



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento de Economía y Administración de Empresas

Organización de Empresas

TRABAJO FIN DE GRADO

**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN
EN UNA EMPRESA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO**

**PROCESSES OPTIMIZATION AT PRODUCTION'S AREA IN
AGRI-FOOD SECTOR**

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Autor: Álvaro Ramos García

Tutor: Dr. D. Antonio Jesús Olmedo Narbona

MÁLAGA, junio de 2023

AGRADECIMIENTOS

Quisiera, en esta instancia, agradecer a muchas personas que me han prestado su ayuda en la recta final hacia mi titulación. En primer lugar, a mi tutor, por todo lo que me ha incentivado durante este proceso y sus constantes palabras de aliento.

No ha sido sencillo, pero ha valido la pena el esfuerzo.

A mi familia. Por guiarme y enseñarme los valores que me han permitido crecer y desarrollarme en mi vida personal y educativa. Gracias a mi madre, que es capaz de sacar lo mejor de mí y siempre está ahí.

A mi padre, que me ha enseñado el trabajo y el sacrificio para poder llegar a la meta. A mi hermana, por aguantar mis bromas y hacerme ver que el mundo es mucho más de lo que uno cree.

A mis amigos. Mis compañeros de risas, momentos bonitos y también duros. Gracias a ellos me llevo una infinidad de recuerdos especiales que son y serán siempre parte de mi vida.

A mi pareja. Sencillamente, gracias por hacerme tan feliz. Hemos crecido juntos y aquí estamos, preparados para afrontar nuevos retos y seguir aprendiendo el uno del otro.

SUMARIO

SUMARIO

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	5
ÍNDICE GENERAL	8
ÍNDICE DE FIGURAS	12
ÍNDICE DE TABLAS	15
INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO 1: METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING. CONCEPTOS Y TÉCNICAS	21
CAPÍTULO 2: SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS	42
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DEL SECTOR AGROALIMENTARIO Y DE LA EMPRESA	60
CAPÍTULO 4: APLICACIÓN PRÁCTICA	77
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS	124
CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE ACTUACIÓN	130
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS	133
BIBLIOGRAFÍA	138
ANEXO I: DISTRIBUCIONES INPUT ANALYZER	147
ANEXO II: RESULTADOS ARENA	153

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

La creciente competitividad de las empresas manufactureras ha llevado a buscar nuevas soluciones innovadoras para aumentar la eficiencia productiva. Son muchas las organizaciones que buscan maximizar las ganancias a través de diferentes formas, algunas de ellas usan métodos clásicos centrados en aumentar la cartera de productos, campañas de fabricación y marketing u otras actividades operativas. Sin embargo, otras apuestan por la implementación de técnicas modernas para reducir las pérdidas. Este Trabajo de Fin de Grado estudia el empleo de varios de estos métodos en una empresa del sector agroalimentario de la zona de la Axarquía, Málaga. Las metodologías seleccionadas son Lean Manufacturing y la Simulación de Eventos Discretos. Su empleo en este tipo de sectores, donde predomina la manipulación del producto en varias etapas y la necesidad de tener una plantilla amplia, hace que los puntos de mejora sean mayores.

La implementación se basa en una secuencia de etapas centradas en una de las áreas de producción de la empresa, donde, en primera instancia, se evaluarán los procesos que conforman la línea de trabajo gracias a la aplicación del mapa de flujo de valor. Seguidamente, se realizará un análisis de los defectos más destacables y se tratarán de resolver utilizando técnicas como la simulación. Los resultados obtenidos tras la incorporación de las mejoras propuestas comprobarán la validez de la implementación de estas medidas y, además, demostrarán su eficiencia. De esta forma, se busca alcanzar los objetivos propuestos y establecidos al inicio del proyecto

Palabras clave: Lean Manufacturing, Simulación de Eventos Discretos, Optimización de Procesos, Mejora Continua, Mapa de Flujo de Valor, Sector Agroalimentario.

ABSTRACT AND KEYWORDS

The growing competitiveness of manufacturing companies has led them to seek new innovative solutions to increase production efficiency. There are many organizations that seek to maximize profits through different ways, some of them use classic methods focused on increasing the product portfolio, manufacturing and marketing campaigns or other operational activities. However, others are committed to the implementation of modern techniques to reduce losses. This Final Degree Project studies the use of several of these methods in a company in the agri-food sector in the Axarquía area of Malaga. The selected methodologies are Lean Manufacturing and Discrete Event Simulation. Its use in this type of sector, where the manipulation of the product predominates in several stages and the need to have a wide staff, makes the points of improvement greater.

The implementation will be based on a sequence of stages focused on one of the company's production areas, where, in the first instance, the processes that make up the line of work will be evaluated thanks to the application of the Value Stream Mapping. Next, we analyze the most notable defects and try to solve them using techniques such as simulation. The results obtained after the incorporation of the proposed improvements will verify the validity of the implementation of these measures and, in addition, will demonstrate their efficiency. In this way, we will seek to achieve the objectives proposed and established in the beginning of the project.

Keywords: Lean Manufacturing, Discrete Event Simulation, Process Optimization, Continuous Improvement, Value Stream Mapping, Agri-Food Sector.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1

METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING. CONCEPTOS Y TÉCNICAS

- 1.1. INTRODUCCIÓN
- 1.2. DEFINICIÓN DE LEAN MANUFACTURING
- 1.3. ORIGEN DE LA METODOLOGÍA
 - 1.3.1. APLICACIONES EN LA INDUSTRIA
- 1.4. LOS PILARES DEL SISTEMA LEAN
 - 1.4.1. LOS 7 TIPOS DE MUDAS
 - 1.4.2. MÉTODOS PARA DETECTAR Y ELIMINAR LOS DESPERDICIOS
- 1.5. CONSIDERACIONES FINALES

CAPÍTULO 2

SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

- 2.1. INTRODUCCIÓN
- 2.2. CONCEPTOS BÁSICOS
 - 2.2.1. ETAPAS Y COMPONENTES DEL MODELADO
- 2.3. PROGRAMA DE SIMULACIÓN: ARENA SIMULATION SOFTWARE
 - 2.3.1. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE DATOS
- 2.4. CONSIDERACIONES FINALES

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DEL SECTOR AGROALIMENTARIO Y DE LA EMPRESA

- 3.1. INTRODUCCIÓN
- 3.2. SECTOR AGROALIMENTARIO NACIONAL
 - 3.2.1. ANÁLISIS TRÁS LA CRISIS DE LA COVID-19
 - 3.2.2. CADENA DE VALOR EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO

3.3. CASO DE ESTUDIO: NATURAL TROPIC

3.3.1. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

3.3.2. MAPA DE PROCESOS

3.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.5. CONSIDERACIONES FINALES

CAPÍTULO 4

APLICACIÓN PRÁCTICA

4.1. INTRODUCCIÓN

4.2. MAPA DE FLUJO DE VALOR

4.2.1. DETECCIÓN DE DESPILFARROS O MUDAS

4.3. PROPUESTAS DE MEJORA

4.3.1. MEJORA ASOCIADA AL EXCESO DE PERSONAL UTILIZANDO SED

4.3.2. MEJORA ASOCIADA A LA FALTA DE INFORMACIÓN ENTRE JEFES DE LÍNEA Y ENCARGADOS DE LA PRODUCCIÓN

4.4. CONSIDERACIONES FINALES

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. IMPLICACIÓN DE LAS MEJORAS CON LOS OBJETIVOS INICIALES

5.2. DATOS RECOPIADOS SOBRE LA CONSECUCCIÓN DE LAS METAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.1. Beneficios al aplicar LM
- Figura 2.1. Etapas de un proceso de simulación de eventos discretos
- Figura 2.2. Pantalla principal del programa Arena Simulation Software
- Figura 2.3. Interfaz del generador de expresiones
- Figura 2.4. Herramienta Input Analyzer en la interfaz de ASS
- Figura 3.1. Comercio exterior de productos agroalimentarios
- Figura 3.2. Exportaciones españolas agroalimentarias por capítulos
- Figura 3.3. Importaciones españolas agroalimentarias por capítulos
- Figura 3.4. Logotipo de la empresa
- Figura 3.5. Imagen aérea de las instalaciones de Natural Tropic
- Figura 3.6. Organigrama de la empresa
- Figura 3.7. Mapa de procesos de la empresa
- Figura 3.8. Metodología de trabajo
- Figura 4.1. Plano en planta de la Nave 2 y célula de trabajo Flowpack
- Figura 4.2. Tarjeta de trazabilidades Flowpack
- Figura 4.3. Esquema de inventarios, procesos y flujo de materiales
- Figura 4.4. Esquema de flujo de información
- Figura 4.5. Mapa de flujo de valor en el área de Flowpack
- Figura 4.6. Mapa de flujo de valor en el área de Flowpack incorporando mudas
- Figura 4.7. Representación del error de acumulación de tarrinas
- Figura 4.8. Representación de la solución al error
- Figura 4.9. Documento con los datos en formato .txt
- Figura 4.10. Distribución estadística para el proceso de posicionamiento de fruta: 2 Piezas
- Figura 4.11. Modelo generado en el programa Arena Rockwell
- Figura 4.12. Recursos utilizados en el modelo
- Figura 4.13. Creación de Set en el modelo
- Figura 4.14. Entidades utilizadas en el modelo
- Figura 4.15. Nodo de asignación de tiempos
- Figura 4.16. Nodo del proceso Posicionamiento de tarrinas
- Figura 4.17. Nodo del proceso Cinta 1

Figura 4.18. Nodo del proceso Posicionamiento de fruta

Figura 4.19. Nodo del proceso Cinta 2

Figura 4.20. Nodo del proceso Máquina Flowpack

Figura 4.21. Nodo del proceso Máquina de Corte

Figura 4.22. Nodo del proceso Cinta 3

Figura 4.23. Nodo del proceso Recepción

Figura 4.24. Nodo del proceso Remontar

Figura 4.25. Configuración de nodos de decisión

Figura 4.26. Hoja básica de control de producción en Flowpack sin datos

Figura 4.27. Controles horarios de producción

Figura 4.28. Zona de previsiones teóricas

Figura 4.29. Zona de pedidos reales y stock

Figura 4.30. Caso hipotético 1

Figura 4.31. Caso hipotético 2

Figura 4.32. Caso hipotético 3

Figura 5.1. Gráfica de ritmo de producción medio

Figura 5.2. Gráfica de porcentaje de utilización de los Operarios_F

Figura 5.3. Gráfica de porcentaje de utilización de los Operarios_A

Figura 5.4. Gráfica de porcentaje de utilización de los Operarios_B

Figura A1.1. Distribución estadística para el proceso de posicionamiento de tarrinas

Figura A1.2. Distribución estadística para el proceso de la cinta 1

Figura A1.3. Distribución estadística para el proceso posicionamiento de fruta: 3 piezas

Figura A1.4. Distribución estadística para el proceso posicionamiento de fruta: 4 piezas

Figura A1.5. Distribución estadística para el proceso de Cinta 2

Figura A1.6. Distribución estadística para el proceso de Máquina Flowpack

Figura A1.7. Distribución estadística para el proceso de Máquina de corte

Figura A1.8. Distribución estadística para el proceso de Cinta 3

Figura A1.9. Distribución estadística para el proceso de recepción

Figura A1.10. Distribución estadística para el proceso de remontado

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.1. Relación entre los ODS y LM
- Tabla 1.2. Artículos científicos centrados en la aplicación de LM en distintos sectores
- Tabla 2.1. Módulos que componen el diagrama de flujo
- Tabla 2.2. Módulos que componen el diagrama de datos
- Tabla 4.1. Símbolos utilizados en VSM
- Tabla 4.2. Tiempos de ciclo para cada proceso
- Tabla 4.3. Datos relativos al proceso Posicionamiento de tarrina
- Tabla 4.4. Datos relativos al proceso Posicionamiento de la fruta
- Tabla 4.5. Datos relativos al proceso Máquina Flowpack
- Tabla 4.6. Datos relativos al proceso Máquina sellado
- Tabla 4.7. Datos relativos al proceso Recepción
- Tabla 4.8. Datos relativos al proceso Remontar
- Tabla 4.9. Identificación y análisis de Mudas
- Tabla 4.10. Tipos de pedido según número de piezas y tarrinas
- Tabla 4.11. Expresiones estadísticas para cada uno de los procesos
- Tabla 4.12. Entidades y atributos del modelo de simulación
- Tabla 4.13. Identificación de las Variables de Estado
- Tabla 4.14. Escenarios y resultados para los pedidos A
- Tabla 4.15. Escenarios y resultados para los pedidos B
- Tabla 4.16. Escenarios y resultados para los pedidos C
- Tabla 4.17. Escenarios y resultados para los pedidos D
- Tabla 4.18. Escenarios y resultados para los pedidos E
- Tabla 4.19. Escenarios y resultados para los pedidos F
- Tabla 4.20. Escenarios y resultados para los pedidos G
- Tabla 4.21. Escenarios más óptimos para cada tipo de pedido
- Tabla 5.1. Relaciones entre las mejoras y los objetivos establecidos
- Tabla A2.1. Resultados Pedidos A: 1 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
- Tabla A2.2. Resultados Pedidos A: 2 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
- Tabla A2.3. Resultados Pedidos A: 1 operarios en fruta, 2 en la recepción y 1 remontando
- Tabla A2.4. Resultados Pedidos B: 1 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando

Tabla A2.5. Resultados Pedidos B: 2 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
Tabla A2.6. Resultados Pedidos B: 1 operarios en fruta, 2 en la recepción y 1 remontando
Tabla A2.7. Resultados Pedidos C: 2 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
Tabla A2.8. Resultados Pedidos D: 2 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
Tabla A2.9. Resultados Pedidos D: 2 operarios en fruta, 2 en la recepción y 1 remontando
Tabla A2.10. Resultados Pedidos E: 2 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
Tabla A2.11. Resultados Pedidos E: 2 operarios en fruta y 2 en la recepción y remontando
Tabla A2.12. Resultados Pedidos E: 2 operarios en fruta, 2 en la recepción y 1 remontando
Tabla A2.13. Resultados Pedidos F: 2 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
Tabla A2.14. Resultados Pedidos F: 2 operarios en fruta y 2 en la recepción y remontando
Tabla A2.15. Resultados Pedidos F: 2 operarios en fruta, 2 en la recepción y 1 remontando
Tabla A2.16. Resultados Pedidos G: 2 operarios en fruta y 2 en la recepción y remontando
Tabla A2.17. Resultados Pedidos G: 2 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
Tabla A2.18. Resultados Pedidos G: 2 operarios en fruta, 2 en la recepción y 1 remontando

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En el siglo pasado, la mayoría de las industrias se basaban en la producción en masa. En la actualidad, las rápidas modificaciones de los requisitos de producción y la creciente personalización de los productos han hecho que las empresas tengan que adoptar e implementar metodologías lean. Esta filosofía, conocida como Lean Manufacturing o manufactura esbelta, tiene como objetivo reducir costos, identificando y eliminando aquellas actividades que no aportan valor.

En este trabajo de fin de grado se pretenden mejorar los procesos de una empresa malagueña dedicada a la producción, importación, transformación y exportación de frutas tropicales. Para ello, se realizará un análisis de una de las zonas de producción con el objetivo de poder detectar los fallos más relevantes y aportar mejoras que permitan solucionarlos. Dentro de estas mejoras destaca la utilización de la Simulación de Eventos Discretos.

Por otra parte, las ideas que se propondrán e implantarán durante el desarrollo del proyecto buscarán alcanzar los objetivos establecidos a continuación. Estas metas se han definido tras una serie de reuniones con la gerencia, la cual ha mostrado desde el inicio su interés por comenzar a trabajar junto a estas metodologías.

- Realizar un diagnóstico inicial de los procesos de la empresa. Elaboración de un mapa de flujo de valor de la línea de fabricación Flowpack.
- Aumentar el ritmo de producción en línea.
- Optimizar la utilización de recursos, tanto personal como maquinaria.
- Estandarización de las horas de trabajo del personal. Se pretende que los operarios trabajen ocho horas diarias como máximo.
- Reducir los desechos de materiales y aumentar los niveles de calidad.
- Analizar los datos recabados, evaluando el impacto de las herramientas utilizadas en la empresa. Proponer líneas futuras de actuación.

En relación con la estructura del documento, se compone de cinco capítulos en los que se engloban los aspectos teóricos y prácticos del proyecto. Además, se encuentran otros apartados

como el de líneas futuras de actuación, acrónimos y términos usados, referencias bibliográficas y, por último, dos anexos.

El capítulo 1, engloba la parte teórica de la metodología Lean Manufacturing. En él, se pretende abordar los aspectos fundamentales de esta filosofía. Se menciona su origen, los aspectos que la definen, su relación con el desarrollo sostenible, los pilares y las herramientas que conforman el sistema.

En el capítulo 2 se indican los conceptos básicos del modelado y la simulación de eventos discretos. Las ideas tratadas en este epígrafe servirán de base para la aplicación práctica en el programa de software Arena Rockwell.

En el capítulo 3 se introduce la empresa en cuestión donde se quiere implantar el proyecto. Además, se estudia el sector agroalimentario, del cual forma parte esta organización. Se mencionan los datos más relevantes sobre esta industria, tanto a nivel nacional como local. En cuanto a la empresa, se definen su funcionamiento y su organigrama general.

El capítulo 4 se centra en la aplicación práctica. En primer lugar, se establece la metodología de recogida de datos dentro de la línea de producción específica. Asimismo, se indican sobre un plano en planta las etapas y procesos que conforman la línea Flowpack. En segundo lugar, se elaborará el mapa de flujo de valor, el cual permitirá detectar con claridad cuáles son los errores y defectos que hay que eliminar. Gracias a la detección de estos despilfarros, se propondrán mejoras significativas que permitan alcanzar los objetivos. En total se han identificado cuatro mejoras que han sido implantadas en la célula de trabajo.

En última instancia, en el capítulo 5, se realiza un análisis acerca de la importancia que ha tenido cada una de las mejoras en la consecución de los distintos objetivos. En adición, se observa si se han alcanzado las metas gracias a la recopilación de ciertas métricas capaces de medir el desempeño de las mismas. El proyecto finaliza con las conclusiones y líneas futuras de actuación aplicables en otras áreas de la empresa.

CAPÍTULO 1

METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING. CONCEPTOS Y TÉCNICAS

CAPÍTULO 1. METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING. CONCEPTOS Y TÉCNICAS

En el primer capítulo se desarrollará la metodología Lean Manufacturing (LM), desde sus inicios hasta sus aplicaciones actuales, como método para la optimización de los procesos y la consecución de los objetivos propuestos en la empresa. Se identificarán los pilares sobre los que se sustenta el sistema con el objetivo de conocer las bases de la metodología. Además, se definirá el concepto desde el punto de vista de diferentes autores. Por último, se nombrarán las principales técnicas que enmarcan la filosofía y que posteriormente permitirán implantarla en la empresa seleccionada.

1.1. INTRODUCCIÓN

En la era del mercado globalizado, las compañías y empresas manufactureras se han encontrado diferentes obstáculos, barreras y problemas, entre los cuales destacan los altos costes de producción, la escasez de materiales, las ineficiencias a la hora de administrar los recursos o el impacto medioambiental.

Además, esta economía mundialmente interconectada se caracteriza por el aumento incesante de la competitividad entre empresas y una enorme velocidad en los cambios. Debido a estos factores, cada vez ha ido creciendo más la importancia de garantizar buenos estándares de calidad, costes, desarrollo tecnológico y productivo (Kumar *et al.* 2022).

Ante esta situación, las empresas tienen la obligación de tomar decisiones estratégicas que les permitan permanecer en el mercado el mayor tiempo posible. Por tanto, muchas organizaciones utilizan metodologías contrastadas para poder alcanzar estos objetivos. Dentro de las mismas, destaca la adopción de sistemas como el de Gestión Total de la Calidad, el sistema Just in Time (JIT) o, como es en nuestro caso, el sistema LM.

Actualmente, existe un gran interés por el conocimiento de esta metodología, por su importancia en los estudios relacionados con la Dirección de Operaciones y la Gestión Empresarial. Ahora bien, ¿cuáles son los motivos que hacen que las herramientas Lean sean tan atractivas y convenientes para las empresas?

- Existe especial atención en conocer cómo se producen los bienes y servicios, así como las funciones que realizan los miembros del área de dirección.
- Constituye un área fundamental para cualquier organización y se relaciona de forma combinada junto con otras funciones.
- La producción puede ser una de las actividades más costosas, por lo que es interesante mejorar la rentabilidad y el servicio a la sociedad.

Su implementación para apoyar las decisiones estratégicas y operacionales conllevan la obtención de diversos beneficios, los cuales se pueden clasificar en operacionales, sociales, medioambientales y económicos:

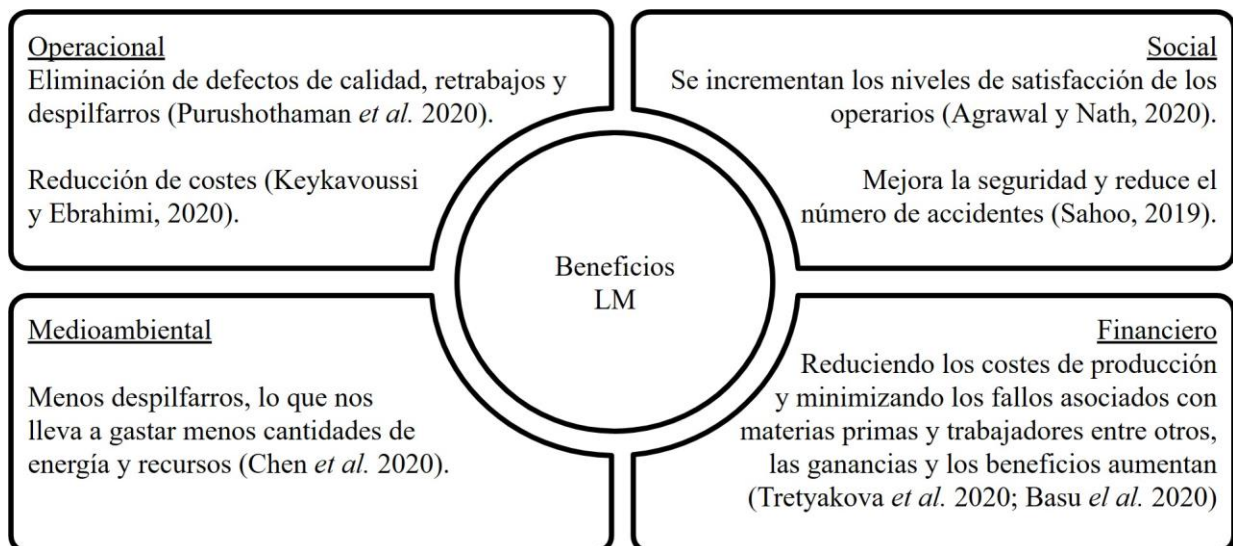


Figura 1.1. Beneficios al aplicar LM

(Fuente: Elaboración propia).

Tras realizar una revisión bibliográfica sobre la implementación de LM y los beneficios que conlleva, se puede observar como muchos autores alcanzan beneficios claramente identificados a nivel financiero, social y operacional. Sin embargo, existen algunas lagunas en cuanto a lo que puede llegar a aportar esta metodología en aspectos relacionados con la sostenibilidad.

Actualmente, el desarrollo de nuevos modelos de gestión que aboguen por una industria centrada en reducir el impacto medioambiental es un aspecto esencial para nuestra sociedad. Por lo tanto, la búsqueda de mejoras en este ámbito es vital para comprender la elección de la metodología LM como pilar fundamental del proyecto.

Para ello, es necesario tener en cuenta el denominado Triple Impacto o Triple Bottom Line (TBL) propuesto por Elkington (1994), este hace referencia al desarrollo integral de la metodología junto con tres objetivos principales: crecimiento económico, preservación medioambiental y responsabilidad social. TBL anima a las empresas a utilizar parámetros de desempeño desde una perspectiva multidimensional en la que se integren medidas como el beneficio económico, el retorno de la inversión o el valor compartido, junto con aspectos sociales y medioambientales (Henaó *et al.* 2019).

Con el objetivo de conocer la relación del sistema Lean junto con TBL, se ha empleado el estudio realizado por Teixeira *et al.* (2021), en él, se realiza un análisis bibliométrico y estructural sobre la literatura centrada en la conexión entre LM y la sostenibilidad y modelos verdes. En el artículo se recogen algunas herramientas dentro de LM que reúnen las características necesarias para alcanzar los beneficios medioambientales propuestos. Estas herramientas son las 5 's, la estandarización del trabajo, Total Productive Maintenance y Value Stream Mapping (VSM). Una vez conocida esta selección, se puede enfocar el proyecto a la utilización de alguna de estas técnicas, las cuales serán definidas en el punto cuatro.

Por otro lado, para la consecución de la implantación del sistema LM se han de realizar diferentes actividades que a su vez coinciden con las establecidas por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) recogidos en la Agenda 2030. Dicha iniciativa fue impulsada y consensuada por los 193 Estados Miembros de la Organización de las Naciones Unidas en el año 2015, cuya finalidad es conseguir erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos (MITECO, 2020). A continuación, se describirá la relación que guarda la metodología estudiada junto con los ODS:

Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS)			
Denominación	Concepto	N.º de metas	Vinculación ODS-LM
	Poner fin a la pobreza en todas sus formas globalmente	7	Vinculación indirecta
	Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible	8	No existe vinculación
	Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades	13	Vinculación indirecta
	Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos	10	No existe vinculación
	Lograr la igualdad entre los géneros	9	No existe vinculación
	Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos	8	No existe vinculación
	Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos	5	No existe vinculación

 <p>8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO</p>	<p>Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos</p>	<p>12</p>	<p>Vinculación directa</p>
 <p>9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA</p>	<p>Construir una infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible, además de fomentar la innovación</p>	<p>8</p>	<p>Vinculación directa</p>
 <p>10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES</p>	<p>Reducir la desigualdad en y entre los países</p>	<p>10</p>	<p>No existe vinculación</p>
 <p>11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES</p>	<p>Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles</p>	<p>10</p>	<p>Vinculación indirecta</p>
 <p>12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES</p>	<p>Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles</p>	<p>11</p>	<p>Vinculación directa</p>
 <p>13 ACCIÓN POR EL CLIMA</p>	<p>Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos</p>	<p>5</p>	<p>Vinculación indirecta</p>
 <p>14 VIDA SUBMARINA</p>	<p>Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible</p>	<p>10</p>	<p>No existe vinculación</p>




	<p>Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, efectuar una ordenación sostenible de los bosques, luchar contra la desertificación, detener y revertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica</p>	<p>12</p>	<p>Vinculación indirecta</p>
	<p>Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles</p>	<p>12</p>	<p>No existe vinculación</p>
	<p>Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible</p>	<p>19</p>	<p>Vinculación indirecta</p>

Tabla 1.1. Relación entre los ODS y LM

(Fuente: elaboración propia)

De los 17 objetivos que conforman la tabla anterior, tres de ellos están estrechamente relacionados con LM, concretamente ODS8, ODS9, ODS12. Por otro lado, seis objetivos están relacionados indirectamente: ODS1, ODS3, ODS11, ODS13, ODS15 y ODS17. Los demás no tendrían ninguna vinculación apreciable.

1.2. DEFINICIÓN DE LEAN MANUFACTURING

El concepto puede traducirse al castellano de diversas formas. Dependiendo de la empresa, sector o autor, se encuentran términos como fabricación/producción esbelta, delgada, ágil o ajustada.

Según Carreras (2021), se entiende por LM: “La persecución de una mejora del sistema de producción mediante la eliminación del despilfarro, es decir, todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar”.

Esta metodología revolucionaria tiene como objetivo fundamental transformar las compañías de tal forma que alcancen una mayor capacidad de respuesta y satisfacción hacia los clientes, además de ser más competitivas en el mercado (Alcaraz *et al.* 2022). En un marco ideal, Lean trata de enfocarse en el cliente para que este obtenga el producto en el lugar correcto, en el tiempo acordado, con la calidad adecuada y la cantidad exigida (Hänggi *et al.* 2022).

LM es un sistema que identifica y elimina todo tipo de despilfarro mediante una serie de técnicas y la mejora continua. Estos despilfarros son denominados comúnmente “Mudas”, término que proviene del japonés y cuyo significado es cualquier acción, transporte, producción..., que no genera valor al producto. Una vez sean identificadas estas mudas, las cuales se pueden estructurar en siete categorías, se tratarán de emplear una serie de herramientas que nos ayudarán a eliminarlas.

1.3. ORIGEN DE LA METODOLOGÍA

El origen de la metodología se remonta a mediados del siglo veinte, tras la consolidación de la producción en cadena llevada a cabo en la industria del automóvil, impulsada por Henry Ford, y la derrota del bando japonés en la Segunda Guerra Mundial. El impacto en el mercado que tuvo la compañía Ford y otras empresas que siguieron sus técnicas, provocó que la posición japonesa a nivel global se viese afectada, reduciendo notablemente su prestigio. Además, la escasez de recursos materiales, económicos y humanos hicieron que la principal empresa japonesa en la industria automovilística, Toyota, iniciase un proceso de cambio estructural

centrado en la búsqueda de un método que les permitiese reducir costes de producción manteniendo los estándares de calidad y una amplia cartera de productos (Alcaraz *et al.* 2022) (Kumar *et al.* 2022).

Para alcanzar los objetivos planteados, Sakichi Toyoda, fundador de la compañía, desarrolló los primeros avances y creó algunas de las herramientas o técnicas iniciales. Posteriormente, durante el desarrollo de la metodología, coincidieron dos mentes privilegiadas en Toyota: Eiji Toyoda y Taiichi Ohno. Ambos desarrollaron el denominado “Sistema de Producción de Toyota” (Kumar *et al.* 2022) (Alcaraz *et al.* 2022).

En sus inicios, el sistema formulaba un principio esencial: “producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”. Este modelo de gestión, basado también en la eliminación de stocks y toda serie de derroches, originó el sistema JIT. JIT aumentó su presencia con la crisis del petróleo de 1973. Mientras otras empresas disminuían sus beneficios, Toyota mantuvo una alta productividad, lo que le permitió tomar una ventaja competitiva (EOI, 2013). Tras años de evolución y la incorporación de nuevas técnicas, se ha convertido en lo que hoy se conoce como LM.

1.3.1. APLICACIONES EN LA INDUSTRIA

La introducción de LM en la industria es compleja. No se trata únicamente de aplicar una serie de pasos, ya que el sistema se entiende como una filosofía de trabajo. Por otro parte, desde sus inicios, existe un pensamiento erróneo que enfoca la implementación de LM únicamente en el sector de la automoción, sin embargo, gracias a la definición del concepto, es posible cerciorarse de que la metodología es una herramienta que sirve para eliminar los fallos o mudas. Esto engloba a cualquier sector industrial, ya sea en la construcción, en empresas alimentarias, pequeños comercios locales, etc. (Hänggi *et al.* 2022).

Algunos ejemplos de la aplicación de LM en la actualidad son citados en la siguiente tabla:

N.º	Autor	Descripción del artículo	Sector industrial	Beneficios de la implementación
1	Zahra <i>et al.</i> (2020)	Lleva a cabo un plan Lean partiendo de la evaluación usando VSM, posteriormente determina los despilfarros y desarrolla mejoras en el desarrollo de prototipos de aviones	Industria Aeronáutica	El tiempo de ciclo ha sido reducido en un 3% y el tiempo Lead en un 1%
2	Mathiyazhagan <i>et al.</i> (2022)	La implementación se realiza junto con índices medioambientales y técnicas de decisión multicriterio	Industria eléctrica y electrónica	Ofrece a empresas de este tipo de industria las claves para la implementación de LM
3	Dossou <i>et al.</i> (2022)	Aplicación de metodología LM en robots autómatas. Análisis estructural de los procesos. Simulación de escenarios hipotéticos	Industria Microelectrónica 4.0	Optimización de procesos gracias a la estandarización y el aumento de la fiabilidad
4	Suwasono <i>et al.</i> (2022)	Análisis de errores en varias empresas usando la herramienta VSM	Industria de Procesamiento de Café (Indonesia)	Reducción del tiempo de ciclo en un 57%, tiempo de entrega un 63% y cambio de utillaje en un 50%
5	Habib <i>et al.</i> (2023)	Mejoras en el área de etiquetado y empaque utilizando herramientas como VSM, Kanban, SMED o reducción del tiempo de preparación	Industria de empaquetado (Bangladesh)	Mejoras en la producción. Aumento del tiempo de entrega, ICR y CCR en un 7,1%, 55% y 83%

Tabla 1.2. Artículos científicos centrados en la aplicación de LM en distintos sectores

(Fuente: Elaboración propia)

1.4. LOS PILARES DEL SISTEMA LEAN

La metodología LM, como se ha mencionado anteriormente, trata de clasificar todo tipo de despilfarro llevando a cabo un análisis de los procesos dentro de la empresa. Posteriormente, utiliza una serie de métodos y herramientas para eliminar estos desperdicios.

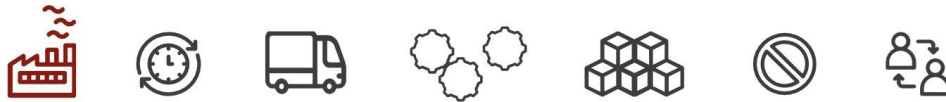
En primer lugar, se definen tres aspectos nacidos en Japón, esenciales a la hora de detectar el tipo de desviación que se puede llegar a encontrar en cualquier organización (Chen y Wang, 2022):

- **Muda:** Incluye actividades que no añaden valor. El resultado de estas actividades lleva a despilfarros. Se pueden clasificar las mudas en siete grupos: sobreproducción, espera, transporte, sobre procesado, inventario, defectos del producto y movimientos innecesarios.
- **Mura:** Indica la variabilidad, inconsciencia, no uniformidad o irregularidad en la producción, tanto en tiempo, cantidad o calidad. La existencia de mura conduce a siete defectos.
- **Muri:** Se refiere a la situación en la que los operarios o las máquinas operan por encima de sus límites. El exceso o sobrecarga son sinónimos de muri. Este concepto resulta de mura o de la eliminación excesiva de muda.

El tratamiento de las 3M comienza con la eliminación de la muda. Habrá que identificar los tipos de despilfarros, los cuales serán definidos a continuación. Tras la eliminación de la muda, mura y muri también acabarán desapareciendo, lo cual mejorará el ambiente y el rendimiento en el trabajo (Melo *et al.* 2020).

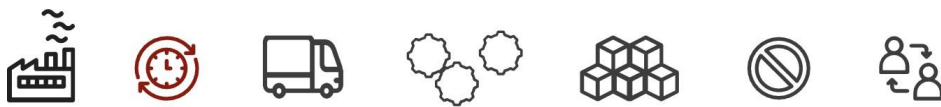
1.4.1. LOS 7 TIPOS DE MUDAS

Como se ha mencionado anteriormente, existen siete tipos de mudas. A continuación, se definirán cada una de ellas:



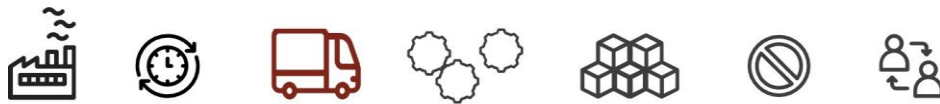
Sobreproducción

La sobreproducción se define por producir demasiado y muy precozmente. En el caso de que se obtenga un producto en mayores cantidades que las necesarias y antes de lo previsto, acabará siendo un despilfarro. También se encuentra en este tipo de muda el diseño o inversión en equipos con mayor capacidad de la necesaria.



Espera

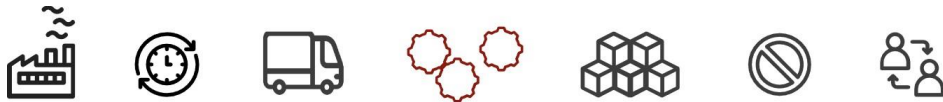
Existen numerosas esperas a la hora de fabricar un producto. Se pueden dar situaciones como: ejecutar mal la planificación, no recibir las órdenes correctas, fallos informáticos o en la maquinaria, etc. Puede ser uno de los fallos más evidentes, aunque más complejos de eliminar.



Transporte

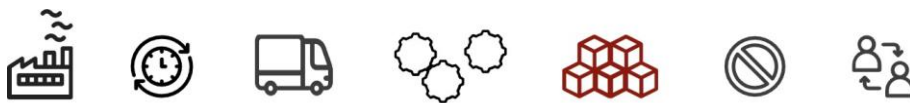
El transporte es siempre la consecuencia de pasos en el proceso que están espacialmente distanciados entre ellos. No solo el transporte en tramos muy largos es un despilfarro, sino que el transporte corto también puede ocasionar mudas, por lo que debe ser organizado y coordinado.

Se trata de un despilfarro tanto en unidades monetarias como en tiempo. Se engloba el transporte de materiales, herramientas, maquinaria o accesorios de máquinas. En definitiva, todas ellas son actividades que no generan valor al producto y por tanto deben ser estudiadas para su posterior eliminación.



Sobre Procesado

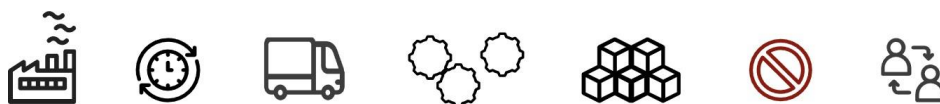
Se define como hacer más de lo que el cliente ha solicitado, es decir, producir más de lo requerido. Esto generará un gasto adicional en trabajo, materiales, mano de obra, inventario, etc.



Inventario

El inventario puede dar una falsa sensación de seguridad. No solo se almacenan materias primas, sino que los productos ya finalizados también son inventariados y pueden suponer un gran despilfarro.

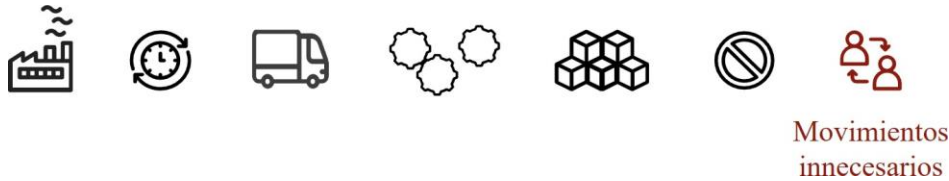
Muchas empresas con un alto nivel de producción adquieren almacenes gigantescos o implementan sistemas automáticos de almacenamiento capaces de reducir los costes, sin embargo, estas medidas no permitirán eliminar al 100% las mudas.



Defectos

Los defectos encontrados en el producto pueden ocasionar problemas de calidad, insatisfacción del cliente, disminución de las ventas y del precio, además de influir negativamente en el posicionamiento de la marca.

Por tanto, uno de los objetivos principales de la metodología LM es la eliminación de cualquier defecto en las distintas áreas en las que se manipule el producto, dando especial interés en la zona de producción.



La última muda representa todos los movimientos que realizan los operarios para transportar el producto o la materia prima, tanto los que son repetitivos e innecesarios, como los que únicamente son indispensables para que el artículo pueda llegar a la zona, ya que ninguna de estas actividades genera valor adicional al producto.

Por ello, se debe planificar de forma detallada el espacio de trabajo de tal forma que se minimicen todos estos movimientos. Algunas de las causas de estos desperdicios son las siguientes:

- Métodos de diseño pobres en la transferencia de partes de una mano a otra.
- Tamaño del lote grande.
- Reorientación de materiales.
- Líneas de trabajo pobres en las que hay que caminar excesivamente o alcanzar objetos lejanos.

1.4.2. MÉTODOS PARA DETECTAR Y ELIMINAR LOS DESPERDICIOS

Una vez conocidas las distintas categorías de desperdicios, será necesario definir los métodos que se pueden emplear para poder eliminarlos. Las herramientas que se describirán a continuación pueden ser utilizadas en la mayoría de las empresas industriales, sin tener en cuenta el tamaño, la localización o el sector (Narula *et al.* 2023).

Estas herramientas pueden llegar a proporcionar múltiples ventajas competitivas a las compañías y cada una de ellas tiene un objetivo central. Se pueden encontrar métodos que ayuden a alcanzar una mayor calidad en el producto final, otras que reducen los residuos generados e incluso herramientas capaces de reducir considerablemente los tiempos de ciclo (Jayanth *et al.* 2020).

➤ **Células de trabajo**

La manufactura celular es un concepto que se basa en organizar el proceso completo de productos concretos o similares en un grupo de trabajo o célula, incluyendo así las máquinas, equipamiento y operarios necesarios para su funcionamiento. De esta forma, los recursos dentro de las celdas estarán dispuestos de forma sencilla para facilitar el trabajo del operario (Abdulmalek y Rajgopal, 2007).

Se pueden utilizar para dar continuidad en las operaciones de la planta, eliminar inventarios en proceso que tienen costes económicos, conectar directamente las operaciones para evitar transportes y demoras, o crear procesos flexibles donde se fabrican diversos productos (Socconini, 2019).

Las células permiten tener todas las herramientas y maquinaria a una distancia menor, además de que siempre estarán a disposición del usuario ya que únicamente se emplean en esa área de trabajo. De esta forma, los tiempos de procesado y búsqueda se reducen considerablemente (Guzmán *et al.* 2018).

Por otra parte, implementar esta técnica ayuda a delimitar las áreas exclusivas donde los vehículos interiores de las fábricas deben asentar la carga. Esto ayuda en gran medida a aumentar la seguridad. Además, permite a las empresas tener una ruta única de transporte en la que se recogen y se sueltan los materiales y productos, lo que permite que haya más control (Gualtieri *et al.* 2020).

➤ **SMED**

La necesidad de hacer más ágiles los procesos de producción es uno de los desafíos más críticos a la hora de reducir los tiempos de preparación y utillaje. La técnica Single Minute Exchange of Die (SMED), la cual significa cambio de herramientas en un solo dígito de minuto, es decir, en menos de diez minutos, asegura un cambio de producto producido a uno que tiene que ser fabricado de forma rápida y eficiente (Alcaraz *et al.* 2022).

SMED tiene una serie de utilidades como son la posibilidad de fabricar una gran variedad de productos, reducir el tamaño de los lotes, reducir las pérdidas de materiales, aumentar la capacidad de producción, entre otras (Socconini, 2019).

Para poder implantar este tipo de herramienta de forma correcta, será necesario comprobar en primer lugar qué actividades pueden realizarse cuando la máquina se encuentra funcionando. De esta forma, se transformarán las actividades que se realizan cuando la máquina está parada (internas) a externas. Posteriormente, se deberá hacer un esfuerzo en mejorar aquellas actividades internas restantes, ya que la capacidad de la máquina aumentará instantáneamente.

Paralelamente, aunque las actividades externas no afectan en la capacidad de la máquina, sí que influirá en el coste de los operarios, por lo que también tienen que mejorarse (Hänggi *et al.* 2022).

➤ **TPM**

El mantenimiento productivo total (TPM) es una herramienta de mejora que permite la continuidad de los equipos, las operaciones y la planta de trabajo. TPM asegura la mejora de la productividad tratando de optimizar la fiabilidad de las máquinas y todos los activos de la planta. Su objetivo central es eliminar la causa raíz del problema. Para ello, involucra a todos los miembros de la empresa, desde los operarios hasta la alta dirección (Modgil y Sharma, 2016).

Es obligatorio desarrollar un Plan maestro que abarque la provisión de capacitación y educación para una mejora continua y enfocada. La estrategia adoptada debe involucrar mantenimientos preventivos y predictivos (Au-Yong y Myeda, 2022).

Esta herramienta trabaja sobre una serie de conceptos que se pueden resumir en:

- Cero defectos.
- Cero accidentes.
- Participación total de las personas.
- Prevención.

➤ VSM

Es una de las técnicas más populares a la hora de identificar las mudas y despilfarros existentes en la empresa. Su función principal es plasmar gráficamente el proceso de producción de un producto concreto, con el objetivo de poder tener una visión global del flujo (Gherghea *et al.* 2019).

La importancia del mapa de flujo de valor se rige por seis funciones (Seth *et al.* 2017):

1. Ofrece un lenguaje de trabajo simple, fácil de entender y unificado para discutir los procesos de ensamblaje / fabricación.
2. Flexibilidad y adaptabilidad en diferentes áreas de aplicación. Se puede aplicar a cualquier actividad comercial, ya sea fabricación, construcción o servicios, y expandirse aguas arriba o aguas abajo.
3. Ayuda a comprender el escenario de mejora de procesos locales (estación de trabajo) y globales (ciclo completo) y los vínculos lógicos entre ellos, es decir, los desperdicios, cuellos de botella, su impacto en el tiempo de ciclo, la atracción y el flujo. Ofrece un reflejo de la visión sistémica manteniendo los detalles locales del proceso al vincular diagramáticamente el flujo de materiales, el flujo de información y la línea de tiempo.
4. VSM ayuda a documentar las relaciones entre "procesos y controles". Captura el flujo de procesos y lo vincula al flujo informativo.
5. Unifica varias herramientas de ingeniería industrial para el análisis de flujo de procesos con conceptos lean y evita la selección selectiva. De esta manera, forma un modelo para la implementación lean que puede llegar a extenderse aún más.
6. Aprovecha las herramientas basadas en análisis cualitativos y cuantitativos para garantizar que las decisiones que se tomen se basen en análisis de datos objetivos y científicos. Por lo tanto, ayuda en el rediseño de mejoras estratégicas.

➤ Kanban

Este método trata de conseguir un flujo regulado en la producción, tanto en la zona de fabricación como en las áreas anteriores y posteriores de abastecimiento. El sistema está compuesto por una serie de cartas denominadas Kanban, las cuales se usan para indicar la necesidad de componentes y materiales (Moskvicheva *et al.* 2020).

El principio sobre el que se sustenta Kanban es el sistema pull (Drews *et al.* 2020), es decir, sistema “estirar” o “de arrastre”. Esta característica permite que la producción esté sincronizada con los requerimientos de los clientes.

Como se ha mencionado anteriormente, se utilizan normalmente unas tarjetas que poseen determinada información. Estos Kanban se suelen clasificar en los siguientes tipos: transporte, producción, señalización, emergencia, orden de trabajo, proveedor, urgente, único y común.

A la hora de su implementación hay que atender a una serie de requisitos indispensables:

- Fijar el diagrama de flujo de cada producto, de forma que cada elemento provenga de un solo sitio.
- Suprimir almacenes intermedios y dejar solo una zona de inputs y otra de outputs determinados para cada producto.
- Instalación de los buzones de Kanban necesarios.

Una vez se hayan cumplido estos requisitos, se podrá llevar a cabo su aplicación teniendo en cuenta las siguientes reglas:

- El proceso posterior recogerá del anterior los productos necesarios en las cantidades precisas del lugar y momento oportunos.
- El proceso precedente deberá fabricar sus productos en las cantidades recogidas por el proceso siguiente.
- Los productos defectuosos nunca deben pasar al proceso siguiente.
- El número de Kanban debe minimizarse.
- El Kanban habrá de utilizarse para lograr la adaptación a pequeñas fluctuaciones de la demanda.

La implementación de la herramienta Kanban puede conllevar beneficios como la eliminación de las complejidades de la programación de la producción, evitar la sobreproducción y los altos niveles de inventario, garantizar a los clientes que recibirán sus productos a tiempo, etc.

➤ **5s**

El propósito de esta herramienta es facilitar la producción mediante la estandarización y la organización de las zonas de trabajo. Está basado en cinco actividades simples descritas a continuación (Andersson y Lantz, 2015):

1. Clasificación (Seiri): Identificar y desechar los objetos innecesarios como herramientas, materiales u otros componentes del área de trabajo.
2. Orden (Seiton): Distribuir las herramientas y materiales restantes en el lugar donde sea más fácil de coger y manipular.
3. Limpieza (Seiso): Después de su uso, los objetos deben volver a su emplazamiento original y la zona debe estar limpia con el objetivo de mejorar la eficiencia e identificar y prever posibles defectos.
4. Estandarización (Seiketsu): Los anteriores pasos deben desarrollarse de forma rutinaria, lo que involucra a todos los operarios a mantener la zona. Se debe instruir al personal para minimizar los despilfarros.
5. Mantenimiento de la disciplina (Shitsuke): Hay que mantener una mejora continua y una evaluación constante del proceso. Si surgen complicaciones futuras, habrá que reconfigurar el modelo planteado.

➤ **Estandarización**

La estandarización de operaciones pretende conseguir una producción equilibrada entre todos los procesos con el mínimo de operarios y el mínimo trabajo en curso. Para ello se plantean tres objetivos:

- La producción debe utilizar el mínimo de trabajadores necesarios.
- Conseguir el equilibrado de la producción.
- Cantidad mínima de trabajo en curso.

➤ **Ciclo PDCA**

El Ciclo PDCA es considerado una de las bases o cimientos de la metodología Lean. Está fundamentado principalmente en el conocido ciclo de Deming y se sustenta sobre cuatro pilares o etapas que dan nombre al propio ciclo, “Plan - Do - Check - Act”, traducido al castellano como “Planear - Ejecutar - Revisar - Actuar” (Medina, 2020).

Existen cuatro fases que se definen a continuación (IE, 2022):

- **Planear:** En primer lugar, se define cuál es la situación. No se puede definir un plan de acción si antes no se entiende cuál es el problema. Aquí se puede usar cualquier tipo de técnica de análisis como por ejemplo el mapa de flujo de valor explicado anteriormente.
Una vez se tiene total claridad de la situación o del problema en cuestión, se plantea la estrategia o secuencia de actividades que conducirá a mejorar el proceso, abordar la oportunidad o solucionar el problema. En el caso de no utilizar una buena planificación, los resultados no serán los deseados.
- **Ejecutar:** En esta fase, se realizan cada una de las actividades planteadas teniendo en cuenta los parámetros establecidos. Se trata de explicar y formar a los responsables de cada tarea o actividad para la consecución de una buena implementación. En el caso de que existan variaciones con respecto a lo planificado, se podrán realizar pequeñas modificaciones para tratar de ayudar a la ejecución.
- **Revisar:** Se comprobarán cuales han sido los resultados de la etapa anterior. Es un paso de vital importancia y no debe ser olvidado. Se definirá si con el plan de acción se consiguió el resultado esperado o no.
- **Actuar:** En el caso de que los resultados sean los esperados, se concretará que la mejora ha sido alcanzada, no obstante, el trabajo es continuo y siempre habrá que buscar nuevas oportunidades. Si de la comprobación resulta el incumplimiento de los resultados esperados, entonces se tendría que comenzar el ciclo de nuevo.

1.5. CONSIDERACIONES FINALES

En este primer capítulo se ha realizado una introducción en la que se ha plasmado la tendencia actual hacia un mercado globalizado y sus repercusiones directas a las empresas. Posteriormente, se citan algunas metodologías que permiten a las organizaciones poder alcanzar los objetivos necesarios para permanecer en el mercado. Dentro de ellas se encuentra LM, sistema que se describe brevemente junto con los beneficios que conlleva su implantación. Por último, se habla sobre la relación existente entre LM y TBL, donde se menciona la implicación de la metodología con el desarrollo sostenible, además de describir la vinculación entre LM y los ODS, donde se ha elaborado una tabla detallando cada uno de los objetivos.

Tras ello, se comienza a desarrollar el sistema LM, tanto su definición como algunas de sus características principales. Seguidamente, se expone el origen de la filosofía de forma resumida y se mencionan algunas de sus aplicaciones directas en la actualidad. Estas implantaciones han sido desarrolladas en diferentes sectores industriales y redactadas en artículos científicos.

Desde el punto 4 en adelante, se ha hecho hincapié en definir cuáles son los pilares fundamentales sobre los que se sustenta LM. Se comienza clasificando los tipos de despilfarros o mudas en siete apartados y, por último, se nombran algunas de las herramientas más conocidas. Varias de estas técnicas serán de ayuda a la hora de hacer las mejoras pertinentes en la empresa del sector agroalimentario de la que trata el trabajo.

Junto a la metodología LM explicada de forma detallada en este primer capítulo, se emplea un programa denominado Arena Rockwell, que utiliza la Simulación de Eventos Discretos y permite observar escenarios hipotéticos de toda o de un área concreta de la empresa. El marco teórico referente a este modelo de simulación se realizará en el siguiente capítulo y permitirá tener una visión completa del proyecto.

CAPÍTULO 2

SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

CAPÍTULO 2. SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

Este capítulo se enfocará en el modelado y Simulación de Eventos Discretos (SED). En primer lugar, se tratará la importancia del uso de estos métodos en el ámbito industrial con el objetivo de aportar las razones básicas de su uso dentro del proyecto. A continuación, se mencionarán los aspectos básicos, tanto las etapas que conforman el concepto de simulación como los componentes que la integran. En último lugar, se describirá el programa donde se desarrolla el proceso de simulación

2.1. INTRODUCCIÓN

Para entender la conexión existente entre la metodología LM y la utilización de programas capaces de simular el flujo de producción en una planta de trabajo es necesario comprender que, a la hora de reproducir físicamente los procesos que conforman un sistema, la metodología Lean no ofrece ninguna herramienta viable. Por tanto, permitir al personal encargado de la consecución de mejoras relevantes en la empresa la posibilidad de optimizar el diseño del sistema, reducir errores y disminuir los fallos de diseño, las cuales son características de los modelos de simulación, hacen que la incorporación de estos métodos en el proyecto adquiera una relevancia inmediata (Possik, 2019).

Por otra parte, la aplicación de LM empleando un enfoque analítico y matemático con el objetivo de optimizar una línea de trabajo es compleja, denominándose técnicamente como un problema NP-difícil. Debido a ello, la utilización de la simulación como método de apoyo para la consecución de mejoras, ha sido en la mayoría de los casos la metodología elegida en los estudios que abarcan esta implantación dentro de la industria (Hao y Shen 2008). Dentro de los estudios que aplican ambos sistemas destacan los siguientes: Detty y Yingling (2000); Chongwatpol y Sharda (2013); Baril *et al.* (2016); Spindler *et al.* (2021).

Además, como se verá posteriormente en el capítulo 3 y 4, el proyecto se implementará en el área de producción, zona donde la simulación puede aportar sus máximos beneficios. Dentro de la misma, la simulación actúa como una herramienta de análisis dinámico para apoyar las decisiones de secuenciación, predicción de los tiempos de entrega, programación, distribución de las cargas de trabajo, etc. (Orozco-Crespo *et al.* 2019).

2.2. CONCEPTOS BÁSICOS

La simulación es un campo amplio que se ha convertido en un principio extremadamente importante dentro de distintas disciplinas como la ciencia y la tecnología (Spindler, J., *et al.* 2021). Permite experimentar con modelos y escenarios de los procesos de una empresa, por lo que se trabaja en condiciones muy próximas a la realidad (Torres y Olmedo, 2021).

A la hora de utilizar un modelo, es imprescindible conocer cuál será el más conveniente y correcto para el sistema con el que estemos trabajando. El criterio para su elección depende de si contiene o no variables aleatorias, y que el tiempo juegue o no un papel importante. De esta forma, surgen las siguientes clasificaciones (Urquía y Martín, 2016):

- Según la aleatoriedad de las variables:
 - Un modelo es determinista cuando el valor de sus variables de entrada es conocido en cada instante. Por lo tanto, no existe incertidumbre ya que los valores son conocidos.
 - En el caso de que no se conozca con exactitud el valor de las variables en todo momento, el modelo será estocástico. Existe incertidumbre y por ende una distribución de probabilidad de los resultados.

- Según la evolución de las variables de estado respecto al tiempo:
 - Los modelos donde algunos de los elementos que intervienen en la modelización no permanezcan invariables, sino que se consideren como funciones del tiempo, describiendo trayectorias temporales, se denominan dinámicos.
 - Los modelos estáticos, por su parte, son aquellos en los que el tiempo no juega ningún papel fundamental.

Una vez definidos los distintos modelos, hay que destacar que dentro de los dinámicos existe una segunda clasificación según en qué instantes de tiempo cambien sus variables. Cuatro son las categorías de modelado que se pueden identificar: Sistemas dinámicos, Dinámica de sistemas, Eventos discretos y Basado en agentes (Hao y Shen, 2008).

Dentro de las diferentes categorías, el proyecto se centrará en SED, ya que se sigue un patrón aleatorio en el que los eventos ocurren en secuencias distintas de tiempo.

SED es un método muy conocido en el apoyo y toma de decisiones. Se trata de un sistema que, según Lang *et al.* (2021), es aplicable a grandes empresas y no a aquellas con un volumen de facturación mediano o pequeño. Esto se debe sobre todo al coste relacionado con la inversión y el mantenimiento, tanto del programa que permita desarrollar el modelo, como del personal especializado en ello.

Próximamente, en el capítulo tres, se verá el caso concreto donde se implantará este proyecto. Esta empresa reúne los requisitos básicos de simulación. Además, en cuanto al software especializado en SED, se empleará un programa denominado Arena en el que la licencia de uso ha sido aportada por la propia universidad.

2.2.1. ETAPAS Y COMPONENTES DEL MODELADO

Como se puede apreciar en la *Figura 2.1*. Existen seis etapas dentro del proceso de SED. El flujo comienza con la definición del problema que se pretende estudiar. En esta fase, se puede incluir por escrito cuales son los objetivos que se pretenden alcanzar. Además, se examinarán los medidores de desarrollo del proceso al igual que el periodo de tiempo. Posteriormente, se introducirán los datos correspondientes al proceso, los cuales deben seguir una distribución de probabilidad específica (Exponencial, Logarítmica, Weibull, etc.). Este paso, como se verá posteriormente, es uno de los más complejos debido a la dificultad a la hora de recopilar los datos. En tercer lugar, se procederá a realizar el diseño del modelo conceptual. Se especificará el modelo a partir de las características de los elementos del sistema que se quiere estudiar y sus interacciones teniendo en cuenta los objetivos del problema. Durante esta etapa, se elegirá el software apropiado que nos permita poder simular el modelo. Tras el desarrollo, el paso de comprobación será crucial para confirmar la consistencia y validez del modelo. Secuencialmente, se llevará a cabo la experimentación del proceso en diferentes condiciones como la determinación del tiempo y número de ejecuciones que se llevarán a cabo. Por último, se ejecutarán las diferentes simulaciones con el propósito de interpretar los resultados obtenidos y tomar decisiones en la realidad.

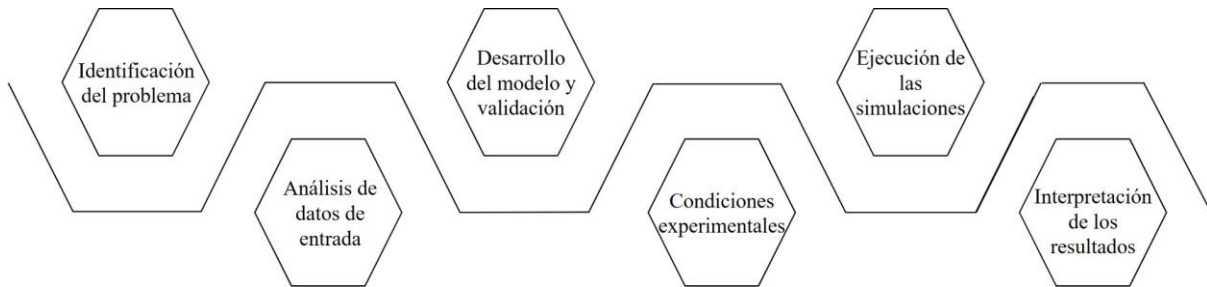


Figura 2.1. Etapas de un proceso de SED
 (Fuente: Elaboración propia a partir de Possik, 2019)

Por otro lado, en cuanto a los componentes que forman un sistema, es posible encontrarse con una serie de elementos que interactúan entre sí y permitirán definir el proceso. Según Karnon *et al.* (2012), se deben mencionar los siguientes:

➤ **Entidades**

Son los elementos sobre los que actúa el proceso (piezas, máquinas, mensajes, documentos, clientes, etc.). Las entidades representan los objetos, bien sean reales o imaginarios, cuyo movimiento en el sistema provoca cambios en el estado. Además, estos componentes pueden ser afectados por otras entidades. Se puede distinguir entre entidades temporales, las cuales permanecen en el sistema un tiempo limitado, y entidades permanentes, siempre están en el sistema.

➤ **Atributos**

Un atributo corresponde a una propiedad de una entidad. Como hemos podido ver anteriormente, dentro de un sistema pueden existir diversos tipos de entidades y cada una tendrá unas características propias llamadas Atributos. Algunos ejemplos son el instante de llegada al sistema, la fecha de entrega, el color, la prioridad, etc.

➤ **Variables**

Representan un conjunto de valores globales modificables que se pueden utilizar como control en cualquier parte del modelo. Las características de una variable son que puede mostrar aspectos del sistema sin considerar las entidades, cada una es única para todo el modelo y que las entidades no pueden modificarla. Algunos ejemplos son el tiempo de transporte entre estaciones, el número de piezas o el tiempo de simulación.

➤ **Recursos**

Elementos utilizados para modelar un área donde hay una limitación o restricción; dichas restricciones pueden ser causadas por un número limitado de elementos/personas para realizar una acción, espacio de almacenamiento restringido, capacidad de los equipos, etc. Algunas características asociadas a los recursos son las siguientes:

- En el caso de que una entidad temporal ocupe un recurso, esta lo utilizará y posteriormente lo liberará.
- Los recursos son asignados a las entidades.
- La capacidad de los recursos puede variar durante la simulación.

➤ **Eventos**

Sucesos que ocurren y dan lugar a cambios en el estado de una entidad o en el valor de un atributo, variable o acumulador estadística en un instante de tiempo dado. Cada evento tiene asociado dos tipos de información: la condición de activación y las acciones que se realizan cuando el evento está activado.

➤ **Acumuladores**

Durante el curso de la simulación, es necesario calcular el valor de determinadas variables intermedias a fin de conseguir el valor de las variables de salida. Estas variables intermedias se denominan acumuladores estadísticos. Los acumuladores son variables “pasivas” en el modelo, es decir, observan lo que ocurre durante el proceso. Su función es la de actualizarse en el momento en el que se ejecute un evento con el objetivo final de usarlos para calcular las medidas de las variables de salida.

➤ Colas

Hacen referencia al área donde permanece una entidad mientras espera que un recurso esté disponible o mientras espera a formar un grupo, también denominado batch, con otras entidades. Algunas características asociadas a las colas son las siguientes:

- Tienen nombre y se suelen asociar a un determinado recurso.
- Cuando tengan capacidad finita, habrá que modelar el sobrante.
- Interesa conocer la longitud y los tiempos de espera de cada una de ellas.

2.3. PROGRAMA DE SIMULACIÓN: ARENA SIMULATION SOFTWARE

Los softwares de simulación son creaciones digitales basadas en el uso de datos históricos y contrastados sobre los resultados reales del sistema estudiado (RA, 2023). Existen numerosos programas en el mercado, sin embargo, el proyecto se centra únicamente en el desarrollo dentro de Arena Simulation Software (ASS).

Según el estudio realizado por Dias *et al.* (2016), se trata del programa más popular en el ámbito SED a nivel internacional. Además, otro dato interesante sobre el programa es que lo utilizan unos 100.000 estudiantes al año y alrededor de 100 hospitales en 20 países distintos (RA, 2023). La implementación de este programa muestra grandes beneficios como, por ejemplo: la reducción del 25% del tiempo de espera de los pacientes de una clínica (CSH, 2017) o el aumento del espacio de trabajo y la mejora de la información relacionada con las decisiones empresariales (CSLSC, 2014).

A continuación, se explicarán las nociones básicas de uso de ASS. En primer lugar, se representará la interfaz gráfica, con la intención posterior de ir zona por zona describiendo los principales elementos que se pueden emplear.

El medio donde se encuentra ASS se compone de paneles que dan acceso a diferentes bloques con diversas características y funcionalidades. Además, el espacio proporciona una barra de herramientas en la parte superior que da acceso a actividades comunes de simulación, ejecución del modelo, animaciones, etc.

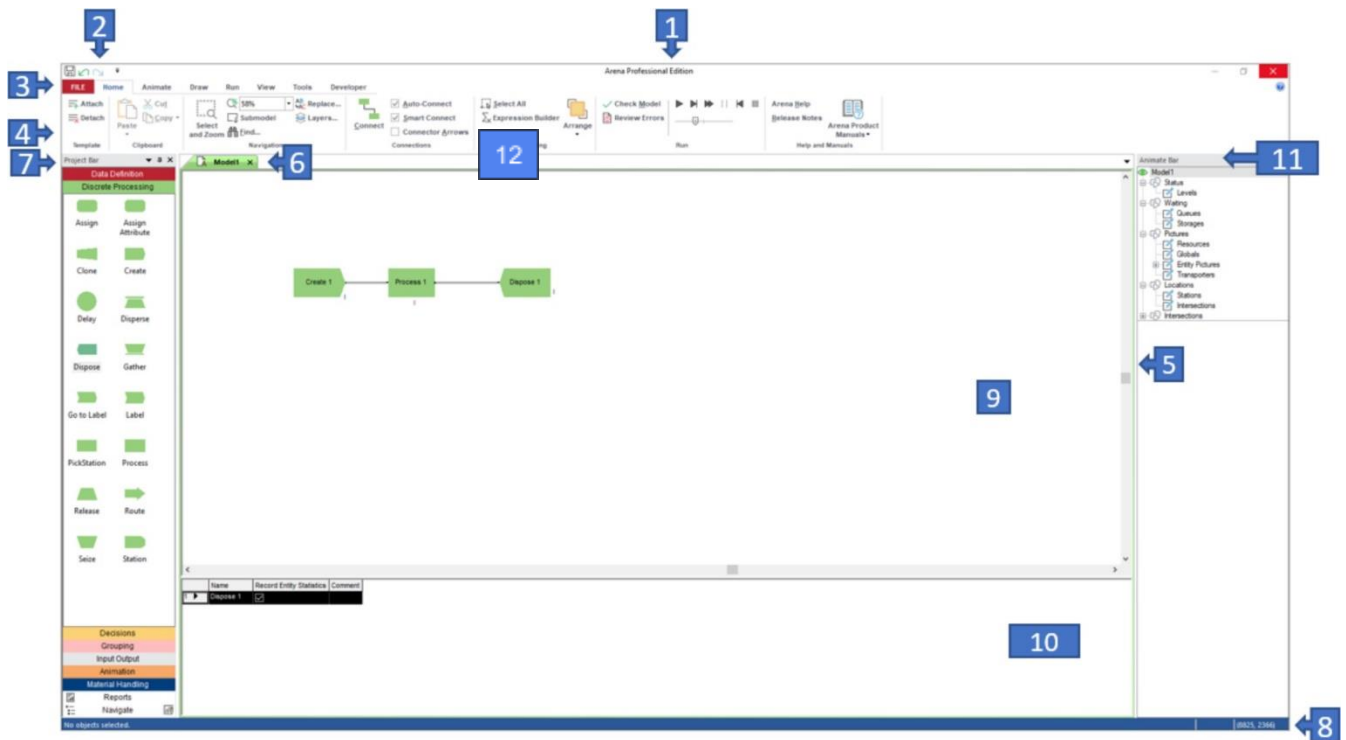


Figura 2.2. Pantalla principal del programa ASS

(Fuente: Manuales incorporados al programa ASS)

1. Título de la barra: Muestra la versión de Arena que se está usando.
2. Barra de herramientas de acceso rápido: Contiene comandos de uso frecuente como Deshacer, Rehacer, Guardar y Ejecutar.
3. Ficha Archivo: Si selecciona este botón se le abrirá una nueva ventana donde podrá Abrir un nuevo documento, Guardar como, Imprimir y Cerrar.
4. Cinta de opciones: En esta zona se encuentran los elementos necesarios para crear un modelo. Hay pestañas en la parte superior y comandos en cada pestaña. La aplicación comprimirá la cinta cambiando la disposición de los controles para acomodar monitores más pequeños o el tamaño de la aplicación.
5. Área de trabajo de varios documentos: El área de trabajo de varios documentos contiene uno o más grupos con fichas. Cada grupo puede contener una o más pestañas. Las pestañas se utilizan para mostrar una de las muchas ventanas utilizadas para crear, editary ejecutar modelos o crear plantillas.

6. Pestaña de ventana Modelo: Se utiliza para crear y editar un modelo. Contiene dos regiones principales. El espacio de trabajo del modelo y la vista de hoja de cálculo.
7. Barra de proyecto: Proporciona un mecanismo para mostrar los paneles utilizados para la creación de modelos, el panel Informes y el panel Navegar.
8. Barra de estado: Muestra información sobre la ventana que se está editando.
9. Espacio de trabajo del modelo: Contiene todos los gráficos del modelo, incluidos el diagrama de flujo del proceso, la animación y otros elementos de dibujo.
10. Vista de hoja de cálculo: muestra datos del modelo, como tiempos, costos y otros parámetros.
11. Barra de animación: la barra de animación proporciona un mecanismo para mostrar el estado actual de los objetos del modelo que pueden estar animados en un modelo. La barra muestra una vista de árbol que organiza los tipos de objetos de animación en cinco grupos; Estado, Espera, Imágenes, Ubicaciones y Rutas.
12. Generador de expresiones: es una herramienta que permite crear y editar expresiones para varios propósitos, como definir variables, establecer parámetros o crear condiciones.

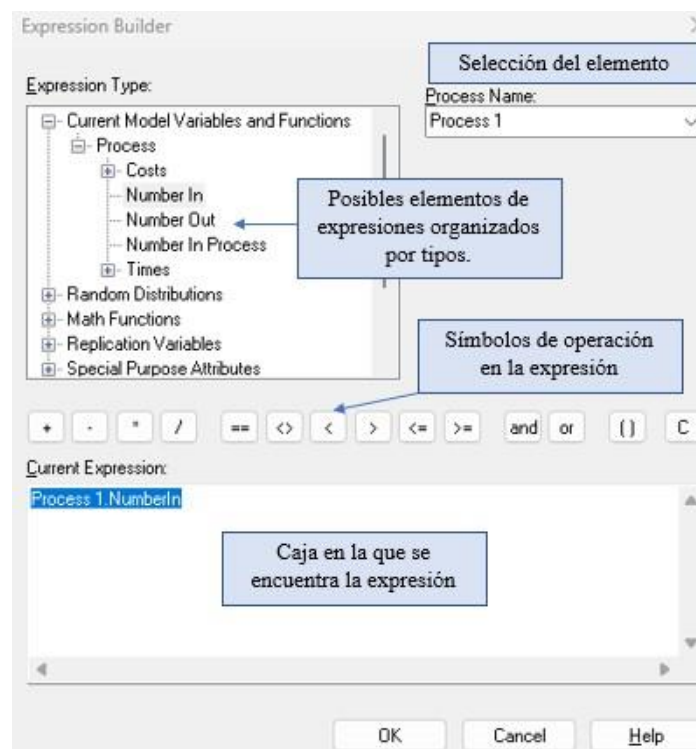



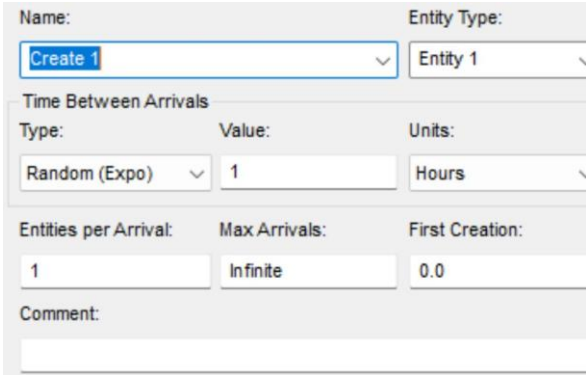
Figura 2.3. Interfaz del generador de expresiones

(Fuente: Elaboración propia)

En la figura superior se observa el espacio donde se puede trabajar dentro de ASS. Como se ha mencionado, la parte superior es una barra de herramientas. Por otro lado, en el lado izquierdo se encuentran los módulos. Estos componen el diagrama de flujo y los objetos de datos que definen el proceso que se va a simular. Vienen en dos formas básicas: diagrama de flujo y datos. Los de flujo describen procesos dinámicos del modelo. Se pueden interpretar como nodos o lugares a través de los cuales fluyen las entidades o en donde se originan o dejan el modelo. Dentro del panel de proceso básico se encuentra el bloque Create, Dispose, Process, Separate, Decide, Batch, Assign, Record, etc. Los módulos de datos definen características de varios elementos del proceso, como entidades, recursos y colas. También pueden configurar variables y otros tipos de valores y expresiones numéricas que pertenecen al modelo en su conjunto. Los módulos de datos disponibles son Entity, Queue, Variable, Resource, Schedule, Set, etc.

Los módulos mencionados anteriormente tienen una serie de funciones y características propias que se detallan en la siguiente tabla:

MODULOS DE FLUJO

Módulo	Función	Tabla de datos
<p>CREATE</p> 	<p>Introduce las entidades que definen el sistema. En este módulo se especifica la distribución que sigue el tiempo entre las distintas llegadas, su valor, la unidad de medida y el valor mínimo y máximo de llegadas al instante.</p>	

DISPOSE



Este módulo es el punto final para las entidades en un modelo de simulación. Las estadísticas pueden registrarse antes de que la entidad se elimine.

The screenshot shows the configuration for the 'DISPOSE' module. It includes a 'Name' dropdown menu set to 'Dispose 1', a checked checkbox for 'Record Entity Statistics', and a 'Comment' text area.

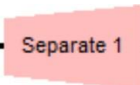
PROCESS



Este módulo está pensado como el principal método de procesamiento en la simulación. Hay opciones disponibles para aprovechar y liberar las limitaciones de recursos. Además, existe la opción de usar un "submodelo" y especificar la lógica jerárquica definida por el usuario. El tiempo de proceso se asigna a la entidad y puede considerarse valor agregado. El costo asociado se agregará a la categoría apropiada.

The screenshot shows the configuration for the 'PROCESS' module. It includes 'Name' (Process 1) and 'Type' (Standard) dropdowns. Under 'Logic', the 'Action' is set to 'Delay'. The 'Delay Type' is 'Triangular', 'Units' is 'Hours', and 'Allocation' is 'Value Added'. Numerical values are provided for 'Minimum' (.5), 'Value:(Most Likely)' (1), and 'Maximum' (1.5). A checked checkbox for 'Report Statistics' and a 'Comment' text area are also visible.

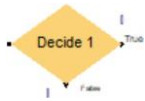
SEPARATE



Este módulo se puede utilizar para copiar una entidad entrante en varias entidades o para dividir una entidad previamente agrupada. Se deben especificar las reglas para la asignación de atributos a entidades miembro.

The screenshot shows the configuration for the 'SEPARATE' module. It includes 'Name' (Separate 1) and 'Type' (Split Existing Batch) dropdowns. The 'Member Attributes' dropdown is set to 'Retain Original Entity Values'. A 'Comment' text area is also present.

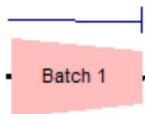
DECIDE



Permite la toma de decisiones en el sistema. Incluye opciones basadas en una o más condiciones. Por ejemplo, si el tipo de entidad está basada en una o más probabilidades (por ejemplo, 70% verdadero; 30% falso). Las condiciones pueden basarse en valores de atributo, valores de variables, el tipo de entidad o una expresión.

Configuration interface for the DECIDE module. It includes a Name field with a dropdown menu showing "Decide 1", a Type dropdown menu showing "2-way by Chance", a Percent True (0-100) field with a dropdown menu showing "50" and a percentage sign, and a Comment field.

BATCH



Este módulo está pensado como el mecanismo de agrupación. Los lotes de entidades se agrupan de forma permanente o temporal. Los lotes temporales deben dividirse posteriormente mediante el módulo Separado.

Las entidades que llegan al módulo Batch se colocan en una cola hasta que se haya acumulado el número requerido de entidades.

Los lotes se pueden hacer con cualquier número de entidades o coincidiendo con atributos.

Configuration interface for the BATCH module. It includes a Name field with a dropdown menu showing "Batch 1", a Type dropdown menu showing "Permanent", a Batch Size field with a text input showing "2", a Save Criterion dropdown menu showing "Last", a Rule dropdown menu showing "Any Entity", a Representative Entity Type dropdown menu, and a Comment field.

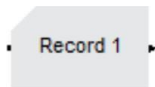
ASSIGN



Este módulo se utiliza para asignar nuevos valores a variables, atributos de entidad, tipos de entidad, imágenes de entidad u otras variables del sistema. Se pueden realizar múltiples asignaciones con un solo módulo.

Configuration interface for the ASSIGN module. It includes a Name field with a dropdown menu showing "Assign 1", an Assignments list with a dropdown menu showing "<End of list>", and buttons for Add..., Edit..., and Delete. There is also a Comment field.

RECORD



Se utiliza para recopilar estadísticas en el modelo de simulación. Hay varios tipos de estadísticas observacionales disponibles, incluido el tiempo entre salidas a través del módulo, estadísticas de entidades (tiempo, costos ...), observaciones generales, etc.

A screenshot of a software window for configuring a record. It has a "Name:" field with "Record 1" entered. Below it is a "Statistic Definitions:" section with a list box containing "<End of list>". To the right of the list box are three buttons: "Add...", "Edit...", and "Delete". At the bottom is a "Comment:" field with a text input area.

*Tabla 2.1. Módulos que componen el diagrama de flujo
(Fuente: Elaboración propia)*

MODULOS DE DATOS

Módulo

Función



Este módulo de datos define los distintos tipos de entidades y sus valores de imagen iniciales en una simulación. La información sobre costes iniciales, así como de mantenimiento también se definen para la entidad.

Tabla de datos

Entity Type	Initial Picture	Holding Cost / Hour	Initial VA Cost	Initial NVA Cost	Initial Waiting Cost	Initial Tran Cost	Initial Other Cost
Entity 2	Picture.Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Entity 3	Picture.Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*Módulo**Función*



Se definen las colas en el sistema de simulación. Las reglas de clasificación son las siguientes: Primero en entrar y Primero en salir, a menos que se especifique lo contrario en este módulo. Hay un campo adicional que permite definir la cola como compartida.

Tabla de datos

Name	Type	Shared	Report Statistics	Comment
Batch 1.Queue ▾	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

*Módulo**Función*



Este módulo de datos se utiliza para definir las dimensiones y valores de una variable. Puede hacer referencia a variables en otros módulos (por ejemplo, el módulo Decide), reasignar nuevos valores a variables con el módulo Assign y utilizar variables en cualquier expresión. Además, puede crear variables de elemento único, variables de matriz 1D o variables de matriz 2D.

Tabla de datos

Name	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values	Report Statistics	Comment
Variable 1 ▾			Real	System		0 rows	<input type="checkbox"/>	

*Módulo**Función*



Define los recursos en el sistema de simulación, incluida la información de costos y la disponibilidad de los mismos. Los recursos pueden tener una capacidad fija que no varía durante la ejecución de la simulación o pueden funcionar en función de una programación. Los errores y estados de recursos también se pueden definir en este módulo.

Tabla de datos

Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics	Comment
Resource 1	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	

Módulo

Función



Set

Define varios tipos de conjuntos, incluidos recursos, contadores, tally, tipo de entidad e imagen de entidad. Los distintos conjuntos se pueden utilizar en diferentes módulos.

Tabla de datos

Set 2	Resource	Manual List	0 rows
-------	----------	-------------	--------

Módulo

Función



Schedule

Este módulo se puede utilizar junto al Resource para definir una programación operativa para un recurso o con el módulo Create para definir una programación de llegada. Además, se pueden definir los datos de valores de la programación mediante un archivo de Excel externo o una base de datos.

Tabla de datos

Name	Type	Time Units	Scale Factor	File Name	Durations	Comment
Schedule 1	Capacity	Hours	1.0		0 rows	

Tabla 2.2. Módulos que componen el diagrama de datos

(Fuente: Elaboración propia)

Los elementos descritos permitirán crear el flujo de procesos de la empresa. Tras la creación del modelo, se realizarán las simulaciones pertinentes. Sin embargo, para poder ejecutar el programa, cada proceso deberá tener asociada una distribución de probabilidad. A continuación, se explicará cual es la opción que ASS ofrece a los usuarios.

2.3.1. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Seguir una buena metodología de simulación lleva implícito una recogida de datos correcta en la que se observe detenidamente el sistema en su conjunto y se proceda a definir cada proceso, detallando su punto de partida y su punto final. De esta forma, se asemeja el modelo a la realidad y los resultados obtenidos serán más veraces (Rossetti, 2016).

En muchos de los casos prácticos en los que se necesita conocer la distribución de probabilidad a los datos recopilados de cada proceso, se hace uso de software de análisis, como por ejemplo R (Urquía y Martín, 2013). No obstante, este proyecto hará uso de la propia herramienta que ofrece Arena, la cual se denomina “Arena Input Analyzer”.

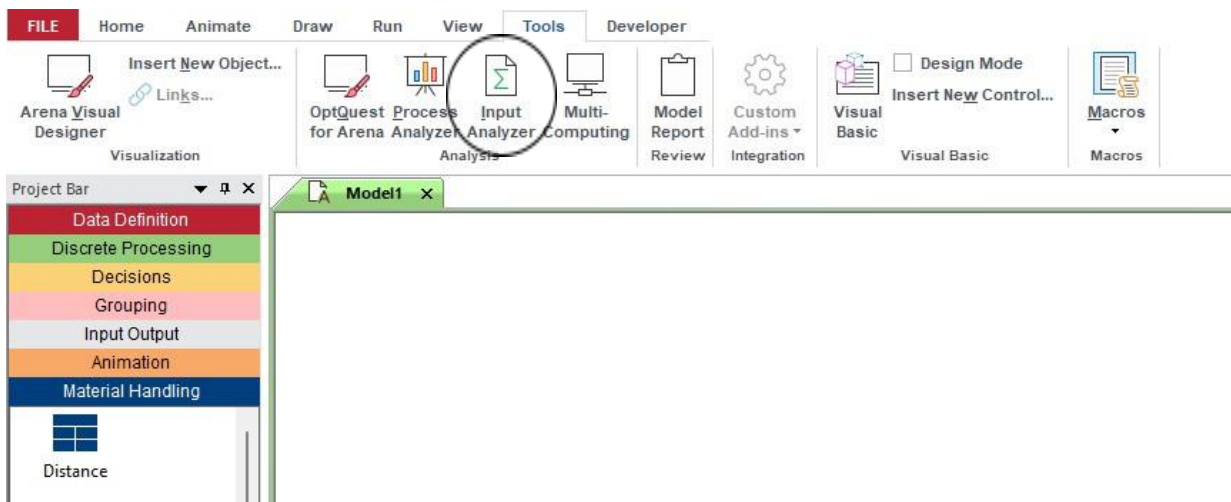


Figura 2.4. Herramienta “Input Analyzer” en la interfaz de ASS
(Fuente: Elaboración propia)

Esta herramienta potente y versátil se puede utilizar para generar conjuntos de datos aleatorios, para determinar la calidad del ajuste de las funciones de distribución de probabilidad a los datos de entrada y también se puede utilizar para ajustar funciones de distribución específicas a un archivo de datos.

En este proyecto, se seguirán los cuatro pasos siguientes con el objetivo de determinar las distintas distribuciones (Urquía y Martín, 2013):

1. Crear un fichero de texto en el que se encuentren las observaciones experimentales.
2. Ajustar una o más distribuciones a los datos.
3. Seleccionar la distribución más adecuada.
4. Trasladar la expresión generada desde “Input Analyzer” al módulo apropiado dentro del modelo.

Estos pasos serán detallados en el capítulo 5, donde se procederá a modelar el proceso y se hará la recogida de datos oportuna.

Por otro lado, una vez se haya simulado el proceso y se hayan obtenido los resultados, se empleará otra de las herramientas que ofrece ASS, la cual se denomina “Arena Output Analyzer”. Esta herramienta es fundamental en el proceso de simulación ya que permite realizar un histórico de las simulaciones o valorar distintos escenarios para posteriormente analizarlos desde dos perspectivas: la predicción del comportamiento del sistema y la optimización del sistema.

“Output Analyzer” no se encuentra en la instalación estándar del programa, por lo que habrá que realizar la instalación “Custom” de Arena. Además, para desarrollar el análisis con esta herramienta será necesario disponer de un archivo con los datos de salida del modelo. Los archivos utilizados por el analizador de datos de salida deben tener formato “.dat” y se crearán mediante los módulos Input y Output.

2.4. CONSIDERACIONES FINALES

Este capítulo ha permitido conocer la relación existente de la metodología LM junto con la simulación. De esta forma, se ha puesto en contexto al lector para que entienda por qué se utiliza esta técnica de modelado junto a LM. Posteriormente, se han mencionado algunas aplicaciones de ambos métodos dentro de la industria y, seguidamente, se han definido las distintas clasificaciones de modelos matemáticos que existen. Se ha utilizado esta clasificación para situar nuestro modelo en una de las categorías, escogiendo de esta forma la SED.

Tras hablar sobre los conceptos básicos, el texto se adentra en el punto tres, donde se describen las etapas y los componentes de la simulación. Se ha elaborado un esquema en el que se observa cada proceso y, de esta forma, se tiene una visión global de las fases que conforman la simulación. Además, se definen los elementos básicos del sistema.

En último lugar, se ha seleccionado el programa Arena para modelar el flujo y plantear los diferentes escenarios. Como se ha mencionado, este software es el más utilizado en SED a nivel mundial. Su implementación dentro del proyecto implica la obtención de ventajas como la mejora de la visibilidad de un cambio en el sistema o proceso, diagnosticar y solucionar problemas, reducir o eliminar los cuellos de botella, los costos, los plazos de entrega, etc. (DEM, 2023). Para ayudar a entender el funcionamiento de ASS, se detallan los módulos principales que sirven para crear el diagrama de procesos. Además, se mencionan dos de las herramientas más potentes de Arena. Por un lado, “Input Analyzer”, que se utiliza para conocer las distribuciones de probabilidad de los distintos módulos y, por otro lado, “Output Analyzer”, la cual permite realizar un histórico de las simulaciones o valorar distintos escenarios.

Con este capítulo, se da por finalizado el marco teórico necesario para conocer las herramientas que van a ser utilizadas dentro de la empresa seleccionada. Estos conocimientos serán aplicados en una empresa del sector agroalimentario que será mencionada y detallada en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DEL SECTOR AGROALIMENTARIO Y DE LA EMPRESA

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DEL SECTOR AGROALIMENTARIO Y DE LA EMPRESA

En este epígrafe se analizará el sector agroalimentario nacional y local, además de definir los procesos y el funcionamiento de la empresa donde se implantará el proyecto. En la introducción se mostrará cual es el papel del sector agroalimentario dentro de la industria alimentaria española, con el objetivo de tener una perspectiva global sobre lo que supone este ámbito industrial. Seguidamente, situados temporalmente en los años posteriores a la crisis causada por la Covid-19, se plasmarán algunos de los datos más relevantes hasta llegar a la actualidad, y después, se centrará la atención en la cadena de valor del sector. Además, se hará referencia a la importancia que tiene esta industria dentro de la economía local, siendo el agroalimentario una de las fuentes de ingreso mayoritaria en la Axarquía. Tras ello, el proyecto se orientará hacia la empresa seleccionada. En este punto se abordará la estructura organizativa, el mapa de procesos y la metodología de trabajo que se seguirá.

3.1. INTRODUCCIÓN

En un contexto marcado por una población que crece continuamente, el sistema alimentario global debe afrontar una serie de retos relacionados con la salud y la sostenibilidad (Deloitte, 2021). Este sistema contribuye de forma significativa al cambio climático. Se trata de una industria donde se emiten grandes proporciones de gases de efecto invernadero durante su cadena de suministro, desde la producción y obtención de productos básicos, hasta su procesado, distribución, venta y consumo (Garnett, 2013). De esta forma, las metodologías nombradas en los capítulos anteriores pueden servir a las empresas para disminuir sus efectos negativos en relación con la sostenibilidad.

En España, la industria de la alimentación es la primera rama manufacturera del sector industrial. Según los datos del año 2022, aportados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), tiene unas cifras de negocio de 126.354,1 millones de euros, lo que representa el 25,4% del sector manufacturero total. Además, representa el 2,5% del Producto Interior Bruto de España. Dentro de esta industria, el sector agroalimentario supone un porcentaje amplio, alcanzando en el año 2020 el 9% de la cifra de negocio de la industria alimentaria (MAPA, 2022).

3.2. SECTOR AGROALIMENTARIO NACIONAL

Esta industria es considerada como estratégica para la economía española, siendo un pilar fundamental en el desarrollo social y económico tanto a nivel nacional como local (Chico *et al.* 2021). Principalmente es un sector que, en primer lugar, está dominado por las pequeñas empresas, con un total de 31.393 empresas donde el 96,5% son pymes, además, ocupa el cuarto puesto entre los países de la Unión Europea (UE) en términos de Valor Añadido Bruto y, por último, tiene unas cifras que alcanzan alrededor de los 520.000 ocupados, suponiendo el 18,8% del empleo manufacturero (Montoril, 2019).

En relación con los datos de comercio exterior, estos son muy positivos. La balanza comercial agroalimentaria, que comprende los 24 primeros capítulos del arancel, registró en el año 2020 un superávit de más de 18.000 millones de euros y una ratio de cobertura del 150%. Este dato de cobertura supone el mayor valor registrado desde el año 2003 como se observa en la siguiente gráfica:

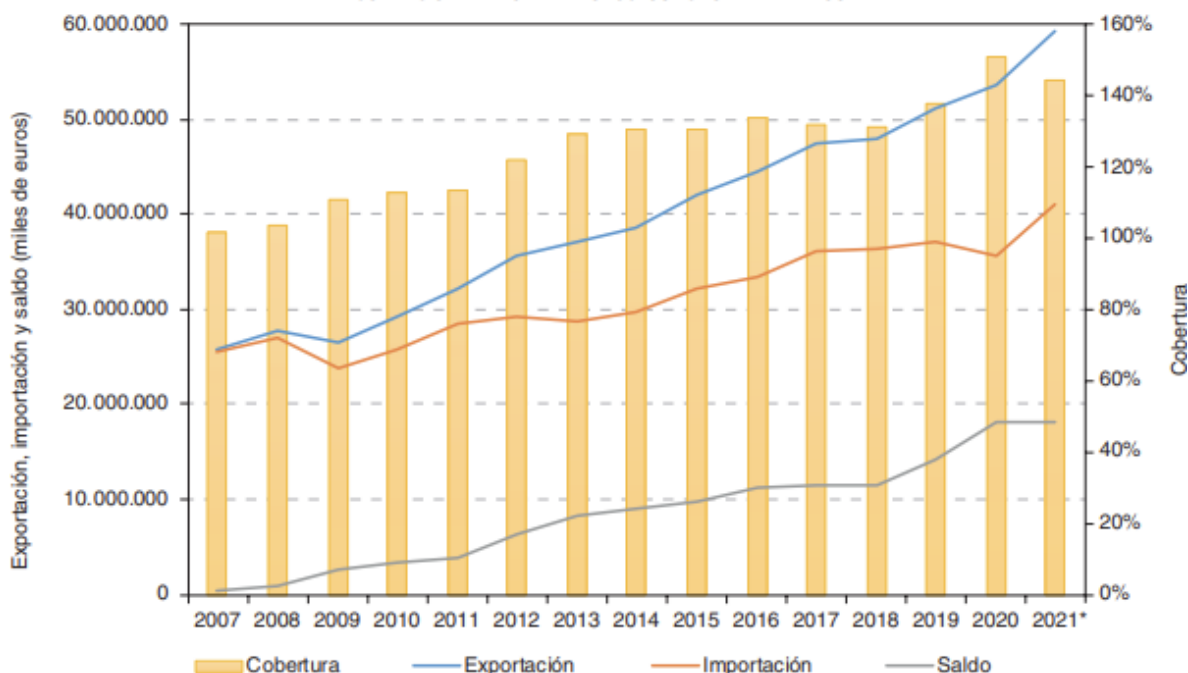


Figura 3.1. Comercio exterior de productos agroalimentarios

(Fuente: CIM, 2022)

Además, dentro del propio sector, se diferencian una serie de categorías de productos. En las siguientes figuras se realiza un análisis del porcentaje correspondiente a cada categoría en relación con las exportaciones e importaciones del año 2020.

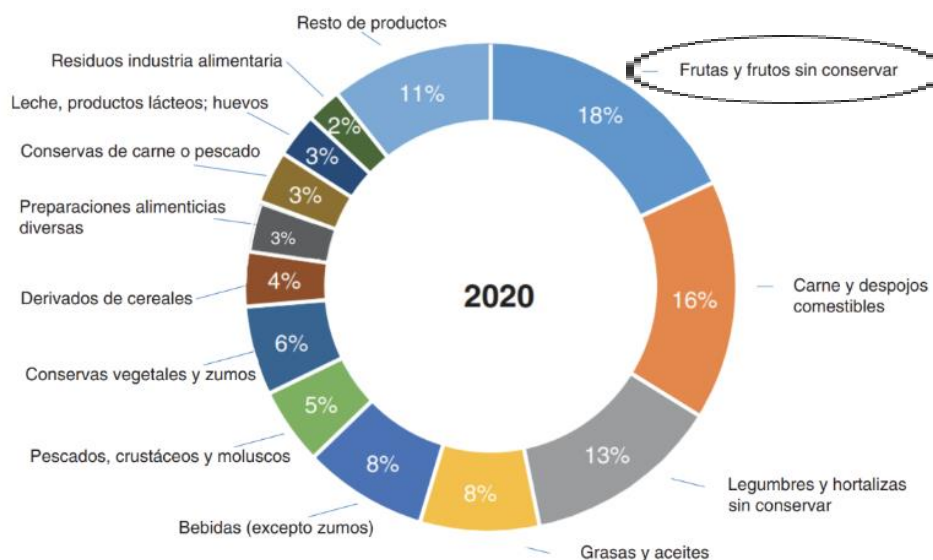


Figura 3.2. Exportaciones españolas agroalimentarias por capítulos
(Fuente: Elaboración propia a partir de CIM, 2022)

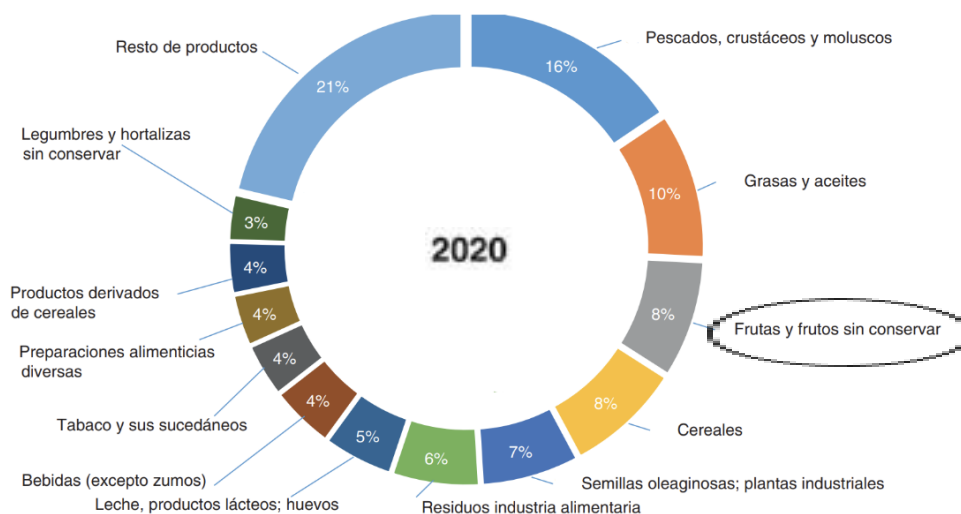


Figura 3.3. Importaciones españolas agroalimentarias por capítulos
(Fuente: Elaboración propia a partir de CIM, 2022)

La empresa seleccionada para implantar el proyecto, como se verá en el apartado 3.3., se dedica a la preparación y distribución de frutas tropicales. En la figura 3.2. Se observa que

esta categoría de productos es la que tiene el mayor porcentaje de exportación a nivel nacional. Por otro lado, si se realiza un análisis a la *figura 3.3*, se observa que no se trata de una categoría que importe una gran cantidad de productos desde el exterior.

Las exportaciones tienen un destino mayoritario hacia los países de la UE, siendo Francia, Portugal, Italia y Países Bajos, las naciones con un porcentaje mayor de productos exportados. Además, vuelve a ser la UE la que importa la mayor parte de los productos agroalimentarios a nuestro país.

En estos últimos años, el sector se ha visto afectado por diversas crisis como la de la Covid-19. Sin embargo, su repercusión no ha hecho que el sector decaiga, siendo actualmente un pilar fundamental tanto a nivel económico como social. Además, se encuentra en una época de transformación, en la que se apuesta por las tecnologías para afrontar los grandes desafíos como el cambio climático, la agro industrialización, la seguridad alimentaria, la logística o la capacitación y el relevo generacional (FORBES, 2023). Por otra parte, esta transformación está apoyada por diversos planes estratégicos que se detallarán a continuación.

3.2.1. ANÁLISIS TRÁS LA CRISIS DE LA COVID-19

La crisis sanitaria provocada por la Covid-19 en España ha impactado en los sectores económicos, y el sector agroalimentario no es una excepción. El buen funcionamiento y la colaboración activa de todos los eslabones de la cadena es necesario para asegurar el abastecimiento de alimentos y la continuidad de la industria (MAPA, 2020).

En el año 2020, como se observa en la *figura 3.1*, el volumen de exportación del sector creció, no obstante, las importaciones y los saldos modificaron su tendencia al alza. Se ha mantenido el superávit comercial del sector, a pesar de que, según los datos e informes de ese año, se originó una caída del 1,8% en el número de empresas de la industria agroalimentaria, aunque muchas de ellas están dedicadas a la producción de bebidas (Zaragozá, 2023). Esto indica la clara incidencia de la pandemia, la cual se trató de paliar con medidas europeas como los programas de apoyo de los sectores del vino, frutas y hortalizas y miel, así como los programas escolares de consumo de leche, frutas y hortalizas, los cuales flexibilizaron la gestión de los fondos para afrontar mejor la crisis (Planas, 2020).

Por su parte, el Gobierno de España, llevó a cabo medidas las cuales pueden ser resumidas en los siguientes puntos (MAPA, 2020):

- Prestación extraordinaria para los trabajadores por cuenta propia o autónomos por cese de actividad.
- Línea de préstamos avalada por el Estado con hasta 100.000 M€.
- Ayudas en forma de subvenciones directas, anticipos reembolsables o ventajas fiscales a aquellas empresas y PYMES que se hayan visto afectadas por la crisis del Covid-19.
- Aplazamiento de los créditos de sequía de 2017.

Además, debido a la pandemia, que produjo entre otras cosas un despido masivo de muchos trabajadores, y otros factores como la dificultad en el transporte o el incremento de la energía, en el año 2021, la UE se introdujo en un proceso inflacionario de los alimentos que situó su tasa de crecimiento en el 4,3% y en un 4,9% en España (elEconomista, 2022).

Por último, con el objetivo de fomentar el empleo de calidad del sector y fortalecer su competitividad y rentabilidad, en el año 2022 se aprobó el Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica Agroalimentario (PERTE) (BOE, 2022). Este PERTE contará con una inversión pública de unos 1.000 millones de euros hasta 2023. Se prevé que genere un impacto de partida en la economía de unos 3.000 millones de euros, estimándose además una creación neta de hasta 16.000 empleos. Se abrirán nuevas oportunidades de negocio y, además, el programa también servirá para hacer frente a la lucha contra el cambio climático y adaptarse a los ODS de la Agenda 2030, ya que se promueve un uso eficiente de los recursos naturales y de la energía en la producción agroalimentaria, a través de la digitalización de todos los procesos productivos de la cadena (MICT, 2022).

El proyecto se centra en tres ejes de actuación prioritarios (Europa Press, 2022):

- Mejorar los procesos de producción, vinculados con la competitividad, sostenibilidad y trazabilidad de la producción de alimentos.
- Medidas para apoyar el proceso de adaptación digital y extensión a todos los agentes que forman parte de su cadena de valor (agricultores y ganaderos y sus cooperativas, pequeñas y medianas empresas de producción, transformación y comercialización).
- Medidas específicas de apoyo a la innovación y la investigación para lograr un sector agroalimentario competitivo en todos los eslabones.

3.2.2. CADENA DE VALOR EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO

El término cadena agroalimentaria se refiere a la combinación de actores y actividades que producen materia prima de origen agrícola, transforman el producto a través del procesamiento, lo distribuyen en caso necesario y ofrecen el producto alimenticio final al usuario (Herrera, 2020). Por tanto, se pueden diferenciar cuatro eslabones principales: la producción, la transformación, la comercialización y la distribución minorista.

La primera de las fases indicadas se la suele etiquetar coloquialmente como aguas arriba, lo cual se refiere al origen del flujo alimenticio. Por otro lado, las demás etapas se engloban bajo el término aguas abajo, es decir, aquellas actividades que se encuentran cerca del consumidor final (Herrera, 2020).

En primer lugar, la fase de producción es la encargada de generar la materia prima que alimenta el resto de la cadena. En esta actividad no se contempla ningún proceso que suponga alguna transformación del producto. Existen una gran variedad de estructuras empresariales productoras. Muchas de ellas se agrupan en torno a cooperativas y Organizaciones de Productores de Frutas y Hortalizas, lo que les permite compaginar las tareas productivas con las funciones de almacenamiento, manipulación y marketing.

Posteriormente, en la fase de transformación, se incluyen: recepción, tratamiento, cuidado, envasado y etiquetado del producto. La empresa seleccionada para desarrollar el proyecto se encuentra dentro de este eslabón de la cadena. En ella, la actividad principal es el envasado de los productos que proceden del campo.

La Distribución Alimentaria es uno de los eslabones más importantes en la cadena agroalimentaria. La modernización de la distribución minorista ha supuesto una importante mejora en la capacidad de elección de los consumidores. La oferta se ha adaptado a sus intereses y preferencias, y la calidad de los productos ha aumentado. Por tanto, la adaptación y transformación es la clave para aumentar la competitividad. Así, por ejemplo, estudios muestran cómo los consumidores acuden mayoritariamente a los establecimientos más cercanos al domicilio familiar. Por otra parte, también existe la posibilidad de acudir a los hipermercados y los grandes supermercados, los cuales facilitan a los consumidores hacer las compras de gran volumen y urgentes. Esta distribución organizada ofrece más opciones de compra que permite al cliente ahorrar tiempo y disminuir el número de desplazamientos.

En último lugar, la comercialización de productos frescos referentes al sector agroalimentario se desarrolla mayoritariamente por los canales tradicionales. Si se desagregan los datos de la distribución organizada, se observa que las cuotas de mercado de las principales centrales son parecidas, por lo que el reparto de su poder de mercado está equilibrado. Una vez el producto es transferido al cliente, el ciclo finaliza.

3.3. CASO DE ESTUDIO: NATURAL TROPIC

Natural Tropic es una empresa malagueña con sede en Vélez-Málaga, que se encuentra dentro del sector agroalimentario. Son especialistas en la importación y exportación de frutas tropicales, además de la producción de guacamole. Sus productos principales son el Aguacate y el Mango, aunque también comercializan con otros frutos como la Chirimoya, el Níspero o el Kumquat.

Dentro de la cadena de valor del sector, Natural Tropic se encuentra en las dos primeras etapas. En primer lugar, disponen de una serie de terrenos de cultivo, aunque estos no suelen ser suficientes para suministrar productos a todos sus clientes y la empresa necesita abastecerse de productos gracias a otras empresas e incluso hacer uso de la importación desde países como Perú, Chile, México o Brasil. La importación se da mayoritariamente cuando las cosechas españolas son escasas o cuando los productos nacionales no se encuentran entemporada. Por otra parte, la segunda etapa de la cadena de valor supone la principal actividad de la empresa. Natural Tropic se encarga de seleccionar, conservar y transformar los productos.



Figura 3.4. Logotipo de la empresa
(Fuente: Imagen proporcionada por Natural Tropic)

Para realizar estas actividades, la empresa cuenta con dos instalaciones en el polígono industrial La Pañoleta, Vélez-Málaga. El primero de los edificios, denominado Nave 1, está dedicado a la recepción de fruta, tanto de cosecha propia como importada, trabajo de calibrado, transformación de energía solar a eléctrica con placas fotovoltaicas para consumo propio, actividades de transformación del producto para la obtención de aguacate, oficinas, administración y recepción para atender a los clientes y transportistas. Por su parte, la Nave 2 es más amplia y en ella se almacenan los productos que proceden de la Nave 1 en cámaras frigoríficas, hay células de trabajo para envasado y transformación del producto, una zona que sirve de comedor para los empleados y dos muelles de transporte.

En ambas naves hay muelles de transporte donde la fruta es recepcionada (Nave 1) y distribuida a los clientes (Nave 2). La distribución es mayoritariamente externa, es decir, son los clientes los que transportan el producto desde nuestras naves a sus instalaciones. Sin embargo, si se trata de fruta recepcionada desde la cosecha propia o importada, la empresa es la encargada de contratar el servicio de transporte para traer el producto desde el punto de recogida específico. Estas zonas están marcadas en rojo en la *Figura 3.5*.

Por otro lado, la empresa centra su comercio en España, distribuyendo principalmente sus productos a los supermercados que operan en territorio nacional, no obstante, parte de su volumen de facturación también se debe a la exportación hacia países europeos como Francia y Países Bajos.

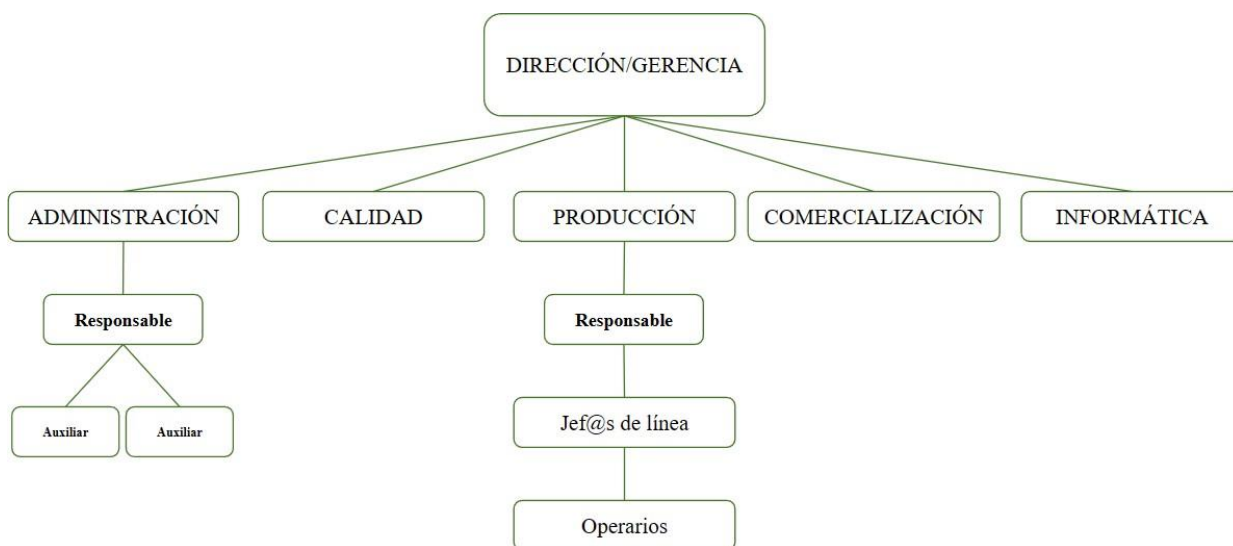


*Figura 3.5. Imagen aérea de las instalaciones de Natural Tropic
(Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps)*

A continuación, se define la estructura organizativa de la empresa con el objetivo posterior de poder detallar cuáles son los procesos estratégicos, operativos y de apoyo.

3.3.1. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

Natural Tropic cuenta con una estructura funcional vertical donde cada departamento tiene funciones generales bien delimitadas unas de otras. Por tanto, las competencias y responsabilidades de cada grupo están bien definidas evitando así redundancias y alcanzando una toma de decisiones rápida y eficaz. Como desventaja de esta estructura se encuentran las posibles barreras entre los distintos ámbitos de actividad, la comunicación reducida, la aparición de posibles conflictos o el potencial de innovación limitado.



*Figura 3.6. Organigrama de la empresa
(Fuente: Elaboración propia)*

En la cúpula de la organización se encuentra la gerencia compuesta por dos directivos que se encargan de plantear y decidir cuál es la visión de la empresa, es decir, las actividades estratégicas de la misma.

En el siguiente nivel, se pueden distinguir todos los departamentos que componen Natural Tropic. En primer lugar, el departamento de Administración está encabezado por un responsable. A su vez, hay dos administrativas que apoyan las actividades que se desarrollan en esta área, las cuales se pueden resumir en la contabilidad, administración de recursos humanos, nóminas, etc.

El dpto. de Calidad está compuesto por un único integrante encargado de revisar y controlar el

producto siguiendo una serie de técnicas y métodos que aseguran sus prestaciones y propiedades. Se revisan las trazabilidades que proporcionan los transportistas, el estado del producto por lotes una vez llega a las instalaciones y una vez se envía, etc.

En tercer lugar, se encuentra el departamento más amplio de la empresa, el cual hace referencia al de producción. El encargado es el responsable de planificar, gestionar y dar las pautas oportunas a los jefes de cada línea de trabajo. Estos a su vez, realizan la labor de producción pertinente en cada célula con la ayuda de una serie de operarios que se encuentran a sus órdenes.

Natural Tropic cuenta con alrededor de unos 200 operarios que se encargan de realizar diversas tareas como el envasado, calibrado o transporte del producto. Estos operarios están situados en las diferentes células de trabajo, las cuales son 8 líneas.

El dpto. de Comercialización, es el encargado, entre otras cosas, de contactar con los clientes y vender el producto. Además, promocionan el producto en otros mercados no explotados, se encargan de la importación de los productos y de las campañas de marketing.

En último lugar se encuentra el dpto. de Informática. Su función principal es la de controlar y administrar el programa sobre el que se sustenta el flujo de información de la empresa. Este programa es un planificador empresarial de recursos, comúnmente denominado Enterprise Resource Planning (ERP). En él se gestionan áreas como la contabilidad, los horarios y fichas del personal, los pedidos de los clientes, así como sus confecciones, materiales utilizados y plazos, etc.

El proyecto se ha desarrollado en el área de producción, sin embargo, como estudiante en prácticas, se ha trabajado junto a todos los miembros de la empresa con el objetivo de entenderla en su globalidad. Para resolver los objetivos que se plantean en la empresa, el puesto de prácticas no está directamente englobado en ningún departamento puesto que la labor realizada no ha sido tutorizada por ningún profesional de la empresa. No obstante, aunque la actividad principal del proyecto, la cual se basa en la implantación de LM y la SED, no haya sido guiada, como estudiante en prácticas he recibido la formación necesaria para entender el funcionamiento de los distintos departamentos.

La alta dirección ha sido la encargada de establecer los objetivos estratégicos que hay que cumplir a largo plazo, el personal administrativo es el encargado de elaborar los documentos necesarios para poder desarrollar el puesto de trabajo, el dpto. de Calidad me ha permitido entender cuáles son los controles que se le deben hacer al producto, en el área de producción se ha podido desarrollar las mejoras pertinentes gracias a la aportación de ideas innovadoras por parte del encargado y del personal implicado, el departamento de comercialización ha aportado toda la información necesaria sobre los clientes y proveedores y, por último, el encargado del dpto. de Informática nos ha formado en torno al programa que se utiliza en la empresa. Todas estas aportaciones son clave para poder desarrollar el proyecto y obtener resultados beneficiosos.

3.3.2. MAPA DE PROCESOS

Natural Tropic se compone de múltiples actividades que permiten su correcto funcionamiento, tanto de forma interna como externa. Las actividades se agrupan en tres categorías principales según sea el objetivo por alcanzar con su consecución. De esta forma, se distinguen los procesos en estratégicos; están relacionados con la determinación de las políticas internas, estratégicas, objetivos y metas de la entidad, es decir, definen la orientación de hacia dónde debe operar la entidad, operacionales; sobre los que se apoya la compañía para el desempeño del objeto del negocio y de apoyo; brindan los recursos necesarios para una operatividad eficaz y eficiente.

La siguiente figura hace referencia a un mapa de procesos, el cual permite representar las actividades y sus interrelaciones. Para ello, habrá que identificar los diferentes procesos y relacionarlos unos con otros según su orden de ejecución, de manera estructurada.

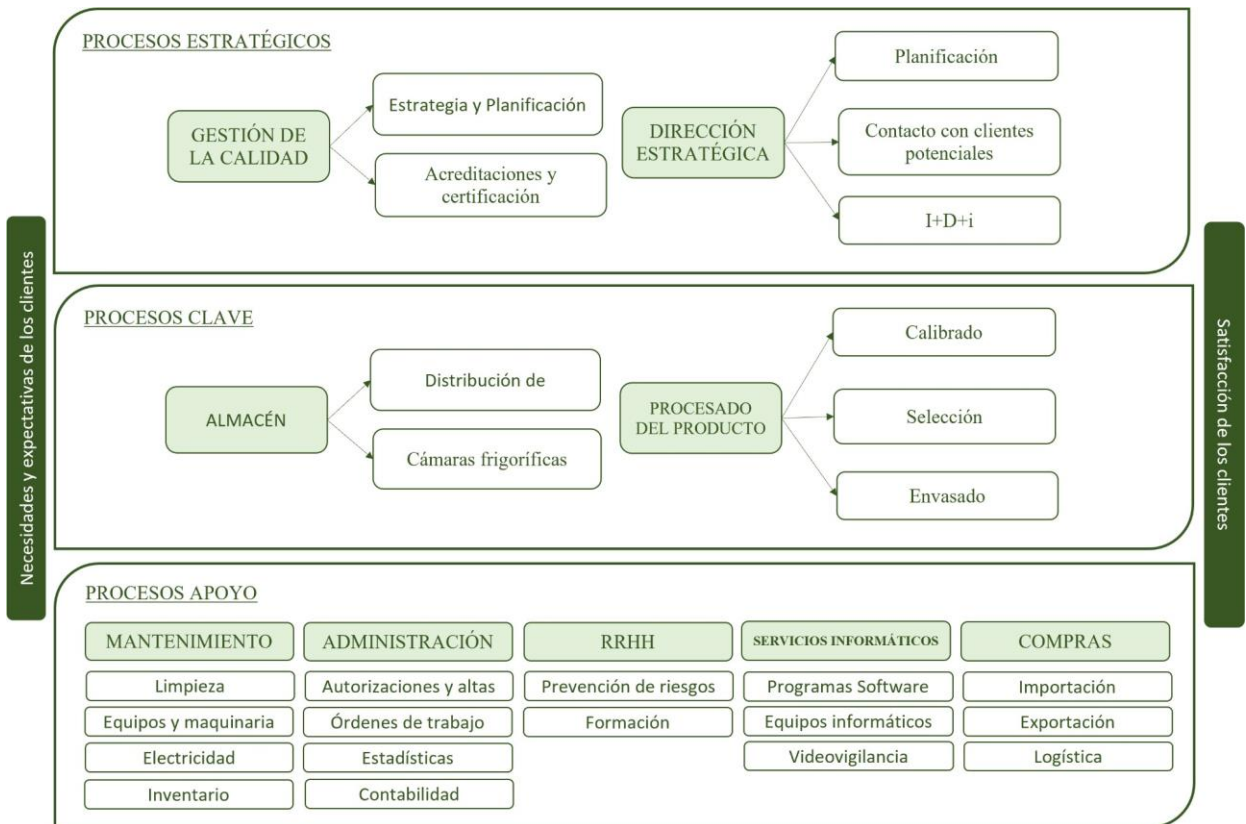


Figura 3.7. Mapa de procesos de la empresa

(Fuente: Elaboración propia)

En el primer bloque de procesos, el cual hace referencia a las actividades estratégicas, se pueden distinguir dos macroprocesos. Por un lado, la gestión de la calidad, la cual es de suma importancia en cualquier empresa que se encuentre dentro de la industria alimentaria. Hay que tener en cuenta que los productos desarrollados y producidos en este sector repercuten directamente en la salud de la población y, por tanto, la responsabilidad que recae en las empresas es suficientemente importante para que este aspecto tome especial interés. De esta forma, se deben tramitar los procesos relacionados con las certificaciones y acreditaciones pertinentes, además de establecer una estrategia y una planificación a largo plazo. El segundo macroproceso hace referencia a las decisiones y direcciones estratégicas que llevan a cabo los altos mandos de la empresa. Dentro de esta actividad se encuentran los procesos de planificación, contacto con clientes potenciales y proyectos de I+D+i.

Posteriormente, dentro de los procesos clave, se diferencian un flujo de actividades englobadas en un bloque de almacén y otro de procesado del producto. El sistema parte de la distribución

dentro de las distintas instalaciones de los productos y materiales o, en el caso de tratarse de productos que se quieran conservar o transformar en un nivel de maduración superior, su transporte hacia las cámaras frigoríficas. Seguidamente, se procede a calibrar, seleccionar y envasar cada producto de acuerdo con los requisitos establecidos por el cliente.

Por último, se encuentra el bloque de apoyo. En él, se agrupan una serie de procesos en cinco macroprocesos definidos en actividades de mantenimiento, donde se encuentra la limpieza, el control de la maquinaria, la electricidad y el inventario, la administración, relacionada con procesos de órdenes de trabajo o contabilidad, la gestión de recursos humanos, es decir, todas aquellas acciones que se centren en la formación, reclutamiento y prevención de riesgos laborales, los servicios informáticos y las compras.

3.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Una vez se han mencionado las distintas técnicas de trabajo y el funcionamiento desde una perspectiva global de la empresa, se definen cuáles son los pasos que seguir a la hora de implantar el proyecto y obtener resultados beneficiosos que puedan alcanzar los objetivos esperados.

En primer lugar, hay que recalcar que el proyecto se centra en una de las áreas de producción de la Nave 2, específicamente en uno de los procesos de transformación del aguacate, el cual es el envasado en tarrinas o, comúnmente llamado, Flowpack. Partiendo de esta base, las etapas se secuenciarán una tras otra comenzando con un análisis de los procesos, donde se idearán herramientas de recolección de datos que, posteriormente, serán utilizados para la construcción del VSM. Este mapa definirá el flujo inicial de la empresa y nos permitirá detectar en él una serie de errores o mudas que habrá que solventar gracias a métodos estudiados como la SED. Por último, se implantarán las mejoras pertinentes siguiendo el proceso PDCA de mejora continua, donde se pretende que las ideas vuelvan a plantearse en el caso de no ser exitosas, y se creará un programa de control de la producción para que el ritmo de trabajo sea lo más constante posible y se puedan tomar decisiones más fundamentadas en función de las necesidades del cliente.

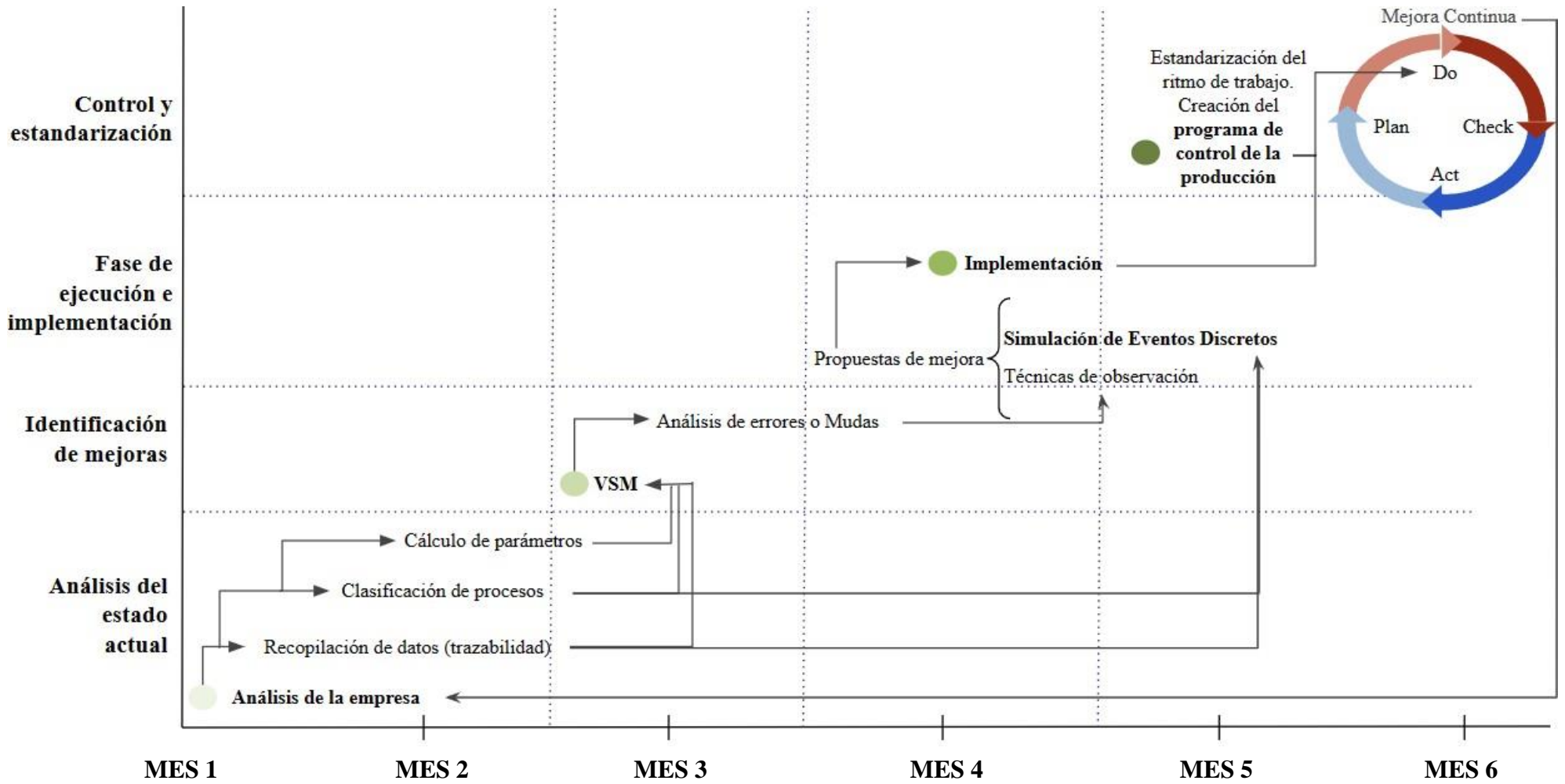


Figura 3.8. Metodología de trabajo

(Fuente: Elaboración propia)

3.5. CONSIDERACIONES FINALES

En este tercer capítulo, se ha comenzado con un planteamiento de la situación en la que se encuentra el sector alimentario español, el cual engloba a la industria agroalimentaria de la que es participe la empresa donde se va a implantar el proyecto. Este sector, de acuerdo con los datos que indicamos en el primer subepígrafe, es uno de los pilares sobre los que se sustenta la economía española. Por su parte, el agroalimentario supone cerca del 10% del total de la industria alimentaria. Sus cifras en cuanto al empleo generado, los beneficios obtenidos y las exportaciones realizadas han ido creciendo desde la pandemia de la Covid-19, situándose en números cercanos a épocas anteriores a la crisis vivida. Para comprobar cómo ha evolucionado el sector tras la pandemia, se han analizado cuáles han sido las respuestas y medidas impulsadas por las organizaciones gubernamentales. En último lugar, hemos definido la cadena de valor de la industria, describiendo a los participantes y las actividades que desarrolla cada uno de ellos.

En segundo lugar, hemos tratado de analizar y mostrar el funcionamiento de la empresa donde se ha realizado el proyecto. Se ha comenzado definiendo su localización y propósito comercial. Posteriormente, se ha elaborado un organigrama que recoge los departamentos que estructuran a la empresa, al igual que los responsables y trabajadores de cada uno de ellos. Además, se ha creado un mapa de procesos en el que se distinguen los tres bloques principales de actividades estratégicas, operacionales y de apoyo.

Para finalizar el capítulo, se ha expuesto un esquema que representa la actuación global que se va a llevar a cabo en el capítulo cuatro, donde se desarrolla la implantación de las herramientas estudiadas en los dos primeros epígrafes, con el objetivo de obtener resultados beneficiosos que alcancen los objetivos planteados. Su punto de partida hace referencia al análisis global de la empresa, es decir, a la información plasmada en este capítulo.

CAPÍTULO 4
APLICACIÓN PRÁCTICA

CAPÍTULO 4: APLICACIÓN PRÁCTICA

En este epígrafe, se desarrolla la aplicación práctica y se implementan las mejoras oportunas ante los errores que se identificaran en el VSM. En la introducción, se hablará y se describirá el área de trabajo seleccionado para desarrollar el proyecto, para ello, se utiliza una serie de planos y tarjetas de trazabilidad donde se definirá cada proceso. Seguidamente, se emplean los datos recopilados para elaborar el mapa de flujo de valor donde se observará el funcionamiento global de la línea de trabajo. Dentro de este esquema, se identifican los errores más relevantes para tratar de darles solución en el siguiente punto gracias a técnicas como la SED.

4.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del proyecto, como se ha mencionado anteriormente, se llevará a cabo en un área específica de la Nave 2, denominada Flowpack. Esta área está compuesta por una serie de actividades y procesos que comienzan con la llegada del producto a la instalación y finalizan con el envío de los mismos hacia los clientes.

El área Flowpack se caracteriza por estar compuesta por dos líneas idénticas en las que los operarios pueden ir alternándose para tratar de minimizar los tiempos de cambio de producto. Esto supone una gran flexibilidad a la hora de planificar la producción, ya que un aumento o disminución de la demanda pueden llevar a la modificación del personal y del volumen de producción.

Al tratarse de una de las líneas con mayor producción dentro de la empresa, desde la gerencia se ha promovido la implementación de mejoras relacionadas con la optimización de la producción, tratando de evitar de esta forma algunos de los despilfarros más comunes. Con el objetivo de poder detectar dichos fallos se elaborará un VSM.

El mapa de flujo requiere la recogida de datos masivos de esta área. Para ello se ha proporcionado por parte de la organización un plano en planta en el que se podrán identificar los distintos procesos: los que generan valor adicional al producto y los que no. Así mismo, se observa un plano de la célula de trabajo específica donde se detalla el flujo de actividades.

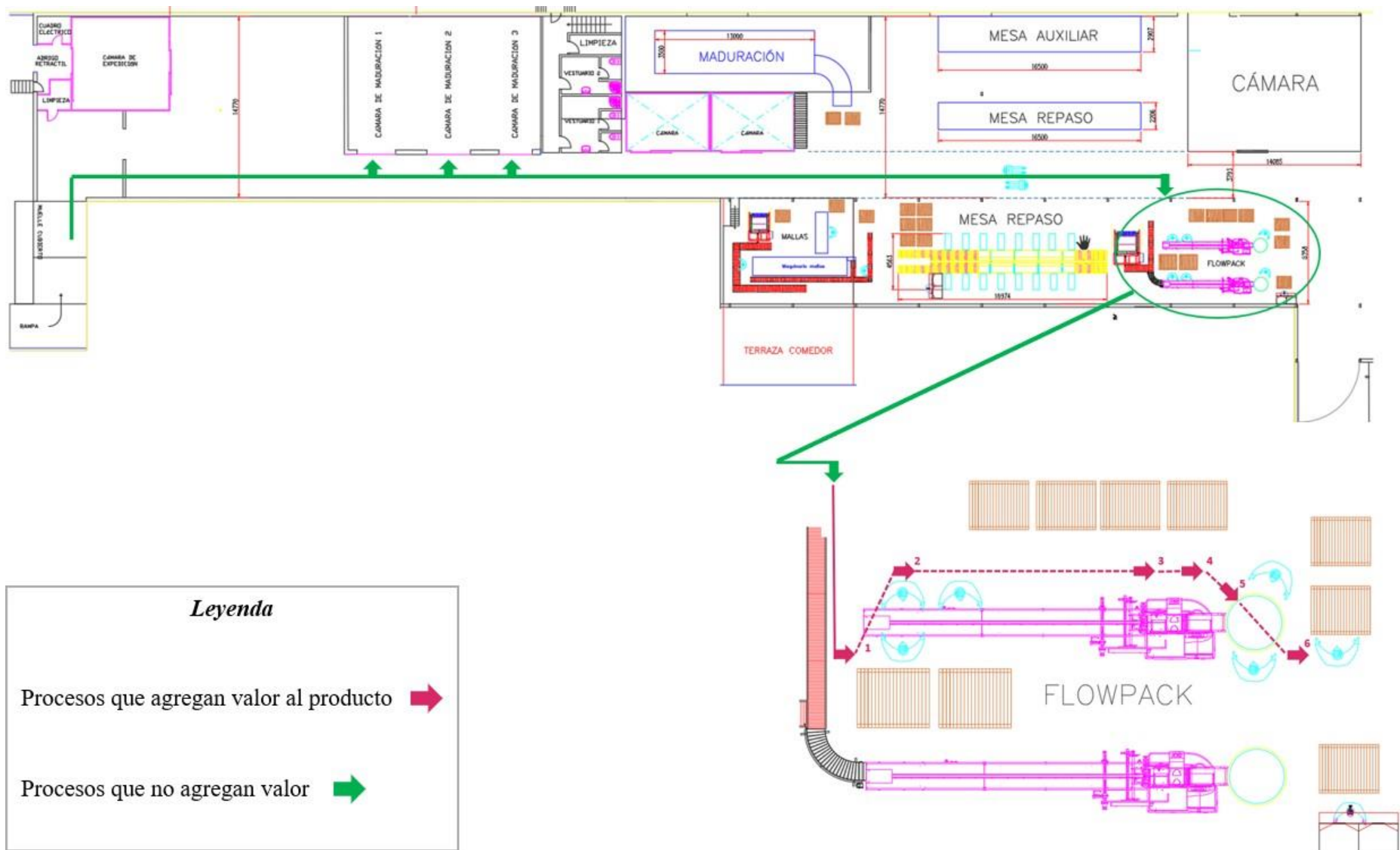


Figura 4.1. Plano en planta de la Nave 2 y célula de trabajo Flowpack
 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por Natural Tropic)

Acorde con el plano anterior, se seleccionan aquellos procesos que agregan valor al producto. Como se ha indicado, se necesita recopilar un gran volumen de datos relacionados con los fallos que se pueden dar en cada actividad, el tiempo empleado, los operarios que participan en cada etapa y el nivel de stock. Por esta razón, se ha elaborado una tarjeta de trazabilidad en la que se tratará de plasmar dicha información de tal forma que esté bien estructurada y organizada.

Estas tarjetas se han creado digitalmente y se encuentran en una hoja de Excel, la cual puede ser modificada desde distintos dispositivos y desde cualquier lugar de la instalación. Por su parte, los datos han sido recogidos gracias a un cronómetro.









FLP1001		Llegada a zona de trabajo -		
		Salida de zona de trabajo -		
PROCESO	ENCARGADOS	TIEMPO EMPLEADO	INVENTARIO	OBSERVACIONES / FALLOS
1. Posicionamiento tarrina				
2. Posicionamiento de la fruta				
3. Máquina Flowpack				
4. Máquina sellado				
5. Recepción				
6. Remontar				

*Figura 4.2. Tarjeta de trazabilidades Flowpack
(Fuente: Elaboración propia)*

La información será de gran ayuda a la hora de elaborar el mapa de flujo de valor y el modelo que se empleará para realizar las simulaciones posteriores. Sin embargo, tanto para el VSM como para la SED, estos datos tendrán que ser empleados de una forma analítica. Por ejemplo, a la hora de crear las distribuciones del modelo de simulación, será necesario hacer uso del programa “Input Analyzer”.

4.2. MAPA DE FLUJO DE VALOR

VSM, como se ha mencionado en el apartado 1.4.2., plasma gráficamente el proceso de producción de un producto concreto, con el objetivo de poder tener una visión global del flujo. Para poder representar el esquema del mapa de flujo de valor, se han empleado una serie de símbolos que se recogen a continuación:

	Fuentes externas: representa proveedores y clientes
	Flecha de traslado del proveedor a planta o de planta al cliente
	Transporte mediante camión de carga
	Operación del proceso
	Casillero de datos donde se incluye información relativa a cada proceso
	Inventario entre operaciones
	Comunicación verbal entre operarios
	Señal de flujo push

*Tabla 4.1. Símbolos utilizados en VSM
(Fuente: Elaboración propia)*

Nuestro proyecto se centrará en estudiar el flujo de procesos en el área Flowpack, la cual está situada en la Nave 2. Para ello, se necesita definir cuáles son los procesos que se llevan a cabo y realizar una serie de pasos que se detallaran a continuación.

1. Establecer una familia de productos e identificar los procesos

En primer lugar, todo VSM comienza estableciendo la familia de productos que van a tratarse de mostrar en el flujo. Natural Tropic dedica la mayor parte de los procesos a la transformación del aguacate y el mango. Específicamente, estos dos productos generan junto a otros materiales una gama de productos denominada Flowpack, la cual se basa en situar la

fruta sobre una bandeja, generalmente de cartón, y, posteriormente, enrollarla en plástico para evitar su exposición al exterior.

Por tanto, debido a la importancia de este producto para la empresa, se selecciona el Flowpack de aguacate y mango para la elaboración del mapa de flujo de valor.

Los procesos y actividades que generan valor y componen la elaboración de este producto han sido identificadas anteriormente y se resumen en la posición de tarrinas dentro de la primera cinta transportadora, el posicionamiento de la fruta correspondiente en la tarrina, ya sean aguacates o mangos, la acción de envolver a la tarrina junto con la fruta en la máquina Flowpack, el posterior cierre de la envoltura en la máquina de sellado, la recepción del producto final y su posicionamiento en la caja donde se encuentran las demás tarrinas, y, por último, el transporte de la caja y su remontado en el pallet.

Tanto el aguacate como el mango pasan por los mismos procesos, por lo tanto, se podrá unificar la demanda y los datos recopilados en un mismo esquema de trabajo.

Tras seleccionar los productos, se han de utilizar los datos recopilados en las tarjetas de trazabilidad expuestas anteriormente para poder determinar el tiempo empleado en cada proceso. Hay que tener en cuenta que el tiempo calculado es aproximado y no se corresponde siempre con la realidad.

PROCESO	TIEMPO (SEG.)
Posicionamiento de tarrina	1
Posicionamiento de la fruta	2
Máquina flowpack	1,7
Máquina sellado	1,2
Recepción	2
Remontar	1,33

*Tabla 4.2. TC para cada proceso
(Fuente: Elaboración propia)*

2. Hallar la demanda y calcular el Takt Time

En esta etapa, se identifican las necesidades de los clientes. Para identificar la demanda real de la empresa, se analizan los datos referidos a los pedidos realizados durante distintos meses del año y se calcula el promedio de estas cifras. Posteriormente, se calcula la demanda media para cada día.

Una vez realizados estos cálculos, se obtiene que Natural Tropic tiene una demanda de 16.850 Tarrinas / Día. Tras obtener este dato, se halla el takt time, el cual marca el ritmo de producción para poder satisfacer la demanda diaria. La fórmula empleada para hallar el takt time es la siguiente:

$$\text{Takt time} = \text{Tiempo disponible por día} / \text{Demanda diaria total}$$

En primer lugar, se calcula el tiempo disponible por día. Para ello, se necesita conocer el número de horas diarias trabajadas y sus respectivos descansos. El valor equivalente a 8 horas de trabajo diario, lo que es igual a 480 minutos al día o 28.800 segundos. Conociendo ambos datos, se determina el valor del Takt Time:

$$\text{Takt time} = \text{T. Disp. Día} / \text{Demanda diaria total} = 28.800 / 16.850 = \underline{1,71 \text{ Seg. / Tarrina}}$$

Este cálculo se puede interpretar como el tiempo necesario que la empresa tiene para fabricar una unidad de producto y, de esta forma, satisfacer la demanda de los clientes, siendo 1,71 segundos el tiempo constante que debe mantener la producción

Cabe destacar que este cálculo se realiza de forma teórica y su valor puede cambiar cada día en función de la demanda y el tiempo disponible de los operarios. Como se verá más adelante, la variación de este valor conlleva diversos problemas que tratarán de solucionarse gracias a la implementación de algunas mejoras.

3. Elaboración del esquema con inventarios, datos de procesos y flujo de materiales

Hallado el takt time, se procede a realizar el tercer paso, el cual hace referencia a la representación de los procesos anteriormente detallados dentro del mapa de valor. Además de

identificar cada actividad, se indica el inventario en cada etapa y los datos relativos a cada una de ellas.

Posicionamiento de tarrina	
TC	1 seg.
TCP	40 seg.
TURNOS	1
OPERARIOS	1

*Tabla 4.3. Datos relativos al proceso Posicionamiento de tarrina
(Fuente: Elaboración propia)*

El primer proceso tiene un Tiempo de Ciclo (TC) de 1 segundo y un Tiempo de Cambio de Producto (TCP) de 40 segundos. Además, esta actividad es desarrollada por un único operario en un único turno.

Posicionamiento de la fruta	
TC	2 seg.
TCP	0 seg.
TURNOS	1
OPERARIOS	2

*Tabla 4.4. Datos relativos al proceso Posicionamiento de la fruta
(Fuente: Elaboración propia)*

En cuanto al posicionamiento de la fruta, como se puede observar en la *Tabla 4.3.*, tiene un TC de 2 segundos. Por otro lado, para el funcionamiento de esta actividad se utilizan dos empleados en un único turno.

Máquina flowpack	
TC	1,7 seg.
TCP	2 min.
DISPONIBILIDAD	100%

*Tabla 4.5. Datos relativos al proceso Máquina Flowpack
(Fuente: Elaboración propia)*

En el proceso que realiza la máquina Flowpack no es necesaria la labor de ningún operario y sus TC y TCP son de 1,7 y 120 segundos respectivamente. Por otro lado, al poder emplearse durante todas las horas que el personal está trabajando, su disponibilidad es del 100%.

Máquina sellado	
TC	1,2 seg.
TCP	0 seg.
DISPONIBILIDAD	100%

*Tabla 4.6. Datos relativos al proceso Máquina sellado
(Fuente: Elaboración propia)*

Lo mismo que en la anterior actividad ocurre en la máquina de sellado, donde la disponibilidad de su uso es del 100%. En cuanto al TC, su valor es de 1,2 segundos.

Recepción	
TC	2 seg.
TCP	0 seg.
TURNOS	1
OPERARIOS	2

*Tabla 4.7. Datos relativos al proceso Recepción
(Fuente: Elaboración propia)*

El proceso referido a la recepción de las tarrinas requiere la ayuda de dos operarios que realizan las actividades necesarias para situar el producto en las cajas que posteriormente serán remontadas en el pallet. El TC es de 2 segundos y no existe TCP.

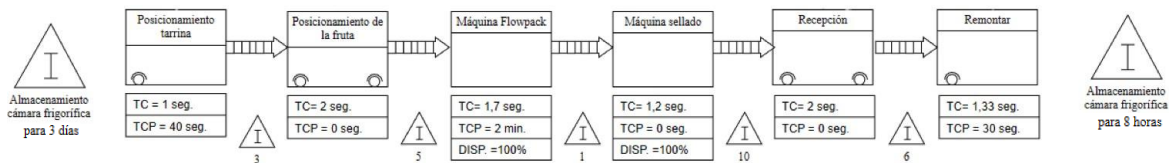
Remontar	
TC	1,33 seg.
TCP	30 seg.
TURNOS	1
OPERARIOS	1

*Tabla 4.8. Datos relativos al proceso Remontar
(Fuente: Elaboración propia)*

Por último, se encuentra el proceso de remontado, el cual tiene un TC de 1,33 segundos y un TCP de 30 segundos. Además, necesita la ayuda de un operario.

Una vez se han hallado los datos de cada proceso, se necesitan establecer los inventarios entre cada uno de ellos. Esos datos se incluirán junto con los anteriores dentro del esquema general. De esta forma, en primer lugar, se puede observar un inventario global que hace referencia a los productos que son almacenados en las cámaras frigoríficas, ya sea para mantener su estado de madurez o para acelerar su transformación. Este inventario es de 3 días completos. Posteriormente, tras posicionar la tarrina dentro de la línea de trabajo, existe un stock de 3 unidades en todo momento. Entre el proceso dos y tres hay 5 unidades de inventario que se encuentran en una línea transportadora esperando su llegada al proceso desarrollado en la máquina Flowpack. Tras la actividad número tres, se establece un inventario de 1 unidad entre las dos máquinas y, seguidamente, un stock de 10 productos. En último lugar, entre la recepción y remontar, se da un almacenamiento de 6 unidades que finalmente son desarrolladas y enviadas de nuevo a las cámaras frigoríficas, donde están un total de 8 horas, para su posterior envío hacia los clientes.

Siguiendo estas pautas, se ha elaborado esta parte del esquema, dibujando además el flujo de material, caracterizado por ser de tipo push, es decir, los stocks generados entre cada proceso pasan a la siguiente actividad empujando de esta forma a los demás para que avancen.



*Figura 4.3. Esquema de inventarios, procesos y flujo de materiales
(Fuente: Elaboración propia)*

4. Elaboración del flujo de información

La empresa tiene cuatro flujos de información en los que los tres primeros son gestionados a través de un programa de planificación de recursos ERP. De esta forma, la información está cohesionada sobre una misma plataforma a la que la mayoría de los trabajadores pueden acceder.

En primer lugar, se observa el flujo que se da entre el control de producción de la empresa y sus proveedores. En este caso, Natural Tropic solicita la materia prima de forma mensual debido a los largos caminos y rutas por las que tiene que pasar el producto hasta llegar a las instalaciones. Los pedidos suelen tardar en torno a un mes y se reciben varios camiones semanalmente.

Otro flujo de información es el que se da entre el cliente y el control de producción. Es muy importante que la empresa tenga retroalimentación del cliente para poder analizar si se han satisfecho o no sus necesidades. Los clientes hacen pedidos diarios a la empresa. Por lo que la demanda suele variar habitualmente de un día para otro.

Existe también un flujo de comunicación entre el control de producción y los jefes de cada línea de trabajo. El encargado es el que da las órdenes sobre qué pedidos hay que fabricar a través del ERP y, posteriormente, los jefes de cada línea se ocupan de dar las directrices pertinentes a los operarios a través del canal oral de comunicación. Siendo este, el último flujo de información que se puede observar en el esquema que se expone a continuación.

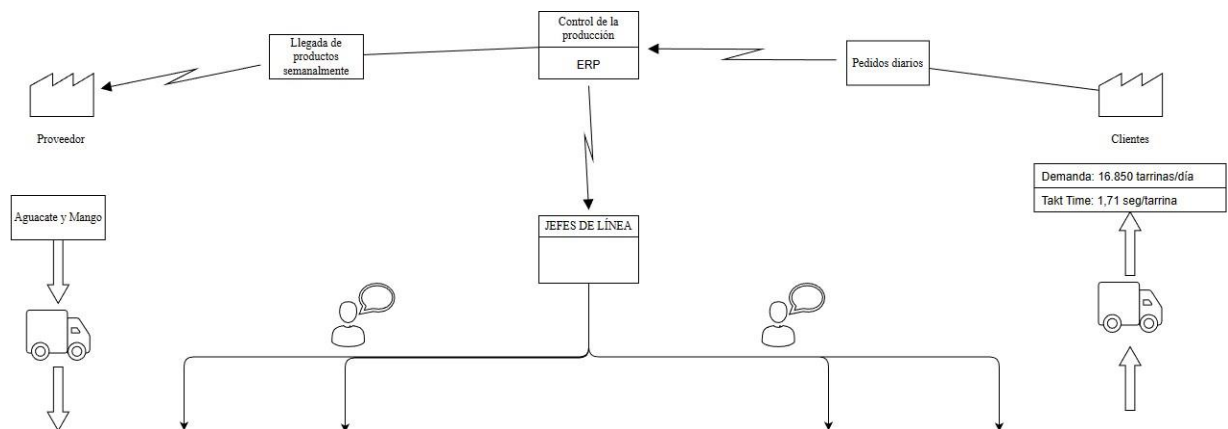


Figura 4.4. Esquema de flujo de información

(Fuente: Elaboración propia)

5. Calcular el Tiempo de Valor Añadido (TVA) y el Lead Time (LT)

Para calcular el TVA, se debe sumar cada TC de los distintos procesos. De esta forma, el cálculo sería el siguiente:

$$\mathbf{TVA = 1 + 2 + 1,7 + 1,2 + 2 + 1,33 = \underline{9,23 \text{ segundos}}}$$

Por otro lado, el LT es el tiempo que necesita un producto en recorrer la instalación de un extremo a otro desde la llegada de la materia prima hasta el cliente. Para calcular su valor, se tiene que hallar el tiempo de espera en inventario, el cual se calcula dividiendo las unidades de inventario por la demanda diaria, y sumar todos estos valores. De esta forma, el LT es:

$$\mathbf{LT = 3 + 3/16.850 + 5/16.850 + 1/16.850 + 10/16.850 + 6/16.850 + 0,33 = \underline{3,331 \text{ días}}}$$

El LT es de 3,331 días, de los cuales solo 9,23 segundos se corresponden con procesos que generan valor. De esta forma, se procede a hallar la Ratio de Valor Añadido (RVA). Para ello, se convierte el valor de LT a segundos y se obtiene lo siguiente:

$$\mathbf{RVA = TVA / LT = 9,23 / 1.598 = \underline{0,01}}$$

Se observa que la RVA es muy pequeña, lo que nos indica que no se está generando todo el valor que se debería. Una vez se han realizado todos los pasos, se puede representar gráficamente el mapa de flujo de valor para la familia de productos seleccionada.

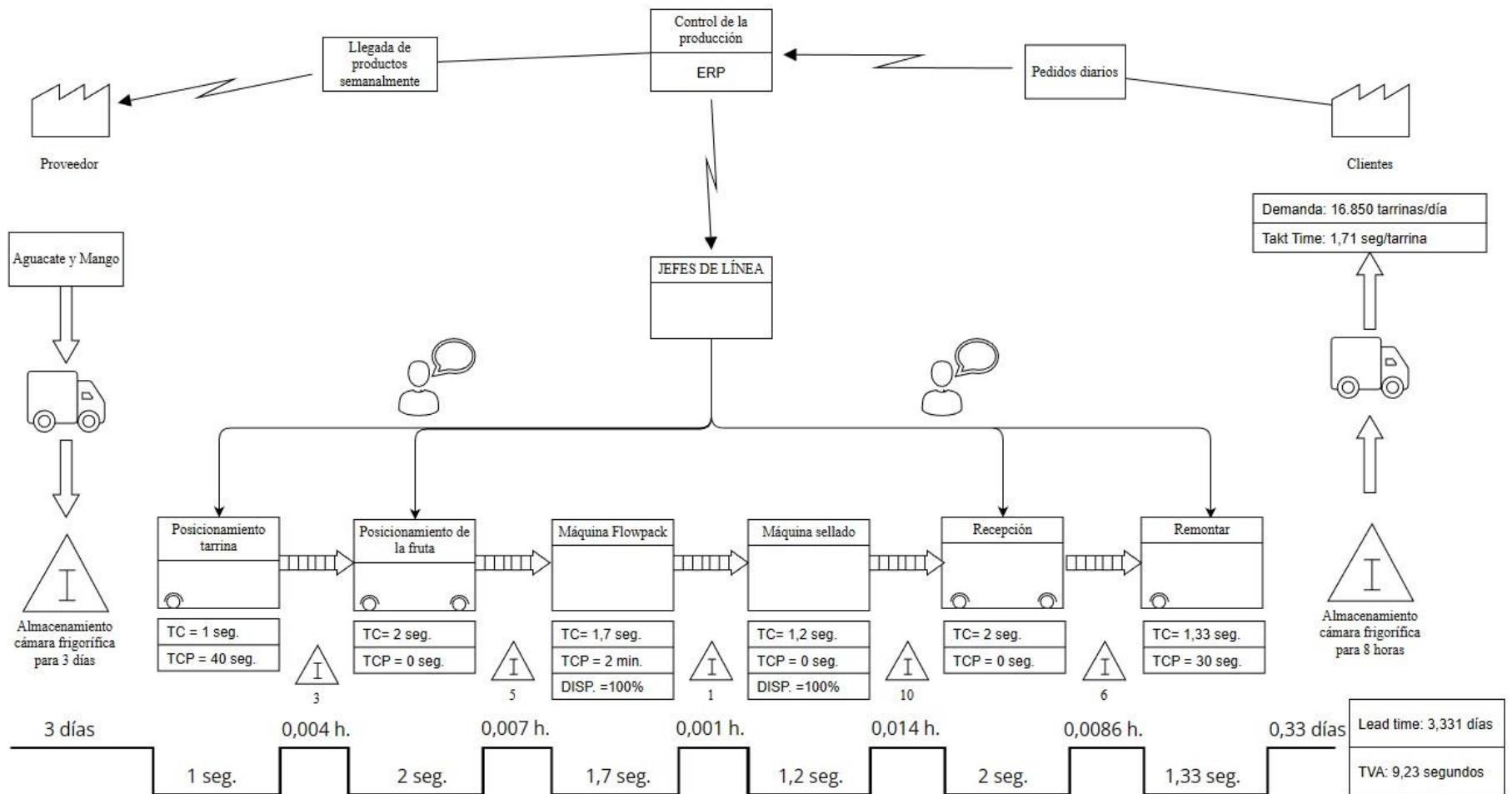


Figura 4.5. Mapa de flujo de valor en el área de Flowpack

(Fuente: Elaboración propia)

4.2.1. DETECCIÓN DE DESPILFARROS O MUDAS

Basándonos en el estado actual del VSM, se identifican y analizan las restricciones, los desperdicios operativos o mudas y sus causas raíz. Esta información se ha recopilado manualmente en la parte de observaciones de la tarjeta de trazabilidad (*Figura 4.2.*).

En la tabla siguiente se ofrece un resumen sobre los desperdicios identificados más relevantes. Además, se relaciona cada punto con su proceso correspondiente y se integran dentro del mapa de flujo de valor (*Figura 4.6.*).






Tipo de muda	Procesos involucrados	Descripción del fallo
Inventario 	4. Máquina de sellado 5. Recepción	<i>Acumulación de tarrinas</i> Un mal diseño de la última zona de almacenamiento hace que las tarrinas se acumulen y acaben en el suelo o incluso se rompan.
Defectos 	4. Máquina de sellado	<i>Cierre erróneo del envoltorio de flowpack</i> Cuando la tarrina es envuelta en plástico y llega a la máquina de sellado, el cierre no se produce de forma correcta y ocasiona grandes pérdidas de tiempo y material
Movimientos innecesarios 	2. Posicionamiento de la fruta	<i>Exceso de personal</i> Existen algunos pedidos en los que los lotes son mayores y es innecesario tener a dos operarios en la zona de posicionamiento de fruta
Espera 	Flujo de información de los jefes de línea con el control de producción	<i>Falta de retroalimentación sobre el ritmo de producción diario</i> Es necesaria la incorporación de un flujo informativo aguas arriba. De esta forma, los encargados de producción podrán tomar decisiones y conocerán como marcha la producción constantemente.
Movimientos innecesarios 	5. Recepción	<i>Exceso de personal</i> Existen algunos pedidos en los que los lotes son mayores y es innecesario tener a dos operarios en la zona de recepción.

Tabla 4.9. Identificación y análisis de Mudas

(Fuente: Elaboración propia)

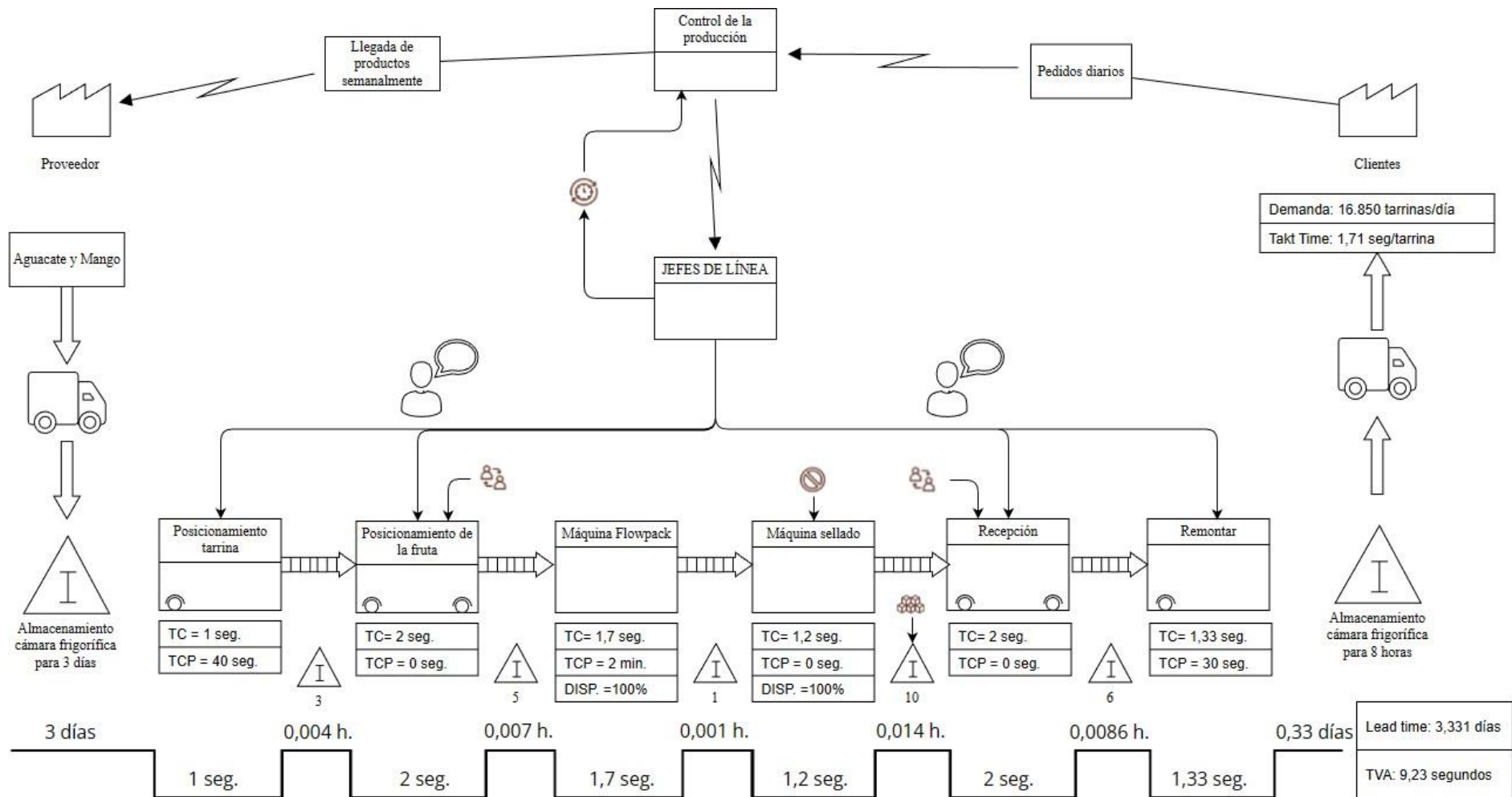


Figura 4.6. Mapa de flujo de valor en el área de Flowpack incorporando mudas
(Fuente: Elaboración propia)

4.3. PROPUESTAS DE MEJORA

Ante los errores detectados en el mapa de flujo de valor, se proponen mejoras para cada una de ellas. Estas iniciativas han sido planificadas y puestas en funcionamiento, de tal forma que se han podido obtener resultados, los cuales se pueden observar en el último capítulo del proyecto.

Las implementaciones se han desarrollado siguiendo la metodología de mejora continua a través del ciclo PDCA. Debido a ello, algunas propuestas se han visto modificadas en el tiempo para tratar de satisfacer y tener en cuenta a todos los interesados e integrantes del proyecto.

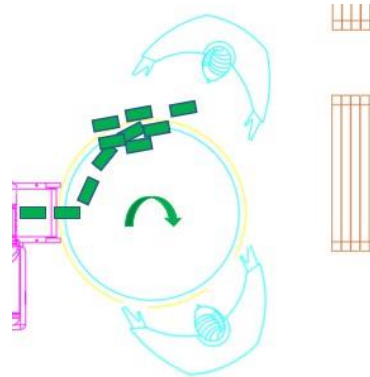
A continuación, se exponen las acciones llevadas a cabo para evitar el exceso de inventario entre el proceso cuatro y cinco, y los errores que suceden debido a los defectos en la máquina de sellado.

➤ Mejora 1: Acumulación de tarrinas

Tras recopilar información sobre este error, se ha podido cerciorarse sobre su recurrencia, tratándose de uno de los fallos más habituales en la línea de producción.

Esta situación se da cuando los operarios del proceso 5, el cual hace referencia a la acción de coger las tarrinas cuando ya han sido envueltas y selladas en plástico, para situarlas en las cajas, no son capaces de alcanzar las tarrinas ya que estas están concentradas en una zona específica de la cinta, agrupando a los demás productos que llegan desde la máquina de sellado y haciendo que gran parte de estas acaben en el suelo o se vean afectadas por algún golpe. Este proceso se puede observar en la *figura 4.7*.

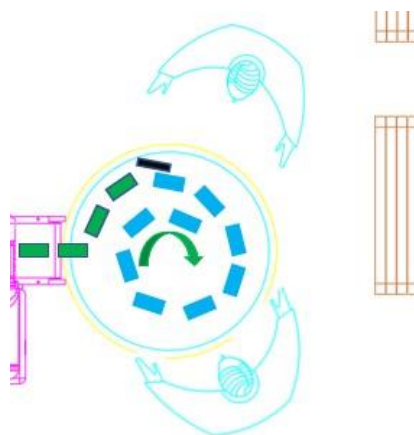
Así mismo, el fallo no solo afecta al producto en sí, si no que el rendimiento del personal disminuye notablemente, llegando incluso a tener que parar la línea de producción.



*Figura 4.7. Representación del error de acumulación de tarrinas
(Fuente: Elaboración propia)*

Como se puede observar, las tarrinas se agolpan en una zona concreta, lo que hace que el segundo operario no sea eficiente y el primero esté demasiado saturado. Además, la ineficiencia de esta zona también conlleva retrasos en la zona seis, la cual se ocupa de remontar las cajas que los operarios del proceso cinco completan.

Acorde con los despilfarros encontrados, se propone una solución en la que se fabrique un soporte gracias a la ayuda de los operarios de mantenimiento y mecánica. Este soporte rígido se situará antes de la zona donde se agrupan las tarrinas para tratar de dar una dirección distinta a las mismas, favoreciendo de esta forma su giro en torno a la mesa circular. Gracias a ello, ambos operarios podrán mantener un ritmo constante de trabajo, se eliminarán los daños generados en las tarrinas y no se volverán a caer al suelo.



*Figura 4.8. Representación de la solución al error
(Fuente: Elaboración propia)*

Una vez se crea el soporte, se ha comprobado cual es el ángulo correcto para situar el componente de tal manera que las tarrinas no choquen unas con otras. Tras varias pruebas, se concreta una posición y su implementación hace que los errores no se vuelvan a producir de nuevo.

➤ **Mejora 2: Cierre erróneo del envoltorio de Flowpack**

Los controles de calidad dentro de la industria en la que Natural Tropic opera son exhaustivos, por lo que cualquier fallo dentro de la línea de producción ha de ser analizado con detenimiento para ver si puede dañar al producto o la materia prima. En este caso, la máquina encargada del sellado hermético del Flowpack no funciona correctamente y, por consiguiente, el producto ha de ser retirado de la línea, desperdiciando de esta manera una gran cantidad de materiales.

Además, este error no suele ser detectado normalmente por los operarios ya que la apertura suele ser pequeña, por lo que, cuando se encuentra alguna tarrina abierta, muchas de las que ya están situadas sobre el pallet han de ser revisadas para encontrar posibles fallos.

Debido a las pérdidas notables tanto de tiempo como de material, se comienzan a detectar similitudes con respecto a la hora donde se suele dar el fallo. Se observa que existe una relación entre las horas de trabajo posteriores a los descansos del personal, donde la máquina ha dejado de funcionar durante cierto tiempo, y el número de fallos debido a este cierre erróneo. Por lo que se entiende que la situación se puede dar por una bajada notable de la temperatura de la máquina, lo que hace que el mecanismo de cierre no deforme suficientemente el plástico.

Gracias a esta conclusión, se promueve una solución conjunta con los operarios de mantenimiento. Se acuerda que los trabajadores de la línea, tras volver de los descansos, apliquen sobre los engranajes de la máquina un lubricante para tratar de acelerar la puesta a punto de la máquina. Tras varias observaciones, se ha concluido que el empleo del lubricante es beneficioso y reduce considerablemente la aparición de tarrinas abiertas.

4.3.1. MEJORA ASOCIADA AL EXCESO DE PERSONAL UTILIZANDO SED

La tercera de las mejoras implementadas en las líneas de producción hace referencia al modelado y simulación. Se ha observado que en diferentes situaciones se da un exceso de personal tanto en el proceso 2, el cual hace referencia a la actividad de posicionamiento de la fruta en la tarrina, como en la etapa que involucra la recepción del Flowpack.

Estos errores son derivados de las diferencias entre un cliente y otro, ya que los lotes entre los diferentes pedidos varían. Por ejemplo, el cliente A pide que haya un total de 5 tarrinas en la caja final, mientras que el cliente F quiere que haya un total de 8 tarrinas. Esto hace que la utilización y el porcentaje de eficiencia de cada trabajador varíe considerablemente, replantándonos el número de operarios que se necesitan en la línea.

A continuación, se plantean los diferentes escenarios que se pueden encontrar según los requisitos de los distintos clientes. En la tabla, se encuentran el número de piezas de fruta por tarrina y el número de tarrinas por caja.

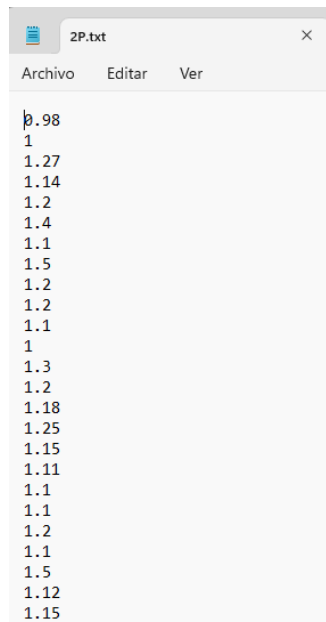
TIPO DE PEDIDO	PIEZAS DE FRUTA	TARRINAS POR CAJA
A	2	5
B	2	6
C	3	6
D	4	6
E	4	8
F	4	10
G	4	12

*Tabla 4.10. Tipos de pedido según número de piezas y tarrinas
(Fuente: Elaboración propia)*

Atendiendo a la tabla anterior, se han recopilado los datos necesarios en cada tipo de pedido gracias a las tarjetas de trazabilidad, con el objetivo de encontrar distribuciones que se correspondan con la realidad y puedan ser utilizadas en el modelo de simulación.

No obstante, el software Arena no es capaz de analizar los datos tal y como se encuentran dentro de las tarjetas. Por lo que, para modelar las entradas aleatorias en Arena, lo primero que hay que hacer es introducir los datos recogidos a través del programa Excel en un fichero de texto “.txt”.

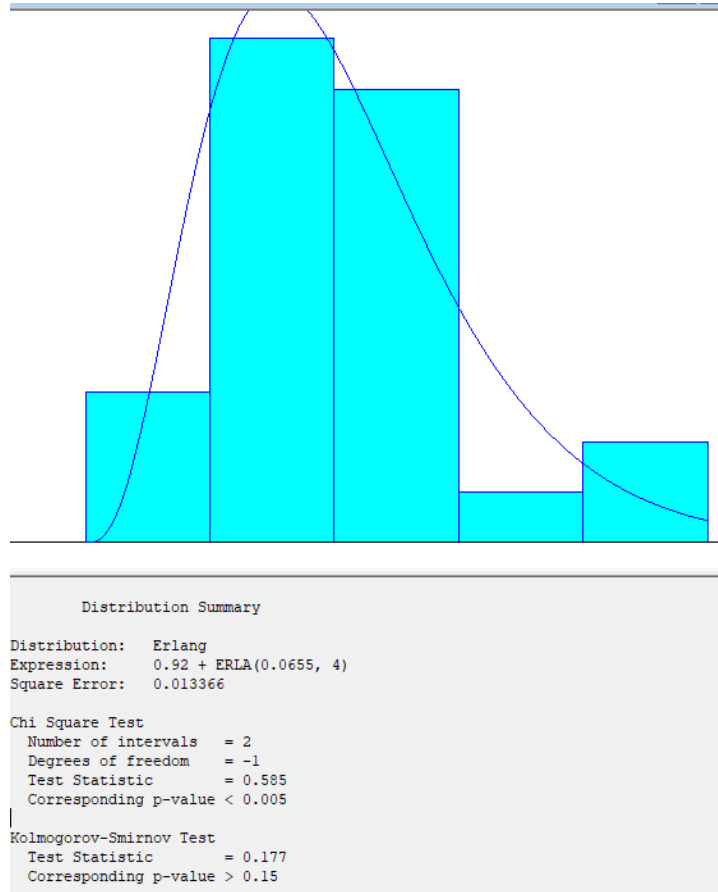
En la siguiente figura, se puede observar un ejemplo de estos ficheros “.txt” que se van a elaborar para poder obtener la distribución que más se asemeje.



*Figura 4.9. Documento con los datos en formato .txt
(Fuente: Elaboración propia)*

Se realiza lo mismo para cada uno de los procesos que componen la línea de fabricación, distinguiendo además los datos recogidos para aquellos procesos que tengan un pedido de 2, 3 o 4 piezas por tarrina.

Una vez se introduce el archivo en “Input Analyzer”, se tiene que indicar y seleccionar el botón “Fit All”. De esta forma, nos aparecerán los siguientes datos:



*Figura 4.10. Distribución estadística para el proceso de posicionamiento de fruta: 2 Piezas
 (Fuente: Programa “Input Analyzer”)*

Si se fija en la imagen, además de ofrecer un histograma que representa la distribución equivalente a los datos introducidos, el programa indica en la parte inferior la expresión que se debe utilizar en el modelo. Por otro lado, el error cuadrático medio obtenido, Square error, es sumamente pequeño, lo que nos indica que la distribución apenas se desvía de los datos. Esto es uno de los motivos que condiciona la calidad del ajuste.

El programa también aporta los resultados obtenidos del test Kolmogorov-Smirnov y Chi-square test, análisis que constatan la bondad del ajuste. Los demás datos de procesos han sido analizados y se pueden observar en el *Anexo 1*.

Tras analizar los distintos procesos, se agrupan sus respectivas expresiones en la siguiente tabla:

Posicionamiento de tarrinas	Cinta 1	Posicionamiento de fruta: 2p	Posicionamiento de fruta: 3p	Posicionamiento de fruta: 4p	
0.14 + LOGN (0.732, 0.504)	3 + EXPO (1.21)	0.92 + ERLA (0.0655, 4)	TRIA (1.21, 1.49, 1.84)	1.13 + LOGN (1.03, 0.738)	
Cinta 2	Máquina flowpack	Máquina corte	Cinta 3	Recepción	Remontar
NORM (4.48, 0.769)	UNIF (1.02, 1.9)	UNIF (1.19, 1.53)	UNIF (4, 8)	UNIF (1, 2.98)	UNIF (6, 8)

Tabla 4.11. Expresiones estadísticas para cada uno de los procesos

(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar, existen distintas distribuciones dependiendo del número de piezas de fruta que se colocan en cada tarrina. Los demás procesos son uniformes para cada pedido, la única variación extra será el total de tarrinas que haya en cada caja. Para representar esta característica dentro del modelo, se hará uso del módulo Batch.

Posteriormente, se identifican las entidades y atributos que definen al sistema. Se recogen en la siguiente tabla el nombre y tipo de entidad empleada en el modelo, el nombre y descripción de cada atributo, y sus respectivas cantidades.

NOMBRE ENTIDAD	TIPO	ATRIBUTOS			NÚMERO
		NOMBRE	RANGO	DESCRIPCIÓN	
TARRINA	Temporal	Tipo	1 = Vacía 2 = Con fruta 3 = En la caja	Tipo de tarrina a lo largo de la línea de producción	0 ... ∞
OPERARIO_T	Recurso	-	-	-	0,1
OPERARIOS_F	Recurso	T_2P	Real	Tiempo necesario para las confecciones de 2 piezas	0,1,2
		T_3P	Real	Tiempo necesario para las confecciones de 3 piezas	
		T_4P	Real	Tiempo necesario para las confecciones de 4 piezas	
MÁQUINA_FLP	Recurso	-	-	-	0,1
MÁQUINA_C	Recurso	-	-	-	0,1
OPERARIOS_A	Recurso	-	-	-	0,1,2
OPERARIOS_B	Recurso	-	-	-	0,1

Tabla 4.12. Entidades y atributos del modelo de simulación

(Fuente: Elaboración propia)

En la línea de trabajo se encuentran 7 entidades. Dentro de ellas, se observa que existe una de tipo temporal, ya que es la que entra y sale del sistema, después de haber sido transformada por los recursos, dando lugar a un número infinito de unidades. El resto serán recursos, ya que no van a evolucionar con el sistema, si no que se mantienen fijos en él.

Esta entidad hace referencia a las tarrinas y se pueden encontrar tres tipos. Por un lado, cuando la tarrina está vacía y ya se encuentra en la cinta transportadora, en segundo lugar, la tarrina con la fruta dentro y, por último, cuando está en la caja de salida.

Se tiene que mencionar también que los Operarios_F pueden emplear distintos tiempos de procesado según sea el pedido que se esté realizando. De esta forma, se han creado atributos de tiempo dependiendo del número de frutas con el que se esté trabajando. Se distingue el tiempo para 2 piezas de fruta, 3 y 4.

Una vez se definen las entidades y atributos, se describen las variables de estado:

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	NÚMERO
Q_OperarioT	Número de tarrina en espera a ser posicionadas por el Operario T	0, 1, ... ∞
Q_OperarioF	Número de tarrina en espera a posicionar la fruta en su interior por los Operarios_F	0, 1, ... ∞
Q_MáquinaFLP	Número de tarrina en espera a entrar en la Máquina FLP	0, 1, ... ∞
Q_MáquinaC	Número de tarrina en espera a entrar en la Máquina de corte	0, 1, ... ∞
Q_OperariosA	Número de tarrina en espera a ser recepcionadas por los Operarios_A	0, 1, ... ∞
Q_OperariosB	Número de tarrina en espera a ser remontadas por el Operario B	0, 1, ... ∞
N_OperarioT	Estado del Operario_T	0 libre 1 ocupado
N_OperarioF	Estado de los Operarios_F	0 libre 1 ocupado
N_MáquinaFLP	Estado de la Máquina FLP	0 libre 1 ocupado
N_MáquinaC	Estado de la Máquina de corte	0 libre 1 ocupado
N_OperariosA	Estado de los Operarios_A	0 libre 1 ocupado
N_OperariosB	Estado del Operario_B	0 libre 1 ocupado

*Tabla 4.13. Identificación de las Variables de Estado
(Fuente: Elaboración propia)*

Las variables en las que aparece una N se refieren al estado de cada uno de los recursos, mientras que si contiene la Q se refieren a las colas que se generan en cada uno de ellos. En el caso de las colas podrán tomar valores desde cero hasta infinito y, en cuanto a las de estado, son variables binarias que tomarán el valor de 0 cuando el recurso libere a una entidad y el valor de 1 cuando el recurso capte a una entidad.

La definición de las entidades y variables de estado, además de la recopilación de todas las distribuciones estadísticas nos permiten generar el modelo que se podrá simular posteriormente. Se ha utilizado el software Arena y el resultado final es el siguiente:

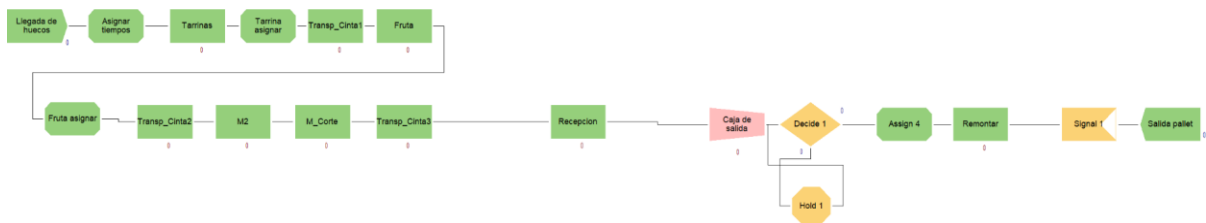


Figura 4.11. Modelo generado en el programa Arena Rockwell
(Fuente: Elaboración Propia)

En primer lugar, se han definido los recursos y las entidades que se mencionan en la tabla 4.12. Para ello, se ha hecho uso de la barra de módulos que aparece a la izquierda de la interfaz.

	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics	Commen
1	Operario_P	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Operarios_F	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Maquina_FLP	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Maquina_C	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Operarios_A	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Operarios_B	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 4.12. Recursos utilizados en el modelo
(Fuente: Elaboración Propia)

Los recursos se han definido junto a la capacidad de cada uno de ellos. Sin embargo, se ha descartado la posibilidad de recopilar información en forma de calendario (módulo Schedule).

Hay que mencionar que se ha creado un Set, el cual agrupa los operarios de la zona de la recepción y la zona de remontando, con el objetivo de trabajar con una célula de trabajo en la que los operarios de esas dos zonas realicen ambas actividades indistintamente. Esto nos permitirá generar diversos escenarios en los que se podrá modificar el número de operarios de la zona de Recepción, la cual se ha detectado que tenía algunos despilfarros.

	Name	Type	Member Definition Method	Members	Comment
1	Set 1	Resource	Manual List	2 rows	

Members		
	Member Type	Resource Name
1	Single Element	Operarios_A
2	Single Element	Operarios_B

Double-click here to add a new row.

Figura 4.13. Creación de Set en el modelo
(Fuente: Elaboración Propia)

	Entity Type	Initial Picture	Holding Cost / Hour	Initial VA Cost	Initial NVA Cost	Initial Waiting Cost	Initial Tran Cost	Initial Other Cost	Report Statistics
1	Vacia	Picture.Box	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
2	TarrinaFruta	Picture.Green Ball	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Cajasalida	Picture.Box	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 4.14. Entidades utilizadas en el modelo
(Fuente: Elaboración Propia)

Como se observa en la segunda columna de la imagen superior, las entidades han sido identificadas con distintas figuras para su visualización a la hora de simular el modelo.

A continuación, se comienzan a crear los módulos en los que se desarrolla cada proceso. Así mismo, se introducen los módulos Assign, que permitirán asignar los tiempos y atributos necesarios al modelo, el nodo Batch, el cual será el encargado de modificar el número de tarrinas que se introducen en las cajas de salida, y el bloque de nodos amarillo, cuya función es la de comprobar si el operario de la zona de remontado se encuentra ocioso, de tal manera que, si lo está, almacenará las cajas pendientes de ser remontadas en un nodo Hold. En los siguientes puntos, se detalla de forma más clara la función y configuración de cada nodo.

En primer lugar, se analiza el nodo correspondiente a la asignación de los distintos tiempos enlazados con la *tabla 4.11.*:

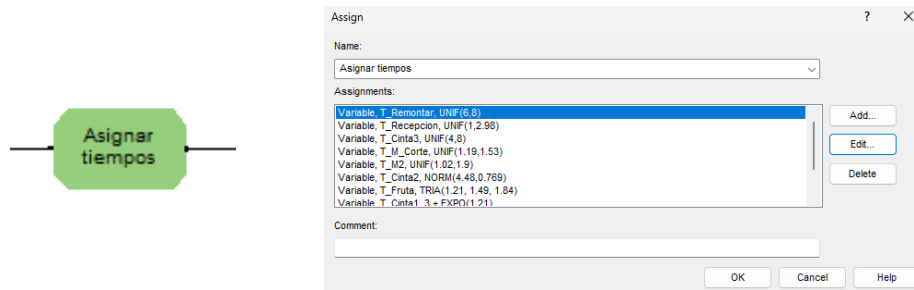


Figura 4.15. Nodo de asignación de tiempos

(Fuente: Elaboración Propia)

Dentro de los tiempos que se observan en la figura superior, hay que cerciorarse de que el posicionamiento de la fruta varía en función del tipo de pedido y, por tanto, se tendrá que modificar el tiempo cuando se vaya a simular distintos escenarios. Seguidamente, se desarrollan los nodos relacionados con los procesos del sistema, tanto los que generan valor como los que no:

➤ **Posicionamiento de tarrinas**

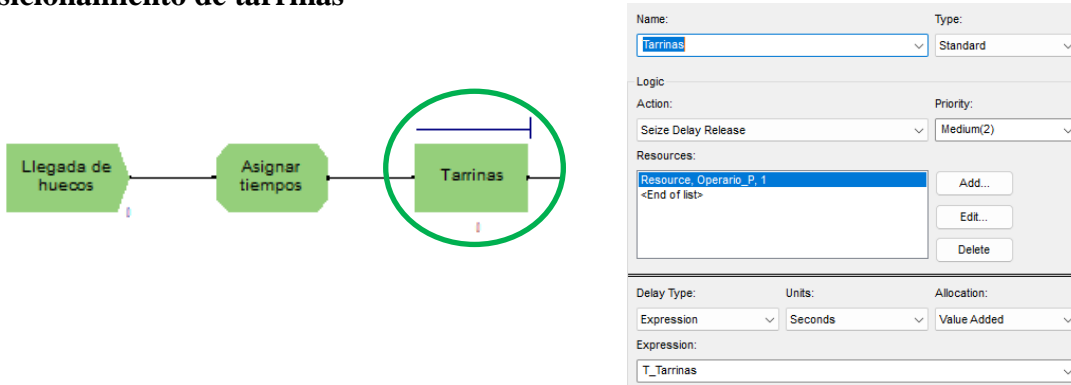


Figura 4.16. Nodo del proceso Posicionamiento de tarrinas

(Fuente: Elaboración Propia)

➤ **Cinta 1**

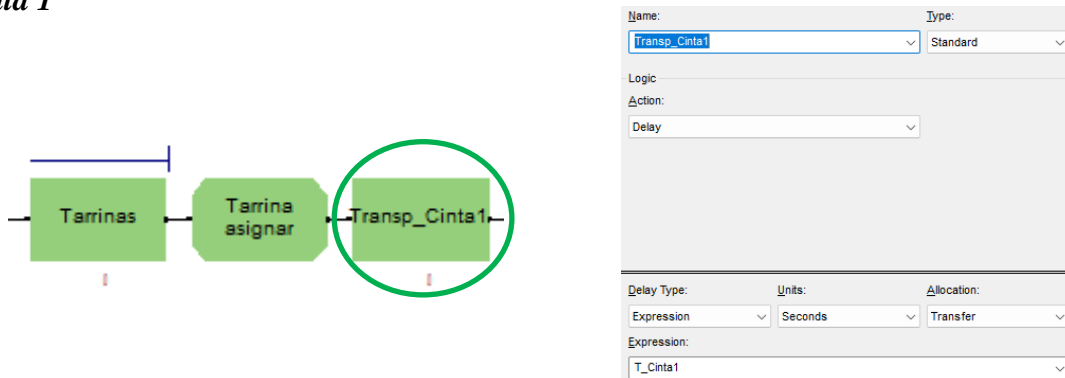
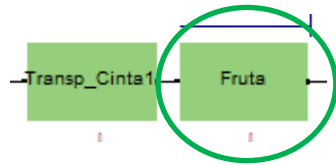


Figura 4.17. Nodo del proceso Cinta 1

(Fuente: Elaboración Propia)

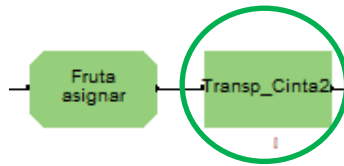
➤ **Posicionamiento de fruta**



Name:	Fruta		Type:	Standard
Logic				
Action:	Seize Delay Release		Priority:	Medium(2)
Resources:				
Resource_Operarios_F_1			Add...	
<End of list>			Edit...	
			Delete	
Delay Type:	Units:	Allocation:		
Expression	Seconds	Value Added		
Expression:				
T_Fruta				

Figura 4.18. Nodo del proceso Posicionamiento de fruta
(Fuente: Elaboración Propia)

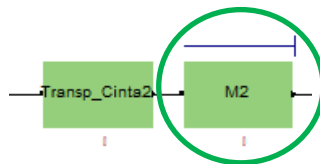
➤ **Cinta 2**



Name:	Transp_Cinta2		Type:	Standard
Logic				
Action:	Delay			
Delay Type:				
Expression	Seconds	Transfer		
Expression:				
T_Cinta2				

Figura 4.19. Nodo del proceso Cinta 2
(Fuente: Elaboración Propia)

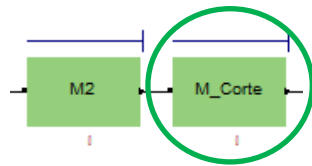
➤ **Máquina Flowpack**



Name:	M2		Type:	Standard
Logic				
Action:	Seize Delay Release		Priority:	Medium(2)
Resources:				
Resource_Maquina_FLP_1			Add...	
<End of list>			Edit...	
			Delete	
Delay Type:	Units:	Allocation:		
Expression	Seconds	Value Added		
Expression:				
T_M2				

Figura 4.20. Nodo del proceso Máquina Flowpack
(Fuente: Elaboración Propia)

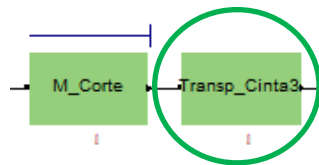
➤ **Máquina corte**



Name:	M_Corte		Type:	Standard
Logic				
Action:	Seize Delay Release	Priority:	Medium(2)	
Resources:				
Resource, Maquina_C, 1			Add...	
<End of list>			Edit...	
			Delete	
Delay Type: Expression Units: Seconds Allocation: Value Added				
Expression: T_M_Corte				

Figura 4.21. Nodo del proceso Máquina de Corte
(Fuente: Elaboración Propia)

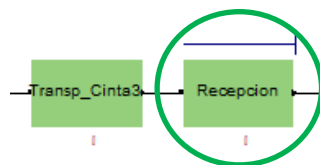
➤ **Cinta 3**



Name:	Transp_Cinta3		Type:	Standard
Logic				
Action:	Delay			
Delay Type: Expression Units: Seconds Allocation: Transfer				
Expression: T_Cinta3				

Figura 4.22. Nodo del proceso Cinta 3
(Fuente: Elaboración Propia)

➤ **Recepción**



Name:	Recepcion		Type:	Standard
Logic				
Action:	Seize Delay Release	Priority:	Medium(2)	
Resources:				
Set, Set 1, 1, Cyclical			Add...	
<End of list>			Edit...	
			Delete	
Delay Type: Expression Units: Seconds Allocation: Value Added				
Expression: T_Recepcion				

Figura 4.23. Nodo del proceso Recepción
(Fuente: Elaboración Propia)

➤ **Remontar**

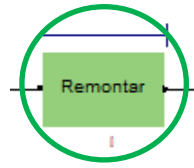


Figura 4.24. Nodo del proceso Remontar
(Fuente: Elaboración Propia)

Como se puede observar, en cada nodo se asigna el operario correspondiente y la expresión de tiempo que se ha generado en “Input Analyzer”, la cual, posteriormente, se ha indicado en el nodo Assign. Además, en el proceso de recepción y remontado, el recurso asignado se corresponde con el Set que se ha creado anteriormente, aunque también se configura la simulación para realizarla sin el Set, de tal forma que hay operarios realizando la actividad de recepción y remontado por separado.

Por último, se define la toma de decisiones. Esta decisión se basa en la utilización del operario que se encuentre en la zona de remontado. Para crear la expresión, se ha hecho uso de la herramienta Expression Builder, donde se ha obtenido que la función correcta que hay que situar en el nodo Decide es: Remontar.WIP<1. En el momento que el operario este ocupado, las cajas se almacenarán en el nodo Hold hasta que se envíe una señal desde un nodo posterior llamado Signal 1.

Figura 4.25. Configuración de nodos de decisión
(Fuente: Elaboración Propia)

Una vez se conoce el funcionamiento del modelo, se proceden a evaluar los posibles escenarios en función de los pedidos mencionados en la *Tabla 4.10*. Se comienza con los pedidos de dos piezas de fruta y se finalizará con los de cuatro piezas. El objetivo de la simulación de los diversos escenarios será observar la utilización del personal ante diversas situaciones. Todos los resultados ofrecidos por ASS se recopilarán en el *Anexo II*.

➤ **Pedidos A y B: 2 piezas de fruta.**

Para la simulación de este tipo de pedidos se tendrá que configurar el nodo Assign con el tiempo correspondiente al posicionamiento de fruta de 2 piezas. Este tiempo sigue una distribución estadística $0.92 + \text{ERLA}(0.0655, 4)$. De otra forma, dependiendo de si es un pedido A o B, se modificará el lote en el nodo Batch a 5 o 6 tarrinas.

A la hora de simular el modelo, se observa que en algunas de las situaciones que se pretenden analizar no se obtienen resultados. En la siguiente tabla, correspondiente al pedido A, se mencionan los distintos escenarios y se analizan las opciones para encontrar la solución más óptima:

ESCENARIO	OPERARIOS	RESULTADO DE SIMULACIÓN (UTILIZACIÓN)
1 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
	Operario_F	.79676
3 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	Maquina_FLP	.97668
	Maquina_C	.91959
	Operario_A	.75285
	Operario_B	.79103
2 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
	Operario_F	.40050
3 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	Maquina_FLP	.97658
	Maquina_C	.91961
	Operario_A	.75200
	Operario_B	.79193
1 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
	Operario_F	.79676
2 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN	Maquina_FLP	.97668
	Maquina_C	.91959
	Operario_A	.67312
	Operario_B	.94947

*Tabla 4.14. Escenarios y resultados para los pedidos A
(Fuente: Elaboración Propia)*

Gracias a los resultados, se puede concluir que la opción más óptima sería la primera. Si se compara con la segunda, está utiliza un operario más y tiene valores más bajos de utilización en la mayoría de los puestos. Con respecto a la tercera, se tendría que eliminar directamente debido a que uno de sus valores es demasiado alto.

A continuación, se realiza lo mismo para los pedidos del tipo B. Se tendrá que modificar el lote a 6 unidades por cada caja.

ESCENARIO	OPERARIOS	RESULTADO DE SIMULACIÓN (UTILIZACIÓN)
1 OPERARIOS EN FRUTA 3 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	Operario_P Operario_F Maquina_FLP Maquina_C Operario_A Operario_B	.59035 .79676 .97668 .91959 .68869 .76147
2 OPERARIOS EN FRUTA 3 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	Operario_P Operario_F Maquina_FLP Maquina_C Operario_A Operario_B	.59035 .40050 .97658 .91961 .68908 .76011
1 OPERARIOS EN FRUTA 2 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN 1 OPERARIO REMONTANDO	Operario_P Operario_F Maquina_FLP Maquina_C Operario_A Operario_B	.59035 .79676 .97668 .91959 .67312 .79055

Tabla 4.15. Escenarios y resultados para los pedidos B

(Fuente: Elaboración Propia)

Los resultados indican que las tres opciones pueden ser utilizadas, sin embargo, se va a eliminar la segunda puesto que los valores de utilización son inferiores y, además, utiliza un operario más con respecto a las otras dos. La solución más óptima será la tercera, aunque también se puede utilizar la primera ya que los valores son muy cercanos.

➤ **Pedido C: 3 piezas de fruta.**

Al igual que en los pedidos anteriores, se tiene que configurar el tiempo en el proceso de Posicionamiento de fruta. En este caso, la expresión es TRIA (1.21, 1.49, 1.84). Además, el lote de tarrinas es de 6 unidades. Al realizar la simulación, no se obtienen resultados ni para el caso en el que se reduce personal en la actividad de Posicionamiento de fruta, ni para el proceso de la recepción. Únicamente se analizará la incorporación de la célula de trabajo en las actividades finales gracias al nodo Set.

ESCENARIO	OPERARIOS	RESULTADO DE SIMULACIÓN (UTILIZACIÓN)
2 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
	Operario_F	.51297
2 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN	Maquina_FLP	.97664
	Maquina_C	.91958
1 OPERARIO REMONTANDO	Operario_A	.67281
	Operario_B	.79050
2 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
	Operario_F	.51297
3 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	Maquina_FLP	.97664
	Maquina_C	.91958
	Operario_A	.68864
	Operario_B	.76043

Tabla 4.16. Escenarios y resultados para los pedidos C

(Fuente: Elaboración Propia)

Los resultados son muy similares, lo que nos indica que el empleo de uno u otro escenario no variará excesivamente. Si se atiende a los datos, se puede mencionar que la diferencia existente en los operarios A y B entre ambas situaciones daría por solución más óptima a la primera. Debido a ello, se opta por mantener la configuración inicial de operarios.

➤ **Pedido D, E, F y G: 4 piezas de fruta.**

En este tipo de pedidos, donde el número de piezas asciende a 4, la expresión que se utilizará en el Posicionamiento de la fruta es $1.13 + \text{LOGN}(1.03, 0.738)$. Se van a analizar los distintos escenarios para las 4 alternativas dependiendo del número de tarrinas en la caja de salida. Hay que mencionar que en ninguno de estos tipos de pedido se ha disminuido el número de operarios en la zona de fruta. Esto se debe a que, al ejecutar el modelo, este da error.

En primer lugar, se simula el modelo para el tipo de pedido D, en el que se utilizan 6 tarrinas.

ESCENARIO	OPERARIOS	RESULTADO DE SIMULACIÓN (UTILIZACIÓN)
2 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
	Operario_F	.73303
2 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN	Maquina_FLP	.97645
	Maquina_C	.91962
1 OPERARIO REMONTANDO	Operario_A	.67345
	Operario_B	.79054
2 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
	Operario_F	.73303
3 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	Maquina_FLP	.97645
	Maquina_C	.91962
	Operario_A	.68888
	Operario_B	.76093

Tabla 4.17. Escenarios y resultados para los pedidos D

(Fuente: Elaboración Propia)

Los resultados son muy similares, lo que nos indica que el empleo de uno u otro escenario no variará excesivamente. Si se atiende a los datos, se puede mencionar que la diferencia existente en los operarios A y B entre ambas situaciones daría por solución más óptima a la primera. Debido a ello, se opta por mantener la configuración inicial de operarios. Ocurre lo mismo que en los pedidos de tipo C.

En segundo lugar, se ejecuta el modelo para el tipo de pedido E, en el que se utilizan 8 tarrinas.

ESCENARIO	OPERARIOS	RESULTADO DE SIMULACIÓN (UTILIZACIÓN)
2 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
2 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN	Operario_F	.73303
	Maquina_FLP	.97645
	Maquina_C	.91962
1 OPERARIO REMONTANDO	Operario_A	.67345
	Operario_B	.59304
2 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
3 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	Operario_F	.73303
	Maquina_FLP	.97645
	Maquina_C	.91962
	Operario_A	.60917
	Operario_B	.72362
2 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
2 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	Operario_F	.73303
	Maquina_FLP	.97645
	Maquina_C	.91962
	Operario_A	.96381
	Operario_B	.96415

Tabla 4.18. Escenarios y resultados para los pedidos E

(Fuente: Elaboración Propia)

En el caso de los pedidos de tipo D, se elimina la última opción ya que el porcentaje de utilización de algunos operarios es demasiado alto. Por otro lado, se escoge la segunda opción debido a la misma explicación de los dos casos anteriores. De esta manera, se tendrá que modificar la función de los tres últimos operarios para que realicen una actividad cooperativa y mucho más ecuánime.

Seguidamente, se encuentran los pedidos tipo F, los cuales se caracterizan por tener 10 tarrinas en la caja de salida.

ESCENARIO	OPERARIOS	RESULTADO DE SIMULACIÓN (UTILIZACIÓN)
2 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
	Operario_F	.73303
2 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN	Maquina_FLP	.97645
	Maquina_C	.91962
1 OPERARIO REMONTANDO	Operario_A	.67345
	Operario_B	.47443
2 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
	Operario_F	.73303
3 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	Maquina_FLP	.97645
	Maquina_C	.91962
	Operario_A	.56358
	Operario_B	.69682
2 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
	Operario_F	.73303
2 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	Maquina_FLP	.97645
	Maquina_C	.91962
	Operario_A	.90600
	Operario_B	.90680

Tabla 4.19. Escenarios y resultados para los pedidos F

(Fuente: Elaboración Propia)

En primer lugar, se tiene que eliminar la última opción debido a los porcentajes tan altos de utilización. Por otro lado, con respecto a las dos primeras opciones, se escoge la segunda opción debido a la misma explicación de los casos anteriores. De esta manera, se tendrá que modificar la función de los tres últimos operarios para que realicen una actividad cooperativa y mucho más ecuánime.

Finalmente, se encuentra el tipo de pedido G, donde el número de tarrinas asciende a 12. Los datos que aparecen en la siguiente tabla, indican que el escenario más óptimo será el tercero. Los valores de utilización de los dos últimos operarios son altos, no obstante, tras la implantación de esa estructura organizativa en la línea de trabajo, se ha podido observar que el ritmo de trabajo es bueno y los operarios están satisfechos. Se ha mantenido un control durante varios días y la organización de trabajo se ha mantenido con ese esquema.

ESCENARIO	OPERARIOS	RESULTADO DE SIMULACIÓN (UTILIZACIÓN)
2 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
	Operario_F	.73303
2 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN	Maquina_FLP	.97645
	Maquina_C	.91962
1 OPERARIO REMONTANDO	Operario_A	.67345
	Operario_B	.39541
2 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
	Operario_F	.73303
3 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	Maquina_FLP	.97645
	Maquina_C	.91962
	Operario_A	.56358
	Operario_B	.69682
2 OPERARIOS EN FRUTA	Operario_P	.59035
	Operario_F	.73303
2 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	Maquina_FLP	.97645
	Maquina_C	.91962
	Operario_A	.86776
	Operario_B	.86743

Tabla 4.20. Escenarios y resultados para los pedidos G
(Fuente: Elaboración Propia)

Al concluir el análisis y simular cada uno de los escenarios en los distintos tipos de pedido, se genera una tabla en la que se puede observar cada pedido junto al número de trabajadores necesarios para que el trabajo alcance el nivel de optimización más alto posible.

TIPO DE PEDIDO	ESCENARIO MÁS ÓPTIMO	OPERARIOS TOTALES (SE TIENEN EN CUENTA TODOS LOS PROCESOS)
A	1 OPERARIO EN FRUTA 3 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	5
B	1 OPERARIO EN FRUTA 2 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN 1 OPERARIO REMONTANDO	5

C	2 OPERARIO EN FRUTA 2 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN 1 OPERARIO REMONTANDO	6
D	2 OPERARIO EN FRUTA 2 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN 1 OPERARIO REMONTANDO	6
E	2 OPERARIO EN FRUTA 3 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	6
F	2 OPERARIO EN FRUTA 3 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	6
G	2 OPERARIO EN FRUTA 2 OPERARIOS EN LA RECEPCIÓN Y REMONTANDO	5

Tabla 4.21. Escenarios más óptimos para cada tipo de pedido

(Fuente: Elaboración Propia)

En definitiva, esta tabla permite conocer el número de operarios que la línea requiere en cada momento. Como se observa, existen algunos pedidos en los que el número de operarios no se ha modificado, no obstante, la manera en la que se va a abordar el trabajo si que se ha configurado de otra forma distinta.

Al obtener resultados diversos en relación con el número de operarios en cada pedido, la organización debe planificar el trabajo diario para que el personal no este continuamente rotando en los distintos puestos de trabajo. Para ello, se pretende estudiar a futuro un plan de trabajo a corto plazo que indique los pedidos a realizar en todo momento, a fin de optimizar la rotación de personal. Además, se tendrá que trabajar con el resto de las líneas de producción para gestionar el personal y utilizar los recursos humanos en el momento y lugar necesario.

4.3.2. MEJORA ASOCIADA A LA FALTA DE INFORMACIÓN ENTRE JEFES DE LÍNEA Y ENCARGADOS DE LA PRODUCCIÓN

La última mejora está relacionada con la planificación y la gestión de la producción dentro de la línea. Se ha observado a lo largo del tiempo que la gran cantidad de errores de planificación y faltas de entendimiento entre operarios derivan de una comunicación deficiente entre los jefes de cada célula y el encargado de la producción. Esto repercute negativamente en la empresa, ya que se pagan horas extra de trabajo y se realizan trabajos repetitivos continuamente.

Para tratar de solucionar los errores y tener un mayor control sobre la producción, se ha creado un programa gracias a Google Drive, donde se dispone de hojas de cálculo .XLSX. El programa centra su utilidad en ofrecer información en tiempo real sobre la producción, en base a previsiones de pedidos y pedidos ya realizados. De esta forma, los encargados tendrán el conocimiento de la hora de finalización teórica de los pedidos, y se podrán tomar decisiones como la apertura de las dos líneas de trabajo. Además, el programa nos permite conocer el ritmo de trabajo, tanto el esperado como el real.

Dentro del mismo, se tiene que establecer una serie de requisitos centrados en alcanzar los objetivos marcados por la gerencia. Entre ellos, se encuentra la gestión y estandarización de las horas de trabajo diarias. El límite establecido es de 8 horas diarias, por lo que, para alcanzar la demanda diaria y tener un único turno de 8 horas, el takt time debe ser igual al calculado en el mapa de flujo de valor, es decir, 1,71 segundos por cada tarrina, lo que es igual a 35 tarrinas al minuto.

Se ha pretendido que el programa tenga una estructura y una apariencia visual clara para que la información aparezca de la forma más sencilla posible. Está formado por una serie de celdas, las cuales algunas de ellas poseen fórmulas que hacen que el programa funcione de forma automática en algunos casos. Otras funciones deben ser introducidas de forma manual. A continuación, se expone la interfaz y algunas de las celdas más relevantes.

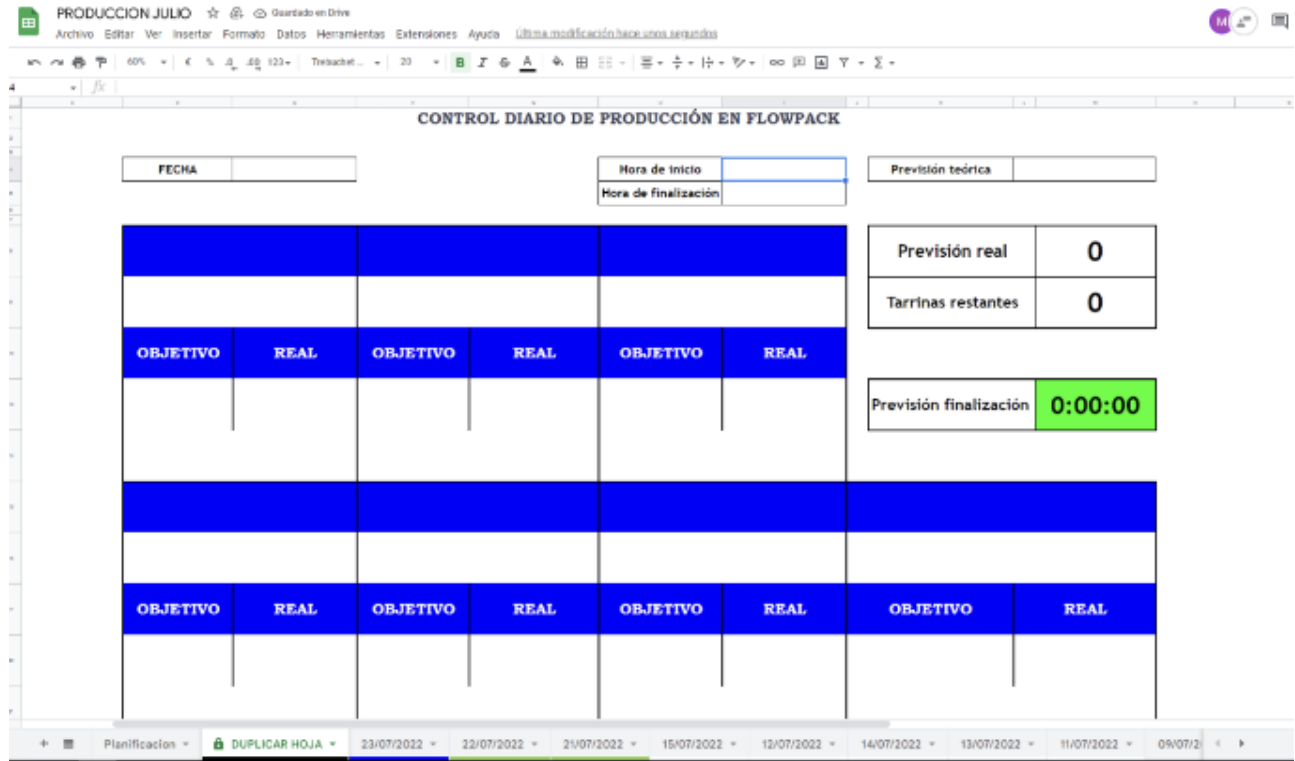


Figura 4.26. Hoja básica de control de producción en Flowpack sin datos
(Fuente: Elaboración propia)

Dentro de la hoja, se pueden encontrar dos zonas diferenciadas entre sí. Por un lado, la superior, la cual hace referencia a la *figura 4.20*.

En esta área, se distinguen varios apartados como la fecha de trabajo, la hora de inicio y finalización, y la previsión teórica. Además, se encuentran las celdas en azul, que hacen referencia a los distintos controles que se realizan a diversas horas del día. Este tipo de celda nos muestra la franja horaria en la que se tienen que hacer los controles, seguida de una celda donde se tendrá que añadir el número total de tarrinas que se prevé en el momento de finalizar la franja horaria, es decir, a las diez. Por otro lado, se encuentra la celda objetivo, la cual es automática, y la celda real, donde se tendrá que añadir el número de tarrinas realizadas en esa franja horaria. Por último, existe una celda que representa la diferencia entre el número objetivo y el real. Se puede ver relleno en la siguiente imagen:

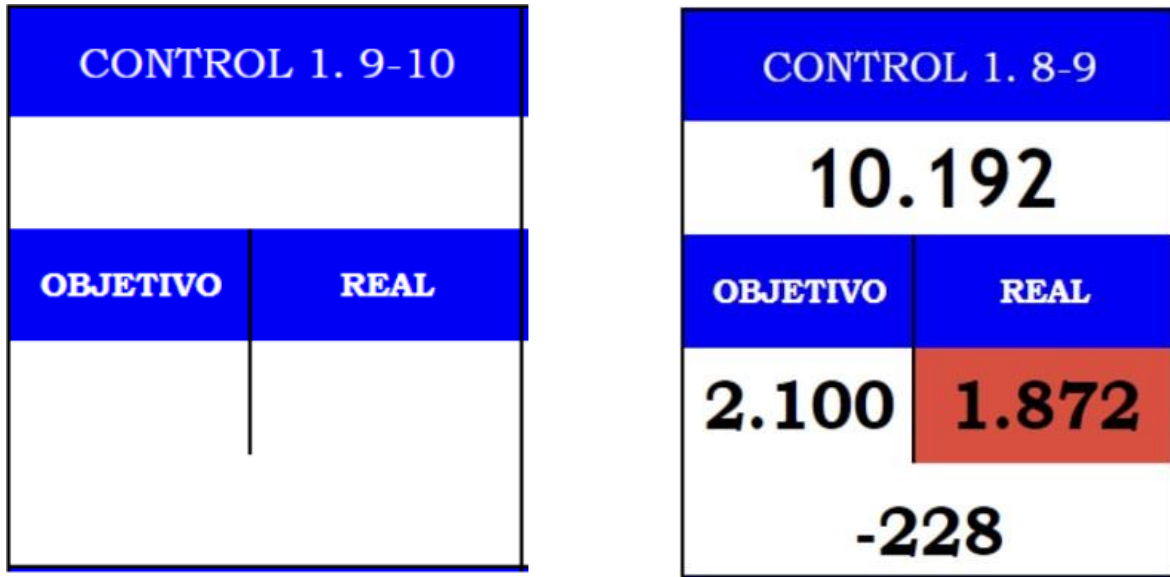





Figura 4.27. Controles horarios de producción
(Fuente: Elaboración propia)

Otra cosa a tener en cuenta es el color que subraya la celda del número real de tarrinas. Este subrayado se hace de forma automática. Existen tres tipos de colores:

-  Significa que en la producción ha habido fallos que han impedido alcanzar un buen ritmo de trabajo.
-  El trabajo se ha realizado de forma correcta.
-  Significa que se ha producido correctamente y que además se ha alcanzado el objetivo estipulado.

Para entender porque se utilizan tres colores hay que explicar el funcionamiento de la celda objetivo. Siempre y cuando la demanda diaria no supere las 16.800 tarrinas, lo que equivale a 2.100 tarrinas a la hora, esta celda marcará el objetivo de producción calculando el producto entre el total de horas y las 35 tarrinas/min. Por otro lado, si la demanda es superior, el objetivo de producción aumentará. Es aquí cuando los encargados de producción tienen que tomar decisiones en base a no superar las 8 horas de trabajo. De esta forma, si el objetivo aumenta, pero el valor real de producción es igual o superior al teórico, es decir, en el caso de una hora 2.100 tarrinas, el color será azul. Por otro lado, si además de producir más de 2.100, se llega a alcanzar el nuevo objetivo, el color será verde.

Existen otras celdas de interés en la parte superior como la previsión real, cuyo cálculo se hace de forma automática, y equivale al número de tarrinas totales que se prevén en ese mismo día. Las tarrinas restantes o La previsión de finalización, que nos permite conocer la hora teórica a la que se terminarán de realizar los pedidos. Además, en esta celda aparecerá el color verde en caso de que no se hayan superado las ocho horas de trabajo diarias o el color rojo, en caso de superar esas ocho horas.

En segundo lugar, se encuentra la zona inferior. En esta parte se encuentra el cómputo global de los pedidos que se trabajan en el Flowpack. Se distingue el cliente, la plataforma, la confección y el número de tarrinas por caja. Estas celdas no cambian y no necesitan modificación. La columna que modificar es la que se denomina bultos. En esta columna se debe añadir el número de cajas que prevemos que va a pedir el cliente en ese mismo día. Por último, la columna de la derecha es automática y representa el número de tarrinas totales.

Control de pedidos teórico					
Cliente	Descarga	Nombre	Tarrinas	Bultos	Tot. Tarrinas
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA CENTRO	MA KENT COS C I	12	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA LEVANTE	AG HASS PER C I	12	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA LEVANTE	MA KENT COS BIO I	10	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA LEVANTE	MA KENT COS C I	6	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA CATALUÑA	AG HASS PER C I	12	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA CATALUÑA	MA KENT COS BIO I	10	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA CATALUÑA	AG HASS PER C I	12	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA CATALUÑA	AG HASS PER C I	12	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA CATALUÑA	MA KENT COS C I	6	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA CENTRO	MA KENT COS BIO I	10	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA SUR	MA KENT COS BIO I	10	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA SUR	MA PALMER BRA C I	10	0	0
ZENALCO, SA	PLATAFORMA SABECO MADRID	AG HASS KEN BIO I 20	4	0	0
ZENALCO, SA	SABECO ZARAGOZA	AG HASS KEN BIO I 20	4	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA SANTANDER	MA KENT COS BIO I	10	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA SANTANDER	AG HASS PER C I	12	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA SANTANDER	MA KENT COS C I	6	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA GETAFE	AG HASS ESP C I	6	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA GETAFE	MA PALMER BRA C I	6	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA MALAGA	AG HASS PER C I	6	0	0
SOCCIDAD DE COMPRAS MODERNAS, SA	PLATAFORMA MALAGA	MA KENT COS C I	6	0	0
ZENALCO, SA	PLATAFORMA BARNIA	AG HASS KEN BIO I 20	4	0	0
ZENALCO, SA	PLATAFORMA MADRID	AG HASS KEN BIO I 20	4	0	0
LUS FINA, S.A.	ANDUJAR, JAEN	AG HASS PER C I 184-187	6	0	0
DIA RETAL ESPAÑA, SA	PLATAFORMA 35-SANTIAGO	MA KENT PER C I 300-440	4	0	0
DIA RETAL ESPAÑA, SA	PLATAFORMA 36-SANTIAGO	AG HASS KEN BIO I 18	6	0	0
DIA RETAL ESPAÑA, SA	PLATAFORMA 35-SANTIAGO	AG HASS PER C I 286-217	6	0	0
FRUTAS JOYMA S.L.	MERCADERILLA	AG HASS ESP- BIO I 28	6	0	0
DIA RETAL ESPAÑA, SA	PLATAFORMA 8- ANTOQUERA	MA KENT PER C I 300-440	4	0	0
DIA RETAL ESPAÑA, SA	PLATAFORMA 30- VILLANUEVA	MA KENT PER C I 300-440	4	0	0
DIA RETAL ESPAÑA, SA	PLATAFORMA 36- VITORIA	AG HASS KEN BIO I 18	6	0	0
DIA RETAL ESPAÑA, SA	PLATAFORMA 36- VITORIA	MA KENT PER C I 300-440	4	0	0
DIA RETAL ESPAÑA, SA	PLATAFORMA 36- VITORIA	AG HASS PER C I 286-217	6	0	0
GRUPO HERMANOS MARTIN, S.A	DOS HERMANAS LA ISLA	AG HASS PER C I 28	6	0	0
GRUPO HERMANOS MARTIN, S.A	DOS HERMANAS LA ISLA	AG HASS ESP C I 18	6	0	0
GRUPO HERMANOS MARTIN, S.A	DOS HERMANAS LA ISLA	MA PALMER BRA C I 12	6	0	0
GRUPO HERMANOS MARTIN, S.A	DOS HERMANAS LA ISLA	AG HASS PER C I 28	6	0	0
OOIN GROOTHANDSEL BV	B.V. DEL DIERHALSTEN	AG HASS PER BIO I 0-123	10	0	0
CANONIA ESPAÑA	VIGNALI TRASPORTI	AG HASS KEN BIO 184-187	6	0	0
UVESCO	IRUN	MG PALMER BRA C I	6	0	0
UVESCO	IRUN	AG HASS KEN BIO I 20	6	0	0
UVESCO	IRUN	AG HASS PER C I 24 DAV1 NIVEL1	6	0	0
UVESCO	CANBRIA	AG HASS KEN BIO I 20	6	0	0
UVESCO	CANBRIA	AG HASS KEN BIO I 21	6	0	0
UVESCO	CANBRIA	MG PALMER BRA C I	6	0	0
SG ALIMENTACION SL	BARCELONA	MA KENT COS C I 12	6	0	0

Figura 4.28. Zona de provisiones teóricas

(Fuente: Elaboración propia)

Se puede observar como el trabajo se ha realizado de forma incorrecta durante el control dos y tres, habrá que averiguar el fallo e intentar solucionarlo. La previsión de finalización supera con creces las ocho horas de trabajo, exactamente en cincuenta minutos, esto indica que se tiene que aumentar el personal y abrir el segundo Flowpack. Para ello, se puede hacer uso de personal que se encuentre en líneas de trabajo donde los pedidos vayan más adelantados. Si no se actúa rápidamente, no se cumplirán los objetivos.

CASO 2

CONTROL 1. 9-10		CONTROL 2. 10:30-12		CONTROL 3. 12-13		Previsión real	
15.000		16.000		14.000		14.000	
Tarrinas restantes						3.900	
OBJETIVO	REAL	OBJETIVO	REAL	OBJETIVO	REAL	Previsión finalización	
2.100	2.100	3.150	3.000	2.100	2.000	17:36:26	
0		-150		-100			
CONTROL 4. 13-14:15		CONTROL 5. 15:30-16:30		CONTROL 6. 16:30-17:30		CONTROL 7. 17:30-19	
14.000							
OBJETIVO	REAL	OBJETIVO	REAL	OBJETIVO	REAL	OBJETIVO	REAL
2.625	3.000						
375							

*Figura 4.31. Caso hipotético 2
(Fuente: Elaboración propia)*

Ahora se analiza un caso favorable. En esta situación se puede reducir personal si hay líneas en las que serían más útiles. De igual forma al anterior caso, se debe incentivar a la plantilla a finalizar a la hora prevista o incluso antes. También se debería estudiar la posibilidad de hacer algo de stock para el día siguiente.

CASO 3

CONTROL 1. 9-10		CONTROL 2. 10:30-12		CONTROL 3. 12-13		Previsión real	
15.000		16.000		15.850		15.400	
OBJETIVO	REAL	OBJETIVO	REAL	OBJETIVO	REAL	Tarrinas restantes	
2.100	2.100	3.150	2.800	2.100	2.000	4.390	
0		-350		-100		Previsión finalización	
						18:50:26	
CONTROL 4. 13-14:15		CONTROL 5. 15:30-16:30		CONTROL 6. 16:30-17:30		CONTROL 7. 17:30-19	
15.000		15.400					
OBJETIVO	REAL	OBJETIVO	REAL	OBJETIVO	REAL	OBJETIVO	REAL
2.625	3.000	2.100	1.110				
375		-990					

Figura 4.32. Caso hipotético 3

(Fuente: Elaboración propia)

Esta última hipótesis es un punto medio entre las dos anteriores. Por un lado, es una situación en la que se está por debajo de las ocho horas de trabajo, sin embargo, se debe de estar muy atento a la previsión de producto y al trabajo que se realice.

El funcionamiento del programa es sencillo e intuitivo, sin embargo, este es el resultado final de varias modificaciones desde la creación de la idea. Desde su primera puesta en marcha, la base del sistema ha sido el cumplimiento del ciclo PDCA con el objetivo de detectar problemas relacionados con el diseño, la funcionalidad, la flexibilidad ante diversas situaciones o los automatismos. También ha servido de gran ayuda el trabajar de forma directa con los operarios y poder observar cuáles son sus inquietudes. Ellos mismos ofrecían nuevas ideas que han permitido que el programa se desarrollase favorablemente.

4.4. CONSIDERACIONES FINALES

En este capítulo, se ha establecido la zona de trabajo y se han identificado los diferentes procesos que componen el sistema, tanto los que aportan valor al producto como los que no. Tras identificarlos, se propone un método de tarjetas de trazabilidad para la recopilación de datos referidos a los tiempos, inventarios y encargados en cada actividad, con el fin de que sean analizados y utilizados en la elaboración del mapa de flujo de valor y del modelo de simulación. La recogida de dichos datos ha presentado una dificultad bastante elevada ya que, en la empresa, no había ningún registro previo, por lo que se han tenido que coger a mano.

En primer lugar, los datos han sido empleados para la creación del VSM. Esta herramienta nos ha permitido calcular algunos parámetros importantes como el Takt Time. Además, se han podido señalar sobre el flujo las mudas encontradas en los distintos procesos, distinguiendo el tipo de despilfarro y su descripción. Seguidamente, gracias a los errores detectados, se han tratado de realizar propuestas de mejora para cada uno de ellos.

La primera mejora está relacionada con la acumulación de tarrinas en la zona de recepción. Para ello, se ha diseñado una pieza fija que permita a las tarrinas que llegan a la cinta circular el poder desplazarse hacia el interior de esta, evitando de esta forma su caída o acumulación en una única parte de la mesa.

En segundo lugar, se encuentra el error de calidad derivado del cierre erróneo del envoltorio de Flowpack. Este fallo se ha tratado de solucionar con la incorporación de un lubricante que permita a la máquina encargada del sellado ponerse a punto con una mayor facilidad, llegando a alcanzar una temperatura idónea en menor tiempo y no sobrecalentarse.

En el *epígrafe 3.3.1.* se desarrolla la tercera mejora. Esta propuesta está relacionada con la aplicación de la SED. Supone una gran mejora que trata de optimizar el número de operarios que se necesitan en función del tipo de pedido. Para la creación del modelo, se han utilizado los datos recopilados, sin embargo, para que estos datos pudieran ser leídos por Arena, se introdujeron en el programa “Input Analyzer”, el cual los convirtió en distribuciones estadísticas. Posteriormente, se definen los atributos y entidades y se modela el sistema con el

fin de realizar simulaciones y observar cual sería más óptima. Los resultados ofrecidos por Arena se encuentran en el *Anexo II*, por su lado las distribuciones del programa “Input Analyzer” están en el *Anexo I*.

Finalmente, se desarrolla la última mejora, la cual trata de elaborar un flujo de información constante entre los jefes de línea y el encargado de producción. Se elabora un programa de control de producción en base a un ritmo de trabajo objetivo que hay que alcanzar diariamente. La consecución de las metas nos permitirá cumplir con los requerimientos iniciales establecidos por la gerencia.

Cabe recalcar que todas las ideas comienzan con un análisis de su viabilidad y posteriormente son introducidas dentro del ciclo PDCA como se puede observar en la *Figura 3.8*. (Metodología de trabajo). Una vez implementadas, las mejoras han sido evaluadas y se pueden ver sus resultados en el siguiente capítulo. Se puede observar si han llevado a la empresa a obtener beneficios o no.

CAPÍTULO 5
ANÁLISIS DE RESULTADOS

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el último capítulo, se analizan los resultados obtenidos tras la implementación completa de las mejoras propuestas en el anterior epígrafe. En primer lugar, se evalúa la implicación que tienen las mejoras con respecto a los objetivos propuestos en el inicio del proyecto. Posteriormente, se cuestiona si estas metas han sido alcanzadas. Para ello, se hará uso de los datos recopilados durante las distintas etapas del proceso.

5.1. IMPLICACIÓN DE LAS MEJORAS CON LOS OBJETIVOS INICIALES

Como se ha podido observar, se han implementado un total de cuatro mejoras dentro de la línea de producción Flowpack. Todas ellas han sido sometidas a un proceso de mejora continua en el que los operarios y encargados de la producción han tenido que mostrar sus inquietudes y aportar sus ideas. A continuación, se definen de forma resumida cada una de ellas:

- **M1. Soporte para el movimiento correcto de las tarrinas en el proceso de recepción.**
- **M2. Aplicación de lubricante en horas específicas en la Máquina de corte o sellado.**
- **M3. Modelado y Simulación de la línea para la optimización del personal.**
- **M4. Programa de Control de Producción que permita tomar decisiones sobre la línea.**

Por otra parte, se han establecido una serie de objetivos, los cuales han sido indicados por la gerencia, que se pueden ver resumidos en los siguientes puntos:

- **O1. Aumentar el ritmo de producción en línea.**
- **O2. Optimizar la utilización de recursos, tanto personal como maquinaria.**
- **O3. Estandarización de las horas de trabajo del personal. Se pretende que los operarios trabajen ocho horas diarias como máximo.**
- **O4. Reducir los desechos de materiales y aumentar los niveles de calidad.**

Una vez identificadas las mejoras y los objetivos, se establecen las relaciones que existen entre cada uno de ellos. Se indican tres tipos de relación: directa, indirecta y nula.

	MEJORA 1	MEJORA 2	MEJORA 3	MEJORA 4
OBJETIVO 1	DIRECTA	DIRECTA	NULA	NULA
OBJETIVO 2	DIRECTA	DIRECTA	DIRECTA	NULA
OBJETIVO 3	INDIRECTA	INDIRECTA	NULA	DIRECTA
OBJETIVO 4	DIRECTA	DIRECTA	NULA	NULA

Tabla 5.1. Relaciones entre las mejoras y los objetivos establecidos

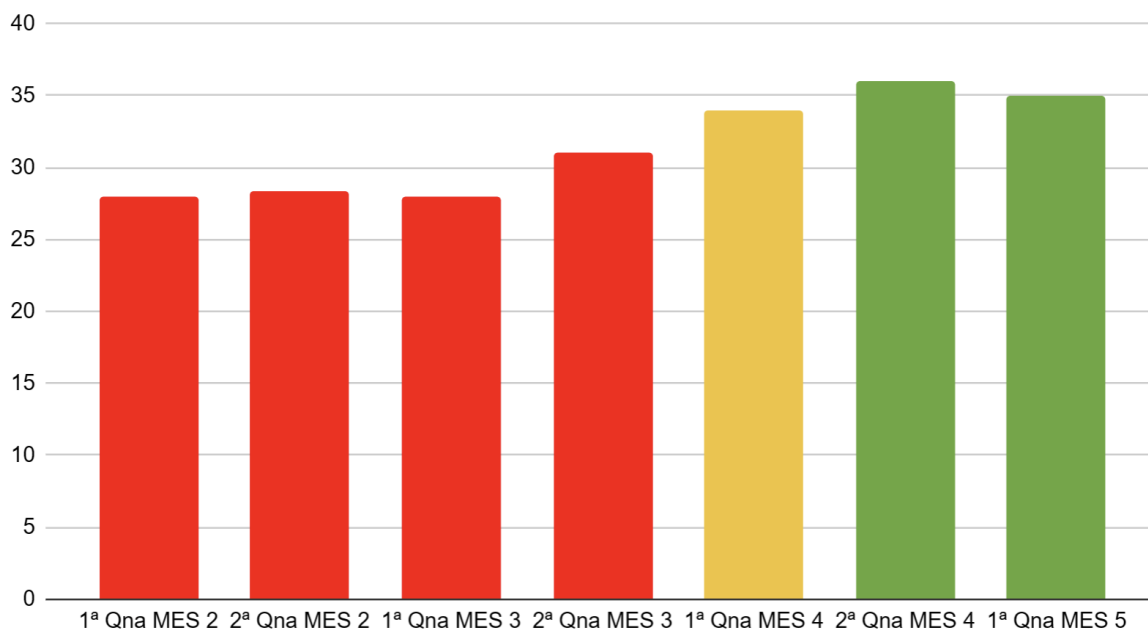
(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede ver, el objetivo relacionado con el aumento de la producción en línea se puede alcanzar gracias al soporte de tarrinas y la aplicación de lubricante. En segundo lugar, la optimización de utilización de recursos se alcanza en gran parte con la SED descrita en el apartado 4.3.1. Además, influyen en la consecución de este objetivo las mejoras 1 y 2, ya que los operarios de la zona de Recepción tendrán un trabajo más equilibrado y la máquina de corte tendrá un porcentaje de uso mayor debido al descenso de los errores en el sellado. En cuanto al O3, destacamos la implementación de la mejora 4. El programa permitirá estandarizar las horas de trabajo gracias al control y la toma de decisiones en los momentos oportunos. Por último, la reducción de desechos y el aumento de la calidad se alcanzará gracias a la aplicación de las mejoras 1 y 2.

5.2. DATOS RECOPIADOS SOBRE LA CONSECUCIÓN DE LAS METAS

Tras analizar las relaciones entre las mejoras y objetivos, se muestran los datos recopilados durante las distintas etapas. Gracias a ellos, se puede resolver la cuestión sobre la consecución de las metas. En primer lugar, se habla sobre el objetivo del aumento del ritmo de producción.

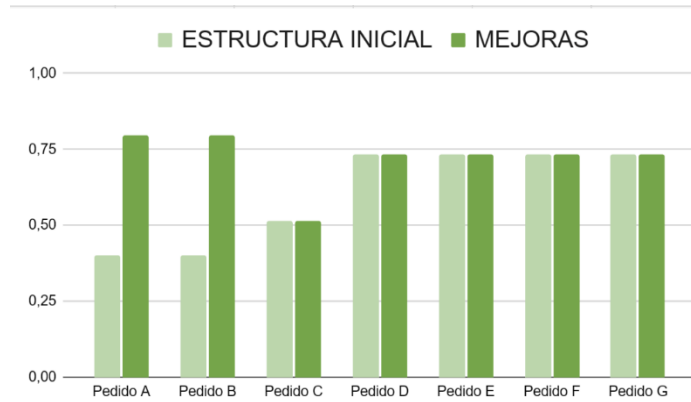
Los datos han sido recogidos a partir de la primera quincena de mayo. Se han apuntado el número total de tarrinas producidas al día y las horas de trabajo diarias de los operarios. Este último valor ha sido capturado gracias al control del fichaje que existe en la empresa. De esta forma, la gráfica muestra en el eje x las distintas etapas temporales y, en el eje y, el número medio de tarrinas por minuto, siendo 35 el valor que se pretende alcanzar.



*Figura 5.1. Gráfica de ritmo de producción medio
(Fuente: Elaboración propia)*

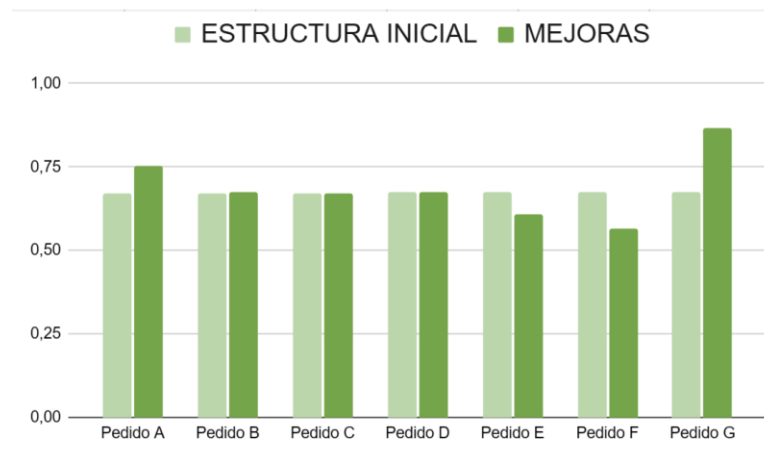
La gráfica muestra una clara tendencia al alza durante las distintas etapas. Esta evolución se debe a la implantación de las mejoras relacionadas con el O1, las cuales han sido indicadas en el epígrafe 5.1.

Posteriormente, se estudia el alcance del O2. La simulación es la mejora más relevante en la consecución de esta meta. Los resultados obtenidos y su posterior verificación en la línea de trabajo nos permiten ofrecer datos parcialmente reales sobre la optimización de recursos. Principalmente, destaca la optimización del personal en la línea, reduciéndose de tal forma que no supone un trabajo excesivo ni fuera de los límites. Esto se puede observar en la *Tabla 4.21.*, donde son varios los pedidos en los que se ha visto reducido el personal en actividades relacionadas con el posicionamiento de la fruta en la tarrina o la recepción de tarrinas. Concretamente, más del 40 % de los trabajos que se realizarán en la línea emplearán menos recursos humanos de los utilizados en su inicio. Además, el porcentaje de utilización de los operarios también ha aumentado considerablemente, no solo gracias a la reducción de personal, sino también a la modificación de algunas de las tareas que realizaban los operarios como se puede observar en los tipos de pedido E y F. Algunos de los ejemplos relacionados con la optimización del personal de la línea de producción se pueden observar en las siguientes gráficas:



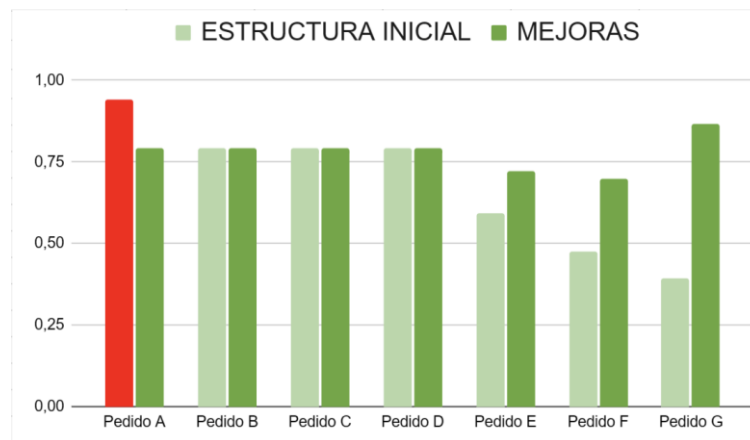
*Figura 5.2. Gráfica de porcentaje de utilización de los Operarios_F
(Fuente: Elaboración propia)*

El porcentaje de uso de los operarios encargados del posicionamiento de la fruta en la tarrina ha mejorado considerablemente gracias a las mejoras en el pedido A y B. Esto se debe a la reducción de personal en esta zona. Por otra parte, el resto de los pedidos han mantenido el nivel de utilización inicial.



*Figura 5.3. Gráfica de porcentaje de utilización de los Operarios_A
(Fuente: Elaboración propia)*

En cuanto a los operarios de la zona de la recepción de las tarrinas y posicionamiento en cajas de salida, el porcentaje de utilización ha disminuido en los pedidos E y F. No obstante, esta reducción ha sido influida por un gran incremento en la utilización de los Operarios_B. De esta forma, el uso de ambos operarios está mucho más equilibrado. Además, se han conseguido grandes mejoras en los trabajos relacionados con los pedidos A y G.



*Figura 5.4. Gráfica de porcentaje de utilización de los Operarios_B
(Fuente: Elaboración propia)*

Los operarios encargados del proceso de remontado han aumentado en gran medida su utilización en los pedidos de tipo E, F y G. El pedido G es un claro ejemplo de mejora radical. Por otra parte, se ha podido detectar en la estructura organizativa inicial que estos operarios han sido utilizados de una forma no sostenible en los pedidos de tipo A. La mejora ha ayudado a modificar su utilización a ritmos de trabajo más equilibrados.

Con respecto al tercero de los objetivos (O3), hay que mencionar que solo se han podido recoger datos del último mes, por lo que será necesario seguir recopilando información para evaluar su consecución. No obstante, los operarios de la línea, al igual que el encargado de la producción, han mostrado la aprobación del programa de control de la producción. Este programa ha permitido tomar decisiones y reorganizar al personal en base al ritmo de trabajo y el total de pedidos diarios. Según los últimos datos registrados, el personal ha trabajado ocho horas o menos en más del 50 % de los días de trabajo gracias a la incorporación de las mejoras propuestas.

En último lugar, el O4 se ha alcanzado gracias a la implantación de las dos primeras mejoras, las cuales han reducido drásticamente el despilfarro de material. Asimismo, los niveles de calidad han aumentado.

CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE ACTUACIÓN

CONCLUSIONES

El actual Trabajo de Fin de Grado se ha desarrollado a lo largo de cinco capítulos, a través de los cuales se ha explicado el marco teórico que rodea a la metodología LM y la SED, el sector agroalimentario y la empresa donde se ha implementado el proyecto, y la aplicación práctica de ambos sistemas en una de las líneas de producción.

Este proyecto ha sido motivado por la continua evolución del mercado agroalimentario, la creciente globalización y la alta competitividad de las empresas de la zona, ya que se considera que el área malagueña de La Axarquía es la principal fuente exportadora de productos tropicales. La empresa estudiada ha sido analizada con el fin de encontrar los fallos más destacables y tratar de darles solución. Para ello, se han implementado mejoras sustanciales que han permitido alcanzar algunos de los objetivos fundamentales presentes en cualquier organización manufacturera.

A la hora de incorporar las mejoras, una de las barreras encontradas ha sido el asegurar que cada miembro de la línea de producción este preparado para el cambio. La capacitación del personal, cuando es insuficiente, crea muchos problemas. No es solo una cuestión de tiempo en ejecutar tareas, es un problema de confianza que se genera en los equipos y que impide que todos los miembros trabajen con comodidad. El aprendizaje continuo, siguiendo el ciclo PDCA, es clave para no caer en este error. Los empleados deben actualizarse en nuevos métodos, herramientas y sistemas para estar en contacto con la realidad de su sector. Y las empresas, enfatizando en los encargados de la producción, deben facilitar y fomentar que sus equipos aprendan y se modernicen.

Por otro lado, las largas jornadas de trabajo diarias hacen que el aumento de la productividad y la implementación de cambios sean más complejos. La reducción de las horas de trabajo es uno de los objetivos principales que se marcan en el proyecto, sin embargo, su consecución aún no se ha logrado y hay que mantener un control sobre las medidas que pueden llevar a alcanzar esta meta tan relevante.

A esto se tiene que sumar el inconveniente de la falta de datos que había de cada proceso, ya que la empresa nunca había registrado los tiempos de las distintas actividades. Debido a esto,

se ha creado un sistema de tarjetas de trazabilidad donde se apuntan los tiempos e inconvenientes de cada producto. Todos estos datos fueron, a posteriori, analizados con el programa Input Analyzer. Además, en el programa se encontró otra dificultad la cual se correspondía al ajuste de estos datos, caracterizados por ser aleatorios y variables, a una distribución estadística para que pudieran ser leídos e interpretados por ASS.

En definitiva, gracias a este trabajo, se ha podido analizar detalladamente una de las áreas de producción de la empresa, donde se han implementado mejoras que han permitido alcanzar en gran medida los objetivos propuestos inicialmente. Cabe mencionar que, mediante el desarrollo de este TFG, se han podido madurar distintas competencias adquiridas a lo largo de la realización del Grado en Ingeniería de Organización Industrial, además de dar por terminados los requisitos para la obtención de dicho título.

LÍNEAS FUTURAS DE ACTUACIÓN

Pese a dar por finalizada la realización de este proyecto, no se descarta la posibilidad de seguir ampliando dicho estudio en los siguientes ámbitos:

- Recopilar información sobre las horas de trabajo diario del personal y evaluar la implementación del programa de control de la producción. En el caso de que se den buenos resultados, ampliar el uso del programa a otras líneas de producción y unificar las horas de trabajo de todos los operarios.
- Aplicar la SED en otras líneas de trabajo a fin de optimizar las actividades y recursos tanto humanos como materiales.
- Desarrollar una planificación a corto plazo en la que se detalle la programación, el control y la evaluación de las operaciones diarias. De esta forma, la optimización de la línea será aún mayor.
- Ampliar los horizontes e implantar la metodología LM en otras empresas del mismo o distinto ámbito industrial. La existencia de despilfarros supone un gran coste para las empresas, por lo que su reducción puede conllevar en un gran ahorro económico.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

TÉRMINOS

Agro Industrialización: Proceso mediante el cual se transforman los productos agrícolas en productos industriales o se les añade valor mediante procesos industriales. Combina la producción agrícola con técnicas y tecnologías propias de la industria para obtener productos procesados, como alimentos, textiles, biocombustibles, entre otros. Este enfoque busca aumentar la eficiencia, la rentabilidad y la diversificación de la producción agrícola.

Cadena de valor: Herramienta de análisis de carácter estratégico que contribuye a definir la ventaja competitiva de la empresa, examinando y dividiendo esta en sus actividades estratégicas más importantes con la finalidad de entender el funcionamiento de los costos, las fuentes actuales y en qué radica la diferenciación.

Cambio Climático: Se refiere a la variación a largo plazo en los patrones climáticos de la Tierra debido a la influencia de actividades humanas y procesos naturales. Implica un aumento de la temperatura promedio del planeta, cambios en los patrones de precipitación, aumento del nivel del mar, derretimiento de los glaciares y otros efectos que afectan tanto a los ecosistemas como a las comunidades humanas.

Cuello de botella: Describe una situación en la que la capacidad o eficiencia de un sistema se ve limitada o restringida debido a un elemento o componente particular que funciona más lento o tiene menor capacidad que el resto del sistema. La identificación y resolución de los cuellos de botella es fundamental para mejorar la eficiencia y maximizar los resultados del sistema.

Gestión Total de la Calidad: Filosofía y enfoque empresarial que busca la mejora continua de la calidad en todos los aspectos de una organización. Se centra en la participación de todos los miembros de la organización, desde los altos directivos hasta los empleados de línea, para asegurar que todos estén comprometidos con la calidad y trabajen juntos para lograrla. El objetivo principal es crear una cultura de calidad en la organización y obtener resultados superiores en términos de satisfacción del cliente y rendimiento empresarial.

Just in Time: Sistema de gestión de inventario y producción que se enfoca en la entrega de los productos o componentes necesarios en el momento exacto en que se requieren, evitando el almacenamiento innecesario de inventario.

Lean Manufacturing: Metodología de gestión y producción que se centra en eliminar el desperdicio y maximizar el valor para el cliente. El enfoque principal del Lean Manufacturing es lograr la eficiencia y la calidad a través de la estandarización, la mejora continua y la participación activa de todos los empleados en la identificación y eliminación de desperdicio.

Modelado: Representación simplificada y estructurada de un sistema, objeto o fenómeno con el fin de comprenderlo, estudiarlo, predecir su comportamiento o comunicarlo.

Objetivos de Desarrollo Sostenible: Son una serie de metas y compromisos acordados a nivel mundial por las Naciones Unidas para abordar los desafíos sociales, económicos y ambientales que enfrenta el mundo.

Organigrama: Representación gráfica y visual de la estructura jerárquica de una organización, empresa o institución. Se utiliza para mostrar las relaciones de autoridad, responsabilidad y comunicación entre los diferentes departamentos, unidades y cargos dentro de la organización.

Producto Interior Bruto: Medida económica que representa el valor total de los bienes y servicios producidos dentro de un país durante un período determinado, generalmente un año. Es utilizado como indicador principal del tamaño y la actividad económica de un país.

Simulación de eventos discretos: Técnica de modelado y análisis utilizada para estudiar y comprender el comportamiento de sistemas complejos basados en eventos que ocurren en momentos específicos en el tiempo. En este enfoque, los eventos relevantes se representan y se simulan a medida que ocurren, permitiendo observar el impacto de las interacciones entre eventos y las variables asociadas.

Sostenibilidad: Se refiere a la capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

Implica la conservación y el uso responsable de los recursos naturales, la protección del medio ambiente, la promoción de la equidad social y el desarrollo económico sostenible.

Takt Time: Métrica utilizada en la fabricación que representa el tiempo disponible para producir un producto o completar una operación para satisfacer la demanda del cliente. Se calcula dividiendo el tiempo disponible de trabajo por el número de unidades que se deben producir o las operaciones que se deben completar.

Triple Bottom Line: Enfoque que considera no solo los aspectos económicos, sino también los sociales y ambientales al evaluar el desempeño de una organización.

Trazabilidad: Capacidad de rastrear y seguir el historial, la ubicación y la aplicación de un producto o recurso a lo largo de toda su cadena de suministro. Implica la recopilación, el registro y el seguimiento de información detallada sobre los componentes, procesos y actividades asociadas con un producto, desde su origen hasta su destino final.

ACRÓNIMOS

ASS: Arena Simulation Software

ERP: Enterprise Resource Planning

JIT: Just in Time

LM: Lean Manufacturing

LT: Lead Time

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

PERTE: Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica
Agroalimentario

RVA: Ratio de Valor Añadido

SED: Simulación de Eventos Discretos

SMED: Single Minute Exchange of Die

TBL: Tiple Bottom Line

TC: Tiempo de Ciclo

TCP: Tiempo de Cambio de Producto

TPM: Total Productive Maintenance

TVA: Tiempo de Valor Añadido

UE: Unión Europea

VSM: Value Stream Mapping

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS

- Abdulmalek, F. A, y Rajgopal, J. (2007). “Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study”. *International Journal of Production Economics*. Vol. 107, Issue 1. pp. 223-236. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>.
- Agrawal, R., y Nath, V. (2020). “Agility and lean practices as antecedents of supply chain social sustainability”. *International Journal Operations Production Management*. 40(10), pp. 1589–1611.
- Alcaraz García, A. S. M., y Diaz-Reza, J. R. (2022). “Best Practices in Lean Manufacturing: A Relational Analysis”. *Springer International Publishing AG*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-97752-8>.
- Andersson, R., Manfredsson, P., y Lantz, B. (2015). “Total productive maintenance in support processes: an enabler for operation excellence”. *Total Quality Management & Business Excellence*, 26(9-10), pp. 1042–1055. <https://doi.org/10.1080/14783363.2015.1068598>.
- Au-Yong, C. P., Azmi, N. F., y Myeda, N. E. (2022). “Promoting employee participation in operation and maintenance of green office building by adopting the total productive maintenance (TPM) concept”. *Journal of Cleaner Production*, 352, 131608–. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131608>.
- Basu, P., Chatterjee, D., Ghosh, I., y Dan, P. K., (2020). “Lean manufacturing implementation and performance: the role of economic volatility in an emerging economy”. *Journal Manufacturing Technology Management*. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2019-0455>.
- Baril, C., Gascon, V., Miller, J., y Côté, N. (2016). “Use of a discrete-event simulation in a Kaizen event: A case study in healthcare”. *European Journal of Operational Research*, 249(1), pp. 327–339. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.036>.
- BOE (2022). “Orden PCM/81/2022, de 9 de febrero, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 8 de febrero de 2022, por el que se aprueba el Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica Agroalimentario. Núm. 35. Sec. III, pp.17676. [cve: BOE-A-2022-2168.boe.es](https://cve.boe.es/BOE-A-2022-2168.boe.es).

- Carreras, M. (2021). “Lean Manufacturing: Herramientas para producir mejor”. *Díaz de Santos*. 2ª Edición. ISBN: 978-84-9052-361-2.
- CIM (2022). “La balanza comercial agroalimentaria en 2021”. *Boletín Económico De ICE. Comercio Internacional de Mercancías*, pp. 3149-3150.
<https://doi.org/10.32796/bice.2022.3149.7473>.
- Chen, P. K., Lujan-Blanco, I., Fortuny-Santos, J., y Ruiz-De-arbulo-lópez, P. (2020). “Lean manufacturing and environmental sustainability: the effects of employee involvement, stakeholder pressure and iso 14001”. *Sustainability (Switzerland)* 12(18), pp. 1–19.
<https://doi.org/10.3390/su12187258>.
- Chen, TC.T., y Wang, YC. (2022). Basics in Lean Management. In: Artificial Intelligence and Lean Manufacturing”. *SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology*. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-04583-7_1.
- Chongwatpol, J. y Sharda, R. (2013). “Achieving Lean Objectives through RFID: A Simulation-Based Assessment”. *Decision Sciences*, 44(2), pp. 239–266.
<https://doi.org/10.1111/deci.12007>.
- Detty, R. B., y Yingling, J. C. (2000). “Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: A case study”. *International Journal of Production Research*, 38:2, pp. 429-445.
[DOI: 10.1080/002075400189509](https://doi.org/10.1080/002075400189509).
- Dias, L. M. S., Vieira, A. A. C., Pereira, G. A. B. y Oliveira, J. A. (2016). “Discrete simulation software ranking — A top list of the worldwide most popular and used tools. In Simulating complex service systems”. *Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference, Washington, DC, USA, 11-14 December*; pp. 1060–1071.
[DOI: 10.1109/WSC.2016.7822165](https://doi.org/10.1109/WSC.2016.7822165).
- Dossou, P. -E. Torregrossa, P., y Martínez, T. (2022). “Industry 4.0 concepts and lean manufacturing implementation for optimizing a company logistics flows”. *Procedia Computer Science*, 200, pp. 358–367.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.234>.
- Drews, T., Molenda, P., Oechsle, O., y Koller, J. (2020). “Manufacturing system optimization with lean methods, manufacturing process objectives and fuzzy logic controller design”. *Procedia CIRP*, 93, pp. 658-663.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.145>.
- Elkington, J. (1994) “Towards the Sustainable Corporation: Win-Win-Win Business Strategies for Sustainable Development”. *California Management Review*, 36, pp. 90-100.
<http://dx.doi.org/10.2307/41165746>.

- Garnett, T. (2013). “Food sustainability: Problems, perspectives and solutions”. *Proceedings of the Nutrition Society*, 72(1), pp. 29-39. <https://doi.org/10.1017/S0029665112002947>.
- Gherghea, I. C., Bungau, C., y Negrau, D. C. (2019). “Lead time reduction and increasing productivity by implementing lean manufacturing methods in cnc processing center”. IOP Conference Series. *Materials Science and Engineering*, 568(1), 12014-. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/568/1/012014>.
- Gualtieri, L., Rojas, R. A., Ruiz Garcia, M. A., Rauch, E., y Vidoni, R. (2022). “Implementation of a laboratory case study for intuitive collaboration between man and machine in sme assembly, in Industry 4.0 for SMEs”. *Challenges, Opportunities and Requirements*. pp. 335–382.
- Guzmán, A. M. V., González, K. M. M., Canales, M. F., Garza, M. T. V., y de la Rosa, F. B. (2018). “Design of a centralized warehouse layout and operation flow for the automotive industry: A simulation approach”. *Paper presented at the proceedings of the international conference on industrial engineering and operations management*.
- Habib, M. A., Rizvan, R., y Ahmed, S. (2023). “Implementing lean manufacturing for improvement of operational performance in a labeling and packaging plant: A case study in Bangladesh”. *Results in Engineering*. Vol. 17. 100818. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100818>
- Hänggi, R., Fimpel, A., y Siegenthaler, R. (2022). “LEAN production easy and comprehensive: a practical guide to lean processes explained with pictures”. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64527-7>.
- Hao, Q., y Shen, W. (2008). “Implementing a hybrid simulation model for a Kanban-based material handling system”. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24(5), pp. 635–646. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2007.09.012>.
- Henao, R., Sarache, W. y Gómez, I. (2019). “Lean manufacturing and sustainable performance: Trends and future challenges”. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 208, pp. 99-116. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.116>.
- Iano, Arthur, R., Saotome, O., Kemper, G., y Padilha França, R. (2020). “Lean Manufacturing Application in the Laminating Machine Manufacturing Process in a Metalworking Company”. In *Proceedings of the 5th Brazilian Technology Symposium*. Springer International Publishing AG, Vol. 201, pp. 449–457. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57548-9_42.

- Jayanth, B., Prathap, P., Sivaraman, P., Yogesh, S., y Madhu, S. (2020). “Implementation of lean manufacturing in electronics industry”. *Materials Today: Procedia*, 33, pp. 23-28.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.718>.
- Karnon, J., Stahl, J., Brennan, A., Caro, J. J., Mar, J., y Möller, J. (2012). “Modeling Using Discrete Event Simulation: A Report of the ISPOR-SMDM Modeling Good Research Practices Task Force-4”. *Medical Decision Making*, 32(5), pp. 701–711.
<https://doi.org/10.1177/0272989X12455462>.
- Keykavoussi, A., y Ebrahimi, A. (2020). “Using fuzzy cost–time profile for effective implementation of lean programmes; SAIPA automotive manufacturer, case study”. *Total Quality Management Business Excellence*, 31(13–14), pp. 1519–1543.
<https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1490639>.
- Kumar, N., Shahzeb Hasan, S., Srivastava, K., Akhtar, R., Kumar Yadav, R., y Choubey, V. K. (2022). “Lean manufacturing techniques and its implementation: A review”. *Materials Today: Proceedings*, 64, pp. 1188–1192.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.481>.
- Lang, S., Reggelin, T., Müller, M., y Nahhas, A. (2021). “Open-source discrete-event simulation software for applications in production and logistics: An alternative to commercial tools?”. *Procedia Computer Science*. Vol. 180, pp. 978-987.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.349>.
- Purushothaman, M. B., Seadon, J., y Moore, D. (2020). “Waste reduction using leantools in a multicultural environment”. *Journal of Cleaner Production*,. Vol. 265.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121681>.
- Mathiyazhagan, K., Gnanavelbabu, A., Kumar, N., y Agarwal, V. (2022). “A framework for implementing sustainable lean manufacturing in the electrical and electronics component manufacturing industry: An emerging economies country perspective”. *Journal of Cleaner Production*. Volume 334. 130169.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130169>.
- Melo, T., Alves, A.C., Lopes, I., y Colim, A. (2020). “Reducing 3M by improved layouts and ergonomic intervention in a lean journey in a cork company. Occupational and Environmental Safety and Health II”. *Studies in Systems, Decision and Control*. 277. pp. 537–545. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3_58.
- Modgil, S., y Sharma, S. (2016). “Total productive maintenance, total quality management and operational performance: An empirical study of Indian pharmaceutical industry”. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 22(4), pp. 353–377.
<https://doi.org/10.1108/JOME-10-2015-0048>.

- Moskvicheva, E. L., Mukhametshina, A. M., Erofeyev, A. N., y Savelyev, K. V. (2020). “Lean manufacturing - a method of managing a manufacturing Enterprise”. IOP Conference Series. *Materials Science and Engineering*, 862(4), 42051–. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/862/4/042051>.
- Orozco-Crespo, E., Sablón-Cossio, N., Saraguro-Piar, R., Hermoso, D., y Rodríguez-Sánchez, Y. (2019). “Optimización de Recursos mediante la Simulación de Eventos Discretos”. *Tecnología En Marcha*, 32(2).
- Possik, J. (2019). “Contribution to a Methodology and a Co-Simulation Framework assessing the impact of Lean on Manufacturing Performance”. *Business administration, Université de Bordeaux*. <https://theses.hal.science/tel-02910358>.
- Rossetti, M. R. (2016). “*Simulation modeling and arena*”. Wiley.
- Sahoo, S. (2019). “Lean manufacturing practices and performance: the role of social and technical factors”. *International Journal Quality Reliability Management*. 37(5), pp. 732–754. <https://doi.org/10.1108/IJORM-03-2019-0099>.
- Seth, D., Seth, N., y Dhariwal, P. (2017). “Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study”. *Production Planning & Control*, 28(5), pp. 398–419. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1300352>.
- Spindler, J., Kec, T., y Ley, T. (2021). “Lead-time and risk reduction assessment of a sterile drug product manufacturing line using simulation”. *Computers & Chemical Engineering*, 152, 107401–. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2021.107401>.
- Suwasono, S., Hapsari, S. S. E., Suryaningrat, I. B., y Soemarno, D. (2022). “Lean Manufacturing Implementation in Indonesian Coffee Processor”. *International Journal on Food, Agriculture and Natural Resources*, 3(2), pp. 37–45. <https://doi.org/10.46676/ij-fanres.v3i2.96>.
- Teixeira, P., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Santos, G., y Fontoura, P. (2021). “Connecting lean and green with sustainability towards a conceptual model”. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 322. 129047. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129047>.
- Tretyakova, L. A., Vladika, M. V., Tselyutina, T. V., Vlasova, T. A., y Timokhina, O. A. (2020). “Profitable production as a socio-economic based on supply chain management with lean production”. *Int. J. Supply Chain Manage*. 9(4), pp. 1174–1181.

Torres, N. y Olmedo, N. (2021). “Mejora de los procesos de un taller de cristalería a través de Lean Manufacturing y simulación de eventos discretos”. *Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Málaga*. Pp. 45-47.

Ramadas, T., Satish, y Aibel, M. (2018). “A model to identify the factors of supplier communication and financial availability to support the lean manufacturing implementation in small and medium scale enterprises”. *International Journal Service Operation Management* 31(4), pp. 480–493.
<https://doi.org/10.1504/IJSOM.2018.096169>.

Urquía Moraleda y Martín Villalba, C. (2013). “Métodos de simulación y modelado”. UNED - *Universidad Nacional de Educación a Distancia*.

Urquía Moraleda y Martín Villalba, C. (2016). “Métodos de simulación y modelado”. UNED - *Universidad Nacional de Educación a Distancia*. Pp. 23-40.

Zahra, A., Indrawati, S., y Sulistio, J. (2020). “Performance Improvement in Aerospace Production Through Lean Manufacturing Implementation”. *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, 722(1), 12045–.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/722/1/012045>.

RECURSOS DE INTERNET

EOI (2013). “*Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*”. Medio ambiente industria y energía. Fundación Escuela de Organización Industrial.
<https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/78202/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>.

RA (2023). “Arena Simulation Software”. Rockwell Automation.
<https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/arena-simulation.html>.

CSH (2017). “*Clinics Reduces Patient Wait Time by 25 Percent*”. Case Study, Healthcare.

CSLSC (2014). “*Leading U.S. Pork Producer Optimizes Supply Chain*”. Case Study, Logistics and Supply Chain
<https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/arena-simulation/case-studies/cancer-treatment-facility-reduces-patient-clinic-time.html>.

DEM (2023). “*Features and Advantages*”. Discrete Event Modeling.
<https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/arena-simulation/discrete-event-modeling.html>.

Deloitte (2021). “*El futuro de la industria alimentaria. Blockchain para mejorar la trazabilidad y la valorización de la cadena alimentaria*”.
<https://www2.deloitte.com/es/es/pages/strategy/articles/futuro-industria-agroalimentaria.html>.

- elEconomista (2022). “*El sector agroalimentario aportó casi 100.000 millones en 2021 a la economía y generó 2,3 millones de empleos*”. <https://www.economista.es/retail-consumo/noticias/11822983/06/22/El-sector-agroalimentario-aporto-casi-100000-millones-rn-2021-a-la-economia-y-genero-23-millones-de-empleos.html>.
- Europa Press (2022). “*El Perte agroalimentario ayudará a lo largo de toda la cadena de valor de la industria, según KPMG*”. Economía y Finanzas. <https://www.europapress.es/economia/noticia-perte-agroalimentario-ayudara-largo-toda-cadena-valor-industria-kpmg-20220208184551.html>.
- FORBES (2023). “*El sector agroalimentario eleva su apuesta por la tecnología para afrontar sus grandes desafíos*”. <https://forbes.es/ultima-hora/268167/el-sector-agroalimentario-eleva-su-apuesta-por-la-tecnologia-para-afrontar-sus-grandes-desafios/>.
- Herrera, D. (2020). “*Actores, roles y actividades: el ADN de las cadenas agroalimentarias*”. <https://www.enlazadot.com/columna/actores-roles-y-actividades-el-adn-de-las-cadenas-agroalimentarias/#:~:text=Una%20cadena%20agroalimentaria%20describe%20la%20gama%20completa%20de.la%20adquisici%C3%B3n%20de%20materias%20primas%20y%20otros%20insumos.>
- IE (2022). “*Ciclo de Deming (PDCA): Qué es y cómo logra la mejora continua*”. Ingenio Empresa. <https://www.ingenioempresa.com/ciclo-pdca/>.
- Montoril Garriga, J. (2019). “*La industria agroalimentaria española: estructura empresarial y productividad. Análisis sectorial: Agroalimentario*”. <https://www.caixabankresearch.com/es/analisis-sectorial/agroalimentario/industria-agroalimentaria-espanola-estructura-empresarial-y>.
- MAPA (2020). “*Medidas para el sector agroalimentario*”. Notas Informativas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. <https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/covid19/Medidas-sector-agroalimentario.aspx>.
- Medina, J. (2020). “*Ciclo PDCA: Una de las herramientas Lean básicas para la mejora. Blog-Toyota*”. <https://blog.toyota-forklifts.es/ciclo-pdca-herramienta-lean-basica-para-mejorar>.
- MICT (2022). “*El Gobierno aprueba el PERTE para impulsar la competitividad, la sostenibilidad y la trazabilidad del sector agroalimentario*”. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. <https://www.mincotur.gob.es/es-es/gabineteprensa/notasprensa/2022/documents/20220208%20np%20perte%20agroalimentario.pdf>.

MITECO (2020). “*Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030*”. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf.

Planas, L. (2020). “*La Comisión Europea presenta sus medidas para hacer frente a los efectos del Covid-19*”. MAPA. <https://www.mapa.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/luis-planas-las-medidas-de-apoyo-al-sector-agroalimentario-anunciadas-por-la-ce-son-un-paso-adelante-en-la-buena-direccion/tcm:30-537478>.

Zaragoza, J. L. (2023). “*El sector agroalimentario, uno de los platos principales de la renta española*”. Activos. <https://www.epe.es/es/activos/20230220/sector-agroalimentario-platos-principales-renta-83115153#:~:text=Con%20un%20peso%20estrat%C3%Agico%20clave%20en%20la%20econom%C3%ADa,econom%C3%ADa%2C%20que%20tiene%20riesgos%20y%20oportunidades%20por%20delante>.

ANEXO I: DISTRIBUCIONES INPUT ANALYZER

➤ Tiempo de posicionamiento de las tarrinas

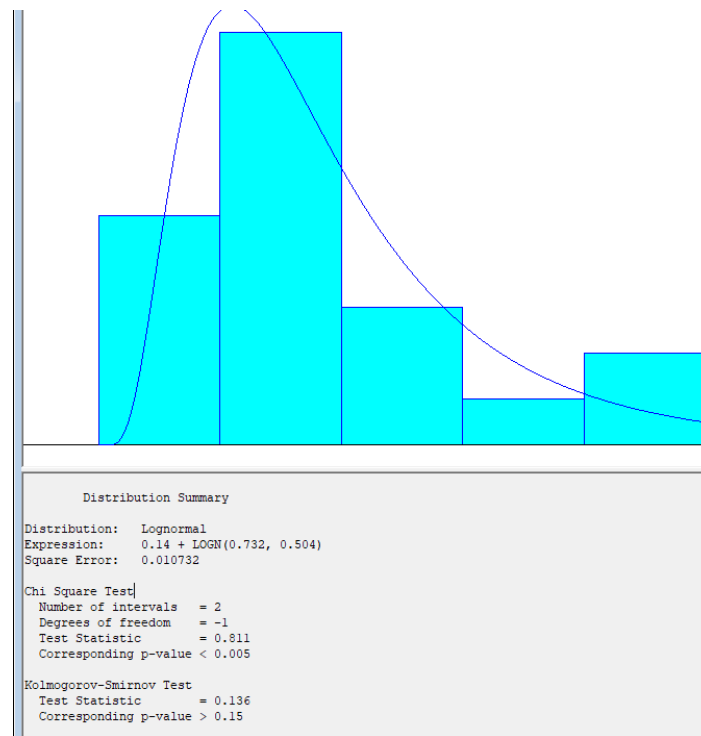


Figura A1.1. Distribución estadística para el proceso de posicionamiento de tarrinas
(Fuente: Programa “Input Analyzer”)

➤ Tiempo cinta 1

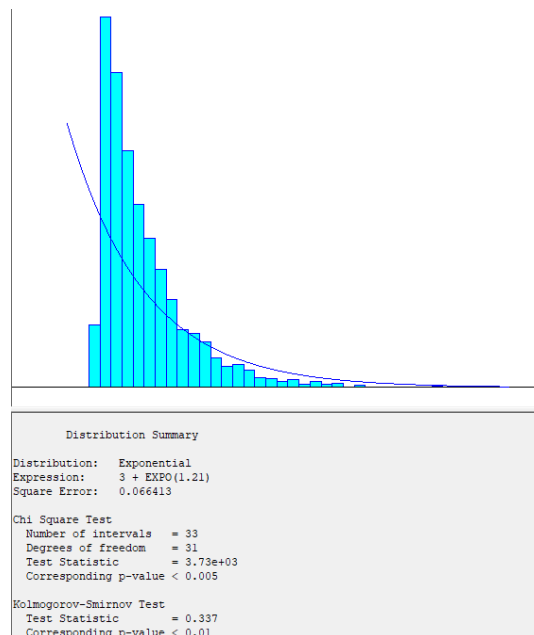


Figura A1.2. Distribución estadística para el proceso de la cinta 1
(Fuente: Programa “Input Analyzer”)

➤ Tiempo de posicionamiento de la fruta: 3 piezas

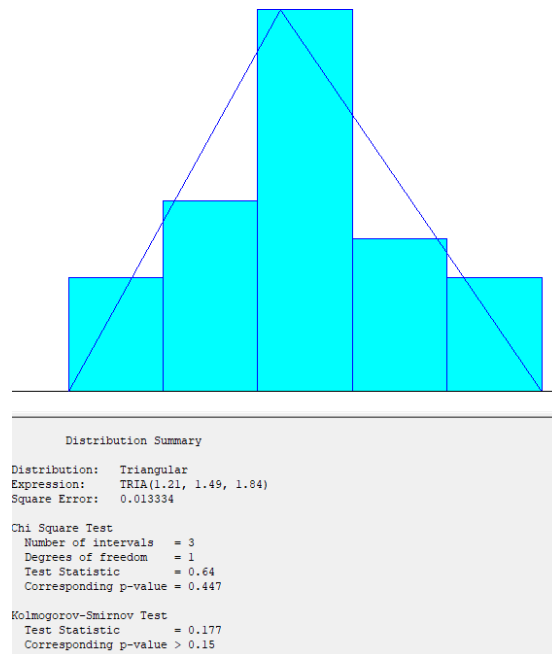


Figura A1.3. Distribución estadística para el proceso posicionamiento de fruta: 3 piezas

(Fuente: Programa "Input Analyzer")

➤ Tiempo de posicionamiento de la fruta: 4 piezas

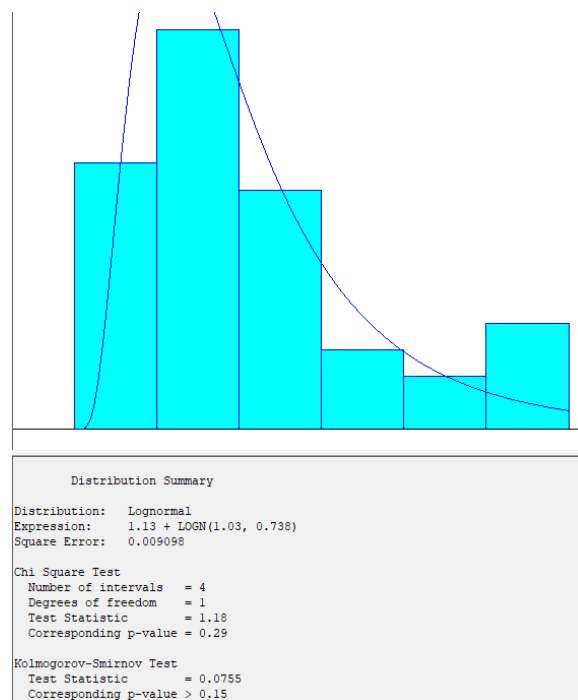


Figura A1.4. Distribución estadística para el proceso posicionamiento de fruta: 4 piezas

(Fuente: Programa "Input Analyzer")

➤ Tiempo Cinta 2

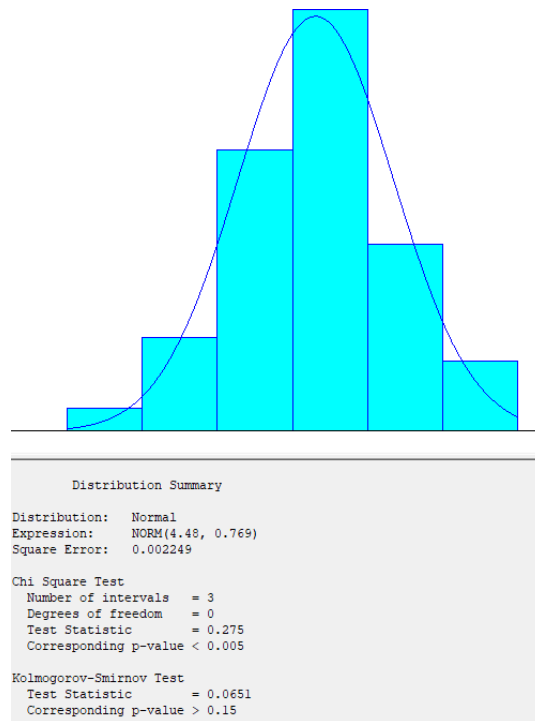


Figura A1.5. Distribución estadística para el proceso de Cinta 2
(Fuente: Programa “Input Analyzer”)

➤ Tiempo Máquina Flowpack

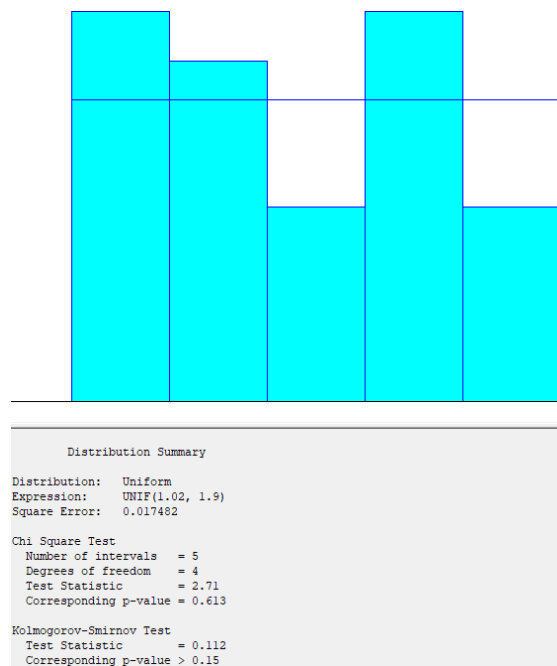


Figura A1.6. Distribución estadística para el proceso de Máquina Flowpack
(Fuente: Programa “Input Analyzer”)

➤ Tiempo Máquina Corte

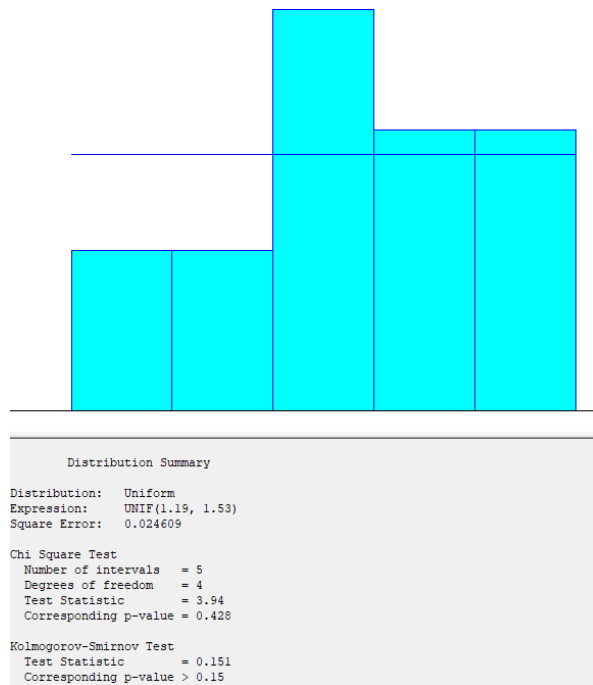


Figura A1.7. Distribución estadística para el proceso de Máquina de corte
 (Fuente: Programa “Input Analyzer”)

➤ Tiempo Cinta 3

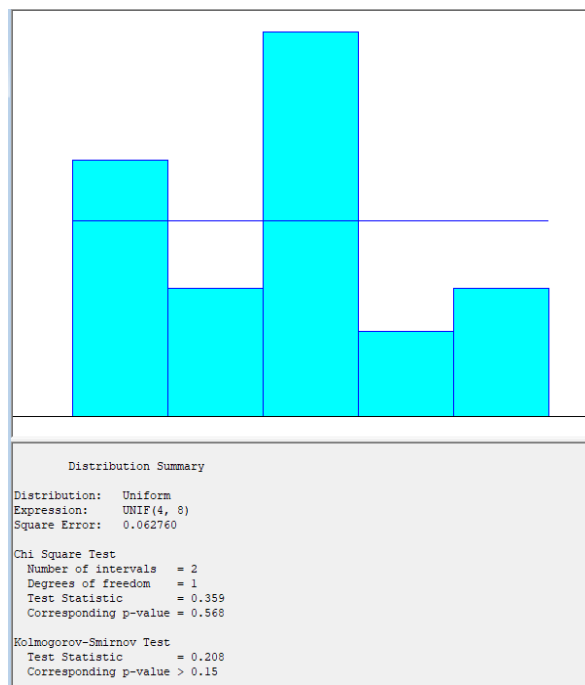


Figura A1.8. Distribución estadística para el proceso de Cinta 3
 (Fuente: Programa “Input Analyzer”)

➤ Tiempo de Recepción

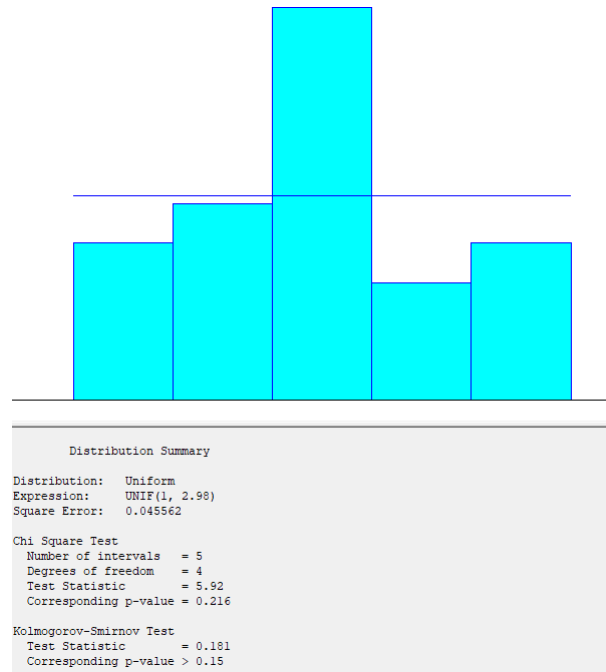


Figura A1.9. Distribución estadística para el proceso de recepción
(Fuente: Programa "Input Analyzer")

➤ Tiempo Remontar

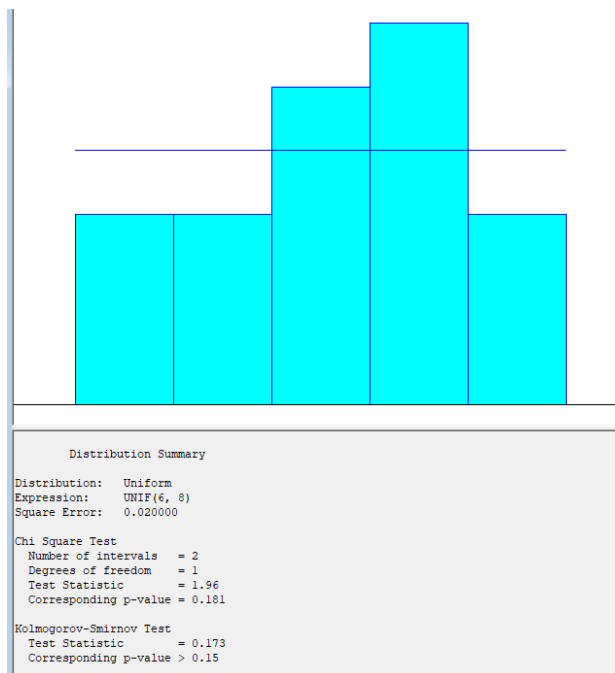


Figura A1.10. Distribución estadística para el proceso de remonta
(Fuente: Programa "Input Analyzer")

ANEXO II: RESULTADOS ARENA

➤ Pedidos A: 1 operarios en fruta y 3 operarios en la recepción y remontando

Identifiier	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.0859	.00581	.00000	11.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	20.234	.07820	.00000	31.000
Cajasalida.WIP	1.1530	.00780	.00000	3.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91959	3.0726E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91959	3.0726E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97668	6.9765E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97668	6.9765E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	.79676	4.8288E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_F.Utilization	.79676	4.8288E-4	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.79103	(Corr)	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.79103	(Corr)	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.5056	.00251	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.75285	.00126	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.17228	.00295	.00000	4.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.19500	.00702	.00000	2.0000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	2.0199	.00480	.00000	5.0000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.43509	.00340	.00000	7.0000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00851	(Corr)	.00000	1.0000
M2.Queue.NumberInQueue	1.7960	.04767	.00000	12.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.13445	.00167	.00000	4.0000

Tabla A2.1. Resultados Pedidos A: 1 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando (Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos A: 2 operarios en fruta y 3 operarios en la recepción y remontando

Identifiier	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	3.6798	.00431	.00000	11.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	20.443	.08091	.00000	30.000
Cajasalida.WIP	1.1484	.00713	.00000	3.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91961	2.9231E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91961	2.9231E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97658	7.2509E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97658	7.2509E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	.80099	4.5289E-4	.00000	2.0000
Operarios_F.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_F.Utilization	.40050	2.2644E-4	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.79193	.00113	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.79193	.00113	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.5039	.00259	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.75200	.00130	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.17367	.00260	.00000	4.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.19110	.00634	.00000	2.0000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	2.0167	(Corr)	.00000	5.0000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.02475	5.5597E-4	.00000	5.0000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00828	3.5244E-4	.00000	1.0000
M2.Queue.NumberInQueue	2.0304	.05202	.00000	10.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.13436	.00173	.00000	4.0000

Tabla A2.2. Resultados Pedidos A: 2 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando (Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos A: 1 operarios en fruta, 2 operarios en la recepción y 1 remontando

Identifíer	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.0859	.00581	.00000	11.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	19.929	.06011	.00000	31.000
Cajasalida.WIP	1.0892	.00395	.00000	3.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91959	3.0726E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91959	3.0726E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97668	6.9765E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97668	6.9765E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	.79676	4.8288E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_F.Utilization	.79676	4.8288E-4	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.94947	7.3163E-4	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.94947	7.3163E-4	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.3462	.00250	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.67312	.00125	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.17228	.00295	.00000	4.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.13974	.00340	.00000	2.0000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	2.0035	.00491	.00000	5.0000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.43509	.00340	.00000	7.0000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000
M2.Queue.NumberInQueue	1.7960	.04767	.00000	12.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.16579	.00198	.00000	4.0000

Tabla A2.3. Resultados Pedidos A: 1 operarios en fruta, 2 en la recepción y 1 remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos B: 1 operarios en fruta y 3 operarios en la recepción y remontando

Identifíer	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.0859	.00581	.00000	11.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	19.774	.05143	.00000	31.000
Cajasalida.WIP	.80666	9.0040E-4	.00000	2.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91959	3.0726E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91959	3.0726E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97668	6.9765E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97668	6.9765E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	.79676	4.8288E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_F.Utilization	.79676	4.8288E-4	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.76147	.00130	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.76147	.00130	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.3773	.00229	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.68869	.00115	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.17228	.00295	.00000	4.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.01275	5.0578E-4	.00000	1.0000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	2.5169	.00516	.00000	6.0000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.43509	.00340	.00000	7.0000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00327	2.6712E-4	.00000	1.0000
M2.Queue.NumberInQueue	1.7960	.04767	.00000	12.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.10086	.00118	.00000	4.0000

Tabla A2.4. Resultados Pedidos B: 1 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos B: 2 operarios en fruta y 3 operarios en la recepción y remontando

Identifíer	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	3.6798	.00431	.00000	11.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	20.010	.05771	.00000	30.000
Cajasalida.WIP	.80684	.00120	.00000	2.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91961	2.9231E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91961	2.9231E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97658	7.2509E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97658	7.2509E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	.80099	4.5289E-4	.00000	2.0000
Operarios_F.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_F.Utilization	.40050	2.2644E-4	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.76011	.00160	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.76011	.00160	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.3781	.00204	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.68908	.00102	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.17367	.00260	.00000	4.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.01286	5.4371E-4	.00000	1.0000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	2.5172	.00694	.00000	6.0000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.02475	5.5597E-4	.00000	5.0000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00329	2.4298E-4	.00000	1.0000
M2.Queue.NumberInQueue	2.0304	.05202	.00000	10.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.10109	.00139	.00000	3.0000

Tabla A2.5. Resultados Pedidos B: 2 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos B: 1 operarios en fruta, 2 operarios en la recepción y 1 remontando

Identifíer	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.0859	.00581	.00000	11.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	19.792	.05123	.00000	31.000
Cajasalida.WIP	.80140	7.3064E-4	.00000	2.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91959	3.0726E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91959	3.0726E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97668	6.9765E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97668	6.9765E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	.79676	4.8288E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_F.Utilization	.79676	4.8288E-4	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.79055	5.0993E-4	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.79055	5.0993E-4	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.3462	.00250	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.67312	.00125	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.17228	.00295	.00000	4.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.01084	3.8821E-4	.00000	1.0000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	2.5035	.00465	.00000	6.0000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.43509	.00340	.00000	7.0000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000
M2.Queue.NumberInQueue	1.7960	.04767	.00000	12.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.16579	.00198	.00000	4.0000

Tabla A2.6. Resultados Pedidos B: 1 operarios en fruta, 2 en la recepción y 1 remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos C: 2 operarios en fruta y 3 operarios en la recepción y remontando

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	3.9353	.00443	.00000	11.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	20.003	.05712	.00000	30.000
Cajasalida.WIP	.80620	.00107	.00000	2.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91958	3.3554E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91958	3.3554E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97664	7.5542E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97664	7.5542E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	1.0259	4.5101E-4	.00000	2.0000
Operarios_F.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_F.Utilization	.51297	2.2551E-4	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.76043	.00153	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.76043	.00153	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.3772	.00182	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.68864	9.1199E-4	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.17472	.00277	.00000	4.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.01255	4.8292E-4	.00000	1.0000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	2.5172	.00511	.00000	6.0000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.05539	9.3172E-4	.00000	6.0000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00320	2.3244E-4	.00000	1.0000
M2.Queue.NumberInQueue	2.0272	.05521	.00000	11.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.10040	.00115	.00000	4.0000

Tabla A2.7. Resultados Pedidos C: 2 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos D: 2 operarios en fruta y 3 operarios en la recepción y remontando

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.6274	.00876	.00000	16.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	20.257	.04585	.00000	33.000
Cajasalida.WIP	.80635	.00104	.00000	2.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	1.4660	.00323	.00000	2.0000
Operarios_F.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_F.Utilization	.73303	.00161	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.76093	.00109	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.76093	.00109	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.3777	.00216	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.68888	.00108	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.18052	.00303	.00000	3.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.01261	4.8658E-4	.00000	1.0000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	2.5166	(Corr)	.00000	6.0000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.30730	.00551	.00000	11.000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00320	1.7094E-4	.00000	1.0000
M2.Queue.NumberInQueue	2.2749	.04433	.00000	13.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.10130	.00142	.00000	4.0000

Tabla A2.8. Resultados Pedidos D: 2 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos D: 2 operarios en fruta y 2 operarios en la recepción y 1 remontando

Identifíer	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.6274	.00876	.00000	16.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	20.278	.04546	.00000	33.000
Cajasalida.WIP	.80130	(Corr)	.00000	2.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	1.4660	.00323	.00000	2.0000
Operarios_F.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_F.Utilization	.73303	.00161	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.79054	6.6027E-4	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.79054	6.6027E-4	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.3468	.00225	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.67345	.00113	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.18052	.00303	.00000	3.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.01076	3.9422E-4	.00000	1.0000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	2.5027	(Corr)	.00000	6.0000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.30730	.00551	.00000	11.000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000
M2.Queue.NumberInQueue	2.2749	.04433	.00000	13.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.16682	.00231	.00000	4.0000

Tabla A2.9. Resultados Pedidos D: 2 operarios en fruta, 2 en la recepción y 1 remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos E: 2 operarios en fruta y 3 operarios en la recepción y remontando

Identifíer	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.5534	.01083	.00000	13.000
Vacia.WIP	.65319	.00454	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	20.843	.05763	.00000	33.000
Cajasalida.WIP	.59584	9.4411E-4	.00000	2.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91973	4.7312E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91973	4.7312E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97623	.00122	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97623	.00122	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	1.4623	.00363	.00000	2.0000
Operarios_F.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_F.Utilization	.73119	.00182	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.72268	.00149	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.72268	.00149	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.2177	.00316	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.60887	.00158	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.58980	.00175	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.58980	.00175	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06339	.00328	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.17940	.00384	.00000	3.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	7.6170E-5	(Insuf)	.00000	1.0000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	3.4483	.01140	.00000	8.0000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.22869	.00708	.00000	8.0000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00202	2.4813E-4	.00000	1.0000
M2.Queue.NumberInQueue	2.1425	.05976	.00000	10.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.07561	.00150	.00000	3.0000

Tabla A2.10. Resultados Pedidos E: 2 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos E: 2 operarios en fruta y 2 operarios en la recepción y remontado

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.6274	.00876	.00000	16.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	23.333	.10441	.00000	46.000
Cajasalida.WIP	.71702	.00621	.00000	3.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	1.4660	.00323	.00000	2.0000
Operarios_F.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_F.Utilization	.73303	.00161	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.96415	9.6438E-4	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.96415	9.6438E-4	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	.96381	.00119	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_A.Utilization	.96381	.00119	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.18052	.00303	.00000	3.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.01514	.00346	.00000	2.0000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	3.4562	.00701	.00000	8.0000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.30730	.00551	.00000	11.000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.10879	.00333	.00000	1.0000
M2.Queue.NumberInQueue	2.2749	.04433	.00000	13.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	1.3526	.02610	.00000	9.0000

Tabla A2.11. Resultados Pedidos E: 2 operarios en fruta y 2 en la recepción y remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos E: 2 operarios en fruta, 2 operarios en la recepción y 1 remontando

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.6274	.00876	.00000	16.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	21.209	.04606	.00000	35.000
Cajasalida.WIP	.59307	4.2368E-4	.00000	2.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	1.4660	.00323	.00000	2.0000
Operarios_F.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_F.Utilization	.73303	.00161	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.59304	4.2055E-4	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.59304	4.2055E-4	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.3468	.00225	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.67345	.00113	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.18052	.00303	.00000	3.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	2.7061E-5	(Insuf)	.00000	1.0000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	3.4977	.00664	.00000	8.0000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.30730	.00551	.00000	11.000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000
M2.Queue.NumberInQueue	2.2749	.04433	.00000	13.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.16682	.00231	.00000	4.0000

Tabla A2.12. Resultados Pedidos E: 2 operarios en fruta, 2 en la recepción y 1 remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos F: 2 operarios en fruta y 3 operarios en la recepción y remontando

Identifiier	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.6274	.00876	.00000	16.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	22.080	.04536	.00000	37.000
Cajasalida.WIP	.47612	4.2849E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	1.4660	.00323	.00000	2.0000
Operarios_F.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_F.Utilization	.73303	.00161	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.69682	.00121	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.69682	.00121	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.1271	.00191	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.56358	9.5593E-4	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.18052	.00303	.00000	3.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	4.4517	.00855	.00000	10.000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.30730	.00551	.00000	11.000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00158	1.5493E-4	.00000	1.0000
M2.Queue.NumberInQueue	2.2749	.04433	.00000	13.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.06418	.00130	.00000	3.0000

Tabla A2.13. Resultados Pedidos F: 2 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos F: 2 operarios en fruta y 2 operarios en la recepción y remontado

Identifiier	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.6274	.00876	.00000	16.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	22.841	.05331	.00000	38.000
Cajasalida.WIP	.51001	.00125	.00000	2.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	1.4660	.00323	.00000	2.0000
Operarios_F.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_F.Utilization	.73303	.00161	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.90680	.00110	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.90680	.00110	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	.90600	.00127	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_A.Utilization	.90600	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.18052	.00303	.00000	3.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	5.4674E-6	(Insuf)	.00000	1.0000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	4.1507	.00758	.00000	10.000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.30730	.00551	.00000	11.000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.03546	9.2514E-4	.00000	1.0000
M2.Queue.NumberInQueue	2.2749	.04433	.00000	13.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.79876	.01000	.00000	6.0000

Tabla A2.14. Resultados Pedidos F: 2 operarios en fruta y 2 en la recepción y remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos F: 2 operarios en fruta, 2 operarios en la recepción y 1 remontando

Identifíer	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.6274	.00876	.00000	16.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	22.210	.04705	.00000	37.000
Cajasalida.WIP	.47443	3.9961E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	1.4660	.00323	.00000	2.0000
Operarios_F.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_F.Utilization	.73303	.00161	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.47443	3.9961E-4	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.47443	3.9961E-4	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.3468	.00225	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.67345	.00113	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.18052	.00303	.00000	3.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	4.4985	.00821	.00000	10.000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.30730	.00551	.00000	11.000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000
M2.Queue.NumberInQueue	2.2749	.04433	.00000	13.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.16682	.00231	.00000	4.0000

Tabla A2.15. Resultados Pedidos F: 2 operarios en fruta, 2 en la recepción y 1 remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos G: 2 operarios en fruta y 2 operarios en la recepción y remontando

Identifíer	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.6274	.00876	.00000	16.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	23.565	.04730	.00000	39.000
Cajasalida.WIP	.41729	9.0220E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	1.4660	.00323	.00000	2.0000
Operarios_F.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_F.Utilization	.73303	.00161	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.86743	.00120	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.86743	.00120	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	.86776	.00132	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_A.Utilization	.86776	.00132	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.18052	.00303	.00000	3.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	5.1150	.00792	.00000	12.000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.30730	.00551	.00000	11.000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.02218	7.4975E-4	.00000	1.0000
M2.Queue.NumberInQueue	2.2749	.04433	.00000	13.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.64952	(Corr)	.00000	6.0000

Tabla A2.16. Resultados Pedidos G: 2 operarios en fruta y 2 en la recepción y remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos G: 2 operarios en fruta y 3 operarios en la recepción y remontando

Identifíer	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.6274	.00876	.00000	16.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	23.086	.04209	.00000	39.000
Cajasalida.WIP	.39674	5.2701E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	1.4660	.00323	.00000	2.0000
Operarios_F.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_F.Utilization	.73303	.00161	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.67784	.00106	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.67784	.00106	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.0673	.00215	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.53367	.00108	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.18052	.00303	.00000	3.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	5.4664	.00908	.00000	12.000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.30730	.00551	.00000	11.000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00124	1.3164E-4	.00000	1.0000
M2.Queue.NumberInQueue	2.2749	.04433	.00000	13.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.05556	.00106	.00000	4.0000

Tabla A2.17. Resultados Pedidos G: 2 operarios en fruta y 3 en la recepción y remontando
(Fuente: Arena Rockwell)

➤ Pedidos G: 2 operarios en fruta, 2 operarios en la recepción y 1 remontando

Identifíer	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tarrina.WIP	4.6274	.00876	.00000	16.000
Vacia.WIP	.65364	.00292	.00000	7.0000
TarrinaFruta.WIP	23.214	.04314	.00000	39.000
Cajasalida.WIP	.39541	(Corr)	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberBusy	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_C.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_C.Utilization	.91962	3.0104E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberBusy	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Maquina_FLP.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Maquina_FLP.Utilization	.97645	7.1494E-4	.00000	1.0000
Operarios_F.NumberBusy	1.4660	.00323	.00000	2.0000
Operarios_F.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_F.Utilization	.73303	.00161	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberBusy	.39541	(Corr)	.00000	1.0000
Operarios_B.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operarios_B.Utilization	.39541	(Corr)	.00000	1.0000
Operarios_A.NumberBusy	1.3468	.00225	.00000	2.0000
Operarios_A.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000
Operarios_A.Utilization	.67345	.00113	.00000	1.0000
Operario_P.NumberBusy	.59035	.00127	.00000	1.0000
Operario_P.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000
Operario_P.Utilization	.59035	.00127	.00000	1.0000
Tarrinas.Queue.NumberInQueue	.06329	.00199	.00000	6.0000
M_Corte.Queue.NumberInQueue	.18052	.00303	.00000	3.0000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000
Caja de salida.Queue.NumberInQueue	5.5021	.00940	.00000	12.000
Fruta.Queue.NumberInQueue	.30730	.00551	.00000	11.000
Remontar.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000
M2.Queue.NumberInQueue	2.2749	.04433	.00000	13.000
Recepcion.Queue.NumberInQueue	.16682	.00231	.00000	4.0000

Tabla A2.18. Resultados Pedidos G: 2 operarios en fruta, 2 en la recepción y 1 remontando
(Fuente: Arena Rockwell)