

APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE ANÁLISIS DEL MODO DE FALLAS Y EFECTOS EN CADENAS DE SUMINISTRO AGROINDUSTRIALES DE PEQUEÑA ESCALA

APPLICATION OF THE FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS TOOL IN SMALL-SCALE AGROINDUSTRIAL SUPPLY CHAINS

Silvana Elizabet Castillo

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Salta
Salta, Provincia de Salta, Argentina
se_castillo@yahoo.com.ar

Juan Carlos Michalus

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones
Oberá, Provincia de Misiones, Argentina
michalus@fio.unam.edu.ar

Fecha de recepción: 19/06/2022 - Fecha de aprobación: 29/07/2022

DOI: <https://doi.org/10.36995/j.visiondefuturo.2023.27.01.006.es>

RESUMEN

El funcionamiento de las Cadenas de Suministro Agroindustriales se ve afectado por los diferentes contextos internos y externos en el que se desarrollan. El objetivo del presente trabajo es aplicar el método de Análisis de Modo de Fallas y Efectos en una Cadena de producción agroindustrial del Noroeste Argentino e identificar las fallas potenciales que pueden aparecer a lo largo de su funcionamiento. A través de una investigación del tipo descriptiva y un análisis de antecedentes previos, se aplicó el instrumento en los diferentes eslabones de la cadena de producción y se diseñó una serie de medidas correctivas. Los resultados obtenidos, demuestran la necesidad de la formulación de un Modelo de Gestión integral de las redes de suministro agroindustriales, que permita mejorar su rendimiento y que contribuya al proceso de toma de decisiones. La herramienta empleada puede adaptarse y replicarse en Cadenas de producción agroindustriales de similares características.

PALABRAS CLAVE: Gestión de riesgos, AMFE, Cadena de Suministro Agroindustrial.

ABSTRACT

The functioning of Agroindustrial Supply Chains is affected by the different internal and external contexts in which they develop. The objective of this work is to apply the Failure Mode and Effects Analysis method in an agroindustrial production chain in the Northwest of Argentina and identify the potential failures that may appear throughout its operation. Through a descriptive research and a previous background analysis, the instrument was applied in the different links of the production chain and a series of corrective measures were designed. The results obtained demonstrate the need to formulate a comprehensive Management Model for agroindustrial supply networks, which will improve their performance



and contribute to the decision making process. The tool used can be adapted and replicated in agroindustrial production chains with similar characteristics.

KEYWORDS: Risk management, AMFE, Agribusiness Supply Chain.

INTRODUCCIÓN

Las transformaciones a nivel global fueron introduciendo cambios abruptos a nivel social, político, económico, ambiental y cultural en el funcionamiento de las Cadenas de Suministro Agroindustriales principalmente en aquellos sectores rurales de pequeña escala. Frente a estos cambios se han desarrollado diferentes metodologías que permitan gestionar los riesgos de una manera anticipada, y desarrollar planes de carácter preventivo que permitan atenuar los efectos negativos de las mismas.

En este trabajo se utilizará la herramienta de Análisis de Modo de Fallas y Efectos (AMFE) para el análisis y detección de potenciales fallas que pueden presentarse en una Cadena de Suministro Agroindustrial ubicada en la Región del Noroeste de la República Argentina. En toda la estructura productiva de la provincia de Salta, la producción agrícola tiene un rol fundamental en el sector primario. Una de las Cadenas más importantes es la Cadena Hortícola, y entre ellas, el Complejo productivo del pimiento el cual se tomará como caso de estudio para la aplicación de la herramienta AMFE. Algunos autores (Benítez, 2019; Centro Regional Salta-Jujuy, 2011; Halusch Escribas y Belmonte, 2018; Maggi, 2014; Manzanal et al., 2006) han detectado las principales problemáticas a lo largo de la cadena mencionada:

- Inadecuado esquema de rotación de cultivos
- Baja calidad de semilla en cuanto a su pureza genética y deficiente esquema de producción (mezcla de semilla de diferentes calidades y tipos)
- Escasez del recurso hídrico
- Incidencia de enfermedades y plagas
- Baja calidad del producto final por deficiencias en el secado
- Limitado acceso al financiamiento
- Mano de obra poco calificada y migración

Además de los aspectos mencionados, algunos autores (Halusch Escribas y Belmonte, 2018) han descrito el contexto socioeconómico en el que se desarrollan los sistemas productivos. En las etapas iniciales, se ha observado que en la mayoría de los casos la introducción de tecnología e innovación a determinados procesos y productos no presenta sostenibilidad con el tiempo, ya sea por el débil fortalecimiento de las organizaciones de productores, por la falta de concreción de proyectos y/o financiamiento.

En tanto que en las etapas de comercialización y distribución, se detecta que el mercado es del tipo oligopólico, con compradores intermediarios que ejercen dominio sobre los productores. Desde el punto de vista económico, se pueden detectar diferencias de costos entre el pimentón previamente tratado con tecnología y el producto sin tratamiento, que se ve reflejado en los precios de venta y en la calidad del producto en mercados y en supermercados. El sistema descrito resulta complejo, si se requiere resolver una problemática en específico, y es así que no se puede ignorar el contexto al que pertenecen. Las intervenciones puntuales no resuelven problemas sistémicos, por ello es necesario:

- Ampliar la visión de lo que se considera “tecnología” e “innovación” e incluir además lo organizacional e institucional
- Los proyectos tecnológicos deben tener sentido de pertenencia, dado que los actores sociales deben conferirle significado para adaptarlo a sus necesidades

De acuerdo a lo expresado anteriormente se considera necesario y pertinente realizar un diagnóstico inicial de la Cadena de suministro del pimiento, evaluar el contexto en el que se desarrolla, y detectar las fallas potenciales que afectan su operatividad. En tal sentido el Análisis de Modos de Fallas y Efectos aplicado a la Cadena de suministro mencionada permitirá detectar las causas y fallas potenciales de una manera integral, y con ello establecer las medidas correctivas que atenúen los efectos negativos.

Se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las fallas potenciales asociadas al funcionamiento actual de la Cadena de Suministro Agroindustrial del pimiento
- Determinar y evaluar los índices de riesgo asociados a cada una de las etapas de la Cadena analizada
- Formular medidas correctivas a partir de los resultados e índices evaluados.

Fundamentos

La evaluación del riesgo, presenta diferentes metodologías y herramientas que ayudan a generar mejoras continuas en los procesos y, si son aplicadas sistemática y adecuadamente, pueden detectar las distintas vulnerabilidades y debilidades de un sistema (González, Myer, y Pachón-Muñoz, 2017; Ostrom y Wilhelmsen, 2019). El Análisis de Modo de Falla y Efectos (AMFE) es una metodología que identifica los modos de falla potenciales en un sistema, producto u operación de manufactura/ensamble generadas por distintas deficiencias en los procesos. De igual manera permite la identificación de características de diseño o de proceso críticas que necesitan de controles especiales para prevenir o detectar los modos de falla (Alayo Gómez y Becerra Gonzales,

2013; Ramírez Ramírez, 2021). Otros autores, lo definen como una de las técnicas más ampliamente utilizadas para enumerar los posibles modos mediante los cuales los componentes puedan fallar. Se identifican cinco tipos de AMFE: de sistema, de diseño, de proceso, de servicio y de software (Neira y Velásquez, 2017). Es una metodología muy diversificada en su aplicación, pero muy útil para conocer con certeza las actividades desarrolladas, la forma en la que se realizan, la identificación de las fallas y sus efectos, y la formas más efectivas de implementarlas para que el funcionamiento del servicio/proceso opere de una forma más segura (Astier Peña, Maderuelo Fernández, Jiménez Julvez, Martín Rodríguez, y Palacio Lapuente, 2010).

Se recomienda iniciar el AMFE en etapas muy tempranas del desarrollo del producto como la conceptualización del diseño; y ampliar su aplicación a través de la vida del producto o servicio. En el procedimiento AMFE, las fallas son priorizadas de acuerdo a la gravedad de sus consecuencias, a las frecuencias de aparición y los mecanismos de detección. Se debe tener en cuenta que el AMFE es un documento que requerirá de revisión al menos una vez al año (Neira y Velásquez, 2017).

La herramienta AMFE se emplea en numerosas actividades, y en diferentes Cadenas de Suministro. En algunos casos, en organizaciones que gestionan activos físicos se aplican políticas de mantenimiento combinadas, por ejemplo puede citarse el caso de una Central hidroeléctrica en la que se desarrolla metodologías como AMFE, Análisis de criticidad, Ciclo de vida y mantenimiento centrado en la Confiabilidad (Martinez Monseco y Planaguma Vilamitjana, 2021).

Desde el punto de vista social, se ha aplicado en centros hospitalarios como instrumento de gestión de riesgo y de mejora continua en la prestación de los servicios, entre los cuales se encuentran los Sistemas de Gestión de Riesgo Clínico (Mateus, 2015).

También se registran aplicaciones en la Gestión Logística de Productos Pesqueros, donde se aplicó AMFE y procedimientos para el diagnóstico (Zaila, Jiménez, Casanueva, de la Cruz Rivadeneira, y Yumar, 2021). Otras actividades en que se relevó su empleo es en el sector de combustibles, aplicado en una estación de servicios, que tenía como objetivo proponer medidas para mitigar los riesgos existentes en la descarga de combustible mediante la aplicación de técnicas de análisis de riesgos, monitoreada con la herramienta AMFE, donde se identificaron los riesgos potenciales, así como el grado de riesgo que involucra cada parte de la actividad. Esta herramienta también se utilizó en actividades de diferente índole como en empresas de calzado entre otras (Sánchez Chiriboga y Tello Morales, 2021).

En el sector agroindustrial, se ha detectado el empleo de la herramienta en un sistema de producción de aceite de oliva virgen (Perez Catedra, 2019), y para identificar y prevenir los riesgos del proceso de comercialización de vitroplantas de caña de azúcar (Freire, Osés, Aguila, Esquirol, y Villegas, 2014). En tanto que en otro estudio tomado como referencia, se aplicó el AMFE para validar una Metodología Prospectiva de Análisis de Error Humano desarrollada para plantas de Biocombustibles (Calvo Olivares, 2016).

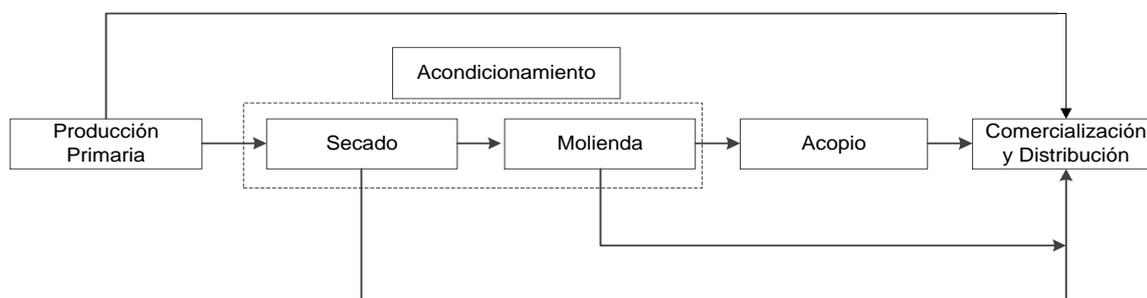
Las Cadenas de Suministro Agroalimentarias son complejas y susceptibles a diferentes vulnerabilidades y riesgos. En estas situaciones, se ha analizado varios riesgos empleando un enfoque de múltiples métodos, incluido el análisis temático, el modelado estructural interpretativo total y el análisis de multiplicación de matriz de impacto cruzado difuso aplicado al estudio de clasificación (Zhao et al., 2020). En otros trabajos relacionados a Cadenas Agroindustriales, se encontró la aplicación de herramientas de Manufactura Esbelta para la mitigación de riesgos operaciones en Cadenas de Suministro Agroindustriales del aguacate como el mapeo de la Cadena de Valor, AMFE y el Despliegue de Función de la Calidad y Lógica Difusa, sin embargo pudo detectarse que los eventos disruptivos no son evaluados y pueden llegar a influir sobre el funcionamiento normal de la cadena de suministro (Paredes-Rodriguez, Chud-Pantoja, y Peña-Montoya, 2022).

La Región del Noroeste de la República Argentina se encuentra constituida por las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, Catamarca y Santiago del Estero. De todas estas últimas, la provincia de Salta es la que posee una mayor cantidad y diversidad de Cadenas Agroindustriales (Castillo, Michalus, Solá Alsina, y Arciénaga, 2021). Como se mencionó anteriormente, una de las Cadenas relevantes es la Cadena Hortícola, y entre ellas el Complejo productivo del pimiento. La producción de pimiento para pimentón es una importante actividad económica de los Valles Calchaquíes en el Noroeste Argentino (provincias de Salta, Tucumán y Catamarca) tomada como estudio para la aplicación de la herramienta AMFE.

El pimiento es uno de los cultivos comerciales característicos de la región; su producción representa más de dos tercios del total nacional, posicionando la región como la principal productora (Cieza, 2010; Maggi, 2014). La Cadena agroindustrial del producto mencionado se encuentra constituida por una serie de etapas, esquematizadas en la Figura N°1.

Figura N°1

Representación simplificada de la Cadena de producción del pimiento para pimentón



Nota. Elaboración propia a partir de Maggi (2014).

El sistema de producción primaria del pimiento para pimentón consta de las etapas de siembra y cosecha, e incluye alrededor de 1200 pequeños productores, que se encuentran en su gran mayoría con trabajos informales, descapitalizados y desorganizados (Halusch Escribas y Belmonte, 2018; Maggi, 2014). Las explotaciones son inferiores a 5 hectáreas en promedio, en la que predomina los sistemas de tierra por arrendamiento y aparcería¹ (generalmente se abona un porcentaje entre 25-50 % de la cosecha bruta o en dinero). Este sector se caracteriza por una economía de subsistencia y por un manejo técnico informal del cultivo a cargo de la mano de obra familiar. Los dos tipos de pimientos empleados en las zonas de cultivo son los redondos o “bolita salteño” y los largos o “trompa de elefante”. El más utilizado es este último, ya que presenta mayor disponibilidad de semillas y rendimiento. En lo que se refiere al calendario de cosecha, los frutos son cosechados en forma manual entre febrero y abril, a medida que alcanzan la madurez del fruto (coloración rojo intenso). La productividad promedio del cultivo es aproximadamente de 1200 kilogramos por hectárea. En relación con el producto obtenido, los frutos se clasifican en “de primera” y engloba a todos aquellos que tienen color rojo intenso y no presentan manchas; “de segunda” a los manchados, descoloridos y con escaldaduras; y “de tercera”, a los que se hallan completamente manchados (Maggi, 2014).

De acuerdo a la Figura N°1, la etapa de acondicionamiento, incluye dos etapas: secado y molienda. En la etapa de secado, las vainas de pimiento alcanzan entre 9 y 12 % de humedad, y presentan una consistencia flexible para evitar deterioros hasta su molienda.

¹ aparcería: es un contrato en la cual el propietario de un terreno agrícola o ganadero concede en calidad de préstamo su explotación a un tercero a cambio de dinero, o de los beneficios de cosecha u otra forma de pago convenida

El secado del pimiento se puede realizar por diferentes métodos, el más económico y utilizado consiste en la exposición directa al sol sobre el suelo, sin embargo este método somete al producto a contaminación y atenta contra su calidad. Otra tecnología alternativa es la recomendada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) a través del empleo de los tendaleros. Este tipo de estructuras permite lograr entre 90 y 95 % del material de primera calidad, libre de tierra e impurezas (Maggi, 2014). Otros procedimientos tecnológicos para realizar el secado de manera más controlada es por medio de energía solar o de hornos industriales (con aporte de energía de combustibles o mediante sistemas mixtos). Generalmente el primer sistema se encuentra compuesto por un colector solar de piedras de 500 m², y un túnel de secado con capacidad de 30 carros de 100 kg de pimiento fresco que operan con energía auxiliar y produce alrededor de 500 kg diarios de pimiento seco (Condori, Echazú, Durán, y Saravia, 2008). La limitante de este tipo de tecnología es la capacidad del horno.

La fase de molienda se inicia añadiendo la cáscara de pimiento a un triturador hasta el grado de “impalpable”. Existen muchas tecnologías para realizar este proceso, la más utilizada es la que se realiza en molinos de piedra artesanales. Sin embargo, la desventaja que presenta este último es la disminución de la calidad del producto final, tanto del color como del sabor. En particular los molinos de piedra alcanzan temperaturas elevadas, lo que produce evaporación de parte del aceite contenido en el pimiento, e impacta negativamente en la intensidad del color original. La coloración roja del pimentón y su oleorresina representan uno de los requisitos principales de calidad y es expresado por el contenido total de carotenoides presentes en el pimiento (grados ASTA). Los molinos de piedra son ineficientes dado que provocan una reducción de casi 50 grados ASTA. Para que el pimiento para pimentón reúna las condiciones para su comercialización en el mercado internacional debe alcanzar al menos 120 grados ASTA (Maggi, 2014). Los molinos industriales tienen capacidad de moler cerca de 500 kg de pimentón por hora, a diferencia de los molinos de piedra que producen cerca de 500 kg por día. Al momento del relevamiento, en la provincia de Salta operan 7 molinos de este tipo, 4 de los cuales se ubican en San Carlos, 2 en Cachi y 1 en Cafayate. En tanto que en la provincia de Catamarca trabajan 9 molinos situados en el Departamento de Santa María. El producto obtenido se conoce internacionalmente como “pimentón” o “páprika”. Los productores comercializan en general frutos secos, sin moler. La molienda, en la mayoría de los casos, se encuentra a cargo de acopiadores, especieras y distribuidores, que venden el producto a granel, o bien fraccionado. Las especieras, suelen contar con producción propia y con el servicio de molienda, o suelen comprar la producción a terceros, fraccionar y envasar. La

industria requiere cerca del 70 % de la producción de pimentón. La principal demanda es el sector cárnico, que lo emplea como insumo para saborizantes, preservantes y colorantes. También se lo utiliza para la producción de extractos vegetales como la oleoresina, en la industria farmacéutica, cosmética, y salud. El 30 % restante de la producción de pimentón se destina al canal minorista (supermercados, almacenes, entre otros) fraccionado para su consumo directo (Maggi, 2014).

En lo referente a la comercialización y distribución, la organización incipiente de los productores, la baja escala de producción y la calidad del producto, son factores claves que influyen de forma negativa en el precio final que se paga al productor. El asociativismo incrementa los volúmenes de producción, y el poder de negociación de los productores frente a molineros y acopiadores, facilitando de esta forma la compra de equipamiento para uso compartido e incrementando el valor del pimiento seco en rama (Secretaría de Asuntos Agrarios-Gobierno de la provincia de Salta, 2016).

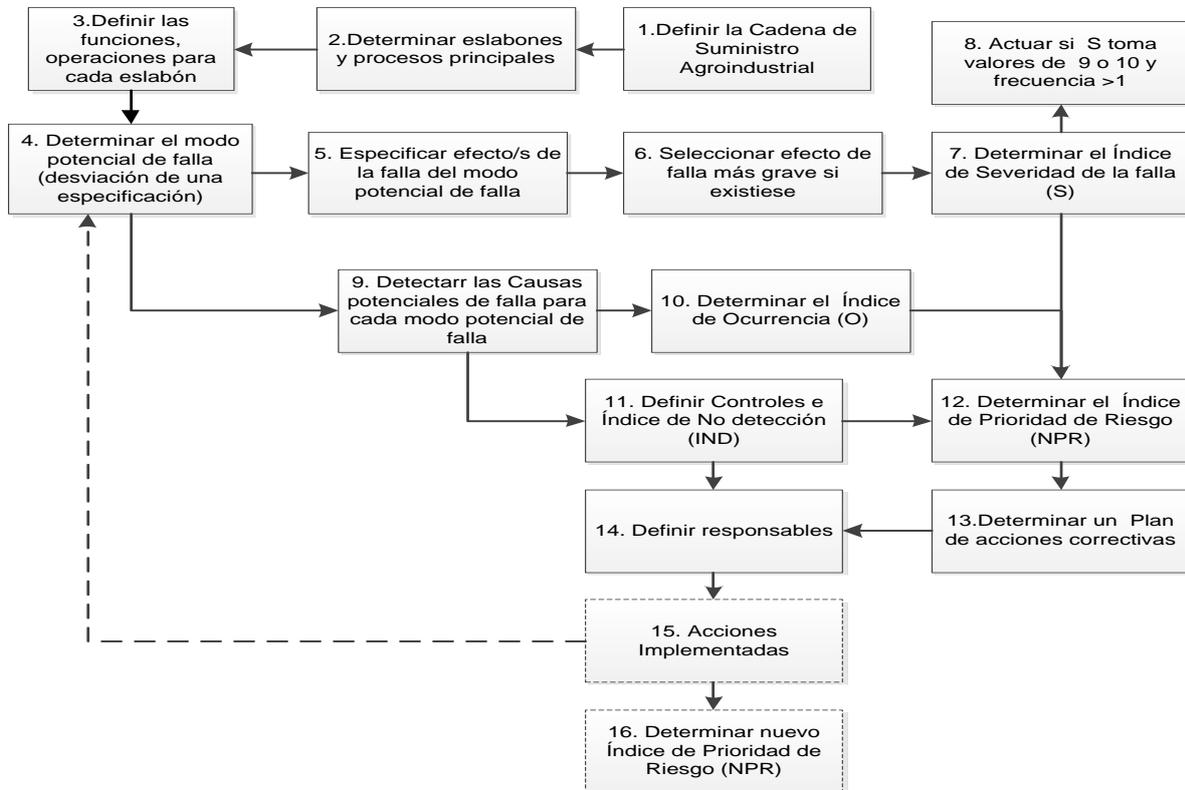
DESARROLLO

Materiales y Métodos

El procedimiento sugerido para la aplicación de la herramienta AMFE aplicado a una Cadena de Suministro se sintetiza en la Figura N°2 (Bestatén Belloví y Orriols Ramos, 2004; García Cánovas, 2015):

Figura N°2

Procedimiento para la aplicación de AMFE



Nota. Elaboración propia a partir de García Cánovas(2015)

Pasos 1,2 y 3: Definir la Cadena de Suministro Agroindustrial, eslabones y procesos principales de cada eslabón

En primer lugar se debe definir la Cadena de Suministro Agroindustrial, los eslabones y procesos principales, funciones y operaciones para cada eslabón.

Paso 4: Determinar el modo potencial de fallo (desviación de una especificación)

Este concepto implica que un elemento o sistema no funciona o no satisface la/es especificación/es determinada/s dentro de una Cadena de Suministro.

Pasos 5 y 6: Especificar efecto/s de la falla del modo potencial de falla. Seleccionar efecto de falla más grave si existiese

Suponiendo que la falla ha ocurrido, se describe los efectos como lo haría el cliente (se considera cliente interno aquel que participa directamente en la cadena, y cliente externo aquel que afecta o es afectado de alguna forma por la cadena, por ejemplo el consumidor

final, proveedor, etc.). Cuando se analiza una parte o componente, se tendrá también en cuenta el efecto sobre el sistema. Si un modo de falla tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elige generalmente el más grave.

Pasos 7 y 8: Determinar el Índice de Severidad de la Falla(S). Actuar si S toma valores de 9 o 10

Está relacionado con los efectos de modo de falla, y se estima el nivel de consecuencias percibidas por el cliente. Está basada en los efectos de la falla. El índice de severidad es independiente de la frecuencia y de la detección. Para utilizar criterios comunes, se empleó una tabla de clasificación de la severidad de cada efecto de la falla (Tabla N° 1)

Tabla N°1

Clasificación de la severidad de cada efecto de falla

Puntaje	Denominación	Concepto
1	Menor	El cliente probablemente no notará la falta
2-3	Baja	El cliente probablemente notará un leve deterioro del producto o servicio
4-6	Moderado	El cliente se siente incómodo o molesto por la falta. Puede causar el uso de equipos y actividades no programadas
7-8	Alta	Alto grado de insatisfacción debido a la naturaleza de la falla. Producto no operativo puede causar la interrupción del proceso o servicio
9-10	Muy alta	Se la considera así cuando afecta la seguridad o genera el incumplimiento de las legislaciones vigentes.

Nota. A partir de Bestratén Belloví y Orriols Ramos (2004) y Torres Rusindo (2015)

Si el índice de severidad tomara los valores de 9 o 10, y la frecuencia y detección superior a 1, la falla y las características que le corresponden se consideran como críticas.

Paso 9: Detectar las Causas potenciales de falla para cada modo potencial de falla

Para cada modo de falla, se determinan sus causas potenciales. Las causas relacionadas se expresaron de manera concisa y completa, de forma que puedan enunciarse de manera directa las acciones preventivas y correctivas.

Paso 10: Determinar el Índice de Ocurrencia (O)

Indica la probabilidad de que una causa específica se produzca y genere el modo de falla. Es un valor determinado por conocimiento y experiencia de la cadena de suministro aunque también se puede establecer a partir de información histórica.

Está relacionado con la causa de la falla, y se lo determina estableciendo la probabilidad de ocurrencia en una escala del 1 al 10, de acuerdo a lo que se muestra en Tabla N° 2.

Tabla N° 2

Clasificación de la ocurrencia de la causa

Criterio de Ocurrencia	Valor de O
Muy escasa probabilidad de ocurrencia. Defecto inexistente en el pasado.	1
Escasa probabilidad de ocurrencia. Muy pocas fallas en circunstancias pasadas similares.	2-3
Moderada probabilidad de ocurrencia. Defecto aparecido ocasionalmente.	4-5
Frecuente probabilidad de ocurrencia. En circunstancias similares anteriores la falla se ha presentado con cierta frecuencia.	6-7
Elevada probabilidad de ocurrencia. La falla se ha presentado frecuentemente en el pasado.	8-9
Muy elevada probabilidad de falla. Es seguro que la falla se producirá frecuentemente.	10

Nota. Torres Rusindo (2015)

Paso 11: Definir Controles e índice de No detección (IND)

Se describen los controles existentes para detectar la falla o su efecto resultante. La "no-detección", se incrementará en la medida que el sistema de control no sea confiable para detectar la falla o su causa, de acuerdo a la escala que se presenta en la Tabla N° 3:

Tabla N° 3

Clasificación de la no detección de la causa

Puntaje	Denominación	Concepto de no detección
1	Muy baja	El control detectará la existencia de la falla casi con certeza
2-3	Baja	El control tiene una buena probabilidad de detectar la existencia de la falla
4-6	Moderado	El control puede detectar la existencia de la falla
7-8	Alta	Alta probabilidad de que el control no detecte la existencia de la falla
9-10	Muy alta	Muy alta probabilidad de que el control no detecte la existencia de la falla

Nota. A partir de Bestratén Belloví y Orriols Ramos (2004) y Torres Rusindo (2015)

Paso 12: Determinar el Índice de Prioridad de Riesgo (NPR)

Para cada una de las causas potenciales de falla, se determinó el Número de Prioridad de Riesgo (NPR). Se calculó como el producto de la probabilidad de ocurrencia (O), la severidad (S), y la probabilidad (D) de no detección. El NPR se utiliza con el fin de priorizar las causas potenciales de falla para posibles acciones correctivas. El NPR también se denomina IPR (Índice de Prioridad de Riesgo) y se lo calcula como: $NPR = S \times O \times D$

Se evalúan en una escala de 1 a 10, el NPR tiene una escala de 1 a 1000. Esto permite establecer valores de umbral, para los cuales se considera necesario definir acciones correctivas (adoptando como criterio definir acciones si el NPR supera los 200 puntos o si la severidad es 9 ó 10).

Pasos 13 y 14: Determinar un Plan de acciones correctivas y definir responsables

Se realiza una breve descripción de la/s acción/es correctiva/s recomendada/s. Se debe seguir un cierto orden de prioridad. Se indican los responsables de las diferentes acciones propuestas y, las fechas previstas de implantación de las mismas.

Pasos 15 y 16: Acciones Implementadas, y determinar nuevo Índice de Prioridad de Riesgo (NPR)

La implementación de las acciones propuestas permite realizar una evaluación permanente de las medidas, y determinar Nuevos Índices de Prioridad de Riesgo para verificar la eficacia de las medidas.

Resultados y discusión

El procedimiento AMFE se aplicó a cada uno de los eslabones de la Cadena de Suministro Agroindustrial del pimiento, pero por razones de espacio, se describe únicamente el empleo de la herramienta en la etapa de producción primaria, siguiendo los pasos señalados en la Figura N°2.

a. Pasos 1, 2 y 3 de la Figura N°2: En el caso analizado, se ha planteado y descrito previamente la funcionalidad de los eslabones de la Cadena de Suministro. Los principales eslabones identificados son:

- Producción primaria
- Acondicionamiento (Secado y Molienda)
- Acopio
- Distribución y Comercialización

b. Posteriormente se determinó el modo potencial de falla (desviación de una especificación) correspondiente al funcionamiento de los procesos de los eslabones de la cadena analizada (Paso 4 de la Figura N°2). A modo de ejemplo se muestra su aplicación a la primera etapa de producción primaria correspondiente a la siembra y cosecha de pimentón, según se muestra en Tabla N°4:

Tabla N°4

Modos potenciales de falla de la etapa de producción primaria

N°	Modo potencial de falla
1	Sistema de riego intermitente/Sistemas no controlados de cosecha
2	Enfermedades y plagas
3	Mala calidad de semilla (pureza genética y esquema de producción)
4	Falta/discontinuidad de apoyo financiero (Estado y otras organizaciones)
5	Mano de obra poco calificada
6	Faltante o exceso de productos terminados
7	Productos de baja calidad
8	Inadecuada comercialización y distribución de productos

Nota. Elaboración propia

c. A continuación se especificó los efecto/s de la falla correspondiente a cada modo potencial de falla (Paso 5 en la Figura N°2). En el caso del eslabón de producción primaria, se analizó los efectos de falla para cada modo de falla según se presenta en la Tabla N° 5:

Tabla N°5

Efecto/s de la falla para cada Modo potencial de falla de la etapa de producción primaria

N°	Modo potencial de falla	Efecto/s de la falla
1	Sistema de riego intermitente/Sistemas no controlados de cosecha	Pérdida total o parcial de los productos de cosecha
2	Enfermedades y plagas	Mala calidad del producto/Pérdida del producto
3	Mala calidad de semilla (pureza genética y esquema de producción)	Mala calidad del producto/Producto fuera de especificaciones
4	Falta / discontinuidad de apoyo financiero (Estado y otras organizaciones)	Producción limitada
5	Mano de obra poco calificada	Productos de baja calidad Bajo rendimiento
6	Faltante o exceso de productos terminados	Subabastecimiento/Sobreabastecimiento Queja de clientes Pérdida económica
7	Productos de baja calidad	Pérdida de competitividad Pérdida de ventas
8	Inadecuada comercialización y distribución de productos	Pérdida de ventas y de posicionamiento

Nota. Elaboración propia

d. Seleccionar efecto de falla más grave, si existiese (Paso 6 en la Figura N°2)

En el caso considerado se analizaron todos los efectos.

e. Determinar Índice de Severidad de la falla (S) (Paso 7 de la Figura N°2)

En el caso de la producción primaria, se determinó el Índice de Severidad de falla para cada efecto de la misma, según se muestra en la Tabla N° 6. Las ponderaciones fueron realizadas en función del comportamiento actual de la Cadena. Se promediaron los índices que cada integrante del equipo de investigación estableció en forma individual, en base a su conocimiento y experiencia

Tabla N°6

Severidad de la falla de cada efecto de falla

N°	Modo potencial de falla	Efecto/s de la falla	Severidad de la falla (S)
1	Sistema de riego intermitente/Sistemas no controlados de cosecha	Pérdida total o parcial de los productos de cosecha	7
2	Enfermedades y plagas	Mala calidad del producto/Pérdida del producto	6
3	Mala calidad de semilla (pureza genética y esquema de producción)	Mala calidad del producto/Producto fuera de especificaciones	6
4	Falta de continuidad de apoyo financiero (Estado y otras organizaciones)	Producción limitada	6
5	Mano de obra poco calificada	Productos de baja calidad Bajo rendimiento	6 7
6	Faltante o exceso de productos terminados	Subabastecimiento/ Sobrabastecimiento Queja de clientes Pérdida económica	6 6 6
7	Productos de baja calidad	Pérdida de competitividad Disminución de ventas	7 7
8	Inadecuada comercialización y distribución de productos	Pérdida de ventas y de posicionamiento	8

Nota. Elaboración propia

Se observa que de acuerdo a los valores obtenidos los efectos de fallas no se consideran como críticos.

f. Determinar las Causas potenciales de falla para cada modo potencial de falla (Paso 9 en la Figura N°2). En el caso del eslabón de la producción primaria, se identificaron las causas potenciales de falla, según se muestra en la Tabla N° 7:

Tabla N° 7

Causas potenciales de fallas definidas a partir de los modos potenciales de falla

N°	Modo potencial de falla	Causa potencial de la falla
1	Sistema de riego intermitente/Sistemas no controlados de cosecha	Escasa inversión Mínimo apoyo estatal Variables climáticas (lluvia, sequía, calor excesivo etc.)
2	Enfermedades y plagas	Mínima capacitación. Insuficiente esquema de rotación de cultivos Escasa asistencia técnica del gobierno u otras organizaciones
3	Mala calidad de semilla (pureza genética y esquema de producción)	Insuficiente gestión de recursos. Escaso manejo de información
4	Falta de continuidad de apoyo financiero (Estado y otras organizaciones)	Limitado o nulo financiamiento para siembra y cosecha
5	Mano de obra poco calificada	Mínima capacitación Escasa o nula cooperación con otros productores, estado y de otras asociaciones
6	Faltante o exceso de productos terminados	Inadecuada gestión de recursos y de inventarios Escasa comunicación y articulación entre eslabones Mínimo manejo de información del mercado y de otros eslabones
7	Productos de baja calidad	Escasa o nula incorporación de tecnología e innovación. Mínima capacitación. Mínima o nula inversión.
8	Inadecuada comercialización y distribución de productos	Falta de un estudio de marketing y publicidad. Mínimo apoyo gubernamental y de otras organizaciones. Escasa articulación de los eslabones/actores de la cadena. Baja penetración a nuevos mercados

Nota. Elaboración propia

g. Determinar el Índice de Ocurrencia (O) (Paso 10 en Figura N°2)

Se utilizó un procedimiento en base a la experiencia y conocimientos del equipo de investigación, se promediaron los resultados de los índices que estableció cada integrante.

Se determinó el índice de ocurrencia para cada Causa de Falla de la producción primaria, según se puede visualizar en la Tabla N° 8:

Tabla N°8

Determinación del Índice de Ocurrencia

N°	Modo potencial de falla	Causa potencial de la falla	Índice de ocurrencia (O)
1	Sistema de riego intermitente/Sistemas no controlados de cosecha	Escasa inversión	7
		Mínimo apoyo estatal	7
		Variables climáticas (lluvia, sequía, excesivo calor etc.)	7
2	Enfermedades y plaga	Mínima capacitación. Insuficiente esquema de rotación de cultivos	7
		Mínima asistencia técnica del gobierno u otras organizaciones	7
3	Mala calidad de semilla (pureza genética y esquema de producción)	Insuficiente gestión de recursos. Escaso manejo de información	8
4	Falta de continuidad de apoyo financiero (Estado y otras organizaciones)	Limitado o nulo financiamiento para siembra y cosecha	7
5	Mano de obra poco calificada	Mínima capacitación	8
		Escasa o nula cooperación con otros productores, estado y de otras asociaciones	8
6	Faltante o exceso de productos terminados	Inadecuada gestión de recursos y de productos terminados	7
		Escasa comunicación y articulación entre eslabones	8
		Mínimo manejo de información del mercado y de otros eslabones	6
7	Productos de baja calidad	Escasa o nula incorporación de tecnología e innovación. Mínima capacitación	7
		Mínima o nula inversión.	8
8	Inadecuada comercialización y distribución de productos	Falta de un estudio de marketing y publicidad. Mínimo apoyo gubernamental y de otras organizaciones. Escasa articulación de los eslabones/actores de la cadena. Baja penetración a nuevos mercados	8

Nota. Elaboración propia

h. Definir controles e Índice de No detección (Paso 11 en la Figura N° 2)

En el sistema de producción primaria, se determinaron los controles y los índices de no detección como se muestra en la Tabla N° 9:

Tabla N° 9

Índice de No Detección de las causas

N°	Modo potencial de falla	Controles actuales	Índice de No Detección(ND)
1	Sistema de riego intermitente/Sistemas no controlados de cosecha	Leve control	5
		Leve control	5
		Casi no hay control	8
2	Enfermedades y plaga	Casi no hay control	8
		Leve control	5
3	Mala calidad de semilla (pureza genética y esquema de producción)	Casi no hay control	8
4	Falta de continuidad de apoyo financiero (Estado y otras organizaciones)	Leve control	5
5	Mano de obra poco calificada	Casi no hay control	8
		Casi no hay control	8
6	Faltante o exceso de productos terminados	Casi no hay control	8
		Casi no hay control	8
		Leve control	5
7	Productos de baja calidad	Casi no hay control	8
		Casi no hay control	8
8	Inadecuada comercialización y distribución de productos	Casi no hay control	8

Nota. Elaboración propia

i. Determinar el Índice de Prioridad de Riesgo (NPR) (Paso 12 en la Figura N° 2)

Para el caso del eslabón bajo análisis, se determinó el NPR, y se ordenó de mayor a menor, según puede verse en la Tabla N° 10:

Tabla N°10

Número de Prioridad de riesgo para las causas de falla

N°	Modo potencial de falla	Causa potencial de la falla	Número de Prioridad de Riesgo(NPR)
8	Inadecuada comercialización y distribución de productos	Falta de un estudio de marketing y publicidad. Mínimo apoyo gubernamental y de otras organizaciones. Escasa articulación de los eslabones/actores de la cadena	512
5	Mano de obra poco calificada	Mínima capacitación Escasa o nula cooperación con otros productores, estado y de otras asociaciones	448
7	Productos de baja calidad	Mínima o nula inversión	448
1	Sistema de riego intermitente/Sistemas no controlados de cosecha	Variables climáticas (lluvia, sequía, excesivo calor etc)	392
7	Productos de baja calidad	Escasa o nula incorporación de tecnología e innovación. Mínima capacitación	392
3	Mala calidad de semilla (pureza genética y esquema de producción)	Insuficiente gestión de recursos. Escaso manejo de información	384
5	Mano de obra poco calificada	Mínima capacitación	384
6	Faltante o exceso de productos terminados	Escasa comunicación y articulación entre eslabones	384
2	Enfermedades y plagas.	Mínima capacitación. Insuficiente esquema de rotación de cultivos	336
6	Faltante o exceso de productos terminados	Inadecuada gestión de recursos y de productos terminados	336
1	Sistema de riego intermitente/Sistemas no controlados de cosecha	Escasa inversión	245
1	Sistema de riego intermitente/Sistemas no controlados de cosecha	Mínimo apoyo estatal	245
2	Enfermedades y plagas.	Mínima asistencia técnica del gobierno u otras organizaciones	210
4	Falta de continuidad de apoyo financiero (Estado y otras organizaciones)	Limitado o nulo financiamiento para siembra y cosecha	210
6	Faltante o exceso de productos terminados	Mínimo manejo de información del mercado y de otros eslabones	180

Nota. Elaboración propia

“Visión de Futuro” Año 20, Volumen N° 27 N° 1, Enero – Junio 2023 – Pág 199 - 223

URL de la Revista: <http://visiondefuturo.fce.unam.edu.ar/index.php/visiondefuturo/index>

ISSN 1668 – 8708 – Versión en Línea

E-mail: revistacientifica@fce.unam.edu.ar

En este eslabón, se puede observar que la mayoría de los NPR asociados a cada una de las causas potenciales de falla son superiores a 200. Para poder diseñar un Plan de acciones correctivas se ordenó los NPR de mayor a menor en orden de importancia, y para cada una de ellas se formuló una serie de medidas correctivas.

De la misma forma, se aplicó el procedimiento explicitado para los demás eslabones de la cadena. De acuerdo a los resultados obtenidos se determinaron 27 NPR en total, 14 en la etapa de producción primaria (siembra y cosecha), 7 en la etapa de secado, 4 en la etapa de molienda y 2 en la etapa de Comercialización y Distribución.

i. Elaborar el Plan de acciones correctivas y definir responsables

En el caso analizado, se plantean las medidas correctivas y los responsables para cada uno de los NPR calculados. En total se obtuvieron 27 medidas para cada NPR obtenido. En algunos casos, las medidas correctivas corresponden a más de un eslabón, y afectan a toda la cadena en su conjunto. Debido a la extensión de la tabla final obtenida, en la Tabla N° 11 se presenta un ejemplo correspondiente al máximo valor de NPR obtenido en la etapa de Producción Primaria:

Tabla N° 11

Medidas Correctivas para el máximo valor de NPR

Nombre del proceso/producto	Modo potencial de falla	Causa potencial de la falla	NPR	Medidas Correctivas	Responsables
Siembra y cosecha	Inadecuada comercialización y distribución de productos	Mínimo apoyo gubernamental y de otras organizaciones. Escasa articulación de los eslabones/actores de la cadena. Falta de un estudio de marketing y publicidad.	512	Articulación entre los eslabones de la Cadena para gestionar la comercialización y distribución de productos. Participación del Estado y de otras organizaciones en la articulación y en un Plan de comercialización y distribución de productos	Todos los actores de la Cadena. Estado y otras organizaciones vinculadas

Nota. Elaboración propia

Una vez que se implemente las medidas correctivas planteadas, convendrá determinar nuevos NPR, que permitan evaluar si las acciones ejecutadas resultaron adecuadas o no.

Después de aplicado el AMFE a todos los eslabones de la Cadena de Suministro, como así los modos potenciales de fallas, causas y las respectivas medidas correctivas que se plantearon en función de los máximos valores de NPR obtenidos, se sintetizan, en orden de importancia, los principales puntos resultantes del análisis en:

- Una inadecuada comercialización y distribución de productos. Las causas principales que provocan estas potenciales fallas hacen referencia a la escasa articulación entre los eslabones de la cadena, la mínima intervención del Estado y otros organismos vinculados a la misma, junto con la carencia de una estrategia de marketing y publicidad. Para subsanar estas causas se debería establecer lazos de cooperación entre los diferentes eslabones junto con el apoyo del Estado y de otras organizaciones que facilite el mecanismo de comercialización y distribución de los productos a lo largo de la Cadena de Suministro. De igual manera, se sugiere promover la capacitación de los diferentes eslabones para desarrollar un Plan de comercialización y distribución de productos en las diferentes etapas.
- Mano de obra poco calificada y productos de baja calidad en los procesos de Producción Primaria (siembra y cosecha). La causa principal del primer factor, obedece a la falta de constitución de una forma asociativa que propicie el trabajo colaborativo y la capacitación conjunta. Por otra parte, es importante mencionar que la participación del Estado y otros organismos vinculados que brinden apoyo permanente y acompañamiento técnico y financiero no resulta suficiente debido a problemas de coordinación y/o gestión. En segundo lugar, los productos de baja calidad pierden competitividad debido a la escasa capacitación en el desarrollo de productos y a la mínima inversión financiera y en tecnología. Estos aspectos requieren capacitaciones centradas principalmente en temáticas relacionadas con el manejo del producto y del mercado.
- Fallas en el proceso de Secado Natural debido a: variables climáticas como lluvia, sequía etc. Esta etapa requiere la introducción de procedimientos y de tecnología e innovación a través del acompañamiento del Estado y de otros organismos vinculados.

En base a los NPR obtenidos en cada uno de los eslabones de la Cadena de suministro se detecta una serie de medidas y acciones correctivas que involucran a todos los actores presentes en el territorio, el Estado, Academia, Empresas y asociaciones locales. Esto pone en evidencia la inexistencia de un Modelo de Gestión integral destinado a los sectores rurales de pequeña escala, que involucre a todos los actores directos e indirectos, y permita mejorar el rendimiento, fortalecer la Cadena de Suministro, preservar la identidad local, y contribuir a través de tales prácticas, al desarrollo local sostenible.

CONCLUSIONES

- La aplicación de AMFE a la Cadena Agroindustrial del pimiento permitió realizar un análisis prospectivo para anticipar posibles causas de fallas, priorizarlas y diseñar medidas adecuadas para eliminarlas o disminuir su ocurrencia.
- Los números de prioridad de riesgo, permiten determinar un orden de prioridad de las causas potenciales de falla, y definir las posibles acciones correctivas con base en el conocimiento de la cadena, la experiencia y competencias de los expertos.
- En base a los resultados obtenidos, las medidas correctivas deben configurar una estrategia de gestión de la Cadena de Suministro Colaborativa que articule acciones conjuntas tendientes a mejorar el servicio a los clientes, y el desempeño global de la cadena y de cada uno de los eslabones.
- Un análisis general de los resultados obtenidos para la Cadena mencionada mediante la aplicación de AMFE muestran la necesidad de contar con un Modelo de Gestión Integral que contribuya a mejorar la performance de toda la Cadena. El Modelo de Gestión que se proponga debe apuntar a una situación de ganar-ganar para todas las partes involucradas.
- La herramienta AMFE puede adaptarse y aplicarse en Cadenas de Producción Agroindustrial de características similares.

REFERENCIAS

- Alayo Gómez, R., y Becerra Gonzales, A. (2013). Elaboración e implementación de un plan de mejora continua en el area de producción de agroindustrias Kaizen. Lima: Universidad San Martin de Porres.
- Astier Peña, M. P., Maderuelo Fernández, J. Á., Jiménez Julvez, M. T., Martín Rodríguez, M. D., y Palacio Lapuente, J. (2010). Análisis proactivo del riesgo: el análisis modal de fallos y efectos (AMFE). *Revista clínica electrónica en atención primaria*, (18), 1-8.
- Benítez, J. D. (2019). *La organización cooperativa de productores de pimiento para pimentón en los Valles Calchaquíes: el caso de la Cooperativa Agropecuaria y Forestal San Carlos* (Tesis de maestría). Universidad de Buenos Aires. Recuperado a partir de <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2021benitezjorgedaniel.pdf>
- Bestratén Belloví, M., y Orriols Ramos, R. (2004). *NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE*. España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Recuperado a partir de

- https://cso.go.cr/legislacion/notas_tecnicas_preventivas_insht/NTP%20679%20-%20Analisis%20modal%20de%20fallos%20y%20efectos.%20AMFE.pdf
- Calvo Olivares, R. (2016). *Metodología Prospectiva de Análisis de Error Humano en Plantas de Biocombustibles* (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de Cuyo.
- Castillo, S., Michalus, J., Solá Alsina, H., y Arciénaga, A. (2021). Cadenas de suministro agroindustriales en el Noroeste Argentino desde una perspectiva de sostenibilidad. *La sostenibilidad en las cadenas de abastecimiento* (Sarache Castro, A., pp 239-257). Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Cieza, G. L. (2010). *Procesos organizativos y acceso a la tierra en el Valle Calchaquí* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de La Plata. Recuperado a partir de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/18177>
- Condori, M. Á., Echazú, R., Durán, G. J., y Saravia, L. (2008). Secador solar híbrido. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 12, 37-43.
- Freire, A. R. H., Osés, C. M., Aguila, Z. O., Esquirol, C. R., y Villegas, A. B. (2014). Procedimiento para identificar y prevenir riesgos en la comercialización de vitroplantas de caña de azúcar. *Centro Agrícola*, 41(4), 57-61.
- García Cánovas, J. (2015). *Mejora del diseño de un servicio mediante la metodología AMFE: una aplicación en una empresa hotelera* (Tesis de grado). Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado a partir de <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4468/pfc6053.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, J. C., Myer, R. A., y Pachón-Muñoz, W. (2017). La evaluación de los riesgos antrópicos en la seguridad corporativa: del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) a un modelo de evaluación integral del riesgo. *Revista Científica General José María Córdova*, 15(19), 269-289.
- Halusch Escribas, M., y Belmonte, S. (2018). El secado solar del pimiento para pimentón en Cachi: experiencias, percepciones y aprendizajes. *Diálogo de saberes para la Gestión del Territorio*. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Exactas. Departamento de Física. Instituto de Investigaciones en Energía no Convencional. Recuperado a partir de <http://hdl.handle.net/11336/148515>
- Maggi, E. (2014). Pimiento para pimentón. *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación*. Recuperado enero 31, 2022, a partir de http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/43/cadenas/r43_07_Pimenton.pdf
- Manzanal, M., Arqueros, M. X., Arzeno, M., García, A., Nardi, M. A., Pereira, S., Roldán, I., et al. (2006). Territorio e instituciones en el desarrollo rural del norte argentino.

- Desarrollo rural. Organizaciones, instituciones y territorios* (Manzanal, M; Neiman, G. y M. Lattuada., pp 221-250). Buenos Aires,: Ediciones CICCUS.
- Martínez Monseco, F. J., y Planaguma Vilamitjana, A. (2021). Innovating from Maintenance Management. Remaintenance. Case study: Hydroelectric Power Plant. *Revista Científica de Ingeniería Energética*, 42(2), 48-60.
- Mateus, O. C. (2015). Metodología AMFE como herramienta de gestión de riesgo en un hospital universitario. *Cuadernos latinoamericanos de administración*, 11(20), 37-49.
- Neira, J. G. I., y Velásquez, M. del R. P. (2017). Aplicación de las metodologías 8D y AMFE para reducir fallos en una fábrica de refrigeradoras. *Industrial data*, 20(2), 61-70.
- Ostrom, L. T., y Wilhelmsen, C. A. (2019). *Risk assessment: tools, techniques, and their applications*. John Wiley & Sons.
- 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.
- Pérez Catedra, J. (2019). *Análisis y desarrollo de un sistema de mantenimiento basado en la metodología del análisis modal de fallos y efectos (AMFE) en el proceso de producción de aceite de oliva virgen* (Tesis de grado). Universidad de Jaén. Recuperado a partir de https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/13992/1/TFG_75121571Y_JORGE_PEREZ_CATEDRA.pdf
- Ramírez Ramírez, D. Y. (2021). Herramientas y técnicas de mejora de la calidad en la industria de alimentos latinoamericana y su aporte a la competitividad organizacional. Fundación Universidad de América.
- Sánchez Chiriboga, L. M., y Tello Morales, P. A. (2021). *Propuesta de un plan de mantenimiento para la empresa de calzado Luis Carlos* (Tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado a partir de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21349>
- Secretaría de Asuntos agrarios-Gobierno de la provincia de Salta. (2016). *Proyecto de inclusión socio-económica en áreas rurales- Plan de Implementación de la provincia de Salta*. Salta: Secretaría de Asuntos agrarios-Gobierno de la provincia de Salta. Recuperado a partir de <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pisear/biblioteca/PIP%20Salta.pdf>
- Torres Rusindo, M. L. (2015). Gestión de los riesgos en el proceso de recepción del hotel "Brisas Trinidad del Mar" (Tesis de doctorado). Universidad Central "Marta Abreu" de

Las Villas. Recuperado a partir de <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/6268>

- Zaila, A. U., Jiménez, D. T. C., Casanueva, D. R., de la Cruz Rivadeneira, O., y Yumar, E. L. M. (2021). Diagnóstico y Cuantificación de Pérdidas en la Gestión Logística de Almacenamiento en la Comercialización de Productos Pesqueros. *Revista Técnica*, 44(3), 188-199.
- Zhao, G., Liu, S., Lopez, C., Chen, H., Lu, H., Mangla, S. K., y Elgueta, S. (2020). Risk analysis of the agri-food supply chain: A multi-method approach. *International Journal of Production Research*, 58(16), 4851-4876.

RESUMEN BIBLIOGRÁFICO

Silvana Elizabet Castillo

Ingeniera industrial (2005). Autora/coautora de distintas publicaciones en temas tales como cadenas de suministro, calidad, optimización, modelado y simulación de procesos de producción y/o servicios. Actualmente es JTP de la asignatura Investigación Operativa y de Algebra Lineal y Geometría Analítica en la Facultad de Ingeniería e Investigadora del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta, provincia de Salta, Argentina.

Juan Carlos Michalus

Ingeniero Electricista (1993), Master en Ingeniería de Producción (1998) y Doctor en Ciencias Técnicas, en la especialidad: Ingeniería Industrial (2011). Autor/coautor de diversas publicaciones en temas tales como sistemas de producción, optimización de procesos de producción y/o servicios, modelado y simulación como apoyo a la toma de decisiones. Actualmente es Profesor Titular e Investigador del Departamento de Ingeniería Industrial en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, provincia de Misiones, Argentina.