UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA, CIENCIA Y COMPUTACIÓN (STEAM)

INGENIERÍA EN SISTEMAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Optimización del aprovisionamiento en la cadena de suministro de la industria alimentaria transformadora de perecederos: lecciones de la industria automotriz aplicadas al sector alimentario.

Alumno: Dª. XIMENA BELLO CANTO

Director: D. BENIGNO LACORT PEÑA

JUNIO 2026

TÍTULO: Optimización del aprovisionamiento en la cadena de suministro de la industria alimentaria transformadora de perecederos: lecciones de la industria automotriz aplicadas al sector alimentario.

AUTOR: XIMENA BELLO CANTO

DIRECTOR DEL PROYECTO: BENIGNO LACORT PEÑA

FECHA: 15 de Junio de 2026

RESUMEN

La industria alimentaria que transforma productos perecederos enfrenta un reto organizativo singular: sus materias primas tienen fecha de caducidad, y cualquier desajuste entre lo que se compre, lo que se produce y lo que se vende se convierte inevitablemente en pérdida física de alimentos y en valor económico destruido. A pesar de su relevancia, este problema rara vez se aborda desde el diseño del propio sistema de gestión, sino mediante acciones aisladas de mejora que no atacan su causa raíz. El presente trabajo parte de esa brecha para proponer un camino distinto: aprender de un sector que lleva décadas perfeccionando la coordinación de sus cadenas de suministro, la industria automotriz, y trasladar sus principios organizativos al contexto alimentario con los ajustes que la diferencia entre ambos sectores exige. El resultado es un modelo estructurado de mejora operativa que no requiere grandes inversiones tecnológicas, sino disciplina de proceso, estandarización y orientación al flujo continuo. El análisis económico que acompaña la propuesta demuestra que las pérdidas derivadas de operar sin ese modelo son considerables, que el coste de implantarlo es reducido en comparación, y que el ahorro que la intervención propone es sólido incluso en los escenarios de implementación más conservadores.

Palabras clave: desperdicio alimentario, mejora continua, cadena de suministro, transferencia de conocimiento intersectorial, gestión operativa, perecederos.

ABSTRACT

The food processing industry that handles perishable products faces a distinctive organizational challenge: its raw materials have a limited shelf life, and any misalignment between procurement, production and demand translates directly into physical food loss and destroyed economic value. Despite its relevance, this problem is rarely addressed through the design of the management system itself, but rather through isolated fixes that do not tackle its root causes. This work starts from that gap to propose a different approach: learning from a sector that has spent decades refining supply chain coordination, the automotive industry, and transferring its organizational principles to the food context with the adjustments that the differences between both sectors require. The outcome is a structured operational improvement model that does not demand large technological investments, but rather process discipline, standardization and a continuous flow orientation. The economic analysis accompanying the proposal demonstrates that the losses derived from operating without such a model are substantial, that the cost of implementing it is comparatively low, and that the return on intervention is robust even under the most conservative implementation scenarios.

Key words: food waste, continuous improvement, supply chain management, intersectoral knowledge transfer, operations management, perishables.

ÍNDICE

RESUMEN 3

ABSTRACT 3

Capítulo 1. Introducción al problema y enfoque del análisis del estado del arte 10

1.1 Contexto y motivación del estudio 10

1.2 Planteamiento del problema 11

1.3 Identificación de brechas operativas 12

1.4 Definición del objetivo general y objetivos específicos 13

1.5 Delimitación del estudio: alcance, límites y condiciones de implementación 14

1.6 Marco metodológico para la identificación y transferencia de prácticas de aprovisionamiento 16

1.6.1 Enfoque y alcance del diseño técnico 16

1.6.2 Estrategia metodológica 16

1.6.3 Limitaciones metodológicas 17

Capítulo 2. Marco teórico y fundamentos conceptuales de la cadena de suministro 20

2.1 Transformación estratégica de las cadenas de suministro y estructuración organizacional 20

2.2 Ineficiencias sistémicas en la industria agroalimentaria transformadora 21

2.3 El aprovisionamiento como sistema determinante del modelo industrial 22

2.4 Análisis de la industria automotriz como modelo de alta estructuración 23

2.5 Transferencia intersectorial bajo la perspectiva de la teoría de contingencia 24

2.6 Dimensión de sostenibilidad y alineamiento con los ODS 25

Capítulo 3. Revisión literaria de la gestión de la cadena de suministro en el sector alimentario 28

3.1 Estrategia de búsqueda y selección de literatura 28

3.2 Clasificación temática de la literatura 29

3.3 Características estructurales de la cadena agroalimentaria 34

3.4 Síntesis de hallazgos por familia 44

Capítulo 4. Análisis de la excelencia operativa en la cadena de suministro automotriz: Lecciones de eficiencia y calidad 52

4.1 Contexto y características estructurales del sector 53

4.2 Prácticas de estandarización y control 55

4.3 Planificación integrada y coordinación con proveedores 56
4.4 Ejecución operativa y confiabilidad 58
4.5 Gestión de datos, trazabilidad e integración tecnológica 61
4.6 Gestión estratégica de insumos y proveedores 63
Capítulo 5. Transferencia intersectorial y propuesta de adaptación estructural 67
5.1 Lógica de transferencia entre la industria automotriz y la industria alimentaria 67
5.1.1 El principio de analogía funcional como fundamento de la transferencia 68
5.1.2 Asimetría estructural entre sectores: diferencias que condicionan la transferencia 69
5.1.3 Convergencia estructural: el problema común que justifica el aprendizaje 69
5.1.4 El papel de Lean como puente metodológico 70
5.1.5 Condiciones habilitadoras de la transferencia 71
5.2 Criterios para evaluar la transferibilidad de las prácticas automotrices 72
5.2.1 Dimensiones de evaluación de la transferibilidad 73
5.2.2 Escala de transferibilidad 74
5.2.3 Aplicación de los criterios: principios de uso 75
5.2.4 Relación entre los criterios y las 5 familias de problemas 76
5.3 Matriz de transferencia intersectorial 77
5.3.1 Escenario de referencia: descripción de la empresa tipo y estado actual de la cadena 77
5.3.2 Identificación y cuantificación de las ineficiencias críticas por familia 79
5.3.3 Matriz de transferencia intersectorial 81
5.4 Modelo de adaptación estructural Lean-DMAIC 83
5.4.1 Definir: delimitación de los problemas críticos de la cadena alimentaria 83
5.4.2 Medir: diagnóstico del estado actual e indicadores operativos 85
5.4.3 Analizar: causas raíz y comparación con el modelo automotriz 88
5.4.4 Mejorar: adaptación de prácticas Lean y automotrices 91
5.4.5 Controlar: criterios de evaluación y control para una futura implementación 95
5.5 Principios y objetivos del estado futuro de la cadena alimentaria 97
5.5.1 Principios organizativos del estado futuro 97
5.5.2 El estado futuro como punto de partida del siguiente flujo 98
5.6 Impacto esperado sobre las cinco familias de problemas 99
5.6.1 Estandarización y control 99
5.6.2 Planificación y coordinación 100
5.6.3 Ejecución operativa y confiabilidad 100

5.6.4 Datos y trazabilidad 101
5.6.5 Gestión de insumos 101
5.6.6 Síntesis del impacto por familias 102
5.7 Límites y condiciones de aplicación de la propuesta 103
Capítulo 6. Análisis de rentabilidad operativa 107
6.1 Parámetros económicos base del escenario de referencia 107
6.2 Cuantificación de las pérdidas en el estado actual 108
6.2.1 Pérdidas en la etapa de recepción de materias primas 108
6.2.2 Pérdidas en el almacén de materias primas 109
6.2.3 Pérdidas en la etapa de transformación 109
6.2.4 Pérdidas en la etapa de envasado y etiquetado 110
6.2.5 Pérdidas en el almacén de producto terminado 110
6.2.6 Resumen de las pérdidas totales en el estado actual 111
6.3 Cuantificación del ahorro operativo por oleada 112
6.3.1 Oleada 1 – Estabilizar recepción y almacén de materias primas 112
6.3.2 Oleada 2 – Estandarizar transformación y envasado 112
6.3.3 Oleada 3 – Optimizar almacén de producto terminado y gestión de proveedores 114
6.4 Resumen comparativo de la situación lograda tras las mejoras 114
6.5 Coste de implementación del modelo 115
6.6 Evaluación de viabilidad económica 117
6.6.1 Coste de no actuación 118
6.7 Análisis de escenarios: conservador, base y optimista 118
6.8 Segundo análisis de caso: empresa con nivel de madurez organizativa media 119
6.9 Síntesis del análisis económico 122
Capítulo 7. Conclusiones 124
7.1 Conclusiones generales 124
7.2 Limitaciones y líneas futuras 126
ANEXOS 129
..... 131
..... 132
..... 148
BIBLIOGRAFÍA 151

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Cadena de suministro 20
Ilustración 2. Efectividad de herramientas de pronóstico y control de stock en el sector agroalimentario 37
Ilustración 3. Relación entre principios Lean, optimización y mejora del desempeño en sistemas agroalimentarios 42
Ilustración 4. Mapeo para la propuesta de herramientas de manufactura esbelta como acciones de mitigación de riesgos operacionales 43
Ilustración 5. Agrupación de los principales problemas identificados en la literatura por familia analítica 46
Ilustración 6. VSM del estado actual cadena de suministro alimentaria 48
Ilustración 7. Asimetría estructural entre la industria automotriz y la industria alimentaria transformadora 69
Ilustración 8. Lógica de transferencia intersectorial mediante el marco Lean-DMAIC 71
Ilustración 9. Ficha de definición del proyecto piloto 84
Ilustración 10. Desglose completo por etapa de la cadena de suministro alimentaria 87
Ilustración 11. Diagrama de Ishikawa 89
Ilustración 12. Diagrama de los 5 Porqués 90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Búsqueda por nivel de clasificación 30
Tabla 2. Distribución temporal de la literatura 30
Tabla 3. Porcentaje de investigación por enfoque 31
Tabla 4. Síntesis de la literatura científica más relevante 33
Tabla 5. Principales retos operativos de la cadena de suministro alimentaria identificados en la literatura 36
Tabla 6. Síntesis de estrategias de reducción del desperdicio alimentario en la cadena de suministro agroalimentaria 39
Tabla 7. Principales desperdicios identificados VSM industria alimentaria 49
Tabla 8. Componentes del OEE y su impacto en la ejecución operativa 59
Tabla 9. Focos de pérdida operativa y mecanismos de respuesta en la automoción 60
Tabla 10. Dimensiones de la trazabilidad en la cadena automotriz 61
Tabla 11. Tecnologías de soporte a la trazabilidad en la cadena automotriz 62
Tabla 12. Criterios de evaluación y seguimiento de proveedores en la cadena automotriz 64
Tabla 13. Modelos de relación fabricante-proveedor en la cadena automotriz 65
Tabla 14. Sistema de criterios para evaluar la transferibilidad de prácticas automotrices al entorno alimentario 75
Tabla 15. Indicadores operativos del estado actual 79
Tabla 16. Matriz de transferencia intersectorial 82
Tabla 17. Impacto esperado sobre las 5 familias de problemas y plazo de transferencia 102
Tabla 18. Parámetros económicos base del escenario de referencia 108
Tabla 19. Pérdidas mensuales en la etapa de recepción de MP 109
Tabla 20. Pérdidas mensuales en el almacén de materias primas 109
Tabla 21. Pérdidas mensuales en la etapa de transformación 110
Tabla 22. Pérdidas mensuales en la etapa de envasado y etiquetado 110
Tabla 23. Pérdidas mensuales en el almacén de producto terminado 111
Tabla 24. Resumen de pérdidas mensuales totales en el estado actual 111
Tabla 25. Ahorros estimados por las intervenciones de la Oleada 1 112
Tabla 26. Descomposición del OEE antes y después de la Oleada 2 113
Tabla 27. Ahorros estimados por las intervenciones de la Oleada 2 113
Tabla 28. Ahorros estimados por las intervenciones de la Oleada 3 114
Tabla 29. Comparativa entre el estado actual y el estado futuro post implementación 115
Tabla 30. Coste de implementación del modelo en el horizonte del piloto 116
Tabla 31. Indicadores de viabilidad económica del modelo 117
Tabla 32. Coste de no actuación proyectado frente al ahorro potencial acumulado 118
Tabla 33. Análisis de escenarios con variación del ahorro mensual y anual según grado de implementación 119
Tabla 34. Comparativa de indicadores de partida entre el Escenario 1 y Escenario 2 120
Tabla 35. Pérdidas por etapa Escenario 2 120
Tabla 36. Comparativa entre el estado actual y el estado futuro post implementación Escenario 2 121

Capítulo 1. Introducción al problema y enfoque del análisis del estado del arte

1.1 Contexto y motivación del estudio

En el escenario actual de competitividad global, la eficiencia organizacional ha dejado de depender exclusivamente del desempeño de unidades productivas aisladas para situarse en la gestión integral de la cadena de suministro. Lo que durante gran parte del siglo XX se entendía como una función predominantemente operativa, centrada en la logística, transporte y control de inventarios, ha evolucionado hacia un sistema estratégico de decisiones interdependientes, donde la coordinación entre actores y la capacidad de gestionar la incertidumbre determinan el desempeño de la organización.

En este contexto, la estructuración del aprovisionamiento adquiere una relevancia particular. Más allá de su dimensión administrativa, el aprovisionamiento configura la relación entre el entorno externo y el sistema productivo interno, condicionando la planificación, la estabilidad operativa y el alineamiento entre la oferta y demanda. Su diseño organizacional influye directamente en la capacidad del sistema para absorber la variabilidad sin traducirla en pérdidas.

La industria agroalimentaria transformadora enfrenta desafíos específicos derivados de la naturaleza perecedera de sus productos. La restricción temporal impuesta por la vida útil limitada convierte al tiempo en un factor estructural del proceso productivo. En este entorno, cualquier desalineación entre aprovisionamiento, planificación y producción no solo genera ineficiencias económicas, sino que puede materializarse en pérdidas físicas en forma de mermas o desperdicio alimentario. La gestión de la incertidumbre adquiere, por tanto, una dimensión crítica.

Frente a esta problemática, resulta pertinente examinar sectores industriales que han desarrollado modelos de alta estructuración organizacional en la gestión de su cadena de suministro. La industria automotriz constituye un caso paradigmático en este sentido. Mediante sistemas de planificación integrados, redes de proveedores altamente coordinadas y mecanismos formales de control y evaluación, este sector ha logrado establecer estructuras organizativas orientadas a minimizar la variabilidad y sistematizar la respuesta ante la incertidumbre.

Si bien la naturaleza del producto y las restricciones operativas difieren entre ambos sectores, la comparación se plantea desde la posibilidad de aprendizaje estructural. El presente trabajo analiza los principios organizativos que sustentan la eficiencia en la industria automotriz para aportar elementos relevantes y en consecuencia repensar el diseño del aprovisionamiento en la industria agroalimentaria transformadora, particularmente en lo relativo a la reducción de ineficiencias sistémicas y desperdicio.

El presente trabajo se inscribe en esta línea de reflexión, proponiendo un análisis comparativo que permita evaluar el potencial de adaptación de mecanismos estructurales y las lecciones de aprovisionamiento entre sectores industriales con características diferenciadas.

1.2 Planteamiento del problema

La pérdida y el desperdicio de alimentos constituye uno de los principales retos de eficiencia y sostenibilidad en los sistemas productivos y logísticos a escala global. Desde una perspectiva cuantitativa, la evidencia internacional indica que aproximadamente un tercio de los alimentos producidos para consumo humano se pierde o desperdicia, lo que equivale a cerca de 1,3 mil millones de toneladas al año (FAO, 2011). Este fenómeno no solo implica una reducción directa de disponibilidad de alimentos, sino que también una pérdida de valor económico y de recursos asociados a la producción y transformación (FAO, 2011).

La magnitud del problema se refuerza con estimaciones recientes sobre el desperdicio en etapas finales de la cadena: el Food Waste Index reporta que en 2022 se generaron 1,05 mil millones de toneladas de desperdicio alimentario, equivalente a 132 kg per cápita y a casi una quinta parte (≈19%) de los alimentos disponibles para los consumidores (UNEP, 2024). Estas cifras evidencian que el desperdicio no constituye una desviación marginal del sistema, sino un fenómeno recurrente con impacto material en el desempeño económico de las cadenas de suministro.

En el ámbito de la industria agroalimentaria transformadora, el problema adquiere una dimensión particularmente crítica debido a la naturaleza perecedera de los productos y a la integración de múltiples etapas interdependientes: aprovisionamiento de materias primas, recepción y almacenamiento, transformación, control de calidad, gestión de inventarios y distribución. En este tipo de sistemas, el tiempo opera como una restricción estructural; la vida útil limitada reduce el margen de error en la planificación y convierte las desalineaciones entre compras, producción y demanda en pérdidas físicas (mermas, rechazos, obsolescencia o caducidad). Bajo esta lógica, el desperdicio no debe interpretarse únicamente como un fallo puntual, sino como un resultado acumulado de ineficiencias sistémicas derivadas de la coordinación imperfecta entre funciones y actores a lo largo del flujo industrial.

Desde una perspectiva organizacional, el núcleo del problema reside en que la reducción del desperdicio requiere algo más que acciones aisladas de mejora. Se necesitan mecanismos de integración que alineen decisiones de aprovisionamiento con capacidad productiva, políticas de inventario, especificaciones de calidad y señales de demanda. Cuando dicha integración es insuficiente, el sistema tiende a operar de forma reactiva, incrementando la probabilidad de sobre aprovisionamiento, sobre producción y acumulación de inventarios en puntos donde el tiempo de vida del producto ya no permite absorber desviaciones sin pérdida de valor.

A pesar de la amplia documentación cuantitativa del fenómeno, la literatura suele abordar el desperdicio desde perspectivas que, en muchos casos, no se conectan plenamente con el diseño organizacional del sistema industrial. Se identifican numerosos estudios orientados a cuantificar el desperdicio o a proponer medidas de mitigación en etapas específicas; sin embargo, persiste una brecha en torno a cómo el nivel de estructuración del aprovisionamiento, entendido como el grado de formalización, integración y coordinación del proceso dentro del sistema industrial, puede incidir en la reducción de ineficiencias sistémicas y desperdicio en industrias de productos perecederos. En otras

palabras, existe un vacío respecto a qué elementos organizacionales del aprovisionamiento, más allá de intervenciones operativas puntuales, pueden contribuir de forma sostenida a reducir pérdidas en la industria agroalimentaria transformadora.

En este contexto, el presente TFG se justifica por la necesidad de analizar el desperdicio alimentario no solo como un fenómeno cuantitativo, sino como un problema de coordinación y diseño del sistema industrial. La magnitud global del desperdicio documentada por organismos internacionales (FAO, 2011; UNEP, 2024) refuerza la pertinencia de estudiar enfoques estructurales que mejoren la integración del aprovisionamiento con el resto de las funciones de la cadena, con el fin de reducir pérdidas y mejorar el desempeño sistémico.

1.3 Identificación de brechas operativas

Con base a la revisión realizada, se expone de forma clara que el estudio de la eficiencia en cadenas de suministro ha evolucionado, incorporando enfoques relacionados con integración organizacional, planificación coordinada y mejora continua. De manera paralela, la literatura sobre la industria agroalimentaria transformadora ha profundizado en el análisis del desperdicio alimentario y en las limitaciones operativas derivadas de la perecibilidad del producto. Asimismo, la industria automotriz ha sido ampliamente examinada como referente de estructuración organizacional y disciplina operativa en entornos complejos.

Sin embargo, estos desarrollos teóricos tienden a abordarse dentro de marcos sectoriales específicos, limitando la exploración sistemática de las diferencias estructurales entre industrias como variable explicativa del desempeño. El fenómeno del desperdicio en la industria agroalimentaria suele analizarse desde perspectivas técnicas, logísticas o regulatorias, mientras que el grado de estructuración del aprovisionamiento rara vez se examina como componente central del diseño organizacional del sistema productivo.

En este sentido, la intersección entre ambas líneas de investigación permanece insuficientemente desarrollada. Si bien existen estudios detallados sobre eficiencia en la industria automotriz y abundante literatura sobre desperdicio en la industria agroalimentaria transformadora, no se aborda de manera sistemática la posibilidad de transferir mecanismos estructurales de aprovisionamiento entre sectores industriales con características operativas distintas.

La comparación entre modelos organizacionales adquiere relevancia en la medida en que permite analizar si determinados elementos como la integración informacional, la formalización de procesos de compra, la planificación coordinada con proveedores o la evaluación sistemática del desempeño, pueden adaptarse a contextos donde la perecibilidad y la incertidumbre operan como restricciones centrales. La cuestión no radica en replicar estructuras sectoriales completas, sino en identificar qué componente del diseño organizacional podrían contribuir a reducir desalineaciones internas y pérdidas acumulativas.

De este modo, el presente estudio se sitúa en esta convergencia conceptual, proponiendo examinar el potencial de adaptación de prácticas estructurales de aprovisionamiento entre sectores industriales, con el propósito de contribuir tanto al análisis académico de la transferencia organizacional como a la formulación de propuestas aplicables orientadas a la reducción de ineficiencias sistémicas y desperdicio.

1.4 Definición del objetivo general y objetivos específicos

A partir del diagnóstico de la situación actual, el presente proyecto se orienta a diseñar una estrategia de estructuración del aprovisionamiento que optimice el desempeño operativo en sistemas industriales complejos. En particular, el estudio adopta un enfoque comparativo entre la industria automotriz, reconocida por su alta integración y coordinación en aprovisionamiento, y la industria alimentaria transformadora de productos perecederos, donde la restricción temporal del producto incrementa la sensibilidad del sistema ante desalineaciones entre compras, planificación y producción.

En este marco, el objetivo general del proyecto es diseñar un modelo operativo de estructuración del aprovisionamiento mediante mecanismos organizacionales y métodos esbeltos en la industria automotriz, con el fin de reducir ineficiencias sistémicas y mermas, y proyectar mejoras tangibles en el desempeño de la cadena de suministro del sector primario.

Para alcanzar dicho objetivo, se plantean los siguientes objetivos específicos:

(i) Revisar y sintetizar la literatura académica y técnica sobre estructuración del aprovisionamiento e integración de la cadena de suministro alimentaria transformadora de perecederos.

(ii) Delimitar e implementar el concepto de nivel de estructuración del aprovisionamiento mediante dimensiones de análisis pertinentes.

(iii) Diagnosticar las ineficiencias críticas y los puntos de pérdida en el flujo industrial del sector primario.

(iv) Determinar los mecanismos de éxito del modelo de aprovisionamiento automotriz que sustentan su eficiencia y sincronización.

(v) Evaluar la transferibilidad de prácticas identificando brechas, restricciones y adaptaciones necesarias para el contexto alimentario bajo un enfoque de contingencia técnica.

(vi) Diseñar la propuesta técnica que integre los mecanismos organizacionales seleccionados para su implementación en los procesos de compra y suministro alimentario.

(vii) Establecer indicadores de gestión y proyectar resultados operativos derivados de la implementación del modelo en una empresa tipo, validando el impacto potencial en la reducción de mermas y optimización tanto de procesos como de producto.

1.5 Delimitación del estudio: alcance, límites y condiciones de implementación

El presente trabajo se centra en el análisis comparativo del aprovisionamiento como elemento determinante dentro de la cadena de suministro en dos contextos industriales: la industria automotriz y la industria agroalimentaria transformadora de productos perecederos. El estudio adopta una visión end-to-end del flujo industrial asociado al aprovisionamiento, considerando de forma integrada las etapas de abastecimiento de materias primas e insumos, recepción y control de entrada, almacenamiento, planificación y ejecución de la producción, gestión de mermas y rechazos, almacenamiento de producto terminado y expedición/distribución hacia el cliente.

Se define como propósito identificar mecanismos organizacionales y prácticas de estructuración del aprovisionamiento presentes en el sector automotriz, por su alto nivel de integración y coordinación, para evaluar su posible adaptación al contexto agroalimentario transformador. El trabajo se plantea con un enfoque principalmente conceptual y analítico, orientado a proponer un marco de referencia transferible bajo criterios de adaptación contingente y viabilidad.

Con el fin de mantener la coherencia analítica y la viabilidad del trabajo, se establecen los siguientes límites:

i. El estudio se circunscribe a la industria agroalimentaria transformadora (plantas y fábricas) y no aborda en profundidad la producción primaria ni el consumo doméstico.

ii. El alcance se centra en el diseño de un modelo de referencia basado en estándares del sector primario, incluyendo una proyección de resultados y metas post-implementación mediante un ejemplo de ejecución en una empresa tipo. Si bien no contempla la puesta en marcha operativa ni el pilotaje en una organización real, entrega una solución técnica transferible con indicadores de éxito validados por la literatura.

iii. Algunos ejemplos de prácticas se apoyarán en observaciones derivadas de la experiencia profesional de la autora en la industria automotriz (Bosch), utilizadas únicamente como referencia contextual y sin incluir información confidencial, datos internos o documentación propietaria. El trabajo no constituye un estudio de caso de dicha empresa.

iv. Se asume que los ejemplos basados en experiencia profesional se emplearán como apoyo ilustrativo y se contrastarán con literatura y fuentes públicas para evitar sesgos y asegurar trazabilidad académica.

v. El análisis se formula con enfoque global a partir de la literatura y evidencia internacional, pudiendo emplearse ejemplos puntuales únicamente con fines ilustrativos.

vi. El trabajo no se limita a una única metodología de mejora continua (por ejemplo, Lean, Six Sigma o Agile). En su lugar, considera estos enfoques como posibles instrumentos que podrán incorporarse posteriormente en función de su coherencia con el análisis comparativo y la evidencia revisada.

A efectos de estructurar el análisis y delimitar el marco de evaluación, se adoptan los siguientes supuestos:

i. Las mermas y el desperdicio en la industria alimentaria transformadora de productos perecederos pueden interpretarse, al menos parcialmente, como resultado de ineficiencias sistémicas vinculadas a desalineaciones entre aprovisionamiento, planificación, producción, inventarios y distribución, y no únicamente como fallos técnicos aislados.

ii. El nivel de estructuración del aprovisionamiento, entendido como el grado de formalización, integración tecnológica, coordinación con proveedores, uso de métricas e integración con planificación y producción, influye en la capacidad del sistema industrial para absorber variabilidad sin traducirla en pérdidas.

iii. La industria automotriz constituye un caso útil de referencia por su madurez organizacional en la coordinación de redes de proveedores y en la integración entre aprovisionamiento, planificación y producción; no obstante, cualquier transferencia hacia el sector agroalimentario deberá abordarse desde un enfoque de adaptación contingente, evitando la replicación literal de modelos sectoriales.

iv. La propuesta resultante deberá cumplir un principio básico de viabilidad: el coste total asociado a la adaptación o implementación de mecanismos propuestos no debería superar el valor económico estimado de las pérdidas evitables. Este supuesto actúa como criterio de racionalidad para orientar la evaluación de alternativas.

v. Se asume que la evidencia técnica y los estándares industriales recopilados proporcionan una base sólida para el diseño de un modelo de transferencia viable. Se parte de la premisa de que, a pesar de las diferencias en la naturaleza del producto y la demanda, los mecanismos organizacionales son adaptables mediante ajustes paramétricos y se validan a través de proyecciones basadas en la experiencia profesional y casos de referencia sectorial.

En conjunto, el alcance, las restricciones y las premisas establecidas delimitan el marco de actuación y garantizan el alineamiento del proyecto con sus objetivos estratégicos. Esta definición permite abordar la transferencia de prácticas entre sectores desde una perspectiva de ingeniería organizacional, priorizando el diseño de mecanismos de aprovisionamiento adaptables y funcionales. Asimismo, este marco asegura que el desarrollo posterior se traduzca en una solución técnica proyectada a resultado, proporcionando una base operativa clara para su futura implementación en entornos industriales reales.

1.6 Marco metodológico para la identificación y transferencia de prácticas de aprovisionamiento

1.6.1 Enfoque y alcance del diseño técnico

Se adopta un enfoque funcional y aplicado, orientado al diseño de soluciones para un problema organizacional de carácter sistémico: la relación entre el nivel de estructuración del aprovisionamiento y la generación o mitigación de ineficiencias en cadenas de suministro industriales. El estudio se desarrolla bajo una lógica de transferencia de mejores prácticas intersectoriales, utilizando la industria automotriz como referente de alta estructuración organizacional y la industria alimentaria transformadora de productos perecederos como contexto de implementación, dadas sus restricciones operativas críticas.

Este enfoque permite desarrollar una arquitectura de procesos basada en mecanismos organizacionales probados, evitando el tratamiento de variables técnicas de forma aislada. El objetivo no es la validación de hipótesis académicas, sino el desarrollo de un modelo operativo y un plan de ejecución sustentado en evidencia técnica. El resultado final proporciona una hoja de ruta clara para adaptar prácticas de estructuración de alto desempeño a los desafíos específicos de un entorno industrial de productos perecederos, incluyendo la proyección de beneficios esperados tras su aplicación.

1.6.2 Estrategia metodológica

La estrategia metodológica del estudio se articula a partir de una secuencia lógica que parte de la identificación de mejores prácticas y culmina en la formulación de un modelo operativo de implementación. En primer lugar, se realizará una revisión rigurosa de literatura con el objetivo de construir un marco de referencia documental que sustente el análisis intersectorial. Esta revisión abarcará aportaciones académicas y técnicas relacionadas con la gestión de la cadena de suministro y el aprovisionamiento como función estratégica, las particularidades operativas y organizacionales de sistemas industriales con productos perecederos, y los mecanismos de estructuración y coordinación típicos de sectores manufactureros altamente integrados como los son los de la industria automotriz.

Con base en esta revisión, se desarrollará una matriz de capacidades operativas que funcionará como criterio para evaluar la brecha técnica entre ambos entornos industriales. En paralelo, se identificarán las restricciones y condiciones propias de la industria alimentaria transformadora de perecederos que influyen en la aplicabilidad de dichos mecanismos, tales como la sensibilidad temporal del producto, las exigencias de calidad e inocuidad, y la dependencia de la sincronización estrecha entre compras, producción, inventarios y distribución.

Posteriormente, se llevará a cabo un diagnóstico de transferibilidad intersectorial, centrado en examinar cómo los mecanismos de estructuración del aprovisionamiento observados en la industria automotriz podrían contribuir a mitigar ineficiencias sistémicas en la industria alimentaria transformadora. Este análisis no persigue una replicación literal de prácticas, sino el diseño de adaptaciones técnicas potencialmente transferibles y su clasificación en función del grado de adaptación requerido. El resultado esperado de esta fase es una interpretación fundamentada sobre qué componentes organizacionales del aprovisionamiento podrían reforzar la estabilidad operativa y reducir pérdidas, considerando las diferencias estructurales entre sectores.

Finalmente, a partir de la síntesis teórica y del análisis comparativo, se formulará una propuesta operativa integral en forma de marco de referencia orientado a la adaptación de mecanismos de estructuración del aprovisionamiento al contexto alimentario transformador de perecederos. Este modelo integrará los elementos identificados, definirá los indicadores de éxito y establecerá los criterios de viabilidad necesarios para su ejecución en una empresa tipo, incluyendo la proyección de resultados esperados.

1.6.3 Limitaciones metodológicas

El modelo operativo desarrollado parte de una metodología de síntesis documental, la construcción de sus fundamentos se apoya en la revisión sistemática de estándares industriales consolidados y en la transferencia de prácticas de alto desempeño desde sectores de referencia hacia el contexto alimentario transformador. Esta base metodológica determina el alcance y las condiciones de aplicación del modelo. Los resultados no constituyen una validación estadística en sentido estricto, sino una validación de lógica operativa: la efectividad de las intervenciones propuestas se sustenta en la coherencia interna del análisis y en la consistencia con los resultados documentados en contextos de características comparables, lo que proporciona una base sólida y transferible para la toma de decisiones empresariales.

En segundo lugar, la precisión del diseño está vinculada a la trazabilidad y calidad de la literatura técnica seleccionada. Ante la heterogeneidad terminológica propia de los procesos de aprovisionamiento y cadena de suministro, el proyecto establece unos parámetros propios que garantizan la coherencia y estandarización del modelo. Este enfoque permite mitigar posibles sesgos de cobertura en las fuentes, asegurando que la solución técnica propuesta mantenga una estructura lógica uniforme y aplicable al contexto de los productos perecederos.

Por otro lado, el diagnóstico de transferibilidad se centra en mecanismos organizacionales y estructurales, entendiendo que la implementación final puede verse influenciada por factores de contingencia táctica específicos de cada organización, como la cultura interna o la infraestructura tecnológica disponible. Debido a esto, el marco de trabajo desarrollado debe ser interpretado como una hoja de ruta estratégica y funcional, diseñada con la flexibilidad necesaria para ser adaptada según la madurez operativa y las restricciones locales de la empresa destino.

Finalmente, el uso de mecanismos de contraste o validación tanto cualitativos, a través de la coherencia con la literatura académica y técnica revisada, como cuantitativos, mediante la proyección de indicadores y metas de desempeño, tiene como propósito robustecer la arquitectura de la solución dentro de los marcos de confidencialidad industrial vigentes. Se establece que la puesta en marcha de un piloto operativo integral y el monitoreo de resultados en tiempo real representan la etapa de escalamiento posterior al presente trabajo. No obstante, el proyecto entrega una base operativa completa, reforzada por la proyección de indicadores y metas de desempeño, que habilita la transición inmediata hacia una fase de ejecución real.

Capítulo 2. Marco teórico y fundamentos conceptuales de la cadena de suministro

2.1 Transformación estratégica de las cadenas de suministro y estructuración organizacional

Durante gran parte del siglo XX, la gestión de cadena de suministro fue concebida como una función operativa orientada principalmente a garantizar el flujo eficiente de bienes desde el proveedor hasta el cliente final. La prioridad se centraba en la reducción de costes logísticos, la optimización de inventarios y la mejora de tiempos de entrega. En este enfoque, el aprovisionamiento desempeñaba un papel predominante.

No obstante, la creciente globalización de los mercados, la fragmentación de redes productivas y la digitalización de procesos han transformado profundamente esta visión. Las cadenas de suministro actuales operan como sistemas complejos, interdependientes y están expuestos a múltiples fuentes de incertidumbre. En este entorno, la eficiencia aislada ya no resulta suficiente; la competitividad depende de la capacidad del sistema para coordinar actores, integrar información y absorber variabilidad.

Esta evolución ha dado lugar a una reconceptualización estratégica de la cadena de suministro. Más allá de la logística, la gestión integrada del aprovisionamiento y la planificación se convierten en elementos determinantes para la estabilidad operativa y la generación de valor. La cadena de suministro deja de entenderse como una secuencia lineal de actividades para convertirse en una red organizacional cuya efectividad depende directamente del grado de integración y formalización de los procesos.



Ilustración 1. Cadena de suministro

En este contexto, surge la noción de estructuración del aprovisionamiento como un factor clave para comprender las diferencias de desempeño entre sectores. La estructuración se entiende como el grado en que los procesos de compra, planificación y coordinación con proveedores se encuentran formalizados, integrados tecnológicamente y alineados con la estructura de la empresa. Se trata de la capacidad que tiene el sistema para operar bajo criterios de previsibilidad, visibilidad y control.

Organizaciones con niveles altos de estructuración suelen presentar mecanismos definidos que permiten gestionar la variabilidad de forma sistemática. Por el contrario, en entornos donde el aprovisionamiento opera de manera fragmentada o reactiva, las decisiones suelen depender de información incompleta, generando mayores niveles de incertidumbre.

Por lo tanto, la transformación estratégica de las cadenas de suministro no implica únicamente la incorporación de tecnología o la reducción de costes, sino la progresiva estructuración de los procesos críticos. Esta perspectiva permite avanzar hacia un análisis comparativo entre industrias que presentan distintos niveles de madurez organizacional, sentando las bases para examinar cómo dichas diferencias pueden influir en la generación o reducción de ineficiencias sistémicas.

2.2 Ineficiencias sistémicas en la industria agroalimentaria transformadora

La industria agroalimentaria transformadora, entendida como el conjunto de empresas dedicadas al procesamiento industrial de productos alimentarios perecederos, opera bajo una lógica productiva compleja en la que convergen decisiones de aprovisionamiento, planificación, producción, almacenamiento y distribución. A diferencia de otras industrias manufactureras con productos duraderos y ciclos de vida prolongados, el carácter perecedero del alimento introduce restricciones temporales estrictas que condicionan el funcionamiento integral del sistema.

En este tipo de industria, el tiempo no es únicamente una variable logística, sino un factor estructural que determina la viabilidad económica del producto. La vida útil limitada exige una sincronización precisa entre la adquisición de materias primas, la programación de la producción y la salida del producto terminado hacia el mercado. Cuando esta sincronización falla, las consecuencias se traducen en mermas, sobre inventario o pérdida de valor por caducidad.

La literatura internacional ha señalado que las pérdidas y desperdicios de alimentos no se originan exclusivamente en la producción primaria o en el consumo final, sino que también se producen en etapas intermedias de procesamiento y manufactura (FAO, 2011). Por esta razón, el desperdicio en esta industria puede interpretarse como el reflejo de desajustes estructurales en la coordinación interna del sistema productivo.

Desde una perspectiva sistemática, las ineficiencias no siempre responden a errores aislados en una etapa concreta del proceso productivo, sino a la acumulación de pequeñas desalineaciones entre funciones interdependientes. Una planificación de producción desconectada de la demanda efectiva puede derivar en producto terminado con rotación insuficiente; y una gestión inadecuada de inventarios intermedios puede generar pérdidas en forma de mermas o reprocesos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2014) estima que el valor económico del desperdicio alimentario a nivel global asciende a aproximadamente un billón de dólares anuales. Estas cifras incluyen todas las etapas de la cadena de suministro y evidencian la magnitud de un problema que no puede solo explicarse por fallos técnicos, sino que requiere de un análisis del diseño organizacional y los mecanismos de coordinación del sistema productivo.

En consecuencia, el desperdicio generado en la industria agroalimentaria de transformación no debe entenderse únicamente como una pérdida física del producto, sino como un indicador de ineficiencias estructurales en la integración entre aprovisionamiento, producción y distribución. Cuando el sistema carece de mecanismos formales que permitan alinear información, capacidad productiva y demanda real, la probabilidad de desajustes aumenta.

2.3 El aprovisionamiento como sistema determinante del modelo industrial

En el contexto de cadenas de suministro cada vez más complejas e interdependientes, el aprovisionamiento ha dejado de ser una función meramente operativa para convertirse en un elemento determinante del sistema industrial. Tradicionalmente se asociaba a la adquisición de insumos al menor coste posible, sin embargo, la evolución de los entornos competitivos ha ampliado su alcance hacia la gestión estratégica de relaciones con proveedores, la planificación integrada y la mitigación de riesgos.

En industrias manufactureras, el aprovisionamiento no solo determina qué se compra y a qué precio, sino también cuándo, en qué volumen y en qué condiciones de calidad y entrega. Estas decisiones influyen directamente en la estabilidad de la producción, en la gestión de inventarios y en la capacidad de respuesta frente a fluctuaciones de la demanda. En este sentido, el aprovisionamiento actúa como punto de conexión entre el mercado de proveedores y el sistema productivo interno.

Diversos estudios en gestión de la cadena de suministro han señalado que la integración entre compras, planificación y producción constituye un factor determinante en el desempeño organizacional (Christopher, 2016; Mentzer et al., 2001). Cuando el aprovisionamiento opera de manera aislada o reactiva, las decisiones tienden a responder a necesidades inmediatas sin considerar el impacto sistemático, lo que puede generar sobre inventario, desajuste en capacidad productiva o incrementos en el desperdicio.

Cuando el aprovisionamiento se encuentra formalmente integrado en la planificación estratégica y operativa, se convierte en un mecanismo de coordinación que permite reducir incertidumbre y mejorar el alineamiento entre la oferta y demanda. La existencia de procesos definidos de selección y evaluación de proveedores, sistemas de información compartidos y planificación conjunta favorece a una mayor previsibilidad en los flujos de los materiales.

En la industria agroalimentaria transformadora, esta función adquiere una relevancia particular debido a la sensibilidad temporal del producto. La adquisición de materias primas con características variables en calidad o tiempos de entrega impacta directamente en la eficiencia del proceso productivo y en la probabilidad de generar mermas. La planificación de volúmenes de compra debe considerar la capacidad de producción y la rotación esperada del producto terminado.

Desde esta perspectiva, el nivel de estructuración del aprovisionamiento puede entenderse como un factor que condiciona la estabilidad del sistema industrial en su conjunto. La formalización de procesos, la integración de tecnología y la coordinación interfuncional influyen en la capacidad del sistema para absorber variabilidad sin traducirla en pérdidas.

2.4 Análisis de la industria automotriz como modelo de alta estructuración

La industria automotriz se ha consolidado históricamente como uno de los sectores manufactureros con mayor grado de integración y formalización en la gestión de su cadena de suministro. Caracterizada por altos volúmenes de producción, exigencias estrictas de calidad y presión competitiva intensa, esta industria ha desarrollado sistemas organizacionales orientados a minimizar variabilidad, optimizar procesos y coordinar de manera precisa a múltiples actores a lo largo de la cadena.

Uno de los rasgos distintivos de la industria automotriz es la configuración compleja de su red de proveedores, estructurada comúnmente bajo un modelo multi-tier. Este esquema organiza la cadena en distintos niveles jerárquicos, cada uno con responsabilidades específicas dentro del proceso productivo. Los fabricantes coordinan directamente con proveedores de primer nivel (Tier 1), quienes a su vez se articulan con proveedores de segundo y tercer nivel (Tier 2 y Tier 3), conformando una red altamente interdependiente que exige elevados niveles de visibilidad, trazabilidad e integración informacional.

Asimismo, la planificación en la industria automotriz se caracteriza por una fuerte integración entre demanda, aprovisionamiento y producción. Sistemas avanzados de planificación (MRP, ERP y herramientas de planificación integrada) permiten coordinar volúmenes de compra con calendarios productivos y previsiones de mercado. La toma de decisiones se apoya en indicadores de desempeño y métricas que buscan reducir desviaciones y controlar la variabilidad operativa.

Desde la perspectiva de aprovisionamiento, la industria automotriz ha evolucionado hacia modelos estratégicos de relación con proveedores, donde la colaboración a largo plazo y la planificación conjunta sustituyen progresivamente a las relaciones puramente transaccionales. La evaluación sistemática del desempeño, la integración tecnológica y el alineamiento de objetivos contribuyen a reducir incertidumbre y fortalecer la estabilidad del sistema productivo.

Este nivel de estructuración no elimina completamente la variabilidad inherente a cualquier sistema industrial; sin embargo, establece mecanismos organizacionales que permiten absorberla sin traducirla en pérdidas significativas de eficiencia. La coordinación formal entre aprovisionamiento, planificación y producción actúa como un amortiguador frente a desviaciones, limitando la amplificación de errores a lo largo de la cadena.

La industria automotriz, constituye un caso relevante para el análisis comparativo, no por la naturaleza de su producto, sino por el grado de madurez organizacional alcanzando en la gestión integrada de su cadena de suministro. Examinar sus mecanismos estructurales permite identificar elementos potencialmente transferibles, con las debidas adaptaciones, a otros sectores que enfrentan desafíos distintos pero comparten la necesidad de reducir ineficiencias sistémicas.

2.5 Transferencia intersectorial bajo la perspectiva de la teoría de contingencia

El análisis comparativo entre sectores industriales con niveles distintos de estructuración organizacional exige un marco conceptual que permita comprender en qué condiciones determinadas prácticas pueden resultar transferibles. La comparación entre la industria automotriz y la alimentaria transformadora no puede abordarse desde una lógica de replicación directa, dado que ambos sectores operan bajo restricciones técnicas, temporales y de mercado diferentes.

Aplicada a la gestión del aprovisionamiento, esta perspectiva implica que el nivel de formalización, integración tecnológica y coordinación interfuncional debe analizarse en función del tipo de producto y de las condiciones operativas del sector. La industria automotriz, caracterizada por productos duraderos, altos volúmenes y procesos altamente estandarizados, ha desarrollado mecanismos estructurales orientados a minimizar variabilidad y asegurar sincronización entre múltiples niveles de proveedores. En contraste, la industria alimentaria enfrenta restricciones adicionales asociadas a la perecibilidad del producto y a la sensibilidad de sus flujos.

Reconocer estas diferencias no implica asumir que los sectores deben evolucionar de manera aislada. La literatura sobre transferencia organizacional señala que el aprendizaje intersectorial no consiste en copiar prácticas específicas, sino en identificar los principios estructurales subyacentes que pueden adaptarse a nuevas condiciones (Argote & Ingram, 2000). Siguiendo esta línea, los modelos organizacionales pueden ser reinterpretados y ajustados conforme a las necesidades del entorno receptor.

Desde esta perspectiva, el interés analítico no radica en trasladar metodologías concretas, sino en examinar si determinados mecanismos de estructuración pueden contribuir a reducir desalineaciones internas en sistemas productivos con características distintas. La transferencia intersectorial, entendida bajo un enfoque contingente, permite explorar el potencial de adaptación de prácticas sin ignorar las diferencias estructurales entre sectores.

Este marco conceptual resulta esencial para evaluar hasta qué punto los niveles de madurez organizacional observados en la industria automotriz pueden ofrecer aprendizajes relevantes para la industria alimentaria transformadora de perecederos, particularmente en lo relativo a la reducción de ineficiencias sistémicas.

2.6 Dimensión de sostenibilidad y alineamiento con los ODS

La mejora operativa en la industria alimentaria transformadora no puede analizarse de forma aislada respecto al marco global de compromisos en materia de sostenibilidad. Las ineficiencias que este trabajo identifica y propone abordar tienen una dimensión medioambiental y social que merece ser reconocida desde el inicio del análisis como fundamento que orienta la pertinencia del enfoque adoptado y delimita el alcance de sus implicaciones.

El vínculo más directo se establece con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 12: Producción y consumo responsable, y específicamente con su meta 12.3, que establece el compromiso de reducir a la mitad el desperdicio mundial de alimentos per cápita en la venta al por menor y a nivel de los consumidores para el 2030. Las pérdidas que se identificarán a lo largo del presente trabajo no constituyen únicamente una ineficiencia económica, representan alimentos producidos, transformados y posteriormente desechados antes de llegar al consumidor final por fallos durante el proceso productivo, con todo el consumo de recursos hídricos, energéticos y de suelo agrícola que ese proceso implica. Reducir estas pérdidas mediante intervenciones organizativas no es solo una mejora del resultado operativo, es una reducción directa de la huella de recursos desperdiciados en la cadena.

El segundo eje de alineamiento corresponde al ODS 9: Industria, innovación e infraestructura, cuya meta 9.4 promueve la modernización de la infraestructura y la conversión de las industrias para hacerlas sostenibles, aumentando la eficiencia en el uso de los recursos y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios. El enfoque que se desarrollará en los capítulos siguientes es coherente con esta orientación desde una perspectiva específica, ya que demuestra que la modernización operativa no exige inversión tecnológica intensiva, sino que puede alcanzarse mediante principios organizativos cuyo coste de implementación es accesible para empresas medianas del sector sin infraestructura digital previa, fomentando la participación total en los procesos de mejora continua.

El tercer vínculo relevante se establece con el ODS 2: Hambre cero, cuya meta 2.1 busca poner fin al hambre y asegurar el acceso a una alimentación sana, nutritiva y suficiente. Un sistema alimentario que desperdicia valor en cada etapa de su cadena interna y que opera por debajo de su capacidad de contribución a la disponibilidad alimentaria no contribuye a la realización de este objetivo. La reducción de mermas, caducidades, y defectos de proceso no solo mejora el resultado económico de

la empresa; también mejora la eficacia global del sistema de producción de alimentos, contribuyendo a que los recursos disponibles se traduzcan en mayor cantidad del producto efectivamente consumido.

Este posicionamiento respecto a los ODS no introduce una dimensión ajena al objeto del trabajo, sino que establece desde el inicio el marco de referencia normativo e institucional dentro del cual la mejora operativa vaya mucho más allá de los simples beneficios económicos de la empresa. La reducción del desperdicio alimentario, la eficiencia en el uso de recursos y la accesibilidad de las intervenciones de mejora son tres ejes que sostienen tanto los compromisos internacionales de sostenibilidad como el enfoque analítico que se desarrollará a continuación.

Capítulo 3. Revisión literaria de la gestión de la cadena de suministro en el sector alimentario

Este capítulo tiene como objetivo analizar la gestión de la cadena de suministro en el sector alimentario, identificar cómo es que las condiciones de trabajo como la perecibilidad de los productos generan un impacto en el aprovisionamiento. A diferencia de otros sectores industriales, este entorno se caracteriza por su elevada incertidumbre operativa, restricciones estrictas y una mayor sensibilidad a fallos en la planificación y coordinación, lo que se traduce en ineficiencias estructurales como pérdidas por caducidad, costes logísticos elevados y dificultades de trazabilidad.

Para abordar este análisis, se combinan fuentes académicas y documentación técnica e institucional, con el objetivo de construir un marco conceptual sólido y, al mismo tiempo, que se pueda aplicar y utilizar al contexto industrial. Se priorizan estudios sobre gestión de la cadena de suministro en productos perecederos, modelos de aprovisionamiento en entornos industriales, enfoques de estructuración organizativa, ineficiencias comunes a lo largo de la cadena de suministro, optimización en el consumo de materiales y eliminación de desperdicios enfocado en la mejora del flujo en la línea de producción, complementados con informes sectoriales que aportan una visión actual y operativa del problema.

A partir de esta base, se desarrolla una síntesis temática orientada a identificar patrones recurrentes en la literatura, así como las principales causas asociadas a la estructuración del aprovisionamiento, entre ellas la formalización de procesos, la integración de información, coordinación interna y externa y el uso de métricas de control. Este análisis permite establecer un mapeo comparativo con la industria automotriz, con el fin de evaluar qué prácticas pueden ser transferidas y cómo es que el flujo de la cadena de suministro de la industria alimentaria puede mejorar significativamente con la implementación de métodos efectivos aplicados en el sector automotriz tomando en cuenta la adaptación pertinente al contexto alimentario debido a sus restricciones específicas.

3.1 Estrategia de búsqueda y selección de literatura

La revisión de la literatura que sustenta este capítulo parte de la necesidad de acotar un campo de estudio amplio y heterogéneo, en el que se combinan aportaciones académicas, técnicas e institucionales sobre la gestión de la cadena de suministro en la industria alimentaria. En ausencia de un estudio de caso empresarial específico, la revisión documental adquiere un papel central como mecanismo de aproximación al problema de investigación. La elaboración del diagnóstico requiere una base documental suficientemente sólida que permita identificar patrones recurrentes, problemáticas estructurales y enfoques de mejora aplicables al conjunto del sector agroalimentario.

Bajo esta lógica, la búsqueda de literatura se orienta hacia aquellas fuentes que permiten comprender las principales ineficiencias en la cadena de suministro del sector, así como los factores operativos y organizativos que las explican. En consecuencia, se consideran especialmente relevantes las publicaciones que abordan cuestiones como la gestión de la cadena de suministro en la industria alimentaria, la optimización de operaciones, pérdidas y desperdicios asociados a una gestión deficiente, los desafíos logísticos, gestión de riesgos, trazabilidad, cadena de frío, disponibilidad de producto y otras ineficiencias características de entornos agroalimentarios industriales.

Con el fin de mantener la revisión alineada con la realidad actual del sector, se priorizan publicaciones recientes, especialmente de los últimos 6 años, aunque se contempla una ventana de hasta 10 años cuando la relevancia del contenido lo justifica. Este criterio temporal permite centrar el análisis en problemáticas vigentes y en enfoques acordes con las transformaciones más recientes del sector en materia logística, regulatoria, tecnológica y competitiva, evitando al mismo tiempo una amplitud excesiva en la base documental.

La selección de las fuentes no se restringe exclusivamente a artículos científicos, sino que se agregan asimismo informes técnicos, documentación institucional y publicaciones sectoriales, siempre y cuando contribuyan de manera significativa a la comprensión del problema. Esta decisión metodológica se debe a la naturaleza del objeto de estudio, ya que una parte relevante del conocimiento se encuentra también en documentos de carácter aplicado, más allá de la documentación estrictamente académica.

A partir de esta estrategia, se conforma una base documental orientada a reunir aquella información más pertinente para identificar y organizar las principales problemáticas de la cadena de suministro agroalimentaria. Sobre esta base se desarrolla en los siguientes apartados la clasificación temática de la literatura, la caracterización estructural del sector y la síntesis de hallazgos por familias de problemas.

3.2 Clasificación temática de la literatura

Con el objetivo de estructurar de manera sistemática la literatura existente, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica basada en una clasificación progresiva de palabras clave, partiendo de conceptos generales hasta enfoques más específicos relacionados con problemáticas operativas y estrategias de optimización dentro de la cadena de suministro alimentaria. Esta aproximación permite organizar la evidencia académica no solo en función de su volumen, sino también de su nivel de profundidad, especialización y contribución al análisis del problema.

La búsqueda inicial se centra en acotar las palabras clave para filtrar la evidencia en torno a términos generales como cadena de suministro alimentaria e industria, se consideran publicaciones académicas en idioma inglés y español correspondientes a los últimos 6 años con relevancia directa al problema analizado. Este proceso permite depurar la información hasta obtener un conjunto manejable de estudios para su análisis.

Nivel de clasificación	Palabras clave	Resultados iniciales (aprox.)	Resultados tras filtros
General	"Food supply chain", "Food industry"	>1.500.000	**≈ 80.000**
Problemas sistémicos	"Food waste", "Supply chain inefficiencies", "Logistics costs"	>87.000	**≈ 9.500**
Problemas operativos	"Cold chain management", "Bottlenecks food supply chain"	>127.000	**≈ 6.000**
Optimización	"Food supply chain optimization"	<600.000	**≈ 9.000**
TOTAL	-	-	**≈ 104.500**

Tabla 1. Búsqueda por nivel de clasificación

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la Tabla 1, la información presenta una mayor concentración en niveles generales y en el análisis de problemáticas sistémicas, lo que refleja un enfoque predominante en el estudio de la cadena de suministro. A medida que avanza hacia niveles más específicos, como los problemas operativos o los enfoques en optimización, el volumen de publicaciones se reduce, evidenciando una menor profundidad en el desarrollo de soluciones estructuradas. Más allá de la clasificación temática, resulta relevante analizar la evolución temporal de la literatura, con el fin de identificar tendencias en el interés académico y el desarrollo del campo a lo largo de los años:

Periodo	General	Problemas sistémicos	Operativos	Optimización	TOTAL
2019 – 2020	7.353	495	246	3.533	**11.627**
2021 – 2022	13.596	762	461	7.194	**22.013**
2023 – 2024	20.026	1.638	534	11.541	**33.739**
2025 – 2026	19.956	3.127	1.068	13.825	**37.976**
TOTAL	**60.931**	**6.022**	**2.309**	**36.093**	**105.355**

Tabla 2. Distribución temporal de la literatura

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la Tabla 2, el aumento más notable se produce en las categorías vinculadas a problemáticas sistémicas y enfoques de optimización, lo que indica una evolución desde estudios predominantemente descriptivos hacia enfoques más analíticos y orientados a la mejora. Asimismo, la intensificación de la producción académica en los últimos años puede interpretarse en el contexto de disrupciones globales recientes, evidenciando la fragilidad de las cadenas de suministro, en especial en sectores sensibles como lo es el alimentario.

Como consecuencia, se observa una mayor preocupación por aspectos como la resiliencia, la reducción del desperdicio y la eficiencia operativa, lo que ha impulsado el desarrollo de nuevas líneas de investigación. Teniendo en cuenta la evolución de la literatura a lo largo de los años, es necesario profundizar en el enfoque de los estudios identificados, con el objetivo de comprender y analizar si la investigación existente está orientada hacia la caracterización de problemáticas o hacia el desarrollo de soluciones.

Enfoque de la literatura	Número de artículos	Porcentaje (%)
Enfoque general /descriptivo	**60.931**	57.8%
Análisis de problemáticas	**6.022**	5.7%
Estudios operativos específicos	**2.309**	2.2%
Modelos de optimización / mejora	**36.093**	34.3%
TOTAL	**105.355**	**100%**

Tabla 3. Porcentaje de investigación por enfoque

Fuente: elaboración propia

Tal como se observa en la Tabla 3, la distribución de la literatura revela una clara predominancia de estudios con enfoque descriptivo, si bien el campo ha sido ampliamente explorado en términos de análisis y comprensión del problema, existe una mejor proporción de investigaciones orientadas al desarrollo de soluciones integrales.

En particular, aunque los estudios sobre optimización y mejora han demostrado un crecimiento en los últimos años, su peso relativo dentro del conjunto de la literatura sigue siendo limitado en comparación con aquellos que abordan el problema desde una perspectiva analítica. Por lo que se identifica una tendencia donde las problemáticas son estudiadas de manera aislada, sin integrarse necesariamente en marcos estructurados de intervención.

Este desequilibrio resulta especialmente relevante en el contexto de la cadena de suministro alimentaria, donde las ineficiencias no responden a causas únicas, sino a la interacción de múltiples factores a lo largo del sistema. En consecuencia la limitada presencia de enfoques integrales dificulta la formulación de soluciones que aborden estas interdependencias de manera efectiva.

En este sentido, la evidencia analizada permite identificar una brecha en la literatura, caracterizada no por la falta de estudios, sino por la ausencia de enfoques estructurales que permitan trasladar y adaptar prácticas consolidadas de otros sectores hacia el ámbito alimentario. Esta brecha constituye el punto de partida de esta investigación, que busca contribuir a la construcción de soluciones más sistémicas y transferibles.

A partir de los resultados presentados en la Tabla 3, se llevó a cabo la selección final de los documentos incluidos en la investigación, los cuales se recogen en la Tabla 4. Esta Tabla detalla las publicaciones más relevantes seleccionadas, las cuales construyen la base de la investigación y las principales problemáticas identificadas en el sector. Se detallan las publicaciones seleccionadas, incluyendo información relevante como el título, autores, año de publicación y bases de datos de procedencia.

N.º	TÍTULO	AUTOR	AÑO	REVISTA	EDITORIAL
1	La gestión de la cadena de suministro en la industria alimentaria	Imperia SCM	2024	N/a	Imperia SCM
2	Optimización de la cadena de suministro en la industria alimentaria	Itop Consulting	2024	N/a	Itop Consulting
3	Desafíos y estrategias para optimizar la cadena de suministro de la industria alimentaria	Velerdat	2025	N/a	Velerdat
4	Improving agri-food supply chains through efficient inventory management	Fathima Rehna			
5	Waste generation patterns and mitigation strategies in cold chains	Hajar Fatorachian, Alireza Shokri	2025	Journal of Environmental Management	Elsevier
6	A comprehensive review of current approaches on food waste reduction strategies	Markos Makiso, Tilahun a. Teka, Habtamu Fikadu Gemede, Siwan Mersha, Ararsa	2024	Comprehensive Reviews in Food Science	Wiley

		Tessema, Henock Woldemichael, Habtamu Admassu		and Food Safety	
7	Exploring driving factors in employing waste reduction tools to alleviate the global food security and sustainability	N.R Ema, M.A.H. Mithu, Ahmed Sayem	2024		
8	Assessing the environmental impacts of halving food loss and waste along the food supply chain	Quentin D. Read; S. Brown; A.D Cuéllar; S. M. Finn; J. A Gephart; L.T. Marston; E. Meyer; K.A Weitz; M. K. Muth	2020	Science of the Total Environment	Elsevier
9	Simulation-optimization methods for designing and assessing resilient supply chain networks under uncertainty scenarios: A review	Rafael D Tordecilla; Ángel A. Juan; Jairo R. Montoya-Torres; Carlos L. Quintero-Araujo; Javier Panadero	2021	Simulation Modelling Practice and Theory	Elsevier
10	Towards de integration of lean principles and optimization for agricultural production systems: a conceptual review proposition	Néstor Enrique Caicedo; Guisselle Adriana García Llinás; Jairo R. Montoya-Torres	2019	Journal of the Science of Food and Agriculture	Wiley
11	Redesigning a food supply chain for environmental sustainability: An analysis of resource use and recovery	Ramesh Krishnan; Renu Agarwal; Christopher Bajada; K. Arshinder	2019	Journal of Cleaner Production	Elsevier
12	Gestión de riesgos operacionales en cadenas de suministro agroindustriales	Andrea Milena Paredes Rodríguez; Jairo Raúl Montoya-Torres	2019	Artículo Académico	Publicado en el repositorio institucional de la Universidad Autónoma de Occidente

Tabla 4. Síntesis de la literatura científica más relevante

Fuente: elaboración propia.

A partir de la revisión de los documentos recogidos en la Tabla 4, se consolida una base bibliográfica heterogénea que integra tanto literatura académica del alto impacto como informes técnicos del sector, publicados principalmente entre 2019 y 2025. Los estudios seleccionados abordan de manera complementaria las principales dimensiones del problema analizado: la gestión operativa de la cadena de suministro alimentaria, la generación y reducción del desperdicio, la resiliencia ante escenarios de incertidumbre y la integración de enfoques de optimización y mejora continua.

Esta diversidad de perspectivas permite construir un marco de análisis sólido y multidimensional, que no solo caracteriza las ineficiencias presentes del sector, sino que también recoge evidencia sobre estrategias de intervención aplicables. En conjunto, la literatura seleccionada responde directamente a la brecha identificada en los apartados anteriores y proporciona los fundamentos teóricos y empíricos sobre los que se desarrollará el análisis posterior de esta investigación.

3.3 Características estructurales de la cadena agroalimentaria

Una vez realizada la clasificación temática de la literatura y seleccionadas las publicaciones más relevantes, este apartado examina los principales hallazgos identificados en dichas fuentes con el propósito de reconocer las características estructurales que definen la cadena de suministro agroalimentaria. Más que presentar una enumeración aislada de problemas, el análisis pretende mostrar cómo distintas investigaciones coinciden en señalar una serie de condicionantes recurrentes, operativos, logísticos, organizativos y regulatorios, que explican las ineficiencias del sector y permiten comprender por qué la gestión del aprovisionamiento adquiere una complejidad particular en este contexto.

Tomando como referencia las publicaciones recogidas en la Tabla 4, en este apartado se realiza una caracterización de las aportaciones más relevantes de cada una de ellas. El objetivo no es únicamente resumir su contenido, sino extraer aquellos hallazgos que contribuyen a comprender mejor la naturaleza de la cadena de suministro agroalimentaria y a fundamentar, a partir de la literatura revisada, el origen de las principales ineficiencias identificadas en el sector.

En primer lugar, el artículo “La gestión de la cadena de suministro en la industria alimentaria” aporta una visión general del funcionamiento de la cadena agroalimentaria y permite introducir algunos de los rasgos estructurales que explican su nivel de complejidad. La fuente describe esta cadena como un sistema que abarca desde la obtención de materias primas hasta su transformación, destacando especialmente la naturaleza perecedera de muchos productos, elemento que constituye uno de los ejes centrales de esta investigación. Esta característica obliga a gestionar con especial precisión cada una de las etapas del proceso con el fin de evitar pérdidas y garantizar la seguridad alimentaria. Del mismo modo, subraya que la cadena agroalimentaria se encuentra fuertemente condicionada por la logística, la necesidad de controlar el tiempo de respuesta y por la creciente relevancia de la calidad, trazabilidad y el cumplimiento normativo.

A partir de esta caracterización general, el artículo identifica varios problemas comunes que afectan al sector y que resultan especialmente relevantes para esta investigación. Entre ellos destacan las pérdidas por caducidad y deterioro, los altos costes de almacenamiento y distribución, las dificultades de trazabilidad, la necesidad de mantener una cadena de frío estable y fiable, el aumento de las regulaciones, la presión competitiva asociada a la globalización y las exigencias crecientes en materia de sostenibilidad. Además, el texto señala que estos desafíos no afectan únicamente a una fase concreta de la cadena, sino que aparecen a lo largo de distintos eslabones, desde la producción primaria hasta la distribución y la venta final, lo que refuerza la idea de que se trata de un sistema especialmente sensible a fallos de coordinación y de ejecución.

Esta primera aproximación permite identificar la complejidad general del sector; sin embargo, para comprender con mayor precisión el origen de estas ineficiencias, resulta necesario profundizar en trabajos que abordan de forma más específica los problemas operativos, logísticos y de optimización que se presentan en la cadena agroalimentaria.

A continuación, el artículo “Optimización de la cadena de suministro en la industria alimentaria” complementa la visión general centrando la atención en algunos de los principales retos operativos del sector, entre ellos la logística de distribución, la reducción del desperdicio y la necesidad de optimizar los tiempos de entrega. Subrayando que, en un contexto marcado por la perecibilidad del producto, la eficiencia de cada fase logística resulta determinante para preservar la calidad y garantizar el abastecimiento.

Asimismo, se destaca que problemas como los retrasos en las entregas, la falta de visibilidad de inventario y los errores en los pedidos afectan de forma directa al desempeño de la cadena. En este sentido, su aportación resulta útil porque refuerza la idea de que muchas ineficiencias del sector no responden únicamente a restricciones físicas, sino que también se deben a carencias en la planificación, coordinación y el uso de información para la toma de decisiones. La siguiente tabla resume la información más relevante del artículo.

Reto identificado	Consecuencia operativa señalada	Naturaleza de la causa
Falta de visibilidad sobre el stock disponible	Acumulación de producto sin salida, caducidades prematuras y roturas de servicio simultáneas en un mismo sistema	Carencia en la planificación y el uso de información para la toma de decisiones
Retrasos y errores en los pedidos	Deterioro de la calidad del servicio al cliente y riesgo para la inocuidad del	Deficiencias en la coordinación entre la ejecución logística y la planificación

	producto en condiciones de perecibilidad	
Mermas a lo largo del flujo	Destrucción de valor en múltiples etapas, agravada por la ausencia de criterios formalizados de control en cada fase	Carencia de disciplina de proceso y ausencia de puntos de control en origen
Plazos no competitivos	Pérdida de capacidad de respuesta ante variaciones de demanda, especialmente crítica en productos con vida útil reducida	Ineficiencias en la integración entre planificación, ejecución y control del flujo

Tabla 5. Principales retos operativos de la cadena de suministro alimentaria identificados en la literatura

Fuente: elaboración propia con base en Itop Consulting (2024).

En conjunto, esta fuente refuerza la idea de que la cadena de suministro no solo enfrenta limitaciones derivadas de la naturaleza perecedera del producto, sino que también dificultades asociadas a la gestión de inventarios, la coordinación logística y la capacidad de respuesta operativa. De esta manera contribuye a consolidar una primera aproximación al problema desde una perspectiva aplicada, al mostrar que muchas de las ineficiencias del sector se intensifican cuando no existe una integración adecuada entre la planificación, la ejecución y el control. A partir de esta base, resulta pertinente profundizar en publicaciones que desarrollan con mayor claridad los desafíos específicos de la cadena agroalimentaria y las estrategias propuestas para hacerles frente.

En esta misma línea, el artículo “Improving agri-food supply chains through efficient inventory management” permite avanzar desde una visión general de los problemas del sector hacia uno de los núcleos más sensibles: la gestión del inventario. El estudio parte de la premisa en donde un entorno caracterizado por la perecibilidad de los productos, la estacionalidad de la producción y la variabilidad de la demanda, el inventario deja de ser una cuestión meramente operativa para convertirse en un factor determinante de la eficiencia global de la cadena.

Desde esta perspectiva, la investigación señala que una gestión deficiente del inventario puede traducirse en sobre stock, roturas de stock, incremento de costes de almacenamiento, pérdida de producto y disrupciones en el abastecimiento, afectando de forma directa tanto a la rentabilidad como a la capacidad de respuesta del sistema. El valor de esta aportación para el presente trabajo radica en que sitúa la disponibilidad de producto, la reducción del desperdicio y la continuidad operativa como resultados estrechamente vinculados con la calidad de la planificación y el control del inventario.

Asimismo, el artículo muestra que la mejora de la gestión de inventarios en la cadena agroalimentaria exige un enfoque más integrado y adaptativo que el utilizado en sectores menos condicionados por el tiempo y la conservación del producto. En concreto, el estudio destaca que la incorporación de modelos de pronóstico como ARIMA, método estadístico utilizado para predecir valores futuros en una serie temporal basándose en datos históricos, y la técnica de pronóstico de series temporales que predice valores futuros basándose en promedios ponderados de datos históricos, mejor conocido como suavizamiento exponencial, mejora la precisión de la demanda en torno a un 15%, mientras que herramientas como EOQ contribuyen a reducir los costes de mantenimiento de inventario en un 18%, y los sistemas JIT permiten disminuir el desperdicio alimentario en un 12%. A ello se suma el uso de tecnologías como sensores para monitorizar en tiempo real niveles de stock, frescura y vida útil, así como sistemas automatizados de reposición que elevan en un 20% las tasas de cumplimiento de pedidos. La Ilustración 2 resume gráficamente los puntos anteriores.

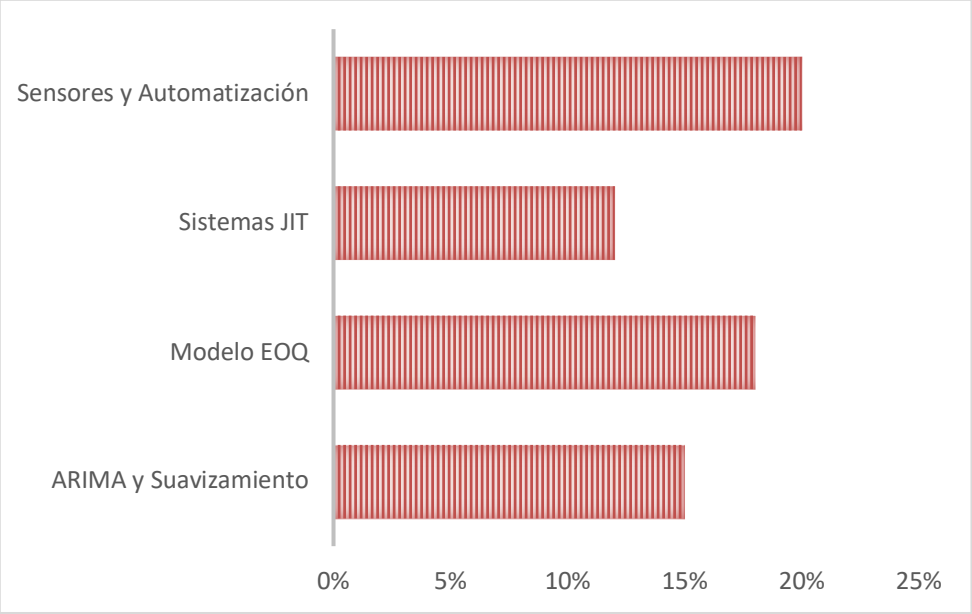


Ilustración 2. Efectividad de herramientas de pronóstico y control de stock en el sector agroalimentario

La investigación advierte que estas mejoras se encuentran sujetas a limitaciones importantes en la práctica, como la dificultad de estandarizar estrategias entre distintas categorías de productos, la insuficiencia de infraestructura de cadena de frío, los costes de implantación tecnológica y problemas de integración de datos entre actores de la cadena. En conjunto esta fuente refuerza la idea de que muchas de las ineficiencias del sector no responden a un único fallo aislado, sino a la interacción entre previsión de la demanda, reposición, almacenamiento, visibilidad de información y capacidad de adaptación ante factores externos como el clima, precios o disrupciones logísticas.

Siguiendo esta línea de análisis, el artículo “Waste generation patterns and mitigation strategies in cold chains” permite profundizar en uno de los problemas más críticos dentro de la cadena: la generación de desperdicios en operaciones sujetas al control de la cadena de frío. Mientras que la fuente anterior pone el foco en contextos de control de temperatura, las pérdidas no dependen únicamente del nivel de stock, sino también de la interacciones entre previsión de la demanda, picos estacionales y fallos logísticos en almacén.

A partir del análisis de datos reales, se examinaron registros históricos del sector mediante técnicas de regresión y análisis de series de tiempo, la investigación concluye que las actividades promocionales incrementan de forma significativa los niveles de desperdicio al favorecer la sobreproducción y la desalineación entre oferta y demanda, y que estos efectos se intensifican en determinados periodos estacionales. Además de identificar las ineficiencias operativas en almacén como otro factor relevante, reforzando la idea de que la pérdida de producto en la cadena de suministro no responde a una sola causa, sino a una combinación de decisiones comerciales, problemas de planificación y debilidades en la ejecución logística.

Su aportación resulta valiosa para esta investigación ya que introduce una lectura más integrada del desperdicio alimentario dentro de la cadena de suministro. No se trata únicamente como una consecuencia de la perecibilidad, el estudio lo vincula con factores organizativos, regulatorios y tecnológicos, y propone abordar su mitigación mediante estrategias apoyadas en analítica predictiva. De este modo, la publicación amplía el análisis previo sobre inventarios al mostrar que la reducción de pérdidas no solo exige un mejor control del stock, sino también una mayor capacidad de anticipación.

De forma complementaria, el artículo “A comprehensive review of current approaches on food Waste reduction strategies” amplía la discusión anterior al abordar la reducción del desperdicio alimentario desde una perspectiva más integral y transversal a toda la cadena de suministro. Esta revisión plantea que el desperdicio de debe a un problema global con implicaciones ambientales, sociales y económicas que se manifiesta desde las primeras etapas de producción hasta la disposición final. En este sentido, su aportación permite entender que la pérdida de producto en la cadena agroalimentaria no puede explicarse únicamente por la perecibilidad, sino que también por deficiencias acumuladas.

Con el objetivo de contrastar las soluciones propuestas en este artículo, se presenta la Tabla 6, la cual sistematiza las diversas estrategias de mitigación diseñadas para reducir las mermas en el sector. Este recurso profundiza en la base de cada enfoque, proporciona un análisis cualitativo sobre cómo las herramientas propuestas optimizan el proceso productivo y resume las ideas principales de la investigación seleccionada vinculando su relevancia a la investigación.

Enfoque de reducción	Ejemplo de estrategia	Nivel de aplicación en la cadena de suministro	Utilidad para la investigación
Optimización operativa.	Mejora de almacenamiento, transporte, planificación y control de procesos.	Producción, transformación, distribución.	Vincula el desperdicio con fallos de coordinación y ejecución.
Soluciones tecnológicas.	Sensores, monitoreo, analítica de datos, sistemas digitales de seguimiento.	Transformación, logística, retail.	Refuerza la importancia de datos,, visibilidad y trazabilidad.
Intervenciones conductuales.	Cambios en hábitos de consumo, formación y sensibilización.	Retail, food service, consumidor final.	Muestra el desperdicio no solo como algo técnico, sino también como organizativo y humano.
Coordinación entre actores.	Colaboración entre proveedores, productores, distribuidores y puntos de venta.	Toda la cadena.	Refuerza la necesidad de integración interorganizacional.
Prevención basada en planificación.	Mejor previsión de demanda y ajuste entre oferta y consumo.	Aprovisionamiento, producción, inventario.	Conecta directamente con gestión de insumos y planificación.
Economía circular y valorización.	Reutilización, reciclaje, recuperación de subproductos.	Transformación, distribución, post-consumo.	Aporta una salida complementaria cuando la prevención no es suficiente.
Enfoque sistémico.	Combinación de estrategias en lugar de acciones aisladas.	Toda la cadena.	Justifica que las ineficiencias deben abordarse por familias de problemas.

Tabla 6. Síntesis de estrategias de reducción del desperdicio alimentario en la cadena de suministro agroalimentaria

Fuente: elaboración propia con base en Urugo et al. (2024); *A comprehensive review of current approaches on food waste reduction strategies.*

En continuidad con la revision anterior, el artículo "Exploring driving factors in employing waste reduction tools to alleviate the global food security and sustainability" desplaza el análisis desde las estrategias generales de reducción del desperdicio hacia las condiciones específicas que permiten aplicar herramientas de mejora en la industria de procesamiento de alimentos perecederos. A través de una revisión sistémica, el estudio se centra especialmente en el papel de Lean Manufacturing como instrumento para minimizar pérdidas y desperdicios en el sector. En este orden de ideas, su aportación resulta relevante ya que sitúa la reducción del desperdicio dentro de un marco más amplio de utilización eficiente de recursos y mejora del sistema alimentario en su conjunto.

Más allá de identificar la utilidad de estas herramientas, la revisión pone el foco en diversos factores que condicionan su implementación efectiva en el contexto alimentario. Así, su valor para la investigación no solo reside en proponer herramientas de mitigación de desperdicio, sino en mostrar que su efectividad depende de requisitos organizativos y operativos muy concretos, especialmente en un sector donde la inestabilidad y la volatilidad de la demanda limitan la aplicación estandarizada de modelos de mejora.

La revisión ofrece un análisis descriptivo de la evolución de la investigación sobre Lean en el procesamiento de alimentos e identifica vacíos, lo que resulta especialmente útil para este trabajo, ya que muestra que su aplicación en el sector sigue siendo parcial y condicionada por factores muy específicos. Entre ellos, el artículo destaca 5 palancas clave para que Lean contribuya realmente a reducir pérdidas:

i. Una previsión de la demanda más precisa.

ii. Una mejor gestión de la variabilidad de materias primas y productos.

iii. Una mayor implicación de la dirección.

iv. Relaciones de colaboración más sólidas entre los miembros de la cadena.

v. Una respuesta eficaz ante la estacionalidad y la incertidumbre de la oferta y demanda.

En este sentido el artículo permite introducir desde esta revisión literaria una idea que será central en el capítulo 5: en el sector agroalimentario, la adopción de enfoques Lean no puede plantearse como una transferencia mecánica de herramientas, sino como un proceso de adaptación a restricciones estructurales propias del producto, del suministro y de la operación.

Desde una perspectiva complementaria, el artículo “Assessing the environmental impacts of halving food loss and waste along the food supply chain” incorpora una dimensión especialmente relevante: la cuantificación del impacto ambiental asociado a la reducción de pérdidas y desperdicio a lo largo de la cadena alimentaria. A diferencia de las fuentes anteriores, que se centran en causas operativas u organizativas, este estudio utiliza una herramienta analítica la cual vincula las transacciones económicas entre sectores industriales con sus impactos ambientales, como emisiones de CO_2, uso de agua y recursos, con la finalidad de estimar los efectos que tendría reducir en un 50% las pérdidas y desperdicio alimentario en distintas etapas de la cadena de suministro.

Sus resultados muestran que una reducción de esta magnitud podría disminuir entre 8% y 10% la carga ambiental total del sistema alimentario, lo que confirma que las ineficiencias de la cadena no solo afectan la disponibilidad, los costes o la calidad del producto, sino también el desempeño ambiental del sector. Otra valiosa aportación del artículo se basa en no tratar todas las etapas de la cadena como equivalentes, sino identificar dónde se concentran los mayores beneficios potenciales de intervenir. Esta diferencia resulta especialmente valiosa, ya que refuerza la necesidad de priorizar intervenciones según el punto de la cadena y no asumir que todas las estrategias de reducción de pérdidas producen el mismo efecto.

Ampliando el análisis desde la operación hacia el diseño de la red, el artículo “Simulation-optimization methods for designing and assessing resilient supply chain networks under uncertainty scenarios: A review” introduce una perspectiva especialmente útil para esta investigación: la resiliencia de la cadena de suministro bajo escenarios de incertidumbre. El análisis parte del diseño de una red de suministro, en donde implica decidir el número, la localización y la capacidad de las instalaciones, así como la asignación de proveedores y mercados, sosteniendo que este tipo de decisiones condicionan de forma directa la capacidad de la cadena para responder ante riesgos.

En este sentido, su aportación resulta relevante ya que desplaza el foco desde los fallos operativos evidentes hacia una cuestión más estructural, es decir, la configuración misma de la red puede aumentar o reducir la vulnerabilidad del sistema. Destaca la necesidad de incorporar criterios económicos, ambientales y sociales en el diseño de la red, para el caso agroalimentario, esta perspectiva resulta especialmente pertinente, ya que, permite entender que problemas como la disponibilidad del producto, la fiabilidad operativa o la exposición a pérdidas no dependen únicamente de una mala ejecución en el día a día, sino también de la capacidad de la red para absorber variabilidad y redistribuir flujos manteniendo el servicio bajo condiciones cambiantes.

En esta línea, el artículo “Towards the integration of lean principles and optimization for agricultural production systems: a conceptual review proposition” es especialmente importante para la investigación al plantear que, en los sistemas de producción agrícola, la planificación operativa se ha orientado históricamente a mejorar rendimientos y calidad, pero sin integrar de forma suficiente la reducción de desperdicios ni la sostenibilidad dentro de las metodologías de planificación.

Los autores radican en no limitar el uso de Lean como filosofía de mejora, sino que proponen una integración con enfoques de optimización para construir modelos de decisión más adecuados al contexto de la cadena agrícola. La revisión plantea la necesidad de desarrollar una metodología clara que incorpore variables de decisión, restricciones y una función objetivo orientada a minimizar los costes asociados al desperdicio, con el fin de mejorar la sostenibilidad de las operaciones.

Esta aportación resulta particularmente relevante, ya que empieza a perfilar una idea central para capítulos posteriores, dejando como precedente que en contextos agroalimentarios, la utilidad de Lean aumenta cuando se combina con herramientas analíticas y de optimización que permitan traducir sus principios en decisiones operativas, en la ilustración 3 se ejemplifica la idea planteada.

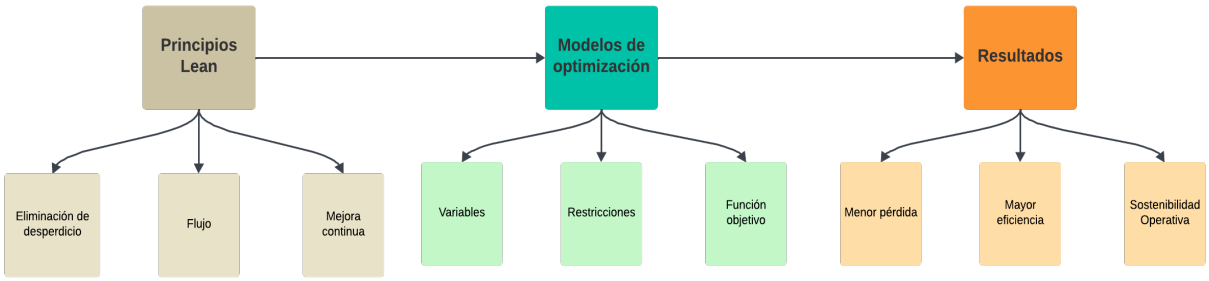


Ilustración 3. Relación entre principios Lean, optimización y mejora del desempeño en sistemas agroalimentarios

Fuente: elaboración propia.

A partir de esta aproximación entre principios Lean y herramientas de optimización, es conveniente avanzar hacia trabajos que no solo abordan la mejora de procesos, sino el rediseño de la cadena de suministro desde una perspectiva ambiental más amplia. En este sentido, el artículo “Redesigning a food supply chain for environmental sustainability – An analysis of resource use and recovery” aporta una visión distinta al plantear que las ineficiencias de la cadena agroalimentaria puede identificarse a través del desempeño operativo pero también mediante el análisis del uso de recursos y de los impactos ambientales asociados a cada etapa.

El estudio está basado en la evaluación del impacto ambiental para la cosecha de Mango en India, sin embargo, se propone un marco para detectar ineficiencias operativas y de recursos y, con base en ello, replantear la configuración. Esto resulta valioso ya que amplía la lógica de mejora introducida previamente, más allá de reducir desperdicios y aumentar la eficiencia se plantea un valor agregado el cual es contribuir a disminuir el impacto ambiental del conjunto de la cadena.

Como cierre de este recorrido por la literatura seleccionada, el artículo “Gestión de riesgos operacionales en cadenas de suministro agroalimentarias bajo un enfoque de manufactura esbelta” describe las ineficiencias y restricciones del sector desde la propuesta de una metodología para

identificar, priorizar y mitigar riesgos operacionales mediante herramientas de manufactura esbelta aplicadas a una cadena agroalimentaria real.

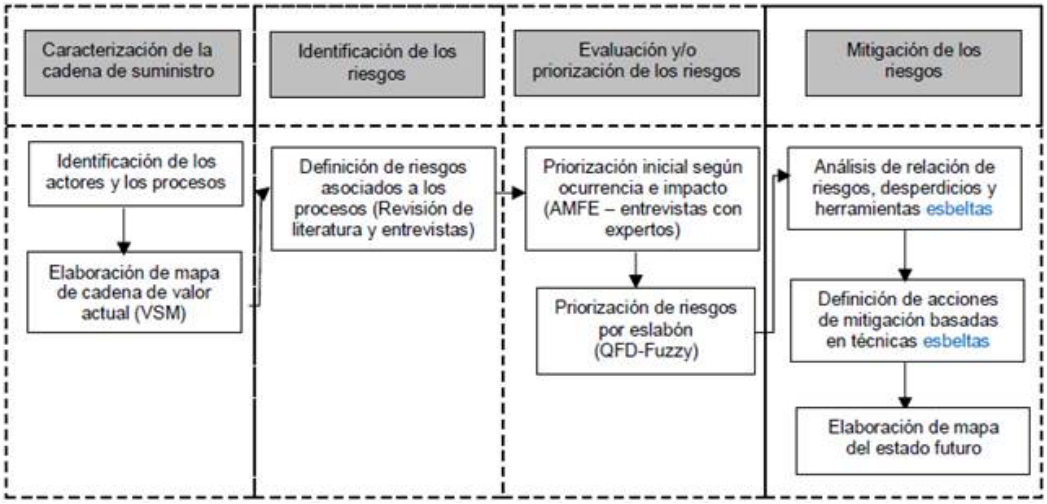


Ilustración 4. Mapeo para la propuesta de herramientas de manufactura esbelta como acciones de mitigación de riesgos operacionales

Fuente: tomada de Paredes-Rodríguez, A. M. Chud Pantoja, V. L. y Peña-Montoya, C. C. (2022). Gestión de riesgos operacionales en cadenas de suministro agroalimentarias bajo un enfoque de manufactura esbelta. Información Tecnológica, 33(1), 245-258. https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000100245

El análisis se estructura en 4 fases, caracterización de la cadena, identificación de riesgos, priorización y mitigación. Para ello, se utiliza un mapeo de la cadena de valor, el cual se observa en la ilustración 4, se priorizan los riesgos según su ocurrencia, impacto y afectación sobre los objetivos estratégicos de cada eslabón de la cadena. A partir de este proceso, la investigación identifica los 4 principales eslabones: productores, transporte primario, línea de empaque, transporte secundario, y concluye que estos concentran una parte sustancial de los riesgos operacionales de la cadena.

Los resultados muestran que en todos los eslabones aparecen principalmente defectos, seguidos por esperas, movimientos y sobre procesamiento, y que estas ineficiencias pueden mitigarse mediante la estandarización de procesos, gestión visual, mantenimiento productivo total (TPM) y 5S. Frente a otros trabajos revisados, esta investigación resulta especialmente útil ya que lleva el enfoque Lean a un terreno más aplicado y demuestra que su valor en cadenas agroalimentarias no se reduce a la eliminación abstracta de desperdicios, sino que puede convertirse en una herramienta concreta para la gestión del riesgo operacional.

De este modo, su aportación no solo se basa en evidencia sobre los problemas de la cadena, sino también ofrece una lógica de intervención que será especialmente útil y relevante en capítulos

posteriores, cuando se aborde con mayor profundidad el potencial de transferencia de prácticas y herramientas desde contextos manufactureros más estructurados.

En conjunto, las publicaciones analizadas en este apartado permiten observar que las ineficiencias de la cadena de suministro alimentaria no responden a incidentes aislados, sino a una combinación de condicionantes estructurales que se manifiestan de forma recurrente en distintos niveles del sistema. A lo largo de la literatura revisada aparecen, con distintos matices, problemas relacionados con la perecibilidad del producto, la presión sobre tiempos y condiciones de conservación, la variabilidad de la demanda y los insumos, la fragilidad de la coordinación entre actores y eslabones, la limitación en la visibilidad de la información, exposición a riesgos operacionales y la necesidad de responder simultáneamente a exigencias de coste, calidad, sostenibilidad y cumplimientos normativos.

La selección de la literatura más relevante se justifica precisamente por su aportación a una visión progresiva y complementaria del problema estudiado. Se escogieron aquellos trabajos que permiten explicar, desde diferentes ángulos, por qué la gestión del aprovisionamiento en la industria alimentaria presenta una complejidad particular. Se priorizaron fuentes que no solo describen desafíos del sector, sino que también profundizan en dimensiones clave como inventarios, desperdicios, cadena de frío, impacto ambiental, optimización, Lean y gestión de riesgos, ya que son estas la que aportan una base más sólida para comprender el origen de las ineficiencias observadas.

3.4 Síntesis de hallazgos por familia

A partir de este recorrido, se hace evidente que muchos de los problemas identificados en la literatura comparten raíces comunes y no pueden interpretarse de forma complementaria separada. Por ello, este apartado se orienta a sintetizar los hallazgos obtenidos mediante una agrupación por familias,

con el fin de pasar de la descripción de problemas a una lectura más estructurada de las principales áreas de tensión que atraviesa la cadena de suministro alimentaria.

Se identifican 9 problemas recurrentes dentro de la cadena de suministro:

i. Disponibilidad del producto.

ii. Pérdidas por caducidad y/o deterioro.

iii. Altos costes de almacenamiento y distribución.

iv. Gestión de la cadena de frío.

v. Aumento de las regulaciones.

vi. Globalización de la industria y aumento de la competitividad.

vii. Sostenibilidad y reducción del impacto medioambiental.

viii. Trazabilidad de los productos.

ix. Logística de transporte.

Con la finalidad de evitar una lectura fragmentada del problema, estos hallazgos se reorganizan en 5 familias analíticas:

i. Estandarización y control.

ii. Planificación y coordinación.

iii. Ejecución operativa y confiabilidad.

iv. Datos y trazabilidad.

v. Gestión de insumos.

Esta agrupación no implica que cada problema pertenezca exclusivamente a una sola dimensión, ya que en la práctica existen relaciones cruzadas entre cada uno. No obstante, para efectos analíticos se asigna cada uno a la familia que mejor explica su origen predominante y el tipo de respuesta de gestión que requiere. De esta manera, la clasificación permite pasar de una lista extensa de incidencias a un marco explicativo más ordenado, útil para identificar causas comunes y preparar el análisis

comparativo con las buenas prácticas del sector automotriz. Con la finalidad de hacer la agrupación más visual, debajo se adjunta la Ilustración 5.

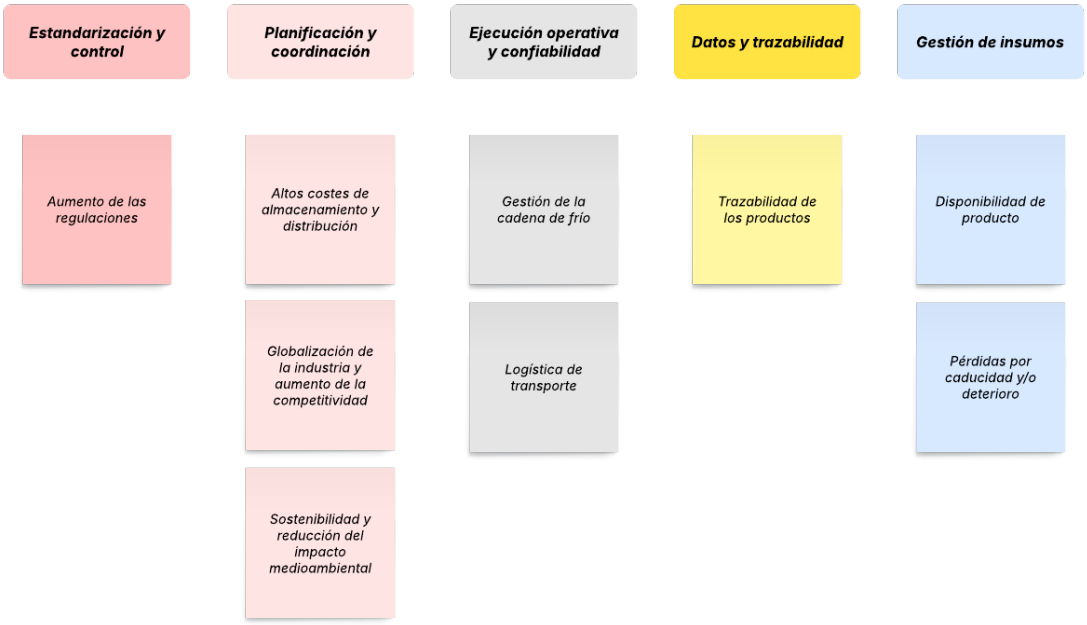


Ilustración 5. Agrupación de los principales problemas identificados en la literatura por familia analítica

Fuente: elaboración propia.

Bajo esta lógica, la estandarización y control agrupa el aumento de las regulaciones y la sostenibilidad con la reducción del impacto medioambiental. Ambos problemas exigen que la cadena opere bajo procedimientos más formales, con criterios más homogéneos y mecanismos de control más robustos. El cumplimiento normativo requiere protocolos definidos, supervisión y capacidad de demostrar conformidad. De forma similar, la gestión de la sostenibilidad demanda indicadores, seguimiento y control del desempeño ambiental. En ambos casos, la ausencia de estándares y de sistemas de control incrementa la variabilidad del proceso y dificulta la respuesta frente a exigencias externas cada vez más complejas.

La planificación y coordinación incluye los altos costes de almacenamiento y distribución, así como la globalización de la industria y el aumento de la competitividad. Aunque a primera vista ambos problemas pueden parecer distintos, comparten una misma lógica de fondo: la necesidad de sincronizar decisiones entre distintos eslabones de la cadena en un entorno cada vez más dinámico y exigente. Los costes elevados no solo responden a la ejecución física de las operaciones, sino que también a errores de planificación, a una mala coordinación entre oferta y demanda y a desajustes entre compras, producción, almacenamiento y distribución. De igual manera, la globalización y la

presión competitiva obligan a operar con mayor rapidez, flexibilidad y precisión, intensificando la necesidad de coordinación interna y externa.

Por su parte, la ejecución operativa y confiabilidad reúne la gestión de la cadena de frío y la logística de transporte. Ambos problemas se manifiestan directamente en la operación diaria y ponen a prueba la capacidad de la cadena para funcionar de forma estable, segura y consistente. En el sector agroalimentario, la confiabilidad operativa no se limita al cumplimiento de tiempos, sino que incluye la conservación de la calidad del producto durante el almacenamiento, el movimiento y la entrega. En consecuencia, cualquier fallo en transporte, temperatura, manipulación o continuidad operativa provoca de manera inmediata deterioro, pérdida económica y ruptura del servicio.

La familia de datos y trazabilidad se articula en torno al problema explícito de la trazabilidad de los productos, a pesar de que su alcance analítico es más amplio. Se trata de contar con información fiable, oportuna e integrada para monitorear flujos, detectar incidencias, responder a exigencias regulatorias y mejorar la toma de decisiones. Esta agrupación adquiere especial relevancia ya que actúa como dimensión transversal: una trazabilidad deficiente no solo dificulta el control del producto, sino que también limita la capacidad de coordinar operaciones, gestionar inventarios, asegurar calidad y reaccionar ante riesgos.

Finalmente, la familia de gestión de insumos agrupa problemas asociados a la disponibilidad del producto y a las pérdidas por caducidad y deterioro. Ambos reflejan la dificultad de gestionar adecuadamente materias primas y productos perecederos en un contexto donde le tiempo, la rotación y las condiciones de conservación son determinantes. Cuando la gestión de insumos es deficiente, la cadena enfrenta simultáneamente dos riesgos opuestos: la falta de producto y el exceso de inventario que termina deteriorándose. Por esta razón, esta familia concentra problemas que remiten directamente al aprovisionamiento, la reposición, la política de inventarios y el equilibrio entre disponibilidad y merma.

La agrupación por familias facilita la comprensión más clara del problema estudiado ya que permite visualizar e identificar que muchos de los fallos observados en la cadena alimentaria comparten causas estructurales y no deben abordarse de forma aislada. En lugar de plantear soluciones independientes para cada problema identificado, la clasificación orienta el análisis hacia ámbitos de gestión más amplios, dentro de los cuales es posible intervenir sobre varias manifestaciones del problema al mismo tiempo. Esto resulta útil para el propósito de este trabajo, ya que permite sentar las bases para el contraste con el sector automotriz. Una vez identificadas sus buenas prácticas, estas podrán analizarse no solo como respuestas a problemas puntuales, sino como capacidades transferibles a cada una de las familias definidas.

De este modo, la síntesis por familias ordena la evidencia revisada y también cumple una función metodológica dentro del trabajo, convierte la extensa literatura en una estructura analítica en donde se centra la comparación intersectorial. De esta manera, el siguiente paso consiste en profundizar en las prácticas, enfoques y mecanismos presentes en la industria automotriz, y cómo es que pueden

contribuir a reducir, mitigar o reconfigurar los problemas identificados en cada familia, con el fin de construir una propuesta coherente y aplicable al contexto de la industria alimentaria.

Con el fin de diagnosticar el estado actual de la cadena de suministro en la industria alimentaria transformadora con productos perecederos, se ha elaborado un Mapa de flujo de Valor (Value Stream Map, VSM), herramienta propia de la metodología Lean que permite representar de forma visual el flujo de materiales y de información a lo largo de todo el proceso productivo, desde la recepción de la materia prima procedente del proveedor agrícola o de carnes y pescados por poner un ejemplo, hasta la expedición del producto terminado al consumidor final. El VSM identifica en cada etapa los tiempos de ciclo, los niveles de inventario y los principales desperdicios presentes, diferenciando visualmente entre actividades que generan valor añadido y aquellas que únicamente consumen tiempo y recursos sin aportar valor añadido. De este modo el mapa no solo ofrece una representación visual del funcionamiento actual de la cadena, sino que sienta las bases para el análisis comparativo con el sector automotriz y la posterior propuesta de mejora que se desarrollará en los capítulos siguientes.

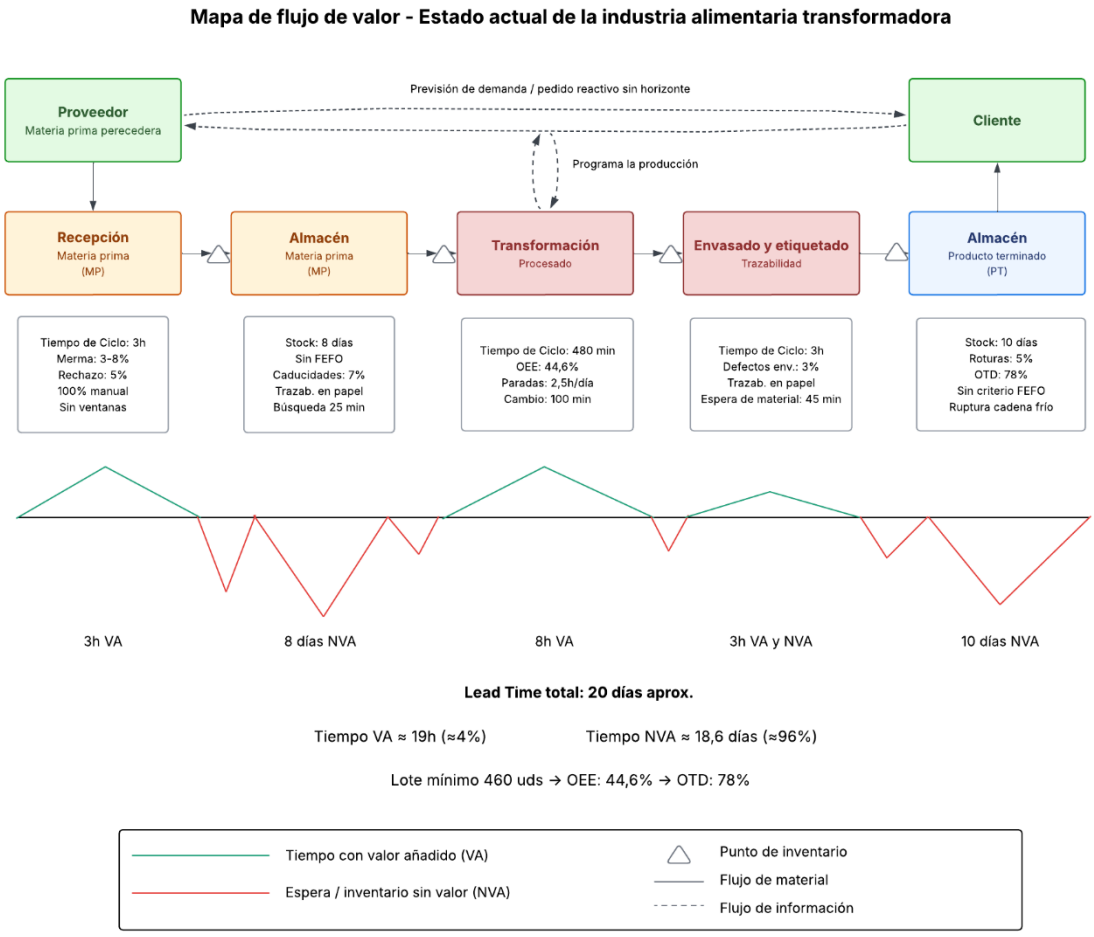


Ilustración 6. VSM del estado actual cadena de suministro alimentaria

Fuente: elaboración propia.

Desperdicios identificados – estado actual
• **Sobreproducción:** grandes lotes forzados por la estacionalidad agrícola de la MP → desvinculados a la demanda real provocando un sobre inventario crónico que acorta la vida útil del producto.
• **Esperas:** 96% del Lead Time sin valor añadido, 18,6 días de los 20 corresponden a espera e inventario intermedio sin que el producto avance hacia el cliente.
• **Defectos:** merma en la recepción del 3-8%, defectos en envasado del 3% y caducidades del 7% en almacén de MP por ausencia de criterio FIFO/FEFO estructurado.
• **Eficiencia del equipo del 44,6%:** línea de transformación con 2,5h/día de paradas no planificadas y cambios de producto de 100 min sin metodología SMED ni mantenimiento autónomo.
• **Roturas del 5%:** pese a 10 días de stock PT efecto látigo generando por la ausencia de planificación colaborativa y gestión reactiva del aprovisionamiento.

Tabla 7. Principales desperdicios identificados VSM industria alimentaria

Como observa en la Ilustración 6 y Tabla 7, el mapa de flujo de valor presentado refleja el estado actual de una cadena de suministro alimentaria, caracterizada por una ineficiencia estructural. El dato más revelador es el ratio entre tiempo con valor añadido y el Lead Time total: únicamente el 4% del tiempo que el producto permanece en la cadena corresponde a actividades de transformación real, mientras que el 96% restante, que son los 18,6 días aproximadamente, se consume en esperas, almacenamiento intermedio e inventarios sin valor.

En la etapa de transformación, la eficacia global de los equipos o por sus siglas en inglés OEE (Overall Equipment Effectiveness) registra un 44,6%, un valor que contrasta de forma llamativa con el estándar mínimo aceptable en la industria automotriz, situado en torno al 85%. Esta brecha de 40 puntos porcentuales evidencia la magnitud del potencial de mejora y constituye uno de los ejes centrales del presente trabajo. Las causas principales de este bajo rendimiento son las paradas no planificadas, que consumen 2,5 horas diarias de capacidad productiva, y los cambios de producto, que en el estado actual alcanzan los 100 minutos por formato, un tiempo que la manufactura esbelta ha demostrado reducir significativamente mediante la aplicación de SMED.

El almacén de producto terminado ilustra una de las paradojas más características de las cadenas no optimizadas, la coexistencia de 10 días de stock acumulado con una tasa de roturas de servicio del 5%. Este fenómeno, conocido como efecto látigo, es consecuencia directa de la ausencia de previsión

colaborativa y de sistemas de reposición pull, es decir, basar la producción en la demanda real del cliente y no en pronósticos, herramientas que el sector automotriz incorporó de forma sistemática hace varias décadas.

Es preciso señalar que el mapa de flujo de valor presentado ha sido construido de forma deliberada a partir de los valores más desfavorables documentados en la literatura para este tipo de industria. Esta decisión responde a una lógica metodológica clara: al partir de un escenario de referencia con un rendimiento claramente deficiente, las mejoras propuestas en capítulos posteriores resultarán más visibles, medibles y comparables, maximizando así el valor demostrativo del análisis. Este enfoque es habitual en investigaciones aplicadas de mejora de procesos, donde un estado inicial suficientemente problemático permite evidenciar con mayor nitidez el impacto de las herramientas implementadas.

Cabe recalcar que los valores seleccionados, aunque representan el extremo inferior del rango documentado para el sector, no son ficticios ni arbitrarios. Corresponden a situaciones reales recogidas en estudios sobre empresas alimentarias de tamaño medio con escasa automatización y gestión tradicional, por lo que el escenario, pese a ser desfavorable, es perfectamente plausible y metodológicamente justificado.

Capítulo 4. Análisis de la excelencia operativa en la cadena de suministro automotriz: Lecciones de eficiencia y calidad

El capítulo anterior permitió identificar las principales ineficiencias de la cadena de suministro alimentaria, las cuales pueden entenderse a partir de cinco grandes familias: estandarización y control, planificación y coordinación, ejecución operativa y confiabilidad, datos y trazabilidad y gestión de insumos. A partir de dicho diagnóstico, el presente capítulo se centra en el análisis de la industria automotriz como referente de desempeño operativo, no con el propósito de idealizarla, sino de evidenciar que se trata de un sector que ha desarrollado capacidades organizativas, productivas y logísticas especialmente robustas para gestionar complejidad.

La elección de esta industria se justifica por su alto grado de madurez en la coordinación de flujos, en la normalización de procesos y en la integración entre calidad, producción y suministro, elementos que la convierten en un punto de referencia útil para el análisis comparado intersectorial. La relevancia de la industria automotriz no se explica únicamente por su peso económico, sino también por la complejidad estructural de su cadena de suministro.

De acuerdo con la Organización Internacional de Constructores de Automóviles, la producción mundial de vehículos alcanzó 92,504,338 unidades en el 2024 (OICA, 2025). Toyota señala que un automóvil está compuesto por más de 30,000 piezas, producidas no solo por el ensamblador final, sino también por una extensa red de proveedores y socios industriales que deben operar con un alto grado de sincronización para evitar desperdicios y disrupciones (Toyota Motor Corporation, s. f.). Esta característica convierte a la automoción en un entorno exigente desde la parte operativa, donde la eficiencia depende de la capacidad de articular con precisión una red interdependiente de materiales, procesos, información y actores.

Desde una perspectiva macro industrial, la cadena de valor automotriz ha sido reconocida como un sector clave por su contribución al valor añadido, al empleo, la innovación y a las exportaciones. Se trata de una cadena profundamente segmentada y especializada, en la que distintos países y empresas se posicionan en eslabones concretos, desde actividades upstream, como materias primas y componentes, hasta fases downstream, como ensamblaje y comercialización. Esta configuración ha obligado a la industria a construir mecanismos de coordinación, estándares comunes y sistemas de gobernanza que permitan sostener niveles elevados de calidad y confiabilidad. La excelencia operativa del sector automotriz nace de la capacidad para estructurar y controlar.

En consecuencia, el sector automotriz puede entenderse como un caso de madurez operativa estructural. Su relevancia para esta investigación no reside únicamente en sus resultados, sino en el hecho de que ha desarrollado un entorno organizativo en el que la estandarización, la coordinación interempresarial, la visibilidad de procesos y la disciplina de ejecución se convierten en condiciones básicas de competitividad. Esta base explica por qué la industria automotriz constituye un referente útil para estudiar prácticas susceptibles de adaptación a otros contextos productivos más vulnerables a la variabilidad, como el sector alimentario.

4.1 Contexto y características estructurales del sector

La industria automotriz se caracteriza por operar en un entorno de alta complejidad, donde la competitividad depende de la capacidad de coordinar de forma eficaz una red extensa de actores, procesos y flujos de información. Este sector convierte a su cadena de suministro en un eje estratégico, ya que influye directamente en la eficiencia operativa, la rentabilidad, la satisfacción del cliente y la capacidad de respuesta frente a cambios en el entorno.

Una de las características más distintivas del sector en su estructura multitier. La cadena automotriz no funciona como una relación lineal entre proveedor y fabricante, sino como una red escalonada en la que participan distintos niveles de suministro. Los proveedores Tier 3 abastecen materias primas e insumos básicos; los Tier 2 transforman esos materiales en partes y subcomponentes; y los Tier 1 suministran sistemas y componentes de mayor nivel directamente al fabricante original. Esta configuración implica una fuerte interdependencia entre eslabones, de modo que cualquier fallo, retraso o desajuste en uno de ellos puede propagarse rápidamente al resto de la cadena.

A esta estructura jerárquica se suma un elevado nivel de integración operativa. La cadena automotriz exige sincronización constante entre compras, producción, calidad, logística y distribución, así como una coordinación estrecha con proveedores y socios industriales. Esto responde a que el sector opera con altos niveles de exigencia en costo, tiempo y confiabilidad, por lo que no basta con fabricar bien, también es necesario asegurar continuidad, precisión en el suministro y capacidad de reacción ante interrupciones. En este sentido, la automoción puede entenderse como un sistema productivo en el que la estabilidad depende de la coordinación fina entre múltiples actores dispersos geográficamente, pero conectados por requerimientos comunes de desempeño.

Otra característica estructural clave del sector es el peso de la calidad como principio organizador de toda la cadena. En la industria automotriz, la calidad no se limita a la inspección del producto terminado, sino que atraviesa el diseño, la selección de proveedores, los procesos de fabricación, el ensamblaje y el cumplimiento normativo. Esto se debe a que la calidad está directamente asociada con la seguridad del cliente, la reputación de la marca, la confiabilidad del producto y la reducción de costes derivados de fallos, devoluciones o garantías. Por ello, el sector ha desarrollado una cultura de control y prevención en la que es indispensable asegurar la conformidad de los procesos y componentes ya que se convierten en una condición estructural para competir.

Asimismo, la industria presenta una fuerte orientación hacia la visibilidad y el uso de información en tiempo real. La complejidad de la cadena hace indispensable conocer qué está ocurriendo en cada etapa, dónde se encuentran los materiales, qué riesgos pueden surgir y cómo impactarían en la producción. La visibilidad de extremo a extremo permite anticipar interrupciones, identificar cuellos de botella y tomar decisiones proactivamente. Bajo esta lógica, la información deja de ser un recurso de apoyo y se convierte en una base estructural para sostener la continuidad operativa, especialmente en contextos donde la velocidad de respuesta y la precisión en la ejecución son determinantes.

En este contexto estructural, la industria automotriz se ha convertido en uno de los principales sectores en desarrollar y aplicar métodos esbeltos. La combinación de cadenas multitier, alta interdependencia entre proveedores, presión simultánea sobre coste, calidad y tiempo, y una lógica operativa históricamente vinculada al Just in Time ha favorecido la adopción de enfoques orientados a eliminar desperdicios, reducir variabilidad y mejorar continuamente los procesos. Bajo esta lógica, herramientas y metodologías como Lean, Six Sigma y Lean Six Sigma no se manifiestan como iniciativas aisladas, sino como respuestas coherentes a las exigencias del propio sector, ya que permiten mejorar la calidad, optimizar el flujo productivo, disminuir defectos, acortar ciclos y reforzar la toma de decisiones basada en datos.

A todo ello se añade la estandarización como principio transversal que articula el funcionamiento de la cadena automotriz. A diferencia de otros sectores industriales, la automoción ha desarrollado sistemas de trabajo estandarizados en todos los niveles: desde procesos de fabricación y criterios de selección y auditoría de proveedores, hasta los métodos de control de calidad y los procedimientos logísticos. Esta estandarización no responde únicamente a una lógica de eficiencia interna, sino que constituye la condición que hace posible la coordinación entre los distintos niveles de la cadena multitier. Sin estándares compartidos, la sincronización entre Tier 1, 2 y 3 sería inviable a la escala y velocidad que exige el sector.

En conjunto, estas características permiten afirmar que la industria automotriz no destaca solo por el volumen de su producción, sino por la forma en que ha logrado estructurar su cadena de suministro para operar bajo altos niveles de complejidad sin perder control. Su configuración operativa ha creado un entorno especialmente propicio para la consolidación de prácticas de mejora continua y enfoques esbeltos. Por esta razón, el sector automotriz constituye una base útil para esta investigación, ya que ofrece un marco estructural desde el cual pueden analizarse, en los siguientes apartados, las prácticas que explican su eficiencia y potencial de transferencia hacia el sector primario.

4.2 Prácticas de estandarización y control

La estandarización de proceso constituye uno de los pilares fundamentales sobre los que se ha construido la eficiencia operativa de la industria automotriz. A diferencia de una simple normalización de tareas, la estandarización en este sector implica la definición precisa y documentada de cada operación, el tiempo en que debe ejecutarse, la secuencia en que se realizan las actividades y los criterios que determinan si el resultado es aceptable. Esta disciplina, conocida como trabajo estandarizado, responde a una necesidad operativa, en cadenas de alta complejidad, con múltiples proveedores y procesos interdependientes, la variabilidad no controlada es la principal fuente de ineficiencia, error y coste.

El trabajo estandarizado en la automoción opera sobre tres elementos clave. En primer lugar tenemos el tiempo, que marca el ritmo al que debe producirse para satisfacer la demanda del cliente sin generar ni déficit ni exceso. El segundo es la secuencia de trabajo, el cual establece el orden exacto en que cada operario debe ejecutar sus tareas para garantizar la fluidez del proceso. El tercero es el inventario estándar en proceso, que define la cantidad mínima de material que debe estar presente en cada etapa para que el flujo no se interrumpa. La combinación de estos tres elementos crea un sistema productivo en el que la variabilidad queda acotado y los desvíos son inmediatamente visibles, lo que facilita tanto la detección de problemas como la mejora continua.

La estandarización en la automoción no se limita al interior de la planta de ensamblaje, sino que se extiende a toda la red de proveedores. A través de especificaciones técnicas detalladas, auditorias periódicas y requisitos de certificación, el fabricante garantiza que cada componente que entra en su cadena cumple con unos criterios de conformidad predefinidos. Esta extensión de los estándares hacia el exterior de la planta es lo que permite operar con múltiples proveedores distribuidos geográficamente sin perder el control sobre la calidad y la consistencia del proceso global. El estándar deja de ser un documento interno para convertirse en el lenguaje común que hace posible la coordinación entre eslabones.

Un elemento adicional que refuerza la estandarización en la automoción es el uso del control estadístico de procesos (Statistical Process Control, SPC). Mediante el análisis continuo de datos de producción, el SPC permite monitorizar en tiempo real si un proceso opera dentro de sus límites de control, detectando desviaciones antes de que se traduzcan en defectos. Esta capacidad de anticipación convierte el control de calidad en una actividad integrada en el flujo productivo, no es una inspección posterior al proceso. El resultado es una cadena en la que los problemas se identifican y corrigen en el punto de origen, reduciendo el coste y el impacto de los fallos de forma significativa.

Complementando la estandarización de procesos, la industria automotriz ha desarrollado una cultura de control de calidad que opera de forma proactiva y preventiva a lo largo de toda la cadena. A diferencia de enfoques más tradicionales donde la calidad se verifica al final del proceso, la automoción ha integrado el control en cada etapa productiva, de modo que los desvíos se detectan y corrigen en el punto en que se originan. Esta lógica reduce drásticamente el coste asociado a los fallos, ya que un defecto identificado en el origen tiene un impacto exponencialmente menor que uno detectado en el producto terminado o, peor aún, tras haber llegado al cliente. El resultado es una cadena en la que la calidad no depende de la inspección final, sino que es una consecuencia natural de procesos bien definidos, monitorizados y controlados de forma continua.

En conjunto, las prácticas de estandarización y control de la industria automotriz configuran un sistema en el que la variabilidad está acotada, los desvíos son visibles y los errores encuentran barreras antes de propagarse. Este nivel de madurez operativa es el resultado de una cultura disciplinada de definición, medición y mejora continua de los procesos, sostenida a lo largo del tiempo y extendida a todos los niveles de la cadena.

4.3 Planificación integrada y coordinación con proveedores

La planificación en la industria automotriz no es una función aislada dentro de la empresa fabricante, sino un proceso integrado que se extiende a lo largo de toda la red de suministro. A diferencia de modelos de gestión donde cada eslabón planifica de forma independiente y reacciona ante los pedidos del eslabón siguiente, la automoción opera bajo una lógica de coordinación anticipada en la que proveedores, fabricantes y distribuidores comparten información de demanda, capacidad y stock en tiempo real. Esta integración convierte la planificación en un mecanismo de sincronización colectiva, eliminando la opacidad entre eslabones.

El punto de partida de esta integración es la visibilidad compartida de la demanda. En la que la cadena automotriz, el fabricante no limita la información al pedido inmediato, sino que comparte con sus proveedores horizontes de planificación a medio y largo plazo que les permiten anticipar necesidades, ajustar su capacidad productiva y organizar sus propios aprovisionamientos con suficiente antelación. Esta práctica, que en otros sectores industriales dista de ser habitual, transforma la relación entre fabricante y proveedor, en lugar de tener una colaboración reactiva basada en pedidos puntuales, se establece una dinámica continua basada en información compartida y compromisos mutuos. El proveedor deja de ser un agente externo que responde a demandas imprevistas y pasa a ser un actor integrado en el ciclo de planificación del fabricante.

Esta visibilidad compartida tiene una consecuencia directa sobre la estabilidad de toda la cadena. Cuando cada eslabón conoce con antelación lo que se va a requerir, puede planificar su producción de forma más precisa, reducir sus propios niveles de stock de seguridad y eliminar los picos de demanda artificiales que se generan cuando la información fluye de forma fragmentada. En la automoción, este fenómeno se ha abordado de forma sistemática ya que sus efectos son conocidos; la distorsión de la información de demanda a medida que asciende por la cadena, conocida como efecto látigo, genera oscilaciones cada vez mayores en los pedidos de cada eslabón, aunque la demanda final del cliente

permanezca relativamente estable. La planificación integrada actúa como antídoto estructural frente a este fenómeno, ya que sustituye la cadena de pedidos sucesivos por un flujo de información directo y compartido.

Un elemento clave en esta arquitectura de coordinación es la estabilidad del programa de producción. La automoción ha aprendido que la variabilidad en los planes de producción es uno de los principales generadores de ineficiencia a lo largo de toda la cadena, ya que cada cambio en el programa del fabricante se traduce en ajustes en cascada para todos sus proveedores. Por esta razón, el sector ha desarrollado una disciplina de congelación de programas a corto plazo. Durante un horizonte definido, el plan de producción no se modifica, lo que otorga a los proveedores una ventana de estabilidad dentro de la cual pueden operar con previsibilidad. Esta práctica no elimina la flexibilidad a medio plazo, pero la concentra en los horizontes donde el coste de adaptación es menor, protegiendo la eficiencia operativa del día a día.

La coordinación con proveedores en la automoción no se limita al intercambio de información. Implica también una definición conjunta de los parámetros operativos que gobiernan la relación, la frecuencia y tamaño de las entregas, ventanas horarias de recepción, criterios de calidad en origen, procedimiento ante desviaciones y mecanismos de respuesta ante incidencias. Esta codefinición de las condiciones operativas convierte la relación proveedor-fabricante en un sistema conjunto, con reglas claras y responsabilidades compartidas, en lugar de una relación transaccional donde cada parte optimiza únicamente su propio eslabón. El resultado es una cadena más robusta, donde los problemas en un punto se gestionan de forma coordinada en lugar de trasladarse como perturbaciones al resto de la red.

Es evidente que la planificación integrada en la industria automotriz funciona porque está construida sobre dos principios que se refuerzan mutuamente: la transparencia de la información y la estabilidad de los compromisos. Cuando todos los actores de la cadena conocen lo que se espera de ellos con suficiente antelación y en condiciones suficientemente estables, la coordinación deja de ser un esfuerzo constante de gestión de la urgencia y se convierte en una consecuencia natural de un sistema bien diseñado. Este es precisamente el nivel de madurez operativa que distingue a la automoción de sectores donde la planificación sigue siendo en función reactiva, subordinada a la incertidumbre del entorno en lugar de diseñada para gestionarla.

Sin embargo, ningún sistema de planificación, por bien diseñado que esté, elimina por completo la posibilidad de que algo falle. Los entornos productivos reales están expuestos a una variedad de perturbaciones, desde retrasos en el suministro y fallos de maquinaria hasta fenómenos externos imprevisibles, que ningún modelo de coordinación puede anticipar en su totalidad. La industria automotriz es consciente de esta realidad y ha desarrollado, dentro de su propia arquitectura de planificación y coordinación con proveedores, mecanismos específicos para gestionar las disrupciones de forma que estas no se propaguen ni colapsen la cadena entera.

El primero de ellos es la redundancia selectiva. A diferencia de lo que podría pensarse, la automoción no opera siempre con un único proveedor por componente, sino que para los insumos más críticos mantiene una base de proveedores alternativos previamente homologados, capaces de activarse con rapidez cuando el proveedor principal no puede cumplir. Esta decisión implica un coste de gestión adicional, pero se justifica ya que el coste de una parada de línea en la automoción es

extraordinariamente elevado. Tener capacidades de respuesta alternativa no es un lujo, sino una condición de continuidad operativa.

El segundo mecanismo es la comunicación temprana de desviaciones. La estrecha integración entre fabricante y proveedores no solo sirve para compartir planes en condiciones normales, sino que obliga a ambas partes a comunicar cualquier riesgo o incidencia con la mayor antelación posible. De este modo, el resto de la cadena puede replanificar antes de que el problema se materialice, absorbiendo la perturbación de forma ordenada en lugar de reacciones de urgencia cuando el daño ya está hecho.

Esta cultura de alerta temprana convierte la gestión de riesgos en una responsabilidad distribuida a lo largo de toda la red, no es una función centralizada que actúa a posteriori. Cada actor de la cadena es, al mismo tiempo, receptor y emisor de información relevante para la estabilidad del conjunto, lo que dota al sistema de una capacidad de respuesta colectiva que ningún eslabón podría alcanzar de forma individual.

En conjunto, la resiliencia de la cadena automotriz no proviene de eliminar el riesgo, sino de haber diseñado un sistema en el que el fallo de un componente no implica necesariamente el fallo del conjunto. Esta distinción es fundamental, ya que se trata de una cadena preparada para absorber perturbaciones sin perder su capacidad operativa. La planificación integrada y la coordinación con proveedores no son únicamente herramientas de eficiencia en condiciones normales, sino también la base sobre la que se sostiene la capacidad de respuesta ante lo inesperado. Es precisamente esta doble función, optimizar el flujo en condiciones estables y mantener la continuidad cuando estas se rompen, lo que convierte al modelo automotriz en una referencia de madurez operativa difícilmente igualable en otros sectores industriales.

4.4 Ejecución operativa y confiabilidad

La eficiencia de la cadena automotriz no se sostiene únicamente sobre una buena planificación. Por bien diseñado que esté un plan, su valor real depende de la capacidad de ejecutarlo con precisión, consistencia y continuidad en el tiempo. La ejecución operativa en la industria automotriz se caracteriza precisamente por este nivel de confiabilidad. Los procesos no solo están definidos, sino que se llevan a cabo de forma predecible, turno tras turno y planta tras planta, con una variabilidad mínima que permite al resto de la cadena operar sobre certezas contrastadas y no sobre estimaciones.

Esta confiabilidad es resultado de una combinación de disciplina organizativa, mantenimiento sistemático de los equipos y una cultura de mejora continua que opera en todos los niveles de la organización. En la automoción, la maquinaria no es únicamente un medio de producción, sino un activo crítico cuya disponibilidad condiciona directamente el cumplimiento del programa de producción y, por extensión, los compromisos adquiridos con toda la red de suministro. Por esta razón, el sector ha desarrollado enfoques de mantenimiento orientados hacia la prevención y la eliminación de las causas raíz de los fallos, con anterioridad a que estos lleguen a interrumpir el flujo productivo.

El indicador que mejor sintetiza este nivel de ejecución es el OEE (Overall Equipment Effectiveness), que mide de forma integrada la disponibilidad de los equipos, su rendimiento durante el tiempo en que operan y la calidad de lo que producen. En la industria automotriz, los valores de OEE se sitúan sistemáticamente por encima del 80%, lo que refleja no solo el estado de los equipos, sino la efectividad del sistema de gestión que los sustenta. Un OEE elevado no se alcanza optimizando únicamente una de sus tres dimensiones, sino generando de forma simultánea la disponibilidad, el rendimiento y la calidad como un sistema integrado, tal y como se muestra en la Tabla 8:

Componente	Definición	Causa típica de pérdida
Disponibilidad	% de tiempo que el equipo opera sobre el tiempo planificado	Averías, paradas no programadas, cambios de formato
Rendimiento	% de velocidad real sobre la velocidad teórica del equipo	Micro paradas, velocidad reducida, ajustes de proceso
Calidad	% de unidades conformes sobre el total producido	Defectos, retrabajos, arranques defectuosos
OEE total	**Disponibilidad x Rendimiento x Calidad**	**Referencia sector automotriz: >80%**

Tabla 8. Componentes del OEE y su impacto en la ejecución operativa

Fuente: elaboración propia.

La gestión de la disponibilidad de los equipos se apoya en el mantenimiento productivo total, conocido por sus siglas en inglés como TPM (Total Productive Maintenance). Este enfoque traslada la responsabilidad del mantenimiento básico a los propios operarios de línea, quienes realizan tareas de limpieza, lubricación, inspección y ajuste como parte de su rutina diaria. De este modo, los problemas incipientes de identifican antes de que evolucionen en averías de mayor alcance, y los técnicos especializados pueden concentrar su intervención en tareas de mayor complejidad técnica. El TPM representa, en este sentido, una forma de entender la relación entre las personas y los equipos basada en la responsabilidad compartida y el conocimiento profundo del proceso productivo.

La confiabilidad de la ejecución depende igualmente de la capacidad del sistema para absorber las variaciones que inevitablemente se producen durante la operación. En la automoción, esto se gestiona a través de mecanismos de respuesta inmediata ante incidencias, entre los que destaca el sistema Andon, que permite a cualquier operario señalar o detener el proceso en el momento en que detecta una desviación, activando de forma inmediata una respuesta del equipo de soporte. Esta práctica responde a un principio ampliamente consolidado en la gestión de operaciones: la intervención en el punto de origen de un problema genera un impacto significativamente menor que permitir su propagación a etapas posteriores del proceso, donde su corrección resulta exponencialmente más costosa.

La siguiente Tabla recoge los principales focos de pérdida operativa en una cadena automotriz tipo y los mecanismos de respuesta asociados a cada uno:

Foco de pérdida	Impacto en la cadena	Mecanismo de respuesta
Avería de equipo	Parada de línea, incumplimiento de programa	TPM, mantenimiento preventivo, repuestos críticos en stock
Cambio largo de referencia	Reducción de capacidad disponible, lotes sobredimensionados	Reducción sistemática del tiempo de cambio
Defecto de calidad de proceso	Retrabajos, paradas, impacto en entregas	Control integrado en proceso, detención inmediata
Fallo de proveedor	Desabastecimiento, parada de línea	Proveedor alternativo homologado, alerta temprana
Variación de demanda	Desajuste entre producción y pedidos reales	Horizonte de planificación estable, ajuste cadencioso

Tabla 9. Focos de pérdida operativa y mecanismos de respuesta en la automoción

Fuente: elaboración propia.

Frente a perturbaciones de mayor alcance, la capacidad de replanificación rápida constituye otro rasgo definitorio de la ejecución automotriz. Cuando una incidencia supera la capacidad de respuesta inmediata, el sistema activa protocolos predefinidos que priorizan las referencias críticas, redistribuyen la carga entre recursos alternativos y trasladan el impacto esperado a los eslabones afectados con la mayor antelación posible. Esta capacidad de replanificación ordenada es una consecuencia directa de operar con procesos bien documentados y equipos con roles claramente definidos, condiciones que permiten que la respuesta ante una desviación sea coordinada, proporcional y ejecutada sin pérdida de control sobre el flujo global.

En definitiva, la ejecución operativa de la industria automotriz pone de manifiesto que la confiabilidad de una cadena de suministro no es un atributo estático, sino el resultado, acumulado de una disciplina sostenida en el tiempo. La disponibilidad de los equipos, la gestión proactiva de las incidencias y la capacidad de replanificación ante perturbaciones configuran un sistema en el que la consistencia operativa depende de la solidez de los mecanismos diseñados para gestionarlos.

4.5 Gestión de datos, trazabilidad e integración tecnológica

La capacidad de rastrear con precisión el origen, el recorrido y el estado de cada componente a lo largo de la cadena de suministro constituye uno de los pilares menos visibles pero más determinantes de la eficiencia automotriz. La trazabilidad en este sector no es una exigencia regulatoria añadida al proceso, sino una consecuencia natural de operar con sistemas de control bien estructurados. Cada componente que entra en la cadena lleva asociada una identidad digital que registra su procedencia, las condiciones en que fue fabricado, los controles de calidad que superó y el momento exacto en que se incorporó al proceso de ensamblaje. Esta capacidad de registro no solo permite identificar el origen de un problema con rapidez y precisión, sino que convierte toda la cadena en un sistema auditable en tiempo real.

La trazabilidad en la automoción opera en dos direcciones complementarias. La trazabilidad hacia atrás que permite identificar, ante una no conformidad detectada en cualquier punto de la cadena, qué lote de material estaba involucrado, qué proveedor lo suministró, en qué condiciones fue procesado y qué otros productos fabricados en el mismo periodo podrían estar afectados. La trazabilidad hacia adelante, por su parte, permite conocer en qué vehículos o unidades terminadas se incorporó un componente concreto, lo que resulta crítico en situaciones de retirada de producto o gestión de garantías. La combinación de ambas dimensiones dota a la cadena de una capacidad de respuesta ante incidencias que minimiza tanto el alcance del problema como el tiempo necesario para resolverlo.

Dimensión	Dirección	Información registrada	Aplicación principal
Trazabilidad hacia atrás	Del producto al origen	Proveedor, lote, condiciones de fabricación, controles superados	Identificación de causa raíz ante no conformidades
Trazabilidad hacia adelante	Del origen al destino	Unidades producidas, línea de ensamblaje, fecha, destino	Gestión de retiradas, auditorías, garantías
Trazabilidad en proceso	Dentro de la planta	Parámetros de proceso, operario, equipo, tiempo de ciclo	Control de calidad en tiempo real, mejora continua

Tabla 10. Dimensiones de la trazabilidad en la cadena automotriz

Fuente: elaboración propia.

El sustento tecnológico de esta trazabilidad descansa sobre los sistemas de información integrados que conectan en tiempo real los distintos eslabones de la cadena. Los sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) gestionan la planificación, el aprovisionamiento y el control de inventarios a nivel corporativo, mientras que los sistemas MES (Manufacturing Execution System) operan en el nivel de planta, registrando en tiempo real lo que ocurre en cada puesto de trabajo, cada equipo y cada lote de producción. La integración entre ambas capas es lo que permite que la información generada en fábrica sea visible de forma inmediata para las funciones de planificación, compras y logística, eliminando la brecha entre lo que ocurre físicamente y lo que el sistema de gestión refleja.

A esta arquitectura de información se suman tecnologías de identificación y captura de datos que hacen posible el registro automático y continuo del flujo de materiales. El uso generalizado de códigos de barras, etiquetas RFID y sensores integrados en los equipos permite registrar cada movimiento de material, cada operación ejecutada y cada parámetro de proceso sin depender de la introducción manual de datos, fuente habitual de errores y omisiones en sistemas menos maduros. La automatización del registro no solo mejora la fiabilidad de la información, sino que libera al operario de tareas administrativas, permitiéndole concentrar su atención en la ejecución y el control del proceso.

Tecnología	Función principal	Nivel de aplicación
ERP	Planificación, aprovisionamiento, control de inventarios	Corporativo / Cadena
MES	Registro en tiempo real de operaciones y parámetros de planta	Planta de producción
Código de barras / QR	Identificación y rastreo de componentes y lotes	Línea de producción / Logística
RFID	Seguimiento automático de materiales en movimiento	Almacenes y logística interna
Sensores IoT	Monitorización de parámetros de proceso en tiempo real	Equipos y líneas de producción

Tabla 11. Tecnologías de soporte a la trazabilidad en la cadena automotriz

Fuente: elaboración propia.

La integración tecnológica tiene también un papel relevante en la gestión de las adversidades. Cuando se produce una incidencia de calidad o un fallo en el suministro, la disponibilidad de datos precisos y actualizados permite acotar el problema con rapidez, determinar su alcance real y tomar decisiones basadas en evidencia en lugar de en estimaciones. En la automoción, la capacidad de identificar en minutos qué lotes están afectados por una desviación, qué unidades ya han salido de planta y qué proveedores están involucrados marca la diferencia entre una gestión de crisis controlada y una que se extiende de forma incontrolada por toda la cadena. La trazabilidad, en este sentido, no es únicamente un mecanismo de control retrospectivo, sino una herramienta activa de gestión del riesgo operativo.

En síntesis, la gestión de datos y la trazabilidad en la industria automotriz demuestran que la información es un activo productivo de primer orden. Una cadena que registra con precisión lo que ocurre en cada uno de sus eslabones no solo opera con mayor eficiencia en condiciones normales, sino que dispone de una capacidad de respuesta cualitativamente superior cuando las condiciones se vuelven adversas. Esta madurez en la gestión de la información constituye uno de los rasgos más distintivos del modelo automotriz y, al mismo tiempo, uno de los ámbitos donde la brecha con otros sectores industriales resulta más evidente.

4.6 Gestión estratégica de insumos y proveedores

La relación entre la industria automotriz y su red de proveedores trasciende la dimensión puramente transaccional que caracteriza a otros sectores industriales. En la automoción, la gestión de proveedores no se limita a la negociación de precios y condiciones de entrega, sino que constituye una función estratégica que determina en gran medida la competitividad, la continuidad operativa y la capacidad de innovación del fabricante. Esta concepción eleva al proveedor de la condición de suministrador externo a la de socio industrial, cuyo desempeño está directamente vinculado al éxito del conjunto de la cadena.

El punto de partida de esta gestión estratégica es la selección y homologación de proveedores. En la automoción, el acceso a la cadena de suministro no es libre ni automático, sino el resultado de un proceso estructurado de evaluación que verifica la capacidad técnica, la solidez financiera, el sistema de gestión de calidad y la fiabilidad de entrega del candidato. Este proceso de homologación no solo garantiza que el proveedor cumple con los requisitos mínimos en el momento de su incorporación, sino que establece una línea de base de desempeño contra la que su evolución será medida de forma continua. La homologación, en este sentido, no es un trámite de entrada, sino el inicio de una relación de evaluación permanente.

Una vez incorporado a la cadena, el proveedor es objeto de un seguimiento sistemático a través de indicadores de desempeño que abarcan la calidad de los materiales suministrados, el cumplimiento de los plazos de entrega, la capacidad de respuesta ante incidencias y el nivel de servicio global. Este seguimiento no tiene una función exclusivamente punitiva, sino que opera como mecanismo de mejora continua: los fabricantes automotrices invierten activamente en el desarrollo de sus

proveedores, proporcionando soporte técnico, formación y acceso a metodologías de mejora cuando los indicadores revelan áreas de oportunidad. Esta práctica, conocida como desarrollo de proveedores, responde a una lógica clara, un proveedor con dificultades que no recibe apoyo acaba convirtiéndose en un riesgo para toda la cadena, mientras que uno que mejora continuamente refuerza la competitividad del conjunto.

Dimensión	Indicadores típicos	Frecuencia de evaluación
Calidad	PPM defectuosos, tasa de rechazo en la recepción, incidencias de calidad	Mensual / por lote
Entrega	OTD (On-Time Delivery), cumplimiento de ventanas horarias, roturas causadas	Mensual
Capacidad y flexibilidad	Tiempo de respuesta ante cambios de volumen, gestión de picos de demanda	Trimestral
Solidez financiera	Estabilidad económica, capacidad de inversión, continuidad operativa	Anual
Desarrollo y mejora	Iniciativas de mejora implementadas, reducción de costes, innovación aportada	Anual

Tabla 12. Criterios de evaluación y seguimiento de proveedores en la cadena automotriz

La relación estratégica con los proveedores en la automoción se caracteriza también por su orientación a largo plazo. A diferencia de modelos de aprovisionamiento basados en la rotación frecuente de proveedores en búsqueda del precio más bajo, la automoción tiene a establecer relaciones de colaboración estables y duraderas con un número reducido de proveedores por categoría. Esta concentración de la base de proveedores no implica una mayor dependencia, sino una mayor profundidad en la relación, el fabricante conoce en detalle las capacidad y limitaciones de sus proveedores estratégicos, y estos a su vez conocen con precisión las exigencias y los procesos del fabricante. Esta reciprocidad reduce la fricción operativa, acelera la resolución de problemas y facilita la innovación conjunta.

Un elemento adicional que distingue la gestión automotriz de proveedores es la integración temprana de estos en el proceso de desarrollo de nuevos productos. En lugar de definir completamente el producto antes de consultar a los proveedores, la automoción incorpora a sus proveedores clave desde las fases iniciales del diseño, aprovechando su conocimiento técnico para optimizar la manufactura, reducir costes y anticipar posibles problemas de suministro. Esta práctica, conocida como ingeniería simultánea, acorta los plazos de desarrollo, mejora la calidad del resultado final y refuerza el compromiso del proveedor con el éxito del proyecto.

Modelo de relación	Características	Aplicación típica
Proveedor transaccional	Selección por precio, contratos a corto plazo, escasa integración	Materiales estándar de bajo valor estratégico
Proveedor preferente	Evaluación continua, contratos marco, colaboración operativa	Componentes de volumen medio y criticidad moderada
Proveedor estratégico	Relación a largo plazo, desarrollo conjunto, integración en diseño	Sistemas y componentes críticos, alto valor añadido
Proveedor integrado	Gestión del inventario en destino, visibilidad total del proceso	Suministros de alta rotación y continuidad crítica

Tabla 13. Modelos de relación fabricante-proveedor en la cadena automotriz

Ante situaciones de riesgo en el suministro, la gestión estratégica de proveedores actúa como primera línea de resiliencia. La existencia de proveedores alternativos homologados para los insumos críticos, combinada con el conocimiento profundo que el fabricante tiene de las capacidades reales de su red, permite activar respuestas de contingencia con rapidez y sin improvisación. Asimismo, las relaciones de confianza construidas a lo largo del tiempo facilitan la comunicación temprana de problemas, ya que un proveedor que opera en un entorno de colaboración genuina tiene menos incentivos para ocultar dificultades y más para comunicarlas con antelación suficiente como para que puedan gestionarse de forma conjunta.

En conjunto, la gestión estratégica de insumos y proveedores en la industria automotriz pone de manifiesto que la competitividad de una cadena de suministro no se construye únicamente desde el interior de la planta, sino en la calidad de las relaciones que el fabricante es capaz de establecer y mantener con su red de suministro. La selección rigurosa, el seguimiento sistemático, el desarrollo activo y la orientación a largo plazo configuran un modelo de gestión que convierte a los proveedores en una fuente de ventaja competitiva sostenible, no es una variable de coste a optimizar de forma aislada. Con este enfoque, el capítulo concluye con una visión integrada de las principales prácticas que explican la excelencia operativa de la cadena automotriz. Estas prácticas constituyen la base para el análisis comparativo y para la posterior identificación de posibles aprendizajes transferibles al sector alimentario, que se desarrolla en los capítulos siguientes.

Capítulo 5. Transferencia intersectorial y propuesta de adaptación estructural

Los capítulos anteriores han establecido las dos bases analíticas sobre las que se construye el presente trabajo. Por un lado, el diagnóstico de la cadena de suministro de la cadena alimentaria ha permitido identificar y estructurar en cinco familias analíticas las principales ineficiencias que condicionan su desempeño: estandarización y control, planificación y coordinación, ejecución operativa y confiabilidad, datos y trazabilidad, y gestión de insumos. Por otro lado, el análisis de la industria automotriz ha evidenciado que estas mismas dimensiones constituyen precisamente los ámbitos en lo que dicho sector ha alcanzado un nivel de madurez organizativa especialmente elevado, a través de prácticas consolidadas, sistemas integrados y una cultura de mejora continua sostenida en el tiempo.

Este capítulo representa el núcleo del trabajo. Su propósito en tender el puente entre ambos sectores desde un enfoque de adaptación estructural fundamentado en criterios de transferibilidad, viabilidad y coherencia con las restricciones propias del contexto agroalimentario. Para ello, se articula en torno a una secuencia lógica que va de lo conceptual a lo propositivo, se establece la lógica que justifica la transferencia intersectorial; a continuación se definen los criterios con los que se evaluará la aplicabilidad de cada práctica; posteriormente se construye una matriz que relaciona los problemas alimentarios con las prácticas automotrices y las herramientas Lean pertinentes; y sobre esta base se desarrolla un modelo de adaptación estructural que integra la metodología DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) como marco de intervención.

El resultado esperado no es un protocolo de implementación inmediata, sino un marco de referencia riguroso y aplicable que permita orientar decisiones de mejora en empresas alimentarias transformadoras de productos perecederos, maximizando el impacto de las intervenciones sobre las ineficiencias identificadas y garantizando que el coste de la adaptación no supere el valor económico de las pérdidas evitables. En este sentido, el capítulo culmina con una propuesta de estado futuro de la cadena, la estimación del impacto esperado sobre cada familia de problemas y una reflexión sobre los límites y condiciones de aplicación de la propuesta.

5.1 Lógica de transferencia entre la industria automotriz y la industria alimentaria

La posibilidad de transferir conocimiento organizacional entre sectores industriales no es una práctica novedosa en la gestión de operaciones. A lo largo de las últimas décadas, principios y herramientas desarrolladas originalmente en entornos manufactureros han sido adoptados y adaptados con éxito en contextos tan distintos como la sanidad, la construcción, y los servicios financieros. Sin embargo, esta transferencia no puede plantearse como una transposición mecánica de modelos, sino como un proceso de reinterpretación estructural que reconoce las diferencias entre sectores y las incorpora como variables de diseño. Esta premisa es especialmente relevante cuando el sector receptor, en este

caso la industria alimentaria transformadora de productos perecederos, opera bajo restricciones que no tienen equivalente directo en el sector origen.

La lógica que justifica la transferencia entre la industria automotriz y la industria alimentaria no reside en la similitud de sus productos, sino en la convergencia de sus problemas estructurales. Ambos sectores operan con redes de proveedores interdependientes, enfrentan presión simultánea sobre coste, calidad y tiempo, y necesitan gestionar la variabilidad sin que esta se traduzca en pérdidas a lo largo de la cadena. La diferencia fundamental radica en que la industria automotriz ha desarrollado respuestas organizativas maduras a estos desafíos, mientras que la industria alimentaria, condicionada por la perecibilidad de su producto y por un menor grado histórico de formalización, sigue enfrentándolos con herramientas insuficientes.

Reconocer esta asimetría es el punto de partida para una transferencia útil, se trata de identificar qué principios organizativos subyacentes a ese modelo son independientes del tipo de producto y pueden, por tanto, adaptarse a un contexto con restricciones distintas. La diferencia entre replicar una herramienta y transferir un principio es la que determina si la adaptación tendrá un impacto real y sostenido sobre las ineficiencias del sistema receptor.

El presente capítulo parte de esta premisa. La pregunta que lo articula no es si la industria alimentaria debe de convertirse en una réplica de la automotriz, propósito que sería tanto inviable como conceptualmente erróneo, sino qué elementos del modelo organizativo automotriz responden a problemas estructurales que también existen, en formas distintas, en la cadena alimentaria transformadora de productos perecederos. La industria automotriz ha desarrollado respuestas maduras a desafíos que la industria alimentaria sigue enfrentando con herramientas insuficientes; la pregunta relevante es, por tanto, qué necesita una industria de la otra y en qué medida ese conocimiento es transferible sin que su valor se pierda en la adaptación.

5.1.1 El principio de analogía funcional como fundamento de la transferencia

La transferencia intersectorial de conocimiento organizativo encuentra su fundamento en la teoría de contingencia organizacional, según la cual la eficacia de una estructura depende de su ajuste con las condiciones del entorno en que opera. Bajo este enfoque, no existe un modelo de aprovisionamiento universalmente óptimo, la capacidad de cada mecanismo de coordinación, control o planificación está condicionada por variables contextuales como la naturaleza del producto, la predictibilidad de la demanda, el grado de perecibilidad o la complejidad de la red de suministro.

Lo que justifica la transferencia desde el sector automotriz, no es que este haya encontrado la solución definitiva a problemas universales, sino que ha alcanzado un nivel de madurez organizativa, en términos de formalización, integración y mejora continua, que le permite gestionar de forma sistemática las mismas dimensiones en las que la industria alimentaria presenta sus mayores ineficiencias. En este sentido, el sector automotriz no actúa como modelo normativo, sino como espejo comparativo; una referencia que permite visualizar, con mayor claridad, la naturaleza y profundidad de las brechas organizativas que aún persisten en la cadena alimentaria transformadora.

5.1.2 Asimetría estructural entre sectores: diferencias que condicionan la transferencia

Antes de establecer qué es transferible, es necesario reconocer con precisión qué es diferente. La industria automotriz y la alimentaria comparten la condición de ser sistemas industriales complejos con cadenas de suministro extendidas, pero difieren en aspectos estructurales que no pueden ignorarse si se pretende que la propuesta sea viable y no meramente teórica. La siguiente figura sintetiza las principales dimensiones de contraste entre ambos sectores.

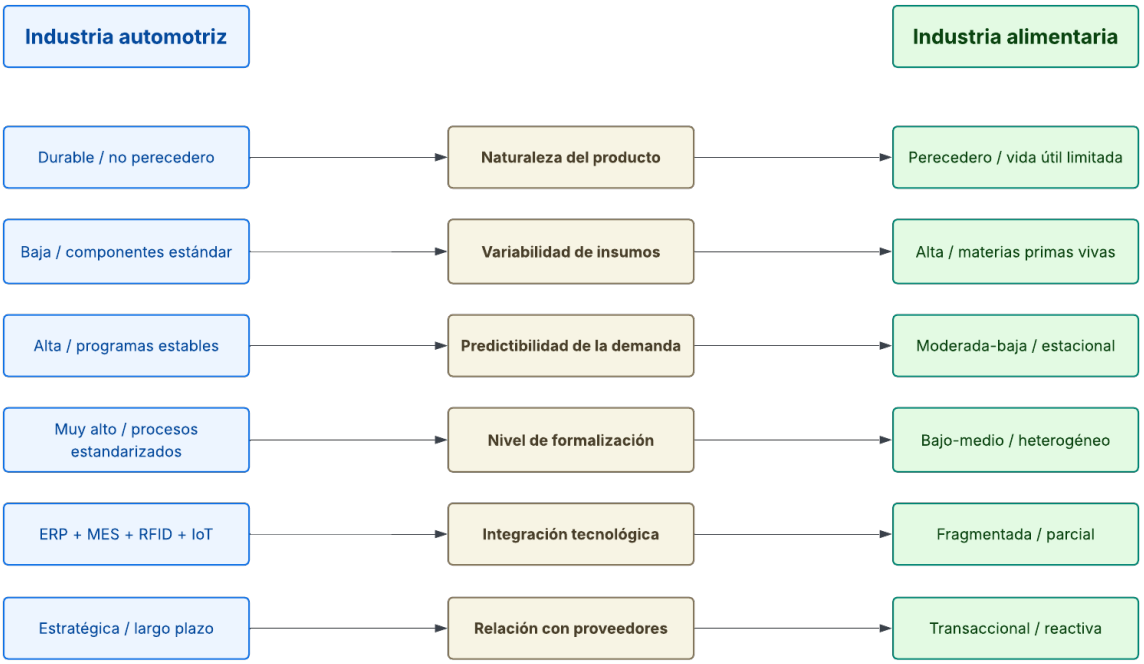


Ilustración 7. Asimetría estructural entre la industria automotriz y la industria alimentaria transformadora

Fuente: elaboración propia.

Estas diferencias no invalidan la transferencia, sino que la condicionan. Cada una de las 6 dimensiones identificadas actúa como una variable de adaptación: cuanto mayor sea la distancia entre los dos contextos en una dimensión concreta, mayor será el esfuerzo de recontextualización necesario para que una práctica originada en el sector automotriz sea operativamente viable en el entorno de la industria alimentaria transformadora.

5.1.3 Convergencia estructural: el problema común que justifica el aprendizaje

A pesar de las diferencias señaladas, ambos sectores comparten una estructura fundamental de desafíos organizativos que constituye la base sobre la que se asienta la lógica de transferencia. En los capítulos precedentes se ha documentado, por un lado, que la cadena agroalimentaria presenta ineficiencias sistémicas agrupadas en 5 familias analíticas: estandarización y control, planificación y coordinación, ejecución operativa y confiabilidad, datos y trazabilidad, y gestión de insumos. Por otro

lado, el análisis de la industria automotriz ha revelado que estas cinco dimensiones son precisamente aquellas en las que dicho sector ha alcanzado su mayor grado de madurez organizativa.

Esta convergencia no es casual. Responde a que ambas industrias operan bajo una tensión estructural común: la necesidad de coordinar múltiples eslabones interdependientes, con información imperfecta, para producir y entregar valor en un tiempo y a un coste que el mercado está dispuesto a aceptar. La diferencia reside en que la industria automotriz lleva décadas construyendo mecanismos formalizados para gestionar esta tensión, mientras que la alimentaria sigue resolviendo buena parte de sus desalineaciones de forma reactiva, con herramientas informales y sin una arquitectura organizativa que integre las decisiones a lo largo del flujo.

Lo que la industria agroalimentaria necesita de la automotriz no es un tecnología ni sus especificaciones técnicas, sino su **lógica organizativa:** la capacidad de transformar la variabilidad en un parámetro gestionado en lugar de en una fuente permanente de pérdida. Esta transferencia se articula en torno a tres necesidades concretas:

i. Disciplina de proceso, la capacidad de definir, documentar y ejecutar operaciones de forma consistente, reduciendo la dependencia de la improvisación y el criterio individual.
ii. Integración de la información, la habilidad de compartir datos de demanda, inventario y capacidad a lo largo de toda la cadena, de modo que cada eslabón tome decisiones basadas en la visibilidad real y no en estimaciones.
iii. Una cultura de mejora continua sostenida, no como proyecto puntual, sino como práctica organizativa permanente que opera en todos los niveles de la cadena.

La industria automotriz, a su vez, puede reconocer en el sector alimentario una dimensión de incertidumbre que la automoción apenas conoce pero que en el sector primario constituye una restricción estructural de primer orden, **la variabilidad biológica y estacional.** La materia prima perecedera no llega con la precisión dimensional de un componente mecanizado; su calidad, cantidad y momento de disponibilidad dependen de factores que ningún sistema de planificación puede controlar completamente. Esta realidad obliga a diseñar sistemas de aprovisionamiento con una flexibilidad inherente que va más allá de lo que los modelos automotrices contemplan en su formulación estándar.

5.1.4 El papel de Lean como puente metodológico

La transferencia de lógicas organizativas entre sectores no se produce en el vacío. Requiere un marco metodológico que actúe como estructura de adaptación, un conjunto de principios y herramientas suficientemente genéricos para ser aplicables en contextos distintos, pero suficientemente específicos para generar cambios operativos concretos. En este trabajo, dicho marco es la metodología Lean, entendida no como un catálogo de herramientas técnicas, sino como una filosofía de gestión orientada a identificar y eliminar de forma sistémica las actividades que no generan valor, los desperdicios a lo largo del flujo de creación de valor.

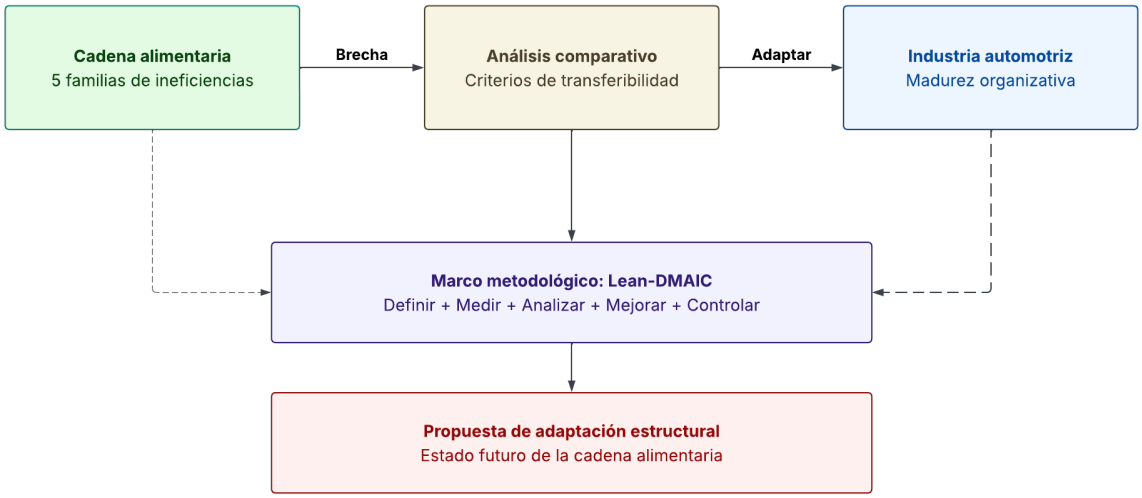
La integración de Lean con la metodología DMAIC, propia del enfoque Six Sigma, permite estructurar la transferencia de forma secuencial y rigurosa. Mientras Lean aporta la orientación filosófica y las herramientas de mejora del flujo, DMAIC proporciona el marco de intervención estructurada que garantiza que las decisiones se fundamenten en datos, que las causas raíz se identifiquen antes de actuar, y que los cambios implementados sean monitorizados y sostenidos en el tiempo. Esta combinación Lean-DMAIC constituye el eje metodológico sobre el que se articula la propuesta de adaptación estructural desarrollada en las siguientes secciones.

El diagrama de la ilustración 8 muestra la lógica de la transferencia propuesta, desde la identificación del problema en la industria alimentaria hasta la adaptación de prácticas automotrices a través del marco Lean-DMAIC:

Ilustración 8. Lógica de transferencia intersectorial mediante el marco Lean-DMAIC

Fuente: elaboración propia.

La lógica representada sintetiza el argumento central de este capítulo, la transferencia no es directa ni literal, sino mediada por un proceso de análisis comparativo que evalúa la transferibilidad de cada práctica y un marco metodológico que estructura la adaptación de forma rigurosa. El resultado no es



la importación de un modelo ajeno, sino la construcción de una propuesta propia, fundamentada en evidencia comparada y orientada a las condiciones específicas del entorno alimentario.

5.1.5 Condiciones habilitadoras de la transferencia

Para que la transferencia de prácticas organizativas entre sectores sea viable, no basta con identificar analogías funcionales. Es necesario que se cumplan una serie de condiciones habilitadoras que

garanticen que las prácticas adaptadas puedan generar valor en el nuevo contexto sin que las restricciones propias del entorno alimentario anulen su eficacia. En el presente trabajo se identifican 3 condiciones fundamentales:

i. Adaptabilidad técnica: las prácticas seleccionadas deben poder modificarse en su forma de aplicación sin perder su esencia funcional.
ii. La viabilidad económica: de acuerdo con el principio de racionalidad definido en el marco metodológico de este trabajo, el coste total asociado a la adaptación de cualquier mecanismo propuesto no debe de superar el valor económico estimado de las pérdidas evitables que dicho mecanismos permitiría reducir. Esta condición actúa como filtro de pertinencia, la práctica puede ser técnicamente transferible y organizativamente deseable, pero si su coste de implementación supera el beneficio esperado en el horizonte de evaluación, no constituye una intervención justificable.
iii. La coherencia cultural y organizativa: la adopción de prácticas de mejora continua no es únicamente un proceso técnico, sino también un proceso de cambio organizacional. La disciplina operativa que caracteriza a la industria automotriz, desde la estandarización de procesos hasta la cultura de reporte de incidencias, requiere una base de compromiso directivo y capacitación operativa que en muchas empresas alimentarias aún no existe de forma consolidada. Las propuestas formuladas en este capítulo deben, por tanto, contemplar explícitamente las condiciones de madurez organizativa mínimas que hacen viable su implementación.

El punto de partida es la aceptación de que la industria alimentaria no necesita convertirse en la industria automotriz, sino incorporar, con las adaptaciones necesarias, los principios organizativos que han permitido a esta última operar con niveles de eficiencia, trazabilidad y coordinación que el sector alimentario aún no ha alcanzado de forma sistemática. El desarrollo de los epígrafes siguientes responde a esta lógica de forma secuencial: primero se establecen los criterios de transferibilidad, para posteriormente construir la matriz intersectorial, y sobre esta base se articula el modelo Lean-DMAIC que constituye el núcleo del trabajo.

5.2 Criterios para evaluar la transferibilidad de las prácticas automotrices

La identificación de prácticas organizativas potencialmente transferibles desde la industria automotriz hacia la industria alimentaria no puede sustentarse únicamente en la intuición comparativa ni en la observación superficial de similitudes operativas. Para que la propuesta tenga rigor académico y utilidad práctica, es necesario establecer un sistema de criterios que permita evaluar, de forma sistemática y replicable, en qué medida cada práctica automotriz es adaptable al contexto alimentario transformador con productos perecederos, en qué condiciones y con qué nivel de esfuerzo de recontextualización.

Este sistema de criterios cumple una doble función en la arquitectura del capítulo. Por un lado, se utiliza como filtro analítico, descarta aquellas prácticas cuya transferencia no generaría valor neto en el contexto receptor, por diversas razones como incompatibilidad técnica, coste de adaptación desproporcionado o ausencia de las condiciones organizativas mínimas necesarias. Por otro lado, actúa como marco de diseño, orientando la forma en que las prácticas seleccionadas deben ser reinterpretadas y adaptadas para que su lógica funcional se preserve, aunque su forma de implementación se transforme.

5.2.1 Dimensiones de evaluación de la transferibilidad

La evaluación de la transferibilidad de cada práctica se articula en torno a cinco dimensiones interdependientes. Cada dimensión captura un aspecto distinto de la viabilidad de transferencia y, en conjunto, proporcionan una visión integral del potencial de adaptación de cada práctica analizada en relación con el contexto receptor.

La primera dimensión es la **relevancia funcional,** evalúa en qué medida la práctica automotriz responde a un problema que también existe, de forma análoga, en la cadena alimentaria. Una práctica es funcionalmente relevante cuando la ineficiencia que resuelve en el sector de origen tiene un equivalente estructural en el sector receptor, aunque su manifestación concreta pueda diferir. La congelación de programas de producción a corto plazo, práctica habitual en la automoción para proteger la estabilidad operativa de los proveedores, responde al mismo problema estructural que el sobre aprovisionamiento reactivo en la industria alimentaria, la ausencia de compromisos de demanda lo suficientemente estables como para que los eslabones anteriores puedan planificar con antelación.

La segunda dimensión es la **compatibilidad operativa,** analiza si las condiciones técnicas y operativas del entorno agroalimentario permiten la aplicación de la práctica, con o sin adaptación. Esta dimensión contempla factores como la naturaleza del producto, los requisitos de inocuidad alimentaria, la variabilidad biológica de los insumos y la infraestructura tecnológica disponible. Una práctica puede ser funcionalmente relevante pero operativamente incompatible, cuando, por ejemplo, requiere una estandarización de insumos que la variabilidad estacional de las materias primas agrícolas hacen inviable sin transformaciones profundas en la cadena de aprovisionamiento.

La tercera dimensión es la **viabilidad económica,** cuyo principio ha sido definido en el marco metodológico, el coste total de adaptación e implementación no debe superar el valor económico estimado de las pérdidas evitables que la práctica permitiría reducir. Esta dimensión exige estimar, aunque sea de forma aproximada, el impacto potencial de la práctica sobre los indicadores clave de pérdida, merma, desperdicio, sobre stock, rechazos y paradas no planificadas, con el fin de compararlo con los recursos requeridos para su implementación. Las prácticas con alto impacto potencial y bajo coste de adaptación constituyen las intervenciones prioritarias; las de alto coste y bajo impacto quedan descartadas.

La cuarta dimensión es el **nivel de madurez organizativa requerida, que** evalúa el grado de preparación que la organización receptora debe tener para que la práctica pueda implementarse con

probabilidades razonables de éxito. Algunas prácticas pueden aplicarse en organizaciones con niveles bajos de madurez operativa, como la implantación de registros básicos de trazabilidad o la definición de procedimientos estándar de recepción, mientras que otros suponen capacidades organizativas avanzadas, como la integración de sistemas ERP-MES o la gestión colaborativa de inventarios con proveedores. Esta dimensión no descarta las prácticas de mayor exigencia, sino que las sitúa en una secuencia de implementación adecuada, primero las que construyen la base, luego las que la aprovechan.

Por último, la quinta dimensión es el **grado de adaptación necesario,** mide la distancia entre la forma en que la práctica opera en el sector automotriz y la forma en que debería operar para ser viable en el entorno alimentario. Este grado puede ser bajo cuando la práctica puede aplicarse con ajustes menores de parametrización o escala, medio cuando requiere una reinterpretación de su lógica de aplicación pero no de su principio funcional, o alto cuando la práctica necesita ser rediseñada de forma sustancial para preservar su valor en el nuevo contexto. Cuanto mayor sea el grado de adaptación necesario, mayor será el riesgo de que la práctica pierda eficacia en la transferencia, lo que exige un diseño más cuidadoso y una más rigurosa de sus resultados.

5.2.2 Escala de transferibilidad

A partir de las 5 dimensiones descritas, se propone una escala de transferibilidad de 3 niveles que clasifica cada práctica automotriz en función de su potencial de adaptación al entorno alimentario. Esta escala no pretende ser un instrumento de medición precisa, sino un mecanismo de orden que facilita la priorización de intervenciones y la asignación de recursos en una secuencia coherente de implementación.

El nivel de transferibilidad alta corresponde a prácticas que presentan alta relevancia funcional, compatibilidad operativa directa o con ajustes menores, impacto potencial significativo sobre las ineficiencias identificadas, requerimiento de madurez organizativa básica o moderada y una grado de adaptación bajo o medio. Estas prácticas constituyen el núcleo de la propuesta y son las candidatas naturales a ser incorporadas en las fases iniciales del proceso de transformación, precisamente porque generan resultados visibles sin exigir condiciones organizativas previas que la empresa aún no ha construido.

El nivel de transferibilidad media corresponde a prácticas que son funcionalmente relevantes pero que requieren adaptaciones más profundas, condiciones organizativas previas más exigentes o una inversión inicial más elevada para generar ahorro. Estas prácticas no se descartan del modelo, sino que se ubican en fases posteriores de la implementación, una vez que las intervenciones de alta transferibilidad hayan generado la base organizativa necesaria. Su incorporación prematura, antes de que sistema haya alcanzado el nivel de estabilidad requerido, reduciría significativamente su probabilidad de éxito.

El nivel de transferibilidad baja o condicionada corresponde a prácticas cuya adaptación al entorno alimentario es técnicamente posible pero organizativamente compleja, económicamente poco

justificable en el horizonte de este trabajo o dependiente de condiciones externas (regulatorias, tecnológicas o de mercado) que escapan al alcance de la propuesta. Estas prácticas se documentan pero no se incorporan en el modelo de adaptación, y su exclusión queda razonada de forma explícita para garantizar la coherencia de la propuesta.

La Tabla 14 sintetiza el sistema de criterios y la escala de transferibilidad.

Dimensión de evaluación	Alta	Media	Condicionada
Relevancia funcional ¿El problema existe en ambos sectores?	Equivalente estructural directo	Análogo con diferencias de contexto	Parcial o indirecto
Compatibilidad operativa ¿El entorno permite aplicarla?	Compatible con ajustes menores	Requiere rediseño parcial	Restricciones técnicas significativas
Viabilidad económica ¿El beneficio supera al coste?	Retorno claro a corto o medio plazo	Retorno a largo plazo o incierto	Coste supera pérdidas evitables
Madurez organizativa ¿Qué base previa se necesita?	Nivel básico o moderado	Nivel medio: formación previa requerida	Nivel avanzado: capacidades aún no presentes
Grado de adaptación ¿Cuánto debe reinterpretarse?	Bajo: ajuste de parametrización	Medio: reinterpretación de aplicación	Alto: rediseño sustancial

Tabla 14. Sistema de criterios para evaluar la transferibilidad de prácticas automotrices al entorno alimentario

Fuente: elaboración propia.

5.2.3 Aplicación de los criterios: principios de uso

El sistema de criterios descrito no opera como un algoritmo de puntuación, sino como un marco de razonamiento estructurado que exige que cada práctica automotriz candidata se analizada a través de las 5 dimensiones antes de ser incluida en la matriz de transferencia del epígrafe siguiente. Este análisis no produce una puntuación numérica, sino un juicio fundamentado que combina la evidencia disponible sobre cada dimensión con el conocimiento del contexto receptor.

En la práctica, la aplicación del sistema genera 3 tipos de decisiones diferenciadas. La primera es la inclusión directa: la práctica entra en la propuesta con un nivel de adaptación bajo o medio, y puede situarse en las fases iniciales del modelo Lean-DMAIC. La segunda es la inclusión condicionada: la

práctica tiene potencial de transferencia demostrable pero requiere que intervenciones previas sienten las bases organizativas necesarias, por lo que se incorpora en fases posteriores del modelos con sus prerrequisitos explícitamente definidos.

La tercera decisión posible es la exclusión justificada: la práctica no supera los criterios de viabilidad económica o de compatibilidad operativa en el contexto alimentario, y su ausencia en la propuesta queda documentada y razonada. Este mecanismo de exclusión es tan importante como la selección de las prácticas que sí se incorporan, porque una propuesta cuya solidez reside únicamente en lo que incluye, sin argumentar lo que descarta, corre el riesgo de prometer más de lo que puede justificar. La aplicación rigurosa de los criterios de transferencia es la garantía de que las intervenciones propuestas, son, al mismo tiempo, ambiciosas en su alcance y honestas en sus condiciones de aplicación.

5.2.4 Relación entre los criterios y las 5 familias de problemas

El sistema de criterios descrito en este epígrafe no opera de forma genérica sobre un conjunto abstracto de prácticas, sino en estrecha relación con las 5 familias de ineficiencias identificadas en la cadena alimentaria. Cada familia presenta un perfil diferenciado de transferibilidad que condiciona tanto la selección de las prácticas candidatas como el orden en que deben introducirse en el modelo de adaptación.

Las familias de estandarización y control y de ejecución operativa presentan perfiles de alta transferibilidad. Los problemas que definen tienen equivalentes estructurales directos en la automoción, las prácticas disponibles para abordarlos requieren niveles de madurez organizativa básicos o moderados y su impacto potencial sobre las ineficiencias es cuantificable a corto plazo. Estas dos familias constituyen, por tanto, el punto de entrada natural del modelo de adaptación y concentran las intervenciones de las primeras oleadas del piloto.

Las familias de planificación y coordinación y de gestión de insumos presentan perfiles de transferibilidad media. La convergencia funcional con las prácticas automotrices es clara, pero las diferencias en la naturaleza del producto perecedero y en la estructura de las relaciones con proveedores exigen adaptaciones que van más allá del ajuste de parametrización. Su incorporación al modelo requiere que las familias anteriores hayan generado previamente una base de estabilidad operativa sobre la que estas intervenciones puedan operar con eficacia.

La familia de datos y trazabilidad presenta el perfil más heterogéneo de las cinco. Algunas de sus prácticas son de alta transferibilidad como la trazabilidad por lotes y la gestión documental de proveedores, porque pueden implementarse con medios físicos y procedimentales sin necesidad de infraestructura digital avanzada. Otras, como la integración de ERP-MES en tiempo real, quedan condicionadas a niveles de inversión e infraestructura que no todas las empresas del sector pueden asumir en el corto plazo, y se sitúan por tanto en el nivel de transferibilidad condicionada. Esta diferenciación interna dentro de la familia es en sí misma, una aportación del análisis permite identificar qué parte de la transformación digital es accesible de forma inmediata y qué parte requiere condiciones previas que el propio modelo contribuye a construir.

5.3 Matriz de transferencia intersectorial

La construcción de una matriz de transferencia intersectorial requiere establecer las correspondencias entre problemas y soluciones, fijar un referente empírico que dote al análisis de condición operativa. Sin un escenario de partida suficientemente definido, la propuesta corre el riesgo de permanecer en un nivel de abstracción que dificulta tanto su evaluación como su eventual aplicación, convirtiendo la transferencia en un ejercicio comparativo sin anclaje a la realidad operativa del sector receptor.

Por esta razón, el presente epígrafe se articula en torno a un escenario ilustrativo de referencia, construido a partir de datos y rangos documentados en la literatura académica y técnica sobre la industria alimentaria transformadora de productos perecederos, que actúa como hilo conductor del análisis sin pretender representar ninguna empresa real en particular. Sobre este escenario se identifican y describen las ineficiencias críticas de la cadena, se clasifican por familia analítica y se establece la correspondencia con las prácticas automotrices y herramientas Lean de mayor potencial de impacto. El resultado es una matriz que no se limita a enumerar las posibilidades de transferencia, sino que las ordena en función de su relevancia para el escenario de referencia y anticipa el impacto operativo esperado sobre cada familia de problemas.

5.3.1 Escenario de referencia: descripción de la empresa tipo y estado actual de la cadena

El escenario de referencia representa a una empresa mediana del sector agroalimentario transformador, dedicada a la elaboración y procesado de productos perecederos de origen animal o vegetal (cárnicos frescos, productos lácteos, frutas y hortalizas de cuarta gama, o preparados refrigerados) con una vida útil que oscila entre los 5 – 21 días según la categoría de producto. Su cadena de suministro comprende las etapas de recepción de materias primas, almacenamiento en condiciones controladas de temperatura, transformación industrial, envasado y etiquetado, almacenamiento de producto terminado y distribución al cliente final, que en la mayoría de los casos corresponde a la gran distribución organizada o a operadores de restauración colectiva.

Se trata de una empresa con producción continua en turno de 8 horas, demanda moderadamente variable con picos estacionales, y un red de entre cuatro y ocho proveedores de materias primas perecederas con los que la relación es de carácter predominantemente transaccional y sin acuerdos formalizados de calidad en origen. El volumen de producción se estima en torno a 2.000 unidades por día, con un precio medio de producto de 3 euros por unidad. Los proveedores entregan materias primas en ventanas horarias estrechas condicionadas por la cadena de frío, lo que convierte cualquier desalineación entre la planificación de compras y la capacidad de recepción en una pérdida directa e irreversible, una materia prima perecedera que no es procesada en el tiempo adecuado no puede almacenarse, reprogramarse ni ser devuelta al ciclo productivo sin pérdida de calidad o inocuidad.

Los datos operativos del estado actual se han construido a partir de rangos documentados en la literatura académica y técnica sobre la industria alimentaria transformadora, adoptando en todos los

casos el extremo más desfavorable del rango reportado, en coherencia con el enfoque *worst-case baseline* propio de los análisis de impacto en gestión de operaciones. Este criterio de selección no responde a una estimación arbitraria, sino a una decisión metodológica deliberada: maximizar la visibilidad del impacto potencial de las intervenciones propuestas sin recurrir a valores fuera de rango de lo empíricamente documentado. En ningún caso los valores han sido seleccionados para garantizar el éxito de la propuesta; todos corresponden a situaciones de bajo rendimiento documentadas en la literatura de referencia.

Los indicadores relativos a la eficiencia productiva se respaldan en las siguientes fuentes: el OEE de 44,6% se sitúa en el límite inferior del rango 40%-65% documentado para plantas de producción alimentario con bajo nivel de formalización (Evocon, 2024; ifactory, 2026; Llumin, 2025); las 2,5 horas de paradas diarias no planificadas son consistentes con los patrones de pérdida de disponibilidad descritos en estudios de aplicación de TPM en la industria alimentaria (Ludeña et al., 2022; Kaizen Institute, 2026); y el tiempo de cambio de aproximadamente 100 minutos al estado previo a la implementación de SMED en casos documentados en plantas de manufactura de alimentos listos para el consumo (Chowdury et al., 2022; Springer, 2016).

Los indicadores relativos a la gestión de inventarios y al nivel de servicio cuentan con el respaldo equivalente: la tasa de caducidades del 7% en almacén de materias primas y el 5% de roturas en producto terminado se enmarcan en los rangos de pérdida por gestión ineficiente de inventarios perecederos identificados en revisiones sistemáticas de la cadena de suministro alimentaria (ScienceDirect, 2021; Wiley, 2024); y el OTD del 78% es representativo de operaciones con problemas sistémicos de planificación, dado que la literatura establece que valores inferiores al 90% señalan disfunciones estructurales en la programación de la producción o en la fiabilidad del suministro (Tractian, 2025; SourceDay, 2025). La tabla 15 sintetiza los indicadores operativos por etapa del flujo, tal como se derivan del VSM del estado actual (Ilustración 6, Capítulo 3):

Etapa	Indicadores clave	Familia problema
Recepción TC: 3h - 100% manual Sin control de calidad	Merma entrada: 3-8% Rechazos: 5% Sin criterios objetivo de aceptación Sin ventanas horarias planificadas	Estandarización y control
Almacén MP Stock: 8 días	Sin nivel de reorden definido Caducidades: 7% Pedidos reactivos c/2-3 días Búesqueda de lote: 25min/día	Planificación y coordinación / Datos y trazabilidad
Transformación TC: 8h OEE: 44,6%	Paradas no planificadas: 2,5h/día Cambio de prod: 100 min Defectos env: 2% Lote mín: 460 uds Sin mant. autónomo ni SMED	Ejecución operativa y confiabilidad / Estandarización
Envasado / Etiquetado TC:3h	Errores en etiquetado: 3% Reproceso: 35 min/lote Espera mat. auxiliar: 45min/turno	Datos y trazabilidad / Estandarización y control
Almacén PT Stock: 10 días	OTD: 78% Roturas: 5% Ruptura cadena de frío: frecuente Expediciones sin criterio de rotación	Gestión de insumos / Planificación y coordinación

Tabla 15. Indicadores operativos del estado actual

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

5.3.2 Identificación y cuantificación de las ineficiencias críticas por familia

A partir de los indicadores del estado actual, es posible identificar con precisión cuáles son las ineficiencias de mayor impacto en cada familia analítica. Esta identificación no se limita a constatar la presencia del problema, sino a describirlo en términos operativos, estableciendo así la base sobre la que se medirá el efecto de las intervenciones propuestas en la matriz de transferencia.

En la familia de estandarización y control, la ineficiencia crítica es la ausencia de procedimientos formalizados de recepción y control de calidad en origen. El control al cien por cien manual en la recepción combinado con una tasa de rechazo de 5% y una merma de entrada de entre el 3% y el 8%, indica que el sistema no dispone de criterios objetivos y documentados para la aceptación o rechazo de materias primas. Esta situación genera una variabilidad en la calidad del insumo que se propaga a lo largo de todas las etapas posteriores, amplificando las pérdidas en cada eslabón. La ausencia de estándares formalizados implica, además, que cada operario toma decisiones basadas en criterio propio, haciendo el proceso dependiente del individuo y no del sistema.

En la familia de planificación y coordinación, la ineficiencia crítica es la gestión reactiva del aprovisionamiento, expresada en pedidos sin horizonte de planificación realizados cada dos o tres días en respuesta a la situación del stock en el momento de la compra. Esta práctica genera una doble disfunción: por un lado, produce el efecto látigo documentado en el capítulo 4, amplificando la variabilidad de la demanda a medida que asciende por la cadena y generando sobre aprovisionamiento y roturas de forma alterna. Por otro lado, impide que los proveedores puedan planificar su producción con antelación, lo que reduce su capacidad de respuesta y eleva el coste implícito de los insumos en forma de urgencias y entregas no optimizadas.

En la familia de ejecución operativa y confiabilidad, la ineficiencia crítica es el OEE del 44,6% en la etapa de transformación. Este valor, significativamente inferior al estándar del sector automotriz que supera sistemáticamente el 80%, indica que la planta opera con una pérdida de capacidad productiva efectiva del 55% respecto a su potencial teórico. Las 2,5 horas diarias de paradas no planificadas y los cambios de producto de aproximadamente 100 minutos de duración evidencian la ausencia de metodologías de reducción sistemática del tiempo improductivo. La combinación de ambos factores producen lotes sobredimensionados que agravan el sobre stock y acortan el tiempo de vida útil disponible del producto terminado.

En la familia de datos y trazabilidad, la ineficiencia crítica es la trazabilidad en papel a lo largo de todo el flujo, sin integración digital entre etapas. Esta situación implica que, ante una incidencia de calidad o una alerta sanitaria, la empresa no puede identificar con rapidez qué lotes están afectados, qué productos han salido ya al mercado o qué proveedores están involucrados. El coste de esta falta de transparencia no es solo operativo sino también regulatorio, en un entorno donde la trazabilidad es una exigencia legal en la industria alimentaria, la gestión manual equivale a operar con un riesgo sistémico permanente que ningún otro mecanismo de mejora puede compensar por sí solo.

En la familia de gestión de insumos, la ineficiencia crítica es la relación transaccional con los proveedores de materias primas perecederas, caracterizada por la ausencia de acuerdos de calidad en origen, la inexistencia de evaluación sistemática del desempeño y la falta de comunicación anticipada de necesidades. En el contexto de la industria alimentaria transformadora, esta situación tiene consecuencias especialmente graves debido a la irreversibilidad de la perecibilidad, cuando una materia prima llega fuera de especificación de temperatura, con una merma superior a la prevista con un retraso que compromete la ventana de procesado, la empresa transformadora no dispone de margen de maniobra para absorber la desviación sin incurrir en pérdida de producto o en una alteración del programa de producción. La gestión transaccional impide que el proveedor reviva información anticipada sobre las necesidades de la planta, lo que le obliga a operar de forma igualmente reactiva y traslada la incertidumbre hacia el primer eslabón de la cadena en lugar de absorberla mediante coordinación estructurada.

5.3.3 Matriz de transferencia intersectorial

Con las ineficiencias identificadas y cuantificadas en el epígrafe anterior, es posible construir la matriz de transferencia intersectorial que constituye el núcleo analítico del presente capítulo. La matriz relaciona cada una de las 5 familias de problemas con la ineficiencia específica que le corresponde en el escenario de referencia, la práctica organizativa del sector automotriz con mayor potencial de impacto sobre dicha ineficiencia y la herramienta o conjunto de herramientas Lean que opera la transferencia en el contexto de la industria alimentaria. Para cada entrada se indica además el nivel de transferibilidad evaluado conforme a los criterios del epígrafe 5.2 y el impacto esperado expresado en términos tanto operativos como económicos, de forma que la propuesta pueda ser evaluada no solo en su coherencia teórica sino también en su pertinencia práctica.

La selección de prácticas automotrices responde a un criterio de máximo impacto sobre las causas raíz de las ineficiencias identificadas. En la estandarización y control, las prácticas seleccionadas apuntan a eliminar la dependencia del criterio individual mediante la formalización de procedimientos y la introducción de mecanismos de detección automática de desviaciones en el punto de origen. En la planificación y coordinación, el foco se sitúa en transformar la lógica de aprovisionamiento reactivo en una lógica de flujo tirado, con horizontes de planificación compartidos entre la planta y sus proveedores. En ejecución operativa, las herramientas seleccionadas abordan de forma simultánea la disponibilidad del equipo, el tiempo improductivo por cambio de producto. En datos y trazabilidad, la propuesta avanza desde el registro manual hacia una trazabilidad estructurada que hace visible el estado de cada lote a lo largo de todo el flujo. En gestión de insumos, las prácticas seleccionadas transforman la relación con los proveedores de una lógica transaccional a una lógica de colaboración estructurada con compromisos formalizados de desempeño.

Familia	Práctica automotriz	Herramienta Lean	Transferibilidad	Impacto esperado
Estandarización y control Merma 3-8% Rechazos 5%	Estándares de calidad en origen (SQA) Control estadístico de proceso (SPC) Homologación de MP	Poka-yoke 5S en recepción Trabajo estándar (SOPs) Jidoka	**ALTA** Adaptación baja - Impacto inmediato	Merma entrada: 3-8% → ≤2% Rechazos MP: 5% →≤2% Proceso auditable y reproducible Dependencia del criterio individual eliminada
Planificación y coordinación Caducidades 7% Pedidos reactivos	Planificación integrada con proveedores Horizonte de demanda compartido Congelación programada de pedidos	Kanban de aprovisionamiento Heijunka (nivelado de prod.) Pull system	**ALTA** Adaptación media - Mayor plazo retorno	Caducidades MP: 7% → ≤2% Stock MP: 8 días → 3 días Leat Time: -4 días
Ejecución operativa OEE: 44,6% Paradas: 2,5h/día	TPM (Mantenimiento Productivo Total) Sistema Andon Reducción SMED OEE como métrica de gestión	TPM autónomo pre-turno SMED Gestión visual Kaizen de línea OEE dashboard	**ALTA** Adaptación baja - Alto impacto directo	OEE: 44,6% → 72,4% Paradas: 2,5 h/día → 1,25 h/día Cambio: 100 min →≠45 min +130 min productivos/turno
Datos y trazabilidad 100% en papel Sin integración	Trazabilidad digital por lote (MES básico) Código QR / barras KPI's operativos en tiempo real	Gestión visual digital FIFO con registro por lote Trazabilidad bidireccional	**ALTA** Adaptación media - Base para el resto	Trazabilidad papel → registro estructurado Caducidades: -70% Alertas de desviación en turno Cumplimiento regulatorio garantizado
Gestión de insumos OTD 78% Relación transaccional	Homologación y evaluación de proveedores Desarrollo activo de proveedores Contratos con criterios de desempeño	SQA en origen Scorecard proveedores Contratos marco con KPI's	**ALTA** Adaptación media - Plazo 6-12 meses	OTD: 78% → ≥92% Roturas PT: 5% → ≤2% Variabilidad insumos: -40% Relacional transaccional → colaborativa

Tabla 16. Matriz de transferencia intersectorial

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

La lectura de la matriz de transferencia intersectorial en su conjunto revela un patrón que va más allá de la suma de las intervenciones individuales. La estandarización en la recepción reduce la variabilidad que entra al sistema; la planificación integrada estabiliza la demanda sobre la que opera la producción; el TPM y el SMED elevan la capacidad efectiva de la línea; la trazabilidad estructurada hace visible en tiempo real lo que antes permanecía sin visibilidad clara; y la gestión colaborativa de proveedores traslada parte del control de calidad al origen, antes de que el problema llegue a la planta. Esta cadena de efectos no se explica únicamente por la eficiencia de cada práctica sobre su familia de problemas correspondiente, sino por el efecto de sinergia que se produce cuando las cinco intervenciones operan de forma coordinada sobre el mismo flujo.

Esta integración responde directamente a la primera pregunta de investigación que articula el capítulo: la combinación de metodologías permite adaptar las buenas prácticas de la industria automotriz a la alimentaria no es la suma de herramientas Lean aplicadas de forma independiente, sino su integración bajo el marco Lean-DMAIC, que garantiza que cada intervención refuerce a las demás y que ninguna quede aislada como iniciativa puntual sin continuidad organizativa. Lo que la industria alimentaria necesita de la automotriz no son tecnologías específicas ni sistemas de información de última generación, sino tres principios organizativos que la automoción ha convertido en hábitos: definir antes de actuar, medir antes de decidir y controlar para sostener.

5.4 Modelo de adaptación estructural Lean-DMAIC

El modelo de adaptación estructural que se desarrolla en el presente epígrafe constituye el núcleo propositivo del capítulo. El objetivo es convertir el análisis comparativo de los epígrafes anteriores es una intervención estructurada, ejecutable y demostrable sobre la cadena de la empresa tipo definida en el escenario de referencia. El modelo construye las herramientas concretas, los procedimientos, análisis, instrumentos de seguimiento y criterios de evaluación que una empresa alimentaria transformadora podría adoptar directamente, sin necesidad de infraestructura tecnológica previa ni de inversión en equipamiento adicional.

El modelo opera simultáneamente sobre las etapas del flujo interno, desde la recepción de materias primas hasta la expedición de producto terminado, abarcando el conjunto de ineficiencias identificadas y cuantificadas en el diagnóstico del estado actual. La secuencia de intervención sigue las cinco fases del marco DMAIC, y cada fase produce un entregable concreto visible, no una recomendación genérica, sino un instrumento operativo diseñado específicamente para las condiciones del escenario de referencia y listo para ser aplicado.

5.4.1 Definir: delimitación de los problemas críticos de la cadena alimentaria

La fase Definir tiene como propósito establecer con precisión el alcance del problema que el modelo de adaptación pretende resolver, los límites del sistema sobre el que operará y los criterios que permitirán evaluar si la intervención ha tenido éxito. Sin una definición rigurosa del problema, el riesgo de dispersión es elevado: las iniciativas de mejora tienden a proliferar sin jerarquía, consumiendo recursos en problemas secundarios mientras las causas raíz permanecen sin intervención. La ficha de definición del proyecto mostrada en la ilustración 9, actúa como instrumento de alineamiento que garantiza que todos los elementos del modelo, el diagnóstico, las intervenciones y el sistema de control, respondan a un mismo problema central y compartan un mismo horizonte en evaluación.

Ficha de definición del proyecto - Piloto de mejora Lean-DMAIC

Declaración del problema

La cadena transformadora de productos perecederos opera con un Lead Time de 20 días, de los cuales solo el 4% corresponde a actividades con valor añadido. El 96% restante es tiempo de espera, almacenamiento intermedio o actividades que no generan valor y que acumulan riesgo de pérdida de calidad e inocuidad en producto perecedero.

Objetivo piloto

Reducir la pérdida económica en las etapas de recepción y transformación mediante intervenciones organizativas y procedimientos, sin inversión en infraestructura tecnológica, logrando reducir el Lead Time y el tiempo con valor añadido del ciclo total.

Alcance

Etapa	Oleada	Intervención principal
Recepción de MP perecederas	Oleada 1 (sem 1-4)	SOP recepción + 5S + demarcación
Almacén de materias primas	Oleada 1 (sem 1-4)	FIFO visual + kanban reposición
Transformación / procesado	Oleada 2 (sem 5-10)	SMED + TPM autónomo + trabajo estandarizado
Envasado y etiquetado	Oleada 2 (sem 5-10)	SOP envasado + poka-yoke
Almacén de producto terminado	Oleada 3 (sem 11-16)	FIFO visual + cuadro de mando integral
Gestión de proveedores	Oleada 3 (sem 11-16)	Ficha de evaluación + criterios homologación

Distribución al cliente final excluida; implica actores externos, fase de escalado posterior al piloto

Indicadores globales de éxito esperados:

Lead Time total: 20 días → ≤12 días
Tiempo VA: 4% →15%
OEE: 44,6% →72%
OTD: 78% → 92%

Horizonte: 16 semanas → Oleada 1: sem 1-4; Oleada 2 sem 5-10; Oleada 3: sem 11-16

Ilustración 9. Ficha de definición del proyecto piloto

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

El problema central que define el proyecto es la acumulación de tiempo sin valor añadido a lo largo del flujo interno de la empresa tipo, desde la recepción de materias primas hasta la expedición de producto terminado. Con un Lead Time de 20 días del cual apenas el 4% corresponde a actividades que transforman el producto y generan valor para el cliente, el sistema opera con una ineficiencia estructural que no puede atribuirse a una etapa concreta ni resolverse con una intervención puntual. Esta ineficiencia se manifiesta de forma diferenciada en cada etapa del flujo, como la variabilidad en la recepción, sobre stock en los almacenes, capacidad perdida en la transformación, errores en el envasado y fallos de servicio en la expedición, pero responde a causas raíz comunes que el modelo abordará de forma coordinada.

El alcance del piloto cubre las cinco etapas del flujo interno, organizadas en tres oleadas de intervención secuencial de 16 semanas de duración total. La primera oleada, que abarca las semanas 1 a 4, interviene sobre la recepción y el almacén de materias primas, donde se concentran las ineficiencias de mayor impacto inmediato sobre la variabilidad del flujo. La segunda oleada, entre las semanas 5 y 10, actúa sobre sobre la transformación y el envasado, que son las etapas con mayor potencial de mejora del OEE y de reducción del tiempo de cambio. La tercera oleada, entre las semanas 11 y 16, cierran el ciclo con la intervención sobre el almacén de producto terminado y la gestión de proveedores, consolidando los resultados de las oleadas anteriores extendiendo la lógica de flujo tirado (sistema pull) hacia los extremos de la cadena.

La distribución al cliente final queda excluida del alcance del piloto por razones de diseño metodológico, implica actores externos cuya coordinación requiere condiciones contractuales y relacionales que trascienden el horizonte de intervención de 16 semanas. Su incorporación se contempla como fase de escalado posterior una vez que el flujo interno haya alcanzado el nivel de estabilidad operativa necesario para que la coordinación con el canal de distribución genere valor sostenido.

Los indicadores globales de éxito esperados del proyecto quedan establecidos en la ficha de definición: reducción del Lead Time total de 20 días a un máximo de 12, incremento del tiempo con valor añadido del 4% al 15% del ciclo total, mejora del OEE desde el 44,6% hasta al menos el 72%, y la elevación del OTD del 78% a 92% o superior. Estos indicadores no son objetivos independientes entre sí, la mejora del OEE en la etapa de transformación es condición necesaria para la reducción del Lead Time, y la reducción del Lead Time es condición necesaria para que el OTD pueda alcanzar el nivel objetivo sin recurrir a sobre stock del producto terminado como mecanismo compensatorio.

5.4.2 Medir: diagnóstico del estado actual e indicadores operativos

La fase Medir tiene como objetivo construir una fotografía precisa y cuantificada del estado actual de la cadena, que sirva simultáneamente como punto de partida para el diagnóstico de causas raíz y como línea base contra la que se medirán los resultados de las intervenciones. En el contexto de este trabajo, la medición no se limita a registrar los valores de los indicadores clave, sino que identifica qué actividades a lo largo del flujo generan valor para el cliente, cuáles son necesarias pero no generan valor directamente y cuáles representan desperdicio puro eliminable. Esta clasificación, derivada del

análisis VA/NVAN/NVA, es la que permite priorizar las intervenciones en función de su impacto potencial sobre el tiempo total de la cadena.

El instrumento central de esta fase es el mapa de flujo de valor del estado actual, que representa de forma visual el recorrido del producto desde la recepción de materias primas hasta la expedición de producto terminado, incorporando los tiempos de proceso, los tiempos de espera, los inventarios intermedios y los flujos de información que coordinan cada etapa. La lectura del VSM revela que el Lead Time de 20 días se compone mayoritariamente de tiempo de espera entre etapas, almacenamiento de materias primas durante 8 días y de producto terminado durante 10, el tiempo de procesado activo apenas influye en la duración total del ciclo. Esta proporción es consecuencia de un sistema diseñado implícitamente para acumular inventario como mecanismo de protección frente a la

variabilidad, lo que en un entorno de producto perecedero tiene el efecto contrario al buscado, incrementa la exposición al riesgo de caducidad en lugar de reducirla.

Actividad	Tiempo	Tipo	Causa / Oportunidad de mejora
Recepción → TC actual: 180 min; VA: 40 min (22%); NVAN: 50 min (28%); NVA: 90 min (50%)			
Espera del camión en muelle sin gestión	35 min	NVA	Sin ventanas horarias → implantar SOP en recepción
Descarga y traslado a zona de inspección	30 min	NVAN	Necesaria → reducible con layout y demarcación 5S
Verificación temp. y estado de la MP (muestra)	40 min	VA	Sin criterios objetivos → formalizar con SOP
Registro manual (papel y verbal)	25 min	NVA	Proceso duplicado → unificar en hoja de control única
Búsqueda de espacio disponible en almacén MP	30 min	NVA	Sin zonas demarcadas → eliminar con 5S + FIFO
Colocación y etiquetado de lote en almacén	20 min	NVAN	Necesaria optimizable con etiqueta estándar predefinida
Almacén MP → Stock actual: 8 días; Caducidades: 7%; Pedidos reactivos sin horizonte			
Rotación de lotes sin criterios FIFO	Continua	NVA	Causa directa de caducidades → implantar FIFO visual
Revisión diaria de fechas de caducidad de MP	45 min/día	NVAN	Necesaria → reducible a 10 min con FIFO y etiquetas visibles
Gestión de pedidos de reposición reactivos	30 min/día	NVA	Sin nivel de reorden → eliminar con Kanban
Traslado de MP a línea de producción	20 min/lote	NVAN	Necesaria → optimizable con layout y rutas definidas
Búsqueda de lote correcto en almacén	25 min/día	NVA	Sin demarcación → emilinar con 5S y zonificación
Transformación / Línea de producción → TC: 480 min/turno; VA: 230 min (47,9%); NVAN: 100min (20,8%); NVA: 150 min (31,3%)			
Preparación y arranque de línea sin estándar	45 min	NVAN	Necesaria → reducible a 20 min con checklist estándar
Procesado activo del producto perecedero	230 min	VA	Única actividad que genera valor → proteger y maximizar
Paradas no planificadas por avería	150 min	NVA	Sin TPM autónomo →checklist pre-turno + rutina diaria
Cambio de producto (interno, sin preparación)	100 min	NVA	Sin SMED → separar interno/externo → objetivo 45 min
Limpieza y desinfección de línea entre lotes	60 min	NVAN	Exigida por normativa → reducible a 40 min con SMED
Cierre de turno y registro de producción	30 min	NVAN	Necesario → reducible a 10 min con tablero estándar
Envasado y etiquetado→ TC: 200 min; VA: 100 min (50%); NVA: 80 min (40%); NVAN: 20 min (10%)			
Envasado activo del producto terminado	100 min	VA	Actividad central → proteger continuidad del flujo
Espera de material de envasado y etiquetas	45 min	NVA	Sin Kanban de materiales auxiliares → implanatar Kanban
Reproceso por errores de etiquetado detectado	35 min	NVA	Sin trabajo estándar → SOP envasado + verificación 1º unidad
Preparación de materiales para siguiente lote	20 min	NVAN	Necesaria → reducible con kit preparado anticipadamente
Verificación de primera unidad por lote	No existe	NVA ausente	Crítica: su ausencia causa el reproceso → incluir en SOP
Almacén PT → Stock: 10 días; Roturas: 5%; OTD: 78%; Ruptura de la cadena de frío frecuente			
Preparación de pedidos sin criterio FEFO	Continua	NVA	Causa rupturas y caducidades → implantar FEFO
Verificación condiciones de carga/expedición	No existe	NVA ausente	Causa rupturas cadena de frío → checklist de expedición
Planificación diaria de expediciones	30 min/día	NVAN	Necesaria → optimizable con hoja FEFO diaria estructurada
Gestión de devoluciones y roturas sin registro	Variable	NVAN	Sin trazabilidad de causa → registro en tablero de almacén
NVA optimizable total: aprox. 870 min/día → NVAN optimizable: aprox. 210 min/día → Reducción potencial Lead Time: 19 días → ≤12 días			

Ilustración 10. Desglose completo por etapa de la cadena de suministro alimentaria

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

El análisis VA/NVAN/NVA representado en la ilustración 10 desagrega el tiempo de cada etapa en sus tres componentes y permite identificar las oportunidades de mejora con mayor precisión. En la etapa de recepción, el 50% del tiempo corresponde a actividades sin valor añadido eliminables, fundamentalmente la espera del camión en muelle sin gestión de ventanas horarias y la búsqueda de espacio disponible en almacén sin demarcación previa. En la etapa de transformación, las 2,5 horas de paradas no planificadas y los 100 de cambio de producto sin metodología SMED representan el bloque de ineficiencia de mayor magnitud en términos de capacidad productiva perdida, con un total de 250 minutos diarios de tiempo improductivo en la etapa de mayor valor del proceso. En las etapas de envasado y almacén de producto terminado, las ineficiencias más significativas son la espera de materiales auxiliares, el reproceso por errores de etiquetado y la preparación de pedidos sin criterio FEFO, que en su conjunto prolongan el Lead Time y deterioran el nivel de servicio sin generar ningún valor para el cliente final.

Los parámetros operativos del estado actual que constituyen la base del diagnóstico son los siguientes: turno de producción de 480 minutos, tiempo con valor añadido de 230 minutos por turno equivalente al 47,9% del tiempo disponible en transformación, OEE del 44,6% que refleja las pérdidas combinadas de disponibilidad, rendimiento y calidad, Lead Time total de 20 días, OTD del 78% y tasa de caducidades en almacén de materias primas del 7%. Estos parámetros, junto con los indicadores específicos de cada etapa recogidos en la ilustración anterior, configuran la línea base del modelo y quedan fijados como referencia para la evaluación del impacto de las intervenciones. La cuantificación económica detallada de las pérdidas asociadas a cada uno de estos indicadores, así como el cálculo del ahorro potencial derivado de su mejora, se desarrollan íntegramente en el capítulo 6, donde se construye el análisis de viabilidad económica de la propuesta sobre la base de estos mismos parámetros operativos.

5.4.3 Analizar: causas raíz y comparación con el modelo automotriz

La fase Analizar tiene como objetivo identificar las causas raíz de las ineficiencias cuantificadas en la fase anterior, de forma que las intervenciones de la fase Mejorar actúen sobre los mecanismos que generan el problema y no únicamente sobre sus manifestaciones visibles. La distinción entre síntoma y causa raíz es especialmente relevante en sistemas complejos como la cadena alimentaria, donde una misma ineficiencia puede tener múltiples causas concurrentes y donde la intervención sobre un síntoma sin eliminar su causa puede producir mejoras efímeras que revierten en cuanto cesa el esfuerzo de control.

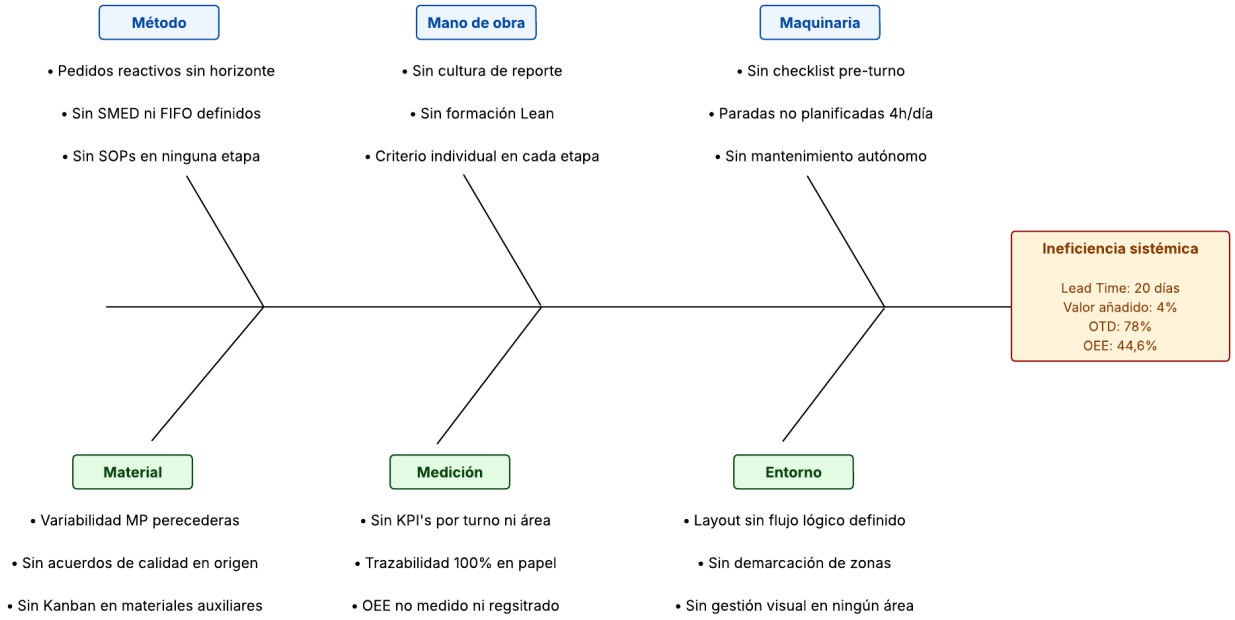


Ilustración 11. Diagrama de Ishikawa

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

El instrumento principal de esta fase es el diagrama de Ishikawa mostrado en la ilustración 11, organiza las causas identificadas en seis categorías analíticas: método, mano de obra, maquinaria, material, medición y entorno. La lectura integrada del diagrama revela que las ineficiencias de la cadena no responden a causas aisladas en una sola categoría, sino a una confluencia de factores que se refuerzan mutuamente. La ausencia de procedimientos formalizados en la categoría de método hace que la ejecución dependa del criterio individual, lo que alimenta la variabilidad en la categoría de mano de obra. La falta de mantenimiento autónomo en la categoría de maquinaria produce paradas no planificadas que no pueden anticiparse ni gestionarse ya que no existe un sistema de medición por turno en la categoría de medición. La variabilidad de las materias primas perecederas en la categoría de material no puede absorberse mediante planificación porque el layout sin flujo lógico en la categoría de entorno impide una gestión visual que haga visible el estado del sistema en tiempo real.

La técnica de los cinco porqués, aplicada sobre las ineficiencias de mayor impacto identificadas en la fase “Medir”, confirma este patrón de causalidad encadenada. En primer lugar, un OEE del 44,6%, se explica ya que las paradas no planificadas consumen 2,5 horas diarias de capacidad productiva. Al indagar en el origen de estas paradas, se detecta la inexistencia de un protocolo de revisión pre-turno del estado del equipo, anomalía derivada, a su vez, de la falta de formación del personal operativo en mantenimiento autónomo. La ausencia de dicha capacitación responde a que la organización no dispone de un marco de mejora continua que sistematice la transferencia de conocimiento operativo. Finalmente, el análisis alcanza la causa raíz estructural, la falta de una cultura organizativa orientada a la estandarización y la mejora continua, dimensión en la que, precisamente, la industria alimentaria mantiene una mayor distancia respecto al modelo automotriz.

Nivel	Estandarización y control	Planificación y coordinación	Ejecución y confiabilidad	Datos y trazabilidad	Gestión de insumos
Síntoma	Merma MP 3-8% Rechazo 5% Reproceso envasado 3% por lote	Caducidades MP 7% Perdidos reactivos c/ 2-3 días sin horizonte	OEE 44,6% Paradas 2,5h/día Cambio producto 100 min OTD: 78%	Trazabilidad 100% en papel Sin KPIs por turno ni por área registrados	Relación transaccional con proveedores Sin acuerdos de calidad en origen
¿Por qué 1?	La MP se recibe y procesa sin criterios formales de aceptación	No existe horizonte de planificación compartido	Los equipos fallan de forma imprevista durante el turno	No existe sistema de registro estructurado	La variabilidad de la MP la absorbe íntegra la planta
¿Por qué 2?	No se han definido qué parámetros verificar ni cómo	Se pide cuando el stock ya es bajo o hay una urgencia	No hay inspección rutinaria del equipo antes del arranque	No se diseñó un formato ni se asignó a un responsable	El proveedor no recibe feedback ni criterios de calidad por parte de la empresa
¿Por qué 3?	No existe ningún procedimiento escrito para la recepción	No hay punto de reorden definido para ningún insumo	El mantenimiento es únicamente reactivo tras avería	La organización opera sin indicadores formales definidos	La relación es estrictamente transaccional
¿Por qué 4?	Falta de capacitación técnica del personal en metodologas de estandarización	Ausencia de un sistema de góestin visual de inventarios en el almacén	El personal operativo no ha sido formado en mantenimiento autónomo ni SMED	No se dispone de un marco de gestión que sistematice la captura de datos	Falta de un proceso formal de homologación y evaluación de proveedores
¿Por qué 5?	La supervisión prioriza la continuidad operativa inmediatasobre la definición de métodos	Las compras se gestionan de forma aislada, sin integración con el ritmo de producción	Inexistencia de rutinas de supervisión y mantenimiento preventivo estructuradas	La toma de decisiones se basa en la intuición y la experiencia en lugar de datos empíricos	El enfoque de compras está centrado exclusivamente en el coste unitario a corto plazo
Causa raíz	Sin SOP en recepcion ni trabajo estándar en envasado por ausencia de una cultura de procesos	Sin Kanban de reposición ni punto de reorden por falta de integración logística-producción	Sin checklist autónomo pre-turno ni rutina de mantenimiento por carecer de un modelo TPM/Lean	Sin tablero de KPIs por área ni hoja de registro por falta de un sistema de gestión del desempeño	Sin ficha de evaluación ni criterios de calidad comunicados por ausencia de alianzas estratégicas

Ilustración 12. Diagrama de los 5 Porqués

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

La comparación con el modelo automotriz en esta fase no es meramente ilustrativa, sino analíticamente funcional. La industria automotriz ha desarrollado respuestas sistemáticas a cada una de las causas raíz identificadas: el Bosch Production System formaliza los procedimientos de operación estándar eliminando la dependencia del criterio individual; el mantenimiento productivo total convierte al operario en el primer nivel de defensa frente a la avería; los sistemas Andon hacen visible cualquier desviación en tiempo real sin necesidad de un sistema de información centralizado; y la cultura Kaizen institucionaliza la mejora continua como práctica cotidiana en lugar de como proyecto puntual. La matriz de transferencia del epígrafe 5.3 establece la correspondencia entre cada causa raíz identificadas y la práctica automotriz diseñada para abordarla, constituyendo el puente entre el diagnóstico de esta fase y las intervenciones de la siguiente.

5.4.4 Mejorar: adaptación de prácticas Lean y automotrices

La fase Mejorar es la de mayor densidad propositiva del modelo. Su objetivo es traducir el diagnóstico de causas raíz en un conjunto de intervenciones concretas, secuenciadas y adaptadas a las condiciones del escenario de referencia, que operen de forma coordinada sobre las cinco familias de ineficiencias identificadas. Las intervenciones se organizan en 3 oleadas de implementación progresiva, cada una de las cuales genera las condiciones organizativas necesarias para que la siguiente pueda ejecutarse con éxito. Esta arquitectura secuencial no es una convención de presentación, sino un principio de diseño, en sistemas con bajo nivel de madurez operativa, la simultaneidad de intervenciones produce dispersión de recursos y ausencia de aprendizaje consolidado entre una iniciativa y la siguiente.

Los ratios de mejora presentados en cada oleada constituyen objetivos operativos fundamentados en la literatura académica y técnica de referencia sobre implementación de herramientas Lean en entornos industriales de características similares al escenario de referencia. Su verificación cuantitativa en términos económicos, así como la evaluación del grado de aproximación entre los objetivos operativos aquí planteados y el impacto real calculado, se desarrollan íntegramente en el capítulo 6, donde se construye el análisis de viabilidad económica de la propuesta sobre la base de estos mismos parámetros.

Todos los instrumentos de soporte propuestos en este epígrafe, el procedimiento estándar de recepción, checklist de mantenimiento autónomo pre-turno, ficha de parámetros por referencia para el cambio de producto, Kanban de materiales auxiliares para envasado, hoja FEFO de expedición diaria, checklist de condiciones de carga y la ficha de evaluación mensual de proveedores, se recogen en su formato completo en los Anexos del presente trabajo, con la finalidad de que puedan ser consultados, adaptados e implementados de forma directa por cualquier empresa del sector que desee adoptar el modelo propuesto.

Oleada 1 – Estabilizar: recepción y almacén de materias primas

El inicio de cualquier proceso de mejora en una cadena de transformación de productos perecederos debe situarse en el primer punto de contacto entre el flujo externo y el flujo interno: la recepción y almacén de materias primas. Es en este punto donde se determina la calidad con la que el sistema va a operar y en donde se concentran las ineficiencias de mayor impacto sobre la variabilidad del flujo de entrada. Por esta razón, estabilizar la recepción es la condición previa necesaria para que cualquier mejora en transformación, envasado o expedición tenga efecto sostenido. Las intervenciones de esta oleada son las de mayor transferibilidad del modelo, requieren únicamente recursos procedimentales y organizativos, sin inversión en tecnología ni en infraestructura, y generan resultados visibles en el horizonte de las primeras cuatro semanas.

En la recepción, la intervención central es la implantación de un procedimiento estándar de operación que defina para cada categoría de materia prima, los criterios objetivos de aceptación y rechazo, el protocolo de verificación de temperatura, la secuencia de actividades de descarga e inspección y el formato único de registro. Este SOP elimina la dependencia del criterio individual, hace el proceso auditable y sienta la base sobre la que la estandarización puede extenderse a las etapas posteriores. Se complementa con la aplicación de las 5S para la demarcación física de zonas en el área de recepción y almacén. Su propósito no es estético sino operativo, crear un entorno físico en el que la variabilidad no pueda ocultarse y en el que cada operario sepa exactamente qué hacer, dónde hacerlo y con qué elementos, sin necesidad de buscar, preguntar ni improvisar. En la práctica la implantación de las 5S en la recepción produce cuatro cambios físicos concretos verificables:

i. La demarcación en suelo de zonas diferenciadas para descarga, inspección, cuarentena y materias primas aceptadas.
ii. La identificación visual de cada zona mediante código de color.
iii. El establecimiento de un número máximo de partidas simultáneas por zona, que elimina la acumulación descontrolada de material en espera.
iv. El posicionamiento fijo de todos los elementos necesarios para la operación de recepción en el punto de uso exacto sin necesidad de desplazarse a buscarlo: termómetro, hoja de control, etiquetas de lote, cinta de precinto de cuarentena.

Eliminando el tiempo de búsqueda de espacio y reduciendo el riesgo de mezcla de lotes en distintos estados de calidad, el objetivo operativo de esta intervención es reducir la merma de entrada del rango 3-8% a un máximo del 2% y los rechazos del 5% al 2% mediante la detección rápida de desviaciones en origen.

El almacén de materias primas perecederas es el punto donde la ausencia de criterio de rotación se traduce de forma más directa en pérdida económica. Las intervenciones son la implantación del sistema FIFO visual mediante señalización física de lotes con etiquetas de fecha y la instauración de un nivel de reorden Kanban que sustituya la gestión reactiva de pedidos por una lógica de reposición automática activada por el consumo. El FIFO visual elimina la causa directa de las caducidades: la rotación arbitraria de lotes que expone el producto más antiguo al riesgo de superar su vida útil antes de ser procesado. El Kanban de reposición estabiliza el flujo de aprovisionamiento, reduce el stock medio de materias primas del nivel actual de 8 días a un objetivo de 3 y eliminaría el efecto látigo generado por pedidos reactivos.

Al cierre de la oleada 1, el flujo de entrada de la cadena operaría con criterios objetivos formalizados, un entorno físico que hace visible cualquier desviación y un sistema de reposición que elimina la compra reactiva. Estas tres condiciones son la base sobre la que las intervenciones de la oleada siguiente podrán actuar con eficacia, una línea de transformación no puede estandarizarse de forma estable si el insumo que recibe es impredecible.

Oleada 2 – Estandarizar: Transformación y envasado

Con el flujo de entrada estabilizado, la segunda oleada actúa sobre la transformación y el envasado, las cuales son las etapas con mayor potencial de mejora del OEE y de reducción del tiempo improductivo. Las intervenciones de esta oleada son de mayor complejidad que las de la primera, pero pueden ejecutarse con éxito precisamente porque la oleada anterior se encargará de establecer un flujo de entrada más estable y predecible, lo que reduce la variabilidad que la línea de producción debe absorber. Ninguno de estos mecanismos requiere tecnología, sino disciplina durante la ejecución del protocolo, que es exactamente lo que la industria automotriz instaló décadas antes de automatizar cualquier proceso.

La intervención principal en la etapa de transformación es la implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total) autónomo en su nivel básico, que consiste en la definición de una rutina de revisión pre-turno del estado del equipo realizada por el propio operario antes del arranque de la línea, ningún equipo con fallos detectados o en estado no conforme inicia la producción sin resolución documentada. Lo que introduce en la planta alimentaria la misma lógica de autoridad del operario para detener el proceso que en la automoción se conoce como Jidoka, un pilar fundamental en Lean Manufacturing que capacita a máquinas u operarios para detectar anomalías, detener la producción automáticamente y corregir errores al instante.

Esta rutina, que en el modelo automotriz representa el primer pilar de mantenimiento productivo total, tiene como objetivo reducir las paradas no planificadas generadas por averías que habrían podido detectarse mediante una inspección visual sistemática. El objetivo operativo es reducir las 2,5 horas de paradas significativamente para aumentar el tiempo de capacidad productiva por turno. En paralelo, la aplicación de SMED sobre el proceso de cambio de producto tiene como objetivo reducir el tiempo de cambio actual de 100 minutos mediante la separación y ejecución externa de aquellas operaciones realizables con la línea en marcha. La combinación de ambas intervenciones pretende incrementar el OEE de 44,6% hasta el objetivo del ≈72%.

En el envasado, la intervención central es la implantación de un SOP específico para la línea de envasado y etiquetado que incorpore la verificación de primera unidad como paso obligatorio antes del inicio de cada lote. Esta práctica, estándar en la industria automotriz bajo el concepto de primera pieza aprobada, elimina la causa raíz del reproceso por errores de etiquetado: la falta de un punto de control al inicio del lote que detecte las desviaciones antes de que se propaguen al lote completo. Esto se complementa con la instauración de un Kanban de materiales auxiliares que elimine la espera de etiquetas y materiales de envasado mediante la preparación anticipada del kit de utilidades para el lote siguiente durante el tiempo de procesado del lote en curso, así el material se puede reponer por el almacén sin necesidad de que el operario de envasado interrumpa su actividad para solicitarlo.

Al cierre de la oleada 2, la cadena productiva interna operaría de manera más eficiente, tras haber mitigado los tiempos de cambio, minimizando las paradas no planificadas y optimizando el proceso de envasado frente a los defectos. El objetivo es que el flujo de transformación pase de ser el principal consumidor de tiempo sin valor añadido a ser la etapa más estable de la cadena, lo que liberaría la atención organizativa necesaria para abordar con garantías la oleada final.

Oleada 3 – Optimizar: Almacén de producto terminado y gestión de proveedores

La tercera oleada cierra el ciclo de intervención extendiendo la lógica del sistema pull o JIT hacia los extremos de la cadena: el almacén de producto terminado y la gestión de proveedores. Estas intervenciones son las de mayor plazo de maduración del modelo, ya que sus efectos dependen en parte de cambios en la dinámica relacional con actores externos y de la consolidación de los resultados de las oleadas anteriores. Intervenir en el almacén de producto terminado antes de que la producción sea estable generaría mejoras parciales inmediatamente erosionadas por la variabilidad de las etapas precedentes del flujo; e intervenir en la relación con proveedores antes de que la planta tenga criterios formalizados de calidad en la recepción, equivaldría a exigir al proveedor estándares que la propia empresa aún no es capaz de verificar ni registrar.

En el almacén de producto terminado, la intervención central es la implantación del criterio FEFO como principio rector de la gestión de expediciones, complementado con un checklist de verificación de condiciones de carga que garantice la integridad de la cadena de frío en el momento de la expedición. Su implantación requiere una demarcación física del almacén por zonas de caducidad (zona de expedición prioritaria para lotes con menos de 3 días de vida útil restante y zona estándar para el resto), además de una hoja de expedición diaria que el responsable de almacén completa, ordenando los lotes disponibles por fecha límite antes de asignar cualquier pedido, esto ayuda a garantizar que ningún lote caduque por falta de criterio de rotación. El FEFO, equivalente alimentario del FIFO automotriz adaptado a la variable de vida útil residual del producto, elimina la causa directa de las roturas por caducidad en almacén y mejora la fiabilidad del servicio al cliente al garantizar que el producto expedido tiene la máxima vida útil posible. El objetivo operativo es elevar el OTD y reducir las roturas de producto terminado.

En la gestión de proveedores, la intervención es el diseño e implantación de una ficha de evaluación de proveedores con criterios de homologación formalizados, que transforme la relación transaccional actual en una relación colaborativa con compromisos explícitos de desempeño en calidad, plazo y fiabilidad. Esta intervención no genera resultados inmediatos, pero establece la arquitectura relacional sobre la que se construirá, en un horizonte de tiempo aproximado de 6-12 meses. La ficha de evaluación recoge para cada proveedor 4 indicadores construidos directamente a partir de los registros del procedimiento estándar de recepción implantado en la primera oleada:

i. Temperatura media de entrega en el último mes/trimestre/semestre.
ii. Tasa de merma en la recepción.
iii. Puntualidad de entrega.
iv. Número de incidencias documentadas.

El valor de este tipo de evaluaciones no reside en la sofisticación del instrumento sino en el cambio de lógica relacional que instala, el proveedor deja de recibir únicamente retroalimentación negativa ante incidencias graves y pasa a disponer de información periódica sobre su propio desempeño, lo que da pie a la posibilidad de una mejora colaborativa orientada a criterios compartidos. Esta es, en esencia, la misma lógica que ha permitido a la industria automotriz construir cadenas de suministro en las que el proveedor es un socio activo de la mejora continua y no un agente externo al que se exige sin informar.

5.4.5 Controlar: criterios de evaluación y control para una futura implementación

La fase Controlar tiene como objetivo garantizar que los resultados obtenidos durante la implementación del piloto sean sostenibles en el tiempo y que el sistema disponga de los mecanismos necesarios para detectar y corregir desviaciones antes de que estas reviertan los avances conseguidos. En el contexto de la industria alimentaria, donde la presión operativa diaria tiende a desplazar las prácticas de mejora cuando no están institucionalizadas en rutinas y sistemas de seguimiento formales, la fase de control es tan crítica como la de mejora, una intervención sin sistema de control es una intervención con fecha de caducidad.

El sistema de control diseñado para el piloto opera en tres frecuencias complementarias que cubren la totalidad del horizonte temporal relevante, el turno, la semana y el mes. Cada frecuencia tiene un propósito diferenciado, un responsable definido y un entregable concreto. Su articulación conjunta garantiza que ninguna desviación permanezca sin registro durante más de un turno, que ninguna tendencia negativa se consolide durante más de una semana sin respuesta estructurada, y que ninguna etapa sea declarada consolidada sin que los datos lo demuestren de forma sostenida a lo largo de un periodo suficientemente representativo.

A nivel de turno los operarios registran los valores de sus indicadores clave, los contrastan con los objetivos piloto y determinan el estado de cada uno en la escala de semáforo según los umbrales definidos en cada tablero, de forma que cualquier desviación respecto al objetivo sea visible para el equipo antes del cierre de turno y pueda activar una respuesta inmediata sin necesidad de escalar la información. El control diario se ejecuta mediante los 3 tableros físicos de área diseñados, los cuales se encuentran en los anexos del presente trabajo, el tablero de recepción, producción y almacén de producto terminado.

Esta operación proporciona la visibilidad mínima necesaria para detectar desviaciones antes de que se acumulen e impacten de forma irreversible sobre la calidad o la disponibilidad del producto. Esta condición es especialmente crítica en un entorno de producto perecedero, donde cada turno sin control representa tiempo de vida útil consumido sin información disponible para la toma de decisiones. Cualquier indicador registrado en estado de alerta, activa el protocolo de incidencia correspondiente, el responsable de área identifica la causa probable, documenta la acción correctiva inmediata en el espacio habilitado en el tablero y notifica al responsable de turno antes del cierre de la jornada.

A nivel semanal, el responsable de producción revisa con el equipo los indicadores del periodo, OEE acumulado, tasa de caducidades, OTD parcial y tiempo de cambio medio, y registra las causas de las desviaciones detectadas en un registro de incidencias que alimenta el proceso de mejora continua. Este control se materializa en una reunión de formato invariable, en la que participan el responsable de producción y los responsables de cada una de las 3 áreas piloto. Su estructura es la misma todas las semanas: revisión de los tableros del periodo, identificación de las 3 desviaciones de mayor frecuencia o impacto y análisis de causa para cada una de ellas y asignación explícita de un responsable y un plazo de resolución. La invariabilidad de este formato no responde a una exigencia de procedimiento sino a una condición de eficacia demostrada, cuando la estructura de la reunión varía en función de las circunstancias de cada semana, el tiempo disponible se invierte en organizar el espacio de discusión en lugar de resolver los problemas que la motivan.

A nivel mensual, la dirección revisa el conjunto de indicadores del cuadro de mando integral y evalúa el grado de avance respecto a los objetivos del piloto, tomando decisiones sobre la necesidad de ajustar las intervenciones o de escalar el modelo a otras áreas de la organización. Por otro lado, el control mensual evalúa las condiciones de escalado del modelo hacia el canal de distribución, que quedó fuera del alcance del piloto ya que implica la coordinación con actores externos a la organización. La condición para iniciar este escalado es que la totalidad de las etapas internas del piloto se encuentren simultáneamente en estado de consolidación, lo que garantiza que la mejora en el nivel de servicio al cliente no se produce a expensas de la estabilidad operativa interna.

Los indicadores de control quedan organizados en cuatro dimensiones que cubren el conjunto de las familias de ineficiencias intervenidas. La dimensión de eficiencia productiva incluye el OEE por turno, el tiempo de cambio medio y el número de paradas no planificadas. La dimensión de gestión de inventarios incluye la tasa de caducidades de materias primas, el stock medio en días de cobertura y el número de roturas en producto terminado. La dimensión de calidad y trazabilidad incluye la tasa de rechazos en la recepción, el número de lotes con trazabilidad completa y el número de incidencias de etiquetado por lote. La dimensión de servicio al cliente incluye el OTD semanal, el número de devoluciones y el porcentaje de expediciones con checklist de cadena de frío completado.

La sostenibilidad del sistema de control depende de que los instrumentos de seguimiento estén integrados en las rutinas operativas del equipo y no sean percibidos como una carga adicional de trabajo administrativo. Por esta razón, todos los formatos de registro propuestos en el modelo han sido diseñados para completarse en el propio puesto de trabajo en tiempo real y sin requerir transferencia posterior de información a sistemas externos. Los tableros de control diario, los checklist pre-turno y los registros de incidencias son los únicos instrumentos de captura de datos a nivel operativo; su consolidación semanal y mensual es responsabilidad del nivel de supervisión, que agrega y analiza la información sin que el operario deba abandonar su puesto.

El sistema de control descrito no es un mecanismo de vigilancia sobre el trabajo de los operarios, sino una arquitectura de aprendizaje organizativo, cada registro en el tablero, cada reunión semanal e indicador de control mensual de consolidación produce información que el sistema utiliza para mejorar su propio funcionamiento. Esta dinámica define el funcionamiento del ciclo DMAIC en su conjunto y distingue a las organizaciones que aprenden de aquellas que simplemente ejecutan.

5.5 Principios y objetivos del estado futuro de la cadena alimentaria

La propuesta de estado futuro constituye la síntesis conceptual de todo el trabajo desarrollado en los epígrafes anteriores. Su función no es repetir las intervenciones ya descritas, sino mostrar de forma integrada cómo la cadena de la empresa tipo operaría una vez que el modelo Lean-DMAIC y las herramientas propuestas han sido implementadas en su totalidad y las tres oleadas del piloto han alcanzado el estado de consolidación definido en la fase Controlar. El estado futuro no es una proyección optimista ni un escenario ideal desconectado de las restricciones del sector, sino la orientación estructural que resulta de aplicar de forma coordinada y secuenciada las intervenciones propuestas sobre los indicadores del estado actual documentados a lo largo del presente capítulo.

La comparación entre el estado actual y el estado futuro responde a la lógica del mapa de flujo de valor como herramienta de diagnóstico y diseño, el estado actual revela dónde está el sistema hoy y por qué opera de esa forma; el estado futuro define a dónde debe llegar y qué debe cambiar para que eso sea posible. En la industria automotriz, la construcción del estado futuro no es el punto final de un proyecto de mejora sino el punto de partida del siguiente ciclo de mejora continua. Esta misma lógica es la que se propone transferir a la industria alimentaria, el estado futuro aquí descrito no cierra el proceso de transformación organizativa, sino que establece la línea base desde la que el siguiente ciclo de mejora deberá operar. La cuantificación exacta de los tiempos recuperados y su traducción económica se desarrollan en el capítulo 6, una vez que las intervenciones han sido calculadas sobre la base de los parámetros del escenario de referencia.

5.5.1 Principios organizativos del estado futuro

El estado futuro de la cadena no se define por la incorporación de tecnología nueva ni por la ampliación de la capacidad productiva instalada, sino por la transformación de tres dimensiones organizativas que en el estado actual operan de forma deficiente y que constituyen la causa raíz de la mayor parte de las ineficiencias identificadas. Estas tres dimensiones son la disciplina de proceso, la integración de la información y la orientación al flujo continuo, y su transformación es precisamente lo que el modelo propone como resultado alcanzable sin inversión en infraestructura adicional.

La disciplina de proceso significa que cada operación del flujo se ejecuta de acuerdo con un procedimiento definido, documentado y conocido por el equipo con criterios objetivos de aceptación y rechazo y con mecanismos de detección de desviaciones integrados en la propia operación. En el estado futuro, ninguna decisión operativa relevante depende del criterio individual de quien está en el puesto: los SOPs en la recepción, los checklists pre-turno, los protocolos de verificación de primera unidad y los formatos de registro de incidencias sustituyen la improvisación por la estandarización sin eliminar la capacidad de respuesta ante situaciones no previstas.

La integración de la información significa que los datos relevantes para la toma de decisiones, el estado del stock, el programa de producción, las fechas de caducidad de los lotes y el nivel de servicio al cliente son visibles en tiempo real para quienes lo necesitan, sin necesidad de búsquedas manuales ni de transferencias de información entre sistemas incompatibles. En el estado futuro, los tableros visuales de área, los sistemas FIFO y FEFO son señalización física y los Kanban de reposición hacen visible el estado del sistema sin requerir infraestructura avanzada, aplicando el principio de gestión visual que la industria automotriz ha demostrado como el mecanismo más eficaz para reducir la variabilidad en entornos de alta presión operativa.

La orientación al flujo continuo significa que el sistema está diseñado para que el producto avance hacia el cliente de la forma más directa posible, eliminando las esperas, los almacenamientos intermedios innecesarios y los reprocesos que en el estado actual consumen la mayor parte del Lead Time sin añadir ningún valor. En el estado futuro, la lógica pull sustituye a la lógica push, la producción se activa por la demanda real del cliente y no por la lógica de lotes mínimos que en el estado actual genera sobre stock y acorta la vida útil disponible del producto terminado.

5.5.2 El estado futuro como punto de partida del siguiente flujo

El estado futuro descrito en este epígrafe no constituye el horizonte final del proceso de mejora, sino su primer ciclo completado. Una vez que la cadena interna opera con los niveles de estabilidad y confiabilidad aquí definidos, el siguiente ciclo de mejora podrá orientarse hacia dimensiones de mayor complejidad organizativa, como la integración del canal de distribución, la digitalización progresiva de los sistemas de registro y la extensión del modelo de evaluación colaborativa a la totalidad de la red de proveedores.

Esta progresión no es arbitraria sino estructuralmente necesaria. La integración del canal de distribución requiere que el flujo interno sea suficientemente estable para que los compromisos de servicio con el cliente puedan sostenerse sin recurrir a sobre stock como mecanismos compensatorio. La digitalización de los registros requiere que los procesos estén previamente estandarizados, porque automatizar un proceso inestable solo acelera la generación de errores. La extensión del modelo colaborativo a los proveedores requiere que la planta haya demostrado internamente la disciplina operativa que va a exigir a sus proveedores, porque ninguna relación colaborativa es sostenible cuando el actor que lidera la mejora no ha resuelto primero sus propias ineficiencias.

El estado futuro es el estado actual del próximo ciclo de mejora. La lógica de la mejora continua no tiene punto de llegada, solo puntos de partida sucesivamente más exigentes, y es precisamente esta característica la que distingue a las organizaciones que han incorporado el pensamiento Lean como cultura organizativa de aquellas que lo han adoptado como proyecto puntual. La industria alimentaria transformadora tiene ante sí la oportunidad de recorrer ese mismo camino con la ventaja de poder aprender de décadas de experiencia acumulada en el sector automotriz, evitando los errores ya cometidos y aprovechando los principios ya demostrados.

5.6 Impacto esperado sobre las cinco familias de problemas

El presente epígrafe cierra el ciclo analítico del capítulo interpretando el impacto de las intervenciones propuestas sobre cada una de las cinco familias de problemas identificadas en los capítulos anteriores. Su propósito no es anticipar la cuantificación económica de ese impacto, que se desarrolla en el capítulo 6, sino interpretar la transformación propuesta en clave de las familias analíticas que estructuran el diagnóstico del proyecto, mostrar en qué medida la propuesta responde, familia por familia, a las ineficiencias que justificaron la investigación. Esta lectura por familia es también la que permite conectar de forma explícita el estado futuro con las preguntas de investigación que articulan el capítulo, cerrando el argumento que se abrió en el epígrafe 5.1.

5.6.1 Estandarización y control

La familia de estandarización y control agrupa las ineficiencias derivadas de la ausencia de procedimientos formalizados, criterios objetivo de aceptación y mecanismos de detección temprana de desviaciones. En el estado actual, el sistema opera con una dependencia estructural del criterio individual del operario, cada decisión sobre aceptación de materias primas, gestión de incidencias en línea o verificación de envasado recae sobre el juicio de quien está presente, sin un procedimiento que garantice la repetibilidad del resultado ni la trazabilidad de la decisión.

Las intervenciones de la oleada 1 y 2 abordan esta familia de forma directa y sistemática. El procedimiento estándar de recepción formaliza por primera vez los criterios objetivos de aceptación de materias primas perecederas, eliminando la variabilidad asociada al criterio individual y haciendo el proceso auditable. El procedimiento estándar de envasado introduce la verificación de primera unidad por lote como mecanismo de control en proceso, que detecta los errores de etiquetado en el momento en que se producen sin esperar a que se haya contaminado toda la tirada. La implantación de 5S en la recepción y almacén de materias primas organiza el entorno físico de forma que las anomalías sean visibles sin necesidad de buscarlas.

El impacto esperado sobre esta familia es de los más importantes del conjunto, la reducción de la tasa de rechazo y de los defectos de envasado son resultados alcanzables en el horizonte de la oleada 1 y 2 respectivamente, cuya traducción económica se calcula posteriormente. El indicador de seguimiento más relevante para esta familia es el porcentaje de operaciones ejecutadas conforme al procedimiento estándar correspondiente, que los tableros de área registran turno a turno y que la revisión semanal convierte en información accionable.

5.6.2 Planificación y coordinación

La familia de planificación y coordinación agrupa las ineficiencias derivadas de la gestión reactiva del aprovisionamiento, la ausencia de horizonte de planificación compartido con los proveedores y la desalineación entre la demanda real del cliente y el programa de producción interno. En el estado actual, la cadena opera bajo una lógica push en la que cada eslabón produce y aprovisiona según su propia estimación de la situación, generando el efecto látigo que amplifica la variabilidad de la demanda a medida que asciende por la cadena.

El sistema FIFO con Kanban de reposición, el horizonte de demanda compartido con los proveedores y el programa de expedición pull son las 3 intervenciones que transforman esta familia. Su efecto combinado es la transición de una lógica de aprovisionamiento reactivo que genera sobre stock, caducidades y pedidos urgentes, a una lógica de reposición reglada por consumo real, en la que ningún eslabón de la cadena interna toma decisiones de aprovisionamiento basadas en estimaciones sino en señales objetivas del nivel de stock. La reducción del stock de materias primas de 8 días y la eliminación del desperdicio por caducidades del 7% serán los indicadores más representativos del impacto sobre esta familia.

5.6.3 Ejecución operativa y confiabilidad

La familia de ejecución operativa y confiabilidad agrupa las ineficiencias derivadas del bajo OEE, las paradas no planificadas y los tiempos de cambio de producto excesivos. En el estado actual, la línea de transformación opera al 44,6% de su capacidad efectiva potencial, con 2,5 horas diarias de paradas no planificadas y cambios de producto de 100 minutos que consumen el tiempo que el sistema necesitaría para absorber la variabilidad de la demanda sin generar presión sobre las etapas adyacentes.

El checklist de mantenimiento autónomo pre-turno y el análisis SMED son las dos intervenciones que actúan directamente sobre esta familia. El primero transforma la relación del operario con el equipo de reactiva a preventiva, instalando una rutina diaria que detecta las señales de deterioro antes de que se conviertan en una avería no planificada.

El segundo reorganiza el cambio de producto separando las actividades que actualmente se realizan con la línea parada y que podrían preparase con antelación, reduciendo el tiempo de indisponibilidad de 100 minutos sin modificar ningún equipo ni adquirir ninguna herramienta adicional. El impacto combinado sobre el OEE, que busca ascender a ≈72% representa la recuperación de aproximadamente 130 minutos productivos por turno que el sistema actualmente consume en esperas e interrupciones evitables y constituye la intervención de mayor impacto operativo del modelo.

5.6.4 Datos y trazabilidad

La familia de datos y trazabilidad agrupa las ineficiencias derivadas de la ausencia de registros estructurados, la trazabilidad exclusivamente manual y la inexistencia de indicadores operativos por turno y área. En el estado actual, el sistema no dispone de visibilidad sobre su propio funcionamiento, ningún responsable puede saber, en tiempo razonablemente inmediato, cuántas unidades se han producido en el turno anterior, qué lotes están en qué punto del flujo o cuántas incidencias de calidad se han registrado en la semana.

Esta familia es la que experimenta la transformación más profunda en términos cualitativos, aunque su impacto no sea directamente cuantificable de forma aislada. Los tres tableros físicos de seguimiento por área, los procedimientos estándar con sus hojas de registro incorporadas y la ficha de evaluación mensual de proveedores instalan en la organización una arquitectura de visibilidad que antes no existía. La información no se mide únicamente en el ahorro directo que genera, sino en la capacidad que instala, un sistema que no mide no puede mejorar, y un sistema que mide con registros estructurados puede identificar oportunidades de mejora que antes permanecían invisibles. Esta capacidad es la que hace posible el ciclo Lean-DMAIC una vez que el piloto esté consolidado.

5.6.5 Gestión de insumos

La familia de gestión de insumos agrupa las ineficiencias derivadas de la relación transaccional con los proveedores de materias primas perecederas, la ausencia de criterios de calidad formalizados en origen y la inexistencia de mecanismos de evaluación periódica del desempeño. En el estado actual, la variabilidad de los insumos es absorbida íntegramente por la planta, ya que el proveedor no dispone de los criterios necesarios para reducirla desde el origen ni recibe información suficiente sobre cómo su desempeño impacta en el flujo receptor.

La ficha de evaluación mensual de proveedores y el procedimiento estándar de recepción como instrumento de generación de datos son las dos intervenciones que abordan esta familia. Su impacto no sería inmediato, la mejora en la relación con los proveedores requiere tiempo y acumulación de confianza, pero su dirección es clara. Se trata de transformar una relación en la que el proveedor solo recibe retroalimentación ante incidencias graves en una relación en la que dispone de información periódica objetiva sobre su propio desempeño, lo que crea por primera vez las condiciones para una mejora colaborativa orientada a criterios compartidos. El impacto sobre esta familia se manifestaría principalmente a través de la reducción indirecta de las caducidades en la recepción y de la variabilidad de la merma de entrada, cuyos efectos operativos quedan recogidos en las familias 1 y 2 y cuya cuantificación será calculado en el análisis de rentabilidad operativa.

5.6.6 Síntesis del impacto por familias

La Tabla 17 recoge de forma integrada el impacto esperado de la propuesta sobre cada familia de problemas, con los indicadores de seguimiento correspondientes:

Familia	Intervenciones clave	Indicadores objetivo	Plazo
Estandarización y control	SOP recepción SOP envasado 5S + demarcación	Rechazo: 5% → ≤2% Defectos env.: 3% → ≤0,5% SOP cumplido: 100%	Oleadas 1 y 2 Semana 1-10
Planificación y coordinación	FIFO visual Kanban recepción Horizonte compartido	Caducidades: 7% → ≤2% Stock MP: 8d → 3d Pedidos reactivos: 0	Oleada 1 Semana 1-4
Ejecución operativa y confiabilidad	SMED cambio de producto TPM autónomo Trabajo estándar	OEE: 44,6% → ≥72,4% Cambio: 100 min → 45 min Paradas: 2,5h/día → 1,25h/día	Oleada 2 Semana 5-10
Datos y trazabilidad	Tableros por área Hojas de registro Hojas control en recepción	KPIs visibles 100% Trazabilidad estructurada Incidencias registradas	Oleadas 1, 2 y 3 Transversal
Gestión de insumos	SOP recepción SOP envasado 5S + demarcación	Incidencias: 0 críticas/mes Variabilidad MP: -40% Relación: colaborativa	Oleada 3 Semana 11-16

Tabla 17. Impacto esperado sobre las 5 familias de problemas y plazo de transferencia

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

La lectura de la tabla revela una estructura de impacto que es deliberadamente secuenciada. Las familias de estandarización y control y de planificación y coordinación concentran los resultados más visibles de las primeras cuatro semanas del piloto, precisamente porque sus intervenciones generan la base de estabilidad sobre la que el resto puede operar. La familia de ejecución operativa produce su mayor impacto en la oleada 2, una vez que el flujo de entrada está estabilizado y la variabilidad de los insumos ya no erosiona los beneficios de la mejora en producción.

La familia de datos y trazabilidad actúa de forma transversal a lo largo de las tres oleadas, funcionando como el sistema nervioso del modelo, no genera impacto directo por sí misma, sino que hace posible que las demás familias generen el suyo de forma sostenida y medible. La familia de gestión de insumos produce un impacto principalmente indirecto, cuya magnitud se manifiesta en las familias 1 y 2 a través de la reducción de la variabilidad en la recepción de materia prima.

Esta estructura de impacto secuenciado es, en sí misma, una de las aportaciones del proyecto. La industria alimentaria transformadora de productos perecederos tiende a mejorar su rendimiento operativo a través de iniciativas puntuales sobre etapas individuales como una nueva línea de envasado, software de gestión de almacén o certificaciones de calidad. El fracaso recurrente de estas iniciativas no se debe a que las herramientas sean inadecuadas, sino a que se aplican sobre un sistema que no tiene la base organizativa necesaria para sostenerlas. El modelo propuesto invierte esta lógica, construye primero la base de estandarización, planificación y visibilidad, para que sobre ella se introduzcan las mejoras de mayor complejidad. Es exactamente la secuencia que la industria automotriz siguió en su propio proceso de maduración organizativa, y es la que el presente trabajo propone transferir, con las adaptaciones necesarias, al contexto de la transformación de productos perecederos.

Es necesario señalar, un principio fundamental de la mejora continua que condiciona la interpretación de los resultados presentados: la magnitud del impacto esperado está directamente relacionado con la distancia entre el estado de partida y el estándar de referencia. Un sistema que opera con un OEE del 44,6%, una tasa de caducidades del 7% y un Lead Time con el 96% de tiempo sin valor añadido ofrece un margen de mejora excepcionalmente amplio, precisamente porque sus ineficiencias son de naturaleza organizativa básica. Las intervenciones propuestas producen impactos tan significativos en este contexto porque actúan sobre un sistema que no ha sido formalizado, y cada herramienta aplicada resuelve una brecha que en entornos más maduros ya habría sido cerrada en ciclos anteriores de mejora.

La mejora continua no produce rendimientos constantes, cada ciclo de mejora resulta más exigente que el anterior porque trabaja sobre un sistema progresivamente más eficiente, en el que las ineficiencias residuales son más pequeñas, más difíciles de identificar y más costosas de eliminar. Para ilustrar esta diferencia de forma cuantificable y demostrar que el modelo propuesto es igualmente aplicable en contextos con mayor nivel de madurez inicial, el subapartado siguiente presenta un segundo escenario de referencia con indicadores de partida más favorables, sobre el que se aplican las mismas intervenciones y se estima el impacto esperado con la misma metodología.

5.7 Límites y condiciones de aplicación de la propuesta

El modelo de adaptación estructural Lean-DMAIC desarrollado en el presente capítulo ha sido construido sobre un escenario de referencia deliberadamente definido, con parámetros operativos, características organizativas y condiciones de entorno específicas que no representan a la totalidad del sector agroalimentario transformador. Todo modelo de mejora opera dentro de un conjunto de supuestos que determinan el alcance de sus resultados y las condiciones bajo las cuales la propuesta mantiene su validez es tan importante como la propuesta misma, porque permite a cualquier organización evaluar de forma objetiva en qué medida su situación particular se corresponde con el escenario de referencia y qué adaptaciones adicionales podría requerir su implementación. Los límites que se describen a continuación no invalidan el modelo sino que delimitan el espacio dentro del cual sus resultados son razonablemente esperados.

La primera condición de aplicabilidad es el perfil de la empresa receptora. El modelo ha sido diseñado para empresas medianas del sector alimentario transformador con producción continua, cadena de suministro de complejidad media y un nivel de madurez organizativa básico o moderado. En empresas de menos tamaño, con estructuras de gestión muy informales y sin ningún antecedente de trabajo por procedimientos, las intervenciones de las oleadas 1 y 2 pueden requerir un esfuerzo de acompañamiento organizativo previo que el modelo no contempla explícitamente. En empresas de mayor tamaño y mayor complejidad operativa, las intervenciones propuestas pueden resultar insuficientes como punto de llegada, aunque siguen siendo válidas como punto de partida de un proceso de mejora de mayor alcance.

La segunda condición es el compromiso directivo. Ninguna de las intervenciones propuestas requiere inversión tecnológica significativa, pero todas requieren que la dirección de la empresa destine tiempo, atención y autoridad organizativa al proceso de cambio. La implantación de procedimientos estándar fracasa cuando los operarios perciben que la dirección no los sigue ni los exige de manera consistente; el sistema de reuniones semanales pierde eficacia cuando el responsable de producción no dispone del tiempo ni del mandato para tomar decisiones en ese espacio. El modelo asume un nivel mínimo de compromiso directivo que, si no está presente, convierte las intervenciones en ejercicios documentales sin impacto operativo real.

La tercera condición es la estabilidad mínima del entorno operativo. El modelo está diseñado para operar en un entorno con variabilidad moderada y predecible. En contextos de alta volatilidad estacional, con picos de demanda que multiplican por tres o cuatro el volumen habitual, o con cadenas de suministro sometidas a disrupciones frecuentes e impredecibles, algunas de las herramientas propuestas, especialmente el Kanban de reposición y el horizonte de demanda compartido con proveedores, puede requerir de adaptaciones adicionales que el modelo no desarrolla con su formulación actual. Esta limitación no es exclusiva del presente trabajo sino inherente a cualquier modelo de gestión del flujo basado en la estabilización de la demanda.

La cuarta condición es la secuencia de implementación. El modelo ha sido diseñado con una arquitectura secuencial deliberada en la que cada oleada genera las condiciones organizativas necesarias para que la siguiente pueda ejecutarse con éxito. La implementación simultánea de todas las intervenciones, o a la inversión del orden propuesto, comenzando por las de mayor complejidad antes de haber consolidado las de base, reduce significativamente la probabilidad de éxito del conjunto. Esta condición no es una restricción técnica sino una lección aprendida de la literatura sobre implementación de metodologías Lean en entornos de baja madurez organizativa, la velocidad de implementación no es una virtud cuando el sistema receptor no ha desarrollado aún la capacidad de absorber el cambio.

Dentro de estos límites, el modelo propuesto ofrece una hoja de ruta estructurada, trazable y adaptable para la transformación operativa de empresas alimentarias transformadoras que reconocen en sus propias ineficiencias el mismo patrón sistémico que la industria automotriz resolvió mediante la aplicación disciplinada de principios Lean. Su grado de aplicación depende de la voluntad organizativa de sustituir la improvisación por el estándar, la reactividad por la planificación y la invisibilidad por la gestión visual. Estos tres cambios, que son los que el modelo propone en su núcleo, no tienen coste de adquisición sino coste de aprendizaje, y es precisamente este coste el que la industria automotriz ya ha pagado y del que la industria alimentaria puede beneficiarse mediante la transferencia intersectorial que articula el presente trabajo.

Capítulo 6. Análisis de rentabilidad operativa

El presente capítulo constituye la evaluación económica del modelo de adaptación estructural Lean-DMAIC propuesto en el capítulo anterior. A diferencia de un presupuesto convencional orientado a cuantificar el coste de una inversión, el enfoque adoptado en este trabajo responde a una lógica de cuantificación del ahorro generado, dado que el modelo no requiere de una inversión tecnológica significativa, la justificación económica de su implantación reside en la cuantificación del valor económico que las ineficiencias actuales consumen cada mes y en la cuantificación del ahorro en costes directamente atribuible a cada intervención propuesta.

En el sector alimentario, las decisiones de mejora operativa raramente se fundamentan en un análisis sistemático del coste de las ineficiencias que se pretendan eliminar. Con mayor frecuencia las intervenciones se justifican de forma cualitativa, mediante argumentos de eficiencia o sostenibilidad, sin que exista una cuantificación explícita del ahorro esperado que permita evaluar la pertinencia de la inversión de tiempo y recursos organizativos. El modelo propuesto invierte esta lógica: primero se mide lo que se pierde, después se estima lo que puede recuperarse, y sobre esa base se evalúa si el esfuerzo de implementación está justificado.

La estructura del capítulo sigue la secuencia lógica del análisis. En primer lugar, se presentan los parámetros económicos base derivados del escenario de referencia definido en el capítulo 5. A continuación, se cuantifican las pérdidas actuales por etapa del flujo, obteniendo el coste mensual total de las ineficiencias identificadas. Sobre esa base, se cuantifica el ahorro operativo esperado por intervención, organizados por oleada de implementación y se presenta el resumen comparativo entre el estado actual y el estado futuro. El capítulo concluye con la evaluación de la viabilidad económica del modelo mediante los indicadores estándar de ahorro, el periodo de recuperación, el análisis de escenarios y la comparación con el coste de no actuación. Se incluye, asimismo, un segundo análisis de caso correspondiente a un escenario de empresa con madurez organizativa media, con el propósito de demostrar que el modelo mantiene su justificación económica en contextos con menor margen de mejora inicial.

6.1 Parámetros económicos base del escenario de referencia

La cuantificación económica en el presente capítulo se construye sobre los parámetros del escenario de referencia definidos en el epígrafe 5.3.1. Todos los valores monetarios son estimaciones orientativas elaboradas a partir de rangos documentados en la literatura académica y técnica, coherentes con el perfil de una empresa mediana del sector alimentario transformador con las características descritas en dicho escenario. La tabla 18 recoge los parámetros económicos base que articulan el conjunto de cálculos posteriores.

Parámetro	Cálculo	Valor
Producción diaria	Dato base del escenario	2.000 ud/día
Precio producto terminado	Dato base del escenario	3 €
Precio materia prima	40% del precio PT	1.20 €/ud
Días laborables/mes	Estándar industria	22 días
Duración de turno	Dato base del escenario	480 minutos (8h)
Valor de producción diaria	2.000 ud x 3 €	6.000 €
Valor de producción mensual	6.000 € x 22 días	132.000 €
Valor de MP diaria	2.000 x 1,20 €/ud	2.400 €
Valor de MP mensual	2.400 € x 22 días	52.800 €
Valor de producción por hora	6.000 € ÷ 8h	750 €/h
Stock de MP (8 días)	2.400 € x 8 días	19.200 €
Stock de PT (10 días)	6.000 € x 10 días	60.000 €

Tabla 18. Parámetros económicos base del escenario de referencia

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

El parámetro central sobre el que se construyen los cálculos de capacidad productiva es el valor de producción por hora cifrado en 750 €/h. Este valor actúa como precio de oportunidad del tiempo improductivo, cada hora que la línea de transformación no produce representa 750 € de lucro cesante. Esta lógica de coste de oportunidad es la que permite traducir indicadores operativos como el OEE o el tiempo de cambio en impacto económico directo, haciendo visible la magnitud real de las ineficiencias que en el análisis técnico aparecen expresadas en minutos o porcentajes.

6.2 Cuantificación de las pérdidas en el estado actual

La cuantificación de las pérdidas del estado actual se realiza etapa por etapa siguiendo la secuencia del VSM representado en la Ilustración 6. Para cada etapa se identifican las ineficiencias documentadas en el diagnóstico del capítulo 5, se aplican los indicadores del escenario de referencia y se obtiene el coste mensual asociado. El resultado es una estimación del valor económico total que el sistema pierde mensualmente como consecuencia de sus ineficiencias estructurales.

6.2.1 Pérdidas en la etapa de recepción de materias primas

La etapa de recepción concentra dos fuentes de pérdida diferenciadas. La merma de entrada originada por el deterioro del producto durante el proceso manual de inspección y descarga se estima en un 5,5% del valor de la materia prima diaria, aplicando el promedio del rango 3-8% documentado para empresas sin criterios formalizados de recepción. Los rechazos correspondientes a partidas que no superan el control básico de entrada se estiman en un 5% adicional del valor de MP diaria.

Pérdida	Cálculo	Valor
Merma en la recepción (5,5% promedio)	2.400 € x 5,5% x 22 días	2.904 €/mes
Rechazos MP (5%)	2.400 € x 5% x 22 días	2.640 €/mes
SUBTOTAL RECEPCIÓN		**5.544 €/mes**

Tabla 19. Pérdidas mensuales en la etapa de recepción de MP

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

6.2.2 Pérdidas en el almacén de materias primas

El almacén de materias primas registra una tasa de caducidades del 7%, derivada de la ausencia de un criterio formal de rotación FEFO y de la gestión reactiva del aprovisionamiento, que genera sobre stock de manera recurrente. El cálculo aplica este porcentaje sobre el valor mensual total de las materias primas consumidas.

Pérdida	Cálculo	Valor
Caducidades en almacén de MP (7%)	52.800 € x 7%	3.696 €/mes
SUBTOTAL ALMACÉN MP		**3.696 €/mes**

Tabla 20. Pérdidas mensuales en el almacén de materias primas

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

6.2.3 Pérdidas en la etapa de transformación

La transformación constituye la etapa de mayor impacto económico del conjunto del flujo, concentrando el 74,7% del total de pérdidas mensuales del estado actual. Sus tres fuentes de pérdida son cuantitativamente distintas, aunque comparten una misma causa raíz: la ausencia de sistemas de mantenimiento preventivo y de metodologías de reducción del tiempo de cambio.

Las paradas no planificadas consumen 2,5 horas diarias de capacidad productiva. Al precio de oportunidad de 750 €/h, cada hora improductiva representa valor no generado que la empresa no puede recuperar dado el carácter perecedero del producto. El tiempo de cambio de producto, cifrado en 100 minutos por formato (1,67 h/día), produce un impacto equivalente, tiempo de indisponibilidad de la línea que en la industria automotriz se ha demostrado reducible a menos de la mitad mediante la aplicación sistemática de SMED. Los defectos en proceso, aunque representan una fracción menor

del total, reflejan la ausencia de controles en el punto de origen que eviten la propagación de la desviación a lo largo del lote.

Parámetro	Cálculo	Valor
Capacidad perdida por paradas (2,5 h/día)	2,5 h/d x 750 €/h x 22 días	41.250 €/mes
Capacidad perdida por cambio (1,67 h/día)	1,67 h/d x 750 €/h x 22 días	27.555 €/mes
Defectos en proceso (2%)	2.000 x 2% x 3 € x 22 días	2.640 €/mes
SUBTOTAL TRANSFORMACIÓN		**71.445 €/mes**

Tabla 21. Pérdidas mensuales en la etapa de transformación

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

6.2.4 Pérdidas en la etapa de envasado y etiquetado

Los errores de etiquetado y el reproceso asociado representan una pérdida del 3% sobre el total de unidades producidas. En ausencia de un punto de control al inicio del lote, la cual es práctica equivalente a la verificación de primera pieza en la industria automotriz, un error de configuración de la línea de envasado puede contaminar todo el lote antes de ser detectado, convirtiendo un defecto puntual en una pérdida sistemática de producto terminado.

Pérdida	Cálculo	Valor
Errores de etiquetado y reproceso (3%)	2.000 ud x 3% x 3 € x 22 días	3.960 €/mes
SUBTOTAL ENVASADO		**3.960 €/mes**

Tabla 22. Pérdidas mensuales en la etapa de envasado y etiquetado

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

6.2.5 Pérdidas en el almacén de producto terminado

El almacén de producto terminado ilustra la paradoja característica de las cadenas no optimizadas descrita en el capítulo 5, la cual es la coexistencia de 10 días de stock acumulado con una tasa de roturas de servicio del 5%. Las roturas se calculan sobre el valor del stock rotado mensualmente. El impacto del OTD insuficiente se cuantifica mediante la penalización estimada del 15% sobre el valor de los pedidos entregados fuera de plazo, parámetro con el rango del 5-15% sobre valor del pedido documentado en la literatura sobre contratos de suministro con distribución organizada (AuraVMS, 2024; SourceDay, 2025), adoptando el extremo superior como criterio metodológico del escenario de referencia.

Parámetro	Cálculo	Valor
Roturas de PT (5% x 2,2 rotaciones/mes)	60.000 x 5% x 2,2	6.600 €/mes
OTD insuficiente (22% pedidos tardíos x 15% penalización)	132.000 € x 22% x 15%	4.356 €/mes
SUBTOTAL ALMACÉN PT		**10.956 €/mes**

Tabla 23. Pérdidas mensuales en el almacén de producto terminado

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

Las rotaciones mensuales del stock de producto terminado se obtienen dividiendo los días laborables del mes entre los días de cobertura del stock actual: 22 días ÷ 10 días de stock = 2,2 rotaciones/mes.

6.2.6 Resumen de las pérdidas totales en el estado actual

La Tabla 24 consolida las pérdidas mensuales de cada etapa, ofreciendo una visión integrada del coste total de las ineficiencias del sistema en su estado actual. La magnitud de la cifra obtenida superior a los 95.000 € mensuales, pone de manifiesto que el coste de la ineficiencia no es un problema marginal ni puntual, sino una pérdida estructural sostenida que afecta el resultado operativo de la empresa mes a mes.

Etapa del flujo	Pérdida mensual (€)	% del total
Recepción de materias primas	5.544 €	5,8%
Almacén de materias primas	3.696 €	3,9%
Transformación	71.445 €	74,7%
Envasado y etiquetado	3.960 €	4,1%
Almacén de producto terminado	10.956 €	11,5%
TOTAL PÉRDIDAS ESTADO ACTUAL	**95.601 €/mes**	**100%**

Tabla 24. Resumen de pérdidas mensuales totales en el estado actual

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

Expresada en términos anuales, la pérdida asciende a 1.147.212 € al año, equivalente al 86,9% del valor de producción mensual. Dicho de otro modo, por cada 100 € de valor que la empresa genera mensualmente, aproximadamente 72 € se pierden antes de llegar al cliente como consecuencia de ineficiencias que son, en mayor parte, de naturaleza organizativa y no tecnológica.

6.3 Cuantificación del ahorro operativo por oleada

El ahorro esperado se cuantifica intervención por intervención, en coherencia con la secuencia de implementación de las tres oleadas definidas en el modelo. Para cada intervención se muestra el indicador de partida, el indicador objetivo y la fórmula de cálculo del ahorro junto con el resultado mensual. Los ratios de mejora aplicados se fundamentan en los resultados documentados en la literatura académica y técnica referenciada en el capítulo 5, entre ellas Ludeña et al. (2022) para la reducción de paradas mediante TPM y Chowdury et al. (2022) para la reducción del tiempo de cambio mediante SMED, y no en estimaciones arbitrarias.

6.3.1 Oleada 1 – Estabilizar recepción y almacén de materias primas

Las intervenciones de la primera oleada actúan sobre el flujo de entrada de la cadena, eliminando la variabilidad en la recepción mediante la implantación del procedimiento estándar de operación (SOP) y la organización visual mediante 5S, y estabilizando la gestión de inventarios en almacén de MP mediante la implantación de FEFO visual con Kanban de reposición. Sus efectos sobre los indicadores de pérdida son los siguientes:

Intervención	Indicador actual	Indicador objetivo	Fórmula del ahorro	Ahorro mensual
SOP recepción – reducción de merma	5,5%	2%	(5,5% - 2%) x 52.800 €	1.848 €
SOP recepción – reducción de rechazos	5%	2%	(5% - 2%) x 52.800 €	1.584 €
FEFO + Kanban – reducción de caducidades MP	7%	2%	(7% - 2%) x 52.800 €	2.640 €
TOTAL OLEADA 1				**6.072 €/mes**

Tabla 25. Ahorros estimados por las intervenciones de la Oleada 1

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

6.3.2 Oleada 2 – Estandarizar transformación y envasado

La segunda oleada concentra las intervenciones de mayor impacto económico del modelo actuando sobre los dos factores que determinan el bajo OEE de la línea de transformación (paradas no planificadas y el tiempo de cambio de producto) y sobre la causa raíz del reproceso de envasado. Los cálculos de la mejora del OEE están fundamentados en las fuentes citadas en el epígrafe 5.3.1 del capítulo anterior, que documentan mejoras del 50% en paradas tras la implantación de mantenimiento autónomo y reducciones del 55% en tiempo de cambio tras la aplicación de SMED en plantas de características similares al escenario de referencia.

El OEE post-implementación se calcula a partir de los nuevos tiempos operativos resultantes de ambas intervenciones, tal como se detalla a continuación:

Factor OEE	Indicador actual	Estado futuro (post Oleada 2)
Tiempo improductivo total	250 min (150 paradas + 100 cambio)	120 min (75 paradas + 45 cambio)
Tiempo operativo real	230 min	360 min
Disponibilidad	47,9%	75%
Rendimiento	95%	97%
Calidad	98%	99,5%
OEE RESULTANTE	**44,6%**	**72,4%**

Tabla 26. Descomposición del OEE antes y después de la Oleada 2

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

La mejora de 27,8 puntos porcentuales en el OEE equivale a la recuperación de 130 minutos productivos por turno, que al precio de oportunidad de 750 €/h representan 1.625 € de valor generado adicional por día operativo. El ahorro específico por intervención se desglosa a continuación:

Intervención	Indicador actual	Indicador objetivo	Fórmula del ahorro	Ahorro mensual
TPM autónomo – reducción de paradas (2,5h → 1,25 h/día)	2,5 h/día	1,25 h/día	1,25 h x 750 €/h x 22 d	20.625 €
SMED – reducción del tiempo de cambio (100 min → 45 min)	1,67 h/día	0,75 h/día	0,92 h x 750 €/h x 22 d	15.180 €
SOP producción – reducción de defectos en proceso (2% → 0,5%)	40 ud/día	10 ud/día	30 ud x 3 € x 22 d	1.980 €
SOP envasado – reducción de errores de etiquetado (3% → 0,5%)	60 ud/día	10 ud /día	50 ud x 3 € x 22 d	3.300 €
TOTAL OLEADA 2				**41.085 €/mes**

Tabla 27. Ahorros estimados por las intervenciones de la Oleada 2

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

6.3.3 Oleada 3 – Optimizar almacén de producto terminado y gestión de proveedores

La tercera oleada actúa sobre los extremos del flujo interno. En el almacén de producto terminado, la implantación del criterio FEFO como principio rector de la gestión de expedientes elimina la causa directa de las roturas por caducidad y mejora la fiabilidad del servicio al cliente. En la gestión de proveedores, la implantación de la ficha de evaluación mensual inicia el proceso de transformación de la relación transaccional en una relación colaborativa, cuyo impacto económico directo se manifestará a través de la reducción indirecta de la variabilidad en recepción en un horizonte de 6 a 12 meses; por esta razón, el ahorro asociado a este intervención no se computa en el análisis mensual, aunque su efecto sinérgico sobre las familias de estandarización y gestión de insumos se reconoce en el análisis cualitativo.

Intervención	Indicador actual	Indicador objetivo	Fórmula del ahorro	Ahorro mensual
FEFO – reducción de roturas en almacén PT (5% → 2%)	5%	2%	(6.600 – 2.640) € = (5% - 2%) x 60.000 x 2,2	3.960€
FEFO + Pull – mejora del OTD (78% → 92%)	78%	92%	(132.000 € x 22% - 132.000 x 8%) x 15% penalización	2.772 €
Evaluación de proveedores – impacto indirecto en variabilidad de recepción	-	-	Efecto diferido (6-12 meses); no computable en análisis mensual	n/a
TOTAL OLEADA 3				**6.732 €/mes**

Tabla 28. Ahorros estimados por las intervenciones de la Oleada 3

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

6.4 Resumen comparativo de la situación lograda tras las mejoras

La Tabla 29 consolida el ahorro operativo obtenido por oleada frente a las pérdidas del estado actual, obteniendo el margen de mejora pendiente de captura una vez implementadas las 3 oleadas del piloto. Este ejercicio comparativo constituye la forma más directa de evaluar el impacto global del modelo, no como suma de intervenciones individuales, sino como la diferencia entre el coste de la pérdida actual y el margen de recuperación después de aplicar de forma coordinada y secuenciada el conjunto de prácticas propuestas.

Concepto	Estado actual (€/mes)	Estado futuro (€/mes)	Ahorro estimado (€/mes)
Recepción – merma y rechazos	5.544 €	2.112 €	3.432 €
Almacén MP – caducidades	3.696 €	1.056 €	2.640 €
Transformación – paradas + cambio + defectos	71.445 €	33.660 €	37.785 €
Envasado – errores de etiquetado	3.960 €	660 €	3.300 €
Almacén PT – roturas y penalizaciones OTD	10.956 €	4.224 €	6.732 €
TOTAL	**95.601 €/mes**	**41.712 €/mes**	**53.889 €/mes**

Tabla 29. Comparativa entre el estado actual y el estado futuro post implementación

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

El modelo propuesto genera un ahorro estimado de **53.889 €/mes**, equivalente al **56,4%** de las pérdidas totales del estado actual. El potencial de optimización no abordado en el horizonte del piloto, cifrado en **41.712 €/mes**, corresponde principalmente al tiempo improductivo no eliminable mediante intervenciones organizativas, cuya reducción requeriría actuaciones tecnológicas de mayor alcance fuera del alcance del presente modelo, así como el efecto diferido de la gestión colaborativa de proveedores, cuyos beneficios se materializan en un horizonte de 6 a 12 meses posterior a la implementación.

De igual forma, el estado futuro post implementación del modelo constituye el escenario de partida de un próximo ciclo de mejora para continuar reduciendo las ineficiencias residuales hasta aproximarse al óptimo operativo. Es importante señalar que los cuatro meses del piloto de implementación representan un periodo de inversión en el que el modelo se despliega de forma progresiva y no genera un ahorro computable; el primer año de operación comienza a contarse a partir del momento en que el sistema opera en pleno rendimiento. Sobre esa base, el ahorro mensual post-piloto se estabiliza en **53.889 €,** lo que equivale a un ahorro anual esperado de **646.668 €** en el primer año completo de operación.

6.5 Coste de implementación del modelo

El modelo de adaptación estructural propuesto no requiere inversión en equipamiento, software ni infraestructura tecnológica. Su implementación se sustenta en recursos organizativos: tiempo de personal, materiales de soporte visual y formación operativa. Esta característica es una de las ventajas comparativas del enfoque respecto a otras soluciones de mejora que exigen inversiones de capital previas antes de generar ahorro.

La Tabla 30 desglosa el coste estimado de implementación del piloto de 16 semanas, incorporando todos los costes directos de diseño, formación y seguimiento como los costes indirectos asociados a la capacidad productiva perdida durante las paradas de línea programadas para la implantación de SMED

y TPM y las horas de producción no recuperables durante las sesiones de formación. Los costes de personal se expresan como horas dedicadas y su equivalente monetario estimado, considerando un coste hora cargado para los perfiles implicados coherente con el tamaño de la empresa del escenario referencia.

Concepto de coste	Descripción	Importe estimado (≈)
Consultoría especializada (6 meses)	2 consultores + Ingeniero de métodos y tiempos + especialista en supply chain management + técnico de certificación de instalaciones industriales	60.000 €
Equipamiento técnico y sistemas de trazabilidad	Básculas de precisión para control de mermas en la recepción, lectores de códigos de barras, sistema de trazabilidad óptica, etiquetadoras automáticas y terminales de captura de datos en línea	25.000 €
Personal y formación	Formación inicial en metodologías Lean y DMAIC para operarios y mandos intermedios, certificación interna de líderes de mejora continua, talleres prácticos de SMED y TPM, materiales didácticos y horas de dedicación del equipo durante el periodo de implementación	30.000 €
Adecuación de infraestructura física	Demarcación de zonas de almacén, instalación de señalización normalizada, tableros Kanban físicos, puntos de control visual en línea de producción, acondicionamiento de áreas para implantación de 5S y reorganización de flujos materiales	15.400 €
SUBTOTAL		**130.400 €**
Gastos indirectos (15%)	Imprevistos, gestión del cambio, horas no planificadas de coordinación y contingencias del proyecto	19.560 €
COSTE TOTAL DEL PILOTO (16 semanas)		**149.960 €** **≈150.000 €**

Tabla 30. Coste de implementación del modelo en el horizonte del piloto

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

El coste total de la implementación del modelo se estima en **150.000 €,** de los cuales el **46%** corresponde a consultoría especializada, reflejo de que el principal recurso que el modelo consume no es infraestructura sino conocimiento técnico aplicado. A diferencia de soluciones de mejora basadas en inversión tecnológica intensiva, el sostenimiento del sistema no requiere renovar los contratos de consultoría ni mantener equipos de alto coste, sino consolidar las rutinas organizativas implantadas durante el piloto. Sobre el subtotal de partidas directas se aplica un 15% en concepto de gastos

indirectos para cubrir imprevistos, horas no planificadas de coordinación y contingencias del proyecto, elevando la inversión total a 150.000€.

6.6 Evaluación de viabilidad económica

La actuación de mejora de procesos implementada ha supuesto una inversión total de **150.000 €.** Como resultado de dicha intervención, se ha obtenido un ahorro recurrente anual estimado de **646.668 €**, derivado de la optimización de los recursos y la eficiencia operativa alcanzada. Desde el punto de vista económico, el proyecto presenta un periodo de recuperación de la inversión (payback) de 0,23 años, equivalente a aproximadamente 2,8 meses, lo que evidencia una rápida amortización del capital invertido y un riesgo financiero reducido. Asimismo, la relación ahorro/coste (A/C) se sitúa en 4,31, lo que implica que por cada euro invertido se evitan 4,31 euros de costes de ineficiencia. Este indicador pone de manifiesto la elevada eficiencia económica de la actuación y su impacto positivo en la cuenta de resultados de la organización.

Cabe señalar que, si bien el Retorno de la Inversión (ROI) constituye un indicador ampliamente utilizado en la evaluación de proyectos, su aplicación en este caso presenta limitaciones interpretativas. En particular, debido al reducido volumen de inversión inicial frente a un ahorro recurrente significativo, el ROI resultante (431%) adquiere valores elevados que pueden dificultar su correcta interpretación y comparabilidad con otras iniciativas. Por este motivo, se ha considerado más adecuado emplear indicadores como el periodo de recuperación y la relación ahorro/coste, que permiten una lectura más directa, robusta y representativa de la viabilidad económica del proyecto en contextos de “quick wins” o mejoras de alto impacto con baja inversión. En conjunto, los resultados obtenidos permiten concluir que la actuación presenta una alta viabilidad económica, con una rápida generación de valor y un ahorro operativo significativo desde las fases iniciales de explotación.

Indicador	Cálculo	Resultado
Coste total de implementación	Tabla 29	150.000 €
Ahorro real año 1	53.889 €/mes x 12 meses	646.668 €
Relación ahorro-coste (A/C)	646.668 € ÷ 150.000 €	4,31
Payback (periodo de recuperación)	150.000 € ÷ 646.668 €/año	≈ 0,23 años o 2,8 meses

Tabla 31. Indicadores de viabilidad económica del modelo

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

6.6.1 Coste de no actuación

Uno de los argumentos más sólidos para justificar la importancia de la intervención no es el retorno de la inversión, sino el coste de la inacción. Cada mes que el sistema permanece en su estado actual representa **95.601 €** de valor destruido que, en ausencia de intervención, no tiene perspectivas de reducción. La Tabla 32 proyecta este coste en dos horizontes temporales diferenciados, la fase de implementación, durante la cual la empresa asume tanto las pérdidas operativas habituales como la inversión del modelo, y el primer año completo de operación, en el que el ahorro generado supera con amplitud el coste de no haber actuado.

Horizonte temporal	Coste de no actuación	Ahorro con implementación	Saldo neto
Fase de implementación (16 semanas)	382.404 €	0 €	-382.404 €
Año 1 post-piloto	1.147.212 €	646.668 €	+ 496.668 €
Acumulado al cierre del año 1	**1.529.616 €**	**646.668 €**	**+114.264 €**

Tabla 32. Coste de no actuación proyectado frente al ahorro potencial acumulado

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

Durante los cuatro meses del piloto, el sistema sigue incurriendo en **382.404 €** de ineficiencias mientras la inversión de **150.000 €** se despliega. Sin embargo, en cuanto el modelo entra en régimen de operación, el ahorro anual de **646.668 €** supera en **496.668 €** el coste de no actuación equivalente, lo que sitúa el saldo neto acumulado al cierre del primer año en **114.264 € positivos** incluso descontando íntegramente la inversión inicial. Dicho de otro modo, en menos de 16 meses desde el inicio del proyecto, el modelo no solo se ha pagado a sí mismo sino que ha generado valor neto adicional para la organización.

6.7 Análisis de escenarios: conservador, base y optimista

Con el propósito de evaluar la robustez de las estimaciones ante la incertidumbre inherente a cualquier proceso de mejora operativa, se construye un análisis de sensibilidad sobre el ahorro mensual esperado. Para ello, se definen tres escenarios que varían el porcentaje de ahorro alcanzado respecto al potencial máximo calculado, simulando distintos grados de éxito en la implementación de las intervenciones.

El escenario conservador asume que, por factores como la resistencia al cambio organizativo, la rotación de personal o la discontinuidad en el seguimiento, solo se materializa el 50% del ahorro potencial calculado. El escenario base asume la materialización del 75% del ahorro considerando una implementación correcta con algunos desvíos menores en una o dos intervenciones. El escenario optimista contempla la realización del 95% del potencial, reservando un 5% como margen de incertidumbre.

Escenario	% Ahorro materializado	Ahorro mensual (€)	Ahorro anual (€)	Payback
Conservador	50%	53.889 € x 50% = **26.945 €**	646.668 € x 50% = **323.334 €**	≈ 5,6 meses
Base	75%	53.889 € x 75% = **40.417 €**	646.668 € x 75% = **485.001 €**	≈ 3,7 meses
Optimista	95%	53.889 € x 95% = **51.195 €**	646.668 € x 95% = **614.335 €**	≈ 2,9 meses

Tabla 33. Análisis de escenarios con variación del ahorro mensual y anual según grado de implementación

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

El análisis de escenarios confirma que incluso bajo las condiciones más desfavorables contempladas, el modelo mantiene un payback inferior a seis meses y un ahorro anual superior a 323.000 €. Este resultado es especialmente relevante porque demuestra que la viabilidad económica del modelo no depende de que todo salga perfectamente, incluso con una implementación parcial, el ahorro supera con amplitud la inversión inicial en todos los escenarios contemplados. La incertidumbre no constituye un riesgo económico, sino un factor que afecta únicamente a la magnitud del ahorro, que en todos los casos es positivo y sustancial.

6.8 Segundo análisis de caso: empresa con nivel de madurez organizativa media

El escenario de referencia desarrollado a lo largo del presente capítulo corresponde a una empresa cuyo punto de partida se sitúa en el extremo inferior del rango documentado en la literatura. Como se señala en el epígrafe 5.7 del capítulo anterior, este criterio responde a una lógica metodológica deliberada, pero plantea la pregunta de si el modelo mantiene su justificación económica cuando el nivel de formalización inicial es superior. Para dar respuesta a esta cuestión, se construye un segundo análisis de caso con los parámetros correspondientes a la franja media del rango documentado.

Indicador operativo	Escenario 1 (madurez baja)	Escenario 2 (madurez media)
OEE	44,6%	62%
Paradas no planificadas	2,5 h/día	1,5 h/día
Tiempo de cambio	100 min	90 min
Caducidades en almacén de MP	7%	3%
Merma en la recepción	5,5%	3,5%
Rechazos en la recepción	5%	3%
Errores en envasado	3%	1,5%
Roturas en almacén PT	5%	3%
OTD	78%	86%

Tabla 34. Comparativa de indicadores de partida entre el Escenario 1 y Escenario 2

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

Con los parámetros del Escenario 2, la cuantificación de las ineficiencias del estado actual siguen la misma metodología aplicada que en el Escenario 1, sustituyendo los indicadores de partida por los correspondientes a la franja media del rango documentado. La Tabla 34 desglosa el coste mensual de cada etapa del flujo, permitiendo comparar directamente la magnitud de las pérdidas entre ambos escenarios.

Etapa	Fórmula	Pérdida mensual	% del total
Recepción	2.400 x 3,5% x 22 d	3.432 €	5,3%
Almacén MP	52.800 € x 3%	1.584 €	2,4%
Transformación	1,5h x750 x 22	51.480 €	79%
Envasado	2.000 x 1,5% x 3 € x 22 d	1.980 €	3%
Almacén PT	(60.000 x 3% x 2,2) + (132.000 x 14% x 15%)	6.732 €	10,3%
TOTAL		**65.208 €/mes**	**100%**

Tabla 35. Pérdidas por etapa Escenario 2

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

Aplicando los mismos objetivos de mejora sobre los indicadores del Escenario 2, se obtiene el estado futuro post-implementación y el ahorro mensual estimado por etapa. La reducción del 50% en paradas mediante TPM, del 55% en tiempo de cambio mediante SMED y los objetivos de calidad y servicio definidos en el modelo generan un ahorro mensual de **32.984 €/mes**, equivalente a **395.802 €** anuales. Con una inversión inicial de **150.000 €,** el payback del Escenario 2 se sitúa en **4,5 meses** y la relación ahorro-coste alcanza **2,64,** confirmando que el modelo mantiene su viabilidad económica en empresas con un nivel de madurez organizativa superior al del escenario de referencia.

Etapa	Estado actual	Estado futuro	Ahorro
Recepción	3.432 €	2.112 €	1.320 €
Almacén MP	1.584 €	1.056 €	528 €
Transformación	51.480 €	24.172 €	27.308 €
Envasado	1.980 €	660 €	1.320 €
Almacén PT	6.732 €	4.224 €	2.508 €
TOTAL	**65.208 €/mes**	**32.224 €/mes**	**32.984 €/mes**

Tabla 36. Comparativa entre el estado actual y el estado futuro post implementación Escenario 2

Fuente: escenario de referencia (elaboración propia).

Este segundo análisis de caso demuestra que el modelo no es exclusivamente válido para empresas en situación de bajo rendimiento extremo. Con un ahorro mensual de 32.984 €, un payback de 4,5 meses y una relación ahorro-coste de 2,64, el Escenario 2 confirma que la viabilidad económica del modelo se sostiene incluso cuando el margen de mejora inicial es significativamente menor. Su aplicación se extiende a cualquier empresa del sector que no haya construido todavía una arquitectura organizativa integrada de mejora continua, y su ahorro económico, aunque menor en términos absolutos que en el Escenario 1, sigue siendo sólido y defendible frente a cualquier alternativa de mejora que implique inversión tecnológica de mayor escala.

6.9 Síntesis del análisis económico

El análisis desarrollado en el presente capítulo demuestra, con base en cálculos cuantificados y verificables, que la propuesta de adaptación estructural Lean-DMAIC descrita en el capítulo 5 es económicamente viable en todos los escenarios contemplados. Los resultados obtenidos pueden resumirse en tres conclusiones de carácter estructural.

En primer lugar, el coste de las ineficiencias actuales es extraordinariamente elevado en términos relativos. Los 95.601 €/mes que el Escenario 1 arrastra mensualmente no son consecuencia de fallos técnicos inevitables ni de restricciones del entorno que escapen al control de la empresa, sino el resultado acumulado de la ausencia de disciplina de proceso, integración de la información y orientación al flujo continuo, las 3 dimensiones que el modelo propone transformar.

En segundo lugar, el coste de la intervención es significativamente menor en comparación con el valor del problema que resuelve. Los 150.000 € necesarios para implementar el piloto en 16 semanas representan el 23,2 % del ahorro anual esperado en el primer año lo que equivale a decir que la inversión se recupera íntegramente en menos de tres meses de operación. Esta relación no es un artificio del cálculo, sino la expresión cuantitativa de un principio operativo demostrado por la industria automotriz: cuando la causa raíz de una ineficiencia es organizativa, la solución también es organizativa y, por tanto, no requiere infraestructura de inversión desproporcionada para ser efectiva.

En tercer lugar, el modelo mantiene su viabilidad económica incluso bajo las condiciones más desfavorables del análisis de sensibilidad y en contextos con menor margen de mejora inicial. Incluso bajo la hipótesis más pesimista del análisis de sensibilidad, el escenario conservador con solo el 50% del ahorro materializado genera un ahorro real de 323.334 € en el primer año del Escenario 1, y el Escenario 2, con indicadores de partida más favorables, genera 395.802 € anuales a partir del segundo año. En ambos casos, el ahorro supera con amplitud la inversión inicial en un horizonte inferior a seis meses.

Estas conclusiones convergen en una sola: en la industria alimentaria transformadora de productos perecederos, la mejora operativa basada en principios Lean no es una apuesta de riesgo, sino una de las intervenciones con mayor rentabilidad relativa disponible para cualquier empresa que reconozca en sus propias ineficiencias el patrón sistémico que este trabajo ha identificado, cuantificado y propuesto resolver.

Nota metodológica: Todos los valores económicos presentados en este capítulo son estimaciones construidas a partir de los parámetros del escenario de referencia, definido en el epígrafe 5.3.1 del capítulo anterior sobre la base de rangos documentados en la literatura académica y técnica. No representan datos reales de ninguna empresa específica. Su función es ilustrar la lógica y la magnitud del análisis de viabilidad, de forma que cualquier empresa del sector pueda replicar la metodología con sus propios datos para obtener estimaciones ajustadas a su realidad operativa particular.

Capítulo 7. Conclusiones

El recorrido analítico que articula este trabajo ha transitado desde la identificación del problema hasta su traducción en intervenciones cuantificadas, siguiendo una secuencia que otorga coherencia interna al conjunto de la investigación. El punto de partida fue la constatación de que la industria alimentaria transformadora de perecederos opera con una arquitectura organizativa formalizada de manera insuficiente para absorber la variabilidad que le impone la restricción temporal del producto; el punto de llegada es un modelo de adaptación estructural cuya viabilidad ha sido demostrada en términos tanto técnicos como económicos.

El nexo entre ambos extremos no es directo ni lineal. Para construirlo ha sido necesario examinar de forma sistemática la literatura sobre cadenas de suministro alimentarias, identificando los patrones de ineficiencia más recurrentes y las dimensiones organizativas en las que persiste una brecha respecto a sectores industriales de mayor estructuración. En segundo lugar, ha resultado imprescindible analizar la industria automotriz no como un referente aspiracional de difícil acceso, sino como un laboratorio de principios operativos cuya lógica de funcionamiento es transferible a contextos con restricciones distintas, siempre que la transferencia se realice con criterio de adaptación y no de réplica. La propuesta no habría alcanzado la solidez requerida sin una evaluación económica rigurosa que tradujera los indicadores operativos en valor monetario, haciendo visible la magnitud real del problema y la proporción del esfuerzo de intervención.

El presente capítulo recoge, a través de sus dos apartados las conclusiones derivadas de este proceso. El primero sintetiza los hallazgos de carácter general que el trabajo aporta al conocimiento sobre la mejora operativa en la industria alimentaria. El segundo identifica las limitaciones inherentes al enfoque adoptado y las líneas de investigación que estas limitaciones abren para trabajos futuros.

7.1 Conclusiones generales

La primera conclusión de carácter estructural que emerge de este trabajo es la ineficiencia de la cadena alimentaria transformadora, este fenómeno no es aleatorio ni atribuible exclusivamente a la volatilidad del entorno. Los resultados del diagnóstico evidencian que las pérdidas identificadas responden a un patrón sistémico y reproducible, originado en la ausencia de tres elementos organizativos fundamentales: disciplina de proceso, integración de la información a lo largo del flujo y orientación al flujo continuo. Cuando alguno de estos tres elementos falta, el sistema tiende a operar de manera reactiva, generando ineficiencias que se acumulan etapa a etapa hasta alcanzar magnitudes que comprometen el resultado operativo de la empresa de forma sostenida.

Si las causas raíz de las ineficiencias son organizativas, la solución también puede y debe serlo. El modelo propuesto demuestra que no es necesario recurrir a inversiones tecnológicas significativas para ordenar el desempeño de la cadena y obtener mejoras sustanciales. Herramientas como los procedimientos estándar de operación, el mantenimiento autónomo, la metodología SMED o la

gestión visual mediante Kanban son accesibles para cualquier empresa mediana del sector, con independencia de su dotación tecnológica previa. Esta conclusión tiene implicaciones directas para la política de mejora operativa en el sector, la principal barrera de entrada no es el coste de la intervención, sino la voluntad de sistematizar lo que actualmente se gestiona de forma informal.

En tercer lugar, el análisis comparativo con la industria automotriz confirma que la transferencia intersectorial de prácticas operativas es viable siempre que se articula sobre criterios explícitos de adaptación. El factor clave no es la similitud entre productos ni procesos, sino la equivalencia funcional entre los problemas que cada práctica resuelve. La gestión SMED en un cambio de molde de inyección responde a la misma lógica que la reducción del tiempo de formato en una línea de envasado de perecederos; el TPM en una célula de manufactura de estampado aborda los mismos principios que el mantenimiento autónomo en una línea de corte o procesado alimentario. La transferibilidad no opera a nivel de herramienta, sino a nivel de principio organizativo, y es precisamente esa distinción la que permite superar las resistencias más frecuentes en la transferencia intersectorial.

El segundo análisis de caso, construido sobre indicadores de madurez organizativa media, demuestra que el modelo no solo es aplicable a empresas en situación de bajo rendimiento extremo. Las pérdidas siguen siendo cuantitativamente relevantes en empresas con mayor nivel de formalización inicial, y el ahorro operativo alcanzable mediante la intervención, aunque menor en términos absolutos, sigue siendo favorable en cualquier comparación razonable con alternativas que impliquen inversión tecnológica de mayor escala. Este resultado refuerza la tesis central del trabajo, la mejora organizativa basada en principios Lean no es una medida de emergencia para empresas en crisis, sino una palanca estructural de valor disponible para cualquier empresa que no haya construido todavía una arquitectura integrada de mejora continua.

Por último, el trabajo aporta una contribución de carácter metodológico que trasciende el caso concreto. El marco analítico desarrollado (diagnóstico por familias de problemas, matriz de transferencia intersectorial, cuantificación del coste de las ineficiencias y cálculo del ahorro estimado por oleada de implementación) constituye una plantilla replicable que cualquier empresa del sector puede utilizar con sus propios datos para obtener estimaciones ajustadas a su realidad operativa. En un sector donde las decisiones de mejora se justifican con frecuencia de forma cualitativa, la disponibilidad de un marco cuantificado reduce la incertidumbre del proceso de decisión y facilita la asignación de recursos hacia las intervenciones de mayor ahorro esperado.

7.2 Limitaciones y líneas futuras

La primera limitación es de naturaleza empírica, el modelo se construye sobre un escenario de referencia hipotético, cuyos parámetros se derivan de rangos documentados en la literatura académica y técnica, y no sobre datos reales procedentes de una empresa del sector. Esta decisión responde a una lógica metodológica concreta: el propósito del trabajo no es evaluar el desempeño de una empresa concreta, sino construir un marco analítico transferible. No obstante, la ausencia de datos primarios impide contrastar empíricamente los ahorros proyectados con resultados reales de implementación, lo que limita la capacidad de validación externa del modelo. La implementación del piloto en una empresa real, con medición de indicadores antes y después de la intervención, constituye la línea de trabajo más inmediata y necesaria para fortalecer la solidez del modelo.

Por diseño, el trabajo se restringe a intervenciones de naturaleza organizativa, excluyendo las soluciones basadas en infraestructura digital o sistemas de información avanzados. Esta restricción es coherente con el perfil de la empresa tipo considerada y con la premisa de que la ineficiencia organizativa debe abordarse con instrumentos organizativos antes de recurrir a la tecnología. Sin embargo, una parte de las pérdidas residuales identificadas en el estado futuro, particularmente asociadas a la gestión de la demanda, la trazabilidad en tiempo real y la coordinación con proveedores, requeriría para su eliminación completa, la integración de sistemas de información cuya evaluación escapa el alcance del presente trabajo. La extensión del modelo hacia una segunda fase tecnológica que tome como punto de partida la base organizativa construida en el piloto representa una línea natural de desarrollo.

Las intervenciones propuestas en la Oleada 3, relativas a la evaluación de proveedores, inician un proceso de transformación de la relación transaccional en una relación colaborativa cuyo impacto económico completo no es computable en el horizonte de 16 semanas. La literatura sobre gestión estratégica de proveedores en entornos de cadena de suministro alimentaria documenta que los beneficios de la colaboración se materializan en horizontes de 6 a 24 meses. La investigación futura debería abordar este vínculo mediante estudios que permitan cuantificar el impacto económico de la transición desde una gestión reactiva de proveedores hacia un modelo de colaboración estructurada.

Adicionalmente, el trabajo abre líneas de investigación que van más allá de la corrección de sus propias limitaciones. La adaptación del modelo a otras tipologías de empresa del sector (cadenas de distribución organizada, cooperativas agroindustriales o empresas con producción estacional) permitiría contrastar la estabilidad de los resultados en contextos con estructuras de flujo distintas. La incorporación de la variable sostenibilidad como criterio de priorización de las intervenciones, más allá del alineamiento con los ODS que el trabajo aborda, abriría una dimensión de análisis especialmente relevante en el contexto regulatorio europeo actual.

De igual forma, la comparación del modelo con enfoques alternativos de mejora operativa basados en IoT aplicado a la trazabilidad, sistemas de planificación avanzada o gemelos digitales de planta, permitiría evaluar el retorno relativo de ambas aproximaciones y orientar la secuencia óptima de inversión para distintos perfiles de empresa. En síntesis, las limitaciones del trabajo no invalidan sus conclusiones ni reducen la relevancia de su contribución; señalan la dirección en la que la investigación debe avanzar para construir, sobre la base metodológica establecida, un conocimiento cada vez más sólido y aplicable sobre la mejora organizativa en la industria alimentaria transformadora.

Para finalizar, el desarrollo de este trabajo más allá de sus resultados técnicos ha dejado una convicción de fondo: la mejora no reside en la sofisticación de los instrumentos, sino en la disciplina con la que se aplican los principios más elementales. Volver a las bases, ordenar el flujo y medir lo que importa, produce cambios más duraderos que los que pueda ofrecer cualquier solución compleja y estructurada si se superpone a un sistema que no ha resuelto sus causas raíz. Del mismo modo, este trabajo ha confirmado que la distancia aparente entre contextos muy distintos no impide el aprendizaje mutuo; al contrario, es precisamente esa comparación donde se hacen visibles los principios compartidos que uno jamás habría esperado encontrar.

Lo que se manifiesta en este trabajo entre la industria automotriz y la alimentaria, aplica también a cualquier ámbito: siempre hay algo que aprender, por muy diferente que parezcan los contextos. Los procesos están en todo lo que nos rodea y saber ordenarlos y actuar con el procedimiento adecuado mejora invariablemente el resultado, dentro y fuera de una planta de producción. Haber podido reunir en un único proyecto el conocimiento acumulado durante cuatro años, encontrar en él algo que genuinamente apasiona y darle forma de propuesta que una empresa real podría implementar, es la parte del trabajo de la que más satisfacción queda.

ANEXOS

Los presentes anexos recogen la totalidad de los instrumentos operativos propuestos en el Capítulo 5 del presente trabajo. Su función por un lado es complementar la propuesta teórica con los documentos concretos que harían posible su implementación en una empresa real del sector alimentario transformador, por otro lado permite que cualquier organización con el perfil descrito en el escenario de referencia pueda adoptar directamente estos instrumentos, adaptándolos a sus propias referencias de producto y parámetros operativos sin necesidad de desarrollarlos desde cero.

Los anexos se organizan siguiendo la secuencia lógica del modelo propuesto, en primer lugar los instrumentos de estandarización y recepción correspondientes a la Oleada 1, a continuación los instrumentos de producción y envasado de la Oleada 2, seguidos de los instrumentos de almacén de producto terminado y gestión de proveedores de la Oleada 3, y finalmente los instrumentos de control y seguimiento transversales a las tres oleadas.. Todos los valores numéricos y criterios específicos que se muestran en los documentos corresponden a los parámetros del escenario de referencia definido en el epígrafe 5.3.1 y deben ser sustituidos por los datos reales de la empresa en el momento de la aplicación.

Procedimiento estándar de recepción de materias primas perecederas

Versión 1.0 → Área: Recepción MP → Responsable: Operario de Recepción → Aprobado por: Responsable de calidad

Paso	Actividad	Criterio objetivo de aceptación	Si no cumple	Tiempo máx
1	Verificar documentación del proveedor (albarán + certificado sanitario)	Ambos documentos presentes y con datos coherentes con el pedido emitido	Rechazo inmediato + aviso responsable	5 min
2	Medición de temperatura de la carga en 3 puntos (frontal, central y trasero del vehículo)	Cárnicos frescos: ≤ 4°C Vegetales 4ª gama: ≤ 8°C Pescado fresco: ≤ 2°C Lácteos: ≤ 6°C	Cuarentena automática + aviso urgente a responsable de calidad	5 min
3	Inspección visual de la partida por muestra del 10% de las unidades recibidas	Sin signos visibles de deterioro, moho, coloración anómala o daño mecánico. Merma visual máxima: 3%	Rechazo parcial de unidades afectadas + registro de incidencia	15 min
4	Transición a verificación de cantidad recibida respecto al pedido	Desviación máxima del ±2% sobre la cantidad pedida. Registrar peso real recibido.	Nota de incidencia + comunicación al proveedor	5 min
5	Registro en hoja de control y colocación en zona de MP aceptada	Etiqueta adherida con lote, fecha de recepción y fecha límite de uso visible	Completar antes de abandonar el área	10 min

Tiempo total estándar con procedimiento: 40 min

Regla crítica (Jidoka aplicado):
Ninguna partida pasa a almacén sin completar los cinco pasos en su totalidad.
Cualquier desviación de temperatura activa cuarentena automática, con independencia del criterio del operario.

Anexo 1. Procedimiento estándar de recepción de materias primas perecederas · Elaboración propia · Aplicable a: cárnicos frescos, productos lácteos, frutas y hortalizas de cuarta gama y preparados refrigerados

Checklist de mantenimiento autónomo pre-turno → Línea de transformación

Versión 1.0 → Área: Transformación → Tiempo de ejecución: 10 min → Cumplimentar antes del arranque

Fecha: ___ / ___ /_____ | Turno: M ☐ T ☐ N ☐ | Operario: _____

#	Elemento a verificar	Criterio de aceptación	OK	NOK	Observaciones
1	Temperatura cámara almacén MP y línea de frío	Dentro del rango establecido por categoría de producto			
2	Niveles de lubricación del equipo principal	Entre marcas mínima y máxima visibles en depósito			
3	Estado de cuchillas, rodillos y elementos de coste y procesado	Sin desgaste visible, fisuras, ni pérdida de filo o forma			
4	Limpieza de la zona de trabajo respecto al turno anterior	Sin residuos de producto, agua o materiales del turno previo			
5	Disponibilidad de MP en línea para el primer lote del turno	Lote preparado y etiquetado antes del arranque			
6	Parámetros de proceso configurados en el equipo	Coinciden con ficha de referencia activa para la referencia del día			
7	Materiales auxiliares de envasado disponibles en el puesto	Film, etiquetas y cajas por encima del nivel mínimo			
8	Tablero de turno actualizado y objetivos del día visibles	Indicadores del turno anterior registrados y firmados			

Regla de actuación ante cualquier ítem NOK:
El arranque de la línea queda bloqueado hasta la resolución documentada.
El operario notifica al responsable de turno y registra la incidencia

Firma Operario: _____

Hora de arranque confirmada: _____ : _____

Resultado Global:
APTO: ☐ NO APTO: ☐ → pte. resolución

Visto bueno responsable de turno _____

Anexo 2. Checklist de mantenimiento autónomo pre-turno — Línea de transformación · Elaboración propia · Fuente metodológica: Ludeña et al. (2022) · Kaizen Institute (2026)

Análisis SMED → Cambio de producto: Línea de transformación
Versión 1.0 → Área: Transformación → Estado actual: 100 min → Objetivo tras SMED: 45 min

Interna -- línea parada | Interna necesaria -- no eliminable | Convertida a externa -- línea en marcha

Actividad del cambio	T. Actual	Tipo Actual	Acción SMED	T. Objetivo
Espera del siguiente lote de MP a pie de línea	20 min	Interna	Preparar MP antes del fin del lote anterior	0 min (externa)
Limpieza y desinfección de línea (exigida por normativa sanitaria)	35 min	Interna necesaria	Estandarizar secuencia + preparar materiales previamente	25 min
Búsqueda de utensilios y herramientas para el siguiente	20 min	Interna	Kit por referencia y preparación con 5S en punto de uso	0 min (externa)
Ajuste y regulación de parámetros para nueva ref.	15 min	Interna	Ficha de parámetros por referencia (Anexo 4)	10 min
Verificación de primera unidad y arranque de producción	10 min	Interna necesaria	Checklist de arranque estandarizado (2 min)	10 min

Resumen:
Tiempo actual total: 100 min (100% interno) → Tiempo objetivo: 45 min; reducción 55 min (-55%)

Comparativa visual:
Estado actual → 100 min, todo interno; línea parada
Estado objetivo → 45 min internos → 55 min externos eliminados

Condicion de aplicación:
La ficha de parámetros por referencia (Anexo 4) y el kit de utensilios por ref. deben de estar disponibles antes de aplicar este análisis.

Anexo 3. Análisis SMED del cambio de producto — Línea de transformación · Elaboración propia · Fuente metodológica: Chowdury et al. (2022) · Springer (2016) · Reducción documentada en plantas de ready-meals: 40–55%

Ficha de parámetros de referencia para el cambio de lote
Versión 1.0 → Área: Transformación → Uso: durante el cambio de producto y arranque de línea

Identificación de la referencia

Referencia / SKU : _____	Descripción: _____	Vida útil: _____ días	Categoría: _____

Bloque 1 → Parámetros de proceso del equipo

Parámetro	Valor nominal	Tolerancia (±)	Unidad
Temperatura de procesado	_____	_____	°C
Velocidad de línea / cadencia	_____	_____	ud / min
Presión de sellado / corte	_____	_____	bar / N
Peso neto por unidad	_____	_____	g
Parámetro específico referencia	_____	_____	_____

Bloque 2 → Kit de materiales y utensilios para este cambio

Material / utensilio 1:	Material / utensilio 2:
Material / utensilio 3:	Material / utensilio 4:

Bloque 3 → Verificación de primera unidad (obligatoria antes de arranque)

Etiqueta coincide con referencia activa (referencia + caducidad + peso + lote)	☐ OK	☐ NOK	Comentarios: _____
Peso real dentro de tolerancia definida Bloque 1	☐ OK	☐ NOK	Comentarios: _____
Aspecto y calidad visual del producto conforme	☐ OK	☐ NOK	Comentarios: _____

Regla: cualquier NOK en Bloque 3 bloquea el arranque → Notificar al responsable de turno antes de producir.

Operario responsable: _____	Hora de arranque: _____ : _____	Aprobado por: _____

Anexo 4. Ficha de parámetros de referencia para el cambio de lote · Elaboración propia · Una ficha por referencia de producto · Actualizar ante cualquier cambio de proceso o especificación

Ficha de implementación 5S → Recepción y Almacén de MP
Versión 1.0 → Área: Recepción + Almacén MP → Responsable: Encargado de producción

Fecha auditoría: ___ / ___ / _____	Responsable de área: _____	Semana piloto: _____ de 16 semanas

Fase	Criterio de evaluación	Área aplicada	Cumple	Pendiente	Acción / Plazo
S1 → Clasificar: eliminar del área todo lo que no es necesario para la operación					
S1	Sin elementos innecesarios en el área	Recepción	☐	☐	
S1	Materiales caducados o inservibles retirados	Recepción	☐	☐	
S2 → Ordenar: un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar					
S2	Zonas demarcadas: descarga, inspección	Recepción	☐	☐	
S2	Posición fija para termómetro, hoja	Recepción	☐	☐	
S2	Zonas numeradas por orden de entrada FEFO	Almacén MP	☐	☐	
S3 → Limpiar: mantener el área limpia e identificar fuentes de suciedad					
S3	Rutina de limpieza diaria documentada	Ambas áreas	☐	☐	
S4 → Estandarizar: establecer normas y procedimientos que mantengan las 3 primeras S					
S4	Fotografía del estado estándar visible en área	Ambas áreas	☐	☐	
S4	SOP recepción disponible y actualizado	Recepción	☐	☐	
S5 → Disciplina: mantener y mejorar los estándares establecidos de forma sostenida					
S3	Auditoría 5S realizada semanalmente	Ambas áreas	☐	☐	

Resultado de la auditoría: ítems cumplidos ___/10 → Puntuación: ____%
Estado: Inicial ☐ (0-40%) En progreso: ☐ (41-70%) Consolidado: ☐ (71-100%)

Responsable auditoría: _____	Próxima revisión: _____ / _____ / _____

Anexo 5. Ficha de implementación 5S — Recepción y almacén MP · Elaboración propia · Frecuencia de auditoría: semanal durante el piloto, mensual en estado estacionario

Tarjera Kanban de reposición - Álmacén de materias primas
Versión 1.0 → Área: Almacén MP → Una tarjeta por referencia de materia prima

Punto de reorden:
PR = (Consumo diario medio x Plazo de entrega del proveedor en días) + Stock de seguridad
Stock de seguridad: 1 día de consumo si vida útil ≤ 5 días ; 2 días de consumo si vida útil > 5 días

Datos de la referencia - cumplimentar 1 vez por referencia

Referencia / SKU: _____	Descripción: _____	Vida útil MP: _____ días Categoría: _____ Proveedor habitual: _____
Consumo diario medio: _____ud/día	Plazo entrega proveedores: _____días	Stock de seguridad: _____ ud (_____ días de consumo)

Punto de reorden calculado (PR): _____ ud
Cuando el stock visible hasta esta cantidad → activar tarjeta Kanban inmediatamente

Tarjeta física de activación → Colocar en la posición de punto de reorden en estantería

PUNTO DE REORDEN

Referencia: _____

Cantidad a pedir: _____ ud
Fecha de activación: _____ / _____ / _____
Entrega esperada: _____ / _____ / _____

Activada por: _____
Confirmada por: _____
Proveedor: _____

Ejemplo de cálculo aplicado al escenario de referencia

Referencia ejemplo: Cárnico fresco; Consumo diario: 500 ud/día; Plazo de entrega: 1 día; Vida útil: 3 días

Stock de seguridad: 1 día (vida útil ≤ 5 días) = 500 ud
PR = (500 ud x 1 día) + 500 ud = 1.000 ud
→ Cuando el stock visible desciende a 1.000 ud se activa la tarjeta Kanban y se lanza el pedido al proveedor.

Instrucciones de uso:
La tajeta se coloca físicamente en la estantería a la altura del punto de reorden, al retirar las últimas unidades que quedan por encima de esa posición, la tarjera queda visible → Lanzar pedido sin necesidad de ninguna decisión

Anexo 6. Tarjeta Kanban de reposición MP · Elaboración propia · Parámetros base: escenario de referencia (epígrafe 5.3.1)

Procedimiento estándar de envasado y etiquetado
Versión 1.0 → Área: Envasado → Responsable: Operario de envasado → Aprobado por: Responsable de calidad

Paso	Actividad	Criterio / Estándar	Si no cumple	Tiempo máx.
1	Verificar disponibilidad de materiales auxiliares en el puesto	Film, etiquetas y cajas por encima del nivel mínimo del Kanban (Anexo 8)	Activar Kanban de materiales antes de arrancar	2 min
2	Confirmar ficha de producto activa y parámetros de la línea de envasado	Ficha de referencia activa coincide con el lote a envasar (Anexo 4)	No arrancar hasta confirmar ficha correcta	3 min
3	**VERIFICACIÓN DE PRIMERA UNIDAD** Antes de producir el lote completo	1. Referencia etiqueta = ficha activa 2. Fecha de caducidad correcta 3. Peso neto dentro de tolerancia 4. Nº de lote trazable y correcto	Parar línea Corregir error Repetir paso 3 antes de continuar	2 min
4	Producción del lote completo con control visual continuo cada 15 minutos	Sin anomalías en etiquetado, sellado o aspecto del producto. Defectos ≤ 0,5% del lote	Parar línea Registrar incidencia Avisar responsable	100 min
5	Registro de cierre de lote y traslado a almacén de PT con etiqueta de trazabilidad	Nº unidades producidas, defectos detectados y lote registrados antes de salir	Completar antes de abandonar el área	5 min

Regla crítica (Poka-yoke procedimental):
Ningún lote de envasado arranca sin completar paso 3. Un NOK en la verificación de primera unidad bloquea el incio de la producción hasta corrección documentada. Esta regla no admite excepciones por urgencia.

Registro de lote - Cumplimentar al cierre de cada lote de envasado

Fecha: ___ / ___ / _____	Nº lote: _____	Ud. producidas: _____	Ud. defectuosas: _____
Verificación 1ª unidad: ☐ OK ☐ NOK	Operario: _____	Hora de cierre: _____ : _____	

Anexo 7. Procedimiento estándar de envasado y etiquetado · Elaboración propia · Fuente metodológica: Wiley (2024) · Principio poka-yoke adaptado al contexto alimentario

Kanban de materiales auxiliares - Área de envasado
Versión 1.0 → Área: Envasado → Objetivo: eliminar las esperas por falta de material

Principio de funcionamiento
Cada material auxiliar tiene una posición en el puesto de envasado con un nivel mínimo visual marcado. Cuando el stock desciende al nivel mínimo, el operario activa la tarjeta de reposición sin interrumpir la producción. El almacén repone antes del siguiente turno.

Tabla de materiales auxiliares - niveles mínimos por referencia

Material auxiliar	Unidad	Stock máximo	Nivel Mínimo	Responsable reposición
Film de envasado (rollo por referencia)	Rollos	_____	_____ rollos	Responsable de almacén
Etiquetas de producto (por referencia activa)	Unidades	_____	_____ ud	Responsable de almacén
Cajas de expedición (por formato de producto)	Unidades	_____	_____ ud	Responsable de almacén
Material de sellado / Consumibles técnicos	Unidades	_____	_____ ud	Responsable de almacén

Tarjeta física de activación → Colocar en la posición de nivel mínimo de cada material

REPONER MATERIAL - NIVEL MÍNIMO

Material: _____

Cantidad a reponer: _____ ud / rollos
Activada por: _____
Confirmado por almacén: _____

Turno activación: ☐ M ☐ T ☐ N
Hora: _____
Repuesto antes de: _____

Regla:
El almacén garantiza la reposición antes del inicio del turno siguiente al de activación de la tarjeta.
La reposición no interrumpe la producción en curso bajo ninguna circunstancia.

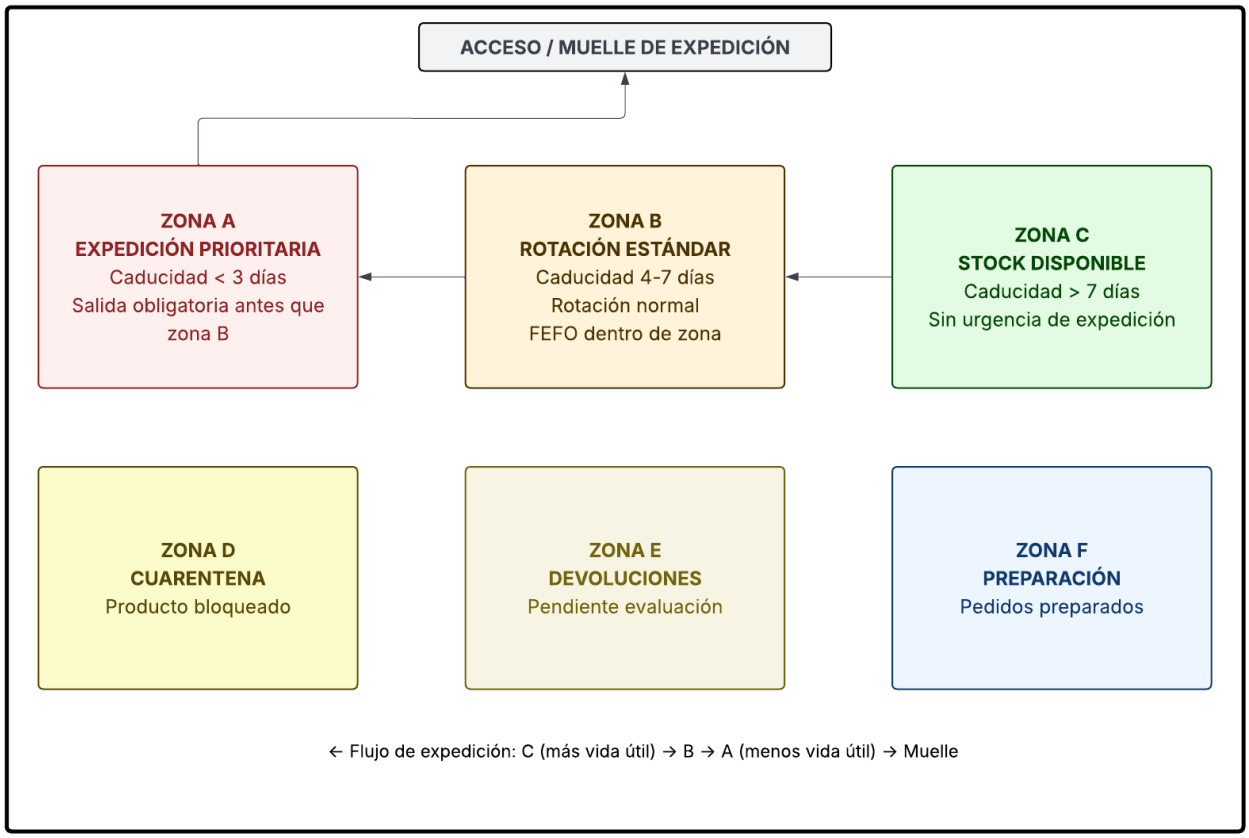
Instrucción de demarcación visual en el puesto:
Marcar con cinta de color rojo la posición de nivel mínimo en cada estantería o contenedor de material auxiliar.
Colocar la tarjeta Kanban exactamente en esa posición. El color rojo es visible desde cualquier punto del área.

Anexo 8. Kanban de materiales auxiliares para envasado · Elaboración propia · Parámetros base: escenario de referencia (epígrafe 5.3.1)

Plano de demarcación - Almacén de producto terminado
Versión 1.0 → Área: Almacén PT → Criterio de gestión: FEFO (First Expired, First Out)

Principio FEFO:
El lote con fecha de caducidad más próxima es siempre el primero en salir independientemente de su fecha de entrada.
Ningún pedido se asigna sin consultar previamente la hoja FEFO de expedición diaria (Anexo 10).

Plano de zonificación del almacén PT - Vista en planta (ejemplo)



Criterios de reasignación de zona → Revisión diaria obligatoria (ver Anexo 10)

Producto en zona C que pasa a tener ≤ 7 días de vida útil →
reasignar a zona B en la revisión de la mañana

Producto en zona B que pasa a tener ≤ 3 días de vida útil →
reasignar a zona A e incluir en hoja FEFO como prioridad de expedición

Producto en zona A que no ha sido expedido y alcanza fecha de caducidad →
trasladar a zona D (cuarentena) y registrar como rotura

Instrucción de demarcación física:
Zona A: cinta roja en el suelo
Zona B: cinta amarilla
Zona C: cinta verde
Zona D y E: cinta gris
Zona F: cinta azul
Señal vertical en estantería indicando zona y criterio de caducidad

Anexo 9. Plano de demarcación — Almacén PT por zonas de caducidad · Elaboración propia

Hoja FEFO de expedición diaria - Almacén de producto terminado
Versión 1.0 → Completar cada mañana antes de preparar pedidos → Tiempo estimado: 10 min

Fecha: ___ / ___ / _____ | Responsable almacén: _____ | Nº pedidos a expedir hoy: _____

Instrucciones de uso:
1. Revisar el stock disponible en almacén de PT
2. Ordenar los lotes de cada referencia por fecha de caducidad (más próxima primero)
3. Asignar cada pedido al lote con menor vida útil restante
4. Nunca expedir un lote de zona B o C si hay lotes en zona A disponibles

Bloque 1 → Inventario disponible ordenado por fecha de caducidad (más próxima primero)

Orden	Referencia	Nº lote	F. Caducidad	Días restantes	Zona	Ud. disponibles	Asignar a pedido
1				≤ 3 días	A		
2					B		
3					C		
4							
5							

Bloque 2 → Alertas del día - Lotes en zona A de expedición urgente

Lote: _____ Referencia: _____ Caducidad: _____ / _____ / _____ Ud. disponibles: _____ Cliente asignado: _____

Lote: _____ Referencia: _____ Caducidad: _____ / _____ / _____ Ud. disponibles: _____ Cliente asignado: _____

Bloque 3 → Cierre del día - Registrar antes de finalizar la jornada

Pedidos expedidos hoy: _____ | Pedidos no expedidos: _____ | OTD del día: _____ %

Lotes trasladados a cuarentena por caducidad: _____ | Causa de no expedición: _____

Regla FEFO:
Ningún pedido se prepara sin consultar esta hoja, zona A tiene prioridad absoluta sobre B y C.
Cualquier lote que alcanza 0 días de vida útil sin haber sido expedido se registra como rotura y se notifica al responsable.

Responsable almacén: _____ | Visto bueno responsable producción: _____

Anexo 10. Hoja FEFO de expedición diaria · Elaboración propia

Checklist de condiciones de carga - Expedición de producto terminado
Versión 1.0 → Área: Almacén PT → Completar antes de autorizar la salida de cada carga

Identificación del envío

Fecha: ___ / ___ / _____	Cliente: _____	Nº de pedido: _____
Matrícula vehículo: _____	Transportista: _____	Hora de salida prevista: _____

Verificaciones obligatorias antes de autorizar la carga

#	Elemento a verificar	Criterio de aceptación	OK	NOK - Acción
1	Temperatura interior del vehículo frigorífico antes de la carga	≤ 4 °C para cárnicos ≤ 8 °C para otros refrigerados	☐	No cargar hasta cumplir
2	Temperatura del producto terminado en el momento de la carga	Dentro del rango establecido por categoría (Anexo 1)	☐	Bloquear lote + avisar calidad
3	Estado del embalaje y paletización de la carga preparada	Sin daños, cajas cerradas, palets estables y etiquetados	☐	Reenvasar / Reetiquetar
4	Lotes a expedir coinciden con la asignación de la hoja FEFO (Anexo 10)	Nº de lote en carga = Nº lote asignado en hoja FEFO	☐	Corregir carga antes de salir
5	Fecha límite de entrega confirmada con el cliente o transportista	Entrega posible dentro del plazo comprometido	☐	Notificar al cliente
6	Documentación de trazabilidad acompañando la carga	Albarán + Nº lote + Fecha de caducidad en el albarán	☐	No expedir sin documentos

Regla de bloqueo de expedición:
Cualquier ítem NOK bloquea la salida de la carga hasta su resolución.
El responsable de almacén tiene autoridad para retener la expedición sin necesidad de validación jerárquica. Esta regla aplica independientemente de la urgencia del pedido.

Registro de temperaturas medidas

Temp. vehículo: _____ °C	Temp. producto: _____ °C	Hora de medición: _____ : _____
Autorizado por: _____	Hora de salida real: _____ : _____	Firma: _____

Anexo 11. Checklist de condiciones de carga — Expedición PT - Elaboración propia

Ficha de evaluación mensual de proveedores - Materias primas perecederas
Versión 1.0 → Frecuencia: Mensual → Datos fuente: Registros del SOP Recepción (Anexo 1)

Identificación del proveedor evaluado

Proveedor: _____	Periodo evaluado: _____ / _____	Responsable evaluación: _____
Categoría MP suministrada: _____	Nº entregas en el periodo: _____	Nº incidencias: _____

Bloque 1 - Indicadores de desempeño del periodo

Periodo	Objetivo	Resultado	Valoración	Fuente del dato
Temperatura media de entrega (media del periodo)	Dentro de rango por categoría	_____ °C	A ☐ B ☐ C ☐	Paso 2 SOP Recepción Media del periodo
Tasa de merma media en recepción	≤ 3%	_____ %	A ☐ B ☐ C ☐	Paso 3 SOP Recepción Registro inspección visual
Puntualidad de entrega (% entregas en ventana horaria)	> 90%	_____ %	A ☐ B ☐ C ☐	Paso 1 SOP Recepción Hora de llegada registrada
Incidencias documentadas (rechazos + cuarentena)	0 críticas/mes	_____	A ☐ B ☐ C ☐	Hoja de incidencias por turno (Anexo 16)

Escala de valoración

A - Cumple objetivo	B - Desviación menor (≤ 20%)	C - Incumplimiento (> 20%)

Valoración global del periodo:
☐ A (todos A)
☐ B (algún B, ningún C)
☐ C (algún C)
☐ CRÍTICO (2 o más C)

Bloque 2- Acciones acordadas con el proveedor

Acción 1: _____
Responsable: _____ Plazo: _____ / _____ / _____

Acción 1: _____
Responsable: _____ Plazo: _____ / _____ / _____

Criterio de escalación:
Valoración CRÍTICO (2 o más indicadores C) en dos periodos consecutivos, revisión de la relación contractual con el proveedor e inicio del proceso de búsqueda alternativa homologada.

Responsable de evaluación: _____	Comunicada al proveedor: _____ / _____ / _____

Anexo 12. Ficha de evaluación mensual de proveedores · Elaboración propia · Datos fuente: registros del Anexo 1 · Sin necesidad de sistema informático

Tablero de turno - Área de recepción

Versión 1.0 → Actualización al cierre de cada recepción → Responsable: Operario de recepción → Revisión semanal: Viernes

Semana: _____ Mes: _____

Responsable de área: _____

Semana piloto: _____ de 16

Merma entrada (%)	Rechazo MP (%)	Caducidades almacén MP	SOP recepción cumplido
Objetivo: ≤ 3%	Objetivo: ≤ 2%	Objetivo: ≤ 2%	Objetivo: ≤ 100%
L __ M __ M __ J __ V __	L __ M __ M __ J __ V __	L __ M __ M __ J __ V __	L __ M __ M __ J __ V __
Verde ≤ 3% / Ámbar ≤ 5% / Rojo > 5%	Verde ≤ 2% / Ámbar ≤ 4% / Rojo > 4%	Verde ≤ 2% / Ámbar ≤ 5% / Rojo > 5%	Verde ≤ 100% / Ámbar ≤ 90% / Rojo > 90%

Incidencias de la semana

1. _____

2. _____

3. _____

Acción correctiva asignada

Acción: _____

Responsable: _____ Plazo: _____ / _____ / _____

Regla de activación:
Cualquier indicador en rojo activa el protocolo de incidencia antes del cierre de la recepción.
Tres o más indicadores en rojo en el mismo dia → notificación inmediata al responsable de producción.

Operario responsable: _____

Revisado en reunión semanal: _____ / _____ / _____

Anexo 13. Tablero de turno — Área de recepción · Elaboración propia

Tablero de turno - Área de producción
Versión 1.0 → Actualización al cierre de cada turno→ Responsable: Responsable de turno → Revisión semanal: Viernes

Semana: _____ Turno: M ☐ T ☐ N ☐	Responsable turno: _____	Semana piloto: _____ de 16

OEE línea (%)	Roturas PT (%)	Paradas no planif. (h)	Defectos envasado (%)
Objetivo: ≥ 62%	Objetivo: ≤ 45 min	Objetivo: ≤ 1,25 h/turno	Objetivo: ≤ 0,5%
Turno: M ☐ T ☐ N ☐	Cambio 1 ☐ Cambio 2 ☐ Cambio 3 ☐	L __ M __ M __ J __ V __	L __ M __ M __ J __ V __
Verde ≥62% / Ámbar ≥50% / Rojo <50%	Verde ≤ 45 / Ámbar ≤ 70 / Rojo > 70	Verde ≤ 1,25h / Ámbar ≤ 2h / Rojo > 2h	Verde ≤ 0,5% / Ámbar ≤ 1,5% / Rojo > 1,5%

Incidencias del turno

1. _____

2. _____

3. _____

Acción correctiva asignada

Acción: _____
Responsable: _____ Plazo: _____ / _____ / _____

Checklist pre-turno completado (Anexo 2):
☐ Sí
☐ No → No arrancar línea hasta completar

Regla de activación:
Cualquier indicador en rojo activa el protocolo de incidencia antes del cierre de la recepción.
Tres o más indicadores en rojo en el mismo dia → notificación inmediata al responsable de producción.

Operario responsable: _____	Revisado en reunión semanal: _____ / _____ / _____

Anexo 14. Tablero de turno — Área de producción · Elaboración propia · Formato físico · Actualización: fin de cada turno

Tablero de turno - Almacén PT y expediciones

Versión 1.0 → Actualización al cierre de cada turno→ Responsable: Responsable de almacén → Revisión semanal: Viernes

Semana: _____ Turno: M ☐ T ☐ N ☐

Responsable área: _____

Semana piloto: _____ de 16

OTD expediciones (%)	Roturas PT (%)	FEFO cumplido (%)	Incidencias proveedor
Objetivo: ≥ 92%	Objetivo: ≤ 2%	Objetivo: 100%	Objetivo: 0 críticas/sem.
L __ M __ M __ J __ V __	L __ M __ M __ J __ V __	L __ M __ M __ J __ V __	Prov. A: _____ / Prov. B: _____ / Prov. C _____
Verde ≥92% · Ámbar ≥85% · Rojo < 85%	Verde ≤ 2% · Ámbar ≤ 4% · Rojo > 4%	Verde 100% · Ámbar ≥ 95% · Rojo < 95%	Verde 0 · Ámbar 1 - 2 · Rojo ≥ 3

Incidencias del día

1. _____

2. _____

3. _____

Acción correctiva asignada

Acción: _____

Responsable: _____ Plazo: _____ / _____ / _____

Hoja FEFO del día completada (Anexo 10):

☐ Sí

☐ No → No preparar pedidos hasta completar hoja

Regla de activación:

Cualquier indicador en rojo activa el protocolo de incidencia antes del cierre de la recepción.

Tres o más indicadores en rojo en el mismo dia → notificación inmediata al responsable de producción.

Responsable almacén: _____

Revisado en reunión semanal: _____ / _____ / _____

Anexo 15. Tablero de turno — Almacén PT y expediciones · Elaboración propia · Formato físico

Hoja de registro de incidencias por turno

Versión 1.0 → Completar ante cualquier indicador en rojo o desviación del proceso → Una hoja por turno

Identificación del turno

Turno: M ☐ T ☐ N ☐	Fecha: ____ / ____ / ____	Responsable turno: _____	Semana piloto: _____ de 16

Registro de incidencias del turno

#	Hora	Área	Descripción de la incidencia	Gravedad	Causa probable	Acción inmediata
1				A ☐ B ☐ C ☐		
2				A ☐ B ☐ C ☐		
3				A ☐ B ☐ C ☐		
4				A ☐ B ☐ C ☐		

Escala de gravedad

A - Crítica	B - Relevante	C - Menor
Para línea o bloquea expedición	Desviación del indicador sin parada	Observación sin impacto directo

Resumen de turno

Total incidencias: _____	Tipo: A ☐ B ☐ C ☐	Indicadores en rojo: _____	Notificado a: _____

Pendientes para el siguiente turno

1. _____
2. _____

Firma responsable turno: _____	Hora cierre turno: ____ : ____ Recibido por: _____

Anexo 16. Hoja de registro de incidencias por turno · Elaboración propia

Hoja de seguimiento diario del OEE - Línea de transformación
Versión 1.0 → Completar al cierre de cada turno → OEE objetivo ≥ 62%

Turno: M ☐ T ☐ N ☐	Fecha: ____ / ____ / ____	Operario: _____	Semana piloto: _____ de 16

OEE = Disponibilidad x Rendimiento x Calidad
Turno: 480 min - Valor producción/hora: 750€ - Producción objetivo: 2.000 ud/turno

Bloque 1 - Disponibilidad

Tiempo total del turno: **480 min (fijo)**	Paradas no planificadas: _____ min
Tiempo de cambio de producto: _____ min	Tiempo improductivo total: _____ min

Tiempo operativo real = 480 - tiempo improductivo = _____ min **Disponibilidad = _____%**

Bloque 2 - Rendimiento

Unidades producidas en el turno: _____ ud	Velocidad nominal de la línea: _____ ud/min

Producción teórica = velocidad nominal x tiempo operativo real = _____ ud **Rendimiento = _____%**

Bloque 3 - Calidad

Unidades defectuosas detectadas: _____ ud	Unidades buenas = producidas - defectos = _____ ud

Tasa de defectos = defectos / producidas = _____ % **Calidad = _____%**

OEE del turno = Disponibilidad X Rendimiento X Calidad = _____ %

Estado: ☐ Verde ≥ 62% ☐ Ámbar ≥ 50% ☐ Rojo < 50%

Histórico semanal - OEE por turno

Turno	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Media semana
Turno M								_____%
Turno T								_____%
Turno N								_____%

OEE medio de la semana: _____ % → **Tendencia respecto semana anterior:** ↑ Mejora ☐ → Estable ☐ ↓ Empeora ☐

Calculado por: _____	Revisado en reunión semanal: _____ / _____ / _____

Anexo 17. Hoja de seguimiento diario del OEE · Elaboración propia

Acta de reunión semanal de producción
Versión 1.0 → Frecuencia: Viernes → Duración máxima 30 min → Formato invariable semana a semana

Identificación de la reunión

Fecha: ____ / ____ / ____	Lugar: _____	Semana piloto: _____ de 16	Hora inicio: _____ Hora fin: _____

Asistentes

Responsable de producción: _____ ☐	Responsable recepción / almacén MP: _____ ☐
Responsable línea de producción: _____ ☐	Responsable almacén PT / expediciones: _____ ☐

Bloque 1 - Revisión de tableros de las tres áreas (10 min)

Área	KPIs en verde	KPIs en ámbar	KPIs en rojo	Observación principal
Recepción				
Producción				
Almacén PT				

Bloque 2 - Tres desviaciones prioritarias de la semana (10 min)

Desviación 1

Descripción: _____	Área: _____
Causa probable: _____	Responsable análisis: _____

Desviación 2

Descripción: _____	Área: _____
Causa probable: _____	Responsable análisis: _____

Desviación 3

Descripción: _____	Área: _____
Causa probable: _____	Responsable análisis: _____

Bloque 3 - Compromisos antes de salir de la sala (10 min)

Acción 1: _____	Responsable: _____	Plazo: _____ / _____ / _____

Anexo 18. Acta de reunión semanal de producción · Elaboración propia

Ficha de consolidación por etapa - Piloto Lean - DMAIC
Versión 1.0 → Frecuencia: Último viernes de cada mes → Responsable: Encargado de producción

Periodo evaluado: _____ / _____ | Semanas cubiertas: S_____ a S_____ | Semana piloto: _____ de 16 | Lugar: _____

Criterio de consolidación:
Una etapa se considera consolidada cuando TODOS sus indicadores registran valores en rango verde durante al menos 4 semanas consecutivas en el tablero correspondiente, sin intervención de supervisión extraordinaria.

Evaluación de consolidación por etapa

Etapa	Oleada	KPIs en verde	Semanas consecutivas	Estado	Observación
Recepción	Oleada 1	___ / 4	___ semanas consecutivas	☐ Consolidado ☐ En proceso	
Almacén MP	Oleada 1	___ / 4	___ semanas consecutivas	☐ Consolidado ☐ En proceso	
Recepción	Oleada 2	___ / 4	___ semanas consecutivas	☐ Consolidado ☐ En proceso	
Recepción	Oleada 2	___ / 4	___ semanas consecutivas	☐ Consolidado ☐ En proceso	
Recepción	Oleada 3	___ / 4	___ semanas consecutivas	☐ Consolidado ☐ En proceso	
Recepción	Oleada 3	___ / 4	___ semanas consecutivas	☐ Consolidado ☐ En proceso	

Estado global del piloto:
Etapas consolidadas: ___ / 6
Condición de escalado a distribución: ☐ CUMPLIDA (todas las etapas consolidadas) ☐ PENDIENTE (quedan ___ etapas)

Etapa con mayor dificultad de consolidación: _____ **Causa principal:** _____

ALERTA: Si alguna etapa lleva 8 semanas sin consolidar → Revisar diseño de la intervención con dirección de operaciones

Decisiones tomadas en esta revisión mensual

1. _____

2. _____

Responsable de producción: _____ | Dirección de operaciones: _____

Anexo 19. Ficha de consolidación mensual por etapa · Elaboración propia · Frecuencia: mensual · Criterio de consolidación: ≥ 4 semanas consecutivas en verde

Informe mensual de evaluación del piloto Lean- DMAIC
Versión 1.0 → Frecuencia: Último viernes de cada mes → Destinatario: Dirección de Operaciones

Periodo evaluado: _____ / _____	Semana piloto: _____ de 16	Elaborado por: _____

Bloque 1 - Comparativa de indicadores: Estado inicial vs Estado actual del piloto

Indicador	Estado inicial	Objetivo piloto	Valor actual	Estado
OEE línea procesado	44,5%	≥ 62%	_____ %	☐ Verde ☐ Ámbar ☐ Rojo
Tiempo de cambio de prod.	100 min	≤ 45 min	_____ min	☐ Verde ☐ Ámbar ☐ Rojo
Caducidades MP	7%	≤ 2%	_____ %	☐ Verde ☐ Ámbar ☐ Rojo
Defectos envasado	3%	≤ 0,5%	_____ %	☐ Verde ☐ Ámbar ☐ Rojo
OTD expediciones	78%	≤ 92%	_____ %	☐ Verde ☐ Ámbar ☐ Rojo

Bloque 2 - Ahorros realizados vs Ahorros estimados

Fuente de ahorro	Ahorro estimado / mes	Ahorro realizado / mes	Desviación (%)
Recepción - merma y rechazos	3.432 €	_____ €	
Almacén MP - Caducidades	2.640 €	_____ €	
Paradas + Cambios + Defectos	37.785 €	_____ €	
Envasado	3.300 €	_____ €	
Almaécn PT - Roturas y OTD	6.732€	_____ €	

Ahorro total estimado: 53.889 €/mes **Ahorro total realizado: _____ €/mes**

Bloque 3 - Decisión de escalado y próximos pasos

Etapas consolidadas: ____ / 6
Condición escalado a distribución: ☐ CUMPLIDA ☐ PENDIENTE
Próximo hito: _____ Fecha prevista: ____ / ____ / _____
Principales riesgos identificados: _____

Responsable de producción: _____	Dirección de operaciones: _____

Anexo 20. Informe mensual de evaluación del piloto Lean-DMAIC · Elaboración propia

BIBLIOGRAFÍA

6sigma.us. (2023). Six Sigma case study: Ford Motors. https://www.6sigma.us/uncategorized/six-sigma-case-study-ford-motors/

Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. Food Control, 39, 172–184. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.007

Avanti Lean. (s.f.). Cadena de suministro lean en la industria de alimentación: Pasos para tener un sistema interconectado. https://www.avanti-lean.com/pasos-cadena-suministro/amp/

Blog Valerdat. (s.f.). Desafíos y estrategias para optimizar la cadena de suministro de la industria alimentaria. https://blog.valerdat.com/blog/cadena-suministro-industria-alimentaria/

Bureau Veritas Certification. (2024). Asegurando la calidad en la industria automotriz: Importancia y estrategias efectivas. https://www.bureauveritascertification.com/es/blog/calidad-de-productos/asegurando-la-calidad-en-la-industria-automotriz-importancia-y

Caicedo Solano, N. E., García Llinás, G. A., & Montoya-Torres, J. R. (2020). Towards the integration of lean principles and optimization for agricultural production systems: A conceptual review proposition. Journal of the Science of Food and Agriculture, 100(2), 453–464. https://doi.org/10.1002/jsfa.10018

Chauhan, C., Dhir, A., Akram, M. U., & Salo, J. (2021). Food loss and waste in food supply chains: A systematic literature review and framework development approach. Journal of Cleaner Production, 295, 126438. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126438

Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., & Benhida, K. (2016). The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model. Journal of Cleaner Production, 139, 828–846. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101

Cherrafi, A., Elfezazi, S., Govindan, K., Garza-Reyes, J. A., Benhida, K., & Mokhlis, A. (2017). A framework for the integration of Green and Lean Six Sigma for superior sustainability performance. International Journal of Production Research, 55(15), 4481–4515. https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1266406

Costa, L. B. M., Godinho Filho, M., Fredendall, L. D., & Paredes, F. J. G. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. Trends in Food Science & Technology, 82, 122–133. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002

Costa, L. B. M., Godinho Filho, M., Fredendall, L. D., & Devós Ganga, G. M. (2021). Lean six sigma in the food industry: Construct development and measurement validation. International Journal of Production Economics, 231, 107843. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107843

Drewnowski, A., Specter, S. E., & Finley, J. W. (2024). A comprehensive review of current approaches on food waste reduction strategies. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 23(1), e70011. https://doi.org/10.1111/1541-4337.70011

Evocon. (2024). World-class OEE: Industry benchmarks from 50+ countries. https://evocon.com/articles/world-class-oee-industry-benchmarks-from-more-than-50-countries/

Garcia-Garcia, G., Singh, Y., & Jagtap, S. (2022). Optimising changeover through lean-manufacturing principles: A case study in a food factory. Sustainability, 14(14), 8279. https://doi.org/10.3390/su14148279

Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., & Tan, K. H. (2018). The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations. International Journal of Production Economics, 200, 170–180. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.030

Ghapar, F., Othman, N., Chew, L. L., Othman, A. K., & Sundram, V. P. K. (2024). Supply chain disruptions in the food manufacturing industry. En A. K. Othman, M. K. B. A. Rahman, S. Noranee, N. A. R. Demong, & A. Mat (Eds.), Industry-Academia Linkages for Business

Sustainability, vol. 133. European Proceedings of Social and Behavioural Sciences (pp. 873–881). European Publisher. https://doi.org/10.15405/epsbs.2024.05.71

ifactory. (2026). OEE improvement strategies for food and beverage production lines. https://ifactoryapp.com/industries/food-manufacturing/oee-improvement-strategies-food-beverage-production-lines

Imperia SCM. (s.f.). La gestión de la cadena de suministro en la industria alimentaria. https://imperiascm.com/es-es/blog/la-gestion-de-la-cadena-de-suministro-en-la-industria-alimentaria

Invensis Learning. (2023). Lean and Six Sigma in the automotive industry. https://www.invensislearning.com/blog/how-six-sigma-improved-automotive-industry/

Iristrace. (s.f.). Metodología lean en la industria alimentaria (VI): Herramientas avanzadas para la eficiencia productiva. https://iristrace.com/es/blog/metodologia-lean-en-la-industria-alimentaria-vi-herramientas-avanzadas-para-la-eficiencia-productiva/

ITOP. (s.f.). Optimización de la cadena de suministro en la industria alimentaria. https://itop.es/blog/item/optimizacion-de-la-cadena-de-suministro-en-la-industria-alimentaria.html

Jonkman, J., Barbosa-Póvoa, A. P., & Bloemhof-Ruwaard, J. M. (2019). Integrating harvesting decisions in the design of agro-food supply chains. European Journal of Operational Research, 276(1), 247–258. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.12.024

Kaizen Institute. (2026). Lean manufacturing in the food industry. https://kaizen.com/insights/lean-manufacturing-food-industry/

Kaizen Institute. (s.f.). Lean manufacturing en la industria alimentaria. https://kaizen.com/es/insights-es/lean-manufacturing-industria-alimentaria/

Kaizen Institute. (s.f.). Utilizar Lean Six Sigma para optimizar el consumo de materiales. https://kaizen.com/es/insights-es/caso-optimizacion-consumo-industria-alimentos/

Krishnan, R., Agarwal, R., Bajada, C., & Arshinder, K. (2020). Redesigning a food supply chain for environmental sustainability: An analysis of resource use and recovery. Journal of Cleaner Production, 242, 118374. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118374

Lejarza, F., Pistikopoulos, I., & Baldea, M. (2021). A scalable real-time solution strategy for supply chain management of fresh produce: A Mexico-to-United States cross border study. International Journal of Production Economics, 240, 108212. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108212

LLumin. (2025). What is food & beverage manufacturing OEE? https://llumin.com/blog/what-is-food-beverage-manufacturing-oee/

Lozano, J., Saenz-Díez, J. C., Martínez, E., Jiménez, E., & Blanco, J. (2017). Methodology to improve machine changeover performance on food industry based on SMED. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 90(9–12), 3607–3618. https://doi.org/10.1007/s00170-016-9686-x

Mejía Quijano, R. C., & Palomino Zuluaga, D. A. (2022). Gestión de riesgos operacionales en cadenas de suministro agroalimentarias bajo un enfoque de manufactura esbelta. Información Tecnológica, 33(1), 245–256. https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000100245

Morone, P., Falcone, P. M., Imbert, E., & Morone, A. (2018). Does food sharing lead to food waste reduction? An experimental analysis to assess challenges and opportunities of a new consumption model. Journal of Cleaner Production, 185, 749–760. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.208

Patel, J., & Shah, R. (2024). Improving automotive sector using Lean Six Sigma. International Research Journal of Engineering and Technology, 11(4), 272. https://www.irjet.net/archives/V11/i4/IRJET-V11I4272.pdf

Povilaitis, M., & Rimkuvienė, D. (2023). Improving agri-food supply chains through efficient inventory management. Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development, 45(3).

https://portalcris.vdu.lt/server/api/core/bitstreams/eb3dd2c0-bc67-4f03-87dc-02e5eab3be43/content

SourceDay. (2025). On-time delivery (OTD): Definition, formula & benchmarks. https://sourceday.com/blog/on-time-delivery-metrics/

Tordecilla, R. D., Juan, A. A., Montoya-Torres, J. R., Quintero-Araujo, C. L., & Panadero, J. (2021). Simulation-optimization methods for designing and assessing resilient supply chain networks under uncertainty scenarios: A review. Simulation Modelling Practice and Theory, 106, 102166. https://doi.org/10.1016/j.simpat.2020.102166

Tractian. (2025). On time delivery. https://tractian.com/en/glossary/on-time-delivery

Yadav, V. S., Singh, A. R., Gunasekaran, A., Raut, R. D., & Narkhede, B. E. (2022). A systematic literature review of the agro-food supply chain: Challenges, network design, and performance measurement perspectives. Sustainable Production and Consumption, 29, 685–704. https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.11.019