



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL,
PROPUESTA DE METODOLOGÍA Y DISEÑO
DE UNA HERRAMIENTA PARA EL
EQUILIBRADO DE CARGAS DE TRABAJO
EN UNA LÍNEA DE ENSAMBLAJE DE
ASIENTOS DE AUTOMÓVIL EN LEAR
CORPORATION (ALMUSSAFES)**

AUTOR: MIGUEL FERNÁNDEZ CABALLERO

TUTOR: JULIEN MAHEUT

Curso Académico: 2018-19



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dar las gracias a la Universidad Politécnica de Valencia y a Lear Corporation por darme la oportunidad de hacer este Trabajo de Fin de Máster, que culmina mi formación como ingeniero industrial.

La realización de este trabajo me ha servido para profundizar en temas desarrollados durante el máster de Ingeniería Industrial, en concreto en la especialidad de Organización y Gestión, pudiendo llevar todo esto a un entorno dentro del sector de la automoción.

Las fuerzas que pensaba que me iban a faltar han aparecido de lugares que no esperaba. Quiero agradecer a mi familia, en especial a mi madre y a mi padre, que ha hecho posible que esté aquí escribiendo estas líneas. Ellos me han apoyado siempre en los momentos más difíciles de la carrera y han estado siempre ahí poniendo una buena cara o dándome unas bonitas palabras.

Por otro lado, no puedo dejar de dar las gracias a mi tutor Julien Maheut, por su constante paciencia y ayuda en el transcurso del proyecto. Además, gracias a José Pedro García Sabater que me dio la oportunidad de entrar en la empresa en la que estoy actualmente y donde he desarrollado el proyecto. Cabe decir que estos dos profesores sin duda han marcado un antes y después en el concepto de enseñanza que tenía, transmitiendo la ingeniería de un modo tan innovador.

Dar las gracias a todos los profesores que he tenido en el máster porque cada uno me ha aportado algo muy positivo y que valoro mucho. Ya no solo las enseñanzas de cada uno, sino que lo que realmente importa es su comportamiento y cómo nos han enseñado.

Por último, un agradecimiento especial a la gente de Lear Corporation, Jacinto Aparici y todo el personal de producción que me ha ayudado a obtener todos los conocimientos que he necesitado para llevar a cabo el proyecto, respondiendo siempre con buena cara a mis numerosas preguntas e inquietudes.

Gracias a todas aquellas personas que se han cruzado en mi camino a lo largo de la carrera y que me han aportado algo valioso. Gracias por estar ahí y por dejarme ser como soy.



Análisis de la situación actual, Propuesta de metodología y diseño de una herramienta para el equilibrado de cargas de trabajo en una línea de ensamblaje de asientos de automóvil en Lear Corporation en Almussafes.



RESUMEN

El Trabajo tiene como objetivo establecer una metodología para el cálculo de necesidades de personal y el equilibrado de cargas de trabajo en una línea de montaje de asientos para el automóvil en Lear Corporation en el polígono de Almussafes, proveedor de Ford Valencia.

Actualmente hay un gran volumen de producción de Ford en Valencia junto con una amplia gama de opciones de vehículos y variantes, con una frecuencia de cambio en cuanto a mezcla y volumen intensa de semana a semana. Esto conjunto con un sistema de riguroso Just In Time para el aprovisionamiento de material provoca que los proveedores tengan numerosos cambios de proceso en periodos cortos de tiempo.

Debido a toda esta problemática se plantea como objetivo en este TFM el desarrollo de una metodología para manejar los cambios de proceso en la línea de montaje de una manera eficiente.

A través de esta herramienta se introducirán datos de entrada como podrán ser el volumen previsto de producción para la semana, junto con la mezcla en porcentaje para cada tipo de vehículo. Con esta herramienta se pretende obtener outputs como operaciones asignadas a cada puesto de trabajo y operarios a puestos, que serán cambiados de acuerdo con unas condiciones óptimas buscadas.

The main goal of this project consists of stablishing a methodology for the personnel necessities calculations and distribution of workload in a seat assembly line in Lear Corporation at Almussafes Industrial area, supplier of Ford Valencia.

Currently there is a large volume of production in Valencia along with a wide range of vehicle options and variants, with a huge variability in terms of mix and volume from week to week. This combined with a rigorous Just In Time system force suppliers to be capable of changing their processes in shorts periods of time. Due to all these problems, the objective of this TFM is to develop a methodology to handle the process changes in the assembly line in an efficient manner.

Through this tool, there will be some input data, such as the expected production volume for the week, together with the percentage mix for each type of vehicle. This tool aims to obtain outputs such as operations assigned to each job and operators to positions, which might be modified according to optimal conditions sought.

El Treball té com a objectiu establir una metodologia per al càlcul de necessitats de personal i l'equilibrat de càrregues de treball en una línia de muntatge de seients per a l'automòbil en Lear Corporation en el polígon d'Almussafes, proveïdor de Ford València.

Actualment hi ha un gran volum de producció de Ford a València junt amb una àmplia gamma d'opcions de vehicles i variants, amb una freqüència de canvi quant a mescla i volum intensa de setmana a setmana. Açò conjunt amb un sistema de rigorós Just In Estafe per a l'aprovisionament de material provoca que els proveïdors tinguen nombrosos canvis de procés en períodes curts de temps. A causa de tota esta problemàtica es planteja com a objectiu en este TFM el desenrotllament d'una metodologia per a manejar els canvis de procés en la línia de muntatge d'una manera eficient.

A través d'esta ferramenta s'introduiran dades d'entrada com podran ser el volum previst de producció per a la setmana, junt amb la mescla en percentatge per a cada tipus de vehicle. Amb esta ferramenta es pretén obtindre outputs com a operacions assignades a cada lloc de treball i operaris a llocs, que seran canviats d'acord amb unes condicions òptimes buscades.



Análisis de la situación actual, Propuesta de metodología y diseño de una herramienta para el equilibrado de cargas de trabajo en una línea de ensamblaje de asientos de automóvil en Lear Corporation en Almussafes.





ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Objeto del proyecto	1
1.2.	Antecedentes	2
1.3.	Justificación	3
2.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	5
2.1.	Introducción	5
2.2.	Lear Corporation	5
2.3.	Lear Valencia	7
2.4.	Organigrama Lear Valencia	8
2.5.	Descripción de la planta y su proceso de fabricación	8
2.6.	Logística interna	12
2.7.	Logística externa	15
2.8.	Conclusiones	16
3.	REVISIÓN TEÓRICA DE LOS ASPECTOS RELACIONADOS CON EL PROBLEMA.....	17
3.1.	Introducción	17
3.2.	Estandarización del trabajo.....	17
3.3.	Lean Manufacturing	20
3.4.	Medición de tiempos	21
3.5.	Equilibrado de puestos de trabajo	24
3.6.	Conclusiones	24
4.	ANÁLISIS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN FORD-LEAR	25
4.1.	Introducción	25
4.2.	Descripción del proceso de producción semanal.....	26
4.3.	Definición de las ordenes de trabajo	29
4.4.	Bill of Materials (BOM).....	32
4.5.	Demanda Ford.....	33
4.6.	Comunicación Ford-Lear	34
4.7.	Conclusiones	36
5.	ANÁLISIS DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN.....	37
5.1.	Introducción	37
5.2.	Planificación de la producción	37
5.3.	Control de la producción.....	39
5.4.	Descripción del proceso de balanceo de cargas de trabajo actual	40
5.5.	Análisis de variabilidad en la demanda	43
5.6.	Comparativa Planificación-Demanda	48
5.7.	Conclusiones	53



6.	PROPUESTA DE METODOLÓGIA.....	55
6.1.	Introducción	55
6.2.	Análisis demanda Ford	57
6.2.1.	Introducción	57
6.2.2.	Inputs.....	57
6.2.3.	Outputs.....	58
6.2.4.	Aplicaciones.....	59
6.2.5.	Usuarios.....	60
6.2.6.	Descripción de la herramienta	61
6.2.7.	Conclusiones.....	61
6.3.	Cálculo de las necesidades de personal	61
6.3.1.	Introducción	61
6.3.2.	Inputs.....	62
6.3.3.	Output	66
6.3.4.	Aplicaciones.....	67
6.3.5.	Usuarios.....	68
6.3.6.	Descripción de la herramienta	68
6.3.6.1.	Modelo matemático de la herramienta	68
6.3.6.2.	Fases	70
6.3.6.3.	Heurísticas asignación operaciones a estaciones de trabajo.....	75
6.3.6.4.	Comparativas heurísticas.....	75
6.3.7.	Conclusiones.....	76
6.4.	Control producción	77
6.4.1.	Introducción	77
6.4.2.	Inputs.....	77
6.4.3.	Outputs.....	79
6.4.4.	Usuarios.....	80
6.4.5.	Aplicaciones.....	81
6.4.6.	Conclusiones.....	81
6.5.	Resultados.....	81
6.6.	AMFE	82
6.7.	Conclusiones	84
7.	CONCLUSIONES.....	85
8.	ANEXOS.....	87
9.	PRESUPUESTO.....	97
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	109

INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Organigrama Lear Valencia	Fuente: Lear Corporation 8
Figura 2-2: Asientos traseros Transit Connect (V408)	Fuente: Elaboración propia 9
Figura 2-3: Respaldos traseros Mondeo (CD391)	Fuente: Elaboración propia 10
Figura 2-5: Cojines traseros mondeo (CD391)	Fuente: Elaboración Propia 9
Figura 2-6: Asiento delantero Transit Connect (V408)	Fuente: Elaboración propia 10
Figura 2-7: Asiento delantero SMax (CD4.2)	Fuente: Elaboración propia 11
Figura 2-8: Asiento delantero Mondeo (CD391)	Fuente: Elaboración propia..... 11
Figura 2-9: Layout Lear Valencia	Fuente:Lear Corporation 12
Figura 2-10:Transpaleta ruta aprovisionamiento	Fuente: Elaboración propia 13
Figura 2-11: Estantería Kitting	Fuente: Elaboración propia 13
Figura 2-12: Pantalla petición de material	Fuente: Elaboración propia 14
Figura 2-13: Contenedor material producción	Fuente: Elaboración propia..... 14
Figura 2-14: Carro secuenciado de guías (línea CD391+4.2)	Fuente: Elaboración propia 15
Figura 2-15: Almacén principal de planta	Fuente: Elaboración propia 16
Figura 3-1: Ejemplo formato Ayuda Visual	Fuente: Lear Valencia 18
Figura 3-2: Standard Work Instructions	Fuente: Lear Valencia 19
Figura 4-1: Diagrama imputación vehículo	Fuente: Elaboración propia 26
Figura 4-2: BPMN Proceso semanal Manufacturing-Calidad	Fuente: Elaboración propia..... 27
Figura 4-3: Tipos de buffer	Fuente: Elaboración propia 28
Figura 4-4: Status del asiento en el proceso de fabricación	Fuente: Lear Valencia 31
Figura 4-5: Ejemplo códigos EOC y Broadcast	Fuente: Lear Valencia 32
Figura 4-6: Broadcast Code CD391	Fuente: Lear Valencia..... 32
Figura 4-7:Ejemplo información ILVS	Fuente: Lear Valencia..... 34
Figura 4-8: Esquema comunicación Ford-Lear	Fuente: Elaboración propia 36
Figura 5-1:Programación producción	Fuente: Lear Corporation 38
Figura 5-2: Layout zonas Línea A	Fuente: Elaboración propia 40
Figura 5-3: Comparativa fecha esperada de fabricación y fecha real	Fuente: Elaboración propia 49
Figura 5-4: Ordenes retrasadas 5 días según la fecha	Fuente: Elaboración Propia 50
Figura 5-5: Ordenes retrasadas 6 días según la fecha	Fuente: Elaboración propia 50
Figura 5-6: Comparativa Datamart-ILVS-Producción Línea A	Fuente: Elaboración propia 51
Figura 5-7: Comparativa Datamart-ILVS-Producción Línea B	Fuente: Elaboración propia 52
Figura 6-1: BPMN metodología propuesta	Fuente: Elaboración propia 56
Figura 6-2: Herramienta de previsión de la demanda	Fuente: Elaboración Propia 57
Figura 6-3: Datos obtenidos del informe de ILVS	Fuente: Elaboración propia 58
Figura 6-4: Fecha prevista de fabricación (Herramienta ILVS)	Fuente: Elaboración Propia 58
Figura 6-5: Status de la orden de trabajo (Elaboración Propia)	Fuente: Elaboración Propia 58
Figura 6-6: Resumen de opciones por modelo CDs	Fuente: Elaboración Propia..... 59
Figura 6-7: Resumen de opciones por modelo V408	Fuente: Elaboración Propia 59
Figura 6-8: Volumen de modelos por día de producción	Fuente: Elaboración propia 60
Figura 6-9: Opciones traseros pendientes para el día 11/9	Fuente: Elaboración Propia 60
Figura 6-10: Split de las opciones del Broadcast Code	Fuente: Elaboración Propia 61
Figura 6-11: BPMN Herramienta cálculo de necesidades de personal	Fuente: Elaboración Propia 62
Figura 6-12: Línea de varios productos	Fuente: Lear Corporation 62
Figura 6-13: Volumen por modelo	Fuente: Elaboración Propia 62
Figura 6-14: Opciones por modelo	Fuente: Elaboración Propia..... 63



Figura 6-15: Objetivo eficiencia	Fuente: Elaboración Propia 63
Figura 6-16: Tiempos por operación	Fuente: Elaboración Propia 63
Figura 6-17: Operaciones RS V408 agrupadas	Fuente: Elaboración Propia..... 64
Figura 6-18: Relaciones de precedencia	Fuente: Elaboración Propia..... 64
Figura 6-19: Diagrama flujo "Algoritmo de llenado"	Fuente: Elaboración propia 70
Figura 6-20: D. flujo "Asignación de operaciones a estaciones"	Fuente: Elaboración Propia 72
Figura 6-21: Análisis tiempos por modelo	Fuente: Elaboración Propia 73
Figura 6-22: "Headcount calculation" en función del volumen	Fuente: Elaboración Propia 73
Figura 6-23: D.flujo "Asignación de estaciones a operarios"	Fuente: Elaboración Propia 74
Figura 6-24: Resultados algoritmo real (443s/coche)	Fuente: Elaboración Propia 74
Figura 6-25:Diagrama de flujo(Herramienta Control de Producción)	Fuente: Elaboración Propia 77
Figura 6-26: ILVS Expected Build Dates	Fuente: Lear Corporation 78
Figura 6-27: Fecha de fabricación (H. Control de la Producción)	Fuente: Elaboración Propia 78
Figura 6-28: Opción Broadcast Code (H. Control de la Producción)	Fuente: Elaboración Propia.... 78
Figura 6-29: Indicadores (Herramienta Control de la Producción)	Fuente: Elaboración Propia 80
Figura 6-30: Metodología actual Departamento de Manufacturing	Fuente: Elaboración Propia 84

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Descripción de los departamentos y sus funciones	Fuente: Elaboración propia..... 8
Tabla 3-1: Técnicas de la Ingeniería de Tiempos Postgrado EIA, Número 8.....	Fuente: Revista Soluciones de 22
Tabla 3-2: Codificación Most Measurement Systems (2003)	Fuente: MOST Work 23
Tabla 3-3: Índices movimientos generales MOST Measurement Systems (2003)	Fuente: MOST Work 23
Tabla 4-1: Estados de VIN	Fuente: Elaboración propia .. 30
Tabla 4-2: Ejemplo demanda semanal Ford	Fuente: Lear Valencia 34
Tabla 4-3: Software que gestionan la comunicación Ford-Lear	Fuente: Elaboración Propia .. 35
Tabla 5-1: Formato producción diaria Jefes de Turno	Fuente: Lear Corporation 39
Tabla 5-2: Opciones asientos según modelo (%)	Fuente: Elaboración propia .. 41
Tabla 5-3: Variabilidad opciones fabricación CD391	Fuente: Elaboración propia .. 44
Tabla 5-4: Variabilidad opciones de fabricación CD4.2	Fuente: Elaboración propia... 44
Tabla 5-5: Variabilidad opciones de fabricación V408	Fuente: Elaboración propia .. 45
Tabla 5-6: Tiempos extra por opción Línea A	Fuente: Elaboración propia .. 46
Tabla 5-7: Tiempos extra por opción Línea B	Fuente: Elaboración propia . 47
Tabla 5-8: Características ILVS-DataMart	Fuente: Elaboración propia .. 48
Tabla 5-9: Comparativa fuentes previsión de la demanda	Fuente: Elaboración propia.. 48
Tabla 5-10: Muestra cálculo desviaciones previsión-producción	Fuente: Elaboración propia . 51
Tabla 5-11: Indicadores comparativa fuentes demanda Línea A	Fuente: Elaboración propia . 51
Tabla 5-12: Indicadores comparativa fuentes demanda Línea B	Fuente: Elaboración propia . 53
Tabla 6-1: Agentes intervinientes en el proceso	Fuente: Elaboración Propia . 56
Tabla 6-2: Inputs herramienta de planificación	Fuente: Elaboración Propia. 57
Tabla 6-3: Definición de los agentes y usos de la h.a de planificación	Fuente: Elaboración Propia . 60
Tabla 6-4: Clasificación en función de las estaciones de trabajo	Fuente: Elaboración Propia 65
Tabla 6-5: Posiciones posibles del asiento en la línea principal	Fuente: Elaboración propia 65
Tabla 6-6: Limitaciones de estaciones	Fuente: Elaboración Propia 65
Tabla 6-7: Distribución de operaciones en estaciones	Fuente: Elaboración Propia. 66
Tabla 6-8: Carga de trabajo por operario	Fuente: Elaboración Propia . 66
Tabla 6-9: Indicadores eficiencia	Fuente: Elaboración Propia . 67
Tabla 6-10: Procesos para distintos volúmenes	Fuente: Elaboración Propia . 67
Tabla 6-11: Gestión operaciones (Cálculo de necesidades de personal)	Fuente: Elaboración propia . 68
Tabla 6-12: Usuarios y aplicación herramienta C.Necesidades	Fuente: Elaboración Propia . 68
Tabla 6-13: Resultados comparativa algoritmo llenado	Fuente: Elaboración propia . 71
Tabla 6-14: Resultados algoritmo llenado (2)	Fuente: Elaboración propia . 71
Tabla 6-15: Asignación de operarios a estaciones (Takt=320s/coche)	Fuente: Elaboración Propia. 74
Tabla 6-16: Heurísticas constructivas aplicada	Fuente: Elaboración Propia . 75
Tabla 6-17: Comparativa algoritmos 1-2	Fuente: Elaboración propia 75
Tabla 6-18: Comparativa algoritmos 3 y 4	Fuente: Elaboración propia . 76
Tabla 6-19: Outputs herramienta de control de la producción	Fuente: Elaboración Propia 79
Tabla 6-20: Control producción Línea B	Fuente: Elaboración Propia . 79
Tabla 6-21: Control producción Línea A	Fuente: Elaboración Propia. 80
Tabla 6-22: Usuarios herramienta de control de la producción	Fuente: Elaboración Propia . 81



Análisis de la situación actual, Propuesta de metodología y diseño de una herramienta para el equilibrado de cargas de trabajo en una línea de ensamblaje de asientos de automóvil en Lear Corporation en Almussafes.



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto del proyecto

En el presente trabajo final de máster se tiene como objeto el diseño de una serie de herramientas integradas de planificación, gestión y control de la producción y procesos, basada en modelos de optimización combinatoria para la planta de asientos de *Lear Corporation*.

En el desarrollo del proyecto se ponen en práctica conocimientos adquiridos a lo largo del grado de ingeniería en tecnologías industriales, así como en mayor medida los estudiados más en profundidad en el máster de ingeniería industrial con especialidad en Organización y Gestión Industrial. Además, debido al carácter específico dentro de un entorno industrial tan concreto como puede ser una planta de montaje en el sector de la automoción destaca el aspecto práctico.

En particular se aplican los conocimientos adquiridos en asignaturas como Dirección de Operaciones o Métodos Cuantitativos para la Organización Industrial, o *Lean Manufacturing*, combinados con lo aprendido a través de la experiencia profesional que aporta el trabajar en un entorno industrial como el de la automoción, trabajando con único cliente en secuencia, *Ford Valencia*.

Los objetivos principales que se buscan dentro del proyecto a lo largo de su desarrollo son los siguientes:

1. Optimizar el proceso de planificación de la producción para conseguir:
 - a. Disminuir el tiempo invertido en la planificación.
 - b. Aumentar el tiempo disponible para la planificación de los procesos semanales.
 - c. Reducir la variabilidad en la producción.
 - d. Mejorar el *input* para la planificación de los procesos semanales
2. Proporcionar un sistema de gestión de los análisis MOST de las operaciones definidas en el proceso de fabricación para conseguir:
 - a. Facilitar el acceso y control de las operaciones.
 - b. Centralizar la información.
3. Mejorar el proceso de planificación de las necesidades de personal y definición de los procesos de fabricación para conseguir:
 - a. Disminuir las desviaciones de carga de trabajo entre los distintos puestos de la línea.
 - b. Aumentar la eficiencia de los procesos.
 - c. Agilizar el proceso de planificación.
 - d. Optimizar la capacidad de la línea de producción.
4. Optimizar el proceso control de la producción.
 - a. Sentar una base para la comparación de planificación-producción.

b. Agilizar el proceso de control de la producción.

Junto con estos objetivos generales se tratará de desarrollar todos los conceptos relacionados con el funcionamiento del sistema de información Lear-Ford de cara a tener una mejor visión de lo necesario para diseñar los procesos necesarios para alcanzar los objetivos planteados.

Para llegar a esta finalidad se utilizarán los conocimientos adquiridos a lo largo del grado y máster de ingeniero industrial y más en concreto en la especialidad de Organización y Gestión Industrial. Para la realización del proyecto se han necesitado conocimientos de: “Lean Manufacturing”, “Programación Matemática”, “Métodos Cuantitativos”, “Sistemas de Información”:

1.2. Antecedentes

El sistema de producción Toyota es un sistema integral de producción y gestión relacionado con la empresa de la automoción Toyota. En su comienzo fue diseñado para fabricar de coches y su comunicación con proveedores y consumidores. Este sistema es el gran precursor del conocido *Lean Manufacturing*.

Este sistema básicamente consiste en la producción “justo a tiempo” o *Just In Time*, producir solo lo necesario, en el momento justo y la cantidad adecuada. Este sistema abre un abanico de posibilidades hasta entonces poco habitual para el cliente, pudiendo este elegir las características de su producto y tener este a su disposición en un periodo de tiempo escaso.

El *Just in Time* se basa en 3 principios: sistema *Pull*, el flujo continuo y el *Takt Time*:

- Sistema Pull: cada proceso tira o exige del siguiente proceso productivo y así sucesivamente hasta llegar a los almacenes de materia prima de la empresa o proveedores. De esta manera se alinea toda la cadena de suministro y se fabrica lo que realmente se necesita (Arbós, 2012).
- Flujo Continuo: Una pieza de trabajo debe fluir a lo largo de la cadena de valor de manera constante, sin detenerse, manteniendo un constante aporte de operaciones con valor añadido.
- Takt Time: Marca la velocidad a la que debemos ir para poder cumplir con los requerimientos del cliente. Un exceso de ritmo desencadenará tiempos de espera, movimientos en producción, exceso de producto terminado, mientras que un tiempo de ciclo inferior al Takt provocará horas extras, turnos adicionales...
- Heijunka: Es el medio utilizado para adaptar el flujo de producción al comportamiento de la demanda, consiste en nivelar la carga de trabajo para tener un buen flujo de producto.

Toda la filosofía del *Toyota Production System* y el *Just In Time* sirve de base para el desarrollo del proyecto. Por otro lado, si atendemos a nivel general las líneas de montaje de la industria presentan una gran complejidad.

La primera complicación que suele darse es la necesidad de montar un gran número de modelos y variantes en una misma línea de producción, debido a las continuas variaciones del mercado. Otro gran reto es el de adecuar un nivel de utilización del personal y de los recursos eficiente a las distintas situaciones de la producción.

En este escenario aparece el equilibrado de cargas de trabajo. con el objetivo de incrementar la eficiencia y reducir los costes operativos de la línea. Actualmente existen numerosos métodos para realizar esto: exactos, heurísticas, metaheurísticas, simulaciones...

El equilibrado de cargas de trabajo en una línea de producción donde se fabrica más de un modelo es habitualmente tratado con la ponderación y las medias entre los distintos modelos. Una correcta distribución de la carga de trabajo reduce *waste*, tiempos muertos, movimientos de operarios, stocks y reduce los costes de producción.

Uno de los métodos más conocidos es el de modelos matemáticos muy complejos, pero debido a la enorme cantidad de datos y a las altas expectativas se suelen utilizar algoritmos heurísticos.

1.3. Justificación

El proyecto se plantea en el contexto de un entorno continuamente cambiante, la automoción. Actualmente existe una gran incertidumbre acerca del rumbo que tomará el sector, con la incipiente entrada de vehículos con combustibles alternativos a los habituales como diésel o gasolina. Es primordial estar capacitado para adaptarse de forma ágil sin perder calidad de producto o eficiencia de planta.

La necesidad de las empresas a adaptarse a entornos cambiantes con volúmenes de producción y productos continuamente variables es enorme. Actualmente en Lear Corporation existen 4 modelos de producto distintos con volúmenes de producción totalmente distintos, existen 2 ingenieros de procesos a cargo de realizar las planificaciones de personal y procesos.

Debido al alto volumen de información, variabilidad en los volúmenes u opciones, el proceso de planificación del proceso se puede hacer pesado para los ingenieros de procesos. Surge la necesidad de crear un proceso más rápido y flexible de cara a poder centrarse más en proyectos

El Director de Operaciones es el encargado de planificar los volúmenes y mezclas de producción para que los ingenieros de procesos planifiquen los procesos y necesidades de personal. En esta figura también surge la necesidad de mejorar la información de la que se obtienen las planificaciones, existen varias fuentes del cliente desde las cuales se puede sacar esta información.

En general debido a los altos volúmenes de información y a lo cambiante del entorno surge la necesidad de crear unos procesos ágiles y eficientes para poder ser competitivos dentro del sector.



Análisis de la situación actual, Propuesta de metodología y diseño de una herramienta para el equilibrado de cargas de trabajo en una línea de ensamblaje de asientos de automóvil en Lear Corporation en Almussafes.



2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1. Introducción

En este capítulo se plantea como objetivo describir la situación y el entorno de la empresa en los ámbitos nacional e internacional. Además, se describe la forma de trabajar a nivel interno operando a través de un único cliente.

Se describe brevemente la forma de operar dentro de la planta de Valencia, siendo esta una empresa pionera en trabajar en un sistema *Just In Time* con *Ford*, junto con todo lo que esto implica. Se trata la forma de llevar esta situación en términos logísticos dados los altos requerimientos existentes con esta forma de trabajar.

Se abordan a continuación los siguientes puntos:

- **Lear Corporation:** Explicación breve de lo que representa la marca *Lear* a nivel corporativo
- **Lear Valencia:** Análisis histórico de la planta de producción de asientos de Valencia.
- **Organigrama:** Se expone la estructura organizativa dentro de la planta de Valencia, la jerarquía de puestos dentro de los distintos departamentos.
- **Cliente:** Un único cliente *Ford*.
- **Descripción de la planta:** Análisis breve de la forma de trabajar con un único cliente dentro de la planta de Valencia.
- **Logística interna:** Análisis del flujo de materiales a nivel interno de la planta de Valencia.
- **Logística externa:** Explicación de cómo se realiza el aprovisionamiento de materiales a la planta de producción de asientos.

2.2. Lear Corporation

Lear fue fundada en 1917 en Detroit con el nombre de *American Metal Products*, es un fabricante de conjuntos de asientos y otros componentes para la industria automovilística y la industria de la aviación.

Lear llevó a cabo una oferta pública de venta inicial en 1994 y se convirtió en un proveedor global a través de un crecimiento orgánico y una serie de adquisiciones. Es un proveedor de Nivel 1 de dos sistemas fundamentales para la industria automovilística global: sistemas de gestión de la energía eléctrica y asientos.

Suministra productos a prácticamente todas las fabricas automovilísticas más importantes del mundo, y puede encontrarse productos de *Lear* en más de 300 marcas de automóviles distintas.

El éxito del equipo de *Lear* está impulsado por un enfoque constante hacia el servicio al cliente y el mantenimiento de la excelencia en todas las operaciones a nivel global. Es líder mundial en montaje de asientos con una fuerte y creciente participación de mercado en todas las regiones importantes incluyendo China.

Lear dispone de capacidad para realizar todos y cada uno de los componentes del asiento, incluyendo corte y confección de tela, tapicerías de cuero, permitiendo así, el más alto nivel de calidad en sus productos.

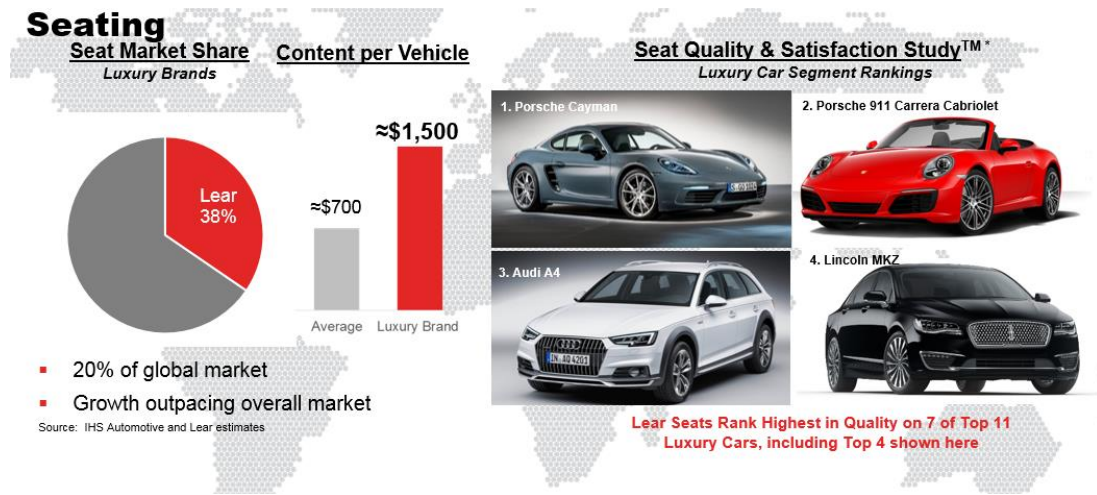


Figure 2-1: Mercado ocupado por Lear Seating

Fuente: Lear Corporation

En cuanto a la división de sistema electrónicos, *Lear* es líder mundial en energía eléctrica y gestión de datos con gran experiencia en sistema electrónicos y eléctricos. Además de esto, tiene capacidad para adaptarse a la demanda de nuevo contenido electrónico y *software* impulsado por las tendencias en seguridad y ahorro de combustible.

Cuenta con una posición única para crecer con mega-tendencias de electrificación y conectividad de vehículos con módulos de distribución eléctrica y *Gateway*, así como amplia experiencia en ciberseguridad.



Figure 2-2: Electrical systems Fuente: Lear Corporation

2.3. Lear Valencia

A finales de 1994 se instaló en el polígono Industrial Rey Juan Carlos I el primer proveedor de *Ford Valencia*, en este caso *Johnson Controls*, la planta que posteriormente pasaría a formar parte de *Lear Corporation*.

El hecho de que se instalara una planta a tan solo 300m de la planta de montaje de Ford, y con la premisa de trabajar y servir a un solo cliente supuso en 1994 un acontecimiento sin precedente en la Comunidad Valenciana.

La principal novedad y hecho diferencial no sólo fue el estar situado junto al cliente, ni el construir una planta para un único cliente, sino la filosofía que había detrás de todo ello. Se trataba de implantar el suministro *Just In Time* en su máxima expresión: trabajar para un único cliente, produciendo a su mismo ritmo, integrando ambas líneas de producción y garantizando unos plazos de entrega inferiores a los 90 minutos desde que el producto entra en línea de montaje.

Para lograrlo la planta se conectó al Ford mediante un túnel de suministro, denominado *conveyor* o *electrovía*, que ahorra costes de transporte y evitaba operaciones de carga, descarga y almacenaje, y le proporcionaba la posibilidad de entregar los asientos en la misma secuencia que *Ford* fabricaba los vehículos y en el momento exacto en que se terminaba el montaje del coche.

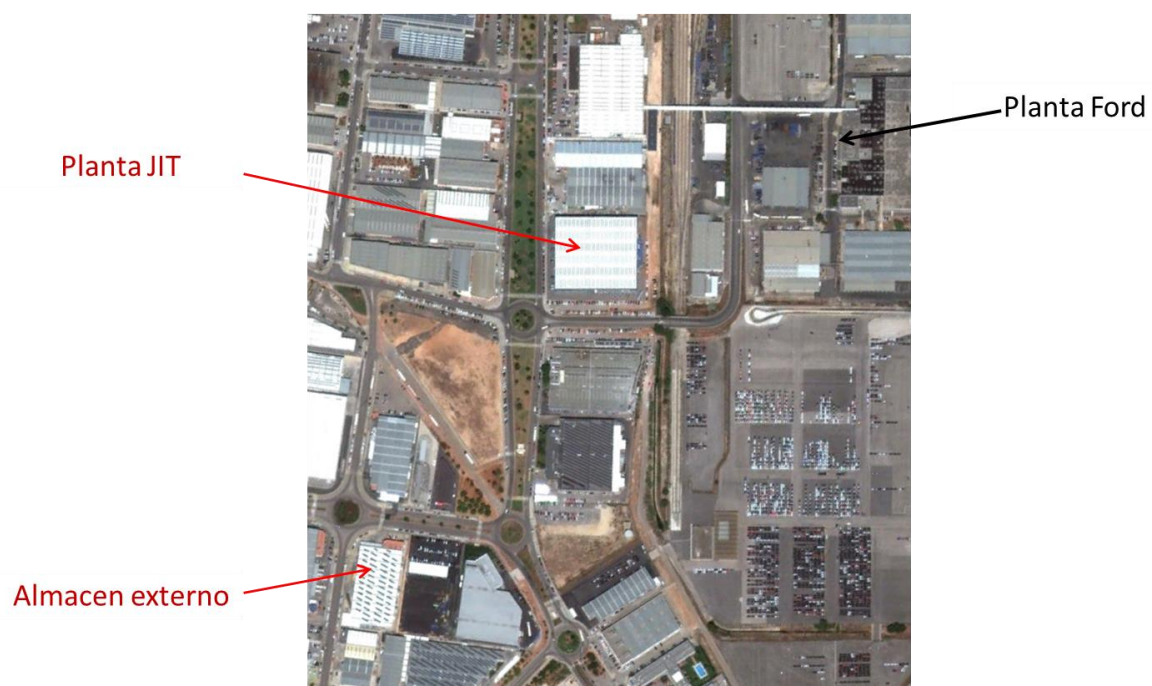


Figure 2-3: Planta JIT Fuente: Elaboración propia

En esta planta se producen los asientos para los modelos: V408, *Transit Connect*, *Mondeo*, *Smax* & *Galaxy*. La producción diaria estimada es aproximadamente:

- **V408 - Connect** (585 unidades por día)
- **CD391 - Mondeo +CD4.2 Galaxy-Smax** (500 unidades por día)
- Empleados: 450

2.4. Organigrama Lear Valencia

La Planta de *Lear* Valencia está estructurada de la siguiente manera; compuesta de 9 departamentos:

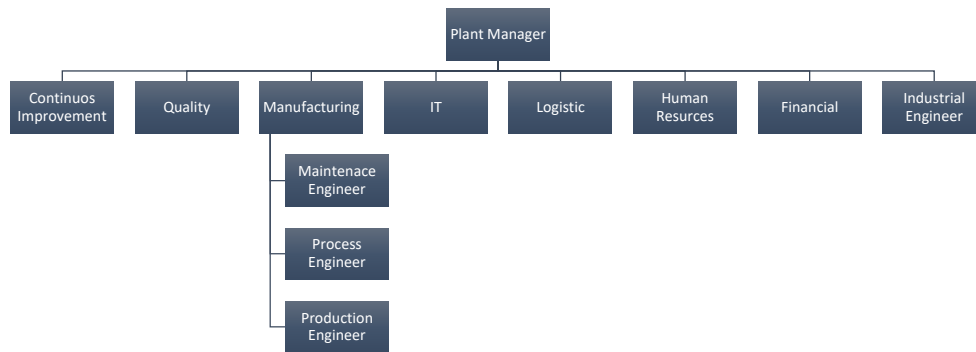


Figura 2-1: Organigrama Lear Valencia Fuente: Lear Corporation

Entrando algo más en detalle se podría describir brevemente las funciones de los departamentos (Figura 2-1) de acuerdo a la Tabla 2-1.

NOMBRE DEPARTAMENTO	FUNCIÓN
MATERIALES	Gestión y suministro del material necesario para producción
FINANZAS	Gestión de los movimientos económicos de planta
RECURSOS HUMANOS	Gestión del personal de la empresa
IT	Gestión y mantenimiento de los sistemas informáticos y aplicaciones
MANUFACTURING	Gestión de la demanda y producción del producto, mantenimiento de la maquinaria y diseño del proceso
MEJORA CONTINUA	Identificar y acabar con las ineficiencias del proceso productivo
CALIDAD	Control del producto final y de los materiales
INGENIERÍA	Gestión de nuevos lanzamientos y maquinaria necesarios.

Tabla 2-1: Descripción de los departamentos y sus funciones

Fuente: Elaboración propia

2.5. Descripción de la planta y su proceso de fabricación

En este caso dentro de la misma planta se producen los siguientes tipos de vehículos, agrupando en asientos traseros y delanteros:

-Traseros:

-Furgoneta *Transit Connect (V408)*: Para este modelo se fabrican los asientos del coche al completo, tanto delanteros como traseros (Figura 2-4). La complejidad de este es bastante

alta, existen 4 modelos: *LWB*, *SWB*, *TAXI* y *Capitan Chair*. Se fabrica en una línea de montaje diferenciada debido a las distintas opciones que presenta.



Figura 2-2: Asientos traseros Transit Connect (V408) Fuente: Elaboración propia

-Mondo (CD391): Para este modelo también se fabrican los asientos del coche al completo. En este caso hay dos celdas diferenciadas, una para respaldos (Figura 2-4 y Figura 2-4) y otra para cojines (estas líneas son independientes al resto ya que no se produce ensamblaje entre ella ni acoplamiento de estructuras).



Figura 2-3: Cojines traseros mondeo (CD391)

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2-4: Respaldos traseros Mondeo (CD391)

Fuente: Elaboración propia

-Delanteros:

-Furgoneta Transit Connect (V408): Los asientos traseros de este modelo se fabrican en una línea diferenciada respecto a los asientos delanteros (Figura 2-5). Además, la base del asiento y las estructuras son fabricadas en una celda de trabajo independiente de la línea en un sistema *Kanban* debido a la irregularidad en la demanda y al alto tiempo de montaje necesario respecto a los de la línea principal.

Adicionalmente, hay otra celda de trabajo en la que se fabrican los bloques de asientos *Dualco*, en este tipo de coche hay 3 asientos en la parte delantera.



Figura 2-5: Asiento delantero Transit Connect (V408) Fuente: Elaboración propia

-Smax y Galaxy (CD4.2): Estos dos modelos son prácticamente iguales, no presentan diferencias respecto a tiempo de montaje, se tratan como uno solo. El asiento se fabrica en la línea A, en conjunto con los asientos delanteros del *Mondeo*. Se distingue del *Mondeo*, además de en los modelos de telas en la altura del asiento, los *CD4.2* (Figura 2-6) presentan una base del cojín (guía) de mayor altura que la del *CD391* o *Mondeo*.



Figura 2-6: Asiento delantero SMax (CD4.2) Fuente: Elaboración propia

-Mondeo (CD391): De este modelo se fabrican los asientos del coche al completo (Figura 2-7). Estos son fabricados en conjunto con *SMax* y *Galaxy* (CD4.2) en la misma línea de montaje, la A.



Figura 2-7: Asiento delantero Mondeo (CD391) Fuente: Elaboración propia

Estas son las distinciones que se hacen dentro de la planta a nivel de montaje, cada celda tiene su tiempo de *Takt* considerando la demanda por día de los modelos. En la Figura 2-8 se muestra el *Layout* de la planta de Valencia mostrando las distintas áreas mencionadas anteriormente.

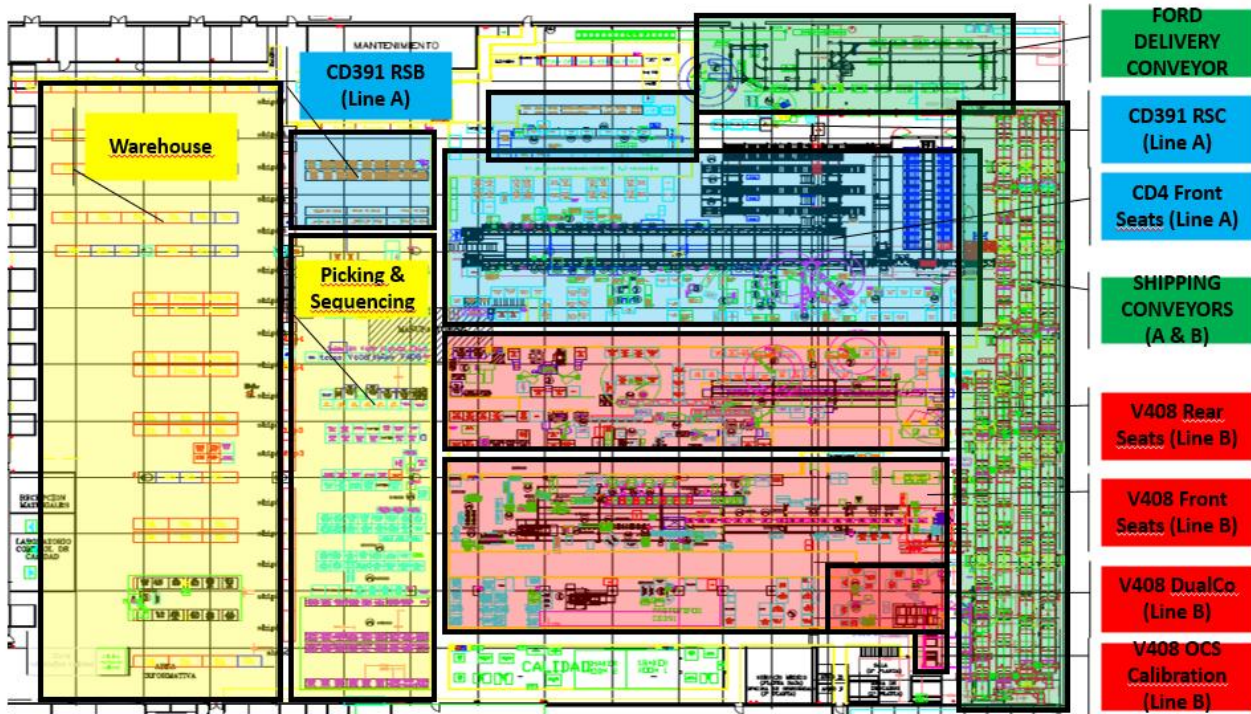


Figura 2-8: Layout Lear Valencia Fuente:Lear Corporation

2.6. Logística interna

La logística interna de la planta consiste en el aprovisionamiento de material a la zona de producción, esencialmente se organiza de dos formas:

- **Kanban (ruta aprovisionamiento):** Estanterías (Figura 2-10) ubicadas dentro de planta con KLTs de distintos tamaños o cajas como unidad de carga. Funciona como una ruta de aprovisionamiento:
 - Existen 4 rutas, delanteros *Transit Connect* y *Dualco*, traseros V408, cojines y respaldos *CD391+4.2*, línea principal *CD391+4.2*+traseros *CD391*. Se distribuyen las rutas de dos en dos.
 - Un operario realiza rutas cada hora recorriendo toda la planta y anotando en el software el material que se necesita en cada estantería. Esto genera un pedido automático al almacén externo.
 - Un operario es el encargado de realizar el recorrido de dos rutas (1 y 2) cada hora, con una Transpaleta (Figura 2-9) y aprovisionando las estanterías (Figura 2-10) con el material demandado. La siguiente hora la ruta a realizar pasará a ser la complementaria (3 y 4).



Figura 2-9: Transpaleta ruta aprovisionamiento Fuente: Elaboración propia

- Las demandas de material realizadas por el operario generan un pedido en el almacén externo, este es el encargado de preparar el “Grupaje” que llegar con el JIT en la hora siguiente, de esta manera considerando que el JIT realiza los envíos cada hora siempre habrá material para proveer las 2 rutas posibles.



Figura 2-10: Estantería Kitting Fuente: Elaboración propia

- **Kanban (demanda de producción):** En los ordenadores de producción (Figura 2-11), es decir los ubicados en los puestos de trabajo existen una serie de “Puntos de Uso”, esencialmente son listas de materiales ubicados en contenedores (*LinPacks* de tamaño grande) cerca de ese

ordenador. Estos materiales se piden por pantalla y materiales los entrega en los puntos de unión de producción con almacén, “Shipping”.

Los materiales cuyo aprovisionamiento está preparado de esta manera suelen ser menos accesibles a la estación de trabajo, habitualmente requieren de trasvases a unidades de carga más pequeñas cerca de línea. La rotación de estos materiales suele ser menor, o están limitados debido a su tamaño (Figura 2-12).

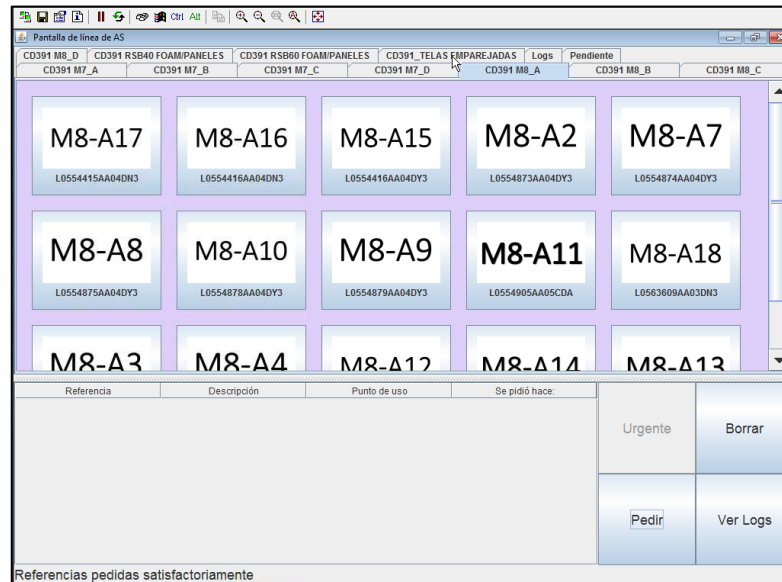


Figura 2-11: Pantalla petición de material Fuente: Elaboración propia

La premisa que se mantiene para el aprovisionamiento de producción es tener material tanto en el almacén interno como en las estanterías de las rutas de aprovisionamiento para abastecer la producción durante alrededor de 2-3 horas.



Figura 2-12: Contenedor material producción Fuente: Elaboración propia

- **Secuenciado de material:** El material es preparado en secuencia según Ford demanda los coches. Normalmente se utilizan carros de secuenciado como el de la Figura 2-13, la forma habitual de trabajar es con 3 caros, 1 en el puesto de trabajo y 2 en espera. La cantidad de secuencias que van por carro o el número de carros se calculan en función de la demanda.



Figura 2-13: Carro secuenciado de guías (línea CD391+4.2) Fuente: Elaboración propia

2.7. Logística externa

La planta funciona con tres tipos de almacenes, externo, interno (Figura 2-14) y la zona de *Picking* ubicada en producción. La logística interna ya ha sido brevemente explicada en el apartado anterior. El almacén externo es el encargado de proveer al almacén interno a través del *JIT*, un camión que sale cada hora del almacén externos con destino el interno.

Los pedidos al almacén externos se generan inicialmente debido a producción, ellos realizan el consumo o la petición de material que será retirado del almacén principal. El sistema automáticamente una vez demandado genera un pedido en el almacén externo, que será el encargado de preparar el material para enviarlo en el siguiente camión "*JIT*".

Algunos productos se gestionan a través de empresas logísticas externas, como para el caso del "*Foam*" o espuma utilizada en los asientos. Este producto es fabricado por *Ford*, la entrega a la planta es gestionada por medio de otra empresa logística, actualmente la frecuencia marcada para el aprovisionamiento es 1h 30 minutos.



Figura 2-14: Almacén principal de planta Fuente: Elaboración propia

2.8. Conclusiones

En resumen, en este capítulo se asientan las bases de lo que es *Lear* tanto a nivel marca como la planta de producción de asientos de Valencia.

Trabaja para un único cliente, Ford, cuyo volumen de producción diario es de alrededor de 2000 coches. En la planta se fabrican los asientos delanteros y traseros de la furgoneta *Transit Connect* y *del Mondeo*, además se montan los asientos delanteros de los modelos *SMax* y *Galaxy*.

La planta realiza el aprovisionamiento de material a través de un sistema *Kanban* gestionado por un *software* enviando señales partiendo de producción. Existen dos almacenes, uno interno en la planta (almacén y zona *picking*) y otro externo. El almacén externo realiza envíos de material según demanda con una frecuencia de 1h. En planta se mantiene stock de materia prima para 2-3 horas de producción normal.

3. REVISIÓN TEÓRICA DE LOS ASPECTOS RELACIONADOS CON EL PROBLEMA

3.1. Introducción

En este capítulo se sientan las bases teóricas necesarias para dar apoyo al desarrollo del proyecto, se tratan temas relacionados con los procesos en la industria, realizando un enfoque entorno al sector del automóvil y las líneas de montaje.

Se analizan los siguientes apartados:

- **Estandarización del trabajo:** En este apartado se explica la forma de modelizar un proceso dentro de la planta, las posibilidades que hay y algunos ejemplos.
- **Lean Manufacturing:** Se considera necesario explicar brevemente algunos conceptos relacionados con la filosofía *Lean*.
- **Medición de tiempos:** Se explican algunas metodologías extendidas en el ámbito de la ingeniería para la medición de tiempos en la industria.
- **Equilibrado de puestos de trabajo:** Se exponen algunas formas de llevar a cabo la distribución de carga de trabajo en las distintas estaciones de trabajo.

3.2. Estandarización del trabajo

Resulta esencial mantener unos estándares de trabajo para establecer un enfoque disciplinado de las prácticas de calidad y fabricación. Los objetivos esenciales de un “Procedimiento Estándar de Operación (POE)” son los siguientes:

- Ser visuales y sencillos.
- Ser fáciles de comunicar.
- Poder accederse / mantenerse y actualizarse fácilmente.
- Ser fácilmente visibles.
- Utilizar iconos visuales y colores para asegurar la atención y el seguimiento de instrucciones.
- Desarrollados por personas cercanas al proceso y que entienden el proceso.
- Ser dinámicos y no estáticos.

Esta metodología a seguir en los trabajos estandarizados al mismo tiempo sirve de base para encontrar nuevas mejoras. Cada mejora se incorpora a la metodología, es un proceso que nunca termina, por lo que es una referencia para el *kaizen*.

En Lear Valencia se sigue el siguiente formato de “Standard Work Instructions”, Figura 3-2, de esta manera para cada uno de los puestos de la planta se define un procedimiento estandarizado con las operaciones a seguir en el orden correcto y de la forma más correcta.

En esta hoja se muestran los siguientes puntos:

- **ID operación:** es el código que identifica a la operación.
- **Descripción:** explicación de la operación a realizar y el modo de llevarla a cabo.
- **Ayuda Visual:** En caso de tenerla presenta una ayuda con imágenes explicando el procedimiento a seguir. En la Figura 3-1 se muestra un ejemplo de ayuda visual utilizada para el chequeo del correcto atornillado de los plásticos de la patas de los asientos del Mondeo.

Ayuda visual MFSV 2.1.2

LEAR
CORPORATION

¡HOJA DE ATENCION!

<p><small>DENOMINACION:</small> Atornillado track ends</p>	<p>N/A</p>	<p><small>VB CALIDAD</small> APROBADO POR EMAIL</p>	<p><small>VB PRODUCCION</small> APROBADO POR EMAIL</p>	<p><small>MODELOS</small> CD4.2</p>
		<p><small>FECHA EMISION</small> 23/03/2015</p>	<p><small>FECHA REVISION</small> 23/03/2015</p>	<p><small>HOJA ATENCION</small> HA_CD4.2_038</p>

Comprobar que los tornillos del track end no producen ninguna marca en el plástico

Par mal aplicado, el tornillo ha deformado el plástico





Par correctamente aplicado, sin marcas en el plástico



Fecha de revisión: 27/05/14

Aprobado por : Sergio Arnau

Figura 3-1: Ejemplo formato Ayuda Visual

Fuente: Lear Valencia

- **Part Number:** establece las piezas involucradas en la operación con su respectivo código de identificación.
- **Cantidad:** número de piezas involucradas.
- **Chequeo:** explica el tipo de comprobación que hay que realizar para llevar a cabo la operación correctamente.
- **Tipo de control:** El control puede ser visual, manual o automático.
- **Frecuencia:** hace referencia a la fracción de veces que hay que realizar esta operación con respecto al total.
- **Acciones correctivas:** explicar la acción a tomar cuando al realizar al chequeo se detecta algo erróneo.

Es esencial llevar un correcto mantenimiento de todo este tipo de documentación de manera que ante cualquier cambio se realicen las modificaciones pertinentes en cada puesto.

Para mantener un control sobre la actualización de estas existe un registro automatizado de las modificaciones realizadas en la documentación del proceso.

LEAR CORPORATION		OPERATION DESCRIPTION SHEET & AUTOCONTROL			LAUNCH ENGINEERING		V* B* QUALITY APROBADO POR EMAIL		V* B* MANUFACTURING APROBADO POR EMAIL		
PROGRAM: CD391+CD4.2		ORIGINATOR: Miguel Mora		ORIGIN DATE: 13/04/2014		Models: CD391+ CD4.2		E. P. I. MANDATORI			
F0-430		REVIEWER: Jacinto Aparici		REVISION DATE: 25/06/2018				ZAPATOS DE SEGURIDAD			
Head-rest assembly		CUSTOMER: Ford Valencia		N° OPERATION: ST-F0-430				GUANTES			
MOD	N° OPER.	DESCRIPTION	*	PART NUMBER	QUANTITY	CHECK	CONTROL	FREQ	ACTION		
HR assembly	10635	Comprobación de color de los plásticos según ayuda visual	AV			Correcta elección del color de los plásticos	Visual	100%	Identificar el correcto color del plástico para el correcto montaje.		
	10549	Opción Picnic tray: Limpiar la bandeja de picnic tray manchada debido a la manipulación. Usa solución de jabón.			1	Apariencia correcta	Visual	100%	Volver a limpiar		
	10707	Opción Dune: estirar la tela de la parte superior (zona misiles) para evitar chatering o arrugas.				Sin arrugas	Visual / Manual	100%	Estirar hasta quitar todas la arrugas		
	10536	Opción todos excepto Vignale: Coger y colocar bezel sin lock del apoyacabezas. Sin lock a la derecha.			1+1	Correcto bezel en cada agujero y correcto color. Ausencia de gap entre bezel y tela.	Visual / Manual	100%	Quitar el erróneo y montar el correcto.		
	10376	Opción todos excepto Vignale: Coger y colocar bezel con lock del apoyacabezas. Con lock a la izquierda.			1+1	Correcto bezel en cada agujero y correcto color.	Visual / Manual	100%	Quitar el erróneo y montar el correcto.		
	10708	Opción Piel y Miko: pegar velcro zona misiles				Correcto pegado del velcro	Visual / Manual	100%	Si no es posible, avisar al monitor o jefe de equipo		
	10377	Introducir los bezels en el frame hasta que se fije. Percutora. (Utilizar martillo neumático)				Bezels completamente montados. Ausencia de gap entre bezel y tela.	Visual / Manual	100%	Presionar este firmemente otra vez. Si la fijación no es posible identificar el fallo.		
	10378	Alcanzar el reposacabezas y posicionarlo en máquina de engrase de las varillas, luego leer con lectora y finalmente colocarlo en el respaldo, através de los bezels, presionando con la otra mano el bezel con lock.	SC1 SC2 HI1			HR correcto y varillas completamente introducidas.	LPS valida y registra al escanear. Sistema pokayoke	Visual / Manual / LPS	100%	Presionar este firmemente otra vez. Si la fijación no es posible, identificar el fallo. Quitar el erróneo y montar el correcto.	
	10400	Una vez colocado, realizar tres ciclos con el reposacabezas de subida y bajada. Dejar el reposacabezas subido.	SC1 SC2			Comprobar que el funcionamiento es correcto.		Visual / Manual	100%	Identificar defecto y llamar al jefe de equipo o reparador (monitor).	

Figura 3-2: Standard Work Instructions

Fuente: Lear Valencia

La estandarización de trabajos se realiza en base a tres conceptos clave:

- **Takt time:** es el ritmo al cual los productos deben entregarse de acuerdo a la demanda del cliente.
- **Secuencia de tareas:** es el orden en el que se debe llevar a cabo un proceso, dentro del tiempo ciclo.
- **Inventario estándar:** incluyendo las unidades en las máquinas que se necesitan para no tener problemas de paradas en la producción.

En base a estos tres conceptos se crea la mejor metodología a seguir en ese momento, con el objetivo de aprovechar al máximo todos los recursos disponibles.

3.3. Lean Manufacturing

La palabra “Lean”, se traduce como magro, de ahí que podríamos traducir “Lean Manufacturing” como manufactura magra, sin grasa. El “Lean Manufacturing” es un conjunto de técnicas desarrolladas por la compañía Toyota a partir del decenio de 1950 que sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía industrial.

Actualmente estas técnicas se utilizan para la optimización de las operaciones de forma que se puedan obtener tiempos de reacción más cortos, mejorar el servicio al cliente, mejor calidad y costos más bajos.

Algunos beneficios de aplicar la filosofía “Lean” son los siguientes:

- Reducción de costos de producción
- Reducción de inventarios
- Reducción del tiempo de entrega
- Mejor calidad
- Menos mano de obra
- Mayor eficiencia de equipo

Dentro del “Lean Manufacturing” existen numerosas herramientas, clasificando estas entre *hard* (actúan directamente sobre el proceso) y *soft* se obtiene lo siguiente:

- **Herramientas *hard***
 - **5S:** esta herramienta se aplica con el objetivo de lograr lugares de trabajo más ordenados y más limpios de forma permanente para lograr una mayor productividad y un mejor entorno laboral (Moulding, 2010).
 - **SMED (Single-Minute Exchange of Die):** es un método de reducción de desperdicios en un sistema productivo basado en reducir el tiempo de cambio de herramienta (Bendre, 2015).
 - **TPM (Total Productive Maintenance):** se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costes (Cuatrecasas Arbós & Torrell Martínez, 2010).
 - **Poka-Yokes:** es una técnica de calidad que se aplica con el fin de evitar errores en la operación de un sistema (Shimbun, 1989).
 - **Trabajo Estándar:** es una herramienta que se utiliza para establecer una forma estándar de realizar una serie de operaciones de la forma correcta (Carreras, 2010).
 - **Kanban:** es un sistema de información que se utiliza para fabricar los productos necesarios en la cantidad y tiempo necesarios en cada uno de los procesos que tienen lugar en el interior de la fábrica (Arbós, 2012).
- **Herramientas *soft***
 - **Equipos de mejora continua:** son equipos formados cuyo propósito es analizar el proceso para realizar mejoras.
 - **A3/8D:** son herramientas para la resolución de problemas (Samanta, 2019).
 - **Kamishibai:** es una herramienta que se emplea para auditar las áreas de interés de la empresa identificando problemas y áreas de mejora (Niederstadt, 2013).
 - **Indicadores:** todo tipo de indicadores de producción o de calidad, dando medidas para analizar mejoras y desempeño.
 - **VSM:** es una técnica gráfica que permite visualizar todo un proceso, detallar y entender completamente el flujo tanto de información como de materiales. Se suele utilizar para identificar que actividades no agregan valor al proceso (Locher, 2008).

Estas herramientas se utilizan con el objetivo de mejorar el funcionamiento del sistema, a través de ella se busca también eliminar los 7 desperdicios:

- Sobreproducción
- Espera
- Transporte
- Ineficiencias en el proceso
- Inventarios
- Movimientos innecesarios
- Productos defectuosos.

3.4. Medición de tiempos

Para tener un buen control sobre el proceso de montaje es imprescindible tener unos datos robustos y flexibles de tiempos. El tiempo estándar es el tiempo requerido para que un operario medio, plenamente calificado y trabajando a ritmo normal lleve a cabo una operación.

El tiempo se estandariza con el objetivo de tener una base para la programación del trabajo, determinar los costos estándar de mano de obra y de ahí, sustentar los incentivos para el personal.

El análisis de un proceso puede dar lugar a acciones de rediseño para incrementar la eficacia, reducir costes, mejorar la calidad y acortar tiempos reduciendo plazos de producción y entrega del producto o servicio.

Actualmente existen numerosas técnicas para la medición del trabajo:

- **Cronometraje industrial:**

Utilizando el cronometro, se deben realizar varias mediciones con operarios distintos. Hay que cronometrar el tiempo del proceso completo, así como elemento a elemento, para comprobar después si coincide la suma total.

Es importante no quedarnos solo con el tiempo sino el horario en el que se realiza esta medición por si fuera necesario un estudio de la fatiga.

- **Hojas de Tiempo:**

Una hoja de tiempos es un documento en forma de tabla que pone en relación procesos y elementos con periodos o tipos de tiempo y ayuda a la compilación y al análisis de los datos que se recojan.

Debe recopilar datos de tiempo de ciclo, tiempo por movimiento y tiempo por elemento.

- **Tiempo estándar y ritmo de trabajo:**

Una vez cronometrados todos los tiempos y recogidas en las hojas de tiempo pasaremos a calcular tiempo, más concretamente el tiempo estándar para cada uno de los procesos.

Tiempo estándar hace referencia al tiempo que tardamos en nuestra producción eliminando la variabilidad. Una vez obtenido este tiempo, se obtendrá un ritmo de trabajo, que podrá ser utilizado para establecer un tiempo mínimo exigible al trabajador, así como un tiempo óptimo para implantar un sistema de incentivos.

Para que un estudio de tiempos sea aceptable:

- Debe medir con exactitud cada uno de los elementos.

- Debe ser comprensible.
- Debe ser susceptible de poder ser medido fácilmente.

Se muestran a continuación, Tabla 3-1, algunos ejemplos adicionales de técnicas de ingeniería de tiempos utilizadas en la industria.

Ingeniería de Tiempos	
Muestreo del trabajo	Estima el porcentaje del tiempo total, empleado por una persona en una actividad, a través de observaciones hechas al azar y analizadas estadísticamente (Vaughn, 2000).
Cronometraje	Medición del tiempo que requiere un operador calificado y a un ritmo normal para realizar cierta actividad, por medio de un cronómetro (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006).
Sistemas de estándares de tiempos predeterminados (PTSS)	Utilización de tablas que tienen estimaciones de los tiempos según los movimientos básicos o therbligs (Krick, 1999) y que se llevan a cabo durante un fase de plantación (Meyers, 2000). Existen diferentes técnicas como: MTM (Methods time measurement), MOST (Maynard Operacional Sequence Technique), MODAPTS (Modular Arrangement of PTS), Work-Factor, etc. (Hicks, 1999).
Datos estándares	Tiempos tomados de bases de datos de estudios de tiempos pasados (Meyers, 2000).
Según expertos	Son dados por la opinión experta de una persona con experiencia (Meyers, 2000).

Tabla 3-1: Técnicas de la Ingeniería de Tiempos Fuente: Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 8

En este caso en Lear Valencia la mayor parte del análisis de tiempo se realiza con sistemas estándares de tiempos, en concreto mediante *MOST (Maynard Operacional Sequence Technique)*. Adicionalmente para algunos casos se realizan cronometrajes y nuestros de trabajo para ciertas operaciones concretas complejas de estandarizar.

3.4.1. *MOST (Maynard Operacional Sequence Technique)*

MOST es el acrónimo en inglés de *Maynard Operation Sequence Technique*: Técnica Maynard de Operaciones en Secuencia.

Es un sistema de cálculo de tiempos predeterminados que se usa principalmente en la industria para establecer el tiempo estándar en el que un operario debe realizar una tarea. Para calcular este tiempo, la tarea se desglosa en micro movimientos, y a cada uno se le asigna un valor número de tiempo en unidades *TMU (Time Measurement Units, unidades de medida de tiempo; 100000 TMU equivalen a 1 hora)*.

Se suman todos los tiempos de los micro movimientos, con incrementos por fatiga u otros conceptos, y el resultado es lo que llamamos tiempo estándar para una operación. Es un sistema mucho más sencillo que los anteriores y cada vez menos utilizados sistemas de medición de tiempos y métodos, conocidos como *MTM*.

La variante más universalmente utilizada de *MOST* es *BasicMOST*, que se lanzó en Suecia en 1972 y en los Estados Unidos en 1974. En 1980 aparecieron otras dos variantes, llamadas *MiniMOST* y *MaxiMOST*. La diferencia entre ellas es la precisión de las unidades utilizadas: en *BasicMOST* se trabaja con decenas de *TMUs*, en *MiniMOST* con *TMUs* y en *MaxiMOST* con centenas de *TMUs*. Se aplica una u otra según el tipo de operación a analizar: *MiniMOST* se usa normalmente para estudiar ciclos repetitivos y cortos (menos de un minuto), y *MaxiMOST* para operaciones no repetitivas y más largas (más de algunos minutos). *BasicMOST* es un intermedio entre las dos anteriores, y se puede usar perfectamente para operaciones que duran desde menos de un minuto hasta unos diez minutos.

El procedimiento a seguir para realizar un estudio de tiempos *MOST* es:

- Identificar cada movimiento básico de la operación
- Registrar los movimientos básicos en hojas de análisis
- Asignar a cada movimiento el tiempo predeterminado que le corresponda según tablas
- Sumar todos los tiempos obteniendo el tiempo tipo de la operación

Existen varios tipos de secuencias de operaciones estandarizas en esta metodología:

- Secuencia del Mover General
- Secuencia del Mover Guiado
- Secuencia de Utilización de Herramientas
- Secuencia de Grúa Pescante
- Secuencia de Puente Grúa
- Secuencia de Carretilla

ACTIVIDAD	SECUENCIA	SUB-ACTIVIDAD
MOVER GENERAL	A B G A B P A	A – ALCANZAR
		B – MOVIMIENTO DE CUERPO
		G – COGER
		P – POSICION
MOVER GUIADO	A B G M X I A	M – MOVER GUIADO
		X – TIEMPO DE PROCESO
		I - ALINEAR
USO DE HERRAMIENTA	A B G A B P A B P A	F – CAPTURAR
		L – DEJAR
		C – CORTAR
		S – TRATAMIENTO DE SUPERFICIE
		M – MEDIR
		R – GRABAR
		T - PENSAR

Tabla 3-2: Codificación Most

Fuente: MOST Work Measurement Systems (2003)

A continuación, se muestra la tabla con los índices a tener en cuenta para los movimientos generales, dependiendo del número de pasos o la dificultad de la operación se pondera por unos índices u otros.

A B G A B P A		General Move				
Index	A Get	B Put	G	P	A Return	Index
x 10	Action Distance	Body Motion	Gain Control	Placement		x 10
0	≤ 2 in. (5 cm)			Pickup Toss		0
1	Within Reach		GRASP Light Object Light Objects Simo	PUT Lay Aside Loose Fit		1
3	1 - 2 Steps	Sit or Stand Bend and Arise 50% occ.	GET Light Objects Non-Simo Heavy or Bulky Blind or Obstructed	PLACE Loose Fit Blind or Obstructed Adjustments Light Pressure Double Placement		3
6	3 - 4 Steps	Bend and Arise	Disengage Interlocked Collect	POSITION Care or Precision Heavy Pressure Blind or Obstructed Intermediate Moves		6
10	5 - 7 Steps	Sit or Stand with Adjustments				10
16	8 - 10 Steps	Stand and Bend Bend and Sit Climb On or Off Through Door				16

Tabla 3-3: Índices movimientos generales MOST

Fuente: MOST Work Measurement Systems (2003)

3.5. Equilibrado de puestos de trabajo

Las cadenas de montaje son medios de producción de grandes series de productos. Desde los tiempos en los que Ford empezó a fabricar coches, las líneas de montaje han evolucionado desde sistemas de producción orientados a un solo modelo y estrictamente periódicos hasta sistemas más flexibles, entre otros, líneas con mini células de trabajo en paralelo fabricando en paralelo múltiples modelos.

Debido a la tendencia actual de personalización de productos, la mayoría de los fabricantes emplean instalaciones donde se procesan modelos de productos cuya carga de trabajo puede variar notablemente.

De cualquiera manera, un permanente objetivo en la producción es el equilibrado de líneas de montaje. En este caso, en el sector de la automoción está muy extendido el sistema de línea mixta, consiste en introducir distintos modelos de vehículo o vehículos distintos en la misma línea de montaje. Estas diferencias suponen variaciones en los tiempos de montaje de la estación en función del modelo que se esté fabricando. Este problema se suele abordar estableciendo un modelo promedio.

Esta forma de trabajar puede ocasionar que, aunque en promedio el puesto no este sobrecargado, estos pueden llegar a estarlo puntualmente mientras se están fabricando modelos concretos. Esta forma de trabajo suele ocasionar numerosas variaciones en las necesidades de personal. (Martín, de Haro, & Andrés, 2006)

3.6. Conclusiones

A lo largo del capítulo se asientan las bases teóricas para dar apoyo al proyecto, se tratan los siguientes temas:

- **Estandarización del trabajo:** En Lear Valencia se utiliza un formato concreto de Hojas de Operaciones en el cuál se explica en cada puesto las operaciones a realizar, los puntos de chequeo y las acciones a tomar.
- **Lean Manufacturing:** *Lean* es una filosofía / sistema de gestión que busca eliminar todo el desperdicio aportado al producto/proceso. Existe dos tipos de herramientas "*Lean*", "*soft*" o "*hard*", en función de su forma de actuar sobre el proceso. Siempre se trata de eliminar los 7 desperdicios.
- **Medición de tiempos:** Para poder tener un buen control sobre el proceso de producción es esencial tener una buena base de tiempos de proceso. Actualmente existen numerosas técnicas de medición, en Lear Valencia, la más utilizada es *MOST*.
- **Equilibrado de puestos de trabajo:** Cuando existen gran cantidad de modelos y variabilidad en los productos en cuanto a montaje es crucial realizar una buena distribución de la carga de trabajo.

4. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN FORD-LEAR

4.1. Introducción

En este capítulo se define la situación actual y las bases para comprender el funcionamiento de Lear Valencia a nivel de sistemas de información. Se tratan los siguientes apartados:

- Descripción del proceso de producción semanal: En este apartado se explica brevemente el procedimiento que se sigue en planta cada semana para cumplir con la demanda del cliente.
- Codificación: Se describen diferentes conceptos necesarios para comprender la forma de operar en un sistema *Just In Time*.
- Bill of Materials (BOM): En este punto se explica de forma simplificada la forma de tratar y gestionar las piezas contenidas en cada asiento.
- Demanda Ford: Se describirá brevemente las distintas formas de enviar la demanda y los horizontes de estas.
- Comunicación Ford-Lear: En este apartado se exponen los distintos agentes que intervienen en la comunicación con el cliente.

4.2. Descripción del proceso de producción semanal

En la planta se producen 4 tipos de modelos: *V408*, *SMAX*, *Galaxy* y *Mondeo*, para producir estos asientos existen 2 líneas de producción. Los asientos para los modelos *Smax*, *Galaxy* y *Mondeo* se producen en la misma línea mientras que los del *V408* se producen en una línea diferenciada. El otro modelo fabricado por *Ford* es el *Kuga*, estos asientos son enviados a través de las dos líneas A y B.

En la Figura 4-1 se muestra el flujo de información y de producto realizado desde que se genera el orden de pedido desde *Ford* hasta su recepción y montaje. Los plazos son de alrededor de 5h desde que se envía la orden.

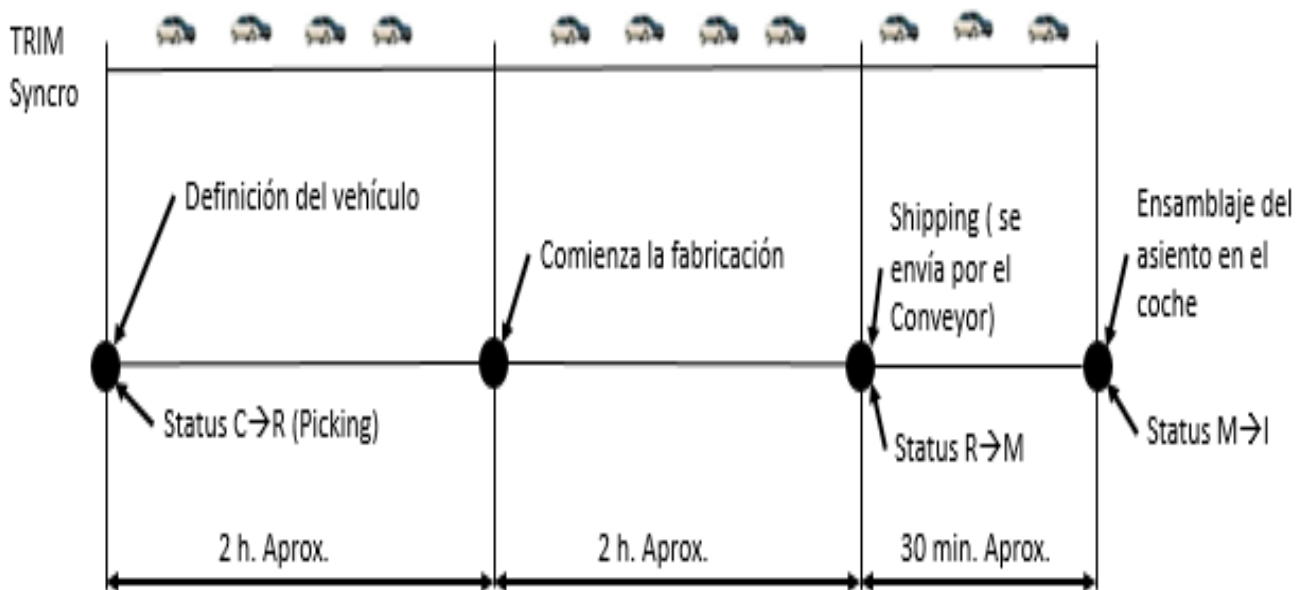


Figura 4-1: Diagrama imputación vehículo Fuente: Elaboración propia

Un problema fundamental a la hora de realizar el análisis es la variedad en la mezcla de productos demandados por *Ford*. Es decir, se manda semanalmente una previsión de la demanda de un horizonte de alrededor de 1-2 meses. Además, cada semana el encargado de producción recibe una previsión para la semana con mayor precisión.

En base a estas previsiones cada semana se realiza la planificación de los puestos y organización en la planta:

- **Equilibrado de líneas:** Los encargados de procesos de cada una de las líneas, en este caso se dividen en delanteros y traseros, realizan la asignación operaciones->puesto y operario-> puesto. Se toma la premisa de que la saturación media de todos los operarios debe ser de alrededor del 81%.
- En base a estos datos el departamento de **Seguridad y Salud** realiza un análisis de ergonomía para los puestos definidos, junto con la asignación de las rotaciones entre puestos.
- **Producción** organiza las rotaciones dentro de cada línea para la totalidad de los puestos definidos esa semana. Se hacen rotaciones por zonas, y se cambia de puesto cada hora.
- **Logística** organiza el aprovisionamiento de materiales a almacenes y a línea de producción en base a la información que se tiene.

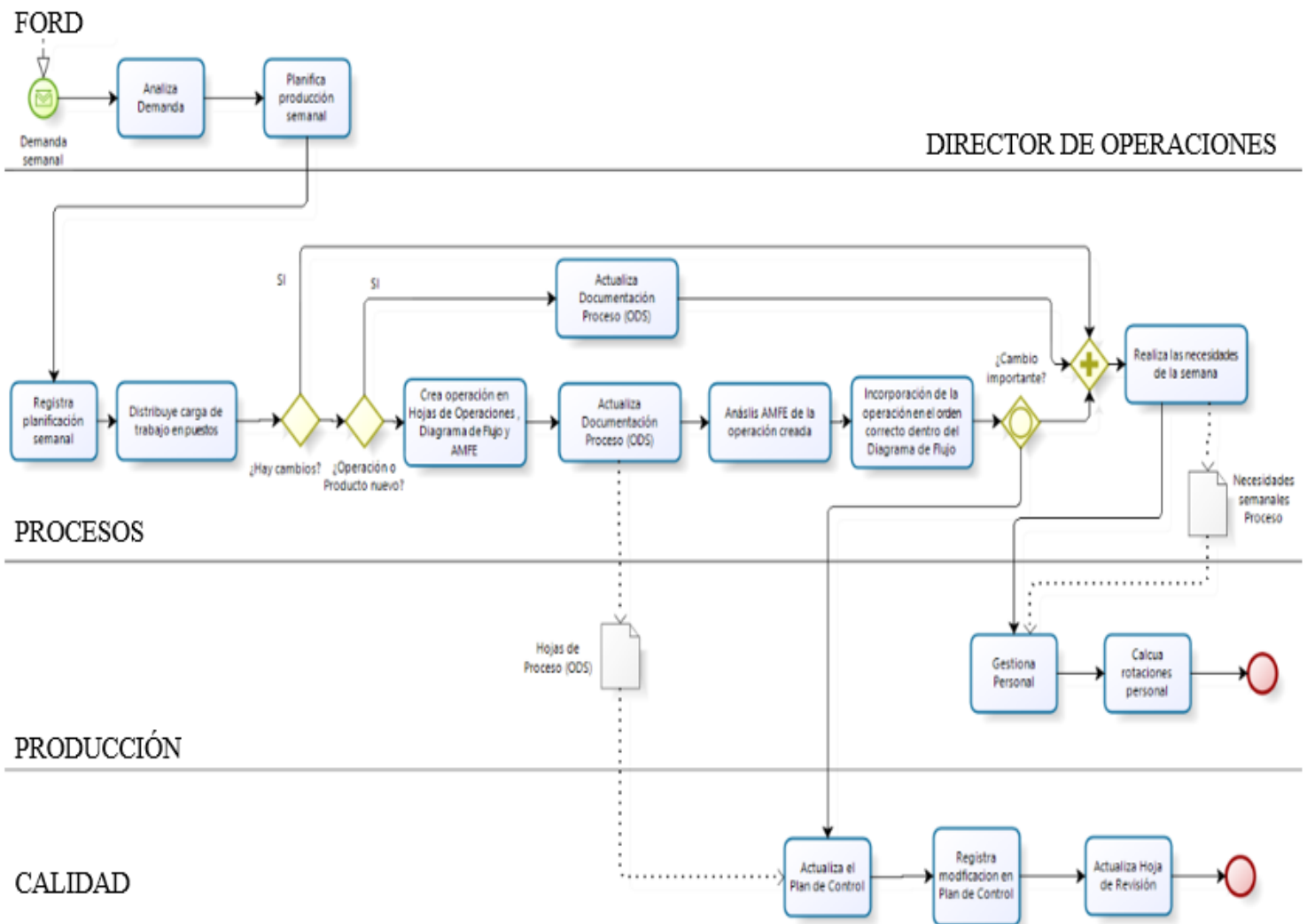


Figura 4-2: BPMN Proceso semanal Manufacturing-Calidad

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4-2 se muestra un diagrama *BPMN* donde se describe el funcionamiento de la planta antes nuevos cambios en la demanda o en productos, aquí se refleja desde el punto de vista de *Manufacturing* y Calidad. Adicionalmente como se ha explicado anteriormente intervendrían los departamentos de calidad y logística.

Cada día se realizan modificaciones en las velocidades de las líneas, tanto A como B, en función del estado de los *buffers*, existen dos tipos:

- **Buffer Túnel Ford:** Representa la cantidad de coches (coche=juego de asientos del coche) que hay en el túnel ubicados entre la salida a balancinas de Lear y *Pre-Chasis* en Ford (punto de montaje de los asientos).
- **Buffer Shipping Lear:** Representa la cantidad de coches que hay entre el punto de salida de la línea A o B (fin de su fabricación) hasta la salida a balancinas de Lear.

- Línea A: Debido a la existencia de un robot secuenciador para absorber las diferencias de tiempos de ciclo a final de línea, *EOL (End of Line Testing)*. Los asientos de piel requieren de unos tiempos de ciclo mayores que los más simples, desajustando así la salida en secuencia. Debido a esto se hace necesario tener un pequeño buffer de re-secuenciado. El punto de control para el conteo del buffer es la salida del robot.
- Línea B: En este caso no hay diferencias notables a final de línea por lo que no existe un robot secuenciador ni un buffer de re-secuenciado. El punto de control para el conteo del buffer es el chequeo 100% a final de línea.

En la Figura 2-8 se muestran tanto las ubicaciones del *shipping* de las líneas A y B como la salida al *conveyor* en dirección Ford.

Es esencial tener en cuenta que *Lear* no tiene un control absoluto sobre el estado del *Buffer*, es decir, en estos datos se tienen en cuenta la cantidad de vehículos tipo *Kuga* en ambas líneas. Este modelo no es fabricado por la planta por lo que se dificulta notablemente la gestión del túnel al ser compartido por dos proveedores.

Estos datos son controlados visualmente en planta a través de la pantalla mostrada en la Figura 4-3, visible a lo largo de toda la planta. En función de estos datos a lo largo de la jornada se realizan numerosas modificaciones en la gestión del personal, rotando operarios de unas zonas a otra para compensar las fluctuaciones en los *buffers*.

En base a estos cambios de velocidad de línea realizados diariamente también existen rotaciones entre las distintas líneas, con operarios polivalentes, con capacidad de desempeño entre las distintas líneas.

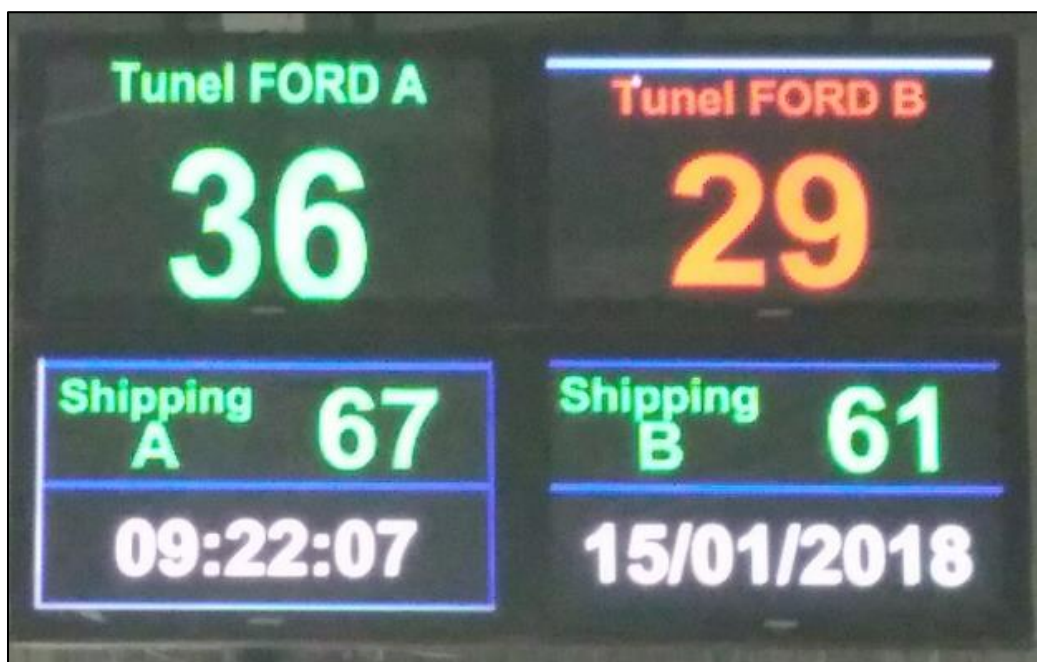


Figura 4-3: Tipos de buffer

Fuente: Elaboración propia

4.3. Definición de las ordenes de trabajo

En este apartado se explican las distintas formas existentes a nivel *Lear* Valencia para identificar una orden de fabricación, tanto códigos propios de *Ford* como de la propia planta. La orden de fabricación hace referencia a los asientos que hay que fabricar para integrar en el coche, debido a esto habitualmente se denomina como “coche” al juego de asientos necesario.

Adicionalmente se explicará la importancia de la codificación cuando se trabaja en un sistema *Just In Time* siendo necesarios algunos códigos adicionales asociados a los propios identificativos de la orden. Estos códigos servirán para dar un orden en el lanzamiento de las ordenes.

En primer lugar, se explican los sucesivos estados a los que es sometida una orden de fabricación a nivel proveedor; desde que el cliente crea la orden hasta que esta es enviada al proveedor, fabricado e integrado dentro de la fábrica del cliente en el coche necesario.

-Status: Define el estado del coche, su situación a lo largo del esquema seguido por un vehículo desde que empieza el proceso hasta su fabricación, en la Figura 4-4 se muestra la evolución del asiento desde la creación de la orden del vehículo hasta la incorporación del asiento en este.

-A (Assigned): La orden ha sido introducida en ILVS, tiene asociadas características, pero aún no ha sido validado. Se le asigna una fecha de creación.

-E (Error): La orden está en modo de error, puede no estar bien compuesto, es decir que le falten piezas que caractericen las opciones del vehículo, o que haya algún tipo de error relacionado con cualquier concepto de este.

-V (Validated): La orden es validada y a continuación se generarán las ordenes de fabricación.

-C (Correct): Ordenes generadas y coche en estado correcto.

-R (Run): Vehículo demandado, se le asigna una fecha de imputación o de *Syncro*, Ford asigna secuencia a la orden y entran en nuestro sistema de producción.

-M (Manufactured): Ordenes fabricadas, el producto ha atravesado todos los sistemas de control de la producción en la planta de forma exitosa. Cuando el coche sale por balancinas en dirección *Ford* pasa a estado M, asignándole una fecha BK o de *backflush* (manda información al ERP con las piezas que se descuentan como utilizadas en el ERP).

-I (Integred): El cliente ha recibido el producto y lo ha montado de forma exitosa, calificándolo de vendible, realiza la recirculación de información hasta los sistemas de *Lear* reajustando la cantidad de material utilizado y el nuevo estado del vehículo. Se le asigna una fecha de *OffTrack*, representa el momento en que los asientos han sido validados por el cliente.

A continuación, en la Tabla 4-1 se muestran a modo de resumen los distintos estados por los que puede pasar una orden de fabricación desde que se crea hasta que se valida por el cliente.

ESTADO	DEFINICIÓN	Fecha
A (Assigned)	Orden del vehículo creada en el sistema	Fecha de creación
E (Error)	Orden en estado de error. Pueden faltarle piezas que caractericen las opciones o que conceptualmente sea erróneo.	-
V (Validated)	Orden de trabajo validada	-
C (Correct)	Orden en estado correcto	-
R (Run)	Orden lanzada, entra en cola de fabricación	Fecha de <i>Syncro</i>
M (Manufactured)	Orden fabricada, pasa todos los controles en planta (se envía por el túnel)	Fecha de <i>Backflush</i>
I (Integred)	Orden validada por el cliente y montada de forma exitosa	Fecha de <i>OffTrack</i>

Tabla 4-1: Estados de VIN

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4-4 se muestra el diagrama de flujo describiendo el proceso que sigue una orden de fabricación desde su creación hasta que el cliente, Ford, la valida.

En primer lugar, cuando Ford crea la orden de fabricación, se le asigna un código EOC y una fecha de creación, este código no presenta características definitivas, aún está en estado de prueba.

A continuación, se le somete a un proceso de validación, se comprueban ciertas opciones determinando si está en estado de error (pasa a estado E) o puede ser validado (pasa a estado V). Una orden puede estar indefinidamente en estado de error hasta que posteriormente sea validada.

Posteriormente se somete a otro test de evaluación de la orden de trabajo, para comprobar si se va a lanzar en la fecha decidida o se le va a someter a cambios, aunque su estado sea ya correcto, es decir, sin incoherencias en su composición. Si pasa con éxito el test se convertirá a estado C, sino permanecerá en Error.

El próximo paso una vez está todo validado y la orden es definitiva, es imputar el coche, lanzar la orden de fabricación a los proveedores, estado R. El estado R implica que la orden aparecerá en todos los sistemas de planta, imprimiéndose las etiquetas de fabricación y apareciendo en las pantallas de secuenciado de material.

Siguiendo su proceso de fabricación la orden finalmente pasará todos los procesos pertinentes en planta hasta que finalmente se valide en la salida al *Conveyor* como fabricada (estado M). Una vez la orden ha pasado a estado M (*Manufactured*), se la habrá asignado una fecha de *BackFlush*, pasando la información de piezas utilizadas en la estructura de la orden al *ERP* para realizar los balanceos en el stock.

Posteriormente una vez enviado al cliente solo queda esperar a que se valide en *Ford*, integrando los asientos dentro de la carrocería y pasando las comprobaciones necesarias. Cuando todo esto sea validado la orden pasará a estado I, asignándole una fecha de *OffTrack*. En este momento la información de la orden pasa al departamento de finanzas que es el encargado de lanzar las ordenes de cobro en función de lo que se haya fabricado.

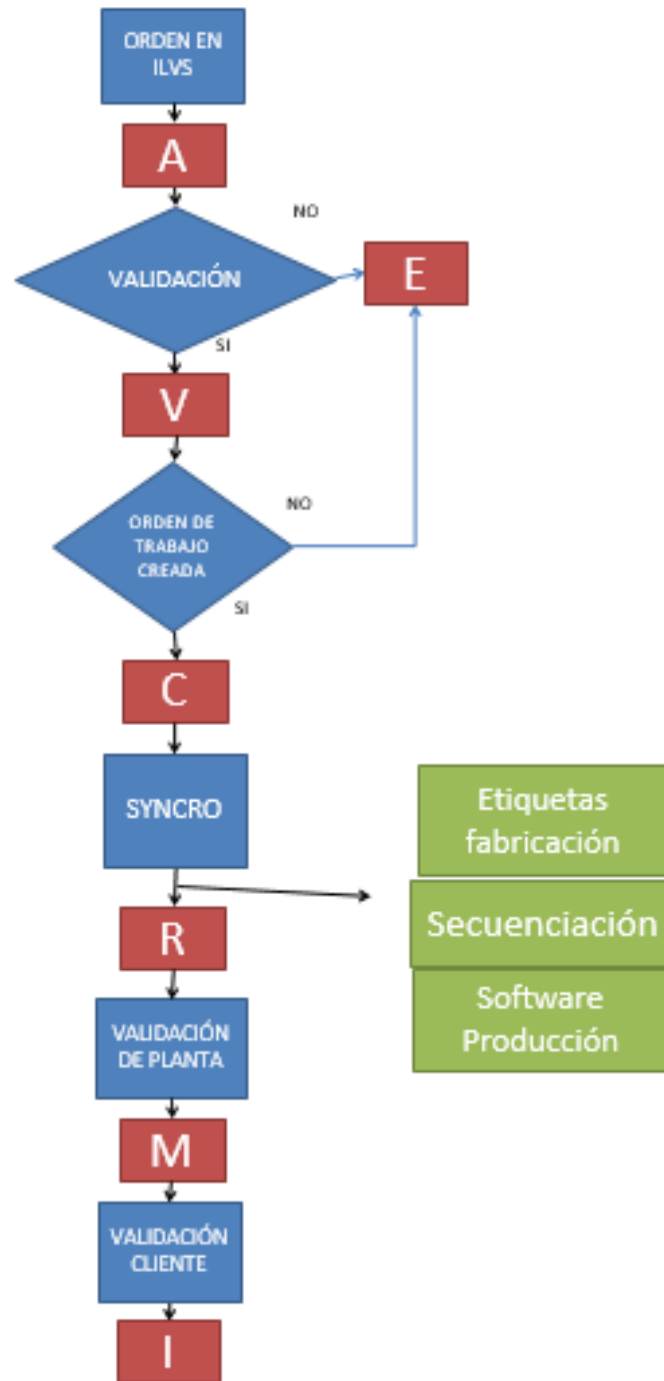


Figura 4-4: Status del asiento en el proceso de fabricación del vehículo Fuente: Lear Valencia

-EOC (European Order Car): Es un código identificativo del vehículo de 80 caracteres alfanuméricos que representan las características del vehículo.

Este es un ejemplo, Figura 4-5, de una lista de 4 coches introducidos en *ILVS*, se muestra el *Status* (*C* aún no ha sido imputado), *VIN* (7 caracteres, extraídos del primer bloque del *EOC*, exceptuando los dos primeros caracteres), el *Broadcast* (codificación interna de la Empresa para definir el vehículo) y el *EOC*. En este caso aparece un *EOC* simplificado ya que en la planta de *Lear Valencia* para la producción de asientos solo se necesitan una sería de caracteres, por tanto, no aparecen los 80.

Status	VIN	MODEL	BROADCAST	EOC
C	JM01305	CD391	R5LExSCPEBYxxxxAxxxSxxx4MM2xAxxLx4MM2xMxxRxBxxxxACSxxxB	CEJM01305 DU7 PAPH QMH6B77IFE8ED5B51 8H1AK11JALP BE I
C	JM01306	CD391	RWLExVCCEBYxxxxAHxxVxxx4MM4xBxxLx4MM4xNxxRxBxxxHACSxxxB	CFJM01306 BU6 HAAK QPELB7NMF17EAOA5F 8H2CA1DLCBR DBC C
C	JM01308	CD391	R5LExSCPEBYxxxxAxxxSxxx4MM2xAxxLx4MM2xMxxRxBxxxxACSxxxB	CEJM01308 DU7 PAPH QMH6B77IFE8ED5B51 8H1AK11JALD BE I
C	JM01350	CD391	RWLExSTRCHBxxxxAHxxSxxx6PE2xCxxLx4MM2xNxxRxBxxxxACSxDxxC	CFJM01350 5U2 PBBD1G5ZREGEEOSILVAN5B5A81P1SQZQHALR CA

Figura 4-5: Ejemplo códigos EOC y Broadcast

Fuente: Lear Valencia

-VIN (Vehicle Identification Number): Está formado por 7 caracteres, es el más usado en el control de la producción. Actualmente los VINs generados no son únicos, pueden ser repetidos cada cierto periodo de tiempo.

-Secuencia: Es un valor numérico que se asigna a la orden de fabricación una vez ha pasado a estado R, es decir, se le ha asignado una fecha de *Syncro*, ha sido demandado por el cliente. Este valor va de 1 a 4000 y se va reutilizando.

1	Program			8	Cover fabric	16	Airbag
R	CD391		VC	C	Cypress	A	Airbag
			SC	P	Prada		
2	Versión		SL	M	Miko		
4	4-door (No tether)		SL	L	Full Leather	17	Heater
5	5-door (+ tether)		SP	Y	Perforated leather	C	Climate (Soplador)
W	Wagon (+ tether)		PA	R	Partial Leather	x	No Heater - Climate
			TV	V	Vignale	H	Heater
3	Driver			9	Color Tela	18	Future use
L	Izquierdo		E	B	Ebony	x	
R	Derecho		D	U	Dune		
			G	R	Earth Grey		
4	Separator		D	G	Dk Earth Gray	19	Future use
E	Europeo		C	H	Charcoal Black		
U	UK		M	S	Medium Soft Ceramic		
			C	A	Cashmere		
5	Model year			10		20	Foam
4	2014			12	Plastic Color	V	Volume
			D		Dune	T	Vignale
6	7	Cover fabric	C		Ceramic	S	Sport
V	C	Volume Cloth	B		Charcoal	J	Sport-MCS
S	C	Sport Cloth		13		G	Vignale-MCS
S	L	Sport Leather		14	Future use	C	Volume-MCS
S	P	Sport Luxury		x			
S	T	ST program				21	Foam
P	A	Sport Partial					
T	V	Titanium Vignale					
				15	Separator	22	Future use
				:		x	
						23	Separator
						:	

Figura 4-6: Broadcast Code CD391

Fuente: Lear Valencia

-Broadcast: Es una codificación interna de la planta para definir las características del vehículo. Se utiliza información de las piezas contenidas dentro del vehículo y el EOC para completar estas características. A continuación, se muestra una muestra de los 23 primeros caracteres del *Broadcast Code* existente para el modelo CD391 (Mondeo).

4.4. Bill of Materials (BOM)

A continuación, aunque en sí no sea un código de identificación del vehículo, se describe el *BOM (Bill of Materials)*. Existen dos divisiones claras en cuanto a las piezas que puede contener un coche:

- **Módulos de piezas:** Hacen referencia a bloques de piezas relacionados entre sí, por ejemplo, telas del asiento derecho. Existe una referencia a nivel módulo y además una serie de referencias de piezas simples colocadas debajo del módulo.

- **Piezas:** Son piezas simples, es decir, físicamente tangibles, cada una tiene una referencia asociada. Estas piezas pueden estar dentro de la estructura del vehículo demandado individualmente o debajo de un módulo.

Ford envía las ordenes de fabricación de los vehículos incluyendo una serie de piezas que pueden ser piezas simples o módulos. En el caso de que sean módulos su composición está definida por la estructura de *BOM* propia de *Lear Valencia* a nivel interno, es decir *Ford* pide “telas asiento delantero del conductor”, y *Lear* a través del *BOM* define que ese módulo está compuesto de 2 telas, una del cojín y otra del respaldo.

Tener un *BOM* correcto y sin errores resulta crucial ya que esto se utiliza para descontar material de *stock* y para realizar los cobros del asiento una vez fabricado. Una mala composición puede desencadenar cobros en exceso o defecto y un *stock* de piezas erróneo.

Por otro lado, las piezas o módulos vienen definidos con la siguiente codificación:

- **Lear Part Number:** Es el código identificativo de *Lear*. Tiene 15 caracteres y la información que aporta se puede dividir en 3 partes; código identificativo (caracteres 1-8), nivel de pieza (9-12) y código de color (13-15). Este es un ejemplo de *Lear PN*: *L0554371AA02ZHE*
- **Ford Part Number:** Es el código identificativo de *Ford*. En este caso tiene 16 caracteres, aunque esto puede variar en función de la pieza. Los caracteres 11-12 hacen referencia al nivel mientras que los 13-16 al código de color. Este es un ejemplo de *Ford PN* de la misma pieza expuesta en el punto anterior *EM2BU64416HA3ZHE*.
- **Alternativos:** Aunque de por sí no sea un código identificativo se utiliza como tal en ciertas ocasiones. Los asientos demandados por *Ford* están identificados habitualmente con el *Lear PN*, pero en muchas ocasiones los códigos de barras de las piezas únicamente disponen del *Ford PN*, imposibilitando así las lecturas de las etiquetas para la trazabilidad en producción. Para solucionar este problema se utilizan los “alternativos”; en el software de producción existe la posibilidad de añadir a una referencia códigos alternativos que sirvan de base para realizar comparaciones en las lecturas.
- **Códigos proveedor:** Son código colocados adicionalmente que utiliza el proveedor para identificar las piezas a nivel interno.

4.5. Demanda Ford

Ford, el único proveedor en este caso, es el encargado de enviar los datos de demanda, en este caso existen 3 formas de obtener esta:

- **ILVS:** Es un conjunto de todos los coches que se van a producir en un horizonte de 5-10 días efectivos, estos coches ya está definidos, es decir tienen características concretas definidas, *ID* que los define, fechas de creación, modificación y esperada de fabricación. La información presentada en este documento se actualiza diariamente. En la Figura 4-7 se muestra un ejemplo:

Status	VIN	Model	OptionCode	Creation date	Change date	Exp. build date
C	JJ01830	V408	VVDUxLMCHDABxxxxHxxxLxxxxDxxxxxxxx4Lxxxx3xxxxxxxxxxx	28/04/2018 4:25:09	25/05/2018 3:16:17	11/05/2018
I	JJ10101	V408	VKIExLMCHSTBCOxAxTPxLxx4LxxMx2Kcx2xxxMxYKcxCCEEA3	09/05/2018 4:17:36	25/05/2018 6:29:23	18/05/2018
R	JJ10103	V408	VKIExLMCHSTBCOxAxTPxLxx4LxxMx2Kcx2xxxMxYKcxCCEEA3	09/05/2018 4:17:37	25/05/2018 6:09:12	18/05/2018
R	JJ10368	V408	VKIExTDRODABCOxAxTPxLxx4LxxMx2Kcx2FxxxYKcxCCEEA3	10/05/2018 4:21:53	25/05/2018 6:10:19	21/05/2018
I	JJ08760	V408	VVIExTDRODABxxxxAHxxxLxxx4Lxxxx4xxxxDxxxxxxxxxxxx3	10/05/2018 4:22:26	25/05/2018 3:52:41	21/05/2018
M	JJ07743	V408	VVDUxTDRODABxxxxxxxxLxxxxDxxxxxxxx4Lxxxx3xxxxxxxxxxx	10/05/2018 4:22:47	25/05/2018 4:57:34	21/05/2018

Figura 4-7: Ejemplo información ILVS

Fuente: Lear Valencia

- **Datamart:** Se envía también a través de comunicación EDI, este archivo es implementado directamente en el ERP de la empresa, la información aquí hace referencia a piezas, mientras que es los casos anteriores todo era a nivel de coches. Existen 3 tipos de demanda:
 - o **Largo Plazo:** Representa la demanda semanal con un horizonte de un año y se actualiza semanalmente.
 - o **Corto Plazo:** Representa la demanda diaria con un horizonte de dos semanas y se actualiza diariamente.
 - o **Mixta:** Representa la demanda diaria de las dos próximas semanas y después solo la cantidad semanal, es una mezcla de las dos anteriores. Se actualiza diariamente.

FORD Daily Schedule											
11/06/2018 Programa de Ford 858-2											
Date	V408	NA	DUAL	SVB	LVB	Captain Chair	C391	C4,2	Total Cars VS	MONTH	WEEK FORMULA -1
11/06/2018	469	241	100	95	251	5	497	299	1265	6	24
12/06/2018	363	205	61	73	202	7	219	146	728	6	24
13/06/2018	374	223	80	87	192	0	241	142	757	6	24
14/06/2018	363	208	75	77	197	1	187	145	695	6	24
15/06/2018	411	195	68	59	241	2	351	146	908	6	24
16/06/2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	24
17/06/2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	25
18/06/2018	525	247	123	68	254	37	109	142	776	6	25
19/06/2018	522	244	120	67	256	36	334	143	999	6	25

Tabla 4-2: Ejemplo demanda semanal Ford

Fuente: Lear Valencia

4.6. Comunicación Ford-Lear

En este apartado se describe brevemente la comunicación realizada entre Ford y Lear para fabricar los asientos y montarlos en las carrocerías, a nivel software e intercambio de información entre las distintas plataformas. En este sistema de información intervienen varios softwares, se puede hacer distinción en función del origen de estos:

Software	Origen	Función	Aplicación
Ford	<i>Ford</i>	Enviar la demanda	Planta
LJS	<i>Lear Corporation</i>	Coordinar los recursos de planta.	Planta
LPS	<i>Lear Corporation</i>	Control de la producción (atornillados, lecturas..)	Línea A
QAD	QAD	Gestión de <i>stocks</i> , control de <i>Scrap</i> , finanzas.	Logística- Finanzas
SCIIL	SCIIL	Control de la producción (atornillados, lecturas..)	Línea B
EOL	<i>Simmanoviche</i>	Testeos final de línea	Final de línea A y B

Tabla 4-3: Software que gestionan la comunicación Ford-Lear

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 4-3 se muestra un detalle de los distintos *softwares* que intervienen en la gestión de la comunicación entre *Ford* y *Lear*. Se ha tenido en cuenta en este caso un *software* “*Ford*” aunque en este caso sea una caja negra de la cual solo se sabe la información que llega.

En la Figura 4-8 se muestra un esquema mostrando los distintos agentes descritos en la Tabla 4-3 y la forma de comunicación entre ellos. A grandes rasgos se podría resumir el funcionamiento de la siguiente manera:

1. Ford envía a LJS y QAD los datos de demanda mediante una comunicación EDI.
2. *Ford* modifica el estado de las carrocerías descritas en “ILVS” cada cierto tiempo, realizando en primer lugar el *Syncro* (comienza la fabricación), el *status* cambia de C a R.
3. LJS integra la estructura de materiales BOM, de QAD, para gestionar la totalidad de materiales necesarios en la orden de fabricación.
4. LJS genera los distintos reportes existentes en planta y envía la información a los puntos de *picking* de material.
5. La información de los asientos estará cargada en el *software* de producción (LPS Línea A, SCIIL Línea B), en las distintas estaciones de la línea de montaje. Cuando se realicen las operaciones correspondientes en el sistema este devolverá una señal a LJS de “Pass” si ha ido todo correctamente.
6. En las estaciones finales de la línea A, *EOL*, el *software* realiza una serie de comprobaciones finales teniendo en cuenta la información enviada en la orden por LJS. El *software* envía los resultados de los *test* a LJS.
7. Los asientos pasan por la estación final de planta y son cargados a balancinas en el “*Conveyor*”, LJS envía la señal de *BackFlush* a QAD como que la orden ha sido fabricada.
8. QAD realiza las gestiones de stock de piezas consumidas necesarias.
9. *Ford* pasado cierto tiempo pasará el *Integra* de la orden dando el visto bueno a los asientos.
10. LJS envía la orden de venta o *Integra* a QAD para que este realice las operaciones financieras pertinentes.

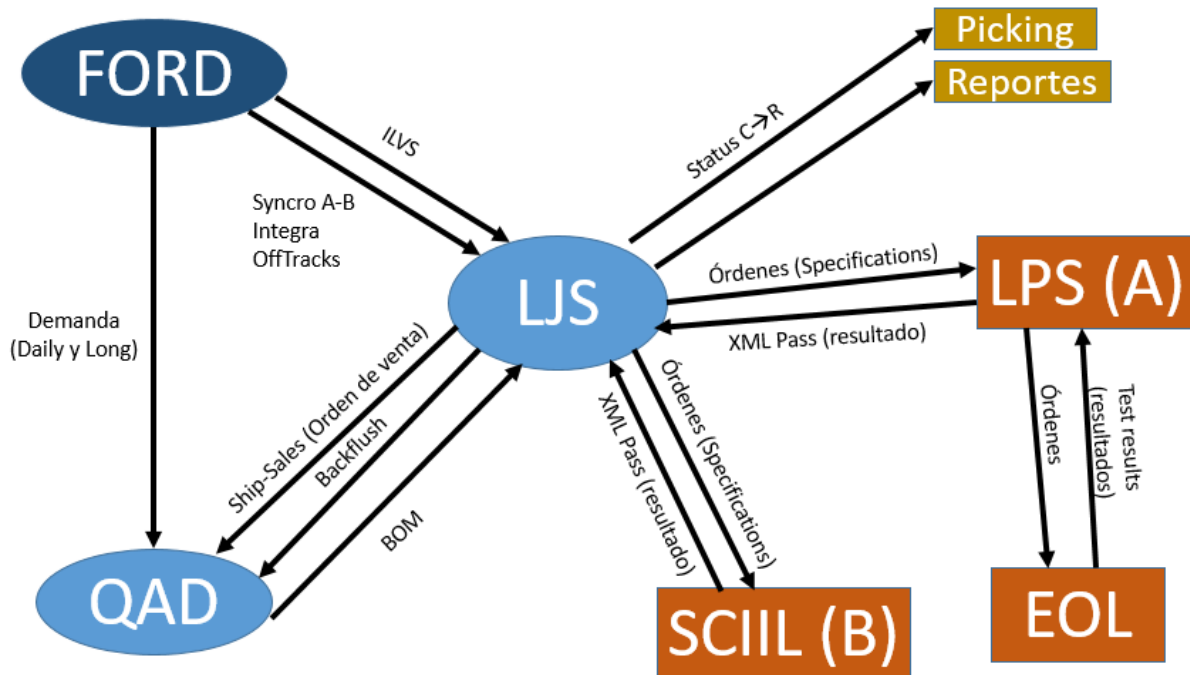


Figura 4-8: Esquema comunicación Ford-Lear

Fuente: Elaboración propia

4.7. Conclusiones

A lo largo de este capítulo se han tratado numerosos temas que sirven para entender como es el funcionamiento de una planta en continuo contacto con el cliente. A continuación, se presentan de forma resumida lo explicado en apartados anteriores.

- Descripción del proceso de producción semanal: Mediante un diagrama BPMN se explica cómo se gestiona el proceso de fabricación semanal entre los departamentos de Calidad y *Manufacturing*. El Director de Operaciones es el encargado de enviar la producción semanal en firme, Procesos se encarga de calcular las necesidades y preparar la documentación, Producción gestiona el personal y realiza las modificaciones necesarias en el día a día. Por otro lado, Calidad se encarga de asegurar el plan de control y analizar los nuevos productos o procesos.
- Codificación: Se explican los estados a los que se somete una orden de fabricación, los distintos códigos de identificación de la orden, y el proceso que sigue hasta que es finalizada la orden.
- *Bill of Materials* (BOM): En este apartado se exponen los distintos niveles de piezas existentes, piezas simples y módulos, y las formas de identificar estas.
- Demanda Ford: Existen 2 tipos de demanda; *ILVS* (se envía diariamente con un horizonte de 5-10 días) y *Datamart* (largo y corto plazo).
- Comunicación Ford-Lear: Ford la demanda tanto a LJS como a QAD, LJS gestiona la información de las ordenes de fabricación con todos los softwares de planta y QAD, manteniendo un continuo flujo de información con Ford.

5. ANÁLISIS DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

5.1. Introducción

En este capítulo se profundiza en el sistema que se sigue actualmente para planificar la producción desde el departamento de *Manufacturing* y el tipo de control que se realiza. Además, se analizan las distintas formas de obtener la demanda junto con la efectividad de estas.

- Planificación de la producción
- Control de la producción
- Descripción del proceso de balanceo de cargas de trabajo actual
- Comparativa Planificación-Demanda
- Análisis de variabilidad en la demanda

5.2. Planificación de la producción

El encargado de realizar esta función es el Director de Operaciones de la planta. Se realiza la planificación a partir de la información de demanda semanal mostrada en el documento descrito en apartados anteriores. En función de estos datos se desglosa el volumen diario en lo siguiente:

- **Línea B:** Furgoneta *Transit Connect* V408.
 - **Asientos delanteros:** Se analiza la cantidad de conjuntos de asientos delanteros (se cuentan por parejas o “coches”) según la opción:
 - Americanos: cantidad de asientos cuyo destino sean los Estados Unidos.
 - Fold Flat: cantidad de coches cuyo asiento del pasajero sea abatible.

- Piel: número de coches con fundas de piel en los asientos.
- Vinilo: número de coches con fundas de vinilo en los asientos.
- Calefactados: Se indica el porcentaje de coches con calefacción en los asientos delanteros.
- Eléctricos: Se indica el porcentaje de coches cuyo asiento del conductor es eléctrico.

Además de estas opciones se indica la cantidad de asientos que tiene que pasar por cada zona de la línea; se distingue entre la línea y la zona de "Dualco" (3 asientos delanteros).

- **Asientos traseros:**
 - SWB: Además se indica la cantidad de *Conversion*.
 - LWB: Además se indica la cantidad de *Conversion*.
 - Taxi
 - Captain Chair
- **Línea A:** Mondeo, Smax y Galaxy.
 - **Asientos delanteros**
 - Eléctricos: Coches cuyos asientos estén controlados eléctricamente.
 - Vignale: Es un tipo de asiento de alta gama, con fundas de piel, y siempre será o calefactado o MCS.
 - Miko: Es un tipo de vehículo cuyos asientos tienen un patrón de tela mitad piel.
 - MCS: Es un modelo de coche cuyos asientos están provistos de un sistema de calefacción.

Además, se indica el volumen de asientos que tiene que pasar por las celdas de chequeo *Rebal* (asientos de piel) y *Ariadnes* o *EOL (End of Line Testing)*.

- Asientos traseros: Aquí se indica el volumen de asientos que tiene que pasar por las zonas de cojines y respaldos.

	upd
FS V408 (240 NA / 220 FF / 20 LE / 80 VY / 42% HEAT / 12% PW)	545
FS STD	513
FS DUALCO + NA FAM	64
PICKING EXTERNALIZADO	545
RS V408 (90 SWB / 190 LWB / 0 TAXI / 60 CC) - (Conversion 160 LWB / 70 SWB)	340
RS Assy Line + RSB cells + SWB RSC Metal	340
LWB+TAXI+CC RSC Metal	250
RS Containments Offline	-
FS CD391 (220) + CD4.2 (215)	435
FS (CD391 - PW 40% --- VIG 20% / FL+PL 21% / MI 4% --- MCS 17%) (CD4.2 - PW 40% --- VIG 4% / FL+PL 6% / MI 12% --- MCS 2%)	435
REBAL (33,56 %)	146
ARIADNE	435
PICKING EXTERNALIZADO	435
RS CD391 (45% LE / 100% AR / 16% HEAT)	220
RSC Marriage Line	220
RSB Assembly Cell	220
PICKING EXTERNALIZADO	220
OTHERS	
SHIPPING	980

Figura 5-1: Programación producción

Fuente: Lear Corporation

5.3. Control de la producción

El encargado de realizar esta labor es el departamento de producción, aunque se pueden dividir las funciones entre:

- Jefes de turno: Al final de cada turno son los encargados de anotar la producción por zonas de cada modelo de acuerdo al siguiente formato.

FECHA	CAPACIDAD PREVISTA PROCESO	PRODUCCION SECUENCIA FORD								ADICIONALES A SEC.FORD		
		PROD A	PROGRAMA TURNO	PROD B	PROGRAMA TURNO	PROD C	PROGRAMA TURNO	PRODUCIDO DIA	BALANCE	PROD A	PROD B	PROD C
19/06/2018		108	0	84	0	122	0	314	314			
20/06/2018		115	0	76	0	129	0	320	320			
21/06/2018		124	0	120	0	85	0	329	329			
22/06/2018		107	0	102	0	124	0	333	333	8	15	
25/06/2018		110	0	102	0	93	0	305	305			3
26/06/2018		107	0	105	0	111	0	323	323		1	
27/06/2018		101	0	106	0	113	0	320	320			
28/06/2018		115	0	95	0	114	0	324	324		1	
29/06/2018		107	0	111	0	120	0	338	338			
02/07/2018		112	0	61	0	87	0	260	260			
03/07/2018		116	0	112	0	103	0	331	331			
04/07/2018		103	0	86	0	123	0	312	312		1	
05/07/2018		91	0	90	0	102	0	283	283			2
06/07/2018		114	0	104	0	94	0	312	312			
09/07/2018		111	0	108	0	122	0	341	341			
10/07/2018		104	0	86	0	96	0	286	286		3	3
11/07/2018		112	0	100	0	122	0	334	334		1	
12/07/2018		93	0	95	0	106	0	294	294		1	
17/07/2018		103	0	118	0	72	0	293	293			3
18/07/2018		109	0	111	0	105	0	325	325			
19/07/2018		106	0	98	0	103	0	307	307			
20/07/2018		102	0	87	0	98	0	287	287		1	
23/07/2018		87	0	75	0	93	0	255	255		1	
24/07/2018		97	0	79	0	89	0	265	265		1	
25/07/2018		98	0	97	0	79	0	274	274			1
26/07/2018		76	0	74	0	101	0	251	251		1	
27/07/2018		94	0	62	0	100	0	256	256	1		

Tabla 5-1: Formato producción diaria Jefes de Turno

Fuente: Lear Corporation

Este formato se aplica para las siguientes zonas de producción:

- Delanteros Línea A
- RSB Línea A
- RSC Línea A
- Delanteros Línea B
- Dualco
- Traseros Línea B:
- KV Romaní (*Conversion*):
- Director de operaciones: se realiza un control diario sobre lo producido con respecto a lo planificado para los procesos. Se utilizan distintos indicadores como puede ser el BTS:
 - BTS: Mide la corrección con la que una planta ejecuta los planes de producción para producir los volúmenes correctos de producto, en el día correcto y en el mix o secuencia correctos

5.4. Descripción del proceso de balanceo de cargas de trabajo actual

En este apartado se describe brevemente la metodología actual con la cual el departamento de procesos realiza las necesidades semanales y el balanceo de cargas de trabajo. Esta planificación se envía a producción para que se gestione el personal necesario.

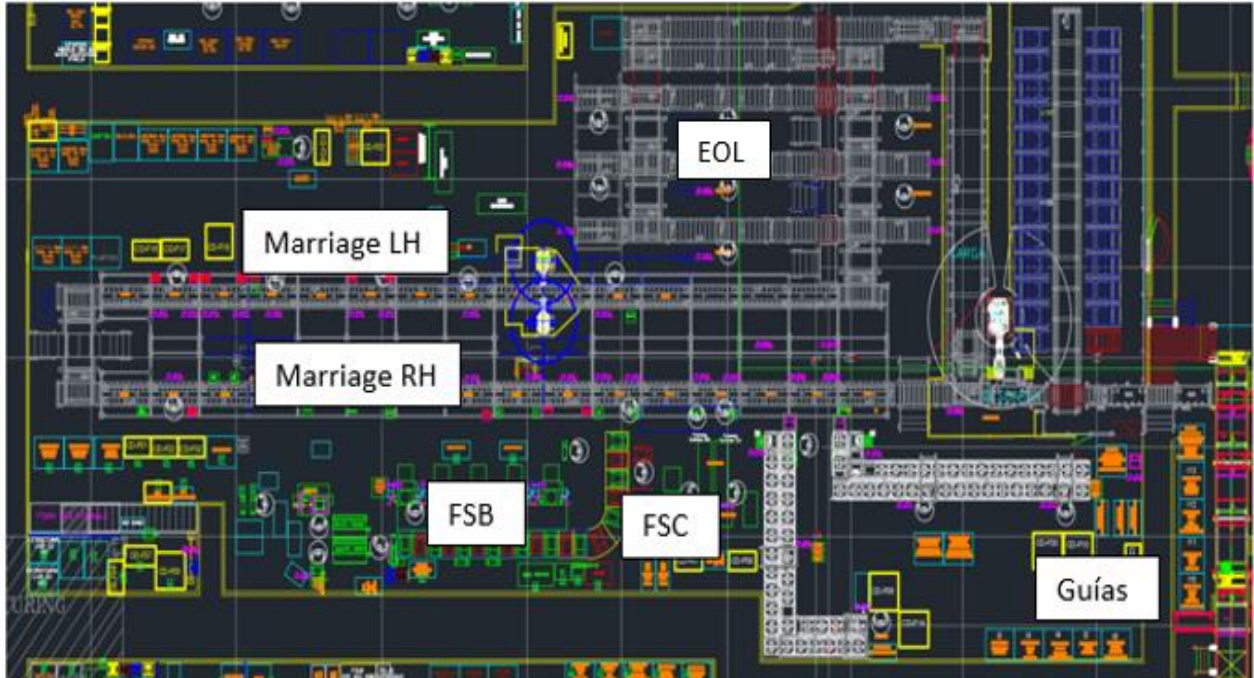


Figura 5-2: Layout zonas Línea A

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-2 se muestran las distintas zonas existentes en la línea A para asientos delanteros:

- **Marriage LH:** Línea principal con el respaldo y el cojín ya ensamblados, en este lado se terminan de atornillar plásticos.
- **Marriage RH:** Línea principal donde se ensamblan cojín y respaldo, se retocan los respaldos antes de cerrarlos y se atornillan algunos plásticos.
- **EOL:** Chequeos en final de línea.
- **FSB:** Respaldos delanteros.
- **FSC:** Cojines delanteros.
- **Guías:** Estructura del cojín del asiento y base de este.

Para realizar esto se utiliza los siguientes Inputs o datos de entrada:

- Previsión de la demanda por modelo de vehículo y características.
- Datos históricos de la demanda y mezcla recibida.
- Datos de medición de tiempo de cada una de las operaciones realizadas en las líneas. En este caso se ha realizado mediante la técnica de análisis *MOST*.

En la tabla se muestran las opciones posibles que se dan dentro de cada modelo realizado en la línea de asientos delanteros de CD391+4.2. Estas opciones son las que se utilizan para calcular los tiempos asignados a cada puesto.

Opción	CD4.2			CD391		
	LH	RH	Mean	LH	RH	Mean
Heat SPORT	47%	47%	47%	67%	67%	67%
Heat VOLUME	29%	29%	29%	10%	10%	10%
SPORT	63%	63%	63%	77%	77%	77%
VOLUME	37%	37%	37%	23%	23%	23%
VIGNALE	6%	6%	6%	17%	17%	17%
LEATHER	23%	23%	23%	32%	32%	32%
HEAT	76%	76%	76%	72%	72%	72%
SBR	50%	50%	50%	50%	50%	50%
4W	55%	59%	57%	2%	1%	2%
6W	10%	30%	20%	58%	76%	67%
MEM	35%	11%	23%	2%	17%	10%
MCS/CCS	5%	5%	5%	38%	5%	22%
2W + 4W	55%	59%	57%	11%	11%	11%
6W + MEM	45%	41%	43%	60%	77%	69%
Under Seat Storage	100%	100%	100%	-	-	-
Picnictray	63%	63%	63%	-	-	-
MCS no Vigale	3%	3%	3%	3%	3%	3%
MIKO	34%	34%	34%	8%	8%	8%

Tabla 5-2: Opciones asientos según modelo (%)

Fuente: Elaboración propia

En base a los datos de tiempo obtenidos y la mezcla los ingenieros de procesos realizan una asignación de operaciones a puestos y de operarios a puestos. El porcentaje de saturación se calcula en base a tiempos de operación por coche. Esta asignación se realiza teniendo en cuenta varias restricciones como:

- Operaciones no movibles a cualquier puesto debido a relaciones de precedencia.
- Dificultad del cambio debido a que implica modificaciones en el diseño del *Layout* o cambios en *software* de producción.
- La saturación media por operario debe ser al menos del 81%.

El esquema a seguir para realizar el equilibrado de las líneas sería el siguiente:

- Se parte de una solución inicial.
- En base a la demanda prevista y al tiempo disponible se calculan datos de la mezcla de vehículos y el tiempo de *takt* considerando un *catch back* del 5%.

		CD 391	CD 4.2
Volumen anual		117600	73644
Días disponibles		220	220
Vehículos /día		236	182
Número de turnos		3	3
Vehículos/turno		79	61
Porcentaje (%)		56.46%	43.54%
Tiempo disponible (min)	1320		

	Total	CD391	CD4.2
Takt Time (sec/coche)	172.97	301	407
Catchback	5.00%		

Tabla 5-3: Volumen anual producción y tiempos de takt

Fuente: Elaboración Propia

- Con estos datos y los tiempos se realiza el cálculo ponderado del tiempo asignado a cada puesto de trabajo.

Por ejemplo, en la Tabla 5-4 mostrada a continuación aparecen una serie de operaciones con su tiempo de ciclo y un coeficiente que hace referencia a la opción que supone esta operación. Hay una serie de operaciones que se realizan para todos los modelos, y además existe otra serie de operaciones que se realizan en función de la opción que implique el vehículo demandado por Ford.

Estas operaciones se ponderan de acuerdo al porcentaje de la demanda prevista que supongan estos modelos. Operando se obtiene un tiempo promedio ponderado por puesto, este tiempo es el que se utiliza para calcular la saturación de cada puesto.

Work Station	Ref.	PROCESS CD391	Time(s)	Opción(%)
ST 2 LH	TRK5030	Alcanzar el escáner y leer la etiqueta de montaje Reach the hand-scanner and read the buildticket	3.60	100%
ST 2 LH	TRK5055	Alcanza cable y abre para quitar cinta cable Open cables to remove paper tape and position it in the tracks	3.96	55%
ST 2 LH	TRK5056	Fijar clip metálico al pullmaflex Attach 1 metal clip to the pullmaflex	3.96	55%
ST 2 LH	TRK5057	Enclipar 2 clips negros al half pan Attach 2 black clips to the half pan	4.32	55%

Tabla 5-4: Ejemplo tiempos estación

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 5-5 mostrada a continuación aparecen los tiempos ponderados con las distintas opciones posibles, calculados de la manera que se ha comentado anteriormente.

CD391	Tiempo (sec)	CD4.2	Tiempo (sec)
TOTAL STATION 6W LH = 6.2%	10.80	TOTAL STATION 6W LH = 46%	79.50
TOTAL STATION 2/4W LH = 17.9%	30.95	TOTAL STATION 2/4W LH = 54.9%	94.98
TOTAL STATION WITH AVERAGE OPTIONS = 18.316%	31.68	TOTAL STATION WITH AVERAGE OPTIONS = 74.151%	128.26
TOTAL PONDERADO	72.75		

Tabla 5-5: Tiempos por estación (ejemplo)

Fuente: Elaboración Propia

- Con los tiempos de cada puesto de trabajo se realiza la asignación de operarios a los puestos. En la Tabla 5-6 se muestra un ejemplo de cómo se realiza esta operación.

Puesto	Saturación (%)	Operarios	Saturación op. (%)	Operaciones
FO-540-Sequence	64%	1	63.83%	Secuencia guías LH & RH
ST 2 LH	42%	1	79.35%	Track ends ST 2 LH & RH
ST 2 RH	37%			Track ends ST 2 LH & RH
ST 1 LH	83%	1	83.06%	Guías LH - ST 1
ST 1 RH	74%	1	73.78%	Guías RH - ST 1
FO-210 LH	43%	1	85.01%	Carga guías LH & RH
FO-210 RH	43%			Carga guías LH & RH

Tabla 5-6: Ejemplo saturaciones por puesto

Fuente: Elaboración Propia

Una vez realizado el balanceo de las líneas se lleva a cabo un proceso de comunicación con el resto de departamentos y personal de planta de cara a explicar las variaciones de proceso de una semana a otra.

5.5. Análisis de variabilidad en la demanda

En la Tabla 5-2 se representan las distintas opciones presentes en los asientos fabricados tenidas en cuenta para realizar la distribución de cargas de trabajo en la línea de montaje. Actualmente estos datos se mantienen invariables de semana en semana, exceptuando algunas opciones como las ya vistas en “Planificación de la producción”.

En este apartado se realiza un análisis de la variabilidad en la demanda de estas opciones obteniendo los datos de los informes de ILVS de cada semana en un plazo de 2 meses.

En la Tabla 5-7 se muestra los datos obtenidos para 8 semanas de producción, se calcula como dato comparativo la desviación típica de los porcentajes de cada opción obtenidos para cada semana. Hay que tener en cuenta que estas opciones son tenidas en cuenta para la carga de trabajo debido a que todas suponen cambios en los tiempos de montaje. Por tanto, cualquier variación notable en esta desencadena en desequilibrios en la carga de trabajo. A la vista de los resultados se obtiene que las opciones que mayor variación para los casos CD391+ 4.2 (agrupados por similitudes):

- **Sport/Volume:** Una diferencia de este tipo desencadena en mayor dificultad de pegado del velcro en las espumas del cojín y un mayor tiempo de enfundado para el respaldo en el caso Sport.
- **Heat:** Las ordenes con esta opción llevan asientos calefactados por lo que hay mayores tiempos de ruteado de cables, pegado de mantas calefactadas en cojín y respaldo, comprobaciones en final de línea.

- **2W + 4W:** Esta opción hace referencia a los asientos manuales, sin sistema eléctrico, su tiempo de montaje en la zona de guías es inferior debido a su simplicidad, en cambio en la zona de “Marriage RH” presentan de una mayor complejidad debido al montaje de plásticos (ruletas de reclinación, lumbar y maneta de inclinación).
- **6W + Mem.:** Las ordenes que presentan esta opción llevan asientos eléctricos con módulo de memoria (se almacenen perfiles con distintas regulaciones del asiento). Esto supone un mayor tiempo de montaje en la línea, sobre todo en la zona de guías.

CD391	WK37	WK36	WK35	WK34	WK38	WK30	WK29	WK28	Desviación
Heat SPORT	60%	63%	55%	55%	51%	47%	48%	50%	6%
Heat VOLUME	13%	8%	12%	12%	12%	12%	4%	23%	5%
SPORT	69%	66%	61%	61%	61%	50%	53%	54%	7%
VOLUME	31%	34%	39%	39%	39%	50%	47%	46%	7%
VIGNALE	11%	9%	11%	11%	11%	10%	12%	11%	1%
LEATHER	28%	22%	24%	24%	23%	18%	23%	22%	3%
HEAT	72%	72%	67%	67%	63%	59%	52%	73%	7%
SBR	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	0%
4W	54%	61%	64%	64%	60%	69%	55%	68%	6%
6W	19%	12%	12%	12%	15%	9%	16%	12%	3%
MEM	28%	27%	24%	24%	25%	22%	29%	21%	3%
MCS/CCS	8%	8%	7%	7%	8%	2%	7%	6%	2%
2W + 4W	54%	61%	64%	64%	60%	69%	55%	68%	6%
6W + MEM	46%	39%	36%	36%	40%	31%	45%	32%	6%
MIKO	6%	4%	6%	6%	9%	4%	9%	4%	2%
MCS No vignale	1%	0%	1%	1%	2%	0%	3%	0%	1%

Tabla 5-7: Variabilidad opciones fabricación CD391

Fuente: Elaboración propia

CD4.2	WK37	WK36	WK35	WK34	WK38	WK30	WK29	WK28	Desviación
Heat SPORT	61%	59%	60%	60%	64%	64%	36%	53%	9%
Heat VOLUME	22%	22%	23%	23%	21%	22%	49%	35%	10%
SPORT	69%	62%	63%	63%	67%	69%	37%	54%	11%
VOLUME	31%	38%	37%	37%	33%	31%	63%	46%	11%
VIGNALE	6%	9%	10%	10%	5%	6%	4%	7%	2%
LEATHER	15%	12%	7%	7%	9%	6%	7%	4%	3%
HEAT	83%	81%	82%	82%	85%	86%	85%	88%	2%
SBR	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	0%
4W	50%	54%	59%	59%	56%	65%	62%	74%	7%
6W	24%	22%	19%	19%	21%	17%	18%	12%	3%
MEM	26%	24%	21%	21%	23%	19%	20%	14%	4%
MCS/CCS	5%	4%	4%	4%	4%	3%	2%	3%	1%
2W + 4W	50%	54%	59%	59%	56%	65%	62%	74%	7%
6W + MEM	50%	46%	41%	41%	44%	35%	38%	26%	7%
MIKO	24%	20%	19%	19%	22%	20%	22%	13%	3%
MCS No vignale	3%	2%	1%	1%	3%	2%	1%	1%	1%
Picnictray	58%	63%	62%	62%	61%	48%	79%	51%	9%

Tabla 5-8: Variabilidad opciones de fabricación CD4.2

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente cabe destacar para el caso de los modelos CD4.2 (SMax y Galaxy) la variabilidad en la opción “Picnic Tray”. Los asientos con esta opción presentan una bandeja en la parte trasera del

asiento. Esto supone en la línea un tiempo extra de montaje bastante notable; manipulación de la bandeja, apuntado, atornillado y limpieza de esta.

V408	WK37	WK36	WK35	WK34	WK38	WK30	WK29	WK28	Desviación
SAB	58%	62%	62%	72%	63%	62%	63%	67%	4%
BASE	18%	24%	15%	21%	12%	13%	21%	31%	6%
LIMITED	10%	8%	21%	10%	16%	9%	6%	9%	5%
TREND	52%	41%	51%	50%	55%	51%	49%	35%	7%
LEATHER	1%	2%	0%	1%	1%	7%	2%	4%	2%
VINYL	17%	20%	11%	16%	16%	18%	20%	20%	3%
HEAT	13%	21%	17%	19%	21%	22%	14%	17%	3%
ARMREST	16%	18%	11%	16%	12%	11%	15%	19%	3%
NA	41%	43%	30%	50%	39%	58%	59%	58%	10%
EU	59%	57%	70%	50%	61%	42%	41%	42%	10%
SBR	21%	21%	33%	20%	24%	7%	8%	14%	9%
2W	24%	25%	31%	22%	23%	9%	14%	22%	7%
4W	36%	32%	38%	28%	38%	33%	27%	21%	6%
2W NA	22%	24%	17%	28%	21%	33%	32%	29%	5%
4W NA	17%	17%	12%	21%	15%	17%	20%	23%	3%
6W NA	1%	2%	1%	2%	3%	8%	7%	6%	3%
LUMBAR	54%	49%	66%	62%	60%	55%	54%	42%	8%
FOLD FLAT	50%	54%	41%	60%	50%	46%	48%	52%	6%
PICNIC TRAY	3%	3%	5%	6%	2%	1%	0%	1%	2%
TRACK END	22%	22%	30%	21%	25%	19%	19%	23%	4%
PLINTH COVER	58%	57%	55%	62%	57%	58%	63%	72%	6%
FOLD FLAT HEATER	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	1%	0%
DUALCO	WK37	WK36	WK35	WK34	WK38	WK30	WK29	WK28	
SAB	4%	4%	11%	14%	8%	5%	4%	13%	4%

Tabla 5-9: Variabilidad opciones de fabricación V408

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la furgoneta *Transit-Connect* V408 se realiza un análisis similar teniendo en cuenta las propias opciones de estos asientos. Las mayores desviaciones se obtienen para las siguientes opciones:

- **NA/EU:** Los asientos NA requieren de un tipo de comprobaciones por extra distintos debido a legislación del país de destino.
- **SBR:** Los vehículos con esta opción suponen un tiempo extra de montaje debido a la instalación del sistema de detección de peso en el asiento del pasajero.
- **Lumbar:** Esta opción supone un tiempo de montaje extra por la instalación del sistema de regulación lumbar en el respaldo.
- **Fold Flat:** Esta opción desencadena el montaje de una coraza de plástico en la parte trasera del asiento del pasajero (los asientos con esta opción se pueden abatir sobre el cojín).
- **2W / 4W:** Hace referencia al tipo de grados de libertad de movimiento en los asientos (en este caso europeos). Los 4W suponen un mayor tiempo de montaje.
- **Plinth Cover:** Esta opción supone la instalación y montaje de una pieza de plásticos adicional en el lateral del asiento.

En este apartado se han presentado las tablas con los datos resaltando las opciones cuya desviación típica en el periodo analizado era superior al 6% en muchos casos siendo estas opciones distintas de las que se modifican semanalmente para calcular los procesos. En varias ocasiones este tipo de

desajustes pueden desencadenar en sobrecargas de trabajo no previstas en algunas zonas de trabajo en la planta de producción.

A continuación, se muestran los tiempos extra que suponen cada una de estas opciones teniendo en cuenta las que son a nivel coche y a nivel conductor-pasajero:

LÍNEA A		
	Código	Tiempo Extra (min)
Basic (LH + RH)	0	83.52
Heat SPORT	1	3.36
Heat VOLUME	2	2.04
SPORT	3	2.15
VOLUME	4	2.15
VIGNALE	5	102.71
LEATHER	6	26.26
HEAT	7	6.31
SBR LH	8	1.55
2W LH	9	0
4W LH	10	4.34
6W LH	11	0.59
MEM LH	12	4.14
MCS/CCS LH	13	36.99
2W + 4W LH	14	2.82
6W + MEM LH	15	11.18
SBR RH	16	1.36
2W RH	17	0
4W RH	18	4.61
6W RH	19	0.34
MEM RH	20	3.52
MCS/CCS RH	21	37.67
2W + 4W RH	22	2.82
6W + MEM RH	23	11.72
Under seat storage	24	1.00
Picnictray	25	2.04
MCS no Vignale	26	7.25
MIKO	27	17.55

Tabla 5-10: Tiempos extra por opción Línea A

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5-10 se muestran las distintas opciones de fabricación existentes en la línea A; se han resaltado en amarillo las que han resultado más críticas según Tabla 5-7 y Tabla 5-8:

- **Sport / Volume:** Esta opción se utiliza para las distinciones entre los Foam y tiempos de grapado (2.15 minutos extra).
- **Heat:** A nivel general supone 6.31 minutos extra por ciclo, aunque existe la opción distinguiendo Sport y Volume debido a la forma de pegado de la manta: los modelos *Volume* suponen 2.04 minutos extra y los *Sport* 3.36.
- **2W + 4W:** Los 2W están actualmente obsoletos y no suponen ninguno tiempo extra. Los modelos 4W implican alrededor de 7.5 minutos por ciclo extra.
- **6W + Mem:** Suponen alrededor de 11.5 minutos extra por ciclo, 4 minutos más que una sienta manual (4W).
- **Picnic Tray:** Esta opción supone 2 minutos extra

LÍNEA B		
	Código	Tiempo Extra (min)
Basic (LH + RH)	0	62.41
SAB	1	3.56
LEATHER	2	11.93
VINYL	3	5.65
HEAT	4	2.81
ARM REST	5	1.66
NA	6	6.11
EU	7	0.73
SBR LH	8	0.35
2W LH	9	1.91
4W LH	10	5.39
2W NA LH	11	2.24
4W NA LH	12	5.95
6W NA LH	13	8.84
LUMBAR LH	14	0.57
SBR RH	16	0.35
2W RH	17	1.91
4W RH	18	4.05
2W NA RH	19	3.48
4W NA RH	20	2.38
6W NA RH	21	0.00
LUMBAR RH	22	0.57
FOLD FLAT HEATER	23	0.14
FOLD FLAT	24	5.46
PICNIC TRAY	25	2.13
TRACK END	26	0.58
PLINTH COVER	27	0.32

Tabla 5-11: Tiempos extra por opción Línea B

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5-11 se muestran ahora las opciones existentes para la línea B, se han resaltado en amarillo las opciones consideradas anteriormente como más críticas:

- **NA / EU:** Un asiento americano supone 6.11 minutos extra por cada ciclo, 5 minutos adicionales sobre uno europeo.
- **SBR:** La instalación y chequeo del Sensor supone 0.35 minutos extra.
- **Lumbar:** La instalación del mecanismo lumbar supone prácticamente 1 minutos extra.
- **2W / 4W:** Dependiendo de si es 2W o 4W puede suponer hasta 4 minutos extra en el caso 4W, 2 minutos adicionales al caso más simple.
- **Fold Flat:** Un modelo Fold Flat supone 5.46 minutos extra sobre un básico.
- **Plinth Cover:** Esta opción únicamente supone 30 segundos adicionales.

Por lo general se comprueba que algunas de las opciones contempladas anteriormente como críticas pueden llegar a suponer hasta 12 minutos extra sobre un ciclo normal y no están siendo tenidas en cuenta las fluctuaciones en la mezcla que pueda haber de semana a semana.

5.6. Comparativa Planificación-Demanda

En este apartado se plantea una comparativa de las distintas fuentes de obtener la previsión de demanda para una semana cualquiera. En primer lugar, se realiza una breve comparativa en cuanto a características:

	ILVS	DataMart
Horizonte	5-10 días	3-6 meses
Variable	Ordenes fabricación	Piezas
Frecuencia actualización	Diaria	Diaria
Accesibilidad	Alta	Baja
Usuarios actuales	Dpto. <i>Manufacturing</i>	Dpto. Logística

Tabla 5-12: Características ILVS-DataMart

Fuente: Elaboración propia

La principal diferencia entre las dos fuentes es que una se utiliza a nivel piezas (*DataMart*) mientras que la otra es a nivel ordenes de fabricación (*ILVS*). Por lo tanto, *ILVS* ofrece la ventaja de ver claramente las opciones de cada orden de cara a planificar un proceso donde influyan las opciones de montaje, además su uso está bastante depurada a través del departamento de IT con varios informes en SQL accesibles para toda la planta.

Mientras tanto *DataMart* se utiliza más a nivel logístico y no está muy desarrollado dentro de la planta para su aplicación a producción (Reportes *SQL*). Actualmente solo se utiliza en el departamento de logística para obtener la demanda de piezas.

Se compara frente a la producción real de las fechas marcadas obteniendo lo siguiente para una semana aleatoria:

	CD391 + 4.2			V408		
	ILVS	Datamart	Producción	ILVS	Datamart	Producción
28/05/2018	402	402	444	253	253	192
29/05/2018	431	433	427	173	173	196
30/05/2018	413	413	422	177	177	174
31/05/2018	416	416	420	167	167	172
01/06/2018	404	384	422	263	165	187

Tabla 5-13: Comparativa fuentes previsión de la demanda

Fuente: Elaboración propia

Según los datos de la Tabla 5-13 se encuentran previsiones muy similares en ambas fuentes *ILVS-DataMart*, aunque con unas desviaciones sustanciosas ocasionalmente frente a la producción real. La programación de la producción normalmente se hace frente al máximo diario de la semana de cara a poder tener capacidad a lo largo de esta.

A continuación, se muestra un gráfico (Figura 5-3) comparando las fechas esperadas de fabricación marcadas por Ford y la fecha real de fabricación de la orden. Para esta gráfica se han tomado 5 meses de datos de muestra obteniendo lo siguiente.

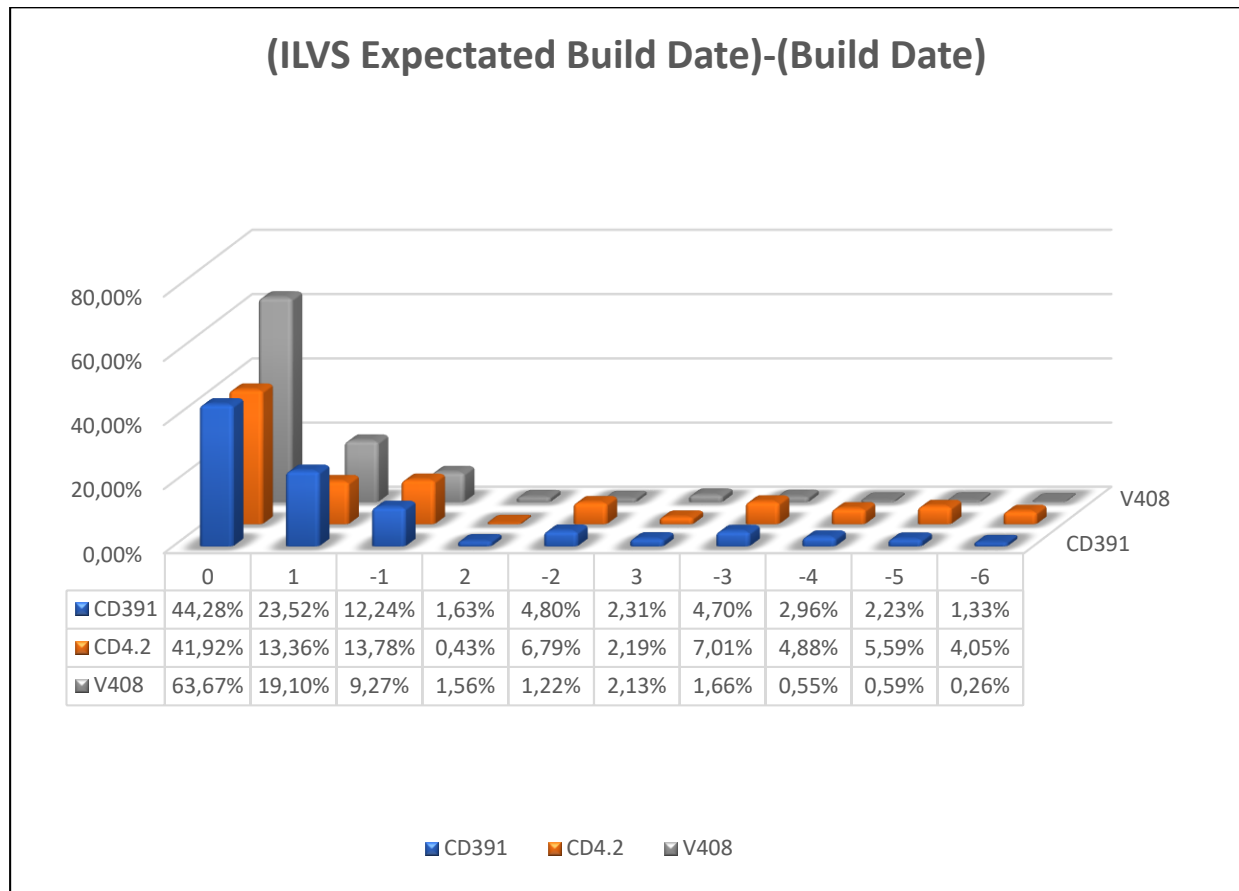


Figura 5-3: Comparativa fecha esperada de fabricación y fecha real

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-3 se muestra un gráfico representando como de efectiva es la fecha esperada de fabricación marcada en las ordenes, se distinguen 3 casos, dependiendo del modelo fabricado:

- V408:** Se puede apreciar claramente como en el caso de V408 se cumplen la mayoría de fechas impuestas en las ordenes en un plazo de +/- 1 día (92%). Para este espectro de datos la mayor desviación de plazo con respecto a la fecha de fabricación es un retraso de 6 días en la orden, al igual que en el resto de modelos. Además, en este modelo el 63.67 % de las ordenes son imputadas en el plazo previsto exacto.
- CD391 +4.2:** Para los modelos fabricados en la línea A existe una variabilidad mayor, aunque el grueso se cumple en el plazo impuesto anteriormente (+/- 1 día). En estos modelos alrededor de un 44% de las ordenes son imputadas en el plazo previsto.

A continuación, se muestran 2 gráficos, Figura 5-4 y Figura 5-5, agrupando la cantidad de ordenes desviadas 5 o 6 días con respecto a su fecha de fabricación. Con estos gráficos se busca dar una idea de los peores casos que se han llegado a dar en días de fabricación pasados.

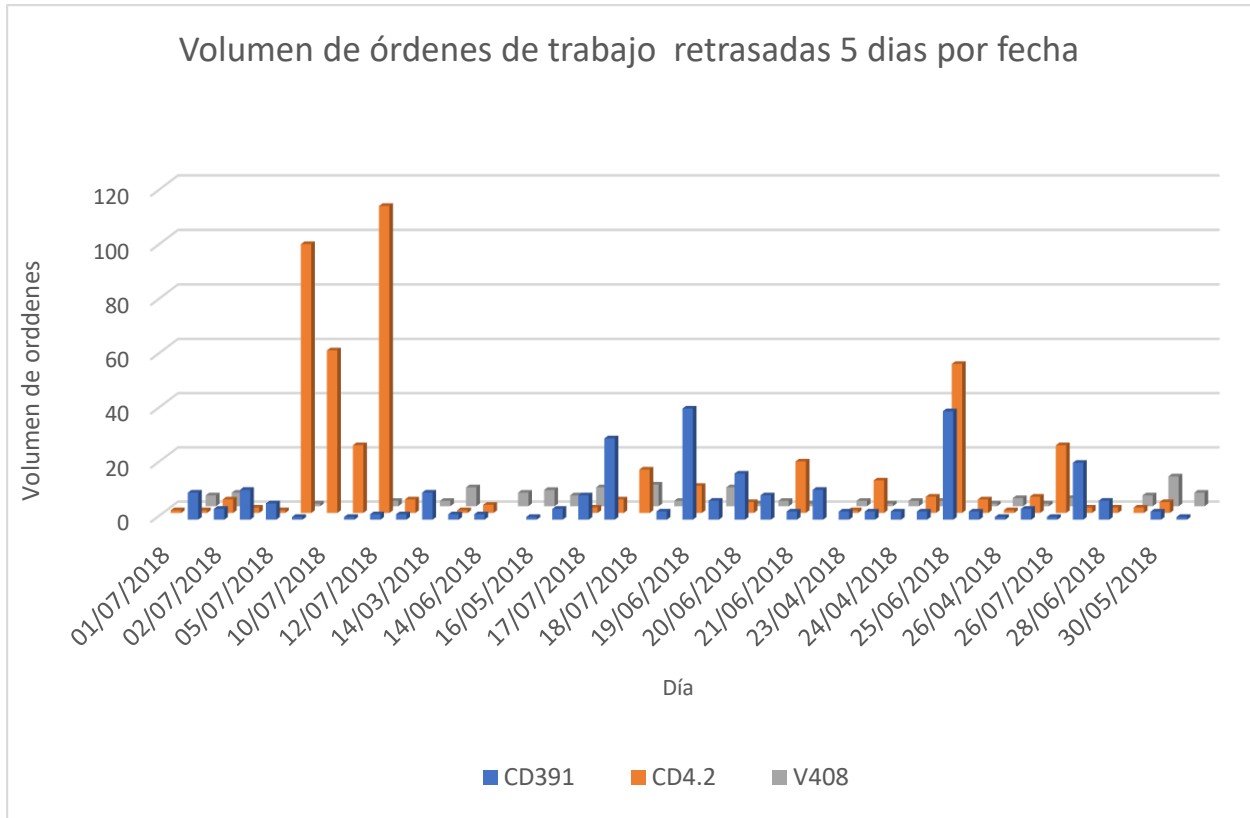


Figura 5-4: Ordenes retrasadas 5 días según la fecha

Fuente: Elaboración Propia

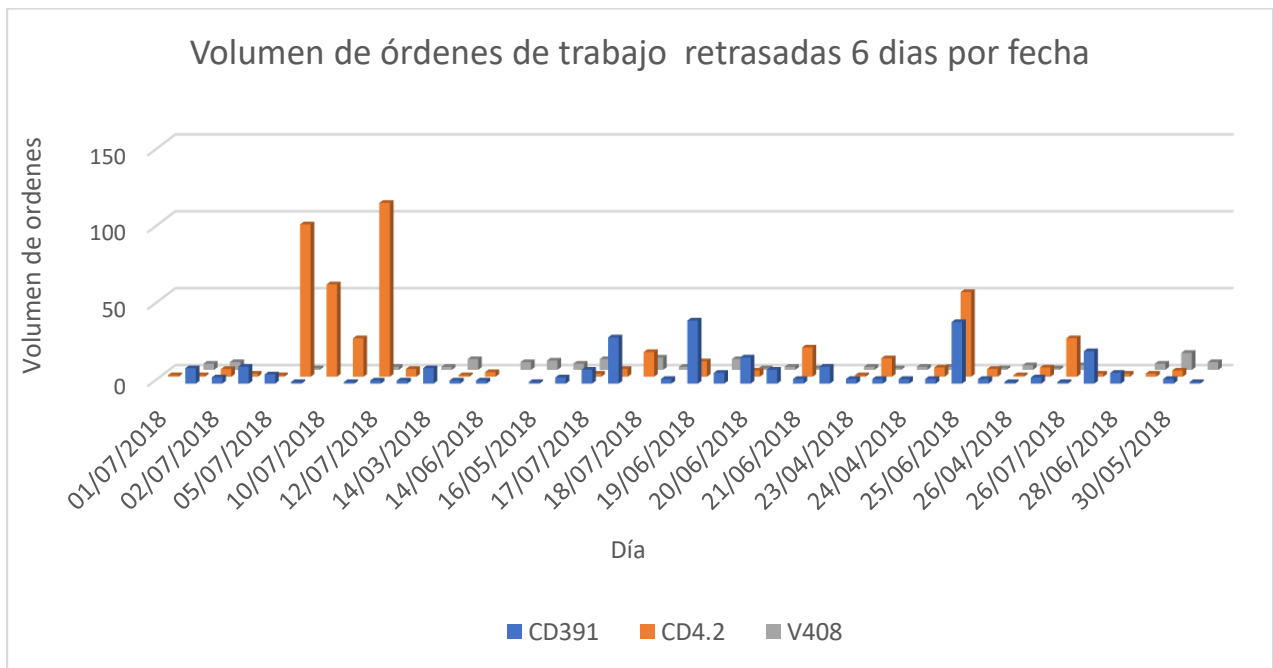


Figura 5-5: Ordenes retrasadas 6 días según la fecha

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar claramente en las 2 gráficas que en el modelo CD4.2 es en el que más variaciones en las ordenes se ven, llegando a cifras de más de 100 órdenes retrasadas 6 días. Por otro lado vuelve a comprobarse como el modelo V408 es el menos variable en cuanto a desviaciones de previsión con respecto a la producción.

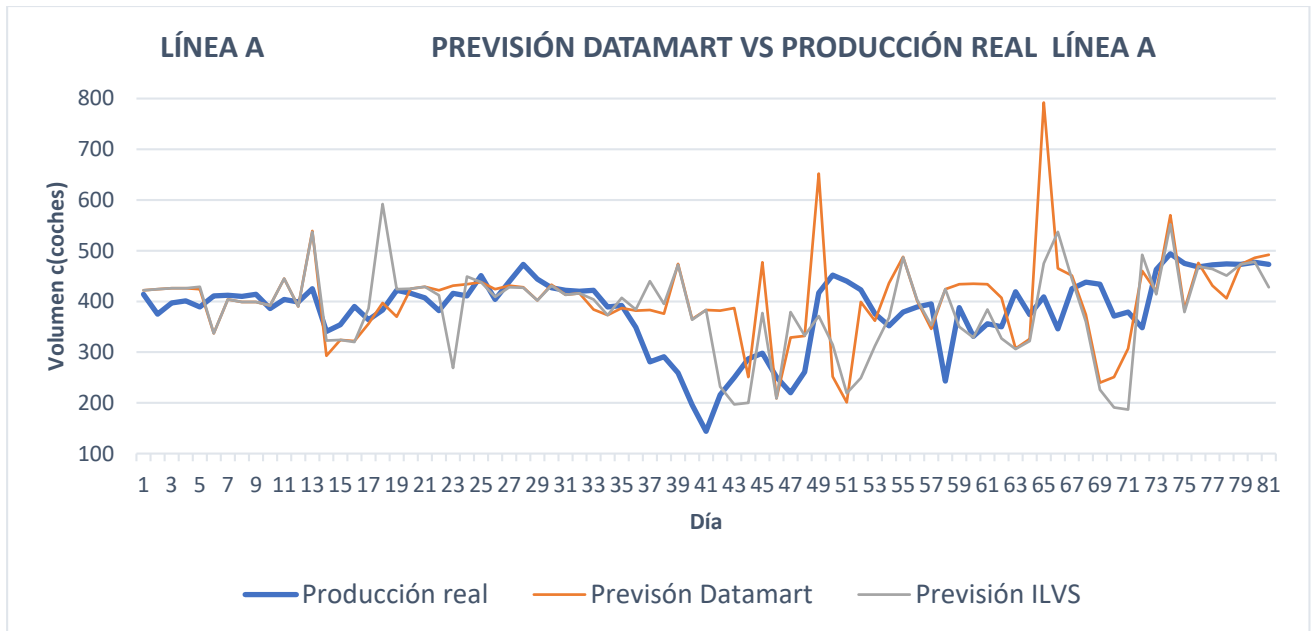


Figura 5-6: Comparativa Datamart-ILVS-Producción Línea A

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-6 se muestra una gráfica representando las distintas previsiones de demanda según las distintas fuentes y su comparación con la producción real. En este caso se puede apreciar unas variaciones notables para los modelos fabricados en la línea A, CD391+ 4.2. Tomando como medida de comparación las desviaciones diarias producidas entre la previsión y la producción para cada uno de los días se obtiene lo siguiente:

$$Desviación = \frac{|(Producción\ real) - (Previsión\ Fuente)|}{Producción\ real} \%$$

Fecha	Desviación ILVS	Desviación Datamart
16/04/2018	2%	2%
17/04/2018	13%	13%
18/04/2018	7%	7%
19/04/2018	6%	6%
20/04/2018	10%	9%

Tabla 5-14: Muestra cálculo desviaciones previsión-producción

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5-14 se muestra un ejemplo de los datos obtenidos del 16 de Abril al 31 de Agosto de 2018. En resumen, para los dos tipos de fuentes de la demanda se han obtenido los siguientes indicadores:

Línea A	ILVS	DataMart
Promedio	18%	19%
Máximo	86%	94%
Mínimo	0%	0%
Desviación	21%	22%
Percentil 75	27%	27%
Percentil 50	10%	11%

Tabla 5-15: Indicadores comparativa fuentes de previsión de la demanda Línea A

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la línea A, se obtienen unos resultados muy similares para ambas fuentes, ligeramente más precisos para el caso de ILVS. En el 75% de los casos la desviación con respecto a la previsión es del 27%, aunque los promedios se mantienen algo más bajos.

Si se combinan las conclusiones obtenidas de la Figura 5-3 llegamos a que, aunque bien haya variaciones considerables en la previsión diaria, los adelantos y retrasos de las ordenes están por debajo de 6 días en el 90% de los casos suponiendo esto una estabilidad a nivel semanal en la previsión frente a lo producido.

En la Figura 5-7 se pueden apreciar los mismos resultados que anteriormente, pero aplicados a la línea B, existe un pico de bajada de la demanda por la intrusión del *re-styling* del vehículo. En este caso se puede ver claramente como la previsión se ajusta mejor a lo producido, como ya se podía predecir anteriormente.

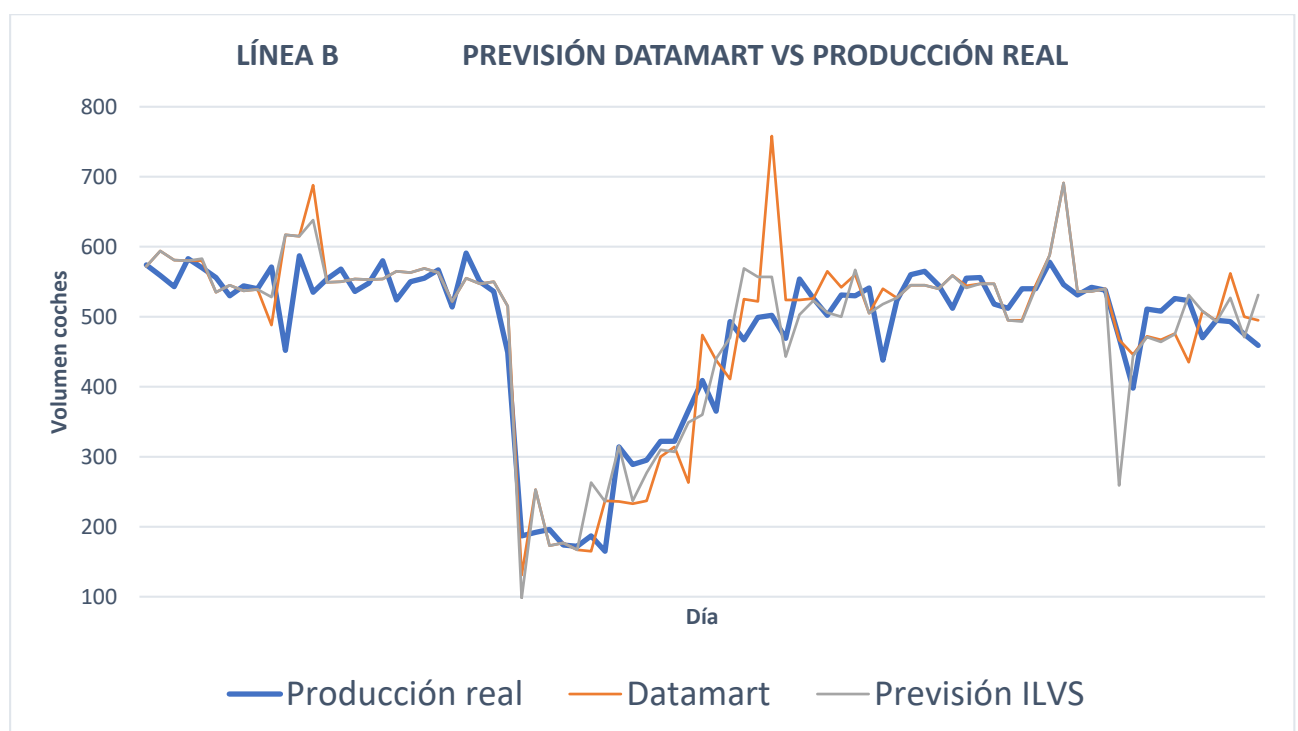


Figura 5-7: Comparativa Datamart-ILVS-Producción Línea B

Fuente: Elaboración propia

Tomando como referencia los mismos indicadores que han sido utilizados en la línea A, teniendo en cuenta el mismo espacio maestro, se puede comprobar como los promedios y las desviaciones están bastante por debajo que en el caso anterior. De nuevo se obtienen resultados ligeramente mejores obteniendo los datos de ILVS.

En este caso el 75% de las veces las desviaciones son inferiores al 10% lo que supone alrededor de unos 50 coches con una producción media. De nuevo con los datos obtenidos anteriormente se puede comprobar como a nivel de semana la precisión aumenta a prácticamente el 100%.

Línea B	ILVS	DataMart
Promedio	8%	9%
Máximo	48%	51%
Mínimo	0%	0%
Desviación	11%	11%
Percentil 75	9%	12%
Percentil 50	5%	5%

Tabla 5-16: Indicadores comparativa fuentes de previsión de la demanda Línea B

Fuente: Elaboración propia

5.7. Conclusiones

A lo largo del capítulo se han planteado distintos temas para abordar la planificación de la demanda y los métodos actuales. De forma resumida se podría concluir:

- **Planificación de la producción:** El Director de Operaciones es la persona encargada de enviar una planificación de lo que se va a fabricar al departamento de “Manufacturing”. Esta previsión se realiza a nivel de modelos teniendo en cuenta algunas opciones de fabricación.
- **Control de la producción:** Los encargados de turno tienen la función de registrar lo producido cada día y el Director de Operaciones se encarga de analizar las desviaciones entre la previsión y lo fabricado.
- **Descripción del proceso de balanceo de cargas de trabajo actual:** Los ingenieros de procesos reciben la planificación y en base a esa información calculan las saturaciones de cada puesto de trabajo junto con las necesidades de personal. Actualmente se mantienen la mayor parte de los porcentajes de opciones dentro del asiento invariable de semana a semana.
- **Análisis de variabilidad en la demanda:** En cada modelo de asiento existen numerosas opciones de fabricación que producen variaciones en los tiempos de montaje. Se analiza la variabilidad de estas opciones a lo largo de 2 meses llegando a la conclusión de que existe fluctuaciones importantes que no se están teniendo en cuenta en las planificaciones del proceso. Además, estas fluctuaciones se comprueban cómo afectan notablemente al tiempo de ciclo por asiento.
- **Comparativa Planificación-Demanda:** En este apartado se compara la fiabilidad de la previsión obtenida a través de *ILVS* y *DataMart*. Se concluye que existen variaciones importantes en los modelos fabricados en la línea A (CD391+4.2) con respecto a la línea B. *ILVS* como fuente de previsión resulta más fiable, aunque su horizonte de previsión es menor.

En general se comprueba que la línea que tiene mayores dificultades es la B debido a la complejidad añadida de fabricar 4 modelos de asiento en la misma y línea junto con opciones completamente distintas.



Análisis de la situación actual, Propuesta de metodología y diseño de una herramienta para el equilibrado de cargas de trabajo en una línea de ensamblaje de asientos de automóvil en Lear Corporation en Almussafes.



6. PROPUESTA DE METODOLÓGIA

6.1. Introducción

En este apartado se propone una metodología a seguir para mejorar y estandarizar el trabajo semanal en la planta de producción, en términos de planificación y control.

A lo largo de los apartados anteriores se ha analizado la complejidad existente en el trabajo de producción en planta, planteando los problemas que puede llevar la forma de trabajar actualmente debido al gran volumen de información y variabilidad junto con un tiempo escaso. Resumiendo, se han visto varios puntos clave:

- Alta variabilidad en la demanda para un abanico amplio de opciones. Actualmente no todas son consideradas en los cálculos semanales.

- Necesidad de mantener un alto nivel de eficiencia en el uso de personal y maquinaria.

- Existen varias fuentes de obtención de la demanda del cliente. Se analiza *ILVS* y *Datamart*.

- El control de la producción se realiza únicamente a nivel volumen de producción por modelos.

- Complejidad alta en los equilibrados de carga de trabajo en las distintas líneas de producción. La alta variabilidad en la demanda no permite estandarizar fácilmente.

Por todo esto, en este apartado se plantea un modo de operar abordando cada uno de los puntos mencionados, en la Figura 6-1 se muestra el esquema a seguir dentro del departamento de *Manufacturing*.

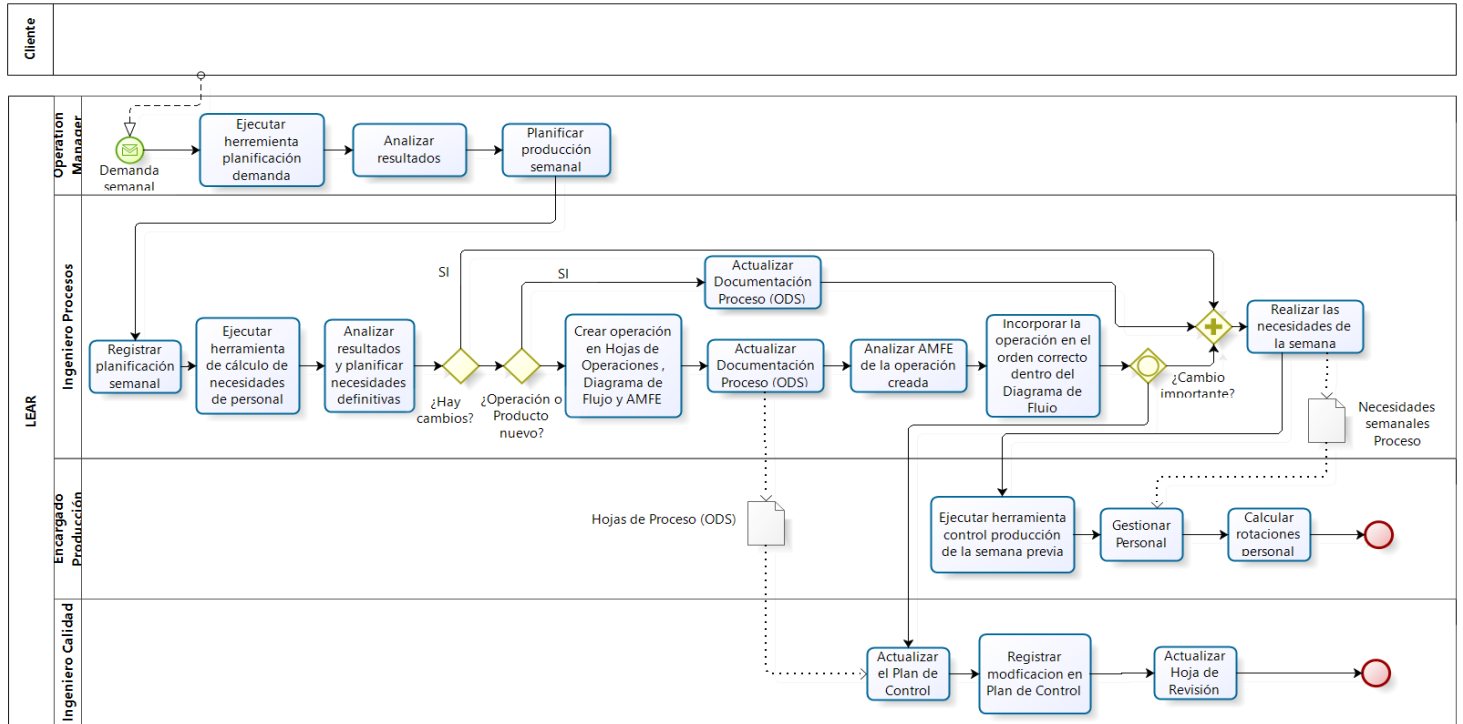


Figura 6-1: BPMN metodología propuesta

Fuente: Elaboración propia

Esencialmente se plantean una serie de herramientas que sirvan de apoyo a las funciones del ingeniero de procesos, director de operaciones y el encargado de producción, aportando información concisa obtenida de una gran base de datos.

De esta manera se busca reducir la miopía generada por la falta de tiempo y el gran volumen de posibilidades y datos.

En el capítulo todo se enfoca alrededor de 3 agentes; director de operaciones, ingeniero de procesos y encargado de producción, sus funciones se describen en la Tabla 6-1.

Puesto	Funciones
Director de Operaciones	Planificar los volúmenes de producción y controlar las desviaciones.
Ingeniero de Procesos	Calcular las necesidades de personal cada semana y dar soporte con la definición del proceso.
Encargado de Producción	Gestionar al personal con las fluctuaciones existentes en el día a día y controlar la producción.

Tabla 6-1: Agentes intervinientes en el proceso

Fuente: Elaboración Propia

Con todo esto, en el capítulo se plantean las herramientas en orden lógico de uso:

6. PROPUESTA DE METODOLÓGIA

1. Análisis demanda: En primer lugar, partiendo de los datos de demanda se calculan los volúmenes y opciones necesarios para la definición del proceso.

2. Cálculo necesidades de personal: Partiendo de un volumen de demanda se planifica el volumen de personal y el proceso que les de soporte.

3. Control de la producción: Partiendo del volumen de demanda previsto se controlan las desviaciones de este con respecto al día a día.

6.2. Análisis demanda Ford

6.2.1. Introducción

Tal y como se ha comentado en apartados en anteriores la variabilidad en las mezclas y volúmenes de Ford es muy grande por lo que se hace necesario tener un control exhaustivo sobre esta previsión.

En este apartado se plantea una herramienta de apoyo a este análisis con el objetivo de dar una perspectiva más amplia para facilitar el cálculo de las necesidades de personal.

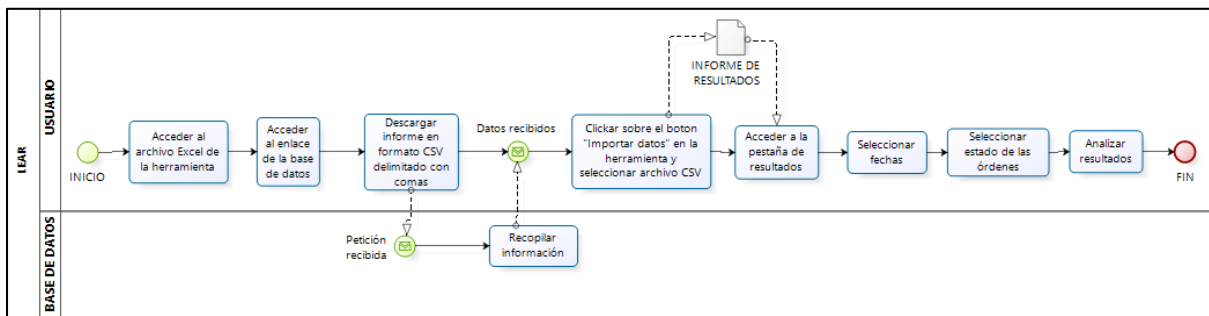


Figura 6-2: Herramienta de previsión de la demanda

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 6-2 se muestra un esquema describiendo el procedimiento a seguir para el uso de la herramienta descrita; como se puede apreciar básicamente consiste en el acceso a una base de datos y la obtención de unos resultados orientados a la planificación.

6.2.2. Inputs

Una vez descrito brevemente el procedimiento a seguir a nivel general para el uso de la herramienta conviene describir los *inputs* de la herramienta, son los mostrados en la Tabla 6-2.

Input	Descripción
Base de datos ILVS	Contiene la información de las ordenes de trabajo con plazo de 1 año
Fecha	Fechas esperadas de fabricación
Estado de la orden	Status en el que esta la orden
Modelo	Modelo de vehículo: V408,CD391,SMAX,GALAXY
Opciones	Opción de cada modelo

Tabla 6-2: Inputs herramienta de planificación

Fuente: Elaboración Propia

En las Figuras Tabla 6-3 Tabla 6-5 Tabla 6-6 se muestran capturas de la herramienta con algunos de los inputs descritos en la Tabla 6-2.

ENLACE DESCARGA
<http://leval-His02/Reports/Pages/Report.aspx?ItemPath=%2FLaunch%2FLeval+ILVS+by+model&ViewMode=Detail>

INSTRUCCIONES

1. Acceder al enlace y seleccionar modelos
2. Descargar reporte en excel SEPARADO POR COMAS y guardarlo
3. Pulsar botón "IMPORTAR DATOS" y seleccionar archivo a importar
4. Acceder a la pestaña "RESULTADOS"

Status	VIN	MODELO	BROADCAST	Fecha prevista de fabricación
C	JA27468	CD4.2	GxLExVDSEBYE...AHzTVxLx4MM2DB...Lx4MM2D...R...S...B...	20/11/2018
C	JA27469	CD391	R4LExSCPEBY...S...S...4MM2x...Lx4MM2x...M...R...B...S...B...	22/11/2018
C	JA27470	CD391	R4LExSCPEBY...S...S...4MM2x...Lx4MM2x...M...R...B...S...B...	22/11/2018
C	JA27471	CD391	R4LExSCPEBY...S...S...4MM2x...Lx4MM2x...M...R...B...S...B...	22/11/2018
C	JA27472	CD391	R4LExSCPEBY...S...S...4MM2x...Lx4MM2x...M...R...B...S...B...	22/11/2018
R	JA28857	Kuga	M	15/11/2018
I	JA30343	Kuga	M	20/11/2018
I	JA30542	Kuga	M	20/11/2018

IMPORTAR DATOS

Figura 6-3: Datos obtenidos del informe de ILVS

Fuente: Elaboración propia

Fecha prevista de fabricación

- 12/05/2018
- 12/10/2018
- 13/09/2018
- 13/11/2018
- 14/09/2018
- 14/11/2018

Figura 6-4: Fecha prevista de fabricación (Herramienta ILVS)

Fuente: Elaboración Propia

Status

- C
- E
- I
- M
- R
- (en blanco)

Figura 6-5: Status de la orden de trabajo (Elaboración Propia)

Fuente: Elaboración Propia

6.2.3. Outputs

En el apartado anterior se han definido los *inputs* para la herramienta de trabajo, a continuación, se define el *output* de datos obtenidos:

- Opciones de las órdenes de trabajo: De la base de datos se desglosan las opciones de cada orden en campos a través del *Broadcast Code*.
- VIN: Es el código que define cada orden.
- Status: El estado de cada orden.
- Fecha prevista de fabricación: Son las fechas esperadas por el cliente para imputar las ordenes de fabricación a sus proveedores.
- Resumen de opciones por modelo: Este sería el principal *output* resume las opciones tenidas en cuenta para la planificación del proceso en función de los distintos *inputs*. En las Figura 6-6 y Figura 6-7 se muestra un ejemplo del resumen para las dos familias de modelos que se fabrican en la planta.

CD391	LH	RH	Mean	CD4.2	LH	RH	Mean
Heat SPORT	62%	62%	62%	Heat SPORT	49%	49%	49%
Heat VOLUME	13%	13%	13%	Heat VOLUME	27%	27%	27%
SPORT	69%	69%	69%	SPORT	61%	61%	61%
VOLUME	31%	31%	31%	VOLUME	39%	39%	39%
VIGNALE	6%	6%	6%	VIGNALE	6%	6%	6%
LEATHER	22%	22%	22%	LEATHER	11%	11%	11%
HEAT	75%	75%	75%	HEAT	76%	76%	76%
SBR	50%	50%	50%	SBR	50%	50%	50%
2V	0%	0%	0%	2V	0%	0%	0%
4V	54%	73%	63%	4V	68%	72%	70%
6V	8%	16%	12%	6V	4%	24%	14%
MEM	38%	11%	25%	MEM	28%	4%	16%
MCS/CCS	5%	5%	5%	MCS/CCS	6%	6%	6%
2V + 4V	54%	73%	63%	2V + 4V	68%	72%	70%
6V + MEM	46%	27%	37%	6V + MEM	32%	28%	30%
MIKO	8%	8%	8%	MIKO	10%	10%	10%
MCS No vignale	1%	1%	1%	MCS No vigna	2%	2%	2%
Pienictraj	0%	0%	0%	Pienictraj	58%	58%	58%
				Ambient Manu	48%	71%	60%
				Ambient Mem	27%	4%	16%

Figura 6-6: Resumen de opciones por modelo CDs

Fuente: Elaboración Propia

LWB		V408	LH	RH	Mean
OPT. LWB	74%	SAB	61,5%	71,0%	66,2%
OP. Armrest	46%	BASE	23,8%	23,8%	23,8%
OP. Leather	0%	LIMITED	9,4%	19,9%	14,6%
Belt minder	56%	TREND	45,2%	31,0%	38,1%
Conversion	0%	LEATHER	0,5%	0,6%	0,5%
SWB		VINYL	19,1%	22,9%	21,0%
OPT. SWB	14%	HEAT	12,4%	19,5%	15,9%
OP. Armrest	14%	ARMREST	0,0%	0,3%	0,2%
OP. Leather	0%	NA	46,2%	55,2%	50,7%
Belt Minder	48%	EU	53,8%	44,8%	49,3%
Conversion	0%	SBR	0,0%	22,5%	11,3%
NA	0%	2V	8,6%	28,5%	18,6%
CAPTAIN CHAIR		4V	35,7%	16,2%	25,9%
Captain Chair	12%	2V NA	0,0%	55,2%	27,6%
OP. Leather	15%	4V NA	42,6%	0,0%	21,3%
Basic V408		6V NA	3,6%	0,0%	1,8%
OPT. TAXI	0%	LUMBAR	47,6%	37,3%	42,4%
		FOLD FLAT	0,3%	55,2%	55,5%
		PICNIC TRAY	4,3%	4,3%	4,3%
		TRACK END	19,3%	23,2%	21,2%
		PLINTH COVER	64,7%	65,7%	65,2%
		FOLD FLAT HEATI	0,0%	1,0%	0,5%
		DUALCO			
		SAB	113,5%	28,5%	71,0%

Figura 6-7: Resumen de opciones por modelo V408

Fuente: Elaboración Propia

En este caso en la Figura 6-7 también se muestran las opciones de asientos traseros de la furgoneta.

En la descripción de outputs se han incluido también los datos de las ordenes de trabajo ya que la aplicación de esta no tiene por qué ser únicamente a nivel de obtener el resumen de opciones por modelo.

6.2.4. Aplicaciones

En este apartado se definen las distintas aplicaciones que se le pueden dar a la herramienta descrita:

- Planificación del volumen de fabricación: Se pueden obtener resultados a nivel de volumen diario de modelos.

Etiquetas de fila	12/09/2018	11/09/2018	13/09/2018	14/09/2018
CD391	274	298	297	300
CD4.2	189	196	192	171
V408	515	589	614	534
Kuga	771	800	766	750
Total general	1749	1883	1869	1755

Figura 6-8: Volumen de modelos por día de producción

Fuente: Elaboración propia

- Planificación de opciones por modelo previstas: Esta opción hace referencia principalmente a las opciones mostradas en la Figura 6-7 y la Figura 6-6, aunque se podría obtener cualquier otra definida por el *Broadcast Code*.
- Cálculo de previsión de ordenes con opciones concretas para fechas definidas. Por ejemplo: si se trabaja contra *Kanban* y existe un *stock* bajo de alguna pieza común para varios modelos se pueden buscar la cantidad de órdenes que quedan por imputar para un día concreto (modelo C=SWB, hay 40 ordenes pendientes) y ajustar el volumen a fabricar de cada modelo (Figura 6-9).

Fecha prevista de fabricación 11/09/2018

Cuenta de VIN Etiquetas de fila	Etiquetas de columna		
	C	H	L
V408	64	7	245
C	40	7	112
I	15		31
M	6		58
R	3		44
Total general	64	7	245

Figura 6-9: Opciones traseros pendientes para el día 11/9

Fuente: Elaboración Propia

En este caso se han descrito únicamente 3 posibles aplicaciones de la herramienta, pero el campo de posibilidades que abre tener desglosadas las ordenes de trabajo por opciones de fabricación es muy amplio.

6.2.5. Usuarios

En este apartado se describen los posibles usuarios de la herramienta. En la Tabla 6-3 se muestra un resumen de los principales puestos y usos:

Puesto	Uso
Director de Operaciones	Analizar el volumen/opciones de modelos por día
Ingeniero de Procesos	Consultar opciones por modelo a la hora de planificar el proceso o la gestión de los stocks.
Ingeniero de Producción	Obtener las ordenes por modelo previstas.
Ingeniero logístico	Evitar posibles roturas de <i>stock</i> .

Tabla 6-3: Definición de los agentes y usos de la herramienta de planificación

Fuente: Elaboración Propia

Una vez descritos los posibles usuarios es importante destacar el conocimiento de la codificación de las ordenes de trabajo necesario para poder darle un uso más avanzado a la herramienta.

6. PROPUESTA DE METODOLÓGIA

6.2.6. Descripción de la herramienta

En este apartado se entra en un detalle algo más técnico del funcionamiento de la herramienta a nivel análisis de datos y programación.

Esencialmente se parte de un archivo de datos con columnas separadas por comas y se desglosa este en distintas columnas en la herramienta.

Posteriormente mediante programación en “Visual Basic” se hace un *Split* de las opciones del *Broadcast Code* en columnas para poder analizar elemento a elemento.

```
'almacenar BC
longitud = Application.CountA(Range("D1:D20000"))
For i = 1 To longitud
    BC = Cells(2 + i, 4)
    BC = StrConv(BC, vbUnicode)
    s = Split(BC, vbNullChar)
    For j = 0 To UBound(s)
        Debug.Print j; s(j)
        Cells(2 + i, 9 + j) = s(j)
    Next j
Next i
```

Figura 6-10: Split de las opciones del Broadcast Code

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenidos los datos de la forma deseada se programan las opciones a estudiar para sacar los resultados según los *inputs* introducidos.

6.2.7. Conclusiones

En este apartado se ha planteado una herramienta que sirva de sustento para un cálculo de las necesidades de personal óptimo con la máxima información posible y lo más fiable en cuanto a las bases de datos existentes actualmente.

Se han descrito en los distintos apartados los posibles usuarios de la herramienta, así como los *inputs* y *outputs* que se obtienen.

En resumen, la herramienta aporta una información desglosada de forma muy operativa para las personas con los conocimientos adecuados abriendo un gran abanico de posibilidades. Además, permite obtener resultados directos sin necesidad de saber mucho del funcionamiento del sistema de información.

6.3. Cálculo de las necesidades de personal

6.3.1. Introducción

En este apartado se plantea una herramienta de apoyo al cálculo de las necesidades de personal y posterior rebalanceo de cargas de trabajo en líneas de producción. Esta herramienta partiría de los datos obtenidos en el apartado anterior.

En primer lugar, se describe brevemente a través de un diagrama de flujo el funcionamiento de la herramienta de apoyo. Básicamente consiste en obtener una solución de volumen de personal y distribución de tareas para fabricar el volumen de producto deseado, partiendo de una serie de datos como los tiempos de operaciones que supone la fabricación de cada modelo y los volúmenes diarios de producto.

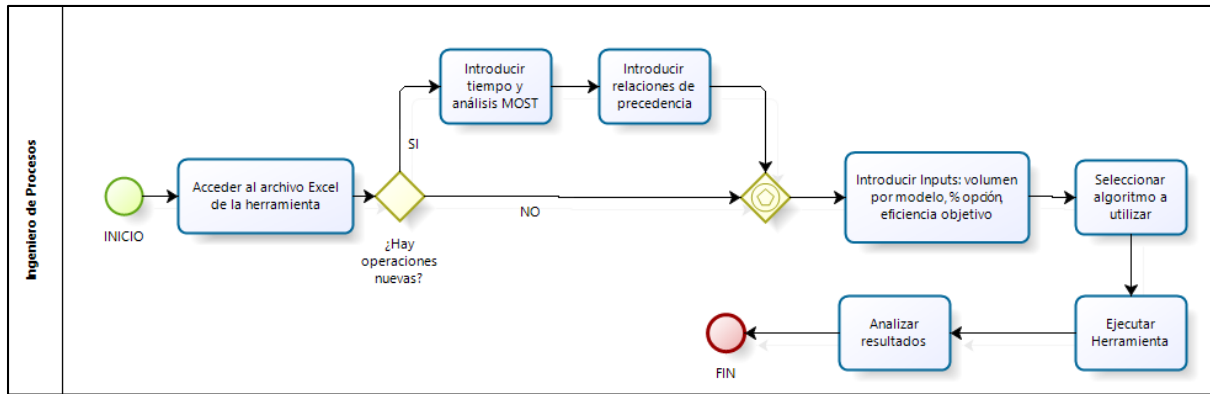


Figura 6-11: BPMN Herramienta cálculo de necesidades de personal

Fuente: Elaboración Propia

En concreto para la herramienta el análisis se ha hecho en la línea de producción de asientos traseros de la furgoneta *Transit Connect*, una línea de varios modelos. En esta línea se fabrican 4 modelos de asientos: *Taxi, Capitan Chair, LWB, SWB*.

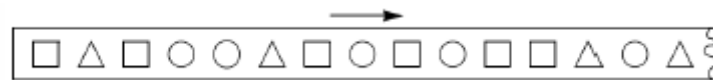


Figura 6-12: Línea de varios productos

Fuente: Lear Corporation

6.3.2. Inputs

Una vez descrito brevemente el procedimiento a seguir a nivel general para el uso de la herramienta conviene describir los *inputs* de la herramienta:

- **Volumen diario por modelo:** Aquí se introduce el volumen diario que hay para cada modelo, en este caso están los modelos *LWB, SWB, TAXI* y *Capitan Chair*. En la Figura 6-13 se muestra un ejemplo para el caso objeto de estudio, con una captura de la herramienta propuesta.

Working days/Year:	223	
Day/Week:	5	
Minutes/Morning & Afternoon Shift:	480	
Minutes/Morning & Afternoon Break:	40	
Minutes/Night Shift/	480	
Minutes/Night Break:	40	
Available minutes/Morning & Afternoon Shift:	440	
Available minutes/Night Shift:	440	
Shifts/Day:	3	
Available minutes/Day:	1320	
		%
Car Requirement/Day: V408 LWB	150	68%
Car Requirement/Day: V408 SWB	50	23%
Car Requirement/Day: V408 Cap Chair	20	9%
Car Requirement/Day: V408 TAXI	0	0%

Figura 6-13: Volumen por modelo, herramienta cálculo de necesidades de personal Fuente: Elaboración Propia

- **Tiempo disponible y turnos de trabajo:** Resulta esencial para realizar un cálculo de las necesidades de personal saber el tiempo disponible por operario que se va a tener en la

fábrica. En la Figura 6-13 se muestran los datos para la planta de *Lear Corporation*, 1320 minutos por día.

- **Opciones por modelo:** Un paso muy importante en el proceso de calcular las necesidades de personal es tener en cuenta el volumen por opción de cada modelo. En la Figura 6-14 se muestra un ejemplo para la herramienta diseñada.

LWB		LWB	Belt minder	Sin cable	
OPT. LWB	68%	150	97	53	
OP. Armrest	53%				
OP. Leather	1%				
Belt minder	64%				
Conversion	0%				
SVB		SVB	Belt minder	Sin Pin EU	Pin NA
OPT. SVB	23%	50	26	4	19
OP. Armrest	25%				
OP. Leather	0%				
Belt Minder	52%				
Conversion	0%				
NA	39%				
CC		CC			
Captain Chair	3%	20			
OP. Leather	13%				

Figura 6-14: Opciones por modelo (Herramienta de cálculo de necesidades de personal) Fuente: Elaboración Propia

- **Eficiencia objetivo:** Para el cálculo de las necesidades de personal es necesario tener un indicador del objetivo que se pretende alcanzar. En el caso de *Lear* los Ingenieros de Procesos reportan la eficiencia de sus zonas cada semana, esta se compara con el objetivo del 85%.

Model	Time (s)	Manpower	Eficiencia (%)
TOTAL V408 LWB	1299,9	2,6	
TOTAL V408 SWB	1289,3	0,9	
TOTAL V408 CAPTAIN CHAIR	1500,8	0,4	
TOTAL V408 TAXI	0	0	
TOTAL	4090,0	4	96,2%
TOTAL REAL	4090,0	5	76,9%

Figura 6-15: Objetivo eficiencia (Herramienta de cálculo de necesidades de personal) Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 6-15 se muestra un ejemplo para la herramienta diseñada, además se fija una eficiencia máxima de cara a no sobrepasar el límite en las estaciones individuales.

- **Tiempos MOST de cada operación de trabajo:** Es esencial tener unos datos precisos acerca del tiempo de fabricación de cada producto, en este caso en *Lear* se utiliza la metodología de análisis MOST.

Código	Descripción	Tiempo	Opción
	RSC 40% con manipulador en palet.		
MN-LWB-1	Leer pantalla Read Screen	2,16	0
MN-LWB-2	Cerrar manetas de palet. Close pallet handles	6,48	0
MN-LWB-3	Alcanzar manipulador y colocar 40% LWB en palet Reach manipulator and place 40% SWB in pallet.	25,2	0
MN-LWB-10	Levantar patas palet 40% y cerrar manetas Raise up legs of 40% RH pallet and close handles.	6,12	0
MN-LWB-11	Bajar asiento 40% hasta enganchar latches. Go down seat until latching.	2,88	0
MN-LWB-4	Soltar brazo de manipulador. Release manipulator arm.	2,52	0
	RSC 60% con manipulador en palet.		
MN-LWB-2	Cerrar manetas de palet. Close pallet handles	6,48	0
MN-LWB-5	Alcanzar 60% LWB con manipulador y colocar en palet. Reach manipulator and place 40% SWB in pallet.	25,32	0
MN-LWB-7	Alcanzar y pulsar botón para desactivar paro de línea. Reach and press button to deactivate stop of line.	1,08	0
MN-LWB-8	Levantar patas palet 60% y cerrar manetas Raise up legs of 40% RH pallet and close handles.	5,04	0
MN-LWB-9	Bajar asiento 60% hasta enganchar latches. Go down seat until latching.	2,88	0
MN-LWB-6	Soltar manipulador y dejar manipulador en ubicación. Remove manipulator and leave manipulator in location.	6,12	0

Figura 6-16: Tiempos por operación (Herramienta de cálculo de necesidades de personal) Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 6-16 se muestra una muestra de las operaciones analizadas en la herramienta, indicando el tiempo y la opción.

En cuanto a la cantidad de operaciones que se tiene que llevar a cabo para finalizar los 4 modelos en la línea de producción vemos que hay 396 operaciones. Esta cantidad resulta inmanejable en cuanto a términos de modelado y análisis, por tanto, se decide hacer agrupaciones.

La premisa tomada para realizar agrupaciones es la lógica de que sean sub-operaciones dependientes las cuales en un proceso real nunca se dividirán en distintas estaciones o personas.

Tras este análisis se reduce el volumen a 126 operaciones; 40 de los modelos *LWB/TAXI*, 40 de *SWB* y 46 del *Captain Chair*, tal y como se muestra en la Figura 6-17.

Modelo	Total Ops.
LWB/TAXI	40
SWB	40
CC	46
Total	126

Figura 6-17: Operaciones RS V408 agrupadas

Fuente: Elaboración Propia

- **Relaciones de precedencia de las operaciones:** Para realizar una correcta asignación de las operaciones a estaciones resulta esencial definir correctamente las restricciones de orden en las operaciones.

ID	Descripción	Modelo	Precedente
1	Cargar RSC 40% en palet.	LWB	
2	Cargar RSC 60% en palet.	LWB	
3	Colocar RSB 40% en RSC y pasar cables	LWB	1
4	Escanear 40% y apuntar 4 tornillos recliners 40%	LWB	3
5	Colocar RSB 60% encima RSC y pasar cinturón.	LWB	2
6	Escanear 60% y pasar cables.	LWB	5
7	Apuntar 4 tornillos recliner.	LWB	5
8	Subir palet 60% y atornillar tuerca cinturón e isofix central.	LWB	6
9	Colocar galga y atornillar 60%	LWB	6 7
10	Atornillar 40% y dejar galga	LWB	4 9
11	Pasar cables 60% isofix bajar asiento y levatar respaldo	LWB	7
12	Montaje de Valaces OB 60%	LWB	7 14
13	Montaje de Valaces OB 40%	LWB	4 15

Figura 6-18: Relaciones de precedencia (Herramienta de cálculo de necesidades de personal)

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 6-18 se muestra una tabla mostrando algunas operaciones de las definidas con sus respectivas operaciones precedentes. En este caso se ha tomado una matriz de 5 columnas ya que no hay operaciones con más de 4 operaciones precedentes directas.

- **Estaciones de trabajo disponibles:** En el análisis resulta esencial tener fijado el número de estaciones máximo (en este caso 16) y la cantidad de estación que se desean utilizar. Aunque normalmente al partir de una línea ya en funcionamiento existen numerosas restricciones de equipamiento, operaciones que solo pueden ser realizadas en ciertas estaciones. En el proyecto se han tomado 3 opciones relacionadas con esto, las mostradas en la Tabla 6-4.

Tipo	Descripción
Fijas	Se utilizan 14 estaciones
Variables	No hay límite de estaciones
Limitadas y fijas	Limitaciones de equipamiento y 14 estaciones

Tabla 6-4: Clasificación en función de las estaciones de trabajo

Fuente: Elaboración Propia

- **Restricciones de operaciones y estaciones:** Este apartado se refiere a lo ya descrito anteriormente, normalmente en una línea de producción ya en funcionamiento existen numerosas restricciones de equipamiento o ergonomía. Para la herramienta se han considerado las siguientes opciones:
 - **Limitaciones de equipamiento:** Existen numerosos controles de trazabilidad tales como: atornillados, lecturas, detecciones...
 - **Limitaciones de posición:** según el diseño actual, 12 de las 16 estaciones tienen los puestos de trabajo con los asientos de cara a la parte trasera, mientras que los 4 restantes están por la parte delantera. Adicionalmente se ha considerado la posición 3 que consiste en tener el asiento inclinado por la parte trasera.

ID	Posición
1	Delante
2	Detrás
3	Detrás-levantado

Tabla 6-5: Posiciones posibles del asiento en la línea principal

Fuente: Elaboración propia

- **Limitaciones de ergonomía:** En ciertas estaciones existe equipamiento instalado para mejorar la ergonomía de algunas operaciones (cilindros neumáticos para ayudar a inclinar los asientos), ya sea porque algunas operaciones son más fáciles de realizar desde un sitio concreto o porque existe un equipamiento destinado a mejorar el esfuerzo.

En la Tabla 6-6 se muestran las condiciones reales de equipamiento existentes (se agrupan limitaciones ergonomía y equipamiento) en la línea de producción de asientos traseros para los 3 modelos. Estas condiciones fuerzan a ciertas operaciones a realizarse en unas estaciones concretas ya que son las que están preparadas con el equipamiento y las herramientas necesarias.

Descripción	Modelo	ST	Razón
Cargar RSC 40% en <i>pallet</i> .	LWB	2	Ergonomía
Cargar RSC 60% en <i>pallet</i> .	LWB	1	Ergonomía
Escanear 40% y apuntar 4 tornillos <i>recliners</i> 40%	LWB	4	Pokayoke
Escanear 60% y pasar cables.	LWB	3	Pokayoke
Apuntar 4 tornillos <i>recliner</i> .	LWB	3	Pokayoke
Subir <i>pallet</i> 60% y atornillar tuerca cinturón e <i>isofix</i> central.	LWB	3	Pokayoke
Colocar galga y atornillar 60%	LWB	5	Pokayoke
Atornillar 40% y dejar galga	LWB	6	Pokayoke
Atornillado cachas y lectura etiquetas 60%	LWB	7	Pokayoke
Atornillado cachas y lectura etiquetas 40%	LWB	8	Pokayoke
Ruteado 60% / rutear cable <i>dump</i>	LWB	7	Ergonomía

Tabla 6-6: Limitaciones de estaciones (Herramienta cálculo de necesidades de personal)

Fuente: Elaboración Propia

Estos inputs pueden ser variables semana a semana (volumen modelo y opciones) o en periodos más largos de tiempo (Tiempo de operaciones, tiempo disponible, restricciones).

6.3.3. Output

En este apartado se describen los *outputs* obtenidos dependiendo de los *inputs* descritos en el apartado anterior:

- **Distribución de operaciones en estaciones:** En primer lugar, se diseña la herramienta para distribuir la carga de operaciones en las distintas estaciones con las restricciones impuestas.

ID	Descripción	Modelo	Estacion
2	Cargar RSC 60% en palet.	LWB	ST-1
14	Dejar cachas y Balance en asiento 60%	LWB	ST-1
5	Colocar RSB 60% encima RSC y pasar cinturón.	LWB	ST-1
6	Escanear 60% y pasar cables.	LWB	ST-1
7	Apuntar 4 tornillos recliner.	LWB	ST-1
12	Montaje de Valaces OB 60%	LWB	ST-1
16	Montaje de cachas superiores 60%	LWB	ST-1
11	Pasar cables 60% isofix bajar asiento y levatar respaldo	LWB	ST-1
8	Subir palet 60% y atornillar tuerca cinturón e isofix central.	LWB	ST-1
1	Cargar RSC 40% en palet.	LWB	ST-2
15	Dejar cachas y Balance en asiento 40%	LWB	ST-2
3	Colocar RSB 40% en RSC y pasar cables	LWB	ST-2

Tabla 6-7: Distribución de operaciones en estaciones (Herramienta cálculo de necesidades) Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 6-7 se muestra la estación asignada para cada operación definida en un ejemplo concreto.

- **Carga de trabajo por operario:** Consiste en describir que operaciones tiene que hacer cada operario y en que estaciones se realizarán, así como el tiempo que supone.

Operario	Estaciones	LWB
1	ST-1 ST-2 ST-3 ST-4	Cargar RSC 60% en palet.+ Colocar RSB 60% encima RSC y pasar cinturón.+ Dejar cachas y Balance en asiento 60%+ Cargar RSC 40% en palet.+ Colocar RSB 40% en RSC y pasar cables+ Dejar cachas y Balance en asiento 40%+ Escanear 60% y pasar cables.+ Apuntar 4 tornillos recliner.+ Subir palet 60% y atornillar tuerca cinturón e isofix central.+ Escanear 40% y apuntar 4 tornillos recliners 40%+ Montaje de Valaces OB 40%
2	ST-5 ST-6 ST-7 ST-8	Colocar galga y atornillar 60%+ Montaje de Valaces OB 60%+ Montaje de cachas superiores 60%+ Chequeo apoyabrazos+ Atornillar 40% y dejar galga+ Montaje de cachas superiores 40%+ Pasar cables 60% isofix bajar asiento y levatar respaldo+ Montaje de cachas inferiores 60%+ Atornillado cachas y lectura etiquetas 60%+ Ruteado 60% / rutear cable dump+ Montaje de cachas inferiores 40%+ Atornillado cachas y lectura etiquetas 40%+ Ruteado 40% / rutear cable dump+ Brida cables isofix, cortar bridas, retenedores carpet 40%

Tabla 6-8: Carga de trabajo por operario(Herramienta cálculo de necesidades) Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 6-8 se muestra la distribución de operaciones para un proceso concreto a un tiempo *takt* de 400s/coche.

- **Eficiencia:** Se da como referencia el indicador de eficiencia de cada operario y la eficiencia media, valor a ser comparado con el objetivo.

Operario	% Eficiencia	Estaciones
1	81%	ST1
2	84%	ST2
3	82%	ST3
4	89%	ST4-5
	84%	Promedio

Tabla 6-9: Indicadores eficiencia (Herramienta cálculo de necesidades de personal) Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 6-9 se muestra un ejemplo para un tiempo de takt de 400s/coche, mostrando la eficiencia por operario y el promedio de la zona.

En resumen, a través de la herramienta se obtiene básicamente soluciones de asignación de operaciones a operarios con sus respectivos indicadores de eficiencia.

6.3.4. Aplicaciones

En este apartado se describen las principales aplicaciones que se le pueden dar a la herramienta propuesta en este capítulo.

- **Cálculo de las necesidades de personal:** Es la principal función de la herramienta, ante los distintos *outputs* descritos anteriormente proporciona soluciones rápidas de procesos. Un ejemplo sería el mostrado en la Tabla 6-8.
- **Estudio de capacidades de una línea de producción:** Uno de los algoritmos planteados en la herramienta consiste en llenar estaciones de trabajo sin restricciones, lo cual resulta muy práctico para el diseño de una línea de producción. Se calculan distintos procesos para varios volúmenes viendo así la capacidad que se podría necesitar.

ALGORITMO LLENADO TAKT=500 s/coche			
Estación	Tiempo LWB	Tiempo SWB	Tiempo CC
ST1	441,9	435,6	442,5
ST2	411,0	440,2	401,7
ST3	295,0	296,4	348,7
ST4	152,0	117,1	308,0

Operario	% Eficiencia	Estaciones
1	88%	ST1
2	82%	ST2
3	97%	ST3-4

ALGORITMO LLENADO TAKT=400 s/coche			
Estación	Tiempo LWB	Tiempo SWB	Tiempo CC
ST1	318,2	321,4	327,8
ST2	335,2	317,2	342,8
ST3	320,5	324,3	337,2
ST4	227,7	240,1	366,8
ST5	98,2	86,3	126,2

Operario	% Eficiencia	Estaciones
1	81%	ST1
2	84%	ST2
3	82%	ST3
4	89%	ST4-5

Tabla 6-10: Procesos para distintos volúmenes (Herramienta cálculo de necesidades) Fuente: Elaboración Propia

- **Control, gestión de operaciones y tiempos:** En la herramienta en la pestaña de operaciones se plantea una herramienta de control para añadir operaciones con su análisis MOST, opciones y precedencias.

Código	Descripción	Tiempo	Opción
	RSC 40% con manipulador en palet.		
MN-LWB-1	Leer pantalla/Read Screen	2,16	0
MN-LWB-2	Cerrar manetas de palet/Close pallet handles	6,48	0
MN-LWB-3	Alcanzar manipulador y colocar 40% LWB en palet/Reach man	25,2	0
MN-LWB-10	Levantar patas palet 40% y cerrar manetas/Raise up legs of 40%	6,12	0
MN-LWB-11	Bajar asiento 40% hasta enganchar latches/Go down seat unt	2,88	0
MN-LWB-4	Soltar brazo de manipulador/Release manipulator arm.	2,52	0
	RSC 60% con manipulador en palet.		
MN-LWB-2	Cerrar manetas de palet/Close pallet handles	6,48	0
MN-LWB-5	Alcanzar 60% LWB con manipulador y colocar en palet/Reach manipulator and place 40% SWB in pallet.	25,32	0
MN-LWB-7	Alcanzar y pulsar botón para desactivar paro de línea/Reach and press button to deactivate stop of line.	1,08	0
MN-LWB-8	Levantar patas palet 60% y cerrar manetas/Raise up legs of 40% RH pallet and close handles.	5,04	0
MN-LWB-9	Bajar asiento 60% hasta enganchar latches/Go down seat until latching.	2,88	0
MN-LWB-6	Soltar manipulador y dejar manipulador en ubicación/Remove manipulator and leave manipulator in location.	6,12	0

Tabla 6-11: Gestión operaciones (Herramienta de cálculo de necesidades de personal)

Fuente: Elaboración propia

Tal y como se muestra en la Tabla 6-11 la herramienta ofrece las opciones de añadir operaciones nuevas y de modificar las ya existentes.

6.3.5. Usuarios

En este apartado se describen los principales usuarios de esta herramienta. En este caso los principales serían el ingeniero de procesos y el de producción, sus posibles usos se describen en la Tabla 6-12.

Puesto	Uso
Ingeniero de Procesos	Cálculo de necesidades de personal y gestión de tiempos de operación
Ingeniero de Producción	Cálculo de necesidades de personal

Tabla 6-12: Usuarios y aplicación de la herramienta de cálculo de necesidades del personal

Fuente: Elaboración Propia

6.3.6. Descripción de la herramienta

En este apartado se describen detalles más concretos del funcionamiento de la herramienta a nivel de algoritmos y funciones.

6.3.6.1. Modelo matemático de la herramienta

Los modelos de programación matemática buscan generar soluciones óptimas, sin embargo, en problemas de grandes dimensiones como los que se pueden encontrar en sectores como la automoción, el tiempo de obtención de la solución los hace poco prácticos.

El uso de estos modelos se suele dejara para problemas menores, o realizando muchas simplificaciones en uno grande.

En este apartado se describe brevemente el problema desde un punto de vista matemático, a continuación, se definen los índices, parámetros, variables, función objetivo y restricciones que gobiernan el problema tipo a estudiar.

Índices

$$i \in I = \{1 \dots \dots 40\} \rightarrow \text{Operaciones}$$

$$e \in E = \{1 \dots \dots 16\} \rightarrow \text{Estaciones de trabajo}$$

$$p \in E = \{1 \dots \dots 40\} \rightarrow \text{Operaciones precedentes}$$

Parámetros

$$t_i \rightarrow \text{Tiempo que supone la operación } i$$

$$o_i \rightarrow \text{Porcentaje de opción de la operación } i$$

$m_i \rightarrow$ Porcentaje de modelo de cada operación i

$takt \rightarrow$ Ritmo al que hay que fabricar para entregar el producto al cliente (s)

$M \rightarrow$ Número grande mayor que 1

$x_{ip} \rightarrow$ Relación de precedencia de la operación i con la operación precedente p

$R_i = [x_{ie}]^T \begin{pmatrix} 1 \\ \dots \\ 16 \end{pmatrix} \rightarrow$ Vector estación e asignada a cada operación i

Variables

$x_{ie} \geq 0 \rightarrow$ Operación i asignada a la estación e

$\delta_e \in \{0,1\} \rightarrow$ Vale 1 si la saturación de un puesto es mayor que 0, en caso contrario 0

Función Objetivo:

$$\min \sum_{e=1}^I \delta_e$$

Restricciones

$\frac{x_{ei}t_i o_i m_i}{takt} - M\delta_e \leq 0 \quad \forall i, e \rightarrow$ Si la saturación de un puesto no es 0 la variable vale 1

$\sum_{e=1}^E x_{ie} = 1 \quad \forall i \rightarrow$ Todas las operaciones tienen que estar asignadas 1 vez

$\sum_{i=1}^I x_{ie} t_i o_i m_i < takt \quad \forall e \rightarrow$ El tiempo ponderado total

asignado a una estación no puede ser mayor que el takt

$\sum_{i=1}^I x_{ie} \geq 0 \quad \forall e \rightarrow$ Las estaciones pueden estar vacías

$\sum_{e=1}^I \delta_e > 0 \rightarrow$ Tiene que haber al menos un operario trabajando

$R_i \geq \max\{x_{ip} : p = 1 \dots 40\} \quad \forall i \rightarrow$ La estación asignada a la operación i tiene que ser igual o posterior a las estaciones asignadas a las operaciones precedentes de i

En este caso el objetivo que se ha planteado en la función simplemente consiste en minimizar el número de operarios utilizados, la cantidad de estaciones se ha mantenido como variable pudiendo no ocupar todas estas.

Adicionalmente para simplificar se ha supuesto que no hay restricciones de equipamiento en las estaciones.

6.3.6.2. Fases

El diseño de la herramienta se ha realizado en 2 fases con la distinción en el tratamiento de las estaciones y la asignación de operarios:

- **Fase 1:** Estaciones variables.

Se considera muy útil para el diseño de una línea de producción, ya que en función de los volúmenes de demanda esperados se pueden estudiar la cantidad de estaciones que serían necesarias con los objetivos de eficiencia.

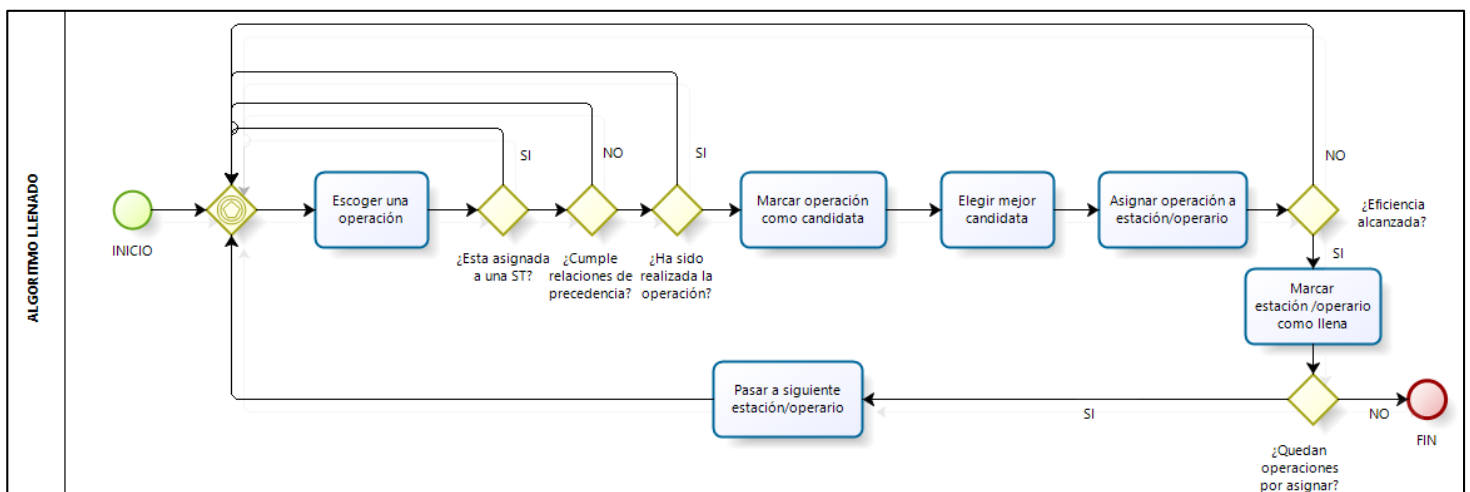


Figura 6-19: Diagrama flujo "Algoritmo de llenado"

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento es el descrito en la Figura 6-19, consiste en llenar las estaciones tomando como criterio el tiempo de *Takt* que viene determinado por la demanda del cliente, cuando una estación esté completada se le asignará un operario y así sucesivamente hasta que todas las operaciones estén asignadas.

Para este análisis se ha decidido tomar 5 volúmenes de producción distintos para cada modelo (se toma como referencia el tiempo de *Takt*) y comparar sus soluciones:

- $T_{Takt} = 500$ s/coche
- $T_{Takt} = 400$ s/coche
- $T_{Takt} = 350$ s/coche
- $T_{Takt} = 300$ s/coche
- $T_{Takt} = 250$ s/coche

ALGORITMO LLENADO TAKT=500 s/coche				Operario	% Eficiencia	Estaciones
Estación	Tiempo LWB	Tiempo SWB	Tiempo CC	1	88%	ST1
ST1	441,9	435,6	442,5	2	82%	ST2
ST2	411,0	440,2	401,7	3	97%	ST3-4
ST3	295,0	296,4	348,7			
ST4	152,0	117,1	308,0			

ALGORITMO LLENADO TAKT=400 s/coche				Operario	% Eficiencia	Estaciones
Estación	Tiempo LWB	Tiempo SWB	Tiempo CC	1	81%	ST1
ST1	318,2	321,4	327,8	2	84%	ST2
ST2	335,2	317,2	342,8	3	82%	ST3
ST3	320,5	324,3	337,2	4	89%	ST4-5
ST4	227,7	240,1	366,8			
ST5	98,2	86,3	126,2			

ALGORITMO LLENADO TAKT=350s/coche				Operario	% Eficiencia	Estaciones
Estación	Tiempo LWB	Tiempo SWB	Tiempo CC	1	76%	ST1
ST1	270,7	248,2	271,8	2	75%	ST2
ST2	258,9	275,4	262,3	3	72%	ST3
ST3	250,0	260,0	246,6	4	75%	ST4
ST4	250,6	281,9	282,7	5	81%	ST5-6
ST5	216,2	223,8	272,8			
ST6	53,5	0,0	164,6			

Tabla 6-13: Resultados comparativa algoritmo llenado

Fuente: Elaboración propia

En este caso se han escogido estos tiempos ya que son una muestra representativa de la realidad que se tiene actualmente en los volúmenes de demanda del cliente. Se puede apreciar como varía la cantidad de operarios necesaria desde 3 para 500s/coche hasta 6 para 250s/coche.

Adicionalmente se puede observar como para los tiempos de *Takt* de 350s/coche y 300s/coche se obtiene el mismo proceso, aunque los volúmenes hayan cambiado.

ALGORITMO LLENADO TAKT=300 s/coche				Operario	% Eficiencia	Estaciones
Estación	Tiempo LWB	Tiempo SWB	Tiempo CC	1	89%	ST1
ST1	270,7	248,2	271,8	2	87%	ST2
ST2	258,9	275,4	262,3	3	84%	ST3
ST3	250,0	260,0	246,6	4	87%	ST4
ST4	250,6	281,9	282,7	5	95%	ST5-6
ST5	216,2	223,8	272,8			
ST6	53,5	0,0	164,6			

ALGORITMO LLENADO TAKT=250 s/coche				Operario	% Eficiencia	Estaciones
Estación	Tiempo LWB	Tiempo SWB	Tiempo CC	1	91%	ST1
ST1	228,8	235,7	206,4	2	90%	ST2
ST2	230,3	214,2	222,7	3	86%	ST3
ST3	213,1	209,8	236,1	4	84%	ST4
ST4	206,6	226,0	200,6	5	95%	ST5
ST5	240,4	240,2	222,5	6	83%	ST6-ST7-ST8
ST6	126,1	117,1	211,3			
ST7	54,6	46,3	126,2			
ST8	0,0	0,0	75,1			

Tabla 6-14: Resultados algoritmo llenado (2)

Fuente: Elaboración propia

- **Fase 2:** Estaciones fijas (14).

En esta fase se considera que siempre se tiene que trabajar con las mismas estaciones, es decir se añade una restricción. En este caso se ha tomado el número que son utilizadas en la planta actualmente.

Esta condición es muy habitual en la industria ya que lo normal es que sean líneas que llevan tiempo funcionando y se hayan dotado de equipamiento concreto en cada estación por lo que no se puede realizar cualquier operación en cualquier sitio, aunque se cumplan las relaciones de precedencia.

De cualquier manera, en primera instancia solo se añade la condición de que hay que ocupar las 14 estaciones, se asume la premisa de que cualquier operación se puede realizar en cualquier estación.

- **Asignación de operaciones a estaciones de trabajo.**

Como punto de partida se estudian las distribuciones de operaciones en el total de las estaciones para cada modelo.

En la Figura 6-20 se muestra el esquema lógico que se ha seguido para programar la herramienta en la asignación de operaciones a las estaciones..

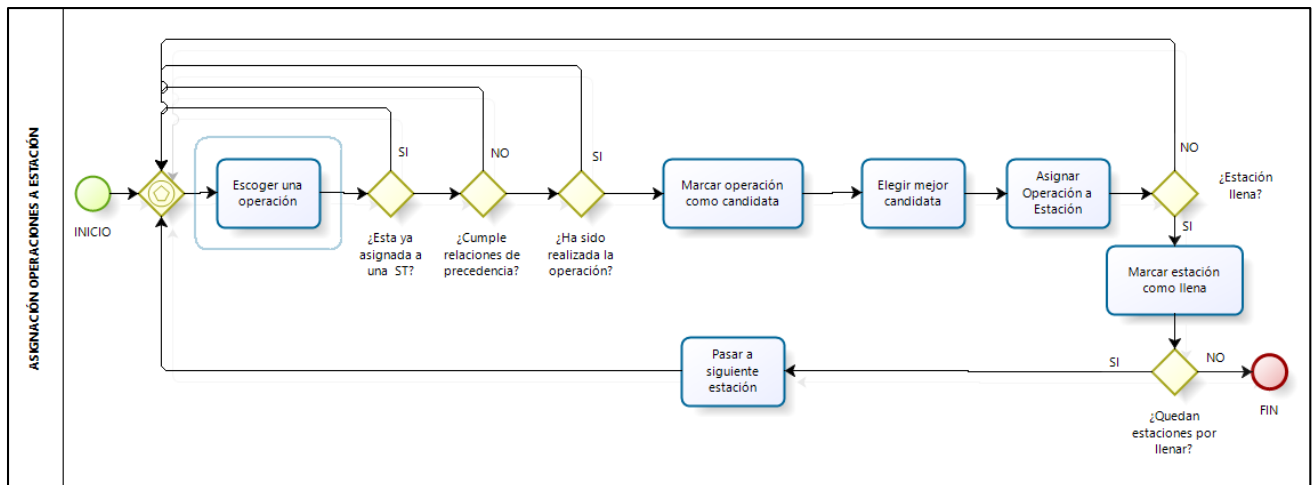


Figura 6-20: Diagrama de flujo "Asignación de operaciones a estaciones"

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos en este caso se muestran en 6.3.6.3 donde se comparan las distintas heurísticas aplicadas para el llenado de estaciones de trabajo.

- **Asignación de operarios a estaciones de trabajo.**

Se tiene como punto de partida las soluciones del punto anterior, teniendo en cuenta los volúmenes de demanda se obtiene una solución de asignación de las estaciones a los operarios necesarios. En este caso se ha utilizado la solución obtenidas a través de la heurística de la operación con el mínimo tiempo ciclo debido a los mejores resultados obtenidos.

Aunque bien es cierto que la variación de soluciones obtenidas de una heurística a otra no ha sido notable.

Modelo	Tiempo Total (s)	Opción	% Opción	Manpower
Basic V408	1274,6	0	100%	2,88
OPT. LWB	0,0	1	59%	0,00
OP. Armrest	2,5	2	59%	0,01
OP. Leather	5,3	3	1%	0,01
Belt minder	17,4	4	64%	0,04
Conversion	0,0	5	0%	0,00
TOTAL V408 LWB	1299,9	93		1,73
Basic V408	1269,5	6	100%	2,87
OPT. SWB	0,0	7	29%	0,00
OP. Armrest	1,1	8	25%	0,00
OP. Leather	0,0	9	0%	0,00
Belt minder	18,8	10	52%	0,04
Conversion	0,0	11	0%	0,00
TOTAL V408 SWB	1289,3	92		0,86
Basic V408	1452,5	12	100%	3,28
Captain Chair	0,0	13	12%	0,00
OP. Leather	48,3	14	13%	0,11
TOTAL V408 CAPTAIN CHAIR	1500,8	107		0,40
Basic V408	0,0	15	100%	0,00
OPT. TAXI	0,0	16	0%	0,00
TOTAL V408 TAXI	0,0			0

Figura 6-21: Análisis tiempos por modelo

Fuente: Elaboración Propia

En las Figuras Figura 6-22 y Figura 6-231 se muestra el análisis de los tiempos por modelo realizado para el cálculo de personal necesario y la fijación de las condiciones óptimas para el posterior cálculo de la herramienta.

En la herramienta de asignación de operarios se calculan a priori una serie de medidas para fijar los límites objetivo y las condiciones alcanzables. Se realiza un cálculo del personal necesario por modelo y se estima el personal necesario para una eficiencia máxima (en este caso 95%) y para un objetivo.

En el caso de estudio el objetivo a nivel planta es del 85% de eficiencia, por tanto, este es la referencia que se ha tomado.

Estos resultados sirven de input a la herramienta para tener una eficiencia de partida que sería la inmediatamente inferior en cantidad de personal al límite del 95%. A partir de esto se optimiza la distribución para llegar al objetivo del 85%.

Model	Time (s)	Manpower	Eficiencia (%)
TOTAL V408 LWB	1299,9	1,7	
TOTAL V408 SWB	1289,3	0,9	
TOTAL V408 CAPTAIN CHAIR	1500,8	0,4	
TOTAL V408 TAXI	0	0	
TOTAL	4090,0	3	99,4%
TOTAL REAL	4090,0	4	74,6%

Figura 6-22: "Headcount calculation" en función del volumen de demanda
Propia

Fuente: Elaboración

Un ejemplo del funcionamiento del algoritmo lo tenemos en la Tabla 6-15 donde se muestra un proceso de 5 operarios para un tiempo *takt* de 320s/coche. En este caso se fuerza a utilizar las 14 estaciones.

Operario	% Eficiencia	Estaciones
1	94%	ST1-3
2	91%	ST4-6
3	95%	ST7-9
4	85%	ST10-12
5	62%	ST13-14

Tabla 6-15: Asignación de operarios a estaciones (Takt=320s/coche)

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, en la Figura 6-23 se muestra el esquema lógico simplificado que se ha seguido para programar la herramienta en la asignación de estaciones a los operarios.

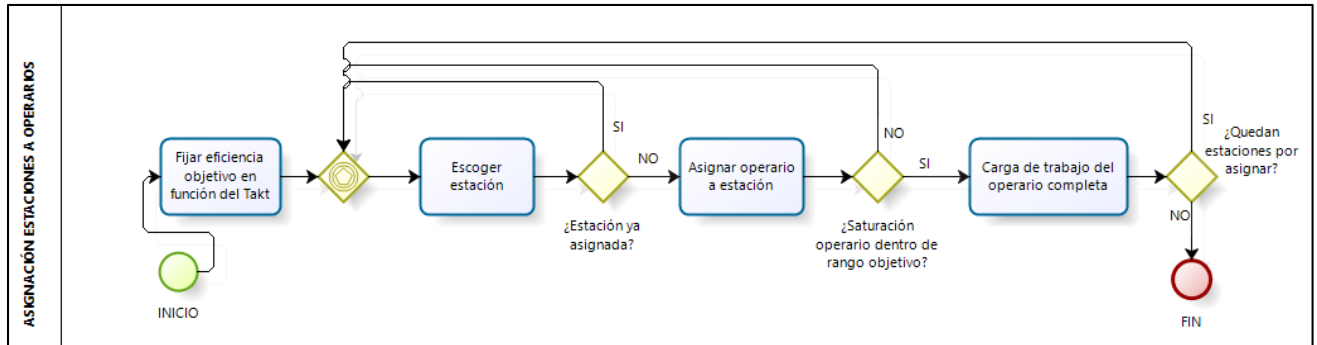


Figura 6-23: Diagrama de flujo "Asignación de estaciones a operarios"

Fuente: Elaboración Propia

- **Fase 3:** Condiciones reales.

El algoritmo utilizado para llegar a una solución es el mismo que en apartados anteriores pero se ha tomado el criterio de seleccionar de las posibles operaciones la que menor tiempo ciclo suponga, en la Figura 6-24 se muestra un ejemplo para un tiempo ciclo de 443 s/coche con 4 operarios en la línea de fabricación.

La diferencia con respecto a los anteriores algoritmos es la inclusión de las restricciones mencionadas en la Tabla 6-6.

ALGORITMO CONDICIONES REALES			
Estación	Tiempo LWB	Tiempo SWB	Tiempo CC
ST1	102,9	89,6	105,9
ST2	86,7	70,5	103,3
ST3	106,0	152,7	100,4
ST4	60,1	76,3	90,3
ST5	83,5	76,2	103,1
ST6	72,3	75,2	121,7
ST7	149,6	77,6	133,0
ST8	137,0	75,4	86,4
ST9	91,7	134,6	139,7
ST10	80,8	133,0	143,3
ST11	148,7	155,0	155,0
ST12	72,5	80,7	109,5
ST13	54,6	46,3	54,0
ST14	53,5	46,3	55,1

Operario	% Eficiencia	Estaciones
1	84%	ST1-4
2	91%	ST5-8
3	72%	ST9-10/ST13-14
4	52%	ST11-ST12

Figura 6-24: Resultados algoritmo real (443s/coche)

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 6-24 se puede apreciar si se analiza por modelo como la mayor concentración de operaciones se encuentra en las estaciones 11 y 7, que son las de ruteado del asiento 60% (el que

mayor tiempo supone) y el montaje de misiles, apoyacabezas, retoque de vapor del 60%. Es evidente que en numerosos casos el tener posiciones limitadas como las de posición frontal en las estaciones 11 y 12 limita en exceso para re balancear las líneas de trabajo o calcular el personal.

6.3.6.3. Heurísticas asignación operaciones a estaciones de trabajo

En este caso se decide abordar el problema a través de métodos heurísticos, aunque estos no necesariamente darán una solución óptima, aportan soluciones prácticas y de calidad.

Existen numerosas heurísticas constructivas para aplicar en este tipo de problema. En este proyecto se han aplicado cuatro tipos de algoritmos constructivos:

Heurística	Criterio
1	Operación con mayor tiempo ciclo
2	Primera de la lista
3	Operación con más subsecuentes
4	Operación con menor tiempo ciclo

Tabla 6-16: Heurísticas constructivas aplicada

Fuente: Elaboración Propia

En cualquiera de estos 4 algoritmos se ha seguido el esquema de decisión mostrado en la Figura 6-20 independientemente de cual haya sido el criterio para elegir la operación.

6.3.6.4. Comparativas heurísticas

En este apartado se comparan las heurísticas escogidas en el apartado anterior. Se toman como indicadores comparativos la media, desviación típica, máximo y mínimo de los resultados para cada algoritmo.

ALGORITMO ESTACIONES 1 (MÁXIMO)				ALGORITMO ESTACIONES 2 (PRIMERO)			
Estación	Tiempo LWB	Tiempo SWB	Tiempo CC	Estación	Tiempo LWB	Tiempo SWB	Tiempo CC
ST1	90,4	90,4	105,9	ST1	102,9	89,6	105,9
ST2	74,2	60,5	103,3	ST2	86,7	70,5	88,5
ST3	92,5	117,7	100,1	ST3	102,9	106,5	113,3
ST4	107,6	98,3	87,5	ST4	107,6	88,2	95,0
ST5	110,5	85,8	125,6	ST5	86,0	114,8	112,3
ST6	94,0	98,6	87,1	ST6	80,8	67,5	99,7
ST7	89,0	89,6	146,6	ST7	174,9	137,5	146,6
ST8	61,0	61,4	89,6	ST8	71,6	92,5	103,0
ST9	87,6	150,0	126,2	ST9	99,7	103,2	126,2
ST10	66,5	63,5	93,4	ST10	82,8	96,8	89,5
ST11	158,2	101,2	120,6	ST11	128,7	124,3	108,2
ST12	84,4	108,7	120,9	ST12	79,9	65,6	114,7
ST13	108,6	97,3	66,2	ST13	41,9	56,1	78,7
ST14	75,3	66,3	127,8	ST14	53,5	76,2	119,2
MEDIA	92,8	92,1	107,2	MEDIA	92,8	92,1	107,2
DESV.	24,1	24,7	21,6	DESV.	32,3	23,7	17,3
MAX	158,2	150,0	146,6	MAX	174,9	137,5	146,6
MIN	61,0	60,5	66,2	MIN	41,9	56,1	78,7

Tabla 6-17: Comparativa algoritmos 1-2

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver claramente como las estaciones impares ST1, ST3---ST13 conllevan un mayor tiempo ciclo en comparación con las pares ya que el *lead time* de un asiento 60% es bastante mayor debido a su tamaño y complejidad que un 40%.

Comparando los resultados de los 4 algoritmos se podría decir que el que obtiene resultados menos variables es el 4, que basa la decisión en escoger la operación con menor tiempo ciclo, aunque bien es cierto que no se obtienen grandes variaciones en los resultados debido a las limitaciones establecidas por las relaciones de precedencia.

ALGORITMO ESTACIONES 3 (SUBSECUENTES)				ALGORITMO ESTACIONES 4 (MÍNIMO)			
Estación	Tiempo LWB	Tiempo SWB	Tiempo CC	Estación	Tiempo LWB	Tiempo SWB	Tiempo CC
ST1	102,9	89,6	105,9	ST1	102,9	89,6	105,9
ST2	86,7	70,5	103,3	ST2	86,7	70,5	103,3
ST3	127,1	81,0	100,1	ST3	97,5	106,5	100,4
ST4	107,6	88,2	87,5	ST4	60,1	76,3	90,3
ST5	106,9	87,1	125,6	ST5	117,8	125,3	129,9
ST6	80,8	67,5	87,1	ST6	72,3	67,5	121,7
ST7	118,1	107,6	146,6	ST7	123,7	114,2	139,7
ST8	76,3	92,5	86,1	ST8	116,1	75,2	86,4
ST9	83,7	105,1	124,8	ST9	91,7	104,9	115,0
ST10	74,4	73,0	87,2	ST10	75,8	109,1	143,3
ST11	126,6	91,2	104,1	ST11	105,1	105,1	106,2
ST12	105,8	65,6	103,1	ST12	76,7	92,5	89,5
ST13	71,8	170,5	84,2	ST13	98,2	86,3	94,0
ST14	31,3	100,0	155,4	ST14	75,3	66,3	75,1
MEDIA	92,8	92,1	107,2	MEDIA	92,8	92,1	107,2
DESV.	25,9	26,2	22,8	DESV.	19,2	19,1	20,5
MAX	127,1	170,5	155,4	MAX	123,7	125,3	143,3
MIN	31,3	65,6	84,2	MIN	60,1	66,3	75,1

Tabla 6-18: Comparativa algoritmos 3 y 4

Fuente: Elaboración propia

6.3.7. Conclusiones

En este apartado se ha planteado una herramienta de apoyo al cálculo de las necesidades del personal, se han desarrollado los inputs como son el volumen por modelo o el tiempo de cada operación.

Con estos inputs se plantean los outputs que se obtienen: distribución de las operaciones en las estaciones, carga de trabajo por operario y eficiencias. Principalmente los usuarios serían los ingenieros de procesos o de producción.

Adicionalmente se explica más en detalle cual es el funcionamiento de la herramienta mostrando distintas comparativas con los algoritmos utilizados, los mejores resultados se obtienen tomando como criterio de llenando la operación que menos tiempo supone.

Para resumir, se puede decir que es una herramienta de apoyo al trabajo del ingeniero de procesos que permite dar soluciones rápidas y gestionar la información ante situaciones de mucha variabilidad muy fácilmente.

En este apartado la herramienta se ha enfocado a una zona concreta de la planta de fabricación debido al gran volumen de información a manejar, quedan líneas de trabajo abiertas para extender el uso a todas las zonas de la planta.

6.4. Control producción

6.4.1. Introducción

En este apartado se plantea una herramienta para el control de la producción realidad y poder compararla. El planteamiento de la herramienta es fijar una serie de modelos cuya producción resulta determinante sobre la variación del proceso.

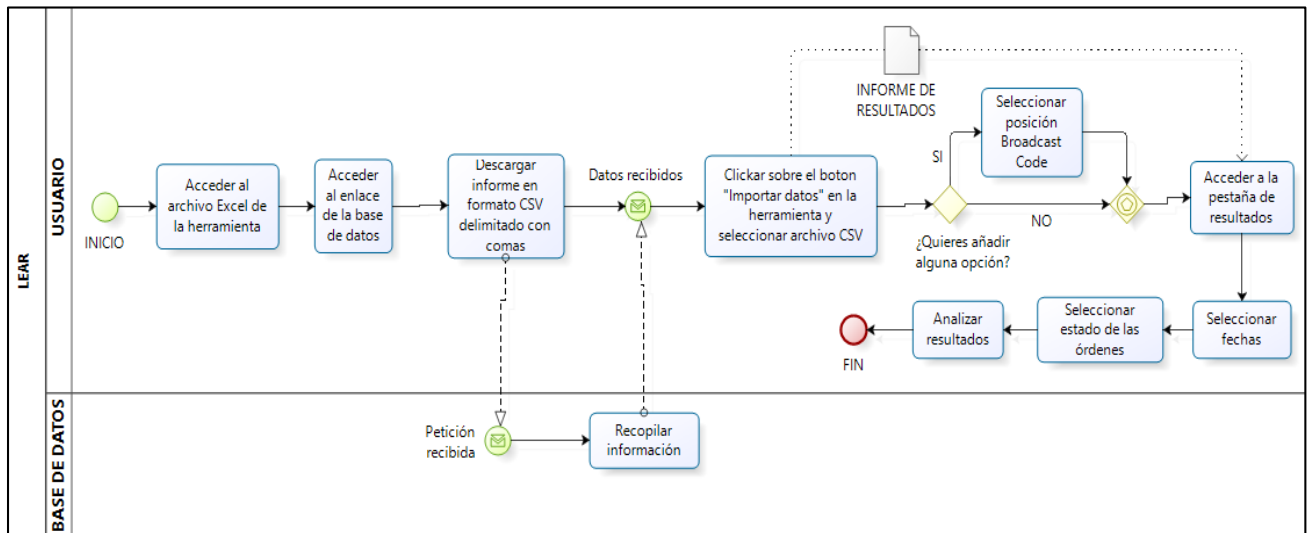


Figura 6-25: Diagrama de flujo (Herramienta Control de Producción)

Fuente: Elaboración Propia

A través de una serie de inputs la idea es obtener como salida datos de producción realizada por día con una serie de indicadores adicionales haciendo referencia a las variaciones de volumen con respecto a lo previsto.

En la Figura 6-25 se muestra el diagrama de flujo con el esquema a seguir para la utilización de la herramienta planteada.

6.4.2. Inputs

En primer lugar, se definen los inputs necesarios para hacer que la herramienta funcione:

- Base de datos ILVS: En este apartado la información se saca de la misma base de datos que la herramienta de planificación, pero con otro informe. En este caso el informe tiene la información de un año de ordenes de trabajo, proporcionando *VIN*, *Secuencia*, *Familia*, *Broadcast Code*, fecha de creación, fecha de *syncro* y fecha esperada de fabricación.

ENLACE DESCARGA		INSTRUCCIONES									
http://esval-ljs02/Reports/Pages/Report.aspx?itemPath=%2fILVS+Expected+Build+Dates&ViewMode=Detail		<ol style="list-style-type: none"> 1. Acceder al enlace 2. Descargar reporte en excel SEPARADO POR COMAS y guardarlo 3. Pulsar botón "IMPORTAR DATOS" y seleccionar archivo a importar 4. Acceder a la pestaña "CONTROL PRODUCCIÓN" 									
		BCVIN	BCCSEQ	BCFAMILY2	OptionCode	ilvsDate	expBuildDate1	syncroDate	diffBuilDate	backDate	offDate
JB57478	3355	V408	VVIEMTDCCEBExxxxxxxxxx4Lxxx4xxLxxDxxxxxxxxxxxx	08/09/2018	18/09/2018	17/09/2018		1			
JB58110	3337	V408	VVIEMTDCCEBExxxxxxxxxx4Lxxx4xxLxxDxxxxxxxxxxxx	08/09/2018	18/09/2018	17/09/2018		1			
JB57883	3313	V408	VVIEMTDCCEBExxxxxxxxxx4Lxxx4xxLxxDxxxxxxxxxxxx	08/09/2018	18/09/2018	17/09/2018		1			
JB57541	3395	V408	VKIEMTDCCEBELAxATxxxxx4LxxMx4KCL2xFxxx5KCLBLLEE3	08/09/2018	18/09/2018	17/09/2018		1			

Figura 6-26: ILVS Expected Build Dates

Fuente: Lear Corporation

- **Fecha de fabricación:** En este apartado el objetivo es tratar los datos para obtener el volumen de fabricación por día de producción así que un dato a introducir sería la fecha de fabricación, tal y como muestra la Figura 6-27.

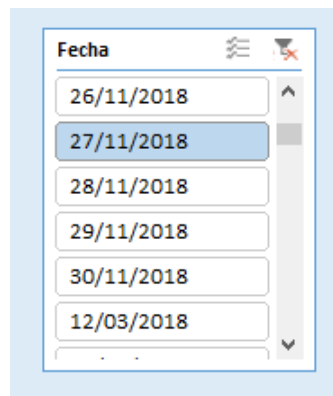


Figura 6-27: Fecha de fabricación (Herramienta Control de la Producción)

Fuente: Elaboración Propia

- **Modelo:** De forma similar a la herramienta de planificación, en este caso hay que seleccionar el modelo o familia de producto: *V408, SMax, Galaxy o CD391*.
- **Opción por modelo:** En este caso se han elegido una serie de opciones de forma predeterminada debido a la importancia y variabilidad de estas. Pero adicionalmente se ha añadido la opción de una vez desglosada la información obtener informes en función de la opción deseada.

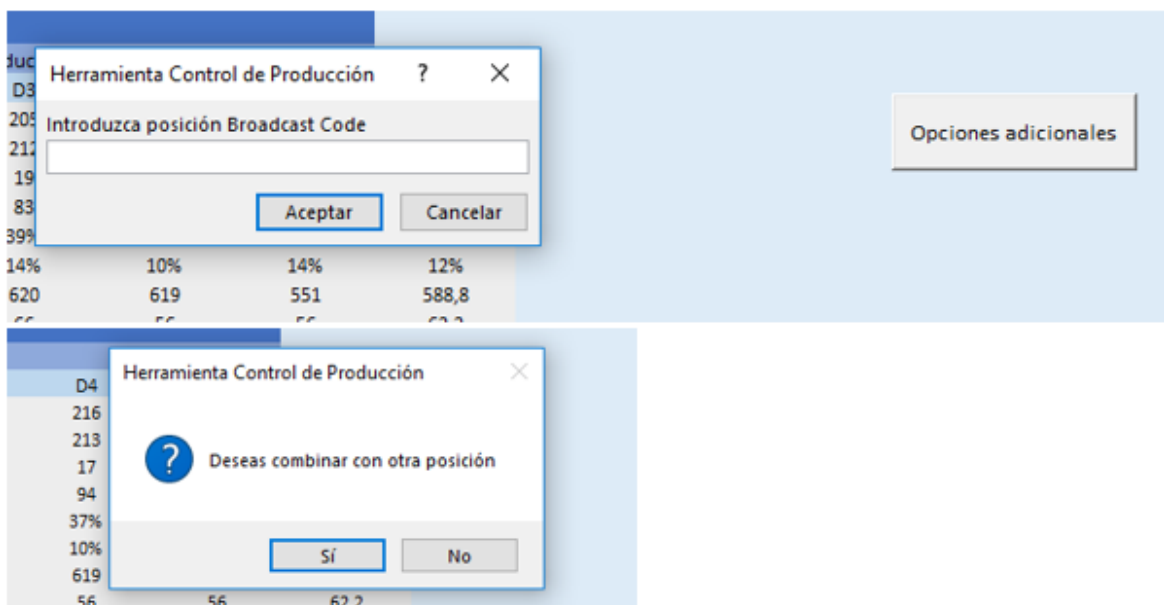


Figura 6-28: Opción Broadcast Code (Herramienta Control de la Producción)

Fuente: Elaboración Propia

6.4.3. Outputs

Una vez definidos los *Inputs* de la herramienta en este apartado se definen los outputs en la Tabla 6-19.

Outputs	Descripción
Opción de la orden	Se obtiene de la base de datos a través del <i>Broadcast Code</i>
VIN	Código que define la orden
Status	Estado de la orden (fabricado, imputado, vendido...)
Fecha prevista de fabricación	Fecha en la que se espera que se fabrique el producto
Resúmenes por modelo	Volumen por opciones definidas a priori
Fecha de fabricación	Fecha en la que realmente se ha fabricado el producto

Tabla 6-19: *Outputs* herramienta de control de la producción

Fecha: *Elaboración Propia*

A continuación en las tablas Tabla 6-20 Tabla 6-21, se muestra un ejemplo de los resúmenes obtenidos a través de la herramienta según cada modelo.

		V408					
Delanteros	Modelo	Previsto	Producción				
			D1	D2	D3	D4	D5
	Americano	240	207	224	207	229	247
	Fold Flat	220	220	203	255	236	240
	Piel	20	18	24	19	19	23
	Vinilo	80	64	92	81	80	77
	Heat	42%	36%	44%	46%	40%	34%
	Power	12%	12%	13%	13%	10%	11%
	Standard	545	646	495	512	451	543
	Dualco + NA	64	73	57	62	59	58
Traseros	Modelo	Previsto	D1	D2	D3	D4	D5
	SWB	90	78	79	74	99	107
	SWB Belt Minder	45%	49%	39%	48%	37%	52%
	SWB Armrest	20%	18%	24%	24%	18%	18%
	LWB	190	161	226	193	193	157
	LWB Belt Minder	60%	67%	58%	51%	55%	58%
	LWB Armrest	30%	31%	26%	34%	32%	26%
	Taxi	0	0	0	0	0	0
	CC	60	72	72	48	66	60
	Conversion	230	241	185	248	257	258
	Piel	20	16	18	21	19	19

Tabla 6-20: *Control* producción Línea B

Fuente: *Elaboración Propia*

Para la línea B se han dividido las opciones entre delanteros (*NA, Fold Flat, piel, vinilo, heat, power, standard, y dualco*) y traseros (*SWB, SWB con cable, SWB con AR, LWB con cable, LWB, LWB con AR, Taxi, Capitan Chair, Conversion y piel*).

CD391							
Delanteros	Modelo	Previsto	Producción				
			D1	D2	D3	D4	D5
	Power	40%	48%	39%	43%	36%	39%
	Vignale	20%	17%	19%	24%	18%	23%
	Heat	21%	18%	23%	22%	22%	25%
	Miko	4%	9%	9%	6%	5%	6%
	MCS	17%	19%	20%	16%	14%	14%
	Standard	220	229	176	251	264	197
Traseros							
	Piel	45%	53%	46%	38%	41%	37%
	Apoyabrazos	100%	91%	84%	100%	100%	85%
	Heat	16%	16%	18%	13%	19%	17%
	Standard	220	201	242	184	183	263
CD4.2							
Delanteros	Modelo	Previsto	Producción				
			D1	D2	D3	D4	D5
	Power	40%	41%	41%	34%	41%	38%
	Vignale	4%	4%	8%	6%	6%	9%
	Heat	21%	22%	17%	20%	24%	21%
	Miko	4%	4%	4%	6%	3%	5%
	MCS	17%	17%	15%	14%	15%	19%
	Standard	215	252	198	245	233	216

Tabla 6-21: Control producción Línea A

Fuente: Elaboración Propia

Para la línea se ha distinguido entre Mondeo (opciones delanteros y traseros) y SMax/Galaxy (solo delanteros).

- **Indicadores:** Adicionalmente se han añadido una serie de indicadores para comparar lo planificado con la producción real:

V408								
Producción					Promedio	Max	Min	Desv.
D1	D2	D3	D4	D5				
240	234	238	245	230	237,4	245	230	5,7
181	177	257	205	202	204,4	257	177	31,9
17	24	23	24	21	21,8	24	17	2,9
80	92	70	77	69	77,6	92	69	9,3
43%	45%	38%	36%	40%	40%	45%	36%	4%
13%	10%	11%	10%	14%	12%	14%	10%	2%
523	522	646	554	523	553,6	646	522	53,4
64	72	75	59	72	68,4	75	59	6,7

Figura 6-29: Indicadores (Herramienta Control de la Producción)

Fuente: Elaboración Propia

De esta manera se logra tener un control mucho mayor sobre la previsión y la producción además de detectar posibles fallos en las fuentes.

6.4.4. Usuarios

En este apartado se describen los posibles usuarios de la herramienta, se muestran en la Tabla 6-22.

Puesto	Uso
Director de Operaciones	Analizar el volumen de modelos por día para comparar con la planificación realizada.
Ingeniero de Procesos	Consultar desviaciones sobre la previsión realizada.
Ingeniero de Producción	Consultar producción y ordenes en espera previstas
Ingeniero logístico	Consumo de piezas a través de la búsqueda por modelo

Tabla 6-22: Usuarios herramienta de control de la producción

Fuente: Elaboración Propia

6.4.5. Aplicaciones

Una vez descritos los principales inputs, outputs y aplicaciones de la herramienta conviene hacer un breve inciso sobre las posibles aplicaciones de esta:

- **Resúmenes de producción por modelo:** Esta es la principal funcionalidad de la herramienta ya que permite obtener resúmenes de los volúmenes fabricados comparados con la previsión de forma rápida.
- **Control de la producción de piezas concretas:** A través de la base de datos y con los conocimientos de codificación de las ordenes de trabajo se puede sacar información del volumen de producción de piezas concretas.

En este caso las aplicaciones principales son bastante claras, aunque bien es cierto que el abanico de posibilidades que abre el tener el desglose de opciones es muy amplio.

6.4.6. Conclusiones

En resumen, en este capítulo se ha planteado una herramienta que sirve de apoyo al cálculo de las necesidades y a la planificación, dando una medida de cómo se han realizado las previsiones.

Adicionalmente minimiza a la inversión de tiempo realizada para controlar la producción, sirviendo de apoyo al equipo del departamento.

6.5. Resultados

A lo largo del proyecto se ha analizado la situación actual de la empresa *Lear Corporation*, sobre todo del departamento de *Manufacturing* y el proceso de cálculo de necesidades de personal.

El estado analizado tenía ciertas carencias:

- Planificación: Utilización de una sola fuente de información y deficiencias en las opciones analizadas.
- Equilibrado cargas de trabajo: Escaso tiempo para modificar procesos y numerosas restricciones. Proceso totalmente manual.
- Control de la producción: Análisis únicamente a nivel de modelo no de opciones.

Con la metodología propuesta se espera alcanzar el siguiente estado futuro minimizando o eliminando estas deficiencias:

- Planificación: Se utiliza una fuente de información distinta, basándose en análisis de variabilidad con respecto a la producción real. Se añaden las opciones más determinantes en

el proceso de fabricación. Con esto se agiliza el proceso de planificación y se da un *input* más preciso para calcular las necesidades de personal.

- Equilibrado de cargas de trabajo: Aunque la herramienta solo se ha diseñado para una zona concreta, el objetivo buscado obtener soluciones rápidas para poder focalizarse en modificaciones menores buscando la máxima eficiencia. Se minimizarán los apoyos de personal en zonas concretas y paros de línea.
- Control de la producción: Se añaden como base comparativa todos los modelos tenidos en cuenta en la planificación.

6.6. AMFE

En capítulos anteriores se ha realizado un análisis del funcionamiento de Lear Corporation en conjunto con Ford Valencia. En base a este análisis se han detectado algunas debilidades u oportunidades de mejoras en el sistema y se han planteado una metodología.

En este apartado se realiza un Análisis Modal de Fallos y Efectos tanto para analizar los potenciales fallos del sistema previo como para ver los posibles fallos que puede desencadenar la metodología propuesta.

Se han tenido en cuenta los siguientes puntos:

- Descripción de la fase: Se describen la fase involucrada.
- Modo potencial de fallo: Hace referencia al posible fallo que se puede dar.
- Efecto potencial de fallo: Se explica el efecto que puede provocar el fallo descrito.
- Gravedad: Se pondera de 1 a 10 la gravedad del efecto del fallo, a mayor gravedad mayor puntuación.
- Causa potencial de fallo: Se describe la causa que puede haber desencadenado el fallo.
- Ocurrencia: Se pondera de 1 a 10, 10 es la máxima frecuencia de ocurrencia del fallo.
- Verificación y/o controles actuales: Hace referencia a los modos de control que existen actualmente para el fallo descrito.
- Detección: Se pondera de 1 a 10, 10 es la peor detección.
- NPR: Es el resultado de multiplicar los 3 índices y da una medida de cómo se controla el fallo descrito.
- Acciones recomendadas: Se describen las acciones recomendadas para mejorar la situación.
- Área implicada o personal responsable: Se describe las personas encargadas del fallo descrito o el área implicada.
- Acciones realizadas: Se exponen las acciones realizadas para mejorar la situación.
- Gravedad: Se pondera de 1 a 10 la gravedad del efecto del fallo, a mayor gravedad mayor puntuación.
- Ocurrencia: Se pondera de 1 a 10, 10 es la máxima frecuencia de ocurrencia del fallo.
- Detección: Se pondera de 1 a 10, 10 es la peor detección.
- NPR: Producto de los 3 índices anteriores.

Descripción de la fase	Modo/s potencial/es de fallo	Efecto/s potencial/es del fallo	Gravedad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s) y fecha de realización	Resultado de las acciones				
											Acciones realizadas	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
Análisis planificación	Planificación no coincide con la producción	Paros de línea	8	Fuente y datos incorrecta	3	Control semanal de la producción diaria	5	120	Análisis información y distintas fuentes	Ingeniero de Procesos	Creación de una herramienta de ayuda a la planificación	8	2	5	80
												Herramienta control de producción por opciones	8	2	4
Análisis de las necesidades de personal	Falta de personal	Paros de línea	8	Desequilibrio entre las distintas estaciones de trabajo	5	-	9	360	Herramienta de apoyo al equilibrio de cargas de trabajo	Ingeniero de Procesos	Creación de una herramienta para ayudar al equilibrio	8	3	9	216
												Base de datos gestión tiempos	Ingeniero de Procesos	Creación de una base de datos con los tiempos de operación	5
Análisis metodología tiempos	Tiempo de operación incorrecto	Desequilibrio entre puestos de trabajo	5	Tiempos de operación cruzados	3	-	1	15	Base de datos gestión tiempos	Ingeniero de Procesos	Creación de una base de datos con los tiempos de operación	5	2	1	10
Análisis planificación	Sobrepoducción de opciones concretas	Paros de línea	6	Falta de previsión	3	-	5	90	Análisis de variabilidad para las distintas opciones de producto	Ingeniero de Procesos	Análisis de variabilidad de las opciones para cada producto e inclusión de las más impactantes en la previsión	6	1	5	30

Figura 6-30: AMFE

Fuente: Elaboración Propia

6.7. Conclusiones

A lo largo del Capítulo 6 se plantea una metodología a seguir en el trabajo del ingeniero de procesos y el conjunto del departamento de *Manufacturing* de forma que exista apoyo en 3 herramientas para tener una visión más amplia de lo que se está realizando.

El punto de partida era el mostrado en la Figura 6-31, en esta situación no se utiliza ninguna herramienta más que las bases de datos existentes, y el conocimiento del ingeniero de procesos para calcular semanalmente las necesidades y re balancear las estaciones de trabajo.

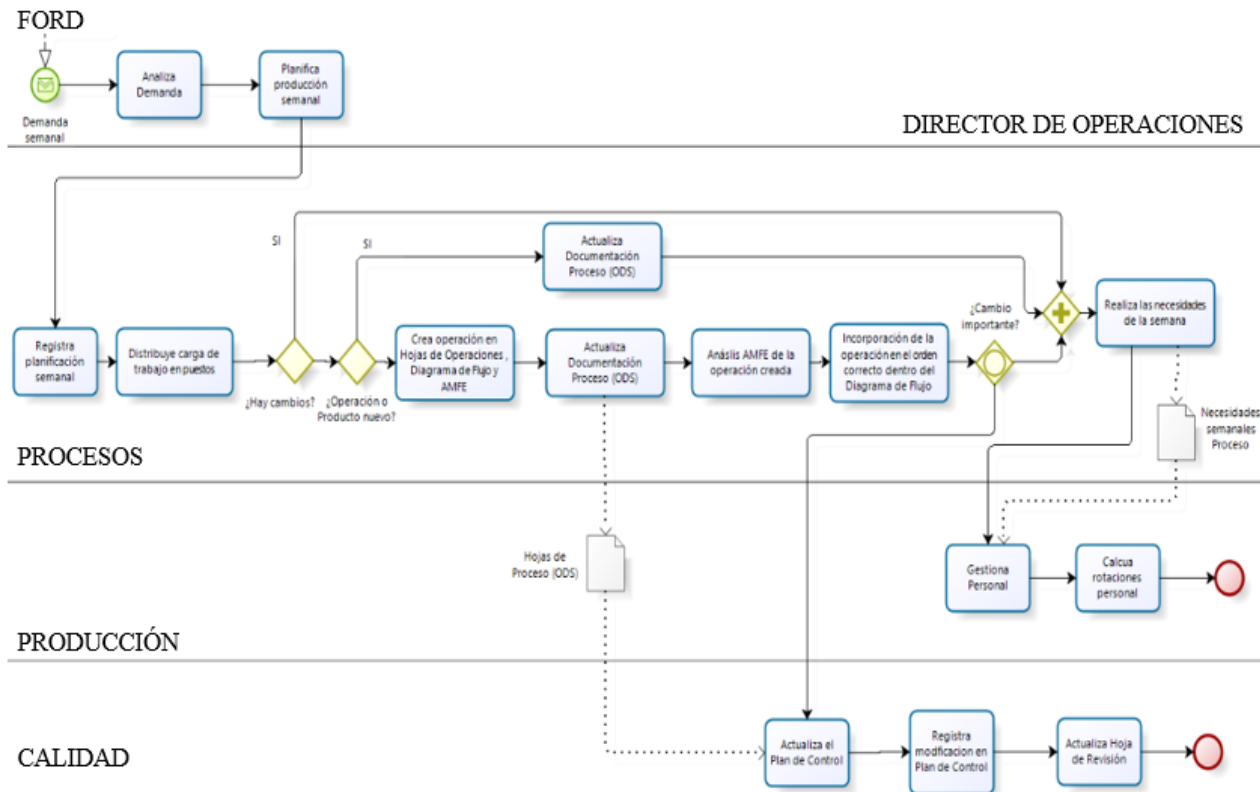


Figura 6-31: Metodología actual Departamento de Manufacturing

Fuente: Elaboración Propia

El procedimiento propuesto a seguir sería el descrito en la Figura 6-1 donde se combinan las 3 figuras principales del departamento para a través de las herramientas mejorar la actuación, de esta manera se logra reducir la miopía del proceso actual facilitando las labores de planificación y control a la vez que se aumenta el abanico de posibilidades en el equilibrado de las cargas de trabajo.

Adicionalmente se plantean las 3 herramientas definiendo en cada una de ellas los principales inputs, outputs, aplicaciones. Se entra en detalle del funcionamiento de la herramienta, sobre todo en la herramienta de cálculo de las necesidades de personal.

7. CONCLUSIONES

En este proyecto se planteaba como objeto el diseño de un proceso dentro del departamento de Manufacturing para agilizar los procesos de planificación, cálculo de necesidades de personal y control de la producción, en el entorno de una planta de montaje en el sector de la automoción.

Principalmente los objetivos perseguidos a lo largo del proyecto son:

1. Optimizar el proceso de planificación de la producción para conseguir:
2. Proporcionar un sistema de gestión de los análisis MOST de las operaciones definidas en el proceso de fabricación para conseguir:
3. Mejorar el proceso de planificación de las necesidades de personal y definición de los procesos de fabricación para conseguir:
4. Optimizar el proceso control de la producción.

Estos objetivos se buscan lograr mediante las herramientas obtenidas durante el transcurso del Master de Ingeniería Industrial con especialidad de Organización y Gestión Industrial, así como en grado. Se han utilizado conocimientos de Lean Manufacturing, Sistemas de la Información o Métodos Cuantitativos.

A modo de resumen una vez ya finalizado el trabajo fin de máster se puede concluir que partiendo de los objetivos definidos se ha llegado a lo siguiente:

- **Capítulo 2:** Se plantan las bases para entender el funcionamiento de una planta de montaje en el contexto del sector de la automoción. Se describe el funcionamiento de la logística interna y externa de la planta, contacto con proveedores, proceso de fabricación. Además, se explica brevemente a nivel corporativo la historia de la fábrica de asientos de *Lear Corporation*.
- **Capítulo 3:** En este capítulo se explican los conceptos a nivel teórico utilizados para el desarrollo del proyecto; la importancia del trabajo estandarizado, el papel de la medición de tiempo o el Lean Manufacturing y su impacto en el equilibrado de cargas en los distintos puestos de trabajo, así como en la forma de trabajar en la planta.
- **Capítulo 4:** Para ser capaz de definir una metodología correcta y fluida para el trabajo en la planta, es crucial conocer cuál es el sistema de información existente entre el cliente y *Lear*. En este apartado se define el proceso que se sigue para planificar la producción semanal, como se codifican las ordenes de trabajo, explicación del *Bill of Materials* o *B.O.M*, las distintas fuentes de demanda proporcionadas por el cliente y el funcionamiento de la comunicación *Lear-Ford*.
- **Capítulo 5:** En este capítulo se entra en detalle del proceso de planificación y control de la producción existente actualmente en *Lear*. Se definen los procesos de planificación y control de la producción, junto con el de balanceo de cargas de trabajo. Además, se realiza un análisis

de variabilidad de la demanda junto con una comparativa de las distintas fuentes de información, sirviendo de base para el diseño del proceso de planificación.

- **Capítulo 6:** En este capítulo toma toda la información aportada en capítulos anteriores y se define una metodología:
 - **Análisis de la demanda:** Se toma como referencia la base de datos de ILVS y se plantea una herramienta que combinada con una base de datos permite obtener de forma ágil los volúmenes de producción por día contando con todo el abanico de modelos y opciones que tiene impacto sobre el proceso de fabricación.
 - **Calculo de las necesidades de personal:** Se plantea una herramienta para la línea de asientos traseros de la furgoneta, parte del input del apartado anterior más la base de datos de tiempos por operación existente. A través de distintos algoritmos y etapas se plantean distintas funcionalidades de la herramienta, útiles a nivel diseño de líneas de producción en función de capacidades y cálculo de necesidades de personal semanales buscando como objetivo maximizar la utilización de recursos y la eficiencia.
 - **Control de la producción:** En este sub-apartado se plantea una herramienta que partiendo de la base de datos Lear-Ford permite obtener informes de la producción realizada a nivel de los modelos que más impacto tienen en la planta. Agilizando y mejorando el proceso actual.

A nivel global se alcanza la mayor parte de los objetivos planteados en un inicio dejando líneas de trabajo abiertas para futuros proyectos tales como las siguientes:

- **Extensión de la herramienta a la totalidad de las zonas de fabricación de la planta:** En este punto habría que extender el análisis de los datos existentes para toda la planta y plantear las relaciones de precedencia existentes en las operaciones para poder utilizar los algoritmos definidos en el proyecto.
- **Utilización de meta-heurísticas:** Se queda abierta la línea de implementar meta-heurísticas en el algoritmo debido a las ventajas que ofrecen al mejorar el estancamiento en óptimos locales.

8. ANEXOS

CÓDIGO HERRAMIENTA CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

```
Private Sub CommandButton1_Click()
Application.DisplayAlerts = False
Range("A3:J30000").ClearContents
nombreachivo2 = ActiveWorkbook.Name
RutaArchivo = " "
Application.GetOpenFilename(Title:="Open file", _
filefilter:="All Files (*.*)*.*)"
If RutaArchivo = False Then
MsgBox "No se ha seleccionado ningún fichero.
Imposible continuar."
Exit Sub
End If
Workbooks.Open Filename:=RutaArchivo
nombreachivo1 = ActiveWorkbook.Name
Workbooks(nombreachivo1).Sheets(1).Columns("A:
A").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("A1"),
DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlDoubleQuote,
ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=True, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False,
Other:=False, FieldInfo _
:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1),
Array(4, 1), Array(5, 1), Array(6, 1), _
Array(7, 1), Array(8, 1), Array(9, 1), Array(10, 1),
Array(11, 1)), _
TrailingMinusNumbers:=True
Workbooks(nombreachivo1).Sheets(1).Range("A10:J
30000").Copy
Range("A3").PasteSpecial
Workbooks(nombreachivo1).Close
SaveChanges:=False
'almacenar BC
longitud = Application.CountA(Range("D1:D30000"))
'For i = 1 To longitud
'If Hoja1.Cells(2 + i, 3) <> "Kuga" Then
'BC = Cells(2 + i, 4)
'BC = StrConv(BC, vbUnicode)
's = Split(BC, vbNullChar)
'For j = 0 To UBound(s)
'Debug.Print j; s(j)
'Cells(2 + i, 12 + j) = s(j)
'Next j
'End If
'Next i
'ActiveWorkbook.RefreshAll
End Sub
```

CÓDIGO HERRAMIENTA PLANIFICACIÓN

```
Dim nombreachivo1 As String
Dim BC As String
Dim longitud As Integer
Dim s() As String
Dim longitudBC As Integer
Private Sub CommandButton1_Click()
Application.DisplayAlerts = False
Range("A3:E30000").ClearContents
nombreachivo2 = ActiveWorkbook.Name
RutaArchivo = Application.GetOpenFilename(Title:="Open VINES
file", _
filefilter:="All Files (*.*)*.*)"
If RutaArchivo = False Then
MsgBox "No se ha seleccionado ningún fichero. Imposible
continuar."
Exit Sub
End If
Workbooks.Open Filename:=RutaArchivo
nombreachivo1 = ActiveWorkbook.Name
Workbooks(nombreachivo1).Sheets(1).Columns("A:A").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("A1"),
DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlDoubleQuote, ConsecutiveDelimiter:=False,
Tab:=True, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False,
Other:=False, FieldInfo _
:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1), Array(4, 1),
Array(5, 1), Array(6, 1), _
Array(7, 1), Array(8, 1), Array(9, 1), Array(10, 1), Array(11,
1)), _
TrailingMinusNumbers:=True
Workbooks(nombreachivo1).Sheets(1).Range("A10:D30000,H1
0:H30000").Copy
Range("A3").PasteSpecial
Workbooks(nombreachivo1).Close SaveChanges:=False
'almacenar BC
longitud = Application.CountA(Range("D1:D30000"))
'For i = 1 To longitud
'If Hoja1.Cells(2 + i, 3) <> "Kuga" Then
'BC = Cells(2 + i, 4)
'BC = StrConv(BC, vbUnicode)
's = Split(BC, vbNullChar)
'For j = 0 To UBound(s)
'Debug.Print j; s(j)
'Cells(2 + i, 9 + j) = s(j)
'Next j
'End If
'Next i
'ActiveWorkbook.RefreshAll
End Sub
```

CÓDIGO ALGORITMO 1 LLENADO DE ESTACIONES

```

Dim operaciones() As Double 'vector operaciones totales
Dim modelos_op() As String 'vector modelo de cada operacion
Dim modelos_opID() As Integer 'vector modelo de cada operacion con ID
Dim nombre_op() As String 'vector con los nombres de cada operacion
Dim saturacion_puesto As Double 'saturacion del puesto
Dim carga_estaciones() As Double 'carga estaciones
Dim matriz_precedencias() As Long ' matriz de precedencias operaciones
Dim matriz_precedencia_aux() As Long 'matriz auxiliar para marcar con 1 las operaciones ya realizadas
Dim posible_operaciones() As Integer ' vector con las operaciones posibles a asignar
Dim operaciones_realizadas() As Integer 'vector que sirve para marcar las operacones que se han realizado
Dim Operacion_Estacion() As Integer 'vector que represente a que estación esta asignada cada Op
Dim lado() As String 'vector que guarda si 60/40
Dim takt As Double 'tiempo ciclo de la línea
Dim estacion As Integer 'nombre de la estacion en uso
Dim min As Double 'minima carga para llenar una estacion
Dim max As Double 'maxima carga
'VARIABLES AUXILIARES
Dim auxiliar_max As Double 'guarda el valor de tiempo máximo
Dim auxiliar_max1 As Integer 'guarda el numero de operación maxima
Dim aux As Integer 'numero columnas
Dim aux1 As Integer 'sirve para comprobar que todas las operaciones han sido realizadas LWB
Dim aux2 As Integer 'sirve para comprobar que todas las operaciones han sido realizadas SWB
Dim aux3 As Integer 'sirve para comprobar que todas las operaciones han sido realizadas CC
Dim aux10 As String 'sirve para ver si la operacion es par o impar
Dim carga_auxiliar As Double 'sirve para comprobar que no se pasa del máximo de estación
'VARIABLES ASIGNACION OPERARIOS
Dim cargas_ST() As Double 'Matriz que almacena las cargas de trabajo asociadas a cada estacion de trabajo por modelo
Dim porcentaje_modelo() As Double 'vector que almacena el % de cada modelo
Dim porcentaje_ST() As Double 'vector que almacena las cargas ponderadas de cada estación en funcion del takt
Dim carga_operario() As Double 'vector que almacena la carga de cada operario
Dim operarios As Integer 'cantidad de operarios
Dim estacion_operario() As Integer 'vector que represente a que operario esta asignada cada estacion
Dim media_cargas As Double 'valor de la carga de trabajo media ideal
Dim operarios_objetivo As Integer 'cantidad de operarios objetivo
Private Sub CommandButton1_Click()
ReDim cargas_ST(14, 3) 'matriz 14 estaciones por 3 modelos
ReDim porcentaje_ST(14) 'vector cargas en funcion takt
ReDim porcentaje_modelo(3) 'vector q almacena el % de cada opcion
ReDim carga_estaciones(14) As Double '14 estaciones de trabajo útiles
ReDim estacion_operario(14) As Integer '14 estaciones
ReDim carga_operario(14) As Double '14 operarios posibles
For i = 1 To 7 'inicializa en 0 la carga en las estaciones
carga_estaciones(i) = 0
Next i
Total_Op = 0 'inicializa la cantidad de operarios en 0
saturacion_puesto = 0 'inicializa la saturacion en 0
n = Application.CountA(Hoja17.Range("A2:A150")) 'cuenta el numero de operaciones
datos = 8 '8 columnas, de datos solo 6
ReDim operaciones(n, datos)
ReDim modelos_op(n)
ReDim nombre_op(n)
ReDim modelos_opID(n)
ReDim lado(n)
'Rellena el % de cada modelo
operarios_objetivo = Hoja3.Cells(10, 9)
takt = Hoja2.Cells(44, 2)
'Lee operaciones
aux = 0
For i = 1 To n
For j = 1 To datos
If j = 2 Or j = 3 Or j = 5 Then
'Copiar solo las columnas de datos:
ID, TIEMPO, OPCIÓN, %OPCIÓN, %MODELO, TIEMPO POND
Else
aux = aux + 1
operaciones(i, aux) = Hoja17.Cells(1 + i, j)
End If
Next j
aux = 0 'empieza a 0 otra vez el valor columna
modelos_op(i) = Hoja17.Cells(1 + i, 3) 'lee el modelo de cada operación
modelos_opID(i) = Hoja17.Cells(1 + i, 14) 'lee el modelo de cada operación
nombre_op(i) = Hoja17.Cells(1 + i, 2) 'lee los nombre
lado(i) = Hoja17.Cells(1 + i, 15) 'lee el lado de cada operacion
Next i
For i = 1 To 3 'Lee el porcentaje en base 100 que supone cada modelo
porcentaje_modelo(i) = Hoja2.Cells(22 + i, 3)
Next i
estacion = 0
operarios = 1 'inicializa a 1 su cantidad
ReDim matriz_precedencias(n, 4) 'matriz de n operacioens por 4 columnas
ReDim matriz_precedencia_aux(n, 4) 'matriz auxiliar no operaciones 4 columnas
'Lee la matriz de precedencias y rellena en 0 la auxiliar
For i = 1 To n
For j = 1 To 4
'Rellena con ceros la auxiliar cuando no haya nada
If Hoja17.Cells(1 + i, 9 + j) = "" Then
matriz_precedencia_aux(i, j) = 0
matriz_precedencias(i, j) = 0
Else
matriz_precedencia_aux(i, j) = Hoja17.Cells(1 + i, 9 + j)
matriz_precedencias(i, j) = Hoja17.Cells(1 + i, 9 + j)
End If
Next j
Next i
ReDim posible_operaciones(n) 'redimensionamos para n
operaciones_realizadas(matriz_precedencia_aux(k, j)) = 1 Then

```

```

ReDim operaciones_realizadas(n)
ReDim Operacion_Estacion(n) 'redimensionamos para n
'Inicializa a 0 las operaciones posibles, excepto la 1 ya que es
la primera siempre
posible_operaciones(1) = 1
operaciones_realizadas(1) = 0
For i = 2 To n
    posible_operaciones(i) = 0
    operaciones_realizadas(i) = 0
Next i
'COMIENZA EL ALGORITMO DE LLENAR LAS ESTACIONES DE
TRABAJO
estacion = 1 'la primera estación tiene que ser la 1
i = 1 'inicializa bucle
Do 'empieza a rellenar estaciones
    'Calcula que operaciones son las que se pueden añadir
    If i = 125 Then
        a = 3
    End If
    auxiliar = 0 'empieza en 0 siempre este valor
    'Asigna los valores mínimos de carga en función del modelo y
lado
    If par(estacion) = 1 And modelos_op(i) = "LWB" Then
        min = Hoja3.Cells(17, 11)
        max = Hoja3.Cells(17, 10)
    ElseIf par(estacion) = 1 And modelos_op(i) = "SWB" Then
        min = Hoja3.Cells(18, 11)
        max = Hoja3.Cells(18, 10)
    ElseIf par(estacion) = 0 And (modelos_op(i) = "CC") Then
        min = Hoja3.Cells(19, 9)
        max = Hoja3.Cells(19, 8)
    ElseIf par(estacion) = 0 And (modelos_op(i) = "SWB") Then
        min = Hoja3.Cells(18, 9)
        max = Hoja3.Cells(18, 8)
    ElseIf par(estacion) = 0 And (modelos_op(i) = "LWB" Or
modelos_op(i) = "SWB") Then
        min = Hoja3.Cells(17, 9)
        max = Hoja3.Cells(17, 8)
    ElseIf par(estacion) = 1 And (modelos_op(i) = "CC") Then
        min = Hoja3.Cells(19, 11)
    max = Hoja3.Cells(19, 10)
    End If
    'COMPRUEBA SI LA ESTACIÓN ES DE 60% O 40%
    If par(estacion) = 0 Then 'si la estación es impar selecciona solo
operaciones impares
        aux10 = "60%"
    Else
        aux10 = "40%"
    End If
    For k = 1 To n
        If k = 72 Then
            a = 1
        End If
        If modelos_op(k) = modelos_op(i) And
operaciones_realizadas(k) = 0 And lado(k) = aux10 Then
            'solo comprueba con las operaciones del mismo modelo
            'solo comprueba operaciones no realizadas
            'solo comprueba las operaciones del lado correspondiente a
la estación
            For j = 1 To 4
                If
operaciones_realizadas(matriz_precedencia_aux(k, j)) = 1 Then

```

```

'si la precedente de la operación k es una operación
realiza poner un 0 en esa posición
                matriz_precedencia_aux(k, j) = 0
            End If
            'suma los valores auxiliares
            auxiliar = auxiliar + matriz_precedencia_aux(k, j)
        Next j
        'Si la suma de los valores de la matriz precedente es 0
significa que todas esas operaciones han sido realizadas
        'Por tanto esta es una candidata a utilizarse
        carga_auxiliar = carga_estaciones(estacion) +
operaciones(k, 2) * operaciones(k, 3)
        If auxiliar = 0 And max > carga_auxiliar Then
            posible_operaciones(k) = 1
        Else
            posible_operaciones(k) = 0
        End If
        auxiliar = 0
        'auxiliar vuelve a valor 0
    Else
        posible_operaciones(k) = 0 'sino lo es cambia a 0
    End If
    'Escribe las posibles
    'Hoja18.Cells(1 + k, 11) = posible_operaciones(k)
Next k

'Elige de las operaciones posible la que mas tiempo suponga y
no sobrepase el máximo de estación
auxiliar_max1 = 0
auxiliar_max = 0
For j = 1 To n
    'Si la operación es posible guardala
    If posible_operaciones(j) = 1 And operaciones(j, 2) *
operaciones(j, 3) >= auxiliar_max Then
        auxiliar_max = operaciones(j, 2) * operaciones(j, 3)
        auxiliar_max1 = j
    End If
Next j
'Asigna a la estación de trabajo la carga de la operación
escogida
Operacion_Estacion(auxiliar_max1) = estacion
carga_estaciones(estacion) = carga_estaciones(estacion) +
operaciones(auxiliar_max1, 2) * operaciones(auxiliar_max1, 3)
operaciones_realizadas(auxiliar_max1) = 1 'la marcamos
como realizada
'COMPRUEBA QUE TODAS LAS OPERACIONES HAN SIDO
REALIZADAS
aux1 = 1
aux2 = 1
aux3 = 1
For j = 1 To n
    If modelos_op(j) = "LWB" Then
        aux1 = aux1 * operaciones_realizadas(j)
    ElseIf modelos_op(j) = "SWB" Then
        aux2 = aux2 * operaciones_realizadas(j)
    ElseIf modelos_op(j) = "CC" Then
        aux3 = aux3 * operaciones_realizadas(j)
    End If
Next j
'Si es la última operación del lado modelo no hay restricción
de mínimo
aux4 = 1

```

```

' si la precedente de la operacion k es una operacion
aux6 = 1
For j = 1 To n
  If lado(auxiliar_max1) = lado(j) Then
    If modelos_op(j) = "LWB" Then
      aux4 = aux4 * operaciones_realizadas(j)
    ElseIf modelos_op(j) = "SWB" Then
      aux5 = aux5 * operaciones_realizadas(j)
    ElseIf modelos_op(j) = "CC" Then
      aux6 = aux6 * operaciones_realizadas(j)
    End If
  End If
Next j 'aux valdra 0 cuando todas las op del modelo esten hechas
If carga_estaciones(estacion) > min And modelos_op(auxiliar_max1) = "LWB" And aux1 = 0 And estacion < 13 Then
  'Si la carga de la estación es superior a 170s, quedan operaciones, el modelo es LWB y no es la ultima estacion
  'pasamos a la siguiente estación
  Hoja18.Cells(11 + estacion, 14) = carga_estaciones(estacion)
  carga_operario(operario) = carga_operario(operario) + carga_estaciones(estacion) * porcentaje_modelo(1) / takt
  estacion = estacion + 1
  ElseIf modelos_op(auxiliar_max1) = "LWB" And aux1 = 0 And aux4 = 1 Then
    'Si quedan operaciones y el lado esta lleno pasar a la siguiente estacion para no taponar
    'pasamos a la siguiente estación
    'Hoja18.Cells(11 + estacion, 14) = carga_estaciones(estacion)
    carga_operario(operario) = carga_operario(operario) + carga_estaciones(estacion) * porcentaje_modelo(1) / takt
    estacion = estacion + 1
    ElseIf carga_estaciones(estacion) > min And modelos_op(auxiliar_max1) = "SWB" And aux2 = 0 And estacion < 13 Then
      'Si la carga de la estación es superior a 170s, quedan operaciones, el modelo es LWB y no es la ultima estacion
      'pasamos a la siguiente estación
      'Hoja18.Cells(11 + estacion, 15) = carga_estaciones(estacion)
      carga_operario(operario) = carga_operario(operario) + carga_estaciones(estacion) * porcentaje_modelo(1) / takt
      estacion = estacion + 1
      ElseIf modelos_op(auxiliar_max1) = "SWB" And aux2 = 0 And aux5 = 1 Then
        'Si quedan operaciones y el lado esta lleno pasar a la siguiente estacion para no taponar
        'pasamos a la siguiente estación
        'Hoja18.Cells(11 + estacion, 15) = carga_estaciones(estacion)
        'asigna al operario la carga de la estacion
        carga_operario(operario) = carga_operario(operario) + carga_estaciones(estacion) * porcentaje_modelo(1) / takt
        estacion = estacion + 1
        ElseIf carga_estaciones(estacion) > min And modelos_op(auxiliar_max1) = "CC" And aux3 = 0 And estacion < 13 Then
          'Si la carga de la estación es superior a 170s, quedan operaciones, el modelo es LWB y no es la ultima estacion
          aux5 = 1
          'Hoja18.Cells(11 + estacion, 16) = carga_estaciones(estacion)
          carga_operario(operario) = carga_operario(operario) + carga_estaciones(estacion) * porcentaje_modelo(1) / takt
          estacion = estacion + 1
          ElseIf modelos_op(auxiliar_max1) = "CC" And aux3 = 0 And aux6 = 1 Then
            'Si quedan operaciones y el lado esta lleno pasar a la siguiente estacion para no taponar
            'pasamos a la siguiente estación
            'Hoja18.Cells(11 + estacion, 16) = carga_estaciones(estacion)
            carga_operario(operario) = carga_operario(operario) + carga_estaciones(estacion) * porcentaje_modelo(1) / takt
            estacion = estacion + 1
            ElseIf (aux1 = 1 And modelos_op(auxiliar_max1) = "LWB") Or (aux2 = 1 And modelos_op(auxiliar_max1) = "SWB") Or (aux3 = 1 And modelos_op(auxiliar_max1) = "CC") Then 'si es la ultima operacion de LWB o SWB reinicia
              estacion = 1
              'Escribe las cargas de cada estacion
              If modelos_op(auxiliar_max1) = "LWB" Then
                For j = 1 To 14
                  Hoja18.Cells(11 + j, 14) = carga_estaciones(j)
                  cargas_ST(j, 1) = carga_estaciones(j)
                Next j
              ElseIf modelos_op(auxiliar_max1) = "SWB" Then
                For j = 1 To 14
                  Hoja18.Cells(11 + j, 15) = carga_estaciones(j)
                  cargas_ST(j, 2) = carga_estaciones(j)
                Next j
              ElseIf modelos_op(auxiliar_max1) = "CC" Then
                For j = 1 To 14
                  Hoja18.Cells(11 + j, 16) = carga_estaciones(j)
                  cargas_ST(j, 3) = carga_estaciones(j)
                Next j
              End If
              For j = 1 To 14
                carga_estaciones(j) = 0
              Next j
            End If
            'Escribe soluciones
            'Hoja18.Cells(1 + auxiliar_max1, 6) = Operacion_Estacion(auxiliar_max1)
            Hoja18.Cells(1 + i, 6) = "ST-" & Operacion_Estacion(auxiliar_max1)
            Hoja18.Cells(1 + i, 2) = nombre_op(auxiliar_max1)
            Hoja18.Cells(1 + i, 1) = operaciones(auxiliar_max1, 1)
            Hoja18.Cells(1 + i, 4) = operaciones(auxiliar_max1, 2)
            Hoja18.Cells(1 + i, 3) = modelos_op(auxiliar_max1)
            Hoja18.Cells(1 + i, 5) = operaciones(auxiliar_max1, 3)
            i = i + 1
            If auxiliar_max1 = 0 Then
              h = 1
            End If
            Loop Until i = n + 1
          'COMIENZA ASIGNACIÓN DE OPERARIOS A PUESTOS
          'Rellena el % de cada modelo
          operarios_objetivo = Hoja3.Cells(10, 9)
          takt = Hoja2.Cells(44, 2)
          media_cargas = 0
          For i = 1 To 3

```

```
'pasamos a la siguiente estación  porcentaje_modelo(i) =
Hoja2.Cells(22 + i, 3)
For j = 1 To 14
  Hoja18.Cells(11 + j, 18 + i) = porcentaje_modelo(i) *
cargas_ST(j, i) / takt
  porcentaje_ST(j) = porcentaje_ST(j) + porcentaje_modelo(i)
* cargas_ST(j, i) / takt
  Hoja18.Cells(11 + j, 22) = porcentaje_ST(j)
Next j
Next i
For i = 1 To 14
  media_cargas = media_cargas + porcentaje_ST(i) 'acumula
los porcentajes para hacer la media
Next i
media_cargas = media_cargas / operarios_objetivo 'Este es el
objetivo de carga por operario
For j = 1 To 14
  If (carga_operario(operarios) + porcentaje_ST(j)) < 0.95
Then
  carga_operario(operarios) = carga_operario(operarios) +
porcentaje_ST(j)
  estacion_operario(j) = operarios
Else
  operarios = operarios + 1
  carga_operario(operarios) = carga_operario(operarios) +
porcentaje_ST(j)
  estacion_operario(j) = operarios
End If
Next j
For i = 1 To operarios
  Hoja18.Cells(27 + i, 17) = carga_operario(i)
  Hoja18.Cells(27 + i, 13) = i
Next i
End Sub
Function par(numero As Integer) As Integer
If Int(numero / 2) < numero / 2 Then
  par = 0 'es impar
Else
  par = 1
End If
End Function
```

CÓDIGO ALGORITMO 2

```
'Elige de las operaciones posible la primera
auxiliar_max1 = 0
auxiliar_max = 0
For j = 1 To n
'Si la operación es posible guardala
  If posible_operaciones(j) = 1 Then
    auxiliar_max1 = j
  End If
Next j
```

CÓDIGO ALGORITMO 3

```
'Elige la que mas subsecuentes tenga
auxiliar_max1 = 0 'guarda el máximo valor de conteo
auxiliar_max = 0 'valor referencia contador
For j = 1 To n 'Recorre las operaciones candidatas
  If posible_operaciones(j) = 1 Then 'La operación tiene que
ser posible
    contar = 0 'cada vez que cuenta una candidata se reinicia
    For y = 1 To n 'Recorre la lista de operaciones por realizar
      For k = 1 To 4 'Recorre las columnas de precedenets
        If matriz_precedencias(y, k) = j And
operaciones_realizadas(y) = 0 And modelos_op(j) =
modelos_op(y) Then
          'Cuenta cuantas precedentes tiene cada una de las
operaciones posibles
          'Para que sea subsecuente de alguna tiene que ser
precedente de una operación no realizada y ser una posible
          contar = contar + 1
        End If
      Next k
    Next y
    If contar >= auxiliar_max Then
      auxiliar_max = contar 'actualiza el máximo de total de
operaciones subsecuentes
      auxiliar_max1 = j 'guarda el numero de operacion
candidata mejor
    End If
  End If
Next j
```

CÓDIGO ALGORITMO 4

```
'Elige de las operaciones posible la que menos tiempo suponga
y no sobrepase el máximo de estación
auxiliar_max1 = 0
auxiliar_max = 100000
For j = 1 To n
'Si la operación es posible guardala
  If posible_operaciones(j) = 1 And operaciones(j, 2) *
operaciones(j, 3) < auxiliar_max Then
    auxiliar_max = operaciones(j, 2) * operaciones(j, 3)
    auxiliar_max1 = j
  End If
Next j
```

auxiliar_max1 = 0

CÓDIGO ALGORITMO BÁSICO

```
'COMIENZA EL ALGORITMO DE LLENAR LAS ESTACIONES DE
TRABAJO
estacion = 1 'la primera estación tiene que ser la 1
i = 1 'inicializa bucle
Do 'empieza a rellenar estaciones
If i = 124 Then
a = 1
End If
'Calcula que operaciones son las que se pueden añadir
auxiliar = 0 'empieza en 0 siempre este valor
'COMPRUEBA SI LA ESTACIÓN ES DE 60% O 40%
If i = 100 Then
a = 1
End If
If par(estacion) = 0 Then 'si la estacion es impar selecciona
solo operaciones impares
aux10 = "60%"
Else
aux10 = "40%"
End If
For k = 1 To n
If k = 99 Then
a = 1
End If
If modelos_op(k) = modelos_op(i) And
operaciones_realizadas(k) = 0 And lado(k) = aux10 Then
'solo comprueba con las operaciones del mismo modelo
'solo comprueba operaciones no realizadas
'solo comprueba las operacones del lado correspondiente a
la estacion
For j = 1 To 4
If
operaciones_realizadas(matriz_precedencia_aux(k, j)) = 1 Then
'si la precedente de la operacion k es una operacion
realiza ponle un 0 en esa posición
matriz_precedencia_aux(k, j) = 0
End If
'suma los valores auxiliares
auxiliar = auxiliar + matriz_precedencia_aux(k, j)
Next j
'Si la suma de los valor de la matriz precedente es 0
significa que todas esas operaciones han sido realizadas
'Por tanto esta es una candidata a utilizarse
carga_auxiliar = carga_estaciones(estacion) +
operaciones(k, 2) * operaciones(k, 3)
If auxiliar = 0 And takt > carga_auxiliar Then
posible_operaciones(k) = 1
Else
posible_operaciones(k) = 0
End If
auxiliar = 0
'auxiliar vuelve a valor 0
Else
posible_operaciones(k) = 0 'sino lo es cambia a 0
End If
'Escribe las posibles
'Hoja22.Cells(1 + k, 11) = posible_operaciones(k)
Next k

'Elige de las operaciones posible la que menos tiempo
suponga y no sobrepase el máximo de estación
```

```
auxiliar_max = 100000
For j = 1 To n
'Si la operación es posible guardala
If posible_operaciones(j) = 1 And operaciones(j, 2) *
operaciones(j, 3) < auxiliar_max Then
auxiliar_max = operaciones(j, 2) * operaciones(j, 3)
auxiliar_max1 = j
End If
Next j
'Asigna a la estación de trabajo la carga de la operación
escogida
Operacion_Estacion(auxiliar_max1) = estacion
carga_estaciones(estacion) = carga_estaciones(estacion) +
operaciones(auxiliar_max1, 2) * operaciones(auxiliar_max1, 3)
operaciones_realizadas(auxiliar_max1) = 1 'la marcamos
como realizada
'COMPRUEBA QUE TODAS LAS OPERACIONES HAN SIDO
REALIZADAS
aux1 = 1
aux2 = 1
aux3 = 1
For j = 1 To n
If modelos_op(j) = "LWB" Then
aux1 = aux1 * operaciones_realizadas(j)
Elseif modelos_op(j) = "SWB" Then
aux2 = aux2 * operaciones_realizadas(j)
Elseif modelos_op(j) = "CC" Then
aux3 = aux3 * operaciones_realizadas(j)
End If
Next j
'Si es la ultima operacion del lado modelo no hay restriccion
de minimo
aux4 = 1
aux5 = 1
aux6 = 1
For j = 1 To n
If lado(auxiliar_max1) = lado(j) Then
If modelos_op(j) = "LWB" Then
aux4 = aux4 * operaciones_realizadas(j)
Elseif modelos_op(j) = "SWB" Then
aux5 = aux5 * operaciones_realizadas(j)
Elseif modelos_op(j) = "CC" Then
aux6 = aux6 * operaciones_realizadas(j)
End If
End If
Next j 'aux valdra 0 cuando todas las op del modelo esten
hechas
If carga_estaciones(estacion) > 0.8 * takt And
modelos_op(auxiliar_max1) = "LWB" And aux1 = 0 And
estacion < 13 Then
'Si la carga de la estación es superior a 170s, quedan
operaciones,el modelo es LWB y no es la ultima estacion
'pasamos a la siguiente estación
Hoja22.Cells(11 + estacion, 14) =
carga_estaciones(estacion)
carga_operario(operario) = carga_operario(operario) +
carga_estaciones(estacion) * porcentaje_modelo(1) / takt
estacion = estacion + 1
Elseif modelos_op(auxiliar_max1) = "LWB" And aux1 = 0 And
aux4 = 1 Then
'Si quedan operaciones y el lado esta lleno pasar a la
siguiente estacion para no taponar
```



```

'pasamos a la siguiente estación
'Hoja22.Cells(11 + estacion, 14) =
carga_estaciones(estacion)
carga_operario(operario) = carga_operario(operario) +
carga_estaciones(estacion) * porcentaje_modelo(1) / takt
estacion = estacion + 1
Elseif carga_estaciones(estacion) > 0.8 * takt And
modelos_op(auxiliar_max1) = "SWB" And aux2 = 0 And
estacion < 13 Then
'Si la carga de la estación es superior a 170s, quedan
operaciones,el modelo es LWB y no es la ultima estacion
'pasamos a la siguiente estación
'Hoja22.Cells(11 + estacion, 15) =
carga_estaciones(estacion)
carga_operario(operario) = carga_operario(operario) +
carga_estaciones(estacion) * porcentaje_modelo(1) / takt
estacion = estacion + 1
Elseif modelos_op(auxiliar_max1) = "SWB" And aux2 = 0 And
aux5 = 1 Then
'Si quedan operaciones y el lado esta lleno pasar a la
siguiente estacion para no taponar
'pasamos a la siguiente estación
'Hoja22.Cells(11 + estacion, 15) =
carga_estaciones(estacion)
'asigna al operario la carga de la estacion
carga_operario(operario) = carga_operario(operario) +
carga_estaciones(estacion) * porcentaje_modelo(1) / takt
estacion = estacion + 1
Elseif carga_estaciones(estacion) > 0.78 * takt And
modelos_op(auxiliar_max1) = "CC" And aux3 = 0 And estacion <
13 Then
'Si la carga de la estación es superior a 170s, quedan
operaciones,el modelo es LWB y no es la ultima estacion
'pasamos a la siguiente estación
'Hoja22.Cells(11 + estacion, 16) =
carga_estaciones(estacion)
carga_operario(operario) = carga_operario(operario) +
carga_estaciones(estacion) * porcentaje_modelo(1) / takt
estacion = estacion + 1
Elseif modelos_op(auxiliar_max1) = "CC" And aux3 = 0 And
aux6 = 1 Then
'Si quedan operaciones y el lado esta lleno pasar a la
siguiente estacion para no taponar
'pasamos a la siguiente estación
'Hoja22.Cells(11 + estacion, 16) =
carga_estaciones(estacion)
carga_operario(operario) = carga_operario(operario) +
carga_estaciones(estacion) * porcentaje_modelo(1) / takt
estacion = estacion + 1
Elseif (aux1 = 1 And modelos_op(auxiliar_max1) = "LWB") Or
(aux2 = 1 And modelos_op(auxiliar_max1) = "SWB") Or (aux3 =
1 And modelos_op(auxiliar_max1) = "CC") Then 'si es la ultima
operacion de LWB o SWB reinicia
estacion = 1
auxiliar = auxiliar + matriz_precedencia_aux(k, j)

Next j

```

CÓDIGO ALGORITMO REAL

```

'COMIENZA EL ALGORITMO DE LLENAR LAS ESTACIONES DE
TRABAJO
estacion = 1 'la primera estación tiene que ser la 1
i = 1 'inicializa bucle
Do 'empieza a rellenar estaciones
If i = 69 Then
a = 1
End If
If estacion = 3 Then
a = 1
End If
'Calcula que operaciones son las que se pueden añadir
auxiliar = 0 'empieza en 0 siempre este valor
'Asigna los valores minimos de carga en funcion del modelo y
lado
If par(estacion) = 1 And modelos_op(i) = "LWB" Then
min = Hoja3.Cells(17, 11)
max = Hoja3.Cells(17, 10)
Elseif par(estacion) = 1 And modelos_op(i) = "SWB" Then
min = Hoja3.Cells(18, 11)
max = Hoja3.Cells(18, 10)
Elseif par(estacion) = 0 And (modelos_op(i) = "CC") Then
min = Hoja3.Cells(19, 9)
max = Hoja3.Cells(19, 8)
Elseif par(estacion) = 0 And (modelos_op(i) = "SWB") Then
min = Hoja3.Cells(18, 9)
max = Hoja3.Cells(18, 8)
Elseif par(estacion) = 0 And (modelos_op(i) = "LWB" Or
modelos_op(i) = "SWB") Then
min = Hoja3.Cells(17, 9)
max = Hoja3.Cells(17, 8)
Elseif par(estacion) = 1 And (modelos_op(i) = "CC") Then
min = Hoja3.Cells(19, 11)
max = Hoja3.Cells(19, 10)
End If
'COMPRUEBA SI LA ESTACIÓN ES DE 60% O 40%
If par(estacion) = 0 Then 'si la estacion es impar selecciona
solo operaciones impares
aux10 = "60%"
Else
aux10 = "40%"
End If
For k = 1 To n

If modelos_op(k) = modelos_op(i) And
operaciones_realizadas(k) = 0 And lado(k) = aux10 Then
If k = 48 Then
a = 1
End If
'solo comprueba con las operaciones del mismo modelo
'solo comprueba operaciones no realizadas
'solo comprueba las operacones del lado correspondiente a
la estacion
For j = 1 To 4
If
operaciones_realizadas(matriz_precedencia_aux(k, j)) = 1 Then
'si la precedente de la operacion k es una operacion
realiza ponle un 0 en esa posición
matriz_precedencia_aux(k, j) = 0
End If
'suma los valores auxiliares

```

```

'Si la suma de los valor de la matriz precedente es 0
significa que todas esas operaciones han sido realizadas
'Por tanto esta es una candidata a utilizarse
carga_auxiliar = cargas_ST(estacion, modelos_opID(k)) +
operaciones(k, 2) * operaciones(k, 3)
If auxiliar = 0 And max > carga_auxiliar Then
  If estacion = operacion_estacion_obligada(k) Or
operacion_estacion_obligada(k) = 0 Then
    posible_operaciones(k) = 1
  Else
    posible_operaciones(k) = 0
  End If
Else
  posible_operaciones(k) = 0
End If
auxiliar = 0
'auxiliar vuelve a valor 0
Else
  posible_operaciones(k) = 0 'sino lo es cambia a 0
End If
'Escribe las posibles
'Hoja23.Cells(1 + k, 11) = posible_operaciones(k)
Next k

'Elige de las operaciones posible la que menos tiempo
suponga y no sobrepase el máximo de estación
auxiliar_max1 = 0
auxiliar_max = 100000
For j = 1 To n
  'Si la operación es posible guardala
  If posible_operaciones(j) = 1 And operaciones(j, 2) *
operaciones(j, 3) < auxiliar_max And
operacion_estacion_obligada(j) = 0 And Operacion_posición(j)
= posicion_estacion(estacion) Then
    auxiliar_max = operaciones(j, 2) * operaciones(j, 3)
    auxiliar_max1 = j
  ElseIf operacion_estacion_obligada(j) = estacion And
posible_operaciones(j) = 1 Then
    'Fuerza a que nose deje una operacion obligada a la
estación por asignar
    auxiliar_max = 0.1
    auxiliar_max1 = j
  End If
Next j
'Asigna a la estación de trabajo la carga de la operación
escogida
'If Operacion_Estacion(auxiliar_max1) <> 0 Then
'Else
Operacion_Estacion(auxiliar_max1) = estacion
'End If
cargas_ST(estacion, modelos_opID(i)) = cargas_ST(estacion,
modelos_opID(i)) + operaciones(auxiliar_max1, 2) *
operaciones(auxiliar_max1, 3)
operaciones_realizadas(auxiliar_max1) = 1 'la marcamos
como realizada
'COMPRUEBA QUE TODAS LAS OPERACIONES HAN SIDO
REALIZADAS
aux1 = 1
aux2 = 1
aux3 = 1
For j = 1 To n

```

```

If modelos_op(j) = "LWB" Then
  aux1 = aux1 * operaciones_realizadas(j)
Elseif modelos_op(j) = "SWB" Then
  aux2 = aux2 * operaciones_realizadas(j)
Elseif modelos_op(j) = "CC" Then
  aux3 = aux3 * operaciones_realizadas(j)
End If
Next j
'Si es la ultima operacion del lado modelo no hay restriccion
de minimo
aux4 = 1
aux5 = 1
aux6 = 1
operacion_obligada = 0
For j = 1 To n
  If lado(auxiliar_max1) = lado(j) Then
    If modelos_op(j) = "LWB" Then
      aux4 = aux4 * operaciones_realizadas(j)
    ElseIf modelos_op(j) = "SWB" Then
      aux5 = aux5 * operaciones_realizadas(j)
    ElseIf modelos_op(j) = "CC" Then
      aux6 = aux6 * operaciones_realizadas(j)
    End If
  End If
  If operacion_estacion_obligada(j) = estacion And
operaciones_realizadas(j) = 0 And modelos_op(j) =
modelos_op(i) Then
    'si todavia quedan operacoines obligadas en esta
estación se activa la bandera para que nos e pueda cerrar
operacion_obligada = 1
  End If
  Next j 'aux valdra 0 cuando todas las op del modelo esten
hechas
  If cargas_ST(estacion, modelos_opID(i)) > min And
modelos_op(auxiliar_max1) = "LWB" And aux1 = 0 And
estacion < 13 And operacion_obligada = 0 Then
    'Si la carga de la estación es superior a 170s, quedan
operaciones,el modelo es LWB y no es la ultima estacion
'pasamos a la siguiente estación
    'Hoja23.Cells(11 + estacion, 14) = cargas_ST(estacion,
modelos_opID(i))
    carga_operario(operario) = carga_operario(operario) +
cargas_ST(estacion, modelos_opID(i)) * porcentaje_modelo(1)
/ takt
    estacion = estacion + 1
  ElseIf modelos_op(auxiliar_max1) = "LWB" And aux1 = 0 And
aux4 = 1 And operacion_obligada = 0 Then
    'Si quedan operaciones y el lado esta lleno pasar a la
siguiente estacion para no taponar
'pasamos a la siguiente estación
    'Hoja23.Cells(11 + estacion, 14) =
cargas_ST(estacion,modelos_opid(i))
    carga_operario(operario) = carga_operario(operario) +
cargas_ST(estacion, modelos_opID(i)) * porcentaje_modelo(1)
/ takt
    estacion = estacion + 1
  ElseIf cargas_ST(estacion, modelos_opID(i)) > min And
modelos_op(auxiliar_max1) = "SWB" And aux2 = 0 And
estacion < 13 And operacion_obligada = 0 Then
    'Si la carga de la estación es superior a 170s, quedan
operaciones,el modelo es LWB y no es la ultima estacion
'pasamos a la siguiente estación
    cargas_ST(j, 3) = cargas_ST(j, modelos_opID(i))

```

```

    Hoja23.Cells(11 + estacion, 15) = cargas_ST(estacion,
modelos_opID(i))
    carga_operario(operario) = carga_operario(operario) +
cargas_ST(estacion, modelos_opID(i)) * porcentaje_modelo(1)
/ takt
    estacion = estacion + 1
    Elseif modelos_op(auxiliar_max1) = "SWB" And aux2 = 0 And
aux5 = 1 And operacion_obligada = 0 Then
    'Si quedan operaciones y el lado esta lleno pasar a la
siguiente estacion para no taponar
    'pasamos a la siguiente estación
    Hoja23.Cells(11 + estacion, 15) = cargas_ST(estacion,
modelos_opID(i))
    'asigna al operario la carga de la estacion
    carga_operario(operario) = carga_operario(operario) +
cargas_ST(estacion, modelos_opID(i)) * porcentaje_modelo(1)
/ takt
    estacion = estacion + 1
    Elseif cargas_ST(estacion, modelos_opID(i)) > min And
modelos_op(auxiliar_max1) = "CC" And aux3 = 0 And estacion <
13 And operacion_obligada = 0 Then
    'Si la carga de la estación es superior a 170s, quedan
operaciones,el modelo es LWB y no es la ultima estacion
    'pasamos a la siguiente estación
    Hoja23.Cells(11 + estacion, 16) = cargas_ST(estacion,
modelos_opID(i))
    carga_operario(operario) = carga_operario(operario) +
cargas_ST(estacion, modelos_opID(i)) * porcentaje_modelo(1)
/ takt
    estacion = estacion + 1
    Elseif modelos_op(auxiliar_max1) = "CC" And aux3 = 0 And
aux6 = 1 And operacion_obligada = 0 Then
    'Si quedan operaciones y el lado esta lleno pasar a la
siguiente estacion para no taponar
    'pasamos a la siguiente estación
    Hoja23.Cells(11 + estacion, 16) = cargas_ST(estacion,
modelos_opID(i))
    carga_operario(operario) = carga_operario(operario) +
cargas_ST(estacion, modelos_opID(i)) * porcentaje_modelo(1)
/ takt
    estacion = estacion + 1
    Elseif (aux1 = 1 And modelos_op(auxiliar_max1) = "LWB") Or
(aux2 = 1 And modelos_op(auxiliar_max1) = "SWB") Or (aux3 =
1 And modelos_op(auxiliar_max1) = "CC") Then 'si es la ultima
operacion de LWB o SWB reinicia
    estacion = 1
    'Escribe las cargas de cada estacion
    If modelos_op(auxiliar_max1) = "LWB" Then
    For j = 1 To 14
    Hoja23.Cells(11 + j, 14) = cargas_ST(j,
modelos_opID(i))
    cargas_ST(j, 1) = cargas_ST(j, modelos_opID(i))
    Next j
    Elseif modelos_op(auxiliar_max1) = "SWB" Then
    For j = 1 To 14
    Hoja23.Cells(11 + j, 15) = cargas_ST(j,
modelos_opID(i))
    cargas_ST(j, 2) = cargas_ST(j, modelos_opID(i))
    Next j
    Elseif modelos_op(auxiliar_max1) = "CC" Then
    For j = 1 To 14
    Hoja23.Cells(11 + j, 16) = cargas_ST(j,
modelos_opID(i))
    Next j
    Next j
    End If
    End If
    'Escribe soluciones
    Hoja23.Cells(1 + auxiliar_max1, 6) =
Operacion_Estacion(auxiliar_max1)
    'Hoja23.Cells(1 + i, 6) = "ST-" &
Operacion_Estacion(auxiliar_max1)
    'Hoja23.Cells(1 + i, 2) = nombre_op(auxiliar_max1)
    'Hoja23.Cells(1 + i, 1) = operaciones(auxiliar_max1, 1)
    'Hoja23.Cells(1 + i, 4) = operaciones(auxiliar_max1, 2)
    'Hoja23.Cells(1 + i, 3) = modelos_op(auxiliar_max1)
    'Hoja23.Cells(1 + i, 5) = operaciones(auxiliar_max1, 3)
    i = i + 1
    Loop Until i = n + 1
    'COMIENZA ASIGNACIÓN DE OPERARIOS A PUESTOS
    operarios_objetivo = Hoja3.Cells(10, 9)
    takt = Hoja2.Cells(44, 2)
    media_cargas = 0
    For i = 1 To 3
    porcentaje_modelo(i) = Hoja2.Cells(22 + i, 3)
    For j = 1 To 14
    Hoja23.Cells(11 + j, 18 + i) = porcentaje_modelo(i) *
cargas_ST(j, i) / takt
    porcentaje_ST(j) = porcentaje_ST(j) + porcentaje_modelo(i)
* cargas_ST(j, i) / takt
    Hoja23.Cells(11 + j, 22) = porcentaje_ST(j)
    carga_operario(j) = 0
    Next j
    Next i
    For i = 1 To 14
    media_cargas = media_cargas + porcentaje_ST(i) 'acumula
los porcentajes para hacer la media
    Next i
    media_cargas = media_cargas / operarios_objetivo 'Este es el
objetivo de carga por operario
    For j = 1 To 14
    If j <> 11 And j <> 12 Then
    If (carga_operario(operarios) + porcentaje_ST(j)) < 0.95
Then
    carga_operario(operarios) = carga_operario(operarios) +
porcentaje_ST(j)
    estacion_operario(j) = operarios
    Else
    operarios = operarios + 1
    carga_operario(operarios) = carga_operario(operarios) +
porcentaje_ST(j)
    estacion_operario(j) = operarios
    End If
    End If
    Next j
    operarios = operarios + 1
    carga_operario(operarios) = carga_operario(operarios) +
porcentaje_ST(11) + porcentaje_ST(12)
    estacion_operario(11) = operarios
    estacion_operario(12) = operarios
    For i = 1 To operarios
    Hoja23.Cells(27 + i, 17) = carga_operario(i)
    Hoja23.Cells(27 + i, 13) = i
    Next i
    For i = 1 To 14
    Hoja23.Cells(1 + i, 11) = estacion_operario(i)
    Next

```



Análisis de la situación actual, Propuesta de metodología y diseño de una herramienta para el equilibrado de cargas de trabajo en una línea de ensamblaje de asientos de automóvil en Lear Corporation en Almussafes.



9. PRESUPUESTO

ANEJO DETALLE JUSTIFICACIÓN PRECIOS POR CAPÍTULO

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
1 Análisis situación actual de la empresa y sistema de información Ford-Lear					
1.1	P01.01	1	Análisis de la empresa		
		40	Ingeniero Industrial	25,00 €	1.000,00 €
			1,000 % Costes Indirectos	1.000,00 €	10,00 €
			Coste total.....		1.010,00 €
1.2 Descripción de la planta y su proceso de fabricación					
1.2	P01.02	2	Descripción de la planta y su proceso de fabricación		
		20	Ingeniero Industrial	25,00 €	500,00 €
			1,000 % Costes Indirectos	500,00 €	5,00 €
			Coste total.....		505,00 €
1.3 Análisis sistema de información Ford-Lear					
1.3	P01.03	3	Análisis sistema de información Ford-Lear		
		20	Ingeniero Industrial	25,00 €	500,00 €
			1,000 % Costes Indirectos	500,00 €	5,00 €
			Coste total.....		505,00 €

2 Análisis del proceso de planificación

2.1 P02.01 1 Identificación y descripción fuentes de información

20	Ingeniero Industrial	25,00 €	500,00 €
20	Ingeniero de planificación	25,00 €	500,00 €
	1,000 % Costes Indirectos	1.000,00 €	5,00 €
	Coste total.....		1.005,00 €

2.2 P02.02 2 Análisis y comparación de las distintas fuentes

10	Ingeniero informático	25,00 €	250,00 €
10	Ingeniero Industrial	25,00 €	250,00 €
	1,000 % Costes Indirectos	500,00 €	5,00 €
	Coste total.....		505,00 €

2.3 P02.03 3 Análisis de variabilidad en la demanda

30	Ingeniero Industrial	25,00 €	750,00 €
	1,000 % Costes Indirectos	750,00 €	7,50 €
	Coste total.....		757,50 €



3 Análisis del proceso de cálculo de necesidades de personal

3.1 P03.01 1 Análisis de la metodología actual

20	Ingeniero Industrial	25,00 €	500,00 €
10	Ingeniero de procesos 1	25,00 €	250,00 €
10	Ingeniero de procesos 2	25,00 €	250,00 €

	1,000 % Costes Indirectos	1.000,00 €	10,00 €
	Coste total.....		1.010,00 €

3.2 P03.02 2 Definición de inputs, outputs y usuarios

10	Ingeniero Industrial	25,00 €	250,00 €
----	----------------------	---------	-----------------

	1,000 % Costes Indirectos	250,00 €	2,50 €
	Coste total.....		252,50 €



4 Análisis del control de la producción

4.1 P04.01 1 Análisis de la metodología actual

10	Ingeniero de operaciones	25,00 €	250,00 €
10	Ingeniero de procesos 1	25,00 €	250,00 €
10	Ingeniero de procesos 2	25,00 €	250,00 €
10	Ingeniero Industrial	25,00 €	250,00 €
	1,000 % Costes Indirectos	1.000,00 €	10,00 €
	Coste total.....		1.010,00 €

5 Diseño herramientas y propuesta de metodología

5.1	P05.01	1	Diseño de la herramienta de planificación		
		80	Ingeniero de operaciones	25 €	2.000,00 €
		10	Ingeniero de procesos	25 €	250,00 €
		10	Ingeniero Industrial	25 €	250,00 €
			1,000 % Costes Indirectos	2.500 €	2,50 €
			Coste total.....		252,50 €
5.2	P05.02	2	Diseño de la herramienta de cálculo de necesidades de personal		
		10	Ingeniero de procesos 1	25 €	250,00 €
		10	Ingeniero de procesos 2	25 €	250,00 €
		240	Ingeniero Industrial	25 €	6.000,00 €
			1,000 % Costes Indirectos	6.000 €	60,00 €
			Coste total.....		6.060,00 €
5.3	P05.03	3	Diseño de la herramienta de control de la producción		
		10	Ingeniero de producción	25 €	250,00 €
		80	Ingeniero Industrial	25 €	2.000,00 €
			1,000 % Costes Indirectos	2.000 €	20,00 €
			Coste total.....		2.020,00 €
5.4	P05.04	4	Propuesta de metodología		
		40	Ingeniero Industrial	25 €	1.000,00 €
			1,000 % Costes Indirectos	1.000 €	10,00 €
			Coste total.....		1.010,00 €



ANEJO RESUMEN PRECIOS POR CAPÍTULO

Capítulo Nº1: Análisis situación de la actual y sistema de información Ford-Lear

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
1.1		Análisis de la empresa				
			Total:	1,00	1.010,00 €	1.010,00 €
1.2		Descripción de la planta y su proceso de fabricación				
			Total:	1,00	505,00 €	505,00 €
1.3		Análisis sistema de información Ford-Lear				
			Total:	1,00	505,00 €	505,00 €
Pacial Nº1: Análisis situación actual de la empresa y sistema de información Ford-Lear					2.020,00 €	

Capítulo Nº2: Análisis del proceso de planificación

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.1		Identificación y descripción fuentes de información			
			Total:	1,00 505,00 €	505,00 €
2.2		Análisis y comparación de las distintas fuentes			
			Total:	1,00 255,00 €	255,00 €
2.3		Análisis de variabilidad en la demanda			
			Total:	1,00 757,50 €	757,50 €
					1.517,50 €
		Pacial Nº2: Análisis del proceso de planificación			€



Capítulo Nº3: Análisis del proceso de cálculo de necesidades de personal

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1		Análisis de la metodología actual			
			Total:	1,00 510,00 €	510,00 €
3.2		Definición de inputs, outputs y usuarios			
			Total:	1,00 252,50 €	252,50 €
Pacial Nº3: Análisis del proceso de cálculo de necesidades de personal					762,50 €

Capítulo Nº4: Análisis del control de la producción

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1		Análisis de la metodología actual			
			Total:	1,00 260,00 €	260,00 €
Pacial Nº4: Análisis del control de la producción					260,00 €



Capítulo Nº5: Diseño herramientas y propuesta de metodología

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
5.1		Diseño de la herramienta de planificación			
			Total:	1,00 252,50 €	252,50 €
5.2		Diseño de la herramienta de cálculo de necesidades de personal			
			Total:	1,00 6.060,00 €	6.060,00 €
5.3		Diseño de la herramienta de control de la producción			
			Total:	1,00 2.020,00 €	2.020,00 €
5.4		Propuesta de metodología			
			Total:	1,00 1.010,00 €	1.010,00 €
Pacial Nº5: Diseño herramientas y propuesta de metodología					8.080,00 €

Presupuesto de ejecución material

1	Análisis situación actual de la empresa y sistema de información Ford-Lear	2.020,00 €
2	Análisis del proceso de planificación	1.517,50 €
3	Análisis del proceso de cálculo de necesidades de personal	762,50 €
4	Análisis del proceso de control de la producción	260,00 €
5	Diseño herramientas y propuesta de metodología	8.080,00 €
	Total.....:	12.640,00 €

El presupuesto de ejecución material asciende a la expresada cantidad de DOCE MILL SEISCIENTOS CUARENTA EUROS

Presupuesto de ejecución por contrata

1 Análisis situación actual de la empresa y sistema de información Ford-Lear	2.020,00 €
2 Análisis del proceso de planificación	1.517,50 €
3 Análisis del proceso de cálculo de necesidades de personal	762,50 €
4 Análisis del proceso de control de la producción	260,00 €
5 Diseño herramientas y propuesta de metodología	8.080,00 €
<hr/>	
Presupuesto de ejecución material (PEM)	12.640,00 €
13% de gastos generales	1.643,20 €
6% de beneficio industrial	758,40 €
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GC + BI)	14.283,20 €
21% IVA	2.999,47 €
Presupuesto de ejecución por contrata con IVA (PEC = PEM + GC + BI)	17.282,67 €

El presupuesto de ejecución material asciende a la expresada cantidad de DIECISIETE MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y 2 EUROS CON SESENTA Y SIETE CENTIMOS

10. BIBLIOGRAFÍA

- Arbós, L. C. (2012). *Procesos en flujo pull y gestión lean. Sistema Kanban*.
- Bendre, P. (2015). *SMED: Single Minute Exchange Of Die*.
- Carreras, M. R. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*.
- Cuatrecasas Arbós, L., & Torrell Martínez, F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management: Estrategia competitiva*.
- Espinal, A. C., Montoya, R. G., & Pérez, C. B. (2012). La Ingeniería de Métodos y Tiempos como herramienta en la Cadena de Suministro. *Revista soluciones de postgrado EIA*, 89-109.
- Gestiopolis. (s.f.). Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tiempos-el-estudio-del-trabajo-para-la-productividad/>
- Leanmanufacturing10. (s.f.). Obtenido de <https://leanmanufacturing10.com/analisis-metodos-tiempos>
- Locher, D. A. (2008). *Value Stream Mapping for Lean Development*.
- Martín, P. S., de Haro, S. L., & A. R. (2006). Equilibrado de puestos de cadenas de montaje en producción por lotes. *X Congreso de Ingeniería de Organización*.
- Moulding, E. (2010). *5S: A Visual Control System for the Workplace*.
- Niederstadt, J. (2013). *Kamishibai Boards: A Lean Visual Management System That Supports Layered Audits*.
- Sabater, J. J. (2018). *Apuntes Lean Manufacturing-Máster Ingeniería Industrial*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Samanta, M. (2019). *Lean Problem Solving and QC Tools for Industrial Engineers*.
- Shimbu, N. K. (1989). *Poka-Yoke: Improving Product Quality by Preventing Defects*.
- Valencia, U. P. (s.f.). *Apuntes asignatura de Métodos Cuantitativos*.
- Zandin, K. B. (2003). *MOST Work Measurement Systems*. New York: Marcel Dekker.