo que no lo es.
- Seiton – Orden: un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.
- Seiso – Limpieza: no es más limpio el que más limpia sino el que menos ensucia.
- Seiketsu – Estandarización: todo siempre igual.
- Shitsuke – Autodisciplina: crear hábito.



Figura 8.- 5S en la fábrica de Scanfil Polonia.

### 3.4.2 Seis $\sigma$

Es una metodología de mejora de procesos o productos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, que persigue llegar a un máximo de 3 ó 4 defectos por millón de oportunidades.

### 3.4.3 KANBAN

Sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas. Es la técnica más empleada dentro de la **gestión por punto de pedido**.

Para comprender a fondo el sistema Kanban es conveniente conocer los sistemas PULL: **“Fabricar lo que es necesario cuando es necesario”**. En ellos las necesidades de cada proceso “tiran” de los procesos anteriores para la satisfacción de estas. Al ser parte de Lean, la productividad se consigue por eliminación de las actividades que no añaden valor.

En este tipo de sistemas, los procesos están encadenados y las tareas se activan mediante la recepción de una señal. Los aprovisionamientos se realizan basados en el consumo. En estas herramientas, la detección de los problemas es inmediata y se solventan en la misma línea de producción. También conocidos como sistemas descentralizados, exigen una programación de la producción óptima donde no se produzcan variaciones.

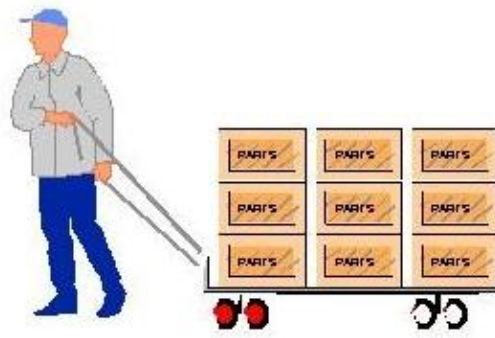


Figura 9.- Sistemas PULL.

El Kanban se utiliza como señal en los sistemas PULL, cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores y éstos comienzan a producir únicamente las piezas que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con los de los talleres de la fábrica y, a su vez, con la línea de montaje final.

Esta última técnica es exigida a todos los proveedores de la empresa matriz Airbus Group. De tal manera que se sincronicen la producción de los suministradores con la del suministrado. El mecanismo es muy sencillo, pero implica muchas variables que no siempre facilitan que sea llevado a cabo con éxito. En la actualidad, el mayor impedimento a la hora de su óptima ejecución es la logística. Por lo general, los sub-tier de Airbus no disponen de recursos suficientes como para invertir grandes cifras en la subcontratación del transporte y suelen recurrir a dedicar un departamento a ello. Esto suele acarrear problemas como retrasos en las entregas o maltrato de los productos.

Además del Lean Manufacturing, Airbus se caracteriza por confiar en SAP<sup>1</sup> como ERP; una plataforma que permite planificar y gestionar todos los recursos de cada área de la empresa.

Gracias a este software todos los departamentos se entrelazan entre sí de una manera automática y sencilla de tal forma que, si cada sección vuelca la información necesaria, la compañía funciona como un perfecto reloj.

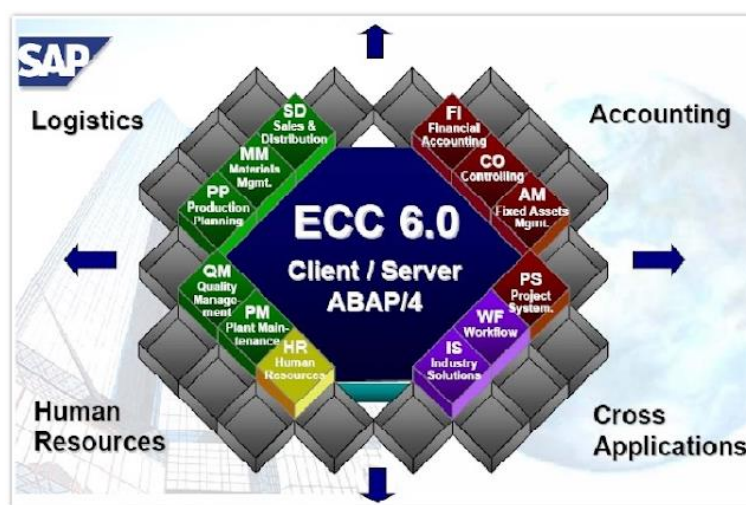


Figura 10.- Módulos de SAP.

<sup>1</sup> Representan las siglas en alemán Systeme Anwendungen und Produkte que significa en español 'sistemas, aplicaciones y productos'

En concreto, la función de compras obtiene información de la demanda, el stock real y los pedidos en curso. De tal forma que el sistema avisa cuándo hay que realizar un nuevo pedido y de qué dimensiones.

Este procedimiento se basa en el fundamento teórico MRP, perteneciente a la **política de explosión de necesidades**.

Una vez conocido el estado actual del arte y, en concreto cómo Airbus resuelve problemas similares aparece una nueva cuestión que será resuelta en el capítulo siguiente: ¿Sevilla Control dispone de los recursos suficientes como para paliar sus carencias de la misma forma que la empresa matriz?

Se responderá a la pregunta en el capítulo siguiente.





# 4 RECURSOS DISPONIBLES

---

*Lo que no se soluciona pasando la página, se soluciona cambiando de libro.*

*- Anónimo -*

**E**n este capítulo se va a evaluar si las técnicas introducidas en el capítulo anterior son aplicables a Sevilla Control. Para ello se estudiarán todos los recursos de los que dispone la compañía tanto a nivel económico como a nivel funcional.

Sevilla Control cuenta con un sistema de planificación de recursos empresariales, Enterprise Resource Planning (ERP), personalizado según las políticas de la empresa por el departamento de sistemas de información.

Esta herramienta llamada SMART, integra de forma modular la planificación y el control de áreas desde la ingeniería de documentación hasta la entrega final al cliente pasando por almacén, compras, producción, calidad, programas y control de la producción.

Actualizándose automáticamente entre los distintos módulos, permite a la compañía tener una visión global y concreta de cada producto y tarea en tiempo real.

## 4.1 SMART, descripción del Sistema actual

Los módulos que dividen las áreas de SMART son: general, calidad, ingeniería, documentación, almacén, corte, control de producción, fabricación, verificación, compras y ventas.

### 4.1.1 General

Este apartado incluye la información más básica y relevante de la herramienta. Está dividido en los siguientes subapartados:

- Consultas Rápidas SMART (CRS): es el buscador del ERP.
- Informes: es de las funciones más prácticas del ERP. Permite conocer el estado actual de la empresa a través de documentos diarios acerca de las órdenes de fabricación lanzadas, los pedidos de los clientes, catálogo de todos los artículos, pull de todos los departamentos, alertas sobre inspecciones de primer artículo mal configurados y plan de entregas a los clientes.
- Accesos de interés: incluye un manual sobre la herramienta, purgas, manuales y procedimientos de calidad.

### 4.1.2 Calidad

Este módulo está dedicado a la gestión de calidad asegurando el debido cumplimiento de los distintos procedimientos y requisitos de cada fase del producto: diseño, desarrollo, industrialización, producción, suministro y servicio postventa.

Por lo general, hay dos niveles de escapes de calidad en función de su gravedad con respecto a la fabricación:

Los escapes que, aunque no cumplen con el objetivo de calidad total, no influyen a la calidad del producto final. Son: errores de identificación, utilización de materiales distintos a los solicitados por el cliente (cumpliendo con las normas de equivalencia), ...

Por otro lado, hay escapes cuya aparición pueden ocasionar una parada en la producción. Es estrictamente necesario aplicar acciones preventivas para evitar en la medida de lo posible estos problemas. Pertenecen a este grupo los productos que se hayan dañado durante el proceso de fabricación, productos cuyas especificaciones técnicas no cumplen con los requisitos del cliente, ... en definitiva, aquellos productos que el cliente no estaría dispuesto a comprar.

### 4.1.3 Ingeniería

El departamento de ingeniería es el responsable de gestionar los recursos que requieren los procesos de producción en base a un Planning que acuerda con el cliente.

Realizan el estudio preliminar del producto, antes de su fabricación, incluyendo prototipos para realizar ensayos.

Coordinan la fabricación de las primeras series, para asegurar una correcta industrialización.

Realizan los utillajes para la posterior verificación del material.

Preparan toda la documentación necesaria del proceso de industrialización.

Integrando todas estas actividades en el ERP se consigue tener una visión a gran escala de la actividad futura de la empresa.

### 4.1.4 Documentación

Este departamento hace de soporte para el departamento de ingeniería.

Elaboran los planos para su fabricación en dos y tres dimensiones, para una posterior fabricación.

### 4.1.5 Almacén

El módulo de almacén incluye el estado de todas las referencias existentes en el almacén el momento actual.

Se tiene además información de las recepciones técnicas que se le han realizado a las materias primas y del lugar de procedencia y destino de cada pieza en concreto.

### 4.1.6 Corte

Este departamento es el encargado de dimensionar las materias primas con el fin de garantizar un óptimo mecanizado posteriormente.

En concreto, el módulo del ERP lanza al departamento las órdenes de corte que son necesarias para satisfacer la producción.

#### 4.1.7 Control de Producción

El control de la producción permite vigilar que la cantidad de fabricación se adecúa con la cantidad que se había planeado.

Para ello resulta esencial establecer medios para evaluar de manera continua algunos parámetros como la demanda del cliente, el capital disponible o la capacidad de producción. Resulta clave que esta evaluación no sólo se realice en el presente, sino que no pierda la visión del futuro que ha sido planificado.

#### 4.1.8 Fabricación

En este módulo se lanzan y recopilan todas las órdenes de trabajo indispensables para que la producción siga su curso.

#### 4.1.9 Verificación

La verificación es el proceso que evalúa algunas piezas (definidas formalmente en un manual) y comprueba que cumplen con los requisitos y cánones necesarios.

#### 4.1.10 Compras

Este módulo está sin construir. En concreto, este proyecto servirá como base para su desarrollo.

#### 4.1.11 Ventas

Se encuentran información de los contratos con los clientes: cantidad de cada Part Number, fecha de entrega y precio de venta.

Como se ha comentado en el capítulo introductorio, de esta herramienta se obtienen tres aspectos claves para el desarrollo de este proyecto: Plan Maestro de Producción, Lista de Materiales y Situación de Stocks.

Además, se considera rotario el horizonte temporal con el fin de que cada vez que se actualice un nuevo período del Plan Maestro de Producción, se haga también en el MRP.

Toda esta información de que se dispone cuenta con dos limitaciones transcendentales: limitación con respecto a las materias primas y con respecto al horizonte temporal.

### 4.2 Limitación Materias Primas

SMART no contempla las materias primas como productos, sino que se tiene información de qué materia prima y en qué proporciones se requiere para cada producto de fabricación. Pero la conversión de necesidades de producto de fabricación a necesidades de materia prima no está programada en esta herramienta.

Aquí aparece el motivo principal de este proyecto: crear una herramienta que, obteniendo toda la información que ofrece el ERP de Sevilla Control, proporcione un calendario de necesidades de materias primas para satisfacer la demanda de productos finales, teniendo en cuenta las políticas económicas más eficientes y adecuadas a la empresa.

### **4.3 Limitación del Horizonte Temporal**

Otra limitación es la del horizonte temporal. La demanda se estima en la compañía como suma de los pedidos en curso, los planes de venta y los planes de entrega. Los dos primeros son proporcionados por el cliente, pudiendo sufrir variaciones de un período a otro. Pero el último, los planes de entrega, son previsiones que se realizan en función a períodos anteriores. Por tanto, no se contemplan en SMART ocasionando una visión muy miope de cara a materiales con Lead Time muy largos.

### **4.4 Limitación Económica en el desarrollo del trabajo**

Por otro lado, se cuenta con un presupuesto de 1.500 € dedicado a desarrollar este proyecto. Por lo que, debido al elevado coste de implementación de nuevos requerimientos en SAP, quedan descartado.

# 5 METODOLOGÍA

---

*La unión hace la fuerza...cuando hay trabajo en equipo y colaboración, pueden lograrse cosas maravillosas.*

*- Mattie Stepanek -*

**E**n el capítulo anterior se han puesto de manifiesto los recursos de los que dispone la empresa y se han encontrado las limitaciones del sistema ERP que emplea para la correcta gestión de materiales. En el capítulo presente se expondrán los planes de actuación necesarios para abordar el problema.

El procedimiento de este proyecto puede separarse en cuatro grandes etapas, incluyendo una fase 0 preparatoria: cálculos auxiliares, clasificación de materiales, Kanban y Compra Planificada.

## 5.1 Cálculos auxiliares

La etapa preliminar de la metodología propuesta contempla todas las tareas y cálculos necesarios para futuras actividades.

Éstas son cronológicamente: calcular el WIP<sup>2</sup> sin aporte de material, desplazar la Calendario de Fabricación de producto final (obtenido en el Plan Maestro de Producción) según Lead Time de fabricación, calcular la Explosión de Necesidades Brutas (necesidades brutas de cada ítem de nivel 6), calcular la Explosión de Necesidades Netas (necesidades netas de cada ítem de nivel 6) y por último establecer las Necesidades Brutas de material según lo establecido en la estructura de materiales.

Todas las tareas anteriores se relacionan según se muestran en el gráfico posterior.

---

<sup>2</sup> Work In Progress.

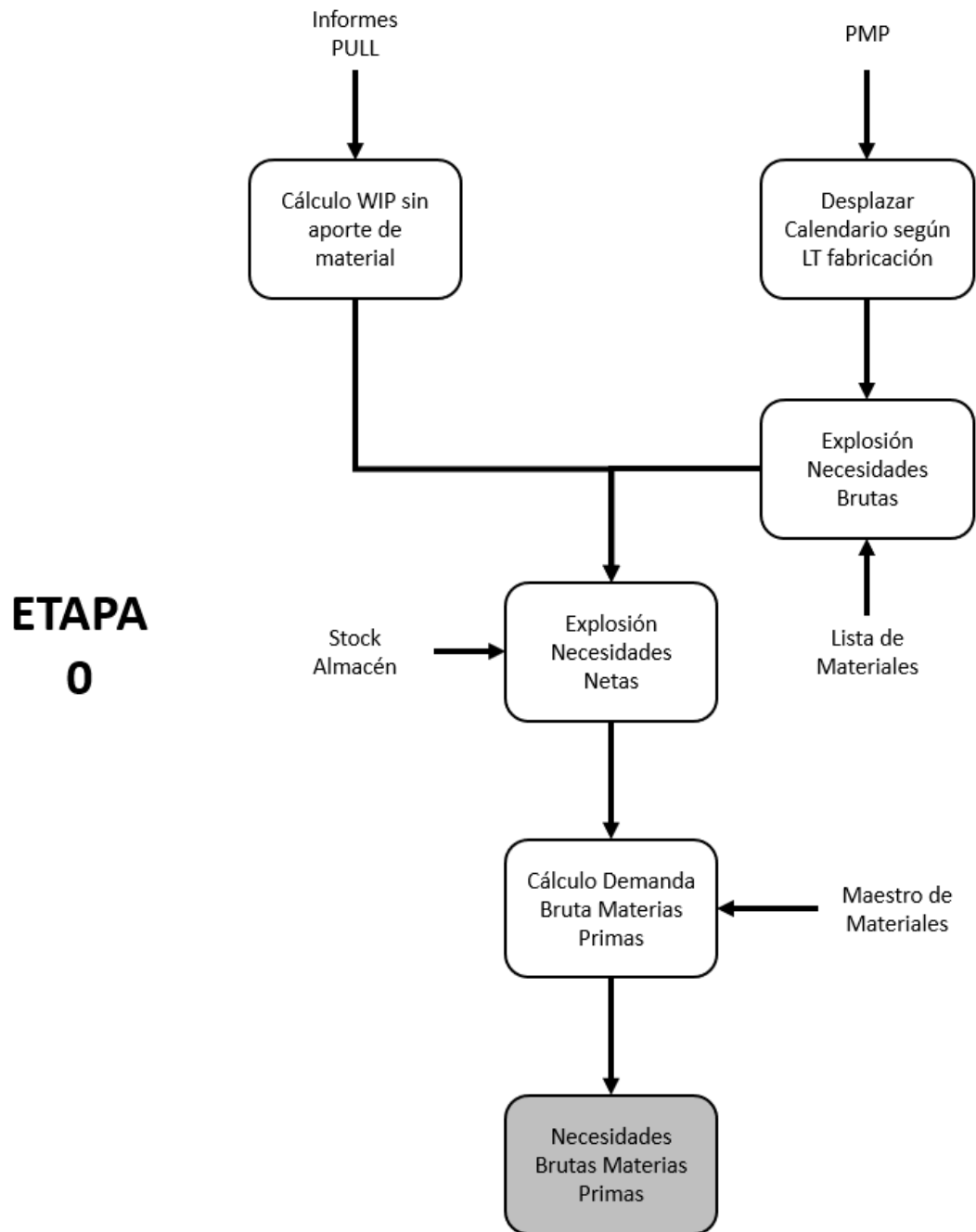


Figura 11.- Etapa 0.

### 5.1.1 PULL

En la compañía se conoce como PULL al informe que contiene el listado de todos los PN que se encuentran en cada etapa del proceso productivo, así como información relevante como el origen o destino de la pieza.

Este primer apartado será útil para calcular el total de piezas WIP (Work In Progress) por PN de fabricación (Nivel 6) y que aún no tienen la materia prima aportada.

Para ello será necesario extraer del ERP los informes PULL de cada actividad predecesora del aporte de material. Estas son: Ingeniería de Documentación, Corte<sup>3</sup> y Calidad Lanzamiento de IPA. Se necesitará también extraer el Pull de todos los departamentos conocido como PULL Todos.

De esta forma el WIP de las referencias que no tienen aporte de material se calculará según la ecuación 1:

$$WIP_{sinMP} = PULL\ Todos - PULL\ Ing\ Doc - PULL\ Corte - PULL\ IPA \quad (1)$$

Ecuación 1.- WIP sin aporte de material.

### 5.1.2 Demanda LT4

En este paso se obtiene la demanda de piezas finales con un lead time adelantado de 4 meses, plazo estándar que se define como necesario para tener la materia prima en las instalaciones teniendo en cuenta la fabricación y el montaje de las piezas, así como el intervalo de tiempo perdido en que las piezas pasan de una sección a otra.

El departamento de Programas deberá cargar el Plan Maestro de Producción mensualmente en el ERP. Cuando esto se haya realizado, se extraerá y se realizará el aplazamiento estándar del calendario de 4 meses.

### 5.1.3 Explosión Necesidades Brutas

Una vez se conoce la cantidad y cuándo deben estar listas las piezas finales, se calculan las necesidades brutas de todos los PN de nivel 6, último nivel de la estructura de fabricación, teniendo en cuenta la multiplicidad.

---

*De tal forma que, si el cliente solicita 5 uds de un producto final X y para cada uno de ellos se necesitan 2 uds de ítem Y, se necesitarán un total 10 unidades de ítem Y para satisfacer la demanda de X.*

---

### 5.1.4 Explosión Necesidades Netas

Este apartado es clave puesto que de él se obtienen las necesidades brutas de materia prima.

En un primer lugar se calculan las necesidades netas de PN de fabricación o nivel 6. Para ello, se le resta a las necesidades brutas el número de piezas que ya están disponibles para la fabricación; éstas son: las que están en el almacén en forma de stock y las que se encuentran en WIP. Por lo tanto:

$$NN_{N6} = NB_{N6} - Stock\ Almacén - WIP_{sinMP} \quad (2)$$

Ecuación 2.- Necesidades Netas PN fabricación.

<sup>3</sup> El PULL de Corte necesita un filtro adicional para no incluir aquellas referencias que ya tienen aporte de material

### 5.1.5 Necesidades de Materias Primas

A raíz de eso, se calcularán las necesidades brutas de cada materia prima. Para ello será necesario comenzar creando un Maestro de Materiales. Éste recogerá la materia prima requerida para la fabricación de cada PN de nivel 6, sus dimensiones consumidas en la producción de cada uno de ellos. Para facilitar cálculos posteriores, se incluirá además el material (Aluminio, Acero, Titanio,...) así como el formato (placas o chapas, barras o perfiles, unidades de forjados,...) de las materias primas necesarias por cada PN.

Así pues, se transforman las necesidades netas de pieza de nivel 6 en necesidades brutas de materia prima en su unidad de medida correspondiente (M1 si se trata de barras o perfiles, M2 en el caso de placas o chapas y U1 para forjados).

---

*Siguiendo el ejemplo anterior, si para fabricar el ítem Y se necesitan 5 M1 de una barra Z y no se dispone de ningún ítem actualmente; se necesitan un total de 50 M1 de Z para satisfacer la demanda de 5 uds. de X.*

---

A continuación, es recomendable agrupar la demanda de materias primas. En el apartado anterior se calcularon las necesidades brutas de materias primas por cada PN de nivel 6 pero lo óptimo es conocer la demanda acumulada de cada materia prima, el PN al que pertenezca cada necesidad es irrelevante para esta circunstancia.

Según se ha argumentado en capítulos anteriores, los Sistemas de Planificación y Control de la Producción pueden ser divididos en tres grandes etapas: etapa 1 que tiene como output el Plan Maestro de Producción, la etapa 2 que tiene como output el Programa Detallado y la tercera etapa dedicada al control de proveedores y del taller.

Estos cálculos preliminares relacionan la primera etapa de estos sistemas con la segunda. Gracias a ellos, se obtiene una primera aproximación de lo que será el Programa Detallado.

## 5.2 Clasificación de materiales

La primera etapa de la metodología contempla todas las tareas que serán necesarias realizar hasta la clasificación de las materias primas.

Éstas son cronológicamente: aplicar criterio ABC para todas las referencias de Materia Prima y Clasificación en sí de los materiales (los materiales de tipo C serán gestionados según la Etapa 2 y los demás según la Etapa 3, tal y como se muestra en la figura 10).

Todas las tareas anteriores se relacionan según se muestran en el gráfico posterior.



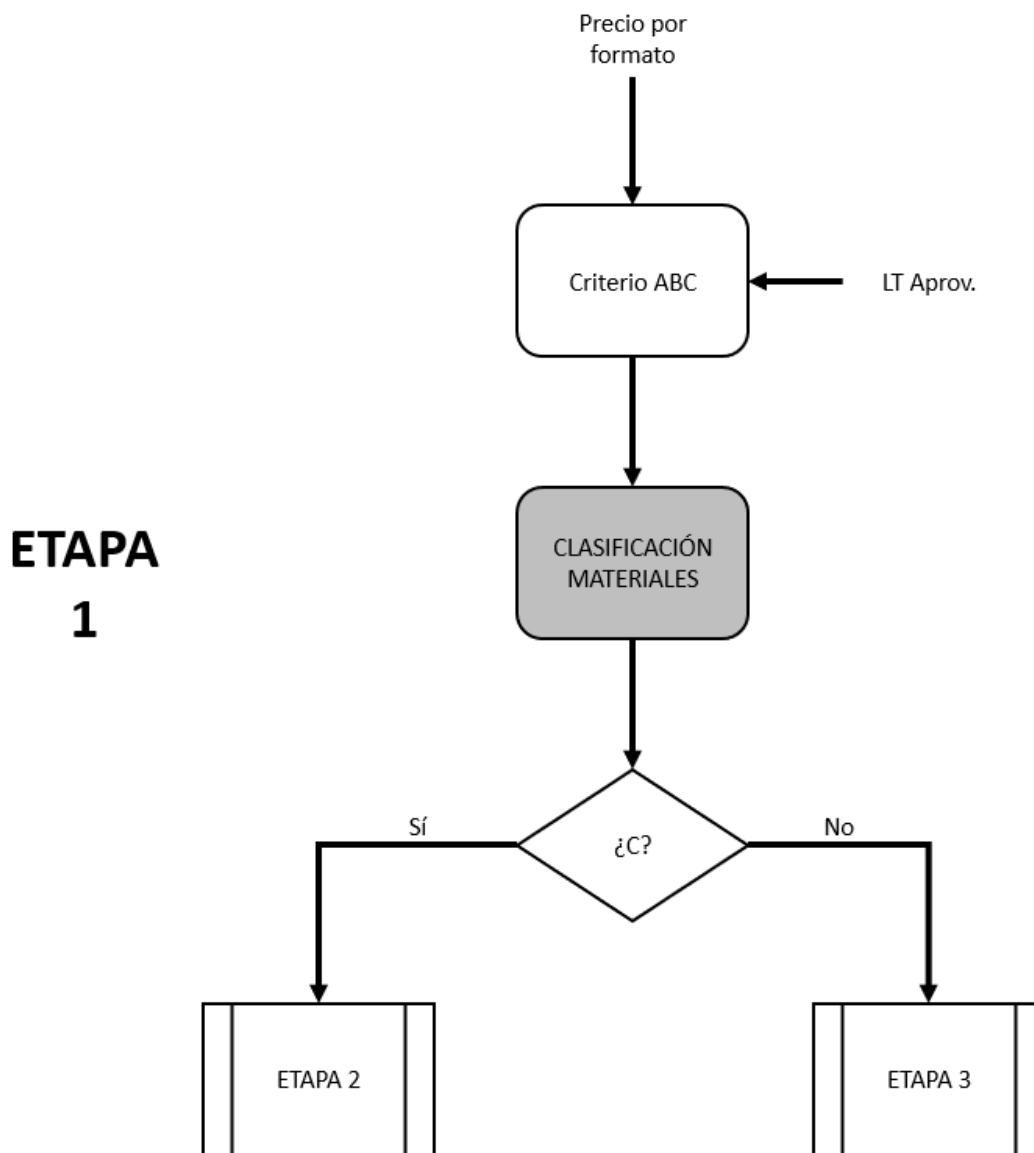


Figura 12- Etapa 1.

### 5.2.1 Criterio ABC

Este apartado logra el objetivo de esta primera etapa: la clasificación de los materiales. Esta segmentación se hará mediante el criterio ABC según el precio y el lead time medio de aprovisionamiento.

Este criterio es mundialmente conocido y altamente empleado en el ámbito empresarial. Consiste en analizar el valor monetario de cada producto y ordenarlos según dicho cálculo. Se soporta en el análisis de Pareto: alrededor del 20% de unidades totales supone un 80% del valor total. Y viceversa, casi el 80% de los productos sólo representan el 20% del valor total.

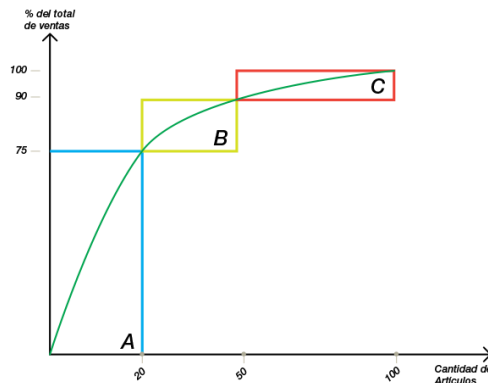


Figura 13.- Criterio ABC.

A raíz de esto se dividen los productos en tres zonas con diferentes protocolos de actuación:

- La Zona A corresponde a los productos más importantes. Suelen representar un porcentaje pequeño de productos, pero un valor económico muy grande. Por lo tanto, se intentará en la medida de lo posible, individualizar la gestión de estos materiales y analizarlos persistentemente.
- La Zona B incluye los productos intermedios. Su revisión se ejecutará habitualmente y puede aplicarse un método automático para su gestión.
- La Zona C es el lugar donde se encuentran el resto de productos. Los beneficios que generan estos materiales son muy inferiores a los demás, por lo que una gestión meticulosa de los mismos resultaría incoherente.

#### 5.2.1.1 Precio por formato

Para ello, en primer lugar, se deberá calcular el precio de cada materia prima por formato. Es decir, estimar el precio expresado en €/M1 para barras o perfiles, €/M2 para placas o chapas y €/U1 para forjados. Para ello se empezará por recoger en un informe estimaciones del precio de cada materia prima (suponiendo un solo proveedor) en función de pedidos anteriores.

#### 5.2.1.2 Lead Time aprovisionamiento

En el mismo informe anterior se deberá mostrar el Lead Time de aprovisionamiento de cada referencia de materia prima.

Una vez creado el informe se dispondrá de lo necesario para realizar la clasificación. Por simplificación se propone crear únicamente dos grupos: el de los materiales de tipo A y B y, el de los materiales de tipo C.

## ERP

Aprovechando esta última clasificación de productos, se decidirá qué modelo de gestión de aprovisionamiento se adecúa mejor a las necesidades y recursos de la compañía. Para ello se creará una matriz de toma de decisiones por cada grupo.

### 5.2.1.3 Matriz de toma de decisiones

Para el grupo de los materiales de tipo A y B se tiene la siguiente matriz:

Tabla 2.- Matriz de decisión materiales tipo A y B.

		<i>Opciones</i>				<i>PESO</i> (del 1 al 5)
		Modelo simple de revisión continua	Modelo simple de revisión periódica	<b>Política de explosión de las necesidades</b>	Método exacto Wagner-Whitin	
<i>Criterios</i>	Optimalidad			X	X	5
	Precisión			X	X	4
	Facilidad implementación	X		X		3
	Adecuación con los recursos	X	X	X	X	2
	Precio	X	X			1
	<b>TOTAL</b>	<i>6</i>	<i>3</i>	<b>14</b>	<i>11</i>	

Se establece por tanto que la política que mejor se adapta a los materiales de tipo A y B es la explosión de las necesidades o MRP, es decir, política de gestión basada en compras planificadas.

Más adelante, en el cuarto apartado de este capítulo se detallará cómo deberá ser la implantación de esta política en la compañía.

Para el grupo de los materiales de tipo C se tiene la siguiente matriz:

Tabla 3.- Matriz de decisión materiales tipo C.

		<i>Opciones</i>				<i>PESO (del 1 al 5)</i>
		<b>Modelo simple de revisión continua</b>	Modelo simple de revisión periódica	Política de explosión de las necesidades	Método exacto Wagner-Whitin	
<i>Criterios</i>	Precio	X	X			5
	Facilidad implementación	X		X		4
	Adecuación con los recursos	X	X	X	X	3
	Precisión			X	X	2
	Optimalidad			X	X	1
	<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	

Se establece por tanto que la política que mejor se adapta a los materiales de tipo C es el modelo simple de revisión continua. En la práctica, este tipo de modelos se implementan mediante el sistema Kanban de almacén.

Más adelante, en el tercer apartado de este capítulo se detallará cómo deberá ser la implantación de esta política en la compañía.

Como conclusión, recogiendo los datos obtenidos en las matrices de toma de decisiones, se ha decidido que la gestión que mejor se adapta a las necesidades y capacidades de la compañía se segmenta en estos dos grupos: compra planificada y Kanban.

### 5.3 Kanban

Serán materiales C aquellos con precio o Lead Time de aprovisionamiento bajos con respecto a la media, por ello se ha decidido que se controlen mediante sistema Kanban.

Como se ha explicado en capítulos anteriores el Kanban es un sistema de control que se caracteriza por el empleo de tarjetas. Es una metodología que se adapta con mucha facilidad a las necesidades de cada compañía, por lo que no existe una manera única de llevarla a cabo.

En concreto, se propone el Kanban en Sevilla Control para la gestión de compras y aprovisionamiento de aquellos productos poco valiosos con respecto a la media.

Para su ejecución se necesitará una tarjeta por cada material susceptible a Kanban donde se indique el punto de pedido y la cantidad mínima a pedir. También se necesitarán dos contenedores donde se almacenarán las tarjetas: uno para las referencias cuyos pedidos deben realizarse, y otro para los pedidos que estén lanzados, pero esperando recepción.

La metodología que se debe seguir es la propia del Kanban de almacén: cada operario del taller de corte deberá estar vigilante cada vez que se produzca una retirada de material, puesto que en cuanto se alcance el punto de pedido deberá mover la tarjeta al contenedor correspondiente (pedido pendiente de realizar). El jefe de taller deberá comunicar diariamente el número y referencia de las tarjetas que se encuentren en dicho contenedor al departamento de compras para que éste pueda efectuar el pedido de las cantidades que se indiquen en las tarjetas. Una vez se haya lanzado el pedido, el departamento de compras deberá comunicarlo al almacén para que las tarjetas pasen al otro contenedor: pedidos lanzados pendientes de recepción. Y por último, cuando se recepcionen los pedidos, las tarjetas vuelven a asociarse a una ubicación junto con el material.

Para que el sistema Kanban se inicie en Sevilla Control serán necesarias las siguientes tareas cronológicas: cálculo de los parámetros, diseño y ejecución de la tarjeta Kanban y por último control del sistema Kanban.

Todas las tareas anteriores se relacionan según se muestran en el gráfico posterior.

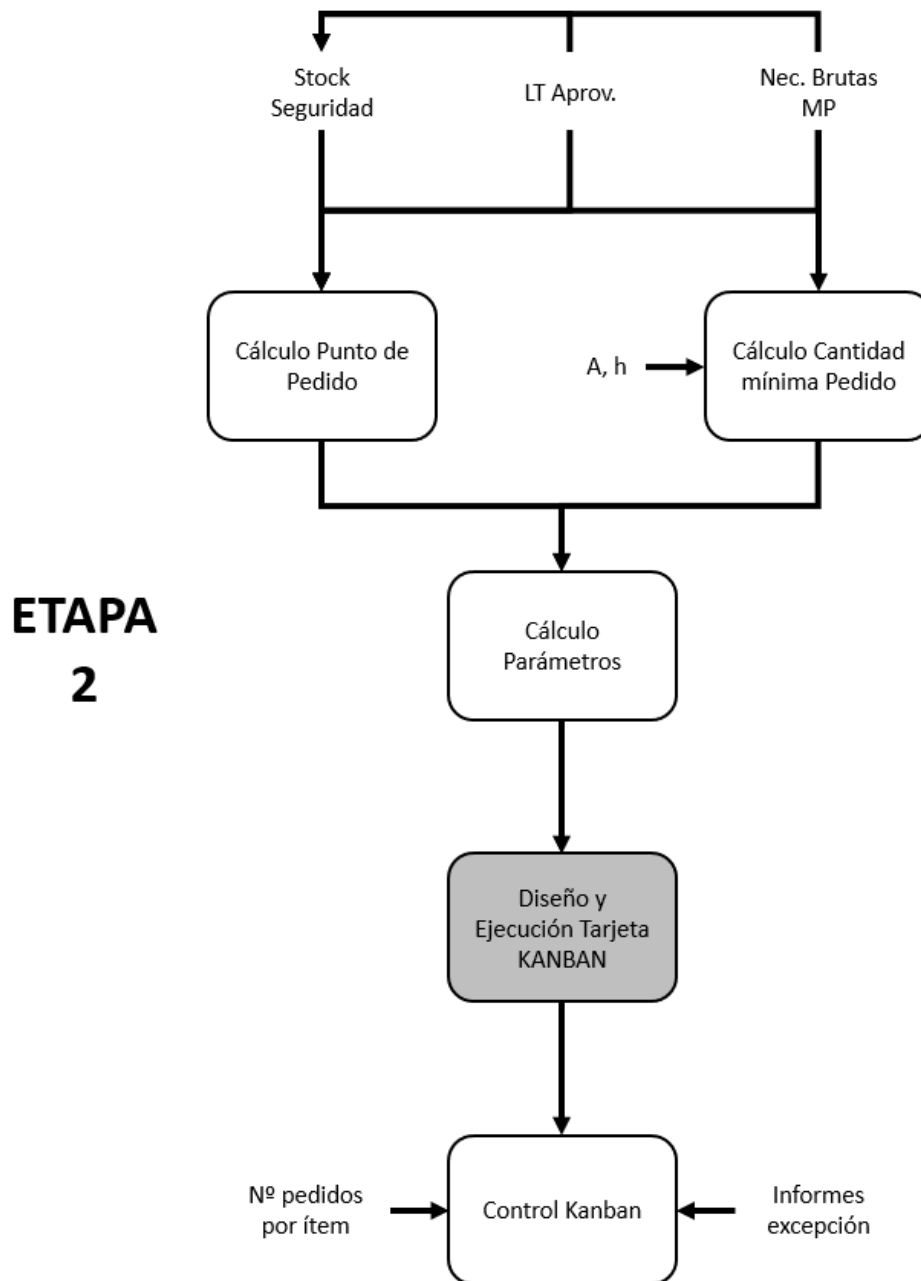


Figura 14.- Etapa 2.

### 5.3.1 Parámetros

En cuanto a los parámetros que necesita el sistema son: Punto de Pedido y Cantidad mínima a pedir.

El punto de pedido es la cantidad que hace que el sistema Kanban se ponga en acción. Se debe ser muy preciso en este cálculo puesto que no es aconsejable en ningún caso el defecto o exceso de producto.

- En el caso de una política conservadora, donde el punto de pedido sea muy superior al real necesario, producirá muchos pedidos en cortos intervalos de tiempo y además una acumulación de stock en el almacén contradictoria con la filosofía Lean.
- Por el contrario, una política extremadamente ajustada puede provocar una parada de la producción por falta de material debida a imprevistos o incluso a la misma incertidumbre de la propia demanda.

Según la política que se decida adoptar, existen numerosos modelos que se adaptan a la realidad de cada compañía. Se propone establecer que la Demanda sigue una  $N(\mu_d, \sigma_d)$  y el Lead Time una  $N(\mu_L, \sigma_L)$ .

Este modelo propone las siguientes fórmulas:

#### 5.3.1.1 Stock de Seguridad

$$SS = z \cdot \sqrt{\mu_d^2 \cdot \sigma_L^2 + \mu_L^3 \cdot \sigma_d^2} \quad (3)$$

Ecuación 3.- Stock de Seguridad.

Siendo  $z$  el valor estándar de la Normal tipificada para el nivel de confianza establecido<sup>4</sup>.

#### 5.3.1.2 Punto de Pedido

$$PP = SS + \mu_d \cdot \mu_L \quad (4)$$

Ecuación 4.- Punto de Pedido.

#### 5.3.1.3 Cantidad mínima a pedir

Existe una fórmula genérica para calcular la cantidad óptima de pedido, empleada en numerosas ocasiones y conocida como fórmula de Wilson:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{h}} \quad (5)$$

Ecuación 5.- Cantidad óptima de pedido.

Siendo  $D$  la demanda total anual,  $A$  el coste asociado al lanzamiento del pedido y  $h$  el coste asociado al mantenimiento unitario anual.

<sup>4</sup> Debido a que los materiales de tipo C no suponen un gran valor añadido, se decide buscar una confianza cercana al 94,95 % para lo que se tiene una  $Z$  de 1,6448.

Pero el modelo que se propone en este proyecto, añade un aspecto a la ecuación 5.

$$Q = Q^* + z \cdot \sqrt{T \cdot \sigma_d^2} \quad (6)$$

Ecuación 6.- Cantidad mínima de pedido.

Siendo en este caso  $T$  el tiempo de ciclo.

$$T = \frac{Q^*}{D} \quad (7)$$

Ecuación 7.- Tiempo de ciclo.

### 5.3.2 Tarjeta

Una vez calculados los parámetros habrá que diseñar y crear las tarjetas, protagonistas de este sistema.

También se deberá diseñar el formato de los contenedores de los que se ha hablado con anterioridad: aquel que recogerá las tarjetas pendientes de realizar pedido y pendientes de recibir el pedido ya lanzado.

Este formato es totalmente libre. Hay compañías que emplean cajas de ordenación, pizarras de corcho, y mil infinidades de opciones... tantas como capacidad creativa tengan los trabajadores.

### 5.3.3 Control

Para evaluar la adecuación de los parámetros calculados con la realidad, este sistema debe estar sometido a un control exhaustivo. Se deberán medir algunos aspectos como son: número de pedidos realizados de una misma referencia en un intervalo corto de tiempo e informes de excepción emitidos.

- Número de pedidos realizados de una misma referencia en un intervalo corto de tiempo.

Si este número alcanza valores altos o bajos con respecto a la media, se han producido errores al calcular la cantidad mínima a pedir,  $Q$  o en el punto de pedido, PP.

Si se lanzan muchos pedidos en cortos intervalos de tiempo conviene aumentar la cantidad mínima a pedir por cada pedido o disminuir el punto de pedido, para prolongarlos mejor en el tiempo.

Si por el contrario se han realizado pocos pedidos, conviene pedir menos cantidad o aumentar el punto de pedido para no arrastrar con grandes niveles de inventario.

- Informes de excepción emitidos.

Los informes de excepción se emitirán en Sevilla Control cuando existen paradas en la producción por falta de materia prima. Resulta obvio que el objetivo es minimizar o incluso eliminar en la medida de lo posible el número de lanzamientos de este tipo de informes.

## 5.4 Compra Planificada

El resto de materiales, se programan mediante Compras Planificadas. Puesto que son los más costosos, son susceptibles de extrema vigilancia.

El sistema que se empleará será el MRP, Materials Requirement Planning, herramienta que dispone de metodología propia que se adaptará a la empresa de esta manera.

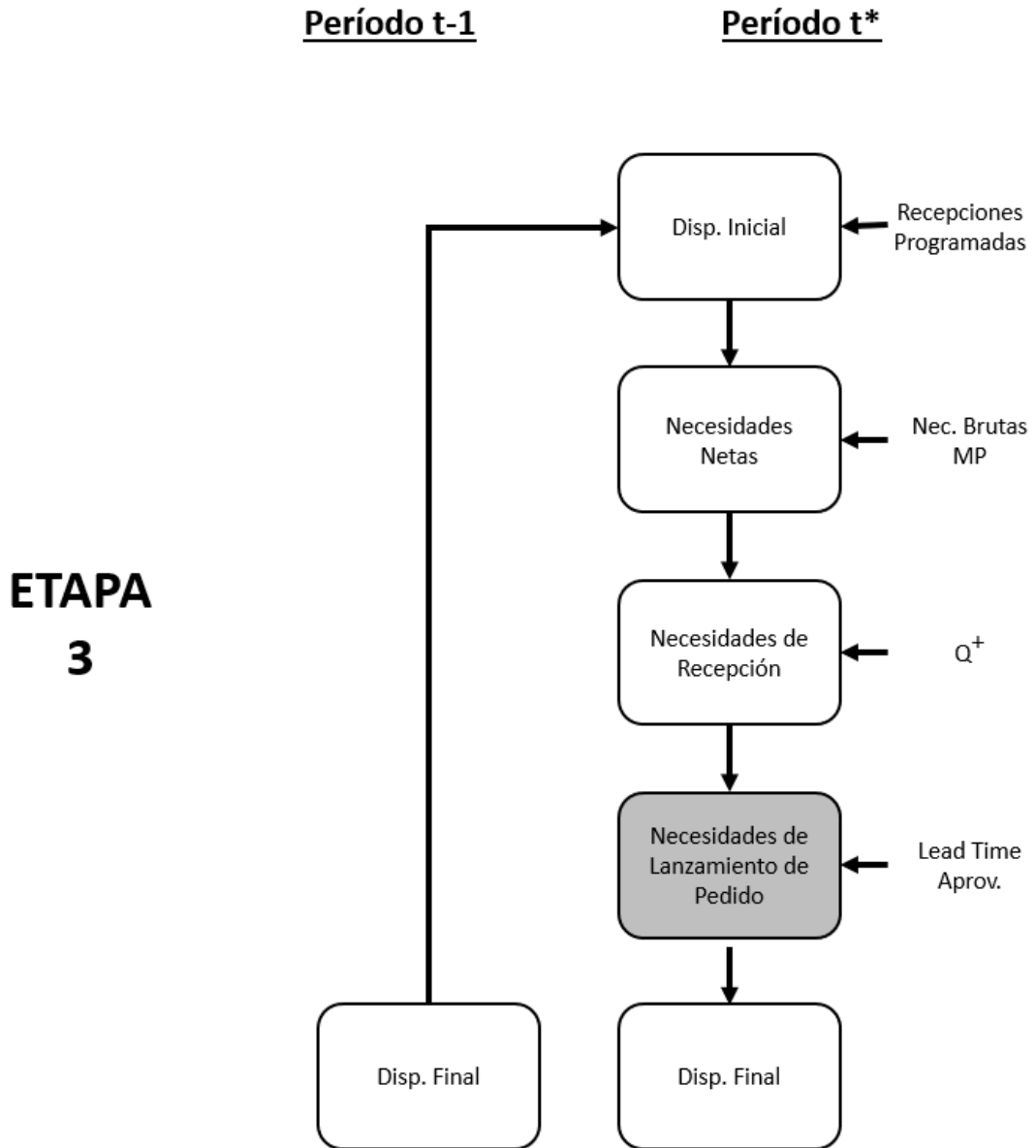


## ERP

En un primer lugar se deberá recoger en un mismo informe información relevante tales como referencia, stock actual del almacén, stock de seguridad ( $SS$ ), cantidad mínima a pedir ( $Q$ ), Lead Time medio de aprovisionamiento ( $\mu_L$ ), formato estándar de compra y demanda bruta anual ( $D$ ) y media mensual ( $\mu_d$ ) para todos los productos clasificados como Compra Planificada

La metodología que propone el sistema MRP implica el cálculo de los siguientes parámetros en cada período: unidades disponibles al inicio, necesidades netas, necesidades de recepción, necesidades de lanzamiento de pedido y unidades disponibles al final.

Todas las tareas anteriores se relacionan según se muestran en el gráfico posterior.



\*  $\forall t \neq 1$

Figura 15.- Etapa 3.

#### 5.4.1 Necesidades Brutas

El primer apartado de esta metodología implica obtener las necesidades brutas de cada referencia. Éstas se calcularon en el subapartado “Necesidades de Materias Primas” del apartado primero de este capítulo.

#### 5.4.2 Recepciones Programadas

Se deberá recoger en un informe todas las cantidades que se tienen previsto recibir en cada mes.

#### 5.4.3 Disposición Inicial

Es el inventario del que se dispone al comenzar cada período. Se entiende que el stock de seguridad no está disponible, se reserva para posibles desviaciones.

$$DI_1 = OH + RP_1 - SS \quad (8)$$

Ecuación 8.- MRP: disposición inicial  $t=1$ .

$$\forall t \neq 1: DI_t = DF_{t-1} + ROP_t \quad (9)$$

Ecuación 9.- MRP: disposición inicial  $t \neq 1$ .

Siendo  $DI_t$  las unidades disponibles al inicio de cada período  $t$ ,  $OH$  las unidades “On Hand”,  $RP_t$  las recepciones programadas para el período  $t$  y  $DF_t$  las unidades disponibles al final de cada período  $t$ .

#### 5.4.4 Necesidades Netas

En este apartado se calcularán las necesidades netas de cada material en cada período, teniendo en cuenta las necesidades brutas y el inventario disponible al inicio de cada período.

$$\forall t: NN_t = \text{Máx} \{0 ; NB_t - DI_t\} \quad (10)$$

Ecuación 10.- MRP: necesidades netas.

Siendo  $NN_t$  las necesidades netas en el período  $t$  y  $NB_t$  las necesidades brutas en el período  $t$ .

#### 5.4.5 Necesidades de Recepción

Se entiende por necesidades de recepción la cantidad de material que necesito recibir en el almacén en cada período.

Siendo  $ROP_t$  las necesidades de recepción de cada orden, se tienen diferentes políticas de lotificación que se adaptan a los requisitos de las compañías:

- Lote a lote, LFL. Consiste en comprar siempre la cantidad que propone la herramienta en el momento en que la propone. Esto elimina acumulaciones innecesarias de inventario, pero no siempre es rentable debido a las economías de escala y a los costes de lanzamiento de cada pedido.

$$\forall t: ROP_t = NN_t$$

Ecuación 11.- MRP: necesidades de recepción LFL.

- Lote mínimo, Q+. Esta política se basa en la anterior, pero añade una peculiaridad: cuando las necesidades que propone el sistema son inferiores a una cantidad mínima Q+ definidas anteriormente, la cantidad a pedir es Q+.

$$\forall t: ROP_t = \begin{cases} Q^+, & Q^+ > NN_t \\ NN_t, & Q^+ < NN_t \end{cases}$$

Ecuación 12.- MRP: necesidades de recepción Q+.

- Lote económico, Q\*. Siendo D la demanda total (Uds./año), A el coste de lanzamiento de pedido y h el coste de mantenimiento del inventario, el lote económico se calcula con la fórmula que se describe a continuación. Se emplea posteriormente el mismo razonamiento que en la política de lote mínimo.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{h}}$$

Ecuación 13.- MRP: necesidades de recepción Q\*.

- Aprovisionamiento periódico, POQ. Consiste en repartir las necesidades a pedir en el horizonte temporal en un número determinado de períodos idénticos.

$$P = \frac{Q^*}{D} = \frac{\sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{h}}}{D}$$

Ecuación 14.- MRP: necesidades de recepción POQ.

Se ha establecido como óptima según la política de la compañía la herramienta de lote mínimo. Por tanto,

$$\forall t: ROP_t = \begin{cases} Q^+, & Q^+ > NN_t \\ NN_t, & Q^+ < NN_t \end{cases} \quad (15)$$

Ecuación 15.- MRP: necesidades de recepción proyecto.

#### 5.4.6 Necesidades de Recepción en formatos

Teniendo en cuenta el formato estándar de compra de cada material, se aproximan las necesidades de recepción del apartado anterior a necesidades de recepción en formatos completos.

De esta forma ya no se hablan de M1, M2 o U1 sino de U1 en todo momento.

#### 5.4.7 Necesidades de Lanzamiento de Pedido en formatos

Este apartado desplaza las necesidades de recepción en formatos tantos meses como Lead Time de aprovisionamiento.

---

*De tal forma que, si un material tiene Lead Time de aprovisionamiento de 2 meses, este apartado indicará que en el período  $x$  se deberán lanzar los formatos que se necesiten recibir en el período  $x+2$ .*

---

#### 5.4.8 Disposición Final

Por último, el inventario disponible final es el stock que se queda disponible al final de cada período, sin tener en cuenta el stock de seguridad (puesto que no se considera disponible para la producción).

$$\forall t: DF_t = DI_t + ROP_t - NB_t$$

(16)

Ecuación 16.- MRP: disposición final.

De esta manera queda perfectamente detallada la metodología propuesta a Sevilla Control para la correcta gestión de aprovisionamiento de sus materiales. En el siguiente capítulo se verá cómo la empresa ha decidido implantar esta metodología.



# 6 APLICACIÓN

---

*Los pequeños y continuos esfuerzos realizados dan resultados precisos.*

*- Devin G. Durrant -*

**E**l capítulo 6 tiene por objetivo detallar los pasos que se han ido necesitando para aplicar este proyecto en la empresa andaluza Sevilla Control.

Como se ha experimentado en el capítulo 4, la compañía dispone de un ERP del que se obtienen numerosos informes. Dichos documentos pueden ser exportados a Excel de manera fácil e inmediata. Por ello, y tras el descarte de incurrir excesivos costes con la aplicación de SAP, se ha decidido implementar la metodología propuesta en el capítulo anterior en formato Excel<sup>5</sup>.

La aplicación de la metodología propuesta en el capítulo 5 incluye dos etapas más relativas a formación del personal y descripción del KPI. Por lo tanto, este capítulo se va a desarrollar en los siguientes apartados: aplicación Etapa 0, aplicación Etapa 1, aplicación Etapa 2, aplicación Etapa 3, formación y KPI.

## 6.1 Aplicación Etapa 0

En el capítulo anterior se desarrollan cada una de las tareas que intervienen en esta etapa.

Éstas son cronológicamente: calcular el WIP sin aporte de material, desplazar la Calendario de Fabricación de producto final (obtenido en el Plan Maestro de Producción) según Lead Time de fabricación, calcular la Explosión de Necesidades Brutas (necesidades brutas de cada ítem de nivel 6), calcular la Explosión de Necesidades Netas (necesidades netas de cada ítem de nivel 6) y por último establecer las Necesidades Brutas de material según lo establecido en la estructura de materiales.

Cada una de ellas se han desarrollado en diferentes secciones de formato Excel. Todas ellas se relacionan según se muestran en el gráfico posterior.

---

<sup>5</sup> A lo largo de este capítulo se irán mostrando secciones de formato Excel pero cabe aclarar que se han omitido numerosas referencias para su simplificación.

# APLICACIÓN ETAPA 0

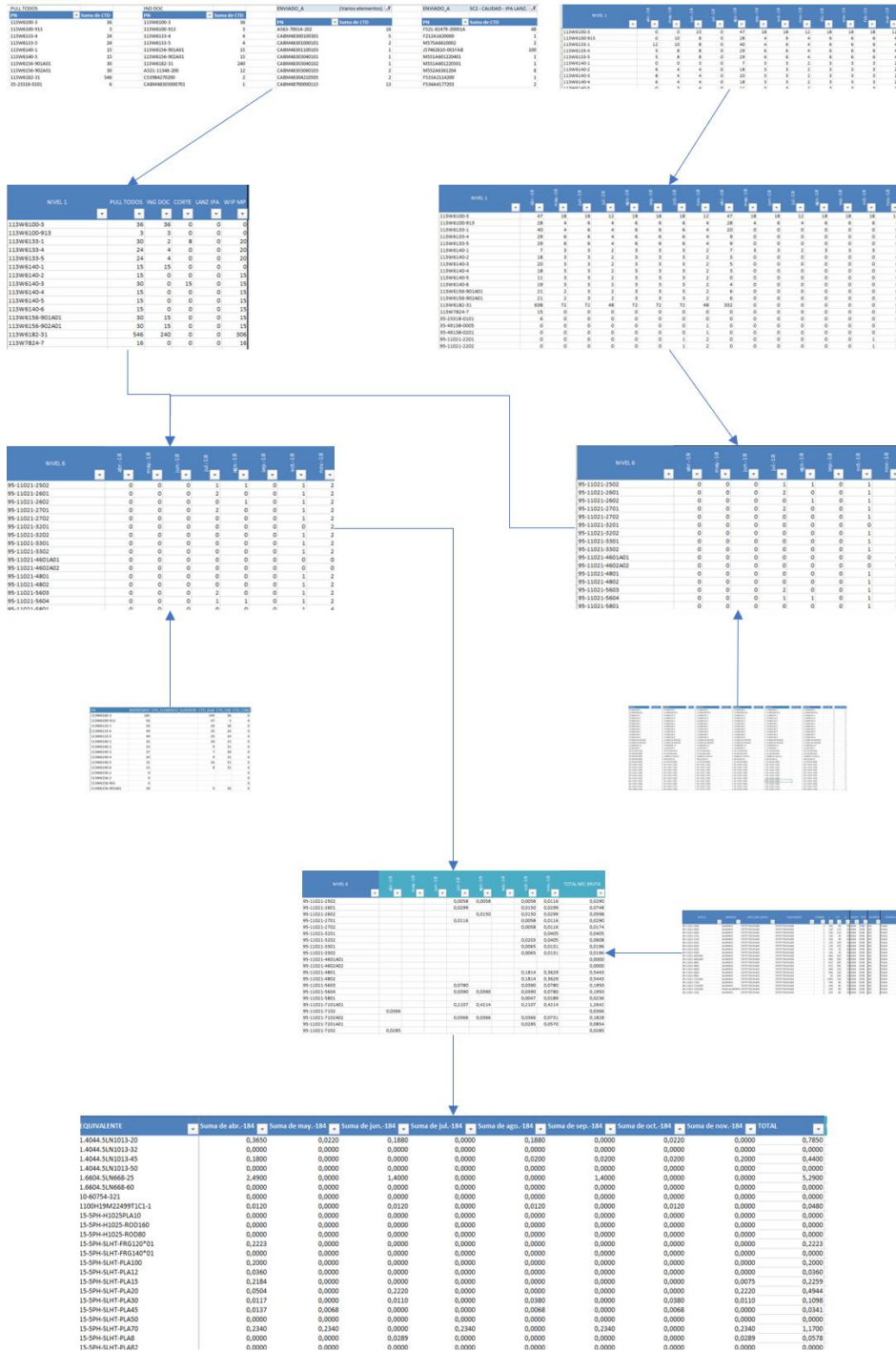


Figura 16.- Aplicación Etapa 0.



### 6.1.1 PULL

Como se ha comentado en capítulos anteriores, se llama Pull a los informes donde se detallan las cantidades de cada PN disponibles en cada etapa del proceso productivo.

Este apartado es utilizado para calcular el número de piezas WIP que no tienen aporte de materia prima. Para ello se extraen en formato Excel los informes de Pull Todos, Pull Ingeniería de Documentación, Pull de Corte y Pull de Calidad como se muestra en la figura 17.

PULL TODOS		IND DOC	ENVIADO_A	(Varios elementos)	ENVIADO_A	SC2 - CALIDAD - IPA LANZ.	
PN	Suma de CTD	PN	Suma de CTD	PN	Suma de CTD	Suma de CTD	
113W6100-3	36	113W6100-3	36	PN			
113W6100-913	3	113W6100-913	3	A563-70014-202	16	F521-81479-20001A	48
113W6133-4	24	113W6133-4	4	CABM48300100301	5	F212A1620000	1
113W6133-5	24	113W6133-5	4	CABM48301000101	2	M575A6610002	2
113W6140-1	15	113W6156-901A01	15	CABM48301100103	1	J57462610-001FAB	100
113W6140-5	15	113W6156-902A01	15	CABM48303040101	1	M551A601220401	1
113W6156-901A01	30	113W6182-31	240	CABM48303040102	1	M551A601220501	1
113W6156-902A01	30	A521-11348-200	12	CABM48303060103	2	M552A6361204	8
113W6182-31	546	C539B4270200	2	CABM48304210505	2	F533A21114200	1
35-23318-0101	6	CABM48303000701	1	CABM48700000115	13	F534A4177203	2
95-11021-7001A01	2	CABM48700000901	25	CABM48700000219	4		
95-11021-7002A02	3	CABM48700002501	12	CABM48700000601A01	2		
95-23320-0403A01	1	CABM48700002601	3	CABM48700000803A01	4		
95-56132-0101	5	CABM48710350403	4	CABM48720000107	4		
95-K8316-0501	2	CABM48733000501	2	CABM48740000107	8		
A2810541-001	1	CABM48733000502	2	CABM48801300101	4		
A521-10278-002	16	CABM48801400303	3	CABM48801330101	8		

Figura 17.- Excel Pull.

Obsérvese que tanto el Pull de Corte como el Pull de Calidad presentan un filtrado de información. Esto se debe a que, en estos Pull, se tiene documentación que no es relevante para esta tarea.

PULL TODOS		IND DOC	ENVIADO_A	(Varios elementos)	ENVIADO_A	SC2 - CALIDAD - IPA LANZ.	
PN	Suma de CTD	PN	Suma de CTD	PN	Suma de CTD	Suma de CTD	
113W6100-3	36	113W6100-3	36	PN			
113W6100-913	3	113W6100-913	3	A5		F521-81479-20001A	48
113W6133-4	24	113W6133-4	4	CA		F212A1620000	1
113W6133-5	24	113W6133-5	4	CA		M575A6610002	2
113W6140-1	15	113W6156-901A01	15	CA		J57462610-001FAB	100
113W6140-5	15	113W6156-902A01	15	CA		M551A601220401	1
113W6156-901A01	30	113W6182-31	240	CA		M551A601220501	1
113W6156-902A01	30	A521-11348-200	12	CA		M552A6361204	8
113W6182-31	546	C539B4270200	2	CA		F533A21114200	1
35-23318-0101	6	CABM48303000701	1	CA		F534A4177203	2
95-11021-7001A01	2	CABM48700000901	25	CA			
95-11021-7002A02	3	CABM48700002501	12	CA			
95-23320-0403A01	1	CABM48700002601	3	CA			
95-56132-0101	5	CABM48710350403	4	CA			
95-K8316-0501	2	CABM48733000501	2	CA			
A2810541-001	1	CABM48733000502	2	CA			
A521-10278-002	16	CABM48801400303	3	CA			
A521-10278-202	2	CABM48801440101	5	CABM48809100201	2		
A521-10283-202	49	CAN64222-2293P1096R	5	CABM48809100301	4		
A521-10310-202A01	5	F212A2158200	1	CABM48809130101	4		
A521-10339-202	37	F212A2165200	1	F251A5013200	1		
A521-10412-200A01	72	F251A3003200	2	F252A4525214	11		

Figura 18.- Excel Pull Corte.

En la figura 18 se observa que la opción “CORTE – APORTACIÓN MAT PRIMA” es descartada, puesto que se quiere calcular las cantidades piezas WIP cuya aportación de material no se haya completado.

PULL TODOS		IND DOC		ENVIADO_A (Varios elementos)		ENVIADO_A SC2 - CALIDAD - IPA LANZ.	
PN	Suma de CTD	PN	Suma de CTD	PN	Suma de CTD	PN	Suma de CTD
113W6100-3	36	113W6100-3	36	PN		PN	
113W6100-913	3	113W6100-913	3	A563-70014-202	16	F5	
113W6133-4	24	113W6133-4	4	CABM48300100301	5	F2	
113W6133-5	24	113W6133-5	4	CABM48301000101	2	M	
113W6140-1	15	113W6156-901A01	15	CABM48301100103	1	J5	
113W6140-5	15	113W6156-902A01	15	CABM48303040101	1	M	
113W6156-901A01	30	113W6182-31	240	CABM48303040102	1	M	
113W6156-902A01	30	A521-11348-200	12	CABM48303060103	2	M	
113W6182-31	546	C539B4270200	2	CABM48304210505	2	F5	
35-23318-0101	6	CABM48303000701	1	CABM48700000115	13	F5	
95-11021-7001A01	2	CABM48700000901	25	CABM48700000219	4		
95-11021-7002A02	3	CABM48700002501	12	CABM4870000601A01	2		
95-23320-0403A01	1	CABM48700002601	3	CABM4870000803A01	4		
95-56132-0101	5	CABM48710350403	4	CABM48720000107	4		
95-K8316-0501	2	CABM48733000501	2	CABM48740000107	8		
A2810541-001	1	CABM48733000502	2	CABM48801300101	4		
A521-10278-002	16	CABM48801400303	3	CABM48801330101	8		
A521-10278-003	3	CABM48801400303	3	CABM48801330101	8		

Figura 19.- Excel Pull Calidad.

Por la misma razón se ha realizado el filtro en el Pull de Calidad como se contempla en la figura 19. Se entiende que las únicas piezas WIP que han llegado al departamento de Calidad sin aportación de materia prima son aquellas que se emplean para Inspecciones de Primer Artículo (IPA).

Una vez extraído los informes correspondientes y haber realizado los filtros necesarios, se dispone a calcular el WIP según la ecuación 1.

NIVEL 1	PULL TODOS	ING DOC	CORTE	LANZ IPA	WIP MP
113W6100-3	36	36	0	0	0
113W6100-913	3	3	0	0	0
113W6133-1	30	2	8	0	20
113W6133-4	24	4	0	0	20
113W6133-5	24	4	0	0	20
113W6140-1	15	15	0	0	0
113W6140-2	15	0	0	0	15
113W6140-3	30	0	15	0	15

Figura 20.- Excel WIP.

### 6.1.2 Demanda LT4

Este apartado comienza extrayendo del ERP el Plan Maestro de Producción como se muestra en la figura 21.

NIVEL 1	abr.-18	may.-18	jun.-18	jul.-18	ago.-18	sep.-18	oct.-18	nov.-18	dic.-18	ene.-19	feb.-19	mar.-19
13W6100-3	0	0	23	0	47	18	18	12	18	18	18	12
13W6100-913	0	10	8	0	28	4	6	4	6	6	6	4
13W6133-1	12	10	8	0	40	4	6	4	6	6	6	4
13W6133-4	5	8	8	0	29	6	6	4	6	6	6	4
13W6133-5	5	8	8	0	29	6	6	4	6	6	6	4
13W6140-1	0	0	3	0	7	3	3	2	3	3	3	2
13W6140-2	6	4	4	0	18	3	3	2	3	3	3	2
13W6140-3	8	4	4	0	20	3	3	2	3	3	3	2
13W6140-4	6	4	4	0	18	3	3	2	3	3	3	2
13W6140-5	0	3	4	0	11	3	3	2	3	3	3	2
13W6140-6	7	4	4	0	19	3	3	2	3	3	3	2
13W6156-901A01	7	5	4	0	21	2	3	2	3	3	3	2
13W6156-902A01	7	5	4	0	21	2	3	2	3	3	3	2

Figura 21.- Excel PMP.

A continuación, se desplaza este calendario según el Lead Time de fabricación. Sevilla Control ha establecido que las piezas tardan una media de 4 meses en fabricarse, incluyendo montaje y tiempos muertos.

Por lo tanto, si se desplaza el calendario de la figura 21 cuatro meses, se tiene el calendario de la figura 22.

NIVEL 1	abr.-18	may.-18	jun.-18	jul.-18	ago.-18	sep.-18	oct.-18	nov.-18
.13W6100-3	47	18	18	12	18	18	18	12
.13W6100-913	28	4	6	4	6	6	6	4
.13W6133-1	40	4	6	4	6	6	6	4
.13W6133-4	29	6	6	4	6	6	6	4
.13W6133-5	29	6	6	4	6	6	6	4
.13W6140-1	7	3	3	2	3	3	3	2
.13W6140-2	18	3	3	2	3	3	3	2
.13W6140-3	20	3	3	2	3	3	3	2
.13W6140-4	18	3	3	2	3	3	3	2
.13W6140-5	11	3	3	2	3	3	3	2
.13W6140-6	19	3	3	2	3	3	3	2
.13W6156-901A01	21	2	3	2	3	3	3	2
.13W6156-902A01	21	2	3	2	3	3	3	2
.13W6182-31	638	72	72	48	72	72	72	48

Figura 22.- Excel PMP con LT de fabricación.

### 6.1.3 Explosión Necesidades Brutas

En esta sección se parte de la estructura de fabricación (extraído de SMART) y del PMP desplazado (calculado en la figura 22) para obtener el calendario de necesidades brutas de cada ítem de Nivel 6.

NIVEL1	CTD_N1	NIVEL2	CTD	NIVEL3	CTD_N3	NIVEL4	CTD_N4	NIVEL5	CTD_N5	NIVEL6	CTD_N6	CTD_N6 TOT
113W6100-3		1 113W6100-3		1 113W6100-3		1 113W6100-3		1 113W6100-3		1 113W6100-3		1
113W6100-913		1 113W6100-913		1 113W6100-913		1 113W6100-913		1 113W6100-913		1 113W6100-913		1
113W6133-1		1 113W6133-1		1 113W6133-1		1 113W6133-1		1 113W6133-1		1 113W6133-1		1
113W6133-4		1 113W6133-4		1 113W6133-4		1 113W6133-4		1 113W6133-4		1 113W6133-4		1
113W6133-5		1 113W6133-5		1 113W6133-5		1 113W6133-5		1 113W6133-5		1 113W6133-5		1
113W6140-1		1 113W6140-1		1 113W6140-1		1 113W6140-1		1 113W6140-1		1 113W6140-1		1
113W6140-2		1 113W6140-2		1 113W6140-2		1 113W6140-2		1 113W6140-2		1 113W6140-2		1
113W6140-3		1 113W6140-3		1 113W6140-3		1 113W6140-3		1 113W6140-3		1 113W6140-3		1
113W6140-4		1 113W6140-4		1 113W6140-4		1 113W6140-4		1 113W6140-4		1 113W6140-4		1
113W6140-5		1 113W6140-5		1 113W6140-5		1 113W6140-5		1 113W6140-5		1 113W6140-5		1
113W6140-6		1 113W6140-6		1 113W6140-6		1 113W6140-6		1 113W6140-6		1 113W6140-6		1
113W6156-901A01		1 113W6156-901A01		1 113W6156-901A01		1 113W6156-901A01		1 113W6156-901A01		1 113W6156-901A01		1
113W6156-902A01		1 113W6156-902A01		1 113W6156-902A01		1 113W6156-902A01		1 113W6156-902A01		1 113W6156-902A01		1
113W6182-31		1 113W6182-31		1 113W6182-31		1 113W6182-31		1 113W6182-31		1 113W6182-31		1
113W7824-7		1 113W7824-7		1 113W7824-7		1 113W7824-7		1 113W7824-7		1 113W7824-7		1
35-23318-0101		1 35-23318-0101		1 35-23318-0101		1 35-23318-0101		1 35-23318-0101		1 35-23318-0101		1
35-49138-0005		1 35-49138-0201		1 35-49138-0201		1 35-49138-0201		1 35-49138-0201		1 35-49138-0201		1
35-49138-0005		1 CAN64213-04-6.5		2 CAN64213-04-6.5		1 CAN64213-04-6.5		1 CAN64213-04-6.5		1 CAN64213-04-6.5		2
35-49138-0005		1 MS14104-3C		1 MS14104-3C		1 MS14104-3C		1 MS14104-3C		1 MS14104-3C		1
35-49138-0005		1 35-49138-0005		1 35-49138-0005		1 35-49138-0005		1 35-49138-0005		1 35-49138-0005		1
95-11021-2201		1 95-11021-2201		1 95-11021-2201		1 95-11021-2201		1 95-11021-2201		1 95-11021-2201		1
95-11021-2202		1 95-11021-2202		1 95-11021-2202		1 95-11021-2202		1 95-11021-2202		1 95-11021-2202		1
95-11021-2401		1 95-11021-2401		1 95-11021-2401		1 95-11021-2401		1 95-11021-2401		1 95-11021-2401		1
95-11021-2402		1 95-11021-2402		1 95-11021-2402		1 95-11021-2402		1 95-11021-2402		1 95-11021-2402		1

Figura 23.- Excel Estructura de Fabricación.

Siendo CTD\_N\* la multiplicidad de cada elemento en cada nivel.

NIVEL 6	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18
95-11021-2502	0	0	0	1	1	0	1	2	0	0	0	1	1	0	1	2
95-11021-2601	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	1	2
95-11021-2602	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	2
95-11021-2701	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	1	2
95-11021-2702	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2
95-11021-3201	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
95-11021-3202	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2
95-11021-3301	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2
95-11021-3302	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2
95-11021-4601A01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95-11021-4602A02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95-11021-4801	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2
95-11021-4802	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2
95-11021-5603	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	1	2
95-11021-5604	0	0	0	1	1	0	1	2	0	0	0	1	1	0	1	2
95-11021-5801	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	1	4
95-11021-7101A01	0	0	0	1	2	0	1	2	0	0	0	1	2	0	1	2
95-11021-7102	4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
95-11021-7102A02	0	0	0	1	1	0	1	2	0	0	0	1	1	0	1	2
95-11021-7201A01	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2
95-11021-7202	4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Figura 24.- Excel Explosión Bruta.

### 6.1.4 Explosión Necesidades Netas

A partir de la explosión bruta de necesidades de nivel 6, se obtienen las necesidades netas según la ecuación 2. Para ello es necesario extraer el informe llamado “Stock Almacén” donde se recogen las cantidades de cada ítem disponibles en stock, según se observa en la figura 25.

## ERP

PN	INVENTARIO	CTD_ELEMENTO_SUPERIOR	CTD_ALM	CTD_FAB
113W6100-3	181		145	36
113W6100-913	50		47	3
113W6133-1	50		20	30
113W6133-4	49		25	24
113W6133-5	49		25	24
113W6140-1	35		20	15
113W6140-2	24		9	15
113W6140-3	37		7	30
113W6140-4	24		9	15
113W6140-5	31		16	15
113W6140-6	23		8	15
113W6156-1	0			

Figura 25.- Excel Stock Almacén.

Obsérvese que la cantidad de inventario se calcula como suma de cantidad de piezas en elementos superiores, disponibles físicamente en almacén y en proceso de fabricación (donde se incluyen las compras<sup>6</sup>).

NIVEL 6	abr.-18	may.-18	jun.-18	jul.-18	ago.-18	sep.-18	oct.-18	nov.-18
95-11021-2502	0	0	0	1	1	0	1	2
95-11021-2601	0	0	0	2	0	0	1	2
95-11021-2602	0	0	0	0	1	0	1	2
95-11021-2701	0	0	0	2	0	0	1	2
95-11021-2702	0	0	0	0	0	0	1	2
95-11021-3201	0	0	0	0	0	0	0	2
95-11021-3202	0	0	0	0	0	0	1	2
95-11021-3301	0	0	0	0	0	0	1	2
95-11021-3302	0	0	0	0	0	0	1	2
95-11021-4601A01	0	0	0	0	0	0	0	0
95-11021-4602A02	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 26.- Excel Explosión Neta.

### 6.1.5 Necesidades de Materias Primas

Por último, se necesita como input el Maestro de Materiales: fichero donde se relacionan los PN de Nivel 6 con las materias primas necesarias para su fabricación.

En esta sección aparece el concepto de “Equivalentente”. Con anterioridad a este proyecto, Sevilla Control disponía de cientos de referencias de materias primas de las que se realizaban pedidos con cierta frecuencia, siendo alguna de ellas materiales equivalentes (materias primas con propiedades muy similares y todas ellas aceptables según los requisitos del cliente).

Con el fin de evitar que se produjeran duplicados en el desarrollo de este proyecto, y, simplificar con ello

<sup>6</sup> Únicamente se incluyen las que se prevén recibir antes del plazo medio de fabricación.

la gestión de compras, se creó un nuevo parámetro que recoge el material equivalente más barato para cada referencia.

Cabe destacar dos parámetros: grupo y tipo. Estas dos variables se extraen de SMART y hacen alusión al grupo y tipo, respectivamente, de PN al que pertenecen. Existen distintas clases de grupo, pero para este proyecto sólo serán relevantes las piezas que pertenezcan al grupo “ELEM”, es decir, piezas elementales. Lo mismo ocurre con el tipo, en este proyecto sólo son relevantes aquellas piezas de tipo “ZFAB”, es decir, piezas de fabricación.

NIVEL 6	MATERIAL	DESIG_MAT_APROV	EQUIVALENTE	CTDBASE	L	LTR	S	GRUPO	TIPO	UD APROV	FORMATO
95-11021-2502	ALUMINIO	7075T7351PLA30	7075T7351PLA30	1	145	40	30	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-2601	ALUMINIO	7075T7351PLA35	7075T7351PLA35	1	130	115	35	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-2602	ALUMINIO	7075T7351PLA35	7075T7351PLA35	1	130	115	35	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-2701	ALUMINIO	7075T7351PLA30	7075T7351PLA30	1	145	40	30	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-2702	ALUMINIO	7075T7351PLA30	7075T7351PLA30	1	145	40	30	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-3201	ALUMINIO	7075T7351PLA40	7075T7351PLA40	1	135	150	40	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-3202	ALUMINIO	7075T7351PLA40	7075T7351PLA40	1	135	150	40	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-3301	ALUMINIO	7075T7351PLA30	7075T7351PLA30	1	145	45	30	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-3302	ALUMINIO	7075T7351PLA30	7075T7351PLA30	1	145	45	30	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-4601A01	ALUMINIO	7075T7351PLA30	7075T7351PLA30	1	660	230	30	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-4602A02	ALUMINIO	7075T7351PLA30	7075T7351PLA30	1	660	230	30	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-4801	ALUMINIO	7075T7351PLA35	7075T7351PLA35	1	615	295	35	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-4802	ALUMINIO	7075T7351PLA35	7075T7351PLA35	1	615	295	35	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-5603	ALUMINIO	7075T7351PLA25	7075T7351PLA25	1	300	130	25	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-5604	ALUMINIO	7075T7351PLA25	7075T7351PLA25	1	300	130	25	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-5801	ALUMINIO	7075T7351PLA25	7075T7351PLA25	1	45	105	25	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-7101A01	ALUMINIO	7075T7351PLA20	7075T7351PLA20	1	1505	140	20	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-7102	ALUMINIO	7075T7351PLA55	7075T7351PLA55	1	430	85	55	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-7102A02	ALUMINIO	7075T7351PLA55	7075T7351PLA55	1	430	85	55	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-7201A01	PLACA ALUMINIO	7075T7351PLA45	7075T7351PLA45	1	335	85	45	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-7202	ALUMINIO	7075T7351PLA45	7075T7351PLA45	1	335	85	45	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-7202A02	ALUMINIO	7075T7351PLA45	7075T7351PLA45	1	335	85	45	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-7301	ACERO INOX.	PH13-8MO-SLHT-ROD28	PH13-8MO-SLHT-ROD32	1	23	0	28	ELEM	ZFAB	M1	REDONDO/PERFIL
95-11021-7501	ALUMINIO	7050T7451PLA120	ABS5323A120-02	1	365	125	120	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-7502	ALUMINIO	7050T7451PLA120	ABS5323A120-02	1	365	125	120	ELEM	ZFAB	M2	PLACA
95-11021-7603	ACERO	PH13-8MO-SLHT-ROD5	PH13-8MO-SLHT-ROD5	1	24	0	5	ELEM	ZFAB	M1	REDONDO/PERFIL
95-11024-0003								ELEQ			0
95-11024-0004								ELEQ			0
95-11024-0101	ALUMINIO	7050T7451PLA120	ABS5323A120-02	1	290	210	115	ELEM	ZFAB	M2	PLACA

Figura 27.- Excel Maestro Materiales.

Una vez obtenidas las necesidades netas de piezas de fabricación o nivel 6 según se indica en la figura 26, y conociendo el maestro de materiales, se calculan las necesidades de materia prima por cada PN de nivel 6 según se observa en la figura 28.

NIVEL 6	abr.-18	may.-18	jun.-18	jul.-18	ago.-18	sep.-18	oct.-18	nov.-18	TOTAL NEC BRUTA
95-11021-2502				0,0058	0,0058		0,0058	0,0116	0,029
95-11021-2601				0,0299			0,0150	0,0299	0,074
95-11021-2602					0,0150		0,0150	0,0299	0,059
95-11021-2701				0,0116			0,0058	0,0116	0,029
95-11021-2702							0,0058	0,0116	0,017
95-11021-3201								0,0405	0,040
95-11021-3202							0,0203	0,0405	0,060
95-11021-3301							0,0065	0,0131	0,019
95-11021-3302							0,0065	0,0131	0,019
95-11021-4601A01									0,000
95-11021-4602A02									0,000
95-11021-4801							0,1814	0,3629	0,544
95-11021-4802							0,1814	0,3629	0,544
95-11021-5603				0,0780			0,0390	0,0780	0,195
95-11021-5604				0,0390	0,0390		0,0390	0,0780	0,195
95-11021-5801							0,0047	0,0189	0,023

Figura 28.- Excel Nec. MP por cada N6.

## ERP

Por último, se agrupan las cantidades brutas de cada materia prima mediante una tabla dinámica.

EQUIVALENTE	Suma de abr.-184	Suma de may.-184	Suma de jun.-184	Suma de jul.-184	Suma de ago.-184	Suma de sep.-184	Suma de oct.-184	Suma de nov.-184	TOTAL
1.4044.5LN1013-20	0,3650	0,0220	0,1880	0,0000	0,1880	0,0000	0,0220	0,0000	0,7850
1.4044.5LN1013-32	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1.4044.5LN1013-45	0,1800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0200	0,0200	0,0200	0,0000	0,4400
1.4044.5LN1013-50	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1.6604.5LN668-25	2,4900	0,0000	1,4000	0,0000	0,0000	1,4000	0,0000	0,0000	5,2900
1.6604.5LN668-60	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10-60754-321	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1100H19M22499T1C1-1	0,0120	0,0000	0,0120	0,0000	0,0120	0,0000	0,0120	0,0000	0,0480
15-SPH-H1025PLA10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15-SPH-H1025-ROD160	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15-SPH-H1025-ROD80	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15-SPH-SLHT-FRG120*01	0,2223	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2223
15-SPH-SLHT-FRG140*01	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15-SPH-SLHT-PLA100	0,2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2000
15-SPH-SLHT-PLA12	0,0360	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0360
15-SPH-SLHT-PLA15	0,2184	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0075	0,2259
15-SPH-SLHT-PLA20	0,0504	0,0000	0,2220	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2220	0,4944
15-SPH-SLHT-PLA30	0,0117	0,0000	0,0110	0,0000	0,0380	0,0000	0,0380	0,0110	0,1098
15-SPH-SLHT-PLA45	0,0137	0,0068	0,0000	0,0000	0,0068	0,0000	0,0068	0,0000	0,0341
15-SPH-SLHT-PLA50	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15-SPH-SLHT-PLA70	0,2340	0,2340	0,0000	0,2340	0,0000	0,2340	0,0000	0,2340	1,1700
15-SPH-SLHT-PLA8	0,0000	0,0000	0,0289	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0289	0,0578
15-SPH-SLHT-PLA82	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15-SPH-SLHT-REC25X40	0,0000	0,0000	0,1900	0,0000	0,0000	0,1900	0,0000	0,1900	0,5700
15-SPH-SLHT-REC30X80	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15-SPH-SLHT-REC35X40	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15-SPH-SLHT-REC40X60	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15-SPH-SLHT-ROD100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15-SPH-SLHT-ROD120	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15-SPH-SLHT-ROD130	0,0550	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0550
15-SPH-SLHT-ROD140	0,0000	0,0000	0,0210	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0210	0,0420
15-SPH-SLHT-ROD16	0,1320	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1320

Figura 29.- Excel Nec. Brutas MP.

## 6.2 Aplicación Etapa 1

La etapa 1, según se expone en el capítulo de Metodología, implica las siguientes tareas: aplicar criterio ABC para todas las referencias de Materia Prima y Clasificación en sí de los materiales (los materiales de tipo C serán gestionados según la Etapa 2 y los demás según la Etapa 3, tal y como se muestra en la figura 12).

Cada una de ellas se han desarrollado en diferentes secciones de formato Excel. Todas ellas se relacionan según se muestran en el gráfico posterior.



# APLICACIÓN ETAPA 1

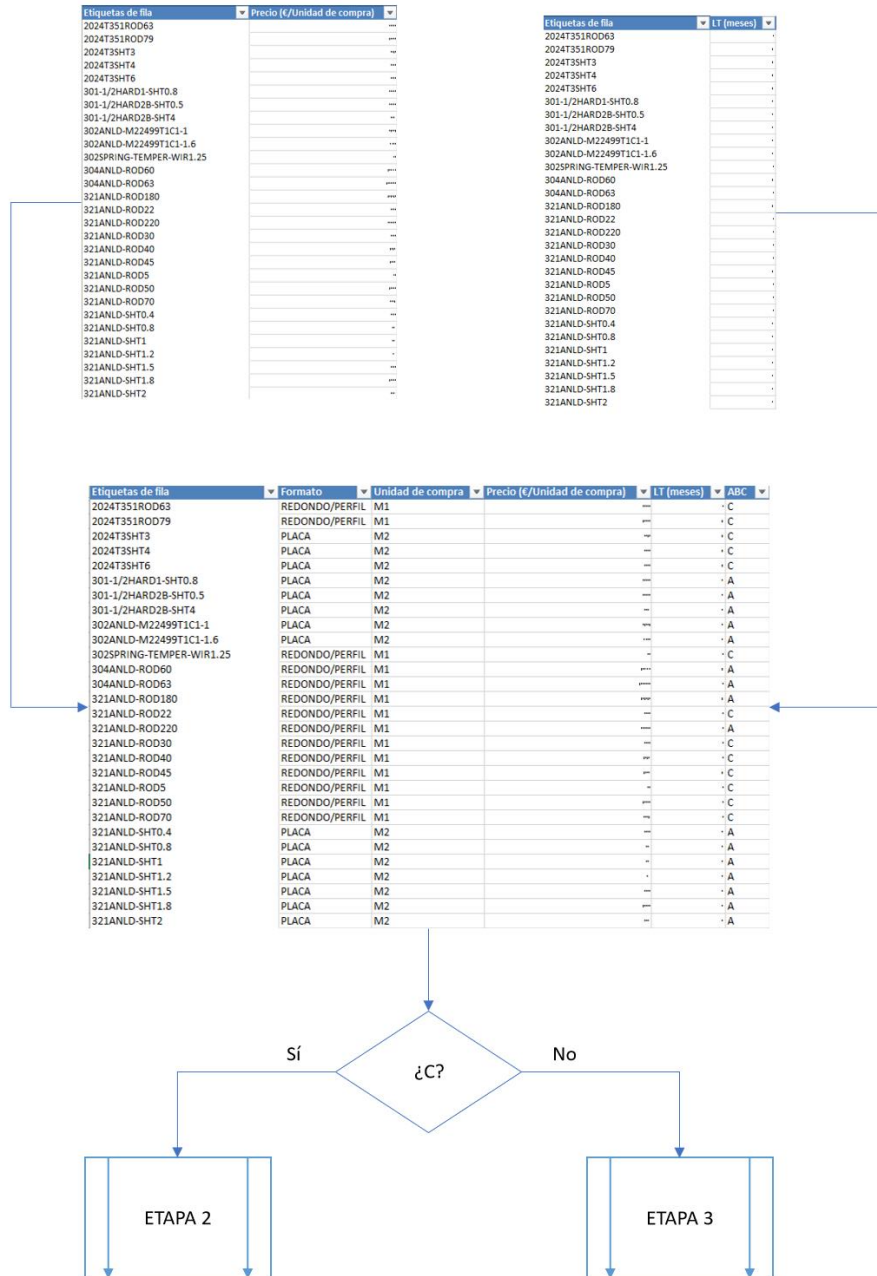


Figura 30.- Aplicación Etapa 1.



### 6.2.1 Criterio ABC

Tanto el precio por formato como el Lead Time de suministro se considera material delicado y, por ello, el tamaño del texto se muestra casi imperceptible.

Etiquetas de fila	Formato	Unidad de compra	Precio (€/Unidad de compra)	LT (meses)	ABC	CP/K
2024T351ROD63	REDONDO/PERFIL	M1		.....	· C	K
2024T351ROD79	REDONDO/PERFIL	M1		.....	· C	K
2024T3SHT3	PLACA	M2		.....	· C	K
2024T3SHT4	PLACA	M2		.....	· C	K
2024T3SHT6	PLACA	M2		.....	· C	K
301-1/2HARD1-SHT0.8	PLACA	M2		.....	· A	CP
301-1/2HARD2B-SHT0.5	PLACA	M2		.....	· A	CP
301-1/2HARD2B-SHT4	PLACA	M2		.....	· A	CP
302ANLD-M22499T1C1-1	PLACA	M2		.....	· A	CP
302ANLD-M22499T1C1-1.6	PLACA	M2		.....	· A	CP
302SPRING-TEMPER-WIR1.25	REDONDO/PERFIL	M1		.....	· C	K
304ANLD-ROD60	REDONDO/PERFIL	M1		.....	· A	CP
304ANLD-ROD63	REDONDO/PERFIL	M1		.....	· A	CP
321ANLD-ROD180	REDONDO/PERFIL	M1		.....	· A	CP
321ANLD-ROD22	REDONDO/PERFIL	M1		.....	· C	K
321ANLD-ROD220	REDONDO/PERFIL	M1		.....	· A	CP
321ANLD-ROD30	REDONDO/PERFIL	M1		.....	· C	K
321ANLD-ROD40	REDONDO/PERFIL	M1		.....	· C	K
321ANLD-ROD45	REDONDO/PERFIL	M1		.....	· C	K
321ANLD-ROD5	REDONDO/PERFIL	M1		.....	· C	K
321ANLD-ROD50	REDONDO/PERFIL	M1		.....	· C	K
321ANLD-ROD70	REDONDO/PERFIL	M1		.....	· C	K
321ANLD-SHT0.4	PLACA	M2		.....	· A	CP
321ANLD-SHT0.8	PLACA	M2		.....	· A	CP
321ANLD-SHT1	PLACA	M2		.....	· A	CP
321ANLD-SHT1.2	PLACA	M2		.....	· A	CP
321ANLD-SHT1.5	PLACA	M2		.....	· A	CP
321ANLD-SHT1.8	PLACA	M2		.....	· A	CP

Figura 31.- Excel Clasificación Materia Prima.

Esta clasificación resulta muy sencilla, pero a la vez muy práctica para las necesidades de la compañía.

### 6.3 Aplicación Etapa 2

En cuanto al procedimiento Kanban, se ha decidido utilizar una pizarra magnética disponible en la empresa como contenedores del sistema. Por ello, las tarjetas que se han creado son de papel imantado; de tal forma que no es necesario disponer de chinchetas para ver de un solo vistazo todas las tarjetas (y por tanto referencias) que están pendientes de lanzamiento o recepción de pedido.

Para que el sistema Kanban se inicie en Sevilla Control serán necesarias las siguientes tareas cronológicas: cálculo de los parámetros, diseño y ejecución de la tarjeta Kanban y por último control del sistema Kanban.

Cada una de ellas se han desarrollado en diferentes secciones de formato Excel. Todas ellas se relacionan según se muestran en el gráfico posterior.

## APLICACIÓN ETAPA 2

EQUIVALENTE	Dev LT	Dev Demanda	Q	Tiempo de ciclo	Zp	SS (LIM)	PP por ud de compra	PP** real (form)	Q* (LIM)	Q** real (form)	L COMPRA	LTR COMPRA
1.4044.5LN1013-20	0,24	0,126165015	4,022593388	5,124322788	1,6448	0,152426211	0,222203989		4,492347167	1	3	
1.4044.5LN1013-32	0,24				1,6448						3	
1.4044.5LN1013-45	0,24	0,089839363	1,565649934	3,603749651	1,6448	0,107480853	0,146591964		1,866165574	1	3	
1.4044.5LN1013-50	0,24				1,6448						3	
1.6604.5LN668-25	0,24	0,901954052	9,829038118	1,858041232	1,6448	1,086592543	1,556814765	1	11,85124314	2	3	
1.6604.5LN668-60	0,24				1,6448						3	
15-5PH-SLHT-REC25X40	0,15	0,098115578	1,518264098	2,663821225	1,6448	0,059157567	0,090824233		1,78164683	1	3,66	
15-5PH-SLHT-REC30X80	0,15				1,6448						3,66	
15-5PH-SLHT-REC35X40	0,15				1,6448						3,66	
15-5PH-SLHT-REC40X60	0,15				1,6448						3,66	
15-5PH-SLHT-ROD28	0,24				1,6448						3	
15-5PH-SLHT-ROD36	0,24	0,021503488	0,707399424	10,40293271	1,6448	0,025483095	0,031527309		0,8214769	1	3	
15-5PH-SLHT-ROD45	0,24	0,012016655	0,395641414	10,41161617	1,6448	0,014240553	0,017618331		0,459417193	1	3	
15-5PH-SLHT-ROD50	0,24				1,6448						3	
15-5PH-SLHT-ROD60	0,24				1,6448						3	
15-5PH-SLHT-ROD65	0,24	0,042813442	0,711943029	2,280136599	1,6448	0,052252546	0,080252546		0,817819914	1	3	
17-4PH-H1025ROD12	0,24				1,6448						3	
17-4PH-SLHT-PLA16	0,24				1,6448						1	
17-4PH-SLHT-ROD16	0,24	0,9395993	18,17285199	1,721892362	1,6448	1,198816695	2,136950028	1	20,20080917	4	3	
17-4PH-SLHT-ROD22	0,24	0,484874222	11,66364574	2,751508786	1,6448	0,600184755	0,976984755	1	12,98654766	2	3	
17-4PH-SLHT-ROD25	0,24	1,112057073	23,02254587	1,024043496	1,6448	1,638702732	3,637102732	1	24,87351585	8	3	
17-4PH-SLHT-ROD32	0,24				1,6448						3	
17-4PH-SLHT-ROD35	0,24	0,003162278	0,286200303	28,6200303	1,6448	0,003747514	0,004636403		0,314026134	1	3	
17-4PH-SLHT-ROD36	0,24	0,340054632	5,33345331	1,829621108	1,6448	0,420144836	0,679255948	1	6,089903829	1	3	
17-4PH-SLHT-ROD38	0,24	0,020238577	1,212197917	8,418041099	1,6448	0,03064242	0,03744342		1,30876045	1	3	
17-4PH-SLHT-ROD60	0,24	0,04385025	1,726196863	2,371149338	1,6448	0,060687857	0,125398968		1,837258847	1	3	
17-4PH-SLHT-ROD70	0,24	0,037947332	0,55012725	4,584393751	1,6448	0,044970168	0,055636834		0,683768891	1	3	
17-4PH-SLHT-ROD75	0,24	0,090124913	1,789362195	1,241657881	1,6448	0,12311545	0,249782117	1	1,934542741	1	3	
2024T351LN9496-150	0,45	0,398446985	3,464101615	2,749280996	1,6448	1,208434439	1,418434439	1	4,550761616	1	3,66	

<b>KANBAN</b>	
DESCRIPCIÓN	<b>15-5PH-SLHT-REC25X40</b>
OBSERVACIÓN	
AVISAR CUANDO QUEDEN	<b>0 UNIDADES</b>
CANTIDAD A PEDIR	<b>1</b>

EQUIVALENTE	Nº Pedidos	Nº Informes Excepciones
1.4044.5LN1013-20	23	2
1.4044.5LN1013-32	36	6
1.4044.5LN1013-45	34	0
1.4044.5LN1013-50	47	2
1.6604.5LN668-25	44	3
1.6604.5LN668-60	17	2
15-5PH-SLHT-REC25X40	38	5
15-5PH-SLHT-REC30X80	11	0
15-5PH-SLHT-REC35X40	48	7
15-5PH-SLHT-REC40X60	35	0
15-5PH-SLHT-ROD28	35	6
15-5PH-SLHT-ROD36	17	1
15-5PH-SLHT-ROD45	42	3
15-5PH-SLHT-ROD50	50	10
15-5PH-SLHT-ROD60	32	5
15-5PH-SLHT-ROD65	29	2
17-4PH-H1025ROD12	13	2
17-4PH-SLHT-PLA16	9	0
17-4PH-SLHT-ROD16	30	0
17-4PH-SLHT-ROD22	22	2
17-4PH-SLHT-ROD25	13	1
17-4PH-SLHT-ROD32	33	4

Figura 32.- Aplicación Etapa 2.

## ERP

## 6.3.1 Parámetros

En este apartado del proyecto surgió un problema inesperado: el formato de las referencias es incompatible con el sistema Kanban que se quiere plantear. El objetivo de aplicar Kanban en las referencias de tipo C es una gestión ágil y fácil de las mismas; por lo que, si el punto de pedido resulta en metros lineales o metros cuadrados, no es posible identificar rápidamente, y de un solo vistazo, si se ha alcanzado dicha cantidad.

Por esta razón se decidió aproximar los parámetros en unidades completas, siendo necesario por tanto conocer el formato de compra de cada referencia de materia prima. Estos parámetros son el punto de pedido y la cantidad mínima a pedir Q. Para llegar a ambos, según se indica en el capítulo 5 es necesario conocer el stock de seguridad, la desviación del Lead Time y de la Demanda, el tiempo de ciclo y la variable z.

Además, el parámetro Q tiene como entrada los valores de A y h, que, la empresa ha decidido establecerlos como constantes<sup>7</sup>.

EQUIVALENTE	Desv LT	Desv Demanda	Q	Tiempo de ciclo	Zp	SS (UM)	PP por ud de compra	PP** real (form)	Q* (UM)	Q** real (form)	L COMPRA	LTR COMPRA
1.4044.SLN1013-20	0,24	0,126165015	4,022593388	5,124322788	1,6448	0,152426211	0,222203989		4,492347167	1	3	
1.4044.SLN1013-32	0,24				1,6448						3	
1.4044.SLN1013-45	0,24	0,089839363	1,585649934	3,603749851	1,6448	0,107480853	0,146591964		1,866165574	1	3	
1.4044.SLN1013-50	0,24				1,6448						3	
1.6604.SLN668-25	0,24	0,901954052	9,829038118	1,858041232	1,6448	1,086592543	1,556814765	1	11,85124314	2	3	
1.6604.SLN668-60	0,24				1,6448						3	
15-5PH-SLHT-REC25X40	0,15	0,098115578	1,518264098	2,663621225	1,6448	0,059157567	0,090824233		1,78164683	1	3,66	
15-5PH-SLHT-REC30X80	0,15				1,6448						3,66	
15-5PH-SLHT-REC35X40	0,15				1,6448						3,66	
15-5PH-SLHT-REC40X60	0,15				1,6448						3,66	
15-5PH-SLHT-ROD28	0,24				1,6448						3	
15-5PH-SLHT-ROD36	0,24	0,021503488	0,707399424	10,40293271	1,6448	0,025483095	0,031527539		0,8214769	1	3	
15-5PH-SLHT-ROD45	0,24	0,012016655	0,395641414	10,41161617	1,6448	0,014240553	0,017618331		0,459417193	1	3	
15-5PH-SLHT-ROD50	0,24				1,6448						3	
15-5PH-SLHT-ROD60	0,24				1,6448						3	
15-5PH-SLHT-ROD65	0,24	0,042817442	0,711943029	2,260136599	1,6448	0,052252546	0,080252546		0,817819914	1	3	
17-4PH-H1025ROD12	0,24				1,6448						3	
17-4PH-SLHT-PLA16	0,24				1,6448						1	
17-4PH-SLHT-ROD16	0,24	0,9395993	18,17285199	1,721892362	1,6448	1,198816695	2,136950028	1	20,20080917	4	3	
17-4PH-SLHT-ROD22	0,24	0,484874222	11,66364574	2,751508786	1,6448	0,600184755	0,976984755	1	12,98654766	2	3	
17-4PH-SLHT-ROD25	0,24	1,112057073	23,02254587	1,024043496	1,6448	1,638702732	3,637102732	1	24,87351585	8	3	
17-4PH-SLHT-ROD32	0,24				1,6448						3	
17-4PH-SLHT-ROD35	0,24	0,003162278	0,286200303	28,6200303	1,6448	0,003747514	0,004636403		0,314026134	1	3	
17-4PH-SLHT-ROD36	0,24	0,340054652	5,333345531	1,829621108	1,6448	0,420144836	0,679255948	1	6,089903829	1	3	
17-4PH-SLHT-ROD38	0,24	0,020238577	1,212197917	8,418041089	1,6448	0,02464242	0,03744242		1,30878045	1	3	
17-4PH-SLHT-ROD60	0,24	0,04385025	1,726196863	2,371149538	1,6448	0,060687857	0,125398968		1,837258647	1	3	
17-4PH-SLHT-ROD70	0,24	0,037947332	0,55012725	4,584393751	1,6448	0,044970168	0,055636834		0,683766891	1	3	

Figura 33.- Excel Parámetros Kanban.

## 6.3.2 Tarjeta

Se ha diseñado una tarjeta específica para este proyecto, que se muestra a continuación.

<sup>7</sup> A=10 €/pedido y h=0,035 €/ud.año.

<b>KANBAN</b>	
DESCRIPCIÓN	<b>15-5PH-SLHT- REC25X40</b>
OBSERVACIÓN	
AVISAR CUANDO QUEDEN	<b>0 UNIDADES</b>
CANTIDAD A PEDIR	<b>1</b>

Figura 34.- Tarjeta Kanban Sevilla Control.

Para que el sistema Kanban cumpla su función resulta de vital importancia comprender al 100% la funcionalidad de las últimas dos filas de la tarjeta: “avisar cuando queden” y “cantidad a pedir”.

#### 6.3.2.1 “Avisar cuando queden”

Esta fila se corresponde con el Punto de Pedido. Es decir, cuántas unidades son necesarias físicamente en el almacén cuando se necesite realizar el pedido. Resulta beneficioso para la compañía ser precisos con esta cantidad puesto que, si se pone un punto de pedido muy elevado con respecto al nivel de producción se empezarán a acumular stocks. Y si por el contrario se estima un punto de pedido inferior al óptimo se puede derivar en una parada productiva por falta de material.

#### 6.3.2.2 “Cantidad a pedir”

Por otro lado, este parámetro indica el número de unidades que se van a necesitar desde que llega el pedido hasta que se vuelve a alcanzar el punto de pedido. Resulta evidente que, como en el caso anterior, no es conveniente ni el exceso ni el defecto de material.

### 6.3.3 Control

Para controlar la bondad del sistema Kanban se propuso establecer dos KPIs: número de pedidos por cada material y número de informes de excepciones en un intervalo de tiempo determinado.

El resultado de este KPI se tiene a continuación.

## ERP

EQUIVALENTE	Nº Pedidos	Nº Informes Excepciones
1.4044.5LN1013-20	23	2
1.4044.5LN1013-32	36	6
1.4044.5LN1013-45	34	0
1.4044.5LN1013-50	47	2
1.6604.5LN668-25	44	3
1.6604.5LN668-60	17	2
15-5PH-SLHT-REC25X40	38	5
15-5PH-SLHT-REC30X80	11	0
15-5PH-SLHT-REC35X40	48	7
15-5PH-SLHT-REC40X60	35	0
15-5PH-SLHT-ROD28	35	6
15-5PH-SLHT-ROD36	17	1
15-5PH-SLHT-ROD45	42	3
15-5PH-SLHT-ROD50	50	10
15-5PH-SLHT-ROD60	32	5
15-5PH-SLHT-ROD65	29	2
17-4PH-H1025ROD12	13	2
17-4PH-SLHT-PLA16	9	0
17-4PH-SLHT-ROD16	30	0
17-4PH-SLHT-ROD22	22	2
17-4PH-SLHT-ROD25	13	1
17-4PH-SLHT-ROD32	33	4
17-4PH-SLHT-ROD35	29	0
17-4PH-SLHT-ROD36	8	1
17-4PH-SLHT-ROD38	23	2

Figura 35.- Excel Control Kanban.

## 6.4 Aplicación Etapa 3

La metodología que propone el sistema MRP implica el cálculo de los siguientes parámetros en cada período: unidades disponibles al inicio, necesidades netas, necesidades de recepción, necesidades de lanzamiento de pedido y unidades disponibles al final.

Cada una de ellas se han desarrollado en diferentes secciones de formato Excel. Todas ellas se relacionan según se muestran en el gráfico posterior.

# APLICACIÓN ETAPA 3

EQUIVALENTE	Stock Actual (M1,M2,U1)	SS (M1,M2,U1)	Q (M1,M2,U1)	LT (meses)	L COMPRA (M1,M2,U1)	LTi COMPRA (M1,M2,U1)	DEBRUTA TOTAL (M1,M2,U1)
AB55231A100-02	9,55405	10,487825	4,343708103	4	3,66	1,22	20,97565
AB55231A110-02		0,28771002	0,504181994	1	3,66	1,22	0,3958
AB55231A120-02	8,9304	2,8073875	1,721165982	4	3,66	1,22	5,614775
AB55231A130-02	1,341025	0,60968	0,762413732	4	3,66	1,22	1,21936
AB55231A140-02		4,2573625	1,97566922	4	3,66	1,22	8,514725
AB55231A145-02		1,521	1,067770991	4	3,66	1,22	3,042
AB55231A150-02		1,1747125	0,881875539	4	3,66	1,22	2,349425
AB55231A155-02				4	3,66	1,22	
AB55231A160-02	4,32965	0,50025	0,548669175	4	3,66	1,22	1,0005
AB55231A170-02	2,73375	0,286875	0,444807337	4	3,66	1,22	0,57375
AB55231A180-02		0,039	0,151734342	4	3,66	1,22	0,078
AB55231A190-02	4,0164			4	3,66	1,22	1,22
AB55231A200-02		1,521	1,208663255	4	3,66	1,22	3,042

EQUIVALENTES	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov
1.4044.SLN1013-50								
1100H19M22499TIC1-1								
15-SPH-HI025PLA10	0,012		0,012		0,012		0,012	
15-SPH-HI025PLA12								
15-SPH-HI025-ROD160								
15-SPH-HI025-ROD80								
15-SPH-SLHT-FRG120*01	0,2223							
15-SPH-SLHT-PLA100	0,1995							
15-SPH-SLHT-PLA12	0,038							
15-SPH-SLHT-PLA15	0,1184							0,0075
15-SPH-SLHT-PLA20	0,0094		0,222					0,222
15-SPH-SLHT-PLA30	0,0117		0,131825		0,038		0,038	0,01025
15-SPH-SLHT-PLA45	0,01365	0,006825			0,006825		0,006825	
15-SPH-SLHT-PLA90								

Ctd de material que TENGO PENDIENTE DE RECIBIR en cada periodo (pedidos realizados)									
EQUIVALENTES	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1.4044.SLN1013-50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100H19M22499TIC1-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-SPH-HI025PLA10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-SPH-HI025PLA12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-SPH-HI025-ROD160	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-SPH-HI025-ROD80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-SPH-SLHT-FRG120*01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-SPH-SLHT-FRG140*01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-SPH-SLHT-PLA100	0	1	0	0	0	0	0	0	0
15-SPH-SLHT-PLA12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-SPH-SLHT-PLA15	0	0	0	1	0	0	0	0	0
15-SPH-SLHT-PLA90	0	0	0	0	0	0	0	0	0

EQUIVALENTES	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov
1.4044.SLN1013-50								
1100H19M22499TIC1-1								
15-SPH-HI025PLA10								
15-SPH-HI025PLA12								
15-SPH-HI025-ROD160								
15-SPH-HI025-ROD80								
15-SPH-SLHT-FRG120*01	0,404175304							
15-SPH-SLHT-FRG140*01								
15-SPH-SLHT-PLA100	0,1695							
15-SPH-SLHT-PLA12	0,054							
15-SPH-SLHT-PLA15	0,31135							
15-SPH-SLHT-PLA20								
15-SPH-SLHT-PLA30	0,120063542				0,013297535			

Ctd de material que NECESITO recibir en cada periodo (pedidos que DEBO realizar)									
EQUIVALENTES	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	
1.4044.SLN1013-50									
1100H19M22499TIC1-1									
15-SPH-HI025PLA10									
15-SPH-HI025PLA12									
15-SPH-HI025-ROD160									
15-SPH-HI025-ROD80									
15-SPH-SLHT-FRG120*01	0,45905142								
15-SPH-SLHT-FRG140*01									
15-SPH-SLHT-PLA100	0,204099083								
15-SPH-SLHT-PLA12	0,167618364								
15-SPH-SLHT-PLA15	0,343748488								
15-SPH-SLHT-PLA20									
15-SPH-SLHT-PLA30	0,155791007				0,155791007				

EQUIVALENTES	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18
1.4044.SLN1013-50								
1100H19M22499TIC1-1								
15-SPH-HI025PLA10								
15-SPH-HI025PLA12								
15-SPH-HI025-ROD160								
15-SPH-HI025-ROD80								
15-SPH-SLHT-FRG120*01	1							
15-SPH-SLHT-FRG140*01								
15-SPH-SLHT-PLA100	1							
15-SPH-SLHT-PLA12	1							
15-SPH-SLHT-PLA15	1							
15-SPH-SLHT-PLA20								
15-SPH-SLHT-PLA30						1		
15-SPH-SLHT-PLA45	1							

EQUIVALENTES	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18
AB55042A040								
AB55052A025								
AB55052A040								
AB55052A045							1	
AB55052A050								
AB55052A055								
AB55052A060								
AB55052A065								
AB55052A070								
AB55052A075								
AB55052A080								
AB55052A085								
AB55052A090								

Inventario DISPONIBLE al final cada periodo, se entiende que el SS está "disponible" (no disponible)									
EQUIVALENTES	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	
1.4044.SLN1013-50									
1100H19M22499TIC1-1									
15-SPH-HI025PLA10	0,750107368	0,750107368	0,738107368	0,738107368	0,726107368	0,726107368	0,714107368	0,714107368	
15-SPH-HI025PLA12									
15-SPH-HI025-ROD160									
15-SPH-HI025-ROD80									
15-SPH-SLHT-FRG120*01	0,054629839	0,054629839	0,054629839	0,054629839	0,054629839	0,054629839	0,054629839	0,054629839	
15-SPH-SLHT-PLA100	0,035199083	0,035199083	0,035199083	0,035199083	0,035199083	0,035199083	0,035199083	0,035199083	
15-SPH-SLHT-PLA12	0,113451804	0,113451804	0,113451804	0,113451804	0,113451804	0,113451804	0,113451804	0,113451804	
15-SPH-SLHT-PLA15	0,012284848	0,012284848	0,012284848	0,012284848	0,012284848	0,012284848	0,012284848	0,012284848	
15-SPH-SLHT-PLA20	0,79035	1,79035	1,50835	1,50835	1,50835	1,50835	1,50835	1,28635	
15-SPH-SLHT-PLA30	0,03727485	0,03727485	0,024702665	0,024702665	0,024702665	0,024702665	0,024702665	0,024702665	
15-SPH-SLHT-PLA45	0,01162496	0,01162496	0,01162496	0,01162496	0,01162496	0,01162496	0,01162496	0,01162496	

Figura 36.- Aplicación Etapa 3.

### 6.4.1 Necesidades Brutas

En este apartado se incluyen las necesidades brutas de materia prima calculadas en la Etapa 0.

EQUIVALENTES	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.
1.4044.SLN1013-50								
1100H19M22499T1C1-1	0,012		0,012		0,012		0,012	
15-5PH-H1025PLA10								
15-5PH-H1025PLA12								
15-5PH-H1025-ROD160								
15-5PH-H1025-ROD80								
15-5PH-SLHT-FRG120*01	0,2223							
15-5PH-SLHT-FRG140*01								
15-5PH-SLHT-PLA100	0,19995							
15-5PH-SLHT-PLA12	0,036							
15-5PH-SLHT-PLA15	0,2184							0,0075
15-5PH-SLHT-PLA20	0,0504		0,222					0,222
15-5PH-SLHT-PLA30	0,0117		0,011025		0,038		0,038	0,011025
15-5PH-SLHT-PLA45	0,01365	0,006825			0,006825		0,006825	

Figura 37.- Excel Necesidades Brutas MRP.

### 6.4.2 Recepciones Programadas

A continuación, se incluye el calendario de pedidos en curso.

<i>Ctd de material que TENGO PENDIENTE DE RECIBIR en cada periodo (pedidos realizados)</i>									
EQUIVALENTES	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	
1.4044.SLN1013-50	0	0	0	0	0	0	0	0	
1100H19M22499T1C1-1	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-5PH-H1025PLA10	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-5PH-H1025PLA12	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-5PH-H1025-ROD160	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-5PH-H1025-ROD80	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-5PH-SLHT-FRG120*01	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-5PH-SLHT-FRG140*01	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-5PH-SLHT-PLA100	0	1	0	0	0	0	0	0	
15-5PH-SLHT-PLA12	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-5PH-SLHT-PLA15	0	0	0	1	0	0	0	0	
15-5PH-SLHT-PLA20	1	1	0	0	0	0	0	0	
15-5PH-SLHT-PLA30	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-5PH-SLHT-PLA45	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 38.- Excel Recepciones Programadas MRP.

### 6.4.3 Disposición Inicial

El siguiente paso propuesto por la metodología MRP es el cálculo de las unidades disponibles al inicio de cada período. Se ha programado en Excel según las ecuaciones 8 y 9.

*Inventario DISPONIBLE al inicio cada periodo, se entiende que el SS está "bloqueado" (no disponible)*

EQUIVALENTES	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov
15-5PH-SLHT-FRG140*01								
15-5PH-SLHT-PLA100	0,03045	1,035199083	1,035199083	1,035199083	1,035199083	1,035199083	1,035199083	1,035199083
15-5PH-SLHT-PLA12	-0,018	0,113451804	0,113451804	0,113451804	0,113451804	0,113451804	0,113451804	0,113451804
15-5PH-SLHT-PLA15	-0,11295	0,012584848	0,012584848	1,012584848	1,012584848	1,012584848	1,012584848	1,012584848
15-5PH-SLHT-PLA20	0,78075	1,73035	1,73035	1,50835	1,50835	1,50835	1,50835	1,50835
15-5PH-SLHT-PLA30	-0,108363542	0,035727465	0,035727465	0,024702465	0,024702465	0,142493472	0,142493472	0,104493472
15-5PH-SLHT-PLA45	-0,0170625	0,031582496	0,024757496	0,024757496	0,024757496	0,017932496	0,017932496	0,011107496
15-5PH-SLHT-PLA50								
15-5PH-SLHT-PLA70	0,24191107	1,00791107	0,77391107	1,77391107	1,53991107	1,53991107	1,30591107	1,30591107
15-5PH-SLHT-PLA8	-0,0289	0,173962864	0,173962864	0,145062864	0,145062864	0,145062864	0,145062864	0,145062864
15-5PH-SLHT-PLA82	0,5205	0,5205	0,5205	0,5205	0,5205	0,5205	0,5205	0,5205
15-5PH-SLHT-ROD100	6,96	12,96	12,96	12,96	12,96	12,96	12,96	12,96
15-5PH-SLHT-ROD120	1,525	3,025	3,025	3,025	3,025	3,025	3,025	3,025
15-5PH-SLHT-ROD130	0,207722121	0,152722121	0,152722121	0,152722121	0,152722121	0,152722121	0,152722121	0,152722121
15-5PH-SLHT-ROD140	0,841082472	0,841082472	0,841082472	0,820082472	0,820082472	0,820082472	0,820082472	0,820082472
15-5PH-SLHT-ROD200								
17-4PH-SLHT-ROD140	7,848900617	7,361400617	7,361400617	7,361400617	7,361400617	7,361400617	7,361400617	7,361400617
17-4PH-SLHT-ROD35	3,246252486	3,236252486	3,236252486	3,236252486	3,236252486	3,236252486	3,236252486	3,236252486

Figura 39.- Excel Disposición Inicial MRP.

### 6.4.4 Necesidades Netas

Una vez calculadas las unidades disponibles al inicio y teniendo en cuenta las necesidades brutas, se obtienen las necesidades netas según la ecuación 10.

EQUIVALENTES	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov
1.4044.5LN1013-50								
1100H19M22499T1C1-1								
15-5PH-H1025PLA10								
15-5PH-H1025PLA12								
15-5PH-H1025-ROD160								
15-5PH-H1025-ROD80								
15-5PH-SLHT-FRG120*01	0,404375304							
15-5PH-SLHT-FRG140*01								
15-5PH-SLHT-PLA100	0,1695							
15-5PH-SLHT-PLA12	0,054							
15-5PH-SLHT-PLA15	0,33135							
15-5PH-SLHT-PLA20								
15-5PH-SLHT-PLA30	0,120063542				0,013297535			
15-5PH-SLHT-PLA45	0,0307125							
15-5PH-SLHT-PLA50								
15-5PH-SLHT-PLA70								
15-5PH-SLHT-PLA8	0,0289							

Figura 40.- Excel Nec. Netas MRP.

### 6.4.5 Necesidades de Recepción

Las necesidades de recepción es el calendario donde se muestran cantidades y fechas en que deben estar inventariadas las materias primas para el correcto flujo de la producción.

Se calcula según la ecuación 15.



## ERP

Ctd de material que NECESITO recibir en cada periodo (pedidos que DEBO realizar)								
EQUIVALENTES	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov
1.4044.SLN1013-50								
1100H19M22499T1C1-1								
15-5PH-H1025PLA10								
15-5PH-H1025PLA12								
15-5PH-H1025-ROD160								
15-5PH-H1025-ROD80								
15-5PH-SLHT-FRG120*01	0,459005142							
15-5PH-SLHT-FRG140*01								
15-5PH-SLHT-PLA100	0,204699083							
15-5PH-SLHT-PLA12	0,167451804							
15-5PH-SLHT-PLA15	0,343934848							
15-5PH-SLHT-PLA20								
15-5PH-SLHT-PLA30	0,155791007				0,155791007			
15-5PH-SLHT-PLA45	0,062294996							
15-5PH-SLHT-PLA50								
15-5PH-SLHT-PLA70								
15-5PH-SLHT-PLA8	0,202862864							

Figura 41.- Excel Nec. Recepción MRP.

#### 6.4.6 Necesidades de Recepción en formatos

A continuación, para facilitar el trabajo al personal implicado, se ha incluido un apartado que transforma las necesidades del apartado anterior en formatos completos (barras o perfiles, placas o chapas y forjados).

Su cálculo es posible teniendo en cuenta los formatos de compra de cada referencia.

EQUIVALENTES	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18
1.4044.SLN1013-50								
1100H19M22499T1C1-1								
15-5PH-H1025PLA10								
15-5PH-H1025PLA12								
15-5PH-H1025-ROD160								
15-5PH-H1025-ROD80								
15-5PH-SLHT-FRG120*01	1							
15-5PH-SLHT-FRG140*01								
15-5PH-SLHT-PLA100	1							
15-5PH-SLHT-PLA12	1							
15-5PH-SLHT-PLA15	1							
15-5PH-SLHT-PLA20								
15-5PH-SLHT-PLA30	1				1			
15-5PH-SLHT-PLA45	1							
15-5PH-SLHT-PLA50								
15-5PH-SLHT-PLA70								
15-5PH-SLHT-PLA8	1							

Figura 42.- Excel Nec. Recepción en formatos MRP.

#### 6.4.7 Lanzamiento de Pedido en formatos

En cuanto se tiene el calendario de necesidades de recepción, se calcula fácilmente el calendario de lanzamiento de pedidos. Simplemente habrá que desplazar el primer calendario tantos periodos como Lead Time medio de aprovisionamiento.

EQUIVALENTES	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18
ABS5044D040								
ABS5052A025								
ABS5052A040								
ABS5052A045						1		
ABS5052A050								
ABS5052A055								
ABS5052A060								
ABS5052A065								
ABS5052A070								
ABS5052A075				1				
ABS5052A080								
ABS5052A085						1		
ABS5052A090								
ABS5052A095								
ABS5052A100								
ABS5064A042.5								
ABS5064A050	1							
ABS5064A055								
ABS5064A100	1							

Figura 43.- Excel Nec. Lanzamiento Pedido MRP.

### 6.4.8 Disposición Final

Por último, se calculan las necesidades que quedan disponibles al final de cada período. Nótese que dichas unidades quedarán disponibles para el período próximo.

Estas cantidades no requieren ser transformadas a unidades, puesto que no intervienen en el propio proceso de compra.

<i>Inventario DISPONIBLE al final cada periodo, se entiende que el SS está "bloqueado" (no disponible)</i>								
EQUIVALENTES	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov
1.4044.SLN1013-50								
1100H19M22499T1C1-1	0,750107368	0,750107368	0,738107368	0,738107368	0,726107368	0,726107368	0,714107368	0,714107368
15-5PH-H1025PLA10								
15-5PH-H1025PLA12								
15-5PH-H1025-ROD160								
15-5PH-H1025-ROD80								
15-5PH-SLHT-FRG120*01	0,054629839	0,054629839	0,054629839	0,054629839	0,054629839	0,054629839	0,054629839	0,054629839
15-5PH-SLHT-FRG140*01								
15-5PH-SLHT-PLA100	0,035199083	1,035199083	1,035199083	1,035199083	1,035199083	1,035199083	1,035199083	1,035199083
15-5PH-SLHT-PLA12	0,113451804	0,113451804	0,113451804	0,113451804	0,113451804	0,113451804	0,113451804	0,113451804
15-5PH-SLHT-PLA15	0,012584848	0,012584848	0,012584848	1,012584848	1,012584848	1,012584848	1,012584848	1,005084848
15-5PH-SLHT-PLA20	0,73035	1,73035	1,50835	1,50835	1,50835	1,50835	1,50835	1,28635
15-5PH-SLHT-PLA30	0,035727465	0,035727465	0,024702465	0,024702465	0,142493472	0,142493472	0,104493472	0,093468472
15-5PH-SLHT-PLA45	0,031582496	0,024757496	0,024757496	0,024757496	0,017932496	0,017932496	0,011107496	0,011107496
15-5PH-SLHT-PLA50								
15-5PH-SLHT-PLA70	0,00791107	0,77391107	0,77391107	1,53991107	1,53991107	1,30591107	1,30591107	1,07191107
15-5PH-SLHT-PLA8	0,173962864	0,173962864	0,145062864	0,145062864	0,145062864	0,145062864	0,145062864	0,116162864
15-5PH-SLHT-PLA82	0,5205	0,5205	0,5205	0,5205	0,5205	0,5205	0,5205	0,5205
15-5PH-SLHT-ROD100	6,96	12,96	12,96	12,96	12,96	12,96	12,96	12,96

Figura 44.- Excel Disposición Final MRP.

Cabe destacar que esta metodología MRP contempla un horizonte temporal rotatorio de tal forma que siempre se trabaja con el mismo número de períodos.

Con esto se da por finalizada la implementación de las tres etapas propuestas en la metodología del capítulo 5, quedando bastante satisfecho todo el personal implicado en este proyecto.

## 6.5 Formación

Una vez desarrollado la metodología es imprescindible formar al personal implicado. Pertenece a él todo el departamento de compras y el taller de corte de Sevilla Control. La formación se dividirá en dos conjuntos, en función del tipo de política de gestión: Compra Planificada o Kanban.

### 6.5.1 Compra Planificada

La formación de Compra Planificada implicará exclusivamente al departamento de compras y en ella se explicará cómo actualizar el archivo Excel de forma periódica y cómo obtener la información necesaria de él para la óptima gestión del aprovisionamiento.

### 6.5.2 Kanban

La formación de Kanban implica a ambas partes y se explicará a los trabajadores la significación de cada apartado de la tarjeta, así como el flujo que deben realizar para que el sistema Kanban siga su cauce.

A continuación, se muestra un ejemplo de cómo debe ser la formación: clara, simple y concisa.

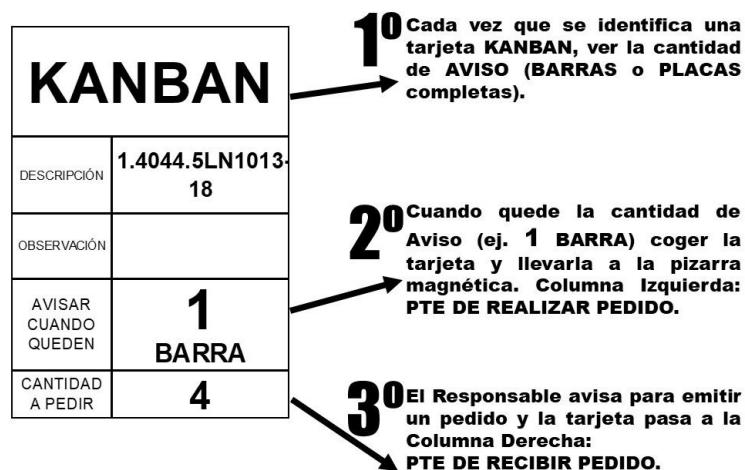


Figura 45.- Formación Kanban.

## 6.6 KPI

Por último, se ha desarrollado un KPI que permite evaluar la bondad de este proyecto. Se despliega con más detalle en el siguiente capítulo.

Gracias al trabajo profesional de todos los implicados en este proyecto y al incesante apoyo de todos que han ayudado a su ejecución, la metodología ha resultado fácilmente aplicable en Sevilla Control.

Una vez ya se haya probado su bondad, se estudiará cómo implementarlo en el ERP. Para ello se emplearán los diagramas de procesos detallados de todos los informes y cálculos indicados en el capítulo anterior. Más adelante, se tendrá que estudiar el lenguaje en que está programado el ERP. Y por último se crearán los códigos necesarios para introducirlos en la herramienta.



## 7 ANÁLISIS

*Lo que no se puede medir no se puede mejorar.*

*- Peter Drucker -*

El capítulo 7 tiene por objetivo específico evaluar la herramienta. Se ha desarrollado un KPI que consiste en cuantificar el número de informes de excepciones emitidos al mes. Por último, se concluirá evaluando si este proyecto es compatible con el presupuesto estimado.

Los informes de excepciones son empleados en algunas empresas, especialmente del sector industrial, cuando se detecta que algún parámetro no está dentro del rango establecido.

En este caso, cuando se detecta que un producto tiene una fecha prevista de entrega superior a la fecha de necesidad se debe crear un nuevo informe de excepción. Esto permite tomar acciones que ayuden a aumentar la eficiencia global.

De esta manera se puede evaluar sencillamente la optimalidad de la herramienta a analizar.

Pues bien, se ha comenzado a cuantificar este tipo de informes en enero de 2018, cuando la herramienta seguía en desarrollo.

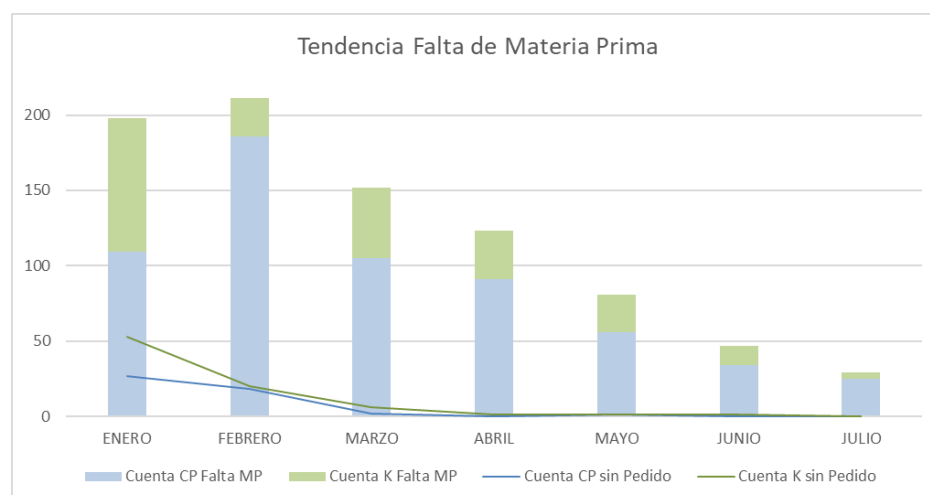


Figura 46.- Resultados KPI.

Tras varios meses de análisis se observa una bajada importante del número de excepciones. Con esto queda verificada la correcta funcionalidad de la herramienta.

Como conclusión, se ha decidido emplear la técnica de Estimación por tres valores para tasar el proyecto. Esta técnica es de las más utilizadas en el área de la gestión de proyectos pues permite realizar una estimación precisa de una forma rápida y sencilla.

Consiste en dividir el proyecto en actividades y estimar tres valores de cada una de ellas: coste optimista (a), coste más probable (b) y coste pesimista (c).

Suponiendo que los costes de cada actividad son Variables Aleatorias que siguen una distribución Beta-Euler, el coste medio de cada actividad se calcula como la esperanza matemática de la distribución:

$$\text{Coste Medio}_i = \frac{a + 4b + c}{6} \quad (17)$$

Ecuación 17.- Coste Medio actividad i.

Y su varianza:

$$\sigma_i = \frac{c - a}{6} \quad (18)$$

Ecuación 18.- Varianza actividad i.

Como inconveniente, al tratarse de Variables Aleatorias, se tiene una incertidumbre en el coste de cada actividad. Y, de manera especial, en el coste total del proyecto. Como paliativo se considera una Reserva de Contingencia, que según el grado de seguridad que se busque, corresponderá con un múltiplo de la varianza.

Por ejemplo:

- Para conseguir una seguridad del 83,5%, debo multiplicar la varianza por 1.
- Para conseguir una seguridad del 97,5%, debo multiplicar la varianza por 2.
- Para conseguir una seguridad del 99,5%, debo multiplicar la varianza por 3.

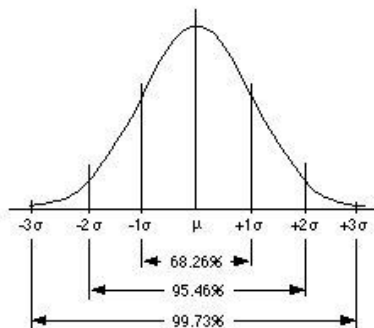


Figura 47.- Distribución estadística.

## ERP

Por lo tanto, el presupuesto o línea base del proyecto debe considerarse como la suma del coste total del proyecto más una reserva de contingencia.

$$\text{Presupuesto} = \sum_i (\text{Coste Medio}_i + k * \sigma_i) \quad (19)$$

Ecuación 19.- Presupuesto del proyecto.

En concreto se tienen todos los cálculos relativos a este proyecto a continuación.

Tabla 4.- Estimación de Costes.

Estimación de Costes <sup>8</sup>					
Actividad	Coste Optimista	Coste más Probable	Coste Pesimista	Coste Medio	Varianza
Etapa 0	91,25 €	182,50 €	355,00 €	196,04 €	43,96
Etapa 1	71,25 €	105,00 €	132,50 €	103,96 €	10,21
Etapa 2	40,00 €	55,00 €	82,50 €	57,08 €	7,08
Etapa 3	129,00 €	198,38 €	255,00 €	196,25 €	21,00
Formación	106,63 €	191,63 €	241,13 €	185,71 €	22,42
KPI	45,00 €	76,25 €	62,50 €	68,75 €	2,92
<b>TOTAL</b>	<b>483,13 €</b>	<b>808,75 €</b>	<b>1.128,63 €</b>	<b>807,79 €</b>	<b>107,58</b>

Seguidamente, se muestran los rangos por los que oscila el presupuesto en función del porcentaje de seguridad.

Tabla 5.- Presupuesto Estimado.

Seguridad	Rango Inferior	Rango Superior
<b>83,5%</b>	700,21 €	915,38 €
<b>97,5%</b>	592,63 €	1.022,96 €
<b>99,5%</b>	485,04 €	1.130,54 €

<sup>8</sup> Aproximando un coste hora de 6,25 € del ingeniero autor del proyecto.

---

Por lo tanto, como el rango superior con el 99,5% de seguridad es inferior el límite económico establecido por la empresa, se puede afirmar con un 99,5% de seguridad que el proyecto está dentro del margen disponible por la compañía.



# 8 CONCLUSIÓN

---

*Sean extraordinarios en las cosas ordinarias.*

*- S. José Marelló -*

**P**ara dar por finalizado este proyecto se estudia si se han alcanzado todos los objetivos del mismo. Se ha comprobado con el análisis de los resultados del KPI que se produce una mejora sustancial en el número de informes excepcionales.

Finalmente se va a evaluar la consecución de los objetivos específicos declarados en el capítulo introductorio: identificar el problema, conocer el estado actual del arte, evaluar los inputs, proponer la metodología, implementar la herramienta y evaluar la herramienta.

1. Identificar el problema

En el capítulo segundo se ha desarrollado un estudio de la compañía. Y se ha detectado el retraso de la misma con respecto a sus competidores en términos de automatización y estandarización de la gestión de compras.

2. Conocer el estado actual del arte

En el capítulo tercero se han estudiado diferentes sistemas de producción, concluyendo con la visión de cómo la empresa aeronáutica de referencia -Airbus Group- soluciona los inconvenientes con los que Sevilla Control se ha encontrado.

3. Evaluar los inputs

En el capítulo cuarto se ha estudiado si las soluciones anteriores son aplicables a las necesidades y requisitos de Sevilla Control.

4. Proponer la metodología

En el capítulo quinto se han seleccionado las herramientas de Gestión más adecuadas mediante una matriz de decisión, y, se ha propuesto metodología de implementación.

5. Implementar la herramienta

En el capítulo sexto se han desarrollado las herramientas en Microsoft Excel y se ha implantado en la compañía.

6. Evaluar la herramienta

Y por último en el capítulo séptimo se han estudiado los resultados de las mediciones del KPI desarrollado: número de informes excepcionales.

Se ha comprobado que este proyecto cumple con todos los objetivos. Gracias a él Sevilla Control continúa en su camino de mejorar con el fin de aumentar sus beneficios y posicionarse en el mercado.

Una vez el proyecto se haya completado e implantado correctamente en la empresa, supondrá los siguientes beneficios:

- Se reducirán los atrasos en las entregas del producto final causados por una mala gestión de compras de materias primas.
- Se estandarizará la cartera de productos.
- Se reducirán los costes de almacenamiento reduciendo los niveles de inventario.
- Se automatizará la mayoría de las tareas del departamento de Compras, haciendo así más sencillo el trabajo de los integrantes del mismo.
- Se reducirá el precio unitario de las materias primas incluyendo más fabricantes que distribuidores en el catálogo de proveedores.
- Se dispondrá de una previsión fiable que permita negociar condiciones de precios y Lead Time con proveedores.
- Se disminuirán los costes asociados al transporte mediante la gestión por lotes.

## 9 REFERENCIAS

---

- [1] Bowersox, D., & Cooper, M. B., & Closs D. (2013). *Supply chain logistics management*. (4<sup>th</sup> ed., international edition). New York: McGraw-Hill.
- [2] Companys Pascual, R., & Fonollosa i Guardiet, J. B. (1989). *Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT*. Barcelona: MArcombo.
- [3] Cuatrecasas, L. (2016). *Claves del lean management en tiempos de máxima competitividad: como gestionar en la práctica una empresa altamente competitiva*. Barcelona: Profit.
- [4] Flores B. E., & Whybark C. (1987). *Implementing multiple criteria ABC analysis*. En J. of Operations Management. (pp. 79-86).
- [5] Greene J. H. (1997). *Production and inventory control handbook*. (3<sup>rd</sup> ed.). McGraw-Hill.
- [6] Groover, M. P. (1939). *Automation, production systems, and computer integrated manufacturing*. (3<sup>rd</sup> ed.). Upper Saddle River, N.J. : Prentice Hall.
- [7] Grupo Sevilla Control. 5 de Septiembre de 2018. <http://www.gasc.es/>
- [8] Heizer, J., & Render B. (2015). *Dirección de la producción y de operaciones: decisiones tácticas*. (11<sup>a</sup> ed.). Madrid: Pearson Educación.
- [9] Lasa Gómez, C., & Álvarez García, A., & de las Heras del Dedo, R. (2017). *Métodos ágiles: Scrum, Kanban y Lean*. Madrid: Anaya Multimedia.
- [10] Lean Manufacturing, la experiencia. 19 de Septiembre de 2018. [https://www.diariodecadiz.es/cadiz\\_crear\\_crear/Lean-Manufacturing-experiencia\\_0\\_687231741.html](https://www.diariodecadiz.es/cadiz_crear_crear/Lean-Manufacturing-experiencia_0_687231741.html). Pablo Llorente - Responsable de Lean en la planta de Airbus de Puerto Real.
- [11] Lunn, T., & Neff S. A. (1992). *MRP: Integrating material requirements planning and modern business*. Chicago: Irwin.
- [12] Onieva Giménez, L., & Escudero Santana, A., & Cortés Achedad, P., & Muñuzuri Sanz, J., Guadix Martín J. (2017). *Diseño y gestión de sistemas productivos*. Madrid: Dextra.
- [13] Prado Prado, J. C. (2017). *Manual de gestión productiva*. Vigo: Reproglicia Ediciones.
- [14] Stephens, Matthew P., & Meyers, F. E. (2013). *Manufacturing facilities design and material handling*. (5<sup>th</sup> ed.). Upper Saddle River, N.J. : Prentice Hall.