



Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Industrial

Trabajo de Investigación:

**“REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA SOBRE LA
GESTIÓN DE LA CADENA DE
SUMINISTRO Y EL EMPLEO DE LA
TECNOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN POR
RADIO FRECUENCIA EN PRODUCTOS
PERECIBLES”**

Maradona Huamani Ccamaqqe

Para obtener el Grado Académico de Bachiller en:

Ingeniería Industrial

Arequipa – Perú

2020

RESUMEN

En el contexto del siguiente trabajo se presenta una revisión bibliográfica de distintos artículos académicos de investigación, referidos a los principales hallazgos, métodos y estrategias en la Gestión de la Cadena de Suministro de productos perecederos. Del mismo modo, se realizó una revisión amplia sobre los últimos avances en la aplicación de la tecnología RFID para minimizar desperdicios dentro de la cadena de abasto de estos productos, considerando su perecibilidad y trazabilidad. Posteriormente, se realizó un análisis crítico correspondiente a cada tema y un análisis conclusivo general. Donde se pudo indicar que el principal reto de este tipo de cadena de abastecimiento, es su alto nivel de incertidumbre en la demanda, debido a su vida útil definido y su variabilidad con respecto a las condiciones ambientales de transporte y almacenaje. Los mismos se presentan como verdaderos obstáculos en la estimación de la demanda, cantidad optima de pedido (stock). Por otro lado, la utilización de tecnología RFID dentro de la cadena de abastecimiento de productos perecibles puede ayudar notablemente en su gestión y contribuir a una mejor toma de decisiones.

Palabras clave: *Gestión de la Cadena de Suministro, producto perecible, RFID, perecibilidad, trazabilidad.*

ABSTRACT

In the context of the present work, a bibliographic review of different academic research articles is presented, referring to the main findings, methods and strategies in the Management of the Supply Chain of perishable products. Likewise, a review was carried out on the latest advances in the application of RFID technology to minimize waste in the supply chain due to the perishability and traceability of these products. Subsequently, a critical analysis corresponding to each topic and a general conclusive analysis were carried out. Where it could be indicated that the main challenge of this type of supply chain is its high level of uncertainty in demand, due to its defined useful life and its variability with respect to the environmental conditions of transport and storage. They are presented as real obstacles in estimating demand, optimal order quantity (stock). On the other hand, the use of RFID technology within the supply chain can significantly help in its management and contribute to better decision-making.

Key words: *Supply Chain Management, perishable product, RFID, perishability, traceability.*

ÍNDICE

RESUMEN.....	ii
ABSTRACT	iii
LISTA DE FIGURAS	vi
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	9
1.1 Planteamiento del Problema.....	9
1.2 Pregunta principal de investigación.....	10
1.3 Objetivos.....	10
1.3.1 Objetivo General	10
1.3.2 Objetivos Específicos.....	10
1.4 Justificación	10
1.4.1 Economía.....	10
1.4.2 Social	10
1.4.3 Ambiental.....	11
1.5 Alcances y Limitaciones.....	11
1.5.1 Alcances	11
1.5.2 Limitaciones	11
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	12
2.1 Producto perecible.....	12
2.1.1 Fecha de caducidad.....	12
2.1.2 Fecha de emisión.....	13
2.1.3 Tiempo de vida útil.....	13
2.2 Cadena de abastecimiento	13
2.2.2 Faces de decisión en la Cadena de Suministro.....	15
2.3 Tecnología RFID.....	16
2.3.1 Tags o Etiquetas	17
2.3.2 Lector.....	18
2.3.3 Procesador de datos	18
CAPÍTULO III: DESARROLLO METODOLÓGICO	19
3.1 Metodología.....	19
3.2 Diseño de a investigación.....	19
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	21

4.1 Gestión de la cadena de suministro en productos perecibles	21
4.2 Análisis crítico.....	28
4.3 Gestión de productos perecibles con tecnología RFID.....	31
4.4 Análisis crítico.....	38
4.5 Análisis crítico conclusivo	40
CONCLUSIONES.....	43
5.1 Conclusiones.....	43
5.3 Recomendaciones.....	44
5.4 Trabajos futuros	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de una Cadena de Suministro.....	15
Figura 2. Estructura de un sistema RFID. a) de corto alcance, b) de largo alcance	17
Figura 3. Inventario administrado por el proveedor	30
Figura 4: Sistema de notificación de perecibilidad	42

INTRODUCCIÓN

Por un periodo largo la tecnología de identificación de objetos que más se ha posicionado en el mercado fue el ya conocido código de barras, gradualmente con el transcurso del tiempo se ha demostrado que el mismo tiene limitaciones en cuanto al tipo y cantidad de información que este almacena, a raíz de ello surgieron otros métodos de identificación. Dentro de ellos se desarrolló el sistema de identificación de objetos por radio frecuencia RFID [1]. Esta tecnología es mucho más rápida y precisa a tal punto que es posible contar con información en tiempo real, realizando lecturas simultaneas de múltiples objetos en un mismo tiempo, permitiendo a las organizaciones reducir costes y ser más eficientes [2].

Por otro lado, en la gestión de la cadena de abastecimiento de productos perecibles existen aún retos que dificultan el correcto flujo información y productos entre ciertas etapas de la cadena, uno de los retos es conocer la demanda, con tal grado de exactitud que permita abastecer tales etapas con cantidades adecuadas y que permita no incurrir en sobre stock. Mantener la disponibilidad de los productos a lo largo de la cadena es vital para el éxito de mismo. En la mayoría de casos esto se logra al mantener el stock de inventarios dentro de sus almacenes. Por añadidura, la esencia de los productos perecibles, es su tiempo de vida útil limitado, esto quiere decir que estos productos tienen una fecha de caducidad fija

y después de esa fecha el producto es considerado inservible, dicho de otro modo, un mal cálculo podría involucrar falta o exceso de stock que al mismo tiempo incurriría en costos innecesarios. Asimismo, las condiciones de transporte y almacenamiento son fundamentales para mantener la trazabilidad de estos productos, puesto una mala condición ambiental puede afectar su disponibilidad pese a que el producto se encuentre vigente, o sea, al no mantener las condiciones ambientales propios de los productos perecibles, su vida útil se podría acortar. Por consiguiente, estos aspectos elevan la incertidumbre de la demanda en la etapa de los detallistas.

Es por ello que en este trabajo abordaremos un análisis amplio sobre los últimos avances en cuanto a diferentes métodos de estimación de la demanda y la aplicación de la tecnología RFID dentro de los procesos de la cadena de abastecimiento, planteados para la reducción de pérdidas por perecibilidad y trazabilidad dentro de la cadena antes mencionada.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Planteamiento del Problema

Las cifras sobre pérdida y desperdicio de alimentos perecibles alrededor del mundo son realmente alarmantes, según dio a conocer la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), año tras año se viene registrando pérdidas de al menos un 30% sobre el total de alimentos producidos. El cual hace referencia a 1300 millones de toneladas en términos de comida, así mismo, esto supone también como pérdida económica para todas las partes involucradas en la cadena de abasto, los costos económicos llegan por lo menos a 1×10^9 USD [3].

Por otro lado, un supermercado puede presentar aproximadamente 6×10^9 USD en pérdidas al año por perecibilidad de sus productos, en específico el departamento de panadería y pastelería representan un 22.1% del total de merma que se genera, el equivalente aproximadamente de $1. \times 10^6$ USD. Esto se debido a una mala ejecución en los procesos, procedimientos mal definidos y flujo de información deficiente, además, considerando la propia característica de estos productos hace que su monitoreo en medio de la cadena de abastecimiento sea complicado [4].

1.2 Pregunta principal de investigación

¿Cómo se gestiona la cadena de abastecimiento para minimizar la pérdida en productos perecibles mediante el empleo tecnología RFID en los últimos cuatro años?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Realizar una revisión bibliográfica sobre la Gestión de la Cadena de Suministro para minimizar la pérdida de productos perecibles con tecnología RFID.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar los criterios de búsqueda para realizar la revisión bibliográfica.
- Efectuar la revisión bibliográfica.
- Realizar el análisis crítico.
- Plantear futuros trabajos de investigación con respecto a la investigación realizada.

1.4 Justificación

1.4.1 Economía

El desarrollo tecnológico en estos últimos años se viene desarrollando de manera exponencial, por lo que las empresas deben adecuarse a estos cambios y perdurar en el tiempo, en tanto el empleo de la tecnología RFID como un sistema de control de perecibilidad podría minimizar la merma por producto caducado, generando un ahorro importante en las empresas que comercializan estos productos, evitar costos por penalidad al entregar productos desfasados a detallistas y costes de transporte innecesarios. Además, las etiquetas RFID se pueden adquirir en el mercado a precios muy bajos.

1.4.2 Social

Por otro lado, los consumidores tienen la necesidad adquirir productos vigentes; que estén dentro de su ciclo de vida útil. Por otro lado, están las compañías que

deben cumplir con estas exigencias, por ello este sistema puede contribuir a minimizar el riesgo de comercializar productos cuyo ciclo de vida ya estén desfasados, productos vencidos.

1.4.3 Ambiental

El empleo del RFID como sistema ayudará a tomar decisiones más eficientes dentro de la cadena de abasto y una mejor planificación con respecto a los productos que estén próximos a vencer, ya que la tecnología RFID comparte información en tiempo real. Permitiendo una integración entre los agentes que componen la cadena de abastecimiento y tomar decisiones que no atenten en contra del cuidado del medio ambiente, asimismo se podría reducir la emanación de gases tóxicos producidos por el proceso de quemado de productos caducados.

1.5 Alcances y Limitaciones

1.5.1 Alcances

El TI abarcará y presentará un análisis crítico-constructivo como parte de la revisión de una serie de artículos académicos, para que en base a ello se puedan realizar futuras investigaciones.

1.5.2 Limitaciones

El presente trabajo de investigación se limita a realizar una investigación de revisión bibliográfica, dado a la coyuntura actual por el estado de emergencia sanitaria mundial denominado COVID - 19, a la fecha de elaboración de este trabajo de investigación, no es posible realizar trabajos de campo, adquirir componentes necesarios y esenciales para prototipar un sistema RFID.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este apartado se darán a conocer algunos conceptos claves, con el propósito de poner en contexto y contribuir a un mejor entendimiento del presente trabajo de investigación. Abordando conceptos de: productos perecibles, cadena de abastecimiento y tecnología RFID.

2.1 Producto perecible

Un producto perecible es aquella que cuenta con una fecha de emisión y fecha de caducidad, es decir un producto perecible tiene una vida útil fija. Generalmente, estos productos requieren de un buen estado de conservación ya que un mal ambiente de almacenamiento puede reducir su vida útil. Si un producto perecible desfasado es consumido, podría causar daños en la salud de los consumidores. [5].

2.1.1 Fecha de caducidad

La fecha de caducidad es un indicador que señala el fin o límite de vida útil del producto, generalmente esta fecha viene impresa en el empaque y/o etiqueta del producto. Dicha fecha generalmente es establecida por el fabricante, quienes

toman en cuenta ciertos criterios de salubridad típicos de cada producto y normativas vigentes [5].

2.1.2 Fecha de emisión

Fecha en la que el producto es producido y/o fabricado, que a partir de la fecha inicia la vida útil del producto, en otros términos, indica que a partir de esa fecha el producto puede ser consumido con total seguridad [5].

2.1.3 Tiempo de vida útil

La vida útil de un producto perecible se define como el tiempo restante hasta la fecha de caducidad, este tiempo comprende desde la producción hasta que sea entregado al consumidor final, también es conocido como perecibilidad. Otros factores adicionales que determinan la vida útil de un producto son las condiciones ambientales de almacenaje y algunas de sus características como sus propiedades fisicoquímicas y la variación a nivel microbiológico [5].

2.2 Cadena de abastecimiento

Cadena de abastecimiento comprende varias etapas quienes interactúan entre sí para actuar ante los requerimientos de los consumidores, desde los proveedores, fabricantes, distribuidores y detallistas. Esto significa que, en el entorno de cadena de suministro, existe movimiento de productos e información, el cual comienza con el la necesidad del cliente. Es decir, los consumidores compran productos de las tiendas minoristas, conocidos también como detallistas, las tiendas minoristas obtienen el stock de productos a través de los centros de distribución y estos extraen sus existencias de las empresas manufactureras, y las empresas manufactureras se aprovisionan de su red de proveedores. Esto describe el flujo en una cadena de suministro simplificada, un flujo lineal; una cadena de suministro real probablemente tendría muchos más elementos y podría ser muy compleja (red) [6]. Para una mejor comprensión definiremos las etapas de que conforma la cadena de abastecimiento.

- *Clientes*. Son los que inician la cadena de abastecimiento a través de transmisión de sus requerimientos sobre sus necesidades ante los detallistas, los clientes pueden iniciar esta operación por medio de plataformas digitales o de manera presencias. En la logística es conocido como aquel ente que genera la demanda [6].

- *Detallistas*. También conocido como minoristas son los encargados de recibir y atender las necesidades de los clientes a través de la venta de productos, un detallista es básicamente un punto de venta [6].

- *Distribuidores*. Los distribuidores son intermediarios entre fabricantes y detallistas, quienes se encargan de mantener la disponibilidad de productor para actuar frente a la demanda de los detallistas [6].

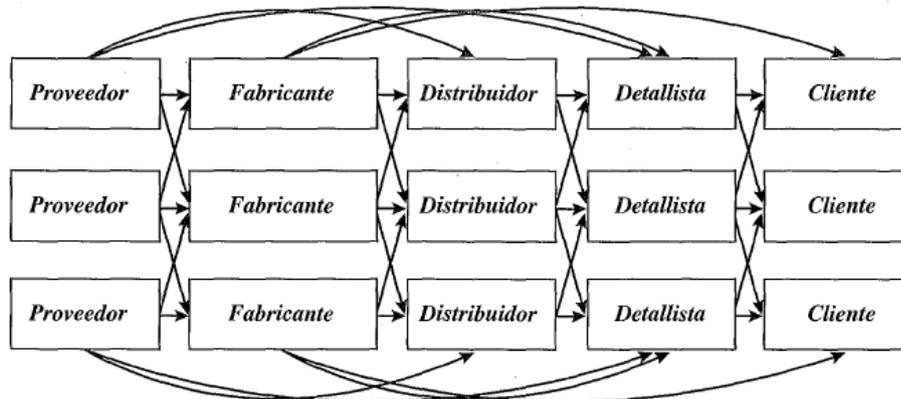
- *Fabricantes*. Son los encargados de transformar materias primas en productos terminados mediante una serie de procesos de manufactura, con el fin de cumplir con las necesidades de los clientes primarios [6].

- *Proveedores*. Son los encarados de suministrar insumos, materiales, herramientas, servicios, etc., a etapa de los fabricantes con el fin de contribuir a la elaboración del producto terminado [6].

Por otra parte, el objetivo principal de una cadena de suministro es la satisfacción de los requerimientos de los consumidores finales a través de la disponibilidad de productos dentro de la cadena. La mayoría de cadenas en realidad comprenden una estructura de una red de abastecimiento puesto que un detallista podría contar con varios distribuidores, los distribuidores también se pudieran suministrar de varios fabricantes, y estos fabricantes de igual manera podrían contar una serie de proveedores, tal como se muestra en la Figura 1. La naturalidad de una cadena de suministro es el flujo de información, fondos y productos, este flujo se da tanto de derecha a izquierda como de izquierda a derecha. Cabe mencionar que no necesariamente para ser considerado una cadena de abastecimiento se requieren

todas las etapas que se muestran en la Figura 1, una cadena podría funcionar directamente, por ejemplo, de fabricante a detallista, fabricante a cliente, o proveedor a detallista realizando una venta directa [7].

Figura 1. Etapas de una Cadena de Suministro.



Fuente: [7]

Adicionalmente, dentro de cadena de suministro interactúan otros agentes que hacen posible el correcto funcionamiento del mismo como por ejemplo los transportistas y operadores logísticos.

2.2.2 Facetas de decisión en la Cadena de Suministro

La dirección de una cadena de suministro eficiente o con un grado de éxito tiene como premisa tomar ciertas decisiones concernientes con el flujo de información, fondos y productos. Dichas decisiones tienen que estar enfocados en incrementar la efectividad de la cadena y maximizar el beneficio esperado, dentro del mismo. Por tanto, en cada fase sobre la toma de decisiones se debería considerar la incertidumbre en la demanda [7].

- *Estrategia o diseño de la cadena de suministro.* En esta fase se diseña la estrategia de la empresa con respecto a la estructuración de la cadena de suministro, por lo general esta planeación se da en el lapso de un tiempo no menor al de un año. Es decir, se desarrollan proyecciones futuras a largo plazo [7].

- *Planeación de la cadena de suministro.* En esta fase se toman decisiones en función a la estructuración de la cadena en la fase de diseño, la naturalidad en las decisiones concernientes a esta fase se desarrolla en estrategias de mediano y corto plazo [7].

- *Operación de la cadena de suministro.* En esta fase se toman decisiones en función a la estructuración y planeación de la cadena de suministro, estas decisiones de dan forma inmediata. Por ejemplo, aquellas decisiones inmediatas que se pudieran tomar ante una requisición del cliente [7].

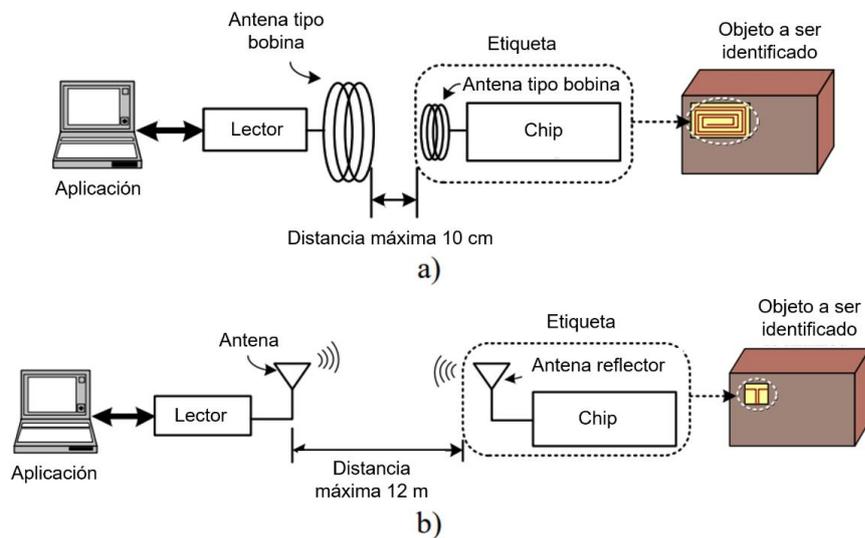
Mencionar que las decisiones que se toman en cada una de las fases relacionados con la cadena de suministro cumplen una función vital para el éxito o fracaso de una compañía, también indicar que, para poder mantenerse competitivos, y perdurar en el tiempo, las compañías de adaptarse a las expectativas de los consumidores y sobre todo ajustarse a los cambios tecnológicos [7].

2.3 Tecnología RFID

RFID es una tecnología de identificación por radio frecuencia, su funcionamiento es muy semejante al del sistema de código de barras, generalmente se utilizan para recuperar datos o información de manera remota de aquellos objetos que cuentan con una etiqueta compatible con RFID [2]. Es decir, por ejemplo, para recolectar información usando el tradicional código de barras es muy limitado debido a su bajo alcance ya que sería necesario un contacto físico, convirtiéndolo en ineficiente, en cambio con el sistema RFID se pueden leer y obtener información de varias etiquetas en un mismo tiempo, debido a su alto nivel de alcance y sin la necesidad de tener un contacto físico con los objetos se pueden contar con información en tiempo real [8]. El sistema RFID requiere de tres componentes principales para su funcionamiento; un lector, quien se encarga de recibir información, un procesar de datos, que permite gestionar la información, y una etiqueta o tag, que se encarga de transferir información [2].

En la Figura 2 podemos observar la estructura del funcionamiento de un sistema RFID, en imagen, básicamente se clasifican en dos tipos dependiendo de la distancia en la que son pueden ser leídos. En el esquema (a) de la Figura 2 podemos apreciar que se usa una antena tipo bobina en cual emite ondas de radiofrecuencia entre 125 y 140 kHz proporcionando una distancia máxima de 10 cm de lectura. Mientras que el esquema (b) de la Figura 2 se puede ver una antena reflector (pasiva) el cual emite ondas de 433 a 915 Mhz proporcionando una lectura máxima de 12 m [2].

Figura 2. Estructura de un sistema RFID. a) de corto alcance, b) de largo alcance



Fuente: [2]

2.3.1 Tags o Etiquetas

Uno de los componentes esenciales que se emplea en el sistema. La etiqueta RFID está compuesta por un microchip y una antena como se puede ver en la Figura 2, su función principal es almacenar información, dado a que cada etiqueta cuenta con un propio ID, al interactuar con una antena activa este envía toda la información mediante ondas de radio frecuencia [9].

2.3.2 Lector

Un componente básico para un sistema RFID. El lector es un dispositivo que tiene como finalidad emitir señales de radio frecuencia con el propósito captar todas las etiquetas o tag RFID quienes se encuentran distribuidos en un medio, cabe mencionar que esta comunicación se logra gracias al enlace inalámbrico (radio frecuencia) que existe con los tags y el lector [9].

2.3.3 Procesador de datos

Con el propósito de que la tecnología RFID sea un sistema eficiente, la etiqueta y el lector necesitan la presencia de equipos complementarios como computadora, y software que optimicé el desarrollo del sistema RFID. Para ello dentro de la gama de sistemas de procesamiento de data tenemos: Middleware, Servidor y Sistema terminal [10].

- *El middleware.* transforma la información en instrucción con el fin de que estos se puedan almacenar en un servidor. Pero no siempre el sistema puede interactuar con una base de datos (servidor), por ejemplo, puede funcionar como rastreador siempre y cuando interactúe un lector y el middleware. En otros términos, el sistema se encarga de administrar las etiquetas RFID [8].

- *Servidor.* Es un ordenador informático que tiene como función principal almacenar y custodiar la información recolectada por el lector RFID y que fue procesada por el middleware [11].

- *Sistema Terminal:* Un Sistema Terminal tiene como fin Integrar un equipo y un sistema RFID, con propósito de entablar comunicación y control sobre los principales datos almacenados en los servidores. Por otro lado, uno de sus propósitos es captar, procesar y gestionar la información que estén almacenados y custodiados en el servidor [11].

CAPÍTULO III

DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1 Metodología

La metodología que seguirá el presente trabajo de investigación estará enfocada en realizar revisión de la literatura de los artículos académicos publicados en los últimos cinco años, el cual estará definido en cuatro etapas. Los criterios de búsqueda que se emplearán estarán enfocados y relacionados en las palabras clave del tema a tratar.

3.2 Diseño de a investigación

- **Primera etapa:** En esta etapa se busca definir los objetivos de la revisión bibliográfica, el cual será de carácter explicativo, analítico y crítico. Como también se definirán algunas el alcance del mismo.
- **Segunda etapa:** Se definirán algunos conceptos y diagramas introductorios referidos al tema de investigación, con el fin de poner en contexto al lector y este pudiera entender el significado de palabras y temas planteados más adelante, en paralelo se realizará una búsqueda bibliográfica en fuentes primarias encontrados en la base de datos de ScienceDirect y Google Académico, para ello se definirán criterios de búsqueda y selección de artículos. Para la selección de artículos

tomaremos como criterio principal las palabras clave referidos a la investigación planteada y como criterio secundario el tiempo de 4 años de antigüedad como límite desde la publicación del artículo académico.

- **Tercera etapa:** se procederá a realizar una organización de la información tomando en cuenta un orden cronológico y clasificación según tema como fue planteado en la segunda etapa.
- **Cuarta etapa:** se realizará la redacción del trabajo de investigación mediante la elaboración el estado del arte, posteriormente, se realizará, con un análisis después de cada subtema y un análisis general, luego se dará a conocer las conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones. Finalmente, se listan las referencias bibliográficas consultadas mediante el programa Mendeley.

CAPÍTULO IV:

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

En cumplimiento de la metodología planteada, se seleccionaron dos categorías, de diez artículos cada uno, donde se abordaron de la siguiente manera: gestión de la cadena de suministro en productos perecibles y la gestión de productos perecibles con tecnología RFID. Asimismo, para cada uno de ellos se consideró un orden cronológico de menor a mayor, también se mostrará el estado del arte con un análisis crítico después de cada categoría y posteriormente un análisis general, que englobe un análisis crítico conclusivo.

4.1 Gestión de la cadena de suministro en productos perecibles

En el año 2016 J. Rezaeian, K. Shokoufi, S. Haghayegh y I. Mahdavi plasmaron en su investigación la planificación integrada de producción, distribución e inventario de productos perecederos con un tiempo de vida fijo y en condiciones constantes de almacenamiento a lo largo de una cadena de suministro, mediante la integración de productores y distribuidores. Este problema que abordaron fue de un entorno real en el que las plantas múltiples con líneas multifuncionales producen productos perecederos con un tiempo de vida fijo en un tamaño de lote que se enviará con varios

vehículos al centro de distribución múltiple para minimizar el objetivo múltiple como la configuración costos entre productos, costos de mantenimiento, costos de escasez, costos de deterioro, costos de transporte y costos de producción. Sin embargo, también abordaron extender esta planificación mediante la integración de un sistema de inventario para cada centro de distribución, el cual permitió calcular el inventario neto, la escasez, mediante el sistema FEFO y pronosticar el deterioro de los artículos. Desarrollaron un modelo de programación no lineal de enteros mixtos para el problema considerado. Además, emplearon un algoritmo y lo aplicaron para optimizar algunos parámetros utilizaron un nivel de confianza del 95% para identificar el algoritmo más efectivo en términos de desviación porcentual relativa. Finalmente, los resultados computacionales muestran que la lograron pronosticar las cantidades de pedido y la correcta rotación de productos [12].

En el trabajo de investigación de C. Priefer, J. Jörissen, y K. Bräutigam, realizada en el año 2016, se da énfasis a la disminución de desperdicios dentro de la cadena de suministro de alimentos perecibles, comprendido desde la etapa de producción primaria hasta la última etapa, siendo estos los consumidores finales. Dentro de ello se determinaron las causas principales de desperdicio, los mismos que contribuyen al 1.3 millones de toneladas como pérdidas aproximadamente en un año alrededor del mundo. Este trabajo fue realizado como parte de una revisión bibliográfica, mediante el cual se determinan aquellos puntos de apalancamiento más sobresalientes y aquellas posibles acciones en contra del desperdicio de alimentos. Una de las causas icónicas que se resalta en dicho trabajo es la falta de datos confiables, correspondientes al estado de perecibilidad en la que se encuentran estos productos dentro de la cadena de abasto, al mismo tiempo indican que al no contar con estos datos es imposible realizar estimaciones sólidas para tomar acciones correctivas. Como parte de la lucha en contra de los desperdicios alimenticios, mencionan también

que es importante lograr una integración de las etapas y agentes involucrados en la cadena de suministro y además integrar la disposición de información (datos) para la toma de decisiones ante un posible desbordo de desperdicios [13].

B. Vahdani, S. Niaki, y S. Aslanzade en el año 2017, presentaron un modelo de programación matemático basado en la entrega de productos perecederos a minoristas dentro de la cadena de abastecimiento, el mismo permitiría el cumplimiento en la entrega de productos durante los tiempos establecidos y disminuir costos de penalidad por demanda insatisfecha. Además, determinaron que la demanda con relación a los detallistas es considerada una variable aleatoria debido a su alto grado de incertidumbre en la demanda. En el modelo abordaron integrar las etapas de producción, almacenamiento y distribución, para maximizar el beneficio esperado al realizar la venta de productos perecibles. Por esa razón se plantearon dos algoritmos; heurístico y metaheurístico, los cuales fueron comparados y evaluados mediante simulaciones, con el fin de conocer el grado de efectividad y eficiencia de uno con respecto al otro. Dichos resultados indicaron que se prefiere un algoritmo heurístico, ya logró minimizar el tiempo de producción necesaria para atender y satisfacer los pedidos de los minoristas, calcular el número mínimo de vehículos de transporte para cubrir todos los viajes las rutas posibles, disminuyendo el tiempo de entrega o reabasto con respecto a los detallistas [14].

En un trabajo realizado por D. Bogataj, M. Bogataj y D. Hudoklin en el año 2017, proponen un novedoso modelo EMRP basado en la teoría MRP como parte de aportar al soporte en la toma de decisiones ante el diseño de la cadena de suministro y las inversiones en sistemas tecnológicos de productos perecibles, es decir, el modelo está centrado en un sistema para controlar y gestionar la perecibilidad en tiempo real, donde los productos interactuarían de manera inteligente con conjunto de sensores dentro de los

contenedores mientras son transportados, al mismo tiempo están sincronizados con un sistema de soporte para la toma de decisiones en la nube. Tal sistema permite a los gerentes y usuarios, monitorear constantemente estos productos dentro de la cadena de abasto. Con este sistema se pudo pronosticar de mejor manera el grado de perecibilidad futura esperada; en consecuencia, también se contribuyó a una mejor planificación de distribución y reducir costos logísticos [15].

M. Ghatreh, S. Torabi y S Hosseini-Motlagh en su trabajo realizado en el año 2018, plantearon un modelo matemático de programación lineal de enteros mixtos para una adecuada gestión de la cadena de abastecimiento de sangre, debido a la alta incertidumbre en la demanda de los mismos, ante casos desastrosos o emergencia. Ellos plantearon que la sangre es considerada un producto perecible ya que después de ser donados estos tienen que ser almacenados, indican que la vida útil puede variar según el tipo de sangre, pero también existe un tipo de sangre que no es perecible. Dentro del modelo se plantearon tres funciones objetivas, como parte del modelo de PL; la primera función minimizar el costo total de la cadena, el segundo minimizar la demanda máxima insatisfecha, la tercera normalizar el impacto de las diferentes vidas útiles de los productos sanguíneos. El modelo propuesto es fue validado en un problema como parte del caso de estudio, en un caso real de la ciudad de Mashhad en Irán, los resultados demuestran que llegaron a minimizar el costo de la cadena, aumentando la disponibilidad de sangre ante la demanda, observaron una mejora en el proceso de acopio, reduciendo tiempos en la colecta, también en la distribución del mismo. Sin embargo, el sistema no influye y no garantiza en la frescura del producto, es decir no influye en la trazabilidad [16].

En este paper realizado por M. Ketzenberg, Michael G. Gaukler y V. Salin durante el 2018, proponen abordar y establecer fechas de caducidad a productos perecibles con

vidas útiles aleatorias, integrando las propiedades biológicas de estos productos. Por esta razón modelaron un control de inventario estocástico, ya que evidenciaron incertidumbre en la demanda, pérdida de ventas por perecibilidad, costos de penalización por demanda insatisfecha y costos que incluyen eliminar productos vencidos. En relación a lo mencionado plantearon dos modelos heurísticos; uno para determinar las cantidades de pedido y otro para establecer las fechas de vencimiento, posteriormente realizaron varias simulaciones, dentro de ello tomaron en cuenta los tomates frescos envasados como productos y su comportamiento dentro de la cadena de suministro fabricante-detallista, donde evaluaron la sensibilidad de las fechas de caducidad y lograron proporcionar información gerencial en relación a la configuración de fechas de caducidad de estos productos para una adecuada gestión de inventarios dentro de la cadena de suministro [17].

En el trabajo de investigación realizada por G. Dellino, T. Laudadio, R. Mari, N. Mastronardi y C. Meloni en el año 2018, abordaron el problema en pronóstico de la demanda en la gestión de operaciones dentro de la cadena de abastecimiento de productos perecibles, con este fin emplearon un conjunto de modelos para el pronóstico de la demanda. La propuesta de requerimiento (pedido) se basó en un enfoque metaheurístico considerando la previsión de ventas como una aproximación de la demanda. Además, se definieron indicadores de gestión (KPIs) estadísticos para una mejor configuración de los parámetros ante la incertidumbre en la demanda de pedidos. Posteriormente, se emplearon simulaciones con un conjunto de datos reales enfocados en 19 tiendas de menudeo y 156 productos perecederos con el propósito de evaluar la efectividad del pronóstico como sus efectos en la actividad de planificación de requerimientos (pedidos). Los resultados demostraron que ninguno de los modelos estudiados es aún capaz de predecir la incertidumbre con un alto grado

de efectividad, en consecuencia, dependerá aún del gestor de la cadena de abastecimiento para entender la complejidad y adaptabilidad del mismo [18].

En el estudio presentado el 2019 por M. Yavari, y M, Mohaddese se realizó un diseño de red en la cadena de suministro de circuito cerrado para productos perecederos en condiciones inciertas. Consideraron que la demanda, la tasa de retorno y la calidad de productos devueltos son parámetros inciertos, para ello se basaron en el estudio de una empresa láctea, donde estimaron que es un producto de múltiples períodos y que comprende proveedores, fabricantes, almacenes, minoristas y centros de recolección. Proyectaron un modelo de programación lineal de enteros mixtos para minimizar el costo y aspectos ambientales, simultáneamente. Además, se desarrolló un modelo robusto de programación lineal innovador para minimizar la incertidumbre. Debido a la naturaleza del problema, en la investigación contemplaron el desarrollado un modelo Heurístico, para resolver problemas de gran envergadura. Adicionalmente, realizaron experimentos computacionales que indican que el método tiene una brecha promedio de menos del 1.65 por ciento de la solución óptima en un tiempo razonable. Además, el método encuentra la solución óptima en más del 34 por ciento de los casos. En cuanto al rendimiento de los modelos de enfoque robusto y determinista (el método heurístico) fueron puestos en marcha en un estudio de caso real y en una amplia gama de problemas. A los resultados que llegaron revelan que el modelo robusto en comparación con el modelo determinista tiene mejor calidad y parece bastante más confiable [19].

En el 2019 G. Dellino, T. Laudadio, R. Mari, N. Mastronardi y C. Meloni presentaron una investigación donde canalizaron su enfoque en un problema de enrutamiento de producción de alimentos perecederos con múltiples plantas y consideraciones de empaque. En el estudio se mencionan las características principales que los productos

perecederos contienen como son; una vida útil corta y con frecuencia de venta con descuentos. Pretendieron integrarlos dentro de un problema de planificación de la cadena de suministro mediante un programa lineal de enteros mixtos. Luego se desarrollaron un modelo de matemática híbrida (HM) para resolverlo. El modelo que propusieron compone tres componentes, es decir, un método iterativo de dos fases, un procedimiento de reparación y optimización y un proceso de optimización basado en rutas. En particular, el proceso iterativo que plantean genera una posible solución inviable, este es reparada y mejorada por el proceso de mejora, y esta mejora contribuye aún más a la solución al explotar información útil proporcionada por el modelo. También diseñaron e implementaron dos algoritmos de ramificación y corte. Los mismos fueron evaluados mediante experimentos computacionales en 320 instancias generadas aleatoriamente con hasta cuatro plantas, 50 detallistas, seis períodos y tres paquetes para demostrar el rendimiento del modelo. Los resultados de experimentos computacionales detallados muestran que el modelo es efectivo y eficiente, ya que lograron brindar soluciones en tiempos cortos; Además, estas soluciones representaron ahorros tanto económicos como en términos de perecibilidad. También se realizaron extensos experimentos computacionales para ilustrar los beneficios sobre la integración del empaque y la planificación de la ruta de distribución, demostrando resultados favorables como son los ahorros económicos generados dentro de la cadena de abastecimiento [20].

Durante el año 2019 A. Sinha y A. Anand realizaron un trabajo de investigación enfocado en optimizar la cadena de suministro de productos perecederos, mencionaron que la demora o el retraso de tiempo en la entrega de los mismos afecta de manera significativa en el éxito de estos productos. Por otro lado, mencionan que la integración entre las etapas de producción, almacenaje y distribución dentro del entorno de la cadena sigue siendo un reto desafiante para quienes se encargan de

gestionarla, la vida útil corta, el control de temperatura, la necesidad de un manejo estricto de la trazabilidad y el volumen de la demanda son algunos factores importantes que se deben tener en cuenta en esta integración de etapas y superar ese reto. Ante esta situación, propusieron un modelo holístico considerando sus propiedades generales, al mismo tiempo fueron aplicados dentro de la cadena en uno de los problemas identificados. Los resultados a los que llegaron demostraron el modelo sería de gran utilidad para los encargados quienes buscan optimizar y gestionar este tipo de cadenas de suministro [21].

4.2 Análisis crítico

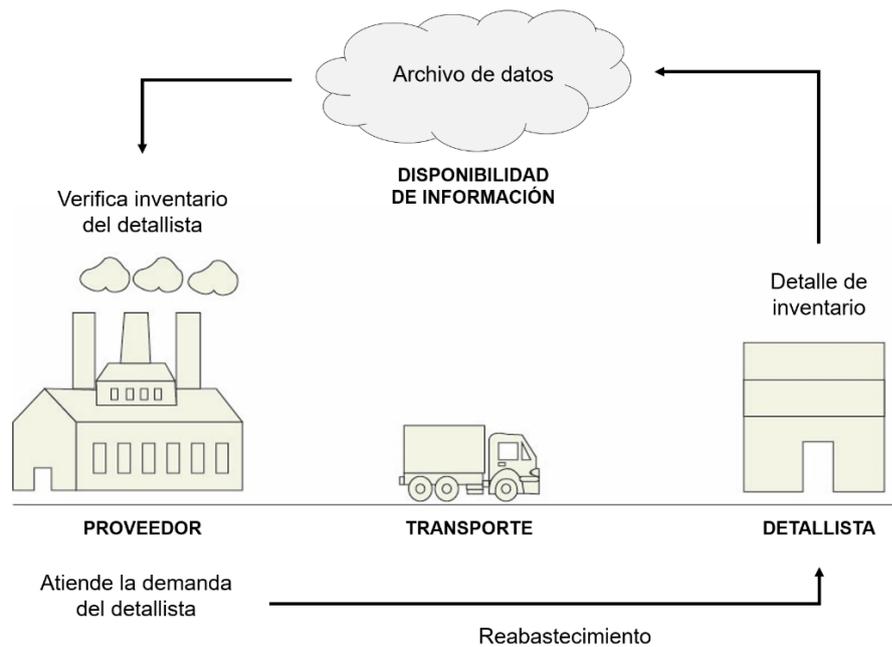
La Gestión de la Cadena de Suministro de productos perecibles aún sigue siendo muy compleja, debido a su alto nivel de incertidumbre en la demanda y su grado de perecibilidad, a nivel del detallista esta incertidumbre se presenta como un verdadero obstáculo en la determinación sobre las cantidades óptimas de pedido, como se evidencia en los trabajos analizados anteriormente; indican que los modelos Metaheurísticos, Heurísticos, MRP, Programación Lineal y Holísticos facilitan pronosticar dicha demanda dentro de la cadena de abasto. Asimismo, los modelos de programación lineal pueden contribuir de mejor manera a la estimación de la demanda, reduciendo esta incertidumbre de la demanda notablemente, en comparación a los otros modelos.

Desde mi punto de vista la integración y combinación de un inventario manejado por el proveedor (VMI) y un modelo de programación lineal, dentro de las etapas proveedor-detallista, podrían funcionar de una manera más eficaz ya que esta combinación permitiría que el proveedor pueda adelantarse a las necesidades del minorista, y poder cumplir adecuadamente con el reabastecimiento en esta etapa, y así manteniendo la disponibilidad de productos a lo largo de la cadena. Es decir, bajo

este enfoque no se afectaría la disponibilidad, pero si minimizar el inventario del detallista, puesto que manejar niveles muy altos de inventario, lograría incrementar la disponibilidad del producto, pero también podría ver afectado la eficiencia, a causa de que a ello se asocian costos referentes al capital requerido para mantener tal grado de inventario, costos operativos y aquellos costos asociados a la pérdida por sobre stock y por perecibilidad. Considerando los productos perecibles y su principal característica el cual es su vida útil limitada, e inclusive tomando en cuenta las condiciones de almacenamiento su vida útil se podría acortar, y ello se convertiría en un riesgo importante al mantener un alto volumen de inventario dado a su grado de perecibilidad.

Para tener un mejor panorama en la Figura 3 se puede apreciar como funcionaria el inventario administrado por el proveedor complementado con el modelo de programación lineal, en cierta forma observamos que el proveedor dispone de la información sin la necesidad de realizar trámites burocráticos sobre los datos relacionados con el inventario, ya que la información referente a los niveles de inventario se encuentra disponible para ser usado por el proveedor.

Figura 3. Inventario administrado por el proveedor



Fuente: *Elaboración propia*

Una vez que el proveedor verifica la información este procede a reabastecer el stock del detallista, con el objeto de lograr un equilibrio entre la disponibilidad y la capacidad de respuesta ante sus clientes, observamos que esto se da a través de una integración entre estas dos etapas y la disponibilidad de información correspondiente a la data del detallista. El modelo de programación lineal permitiría contar un mejor panorama acerca del comportamiento de los niveles de inventario y conocer con ciencia cierta el historial y en función a ello actuar adecuadamente ante la demanda. Asimismo, podemos indicar que se puede mantener la disponibilidad de productos sin la necesidad de contar con inventarios muy altos y al mismo tiempo disminuir cualquier tipo de riesgo asociado a la perecibilidad.

Por otro lado, se puede decir que la necesidad del flujo de información sobre los modelos de decisiones logísticas asociados dentro de la Cadena de Abastecimiento de productos perecederos son esenciales para el éxito de mismo. Como pudimos

apreciar en la Figura 3 el flujo y disponibilidad de la información concernientes a los niveles de inventarios, instalaciones, costes, transporte, precios, clientes y otros, afectan de manera positiva a la disponibilidad de productos y al mismo tiempo a la reducción de costos innecesarios.

Otro de los desafíos específicos es el estricto monitoreo de las condiciones de transporte de este tipo de productos. Por otro lado, cabe mencionar que la esencia de los productos perecibles es su vida útil definida y estos al ser cortos suponen un mayor reto, la integración de sus procesos o etapas y el correcto enrutamiento de la distribución serian cruciales para reducir los tiempos de entrega y al mismo tiempo contribuir a la reducción de perdidas por perecibilidad.

4.3 Gestión de productos perecibles con tecnología RFID

En el año 2016 M. Rivera, I Karina y R Islas presentaron un artículo en el cual contemplaron la integración de RFID y Código de Barras para construcción y puesta en prueba, un sistema de registro de datos a nivel de prototipo, cuyo propósito fue ubicar las etiquetas y transmitir la información que contiene en tiempo real para luego ser registrados. Adicionalmente, lograron detectar la fecha y hora como datos secundarios, para lograr dicho funcionamiento tuvieron que desarrollar una aplicación en Visual Basic con el objeto de dar soporte un microcontrolador y coadyuvar al procesamiento de la información recabada, y como parte del almacenamiento de los datos registrados usaron una plantilla de Microsoft Excel, como base de datos. El propósito real de construir este sistema a nivel de prototipo fue obtener la experiencia de como este responde a situaciones reales y por otro lado permitió evaluar la implementación en la aplicación de operaciones automatizadas a nivel industrial. Los resultados a los que llegaron indican que esta tecnología podría tener éxito en la implementación dentro de los procesos industriales, además los resultados indican que

la tecnología RFID presenta mejores ventajas en comparación con el tradicional código de barras, el RFID puede leer varias etiquetas en un mismo tiempo y sin la necesidad de contar con un ángulo de visión. No obstante, detectaron que lector que emplearon tuvo un corto alcance de a penas de 12 cm. esto debido a que el lector solo alcanza una frecuencia máxima de 150 khz [22].

En el año 2016 D. Tanner planteo en su trabajo de investigación la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) como una herramienta potencial, refiere que esta tecnología aún es emergente y significativamente ventajosa para la industria alimentaria, en comparación con otros sistemas de identificación, puesto que el RFID permite contar con información en tiempo real. Además, indica que de implementarse en la cadena de abastecimiento este podría maximizar su eficiencia. Considerando este panorama el autor plantea posibles usos dentro de la cadena y aprovechar al máximo sus ventajas: como un medio que permita rastrear geográficamente cada uno de los productos o monitorear su movimiento dentro de la etapa de distribución, como un medio para almacenar datos propios de los productos perecibles; temperatura, fecha de caducidad y otros, como un medio para predecir la vida útil del producto y conocer la cantidad en un momento específico. Por otro lado, señala que la integración de sensores y modelos matemáticos robustecen aún más su ventaja. Con referencia a la seguridad que implica su implantación, señala que la disponibilidad de información que se maneja a niveles de etiquetas podrían afectar la confidencialidad de la compañía con referencia al manejo de sus inventarios [23].

En Finlandia en el año 2016 se desarrolló una investigación donde se aborda el valor de la información dentro de la cadena de abasto; como el historial de tiempo y el monitoreo de la temperatura de productos perecibles por medio de RFID. Plantearon establecer fechas de caducidad dinámicos en los productos perecederos, ya que

consideran que la determinación de vida útil de este tipo de productos se da considerando las peores condiciones de almacenamiento a los que podrían estar expuestos. Adicionalmente, plantearon que, si se tomara en cuenta las condiciones ambientales reales, condiciones reales de almacenamiento en la etapa del detallista, se podría prolongar la vida útil del producto y extender en cierta medida la vigencia del producto con el fin de mantener la disponibilidad del mismo. Para apreciar el funcionamiento de este planteamiento, consideraron la cadena de suministro de los tomates embazados, donde cuantificaron el valor de la información por medio de RFID. Posteriormente, se dieron a conocer los resultados a los que llegaron, donde demuestran que lograron eliminar la posibilidad de vender productos desfasados y disminuir en gran medida la tasa de pérdida por perecibilidad. Además, mostraron que, cuando se emplean fechas de caducidad dinámicas, la frescura en promedio del producto al momento de la venta aumenta significativamente y se reducen los costos para el minorista y también se genera un valor en la cadena [24].

En el año 2017 M. Vanderroost, P. Ragaert, J. Verwaeren, B. de Meulenaer, B. de Baests y F. Devlieghere indican en su trabajo que, en la actualidad, los consumidores y las organizaciones gubernamentales se enfrentan y obligan cada vez más a la industria de alimentos y envases de alimentos a resolver problemas relacionados con el fraude, la falsificación, el robo, la calidad y la seguridad de los alimentos, y la reutilización y reciclaje de envases. Indican que esto requiere el desarrollo y la integración de tecnologías nuevas o existentes, como paquetes de alimentos inteligentes o redes inalámbricas de sensores para mejorar las capacidades de monitoreo durante la logística y las ventas y el consumo, permitir la interacción con los consumidores y mejorar la reutilización o el reciclaje de los paquetes de alimentos. En este documento de revisión, se proporciona una descripción general extensa de los sistemas informáticos que se utilizan en la fase de logística y Pos-logística del ciclo de

vida de un paquete de alimentos y que, en cierta medida, integran las tecnologías antes mencionadas. Estos sistemas ofrecen la perspectiva de mejorar la eficiencia de las operaciones logísticas en los paquetes de alimentos para reducir la pérdida de alimentos, informar mejor a los consumidores a través de los paquetes de alimentos y apoyar la reutilización y el reciclaje de los paquetes. El objetivo principal del trabajo que presentaron fue demostrar que un existen desafíos de investigación y en función a ellos resolver problemas técnicos relacionados con el desarrollo de nuevos sistemas informáticos integrados para la gestión de la cadena de suministro de perecibles [25].

En el año 2016 G.S. Lorite enfoca su investigación en reducir el desperdicio de productos perecederos y satisfacer las necesidades del consumidor moderno y exigente con respecto a la calidad de los mismos, mediante la elaboración de un sensor de temperatura y etiqueta RFID a nivel de prototipo. Adicionalmente, consideró la importancia crucial que tiene controlar la cadena de suministro y las condiciones de almacenamiento de los productos perecederos. En vista de ello, planteó que la temperatura juega un papel importante dentro de la cadena en relación a la seguridad y calidad de los productos durante el aprovisionamiento y almacenamiento. Es por ello que, en su trabajo desarrolló un prototipo, indicador de temperatura crítica (sensor) basado en un punto de fusión disolvente (disminución de la temperatura). Además, presentó el principio del funcionamiento de este indicador (sensor), logrando ver que funciona de mejor manera mediante el uso de tecnología de microfluidos. Como resultado, logró obtener un sensor de temperatura crítica novedoso y funcional, adicionalmente, complementó el sensor integrando una etiqueta RFID, tecnología de identificación por radio frecuencia, para una mejor gestión de información. Luego fue puesto a prueba, donde logró observar como este sistema proporciona información en tiempo real, posteriormente concluyó que el empleo de este tipo de sistemas podría contribuir a un correcto monitoreo en puntos estratégicos dentro de la cadena de

abastecimiento, de esta manera disminuir los desperdicios de productos perecibles y brindar a los consumidores finales productos con una mejor calidad [26].

Durante el año 2017 F. Bibi, C. Guillaume, N. Gontard, y B. Sorli determinaron que la tecnología RFID (identificación por radiofrecuencia) ha ido ganando terreno y desarrollándose en el mercado notablemente en los últimos años. Determinaron que esta tecnología busca abarcar la identificación de productos y la trazabilidad en el sector agroalimentario, monitorear la seguridad y la calidad de los alimentos. Así mismo, refieren que el RFID puede ser considerado como el digno sucesor del código de barras con una expansión prevista no solo en el sector agroalimentario, sino también en los sectores industriales. Por otro lado, mencionan que al acoplar sensores a la tecnología RFID llevaría a una mejor custodia y monitoreo de los productos dentro de la cadena de abastecimiento. Resaltan también que el RFID puede satisfacer nuestras necesidades para un mejor monitoreo de la calidad de los productos mediante el acoplamiento de sensores específicos dependiendo del objetivo a lograr. Como parte de las conclusiones a los que llegaron, indican que el RFID puede mejorar los niveles de trazabilidad, contribuir a la detección de productos en degradación y reducción de pérdida por productos vencidos [27].

Durante el año 2017 R. Gautam, A. Singh, K. Karthik, S. Pandey, F. Scrimgeour y M. K. Tiwari enfocaron su investigación en la trazabilidad de frutas dentro de la cadena de abastecimiento. Asimismo, se enfocaron en realizar un seguimiento de la calidad, la perecebilidad y la frescura de las frutas, el cual fue considerado como la principal razón para mantener la satisfacción del cliente. Para desarrollar dicha investigación consideraron la cadena de suministro de kiwi y analizaron el impacto que este tiene en la trazabilidad para ello utilizaron etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID). Adicionalmente, formularon un modelo de programación no lineal de enteros

multi-objetivos (MOINLP) considerando dos funciones objetivas que incluyen (1) minimización de los costos totales que comprenden costos de logística y costos de implementación de etiquetas RFID y (2) minimización de costos de responsabilidad en caso de contaminación. Para calcular el problema planteado, implementaron un algoritmo de optimización de polinizadores de plantas y en paralelo realizaron una comparación con el conocido Algoritmo genético de clasificación no dominado. Las conclusiones a los que llegaron en este trabajo indican que este sistema puede ayudar a los administradores de la Cadena de Suministro a minimizar los riesgos de entrega de frutas perecidas ya que el sistema ayudaría a rastrearlas en una etapa anterior y, por lo tanto, reducir los costos de responsabilidad y minimizar costos por perecibilidad [28].

En el año 2018 W. Zhou y S. Piramuthu centraron su investigación en los identificadores automáticos, específicamente en los códigos de barras y las etiquetas RFID (identificación por radiofrecuencia), indican que los mismos ayudan a identificar rápidamente cualquier elemento asociado al sistema RFID o Código de barras. Dichos sistemas generalmente comprenden más de un elemento para su funcionamiento elemento, citan que generalmente estas dos entidades (el identificador y el elemento etiquetado) permanecen inseparables todo el tiempo que sea necesario. Sin embargo, también afirman que puede ocurrir una separación intencional o involuntaria de la etiqueta (iniciada por una persona deshonesto), lo que requiere una respuesta adecuada antes de que se produzca el daño. Desarrollaron un medio basado en el conocimiento con criptografía para identificar el daño de la etiqueta RFID y la separación de su objeto asociado. También consideraron aspectos relacionados con la seguridad y privacidad donde indicaron que 10% se pierde [29].

A principios del año 2020 G. Alfian publicó su investigación en la que resalta la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) ha mejorado significativamente

en los últimos años y actualmente se busca su implementación en la identificación y trazabilidad de alimentos perecederos en el sector alimentario para salvaguardar la seguridad y la calidad de los alimentos. Actualmente, se considera que es un digno sucesor del sistema de código de barras y tiene ventajas significativas para monitorear productos en la cadena de suministro de alimentos perecederos. En su estudio propuso un sistema de trazabilidad que utiliza sensores RFID e Internet de las cosas. Plante también que la tecnología RFID se puede usar para rastrear alimentos perecederos dentro de la cadena de suministro, mientras que los sensores RFID se pueden usar para medir la temperatura y la humedad durante el almacenamiento y el transporte. Además, considera que es importante que las puertas RFID puedan identificar la dirección de las etiquetas y si los productos se reciben o envían a través de la puerta. Para ello utilizaron modelos de aprendizaje automático para detectar la dirección de las etiquetas RFID pasivas. El sistema que propuso ha sido probado en la cadena de suministro de alimentos perecederos y ha revelado beneficios significativos para gerentes y clientes al proporcionar información del producto en tiempo real y un historial completo de temperatura y humedad. Además, al integrar un modelo de aprendizaje automático en la puerta RFID, los productos etiquetados que entran o salen a través de una puerta pueden identificarse correctamente y, por lo tanto, mejorar la eficiencia del sistema de trazabilidad [30].

A principios del 2020 H. Yang y W. Chen publicaron su trabajo de investigación en la que resaltan el análisis sobre las ubicaciones de los costos de inversión en las ganancias de las empresas y sus incentivos para adoptar la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID). consideraron la cadena de suministro, donde el fabricante coloca etiquetas RFID en cada artículo y vende a través de un minorista, bajo este panorama el fabricante dicta el precio mayorista con las condiciones en la cantidad mínimas de pedido. Por otro lado, está la adopción del RFID el conlleva tanto

un costo variable como un costo fijo, que pueden ser asumidos por el fabricante o el minorista, bajo esta premisa en este trabajo se indica como conclusión que estos costos pueden ser asumidos por cualquiera de estas empresas puesto que en ambas situaciones se logra reducir otros costos asociados a las pérdidas por mala administración dentro de la cadena de abastecimiento [31].

4.4 Análisis crítico

Como pudimos revisar en los trabajos presentados anteriormente, referentes a la tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID), podemos decir que no es un tema nuevo, sino que ha ido desarrollándose, posicionándose y mejorando en el transcurso de los años [27]. Pero su aplicación dentro de la cadena de abastecimiento de productos perecibles aún sigue siendo relativamente un tema nuevo. Durante el año 2016 se desarrollaban investigaciones a nivel de prototipo, donde se lograban evidenciar su grado de efectividad y su posibles alcances [22]. Asimismo, se descubrían aquellas posibles ventajas mediante su comparación con sistemas muy parecidos, como es el caso del código de barras, tras estas comparaciones se lograban resaltar algunos beneficios que pudieran tener al ser incorporados en la administración de productos perecederos [22, 24]. Viendo el potencial del RFID para ser aplicado dentro de la cadena de abastecimiento de perecibles, paralelamente se venían proponiendo sistemas de monitoreo de trazabilidad mediante la incorporación de sensores y etiquetas RFID [23, 28]. Es hasta el año 2017 donde se plantea la incorporación dentro de la cadena de abastecimiento de frutas.

El RFID como tal, es una herramienta que permite mejorar los procesos de realización de inventarios dentro de la cadena de productos perecibles o cualquier otro producto que no sea considerado perecedero, esta tecnología brinda ciertas ventajas con respecto a otras, también podría ser empleado como una ventaja competitiva en

relación a la competencia, y esto le permitiría a la compañía, al implementar esta tecnología, diferenciarse de la competencia, ya que el rendimiento óptimo de la cadena de abastecimiento depende de su estrategia competitiva.

La mayoría de aplicación de tecnología RFID dentro de la gestión de perecibles están más orientados a la gestión de trazabilidad, ya que las condiciones ambientales, condiciones de almacenamiento, condiciones de transporte impactan negativamente a la calidad de estos productos, en ciertas ocasiones pueden llegar a minimizar la vida útil de producto. Y un sistema que ayude a gestionar esta información contribuiría notablemente a reducir la pérdida de productos desfasados. Adicionalmente, se debe considerar y conocer de cerca las necesidades de cerca de los clientes.

La disponibilidad de información en tiempo real, es quizá una de las ventajas más relevantes de la tecnología RFID. Pero también, es importante mencionar que la recolección de información acerca de los productos que cuentan con etiquetas RFID, reducen considerablemente el tiempo empleado para su levantamiento de información en comparación con otros sistemas de control de identidad. Es decir, con el RFID se puede conocer con exactitud de manera inmediata el stock de un determinado depósito en simultáneo.

Uno de los retos que afronta la tecnología RFID dentro de la cadena de productos perecibles, es que algunos productos, alimentos, por su naturaleza carecen de un empaque, limitándose de esta manera al uso de ese tipo de etiquetas, ya que en la mayoría de casos estas etiquetas son añadidos a los empaques de los productos, en este sentido todavía se mantiene este reto.

4.5 Análisis crítico conclusivo

Bajo la premisa en la incertidumbre de la demanda en la etapa del detallista, como parte de gestión en la cadena de abastecimiento de los productos perecibles, la implementación de la tecnología RFID podría ayudar considerablemente a conocer los niveles de su inventario y poner en contexto sobre sus existencias actuales que el detallista pudiera tener en un momento específico. Y pues esto le permitiría conocer con exactitud el estado en el que se encuentra su inventario, ya que el detallista contaría con la información en tiempo real. Pero la información en estas condiciones no podría aún convertirse en una ventaja competitiva, ya que sería necesario antes gestionarlos y convertirlos en información valiosa, y posteriormente trabajar en función a ellos. Por otro lado, un modelo matemático podría resultar de gran utilidad para la gestión de la información recolectada, en especial, los modelos de programación lineal podrían contribuir a pronosticar de mejor manera la demanda en esta etapa, este modelo matemático generalmente es empleado en el campo de la ingeniería, manejo de operaciones y flujo de productos dentro de ciertos procesos, como se pudo evidenciar en los trabajos analizados líneas arriba, este tipo de modelos permiten contar con un panorama más claro sobre el comportamiento del inventario y facilita en la determinación y reducción en la incertidumbre de la demanda.

Mientras se mantiene un inventario en la etapa del detallista, se estaría reduciendo su eficiencia a niveles de la cadena de abastecimiento, ya que la literatura indica que a mayor inventario menos eficiencia, esto quiere decir que, si el detallista incrementa la disponibilidad de sus productos, considerando que estos son perecibles, estos podrían llegar a caducar antes de ser entregados al cliente, es por ello que es muy importante reducir el grado de incertidumbre de la demanda y realizar una rotación mediante el sistema FEFO.

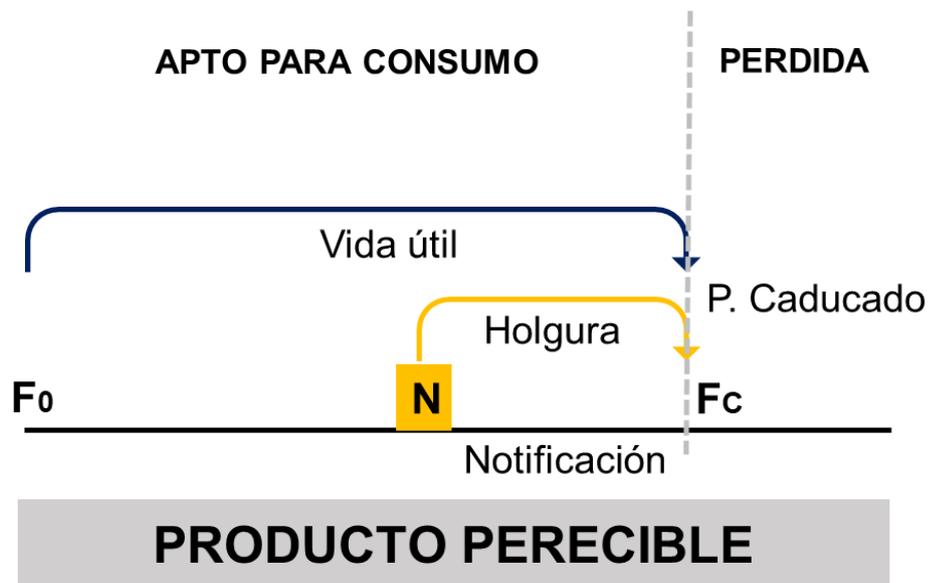
Así mismo, tomando en cuenta lo planteado anteriormente con referencia al inventario manejado por el proveedor podría tener un gran impacto si se llegara a integrar la tecnología RFID para el control de inventarios en la etapa del detallista y el modelo de programación lineal que permita reducir la incertidumbre de la demanda. Entonces se podría tomar como una estrategia competitiva dentro de la gestión de la cadena de abastecimiento. En consecuencia, permitiría que el proveedor podría actuar con mayor exactitud ante la demanda del detallista ya que se contaría con información en tiempo real.

De modo similar, se presentan desafíos dentro de monitoreo de la condición en la que estos productos son transportados y almacenados. En cuanto a la distribución para un mejor enrutamiento de podrían considerarse algoritmos en función a modelos matemáticos heurísticos ya que permitiría calcular la cantidad mínima de transportes requeridos para un correcto enrutamiento y conocer aquellos puntos críticos. Adicionalmente, se podría considerar la utilización de la tecnología RFID mediante la integración de sensores que sean capaces de monitorear estas condiciones, como se revisó en la literatura.

En definitiva, todavía no existe un sistema de notificaciones con referencia a la proximidad sobre la caducidad de los productos perecibles, un sistema que ayude a los administradores a tomar decisiones operacionales dentro de la gestión de cadena de abastecimiento, después de conocer con exactitud sobre aquellos productos que estén próximos a cumplir con su vida útil y los mismos se encuentran aún dentro de sus depósitos. Si bien es cierto, la mayoría de sistemas analizados a lo largo de este trabajo demuestran mediante sus resultados, que la información que proporcionan no engloba estos aspectos, más bien se enfocan en gestionar la trazabilidad, las cantidades óptimas de pedido y el correcto enrutamiento de la distribución. En la Figura

4 podemos apreciar como funcionaria este sistema de notificaciones, el cual identificaría a aquellos productos que estén próximos a caducar, añadiéndoles una determinada holgura que permita identificar dichos productos y notificar de manera inmediata al gestor de la cadena de abastecimiento y al mismo tiempo esta información podría ser compartida con el proveedor (VMI), con el propósito de conocer a ciencia cierta el estado en el que se encuentra su inventario y evitar pérdidas por perecibilidad.

Figura 4: Sistema de notificación de perecibilidad



Fuente: *Elaboración propia*

Los estudios de literatura presentados, principalmente en el sector de los productos perecibles, demuestran como el RFID puede satisfacer las necesidades de manejabilidad de información en tiempo real y contribuir a un mejor monitoreo de la calidad de estos productos mediante el acoplamiento de la comunicación por radiofrecuencia, sensores y VMI. El cual permite una buena gestión dentro de la cadena de suministro, perecibilidad y trazabilidad.

CONCLUSIONES

5.1 Conclusión

En los últimos cuatro años, gracias a las diversas investigaciones, se han desarrollado proyectos enfocados en la minimización de pérdidas en la cadena de abastecimiento de productos perecibles; así como su gestión. En dichos trabajos se evidencian que las pérdidas se dan por un mal monitoreo de la trazabilidad en los procesos de distribución y almacenamiento, también por una mala estimación de la demanda en la etapa del detallista; considerando una cadena de suministro lineal. Consecuentemente, ante esta coyuntura se vienen proponiendo investigaciones que permitan mostrar un panorama actualizado sobre la situación de este tipo de productos a lo largo de la cadena. Asimismo, consideran que la aplicación de la tecnología de RFID (Identificación por Radio Frecuencia) en combinación con sensores de temperatura, son esencial para mejorar el flujo y la disponibilidad de información en tiempo real, permitiendo poner en contexto inmediato al administrador de la cadena de abasto y en función a ellos tomar decisiones de nivel operativo. Sin embargo, existen muy pocas investigaciones que se centran en la gestión de la perecibilidad de estos productos, a través del uso de RFID. Habiendo identificado la necesidad e importancia de mantener la disponibilidad de productos vigentes dentro de la cadena de abasto podemos decir que existe aún la necesidad de predecir las fechas de caducidad.

5.3 Recomendación

Se recomienda realizar investigaciones centrados en la gestión de perecibilidad de productos, considerando la combinación de RFID y sensores de temperatura que permitan mantener la disponibilidad de información a lo largo de la cadena de abastecimiento.

5.4 Trabajos futuros

- Desarrollar estudios experimentales, donde se contemple el diseño de un sistema de notificaciones para predecir la perecibilidad de productos, empleando la tecnología RFID para contribuir a una mejor toma de decisiones.
- Efectuar estudios experimentales con el fin de proponer sistemas para el monitoreo de trazabilidad en productos perecederos, usando tecnología RFID.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. A. M. Rodríguez, “Tecnología RFID al servicio de la logística,” *Rev. RETO*, vol. 4, no. 4, pp. 77–90, 2016, [Online]. Available: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/RETO/article/viewFile/609/672>.
- [2] A. Ramos, A. Lazaro, D. Girbau, and R. Villarino, “Introduction to RFID and Chipless RFID,” *RFID Wirel. Sensors Using Ultra-Wideband Technol.*, pp. 1–18, 2016, doi: 10.1016/b978-1-78548-098-0.50001-x.
- [3] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, “@ www.fao.org,” 2020. <http://www.fao.org/policy-support/policy-themes/food-loss-food-waste/es/>.
- [4] A. Leiva, “Plan de mejoramiento para la prevención de mermas en una cadena de supermercados,” p. 74, 2018.
- [5] P. S. Soriano, “Vida útil en carnes frescas, carnes picadas y preparados cárnicos,” *Eurocarne n°269*, no. September, pp. 83–95, 2004, [Online]. Available: <https://eurocarne.com/revista/id/269>.
- [6] G. Amaral *et al.*, *Sustainable Logistics and Supply Chain Management*, 2nd., vol. 369, no. 1. 2013.
- [7] S. Chopra and P. Meindl, *Administracion de Cadena de Suministro*, 5ta ed. Mexico, 2013.
- [8] S. De Mel, D. Herath, D. McKenzie, and Y. Pathak, “Radio frequency (un)identification: Results from a proof-of-concept trial of the use of RFID technology to measure microenterprise turnover in Sri Lanka,” *Dev. Eng.*, vol. 1, pp. 4–11, 2016,

doi: 10.1016/j.deveng.2015.06.001.

- [9] J. I. Portillo García, A. B. Bermejo Nieto, and A. M. Bernardos Barbolla, *tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID)*. 2008.
- [10] M. E. Casero, "Tecnología de identificación por radiofrecuencia.," p. 79, 2013.
- [11] L. Almonacid, "Estudio de Factibilidad para Implementar Tecnología RFID en Biblioteca Miraflores," p. 189, 2008.
- [12] J. Rezaeian, K. Shokoufi, S. Haghayegh, I. Mahdavi, and C. Professor, "Designing an Integrated Production/Distribution and Inventory Planning Model of Fixed-life Perishable Products," vol. 19, pp. 47–59, 2016.
- [13] C. Priefer, J. Jörissen, and K.-R. Bräutigam, "Food waste prevention in Europe – A cause-driven approach to identify the most relevant leverage points for action," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 109, pp. 155–165, May 2016, doi: 10.1016/j.resconrec.2016.03.004.
- [14] A. K. Sinha and A. Anand, "Optimizing supply chain network for perishable products using improved bacteria foraging algorithm," *Appl. Soft Comput.*, vol. 86, p. 105921, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105921>.
- [15] D. Bogataj, M. Bogataj, and D. Hudoklin, "Mitigating risks of perishable products in the cyber-physical systems based on the extended MRP model," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 193, pp. 51–62, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.06.028>.
- [16] M. R. Ghatreh Samani, S. A. Torabi, and S.-M. Hosseini-Motlagh, "Integrated blood supply chain planning for disaster relief," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 27, pp. 168–188, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.10.005>.
- [17] M. Ketzenberg, G. Gaukler, and V. Salin, "Expiration dates and order quantities for perishables," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 266, no. 2, pp. 569–584, 2018, doi: 10.1016/j.ejor.2017.10.005.
- [18] G. Dellino, T. Laudadio, R. Mari, N. Mastronardi, and C. Meloni, "Microforecasting methods for fresh food supply chain management: A computational study," *Math. Comput. Simul.*, vol. 147, pp. 100–120, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2017.12.006>.
- [19] M. Yavari and M. Geraeli, "Heuristic method for robust optimization model for green closed-loop supply chain network design of perishable goods," *J. Clean. Prod.*, vol.

- 226, pp. 282–305, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.279>.
- [20] Y. Li, F. Chu, J.-F. Côté, L. C. Coelho, and C. Chu, “The multi-plant perishable food production routing with packaging consideration,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 221, p. 107472, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.08.007>.
- [21] A. K. Sinha and A. Anand, “Optimizing supply chain network for perishable products using improved bacteria foraging algorithm,” *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 86, 2020, doi: [10.1016/j.asoc.2019.105921](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105921).
- [22] M. M. Rivera, I. Karina, and R. Islas, “Sistema De Registro De Datos Vía Rfid Y Código,” *Pist. Educ.*, no. 120, pp. 1367–1384, 2016.
- [23] D. Tanner, “Applications for RFID Technologies in the Food Supply Chain,” *Ref. Modul. Food Sci.*, pp. 1–5, 2016, doi: [10.1016/b978-0-08-100596-5.03164-4](https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.03164-4).
- [24] G. Gaukler, M. Ketzenberg, and V. Salin, “Establishing dynamic expiration dates for perishables: An application of rfid and sensor technology,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 193, pp. 617–632, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.07.019>.
- [25] M. Vanderroost, P. Ragaert, J. Verwaeren, B. De Meulenaer, B. De Baets, and F. Devlieghere, “The digitization of a food package’s life cycle: Existing and emerging computer systems in the logistics and post-logistics phase,” *Comput. Ind.*, vol. 87, pp. 15–30, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.01.004>.
- [26] G. S. Lorite *et al.*, “Novel, smart and RFID assisted critical temperature indicator for supply chain monitoring,” *J. Food Eng.*, vol. 193, pp. 20–28, 2017, doi: [10.1016/j.jfoodeng.2016.06.016](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.06.016).
- [27] F. Bibi, C. Guillaume, N. Gontard, and B. Sorli, “A review: RFID technology having sensing aptitudes for food industry and their contribution to tracking and monitoring of food products,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 62, pp. 91–103, 2017, doi: [10.1016/j.tifs.2017.01.013](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.01.013).
- [28] R. Gautam, A. Singh, K. Karthik, S. Pandey, F. Scrimgeour, and M. K. Tiwari, “Traceability using RFID and its formulation for a kiwifruit supply chain,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 103, pp. 46–58, 2017, doi: [10.1016/j.cie.2016.09.007](https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.09.007).
- [29] Y.-J. Tu, W. Zhou, and S. Piramuthu, “A novel means to address RFID tag/item separation in supply chains,” *Decis. Support Syst.*, vol. 115, pp. 13–23, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2018.09.003>.

- [30] G. Alfian *et al.*, "Improving efficiency of RFID-based traceability system for perishable food by utilizing IoT sensors and machine learning model," *Food Control*, vol. 110, p. 107016, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107016>.
- [31] H. Yang and W. Chen, "Game modes and investment cost locations in radio-frequency identification (RFID) adoption," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 286, no. 3, pp. 883–896, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.02.044>.