



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

“2021: Año de la Independencia”

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OPCIÓN I.- TESIS

TRABAJO PROFESIONAL

“ESTRATEGIAS DE DECISIÓN PARA OPTIMIZAR LOS
PROCESOS EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS A TRAVÉS
DE UN SGC, SIMULACIÓN Y TÉCNICAS DE IA”

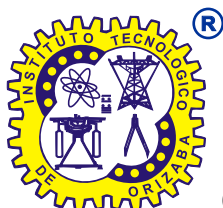
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESENTA:

I.Q. Diana Fernanda Torres Martínez

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Alberto Alfonso Aguilar Lasserre



ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO.

NOVIEMBRE 2021



"2021: Año de la Independencia"

Orizaba, Veracruz, 22/11/2021
Dependencia: **División de Estudios de
Posgrado e Investigación**
Asunto: **Autorización de Impresión**
OPCION: I

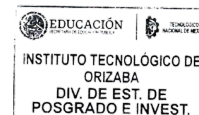
TORRES MARTINEZ DIANA FERNANDA
Candidato a Grado de Maestra en:
INGENIERÍA INDUSTRIAL
PRESENTE

De acuerdo con el reglamento de Titulación vigente de los Centros de Enseñanza Técnica Superior, dependiente de la Dirección General de Institutos Tecnológicos de la Secretaría de Educación Pública y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

"ESTRATEGIAS DE DECISIÓN PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS A TRAVÉS DE UN SGC, SIMULACIÓN Y TÉCNICAS DE IA"

Comunico a usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®



Dr. MARIO LEONCIO ARRIJOJA RODRÍGUEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

MLAR/magh

OG-13-F06



Avenida Oriente 9 No. 852
Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320
Orizaba, Veracruz, México.
Teléfono: 272-110-53-60
Email: mii@orizaba.tecnm.mx
www.orizaba.tecnm.mx





“2021: Año de la Independencia”

Orizaba, Veracruz **Octubre 21, de 2021.**
Asunto: **Revisión de trabajo escrito**

C. MARIO LEONCIO ARRIJOJA RODRÍGUEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E . -

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C.:

TORRES MARTINEZ DIANA FERNANDA

La cual lleva el título de:

ESTRATEGIAS DE DECISIÓN PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS A TRAVÉS DE UN SGC, SIMULACIÓN Y TÉCNICAS DE IA

y concluyen que se acepta.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

PRESIDENTE: DR. ALBERTO A. AGUILAR LASSERRE

FIRMA

SECRETARIO: M.C. CONSTANTINO G. MORAS SÁNCHEZ

FIRMA

VOCAL: M.C. MAGNO ANGEL GONZÁLEZ HUERTA

FIRMA

VOCAL SUP.: MII JONATHAN JOSUÉ CID GALIOT

FIRMA

EGRESADO (A) DE LA **MAESTRIA EN INGENIERIA INDUSTRIAL.**

TA-09-26



Avenida Oriente 9 No. 852
Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320
Orizaba, Veracruz, México.
Teléfono: 272-110-53-60
Email: mii@orizaba.tecnm.mx
www.orizaba.tecnm.mx



Agradecimientos

A Dios, a mi familia y amigos.
A todos aquellos que contribuyeron
en la realización de este proyecto.
Gracias.

Resumen

La toma de decisiones, es una situación cotidiana a la que se enfrentan las empresas, y que en gran medida dependen del conocimiento y experiencia de quienes las toman, teniendo siempre un objetivo común, y es obtener las mejores soluciones, optimizando tiempo y recursos económicos; es por esto que hoy en día se cuenta con múltiples herramientas que permiten a los responsables llevar a cabo análisis profundos de los datos y variables de las actividades sobre las que se deben tomar decisiones, como son la simulación y las diversas técnicas de inteligencia artificial.

Por otro lado, no se pueden realizar mediciones si no se cuenta con un sistema adecuado que permita llevar el control de las actividades, lo que conlleva a que no se tenga un control y por lo tanto no se puede analizar correctamente el estado del sistema. En otras palabras “lo que no se puede medir, no se puede mejorar”. Para esto, los sistemas de gestión de calidad plantean normativas y recomendaciones para que las empresas lleven un correcto y completo control de sus procesos, no solo con el fin de cumplir con las certificaciones de las mismas, sino para mejorar el aprovechamiento de los recursos. su imagen frente al cliente y consecuentemente, aumentar sus ganancias y minimizar las pérdidas.

Este trabajo tiene como objetivo analizar la cadena de valor de una planta de alimentos, para fundamentar las bases de un sistema de gestión de calidad, que permita a la empresa estandarizar sus procesos, y que a futuro se pueda tener un control de ellos, ya que se espera que la planta siga expandiéndose en los años siguientes al diversificar la línea de productos y aumentando la demanda de producción diaria actual. Aunado a eso, y a pesar de que hasta el momento no se les ha demandado la certificación de la misma, es probable que sea requerido en un futuro.

Por último, y gracias a la versatilidad de la simulación y el enfoque basado en agentes inteligentes, al aplicarlas en este proyecto, se puede analizar detalladamente una gran cantidad de datos de forma más eficaz y rápida, y con esto evaluar el estado del sistema, así como plantear algunas estrategias posibles dentro de las áreas de oportunidad, como, por ejemplo, detectar cuellos de botella, analizar si el número de trabajadores es adecuado, etcétera, para optimizar el proceso sin tener que hacer cambios que podrían generar costos indeseables para la empresa

Contenido

Planteamiento del problema	xi
Justificación.....	xii
Objetivos	xiii
Capítulo 1. Generalidades de la empresa.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Información de la empresa	1
1.3 Descripción del proceso	4
1.4 Compras	5
1.5 Recepción y almacenamiento de materias primas.....	5
1.6 Producción.....	6
1.7 Barra fría	7
1.8 Panadería	7
1.9 Pambazo	10
1.10 Picking.....	10
1.11 Distribución de PT	10
1.12 Venta de PT	11
1.13 Recolección de merma	11
1.14 Metodología	12
1.15 Conclusiones	14
Capítulo 2. Marco teórico	15
2.1 Introducción	15
2.2 Sistemas de producción.....	15
2.3 Administración de procesos	16

2.4	Herramientas de la administración de procesos	18
2.4.1	Diagrama de flujo	18
2.4.2	Diagrama causa-efecto.....	20
2.4.3	Diagrama de dispersión.....	20
2.4.4	Hoja de control.....	21
2.5	Estandarización de procesos.....	21
2.6	Sistemas de gestión de calidad.....	23
2.6.1	Normas ISO	25
2.7	Herramientas de ingeniería industrial	25
2.7.1	Análisis de Decisiones	26
2.7.2	Simulación	28
2.7.3	Clasificación de los modelos de simulación	29
2.7.4	Ventajas y desventajas de la simulación.....	30
2.7.5	Anylogic.....	31
2.7.6	Dinámica de sistemas.....	32
2.7.7	Simulación de eventos discretos	33
2.7.8	Modelado basado en agentes	34
2.8	Conclusiones	35
Capítulo 3.	Diseño y aplicación del SGC	36
3.1	Introducción	36
3.2	Normativas de referencia	36
3.3	Planeación y organización.....	38
3.3.1	Recursos disponibles.....	40
3.3.2	Análisis del sistema actual	41
3.4	Diseño del SGC.....	42

3.4.1	Documentación del proceso.....	42
3.4.2	Compra y recepción de materias primas.....	42
3.4.3	Producción.....	45
3.4.4	Picking.....	46
3.4.5	Devoluciones y merma.....	46
3.5	Aplicación del SGC.....	47
3.5.1	Declaración nutrimental complementaria NOM-051.....	47
3.5.2	Resultados preliminares.....	51
3.5.3	Área “Barra fría”.....	53
3.5.4	Área “Pambazo”.....	59
3.5.5	Área “Panadería”.....	63
3.5.6	Área “Nachos”.....	68
3.5.7	Área “Picking”.....	69
3.6	Verificación del sistema.....	71
3.7	Conclusiones.....	73
Capítulo 4.	Optimización bajo el enfoque de agentes.....	74
4.1	Introducción.....	74
4.2	Planteamiento del modelo de simulación.....	74
4.3	Recolección de datos.....	75
4.4	Construcción del modelo de simulación.....	75
4.4.1	Anylogic.....	75
4.5	Variables.....	79
4.6	Modelo final.....	83
4.7	Validación del modelo.....	93
4.7.1	Aplicación de la prueba t-pareada.....	93

4.8	Optimización	96
4.9	Estrategias de decisión para la optimización del proceso	99
4.10	Conclusiones	102
	Conclusiones	103
	Referencias.....	105

Índice de figuras

Figura 1. Distribución de la PAC.....	3
Figura 2. Proceso de la PAC.....	4
Figura 3. Distribución de los almacenes en la PAC.....	5
Figura 4. Distribución del área de producción de la PAC	6
Figura 5. Revolvedora.....	8
Figura 6. Laminadora.....	8
Figura 7. Fermentadora.....	9
Figura 8. Freidora.....	9
Figura 9. Fundidora.....	9
Figura 10. Símbolos de la norma ANSI para elaborar diagramas de flujo (procesamiento electrónico de datos) Fuente: ANSI.....	19
Figura 11. Análisis del diagrama de flujo Fuente. (Delgado Tobar & Trujillo Ardila, 2013).....	19
Figura 12. Diagrama de espina de pescado. Fuente (Galgano, 1995).....	20
Figura 13. Diagrama de dispersión Fuente. (Galgano, 1995).....	21
Figura 14. Modelo para la implementación de normas ISO 9000 Fuente. (Rincón, 2002).....	24
Figura 15. Ejemplo diagrama de flujo. Fuente (Tuya, Ramos, & Dolado,2007).....	33
Figura 16. Flujo de proceso para la compra y recepción de materias primas.....	43
Figura 17. Perfiles nutrimentales para la declaración nutrimental complementaria (NOM-051, 2020).....	48
Figura 18. Sistema de etiquetado frontal. Información nutrimental complementaria. NOM-05148	
Figura 19. Sistema de etiquetado frontal. Información nutrimental complementaria para productos de una superficie < 40cm ² . NOM-051	49
Figura 20. Ejemplo "Plantilla de información nutricional complementaria"	50
Figura 21. Resumen de resultados para etiquetado frontal de la NOM-051.....	50
Figura 22. Tiempos de producción "Barra fría" abril 202	53
Figura 23. Tiempos de producción "Barra fría" mayo 2021	53
Figura 24. Tiempos de producción "Barra fría" junio 2021	54
Figura 25. Tiempos de producción "Sándwich queso crema" abril-junio 2021	55
Figura 26. Tiempos de producción "Sándwich ensalada rusa" abril-junio 2021.....	56
Figura 27. Tiempos de producción "Cuernito" abril-junio 2021	57

Figura 28. Tiempos de producción “Baguette de carnes frías” abril-junio 2021.....	57
Figura 29. Tiempos de producción “Baguette salami” abril-junio 2021	58
Figura 30. Tiempos de producción “Torta” abril-junio 2021	59
Figura 31. Tiempos de producción "área: pambazo" abril-junio 2021	59
Figura 32. Tiempos de producción "pambazo de chorizo" abril-junio 2021	60
Figura 33. Tiempos de producción "pambazo de salsa macha" abril-junio 2021.....	61
Figura 34. Tiempos de producción "pambazo de jamón" abril-junio 2021	61
Figura 35. Tiempos de producción "pambazo cochinita pibil" abril-junio 2021.....	62
Figura 36. Tiempos de producción "pambazo de chilorio" abril-junio 2021.....	63
Figura 37. Tiempos de producción "Dona (Todas las variedades)" abril-junio 2021.....	64
Figura 38. Tiempos decorado "Dona de chocolate" abril-junio 2021.....	65
Figura 39. Tiempos decorado "Dona" abril-junio 2021.....	65
Figura 40. Tiempos decorado "Dona granillo blanco" abril-junio 2021.....	66
Figura 41. Tiempos decorado "Dona maple" abril-junio 2021	66
Figura 42. Tiempos decorado "Dona m&m" abril-junio 2021	67
Figura 43. Tiempos decorado "Dona marqueta" abril-junio 2021	67
Figura 44. Tiempos decorado "Dona granillo semi amargo" abril-junio 2021.....	68
Figura 45. Tiempos vs Cantidad producida "Nachos" abril-junio 2021	69
Figura 46. Tiempos "Picking Orizaba" abril-junio 2021	70
Figura 47. Tiempos "Picking Córdoba" abril-junio 2021	70
Figura 48. Nuevo modelo Anylogic.....	76
Figura 49. Paleta de herramientas Anylogic	76
Figura 50. Librerías de la paleta de herramientas Anylogic	77
Figura 51. Modelo de simulación de la PAC Anylogic	83
Figura 52. Variables del modelo de simulación para el producto "Baguette CF"	84
Figura 53. Producción "barra fría" simulador Anylogic	85
Figura 54. Producción "pambazo" simulador Anylogic	86
Figura 55. Picking simulador Anylogic	87
Figura 56. Ventas Orizaba simulador Anylogic	88
Figura 57. Resumen de resultados Orizaba "barra fría" Anylogic.....	89
Figura 58. Resultados corrida piloto "barra fría"	90

Figura 59. Resultados corrida piloto "pambazo"	91
Figura 60. Interfaz del usuario Anylogic	92
Figura 61. Variables editables simulador Anylogic.....	92
Figura 62. Resultados optimización Anylogic.....	97
Figura 63. Optimización individual BaguetteCF Anylogic	98
Figura 64. Optimización individual sandwichER Anylogic	98
Figura 65. Optimización individual cuernito Anylogic	99

Índice de tablas

Tabla 1. Características para la aceptación o rechazo (De materias primas).....	44
Tabla 2. Descripción de puesto personal PAC.....	51
Tabla 3. Tiempo en turno TAM, abril 2021.....	52
Tabla 4. Bloques de la librería Process Modeling Anylogic	78
Tabla 5. Elementos del menú agente en Anylogic.....	79
Tabla 6. Abreviaturas modelo de simulación	80
Tabla 7. Prueba t-pareada modelo simulación.....	95
Tabla 8. Propuestas para la optimización del proceso	101

Introducción

La empresa de alimentos inicio sus operaciones en el año 2013, y desde ese momento se ha ganado un lugar preferente en el gusto de los consumidores, ya que, a lo largo de estos ocho años sus productos se han ido diversificando, logrando posicionarse como un producto de preferencia principalmente de estudiantes y trabajadores, quienes buscan productos frescos y de calidad.

En la actualidad no cuenta con un sistema de gestión de calidad, ya que la implementación de estos sistemas implica una gran inversión de recursos , sin embargo, se planea la expansión de la misma y es necesario contar con regulaciones que ayuden a mejorar el rendimiento de los elementos que la componen. Es por esto que se busca implementar un sistema de gestión de calidad que permita mejorar la competitividad de la empresa, estandarizando sus procesos y mejorando la calidad de sus productos, asegurando con esto su permanencia en el mercado, y a su vez, incrementando el índice de ventas.

En la planta de alimento se producen diariamente alrededor de 2,000 productos, los cuales se distribuyen en la zona de Orizaba y Córdoba, y debido a la naturaleza de estos, las fechas de caducidad son muy cortas, haciendo que el proceso de seguimiento de cada uno sea complicado, y dependiendo totalmente de las decisiones de la jefa de la planta. Se supone que la venta de los productos tiene cierta “estacionalidad” sin embargo no se tiene un sustento sólido para ello; de igual manera los planes de producción cambian constantemente basado en la tendencia del mercado sin considerar que esta puede cambiar en cualquier momento.

Para todas las problemáticas que podría representar el control de los productos, se cuenta hoy en día con herramientas de simulación que permiten dar seguimiento a diferentes variables de diferentes productos al mismo tiempo, observar su comportamiento, e incluso optimizar los planes de producción, distribución y venta. Softwares como Anylogic proporcionan una alternativa para el estudio individual y global de los procesos, a través de la simulación y optimización multi método, lo que lo convierte en un instrumento flexible, capaz de modelar sistemas complejos dando resultados que representen adecuadamente el modelo real.

Este trabajo se encuentra dividido en 4 capítulos. En el capítulo 1 se presenta la información referente a la empresa, antecedentes, misión, visión, desarrollo, así como la descripción de los procesos y maquinaria que forman parte de la producción, almacenamiento y distribución de la

variedad de productos. Por su parte, el capítulo 2 detalla como marco de referencia, las herramientas utilizadas para el desarrollo del proyecto, las normativas en las que se basa la creación e implementación del sistema de gestión de calidad, así como una breve descripción de las técnicas de simulación e inteligencia artificial aplicadas en el modelado del proceso con ayuda de Anylogic.

El capítulo 3 describe el sistema, como se encontraba al inicio del proyecto, el proceso de creación y aplicación del SGC, así como los resultados obtenidos por el mismo, a fin de realizar una comparación y observar si existió una mejora con respecto al comienzo. De igual forma, se da seguimiento para corroborar o validar el correcto funcionamiento de las diversas herramientas aportadas a la planta. Por último, en el capítulo 4 se presenta el desarrollo del modelo de simulación multi método en Anylogic, las variables que lo componen, su estructura, los resultados obtenidos de ventas y merma por producto por zona, la validación de estos mediante técnicas estadísticas; así como los valores óptimos encontrados que minimizan la cantidad de merma de producto terminado, gracias a la aplicación de técnicas de optimización aplicada al modelado basado en agentes.

Planteamiento del problema

El aseguramiento de la calidad a través del proceso de fabricación y manipulación de alimentos es fundamental para ofrecer al cliente productos que cumplan con los estándares establecidos por las normativas vigentes en el contexto en el que se desempeña la empresa. Para esto se cuenta con guías y manuales que soportan las actividades y procesos, además que facilitan su aplicación.

Debido al crecimiento acelerado que ha presentado la planta de alimentos a lo largo de sus ocho años de operación, no se cuenta actualmente con un sistema de gestión de calidad, ya que la implementación de estos sistemas requiere tiempo y recursos, sin embargo, se planea la expansión de la misma y es necesario contar con regulaciones que ayuden a mejorar el rendimiento de los elementos que la componen. Los sistemas de gestión de calidad (SGC) permiten mejorar la competitividad de la empresa, estandarizando sus procesos y mejorando la calidad de sus productos, lo cual da, a su vez, una mejor imagen al cliente, incrementando las ventas.

Otro de los problemas principales de la empresa, es la falta de estudio de sus productos individualmente, ya que en ocasiones se tienen cantidades considerables de merma, lo cual supone

un problema no solo en cuestiones monetarias; se supone que la venta de los productos tiene cierta “estacionalidad” sin embargo no se tiene un sustento sólido para ello; de igual manera los planes de producción cambian constantemente basado en la tendencia del mercado sin considerar que esta puede cambiar en cualquier momento, y la experiencia, en este caso, de la jefa de la planta, la cual podría ser útil, siempre que la producción se mantenga dentro de los rangos históricos, las ventas no presenten fluctuaciones considerables o se presentes situaciones sin precedentes, como lo es la pandemia actual.

Justificación

Por lo general, aquellas empresas que deciden involucrarse con los sistemas de gestión de la calidad, lo hacen por razones como; la exigencia del consumidor, ganar una ventaja competitiva o mejorar el control de procesos internamente. Empero, en su mayoría toman la decisión de implementar este tipo de sistemas por presión, ya sea de los clientes o por tomar ventaja de los competidores, y no por convicción, es decir mejor la efectividad y eficiencia de los procesos (Rincón, 2002).

En este caso, la Planta de Alimentos C, busca la aplicación del SGC como un método para optimizar sus recursos, además de contar con herramientas que le permitan capacitar de manera más eficiente al personal de nuevo ingreso, ya que por la inminente expansión cada vez más son los colaboradores que se suman, y los instrumentos y maquinaria que se implementa, por lo que se necesita documentar adecuadamente el uso de estos, para evitar pérdidas por desconocimiento. Debido a la naturaleza del proceso, los materiales con los que se trabaja también deben ser bien administrados o pueden representar pérdidas por merma, al igual que en los productos finales.

Una vez que se cuenta con procesos bien documentados y estandarizados, es posible analizarlos detalladamente, aplicando herramientas como lo es la simulación y optimización multi método, para las cuales se cuenta con una variedad de softwares, como lo es Anylogic. Para este fin, se requiere contar con la mayor cantidad de información posible del sistema real, ya que los softwares dependen de la fiabilidad de los datos para generar resultados lo mas apegados a la realidad. A su vez, las organizaciones buscan la mejor manera de optimizar los planes de producción, distribución del personal y aprovechamiento de recursos. Es por esto que se busca contar con un sistema que permita predecir o modelar los posibles cambios y resultados en el proceso de toma de decisiones.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar estrategias de decisión para optimizar el proceso de una planta de alimentos en base a la implementación de un sistema de gestión de calidad a la normativa vigente ISO 9000-2015 e ISO 9001-2015 y a la simulación bajo el enfoque de agentes.

Objetivos específicos

- Analizar la cadena de valor, así como cada uno de los procesos que la conforman.
- Crear un manual de calidad basado en las normas de gestión de calidad para la estandarización de procesos de la planta de alimentos.
- Implementar los procedimientos estandarizados del manual de calidad para optimizar el proceso de producción y distribución de la planta de alimentos.
- Evaluar las mejoras del proceso una vez implementado el sistema de gestión de calidad.
- Desarrollar un modelo de simulación para identificar áreas de mejora en el proceso de la planta de alimentos.
- Optimizar el sistema utilizando simulación multi método para generar estrategias de decisión.

Capítulo 1. Generalidades de la empresa

1.1 Introducción

En este capítulo se presenta el contexto de operación y desarrollo de la planta de alimentos, así como la descripción detallada de los procesos que la conforman, desde la recepción de la materia prima y su almacenamiento, el proceso productivo de la diversa variedad de productos, el almacenamiento y distribución de los mismos, el proceso de venta, hasta la recolección del producto mermado y su disposición. Se incluye también la metodología utilizada durante el desarrollo del proyecto.

1.2 Información de la empresa

La distribuidora A, es una empresa de gran presencia en la región Orizaba-Córdoba desde el año 1998, su giro principal es la distribución de bebidas (alcohólicas, jugos, agua purificada y refrescos); sin embargo, en el año 2004 se creó como parte de esta, la comercializadora B, empresa encargada de 125 tiendas de conveniencia donde se distribuyen los productos de la distribuidora A, así como muchos otros como alimentos, productos de higiene personal, productos de limpieza, etcétera. Dentro de esta última se crea en el año 2013 la planta de alimentos C (PAC), encargada de la producción de comida rápida que se distribuye exclusivamente dentro de las tiendas de conveniencia de la misma cadena.

Este estudio se centra en el proceso productivo y distribución de productos en la PAC. Esta planta lleva en funcionamiento 8 años, exactamente el 1 de abril del 2013, inicio con la fabricación únicamente de pambazo y actualmente fabrican 8 diferentes productos en sus múltiples variedades, todos ellos de comida rápida. Los productos y sus variedades se enlistan a continuación.

- Pambazo
 - Chorizo
 - Salsa macha
 - Jamón
 - Chilorio
 - Pibil
 - Pollo con mole

- Dona
 - Abuelita Crunch
 - Carlos V
 - Granillo blanco
 - Fresa
 - M&M
 - Decorado chocolate
 - Oreo
 - Dolcezza (Rellena)
 - Semi amargo
- Cuernito
 - Jamón
- Sándwich
 - Tradicional
 - Queso crema
 - Ensalada rusa
- Gelatina
 - Fresa
 - Limón
 - Jerez
 - Combinada de coco (Coco y uva, fresa y limón)
 - Flan
- Baguette
 - Carnes frías
 - Salami
- Torta
 - Jamón
- Nachos

La PAC se encuentra dentro de las instalaciones de la distribuidora A, cuenta con un área de oficina, cuatro áreas de producción, tres almacenes, un área de lavado, y un área de picking; la distribución de la misma se muestra en la Fig. 1

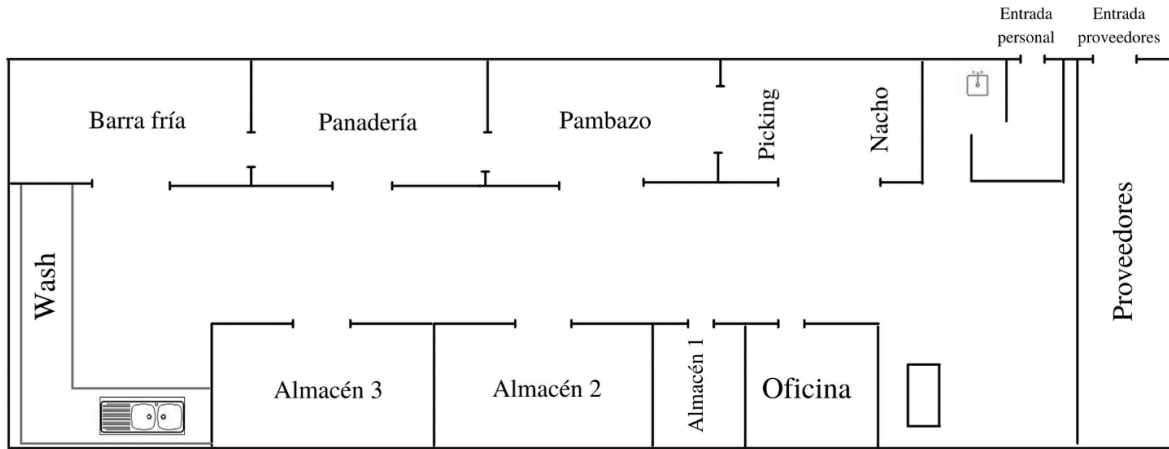


Figura 1. Distribución de la PAC

El horario laboral de la PAC es de 7:30 am a 5:00 pm de domingo a viernes, para el personal de cocina, y de 08: am a 5:00 pm de lunes a viernes para el personal administrativo; con media hora de comida para el personal de producción y una hora para el personal administrativo. Actualmente se cuenta con 8 responsables de producción, 2 administrativos y 2 repartidores en ruta.

El producto se distribuye en 40 tiendas en la zona de Orizaba, 41 en la zona de Córdoba y en 10 tiendas en los alrededores.

Como parte del proyecto se plantean la misión, visión y valores que rigen la PAC, como parte fundamental del manual de calidad.

Misión

Producir y comercializar comida rápida de excelente calidad, ofreciendo a nuestros clientes la mejor opción en productos frescos, sabrosos, accesibles y que garanticen su satisfacción; así como su preferencia.

Visión

Posicionarnos estratégicamente como la empresa líder de venta de comida rápida dentro de las cadenas de tiendas de conveniencia y en la región en general manteniendo una estructura flexible, innovadora y evolutiva alineada con las estrategias de la compañía.

Valores

Los valores que representan y se reflejan permanentemente en la empresa y sus colaboradores son:

- Responsabilidad
- Eficiencia
- Respeto
- Equidad
- Cooperación
- Trabajo en equipo
- Integridad
- Puntualidad

1.3 Descripción del proceso

Actualmente la PAC no cuenta con un SGC por lo cual sus procesos no están estandarizados ni documentados, para propósitos de este estudio, se analizó el sistema y se dividió en 7 sub procesos principales (Fig. 2), los cuales se describen detalladamente en los numerales del 1.x al 1.x, es importante recalcar que en este capítulo solo se detallan las condiciones actuales de la planta.

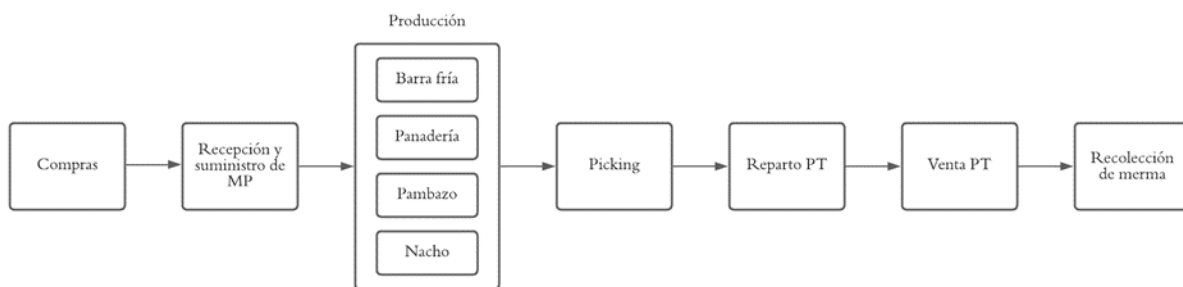


Figura 2. Proceso de la PAC

1.4 Compras

Las compras de materias primas se llevan a cabo bajo demanda, no se tiene un punto de reorden especificado, ni compras programadas, de manera que, en algunas ocasiones, se puede llegar a tener faltantes; tampoco se cuenta con un protocolo claro de los pasos a seguir para la generación de órdenes de compra, el hecho de no contar con este tipo de protocolos genera en algunas ocasiones falta de información entre las áreas. Para este fin se hace uso de la plataforma Oracle. En cuanto a los proveedores, se mantiene un historial de compras, sin embargo, no se califica adecuadamente el cumplimiento de estos.

1.5 Recepción y almacenamiento de materias primas

Debido a la naturaleza de los productos, el control de los materiales de partida es primordial, además de esto la mayoría de ellas son de alta rotación por lo que se dificulta llevar un registro contemporáneo. La actividad de recepción es realizada por los responsables de producción, quienes se encargan de contar y almacenar los productos recibidos.

Dentro de la planta se cuenta con 3 almacenes, el primero donde se encuentran todos los productos de limpieza, el segundo se utiliza para el almacenamiento de las materiales secos y los materiales de acondicionamiento y el tercero para las materias primas frescas. La distribución de estos se muestra en la Fig. 3

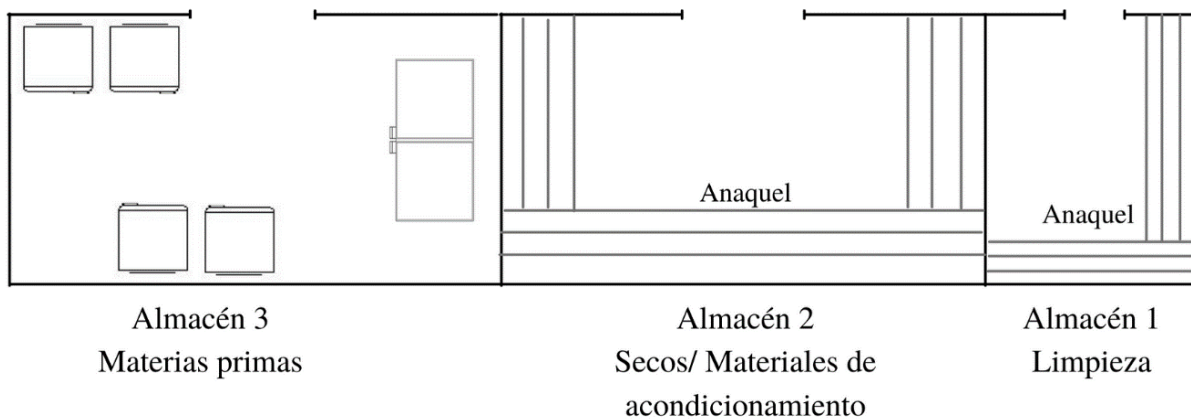


Figura 3. Distribución de los almacenes en la PAC

El tipo de inventario usado en la planta es el PEPS (Primeras entradas/ primeras salidas) sin embargo, debido al nulo control de la fecha de entrada de las materias es complicado seguir este método, depende básicamente de los criterios de los responsables de producción.

1.6 Producción

El espacio de producción está compuesto por 4 áreas, donde se producen todas las variedades de productos. La primer área es la de barra fría, donde se elaboran sándwiches, tortas, cuernitos y baguettes, la segunda es la de panadería donde se fabrican donas en todas sus variedades, la tercera es el área de pambazo, donde, como su nombre lo indica, se preparan todas las variedades de pambazo, y por último, el área de nacho, donde se empaquetan las charolas con nachos y se preparan las gelatinas. Esta distribución se muestra en la Fig. 4

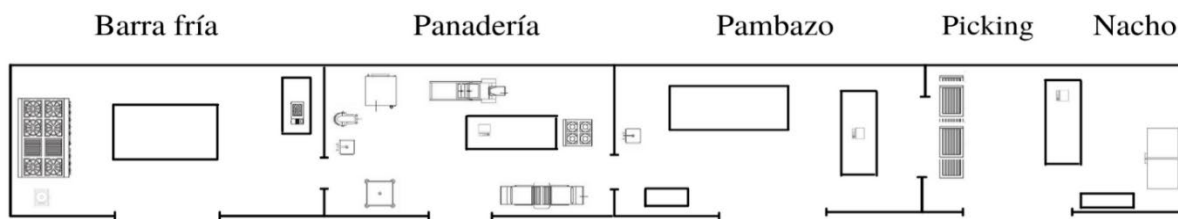


Figura 4. Distribución del área de producción de la PAC

Antes de poder iniciar con la producción, un día antes se preparan los ingredientes, así como los materiales de acondicionamiento, que serán usados el día siguiente, uno de los encargados de producción, se encarga específicamente de esta tarea, sin embargo, los demás empleados contribuyen en ciertas actividades. Dentro de la preparación para la producción se encuentran las siguientes actividades

- Lavar los vegetales
- Cortar cebolla
- Limpiar frijoles
- Cocinar frijoles
- Deshebrar queso
- Desdoblar servilletas

- Pegar etiquetas
- Etc.

Además de esto, el personal de producción, se encarga también de la limpieza del área, de los equipos y de lavar y acomodar todos los utensilios utilizados durante la preparación de los productos. Estas actividades representan tiempo que los empleados deben considerar dentro de la jornada laboral, lo que a su vez contribuye a que se tenga que disponer de horas extra de los mismos, e incluso en ocasiones, que se tenga que dar actividades extra dentro de producción al personal administrativo.

1.7 Barra fría

Dentro de esta área se encuentra la estufa dónde se hierven y cocinan los frijoles para los diversos productos, y se fríe el chorizo para los pambazos, el cual previamente se pasa por un molino de carne para poder mezclar los dos tipos de chorizo que se utilizan. En la zona central del área se encuentra la mesa de preparación, sobre la cual se acomodan los ingredientes y se preparan sándwiches, cuernitos, tortas y baguettes, también aquí se cortan los vegetales para los hotdogs, que, aunque no se preparan en la planta, se envían a las tiendas como suministros. La estufa también se utiliza en la preparación de las gelatinas. Los productos terminados se acondicionan en papel o servilleta, se embolsan y se sellan con la etiqueta correspondiente; una vez terminados, se acomodan en las bandejas y se pasan al área de picking.

1.8 Panadería

En el área de panadería se fabrican únicamente donas en todas sus variedades. Este proceso es el más extenso para la fabricación de un producto. El primer paso es la preparación de la masa, se pesan los ingredientes y se ponen en la revoladora (Fig. 5). Mientras la masa se encuentra en la revoladora, se deben preparar las charolas a las cuales se les coloca una manta encima. Las charolas se ponen en la mesa de trabajo. También se enciende la fermentadora y la freidora para su precalentamiento. De igual manera, se precalienta la fundidora, donde se coloca la cobertura de acuerdo a la variedad de dona a producir, y se deja fundir, se debe revolver esporádicamente para que esta se funda uniformemente. Concluido el tiempo se retira la masa de la revoladora y se pone sobre la mesa de trabajo, se separa en varias porciones y se compacta.



Figura 5. Revolvedora

La masa compactada se extiende ligeramente sobre la mesa y se espolvorea con harina por ambos lados, después de esto se pone en la laminadora (Fig. 6). Ya que la masa tiene el grosor deseado se pasa nuevamente a la mesa de trabajo.



Figura 6. Laminadora

Dependiendo de la orden de producción se deben cortar el número conveniente de donas en la lámina de masa de espesor definido. Las donas se pesan una a una y aquellas que cumplen con el estándar se acomodan en las charolas con las mantas en lotes de 12 donas regulares o 24 mini, con una buena distribución a lo largo de esta.

Las charolas con donas se acomodan en el carrito y una vez que se terminó de cortar la masa se meten a la fermentadora (Fig. 7). Ya que las donas están esponjadas se sacan y se ponen en el carrito, para proceder a freírlas.



Figura 7. Fermentadora

En la banda de la freidora (Fig. 8) se coloca la charola con las donas. Una vez que la banda está en movimiento irán cayendo de dos en dos las donas en la manteca previamente caliente. Al terminar se van acomodando en una parrilla que debe colocarse antes de iniciar con este proceso. En cada parrilla se acomodan 24 donas regulares o 48 mini. Las parrillas se colocan en el carrito para dejarlas enfriar y cuando se termina el lote se procede a decorarlas con ayuda de la fundidora (Fig. 9) de acuerdo a la receta correspondiente.



Figura 8. Freidora



Figura 9. Fundidora

1.9 Pambazo

Dentro de esta área se preparan los pambazos de todas las variedades. Lo primero que se realiza en este proceso es contar y revisar los panes de pambazo para asegurarse que sean el número correcto y que se encuentren en buenas condiciones. Después de esto, se les unta mayonesa, se procede a poner los demás ingredientes respecto a la receta y a la orden de producción. En esta área también se acondicionan, primero en una servilleta del color indicado y después en una bolsa de celofán que se sella con su etiqueta correspondiente. Los pambazos terminados se acomodan en bandejas y se colocan en el área de picking.

1.10 Picking

El área de nacho se encuentra dentro de lo que anteriormente era exclusivamente el área de picking, sin embargo, se acondicionó una zona para poder realizar las actividades correspondientes; este producto es el más reciente dentro de la PAC, no se elabora dentro de la planta, sino que solamente se empaqueta para la venta.

Los nachos se reciben en bolsas de cajas con 3 bolsas de 1 kilo cada una, las cuales se deben dividir en porciones en las charolas adecuadas y se pesan; después de esto se empaquetan en bolsas de celofán y se sellan con calor. Se colocan en cajas para ser distribuidos.

En esta área se colocan todas las bandejas de productos terminados, también se tienen bandejas numeradas de acuerdo a las tiendas donde se manda el producto, En estas últimas, se acomodan los productos seleccionados de acuerdo a la orden de cada tienda, por los responsables de producción. Una vez completas son recogidas por los responsables de reparto.

1.11 Distribución de PT

La distribución de los productos es diaria, y se lleva a cabo en dos rutas, una en Orizaba y otra en Córdoba, las rutas salen por la tarde y recorren las tiendas por la madrugada, para que el producto se encuentre exhibido por la mañana. El producto se recoge en la planta de alimentos, una vez que se encuentran acomodados en sus contenedores respectivos, y se sigue una ruta establecida previamente.

En la zona de Orizaba, se surte producto a 40 tiendas, mientras que, en Córdoba a 41, en estas se reparte toda la variedad de productos, incluyendo, gelatina, nachos, huevo (para la venta en cartones de 12 piezas), salchicha para hotdogs e insumos para los mismos (rajas, cebolla y jitomate picados); estos últimos, por cuestión de la pandemia, por el momento no se distribuyen.

Además de estas dos rutas, se tiene una foránea a la cual se le surte únicamente nachos e insumos para hotdogs. Las tiendas que forman parte de esta ruta son las que se ubican en Rio Blanco-Mendoza (16), Tehuacán (14), Tezonapa (10), Huatusco (12), Paso del Macho (16) y Tecamachalco (5). Haciendo un total de 156 tiendas en la región donde se distribuye el producto de la PAC.

1.12 Venta de PT

Al producto final, se le asigna una fecha de expiración antes de salir de la planta; durante el tiempo previo a esta, se deberá exhibir en los estantes designados para este propósito en las tiendas. Las caducidades se asignan de acuerdo al tipo de producto; en el caso de la variedad de sándwiches, pambazos, baguettes, tortas, cuernitos y donas, es de dos días, de forma que, si el producto se elabora el día el viernes, se exhibe hasta el sábado a las 11:59 y caduca el domingo; mientras que para la gelatina combinada de coco y el flan es de cinco días, y para las gelatinas de fresa y limón es de nueve días. En el caso de los nachos y el huevo, se respeta la fecha de caducidad del empaque, considerando esto, cuando el producto no se vende en una tienda, se mueve a una con mayor demanda de forma que no se tenga que mermar.

La venta de los diversos productos se vio afectada por la pandemia, sin embargo, a pesar de esto, y con todas las medidas necesarias, no se detuvo la producción. Se pensaba que los principales clientes eran los estudiantes y los trabajadores de las escuelas, no obstante, se confirmó que no era así, ya que las escuelas están cerradas y la demanda ha ido en incremento desde que se cerraron los establecimientos por la cuarentena.

1.13 Recolección de merma

Todos los días, los encargados de ruta, recolectan el producto expirado (es decir, el producto cuya fecha de exhibición sea hasta ese día) de todas las tiendas, y al finalizar la ruta, las devuelven a la

distribuidora A donde el personal de caseta se encarga de exhibirlo para su venta, esto a un precio menor al comercial; la parte del producto que no se logra vender, puede ser donada, y en caso de que tampoco se haya logrado donar se entrega a la PAC como merma, dónde el responsable de esta actividad la desecha apropiadamente. Esta actividad si se documenta y se tiene un registro, aunque no muy exacto en ocasiones del producto que se merma.

Debido a la alta variación en la demanda diaria, se ha observado que hay ocasiones en que la cantidad de merma puede ser considerable, mientras que en otras es mínima. Los productos en los que se ha observado mayor devolución son las donas, los sándwiches de queso crema, los cuernitos, los pambazos de pibil y las gelatinas de fresa y limón. En cuanto a los pambazos de salsa macha, chorizo y jamón, no se merman debido a políticas internas de la empresa.

En cuanto a los nachos, la merma generada durante el proceso de empaque, se guarda en bolsas de 3 kilos, y estas son reemplazadas por la el proveedor por producto nuevo. En algunas ocasiones se tiene devolución de producto por parte de las tiendas, pero son escasas, y se debe a que las bolsas se rompen o tienen aberturas, lo cual provoca que el nacho se humedezca.

1.14 Metodología

Se aborda la metodología propuesta a partir de las normas de calidad y los objetivos planteados anteriormente; en conjunto con un enfoque apoyado en las técnicas de inteligencia artificial. Los pasos propuestos se describen a continuación.

- Desarrollo de un sistema de calidad

Como base del establecimiento del SGC, se toman las etapas del ciclo de mejora continua PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) presentadas por (Rincón, 2002), adaptados a las necesidades y objetivos del proyecto.

- Planeación y organización

Ya que dentro de la organización no se cuenta con protocolos, la planta se encuentra en funcionamiento, y tomando en cuenta la situación actual causada por la Covid-19, se requiere no interferir en los procesos y tener la menor cantidad de personal externo dentro de las áreas; por todo esto, se creó una estrategia que permitiera la creación de

un manual de calidad que dé la pauta para la implementación de un SGC. Para esto se acordó, juntamente con el responsable, que, primeramente, se crearían los documentos necesarios para la estandarización de los procesos y posteriormente se realizaría la simulación del sistema.

- Definición y análisis

Las actividades dentro de la planta se encuentran bien definidas, pero se requiere hacer un análisis más profundo de cada una de ellas, así como identificar los procesos claves. De los resultados de estos análisis depende el diseño del SGC.

- Documentación del sistema de calidad

Dentro de esta etapa los procesos clave definidos e identificados deben documentarse de manera formal, de forma que sea posible su estandarización, lo cual se dará en los pasos posteriores. Sin embargo, en este momento se inicia la creación de procedimientos y formularios que formaran parte del manual de calidad.

- Implementación del sistema de calidad

Una vez documentados los procesos, aprobados los procedimientos y formularios, se procede a ponerlo en práctica en la PAC. Se debe dar una capacitación a todo el personal sobre el uso de estos, así como vigilar la correcta aplicación de cada uno de ellos.

- Validación del sistema de calidad

Ya que los procedimientos se encuentran en práctica y se han tomado las acciones necesarias para realizar los cambios finales a la documentación, es necesaria verificar que el sistema se encuentre funcionando correctamente, y que los resultados sean medibles y se observe una mejora considerable con respecto al sistema original.

- Desarrollo de un modelo de simulación
 - Elaboración del modelo de simulación

El modelo de simulación del escenario una vez aplicado el SGC, se realizó utilizando el software Anylogic, donde, con los datos obtenidos se recrea el proceso productivo y ventas de la PAC.

- Validación del modelo de simulación

Se comprueba la validez del modelo mediante pruebas estadísticas y diseño de experimentos.

- Optimización del sistema

Mediante la herramienta Experiment Optimization de Anylogic, se buscan los valores que permiten reducir la cantidad de merma.

- Validación del modelo la optimización

Se hace la comparación de los modelos original y los resultados obtenidos mediante la simulación multi método.

1.15 Conclusiones

En este capítulo se describe un poco de la historia de creación y desarrollo de la planta de alimentos en la región, como parte del manual de calidad se incluyen la misión, visión y valores, formuladas en conjunto con la jefa de la planta; así como la descripción detallada las actividades que forman parte del proceso productivo, la distribución de la planta y la maquinaria y equipos utilizados en los procesos que lo requieren. Se describen, además, algunos aspectos relacionados con las ventas, que aunque no forman parte propiamente del estudio, ya que no se analizan a fondo, se requieren para el modelo de simulación.

También se describe la metodología a seguir, que servirá de guía durante el desarrollo del proyecto, tanto para la creación e implementación del sistema de gestión de calidad, basado en el método PHVA, como la estrategia básica para el desarrollo del modelo de simulación desarrollado posteriormente en Anylogic.

Capítulo 2. Marco teórico

2.1 Introducción

Con el objetivo de proporcionar un panorama de las herramientas y técnicas empleadas a lo largo del desarrollo del proyecto, se presenta una investigación bibliográfica de lo referente a los sistemas de producción, el desarrollo e implementación de los sistemas de gestión de calidad, así como las normativas que sustentan la correcta aplicación de los mismos, los beneficios de contar con ellos en las empresas, así como de los requerimientos específicos del manejo de alimentos demandados por las autoridades competentes.

En segundo lugar se presentan conceptos básicos que permiten la mejor comprensión y aplicación de las técnicas de simulación, definiciones, ventajas y desventajas de la misma, técnicas; información relacionada con el software utilizado (Anylogic) los métodos que lo componen y el fundamento y características de cada uno de ellos.

2.2 Sistemas de producción

En esencia, un sistema es todo aquel proceso que recibe algo (materias primas), lo transforma y como resultado da algo diferente (producto terminado). En otras palabras, un sistema es un conjunto de objetos y personas que trabajan en conjunto con la finalidad de convertir insumos en un producto definido. Las empresas tienen incontables procesos que les permiten transformar recursos en productos y servicios; si estos no funcionan conjuntamente, o en su defecto, lo hacen de manera poco eficiente, el desempeño de la compañía será menor de lo que pudiera desear, e incluso alcanzar si trabajaran adecuadamente. (Summers, 2006).

Dentro de estos, existen dos tipos principales; los sistemas de producción continuos y por lotes.

Los sistemas de producción continua, son aquellos en los que las organizaciones se adaptan a ciertos horarios de trabajo y flujos de operación, que no pueden verse afectados por interrupciones, casi de ningún tipo. En este tipo de modelos, las operaciones se administran para lograr la sincronización ideal, en la que las operaciones, trabajan efectivamente en movimiento, de tal manera que los materiales son procesados en líneas de fabricación, como se les conoce comúnmente. Esto se aplica cuando la demanda de cierto producto es elevada y/o se maneja a gran

escala, por lo las compañías son prácticamente obligadas a trabajar continuamente (Velázquez Mastretta, 1996).

Por otro lado, se encuentran los sistemas de fabricación intermitente o por lotes, se caracteriza por trabajar con un número definido de elementos que se limitan a un cierto nivel productivo, seguido de otro lote de un elemento diferente. Este tipo de producción se enfoca en productos cuya demanda no es suficientemente grande para utilizar el modelo de fabricación continua, y en ocasiones, cuando no se cuenta con la infraestructura necesaria o el proceso es artesanal. Las plantas productivas con este sistema, por lo general, fabrican una gran variedad de productos, cuyos volúmenes de venta y, como consecuencia, los lotes fabricados, son pequeños en relación con la fabricación a gran escala. Para el caso de estudio y debido a la naturaleza de la empresa, se hace uso de este modelo (Velázquez Mastretta, 1996).

Dentro de los sistemas de producción es importante considerar la cadena de valor; en una empresa, esta cadena está formada por todas sus actividades generadoras de valor agregado y por los márgenes que estas aportan, además sirve para localizar aquellas actividades que generan una ventaja competitiva defendible. Poseer una ventaja competitiva, es tener una rentabilidad relativa superior a la de los contendientes de la esfera en el que se trabaja. Dicha cadena abarca toda la logística, desde el proveedor hasta el cliente final, de forma que, al examinarse todos los aspectos de esta, se optimizan los procesos tanto productivos como administrativos, y se gestiona el flujo de mercancías e información entre proveedores, detallistas y consumidores (Tous, Parra, & Cordero, 2019).

2.3 Administración de procesos

Las empresas orientadas a procesos se organizan de acuerdo a líneas de productos, es decir, se enfoca en los procesos clave del negocio que deben realizarse cabalmente con el propósito de ganar, satisfacer y conservar a los clientes. Las corporaciones eficientes se centran en aumentar el valor de su cadena, cuando reconocen que los procesos deben ser evaluados y los resultados analizados para identificar oportunidades o áreas de mejora. Una empresa orientada hacia los procesos es naturalmente flexible. Los individuos colaboran activamente para completar cada uno

de los procesos, es por esto que el personal se capacita constantemente en diversas actividades, incluso fuera de su área y conoce el flujo del proceso (Summers, 2006).

La gestión de procesos busca mantener un enfoque que permita planear, controlar, evaluar y mejorar continuamente las actividades de producción. Esto es posible mediante el desarrollo de tres etapas: La primera, delimitación e identificación de responsables; la segunda planeación, y la tercera implementación de mejoras (Delgado Tobar & Trujillo Ardila, 2013).

De la primera etapa depende la mayor parte del éxito o fracaso del proyecto, ya que se debe tener cuidado al seleccionar las actividades que realmente forman parte de la cadena de valor, ya que de otra forma se desperdiciarán recursos económicos y tiempo sin obtener buenos resultados. De igual manera se debe seleccionar adecuadamente al responsable de cada proceso, ya que serán los encargados del desempeño del proyecto. Deben tener siempre los objetivos claros y sobre todo compromiso, debido a los cambios y mejoras que se implementaran; si el responsable no tiene estas características, no podrá comunicarlas o transmitir las a las personas a su cargo.

La segunda etapa, planeación, debe iniciar con una evaluación y definición del sistema actual, recopilación de información de todos aquellos aspectos que tienen relación con las actividades seleccionadas, así como detectar las áreas de oportunidad, después de esto, se deben crear los diagramas de flujo pertinentes, que representen adecuadamente las actividades principales del proceso productivo, y la participación de proveedores y clientes; y, por último, analizar la información recabada del proceso, donde también se establecerán los parámetros o medidas necesarias para describir el estado y funcionamiento de las actividades. Se debe tener siempre en mente contar con los recursos necesarios para cada fase del proyecto para, de esta forma, evitar que el mismo fracase al no poder ser concluido (Delgado Tobar & Trujillo Ardila, 2013).

Por último, la implementación, que es el punto de unión de todas las actividades anteriores, el cual se lleva a cabo con el fin de rediseñar los procesos necesarios, también implica realizar cambios, no solo en los procesos, sino en el plan de trabajo, documentación de información, personal, políticas y estándares que conduzcan al mejoramiento.

2.4 Herramientas de la administración de procesos

El objetivo de la administración de procesos es el mejoramiento del mismo, para esto se requiere tener la capacidad de medir y seleccionar puntualmente las actividades y decisiones que influyen en estos; para este fin se cuenta con herramientas que permiten plasmar el flujo de los procesos, así como las posibles causas de fallas. Existen múltiples herramientas, las principales de ellas se describen a continuación.

2.4.1 Diagrama de flujo

Los diagramas de flujo son utilizados principalmente para representar, mediante el uso de símbolos, en su mayoría estandarizados, las secuencias y relaciones de actividades que conforman un proceso; en otras palabras, es una representación gráfica de la sucesión de fases, ciclos, operaciones, movimientos, decisiones, eventos, entre otros que suceden en un proceso establecido. Los símbolos gráficos para dibujar un diagrama de flujo están prácticamente normalizados (De la Guerra, 2015); sin embargo, se propone el uso de la simbología elaborada por el Instituto Nacional Americano de Estándares ANSI (por sus siglas en inglés), la cual se muestra en la Fig. 10.

Símbolo	Representa	Símbolo	Representa
	Terminal. Indica el inicio o la terminación del flujo, puede ser acción o lugar, además se usa para indicar una unidad administrativa o persona que recibe o proporciona información.		Conector. Representa una conexión o enlace de una parte del diagrama de flujo con otra parte lejana del mismo.
	Disparador. Indica el inicio de un procedimiento, contenido el nombre de éste o el nombre de la unidad administrativa donde se da inicio.		Conector de página. Representa una conexión o enlace con otra hoja diferente, en la que continúa el diagrama de flujo.
	Operación. Representa la realización de una operación o actividad relativa a un procedimiento.		Dirección de flujo o línea de unión. Conecta los símbolos señalando el orden en que se deben realizar las distintas operaciones.
	Decisión o alternativa. Indica un punto dentro del flujo en que son posibles varios caminos.		* Operación con teclado. Representa una acción en que se utiliza una perforadora o verificadora de tarjeta.
	Documento. Representa cualquier tipo de documento que entre, se utilice, se genere o salga del procedimiento.		* Tarjeta perforada. Representa cualquier tipo de tarjeta perforada que se utilice en el procedimiento.
	Archivo. Representa un archivo común y corriente de oficina.		* Cinta perforada. Representa cualquier tipo de cinta perforada que se utilice en el procedimiento.
	Nota aclaratoria. No forma parte del diagrama de flujo sino más bien es un elemento que se le adiciona a una operación o actividad para dar una explicación de ella.		* Cinta magnética. Representa cualquier tipo de cinta magnética que se utilice en el procedimiento.
	Línea de comunicación. Representa la transmisión de información de un lugar a otro mediante líneas telefónicas, telegráficas, de radio, etcétera.		* Teclado en línea. Representa el uso de un dispositivo en línea para proporcionar información a una computadora electrónica u obtenerla de ella.

Nota: Los símbolos marcados con * son utilizados en combinación con el resto cuando se está elaborando un diagrama de flujo de un procedimiento en el cual interviene algún equipo de procesamiento electrónico.

Figura 10. Símbolos de la norma ANSI para elaborar diagramas de flujo (procesamiento electrónico de datos) Fuente: ANSI

En la Fig. 11 se muestra un ejemplo de algunos de los símbolos utilizados para la creación de diagramas de flujo, así como el análisis propuesto por Joseph Juran, donde se muestran algunas de las preguntas que podemos hacernos al interpretar o realizar uno de estos modelos.

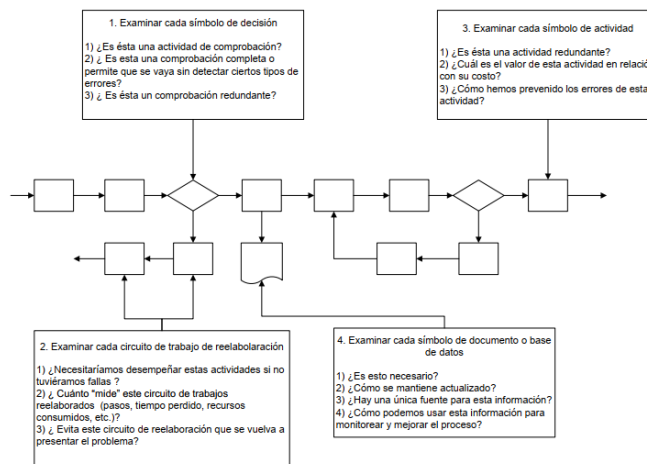


Figura 11. Análisis del diagrama de flujo Fuente. (Delgado Tobar & Trujillo Ardila, 2013)

2.4.2 Diagrama causa-efecto

También llamados diagrama de Ishikawa o de espina de pescado, es una representación gráfica de las correlaciones lógicas que existen entre las causas, así como las sub causas que producen un cierto efecto en un elemento determinado. Debido a que la variación de las características de calidad es un efecto previamente observado, que tiene diversas causas, se debe investigar, cuando ocurren, para identificar las causas de las mismas. Estos diagramas fueron planteados y puestos en práctica por primera vez por Kaoru Ishikawa (De la Guerra, 2015). Un ejemplo de estos se muestra en la Fig. 12



Figura 12. Diagrama de espina de pescado. Fuente (Galgano, 1995)

2.4.3 Diagrama de dispersión

Los diagramas de dispersión son fundamentalmente una representación gráfica de dos variables que muestra cómo interactúan entre sí. Como resultado de esta representación se puede obtener una correlación positiva, negativa o nula entre las variables.

Estos diagramas, también llamados gráficos de correlación, permiten analizar la relación entre dos variables. Tomando como ejemplo la existencia de dos variables, X y Y, se dice que existe una correlación entre ambas si cada vez que aumenta el valor de X aumenta proporcionalmente el valor de Y, esto es una correlación positiva, mientras que si cada vez que aumenta el valor de X disminuye en igual proporción el valor de Y se dice que es una correlación negativa. En un gráfico

de correlación representamos cada par X, Y como un punto donde se cortan las coordenadas de estas (De la Guerra, 2015). Un ejemplo de este diagrama se muestra en la Fig. 13, donde se presenta la interacción de las dos variables “residuos” y “temperatura”

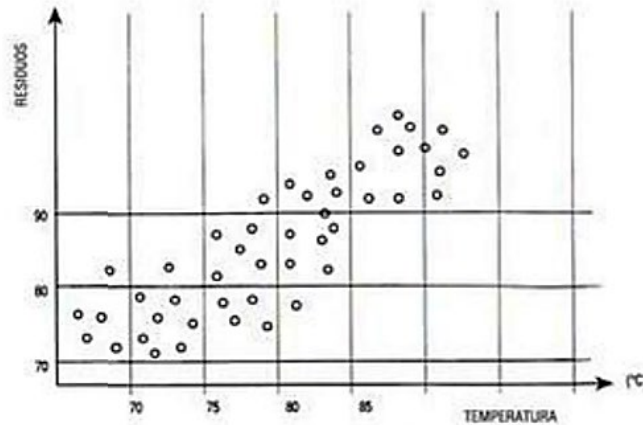


Figura 13. Diagrama de dispersión Fuente. (Galvano, 1995)

2.4.4 Hoja de control

Es una herramienta utilizada para recopilar información relevante de forma ordenada y estructurada, que se genera a lo largo de un proceso, sea cual sea el tipo. Entre los pasos a seguir para la creación exitosa de estas tenemos: definir o delimitar el problema a resolver, definir datos requeridos, planificar la documentación, recolección de los datos, análisis e interpretación de los datos, y por último presentar los datos, de forma comprensible, legible y eficiente. (De la Guerra, 2015).

2.5 Estandarización de procesos

La estandarización de procesos es el método mediante el cual se documentan, aceptan e implantan normas e instrucciones precisas para la ejecución de tareas, donde se deben tener en cuenta los materiales, la secuencia de actividades, los equipos, herramientas y las personas que participan durante la ejecución de cierta actividad.

De acuerdo con el Dr. Yoshio Kondo; este proceso puede dividirse básicamente en dos tipos, la estandarización de las cosas y la estandarización del trabajo. Las empresas que deciden llevar a cabo este proceso, suelen encontrar principalmente dos tipos de mejoras, las que suponen una

sistematización en la manera de trabajar y aquellas que suponen menor inversión, que dan como resultado pequeños beneficios, pero relevantes para la organización (Calva, 2014).

El proceso estandarizado, indica que las actividades y prácticas exitosas se adoptan como modelo y después se les transmite a los operadores en las líneas de producción, quienes una vez que lo incorporan, lo realizan siempre de la misma manera (Calva, 2014). En otras palabras, consiste en establecer un acuerdo sobre la forma en que se lleva a cabo cierta actividad; la estandarización de los procedimientos de trabajo es importante para asegurar que los empleados, tanto actuales como futuros, utilicen formas exitosas ya comprobadas para llevar a cabo actividades relacionadas con el proceso productivo. Mejorar cualquier proceso es muy difícil, sino imposible, si cada persona dentro de la organización realiza las actividades de forma diferente. (Delgado Tobar & Trujillo Ardila, 2013).

Algunas de las implicaciones que conlleva el no contar con procesos debidamente documentados y estandarizados son, desconocer las causas de fallas durante la ejecución de una actividad, cada persona llevaría a cabo las tareas de acuerdo a su criterio y de diferente forma, se da pie a cometer actos inseguros, la capacitación y entrenamiento se dificultaría, existirían incumplimientos en las entregas de productos, se incrementarían los costos de producción por desperdicio de recursos, y el tiempo de producción se vería afectado. Es por todo esto que resulta indispensable establecer un sistema de gestión que estandarice las tareas, operaciones, procesos y productos; para de esta forma eliminar o minimizar al máximo la variabilidad, el desperdicio y el desequilibrio de la producción.

Por otro lado, los beneficios de contar con una estandarización en la empresa son, poder conducir las operaciones con mayor fluidez, homogeneidad, facilidad, rapidez, menor costo, dando como resultado productos de calidad uniforme, y teniendo siempre como prioridad la seguridad del personal y la satisfacción de los clientes (Calva, 2014). En conclusión, la estandarización de los procesos impactará al el personal de la empresa en general, así como también a proveedores; de esta misma manera, la empresa encontrará beneficios internos y sobre todo de externos, puesto que cambiará la percepción e imagen de la misma. Aunado a esto, la estandarización funciona como herramienta para fomentar el desarrollo institucional dentro de la empresa y será esencial para llevar a cabo la correcta gestión y control financiero de la misma (Delgado Tobar & Trujillo Ardila, 2013).

2.6 Sistemas de gestión de calidad

A manera de satisfacer óptimamente las necesidades, peticiones y expectativas de los consumidores, las empresas eficientes generan e implementan sistemas de calidad. Los sistemas de administración de la calidad agrupan los componentes necesarios para que los trabajadores puedan identificar, diseñar, desarrollar, crear, otorgar y apoyar los productos y servicios que el cliente requiere. Los sistemas eficientes de administración de la calidad son dinámicos; en otras palabras, son capaces de adaptarse, cambiar, modificarse para satisfacer las necesidades, requerimientos y expectativas de los usuarios. A fin de hallar lineamientos para establecer la estructura de su sistema de administración de la calidad, se debe promover el correcto mantenimiento de registros y utilizar técnicas basadas en el empleo de las normas como ISO 9000 y programas como Seis Sigma (Summers, 2006).

La familia de normas ISO 9000 fue establecida por primera vez en el año 1987, con revisiones más recientes en los años 1994, 2000 y por último en el 2015. A nivel mundial estas normas se difundieron en su primer etapa por los países de la unión europea, teniendo mucha importancia en el Reino Unido. Hay que tener en cuenta, además, que las instituciones comunitarias y, en concreto, la Comisión Europea, promovieron de forma intensiva la adopción de este estándar por parte de las organizaciones europeas en proceso de armonización (Casadesús Fa, Heras Saizarbitoria, & Karapetrovic , 2009). Fue así que poco a poco se fue popularizando la implementación de estas normas en muy diversas industrias y países.

El conjunto de requerimientos de la familia de normas ISO 9001 manifiestan una manera responsable y práctica de administrar una empresa, y para su implementación, muchas de ellas se requieren de varios meses de trabajo, antes de que se observen beneficios internos significativos. Un proceso de implementación de esta magnitud requiere las mismas actividades básicas de cualquier otro proyecto de amplia extensión.

Generalmente, las industrias se involucran con los sistemas de gestión por tres motivos primordiales; en primer lugar por requerimiento del cliente, en segunda por obtener una ventaja frente a sus competidores, y en tercera por mejorar la operación interna. Sin embargo, la mayoría de estas toman la decisión basados en la presión y no por convicción; es decir, aumento en la efectividad y eficiencia de las operaciones internas (Rincón, 2002).

Diversos autores plantean las etapas por las que se debe pasar para la implementación de un SGC, todas estas basadas en la metodología PDCA (Plan-Do-Check-Act) o en español, PHVA (Planear- Hacer- Verificar – Actuar). La finalidad de este método se consigue primeramente planificando antes de actuar, aplicando las medidas estudiadas, verificando el resultado de estas medidas, repitiendo el proceso PDCA en caso de que el resultado no haya sido positivo y finalmente, normalizar una vez que el resultado ha sido positivo (Galgano, 1995). Por su parte, (Rincón, 2002) presenta un modelo claro de dichas etapas, el cual puede ser observado en la Fig. 14. Este modelo se basa en 4 etapas principales del PDAC, pero incorpora algunos sub procesos que deben llevarse dentro de cada etapa.

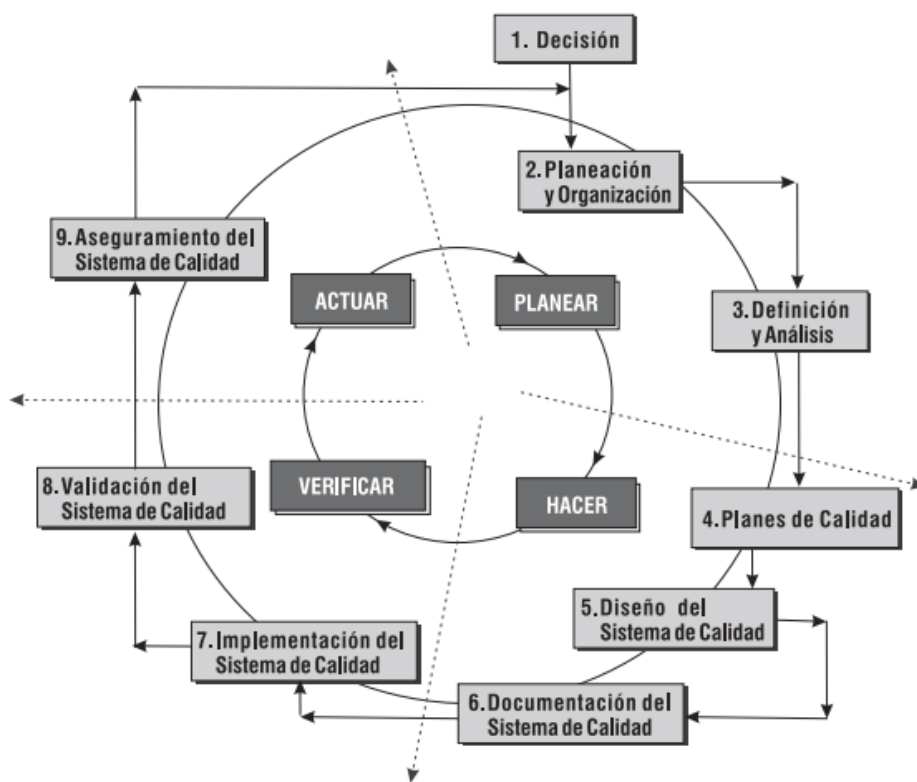


Figura 14. Modelo para la implementación de normas ISO 9000 Fuente. (Rincón, 2002)

Una descripción breve de estas etapas se da a continuación. La etapa 1, como se ha mencionado anteriormente es tal vez la más importante, pues de ella depende en gran parte el éxito al momento de implementar un SGC ya es aún más exitosa, cuando se tiene el apoyo y el compromiso de todos los empleados involucrados. En la etapa 2 se reúne el equipo que conforma el proyecto, se les faculta en los requerimientos de la norma, se evalúa el estado del sistema de actual y se elabora un plan detallado de la organización del proyecto.

Las etapas 3 a la 7 se desarrollan secuencialmente. Para una planeación objetiva se requiere conocer a fondo los procesos claves de la empresa (etapa3), los cuales quedan consignados en los planes de calidad en muchas ocasiones (etapa 4). Los resultados de estos planes son fundamentales para el diseño o perfeccionamiento de la mayoría de los elementos del sistema de calidad (etapa5). Estos elementos se estandarizan con su documentación formal (etapa 6) para posteriormente ser implementados (etapa 7) Los cambios finales a la documentación y el cierre de cualquier no conformidad en la implementación se traslapan con la validación del sistema de calidad (etapa 8), la cual debe ser asegurada (etapa 9) (Rincón, 2002).

2.6.1 Normas ISO

La Organización Internacional de Normalización (ISO) es la mayor organización desarrolladora a nivel mundial de la Normas Internacionales voluntarias. Las Normas internacionales establecen el estado del arte de las especificaciones de productos, servicios y buenas prácticas, ayudando a hacer que las empresas sean más eficientes.

Las normas son desarrolladas a través de un consenso global, con el fin de ayudar a eliminar las barreras al comercio internacional. ISO fue fundada en 1947, y desde entonces ha publicado más de 19 500 normas internacionales que abarcan casi todos los aspectos de la tecnología y los negocios (Icesi , 2021).

La familia de normas ISO 9000 está compuesta por varias normas que tienen como objetivo principal desarrollar los sistemas de gestión de calidad. Estas normas están en función de la búsqueda del mejoramiento continuo y aluden a los intereses que tienen las organizaciones en que sus bienes y servicios estén directamente relacionados con los requisitos que sus clientes manifiestan. La familia de normas ISO está conformada por: ISO 9000, ISO 9001, ISO 9004 e ISO 1901 (Icesi , 2021) .

2.7 Herramientas de ingeniería industrial

Dentro del campo de la ingeniería industrial se cuenta con técnicas que ayudan a los responsables y expertos a tomar las mejores decisiones en cuanto al rumbo y manejo de una empresa. Hoy en día se cuenta con herramientas avanzadas como softwares y equipos que facilitan aún más estas

tareas, sin embargo, es necesario dominarlas para poder emplearlas adecuadamente, así como interpretar correctamente los resultados. Algunas de ellas son descritas a continuación.

2.7.1 Análisis de Decisiones

Una de las funciones principales de los directivos, gerentes, jefes y consultores en las empresas, es la toma de decisiones, ya sean estratégicas o simplemente operativas, así como corregir desviaciones que puedan presentarse con respecto a los objetivos planteados. Muchas veces el proceso de toma de decisiones se efectúa de forma un tanto intuitiva, poco sistematizada. Mayormente, son los pequeños problemas cotidianos para los que se tienen soluciones efectivas, que requieren poco tiempo de análisis, pero, por otro lado, se encuentran los problemas complejos, donde se enfrentan situaciones nuevas, donde las decisiones podrían tener implicaciones a futuro. Es por esto, que determinadas problemáticas deben ser abordadas con la máxima firmeza y las decisiones a tomar deben ser analizadas concienzudamente.

Para lograr evaluar las soluciones primero se debe saber con qué se está lidiando, lo cual es el primer paso para la toma de decisiones. En términos gerenciales, una problemática, es la diferencia entre un escenario previsto o esperado y uno real que no coincide con lo esperado. De una correcta definición del problema equivale la mitad de la solución, por este motivo el diferencial entre la situación ideal y la real deberá ser descrito de forma clara y específica (Gan Bustos & Triginé Prats , 2012).

El siguiente paso es la selección de criterios. Los criterios son los objetivos a alcanzar, que se persiguen, que se buscan como una solución óptima, son la expresión de lo que se entiende como solución ideal. Se desea encontrar la solución que suponga la mejor relación entre todos los criterios, para lo cual es de suma importancia definir el valor que se otorga a cada uno de estos. Habrá algunos criterios cuyo cumplimiento sea más significativo, quizás incluso eliminatorio, y otros que serán menos cardinales. Las técnicas de decisión multicriterio introducen algunos métodos que ayudan a expresar los objetivos en forma de criterios y categorizar la importancia relativa que representan.

Por otra parte, los responsables dentro de la empresa que deben pronunciar los criterios deben ser seleccionados cautelosamente, ya que la importancia de las mismas sobre la decisión que se adopte

es decisiva. Un inconveniente adicional consiste en encontrar los atributos o características medibles que permitan valorar en qué grado las opciones satisfacen los criterios seleccionados.

Una vez concluido este paso, se procede a la búsqueda de soluciones u opciones. Las alternativas que podrían parecer más evidentes no son, en la mayoría de las ocasiones, las adecuadas. Incluso aquellas que en un principio no parecen viables merecen ser evaluadas con la mente abierta a las posibilidades. Muchas veces se corre el riesgo de que la solución óptima se encuentre entre aquellas que no se han analizado de primera, pero dicho riesgo se reduce considerablemente si se realiza un esfuerzo creativo en esta fase.

Después, la fase de análisis, en esta se analiza cada una de las posibles soluciones planteadas a la luz de los diferentes criterios. Se procede a medir los distintos atributos que permiten expresar el grado de satisfacción que cada alternativa alcanza para cada criterio. La diferenciación entre los criterios cuantitativos y los cualitativos establecerá una diferencia al momento de analizar cada uno de estos. Existen un gran número de técnicas y métodos aplicables a este proceso de evaluación, dadas las características del problema. Muchas de estas técnicas hacen uso de herramientas matemáticas y estadísticas.

Y aunque la respuesta obvia del último paso sería la toma de decisiones, no es así; una vez formalizado y analizado el problema de decisión, se requiere la participación de las personas designadas como los responsables de tomar decisiones. El análisis precedente es una ayuda considerable, pero no puede sustituir al ser humano en el acto de elegir finalmente. Hay que recordar y tener siempre muy presente las simplificaciones introducidas. La intuición es un mecanismo humano, no muy estudiado, que conviene afilar y saber usar con mesura y propiedad. (Carmona, 1998)

Finalmente, viene la ejecución y control de la decisión, ya que una vez elegida la ruta de acción a seguir, es necesario poner a disposición los recursos e instrumentos necesarios para realizarlo satisfactoriamente. La verificación y control al momento de la ejecución no sólo va a permitir mantenerse alerta ante desviaciones o sucesos no previstos y así reaccionar a tiempo, sino que brindará información y experiencia útil para tomas de decisión postreras relacionadas con la que se está estudiando.

Una vez concluido el proceso de decisión es importante hacer algunas aclaraciones. La primera de estas hace referencia a quienes intervienen en cada fase del proceso. Las fases más riesgosas son las de selección de criterios y la decisión final. En la primera de ellas conviene que estén correctamente representadas las personas responsables, que tengan algún tipo de implicación en la problemática. Es conveniente que, de una u otra manera durante el proceso de decisión, se implique a las personas que van a recibir las consecuencias de la alternativa que se seleccione al final del proyecto. Proceder de esta forma evitará que las decisiones tomadas se vean obstruidas o boicoteadas directa o indirectamente a la hora de su ejecución o puesta en práctica. En la fase de decisión final conviene implicar en mayor o menor grado a las personas con la más alta responsabilidad de acuerdo con la magnitud de la decisión y que finalmente juzgarán si ha sido buena o mala. El siguiente suceso pone de manifiesto la verdadera importancia de establecer una conexión entre la importancia de las decisiones y el nivel jerárquico en que se deben aprobar o ejecutar.

La segunda de las sugerencias a llevar a cabo se relaciona con la cuestión de hasta dónde profundizar en el estudio. La frase “a la parálisis por el análisis” hay que contrastarla con la de “a la catástrofe por la ausencia de análisis” o, en el mejor de los casos, a la ineficiencia y el desorden. Hay que encontrar un nivel de compromiso dictado por el sentido común a la hora de considerar la rentabilidad de los recursos a emplear en términos de mejoras conseguidas en los resultados a obtener de la toma de decisiones. En algunas ocasiones el tiempo consumido juega un papel especialmente relevante, porque a medida que éste transcurre los beneficios en juego van disminuyendo (Carmona, 1998) .

2.7.2 Simulación

Existen diversas definiciones de simulación, proporcionadas por diversos autores, entre ellas podemos encontrar las siguientes:

- Es la experimentación con una imitación simplificada (en una computadora) de un sistema de operaciones mientras sucede a través del tiempo, con el propósito de entender mejor y/o mejorar ese sistema (Robinson, 2004).
- Técnica numérica que permite conducir experimentos en una máquina computacional. Dichos experimentos abarcan ciertos tipos de interacciones matemáticas y lógicas, las

cuales son requeridas para exponer el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo (Naylor, 1966)

- Es una técnica numérica que permite realizar experimentos en un sistema computacional. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que detallan el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de determinados periodos de tiempo (Maisel & Gnugnoli, 1972).
- Simulación es el proceso de diseñar, desarrollar y modelar un sistema o proceso de forma computarizada y así, llevar a cabo experimentos con este modelo con el propósito de comprender el comportamiento del sistema real o evaluar alternativas con las cuales se puede operar el sistema (Shannon, 1975).

De acuerdo a todas esas definiciones, se puede decir que la simulación es una técnica que permite imitar un sistema real en un periodo de tiempo específico y representarlo en una computadora mediante el uso de softwares especializados, para su posterior análisis y mejoramiento.

2.7.3 Clasificación de los modelos de simulación

Los modelos de simulación presentan una amplia clasificación, dependiendo el enfoque en el que estén desarrollados. Así, entre los principales, se tiene (Ohnari, 1998):

- Modelos dinámicos y modelos estáticos.

Todos los fenómenos en la naturaleza cambian con el paso del tiempo. Para modelar fenómenos naturales, así como físicos, un modelo dinámico, que cambia a lo largo del tiempo, puede ser utilizado. La base de dichos modelos son las ecuaciones diferenciales.

El modelo que no considera el paso del tiempo es conocido como modelo estático. Los modelos estáticos son usados cuando se desea balancear las variables en lugar de comprender el comportamiento bajo algún estado. Las ecuaciones de balance de materia o energía y las ecuaciones algebraicas son las más representativas de este tipo de modelos.

- Modelos continuos y modelos discretos.

Los modelos continuos perciben que el sistema va cambiando continuamente, y representa el cambio en el sistema en pequeños intervalos de tiempo iguales.

Por otra parte, los modelos discretos, prestan atención a cualquier evento significativo ocurrido en el sistema, y representa al sistema conectando esos eventos juntos. El tiempo de simulación se muestra en intervalos irregulares de tiempo, en el cual ocurre cada uno de los eventos.

- Modelos determinísticos y modelos estocásticos.

El modelo determinístico es usado en una situación donde el resultado es establecido directamente por unas series de condiciones.

El modelo estocástico es utilizado donde la relación de causa-efecto está estocásticamente o aleatoriamente determinada. Los modelos determinísticos no contienen elementos estocásticos o aleatorios y la relación de los valores de entrada y salida está concluyentemente determinada. Los modelos dinámicos y estáticos se pueden encontrar dentro de este tipo de modelo.

El modelo estocástico presenta uno o más elementos estocásticos o aleatorios. Este modelo generalmente no se resuelve analíticamente. En el caso de su simulación, se generan números aleatorios por algún método. En este caso, la simulación debe repetirse varias veces cambiando los valores.

2.7.4 Ventajas y desventajas de la simulación

La simulación tiene múltiples ventajas, de acuerdo a (Banks, 1998), la simulación permite llevar a cabo cambios o añadir elementos sin necesidad de utilizar recursos para ello, es decir, no es necesario experimentar con la realidad, también se puede comprimir o expandir el tiempo de acuerdo a las necesidades del investigador, es posible examinar todo un sistema en cuestión de minutos. Con simulación, se puede dar explicación al comportamiento de ciertos fenómenos que ocurren en el sistema real mediante una examinación microscópica del sistema. De igual forma, es posible explorar posibilidades, se pueden realizar modificaciones en los procedimientos, maquinaria o políticas, sin necesidad de interrumpir o experimentar con el sistema real. Permite comprender mejor las interacciones entre las variables de los sistemas complejos, en donde no es posible dar un diagnóstico a priori. La simulación puede servir de entrenamiento a personal, para brindarles capacitación y experiencia sin necesidad de emplear el sistema real. Por último, con la

simulación se pueden identificar algunas restricciones como cuellos de botella o cualquier otra razón que esté retrasando la producción o generando alguna falla.

Así como se pueden nombrar un gran número de ventajas, la simulación también presenta algunas desventajas, por ejemplo: la construcción de los modelos de simulación requiere entrenamiento especial, por lo que no cualquiera los puede elaborar sin antes estar correctamente capacitado, aunado a esto, los resultados arrojados por la simulación pueden ser difíciles de interpretar, especialmente debido a la variabilidad en los valores de salida. Una de las mayores desventajas que impactan principalmente a la empresa son que la modelación puede consumir mucho tiempo en su elaboración y resultar costosa, en gran medida por el software y los recursos humanos utilizados. Otras desventajas son que puede ser utilizada inapropiadamente en casos donde una solución analítica podría ser más que suficiente y los resultados de la simulación son estimaciones por lo que no se pueden considerar exactos, y consecuentemente existirá variación entre lo real y lo modelado. Por último, si el modelo que se realiza no es representativo de la realidad, los resultados obtenidos no servirán.

Si bien es cierto que existen ciertas desventajas de utilizar la técnica de simulación, el avance de la tecnología y la constante capacitación por parte de los creadores de software de simulación, han logrado que impacten menos en el modelo.

2.7.5 Anylogic

Anylogic es un software de simulación con entorno multi método, donde permite la aplicación simultánea de modelado de eventos discretos, simulación basada en agentes y dinámica de sistemas. La mayoría de los casos del mundo real son demasiado complejos para modelarlos con un solo método y, a menudo, es conveniente describir diferentes partes de un sistema con diferentes enfoques de modelado. Una combinación de enfoques brinda la oportunidad de crear un modelo preciso y multifuncional de un sistema sin soluciones alternativas (AnyLogic Company , 2021).

La idea del modelado multi método es simple; ya que integrar a la perfección diferentes métodos de modelado y simulación para superar los inconvenientes de los enfoques individuales y aprovechar al máximo cada uno. La combinación de diferentes métodos conduce a modelos

eficientes y manejables, que a su vez permite que estos se adapten con mayor facilidad a todos los diversos casos de estudio.

Por su parte, el método de dinámica de sistemas asume un alto nivel de abstracción y se utiliza principalmente para problemas de nivel estratégico, como las tasas de adopción del mercado y la dependencia de los procesos sociales. El modelado de eventos discretos se utiliza principalmente a nivel operativo y táctico, como los procesos de fabricación y la evaluación de inversiones en equipos. Los modelos basados en agentes se utilizan en todos los niveles, y los agentes posiblemente sean cualquier entidad activa. Las aplicaciones de ejemplo incluyen la optimización de la cadena de suministro y la epidemiología (AnyLogic Company , 2021).

2.7.6 Dinámica de sistemas

La dinámica de sistemas hace referencia a la metodología para el estudio del comportamiento de sistemas mediante el desarrollo de un modelo de simulación que manifieste las interacciones entre la disposición del sistema y su comportamiento; para la mejor comprensión de este concepto, es necesaria la definición de las partes que lo componen. El término *sistema*, en este contexto, se usa para hacer referencia a un objeto de estudio conformado por un conjunto de partes entre las que se establece una relación de algún tipo, y que tiene características que lo distinguen o limitan de su entorno; y que puede o no mantener relación con él. Las partes de dicho sistema se caracterizan por atributos, de modo que las influencia entre las partes se convierten en relaciones entre los atributos (Aracil & Gordillo, 1997).

El objetivo primordial es llegar a comprender las causas estructurales que provocan tal comportamiento del modelo, esto implica conocer a fondo el comportamiento de cada uno de los elementos que lo componen; los cuales pueden generar cambios en las tendencias de comportamiento, aumentando o disminuyendo estas. De esta forma, esta técnica permite construir modelos después de un análisis minucioso de sus elementos, permitiendo extraer la lógica interna, así como las relaciones estructurales fundamentales del mismo (García, 2021).

La dinámica de sistemas es un método de modelado muy abstracto. Ignora los detalles finos de un sistema, como las propiedades individuales de personas, productos o eventos, y produce una representación general de un sistema complejo. Estos modelos abstractos de simulación se pueden

utilizar para modelado y simulación estratégicos a largo plazo. Se basa en el uso de diagramas causales y bucles de retroalimentación, los cuales describen las relaciones complejas en todas las áreas del modelo (AnyLogic Company , 2021).

Los diagramas causales son utilizados para representar las relaciones causa-efecto entre los elementos de un modelo. Como ejemplo, si se tienen dos nodos A y B conectados por una arista, indicará que si en A se produce un cambio este afectará a B, para indicar el modo en que un cambio en A afecta a B se suele etiquetar a la arista que los conecta con un símbolo positivo o negativo. Se utiliza un símbolo positivo siempre que se indique que un cambio en A afecta en el mismo sentido a B; es decir, si se aumenta A, entonces también B aumentará, o si A disminuye, entonces también B disminuirá. Si, por el contrario los cambios en A afectan de forma inversa a la evolución de B, la arista se etiqueta con símbolo negativo (Tuya, Ramos Román , & Dolado Cosin, 2007). Un ejemplo de un diagrama causal se muestra en la Fig. 15.

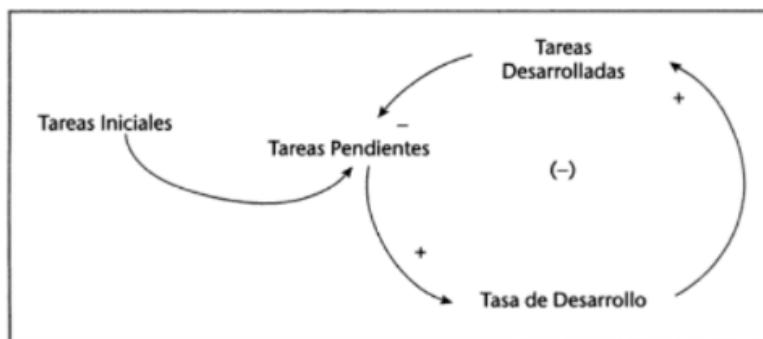


Figura 15. Ejemplo diagrama de flujo. Fuente (Tuya, Ramos, & Dolado,2007)

Por su parte, una secuencia cerrada de relaciones causa-efecto se denomina bucle o lazo de retroalimentación. Al igual que los diagramas causales, los bucles también pueden tener un signo. Este signo viene dado por el producto algebraico de los signos de todas las relaciones causa-efecto que intervienen en él, este signo determina el comportamiento temporal de las variables del mismo (Tuya, Ramos Román , & Dolado Cosin, 2007). En la Fig. 15 al centro del diagrama se observa un signo negativo entre paréntesis, es este el que hace referencia al bucle de retroalimentación.

2.7.7 Simulación de eventos discretos

Cuando el sistema a analizar puede describirse naturalmente como una secuencia de operaciones, se recomienda el uso de técnicas de modelado de eventos discretos. La simulación de eventos

discretos se centra en los procesos de un sistema a un nivel medio de abstracción. Generalmente, los detalles físicos específicos, no están representados. El modelado de simulación de eventos discretos se usa ampliamente en los campos de fabricación, logística y atención médica (AnyLogic Company , 2021).

El valor de las variables en los modelos de tiempo discreto o eventos discretos solo puede cambiar en momentos específicos, lo que implica que permanecen constantes la otra parte del tiempo. Cuando el modelo tiene un número finito de estados y las entradas pueden tomar un número finito de posibles valores, el comportamiento se especifica mediante una transición de estados. En estas se describen todas las posibles combinaciones de valores de los estados y las entradas. Una forma general de representar el comportamiento de un modelo discreto, es indicando su función de transición de estado y la de salida. Estas funciones permiten calcular la trayectoria del estado n a la trayectoria de salida n , conociendo el estado inicial del modelo y la trayectoria de entrada (Moraleda & Villalba, 2013).

2.7.8 Modelado basado en agentes

El modelado basado en agentes se centra en los componentes activos individuales de un sistema. Esto contrasta tanto con el enfoque de dinámica de sistemas más abstracto como con el método de eventos discretos centrado en el proceso. Con el modelado basado en agentes, las entidades activas, conocidas como agentes, deben identificarse y definirse su comportamiento. Pueden ser personas, hogares, vehículos, equipos, productos o empresas, lo que sea relevante para el sistema. Se establecen conexiones entre ellos, se establecen variables ambientales y se ejecutan simulaciones. La dinámica global del sistema surge entonces de las interacciones de los muchos comportamientos individuales (UNAL, 2020) (AnyLogic Company , 2021).

Un agente es una entidad computacional con inteligencia artificial, capaz de tener interfaces que le permiten interactuar con su medio con otros agentes; es capaz de buscar y concretar ciertos objetivos, “recordar” y usar sus capacidades cognitivas para discernir, tomar decisiones, “sobrevivir” y prosperar. Los modelos basados en agentes son capaces de simular poblaciones heterogéneas y no requiere conocer los patrones globales que resultan del comportamiento individual. En conclusión, estos modelos pueden proveer resultados más detallados tanto a un nivel individual como a un nivel global, dado que opera modelando a cada individuo y sus decisiones,

por lo que es examinar la historia y vida de cada individuo en el modelo, o bien es posible examinar a los individuos agregados como un colectivo (Ontiveros & Posada, 2018).

2.8 Conclusiones

La estandarización de procesos mediante la implementación de normas nacionales e internacionales, permite a las empresas controlar adecuadamente sus procesos, además de esto, mejorar sus índices de desempeño, ocupación del personal, manejo y control de materias primas, distribución, ventas y recolección de productos finales, entre otras. Las herramientas proporcionadas por dichas normas para la creación e implementación del SGC funcionan como base de, sin embargo no se limitan y deben ser sustentadas con la ayuda de otras de acuerdo al giro de la empresa, además de ser adecuadas para cada proceso e institución en particular.

Por su parte, la simulación ha demostrado ser flexible para modelar muy diversos procesos en diferentes industrias, aunado a eso, la versatilidad de los softwares que cada día ofrecen versiones más completas, que incorporan nuevas técnicas y herramientas que permiten representar los sistemas fielmente, agregando un número de variables más extenso haciendo que los resultados sean, a su vez, más completos y comprensibles.

Capítulo 3. Diseño y aplicación del SGC

3.1 Introducción

En este capítulo se detalla el proceso de delimitación y análisis del sistema actual; desarrollo, aplicación, verificación y validación del sistema de gestión de calidad puesto en marcha en la planta de alimentos a lo largo del periodo abril-junio 2021; respaldado por las debidas normativas nacionales e internacionales que se describen como marco de referencia. Las herramientas provistas para el control de los procesos, que forman parte del SGC y del manual de calidad; así como los resultados obtenidos a lo largo del estudio dentro de las diversas áreas que confirman la PAC, haciendo las comparativas correspondientes al sistema al inicio del mismo contra los cambios implementados.

3.2 Normativas de referencia

Para el desarrollo del proyecto se toman como base algunas de las normativas vigentes tanto de la familia ISO, como de las Normativas Oficiales Mexicanas (NOM), el uso de cada una de estas, respecto a las actividades pertinentes se describe a continuación. El proyecto se sustenta más no se limita al uso de estas.

(ISO 9000,2015) Sistemas de gestión de la calidad-Fundamentos y vocabulario; en el capítulo 1 de dicha norma “Objeto y campo de aplicación” se menciona lo siguiente:

Esta Norma Internacional describe los conceptos y principios fundamentales de la gestión de la calidad que son universalmente aplicables a:

- Las organizaciones que buscan el éxito sostenido por medio de la implementación de un sistema de gestión de calidad;
- Las organizaciones y partes interesadas que buscan mejorar la comunicación mediante el entendimiento común del vocabulario utilizado en la gestión de la calidad;

Esta norma internacional especifica los términos y definiciones que se aplican a todas las normas de gestión de calidad y sistemas de gestión de calidad desarrolladas por el Comité Técnico ISO/TC 176.

La aplicación de la normativa (ISO 9001,2015) Sistemas de gestión de calidad-Requerimientos, se fundamenta en lo descrito por su capítulo 1. Objeto y campo de aplicación como se muestra a continuación.

Esta Norma Internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad cuando una organización:

- a) necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables, y
- b) aspira a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.

Todos los requisitos de esta Norma Internacional son genéricos y se pretende que sean aplicables a todas las organizaciones, sin importar su tipo o tamaño, o los productos y servicios suministrados.

En el caso de la norma (ISO 22000,2018) Sistemas de administración de la inocuidad/seguridad de los alimentos-Requerimientos para cualquier organización en la cadena alimentaria, se toman como referencia algunos de sus capítulos y numerales para conformar el SGC, sin embargo, no se plantea la implementación de un sistema de administración de la inocuidad de los alimentos (SAIA), ya que no forma parte del proyecto, no obstante, se respalda su aplicación en el capítulo 1. Alcance, de la misma, que expone lo siguiente:

Todos los requerimientos de este documento son genéricos y se prevé que sean aplicables a todas las organizaciones de la cadena alimentaria, sin importar su tamaño o complejidad.

Este documento permite a cualquier organización, incluidas las pequeñas y/o menos desarrolladas (por ejemplo, una granja pequeña, un envasador-distribuidor pequeño, un minorista pequeño o venta de servicio de alimentos) implementar elementos desarrollados externamente en su SAIA. Los recursos internos y/o externos se pueden utilizar para cumplir los requerimientos de este documento.

Por último, más no se excluye el uso de otras normativas en caso de ser necesario posteriormente, la normativa mexicana (NOM-251-SSA1,2009), Prácticas de higiene para el proceso de alimentos,

bebidas o suplementos alimenticios, que indica en su capítulo 1. Objetivo y campo de aplicación, en sus numerales 1.1 y 1.2 que:

1.1 Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos mínimos de buenas prácticas de higiene que deben observarse en el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios y sus materias primas a fin de evitar su contaminación a lo largo de su proceso.

1.2 Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para las personas físicas o morales que se dedican al proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios, destinados a los consumidores en territorio nacional.

Considerando que uno de los objetivos principales de este proyecto es establecer las bases para, posteriormente, conseguir las acreditaciones correspondientes.

3.3 Planeación y organización

Para la creación del SGC se definió como área de aplicación solo a las actividades y procesos internos de la PAC, no se considera proveedores de materias primas ni reparto de productos terminados, ya que, en gran parte, estos son independientes de la misma o dependen de otras áreas que podrían dificultar la aplicación. Todo esto de acuerdo a la normativa (ISO 9001,2015) sección 4.3 Determinación del alcance del sistema de gestión de la calidad. Donde se expone que:

La organización debe determinar los límites y la aplicabilidad del sistema de gestión de la calidad para establecer su alcance. Cuando se determina este alcance, la organización debe considerar:

- a) las cuestiones externas e internas [La organización debe determinar las cuestiones externas e internas que son pertinentes para su propósito y su dirección estratégica, y que afectan a su capacidad para lograr los resultados previstos de su sistema de gestión de la calidad. La organización debe realizar el seguimiento y la revisión de la información sobre estas cuestiones externas e internas.];
- b) los requisitos de las partes interesadas pertinentes [los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables];
- c) los productos y servicios de la organización.

Una vez delimitado el sistema, se debe proceder de acuerdo a lo establecido en las normativas de referencia, trabajando en conjunto con personal administrativo y de proceso, para, de esta forma lograr que la implementación sea de la forma más sencilla posible, ya que no se cuenta con ningún antecedente de un sistema de control y los trabajadores no se encuentran capacitados en el mismo. Uno de los retos que se plantea es la falta de tiempo para tener capacitaciones en forma, ya que el personal tiene múltiples tareas durante todo el turno y este tipo de actividades comprometen la producción diaria. Es por esto, que para que la implementación del sistema sea exitosa, se programa ir añadiendo elementos gradualmente, de forma que el personal se habitúe a la documentación de las actividades, y si es necesario hacer modificaciones que faciliten la misma. Además de esto, una reunión mensual donde se muestren los resultados obtenidos y se produzca un dialogo que ayude a mejorar el SGC. La capacitación del personal se fundamenta en la normativa (ISO 9001,2015) sección 7.2 Competencias; dónde se indica que:

La organización debe:

- a) determinar la competencia necesaria de las personas que realizan, bajo su control, un trabajo que afecta al desempeño y eficacia del sistema de gestión de la calidad;
- b) asegurarse de que estas personas sean competentes, basándose en la educación, formación o experiencia apropiadas;
- c) cuando sea aplicable, tomar acciones para adquirir la competencia necesaria y evaluar la eficacia de las acciones tomadas;
- d) conservar la información documentada apropiada como evidencia de la competencia.

NOTA: Las acciones aplicables pueden incluir, por ejemplo, la formación, la tutoría o la reasignación de las personas empleadas actualmente; o la contratación o subcontratación de personas competentes.

También es de considerar el continuo cambio en las decisiones administrativas, ya que constantemente se realiza un análisis de la producción, ventas y devoluciones, y se toman decisiones de forma empírica, basadas en la experiencia de la jefa de la planta, lo cual representa incertidumbre en ellas. Esto a su vez, dificulta el análisis del sistema, y debe ser considerado como oscilación del proceso productivo. Este tipo de toma de decisiones es no conforme con lo

estipulado en la normativa (ISO 9000,2015) la cual establece en el numeral 2.3.6 Toma de decisiones basadas en evidencias, que:

2.3.6.1 Declaración

Las decisiones basadas en el análisis y la evaluación de datos e información tienen mayor probabilidad de producir resultados deseados.

2.3.6.2 Base racional

La toma de decisiones puede ser un proceso complejo y siempre implica cierta incertidumbre. Con frecuencia implica múltiples tipos y fuentes de entradas, así como su interpretación, que puede ser subjetiva. Es importante entender las relaciones de causa y efecto y las consecuencias potenciales no previstas. El análisis de los hechos, las evidencias y los datos conduce a una mayor objetividad y confianza en la toma de decisiones.

3.3.1 Recursos disponibles

Dentro de todo estudio o mejora de un proceso es necesario contar con ciertos recursos que permitan y faciliten la realización del mismo; de acuerdo a (ISO 9001,2015) sección 4.4.1 inciso d) La organización debe: determinar los recursos necesarios para estos procesos y asegurarse de su disponibilidad, considerando en este caso que algunos de estos no son proporcionados por parte de la organización. En el desarrollo de dicho proyecto, se cuenta con los siguientes:

- Recursos Económicos: Todos los gastos serán asumidos por el investigador, se consideran que son gastos asociados al transporte, así como algunos recursos que faciliten al personal la implementación del SGC.
- Recursos Humanos: Dentro de estos se encuentra, el investigador, el asesor del proyecto, el jefe de planta, auxiliar administrativo y los responsables del proceso productivo.
- Recursos Bibliográficos: Se compone de toda la información tomada de libros, artículos, normas (ISO y NOM), documentos internos, entre otros.
- Recursos Tecnológicos: Se cuenta con una computadora propia para la documentación, corrección, toma de datos, simulación y optimización, con los softwares y licencias respectivas.

3.3.2 Análisis del sistema actual

El sistema actual no se encuentra controlado, ya que no se cuenta con ningún tipo de documentación de los procesos. La PAC ha ido creciendo y evolucionando sin estandarizar sus procesos o cumplir con las normativas vigentes sobre la gestión de los mismos. La rotación del personal es poca, sin embargo, es necesario contar con un plan de capacitación para el personal nuevo, ya que se pretende aumentar la producción y con esto, la mano de obra.

Las actividades, por la naturaleza del producto, son simples, y el personal las realiza de forma instintiva sin embargo por la forma o el orden en que se desempeñan pueden conllevar tiempos muertos o cuellos de botella. En cuanto a cambios dentro de la distribución de espacios, así como del personal se da de acuerdo a las necesidades diarias.

La documentación no se lleva a cabo de forma trazable, ni se tiene disponible en caso de ser requerida, ya que por lo general es desechada al final del día. Las auditorías internas se encargan únicamente de evaluar la entrada y salida de las materias primas, así como productos terminados, devoluciones y merma en términos contables. Sin, embargo no llevan a cabo auditorías de control de calidad, de las instalaciones, materiales, equipos, personal ni de las reclamaciones por parte de los clientes.

Se consulta la normativa y se destacan algunos puntos importantes que sustentan el desarrollo y aplicación de las herramientas planteadas en el SGC. De lo encontrado en la normativa (ISO 9001,2015) sección 4.4.2 señala que “En la medida en que sea necesario, la organización debe: a) mantener [la] información documentada para apoyar la operación de sus procesos; b) conservar [la] información documentada para tener la confianza de que los procesos se realizan según lo planificado.”

De acuerdo a (ISO 22000,2018) sección 4.4 Sistema de inocuidad de los alimentos (SAIA) “La organización debe establecer, implementar, mantener, actualizar y mejorar continuamente un SAIA, incluyendo los procesos necesarios y sus interacciones, de acuerdo con los requerimientos de este documento”.

Como se menciona en capítulos anteriores, la PAC no cuenta con un SAIA bien establecido y tampoco es el objetivo del proyecto implementar uno, sin embargo, se cuenta con algunas medidas previas al proyecto y se proponen mejoras que promueven la aplicación adecuada del mismo.

3.4 Diseño del SGC

3.4.1 Documentación del proceso

Mediante observación del proceso, entrevistas con los responsables de producción y en colaboración con el personal administrativo, se documentaron las actividades principales, de forma que estas pudieran estandarizarse, y formen parte de la capacitación del personal nuevo. Además, se provee a la PAC de procedimientos donde se describen paso a paso cada una de las actividades, así como formatos que mejoren la trazabilidad y control de las mismas. Todos los procedimientos y formatos creados se encuentran basados, más no se limitan, en las políticas estipuladas por las normativas vigentes (ISO 9000,2015), (ISO 9001,2015); e ISO (22000,2018).

Cada uno de los procedimientos creados, así como los formularios de apoyo, deben cumplir con lo estipulado en el numeral 7.5.2 Creación y actualización de la norma (ISO 9001,2015), donde se establece que al crear o actualizar información documentada debe garantizarse que se encuentran debidamente identificados y descritos, es decir que cuenten, por ejemplo, con título, fecha, autor, numero de referencia; formato, es decir, idioma, versión del software, en caso que aplique y los medios de soporte (papel, electrónico); y por último, la revisión y aprobación con respecto a la conveniencia y adecuación.

3.4.2 Compra y recepción de materias primas

La compra de la mayoría de las materias primas varía de acuerdo a las necesidades de los productos, exceptuando la variedad de panes, de los cuales se recibe diariamente un lote de acuerdo a la producción establecida. Debido a la naturaleza de los materiales, alimentos perecederos, se debe llevar un control de adecuado, para evitar que estos expiren o se encuentren en mal estado. Se encontró que uno de los problemas es la trazabilidad de los mismos, ya que en ocasiones no se tiene el control de las personas que los reciben y por ende de su almacenamiento. Lo cual, a su vez, evita que se dé seguimiento a las reclamaciones. Otra de las consecuencias de la falta de control de las MP, es cuando se requieren el mismo día, ya que no se hizo el pedido el día correspondiente y el proveedor no la puede surtir, en estos casos, debe buscarse en una tienda cercana, lo que implica tiempos muertos y cuellos de botella.

Para los materiales no perecederos se lleva el mismo proceso, ya que se realiza el pedido cuando se tiene poco material, incluso en algunas ocasiones, cuando se termina; como es el caso de las

charolas para nachos. En cuanto a los proveedores, no se tiene un registro para evaluar el cumplimiento, y las reclamaciones las lleva a cabo directamente la jefa de la PAC. El flujo de proceso no se encontraba definido, por lo que se creó como parte del SGC, se añade en el procedimiento interno correspondiente; y se muestra en la Fig. 16

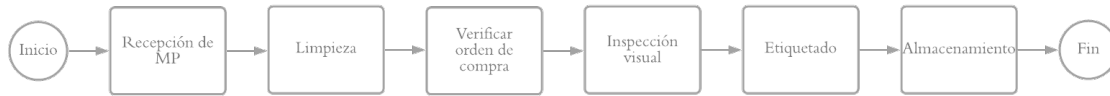


Figura 16. Flujo de proceso para la compra y recepción de materias primas

Este proceso está compuesto por 6 pasos por los cuales debe pasar cada una de las materias primas que se reciben en la PAC. Se cuenta con un área específica por donde ingresan los proveedores, estos dejan las MP en la zona designada, el responsable de su recepción lleva a cabo un procedimiento de limpieza y la inspección visual, donde a su vez se verifica la fecha de caducidad en los productos que aplique. Se fundamenta esta actividad en la normativa (NOM-251-SSA1,2009), numeral 5.6.7, Tabla 1: Características de aceptación o rechazo; parte de la cual se muestra en la Tabla , de acuerdo a las materias primas pertinentes a los productos de la PAC.

Capítulo 3. Diseño y aplicación del SGC

Tabla 1. Características para la aceptación o rechazo (De materias primas)

Materia prima/ Parámetro	Aceptación	Rechazo
Enlatadas		
Latas	Íntegras	Abombadas, oxidadas, con fuga, abolladas en costura y/o engargolado o en cualquier parte del cuerpo, cuando presente abolladura en ángulo pronunciado o la abolladura sea mayor de 1,5 cm de diámetro en presentaciones inferiores a 1 kg, en presentaciones mayores de 1 kg la abolladura deberá ser mayor a 2,5 cm de diámetro
Refrigeradas		
Temperatura	4°C o menos, excepto los productos de la pesca vivos, que pueden aceptarse a 7°C	Mayor de 4°C, excepto los productos de la pesca vivos, que pueden aceptarse a 7°C
Productos de origen vegetal		
Apariencia	Fresca	Con moho, coloración extraña, magulladuras
Olor	Característico	Putrefacción
Carnes frescas		
Color		
Res	Rojo brillante	Verdosa o café oscuro, descolorida en el tejido elástico
Cordero	Rojo brillante	
Cerdo	Rosa pálido	
Grasa de origen animal	Blanca o ligeramente amarilla	
Textura	Firme y elástica	Viscosa, pegajosa
Olor	Característico	Putrefacto, agrio
Aves		
Color	Característico	Verdosa, amoratada o con diferentes coloraciones
Textura	Firme	Blanda y pegajosa bajo las olas o la piel
Olor	Característico	Putrefacto o rancio
Leche y derivados	A base de leche pasteurizada	Que proceda de la leche sin pasteurizar
Quesos		
Olor, color, textura	Característico	Con manchas no propias del queso, partículas extrañas o contaminado con hongos en productos que no fueron inoculados
Huevo fresco		
	Limpios y con cascara entero	Cascarón quebrado o manchado con excremento o sangre
Granos, harinas, productos de panificación, tortillas y otros productos secos		
Apariencia	Sin mohos y con coloración característica	Con mohos o coloración ajena al producto o con infestaciones

Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios, sección 5.6.7

Si las MP cumplen con estas características, el responsable auxiliar verifica la orden de compra y la compara con los insumos físicos, una vez se ha verificado esto, el responsable de recepción etiqueta cada una de ellas para posteriormente ser almacenadas. Dentro de este flujo se agrega un paso esencial para el control de las MP; el etiquetado. Sustentando en el numeral 5.6.9 de la (NOM-251-SSA1,2009) que cita: “Las materias primas, alimentos, bebidas o suplementos alimenticios, deben almacenarse de acuerdo a su naturaleza e identificarse de manera tal que se permita aplicar un sistema de PEPS.”

Este paso se describe a detalle dentro del procedimiento específico de la actividad. De la misma forma, se crearon tres formatos de soporte para este proceso. Los cuales son anexados en el documento correspondiente y por confidencialidad de la empresa no se muestran dentro de este trabajo.

3.4.3 Producción

El plan de producción se carga el mismo día, sin embargo, a lo largo del día se realizan correcciones y modificaciones tanto de las órdenes de producción, como de las de picking, debido a los pedidos extemporáneos, transferencias, entre otras; por lo que en ocasiones se pierde el seguimiento de las mismas. Estas actividades son conocidas y reconocidas por el personal administrativo, sin embargo, no están reguladas en caso de que un nuevo integrante ingrese en la planta o se realice una inspección de las órdenes.

En este caso se crearon procedimientos bien detallados para cada una de las áreas de producción, donde se describen las actividades que implica cada variedad de productos, así como las responsabilidades de cada puesto; además de formatos que permitan sustentar y trazar adecuadamente la actividad. Dentro de estos formatos se incluye una sección destinada a la calidad de los productos, estado de los ingredientes y limpieza de áreas y equipos, de acuerdo a la normativa (ISO 22000,2018), la segunda sección se compone de datos sobre cantidades de producción y tiempos de las mismas, por producto; por último una sección de notas donde se agregan cambios y modificaciones de las cantidades de producción o en caso de ser necesario, algunas anotaciones sobre eventos extraordinarios que puedan modificar los tiempos de producción, esto con el fin de que cualquier empleado sea capaz de interpretar dichas órdenes.

3.4.4 Picking

Esta actividad no se encuentra regulada específicamente por las normativas consultadas, de esta forma, se considera únicamente la parte documental, que permita trazar la cantidad de producto enviado a cada tienda y el tiempo que toma cada trabajador en realizar dicha actividad. Para esto, se cuenta con dos personas responsables, la primera del picking correspondiente a la zona de Orizaba, y la segunda a la zona de Córdoba. Dentro del formato creado para esta actividad se consideró que cumpliera con los requerimientos de documentación, por lo que se trabajó con el formato que se encontraba en uso y se realizaron cambios, se agregó un espacio donde se puede documentar la hora de inicio y de término, así como una casilla por cada tienda donde se debe indicar que se ha completado la orden, con el fin de no tener errores al momento de colocar los diversos productos en las taras correspondientes.

Además de esto, se observó que el formato con el que se trabajaba requería de, aproximadamente, quince minutos para ser creado, además que el proceso era totalmente manual, y dependía de recordar el orden preciso en que debía ser colocado; por lo que se decidió mejorarlo y que éste quedara semi-automatizado, de forma que el tiempo en su creación se redujo a 5 minutos, y puede ser utilizado por cualquier colaborador capacitado en su uso.

3.4.5 Devoluciones y merma

La actividad de recolección de devoluciones y merma no se encuentra delimitada dentro del proceso de creación del SGC, sin embargo, la información de la misma será utilizada para el desarrollo del modelo de simulación, por lo que de igual manera de trabajo con el formato para descarga. Éste no forma parte del manual de control de calidad ni se encuentra registrado entre los formatos vigentes, únicamente es de uso interno y para propósitos del proyecto.

Dentro de este formato, se documentan tres tipos de merma, la primera se denomina como “recibida” la cuál es directamente la correspondiente a la entregada por las tiendas al personal de recolección y, posteriormente entregada al personal de caseta, quien se encarga de exhibirla para venta al personal interno, esto con un precio de devolución, el cual es menor al de venta durante un día seguido al de recolección, la segunda categoría es “donada” donde se documentan aquellos

productos que al final del día en que se exhiben para venta interna, se donan, si es posible, al personal que así lo desee. Por último, dentro de la categoría de “mermada” entran aquellos productos que no pudieron ser vendidos o donados después de su recolección y de los cuales se dispone de acuerdo a las políticas de la PAC.

3.5 Aplicación del SGC

Una vez autorizados los procedimientos y formatos por la jefa de la planta, se capacitó al personal en su uso, y se comenzó un periodo de prueba, durante el cual, se fueron haciendo mejoras en los formatos, correcciones en la documentación de las actividades y el personal desarrolló el hábito de llevar un control de sus actividades. Durante este tiempo, no fue posible recolectar los datos referentes a tiempos de producción debido a la falta de práctica por parte de los responsables, sin embargo, en el mes posterior a su implementación se observó una notable mejoría ya que cada vez eran más precisos y constantes. De esta forma, al término del segundo periodo de implementación se obtuvieron resultados más consistentes en relación con el primero. Al final de este segundo periodo se tuvo una reunión mensual, durante la cual se alentó a los trabajadores a mejorar el proceso documental y se reiteró la importancia del SGC como parte de la capacitación continua.

Para el tercer periodo se tuvo una recaída en la aplicación de SGC, esta vez por parte del personal administrativo, ya que en algunas ocasiones no se le proporcionaba al personal los formularios respectivos. En otras ocasiones, la carga de trabajo impedía o retrasaba las actividades y la documentación se dejaba incompleta. Para corregir estas situaciones, se realizaron modificaciones en los formatos y se capacitó nuevamente al personal administrativo en el uso de estos.

En el caso del cuarto periodo, se observa un mayor nivel de compromiso; en su mayoría se encuentran habituados en el proceso documental, e incluso el nuevo colaborador se familiarizó con el SGC prontamente. Durante este mismo, se hizo un cambio del auxiliar administrativo, lo que conllevó una nueva capacitación y algunos contratiempos menores con el flujo de información.

3.5.1 Declaración nutrimental complementaria NOM-051

Como parte de la modificación a la normativa vigente para el empaquetado y venta de alimentos en México NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos

y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria, publicada el 5 de abril de 2010, se ha integrado el uso de diversos sellos que permiten identificar eficientemente el contenido de ingredientes añadidos como azúcares libres, grasas o sodio, así como cuando estos rebasan los límites de los perfiles nutrimentales establecidos.

Este apartado se basa en la aplicación de los parámetros de la tabla de perfiles nutrimentales para la declaración nutricional complementaria incluida dentro de la NOM-051 (Fig. 17)

	Energía	Azúcares	Grasas saturadas	Grasas trans	Sodio
Sólidos en 100 g de producto	≥ 275 kcal totales	≥ 10 % del total de energía proveniente de azúcares libres	≥ 10 % del total de energía proveniente de grasas saturadas	≥ 1 % del total de energía proveniente de grasas trans	≥ 1 mg de sodio por kcal o ≥ 300 mg
Líquidos en 100 mL de producto	≥ 70 kcal totales o ≥ 8 kcal de azúcares libres				Bebidas sin calorías: ≥ 45 mg de sodio
Leyenda a usar	EXCESO CALORÍAS	EXCESO AZÚCARES	EXCESO GRASAS SATURADAS	EXCESO GRASAS TRANS	EXCESO SODIO

Figura 17. Perfiles nutrimentales para la declaración nutricional complementaria (NOM-051, 2020)

Donde a cada uno de los parámetros se les asigna un sello representativo como se muestra en la Fig. 18. Sistema de etiquetado frontal. Información nutricional complementaria. NOM-051.



Figura 18. Sistema de etiquetado frontal. Información nutricional complementaria. NOM-051

Para los productos cuya superficie principal de exhibición sea ≤ 40 cm² sólo deben incluir un sello con el número que corresponda a la cantidad de nutrimentos que cumplen con el perfil establecido en la Fig. 17. como se muestra en la Fig. 19.



Figura 19. Sistema de etiquetado frontal. Información nutrimental complementaria para productos de una superficie < 40cm². NOM-051

Usando como base esta modificación se creó una base de datos de las materias primas alimentarias utilizadas en los productos de la PAC, siendo esta de un total de 45 ingredientes, donde se detalla la información nutrimental de cada uno de ellos. Los parámetros considerados se enlistan a continuación.

- Carbohidratos (100 g)
- Proteína (100 gr)
- Grasa (100 gr)
- Calorías (100g)
- Azúcares (100 gr)
- Grasas saturadas (100 gr)
- Grasas trans (100 gr)
- Sodio (100 gr)
- Energía kJ (100 gr)
- Fibra (100 gr)

Con esta información se realiza el cálculo de los mismos, pero esta vez por porción, de acuerdo a las recetas vigentes, lo que da como resultado el contenido total por producto, así como la leyenda que se debe incluir. El ejemplo del cálculo de uno de ellos como ejemplo se muestra en la Fig. 20. dónde en la primera columna se muestra el número del ingrediente, y sucesivamente el nombre, el tamaño de la porción de acuerdo con la receta en gramos (la cuál es una columna editable), el contenido de carbohidratos en una porción de 100 gramos, el cálculo del contenido de carbohidratos de acuerdo con la porción de la receta, el contenido de proteína, de grasas y así sucesivamente con cada uno de los ingredientes, así como los parámetros requeridos por la norma.

#	Ingrediente	Porción (gr)	Carbohidratos (100 g)	Carbohidratos (Por porción)	Proteína (100 gr)	Proteína (Por porción)	Grasa (100 gr)	Grasa (Por porción)
1	Aceite de oliva	0	0	0	0	0	100	0
2	Azucar std	0.026	99.98	0.0259948	0	0	0	0

Figura 20. Ejemplo "Plantilla de información nutricional complementaria"

Después de ingresar la totalidad de los ingredientes por receta, se realiza el cálculo automático del contenido de todos los parámetros y a manera de que se facilite la comprensión de los valores se muestran en una tabla los sellos correspondientes, así como la información nutricional por porción, como se muestra en la Fig.21, dónde NA (No aplica) indica que el producto final no tiene, en este caso, exceso de azúcares ni grasas saturadas; mientras que si contiene exceso de sodio y de calorías.

Etiquetado frontal				
	Energía	Azúcares	Grasas saturadas	Sodio
En 100 g de producto sólido	Exceso de calorías	NA	NA	Exceso de sodio

Información nutricional por porción	
Tamaño de la porción (gr)	140.626
Carbohidratos	56.0281148
Proteínas	14.07514
Grasas	15.51496
Calorías	422.78862
Azúcares	4.4073366
Grasas saturadas	3.740642
Grasas trans	0
Sodio	0.98443
Energía	1767.25094
Fibra	3.0678

Figura 21. Resumen de resultados para etiquetado frontal de la NOM-051

El funcionamiento de la plantilla se evaluó y verificó en colaboración con la jefa de la planta, y se deja a su disposición durante el primer periodo de aplicación del SGC como parte del mismo.

3.5.2 Resultados preliminares

Como se mencionó anteriormente, se dividió el estudio en 4 periodos, siendo descartado el primero. El segundo es el comprendido del 1 al 30 de abril, el tercero del 1 al 30 de mayo y el cuarto del 1 al 30 de junio. Al termino de cada uno de estos periodos se realizó una reunión de resultados, donde se mostró a todos los implicados los avances, se dio retroalimentación y se tomaron decisiones de cambio, todo esto, de acuerdo a lo considerado por la jefa de la planta. A continuación, se muestra una parte de estos mismos, ya que por temas de confidencialidad no se incorporan en este trabajo.

Dentro de la planta se cuenta con 12 colaboradores, entre personal de proceso y administrativo, a cada uno se le asigna una abreviatura con la cual serán identificados a lo largo del proyecto (Tabla 2).

Tabla 2. Descripción de puesto personal PAC

Colaborador	Abreviatura	Puesto
1	AOL	Jefa de la PAC
2	BBA	Auxiliar administrativo
3	JA0	Responsable “Barra fría”
4	TMA	Responsable “Pambazo”
5	MHP	Responsable “Gelatina”
6	JCD	Responsable “Panadería”
7	JAB	Auxiliar cocina
8	MCTC	Auxiliar cocina
9	CC	Responsable “Nachos”
10	BBJ	Auxiliar cocina
11	IOO	Responsable ruta “Córdoba”
12	ASD	Responsable ruta “Orizaba”

Fuente: Creación propia

Por temas de la pandemia, el registro de entradas y salidas del personal se documenta en un formato provisional interno, sin embargo, al realizar el análisis del este primer mes se observó que en su mayoría, los empleados no registraban la hora de salida, lo cual representa una pérdida de información. De igual forma, se encontró que la colaboradora TAM es quien tiene el registro más completo entre los 12 colaboradores, por lo que usa como referencia para el análisis de los tiempos en turno. Se debe acotar que esta medida no es representativa, y se usa solo como un indicativo en

los tres periodos de estudio. Este parámetro se muestra en la Tabla 3. Tiempo en turno TMA abril 2021.

Tabla 3. Tiempo en turno TAM, abril 2021

Colaborador: TMA			
Fecha	Entrada	Salida	Tiempo en turno
01/04/2021	06:49:00	17:47:00	10:58:00
02/04/2021	06:48:00	16:35:00	09:47:00
04/04/2021	07:41:00	18:46:00	11:05:00
05/04/2021	06:48:00	16:17:00	09:29:00
06/04/2021	06:46:00	18:30:00	11:44:00
07/04/2021	06:49:00	17:31:00	10:42:00
08/04/2021	08:48:00	16:02:00	07:14:00
09/04/2021	06:48:00	16:53:00	10:05:00
11/04/2021	08:00:00	18:37:00	10:37:00
12/04/2021	06:50:00	17:05:00	10:15:00
13/04/2021	06:49:00	17:17:00	10:28:00
14/04/2021	06:49:00	17:48:00	10:59:00
15/04/2021	06:49:00	17:08:00	10:19:00
18/04/2021	07:40:00	18:50:00	11:10:00
19/04/2021	06:47:00	17:23:00	10:36:00
20/04/2021	06:48:00	18:15:00	11:27:00
21/04/2021	06:42:00	18:05:00	11:23:00
22/04/2021	06:48:00	17:37:00	10:49:00
23/04/2021	06:48:00	16:21:00	09:33:00
25/04/2021	07:50:00	17:36:00	09:46:00
26/04/2021	06:50:00	15:00:00	08:10:00
27/04/2021	06:49:00	16:17:00	09:28:00
28/04/2021	06:48:00	17:01:00	10:13:00
29/04/2021	06:48:00	18:20:00	11:32:00
30/04/2021	06:49:00	17:49:00	11:00:00

Fuente: Creación propia

Para medir los tiempos de proceso, se usó la información recopilada de los formatos creados para el SGC en todas las áreas. Aunque no se analizarán a fondo con el simulador todos los productos, se realizó un análisis rápido en Excel 2019 por requerimientos de la jefa de la PAC. Las gráficas de los tiempos de producción se muestran a continuación (Fig. 22 a 45).

3.5.3 Área “Barra fría”

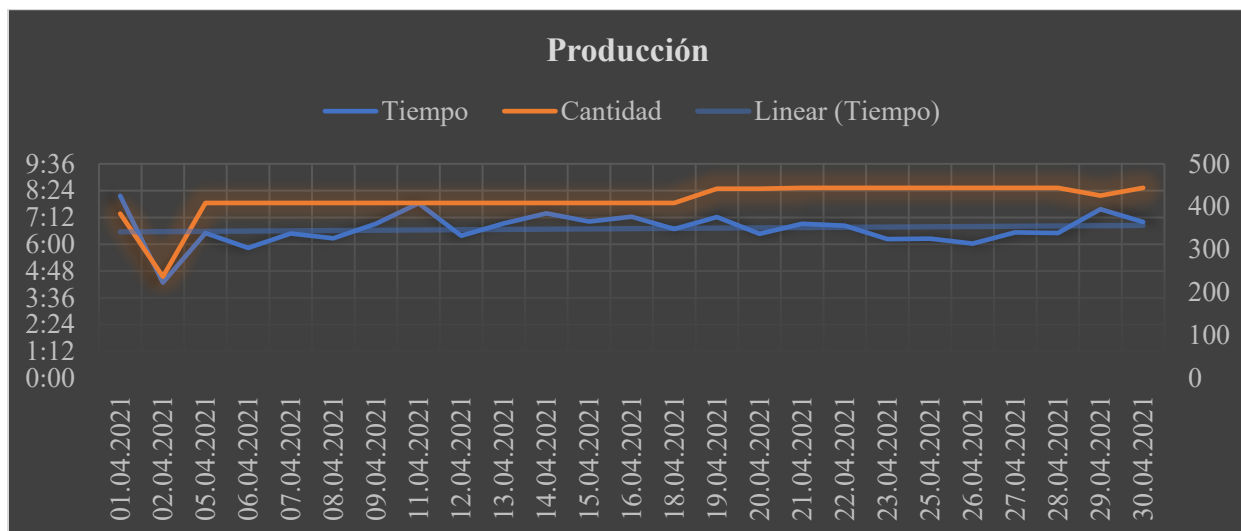


Figura 22. Tiempos de producción “Barra fría” abril 2021

El tiempo promedio de producción del área “Barra fría” durante el mes de abril (Fig. 22) fue de 06:29 horas, considerando al responsable del área y un auxiliar. Se pretende mejorar los tiempos cambiando la distribución del personal y se propone la adición de un nuevo colaborador, sin embargo, es necesario seguir con el análisis para sustentar dicho puesto. Se observa una tendencia ascendente de la cantidad de producción, por lo tanto, el tiempo de producción también se incrementa.

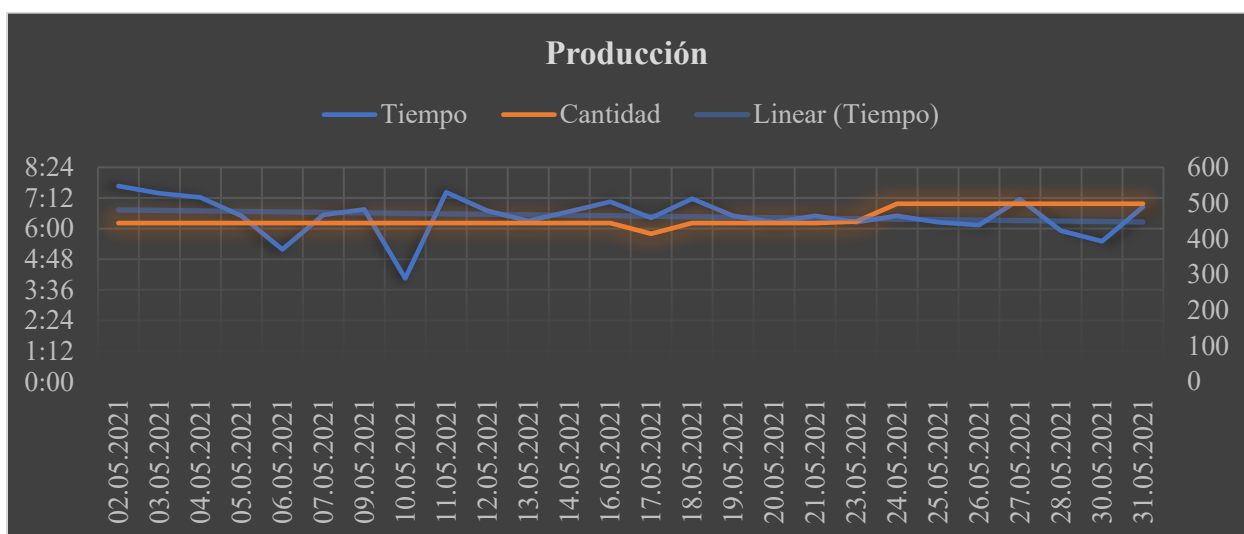


Figura 23. Tiempos de producción "Barra fría" mayo 2021

Durante el segundo periodo comprendido entre el 2 y el 31 de mayo (Fig. 23) se obtuvo un tiempo promedio de 6:29 horas, y gracias a lo observado durante el primer periodo y parte del segundo se comprueba la necesidad de contratar un tercer colaborador, que ingresa el domingo 23 de mayo, es por esto que los tiempos de producción se reducen, incluso aunque se observa un aumento en la cantidad de producción. El único tiempo fuera de tendencia se da el día 27, esto debido a la junta mensual de resultados programada.

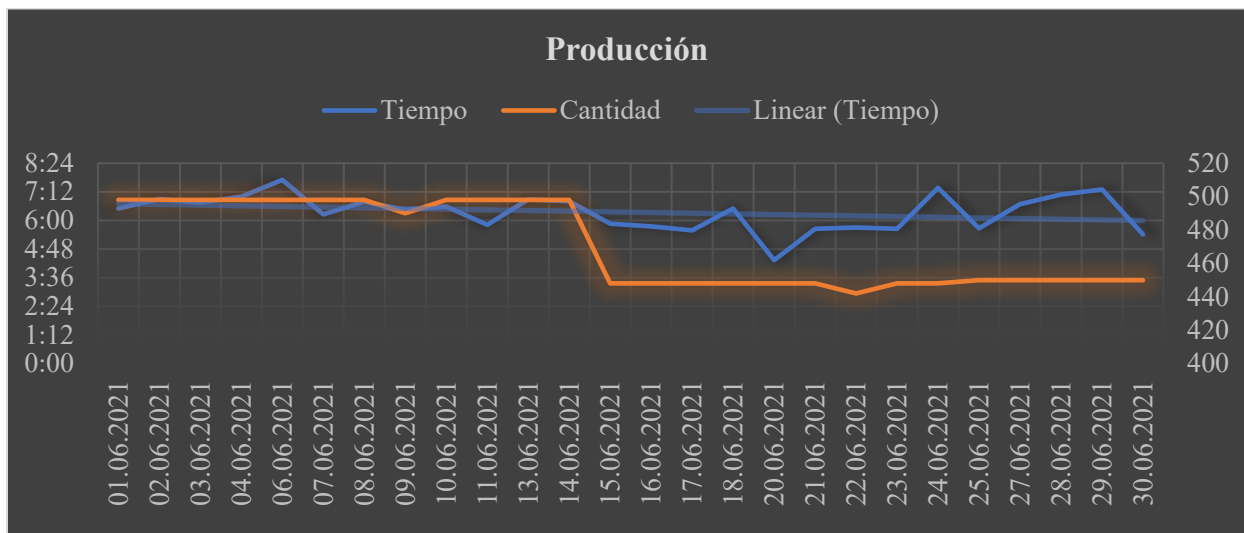


Figura 24. Tiempos de producción "Barra fría" junio 2021

El tercer y último periodo es el comprendido del 1 al 30 de junio. Como puede observarse en la Fig. 24. hay un decremento drástico en las cantidades de producción, dado principalmente por el “cuernito” se deben analizar los resultados comparados con las devoluciones para conocer mejor el comportamiento de este producto. Además de esto, durante la última semana y debido a temas de la pandemia, la jefa de la PAC se incapacita, por lo que me quedo a cargo de la misma; y para evitar demoras en el proceso productivo, también se reducen las cantidades de “cuernito”. Los tiempos de producción se mantienen dentro del promedio, con una tendencia a disminuir. De esto se concluye, que el tiempo de producción es muy similar aun cuando la cantidad de la misma es mayor, por lo que no afecta considerablemente.

Como parte del reporte mensual se analiza cada uno de los productos por separado, para, de esta forma, observar si es que alguno de ellos está representando retrasos en el proceso. En este caso se presenta una gráfica general de los tres periodos. En los casos donde se observa que la línea de

tiempo llega a 0 son aquellos en los que no se documentaron los datos del proceso. Si es la línea de cantidad la que llega a 0, se debe a que ese día no hubo producción de ese producto.

Los resultados preliminares, se mostraron al término de cada periodo a la jefa de la planta y a los colaboradores, con el fin de mejorar la distribución de personal y reducir los tiempos de producción, así como los turnos.

Dentro del área de barra fría se contaba al principio con dos colaboradores, de los cuales, uno de ellos solo se encontraba medio turno en el área, como se mencionó anteriormente, durante el mes de marzo se contrata un tercer colaborador, y de esta forma se pretende reducir el tiempo de proceso. Sin embargo, como se puede observar en la Fig. 25, el objetivo no se logró, por lo que se debe realizar un análisis más a fondo para determinar la causa de que no se haya reducido el tiempo de producción, e incluso en algunas ocasiones aumentara.

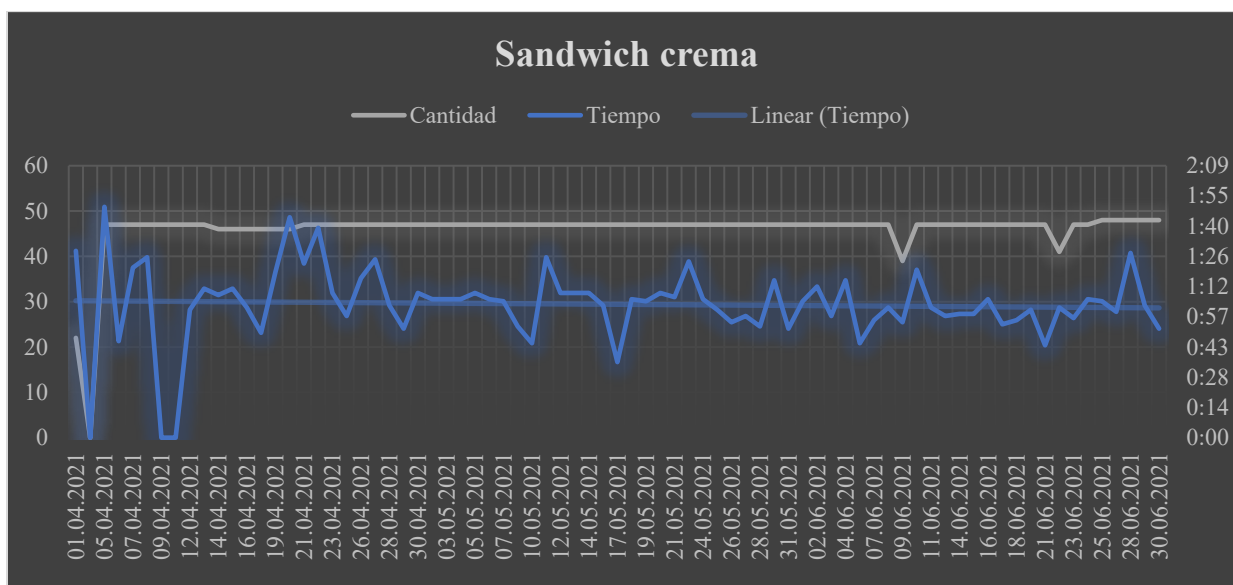


Figura 25. Tiempos de producción “Sándwich queso crema” abril-junio 2021

Para el caso del “sándwich de ensalada rusa” se puede observar en Fig. 26 que los tiempos de producción se encuentran descontrolados incluso cuando las cantidades de producción no varían constantemente, ya que existe una variabilidad considerable. Considerando que, durante el último periodo, comprendido entre el 1° y el 30 de junio, y exceptuando el tiempo fuera de tendencia de este periodo, el cual se da debido a incapacidad por enfermedad de la jefa de la PAC, los tiempos de producción son más consistentes comparados con los dos primeros periodos. Se requiere de una investigación de la causa de la variabilidad de los mismos, con el objetivo de disminuirlos.

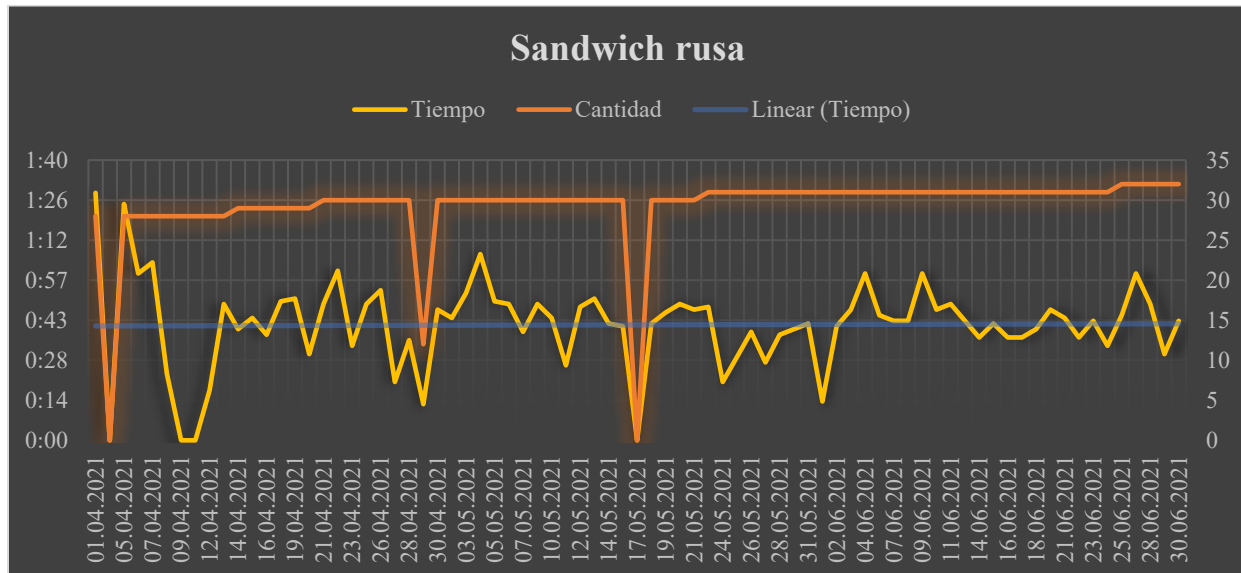


Figura 26. Tiempos de producción “Sándwich ensalada rusa” abril-junio 2021

El “cuernito” es uno de los productos de mayor venta de la PAC, por lo que se requiere un análisis detallado del mismo. En este caso, durante el primer y la mitad del segundo periodo, un solo colaborador se encuentra a cargo de la producción completa, ya que, como se expuso anteriormente, el segundo colaborador solo se encuentra en el área durante medio turno. Después de la adición de un tercer colaborador (25/05/2021) la tendencia es la disminución del tiempo de producción, como se puede observar en la Fig. 27, incluso cuando se aumenta la cantidad considerablemente, como se puede notar del 24/05/2021 al 13/06/2021, por lo que se concluye que este caso, la adición del tercer colaborador es eficiente y al aumentar la cantidad producida no se perjudica el tiempo. El tiempo fuera de tendencia presentado en la última semana, al igual que la disminución de la producción, se debe a la ausencia de la jefa de la PAC, por lo que se descarta. Las tendencias de producto vendido y mermado de este producto, serán analizadas más a fondo mediante el uso de simulación, ya que se perfila como un candidato al aumento de producción.

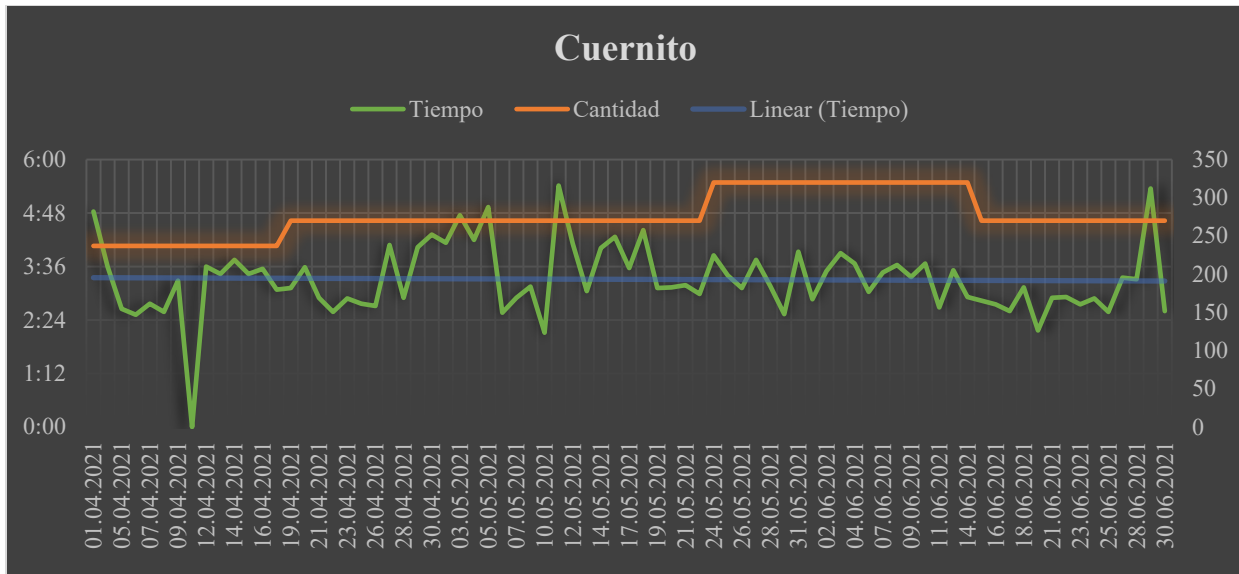


Figura 27. Tiempos de producción “Cuernito” abril-junio 2021

Como se observa en la Fig. 28 la tendencia creciente de los tiempos de producción del “baguette de carnes frías” es considerable, tomando en cuenta que la cantidad de producción solo se aumentó en 2 unidades, y el número de colaboradores aumentó, por lo que es necesaria una inspección detallada, así como un análisis del proceso para determinar cuál el motivo de este aumento de tiempo, con respecto al observado en el primer periodo (abril). Debido a que el tiempo de estudio es un periodo corto, se recomienda seguir recabando datos para verificar si esta tendencia creciente se modifica.

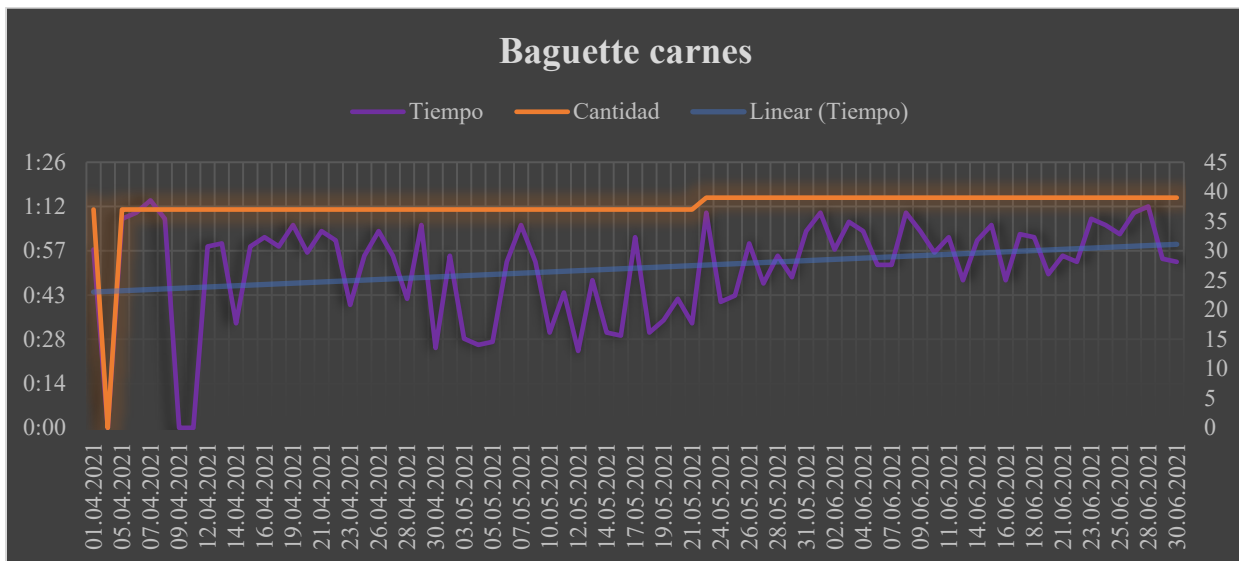


Figura 28. Tiempos de producción “Baguette de carnes frías” abril-junio 2021

Un caso muy parecido al anterior, es del “baguette de salami” (Fig.29) en el cual la cantidad de producción aumento en una unidad, por lo que los tiempos de producción, no deberían verse afectados tan drásticamente, considerando que el tercer colaborador ingresó en la fecha en que se aumenta la producción (23/05/2021).

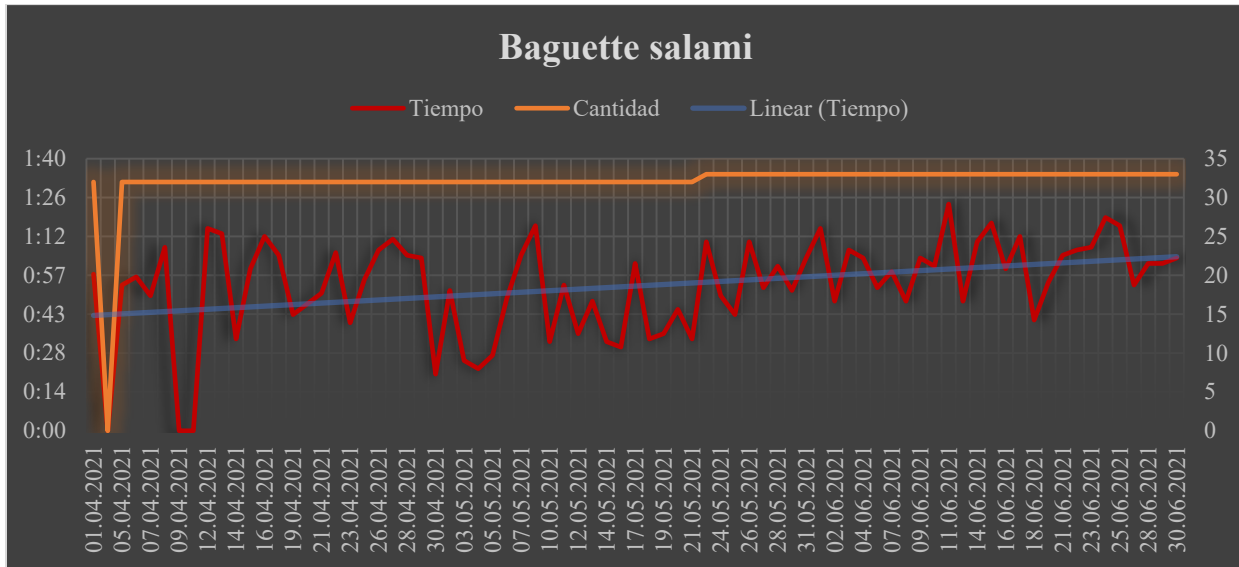


Figura 29. Tiempos de producción “Baguette salami” abril-junio 2021

Por último, el producto “torta” es uno de los menos estudiados, debido a que no es un punto fuerte dentro de la PAC, el tiempo de producción es corto (Fig. 30), considerable a la cantidad y la variabilidad que tiene, llega a ser el resultado del impacto de otros productos, no por sí mismo. En general, y de acuerdo a lo observado, se debe analizar las actividades externas al proceso productivo que repercuten en este. El nmero de colaboradores tampoco podría ser considerado como la causa del incremento en los tiempos.

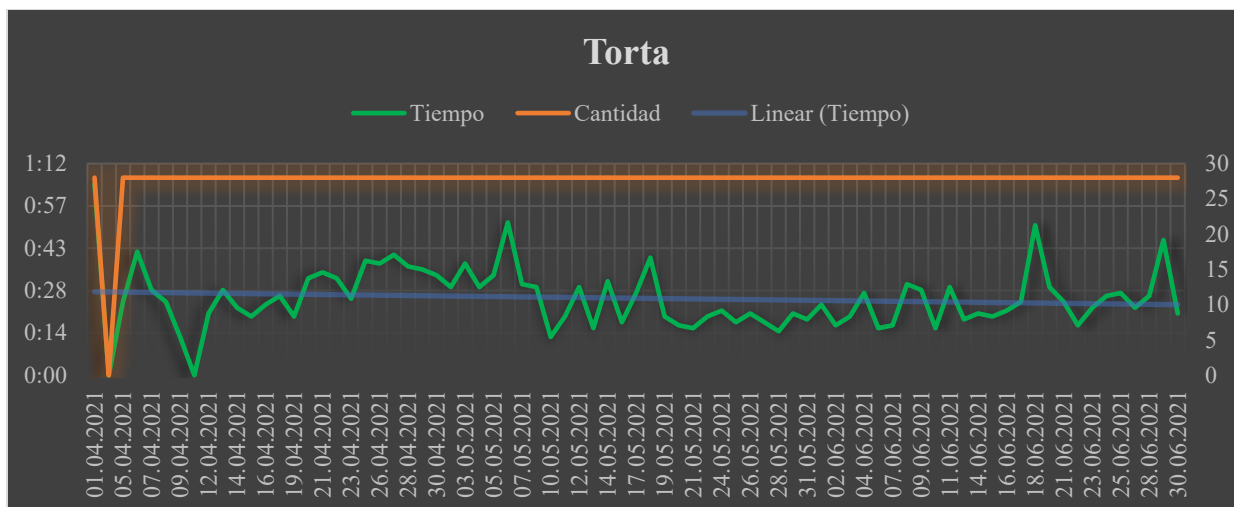


Figura 30. Tiempos de producción “Torta” abril-junio 2021

3.5.4 Área “Pambazo”

Dentro del área de pambazo, se cuenta con un promedio de entre tres y cinco colaboradores, de los cuales, tres de ellos son únicamente del área y los demás solo se encuentran medio turno. Además de esto, la producción es la más grande todas las áreas. En general los tiempos de producción son regulares, tomando una media de 6 horas 29 minutos, en las que se realizan un aproximado de 46 pambazos por hora. En cuanto a la distribución del personal, se observó que no deben permanecer más de 5 colaboradores en el área, ya que esto genera que la misma se encuentre saturada, y se generan tiempos muertos, exceptuando algunos casos muy particulares en los que se requiere la que un sexto colaborador entre al área. Fig. 31

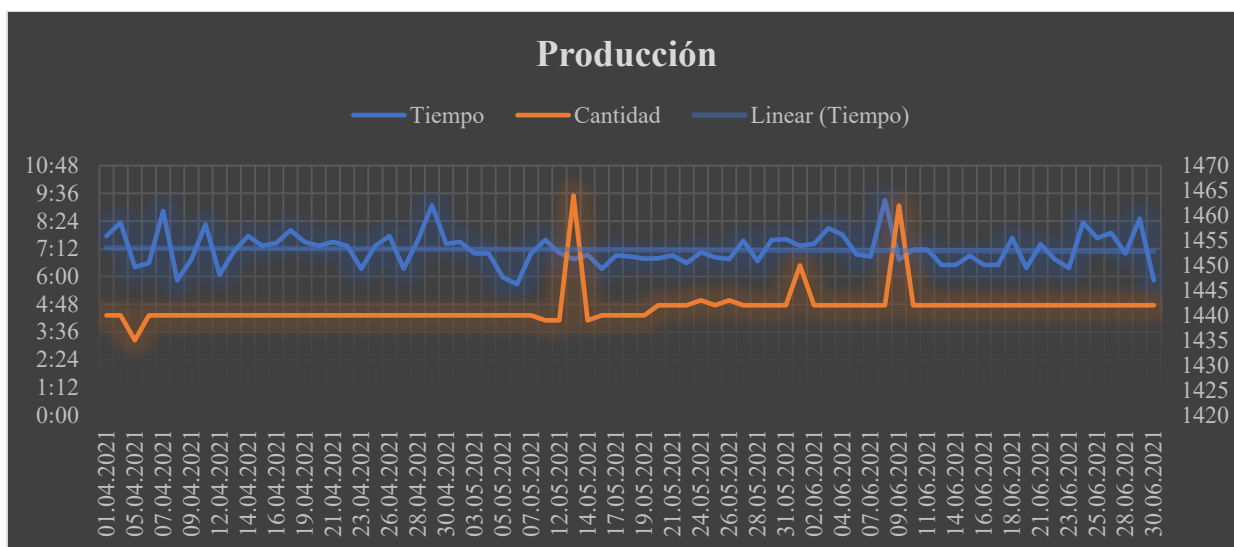


Figura 31. Tiempos de producción "área: pambazo" abril-junio 2021

Para los pambazos de “chorizo” se observa en la Fig. 32 que los tiempos de producción no se ven afectados realmente por el aumento o disminución de piezas, considerando que en ningún caso se varió la cantidad de producción en más de 10 piezas. De igual forma, se observa una tendencia a la disminución de los tiempos, exceptuando una situación extraordinaria al final del tercer periodo causada por temas de la pandemia. La cantidad diaria producida de este es la más alta de la PAC.

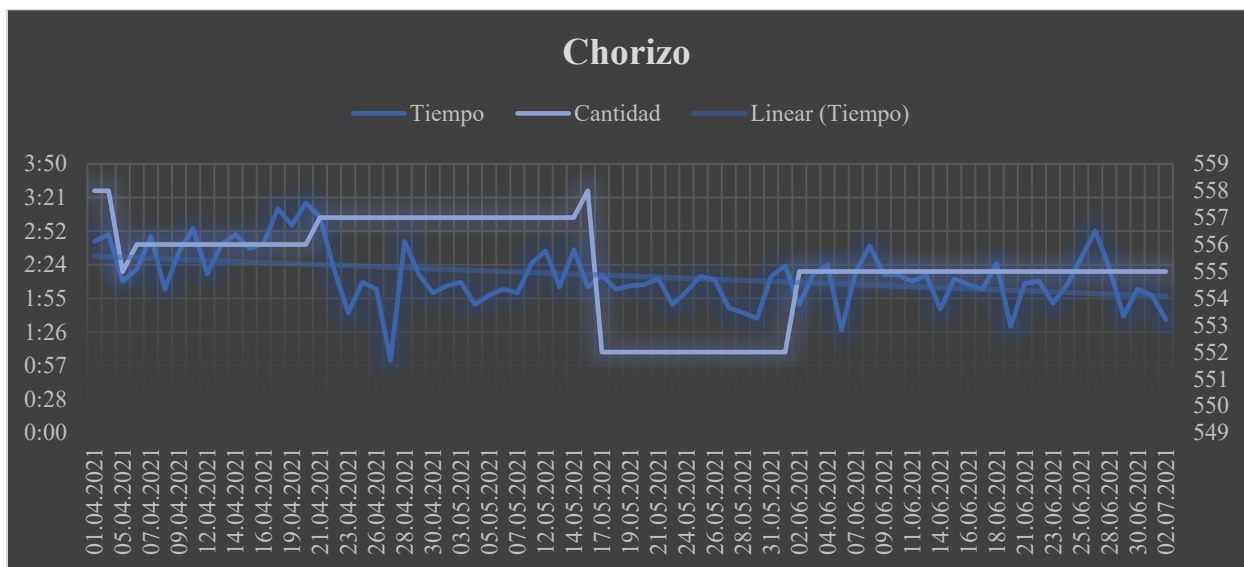


Figura 32. Tiempos de producción "pambazo de chorizo" abril-junio 2021

El segundo producto, cuya producción es grande comparada con los demás productos de la PAC, es el “pambazo salsa macha”, del cual se puede ver que los mejores tiempos se registraron durante el segundo periodo, coincidiendo que, durante este periodo, la aplicación del SGC fue la más constante dentro de los tres periodos. Además, de igual manera que con el producto anterior, se observa que la variación en las cantidades producción no modifican considerablemente los tiempos de producción. Fig.33

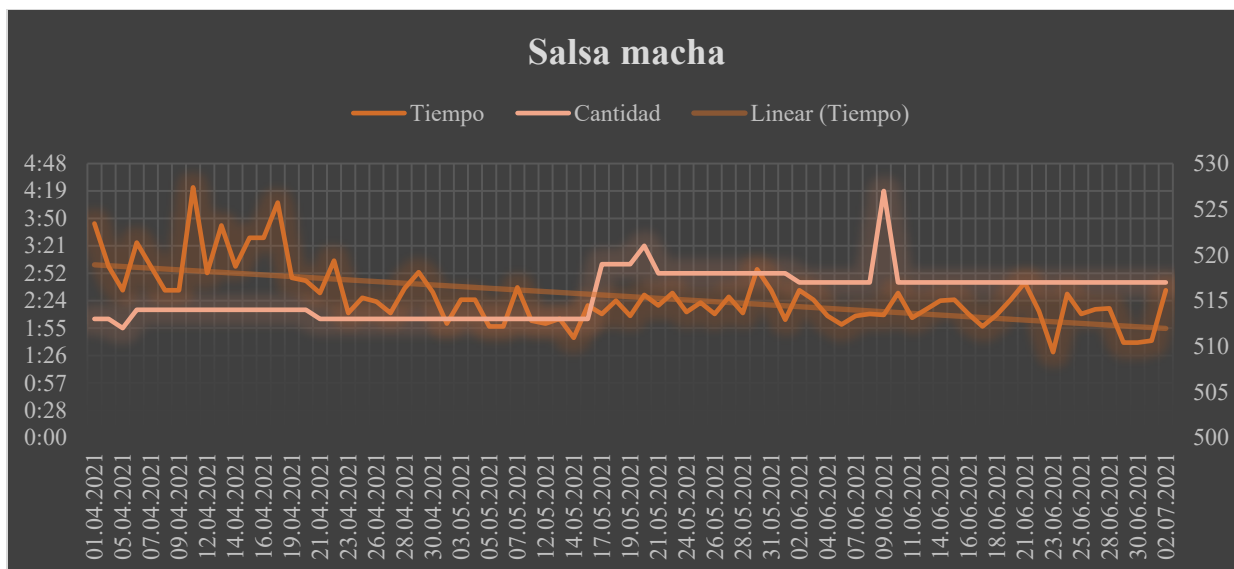


Figura 33. Tiempos de producción "pambazo de salsa macha" abril-junio 2021

Para el “pambazo de jamón” se observó un aumento considerable en el tiempo de producción (Fig.34), comparando el inicio del primer periodo y el término del tercero. Durante el tiempo de análisis se realizó un cambio en el orden de producción, lo cual pudo haber afectado a este producto en específico, sin embargo, es necesario llevar a cabo una evaluación profunda del porqué se obtuvieron estos resultados. Los tiempos obtenidos en la última semana del tercer periodo, se encuentran totalmente fuera de tendencia, aunque no se reporta la causa de estas anomalías. Se requiere un seguimiento del producto para poder concluir la verdadera causa de las demoras.

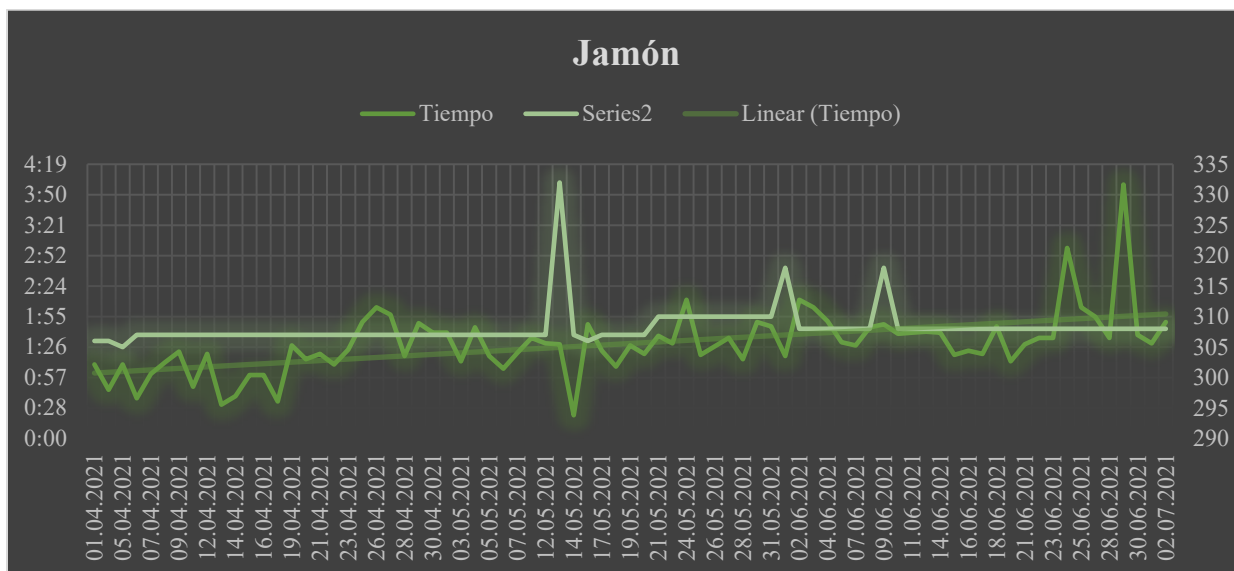


Figura 34. Tiempos de producción "pambazo de jamón" abril-junio 2021

El “pambazo de cochinita pibil” no se produjo durante los tres periodos de estudio, por lo que solo se tienen los datos del primer y parte del segundo periodo de análisis. Y lo que se puede observar en la Fig. 35. es que los tiempos se encuentran totalmente descontrolados, y que, aunque se presentó una mejoría al final del segundo periodo, la tendencia es que los tiempos de producción aumenten, es necesario un análisis de las causas de esta variación.

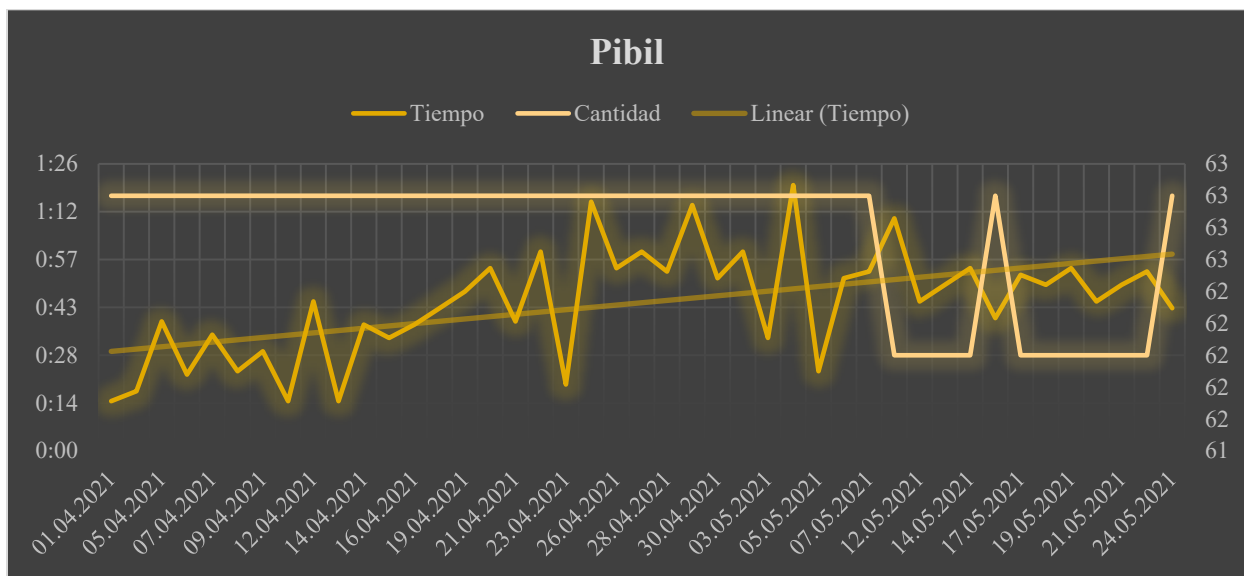


Figura 35. Tiempos de producción "pambazo cochinita pibil" abril-junio 2021

De forma contraria al “pambazo de cochinita pibil” el “pambazo de chilorio” se produjo únicamente durante la última semana del segundo periodo y el tercero. Los tiempos de producción observados en la Fig. 36 podrían demostrar una tendencia a aumentar con forme avanza el periodo de análisis, en este caso, se muestran los primeros dos días del mes de julio donde se puede notar una clara mejoría de los tiempos con respecto a los de la última semana de junio. Por esto, es necesario contar con la observación y estudio de dicho producto.

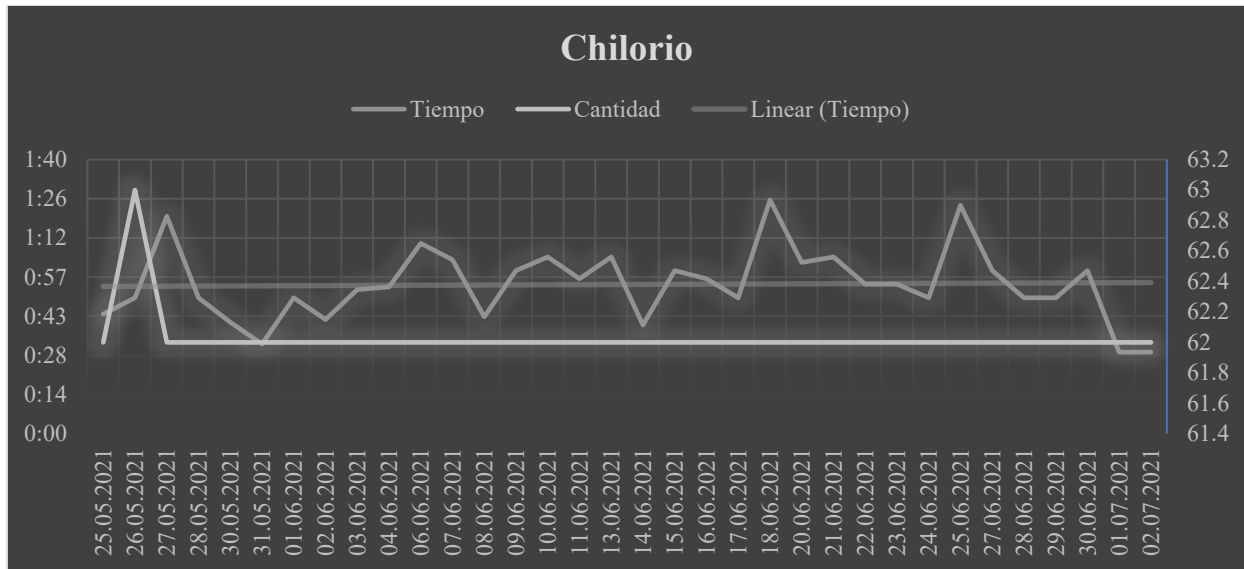


Figura 36. Tiempos de producción "pambazo de chilorio" abril-junio 2021

3.5.5 Área “Panadería”

La Fig. 37 muestra los tiempos de producción del área de panadería del periodo abril-junio 2021, estos tiempos comprenden todo el proceso productivo desde el pesaje de los ingredientes hasta el decorado de las donas. Las cantidades de producción, son las más variables, con respecto a otras áreas, ya que depende de factores externos, principalmente la demanda, ya que es muy variable con respecto a la temporada del año, además de los pedidos especiales que se generan en ocasiones; es por ello que no se puede observar una tendencia en el tiempo de proceso. Aunado a eso, el proceso productivo, depende de la temperatura ambiental, ya que la masa requiere de una temperatura específica para poder leudar. Para este proceso se cuenta con una fermentadora, sin embargo, se observó una variación en el tiempo de fermentación considerando lo antes mencionado. La mayor parte del proceso es semiautomático, lo que también influye en los tiempos de preparación. En conclusión es un área bien diseñada, administrada y aunque solo cuenta con un colaborador, es eficiente.

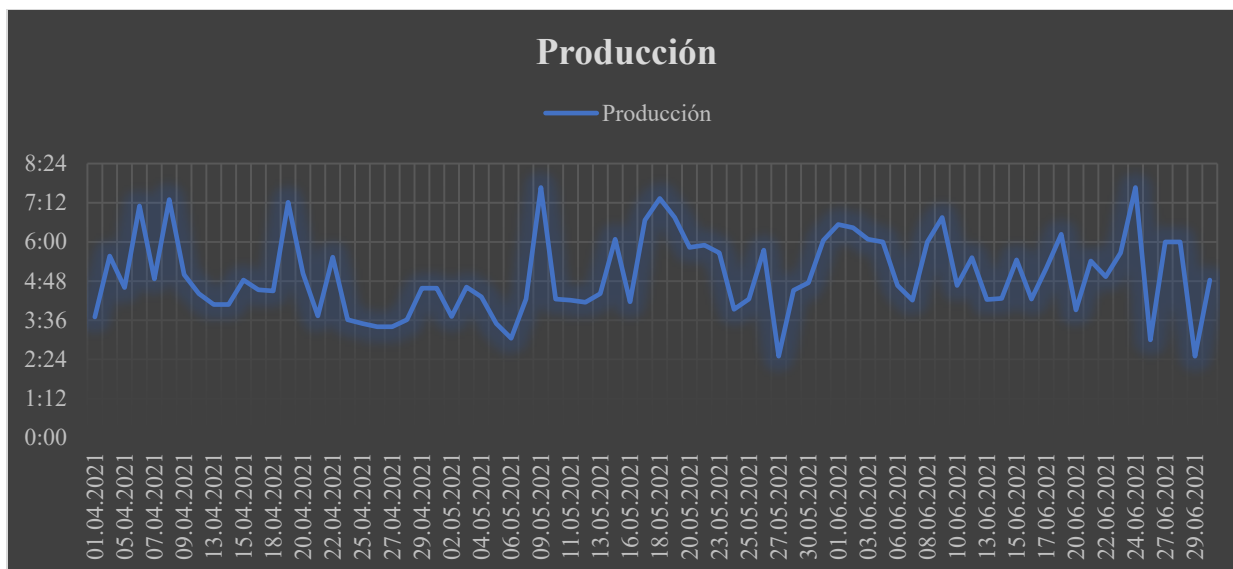


Figura 37. Tiempos de producción "Dona (Todas las variedades)" abril-junio 2021

Los tiempos mostrados en las Fig. 38 a la Fig. 44 son correspondientes, únicamente al proceso de decorado de cada variedad de dona, ya que la preparación de la masa, corte, fermentación y freído es el mismo para todas ellas, y se lleva a cabo en el mismo momento. Al igual que en la Fig. X no se observan tendencia ya que, igualmente depende de la cantidad de producción y de la presentación, ya que las donas minis requieren más tiempo de decorado que las regulares. De igual forma, las decoradas que llevan dos tipos diferentes de chocolate, como la dolcezza, demandan un tiempo de decorado mayor, ya que es necesario que la primera capa de chocolate se enfríe para poder añadir la siguiente. No todos los días se producen las mismas variedades ni las mismas cantidades, no obstante, los tiempos se encuentran estandarizados, y si no se presenta ninguna situación extraordinaria se cumple con la producción en tiempo y forma. Uno de los factores que podrían retardar e incluso impedir este proceso es la dependencia de los equipos, ya que sin uno de estos fallan podría implicar que la producción se detenga.

Al documentar adecuadamente el proceso, es reproducible por cualquier colaborador ya sea nuevo o antiguo; es necesaria la adición de los manuales de funcionamiento de los equipos para hacer uso adecuado de ellos, así como de la programación oportuna de mantenimiento y revisión periódica para evitar fallas en los mismos.

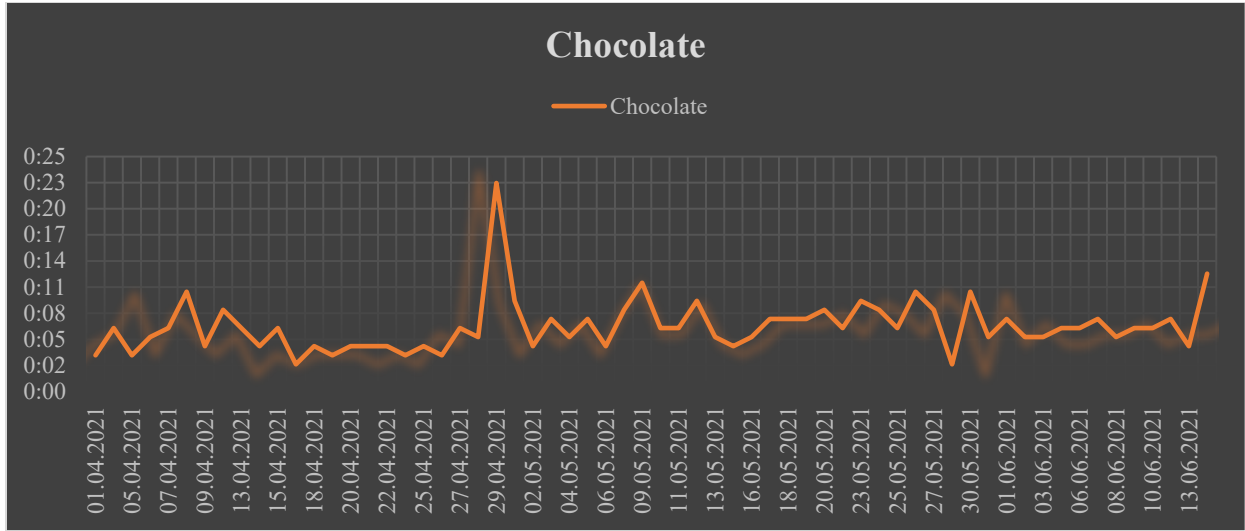


Figura 38. Tiempos decorado "Dona de chocolate" abril-junio 2021

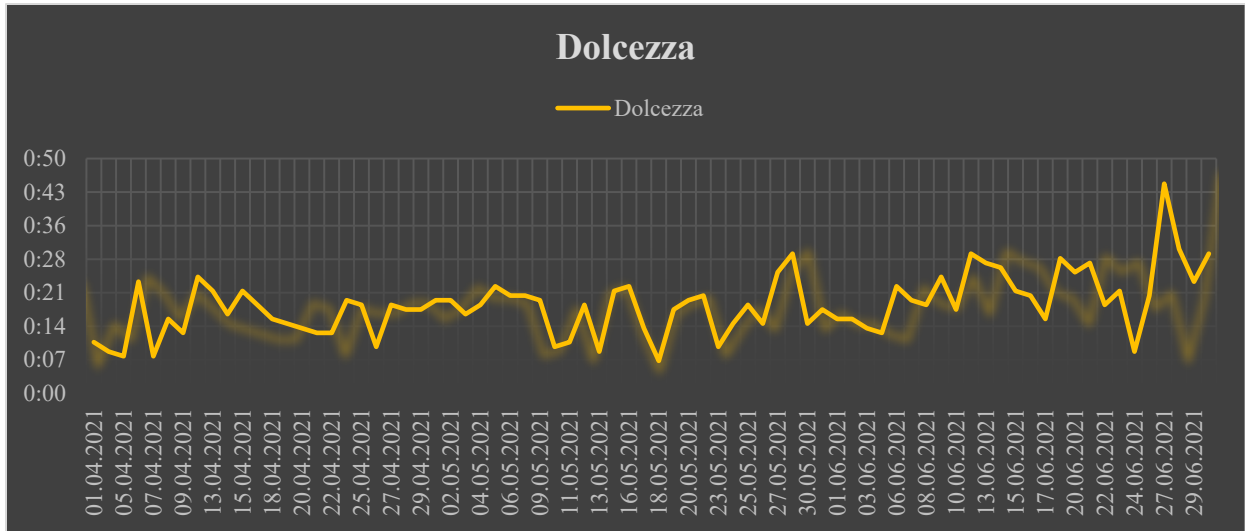


Figura 39. Tiempos decorado "Dona" abril-junio 2021

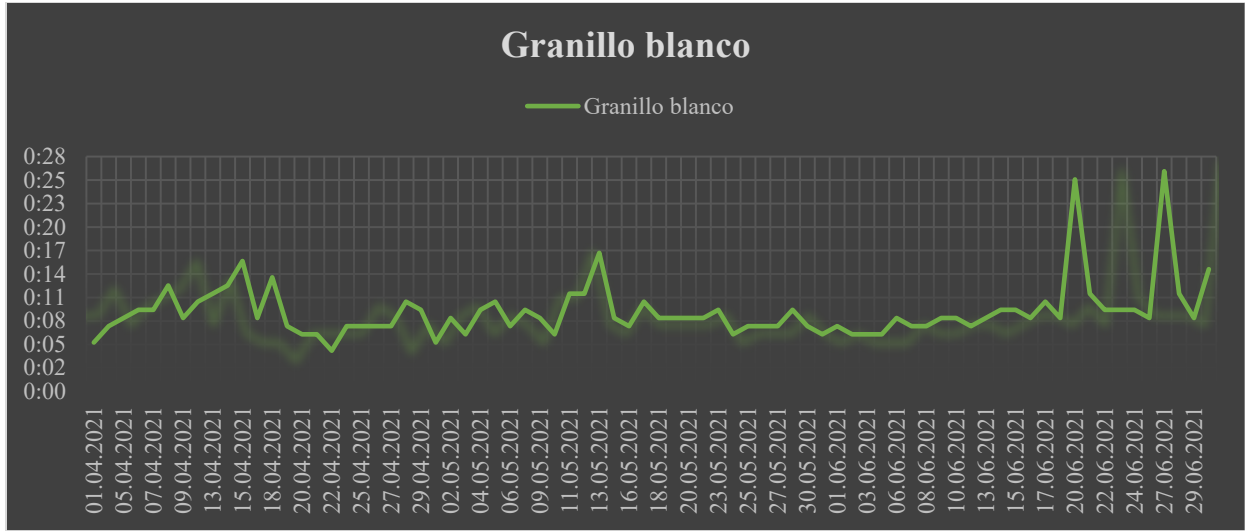


Figura 40. Tiempos decorado "Dona granillo blanco" abril-junio 2021

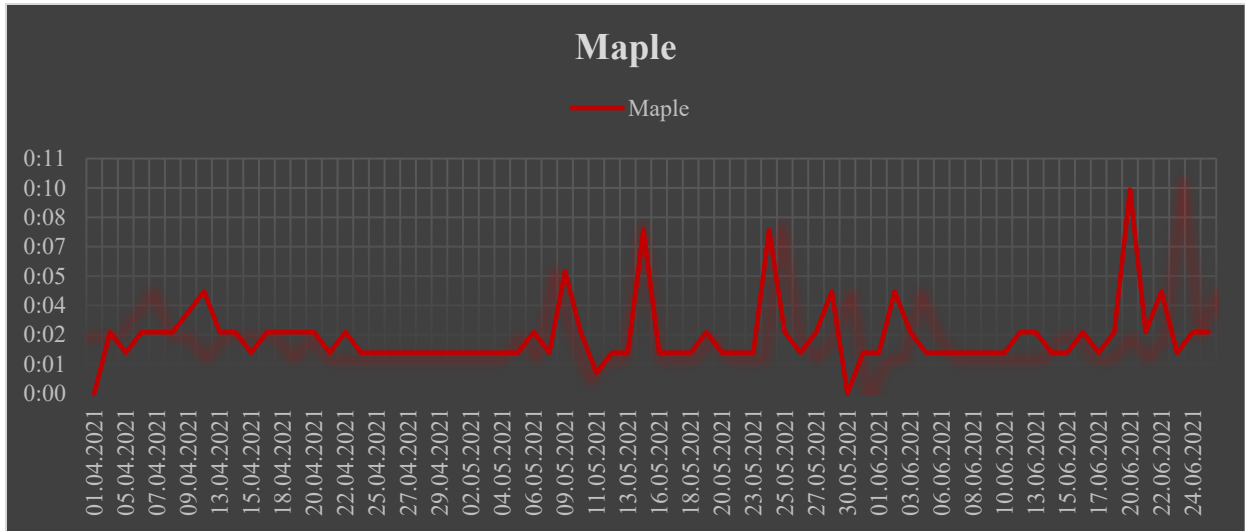


Figura 41. Tiempos decorado "Dona maple" abril-junio 2021

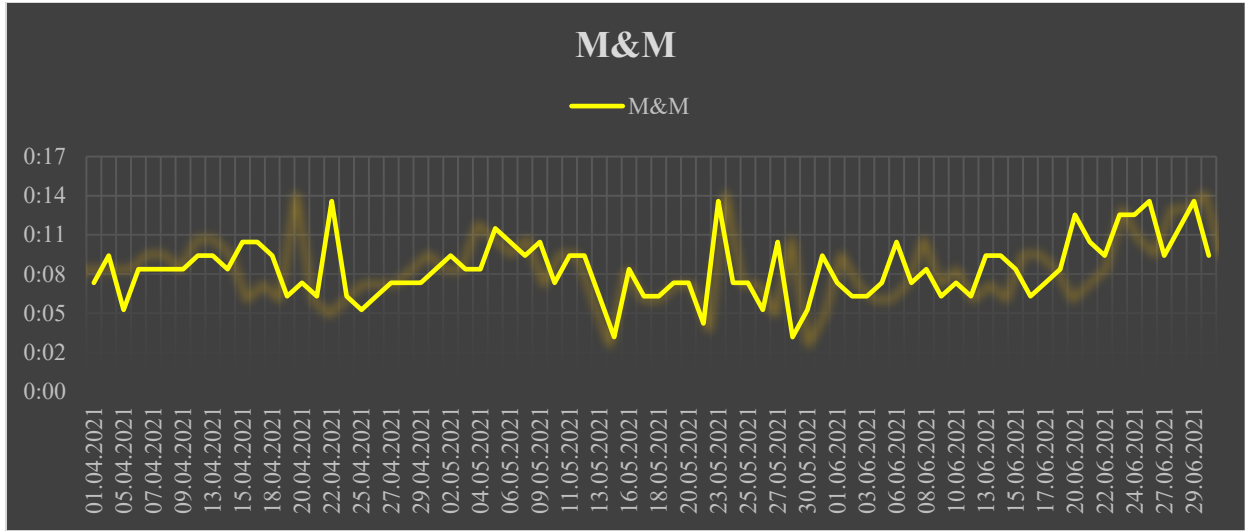


Figura 42. Tiempos decorado "Dona m&m" abril-junio 2021

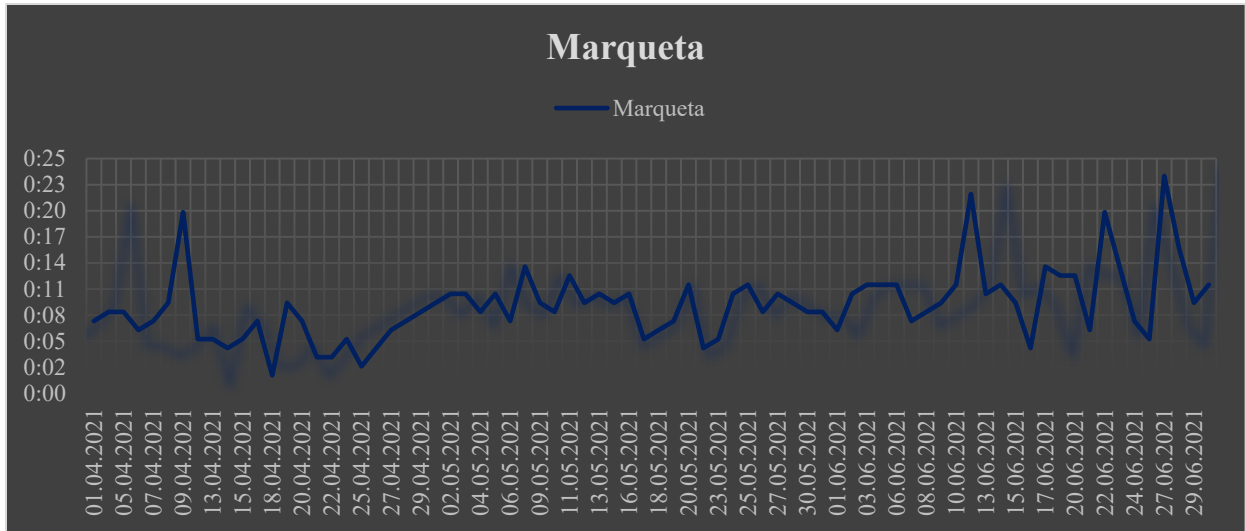


Figura 43. Tiempos decorado "Dona marqueta" abril-junio 2021

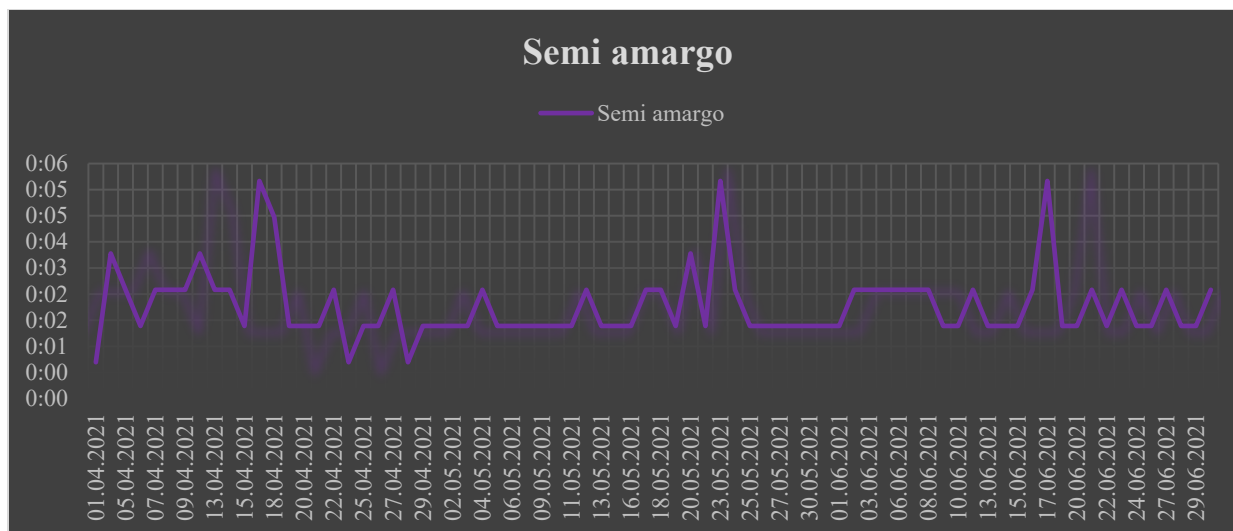


Figura 44. Tiempos decorado "Dona granillo semi amargo" abril-junio 2021

3.5.6 Área “Nachos”

Está área, se encarga únicamente del envasado de nachos, dentro de la planta no se fabrican a granel, sino que son comprados a proveedores externos, para posteriormente ser empaquetados en la presentación correspondiente para su venta en las tiendas de conveniencia. Debido a la naturaleza del producto, el periodo de vida del mismo es más largo, y es posible generar una producción considerable para su almacenamiento y posterior distribución, considerando siempre, el espacio disponible limitado dentro de la PAC.

Por lo general, un solo colaborador, es quien se encarga del proceso productivo completo diario, además del control de inventario; tanto de materias primas, producto terminado y merma. En la Fig. 43 se muestran los tiempos de producción, así como las cantidades producidas del periodo abril-junio 2021. Se observa una tendencia decreciente de los tiempos, incluso cuando las cantidades se mantienen constantes, incluso, se hace notar que la disminución del número diario podría ser contraproducente, ya que se requiere del mismo tiempo para producir menos; probablemente considerando el tiempo de preparación de las materias primas, ya que es prácticamente el mismo independe de la cantidad. La adición de otro colaborador, considerando la producción hasta este periodo, no es necesaria.

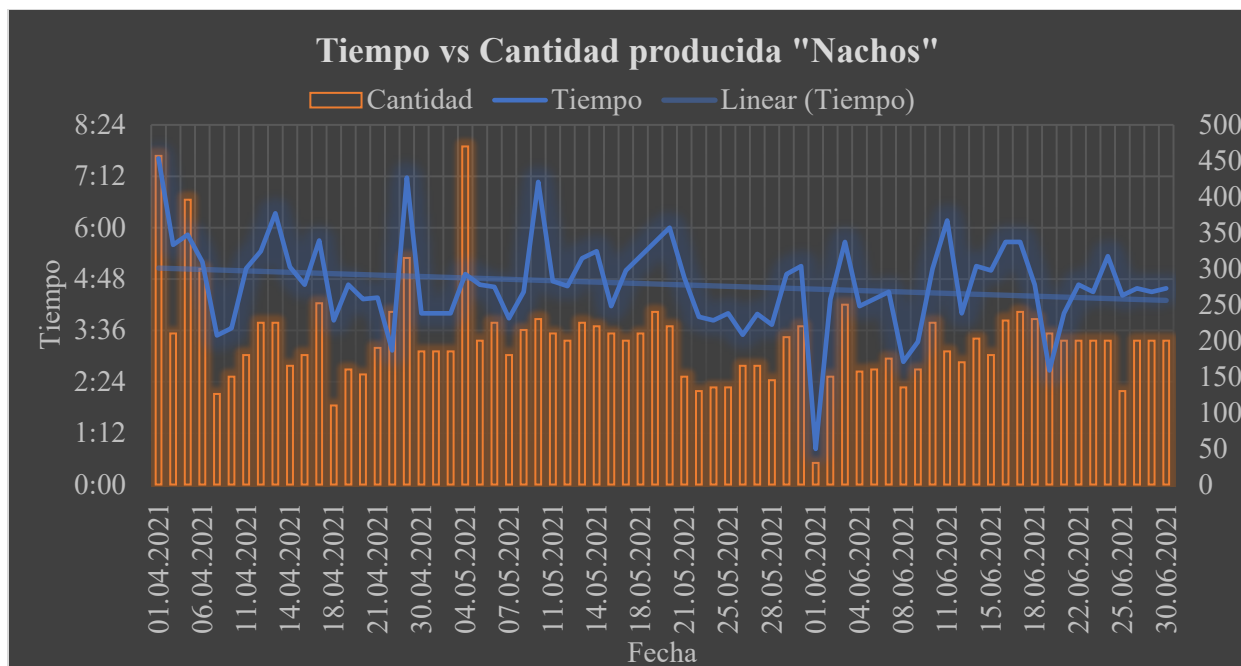


Figura 45. Tiempos vs Cantidad producida "Nachos" abril-junio 2021

3.5.7 Área “Picking”

Para el área de picking, se tenía como objetivo al principio del análisis disminuir los tiempos destinados a esta actividad, ya que, en muchas ocasiones se “perdía” tiempo si al final se encontraba que sobraba producto, mismo que no había sido colocado en la tara correspondiente, y esto implicaba buscar en cada una cual de ella no estaba completa. Es por esto, que al formato de “picking” se le añadió una columna en la cual se debe marcar la casilla cuando el pedido del super al que corresponde la tara está completo.

En la Fig. 46 se observa el tiempo de la actividad “picking” para los super de la zona Orizaba. Los días en los que la línea de “tiempo” cae a cero, se debe entender como una pérdida de información, ya que esos días no se documentó correctamente la actividad. De igual manera, en los que la tendencia se eleva considerablemente, como en la primera semana del segundo periodo, de debe a que una persona diferente a la habitual realizó la actividad, y no se encuentra familiarizada con ella. En general, se podría decir que se sigue una tendencia a la disminución de los tiempos, con forme el colaborador se adecuó al uso del formato.

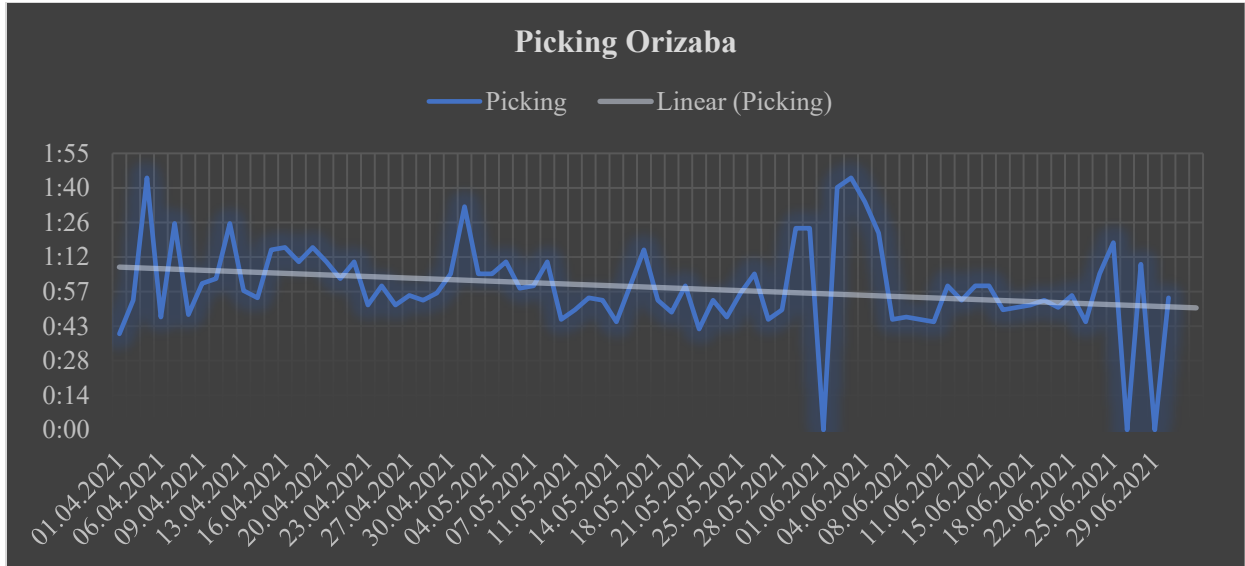


Figura 46. Tiempos "Picking Orizaba" abril-junio 2021

Los tiempos de “picking” Córdoba se muestran en la Fig. 47, se observa una mejoría en la estandarización de la actividad conforme el colaborador se adecúa al uso del formato, además se reconoce que la capacitación en cuanto a la importancia de la documentación se ve reflejada en los resultados.

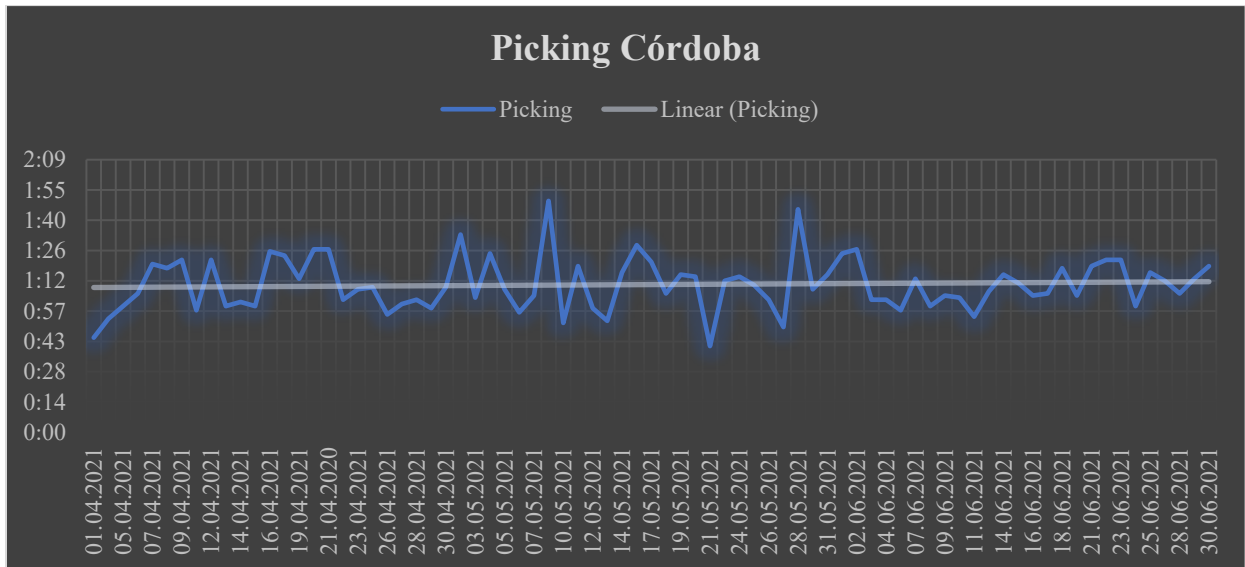


Figura 47. Tiempos "Picking Córdoba" abril-junio 2021

3.6 Verificación del sistema

Para la implementación del sistema, se requirió de un mes anterior al periodo de análisis, debido a que, durante este tiempo, se capacitó al personal y se verificó que la implementación de los procedimientos y formularios fuera la adecuada, además de esto se realizaron los cambios pertinentes de forma que las herramientas proporcionadas fueran útiles y de fácil comprensión para todos los colaboradores, reduciendo con esto la pérdida de información. Una vez concluido este periodo, se siguió con el periodo de análisis, comprendido en los meses de abril a junio, durante los cuales, se dio seguimiento a la documentación, de igual forma se capacitó al colaborador de nuevo ingreso y se llevaron a cabo juntas de resultados al final de cada mes, con el fin de tener retroalimentación en la implementación del SGC.

Por último, para comprobar que la implementación del SGC haya sido exitosa, se crean dos formatos de auditoría interna, el primero diseñado para el personal administrativo, quien es el encargado de revisar y darle seguimiento a la documentación de cada una de las áreas; de igual forma, funciona para conocer si se requiere capacitar nuevamente a los colaboradores en la actividad o la documentación adecuada de esta. El segundo formato es destinado a los responsables de las áreas, donde se busca mantener la integridad de los datos obtenidos del proceso, ya que de esto depende un correcto y completo análisis de los tiempos del mismo, así como detectar áreas de oportunidad para la mejora en la administración de los recursos.

Como parte del seguimiento, se propone realizar análisis de causas raíz de algunas problemáticas detectadas dentro de las áreas, referente a las materias primas o al producto terminado, las áreas y los colaboradores, con el objetivo de mejorar el proceso productivo, así como reducir los tiempos muertos y evitar “cuellos de botella”; debido a la naturaleza del proceso y a la distribución de las áreas, es posible trazar, con ayuda del SGC, las actividades o recursos que los causan.

Mediante la aplicación de las diversas herramientas del SC, se demostró que la variabilidad de los procesos puede ser minimizada, así como los tiempos productivos, con una correcta distribución de personal, y al llevar un registro de las diversas actividades, se tiene un mejor aprovechamiento de los recursos comparado con la situación inicial de la PAC. Además de los beneficios en una mejor ocupación del personal, distribución de tiempos y recursos, se observa una mejoría en el cumplimiento de los lineamientos de calidad, salud y seguridad de la misma, ya que los

colaboradores, al realizar el proceso documental, se hacen conscientes de las deficiencias en la realización de las actividades y el tiempo que disponen para cada una de ellas.

El procedimiento para la auditoría interna, así como los datos requeridos dentro de los formularios creados, se sustenta en el capítulo 9 de la norma ISO 9001-2015 “Evaluación del desempeño” donde se especifica lo siguiente.

9.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación

9.1.1 Generalidades

La organización debe determinar:

- a) qué necesita seguimiento y medición;
- b) los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación necesarios para asegurar resultados válidos;
- c) cuándo se deben llevar a cabo el seguimiento y la medición;
- d) cuándo se deben analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición.

La organización debe evaluar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad. La organización debe conservar la información documentada apropiada como evidencia de los resultados (ISO 9001,2015).

De esta forma, la PAC es responsable de delimitar los procesos y áreas pertinentes, así como la regularidad en que se llevarán a cabo las auditorías. Este proceso debe ser llevado tomando en cuenta, más no restringiéndose, a lo descrito en el numeral 9.2 Auditoría interna, de la misma norma, el cual se cita a continuación.

9.2 Auditoría interna

9.2.1 La organización debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados para proporcionar

información acerca de si el sistema de gestión de la calidad:

- a) es conforme con:
 - 1) los requisitos propios de la organización para su sistema de gestión de la calidad;
 - 2) los requisitos de esta Norma Internacional;
- b) se implementa y mantiene eficazmente.

9.2.2 La organización debe:

- a) planificar, establecer, implementar y mantener uno o varios programas de auditoría que incluyan la frecuencia, los métodos, las responsabilidades, los requisitos de planificación y la elaboración de informes, que deben tener en consideración la importancia de los procesos involucrados, los cambios que afecten a la organización y los resultados de las auditorías previas;
- b) definir los criterios de la auditoría y el alcance para cada auditoría;
- c) seleccionar los auditores y llevar a cabo auditorías para asegurarse de la objetividad y la imparcialidad del proceso de auditoría;
- d) asegurarse de que los resultados de las auditorías se informen a la dirección pertinente;
- e) realizar las correcciones y tomar las acciones correctivas adecuadas sin demora injustificada;
- f) conservar información documentada como evidencia de la implementación del programa de auditoría y de los resultados de las auditorías (ISO 9001, 2015).

Se propone, además, la aplicación de la normativa ISO 19011 Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión, para una completa y correcta implementación de las auditorías internas, y en caso de ser necesario externas. Siendo esta última parte responsabilidad de las autoridades correspondientes dentro de la PAC.

3.7 Conclusiones

Debido al alcance del estudio es posible observar cambios a corto plazo, sin embargo, aquellos que podrían conllevar más tiempo en dar resultados solo se pueden estimar. Empero, se demuestra que la implementación de un SGC, con la debida capacitación y tiempo cumple con los resultados esperados, lo que abre a su vez, la posibilidad de seguir mejorando otras áreas y procesos, y con esto mejorar la eficiencia y utilización de los recursos.

Uno de los beneficios a largo plazo que se prevén es lograr la certificación de acuerdo a la norma ISO-9001 con lo que se puede ofrecer al cliente una mejor imagen, confianza en el producto y en los procesos, y mantener la lealtad de los actuales, así como ganar nuevos clientes.

Capítulo 4. Optimización bajo el enfoque de agentes

4.1 Introducción

A lo largo de este capítulo se presenta el desarrollo de un modelo de simulación multi método optimizado por inteligencia artificial, el cual fue diseñado y optimizado en el software Anylogic, utilizando las diversas herramientas que este proporciona como lo es la simulación de eventos discretos y la basada en agentes, quienes cumplen el papel de representar a los diversos productos a lo largo del proceso productivo, de ventas y recolección de merma; y que al finalizar la validación del modelo, demostrarán la correcta representación del sistema.

4.2 Planteamiento del modelo de simulación

La Planta de Alimentos C, ha abastecido de comida rápida a más de 80 tiendas en la región Orizaba-Córdoba, muchas de ellas desde hace más de 8 años. Debido al constante y acelerado crecimiento que ha tenido desde sus inicios, ha ido expandiendo sus operaciones y diversificando sus productos a lo largo de los años, tomando decisiones y haciendo cambios basados en el conocimiento y experiencia de sus trabajadores, sin embargo, no se han realizado estudios formales que permitan conocer el verdadero potencial de sus productos a futuro, además de minimizar merma por devolución mediante un mejoramiento en el plan de producción, así como optimizar recursos.

Es por esto, que se hace uso de la simulación para evaluar el desempeño de la PAC, así como proveer a la jefa de la misma, de una herramienta que le permita conocer las tendencias a futuro de los productos, para tomar mejores decisiones, tomando en cuenta datos históricos, así como los obtenidos gracias al SGC implementado por este proyecto.

Se analizan dos de las áreas con mayor variedad de productos y cuyas cantidades de producción son las más grandes; el área de “Barra fría” y la de “Pambazo”. Haciendo un total de 11 productos a analizar. Aunado a esto, el software Anylogic en su versión estudiante no permite exceder la creación de cierto número de agentes, el uso de algunas herramientas y un número limitado de variables, es por esto que tampoco se analizan las dos áreas en paralelo.

4.3 Recolección de datos

Los productos considerados para la simulación son: Baguette de carnes frías, baguette de salami, sándwich queso crema, sándwich de ensalada rusa, cuernito, torta, pambazo de jamón, salsa macha, blanco, pibil y chilorio. Para el análisis de estos productos se tomaron en cuenta las siguientes variables:

- Producción (Piezas por día)
- Tiempo de producción (Minutos)
- Número de colaboradores
- Ventas (Piezas por día / Por zona)
- Devoluciones (Piezas por día / Por zona)
- Merma (Piezas por día / Por zona)
- Costos (Ventas totales, merma y devolución)

Los datos básicos obtenidos de la PAC para la simulación no son presentados como parte del estudio, debido a temas de confidencialidad.

4.4 Construcción del modelo de simulación

La construcción del modelo se llevó a cabo en el software Anylogic, usando diversas herramientas de dinámica de sistemas y de simulación basada en agentes. El objetivo del modelo es representar detallada y fielmente el proceso real. En el subtema 4.4 se describen brevemente los elementos usados para la creación del mismo.

4.4.1 Anylogic

Al crear un nuevo modelo se muestra la ventana donde se asigna el nombre, la ubicación y las unidades con las que se quiere trabajar (Fig. 48).

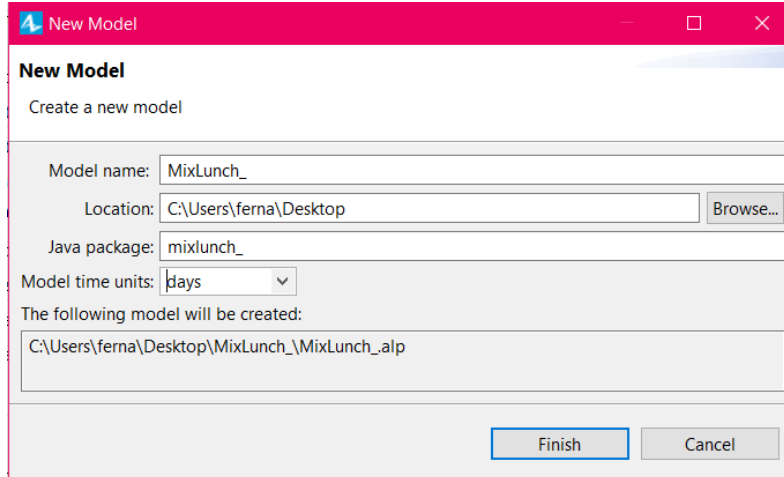


Figura 48. Nuevo modelo Anylogic

Una vez configurado, se muestra la paleta de herramientas (Fig. 49). En este caso se hace uso de las librerías *Process Modeling Library*, *System Dynamics*, *Agent*, *Analysis* y *Presentation*; los elementos que componen este menú se muestran parcialmente en la Fig. 50

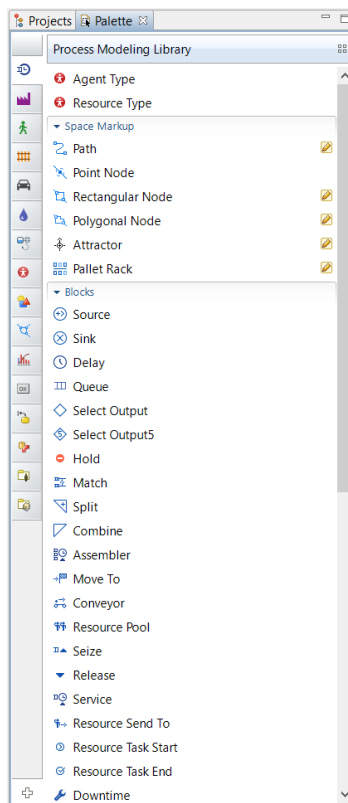


Figura 49. Paleta de herramientas Anylogic

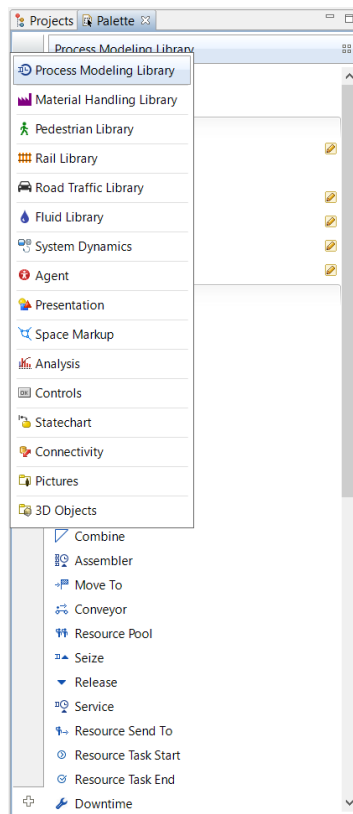












Figura 50. Librerías de la paleta de herramientas Anylogic

La librería de *Process Modeling* admite el modelado de eventos discretos o el centrado en procesos, se pueden modelar sistemas del mundo real en términos de agentes (entidades, clientes, productos, partes, etc.), procesos (secuencias de operaciones que generalmente involucran colas, retrasos, recursos, utilización) y recursos. Los procesos se especifican en forma de diagramas de flujo. Los diagramas de flujo Anylogic son jerárquicos, escalables, extensibles y orientados a objetos, lo que permite al usuario modelar grandes sistemas complejos en cualquier nivel de detalle (AnyLogic Company , 2021).

Los bloques que componen esta librería se describen en la Tabla 4.

Tabla 4. Bloques de la librería Process Modeling Anylogic






Icono / Nombre	Descripción
 Agent	Agente
 Source	Genera agentes
 Sink	Dispone de los agentes
 Delay	Retrasa a los gentes por un tiempo determinado
 Queue	Almacena a los agentes en un orden específico
 SelectOutput	Envía a los agentes a una de los puertos de salida dependiendo de la condición especificada
 ResourcePool	Proporciona unidades de recursos que son confiscadas y liberadas por agentes.
 Service	Se apodera de las unidades de recursos del agente, lo retrasa y libera las unidades incautadas.
 Enter	Inserta agentes creados en otro lugar en el diagrama de flujo
 Exit	Acepta agentes entrantes

Fuente: Anylogic,2021

4.5 Variables

Para la construcción del modelo se cuenta también con diversos tipos de elementos, los cuales se describen en la Tabla 5.

Tabla 5. Elementos del menú agente en Anylogic

Icono / Nombre	Descripción
 Parameter	Los parámetros se utilizan con frecuencia para representar algunas características del objeto modelado. Son útiles cuando las instancias de objetos tienen el mismo comportamiento descrito en el tipo de agente, pero difieren en algunos valores de parámetros.
 Event	Un evento es la forma más sencilla de programar alguna acción en el modelo. Por lo tanto, los eventos se utilizan comúnmente para modelar retrasos y tiempos de espera. A veces hace lo mismo usando transiciones cronometradas en gráficos de estado, pero los eventos pueden ser más eficientes.
 Variable	Las variables se utilizan generalmente para almacenar los resultados de la simulación del modelo o para modelar algunas unidades de datos o características del objeto, que cambian con el tiempo.
 Custom Distribution	Si ninguna de las distribuciones de probabilidad admitidas por AnyLogic se ajusta a los datos, se puede definir una distribución personalizada.
 Schedule	Es un elemento especial que permite definir cómo cambia algún valor en el tiempo de acuerdo con el patrón definido (opcionalmente cíclico).

Fuente: Anylogic, 2021

Para propósitos de diferenciar los diversos productos se les asigna una nomenclatura descrita en la Tabla 6.

Tabla 6. Abreviaturas modelo de simulación

Área	Producto	Abreviación	Siglas
Barra fría			
	Baguette carnes frías	BaguetteCF	BCF
	Baguette salami	BaguetteS	BS
	Sándwich queso crema	SandwichC	SC
	Sándwich ensalada rusa	SandwichER	SER
	Cuernito	Cuernito	C
	Torta	Torta	T
Pambazo			
	Pambazo jamón	PambazoJ	PJ
	Pambazo salsa macha	PambazoS	PS
	Pambazo chorizo	PambazoB	PB
	Pambazo cochinita pibil	PambazoP	PP
	Pambazo chilorio	PambazoC	PC

Fuente: Creación propia

Ya que las variables utilizadas para todos los productos son las mismas, cada una de ellas con sus respectivos datos, se incluye una descripción detallada de cada una de ellas de un solo producto, en este caso el “baguette de carnes frías”

- ProducciónDiaria_Baguette (parámetro): Contiene el número de piezas a producir por día.
- TiempoProducción_Baguette (Custom Distribution): Contiene los datos de los tiempos de producción obtenidos mediante el SGC en minutos.
- InicioProducción_Baguette (Schedule): Marca la hora de inicio de la producción del producto en específico, al mismo tiempo que envía los agentes al sink correspondiente.
- ContarProducción_Baguette (Variable): Almacena los datos de la cantidad de producción diaria enviados del service correspondiente, de la zona Orizaba, una vez que esta es terminada.
- ContarProducción_Baguette1 (Variable): Almacena los datos de la cantidad de producción diaria enviados del service correspondiente, de la zona Córdoba, una vez que esta es terminada.
- VentasS_Baguette (Custom Distribution): Contiene los datos de ventas de piezas por días de lunes a sábado de la zona Orizaba.

- VentasS_Baguette1 (Custom Distribution): Contiene los datos de ventas de piezas por días de lunes a sábado de la zona Córdoba.
- VentasF_Baguette (Custom Distribution): Contiene los datos de ventas de piezas por días de domingo de la zona Orizaba.
- VentasF_Baguette1 (Custom Distribution): Contiene los datos de ventas de piezas por días de domingo de la zona Córdoba.
- Vender_Baguette (Event): Genera una venta aleatoria de acuerdo a un calendario y lo envía al sink correspondiente a la zona Orizaba.
- Vender_Baguette1 (Event): Genera una venta aleatoria de acuerdo a un calendario y lo envía al sink correspondiente a la zona Córdoba.
- Ventas_Baguette (Parameter): Almacena los datos de las ventas consolidadas totales del producto en cuestión, enviados por el service correspondiente, de la zona Orizaba.
- Ventas_Baguette1(Parameter): Almacena los datos de las ventas consolidadas totales del producto en cuestión, enviados por el service correspondiente, de la zona Córdoba.
- PorcentajeMerma_Baguette (Parameter): Almacena el valor del cálculo de merma enviado por el evento correspondiente, de la zona Orizaba.
- PorcentajeMerma_Baguette1(Parameter): Almacena el valor del cálculo de merma enviado por el evento correspondiente, de la zona Córdoba.
- CálculoMerma_Baguette (Event): Calcula el porcentaje de merma del producto continuamente, de acuerdo con las condiciones establecidas en el mismo. Zona Orizaba
- CálculoMerma_Baguette1 (Event): Calcula el porcentaje de merma del producto continuamente, de acuerdo con las condiciones establecidas en el mismo. Zona Córdoba.
- Merma_Baguette (Parameter): Almacena las piezas mermadas de la región Orizaba.
- Merma_Baguette1 (Parameter): Almacena las piezas mermadas de la región Córdoba.
- ContarVentas_Baguette (Variable): Almacena los datos de las ventas totales de la zona Orizaba.
- ContarVentas_Baguette1 (Variable): Almacena los datos de las ventas totales de la zona Córdoba.
- Precio_baguette (Parameter): Contiene el precio por pieza de producto.

- Devolución_Baguette (Parameter): Contiene el precio de devolución por pieza de producto.
- GananciasVentas_Baguette (Stock): Almacena las ganancias totales por venta de producto de la zona Orizaba.
- GananciasVentas_Baguette1 (Stock): Almacena las ganancias totales por venta de producto de la zona Córdoba.
- CostoMerma_Baguette (Stock): Almacena el total del costo de las piezas mermadas de Orizaba.
- CostoMerma_Baguette1 (Stock): Almacena el total del costo de las piezas mermadas de Córdoba.
- Decisión_BCF (Parameter): Contiene el valor que define hacia qué zona se envía más producto.

Se tienen, también algunas variables que se comparten por los diversos productos y proceso las cuales son:

- Producto (Agent): Es el agente generado, que pasa por las diversas etapas del proceso.
- TiendaSiete (Schedule): Indica el horario de apertura de las tiendas en las que se venden los diversos productos.
- Colaboradores_BarraFría (Parameter): Número de personas en el área de barra fría.
- Colaboradores_Pambazo (Parameter): Número de personas en el área de pambazo.
- ProducciónTotalOrizaba (Parameter): Almacena la producción total diaria de la zona Orizaba.
- ProducciónTotalCórdoba (Parameter): Almacena la producción total diaria de la zona Córdoba.
- Picking_Orizaba (Custom Distribution): Contiene los datos de tiempos de picking de Orizaba, en minutos.
- Picking_Córdoba (Custom Distribution): Contiene los datos de tiempos de picking de Córdoba, en minutos.

Todas estas variables, parámetros, eventos y horarios interactúan con los elementos descritos en la Tabla. 4. para la creación del modelo.

productos, cada una de ellas y su contenido fueron descritas a detalle en el subtema 4.4; un ejemplo de esto se muestra en la Fig. 52.

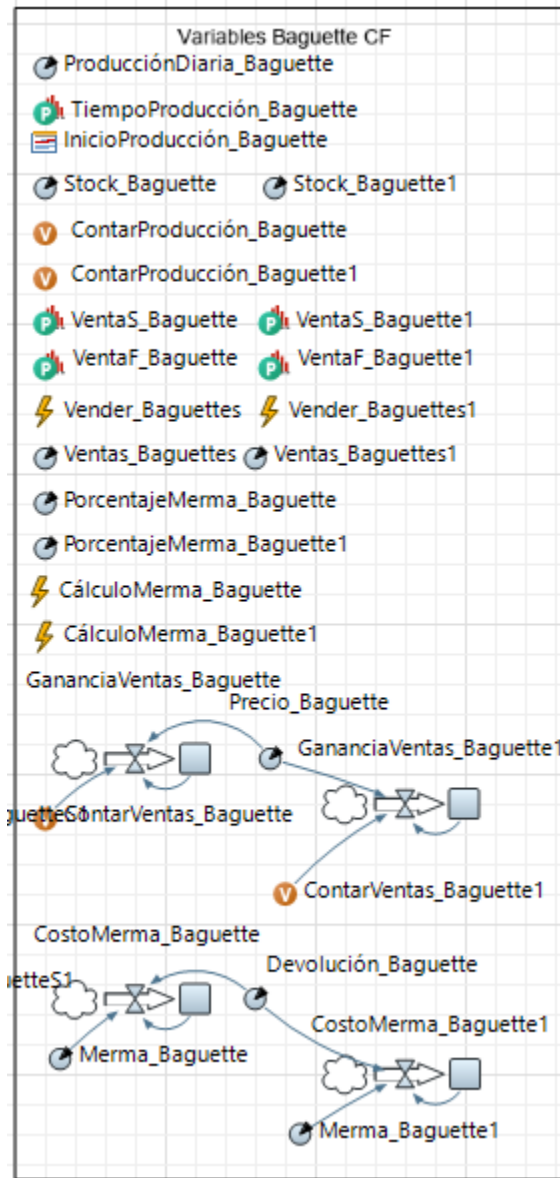


Figura 52. Variables del modelo de simulación para el producto "Baguette CF"

El modelo se divide en cuatro secciones principales, la primera es producción, la segunda es picking, la tercera ventas y por último un resumen de los resultados por producto por zona. A su vez, producción se divide en dos, el área de barra fría y la de pambazo, y cada una de estas con sus respectivos productos; además de una *ResourcePool* la cual depende del número de colaboradores indicados en el parámetro con dicho nombre. La Fig. 53 muestra el área de producción de barra

fría. Como se puede observar en la misma, cada producto cuenta con un *source*, un *service* y se conecta con una “salida” general, además de contar del lado izquierdo con una sección que permite editar los valores de la producción diaria una vez que el modelo se está corriendo. En el *source* se le asigna un nombre específico al producto, que le indicará al agente cual es la ruta que debe seguir. El área de pambazo se encuentra distribuida de la misma forma (Fig.54).

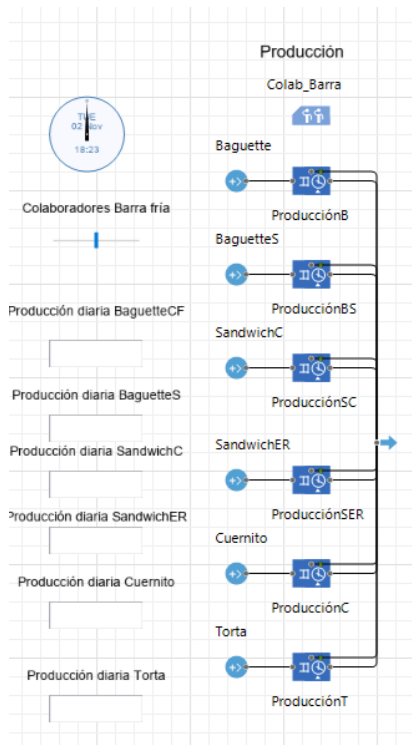


Figura 53. Producción "barra fría" simulador Anylogic

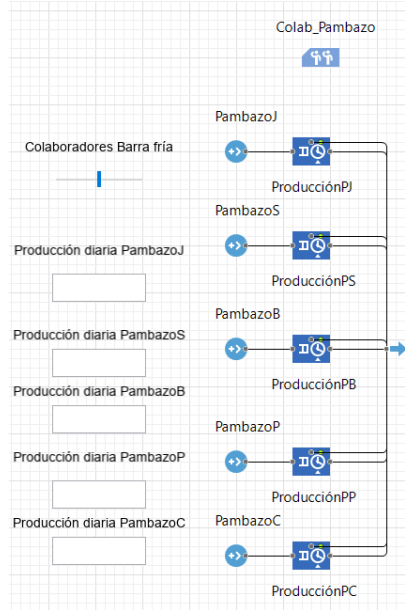


Figura 54. Producción "pambazo" simulador Anylogic

La segunda área es la destinada al picking, en esta se elige que cantidad de productos son destinados para cada zona (Orizaba o Córdoba). La salida del área, tanto de barra fría como de pambazo, envía los productos a una entrada específica para poder decidir por cada uno la cantidad que desea enviarse. Además de esto, se incorpora un *Delay*, dónde se ingresan los tiempos de picking recopilados mediante la aplicación del SGC. Esto se muestra en la Fig. 55.

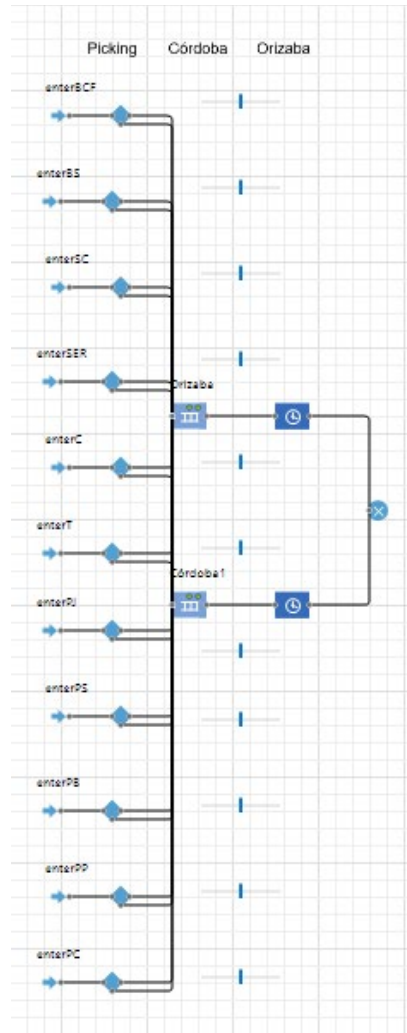


Figura 55. Picking simulador Anylogic

La tercer área, es la correspondiente a ventas. En este caso, debido a que no se hizo un estudio de los tiempos de venta, ni de la frecuencia con que llegan clientes a las tiendas, o se realizan las ventas; se hace uso, únicamente, de las ventas diarias registradas y se lanzan de acuerdo a una distribución personalizada por zona, y diferenciando entre las ventas que se dan de lunes a sábado y los domingos. La Fig.56 representa la venta de las tiendas de la zona Orizaba, de la misma forma se hace con las correspondientes a Córdoba. Cuando la producción diaria está terminada, el *source* correspondiente a cada producto se activa por el evento indicado y se genera una venta aleatoria de acuerdo a la distribución establecida, la cual pasa por un *service*, el cual tiene un tiempo de servicio que sigue una distribución triangular de entre 30 y 60 segundos, solo como referencia; por último los productos “vendidos” se cuentan en los parámetros de ventas y se acumulan en el *sink* para su salida del sistema.

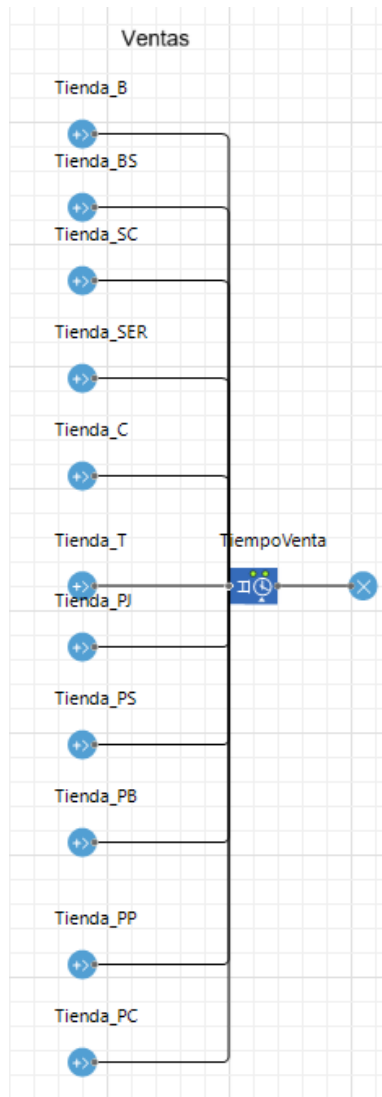


Figura 56. Ventas Orizaba simulador Anylogic

Por último, en la parte derecha, se muestra un resumen de los resultados del modelo para su mejor comprensión. Se encuentran divididos por zona y por área (barra fría y pambazo), además se agregan gráficas de producción, venta y merma por zona y por producto para realizar comparaciones. En la Fig. 57 se muestra la tabla de resultados de la zona Orizaba del área de barra fría, como referencia. La producción diaria del producto se muestra en azul, en verde las piezas vendidas diariamente, en rojo la merma en piezas y en porcentaje en un lado. Por último, en anaranjado se muestran los valores monetarios acumulados por concepto de ventas y merma. En el caso de los productos que no tienen devolución como el pambazo blanco, se tomó en cuenta solo como referencia de las ventas diarias.

Orizaba (Barra fría)	
Baguette carnes frías	
Producción (Pzas)	<text8>
Ventas (Pzas)	<text4>
Merma (Pzas)	<text2> <text15>P>
Ventas	<text51>
Devoluciones	<text52>
Baguette salami	
Producción (Pzas)	<text37>
Ventas (Pzas)	<text35>
Merma (Pzas)	<text33> <text31>P3>
Ventas	<text55>
Merma	<text57>
Sandwich queso crema	
Producción (Pzas)	<text14>
Ventas (Pzas)	<text12>
Merma (Pzas)	<text10> <text179>1>
Ventas	<text01>
Devoluciones	<text59>
Sandwich ensalada rusa	
Producción (Pzas)	<text25>
Ventas (Pzas)	<text23>
Merma (Pzas)	<text21> <text19>P2>
Ventas	<text74>
Devoluciones	<text73>
Queembo	
Producción (Pzas)	<text44>
Ventas (Pzas)	<text42>
Merma (Pzas)	<text40> <text369>4>
Ventas	<text81>
Devoluciones	<text80>
Torta	
Producción (Pzas)	<text184>
Ventas (Pzas)	<text170>
Merma (Pzas)	<text162> <text169>1>
Ventas	<text101>
Devoluciones	<text154>

Figura 57. Resumen de resultados Orizaba "barra fría" Anylogic

Con propósito de demostrar el funcionamiento del modelo de simulación se genera una corrida piloto en conjunto con la jefa de la planta, quien comprueba de manera empírica que los datos representan correctamente el sistema actual. Los resultados obtenidos son mostrados a continuación. (Fig. 58 y 59)

La corrida piloto se llevó a cabo a lo largo de 9 días. En la Fig. 58 se muestran los resultados del área “barra fría” a continuación se describen algunos de ellos, basados en el porcentaje de merma, ya que es el punto de referencia para el estudio. En el caso del baguette de carnes frías, se envían 139 piezas a la zona Orizaba, de las cuales se venden 125, obteniendo un porcentaje de merma de 10.07% y a la zona Córdoba se envían 141 piezas, se venden 125 y el porcentaje de merma obtenido es de 11.34 %. Para el baguette de salami se mandan 145 piezas a Orizaba, se venden 126, y se obtiene una merma de 13.10%, en la zona Córdoba se venden 112 de 119, donde se merma el 5.88%. Por último, para el sándwich de queso crem, se venden 138 piezas de 184 piezas enviadas a Orizaba, con un porcentaje de merma de 25%, mientras que para la zona Córdoba se envían 192 piezas y se venden 159, por lo que se merma el 17.18%.

Orizaba (Barra fría)		Córdoba (Barra fría)	
Baguette carnes frías			
Producción (Pzas)	139	Producción (Pzas)	141
Ventas (Pzas)	125	Ventas (Pzas)	125
Merma (Pzas)	14	Merma (Pzas)	16
	10.072 %		11.348 %
Ventas	552.238	Ventas	511.949
Devoluciones	52.938	Devoluciones	96.404
Baguette salami			
Producción (Pzas)	145	Producción (Pzas)	119
Ventas (Pzas)	126	Ventas (Pzas)	112
Merma (Pzas)	19	Merma (Pzas)	7
	13.103 %		5.882 %
Ventas	2.749.646	Ventas	2.243.02
Merma	407.733	Merma	315.684
Sandwich queso crema			
Producción (Pzas)	184	Producción (Pzas)	192
Ventas (Pzas)	138	Ventas (Pzas)	159
Merma (Pzas)	46	Merma (Pzas)	33
	25 %		17.188 %
Ventas	2.844.611	Ventas	3.362.051
Devoluciones	1.117.53	Devoluciones	827.816

Figura 58. Resultados corrida piloto "barra fría"

La Fig. 59 muestra los resultados de la prueba piloto del área de pambazo, para el pambazo de jamón se envían 1,233 piezas a la zona Orizaba, de las cuales se venden 1,048, se merman 185 piezas, obteniendo un porcentaje de merma de 15%, en la zona Córdoba se envían 1,191 piezas, se venden 1,121 con una merma del 5.87 %. En el caso de los pambazos de salsa y el blanco, no se acepta devolución por políticas de la empresa, sin embargo, se cuenta como merma ya que es el producto que los empleados deben “empujar” la venta de los mismo o de lo contrario se les cobra. Para el pambazo de salsa macha se envían 2,061 a la zona Orizaba y 2,027 a Córdoba, para la primera se obtiene una merma de 1.65% y para la segunda 2.91%. Del pambazo blanco se venden 1,959 piezas de 2,224 enviados a Orizaba, lo que representa el 11.91% de merma, en cuanto a Córdoba se envían 2,175 y se venden 2,000 de estas piezas, lo que corresponde al 19.15% de porcentaje de merma. Por último, para el pambazo de pibil se envían 174 piezas a Orizaba, de las cuales se venden 153, lo que representa el 12.06% de merma, y para la zona Córdoba se venden 151 de las 170 piezas que se envían, con lo que se obtiene el 11.17% de porcentaje de merma.

Orizaba (Pambazo)				Córdoba (Pambazo)			
Pambazo jamón				Pambazo jamón			
Producción (Pzas)	1,233			Producción (Pzas)	1,191		
Ventas (Pzas)	1,048			Ventas (Pzas)	1,121		
Merma (Pzas)	185	15.004 %		Merma (Pzas)	70	5.877 %	
Ventas	24,306.586			Ventas	30,061.353		
Devoluciones	7,841.463			Devoluciones	3,669.493		
Pambazo salsa macha				Pambazo salsa macha			
Producción (Pzas)	2,061			Producción (Pzas)	2,027		
Ventas (Pzas)	2,027			Ventas (Pzas)	1,968		
Merma (Pzas)	34	1.65 %		Merma (Pzas)	59	2.911 %	
Ventas	43,678.47			Ventas	50,477.566		
Devoluciones	10,966.358			Devoluciones	5,413.504		
Pambazo blanco				Pambazo blanco			
Producción (Pzas)	2,224			Producción (Pzas)	2,176		
Ventas (Pzas)	1,959			Ventas (Pzas)	2,000		
Merma (Pzas)	265	11.915 %		Merma (Pzas)	176	19.164 %	
Ventas	44,816.63			Ventas	51,481.49		
Devoluciones	12,231.518			Devoluciones	7,004.005		
Pambazo pibil				Pambazo pibil			
Producción (Pzas)	174			Producción (Pzas)	170		
Ventas (Pzas)	153			Ventas (Pzas)	151		
Merma (Pzas)	21	12.069 %		Merma (Pzas)	19	11.176 %	
Ventas	3,248.489			Ventas	3,624.503		
Devoluciones	1,348.843			Devoluciones	894.914		

Figura 59. Resultados corrida piloto "pambazo"

Al momento de correr el modelo, lo primero que se muestra es un panel donde se puede configurar la simulación. Los parámetros incluidos en este, son únicamente el número de colaboradores por área y la producción diaria de cada producto (Fig. 60). Incluso cuando al inicio de la simulación se configuran las cantidades de producción, a lo largo de la misma se posible modificarlas, de forma que si se observa un incremento o decremento considerable de la merma se pueden realizar cambios. De igual manera con el número de colaboradores, a lo largo de los días e incluso durante la producción. En caso de que sea una zona en específico la que esté mermando producto en exceso, se puede decidir si se le manda menos piezas de cada producto en específico, y con esto minimizar la probabilidad de perdidas, por el contrario, si se observa que la tendencia de cierta zona al vender un producto aumenta se puede aumentar la cantidad de piezas enviadas a esta. Las variables editables se muestran como *sliders* o *text box* en el modelo, y algunos ejemplos de estas se muestran en la Fig. 61, señaladas con anaranjado. Para el caso de decisión entre zonas, se cuenta con un *slider*, el cual, mientras el valor sea más cercano a 0 se enviará más producto a Córdoba; por el contrario, mientras se encuentre más cerca del 1, se enviarán más piezas de producto a Orizaba.

Configuración de producción

<p>Colaboradores Barra fría</p> <p><input type="range"/></p> <p>Producción diaria BaguetteCF <input type="text"/></p> <p>Producción diaria BaguetteS <input type="text"/></p> <p>Producción diaria SandwichC <input type="text"/></p> <p>Producción diaria SandwichER <input type="text"/></p> <p>Producción diaria Cuernito <input type="text"/></p> <p>Producción diaria Torta <input type="text"/></p>	<p>Colaboradores Pambazo</p> <p><input type="range"/></p> <p>Producción diaria PambazoJ <input type="text"/></p> <p>Producción diaria PambazoS <input type="text"/></p> <p>Producción diaria PambazoB <input type="text"/></p> <p>Producción diaria PambazoP <input type="text"/></p> <p>Producción diaria PambazoC <input type="text"/></p>
--	---

Figura 60. Interfaz del usuario Anylogic

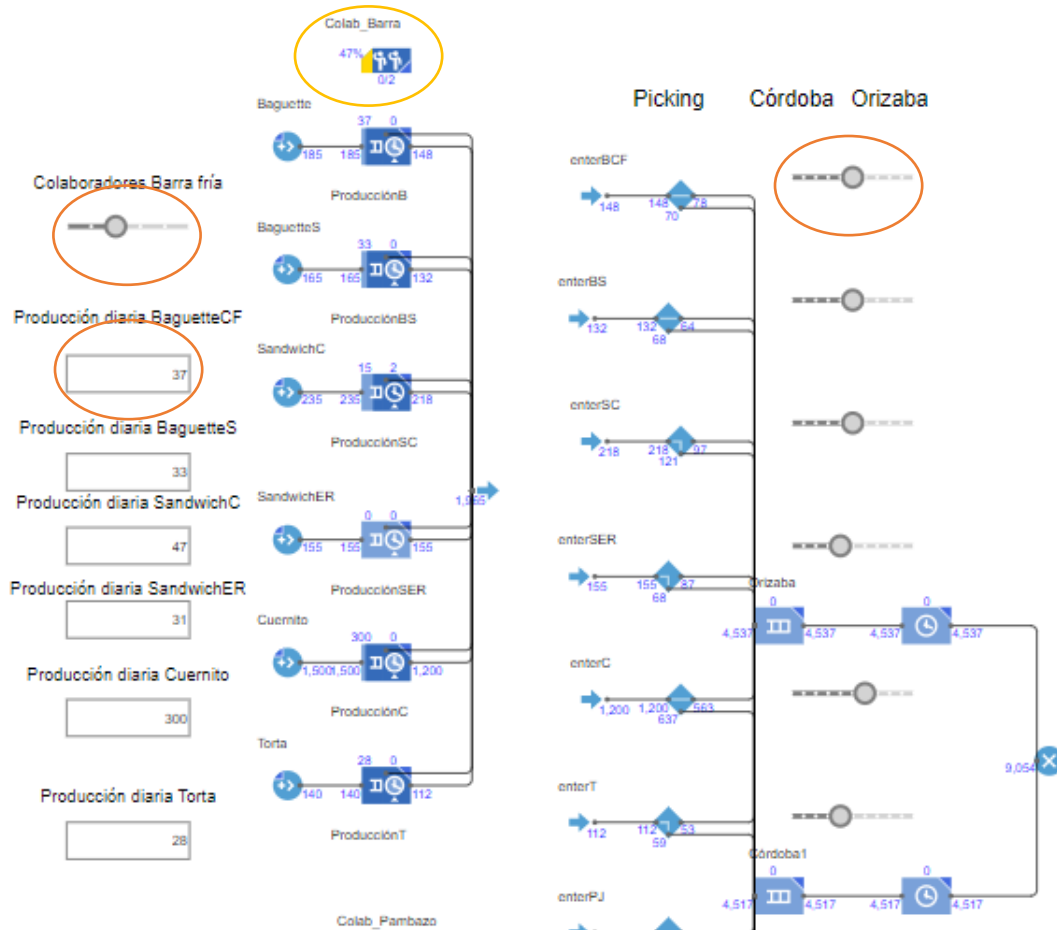


Figura 61. Variables editables simulador Anylogic

En la Fig. 61 se observa el porcentaje de ocupación de los colaboradores de barra fría, únicamente durante el proceso productivo, debido a que se requiere una mejor documentación de las actividades, así como de los tiempos de cada una. Sin embargo, con esto, es posible evaluar si el número de colaboradores es eficiente para el proceso. En este caso se tiene establecido que para el área de barra fría se tiene dos trabajadores, los cuales registraron un porcentaje de ocupación del 47%. De la misma forma se designó para el área de pambazo.

4.7 Validación del modelo

El objetivo, así como la utilidad de un modelo de simulación se basa en la importancia de representar adecuadamente el modelo real, dando resultados coherentes y cercanos a los obtenidos en mediante la observación y medición del proceso. Es por esto que se requiere realizar una validación, la cual consiste en verificar que los datos obtenidos por el simulador sean estadísticamente iguales o cercanos a los obtenidos del sistema real, con lo que se acepta o rechaza el modelo como herramienta de análisis del sistema. En este caso la validación se hace en relación con el porcentaje de merma obtenido, haciendo uso de la prueba de t-pareada de dos muestras en Minitab.

4.7.1 Aplicación de la prueba t-pareada

La prueba de t-pareada se aplicó a los 6 productos del área barra fría, esto con el objetivo de asegurar el correcto funcionamiento del modelo, así como el hecho de que los resultados obtenidos por la simulación representan correctamente el sistema real. La Tabla 7. muestra los porcentajes de merma reales obtenidos de la PAC y los obtenidos durante 10 corridas experimentales, separados por zona y por producto. Los resultados de la prueba se obtuvieron usando el software Minitab 18, con la herramienta t de dos muestras. En la columna Prueba t-pareada a la derecha de cada conjunto de datos se muestran dichos resultados. Estadísticamente se concluye:

- Con un nivel de confianza del 95% y debido a que todos los intervalos de confianza contienen el valor 0, y las diferencias entre ambos grupos de datos no es significativa, se comprueba que los datos obtenidos por el simulador son representativos del sistema real.

- En cuanto al valor de P; dado que en todos los casos este valor es mayor que el nivel de significancia, que es $\alpha=0.05$, no puede rechazarse la hipótesis nula, por lo se tiene suficiente evidencia para concluir que la diferencia entre las medias de las poblaciones no es estadísticamente significativa.

Con esto se comprueba la validez del modelo de simulación.

Capítulo 4. Optimización bajo el enfoque de agentes

Tabla 7. Prueba t-pareada modelo simulación

Corrida	Producto	Orizaba		Prueba t-pareada	Córdoba		Prueba t-pareada
		Merma real (%)	Merma simulador (%)		Merma real (%)	Merma simulador (%)	
1	BaguetteCF	32.4%	12.102%	<p>Estimación de la diferencia</p> <p>IC de 95% para la diferencia</p> <p>Diferencia $\frac{\text{IC de 95% para la diferencia}}{\text{Diferencia}}$</p> <p>0.0869 (-0.0347, 0.2086)</p> <p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$</p> <p>Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <p>Valor T GL Valor p</p> <p>1.56 12 0.145</p>	10.8%	8.633%	<p>Estimación de la diferencia</p> <p>IC de 95% para la diferencia</p> <p>Diferencia $\frac{\text{IC de 95% para la diferencia}}{\text{Diferencia}}$</p> <p>0.0869 (-0.0347, 0.2086)</p> <p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$</p> <p>Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <p>Valor T GL Valor p</p> <p>1.56 12 0.145</p>
2		16.2%	3.086%		16.2%	4.478%	
3		54.1%	11.409%		10.8%	13.605%	
4		32.4%	5.797%		5.4%	10.127%	
5		16.2%	26.573%		10.8%	7.190%	
6		37.8%	10.000%		16.2%	10.897%	
7		5.4%	17.105%		10.8%	4.861%	
8		5.4%	21.966%		5.4%	18.065%	
9		10.8%	13.018%		5.4%	6.299%	
10		10.8%	13.636%		16.2%	1.408%	
1	BaguetteS	12.1%	15.267%	<p>Estimación de la diferencia</p> <p>IC de 95% para la diferencia</p> <p>Diferencia $\frac{\text{IC de 95% para la diferencia}}{\text{Diferencia}}$</p> <p>0.0553 (-0.0268, 0.1375)</p> <p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$</p> <p>Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <p>Valor T GL Valor p</p> <p>1.47 12 0.168</p>	12.1%	6.767%	<p>Estimación de la diferencia</p> <p>IC de 95% para la diferencia</p> <p>Diferencia $\frac{\text{IC de 95% para la diferencia}}{\text{Diferencia}}$</p> <p>0.0448 (-0.0135, 0.1032)</p> <p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$</p> <p>Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <p>Valor T GL Valor p</p> <p>1.67 12 0.120</p>
2		24.2%	21.374%		18.2%	10.526%	
3		18.2%	19.531%		18.2%	16.176%	
4		24.2%	21.324%		6.1%	6.250%	
5		36.4%	26.154%		12.1%	7.463%	
6		6.1%	17.073%		30.3%	12.766%	
7		36.4%	15.152%		12.1%	12.879%	
8		36.4%	10.569%		18.2%	14.849%	
9		24.2%	13.077%		24.2%	14.925%	
10		12.1%	15.441%		6.1%	10.156%	
1	SandwichC	12.8%	4.839%	<p>Estimación de la diferencia</p> <p>IC de 95% para la diferencia</p> <p>Diferencia $\frac{\text{IC de 95% para la diferencia}}{\text{Diferencia}}$</p> <p>0.0110 (-0.0407, 0.0626)</p> <p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$</p> <p>Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <p>Valor T GL Valor p</p> <p>0.45 17 0.660</p>	12.8%	23.684%	<p>Estimación de la diferencia</p> <p>IC de 95% para la diferencia</p> <p>Diferencia $\frac{\text{IC de 95% para la diferencia}}{\text{Diferencia}}$</p> <p>0.0090 (-0.0403, 0.0583)</p> <p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$</p> <p>Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <p>Valor T GL Valor p</p> <p>0.39 17 0.704</p>
2		8.5%	12.903%		21.3%	14.737%	
3		17.0%	12.696%		17.0%	16.578%	
4		8.5%	7.071%		21.3%	14.045%	
5		12.8%	15.508%		25.5%	18.519%	
6		21.3%	5.000%		12.8%	12.766%	
7		12.8%	22.220%		21.3%	12.245%	
8		8.5%	6.316%		17.0%	8.602%	
9		17.0%	17.098%		12.8%	14.754%	
10		4.3%	8.791%		8.5%	25.258%	
1	SandwichER	19.4%	5.042%	<p>Estimación de la diferencia</p> <p>IC de 95% para la diferencia</p> <p>Diferencia $\frac{\text{IC de 95% para la diferencia}}{\text{Diferencia}}$</p> <p>-0.0133 (-0.0784, 0.0518)</p> <p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$</p> <p>Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <p>Valor T GL Valor p</p> <p>-0.43 17 0.672</p>	12.9%	32.308%	<p>Estimación de la diferencia</p> <p>IC de 95% para la diferencia</p> <p>Diferencia $\frac{\text{IC de 95% para la diferencia}}{\text{Diferencia}}$</p> <p>-0.0011 (-0.0731, 0.0709)</p> <p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$</p> <p>Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <p>Valor T GL Valor p</p> <p>-0.03 17 0.974</p>
2		25.8%	22.034%		12.9%	32.308%	
3		25.8%	25.362%		25.8%	22.222%	
4		6.5%	17.188%		12.9%	24.167%	
5		19.4%	24.286%		19.4%	18.519%	
6		6.5%	13.913%		32.3%	27.820%	
7		12.9%	8.800%		12.9%	20.325%	
8		12.9%	19.200%		25.8%	19.512%	
9		19.4%	22.500%		25.8%	35.938%	
10		19.4%	22.727%		25.8%	10.606%	
1	Cuernito	7.4%	12.012%	<p>Estimación de la diferencia</p> <p>IC de 95% para la diferencia</p> <p>Diferencia $\frac{\text{IC de 95% para la diferencia}}{\text{Diferencia}}$</p> <p>0.0307 (-0.0264, 0.0878)</p> <p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$</p> <p>Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <p>Valor T GL Valor p</p> <p>1.16 13 0.267</p>	19.3%	23.083%	<p>Estimación de la diferencia</p> <p>IC de 95% para la diferencia</p> <p>Diferencia $\frac{\text{IC de 95% para la diferencia}}{\text{Diferencia}}$</p> <p>-0.0293 (-0.0744, 0.0158)</p> <p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$</p> <p>Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <p>Valor T GL Valor p</p> <p>-1.38 16 0.188</p>
2		14.1%	9.660%		32.6%	30.069%	
3		23.7%	21.145%		27.4%	21.582%	
4		17.0%	8.043%		25.2%	27.703%	
5		20.7%	10.690%		22.2%	23.575%	
6		3.0%	11.553%		25.2%	24.980%	
7		10.4%	9.083%		25.9%	23.187%	
8		26.7%	15.310%		19.3%	23.077%	
9		18.5%	13.230%		17.8%	26.414%	
10		11.1%	11.199%		14.1%	34.512%	
1	Torta	7.1%	5.983%	<p>Estimación de la diferencia</p> <p>IC de 95% para la diferencia</p> <p>Diferencia $\frac{\text{IC de 95% para la diferencia}}{\text{Diferencia}}$</p> <p>0.0215 (-0.0232, 0.0662)</p> <p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$</p> <p>Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <p>Valor T GL Valor p</p> <p>1.02 17 0.324</p>	21.4%	13.084%	<p>Estimación de la diferencia</p> <p>IC de 95% para la diferencia</p> <p>Diferencia $\frac{\text{IC de 95% para la diferencia}}{\text{Diferencia}}$</p> <p>0.0299 (-0.0454, 0.1041)</p> <p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$</p> <p>Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$</p> <p>Valor T GL Valor p</p> <p>0.86 11 0.406</p>
2		14.3%	16.541%		14.3%	24.176%	
3		7.1%	14.055%		14.3%	15.741%	
4		21.4%	10.370%		21.4%	17.797%	
5		7.1%	4.651%		7.1%	12.632%	
6		14.3%	13.203%		21.4%	16.102%	
7		7.1%	3.636%		42.9%	22.807%	
8		14.3%	8.696%		14.3%	13.761%	
9		7.1%	10.833%		28.6%	15.385%	
10		14.3%	4.808%		14.3%	19.167%	

4.8 Optimización

El objetivo específico de esta optimización es reducir la merma, tomando en cuenta las restricciones del software en la versión estudiante, se aplica únicamente para el área de barra fría, a tres de los seis productos que la componen (Baguette de carnes frías, sándwich de crema y cuernito). Se hace uso de la herramienta *Optimization Experiment* del mismo software la cual será configurada tomando en cuenta el siguiente planteamiento.

- Función objetivo: Minimizar el porcentaje de merma de las zonas Orizaba y Córdoba de los tres productos.
- Variables de salida: Producción diaria y cantidad de piezas a enviar a cada zona, las cuales están designadas por las variables ejemplificadas como: ProducciónDiaria_Baguette y Decisión_BCF, donde el tipo de producto cambia para cada caso. Los rangos para cada producto se establecen por separado, mientras que para la variable Decisión, se fijan en un rango mínimo de 0 y un máximo de 1 con un intervalo de 0.01.
- Restricciones: La merma diaria debe ser mayor o igual a cero; ya que no se permite reposición.
- Se toman en cuenta las réplicas sugeridas por el software, por lo que se realizan 200 iteraciones con 10 réplicas cada una.

La restricción de la versión de prueba es que el número de variables no debe ser mayor a siete, en este caso se corren los tres productos al mismo tiempo, obteniendo un porcentaje de merma que incluye la suma de la merma de los tres productos en las dos zonas. Para esto fue necesario la implementación de un elemento llamado *function*. La función devuelve el valor de una expresión cada vez que el usuario la llama desde el modelo. Las funciones son útiles cuando necesita reutilizar la misma función en varios lugares del modelo. Está es usada como función objetivo.

Durante la optimización paralela, el resultado óptimo se encuentra en la iteración 128, con una merma total del 56.68% para los tres productos. Los resultados de la optimización se muestran en la Fig. 62.

Optimization

	Current	Best
Iterations completed:	203	128
Replications:	10	10
Objective: ↓	57.379	56.681
Parameters	Copy best	
ProducciónDiaria_Baguette	40	40
ProducciónDiaria_SandwichER31		31
ProducciónDiaria_Cuernito	290	290
Decisión_BCF	0.52	0.53
Decisión_SC	0.57	0.58
Decisión_C	0.55	0.55

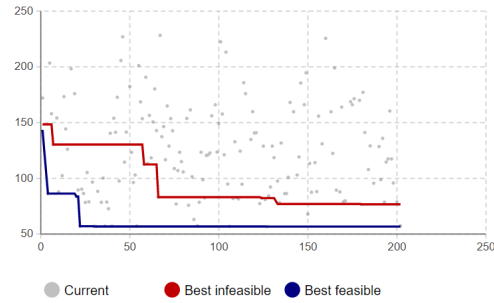


Figura 62. Resultados optimización Anylogic

La configuración usada para las cantidades producción son:

- BaguetteCF
 - Tipo: int
 - Mínimo 35
 - Máximo 45
 - Intervalo: 1
- SandwichER:
 - Tipo: int
 - Mínimo 28
 - Máximo 33
 - Intervalo: 1
- Cuernito
 - Tipo: int
 - Mínimo 270
 - Máximo 320
 - Intervalo: 1

Cada uno de los productos se corre de manera individual, para observar si existe diferencias entre lo encontrado por la primer optimización, donde se encuentran los tres en paralelo. Para esto se usan 100 iteraciones con 10 réplicas. Los resultados correspondientes a la optimización individual

del BaguetteCF se muestran en la Fig. 63. En esta se puede observar que se recomienda producir 36 baguettes diarios comparado con el anterior donde se recomienda producir 40, con un valor de decisión del 0.4, comparado con 0.53 de la primer optimización, por último, estos valores se usan para obtener un porcentaje de merma aproximado de 10.51% para la optimización individual.

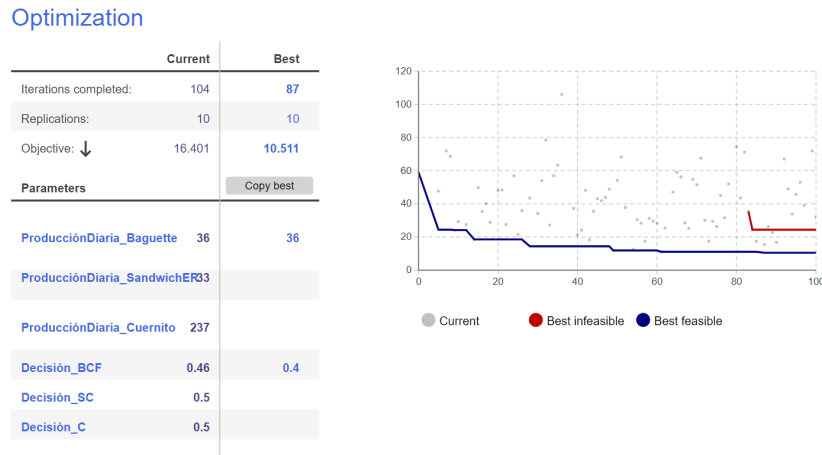


Figura 63. Optimización individual BaguetteCF Anylogic

Los valores obtenidos en la optimización individual de producto SandwichER se muestran en la Fig. 64, en estos se propone producir 31 piezas diarias, de la misma forma que en la optimización paralela, para el valor de decisión propone 0.52, mientras que en la anterior el valor es de 0.58; el porcentaje de merma aproximado alcanzado es de 17.95%.

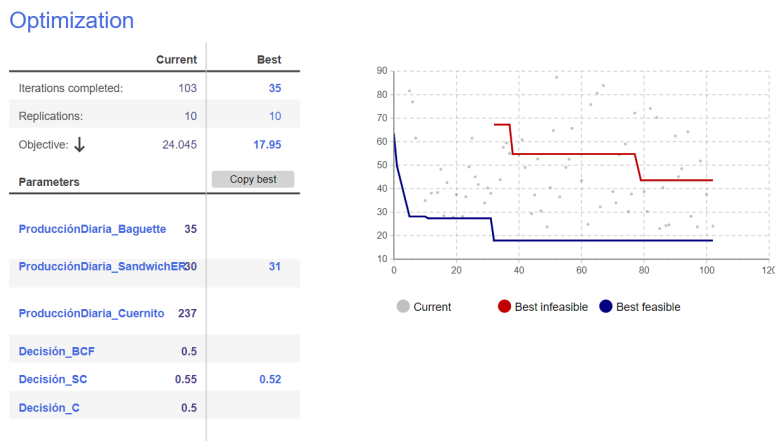


Figura 64. Optimización individual sandwichER Anylogic

Por último, para el producto Cuernito la optimización (Fig. 65.) propone producir 273 piezas con un valor de decisión de 0.6, donde se alcanza una merma aproximada de 17.466%; comparado con la simulación paralela donde se indica que deben producirse 290 piezas con un valor de decisión de 0.5.

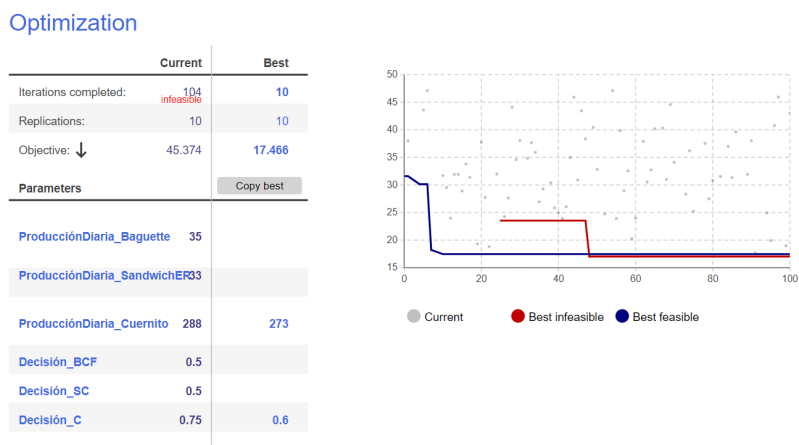


Figura 65. Optimización individual cuernito Anylogic

Los valores de las optimizaciones individuales difieren de la paralela, por lo que se puede concluir que la venta de los productos tiene relación entre ellos. Es necesario un estudio de los seis productos en paralelo, para poder comparar los valores obtenidos y comprobar o descartar la dependencia. Esto puede ser, también, producto de la preferencia de los clientes, sin embargo, por el alcance del proyecto no se incluye como variable.

4.9 Estrategias de decisión para la optimización del proceso

Una estrategia de decisión es el procedimiento a través del cual se plantea un método para controlar y mejorar el desarrollo de una empresa, facilitando el crecimiento mediante la detección de objetivos generales, para los que después se plantean objetivos particulares y centrados en los procesos o personas pertinentes.

A continuación (Tabla 8) se plantean algunas de ellas, basadas en las áreas de mejora encontradas a lo largo de este proyecto, sus objetivos, acciones y el horizonte de aplicación, en el que se plantea pueden llevarse a cabo; la gran mayoría requieren de acciones permanentes y constantes, ya que la implementación de los sistemas de calidad demanda dar seguimiento a cada una de sus partes.

Todas ellas con el fin de dar seguimiento a las acciones ya implementadas por el SGC, mejorar el rendimiento y aprovechamiento de los recursos, gracias al análisis de los datos recabados, minimizar el porcentaje de merma de la variedad de productos, mejorar la distribución de los mismos y por lo tanto maximizar las ganancias de la empresa. Aunado a todo esto, se mantiene en vista, el objetivo a largo plazo de obtener la certificación correspondiente y, una vez conseguido, mantenerla vigente.

Tabla 8. Propuestas para la optimización del proceso

Sistema de gestión de calidad		Horizonte de aplicación	
Área de aplicación	Objetivo	Acciones	Horizonte de aplicación
Jefatura PAC	*Seguimiento de las áreas implicadas en la implementación del SGC *Estandarizar todos los procesos pertinentes a la administración y producción de la PAC	*Capacitación constante y permanente, monitoreo y seguimiento del personal y herramientas ya aplicadas a los procesos administrativos y productivos brindadas por el SGC *Documentación y creación de formatos de aquellas actividades pertinentes que forman parte de la cadena de suministro de la PAC	*La capacitación se requiere para introducir a los nuevos colaboradores el uso y la importancia de la aplicación del SGC, por lo que depende del ingreso de estos. *La capacitación de seguimiento al personal actual para no perder de vista los objetivos del manual de calidad dependerá de la frecuencia que plantee el responsable de la misma *La documentación de las actividades depende de la complejidad de las mismas, así como del uso de maquinarias y equipos que se emplean, por lo que el tiempo de creación y aplicación de los formatos generados puede ser variable, de igual forma depende de la cantidad de personas implicadas en la actividad
Jefatura PAC	*Recopilar y analizar la información facilitada por la documentación del manual de calidad	*Designar un responsable que se encargue de recopilar la información concerniente a la producción, descargarla en el archivo adecuado, para su posterior análisis *Analizar la información recabada y dar retroalimentación a los colaboradores con el fin de optimizar recursos	*Ambas actividades deben ser realizadas periódicamente para mantener los sistemas actualizados y no perder los beneficios encontrados gracias a la implementación del SGC
Proceso productivo	*Corroborar que los colaboradores se encuentren capacitados en el uso y aplicación de las herramientas del manual de calidad *Mantener el manual de calidad actualizado de acuerdo a las necesidades de la planta	*Realizar evaluaciones periódicas del correcto uso y aplicación del SGC al personal de proceso *Auditorías internas *Modificación y evaluación periódica de los formatos y documentos que se consideren pertinentes	*Ambas actividades deben ser calendarizadas de acuerdo a la normativa aplicable y las necesidades de la jefa de la planta
Modelo de simulación			
Jefatura PAC	*Evaluar el desempeño de las tiendas a las que se les distribuye el producto	*Complementar el modelo de simulación con la información de ventas correspondientes a las tiendas de la zona Orizaba-Córdoba donde se distribuye el producto para poder observar el desempeño de las mismas y decidir si es necesario reducir o aumentar la cantidad de cada variedad de producto que se les envía.	*La recolección de información se sugiere se lleve a cabo a lo largo de al menos un año para observar adecuadamente el flujo de ventas *Se requiere un periodo aproximado de 4 meses para el modelado y programación del simulador, una vez se tiene la información necesaria *El modelo debe mantenerse actualizado, por lo que se requieren revisiones periódicas
Jefatura PAC	*Evaluar la ocupación de los trabajadores para seleccionar la distribución óptima que contribuya a reducir los tiempos de proceso	*Modelar dentro del simulador el total de las actividades documentadas dentro del proceso para evaluar el desempeño de los trabajadores y optimizar su ocupación	*Una vez recolectada la información se requiere un periodo de aproximadamente 4 meses para la adición de las actividades al modelo de simulación
Jefatura PAC	*Realizar los cambios adecuados en el plan de producción	*Con ayuda del simulador y el análisis de los resultados obtenidos, modificar el programa de producción, la distribución del personal y de los materiales, con el fin de minimizar la cantidad de productos mermados y maximizar las ventas	*De acuerdo al producto se debe analizar la tendencias de ventas y tiempos de producción cada vez que se considere pertinente

Fuente: Creación propia

4.10 Conclusiones

Anylogic es un software que cuenta con herramientas muy versátiles que se adaptan a muchos y variados procesos, en este caso, el proceso productivo y de ventas de una planta de alimentos, lo que permitió desarrollar un modelo de simulación el cual se describe en este capítulo. Este modelo demostró a través de pruebas empíricas y estadísticas su capacidad para representar fielmente el sistema real, por lo que se puede confiar que, una vez que se modifican los valores de cantidades de producción, número de colaboradores y el porcentaje de piezas que se envían a cada zona, los resultados obtenidos son confiables, y pueden ser utilizados para una mejor toma de decisiones.

Al utilizar la herramienta de optimización, que en este caso se utiliza para minimizar el porcentaje de merma de cada producto, sin embargo, es posible, al modificar las variables de entrada y agregar variables dentro de la sección de ventas, utilizar la misma herramienta para maximizar las ventas, lo cual podría ser una propuesta para darle continuidad al proyecto.

Conclusiones

La Planta de Alimentos C, a pesar de que el tiempo de su posicionamiento en el mercado es relativamente corto, se ha logrado posicionar en un buen lugar en el gusto de la población, ofreciendo productos frescos, variados y sobre todo como una solución rápida para los trabajadores y estudiantes que los consumen, ya que esos son su mercado principal; es por esto que se busca la integración del SGC como parte fundamental del desarrollo y crecimiento de la misma, ya que es ahora cuando se necesita tener un correcto control de los procesos, y de esta forma seguir ofreciendo productos de calidad, tomando las mejores decisiones logrando con esto el mejoramiento de los planes de producción y, a su vez la reducción de merma y maximizando las ganancias.

Este trabajo establece un precedente para la implementación de un SGC, lo cual es muchas veces la parte más difícil para las empresas, la capacitación del personal y que estos se adapten a la documentación de actividades. Dándole seguimiento al plan de trabajo propuesto, se demostró que es posible lograr un mejor aprovechamiento de los recursos, además de cumplir con las normativas vigentes que rigen este tipo de empresas, ya que, el objetivo final de la implementación de estas medidas es, en un futuro cercano, contar con las certificaciones pertinentes que les permitan seguir operando en la zona. Estas certificaciones de calidad le ofrecen al consumidor la seguridad de consumir los productos de la PAC, además de que abre la posibilidad a llegar a un mercado mayor.

Como puede observarse, a lo largo del proceso de simulación y optimización, se requiere una documentación más completa de los recursos y procesos, para poder representar fielmente el sistema, lo cual trae consigo beneficios a corto y largo plazo. Ya que pretende diversificarse la producción, este tipo de simulaciones permite encontrar las áreas de mejora y oportunidad dentro de los productos ya existentes, así como la posible respuesta ante los candidatos.

La simulación como herramienta en los procesos consigue la posibilidad de realizar cambios sin tener que disponer de recursos monetarios, humanos y de tiempo, lo cual podría significar pérdidas para las empresas. Trabajado en conjunto con análisis estadísticos y optimización, se pueden obtener mejores resultados que aquellos sólo basados en la experiencia del personal a cargo. Hoy en día, es importante utilizar la tecnología como pilar de desarrollo, ya que de esto podría depender el éxito o fracaso de una institución.

Dadas las limitaciones del software en su versión estudiante no es posible el análisis del sistema completo, sin embargo, se demuestra que es factible y que provee resultados confiables, con los que se pueden tomar decisiones teniendo mayor certeza en su aplicación, además por el alcance del estudio solo se logra analizar una parte del proceso, y aun así proporciona un instrumento útil en dos áreas de la PAC, las cuales son consideradas como las más importantes debido al aporte monetario que estas conllevan. Concluyendo con esto, que se alcanzaron los objetivos planteados al principio del estudio, y ofreciendo respuestas factibles para las problemáticas internas planteadas a lo largo del mismo.

En cuanto a recomendaciones, este trabajo propone lo siguiente:

- Seguimiento y expansión del SGC a las áreas de transporte y ventas.
- Documentación de las actividades fuera del proceso productivo, con el fin de establecer un mejor control del personal, así como su aprovechamiento.
- Análisis de mercado extenso para conocer la factibilidad de nuevos productos y replantear los ya existentes.
- Capacitación continua al personal.
- Aplicación de la simulación al sistema completo para la optimización de recursos, minimizar el porcentaje de producto mermado y maximizar las ganancias.
- Análisis de las rutas y las tiendas para conocer una mejor distribución del producto.

Referencias

- AnyLogic Company . (2021). *AnyLogic*. Obtenido de <https://www.anylogic.com/use-of-simulation/multimethod-modeling/>
- Aracil, J., & Gordillo, F. (1997). *Dinámica de sistemas*. Alianza.
- Banks, J. (1998). *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*. John Wiley & Sons.
- Calva, R. C. (2014). *Lean Sis Sigma. TOC. Simplificado*.
- Carmona, A. (1998). *Toma de decisiones. Análisis y entorno organizativo*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Casadesús Fa, M., Heras Saizarbitoria, I., & Karapetrovic , S. (2009). Sistemas de gestión estandarizados; ¿Existen sinergias? *Revist Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 161-174.
- De la Guerra, J. (2015). *Universidad para el desarrollo andino*. Obtenido de Las siete herramientas de la calidad: <http://repositorio.udea.edu.pe/handle/123456789/62>
- Delgado Tobar , M., & Trujillo Ardila, S. (2013). Estandarización de procesos en una empresa del sector de la construcción para cumplir con los requisitos de la norma internacional ISO 9000:2018. Santiago de Cali.
- Galgano, A. (1995). *Los siete instrumentos de la calidad total*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Gan Bustos, F., & Triginé Prats , J. (2012). *Análisis de problemas y toma de decisiones*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- García, M. (2021). *Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de sistemas*. España: Innova.
- Icesi . (2021). Obtenido de Icesi Digital Library: https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/
- Maisel , H., & Gnugnoli, G. (1972). *Simulation of Discrete Stochastic Systems*. Science Research Associates.
- Moraleda, A. U., & Villalba, C. M. (2013). *Modelado y simulación de eventos discretos*. Madrid: UNED.

- Naylor, T. (1966). *Computer simulation techniques*. John Wiley & Sons.
- Normas Oficiales Mexicanas. (2009). *NOM-251-SSA1 Practicas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios*.
- Ohnari, M. (1998). *Simulation Engineering*. IOS Press.
- Ontiveros, A., & Posada, M. (2018). *Introducción al modelado basado en agentes*. San Luis Potosí, México: El colegio de San Luis.
- Organización Internacional de Normalización. (2015). *ISO 9000 Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario*.
- Organización Internacional de Normalización. (2015). *ISO 9001 Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos*.
- Organización Internacional de Normalización. (2018). *ISO 22000 Sistemas de administración de la inocuidad/seguridad de los alimentos - Requerimientos para cualquier organización en la cadena alimentaria*.
- Rincón, R. (2002). Modelo para la implementación de un sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9001. *Universidad EAFIT*, 47-55.
- Robinson, S. (2004). *Simulation: The Practice of Model Development and Use*. John Wiley & Sons.
- Shannon, R. (1975). *Systems Simulation: The Art and Science*. Prentice Hall .
- Summers, D. (2006). *Administración de la calidad*. México: Pearsons Educación .
- Tous, D., Parra, V., & Cordero, M. (2019). *Sistemas de producción. Análisis de las actividades primarias de la cadena de valor*. Madrid: ESIC EDITORIAL.
- Tuya, J., Ramos Román , I., & Dolado Cosin, J. (2007). *Técnicas cuantitativas para gestión en la ingeniería del software*. España: Gesbiblo.
- UNAL. (19 de 08 de 2020). Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <https://unal.edu.co/al-dia/>

Velázquez Mastretta, G. (1996). *Administración de los sistemas de producción* . México :
LIMUSA.