

Innovación Tecnológica en la Gestión de Riesgos: Aplicación móvil para la Administración de APPCC en la Industria del Mezcal

Innovative Technological Solutions in Risk Management: Mobile Application for HACCP Management in the Mezcal Industry

Jesús Cuenca Hernández ^a, Tomás E. Higareda-Pliego ^b, Julia Y. Arana-Llanes ^c, Diana Laura Batalla-Carpintero ^d

Abstract:

This case study explores the Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) system, a key approach to ensuring food safety in production. It describes how HACCP is implemented in the mezcal industry and outlines the steps for implementing the system. The design of an application aimed at improving the administration of the HACCP system is presented. This application provides a centralized platform for documenting, monitoring, and analysing critical control points, facilitating the identification and correction of potential food safety risks. This case study highlights the importance of HACCP in ensuring food safety and how a specialized application can be an invaluable tool for improving efficiency and effectiveness in system management, thereby ensuring compliance with quality and food safety standards.

Keywords:

HACCP, Innovation, Interface, PDCA, Critical Control Points

Resumen:

Este caso de estudio explora el Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC o HACCP por sus siglas en inglés), un enfoque clave para garantizar la seguridad alimentaria en la producción, aplicado en la industria del mezcal, mencionando los pasos para implementar el dicho sistema.

Se presenta el diseño de una aplicación destinada a mejorar la administración del sistema APPCC. Esta aplicación proporciona una plataforma centralizada para documentar, monitorear y analizar los puntos críticos de control, facilitando la identificación y corrección de posibles riesgos para la seguridad alimentaria. Este caso de estudio resalta la importancia del APPCC en la garantía de la seguridad alimentaria y cómo una aplicación especializada puede ser una herramienta invaluable para mejorar la eficiencia y efectividad en la administración del sistema, asegurando así la conformidad con los estándares de calidad y seguridad alimentaria.

Palabras Clave:

APPCC, Innovación, Interfaz, PHVA, puntos críticos de control

^a Jesús Cuenca-Hernández, TECNM/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Maestría en Ingeniería Profesionalizante, Zacatepec, Morelos, México, <https://orcid.org/0009-0006-4514-8529>, Email: mg10090167@zacatepec.tecnm.mx

^b Tomás E. Higareda-Pliego, TECNM/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Sistemas y Computación, Zacatepec, Morelos, México, <https://orcid.org/0000-0003-4015-519X>, Email: tomas.hp@zacatepec.tecnm.mx

^c Julia Y. Arana-Llanes, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tlahuelilpan, Hidalgo, México <https://orcid.org/0000-0002-4986-9765>, Email: julia_arana@uaeh.edu.mx

^d Diana Laura Batalla-Carpintero, TECNM/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Maestría en Ingeniería Profesionalizante, Zacatepec, Morelos, México, <https://orcid.org/0009-0007-2783-2375>, Email: laurabc0408@gmail.com

Introducción

El motivo principal de la implementación de un sistema APPCC en la industria del mezcal ha sido el impulsar el crecimiento de la empresa dentro del mercado. Con el objetivo de expandir su alcance y en nuevos mercados internacionales, la empresa se percató de la necesidad e importancia de obtener certificaciones reconocidas en seguridad alimentaria. La certificación APPCC se convirtió en un requisito fundamental para acceder a altos estándares de calidad y seguridad en sus productos. Por lo tanto, la empresa ha reconocido la necesidad de implementar el sistema como una estrategia clave para cumplir con los requisitos de certificación y así poder exportar su producto a mercados exigentes.

La inocuidad alimentaria es un aspecto fundamental en dicha industria, con implicaciones significativas para la salud pública y la reputación de las empresas. Para garantizar la seguridad de los alimentos, se han desarrollado diversos sistemas de gestión, entre los cuales destaca el sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control [1] (HACCP por sus siglas en inglés).

La inocuidad alimentaria se refiere a la garantía de que los alimentos no causen daño al consumidor cuando se preparen y consuman de acuerdo con su uso previsto. Es esencial para proteger la salud pública y mantener la confianza del consumidor en la cadena alimentaria.

El Sistema APPCC es un enfoque preventivo reconocido a nivel mundial para identificar, evaluar y controlar los peligros significativos para la inocuidad alimentaria. Este sistema se basa en siete principios fundamentales que abarcan desde el análisis de riesgos hasta la implementación de medidas de control y la verificación del mismo.

En la actualidad, la gestión de la inocuidad alimentaria enfrenta desafíos cada vez más complejos, como la globalización del comercio de alimentos, la evolución de los riesgos alimentarios y la necesidad de cumplir con normativas y estándares internacionales. En este contexto, contar con herramientas más modernas y eficientes para la administración de sistemas de gestión, como el APPCC, se vuelve indispensable.

El Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control se basa en el principio del ciclo PHVA, (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), lo que significa que es un proceso continuo de mejora, ilustrado en la **Figura 1**. En términos generales, el PHVA es un ciclo que contribuye a

la ejecución de los procesos de forma organizada y a la comprensión de la necesidad de ofrecer altos estándares de calidad en el producto o servicio.

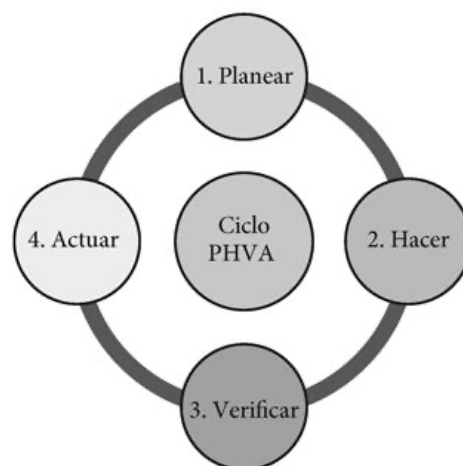


Figura 1. Ciclo PHVA o PDCA en inglés) [2]

En la década de 1960, la Corporación Pillsbury desarrolló el sistema APPCC con la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los EE. UU. para garantizar la seguridad alimentaria a bordo de las primeras misiones espaciales tripuladas.

El sistema y las pautas de aplicación de APPCC fueron definidos por la CAC, que implementa los Estándares Alimentarios de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y la Organización Mundial de la Salud.[3]

El APPCC se basa en el principio de que la seguridad alimentaria debe abordarse de manera preventiva, en lugar de corregir problemas después de que hayan ocurrido. Para implementar el APPCC, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Identificar los peligros.
2. Determinar los puntos críticos de control.
3. Establecer límites críticos.
4. Establecer un sistema para monitorear el control sobre los puntos críticos.
5. Tomar acciones correctivas cuando sea necesario.
6. Establecer procedimientos de verificación para confirmar que el sistema APPCC es efectivo.
7. Documentación y registros apropiados para respaldar la aplicación de estos principios. [4]

Identificar Peligros, Determinar PCC, Establecer límites

Un paso crucial para implementar el sistema APPCC de manera eficiente es la elaboración de un **mapa general del sistema**, que permita visualizar el proceso completo de envasado del mezcal. Este mapa ofrece una perspectiva integral de cada fase del proceso, lo que facilita la identificación de posibles puntos críticos de control. En la **Figura 3** se muestra un ejemplo del diagrama de flujo que detalla este proceso.

Como parte del trabajo y para cumplir con la normatividad: “La organización debe indicar las etapas (por ejemplo, la recepción de las materias primas, procesamiento, distribución y entrega) en las cuales se puede presentar, introducir, aumentar o mantener cada peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos en un diagrama de flujo” (ISO, 2018, sección 8.5.2.2.2). [6]

El árbol de decisiones, por otro lado, se utiliza para evaluar los posibles peligros identificados en el diagrama de flujo y determinar cuáles de ellos son críticos para la seguridad alimentaria. Mediante este análisis, se establecen criterios claros para definir qué peligros requieren control y monitoreo para garantizar la inocuidad del producto final.

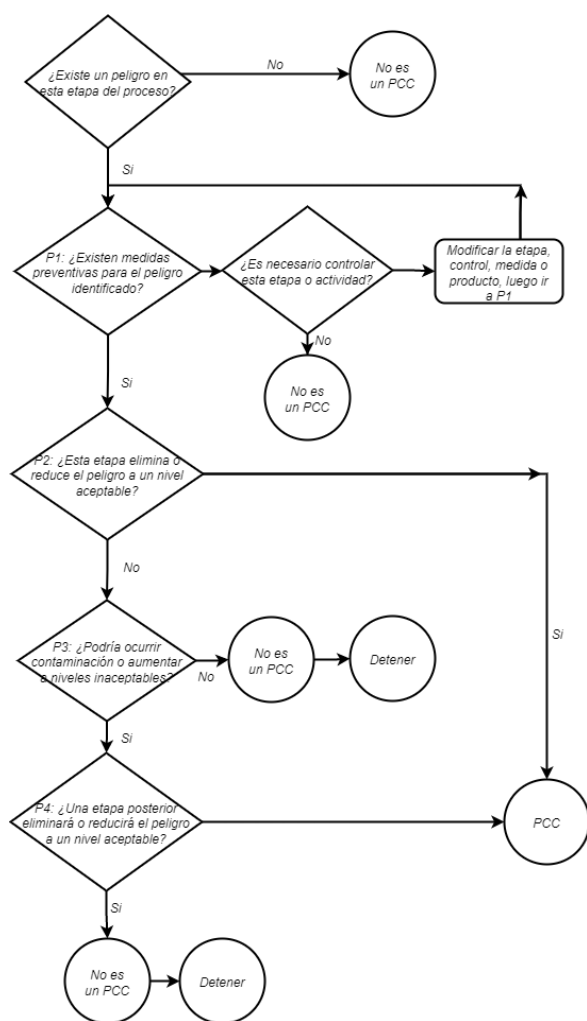


Figura 2. Árbol de toma de decisiones para determinar si la parte del proceso es un punto crítico, traducción propia [5]

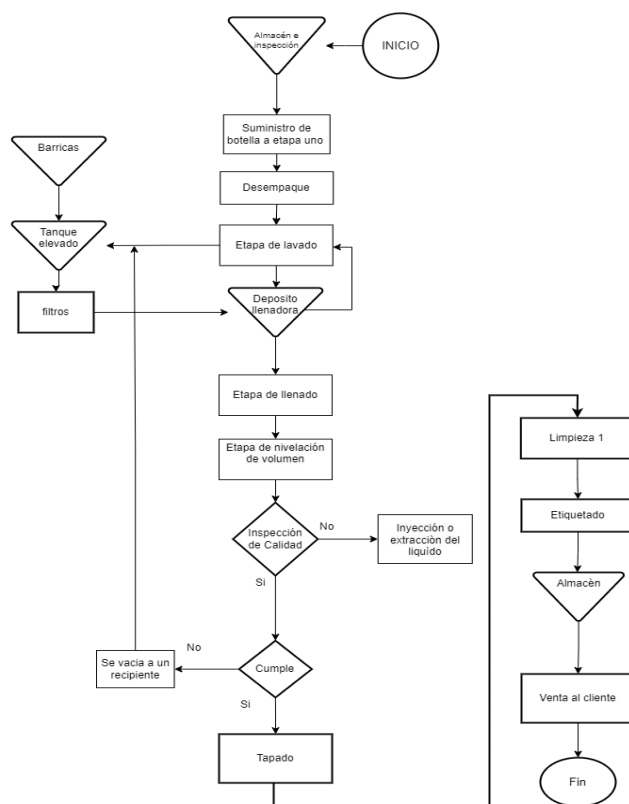


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de embazado de una botella de mezcal artesanal, Elaboración propia.

El análisis realizado arrojó que los puntos críticos de control a considerar son los siguientes:

a) Alcohol con altas concentraciones de metanol
Este punto crítico se refiere a la posible presencia de altas concentraciones de metanol en el alcohol utilizado en el proceso de producción. La presencia de metanol en niveles peligrosos puede representar un riesgo para la salud de los consumidores.

b) Barricas (contaminaciones biológica y química)
Las barricas utilizadas para el almacenamiento del mezcal pueden ser una fuente de contaminación, tanto biológica como química. La presencia de microorganismos patógenos o sustancias químicas nocivas puede comprometer la seguridad y la calidad del producto final.

c) Depósito de almacenamiento de alcohol (contaminación física)
El depósito de almacenamiento de alcohol puede estar expuesto a riesgos de contaminación física, como la presencia de cuerpos extraños o partículas que podrían

contaminar el mezcal durante el proceso de almacenamiento y trasiego.

Tanque elevado

El tanque elevado utilizado en el proceso de producción puede representar un punto crítico de control, ya que su mantenimiento inadecuado o la presencia de fugas pueden contaminar el mezcal con sustancias no deseadas.

d) Filtros

Los filtros utilizados en el proceso de producción del mezcal pueden ser una fuente potencial de contaminación si no se mantienen adecuadamente. La presencia de impurezas en los filtros podría afectar la calidad y la seguridad del producto final.

e) Depósito de llenadora

El depósito de la llenadora, donde se almacena el mezcal antes de ser embotellado, es un punto crítico de control debido a la necesidad de garantizar su limpieza y mantenimiento para prevenir la contaminación del producto.

f) Etapa de lavado

Durante la etapa de lavado de equipos y utensilios, es crucial asegurar que se utilicen procedimientos adecuados para evitar la contaminación cruzada y la propagación de microorganismos patógenos.

**Establecer un sistema de monitoreo,
Tomar acciones correctivas, Establecer
procedimientos de verificación,
Documentación y registros.**

En esta etapa del proceso de implementación del sistema APPCC, se desarrolla un sistema integral para monitorear el control sobre los puntos críticos identificados previamente. Para cada Punto Crítico de Control (PCC), se elabora un documento de "Procedimientos", el cual incluye los siguientes elementos:

- **Objetivo:** Describe el propósito específico del procedimiento en relación con el control del PCC.
- **Alcance:** Indica los límites y las áreas específicas cubiertas por el procedimiento.
- **Responsable:** Designa a la persona o equipo responsable de llevar a cabo el monitoreo y la gestión del PCC.

- a) **Acciones Correctivas:** Establece las acciones a seguir en caso de que se identifiquen desviaciones o no conformidades durante el monitoreo.

Además de estos elementos, cada procedimiento incluye herramientas de monitoreo específicas para evaluar y controlar el PCC correspondiente. Estas herramientas

pueden variar según la naturaleza del riesgo y las necesidades del proceso, e incluyen:

- b) **Registros de temperatura:** Para monitorear la temperatura en puntos críticos como la destilación o el almacenamiento.
- c) **Registros de limpieza y desinfección:** Para asegurar que los equipos y las áreas de trabajo estén adecuadamente limpios y desinfectados.
- d) **Listas de verificación de procedimientos:** Para asegurar que se sigan todos los pasos del procedimiento establecido.
- e) **Pruebas de laboratorio:** Para analizar muestras del producto y verificar su conformidad con los estándares de calidad y seguridad.
- f) **Inspecciones visuales:** Para identificar cualquier anomalía o contaminación visible en el proceso
- g) **Documentación y registros:** Se establece un sistema de documentación para registrar todos los procedimientos, resultados de monitoreo y acciones correctivas tomadas, asegurando así la trazabilidad y la capacidad de auditoría del sistema.

Por lo antes mencionado, la Figura 4 presenta un ejemplo ilustrativo del formato estándar utilizado para llevar a cabo el registro de un punto crítico en el proceso de producción. El formato incluye campos específicos para registrar información relevante, como la fecha y hora de la observación, la descripción del punto crítico, las medidas de control implementadas, los resultados del monitoreo, y las acciones correctivas tomadas en caso de desviaciones o incidencias.

LOGO DE LA EMPRESA	DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO DE ALCOHOL CONTAMINACIÓN FÍSICA.	ELABORADO POR: XXXXX XXXX Versión: XXXX Fecha: XXXXX
--------------------	---	--

Formato XXXX-XXX-XXX

HOJA DE MONITOREO DE CONTENEDORES DE ALMACENAMIENTO.						
Fecha/Hora	Encargado	Contenedor	Barrica	Tipo de contaminación.	Acción correctiva.	Observaciones

Realizado por

Supervisado por

Figura 4. Ejemplo de formato típico para llevar a cabo el registro de un punto crítico. Elaboración propia.

La aplicación de todas estas herramientas nos da una base sólida para la implementación de la inocuidad en el sistema pero también demuestra que al ser un sistema complejo se beneficiaría de una herramienta que ayude

con el seguimiento y trazabilidad de las múltiples tareas que requiere un sistema APPCC.

Innovación Tecnológica en la Administración de Sistemas APPCC

La implementación de un sistema APPCC representa un desafío complejo debido a la naturaleza detallada y crítica de la seguridad alimentaria. Los ingenieros, acostumbrados a resolver problemas mediante enfoques técnicos y sistemáticos, a menudo enfrentan dificultades al tratar de incluir nuevas herramientas a su repertorio de soluciones, este enfoque tradicional puede no ser suficiente para garantizar la eficacia y eficiencia necesarias en la administración de estos sistemas.

Es crucial reconocer que la innovación en la administración de sistemas no se debe limitar a mejorar los procesos existentes, sino que también implica explorar nuevas herramientas y enfoques tecnológicos. Por ejemplo, los ingenieros en programación, con su experiencia en el desarrollo de software y soluciones tecnológicas, pueden desempeñar un papel fundamental en este proceso.

Al colaborar con ingenieros en programación, los Ingenieros y profesionales en seguridad alimentaria pueden aprovechar el potencial de la tecnología para mejorar la eficiencia de la administración del sistema APPCC. Esto podría incluir el desarrollo de aplicaciones especializadas para la recopilación y análisis de datos, la implementación de sistemas de monitoreo remoto basados en la nube, o la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático para identificar patrones y tendencias en los procesos de producción.

Así con el objetivo de optimizar la implementación del sistema APPCC, se diseñó una aplicación móvil que actúa como una herramienta de mejora. Esta aplicación no solo se alimenta de los registros y documentos generados en el sistema analógico, sino que también digitaliza y automatiza las tareas relacionadas con la gestión de la inocuidad alimentaria. Al trasladar los procesos manuales a un formato digital, la aplicación permite a los usuarios un alcance y manejo de la información más sencillo.

Explorando la Interfaz de la Aplicación APPCC Propuesta

La pantalla principal de la aplicación, mostrada en la Figura 5, para la administración del sistema APPCC pretende una interfaz intuitiva y fácil de usar. En ella, se destacan tres botones principales que brindan acceso rápido a las funciones esenciales del sistema:

1. **Plan de Trabajo:** Este botón permite a los usuarios acceder al plan de trabajo detallado, donde pueden definir y organizar las tareas y responsabilidades relacionadas con el sistema.
2. **Cronograma de Actividades:** Al hacer clic en este botón, los usuarios pueden visualizar el cronograma de actividades planificadas para la implementación y mantenimiento del sistema APPCC.
3. **Sistemas de Vigilancia:** Este botón brinda acceso a los sistemas de vigilancia diseñados para monitorear y controlar los puntos críticos identificados en el proceso de producción.



Figura 5. Pantalla principal de la aplicación muestra las 3 principales secciones de la aplicación. Elaboración propia.

Dentro de la sección del plan de trabajo, Figura 6, la aplicación proporciona una estructura organizada para abordar los aspectos críticos del sistema APPCC. Esta sección se divide en cuatro subsecciones principales:

1. **Análisis de Peligros:** En esta sección, los usuarios pueden acceder a la documentación utilizada para llevar a cabo el análisis de peligros en cada etapa del proceso de producción. Desde contaminantes químicos hasta riesgos microbiológicos, esta herramienta facilita el acceso a la información utilizada durante el análisis de peligros. Por ejemplo, se documentan normativas relacionadas con la presencia de

altas concentraciones de metanol en el alcohol utilizado.

2. **Puntos Críticos:** En esta sección, los usuarios pueden realizar un seguimiento detallado de los puntos críticos identificados en el proceso de producción del mezcal. Cada punto crítico, como las concentraciones de alcohol, y el estado del depósito de almacenamiento de alcohol, se registra y monitoriza en la aplicación. Los usuarios pueden acceder fácilmente al historial de cada punto crítico, incluyendo la fecha y hora del último análisis realizado. Además, la aplicación puede generar recordatorios automáticos para realizar análisis periódicos, asegurando así un monitoreo constante y oportuno de los puntos críticos para garantizar la seguridad y la calidad del producto final.

3. **Límites Críticos:** En esta sección, se registra el seguimiento de los criterios específicos establecidos en cada punto crítico de control (PCC) para garantizar la seguridad del producto. Los usuarios pueden observar los datos de monitoreo de manera regular, lo que permite generar estadísticas y análisis sobre el cumplimiento de los límites críticos. Estos datos organizados en forma estadística proporcionan una del desempeño del sistema APPCC y permiten detectar cualquier desviación o tendencia preocupante.

4. **Acciones Correctivas:** Finalmente, esta sección proporciona un espacio para informar sobre las acciones correctivas que se tomarán en caso de que se detecten desviaciones en los límites críticos establecidos. Desde ajustes en los procesos hasta la retirada de productos.



Figura 6. Segunda pantalla que muestra las subcategorías dentro del el plan de trabajo. Elaboración propia.

Cronograma de Actividades: En la Figura 7 , los usuarios tienen acceso a un calendario típico del sistema Android que muestra las actividades programadas relacionadas con la implementación y el mantenimiento del sistema APPCC. El calendario ofrece una visión general y estructurada de las tareas planificadas, lo que facilita la gestión del tiempo y la coordinación de las actividades. Los usuarios pueden visualizar eventos importantes, fechas límite y recordatorios en un formato de calendario intuitivo.



Figura 7. Tercera pantalla, Cronograma de actividades, Elaboración propia.

Sistema de Vigilancia (Ver Figura 8): En esta sección, se integran los sistemas de vigilancia relacionados con los puntos críticos de control (PCC) identificados en el proceso de producción del mezcal. La aplicación permite el monitoreo en tiempo real de aquellos aspectos que requieren una atención constante, como las concentraciones de metanol en el alcohol, mediante el uso de sensores y dispositivos de medición automatizados.

Para aquellos aspectos que no requieren una revisión constante, como las barricas de almacenamiento y el depósito de almacenamiento de alcohol, la aplicación facilita la programación de inspecciones periódicas y la asignación de responsabilidades. Por ejemplo, se pueden programar inspecciones visuales mensuales para las barricas y se puede registrar quién las inspeccionó y cuándo fue la última vez



Figura 8. Cuarta pantalla, Sistemas de vigilancia, Elaboración propia.

Resultados y lecciones aprendidas

1. **Consideraciones de Costos:**
Se identificó que los costos asociados con la implementación y el mantenimiento del sistema **APPCC** es un factor limitante. Los gastos relacionados con la capacitación del personal, la adquisición de equipos y las auditorías pueden representar una carga financiera significativa, lo que

requiere una cuidadosa planificación y gestión de recursos.

2. Capacitación y Competencias del Personal

La efectividad del sistema **APPCC** está estrechamente relacionada con la capacitación y la capacidad del personal encargado de administrarlo. Se observó que es fundamental aumentar las competencias y habilidades del personal en materia de seguridad alimentaria y gestión de riesgos. Sin embargo, además de estas competencias, también se requieren habilidades adicionales para la administración de un sistema digital.

La implementación de herramientas digitales en el sistema **APPCC** demanda un conocimiento técnico específico, que incluye la capacidad para operar software, gestionar datos y realizar análisis a partir de la información recopilada. Esto subraya la importancia de desarrollar programas de capacitación continua que no solo se centren en la seguridad alimentaria, sino que también incluyan formación en el uso de tecnologías digitales.

La creciente necesidad de personal más capacitado tiene consecuencias significativas. Por un lado, la falta de habilidades adecuadas puede limitar la efectividad del sistema y, en última instancia, poner en riesgo la seguridad alimentaria. Por otro lado, la inversión en la formación del personal puede resultar en una mayor eficiencia operativa, mejor cumplimiento de las normativas y, en última instancia, un impacto positivo en la reputación de la empresa en el mercado.

3. Aplicaciones Compatibles con Android:

Se encontraron varias aplicaciones compatibles con el sistema Android disponibles en la tienda digital, gratuitas y de suscripción mensual que podrían facilitar la gestión del sistema **APPCC**. Sin embargo, se decidió no utilizarlas debido a consideraciones sobre la adaptación a las necesidades específicas de la empresa y la flexibilidad que requiere un sistema personalizado. Las aplicaciones disponibles, aunque útiles, no ofrecían la capacidad de integración y personalización necesarias para satisfacer los procesos únicos de la organización. Por ejemplo, no encontramos ninguna aplicación con sugerencias sobre cómo auditar o identificar los pasos para auditar un proceso de embazado de bebidas alcohólicas.

4. Lecciones Aprendidas:

La digitalización representa un paso natural en el proceso de mejora continua, una práctica que ha existido desde hace tiempo y que, sin duda, seguirá

presente en el futuro. La implementación de esta aplicación fue nuestra contribución para introducir un sistema de mejora de la calidad en una rama en la que no se había observado previamente. Al adoptar herramientas digitales, buscamos no solo optimizar los procesos existentes, sino también establecer un precedente en la gestión de la calidad dentro de la industria, promoviendo una cultura de innovación y eficiencia.

Conclusiones

La implementación de un sistema APPCC representa un desafío significativo para las industrias alimentarias debido a la necesidad de garantizar la seguridad alimentaria en todas las etapas del proceso de producción. Sin embargo, el uso de una aplicación especializada puede brindar numerosos beneficios al facilitar la gestión y el monitoreo de los puntos críticos de control (PCC).

La aplicación proporciona una plataforma centralizada para documentar, monitorear y analizar los riesgos asociados con el proceso de producción del mezcal, lo que contribuye a mejorar la seguridad alimentaria y la calidad del producto final. Además, al ser el sistema APPCC un ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) que requiere una mejora continua, una aplicación puede ser una herramienta invaluable para asegurar un seguimiento efectivo y una adaptación ágil a los cambios en las condiciones del proceso.

Especialmente en las secciones del sistema que requieren una supervisión constante o una supervisión muy alejada, como el monitoreo en tiempo real de las concentraciones de metanol en el alcohol o la programación de inspecciones periódicas para las barricas de almacenamiento, una aplicación puede proporcionar un medio eficaz para gestionar estos aspectos críticos de manera sistemática y oportuna.

Referencias

- [1] Universidad Nacional de Colombia. (2016). Ciclo de la calidad PHVA. Universidad Nacional de Colombia. ISBN 9789587753059, página 13.
- [2] Universidad Nacional de Colombia. (2016). Ciclo de la calidad PHVA (Figura 1.1). Universidad Nacional de Colombia. Página 14.
- [3] Garcia, C. G. (2014). Manual para la formación de manipuladores de alimentos. . DOI/ISBN: 9781311320599.
- [4] International Finance Corporation. (2020). *Food Safety Handbook: A Practical Guide for Building a Robust Food Safety Management System* [Manual de seguridad alimentaria: Una guía práctica para construir un sistema robusto de gestión de seguridad alimentaria] (p. 158)
- [5] Arvanitoyannis, I. S. (2009). HACCP and ISO 22000: Application to Foods of Animal Origin [Título del capítulo o sección, si está disponible, p. 11., Wiley. ISBN 9781444320930.
- [6] ISO. (2018). *ISO 22000:2018 - Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos - Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria*. Organización Internacional de Normalización.