

Análisis Del Porcentaje De Ocupación De Las Líneas De Producción De La Planta CC
Conservas Mediante El Diseño De Una Herramienta En Microsoft Excel Con Integración De
Variables Operativas Y Simulación De Escenarios

Juan Sebastián Pérez Mesa



Unidad Central Del Valle Del Cauca

Facultad De Ingeniería - Ingeniería Industrial

Pregrado

Tuluá, Valle

2024

Análisis Del Porcentaje De Ocupación De Las Líneas De Producción De La Planta CC
Conservas Mediante El Diseño De Una Herramienta En Microsoft Excel Con Integración De
Variables Operativas Y Simulación De Escenarios

Juan Sebastián Pérez Mesa

Trabajo de grado presentado para optar por el título de Ingeniero Industrial

Director: Esp. Adolfo León Buriticá Olaya

Codirector: Ing. Alexander Jojoa Pérez



Unidad Central Del Valle Del Cauca

Facultad De Ingeniería - Ingeniería Industrial

Pregrado

Tuluá, Valle

2024

Dedicatoria

A mis padres y hermana, por su amor incondicional, por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia; por su apoyo constante y por creer siempre en mí.

A mi pareja, por su paciencia, comprensión y por ser mi mayor inspiración.

A la Unidad Central del Valle del Cauca y a la Facultad de Ingeniería, por brindarme las herramientas y el conocimiento necesario para alcanzar este logro académico.

A la empresa CC Conservas, por su invaluable apoyo y oportunidad de crecimiento profesional durante este proceso.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. A mi abuelo, mi ángel que me acompaña desde el cielo, por ser mi inspiración constante. A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo y sus sacrificios para que yo pudiera llegar hasta aquí. A mi familia, por su aliento y confianza en cada momento, y a mi pareja, por su paciencia, comprensión y apoyo inquebrantable.

Al ingeniero Alexander Jojoa, mi mentor y guía durante el proceso de prácticas, gracias por compartir su valioso conocimiento conmigo y por su orientación constante. Al ingeniero Adolfo León Buriticá, mi director de tesis, por su invaluable apoyo, paciencia y dedicación durante la elaboración de esta tesis. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Resumen

El presente trabajo de grado tuvo como propósito **analizar el porcentaje de ocupación de las líneas de producción de la planta CC Conservas**, ubicada en Tuluá, Valle del Cauca, mediante el diseño, implementación y validación de una herramienta desarrollada en Microsoft Excel. La investigación se orientó bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo y aplicado, utilizando datos históricos reales del año 2024, técnicas de análisis estadístico, modelación matemática básica y simulación de escenarios.

En el diagnóstico inicial se identificaron brechas significativas entre la capacidad instalada y la producción real, con líneas que presentaron niveles de ocupación inferiores al 30 % y otras que superaron el 100 %, evidenciando tanto subutilización como sobrecarga operativa. La herramienta diseñada integró variables críticas como velocidad estándar, eficiencia global del proceso (EGP), días operativos, volúmenes programados y paros programados y no programados, permitiendo automatizar cálculos, generar visualizaciones tipo semáforo y proyectar escenarios alternativos de programación y redistribución de carga.

La validación se realizó mediante comparación con cálculos manuales y con el Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE), obteniendo un resultado de 0 %, lo que confirma la precisión y confiabilidad de la herramienta. Entre los hallazgos más relevantes se comprobó que incrementos de 5 a 10 puntos en la eficiencia operativa generan mejoras significativas en la ocupación, mientras que la redistribución de volúmenes desde líneas saturadas hacia líneas con capacidad ociosa representa una estrategia efectiva para balancear la operación.

Finalmente, la herramienta desarrollada constituye un sistema práctico, accesible y robusto que facilita el análisis integral de la ocupación, fortalece la toma de decisiones basadas

en datos y contribuye a la sostenibilidad y competitividad de la planta en un entorno industrial altamente dinámico.

Palabras Claves: Porcentaje de ocupación, Capacidad instalada, Productividad, Simulación de procesos, Eficiencia operativa, Optimización de recursos, Análisis de capacidad, Modelación matemática, Mejora continua, Eficiencia global de la producción, Gestión productiva.

Abstract

This undergraduate thesis aimed to **analyze the occupancy rate of the production lines at CC Conservas**, a food processing plant located in Tuluá, Valle del Cauca, through the design, implementation, and validation of a Microsoft Excel-based tool. The research followed a quantitative, descriptive, and applied approach, using real historical data from 2024, basic mathematical modeling, statistical analysis, and scenario simulation.

The initial diagnosis revealed significant gaps between installed capacity and actual production, with some lines operating below 30 % and others exceeding 100 %, thus evidencing both underutilization and operational overload. The tool integrated critical variables such as standard speed, Overall Equipment Effectiveness (OEE/EGP), operating days, programmed volumes, and planned and unplanned downtime, enabling automated calculations, traffic-light style visualizations, and scenario simulations for programming and workload redistribution.

Validation was carried out by comparing results with manual calculations and through the Mean Absolute Percentage Error (MAPE), obtaining 0 %, which confirms the accuracy and reliability of the tool. Findings highlighted that improvements of 5 to 10 percentage points in efficiency lead to significant increases in occupancy, while redistributing volumes from overloaded lines to underutilized ones proved to be an effective strategy to balance operations.

Finally, the developed tool constitutes a practical, accessible, and robust system that enables comprehensive analysis of line occupancy, strengthens data-driven decision-making, and contributes to the sustainability and competitiveness of the plant in a highly dynamic industrial environment.

Keywords: Occupancy rate, Installed capacity, Productivity, Process simulation, Operational efficiency, Resource optimization, Capacity analysis, Mathematical modeling, Continuous improvement, Overall equipment effectiveness, Productive management.

Glosario

Algoritmo: Conjunto de pasos lógicos y finitos que permiten resolver un problema o ejecutar cálculos de manera sistemática (Montgomery, 2017).

Balance de línea: Técnica que busca distribuir equitativamente las cargas de trabajo entre estaciones de una línea de producción para reducir cuellos de botella (Slack et al., 2016).

Base de datos integrada: Conjunto de registros organizados y sistematizados que reúne información operativa utilizada como insumo en la herramienta de análisis.

Capacidad efectiva: Producción máxima que puede alcanzarse en condiciones reales, considerando paros, eficiencia y restricciones operativas (Slack et al., 2016).

Capacidad instalada: Máxima cantidad de producción que una planta puede alcanzar bajo condiciones óptimas, considerando los recursos técnicos y humanos disponibles (Heizer & Render, 2017).

CC CONSERVAS: Denominación utilizada para proteger la identidad de la planta de conservas ubicada en Tuluá, en la que se desarrollaron, aplicaron y validaron los procesos de análisis de ocupación y simulación de escenarios operativos con datos reales del año 2024.

Cuello de botella: Recurso, máquina o proceso cuya capacidad limita el rendimiento global del sistema productivo (Goldratt & Cox, 2004).

Disponibilidad: Tiempo en que una máquina o línea de producción está efectivamente operativa en comparación con el tiempo total planificado (Nakajima, 1988).

Eficiencia operativa: Relación entre la producción real obtenida y la producción esperada en un periodo de tiempo, considerando la capacidad disponible (Montgomery, 2017).

EGP (Eficiencia Global de la Producción): Indicador compuesto por disponibilidad, rendimiento y calidad, utilizado para medir la eficiencia total de un proceso productivo. Equivale al OEE (Nakajima, 1988).

Error porcentual: Diferencia relativa entre un valor calculado y uno real, expresada en porcentaje (Montgomery & Runger, 2010).

Excel: Software de hojas de cálculo de Microsoft utilizado para análisis, visualización y modelación de datos (Montgomery, 2017).

Función objetivo: Expresión matemática que cuantifica el desempeño de un sistema y cuya optimización guía la toma de decisiones (Hillier & Lieberman, 2021).

Indicador Clave de Desempeño (KPI): Métrica usada para evaluar el rendimiento de un proceso en función de metas estratégicas u operativas (Parmenter, 2015).

Lead time (tiempo de entrega): Intervalo entre la orden de producción y la entrega del producto terminado (Hopp & Spearman, 2011).

MAPE (Error Porcentual Absoluto Medio): Medida estadística que cuantifica el error promedio en porcentaje entre valores estimados y valores reales, utilizada para validar la precisión de modelos (Montgomery & Runger, 2010).

Modelo matemático: Representación simplificada de un sistema real mediante expresiones algebraicas y relaciones entre variables (Montgomery, 2017).

Monte Carlo (simulación): Técnica estadística que modela probabilísticamente el comportamiento de un sistema mediante iteraciones aleatorias (Law & Kelton, 2014).

Ocupación: Relación entre el tiempo efectivamente utilizado en producción y el tiempo total disponible de una línea, expresada en porcentaje (Heizer & Render, 2017).

OEE (Overall Equipment Effectiveness): Métrica internacional para evaluar la eficiencia global de un equipo o línea, producto de disponibilidad, rendimiento y calidad (Nakajima, 1988).

Optimización: Proceso matemático orientado a encontrar la mejor solución posible de un modelo dentro de las restricciones planteadas (Hillier & Lieberman, 2021).

Paro no programado: Interrupción inesperada del proceso productivo, causada por fallas técnicas, logísticas o ausencia de insumos (Montgomery & Runger, 2010).

Paro programado: Interrupción planeada del proceso, como mantenimientos, limpieza o pausas reglamentarias (Slack et al., 2016).

PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar): Ciclo de mejora continua propuesto por Deming (1986), utilizado en gestión de calidad y procesos productivos.

Porcentaje de ocupación: Indicador que mide el uso efectivo de los recursos productivos respecto al tiempo disponible (Heizer & Render, 2017).

Productividad: Relación entre los bienes producidos y los recursos empleados en su fabricación (Slack et al., 2016).

Restricciones: Condiciones o límites que debe cumplir un modelo o sistema en la práctica (ejemplo: capacidad máxima, número de turnos disponibles).

Semaforización: Representación visual mediante colores (verde, amarillo, rojo) que facilita la interpretación inmediata de un indicador.

Simulación de escenarios: Técnica que permite predecir el comportamiento de un sistema ante diversas condiciones operativas (Banks et al., 2010).

Tiempo de ciclo: Duración promedio requerida para producir una unidad de producto en una línea determinada (Hopp & Spearman, 2011).

Tiempo ocioso: Intervalo en que un recurso está disponible pero no se encuentra en uso efectivo (Slack et al., 2016).

Utilización: Porcentaje del tiempo disponible en que realmente se emplea un recurso para producción efectiva.

Velocidad estándar: Ritmo de producción teórico esperado de una línea bajo condiciones normales de operación (Hopp & Spearman, 2011).

Variable dependiente: Resultado del modelo o sistema que depende de los valores de las variables de entrada.

Variable independiente: Parámetro de entrada del modelo que puede modificarse y que afecta los resultados del sistema.

Listados Previos

Listado de Tablas

Tabla 1. Productos a obtener.....	52
Tabla 2 Cronograma de actividades.....	54
Tabla 3. Tabla comparativa de capacidad instalada teórica por línea (febrero de	60
Tabla 4. Resumen de variables críticas que afectan el porcentaje de ocupación.....	71
Tabla 5. Comparación de ocupación manual vs. herramienta ExcelTabla 5. Comparación de ocupación manual vs. herramienta Excel.....	117

Listado de Figuras

Figura 1. Gráfico de Pareto del cumplimiento de cajas producidas por línea (ene 2023 – jun 2024)	18
Figura 2. Velocidad teórica por referencia de producto en la línea V1	26
Figura 3. Matriz operativa en Excel para el análisis del porcentaje de ocupación en la línea V1	45
Figura 4. Velocidad teórica de producción por presentación y tipo de producto en la línea V6..	59
Figura 5. Gráfico de barras – Comparación de capacidad teórica vs producción real.....	61
Figura 6. Porcentaje de ocupación real por línea en febrero de 2024.....	63
Figura 7. Porcentaje de cumplimiento de unidades programadas vs. producidas	65

Figura 8. Porcentaje de tiempo perdido por paros programados y no programados – Marzo 2024	67
Figura 9. Simulación de eficiencia, producción y ocupación en la línea V1	68
Figura 10. Factores de reducción de días reales de producción – Marzo 2024	70
Figura 11. Producción real, capacidad disponible y eficiencia operativa por línea (febrero 2024)	74
Figura 12. Eficiencia global del proceso (EGP) acumulada por línea	75
Figura 13. Comparación de paros programados y no programados por línea (marzo 2024).....	77
Figura 14. Clasificación interna de paros no programados por causa y línea.....	78
Figura 15. Velocidad estándar por referencia en la línea RP.....	81
Figura 16. Presupuesto mensual de producción por línea (PPTO 2024)	95
Figura 17. Días disponibles ajustados por línea y por mes.....	96
Figura 18. Cálculo del volumen total por línea a partir de cartones programados	97
Figura 19. Visualización del porcentaje de ocupación por línea con semáforo de interpretación	101
Figura 20. Interfaz de usuario de la herramienta con visualización mensual y codificación tipo semáforo.....	104
Figura 21. Porcentaje de ocupación por línea antes de simulaciones (2024)	107
Figura 22. Simulación de reducción de días operativos y su efecto en la ocupación de C1.....	109
Figura 23. Simulación del aumento del EGP y su efecto en la ocupación de la línea Rotativa .	110
Figura 24. Simulación de redistribución de volumen entre la línea Rotativa y línea subutilizada (enero 2024).....	112

Listado de Anexos

Anexo 1: Capturas de la herramienta de análisis de ocupación en Excel	131
Anexo 2: Manual de la herramienta	131
Anexo 3: Matriz de datos de ocupación primer trimestre 2024.....	131
Anexo 4: Guía de entrevista semiestructurada.....	133
Anexo 5: Registro de paros programados y no programados	134
Anexo 6: Gráficos de ocupación antes y después de simulaciones	134
Anexo 7: Cronograma detallado del proyecto	135
Anexo 8: Presupuesto del proyecto de grado.....	135
Anexo 9: Tabla de articulación de objetivos, actividades e instrumentos	136
Anexo 10: Evidencias de validación y aplicación de la herramienta en planta	137

Tabla de Contenido

Introducción	15
Descripción Del Problema.....	17
Estado del Arte.....	21
• Marco teórico.....	21
• Marco conceptual.....	24
• Marco Legal.....	29
• Marco Contextual.....	32
Justificación.....	34
Objetivos.....	38
• Objetivo general.....	38
• Objetivos específicos.....	38
Metodología de la Investigación.....	39
• Enfoque metodológico:.....	39
• Diseño de la investigación.....	41
• Hipótesis.....	42
• Población y muestra:.....	43
• Instrumentos de recolección de datos:.....	44
• Fuentes primarias y secundarias.....	46
• Procedimiento.....	48

• Análisis de los datos.....	50
Productos a obtener	52
Cronograma De Actividades Para La Creación De La Herramienta	54
Presupuesto.....	56
• Recursos Humanos.....	56
Productos Esperados	56
Capítulo I.....	57
• Caracterizar el sistema productivo de CC Conservas, identificando las líneas de producción, sus capacidades teóricas, velocidades estándar, turnos de operación, restricciones operativas y niveles actuales de ocupación a partir de datos históricos.	57
Capitulo II.....	84
• Diseñar una herramienta en Microsoft Excel que incorpore variables críticas como OEE, tiempo de operación, velocidad estándar, volúmenes programados y tiempos de paro programados y no programados.....	84
• 1. Conjuntos e índices	90
• 2. Parámetros (datos de entrada)	90
• 3. Variables intermedias y ecuaciones.....	91
• 4. Agregados (planta).....	91
• 5. Extensión con paros programados/no programados	91
• 2.4 Validación del modelo con datos reales.....	92
• Ecuaciones fundamentales del modelo	92
Caso 1: Línea V3 – Diciembre.....	93
Caso 2: Línea C1 – Enero.....	93
Capitulo III.....	100
• Implementar funciones de cálculo automatizado, reportes, visualizaciones gráficas y simulación de escenarios productivos alternativos que permitan evaluar cambios en programación y redistribución de carga.....	100
Capitulo IV	114

- Evaluar la precisión y confiabilidad de la herramienta mediante la comparación de sus resultados con cálculos manuales independientes y la estimación del Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE) como indicador estadístico..... 114

Conclusiones 120

Recomendaciones 122

Referencias..... 124

Anexos 131

Introducción

En un entorno industrial cada vez más competitivo y dinámico, caracterizado por la globalización, el avance tecnológico y la necesidad de atender una demanda fluctuante, las empresas deben adoptar estrategias que optimicen el uso de sus recursos y aumenten la eficiencia operativa. En el sector de alimentos, la gestión eficiente de los procesos productivos no solo impacta la rentabilidad y sostenibilidad de las organizaciones, sino que también determina su capacidad de respuesta frente al mercado. En este contexto, se hace necesario contar con herramientas analíticas que permitan monitorear, evaluar y mejorar continuamente el desempeño de las líneas de producción.

La planta **CC Conservas**, ubicada en la ciudad de Tuluá, Valle del Cauca, se dedica a la elaboración de salsas, aderezos y conservas. A pesar de disponer de infraestructura moderna y personal calificado, enfrenta una limitación crítica: la falta de información precisa y actualizada sobre el porcentaje real de ocupación de sus líneas de producción. Esta carencia afecta la planificación operativa, la asignación de recursos, la toma de decisiones estratégicas y, en última instancia, el cumplimiento de la demanda del mercado.

Actualmente, la empresa no dispone de una herramienta estandarizada que integre de manera sistemática variables como paros programados y no programados, eficiencia global del proceso (OEE), velocidad estándar de producción, unidades programadas por línea y días efectivamente disponibles. Como consecuencia, la gestión de la capacidad productiva se basa en estimaciones parciales que pueden conducir a subutilización o saturación de recursos, generando sobrecostos y oportunidades de mejora desaprovechadas.

Este trabajo de grado surge como respuesta a dicha problemática, con el objetivo general de **analizar el porcentaje de ocupación de las líneas de producción de la planta CC Conservas mediante el diseño y validación de una herramienta de cálculo desarrollada en Microsoft Excel**. Esta plataforma se plantea como una alternativa accesible, flexible y funcional que centraliza la información, automatiza cálculos, genera visualizaciones dinámicas y facilita la toma de decisiones, sin requerir inversiones iniciales elevadas.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo y aplicado, empleando análisis estadístico, modelación matemática básica y simulación de escenarios como soporte metodológico. Se utilizó el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) de Deming (1986) como marco de referencia para la mejora continua, así como indicadores estandarizados de gestión de la eficiencia productiva.

La herramienta resultante permite identificar cuellos de botella, anticipar desbalances en la programación de líneas, ajustar la asignación de recursos humanos y materiales, y optimizar la relación entre la producción programada y la capacidad real disponible. Asimismo, su diseño contempla la posibilidad de integración futura con sistemas de gestión más avanzados (ERP, MES o aplicaciones de big data), lo que asegura su escalabilidad y sostenibilidad en el tiempo.

Se espera que este trabajo contribuya no solo al mejoramiento de los procesos internos de **CC Conservas**, sino también a la discusión académica en el campo de la ingeniería industrial, al ofrecer una solución práctica, adaptable y de alto impacto para la gestión de la capacidad productiva en plantas manufactureras.

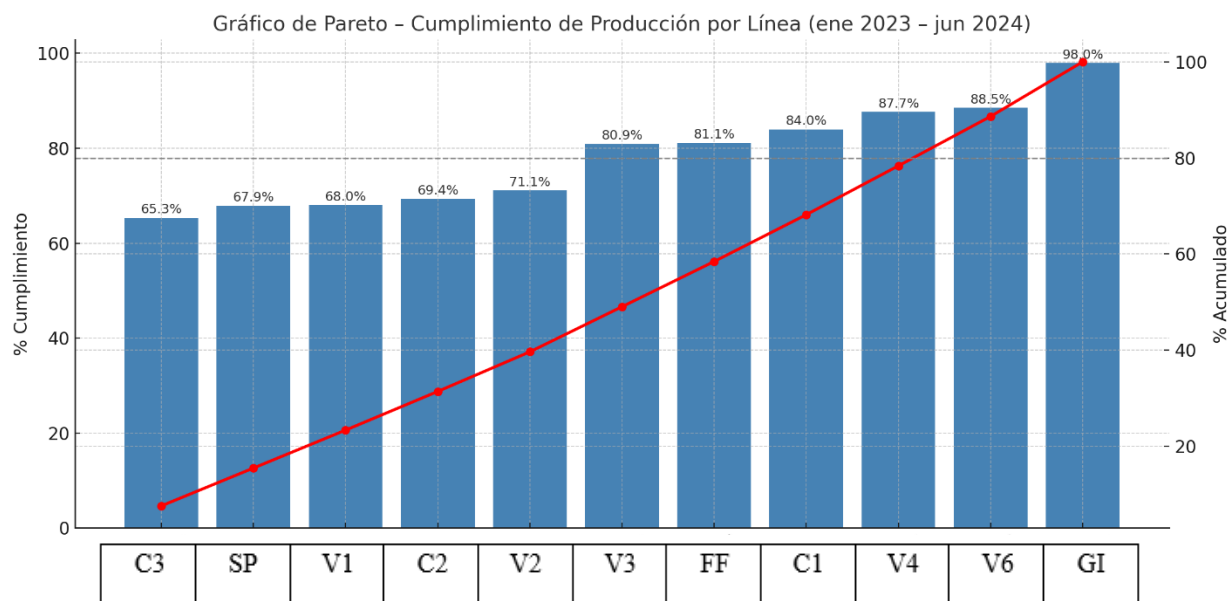
Descripción Del Problema

La planta CC Conservas, ubicada en la ciudad de Tuluá, Valle del Cauca, cuenta con múltiples líneas de producción destinadas a la elaboración de productos alimenticios como salsas, aderezos, leche condensada y arequipe. Estas líneas de producción entre las que se encuentran V1, V2, C1, GI y SP, tienen velocidades estándar distintas, y operan bajo un esquema de producción por turnos y programación mensual; a pesar de su capacidad instalada, existe una brecha persistente entre el potencial teórico de estas líneas y el uso real que se hace de ellas, debido a problemas de visibilidad operativa, falta de integración de datos y ausencia de herramientas de análisis.

Este problema se manifiesta con claridad al observar el comportamiento de líneas como V1. Según los datos operativos acumulados entre enero de 2023 y junio de 2025, esta línea registró una producción total de **119.438 cajas**, pese a contar con una velocidad estándar de **900 unidades por hora** y operar hasta en tres turnos diarios. Al estimar su capacidad instalada para el periodo, considerando jornadas de 8 horas, dos turnos diarios y un promedio de 22 días laborables al mes, se calcula un potencial productivo cercano a las **190.000 cajas**. Esto implica un nivel de ocupación real de tan solo **62,8 %**, lo que representa una **subutilización del 37,2 %** de su capacidad operativa.

Esta situación no es un caso aislado. En la misma línea, el indicador de **cumplimiento de cajas programadas** alcanza apenas un **68 %**, revelando desviaciones persistentes entre lo planificado y lo ejecutado. La figura 1 muestra con claridad este comportamiento, al consolidar los datos por línea, turnos de producción, kilos procesados y cumplimiento respecto a lo programado.

Figura 1. Gráfico de Pareto del cumplimiento de cajas producidas por línea (ene 2023 – jun 2024)



Fuente: Elaboración propia a partir de registros de planta de CC Conservas (2023–2024)

Este tipo de resultados pone en evidencia una gestión fragmentada de la información, sin una herramienta que articule, procese y visualice el desempeño de forma sistemática.

No obstante, esta situación no es exclusiva de V1, otras líneas como C1, V2 y FF muestran comportamientos similares, con oscilaciones entre lo planificado y lo realmente ejecutado. Sin una herramienta que integre variables críticas como eficiencia global de los equipos (OEE), tiempo de operación (ITO), velocidad estándar, volumen programado, paros programados y no programados, es imposible detectar desbalances, prever afectaciones y tomar decisiones oportunas.

Actualmente, la planta registra los datos de forma manual o dispersa en archivos individuales, lo que imposibilita su análisis integral y esta falta de sistematización conlleva una gestión reactiva, donde los problemas se identifican una vez han generado pérdidas, además, la

ausencia de indicadores clave dificulta la identificación de líneas subutilizadas o saturadas, y restringe la capacidad de la organización para hacer ajustes dinámicos o simular escenarios alternativos.

Además de las implicaciones operativas, esta situación tiene un impacto directo sobre los costos de producción; una ocupación baja incrementa los costos unitarios, extiende los tiempos de entrega y reduce la eficiencia de los recursos humanos y materiales. La rotación de inventario se desacelera, los ciclos productivos se vuelven más largos y la empresa pierde capacidad de maniobra frente a la demanda, estos factores afectan negativamente la competitividad de la organización, en un contexto industrial donde la eficiencia es determinante para sostener la rentabilidad.

Aunque existen herramientas tecnológicas avanzadas como los sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) o MES (Manufacturing Execution Systems), su adquisición e implementación requiere inversiones significativas en licencias, infraestructura tecnológica y capacitación, no obstante, estas soluciones no son viables para la planta en el corto plazo, por ello, se requiere una herramienta de bajo costo, flexible y de rápida implementación, que permita capturar, analizar y visualizar de forma integral la ocupación de las líneas de producción.

En este sentido, el desarrollo de una herramienta en Microsoft Excel, capaz de automatizar cálculos, centralizar la información y permitir análisis dinámicos, se presenta como una alternativa viable; esta herramienta debe facilitar el cálculo del porcentaje de ocupación y la simulación de escenarios, considerando las condiciones reales de operación y la variabilidad de los procesos.

Este análisis resulta especialmente pertinente en el año 2024, cuando la industria alimentaria se enfrenta a nuevos desafíos de eficiencia operativa, recuperación postpandemia y

mayor presión competitiva a nivel nacional e internacional, a su vez, disponer de información precisa y accesible se vuelve clave para lograr decisiones efectivas y sostenibles.

A partir de esta necesidad, se plantea la pregunta de investigación **¿Cómo analizar el porcentaje de ocupación real de las líneas de producción de la planta CC Conservas mediante el diseño e implementación de una herramienta en Microsoft Excel que integre variables operativas y restricciones productivas, utilizando análisis estadístico y simulación de escenarios, con el fin de apoyar la toma de decisiones basadas en datos?.** Esta pregunta surge como respuesta a una brecha técnica persistente en la medición de la ocupación real: actualmente, la planta no cuenta con una herramienta integrada que permita visualizar y analizar de manera sistemática el uso efectivo de cada línea de producción, esta limitación impide identificar causas concretas de subutilización, redistribuir carga de trabajo entre líneas, proyectar escenarios de mejora o justificar técnicamente decisiones operativas.

En este contexto, el presente trabajo de grado propone una solución funcional y adaptada a las condiciones reales de planta: el diseño y validación de una herramienta automatizada capaz de integrar datos clave, calcular el porcentaje de ocupación y simular escenarios bajo distintos parámetros operativos.

Estado del Arte

Marco teórico

1. Productividad y eficiencia en sistemas de producción

La productividad en entornos industriales se define como la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para generarla. Una alta productividad implica un uso eficiente de los recursos disponibles (materiales, maquinaria, tiempo y personal) para obtener una mayor cantidad de producto final (Heizer & Render, 2017). En este sentido, la eficiencia operacional se convierte en una prioridad estratégica, ya que permite mejorar la competitividad, reducir costos y responder más rápidamente a las demandas del mercado.

En sistemas de manufactura, la eficiencia no solo depende de la cantidad producida, sino de cómo se gestiona el tiempo operativo disponible, la confiabilidad de los equipos, la programación efectiva de la producción y la calidad del producto. La eficiencia global, por tanto, es una medida compuesta que debe considerar múltiples factores internos del proceso. Una gestión eficiente del sistema productivo también exige información precisa y continua, que permita diagnosticar el uso de la capacidad instalada, identificar pérdidas y generar acciones de mejora.

2. Porcentaje de ocupación y capacidad instalada

El porcentaje de ocupación se define como el grado en que un recurso productivo (línea, máquina o equipo) está siendo utilizado respecto a su capacidad disponible en un período determinado. Es un indicador clave en la gestión de operaciones, pues permite evaluar si los recursos están subutilizados o sobreexplotados. Según Slack, Brandon-Jones y Johnston (2016), un nivel de ocupación inferior al 80% suele considerarse ineficiente, mientras que una ocupación

cercana al 100% puede implicar saturación del sistema, reducción de flexibilidad y aumento en el riesgo de fallos.

La capacidad instalada representa el potencial máximo de producción que puede alcanzar una planta bajo condiciones normales de operación. Sin embargo, existen factores que afectan la capacidad real: paros programados y no programados, cambios de referencia, mantenimientos, y fallas operativas. Por ello, calcular el porcentaje de ocupación real considerando estas variables es vital para la planificación, programación y evaluación del sistema productivo.

3. Eficiencia Global de los Equipos (OEE)

Uno de los indicadores más reconocidos para evaluar el desempeño de una línea de producción es el Overall Equipment Effectiveness (OEE), propuesto por Seiichi Nakajima (1988) como parte del enfoque del Mantenimiento Productivo Total (TPM). El OEE es el resultado de multiplicar tres componentes:

- **Disponibilidad:** mide cuánto tiempo estuvo disponible la máquina respecto al tiempo planificado.
- **Rendimiento:** compara la velocidad real de producción con la velocidad teórica.
- **Calidad:** mide el porcentaje de unidades buenas respecto al total producido.

El OEE proporciona una visión integral del estado operativo de los equipos. Un valor de 85% se considera un buen desempeño, pero muchas empresas operan con valores entre 50% y 70% sin percibirlo, lo que evidencia pérdidas ocultas. Según Montgomery & Runger (2010), la medición del OEE permite identificar pérdidas crónicas y transitorias, que afectan la capacidad de producción sin ser visibles en los reportes estándar de producción.

4. Índice de Tiempo Operativo (ITO)

El Índice de Tiempo Operativo (ITO) representa la proporción del tiempo total en que un equipo está funcionando respecto al tiempo planificado. Es decir, si una línea está programada para operar 160 horas en un mes y solo produce durante 100 horas, su ITO sería del 62.5%. Este indicador es especialmente útil para identificar causas de tiempo perdido y es una variable fundamental en el cálculo del porcentaje de ocupación.

El ITO puede verse afectado por diversas razones: paros no programados (fallas, falta de personal, demoras logísticas), paros programados (limpieza, mantenimiento, cambios de formato), y tiempos improductivos por baja programación. Un ITO bajo significa que la capacidad disponible no está siendo aprovechada, lo que repercute en la eficiencia general del sistema y en la competitividad de la empresa (Montgomery & Runger, 2010).

5. Simulación de escenarios como herramienta de análisis

La simulación de escenarios es una técnica de análisis que permite modelar y estudiar el comportamiento de un sistema productivo bajo distintas condiciones sin necesidad de intervenir en el proceso real. Es particularmente útil cuando el sistema es complejo, presenta incertidumbre o depende de múltiples variables. La simulación ayuda a predecir resultados, evaluar estrategias de mejora, y tomar decisiones basadas en datos.

Uno de los métodos más utilizados es la simulación de Monte Carlo, que emplea variables aleatorias para modelar distintos resultados posibles. Esta técnica es ampliamente utilizada en planificación de capacidad, programación de producción, análisis de inventarios y evaluación de riesgos (Law & Kelton, 2014). En el caso de este trabajo, la simulación permite observar cómo cambios en la eficiencia o la disponibilidad afectan el porcentaje de ocupación de las líneas, sin necesidad de implementar cambios reales en la planta.

6. Microsoft Excel como herramienta de análisis industrial

Microsoft Excel es una herramienta ampliamente utilizada en la industria para análisis de datos, simulación de escenarios y construcción de modelos operativos personalizados. A pesar de que existen softwares especializados (como ERP, MES o sistemas de simulación avanzados), Excel sigue siendo una opción viable y poderosa para empresas que requieren soluciones rápidas, flexibles y de bajo costo.

Excel permite importar datos, automatizar cálculos, crear visualizaciones, usar funciones estadísticas y simular escenarios a través de fórmulas, tablas dinámicas y macros. Su accesibilidad y su bajo requerimiento técnico lo convierten en una herramienta ideal para plantas que, como CC Conservas, necesitan soluciones personalizadas sin una inversión tecnológica elevada (Montgomery, 2017).

El desarrollo de una herramienta de análisis del porcentaje de ocupación en CC Conservas requiere integrar todos los conceptos mencionados: productividad, eficiencia, OEE, ITO, simulación Monte Carlo y uso de Excel. La herramienta propuesta se basa en el análisis cuantitativo de datos reales de la planta, y en la simulación de escenarios operativos para estimar el impacto de variables como la eficiencia, los paros operativos y la velocidad estándar.

Marco conceptual

Este trabajo de grado se estructura a partir de una serie de conceptos operativos que sustentan el diseño, desarrollo y validación de una herramienta de análisis para estimar el porcentaje de ocupación de las líneas de producción en CC Conservas. A diferencia del marco teórico, este marco conceptual no se enfoca en el desarrollo de teorías, sino en establecer con claridad cómo se entienden, definen y aplican dichos conceptos en el contexto específico de este estudio.

1. Porcentaje de ocupación

En el marco de este proyecto, el porcentaje de ocupación se entiende como la proporción entre la cantidad de unidades producidas realmente por una línea de producción y la cantidad que podría producir en condiciones normales, en un periodo determinado. Este concepto es el indicador central de la herramienta desarrollada. Su cálculo requiere integrar datos como la velocidad estándar, la eficiencia operativa y el tiempo disponible de producción.

La ocupación se calcula automáticamente en la herramienta de Excel con la siguiente fórmula:

$$\text{Ocupación (\%)} = \left(\frac{\text{Unidades reales producidas}}{\text{Velocidad estándar} \times \text{Horas operativas}} \right) \times 100$$

Nota. Fórmula de ocupación elaborada a partir de la lógica de capacidad instalada en Heizer y Render (2017) y adaptada con datos de CC Conservas (2024). Elaboración propia.

La herramienta permite al usuario simular cambios en la ocupación ajustando variables como el número de días laborables, la eficiencia y la programación mensual.

2. Capacidad instalada y capacidad disponible

La **capacidad instalada** se define en esta investigación como la máxima producción teórica mensual que puede alcanzar una línea, calculada con base en:

- Velocidad estándar (unidades/hora)
- Número de turnos por día
- Días laborables del mes

Por ejemplo, una línea con una velocidad estándar de 900 unidades/hora, que opera 8 horas diarias durante 22 días, tendría una capacidad instalada de 158.400 unidades al mes. Esta cifra sirve como base para calcular el grado de utilización.

La capacidad disponible, por su parte, es la cantidad de horas efectivas que realmente pueden ser utilizadas para producir, una vez se descuentan los paros programados y no programados.

Esta capacidad se define en la herramienta como variable editable, lo que permite reflejar condiciones reales de operación e identificar cuellos de botella.

3. Velocidad estándar

Cada línea de producción en CC Conservas tiene una **velocidad estándar** definida internamente. Esta representa la tasa óptima de producción (en unidades/hora) según la configuración técnica del equipo y el tipo de producto procesado.

Como se puede apreciar en la figura 2, extraída del sistema de análisis de producción mensual de CC Conservas, la línea **V1** tiene una velocidad teórica estándar de **15 unidades por minuto**, equivalente a **900 unidades por hora** bajo condiciones óptimas de operación. Esta velocidad constituye el parámetro base para evaluar el rendimiento real de la línea en distintos turnos y periodos. Al contrastar este valor con los registros de producción efectiva, es posible identificar desviaciones significativas que evidencian subutilización del recurso o interrupciones operativas recurrentes.

Figura 2. Velocidad teórica por referencia de producto en la línea V1

Cód. Material	Descripción Material	Línea Envasado	Vel. Teo Und Min
3244		V1	15
6654		V1	15
6656		V1	15
6655		V1	15

Fuente: Sistema interno de programación y análisis de producción de CC Conservas.

La herramienta permite visualizar desviaciones entre lo que debería producirse y lo que efectivamente se produce. Esto es clave para que el personal de planta ajuste la programación, redireccione recursos o justifique intervenciones técnicas.

4. Producción real

La producción real mensual se define como la cantidad total de unidades efectivamente producidas por cada línea durante un periodo. Este valor es introducido por el usuario en la herramienta, y puede provenir de registros históricos, bases de datos operativas o digitación manual.

La producción real alimenta directamente el cálculo de ocupación y también permite calcular variables como el rendimiento. La herramienta permite comparar automáticamente la producción real con la capacidad instalada, generando alertas visuales (por colores) en los casos de sobrecarga o subutilización.

5. Paros programados y no programados

En este estudio, los paros programados son aquellos tiempos de detención previstos, como limpieza, mantenimiento, capacitaciones o cambios de referencia. La herramienta permite registrar estos paros en horas o días, y los descuenta del tiempo disponible.

Los paros no programados son interrupciones imprevistas que afectan la eficiencia del sistema: fallas técnicas, ausencias, falta de insumos. En la herramienta se incluyen como un porcentaje estimado de pérdida (editable por el usuario) que modifica automáticamente la capacidad disponible, ajustando el cálculo de ocupación.

Esta diferenciación permite a la planta estimar escenarios más realistas, mejorar la planificación y generar reportes sobre causas de baja ocupación.

6. Eficiencia operativa

La herramienta considera la eficiencia operativa como una variable combinada que afecta directamente la ocupación. Aunque no se calcula el OEE completo, se usa un indicador sintético (Eficiencia %) que permite representar el efecto conjunto de disponibilidad y rendimiento.

El usuario puede modificar el valor de eficiencia en la herramienta para simular mejoras operativas y visualizar su impacto sobre el porcentaje de ocupación. Esta función es útil para plantear hipótesis como: “¿qué pasa si subimos la eficiencia de V1 del 62,5% al 70%?”

7. Simulación de escenarios

La herramienta incorpora lógica de simulación sencilla, basada en la modificación manual de variables clave (eficiencia, días operativos, unidades programadas). Aunque no es una simulación estocástica avanzada, sí permite anticipar el comportamiento de la ocupación ante cambios operativos.

8. ITO (Índice de Tiempo Operativo)

Aunque no se calcula directamente en la herramienta, el **ITO** es conceptualizado como el tiempo efectivo de operación dividido entre el tiempo total disponible. Esta variable sirve como marco de referencia para estimar pérdidas por tiempo inactivo.

El diseño de la herramienta está pensado para que, en una versión futura, pueda integrarse el cálculo del ITO si se dispone de registros de tiempo más detallados.

9. Unidades programadas

Las **unidades programadas** son aquellas que la planta espera producir en un mes determinado, según su cronograma de producción. En la herramienta, estas se ingresan manualmente y se comparan contra las unidades reales producidas y contra la capacidad instalada.

Esta comparación permite responder preguntas como:

- ¿Se cumplió la programación?
- ¿Se produjo menos de lo esperado?
- ¿Se programó por encima de la capacidad instalada?

Estas alertas son clave para mejorar la gestión operativa y reducir la sobrecarga de líneas críticas.

10. Microsoft Excel como plataforma

Excel no es solo un medio de registro, sino una plataforma funcional para análisis operativo.

La herramienta desarrollada permite:

- Automatizar cálculos.
- Crear alertas visuales.
- Mostrar ocupación por línea.
- Simular mejoras operativas.

Esta elección responde a la necesidad de **proveer una solución de bajo costo**, que pueda ser operada sin conocimientos avanzados por parte del equipo técnico de la planta.

11. Interrelación entre conceptos

Todos los conceptos definidos se encuentran integrados dentro de la lógica de la herramienta. Por ejemplo:

- **La ocupación** es función de la eficiencia, la producción real y la velocidad estándar.
- **Los paros** afectan la capacidad disponible y, por tanto, la ocupación.
- **La simulación** permite explorar cómo cambiaría la ocupación si se ajustan días operativos, eficiencia o velocidad.

Este marco conceptual es, por tanto, **el mapa operativo del proyecto**: traduce las variables técnicas en elementos concretos dentro del análisis y la herramienta desarrollada.

Marco Legal

Para la optimización de procesos productivos en la planta de CC Conservas, es esencial abordar varias áreas clave que aseguren el cumplimiento normativo y una implementación

efectiva. Este análisis establece la intención de identificar las normativas relevantes que regulan la seguridad, la salud ocupacional, las regulaciones ambientales y otros aspectos críticos del funcionamiento industrial.

En términos de seguridad y salud ocupacional, es fundamental cumplir con la Ley 1562 de 2012, que modifica el Sistema de Riesgos Laborales en Colombia. Además, se deben seguir las normas establecidas por el Ministerio de Trabajo para la prevención de riesgos laborales. La Ley 9 de 1979, que regula las condiciones de salud y seguridad en los ambientes laborales, y la Resolución 0312 de 2019, que establece los requisitos para el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), son también esenciales para garantizar un entorno laboral seguro y saludable.

En cuanto a las regulaciones ambientales, el cumplimiento de la Ley 99 de 1993, que crea el Ministerio del Medio Ambiente y regula la protección de los recursos naturales, es crucial. Igualmente, la Ley 1333 de 2009, que establece el régimen de control y sanción para las infracciones ambientales, debe ser observada. Es imperativo implementar prácticas que se alineen con la Resolución 631 de 2015, que establece los parámetros para el manejo y disposición de residuos, así como con la Ley 1715 de 2014, que fomenta el uso de energías renovables no convencionales y la eficiencia energética.

Para garantizar la calidad en la producción, se debe adherir a las normas del Código Alimentario Colombiano, que regula la producción y comercialización de alimentos, y cumplir con certificaciones de calidad como la ISO 9001, que define los requisitos para un sistema de gestión de calidad. La Ley 1480 de 2011, conocida como el Estatuto del Consumidor, también es relevante para asegurar la calidad y seguridad de los productos ofrecidos al mercado, destacando la necesidad de satisfacer las expectativas del consumidor.

En el ámbito de la propiedad intelectual, es necesario proteger las innovaciones tecnológicas y procesos desarrollados mediante la Ley 23 de 1982, que regula el derecho de autor, y la Ley 444 de 1998, que establece el régimen de protección de las invenciones y modelos de utilidad. Además, se debe cumplir con la Ley 1581 de 2012, que regula la protección de datos personales, y la Ley 1266 de 2008, que establece normas sobre el manejo de datos personales en el sector financiero.

Respecto a las regulaciones laborales, la Ley 50 de 1990 y el Código Sustantivo del Trabajo regulan las relaciones laborales, la contratación y los derechos de los empleados, asegurando el cumplimiento de condiciones laborales justas. La Ley 1021 de 2006, que promueve la capacitación y desarrollo de los trabajadores, es relevante para garantizar la formación adecuada en el uso de nuevas herramientas y procesos, lo que responde a la necesidad de actualización en un entorno industrial cambiante.

Finalmente, en el contexto de la Industria 4.0, es esencial considerar la Ley 1753 de 2015, que establece el Plan Nacional de Desarrollo y fomenta la transformación digital en diversos sectores. También se deben tener en cuenta las normativas específicas para la integración de tecnologías avanzadas en procesos productivos, asegurando que la implementación de tecnologías como IoT, Big Data e inteligencia artificial cumpla con los estándares y regulaciones nacionales e internacionales aplicables

Marco Contextual

El presente trabajo de grado se desarrolla en la planta **CC Conservas**, ubicada en el municipio de **Tuluá**, departamento del **Valle del Cauca**, Colombia. Esta planta hace parte del grupo empresarial **CC Conservas S.A.**, una de las compañías más reconocidas del país en la industria de alimentos procesados, con presencia internacional en más de 70 países y operaciones productivas en varias regiones del país.

CC Conservas está especializada en la producción de salsas, aderezos, arequipe, leche condensada, entre otros productos alimenticios que forman parte del portafolio de la marca. La planta cuenta con un conjunto de líneas de producción diseñadas para atender referencias específicas, tales como **V1, V2, C1, FF, GI y SP**, cada una con características técnicas y capacidades diferenciadas.

A nivel operativo, la planta presenta una **estructura de turnos programados**, normalmente de **8 horas diarias**, y una programación mensual determinada por el área de planeación de producción. Los productos elaborados en esta planta abastecen tanto el mercado nacional como el internacional, siendo su operación crítica para la cadena logística y comercial de la compañía. En este contexto, la **optimización del uso de la capacidad instalada** es una prioridad estratégica y táctica, dado que de ella dependen los volúmenes de cumplimiento, los costos unitarios y los niveles de servicio al cliente.

A pesar de los avances tecnológicos y del conocimiento operativo del personal, se ha identificado que **la planta no cuenta con una herramienta estandarizada y actualizada** que permita calcular y visualizar el **porcentaje real de ocupación** de sus líneas. Esta situación limita la capacidad de planificación, dificulta la evaluación de eficiencia y restringe la posibilidad de detectar a tiempo cuellos de botella o condiciones de sobrecarga. El análisis de datos operativos

se realiza de manera dispersa, con formatos individuales que no permiten consolidación, análisis dinámico ni simulación de escenarios.

La necesidad de mejorar la **gestión de la capacidad instalada** surge en un contexto sectorial complejo. La industria de alimentos procesados en Colombia ha venido experimentando un aumento en la demanda por parte de canales de distribución como supermercados, exportaciones, institucionales y plataformas digitales. Al mismo tiempo, las condiciones pospandemia, el aumento de los costos logísticos y la presión por cumplir tiempos de entrega más ajustados han obligado a las empresas del sector a buscar mecanismos internos de eficiencia y reducción de pérdidas.

En este contexto, se justifica la propuesta de una herramienta técnica, de bajo costo, como la que se desarrolla en este trabajo, que aproveche los recursos disponibles en este caso, **Microsoft Excel** para consolidar los datos de producción, automatizar cálculos y facilitar el análisis de ocupación. La herramienta no pretende reemplazar sistemas ERP ni MES, pero sí ofrecer una solución práctica e inmediata que fortalezca la toma de decisiones operativas en la planta de conservas.

El desarrollo de esta herramienta se alinea también con la necesidad institucional de **mejorar el control operativo** y de contar con **indicadores confiables** que sirvan de base para iniciativas futuras de mejora continua, balanceo de líneas, reconfiguración de turnos o integración tecnológica. En este sentido, el contexto organizacional y sectorial no solo condiciona el problema, sino que también le otorga pertinencia y aplicabilidad inmediata a la solución propuesta.

Justificación

La planta de producción CC Conservas comenzó en 1991 con la consolidación de la marca LC, dedicada a la producción y distribución de salsas y conservas. En 2013, amplió su portafolio al fusionarse con la marca AZ, asumiendo la fabricación y distribución de ají picante. Para 2016, trasladó sus operaciones a Tuluá, Valle del Cauca, instalando una planta equipada con tecnología de última generación para la producción de salsas y conservas.

El crecimiento y diversificación del portafolio de CC Conservas han generado un aumento considerable en la demanda de sus productos, lo que presenta nuevos desafíos en términos de competitividad y sostenibilidad. En el contexto actual de la industria alimentaria, caracterizado por un entorno altamente competitivo y dinámico, la capacidad de una organización para optimizar sus procesos productivos y aprovechar al máximo los recursos disponibles es esencial (Harrison & van Hoek, 2011). La automatización y el uso de tecnologías avanzadas se han convertido en herramientas fundamentales para mantener la eficiencia operativa (Gunasekaran et al., 2015).

La presente investigación responde a la necesidad de CC Conservas de optimizar sus procesos productivos mediante el desarrollo de una herramienta metodológicamente sólida que permita establecer con precisión su porcentaje real de ocupación. Este enfoque metodológico se fundamenta en el uso de técnicas avanzadas de análisis de datos, que incluyen la recolección sistemática de datos operativos, el análisis estadístico descriptivo y la aplicación de modelos matemáticos de simulación (Montgomery, 2017). Esta combinación permitirá un diagnóstico preciso de la situación actual de la planta, identificando cuellos de botella y áreas de mejora en los procesos productivos.

En términos metodológicos, la investigación adopta un **enfoque cuantitativo, descriptivo y aplicado**, sustentado en la recolección de datos sistemáticos y el análisis estadístico. Según Sampieri et al. (2022), este enfoque permite obtener resultados numéricos confiables, fundamentales para la optimización de procesos productivos en una planta de la magnitud de CC Conservas. El estudio se enmarca en un **diseño no experimental y transversal**, en el cual los datos se recopilan tal como ocurren en el entorno natural de la planta, sin manipular variables. Como complemento, se emplearon técnicas de apoyo cualitativo, tales como entrevistas estructuradas y semiestructuradas con operarios y supervisores, así como la observación directa de los procesos, lo que permitió fortalecer el rigor del diagnóstico y la validez de la herramienta propuesta

Para identificar y analizar los factores que afectan el porcentaje de ocupación de las líneas de producción, se propone el uso de modelos matemáticos y estadísticos. Según Montgomery (2017), el análisis de regresión y las técnicas de simulación son fundamentales para comprender las relaciones entre variables y proyectar resultados futuros en procesos industriales. La aplicación de estos métodos permite una evaluación rigurosa y fundamentada que mejora la precisión en la toma de decisiones estratégicas en la producción (Montgomery, 2017).

Además, la implementación de indicadores de desempeño como la Eficiencia Global de Producción (EGP) y el porcentaje de ocupación responde a prácticas de gestión industrial que permiten cuantificar y evaluar la utilización de los recursos (Slack et al., 2016). Estos indicadores proporcionan datos clave sobre el rendimiento operativo, facilitando la identificación de áreas de mejora y la implementación de ajustes en la producción (Kumar & Suresh, 2009). La metodología se estructuró en cuatro fases directamente relacionadas con los objetivos específicos del trabajo. En la primera fase se realizó el **diagnóstico y caracterización del**

sistema productivo de CC Conservas, mediante la recolección y análisis de datos históricos de producción, programación, paros programados y no programados, así como del cálculo preliminar de indicadores de capacidad y ocupación, apoyado en técnicas estadísticas descriptivas (Winston & Venkataramanan, 2016; Montgomery, 2017). En la segunda fase se abordó la **modelación matemática y el diseño de la herramienta en Microsoft Excel**, incorporando variables críticas como velocidad estándar, EGP/OEE, días operativos, volúmenes programados y tiempos de paro, con base en la formulación de expresiones matemáticas que integran la lógica de capacidad instalada y eficiencia global (Nakajima, 1988; Slack et al., 2016).

La tercera fase correspondió a la **implementación funcional y simulación de escenarios**, desarrollando módulos de cálculo automatizado, visualización tipo semáforo y proyección de escenarios alternativos que permitieron evaluar variaciones en eficiencia y volumen, empleando tanto simulación determinística como estocástica (Law & Kelton, 2014). Finalmente, en la cuarta fase se llevó a cabo la **validación estadística y funcional de la herramienta**, mediante la comparación de resultados frente a cálculos manuales independientes y la estimación del Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE), lo que va a permitir confirmar la precisión, confiabilidad y aplicabilidad del modelo en un entorno real de producción.

La metodología propuesta incluye un análisis comparativo de escenarios mediante los indicadores definidos, lo cual permite explorar el impacto de diferentes estrategias de producción en la ocupación de las líneas (Banks et al., 2010). Este enfoque facilita la evaluación de la viabilidad de diversas configuraciones operativas, ayudando a optimizar los recursos y a anticipar posibles desafíos en la línea de producción (Law & Kelton, 2014).

Por otra parte, un aspecto innovador de esta investigación será la integración de análisis predictivo, lo que permitirá anticipar fluctuaciones en la demanda y optimizar la asignación de

recursos en tiempo real. Esto asegurará una gestión más dinámica y adaptativa de los procesos, con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta a los cambios del mercado (Chui et al., 2018).

El desarrollo de esta es esencial no solo para responder a los desafíos inmediatos de CC Conservas, sino también para posicionarla como una empresa líder en la gestión inteligente de la capacidad productiva dentro del sector de alimentos. La herramienta propuesta no solo impulsará la mejora continua, sino que también garantizará una mayor sostenibilidad y competitividad a largo plazo, permitiendo a la empresa adaptarse proactivamente a los cambios del mercado y mantener su ventaja competitiva.

Según Porter (1990), el análisis de datos y los modelos estadísticos contribuyen a la competitividad al mejorar la precisión en la toma de decisiones. Este proyecto busca alinear la producción con el presupuesto de ventas, permitiendo un enfoque integral que incremente la rentabilidad y eficiencia de la planta, lo cual es esencial para satisfacer las demandas de un mercado global cada vez más competitivo (Brynjolfsson & McAfee, 2014).

Finalmente, esta investigación no solo cumple con el objetivo de optimizar la eficiencia operativa, sino que también representa una contribución significativa para el desarrollo estratégico de CC Conservas. Al incorporar prácticas basadas en datos, automatización y análisis avanzado, la empresa fortalecerá su capacidad para afrontar los retos de la industria y consolidar su posición como referente en la producción de alimentos.

Objetivos

Objetivo general

Analizar el porcentaje de ocupación real de las líneas de producción de la planta CC Conservas, mediante el diseño e implementación de una herramienta en Microsoft Excel que integre variables operativas y restricciones productivas, utilizando análisis estadístico, modelación matemática y simulación de escenarios.

Objetivos específicos

Caracterizar el sistema productivo de CC Conservas, identificando las líneas de producción, sus capacidades teóricas, velocidades estándar, turnos de operación, restricciones operativas y niveles actuales de ocupación a partir de datos históricos.

Diseñar una herramienta en Microsoft Excel que incorpore variables críticas como OEE, tiempo de operación, velocidad estándar, volúmenes programados y tiempos de paro programados y no programados.

Implementar funciones de cálculo automatizado, reportes, visualizaciones gráficas y simulación de escenarios productivos alternativos que permitan evaluar cambios en programación y redistribución de carga.

Evaluar la precisión y confiabilidad de la herramienta mediante la comparación de sus resultados con cálculos manuales independientes y la estimación del Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE) como indicador estadístico.

Metodología de la Investigación

Enfoque metodológico:

Para responder a esta necesidad, se adoptó una metodología con enfoque básicamente cuantitativo, descriptivo y aplicado, sustentada en la recolección de datos históricos, además con entrevistas estructuradas, observación directa y revisión documental que dan enfoque también cualitativo, lo que permitió garantizar tanto el rigor del diagnóstico como la validez de la herramienta propuesta. Se emplearon técnicas de análisis estadístico, modelación matemática, simulación de escenarios (Monte Carlo) y cálculo de indicadores clave como el OEE (Overall Equipment Effectiveness), introducido por Nakajima (1988) como parte del Mantenimiento Productivo Total..

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el enfoque cuantitativo permite establecer relaciones objetivas entre variables mediante técnicas estadísticas y análisis numérico, lo cual resulta fundamental para comprender comportamientos operativos en entornos industriales. En la ingeniería industrial, la medición y modelación de datos reales es una base esencial para la toma de decisiones informadas, particularmente en contextos de planificación y evaluación de capacidad instalada.

El enfoque descriptivo posibilita caracterizar los fenómenos sin manipular variables, detallando cómo se comportan en la práctica. Según Sampieri, Collado y Lucio (2014), los estudios descriptivos buscan especificar propiedades, características y perfiles de procesos o fenómenos, lo que en este caso permitió identificar brechas entre capacidad instalada y producción real, variaciones en la eficiencia, frecuencia de paros y diferencias en el nivel de ocupación de cada línea.

Al mismo tiempo, el enfoque aplicado de la investigación se alinea con la necesidad de entregar una **solución funcional** al problema identificado. Como señalan Sabino (2014) y Slack et al. (2016), una investigación aplicada debe producir instrumentos o mecanismos que puedan ser utilizados de manera directa para resolver una situación concreta, como es en este caso la falta de herramientas de cálculo del uso real de las líneas productivas.

Ahora bien, la estructuración metodológica del estudio se organiza bajo el enfoque de mejora continua representado por el ciclo **PHVA (Planificar – Hacer – Verificar – Actuar)**, propuesto por Deming (1986). Este ciclo ha sido ampliamente adoptado en entornos de producción industrial como un marco para evaluar, intervenir y perfeccionar procesos de manera iterativa.

Planificar: Se identificaron los factores críticos que afectan el porcentaje de ocupación, incluyendo tiempos improductivos, eficiencia, programación mensual y velocidad estándar. Se consolidaron datos históricos año 2024 como base de análisis.

Hacer: Se diseñó y desarrolló una herramienta automatizada en Microsoft Excel que permite calcular el porcentaje de ocupación, visualizar el desempeño por línea y simular escenarios de mejora operativa.

Verificar: Se evaluó la coherencia del modelo a través de su aplicación con datos reales. Se realizaron simulaciones con distintas condiciones de eficiencia y turnos operativos para validar la consistencia de los resultados generados por la herramienta.

Actuar: A partir de los resultados obtenidos y la retroalimentación técnica, se ajustaron los cálculos, las entradas de datos y la visualización de resultados en la herramienta, mejorando su precisión y facilidad de uso por parte del personal operativo.

El uso del ciclo PHVA en esta investigación no implica una aplicación dogmática del modelo, sino una estrategia flexible que permite iterar entre diagnóstico, acción, evaluación y mejora, tal como lo proponen Chase, Jacobs y Aquilano (2009).

Diseño de la investigación

El diseño metodológico adoptado para este estudio es de tipo no experimental, transversal, de campo, con enfoque descriptivo-aplicado. Esta clasificación responde tanto a la naturaleza del problema planteado como a los objetivos de análisis y construcción de una herramienta funcional.

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), el diseño no experimental se aplica cuando las variables no son manipuladas deliberadamente por el investigador, sino que se observan tal como ocurren en su contexto natural. En este trabajo no se interviene en el proceso productivo de la planta CC Conservas, sino que se parte de datos históricos y reales que reflejan el comportamiento operativo de las líneas de producción durante un periodo determinado.

Este diseño es además transversal, pues la información se recolecta en un momento específico del tiempo (año 2024), sin intención de realizar un seguimiento longitudinal, elección que permite realizar un diagnóstico puntual de la situación operativa de la planta, entendiendo cómo se comporta la ocupación de las líneas bajo ciertas condiciones de eficiencia, programación y disponibilidad.

Adicionalmente, se trata de una investigación de campo, ya que los datos utilizados fueron obtenidos directamente del entorno de estudio, es decir, de los registros operativos reales de la empresa, complementados con insumos de personal técnico vinculado al proceso. Sampieri, Collado y Lucio (2014) señalan que este tipo de diseño permite al investigador acercarse directamente al fenómeno, sin recurrir únicamente a fuentes documentales o teóricas.

El tipo de investigación que orienta este estudio es descriptivo-aplicado. Es descriptivo porque busca caracterizar el nivel de ocupación de las líneas de producción, identificando patrones, tendencias y relaciones entre variables como eficiencia, velocidad estándar, tiempos improductivos y días operativos, a partir de datos históricos y registros reales del sistema productivo. No se pretende establecer relaciones causales estrictas ni generar generalizaciones estadísticas, sino comprender de manera técnica y operativa el estado actual de la capacidad instalada.

Simultáneamente, la investigación es aplicada porque su propósito no es únicamente producir conocimiento teórico, sino desarrollar y validar una herramienta concreta, funcional y adaptable, diseñada en Microsoft Excel, que permita a los responsables de manufactura diagnosticar, monitorear y simular el porcentaje de ocupación con base en información real. Esta orientación responde a lo planteado por Sabino (2014), quien sostiene que la investigación aplicada debe generar soluciones prácticas y contextualizadas a problemas específicos del entorno, fortaleciendo así tanto la toma de decisiones como la eficiencia operativa en escenarios industriales reales.

En conjunto, el diseño no experimental, transversal, de campo, descriptivo-aplicado permite abordar de manera adecuada un problema de carácter técnico-operativo, brindando los fundamentos metodológicos para construir una herramienta que responda a las necesidades reales de análisis de capacidad en una planta de producción.

Hipótesis

La presente investigación parte de un diagnóstico operativo en la planta CC Conservas, donde se evidencia la ausencia de mecanismos formales para calcular y analizar el porcentaje real de ocupación de sus líneas de producción. Esta carencia impacta directamente la eficiencia

en la planificación y limita la capacidad de tomar decisiones basadas en datos. A partir de este contexto, se formulan las siguientes hipótesis:

Hipótesis general: La implementación de una herramienta automatizada de análisis en Microsoft Excel, integrada con variables como eficiencia, velocidad estándar, días operativos y unidades producidas, incrementa la precisión en el cálculo del porcentaje de ocupación de las líneas de producción de CC Conservas, fortaleciendo el diagnóstico operativo y mejorando la toma de decisiones a nivel táctico. Esta hipótesis se sustenta en la afirmación de Chase, Jacobs y Aquilano (2009), quienes destacan que las soluciones técnicas bien estructuradas, apoyadas en datos reales, permiten superar las limitaciones de los análisis dispersos, manuales o sin criterios unificados.

Hipótesis específica: El bajo nivel de ocupación registrado en varias líneas de producción de CC Conservas **está relacionado con la ausencia de una herramienta sistemática** que consolide datos, realice cálculos integrados y simule escenarios operativos, limitando la identificación de pérdidas de eficiencia y la optimización de la programación de la planta. Esta hipótesis se fundamenta en lo planteado por Slack et al. (2016), quienes señalan que la falta de visibilidad y de análisis integrados sobre el uso real de la capacidad instalada constituye una de las principales causas de ineficiencia en la gestión de operaciones.

Población y muestra:

La presente investigación considera dos niveles de población: uno técnico-operativo, compuesto por las **líneas de producción activas** en la planta CC Conservas, y otro humano, conformado por los **actores directamente involucrados en los procesos productivos y de toma de decisiones** dentro del área de manufactura.

En el nivel operativo, la población está compuesta por **siete líneas de producción activas** durante el año 2024: **V1, V2, GI, SP, FF, C1 y C2**. Cada una representa una unidad de análisis independiente debido a sus condiciones técnicas, configuración de productos y desempeño operativo particular. Debido a que se trabajó con la totalidad de líneas activas, se aplicó un **muestreo censal**.

En el nivel humano, la población de interés está conformada por los trabajadores del área de manufactura, específicamente:

- **Jefe de manufactura de planta.**
- **Coordinador de producción.**
- **Tres supervisores de turno.**
- **Coordinador de planeación**

En total, se consultó a **7 personas**, seleccionadas mediante un **muestreo intencional no probabilístico**, con base en su experiencia directa con los procesos operativos de las líneas analizadas. Este tipo de muestreo es adecuado cuando se busca obtener información específica de actores clave que poseen conocimiento técnico y operativo sobre el sistema, como lo señalan Sampieri et al. (2014).

La combinación del enfoque censal con el muestreo intencional permitió integrar datos técnicos con información cualitativa contextual, fortaleciendo el diseño y validación de la herramienta propuesta.

Instrumentos de recolección de datos:

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron instrumentos mixtos, combinando herramientas cuantitativas y cualitativas, con el objetivo de obtener información completa,

confiable y contextualizada sobre la ocupación de las líneas de producción en la planta CC Conservas.

En el componente cuantitativo, el principal instrumento fue una matriz de datos estructurada en Microsoft Excel, en la cual se integraron las siguientes variables: número de unidades programadas, unidades producidas, velocidad estándar, eficiencia estimada, número de días operativos y turnos diarios por línea. Esta matriz fue construida a partir de los registros operativos de la planta durante el año 2024. Además de servir como fuente de datos, esta matriz fue la base para el diseño, simulación y validación de la herramienta propuesta.

Figura 3. Matriz operativa en Excel para el análisis del porcentaje de ocupación en la línea V1

Linea de	Unidades/Car	Enero	Unidades	Febrero	Unidades2	Marzo
Volpak 1	24	3.000	72000	3.100	74400	2.900
Volpak 1	12	1.850	22200	2.050	24600	1.900
Volpak 1	12	1.000	12000	0	0	1.000
Volpak 1	12	1.000	12000	0	0	1.000
	6850		118200		130200	
			2955		3255	

ENERO		Enero (Días)	Horas
Restricción	Días Calendarios	31	744
Restricción	Domingos	4	96
Restricción	Días festivos	2	48
	Días Habiles	25	600
Planeadas	Aseo de entrada	0,667	16
Planeadas	Alimentación	1,042	25
Planeadas	Aseo mensual	0,667	16
Restricción	Reducción de Jornada Laboral	0,5	12
Pérdida	Inicio - Fin turno	0,01	0,35
Planeadas	Capacitaciones	0,17	4
Planeadas	Mantenimiento	2,00	48
Restricción	Triplulación Compartida	0,0	0,0
	Turnos		
	Capacidad con Restricciones	19,944	478,65

FEBRERO		Febrero (Días)	Horas
Restricción	Días Calendarios	29	696
Restricción	Domingos	4	96
Restricción	Días Festivos	0	0
	Días Habiles	25	600
Planeadas	Alimentación	1,042	25
Planeadas	Aseo mensual	0,667	16
Planeadas	Reducción de Jornada Laboral	0,500	12
Restricción	Inicio - Fin turno	0,0	0,35
Pérdida	BAM	1,00	24
Planeadas	Capacitaciones	0,17	4
Planeadas	Mantenimiento	4,00	96
Restricción	Triplulación Compartida	0,0	0,0
	Turnos		
	Capacidad con Restricciones	17,610	422,65

Fuente: Elaboración propia con base en registros operativos de CC Conservas (año 2024).

Para el componente cualitativo, se diseñó y aplicó una guía de entrevista semiestructurada, dirigida a actores clave del sistema productivo. Esta guía se aplicó a:

- **Jefe de manufactura de planta.**
- **Coordinador de producción.**

- **Tres supervisores de turno.**
- **Jefe de planeación**
- **Coordinador de planeación**

La entrevista semiestructurada permitió recoger percepciones, experiencias y observaciones sobre el uso actual de las líneas, las causas de baja ocupación, los factores que afectan la eficiencia, y la utilidad esperada de una herramienta como la que se propone. Este tipo de instrumento fue seleccionado por su flexibilidad para profundizar en los temas relevantes según el rol y experiencia del entrevistado, como recomienda Taylor y Bogdan (1998) para investigaciones de campo con enfoque aplicado.

Adicionalmente, se utilizó una bitácora de observación directa no participante, en la cual se registraron detalles sobre las condiciones físicas de las líneas, tiempos de parada observables, comportamiento del personal durante la operación y patrones de cambio entre turnos. Estos datos cualitativos complementaron la interpretación de los registros numéricos.

La triangulación de los tres instrumentos permitió diseñar una herramienta de análisis técnica pero contextualizada, sensible tanto a los datos operativos como a las dinámicas reales del entorno productivo.

Fuentes primarias y secundarias

La presente investigación se apoya en **fuentes primarias y secundarias** que permitieron construir una base sólida de información tanto operativa como teórica.

Las **fuentes primarias** se componen de los datos recolectados directamente en la planta CC Conservas, durante el año 2024. Entre estas se incluyen:

- **Registros internos de producción:** unidades programadas, unidades producidas, velocidad estándar por línea, turnos asignados y días laborables.

- **Entrevistas semiestructuradas a actores clave del proceso productivo** (jefe de manufactura de planta, coordinador de producción, tres supervisores de turno, jefe de planeación, coordinador de planeación).
- **Observación directa no participante del comportamiento operativo de las líneas en horario de producción regular.**

Estas fuentes primarias proporcionaron datos concretos y actualizados sobre el desempeño del sistema productivo, así como información contextual sobre los factores que inciden en la baja o alta ocupación de las líneas.

Las **fuentes secundarias** utilizadas corresponden a la revisión documental y bibliográfica necesaria para fundamentar teóricamente el análisis, estructurar el marco conceptual y definir el enfoque metodológico. Entre estas se incluyen:

- Libros especializados en gestión de operaciones, análisis de eficiencia y administración de la producción (Slack et al., 2016; Chase et al., 2009).
- Manuales técnicos sobre indicadores como OEE, capacidad instalada y simulación de escenarios.
- Artículos científicos y estudios de caso sobre medición de productividad y diseño de herramientas de análisis operativo.
- Documentación normativa y legal relacionada con la operación industrial, la mejora continua y la gestión de procesos.

El uso complementario de estas dos categorías de fuentes permitió desarrollar una herramienta coherente con el contexto técnico de la planta, pero también sustentada en principios académicos y buenas prácticas del campo de la ingeniería industrial.

Procedimiento.

El desarrollo de la investigación se estructuró en una serie de etapas que garantizaron coherencia entre el diagnóstico, el análisis de datos, la construcción de la herramienta y la validación de resultados. De acuerdo con Sampieri et al. (2022), un procedimiento claramente definido permite garantizar la validez de los hallazgos, reducir sesgos y mejorar la confiabilidad de los resultados. A continuación, se describen las fases principales:

1. Identificación del problema operativo

Se realizó un diagnóstico preliminar en la planta CC Conservas, evidenciando la ausencia de un mecanismo sistemático para calcular el porcentaje de ocupación de las líneas de producción. Esta etapa incluyó observación directa, revisión documental y entrevistas informales al jefe de manufactura.

2. Recolección y consolidación de información operativa

Se recopilaron registros históricos de producción correspondientes al año 2024 y primer semestre de 2025, incluyendo unidades programadas y reales, turnos operativos, días laborables y velocidades estándar por línea. La información fue sistematizada en matrices Excel estructuradas por línea y por mes, constituyendo la base para los análisis posteriores.

3. Aplicación de entrevistas semiestructuradas

Se realizaron entrevistas a siete actores clave del proceso productivo: jefe de manufactura, coordinador de producción, tres supervisores de turno, jefe de planeación y coordinador de planeación. Este insumo cualitativo permitió profundizar en las causas percibidas de baja ocupación, los criterios de programación y las dinámicas internas de la planta.

4. Revisión bibliográfica y construcción del marco teórico

Se revisaron fuentes académicas y técnicas en torno a la gestión de operaciones, eficiencia

productiva, OEE, análisis de capacidad instalada y simulación de escenarios, con el fin de sustentar conceptualmente la propuesta metodológica y el diseño de la herramienta.

5. Diseño del modelo lógico de la herramienta

Se definieron fórmulas, variables de entrada y estructura modular del archivo en Excel, integrando como insumos críticos la velocidad estándar, la eficiencia, los días operativos y el volumen de producción programado.

6. Desarrollo de la herramienta en Excel

Se implementó el archivo definitivo, con automatización de cálculos, validaciones de entrada, alertas visuales y visualización gráfica por línea. La herramienta permite además simular escenarios alternativos modificando condiciones como eficiencia, número de turnos y volúmenes de programación.

7. Simulación de escenarios

Se realizaron simulaciones de distintos escenarios productivos (aumento de eficiencia, reducción de tiempos improductivos, redistribución de carga de trabajo) para evaluar el impacto sobre el porcentaje de ocupación y anticipar posibles desbalances operativos.

8. Validación técnica y estadística de la herramienta

La herramienta fue sometida a validación funcional con usuarios de planta (jefe de manufactura y supervisores), quienes evaluaron su aplicabilidad y facilidad de uso. De manera complementaria, se efectuó una validación estadística mediante el cálculo del **Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE)**, con el fin de comprobar la precisión y confiabilidad de los resultados frente a cálculos manuales independientes.

Análisis de los datos

Se integraron los hallazgos cuantitativos y cualitativos para formular conclusiones, y se redactó el informe final bajo las normas institucionales de trabajo de grado, este procedimiento permitió cumplir con los objetivos planteados, asegurar la fiabilidad del modelo construido y responder a una necesidad operativa real con una herramienta aplicable, accesible y técnicamente fundamentada.

El análisis de los datos se realizó de forma **cuantitativa y cualitativa**. El objetivo fue interpretar la información desde una perspectiva técnica, pero también contextual, permitiendo explicar la ocupación real de las líneas de producción con base en registros operativos y en las percepciones de los actores del sistema.

En el componente **cuantitativo**, se empleó una **matriz de datos en Microsoft Excel** diseñada para consolidar los registros de unidades programadas, unidades producidas, velocidad estándar por línea, número de turnos operativos y eficiencia estimada. Estos datos se organizaron por línea y por mes, y se utilizaron para calcular el **porcentaje de ocupación real**, tomando como referencia la capacidad teórica de cada línea. Los resultados se analizaron mediante **estadística descriptiva**, incluyendo:

- Cálculo de porcentajes de ocupación por línea y por periodo.
- Identificación de líneas con subutilización (<70%) o sobrecarga (>90%).
- Comparación entre la ocupación real y la proyectada mediante escenarios simulados.

También se aplicó una **simulación determinística** tipo “what if” para modelar posibles mejoras en la ocupación, modificando variables como eficiencia operativa, número de turnos y volumen programado. Esta simulación permitió proyectar escenarios alternativos y evaluar el impacto potencial de ciertas decisiones de programación.

Por ejemplo, la **línea V1**, con una velocidad estándar de 900 unidades por hora, presentó en febrero de 2024 una producción total de **solo 74.400 unidades**, lo que corresponde a un nivel de ocupación significativamente inferior al esperado si se considera una jornada de 2 turnos durante 22 días. Esta cifra fue interpretada como un síntoma de subutilización. La hipótesis fue confirmada en entrevista con el **jefe de planeación**, quien afirmó: *“A veces hay tiempos muertos porque no hay suficientes pedidos o los cambios de formato toman demasiado tiempo”*. Este cruce de datos técnicos con percepción operativa valida la utilidad de la herramienta para diagnosticar problemas estructurales que no se reflejan de forma inmediata en las cifras agregadas.

De manera similar, la **línea SP** con velocidad media y alta rotación de referencias mostró un comportamiento irregular. Si bien en algunos días alcanzó niveles de producción cercanos a la programación, en otros la cantidad de unidades producidas fue casi nula. Esta variabilidad fue explicada por un **supervisor de turno**, quien señaló: *“La Stick tiene mucha variación por el tipo de producto y los paros técnicos son frecuentes; no hay manera fácil de predecir su ocupación sin una herramienta que lo muestre con claridad”*. Este testimonio refuerza la necesidad operativa de contar con una herramienta que no solo calcule, sino que también **simule escenarios realistas** y variables operativas.

En el componente **cualitativo**, los datos obtenidos a través de entrevistas semiestructuradas y observaciones directas fueron analizados mediante **análisis de contenido temático**. Se agruparon las respuestas por categorías emergentes como: “percepción sobre causas de baja ocupación”, “factores externos que afectan la eficiencia” y “limitaciones en el sistema actual de seguimiento”. Esta información enriqueció la comprensión de los datos numéricos y permitió validar los resultados de la herramienta desde la experiencia de los trabajadores.

Finalmente, se integraron los hallazgos cuantitativos y cualitativos mediante un enfoque de **triangulación metodológica** (Sampieri et al., 2014), lo cual permitió fortalecer la validez de las conclusiones. Este análisis integral aseguró que la herramienta no solo fuera técnicamente funcional, sino también contextual y pertinente para su aplicación real en planta.

Productos a obtener

Tabla 1. Productos a obtener

Objetivo	Actividad	Instrumento	Producto a Obtener
Caracterizar el sistema productivo de CC Conservas, identificando variables críticas y niveles de ocupación.	Recolectar y sistematizar datos operativos (2024 – primer semestre 2025) sobre unidades programadas y producidas, turnos, eficiencia, velocidad estándar y días operativos.	Matriz de datos en Excel estructurada por línea; entrevistas a jefe de manufactura, supervisores y personal de planeación.	Base de datos operativa depurada y caracterización de variables críticas.
Diseñar la herramienta en Excel que integre	Modelar fórmulas, definir estructura de entradas y salidas	Prototipo lógico de la herramienta en Excel.	Modelo estructurado de la herramienta listo

variables críticas y restricciones operativas.	en Excel (eficiencia, velocidad, unidades, días, turnos, paros programados y no programados).		para implementación.
Implementar funciones de cálculo, visualización gráfica y simulación de escenarios en la herramienta.	Desarrollar automatizaciones, validaciones de datos, reportes y módulo de simulación de escenarios (eficiencia, volumen, turnos).	Archivo Excel definitivo con macros y gráficos.	Herramienta automatizada de análisis y simulación de ocupación.
Evaluar la precisión y confiabilidad de la herramienta frente a cálculos independientes.	Validar resultados de la herramienta con usuarios internos y aplicar prueba estadística (MAPE) para	Sesiones de prueba funcional con jefe de manufactura y supervisores; cálculo del Error Porcentual	Herramienta validada funcional y estadísticamente; informe de precisión y recomendaciones técnicas.

verificar	Absoluto Medio
consistencia.	(MAPE).

Fuente: Elaboración propia (2025)

Cronograma De Actividades Para La Creación De La Herramienta

Tabla 2

Tabla 2 Cronograma de actividades

Actividad	Descripción	Fecha de inicio	Fecha de finalización
Identificación del problema	Observación en planta y definición preliminar del problema operativo a abordar.	01/02/2024	05/02/2024
Delimitación y formulación del problema de investigación	Redacción formal del problema, justificación y objetivos específicos.	06/02/2024	10/02/2024
Revisión bibliográfica especializada	Consulta de autores sobre eficiencia, ocupación y análisis de	08/02/2024	15/02/2024

	capacidad productiva.		
Recolección de datos operativos	Obtención de registros internos de producción, eficiencia y programación.	12/02/2024	20/02/2024
Aplicación de entrevistas semiestructuradas	Entrevistas a jefe de manufactura, supervisores y operarios.	15/02/2024	25/02/2024
Modelado de la herramienta de análisis	Diseño en Excel con fórmulas, lógica de simulación y validaciones.	22/02/2024	29/02/2024
Simulación de escenarios operativos	Pruebas modificando variables clave para observar comportamiento del modelo.	01/03/2024	05/03/2024

Validación funcional de la herramienta	Presentación a usuarios de planta y ajustes según retroalimentación.	06/03/2024	10/03/2024
Redacción del informe final	Elaboración del documento con resultados, análisis y conclusiones.	11/03/2024	18/03/2024

Fuente: Elaboración propia (2025)

Presupuesto

Recursos Humanos

Nombre Completo	Cargo	Valor	Cantidad Horas	Valor Total
		Hora	Proyecto	
Adolfo León Buriticá	Director	\$25.000	120	\$3.600.000
Alexander Jojoa Pérez	Co-Director	\$12.500	70	\$875.000
Juan Sebastián Pérez Mesa	Desarrollador	\$5,407	1200	\$6.488.400
Subtotal De Recursos Humanos				\$10.963.400

Fuente: Elaboración propia (2024)

Productos Esperados

Clasificación	Descripción	Producto	<input checked="" type="checkbox"/>
Productos de Generación de Nuevo	Son aquellos aportes significativos al estado del arte de un área de conocimiento, que han sido discutidos, validados que lleguen a ser incorporados a la discusión	Artículos A	<input checked="" type="checkbox"/>
		Artículos B	<input type="checkbox"/>
		Artículos C	<input type="checkbox"/>
		Capítulos en Libros	<input type="checkbox"/>
		Artículos de circulación regional y/o nacional	<input type="checkbox"/>

Conocimiento	científica, al desarrollo de las actividades investigativas,	Patentes	<input type="checkbox"/>
		Variedad vegetal	<input type="checkbox"/>
Productos de Apropiación Social del Conocimiento	La apropiación social del conocimiento se entiende como un proceso y práctica social de construcción colectiva, donde actores que pueden ser individuos,	Programas o proyectos de extensión universitaria o	<input type="checkbox"/>
		Proyecto de comunicación del conocimiento	<input type="checkbox"/>
		Generación de contenidos (documentos)	<input checked="" type="checkbox"/>
		Generación de contenidos (multimedia)	<input type="checkbox"/>
Clasificación	Descripción	Producto	<input checked="" type="checkbox"/>
	interacciones que les permiten intercambiar saberes y conexiones donde el conocimiento circula, es discutido, puesto a prueba, usado y llevado a la cotidianidad.	Participación Eventos Científicos	<input type="checkbox"/>
		Participación Redes de Conocimiento	<input type="checkbox"/>
		Participación Redes de Conocimiento	<input type="checkbox"/>
Otros	Aportes del trabajo realizado en la modalidad de opción de grado: “Proyecto de grado”	Documento entregado	<input type="checkbox"/>

Capítulo I

Caracterizar el sistema productivo de CC Conservas, identificando las líneas de producción, sus capacidades teóricas, velocidades estándar, turnos de operación, restricciones operativas y niveles actuales de ocupación a partir de datos históricos.

En las operaciones industriales, uno de los principales retos es lograr una utilización eficiente de la capacidad instalada. Esta eficiencia se refleja en el **porcentaje de ocupación de las líneas de producción**, entendido como la proporción del tiempo y la capacidad disponible que realmente son aprovechados en la producción efectiva. En la planta CC Conservas, ubicada en Tuluá, esta necesidad se hace especialmente evidente ante las brechas detectadas entre la programación, la velocidad estándar y los volúmenes efectivamente alcanzados.

En este contexto, el presente capítulo tiene como propósito dar cumplimiento al **primer objetivo específico** del trabajo de grado: **caracterizar el sistema productivo de CC Conservas**, identificando sus líneas de producción, capacidades teóricas, velocidades estándar, turnos de operación, restricciones operativas y niveles actuales de ocupación con base en datos históricos.

Para este fin, se consolidó una base de datos correspondiente al año 2024, en la cual se integraron las principales variables que inciden en la ocupación: unidades programadas y producidas, velocidad estándar por línea, días laborables mensuales, número de turnos y paros programados y no programados (ver figura 3 pág. 45).

La sistematización de esta información constituye un insumo fundamental para el desarrollo de una herramienta automatizada en Excel que, en fases posteriores de la investigación, permitirá calcular con mayor precisión el porcentaje de ocupación y visualizar sus variaciones por línea, mes y referencia de producto. La identificación y análisis de estas variables representan, por tanto, el primer paso para comprender las causas de la subutilización de recursos y establecer un diagnóstico técnico del comportamiento operativo de la planta.

A continuación, se presentan los principales hallazgos derivados de este análisis.

1.1 Velocidad Estándar y Capacidad Instalada

Cada línea de producción en CC Conservas tiene una **velocidad estándar definida internamente**, la cual representa el ritmo teórico al que una línea puede operar, expresado en unidades por minuto o por hora, bajo condiciones óptimas (es decir, sin paros, desperdicios, ni ajustes técnicos). Esta velocidad teórica varía de acuerdo con el tipo de máquina, el producto que se empaqueta y el formato del empaque.

Por ejemplo, la línea **V1**, dedicada al envasado de productos como arequipe y leche condensada, tiene asignada una velocidad estándar de **15 unidades por minuto**, equivalente a **900 unidades por hora**; otras líneas, como **C1**, utilizada para productos líquidos de alta viscosidad, opera a una velocidad teórica de **17,5 unidades por minuto (1.050 unidades por hora)**, mientras que la línea **SP**, especializada en formatos pequeños tipo sachet, presenta una

Por ejemplo, si una línea opera dos turnos diarios de 8 horas durante 22 días hábiles, y su velocidad estándar es de 900 unidades/hora, su capacidad instalada mensual sería de:

$$900 \text{ unidades/hora} \times 8 \text{ horas/turno} \times 2 \text{ turnos/día} \times 22 \text{ días} = 316.800 \text{ unidades.}$$

Tabla 3. Tabla comparativa de capacidad instalada teórica por línea (febrero de 2024)

Línea	Velocidad Estándar (u/h)	Turnos Programados	Días Hábiles (Febrero)	Capacidad Teórica Feb (unidades)
V1	900	2	22	316800
V2	850	2	22	299200
V3	870	2	22	306240
V4	950	3	22	501600
V6	940	3	22	496320
C1	1050	3	22	554400
C2	850	2	22	299200
C3	880	2	22	309760
SP	420	2	22	147840
GI	980	2	22	344960

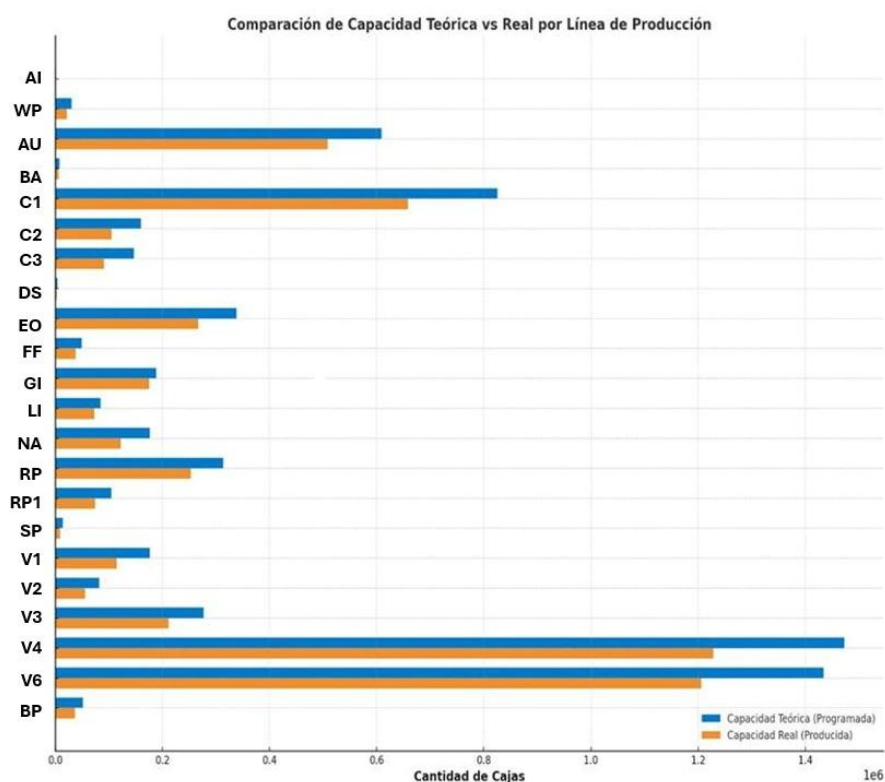
Fuente: Elaboración propia con base en datos de capacidad técnica y programación operativa de CC Conservas.

Este cálculo es fundamental para establecer una **línea base técnica**, sobre la cual se puede contrastar la producción real registrada en los sistemas operativos. La diferencia entre la capacidad teórica y la producción efectiva permite determinar el **nivel de ocupación real**, así como las posibles brechas de eficiencia y subutilización.

Además, al normalizar la velocidad por línea y producto, se facilita el análisis comparativo entre líneas que operan bajo condiciones similares, así como la simulación de escenarios futuros de mejora.

En este sentido, la Figura 5 compara la capacidad instalada con la producción real por línea, evidenciando las brechas de utilización y mostrando el nivel de alineación entre lo planificado y lo ejecutado.

Figura 5. Gráfico de barras – Comparación de capacidad teórica vs producción real



Fuente: Elaboración propia con base en datos de producción y planificación (enero-marzo 2024).

1.2 Producción Real vs. Capacidad Disponible

La producción real mensual, registrada por línea y por referencia, constituye una variable clave para estimar el porcentaje de ocupación en un sistema de manufactura. Al contrastar estos

valores con la **capacidad instalada teórica**, calculada a partir de la velocidad estándar, el número de turnos, las jornadas diarias y los días hábiles de cada mes, se evidencian **desviaciones significativas** que comprometen la utilización eficiente de los recursos productivos.

Por ejemplo, en febrero de 2024 la línea **V1**, con una capacidad teórica de **316.800 unidades**, alcanzó una producción efectiva de **88.800 unidades**, lo que representa apenas un **28 % de ocupación**, es decir, una subutilización del **72 %** del tiempo operativo disponible. Un panorama similar se observa en otras líneas:

- **V2** alcanzó solo el **10,26 %** de ocupación (30.700 unidades frente a 299.200 de capacidad).
- **V3** presentó una ocupación del **23,5 %**.
- **C1**, pese a ser una de las líneas de mayor capacidad (554.400 unidades), apenas llegó al **46,9 %**, con 260.000 unidades producidas.
- **SP** no registró producción en febrero, lo que se traduce en un **0 % de ocupación**.
- Solo **V4** y **V6** mostraron un desempeño satisfactorio, con niveles de ocupación superiores al **95 %**, lo que evidencia un aprovechamiento cercano a su máximo potencial operativo.

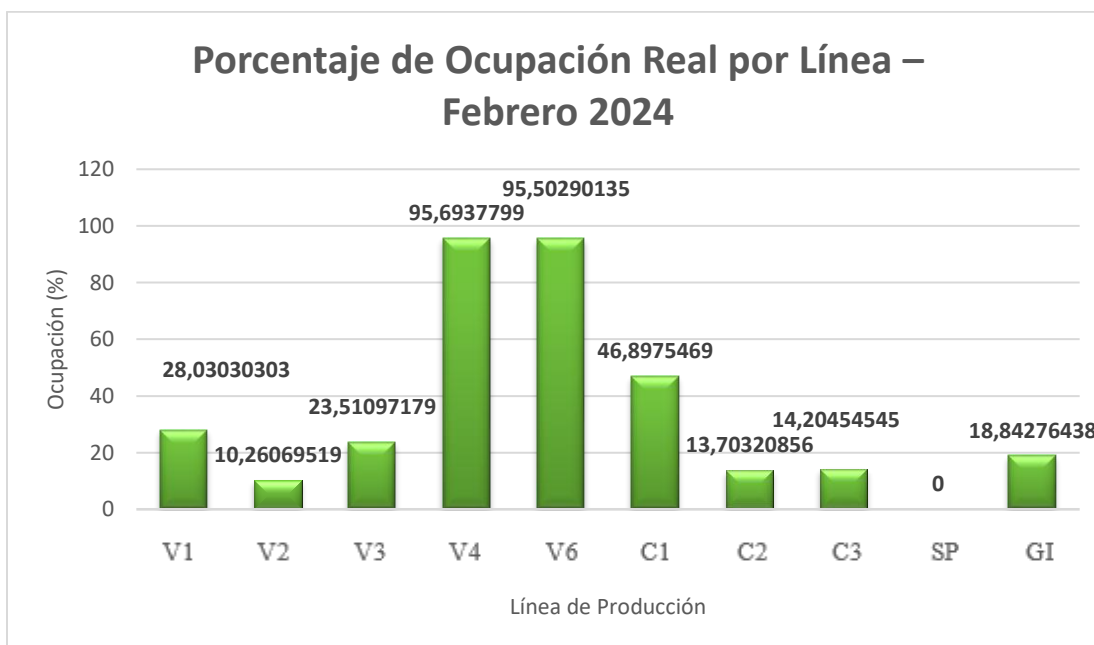
Estas variaciones confirman que, en ausencia de una **herramienta técnica estandarizada** que integre y visualice esta información de manera sistemática, las decisiones operativas tienden a apoyarse en reportes parciales o en percepciones fragmentadas. Una simple lectura de los volúmenes de producción no permite identificar con precisión los **cuellos de botella**, las situaciones de **sobrecarga** o los casos de **subutilización crítica**.

De este modo, la comparación entre la capacidad teórica y la producción real no solo permite caracterizar el nivel de ocupación actual de las líneas, sino que también **responde al objetivo**

específico de este capítulo, al ofrecer evidencia empírica de las brechas entre el potencial instalado y el uso efectivo de los recursos productivos en CC Conservas.

En este sentido, la Figura 6 presenta el porcentaje de ocupación de cada línea en febrero de 2024, destacando tanto casos de subutilización como aquellos con altos niveles de aprovechamiento.

Figura 6. Porcentaje de ocupación real por línea en febrero de 2024



Fuente: Elaboración propia con base en datos operativos de CC Conservas.

El análisis comparativo entre la capacidad instalada y la producción real constituye el primer paso para diagnosticar el desempeño del sistema productivo y justificar la necesidad de una solución automatizada que permita monitorear de manera integral el porcentaje de ocupación.

1.3 Unidades programadas vs. unidades producidas

La discrepancia entre las unidades programadas y las realmente producidas constituye una variable crítica que afecta directamente la **eficiencia de las líneas** y la **confiabilidad del sistema de planificación**. Esta brecha entre lo esperado y lo ejecutado no solo dificulta la

proyección de recursos, sino que también impacta los indicadores de cumplimiento, pudiendo generar retrasos y represamientos en procesos posteriores de la cadena productiva.

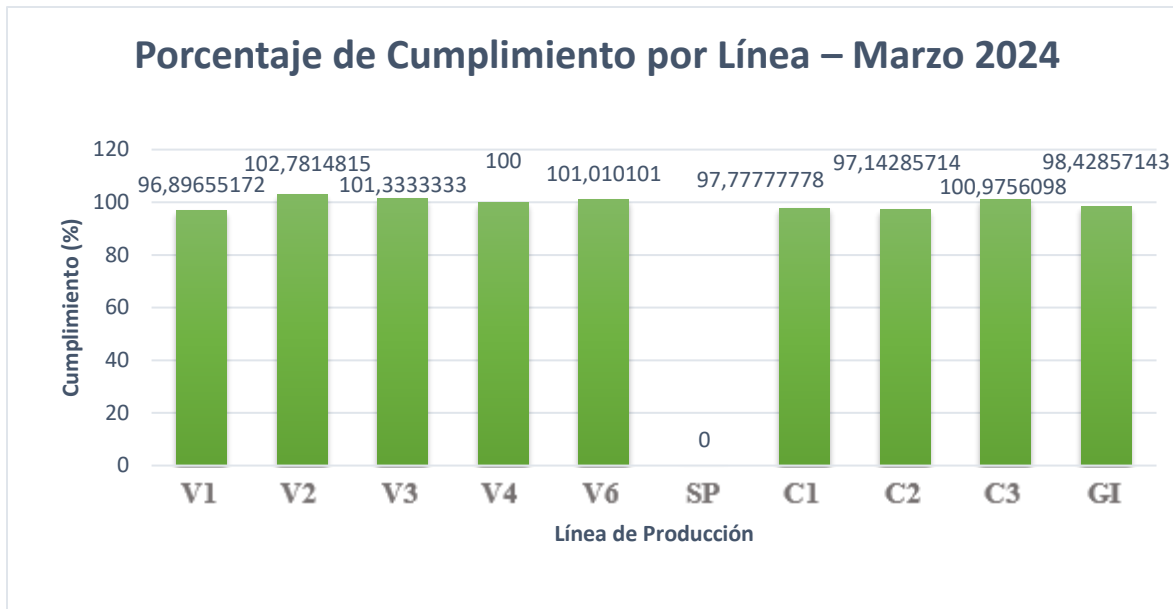
En marzo de 2024, la mayoría de las líneas de producción de CC Conservas alcanzaron niveles de cumplimiento cercanos o superiores al **95 %**, lo que indica una adecuada alineación entre la planificación y la ejecución operativa. Entre los resultados más destacados se encuentran:

- **V1** con un nivel de cumplimiento del **96,9 %**.
- **V2, V3, V4 y V6**, que superaron el **100 %**, situación que puede explicarse por ajustes menores en la programación o cierres de lotes con volúmenes superiores a los inicialmente estimados.
- **C1, C2, C3 y GI**, que mantuvieron un rango de cumplimiento entre **97 % y 101 %**, evidenciando consistencia en la programación de líneas con productos de mayor estabilidad.

Estos resultados reflejan que, aunque en términos de cumplimiento la programación se ejecuta de manera efectiva, la existencia de **líneas con altos niveles de subutilización en periodos anteriores** (como se evidenció en febrero) demuestra que el sistema requiere de una herramienta de análisis que no solo compare lo programado con lo producido, sino que además permita interpretar de manera más amplia el impacto de los turnos, los paros y la eficiencia operativa en la ocupación real.

En este orden de ideas, la Figura 7 contrasta la producción programada frente a la real, permitiendo identificar desviaciones que afectan la confiabilidad de la planificación y la estabilidad del proceso

Figura 7. Porcentaje de cumplimiento de unidades programadas vs. producidas



Fuente: Elaboración propia con base en registros operativos de CC Conservas.

Un caso crítico en este periodo correspondió a la línea **SP**, que, pese a tener una programación de 14.400 unidades, no reportó ninguna producción, alcanzando un **0 % de cumplimiento**. Este hallazgo fue corroborado mediante entrevistas con el coordinador de producción y supervisores de planta, quienes señalaron que dicha línea presenta **alta rotación de productos, frecuentes configuraciones, tiempos de cambio de formato extensos y fallas técnicas recurrentes**, lo que dificulta su operación continua. La interrupción total de la producción refleja una marcada **inestabilidad operativa**, con efectos directos en la ocupación y en la eficiencia global del sistema.

El seguimiento sistemático de esta variable permitiría alertar tempranamente sobre desviaciones significativas, priorizar intervenciones técnicas y ajustar la programación de manera más realista.

1.4 Tiempos de Inactividad: Paros Programados y No Programados

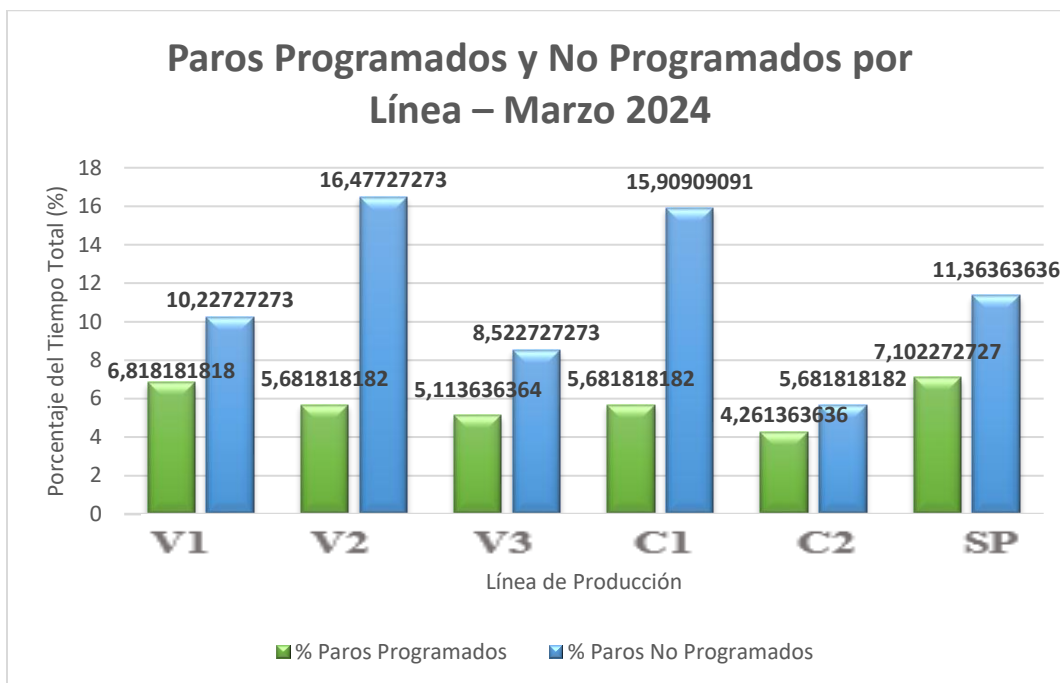
Uno de los factores más críticos que afectan el porcentaje de ocupación de las líneas de producción es el **tiempo de inactividad**, clasificado en **paros programados** (limpieza, mantenimiento, ajustes técnicos, calibraciones) y **paros no programados** (fallas imprevistas, falta de materiales, ausencias de personal u otros eventos no controlados).

En marzo de 2024 se evidenció que varias líneas experimentaron **niveles significativos de inactividad no planificada**, en algunos casos superiores al 15 % del tiempo total disponible:

- **C1:** 15,9 % de paros no programados (84 horas de 528 disponibles).
- **V2:** 16,5 %, el valor más alto entre las líneas analizadas.
- **SP:** 11,4 % de paros no programados y 7,1 % de paros programados.
- **V1:** 10,2 % de paros no programados, en concordancia con su bajo nivel de producción y reflejo de múltiples eventos críticos acumulados.

Estos tiempos improductivos inciden de manera directa en el cálculo del porcentaje de ocupación, ya que reducen la disponibilidad efectiva de la línea sin que se ajuste la expectativa de producción. En otras palabras, aunque la capacidad instalada permanezca constante, las interrupciones no previstas disminuyen el tiempo útil de operación y, en consecuencia, el volumen real producido. Esto genera una **distorsión en la percepción de eficiencia**, puesto que los bajos niveles de ocupación no siempre corresponden a deficiencias en el rendimiento técnico de la línea, sino a **limitaciones en su disponibilidad operativa**.

Figura 8. Porcentaje de tiempo perdido por paros programados y no programados – Marzo 2024



Fuente: Elaboración propia con base en registros operativos de CC Conservas.

Actualmente, los paros son registrados de manera estimada por el equipo operativo y su seguimiento se realiza de forma manual o dispersa. Esta limitación metodológica refuerza la necesidad de **sistematizar la captura y análisis de los tiempos de inactividad** mediante una herramienta integrada que permita cuantificar y visualizar dichos eventos en conjunto con las demás variables operativas. Solo de esta manera es posible fundamentar la toma de decisiones en evidencia objetiva y priorizar intervenciones correctivas de manera más efectiva.

1.5 Eficiencia Operativa

Aunque no se calculó de manera completa el indicador internacional **OEE (Overall Equipment Effectiveness)**, la propuesta de herramienta considera un **valor sintético de eficiencia operativa**, estimado a partir de la relación entre unidades producidas y capacidad

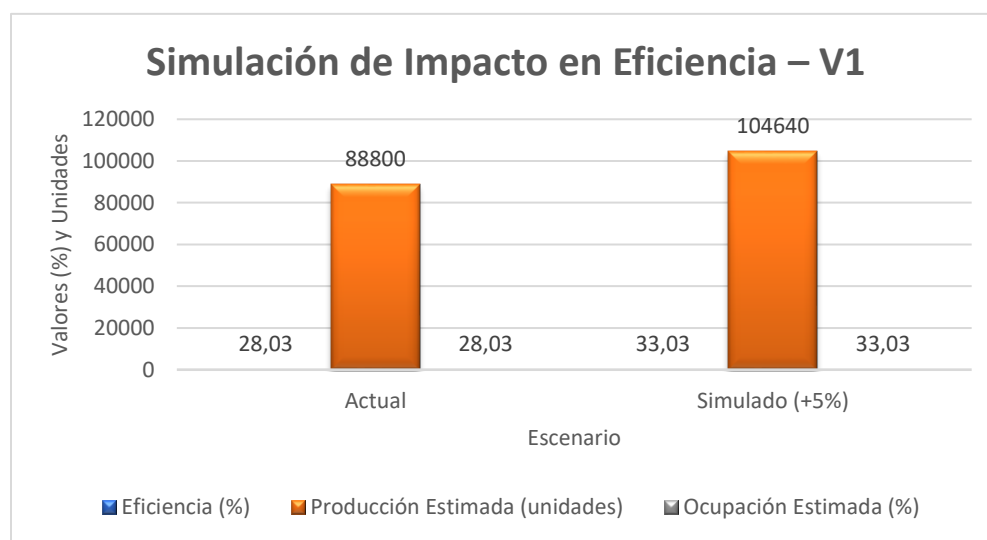
disponible ajustada, teniendo en cuenta la influencia de la disponibilidad, el rendimiento y, en menor medida, la calidad.

Por ejemplo, en la línea **V1**, durante febrero de 2024 se registró una eficiencia de **28,03 %**, al producir **88.800 unidades** frente a una capacidad total de **316.800 unidades**. Este valor refleja una baja utilización de los recursos instalados y evidencia amplios márgenes de mejora.

En el modelo de simulación desarrollado en Excel, se evaluó el impacto de un incremento del **5 % en eficiencia operativa**, mediante estrategias como la reducción de tiempos muertos, la mejora en el ritmo de operación o la disminución de interrupciones menores. Los resultados mostraron que dicho incremento permitiría alcanzar una producción aproximada de **104.640 unidades**, lo que se traduce en una mejora de **5 puntos porcentuales** en el nivel de ocupación total de la línea.

Este tipo de simulaciones permiten **proyectar escenarios de mejora sin necesidad de intervenir directamente la planta**, facilitando la toma de decisiones estratégicas y la priorización de acciones correctivas en aquellas áreas con mayor retorno operativo.

Figura 9. Simulación de eficiencia, producción y ocupación en la línea V1



Fuente: Elaboración propia a partir de datos operativos y simulaciones en Excel (febrero 2024).

En este sentido, la eficiencia se convierte no solo en un indicador técnico, sino en una variable estratégica para la planificación de recursos y la gestión del desempeño de las líneas.

1.6 Días Operativos y Turnos

Una variable frecuentemente subestimada en el análisis de ocupación es la cantidad efectiva de **días operativos y turnos programados por línea**, pues estos determinan el tiempo real disponible para la producción. En CC Conservas, la asignación de turnos y días hábiles no es uniforme, ya que se ajusta de acuerdo con la demanda proyectada, el tipo de producto y la disponibilidad de recursos técnicos y humanos.

Durante marzo de 2024 se observaron **variaciones significativas entre líneas**:

- **V4 y V6**, las de mayor carga, operaron 26 días con tres turnos diarios, acumulando 78 turnos en el mes, lo que refleja su alta rotación y prioridad en la programación.
- **V1 y V3** funcionaron durante 22 días con dos turnos por jornada (44 turnos en total), en coherencia con su capacidad instalada y nivel de producción alcanzado.
- **C1**, otra línea de alta demanda, sumó 66 turnos mensuales.
- En contraste, **V2** fue programada únicamente 20 días con un turno diario (20 turnos en total), lo que explica su bajo nivel de ocupación.
- El caso más crítico fue **SP**, que operó apenas cinco días con un turno diario, para un total de cinco turnos mensuales, situación que imposibilita cualquier desempeño sostenido.

Estas diferencias evidencian no solo la **flexibilidad de la programación** como respuesta a la demanda, sino también una **distribución desigual de la carga de trabajo**, que en algunos casos

conduce a la subutilización de determinadas líneas y, en otros, a su sobrecarga. Ambas condiciones impactan directamente los niveles mensuales de ocupación.

Adicionalmente, incluso en líneas con programación continua, los días efectivos de producción tienden a ser menores a los días hábiles asignados. Factores como **pausas para alimentación, actividades de limpieza, jornadas reducidas, capacitaciones o eventos corporativos** reducen el tiempo neto disponible, ampliando la brecha entre lo planificado y lo realmente ejecutado.

Como se observa en la **Figura 10**, para marzo de 2024, aunque se programaron 22 días hábiles, los días reales de producción en la línea evaluada fueron apenas **19,11 días**, con una disponibilidad neta de **458,65 horas** tras descontar tiempos improductivos operativos y administrativos.

Figura 10. Factores de reducción de días reales de producción – Marzo 2024

32	Mar	Días Hábiles	22	528
33	Mar	Días Festivos	3	72
34	Mar	Alimentación	0,917	22
35	Mar	Aseo mensual	0,33	8
36	Mar	Reducción de Jornada Laboral	0,5	12
37	Mar	Inicio - Fin turno	0,01	0,35
38	Mar	Día de la Familia	1	24
39	Mar	Divulgación de resultados	0,125	3
40	Mar	Capacitaciones		0
41	Mar	Mantenimiento		0
42				
43	Mar	Días Reales de Producción	19,11	458,65

Fuente: Registro operativo interno de programación – CC Conservas.

Esta diferencia entre disponibilidad teórica y disponibilidad efectiva demuestra que una parte importante de la pérdida de ocupación no se debe a la línea en sí, sino a **factores sistémicos de programación**, los cuales deben ser tenidos en cuenta al calcular indicadores operativos y al diseñar estrategias de mejora.

Tabla 4. Resumen de variables críticas que afectan el porcentaje de ocupación

Variable Crítica	Descripción	Impacto en la Ocupación
Capacidad instalada vs producción real	Diferencia entre lo que la línea puede producir y lo que realmente produce.	Revela subutilización o sobrecarga.
Cumplimiento de programación	Grado en que la producción ejecutada se alinea con lo programado.	Afecta la confiabilidad de la planificación.
Paros programados y no programados	Tiempos de inactividad por mantenimiento o fallas no previstas.	Reducen la disponibilidad efectiva de la línea.
Eficiencia operativa estimada	Relación entre unidades producidas y tiempo disponible ajustado.	Sintetiza el efecto de disponibilidad, rendimiento y calidad.
Días operativos y turnos asignados	Número de días y jornadas que efectivamente opera la línea.	Afecta directamente la capacidad mensual disponible.

Pérdidas institucionales no visibles	Actividades internas que reducen tiempo sin ser clasificadas como paros.	Causan desviaciones no detectadas en reportes operativos.
---	--	---

Fuente: Elaboración propia con base en el análisis técnico-operativo de CC Conservas.

El análisis de los datos operativos correspondientes al primer trimestre de 2024 permitió identificar un conjunto de **variables críticas** que inciden de manera directa sobre el porcentaje de ocupación en las líneas de producción de CC Conservas. La sistematización de información sobre velocidad estándar, producción ejecutada, programación, turnos, tiempos de parada y eficiencia estimada evidenció que la baja ocupación no responde a un único factor, sino a la **interacción compleja de elementos estructurales y operativos**.

En primer lugar, la brecha entre capacidad instalada y producción real mostró niveles de subutilización alarmantes en líneas como **V1** y **V2**, con ocupaciones por debajo del 30 %. Este fenómeno se acentuó con el análisis del cumplimiento de programación, donde la línea **SP** registró un 0 % de ejecución frente a lo previsto, revelando deficiencias de tipo técnico, logístico y de planificación.

Por otro lado, los **paros no programados** (fallas técnicas, demoras logísticas, falta de insumos) superaron el 15 % del tiempo disponible en algunas líneas, reduciendo drásticamente la disponibilidad efectiva. A esto se suman **pérdidas institucionales ocultas**, asociadas a actividades internas que disminuyen los días reales de producción sin ser registradas formalmente como paros, generando desviaciones invisibles en los reportes operativos.

La estimación de la **eficiencia operativa**, calculada como la relación entre la producción real y la capacidad efectiva, mostró que mejoras modestas, por ejemplo, un incremento del 5 % pueden traducirse en aumentos significativos en el nivel de ocupación. Este hallazgo valida la

pertinencia de contar con **herramientas de simulación** que proyecten escenarios futuros y sustenten la toma de decisiones en evidencia cuantitativa.

1.7 Relación entre Porcentaje de Ocupación y Eficiencia Operativa

Al analizar los resultados de eficiencia operativa por línea de producción, se identificó una **relación directa y proporcional** entre este indicador y el porcentaje de ocupación. Las líneas que presentaron mayores eficiencias también alcanzaron los más altos niveles de ocupación, mientras que aquellas con eficiencia baja reflejaron situaciones críticas de desaprovechamiento.

Por ejemplo, las líneas **V4** y **V6** registraron eficiencias superiores al **99 %**, con producciones de **480.000** y **474.000 unidades**, respectivamente, frente a capacidades disponibles de **475.200 unidades**. Esto se traduce en ocupaciones de **101 %** y **99,7 %**, superando incluso las metas operativas establecidas, probablemente debido a **sobreproducción planificada para compensar rezagos previos**.

En contraste, la línea **V2**, con una eficiencia de apenas **10,2 %**, y **SP**, con **0 %**, evidencian un desaprovechamiento extremo de la capacidad instalada. Asimismo, **C2** y **C3**, con eficiencias inferiores al **15 %**, reflejan niveles igualmente deficientes de ocupación.

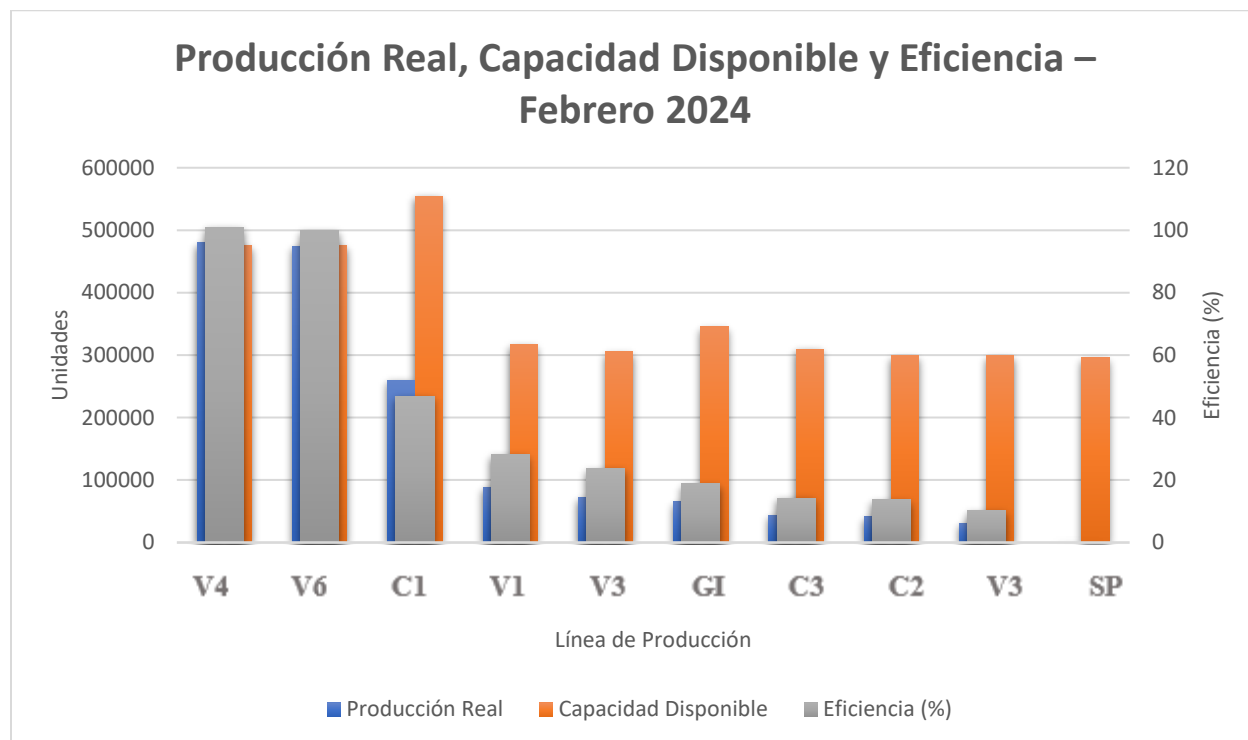
La eficiencia operativa fue calculada mediante la siguiente expresión:

$$Eficiencia = \left(\frac{Producción\ Real}{Producción\ Estandar\ o\ Teorica} \right) \times 100$$

Donde:

- **Producción real** corresponde al número total de unidades efectivamente fabricadas en un turno o periodo determinado.
- **Producción estándar o teórica** corresponde al número de unidades que se deberían producir según la velocidad estándar de la línea y el tiempo disponible.

Figura 11. Producción real, capacidad disponible y eficiencia operativa por línea (febrero 2024)



Fuente: Elaboración propia con base en datos operativos de CC Conservas.

Los resultados obtenidos evidencian una **correlación positiva fuerte entre la eficiencia y la ocupación**: a mayor eficiencia, mayor es el aprovechamiento del sistema productivo. Esta relación valida el supuesto de que **mejoras operativas, incluso de pocos puntos porcentuales en eficiencia, generan un impacto inmediato en el uso de la capacidad instalada**, hallazgo que coincide con las simulaciones de mejora planteadas en el capítulo anterior. Además de la eficiencia sintética calculada para este estudio, la planta cuenta con registros acumulados del **Indicador de Eficiencia Global de Producción (EGP)** por línea, los cuales permiten analizar de manera más desagregada el desempeño según tres dimensiones clave: **disponibilidad, rendimiento y calidad**. La **Figura 12** presenta los valores acumulados de EGP reportados

durante el primer trimestre de 2024, constituyendo un referente empírico que complementa la estimación de eficiencia utilizada en este análisis.

Figura 12. Eficiencia global del proceso (EGP) acumulada por línea

EGP ACUMULADO REAL					
Línea de producción	% ITO	% IDO	% IPA	% EGP	META
	86,6%	94%	100,0%	81,4%	65%
	76,7%	38%	100,0%	29,2%	76%
	64,3%	92%	100,0%	58,8%	74%
	55,7%	134%	100,0%	74,7%	69%
	100,0%	29%	100,0%	28,7%	120%
	62,8%	69%	100,0%	43,5%	65%
	84,6%	113%	100,0%	95,9%	60%
	0,0%				120%
	49,8%	133%	100,0%	66,3%	68%
	64,4%	75%	100,0%	48,5%	60%
	69,9%	111%	100,0%	77,6%	65%
	64,3%	67%	100,0%	43,0%	84%
					60%
					65%
					60%
	76,1%	122%	100,0%	92,7%	93%
	56,9%	105%	100,0%	59,9%	75%
	60,6%	102%	100,0%	61,8%	70%
	55,4%	81%	100,0%	44,7%	55%
	70,3%	72%	100,0%	50,4%	70%
Total Planta	65,7%	87,3%	100,0%	57,33%	73%

Fuente: Sistema de monitoreo interno de desempeño – CC Conservas.

Como puede observarse, líneas como **FF** y **Automática** superan ampliamente el **80 % de eficiencia**, mientras que **V2**, **C3** y **C1** se ubican por debajo del **30 %**. Esta evidencia valida los hallazgos del modelo sintético y confirma que las líneas con bajo EGP tienden a presentar, de manera consistente, un menor porcentaje de ocupación.

1.8 Relación entre Porcentaje de Ocupación y Paros No Programados

Los **paros no programados** constituyen uno de los factores más disruptivos para la continuidad operativa y el aprovechamiento de la capacidad instalada. A diferencia de los paros planificados como mantenimientos, limpiezas o ajustes programados, estos eventos no controlados surgen a partir de **fallas técnicas**, **retrasos logísticos**, **ausencia de insumos**, **problemas de calidad** o **contingencias en la cadena de suministro**.

El análisis de los registros internos evidenció una **relación inversa consistente** entre el número de horas de paro no programado y el porcentaje de ocupación de las líneas. En particular, aquellas que superaron el umbral del **15 % de tiempo improductivo** registraron caídas significativas en sus niveles mensuales de ocupación.

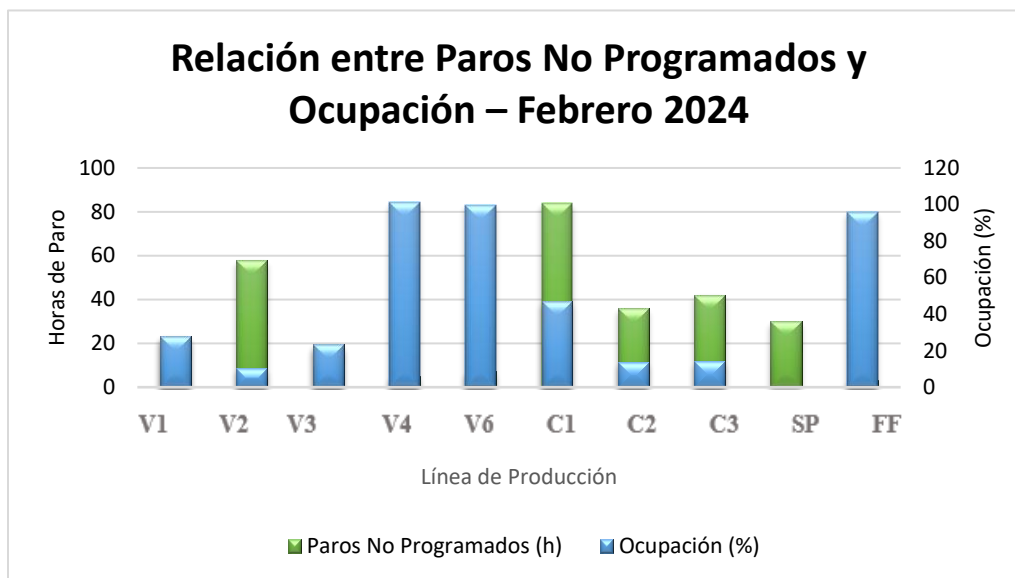
Por ejemplo:

- **V2**, con un acumulado de **58 horas** de paros no programados en febrero de 2024, alcanzó una ocupación crítica del **10,26 %**, una de las más bajas de la planta.
- **C1**, con **84 horas** de interrupciones no previstas, descendió a un **46,9 % de ocupación**.
- En contraste, líneas como **V4** o **FF**, que mantuvieron una baja incidencia de paros (menos del **5 %**), lograron ocupaciones superiores al **90 %**.

Estos hallazgos permiten establecer una tendencia clara: **a medida que aumentan los paros no programados, el porcentaje de ocupación decrece de manera proporcional**. Esta relación es crítica porque el tiempo perdido por paros no solo reduce la producción directa, sino que también **distorsiona la programación futura, genera congestión en otras líneas y disminuye la confiabilidad del sistema productivo**.

Con el fin de ilustrar esta tendencia inversa, se construyó un **gráfico comparativo con datos de febrero de 2024**, en el cual puede observarse cómo, a medida que crecen las horas de inactividad no planificada, se reduce proporcionalmente el porcentaje de ocupación de cada línea.

Figura 13. Comparación de paros programados y no programados por línea (marzo 2024)



Fuente: Elaboración propia con base en datos operativos de CC Conservas.

Como puede observarse, líneas como **V2, C1 y C3**, con más de **40 horas de paros no programados**, presentan niveles críticos de ocupación inferiores al **50 %**. En contraste, **FF y V6**, con menos de **10 horas de paro**, alcanzaron **eficiencias operativas sostenidas**. Este patrón confirma la necesidad de **monitorear y reducir las causas que generan interrupciones no previstas**, ya que estas tienen un impacto directo y proporcional sobre la capacidad de producción.

Adicionalmente, se realizó un análisis de las **causas registradas de los paros no programados**, con el fin de identificar patrones recurrentes. Tal como lo muestra la **Figura 12**, las interrupciones por **fallas mecánicas, retrasos en logística interna y ausencia de producto** fueron las más frecuentes, especialmente en líneas como **C3 y SP**. Esta evidencia resulta clave para **orientar acciones correctivas focalizadas** y construir **indicadores predictivos de riesgo operativo**.

Más allá del tiempo total perdido, resulta indispensable identificar las **causas específicas** de los paros no programados. La **Figura 14** ilustra un fragmento del sistema de registro interno, el cual clasifica cada interrupción según su tipo, causa raíz y responsable. Este nivel de desagregación posibilita la realización de **análisis causales más precisos** y la **priorización de intervenciones correctivas**, lo que fortalece la gestión proactiva de la continuidad operativa en la planta.

Figura 14. Clasificación interna de paros no programados por causa y línea

Causa	Descrip. Causa	Responsable	Clase de Paro
AA18		Calidad	Paradas No programadas
AA20		Externo	Paradas No programadas
AA28		Gestión humana	Paradas No programadas
AA29		Calidad	Paradas No programadas
AA45		Salud ocupacional	Paradas No programadas
GD24		Planeación	Paradas No programadas
GD25		Almacen	Paradas No programadas
GD44		Almacen	Paradas No programadas
GD10		Planeación	Paradas No programadas
MT12		Mantenimiento	Paradas No programadas
MT13		Mantenimiento	Paradas No programadas
PN15		Producción	Paradas No programadas
PN17		Producción	Paradas No programadas
MT19		Mantenimiento	Paradas No programadas
PN33		Producción	Paradas No programadas
MT35		Mantenimiento	Paradas No programadas
MT70		Mantenimiento	Paradas No programadas
MT80		Mantenimiento	Paradas No programadas
PN90		Producción	Paradas No programadas
PN10		Producción	Paradas No programadas
PN23		Producción	Paradas No programadas
GD26		Planeación	Paradas No programadas
GD27		Planeación	Paradas No programadas
PN30		Producción	Paradas No programadas
PN34		Producción	Paradas No programadas
PN40		Producción	Paradas No programadas
PN60		Producción	Paradas No programadas
PN18		Producción	Paradas No programadas
PN45		Producción	Paradas No programadas
AA55		Proyectos	Paradas No programadas
PN70		Producción	Paradas No programadas
PN50		Producción	Paradas No programadas
MT15		Producción	Paradas No programadas
MT90		Producción	Paradas No programadas
MT10		Producción	Paradas No programadas
PN26		Planeación	Paradas No programadas
MT33		Producción	Paradas No programadas
PN27		Planeación	Paradas No programadas
MT17		Producción	Paradas No programadas
PN03		Producción	Paradas No programadas
PN06		Producción	Paradas No programadas
PN01		Producción	Paradas No programadas
PN02		Producción	Paradas No programadas
PN04		Producción	Paradas No programadas
PN05		Producción	Paradas No programadas
AA01		Almacen	Paradas No programadas
AA51		Seguridad	Paradas No programadas
PN92		Producción	Paradas No programadas
PN35		Producción	Paradas No programadas
AA14		Salud ocupacional	Paradas Programadas
AA22		DEI	Paradas Programadas
AA50		Gestión humana	Paradas Programadas
PN20		Producción	Paradas Programadas
PN21		Producción	Paradas Programadas
MT71		Mantenimiento	Paradas Programadas
PP90		Planeación	Paradas Programadas
PP70		Mantenimiento	Paradas Programadas
PP50		Proyectos	Paradas programadas
PN91		Producción	Paradas Programadas
AA52		Calidad	Paradas Programadas
AA52		Calidad	Paradas Programadas
PN25		Producción	Tiempo Productivo

Fuente: Registro de eventos operativos – CC Conservas (febrero 2024).

Este tipo de registro estructurado es fundamental para alimentar sistemas de mejora continua. En particular, se observó alta recurrencia en causas como **falla mecánica, reprocesos, falta de insumos, y problemas en arranque de turno**, las cuales deben ser abordadas desde un enfoque preventivo y sistémico.

1.9 Relación entre porcentaje de ocupación y capacidad instalada

En el análisis del sistema productivo de CC Conservas, la **capacidad instalada teórica** representa el volumen máximo que una línea puede producir bajo condiciones óptimas, considerando la velocidad estándar, el número de turnos y los días operativos mensuales. Sin embargo, este potencial no siempre se traduce en niveles elevados de ocupación real.

Un primer hallazgo es que las líneas con mayor capacidad instalada no son necesariamente las más eficientes ni las mejor aprovechadas. Por ejemplo, **C1**, con una capacidad mensual de **554.400 unidades**, registró en febrero de 2024 una producción real de **260.000 unidades**, equivalente a un **46,9 % de ocupación**, a pesar de contar con recursos técnicos de alta capacidad. Este resultado evidencia que la capacidad instalada, por sí sola, no garantiza un desempeño elevado si no se acompaña de una programación efectiva, mantenimiento preventivo y cumplimiento de las metas de producción.

En contraste, la línea **SP**, con una capacidad mensual de apenas **295.680 unidades**, mostró un nivel de ocupación del **0 %**, no tanto por su capacidad limitada, sino por factores como la **alta variabilidad de referencias, múltiples cambios de formato y escasa asignación de turnos** (solo cinco en todo el mes). Este comportamiento sugiere que las líneas pequeñas son más sensibles a eventos operativos como paros, ausencias o reprogramaciones, lo que amplifica su vulnerabilidad frente a variaciones menores.

El análisis exploratorio de los datos de febrero permite concluir que la capacidad instalada constituye una **condición necesaria pero no suficiente** para alcanzar altos niveles de ocupación. Su aprovechamiento depende de variables complementarias, tales como:

- La eficiencia real alcanzada.
- La cantidad de días y turnos asignados.
- La frecuencia e intensidad de los paros.
- La distribución equilibrada de la demanda entre líneas.

En otras palabras, disponer de líneas con alta capacidad no genera valor si no existe una lógica de **programación balanceada, uso racional de los recursos y seguimiento a las desviaciones operativas**. Por ello, es importante que el análisis de la capacidad instalada se proyecte hacia el desarrollo de una herramienta que integre también las demás variables críticas identificadas en este capítulo, de modo que se cuente con una visión más realista y completa del sistema productivo.

Un ejemplo ilustrativo de esta complejidad se observa en la línea **RP**, donde, a pesar de su alta capacidad teórica, el procesamiento de referencias con velocidades estándar bajas limita el rendimiento general del sistema. La **Figura 15** presenta la velocidad de producción por tipo de producto, evidenciando cómo el **mix de referencias** también condiciona el uso real de la capacidad instalada.

Figura 15. Velocidad estándar por referencia en la línea RP

MATERIAL	REFERENCIA DE PRODUCTO	LINEAS DE PRODUCCION	CART / TURNO	CART / HORA	UNDS / MIN
5762		RP	1.200	150	26
11978		RP	1.200	150	26
5792		RP	500	63	26
13921		RP	320	40	26
15610		RP	541	68	26
15772		RP	691	86	26
5767		RP	889	111	26
20314		RP	300	38	26
15487		RP	188	24	26
13575		RP	358	45	26
5792		RP	800	100	26
8309		RP	322	40	26
5844		RP	248	31	26
30035		RP	200	25	26
30032		RP	259	32	26
30034		RP	235	29	26
30033		RP	200	25	26
13343		RP	621	78	26
5804		RP	500	63	26

Fuente: Plan maestro de producción – CC Conservas.

Esto significa que, aunque la línea **RP** dispone de una capacidad instalada considerable cuando se calcula por turnos o jornadas completas, en la práctica su rendimiento está condicionado por el hecho de que no supera las **1.560 unidades por hora** (26 unidades/minuto × 60 minutos). Por tanto, su capacidad máxima efectiva ya está limitada por diseño, y cualquier pérdida asociada a paros, cambios de formato o tiempos de limpieza tiene un impacto proporcionalmente mayor sobre su ocupación real. Esta evidencia reafirma que la **capacidad instalada debe analizarse no solo desde el potencial teórico**, sino también a partir de las **limitaciones inherentes al equipo y a la naturaleza del producto procesado**.

El análisis relacional desarrollado en este capítulo demuestra que el **porcentaje de ocupación en CC Conservas está condicionado por tres variables operativas clave**: la

eficiencia alcanzada en cada línea, la cantidad y naturaleza de los paros no programados, y el grado de aprovechamiento real de la capacidad instalada.

Las técnicas estadísticas descriptivas aplicadas revelaron **correlaciones consistentes y funcionales** entre estas variables. En particular, se evidenció que las líneas con altos niveles de eficiencia operativa lograron también los mayores porcentajes de ocupación, mientras que aquellas con una alta frecuencia de paros no previstos o con una programación deficiente operaron muy por debajo de su capacidad teórica. Casos como **V2, SP y C1** ilustran cómo la convergencia de **interrupciones no planificadas y baja eficiencia** puede producir ocupaciones críticas inferiores al 40 %.

Por otro lado, el análisis de la **capacidad instalada** evidenció que su sola existencia no garantiza un desempeño elevado: líneas como **C1 o RP**, a pesar de contar con infraestructura robusta, registraron ocupaciones moderadas o bajas debido a factores como la rotación de referencias, la falta de programación proporcional o las limitaciones técnicas asociadas a la velocidad estándar.

En conjunto, estos hallazgos refuerzan la necesidad de un **modelo de análisis integral** que no trate las variables de manera aislada, sino que las integre dentro de una lógica operativa en la cual la eficiencia, la prevención de paros, la programación realista y el conocimiento técnico de cada línea se conviertan en **pilares para mejorar el uso de la capacidad instalada**.

De este modo, el Capítulo I permitió **caracterizar integralmente el sistema productivo de CC Conservas**, identificando sus líneas de producción, capacidades teóricas, velocidades estándar, turnos de operación, restricciones operativas y niveles reales de ocupación a partir de datos históricos. El análisis relacional evidenció que la ocupación no depende únicamente de la capacidad instalada o de la programación, sino también de factores como la eficiencia alcanzada,

la frecuencia e intensidad de los paros no programados y las limitaciones técnicas propias de cada línea. Estos hallazgos cumplen con el primer objetivo específico de la investigación y, al mismo tiempo, ponen de manifiesto la necesidad de contar con un **modelo analítico integral** que permita consolidar la información, automatizar cálculos y proyectar escenarios de mejora.

Capítulo II

Diseñar una herramienta en Microsoft Excel que incorpore variables críticas como OEE, tiempo de operación, velocidad estándar, volúmenes programados y tiempos de paro programados y no programados.

A partir de la caracterización realizada, el Capítulo II presenta la metodología y el diseño de una herramienta automatizada en Microsoft Excel, concebida para integrar las variables críticas previamente identificadas, calcular con mayor precisión el porcentaje de ocupación y simular escenarios operativos que contribuyan al fortalecimiento de la planificación y la toma de decisiones en la planta.

En este contexto, el diseño de una herramienta para el análisis del porcentaje de ocupación de las líneas de producción en la planta CC Conservas surge como respuesta directa a una **necesidad operativa crítica**: transformar datos dispersos, incompletos o desarticulados en información integrada, comprensible y útil para la toma de decisiones estratégicas y tácticas en planta.

En el capítulo anterior se evidenció una **alta variabilidad en los niveles de ocupación entre líneas**, condicionada por factores como los cambios de formato, la ocurrencia de paros no programados, la baja eficiencia y la subutilización de turnos. No obstante, la empresa carecía de una herramienta unificada que permitiera **visualizar de manera integral las restricciones reales del sistema ni calcular con precisión el grado de utilización de la capacidad instalada**. Esta limitación reducía la capacidad de anticipación, el ajuste de cargas y la implementación de prácticas de mejora continua en las decisiones de programación y mantenimiento.

Frente a este diagnóstico, el presente capítulo desarrolla el **diseño de una herramienta automatizada en Microsoft Excel**, orientada a integrar los principales indicadores del sistema

productivo. La herramienta permite calcular el porcentaje de ocupación por línea de forma estandarizada y automática, a partir de datos reales y variables críticas como:

- Producción programada y real.
- Velocidad estándar por línea.
- Eficiencia global del proceso (OEE/EGP).
- Tiempo de operación disponible, ajustado por paros programados y no programados.

Adicionalmente, la herramienta incorpora funcionalidades de **visualización dinámica** mediante formatos condicionales, **alertas tipo semáforo** y un **módulo de simulación de escenarios**, que permiten evaluar de forma anticipada el impacto de distintas decisiones sobre la ocupación futura.

De este modo, el desarrollo propuesto trasciende la concepción de una simple hoja de cálculo para consolidarse en una **herramienta de gestión operativa**, alineada con los principios de eficiencia, sostenibilidad y mejora continua. Su implementación busca fortalecer el monitoreo, la planeación y la competitividad de la planta CC Conservas mediante un uso más racional e informado de sus recursos productivos.

2.1 Metodología de Diseño: Ciclo PHVA

El diseño de la herramienta para el análisis del porcentaje de ocupación se fundamentó en el **ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar)**, metodología ampliamente adoptada en entornos industriales por su capacidad para estructurar procesos de mejora continua. La aplicación de este enfoque permitió que el desarrollo de la herramienta se configurara como un proceso **iterativo, flexible y validado empíricamente**, alineado con uno de los objetivos específicos de esta investigación: diseñar una herramienta en Microsoft Excel que incorpore las variables críticas identificadas en el Capítulo I.

Planear

En esta etapa se identificaron las variables críticas a integrar, tomando como base el diagnóstico del Capítulo I y los datos de producción. Se definieron como prioritarias: días disponibles reales (ajustados por paros, eventos internos y calendario productivo), velocidad estándar por línea, volumen programado, eficiencia global del proceso (EGP/OEE), paros programados y no programados, así como la asignación de recurso humano en líneas con tripulación compartida. Estas variables fueron seleccionadas por su impacto directo en la estimación de la ocupación y su utilidad para la toma de decisiones operativas.

Hacer

Se procedió a la construcción de la herramienta en Microsoft Excel, estructurando una matriz de datos dinámicos con características técnicas específicas: automatización de cálculos mediante fórmulas validadas, organización de bases de datos por línea y mes, interfaz de visualización con formatos condicionales tipo semáforo, opciones editables para simular cambios en variables clave y protección de fórmulas críticas para garantizar la integridad del modelo. La construcción respondió a criterios tanto técnicos como de usabilidad para el personal de planta.

Verificar

La fase de verificación consistió en contrastar los resultados de la herramienta con datos históricos de producción del primer trimestre de 2024, registros manuales de planta y simulaciones controladas modificando variables como eficiencia, días operativos y volúmenes programados. Esta validación permitió identificar ajustes necesarios en líneas con tripulación compartida, lo que llevó a incorporar un módulo adicional de corrección. Asimismo, se unificaron unidades de medida para evitar inconsistencias entre cartones y unidades físicas.

Actuar

Con base en la verificación, se realizaron ajustes funcionales orientados a optimizar la herramienta: incorporación de parámetros ajustables por el usuario (eficiencia, días, volúmenes), inclusión de campos de observación cualitativa para registrar eventos no previstos y adición de gráficos comparativos de ocupación mensual. Finalmente, se formularon recomendaciones operativas para su implementación, tales como estandarizar las fuentes de datos, definir responsables de actualización mensual y socializar los criterios de interpretación de los indicadores con el equipo de planeación.

En síntesis, la aplicación del ciclo PHVA permitió desarrollar una herramienta **robusta, flexible y alineada con la lógica de mejora continua**, garantizando su pertinencia y funcionalidad en el contexto operativo de CC Conservas.

2.2 Arquitectura general de la herramienta

La herramienta desarrollada en Microsoft Excel fue concebida bajo un enfoque modular, con el fin de garantizar su **funcionalidad, adaptabilidad y facilidad de uso** en el entorno operativo de CC Conservas. Su estructura integra tres componentes principales: **entradas de datos, procesamiento de cálculos y salidas de información**, que en conjunto permiten capturar, analizar y visualizar de manera integral el porcentaje de ocupación de las líneas de producción.

- **Módulo de entradas (Inputs):**

Este módulo centraliza la información requerida para el cálculo de ocupación. Incluye datos de programación mensual (volumen planificado en unidades y cartones), registros de producción real, velocidad estándar por línea y referencia, días hábiles y turnos asignados, así como horas de paros programados y no programados. La disposición tabular de la información permite organizar los datos de manera clara, asegurando que cada línea de producción tenga su propio registro.

- **Módulo de procesamiento (Cálculos):**

En esta sección se ejecutan las fórmulas que estiman la capacidad instalada, el tiempo disponible ajustado, el porcentaje de ocupación, el cumplimiento de programación y los indicadores derivados del OEE (disponibilidad, desempeño y calidad cuando aplica). Las fórmulas fueron estructuradas de manera lógica y validada, incorporando controles de consistencia que evitan duplicidad de datos o errores de digitación. Este módulo representa el “núcleo” de la herramienta, pues transforma los registros operativos en indicadores cuantitativos y comparables.

- **Módulo de salidas (Dashboard):**

La información procesada se presenta en una interfaz visual que facilita la interpretación por parte de los usuarios. Incluye gráficos dinámicos, tableros comparativos y alertas tipo semáforo que identifican los niveles de ocupación (alto, medio o crítico) por línea y por mes. Asimismo, integra un componente de simulación que permite modificar parámetros como número de turnos, volumen programado, días disponibles o nivel de eficiencia, proyectando automáticamente el impacto sobre el porcentaje de ocupación.

Esta arquitectura asegura que la herramienta no solo sea un instrumento de cálculo, sino también una **plataforma de gestión operativa**, capaz de apoyar tanto el diagnóstico como la simulación de escenarios futuros. La integración de entradas, cálculos y salidas en un mismo entorno permite a CC Conservas contar con una herramienta práctica, flexible y alineada con los principios de mejora continua.

2.3 Modelación matemática de la herramienta

El funcionamiento de la herramienta se sustenta en un conjunto de expresiones matemáticas que formalizan los cálculos realizados en Excel. Estas fórmulas permiten

transformar los datos de entrada en indicadores cuantitativos, garantizando coherencia, transparencia y trazabilidad en la estimación del porcentaje de ocupación.

La modelación matemática integra las variables críticas definidas en el Capítulo I, tiempo de operación, velocidad estándar, volúmenes programados, producción real, paros programados y no programados, y eficiencia global del proceso (OEE/EGP), estructuradas en una secuencia lógica que va desde el cálculo de la capacidad instalada hasta la determinación del porcentaje de ocupación.

A continuación, se presentan las ecuaciones fundamentales del modelo:

a) Capacidad instalada teórica

Corresponde al volumen máximo que una línea puede producir bajo condiciones ideales, en función de su velocidad estándar y el número de horas programadas.

$$\textit{Capacidad Teorica} = \textit{Tiempo Disponible} \times \textit{Tasa de Producción}$$

b) Horas programadas y horas disponibles

Las horas programadas resultan del número de días hábiles y turnos por jornada. Las horas disponibles se obtienen ajustando las horas programadas por los paros programados y no programados registrados en planta.

$$\textit{Horas Reales} = \textit{Horas Programadas} - \textit{Horas Disponibles}$$

c) Eficiencia operativa (OEE/EGP)

El modelo incorpora la eficiencia operativa como variable de ajuste, considerando la relación entre la producción real y la capacidad disponible de la línea. En caso de no disponer de datos de calidad, el cálculo se realiza con los componentes de disponibilidad y rendimiento.

$$\textit{OEE (EGP)} = \textit{Disponibilidad} \times \textit{Rendimiento} \times \textit{Calidad}$$

d) Porcentaje de ocupación

Este indicador central se calcula como la razón entre la producción real y la capacidad instalada (teórica o ajustada). Permite evidenciar el grado de aprovechamiento de la línea frente a su potencial productivo.

$$\text{Porcentaje de Ocupación} = \frac{(\text{Horas u Unidades Utilizadas})}{(\text{Horas u Unidades Disponibles})} \times 100$$

e) Simulación de escenarios

La herramienta permite simular variaciones en las variables críticas (días laborables, turnos, eficiencia, volumen programado) para observar su efecto en la ocupación.

Matemáticamente, estas simulaciones corresponden a modificaciones paramétricas en las ecuaciones anteriores, cuyos resultados se proyectan de forma inmediata en los indicadores.

Ahora bien, El funcionamiento de la herramienta de capacidad se fundamenta en un modelo matemático que permite transformar los datos de programación y operación en indicadores cuantitativos, garantizando coherencia, transparencia y trazabilidad en la estimación del porcentaje de ocupación de cada línea de producción.

Por tanto, se formalizan las ecuaciones empleadas por la herramienta de capacidad para estimar el porcentaje de ocupación por línea y mes. Incluye (i) el modelo matemático, (ii) un glosario de variables y parámetros, y (iii) un mapeo a fórmulas de Excel.

1. Conjuntos e índices

- \mathcal{L} : conjunto de líneas de producción (índice ℓ).
- \mathcal{M} : conjunto de meses (índice m).
- $\mathcal{P}\ell$: conjunto de productos que pueden correr en la línea ℓ (índice p).

2. Parámetros (datos de entrada)

- UPK_p : Unidades por cartón del producto p .
- $CART_{p,\ell,m}$: Cartones programados del producto p en la línea ℓ y mes m .

- s_{ℓ} : Velocidad estándar de la línea ℓ en unidades/hora (o $s_{\ell,p}$ por producto si aplica).
- $\varphi_{\ell,m}$: OEE/EGP (eficiencia global) de la línea ℓ en el mes m ($0 < \varphi \leq 1$).
- $H^{\text{cal}}_{\ell,m}$: Horas calendario disponibles con restricciones de la línea ℓ en el mes m .
- h^{turno} : Horas por turno (p. ej., 8 h).

3. Variables intermedias y ecuaciones

1. Unidades programadas totales por línea y mes:

$$U_{\ell,m} = \sum_p \text{UPK}_p \cdot \text{CART}_{p,\ell,m}$$

2. Horas requeridas teóricas (sin OEE):

$$H^{\text{req,raw}}_{\ell,m} = U_{\ell,m} / s_{\ell}$$

3. Horas requeridas efectivas (con OEE):

$$H^{\text{req}}_{\ell,m} = U_{\ell,m} / (s_{\ell} \cdot \varphi_{\ell,m}) = H^{\text{req,raw}}_{\ell,m} / \varphi_{\ell,m}$$

4. Turnos requeridos:

$$T_{\ell,m} = H^{\text{req}}_{\ell,m} / h^{\text{turno}}$$

5. Porcentaje de ocupación:

$$\text{Occ}_{\ell,m} = H^{\text{req}}_{\ell,m} / H^{\text{cal}}_{\ell,m} \Rightarrow \% \text{Occ}_{\ell,m} = 100 \cdot \text{Occ}_{\ell,m}$$

4. Agregados (planta)

- Ocupación mensual de planta (ponderada por horas disponibles):

$$\text{Occ}^{\text{planta}}_m = (\sum_{\ell} H^{\text{req}}_{\ell,m}) / (\sum_{\ell} H^{\text{cal}}_{\ell,m})$$

- Capacidad utilizada en unidades:

$$C^{\text{util,raw}}_{\ell,m} = s_{\ell} \cdot H^{\text{cal}}_{\ell,m} \quad ; \quad C^{\text{util}}_{\ell,m} = s_{\ell} \cdot \varphi_{\ell,m} \cdot H^{\text{cal}}_{\ell,m}$$

$$\Rightarrow \text{Occ}_{\ell,m} = U_{\ell,m} / C^{\text{util}}_{\ell,m}$$

5. Extensión con paros programados/no programados

Modelo explícitamente los paros, entonces:

- $H_{\ell,m}^{\text{cal}} = H_{\ell,m}^{\text{bruto}} - H_{\ell,m}^{\text{prog}} - H_{\ell,m}^{\text{noprog}} - H_{\ell,m}^{\text{otras}}$

donde H^{bruto} son las horas potenciales (días hábiles×turnos×horas/turno), H^{prog} los paros programados, H^{noprog} fallas y H^{otras} otras restricciones.

2.4 Validación del modelo con datos reales

Con el fin de comprobar la veracidad del modelo, se realizaron contrastes directos con los resultados reportados en la hoja “PROGRAMACIÓN - RESTRICCIONES” de la base de datos, para dos casos representativos.

Definición de variables y parámetros

Sea ℓ la línea de producción y m el mes considerado:

- UPK_p : Unidades por cartón del producto p .
- $CART_{p,\ell,m}$: Cartones programados del producto p en la línea ℓ durante el mes m .
- s_{ℓ} : Velocidad estándar de la línea ℓ en unidades por hora.
- $\varphi_{\ell,m}$: Eficiencia global del equipo (OEE/EGP) de la línea ℓ en el mes m .
- $H_{\ell,m}^{\text{cal}}$: Horas disponibles de la línea ℓ en el mes m , según el calendario con restricciones.
- h^{turno} : Horas por turno (8 h).

Ecuaciones fundamentales del modelo

1. Unidades programadas totales:

$$U_{\ell,m} = \sum_p UPK_p \cdot CART_{p,\ell,m}$$

2. Horas requeridas teóricas (sin OEE):

$$H_{\ell,m}^{\text{req,raw}} = U_{\ell,m} / s_{\ell}$$

3. Horas requeridas efectivas (con OEE):

$$H_{\ell,m}^{\text{req}} = H_{\ell,m}^{\text{req,raw}} / \varphi_{\ell,m}$$

4. Turnos requeridos:

$$T_{\ell,m} = H^{\text{req}}_{\ell,m} / h^{\text{turno}}$$

5. Porcentaje de ocupación

$$\text{Occ}_{\ell,m} = H^{\text{req}}_{\ell,m} / H^{\text{cal}}_{\ell,m} \Rightarrow \% \text{Occ}_{\ell,m} = 100 \cdot \text{Occ}_{\ell,m}$$

Si $\text{Occ} > 1$ (sobrecarga), los turnos adicionales necesarios son: $\Delta T_{\ell,m} = \text{MAX}(0, (H^{\text{req}}_{\ell,m} - H^{\text{cal}}_{\ell,m}) / h^{\text{turno}})$.

Caso 1: Línea V3 – Diciembre

- **Datos base:** $H^{\text{cal}}=457.75$ h; $\varphi=0.928$; $H^{\text{req,raw}}=263.20$ h.

- **Modelo:**

$$H^{\text{req}} = 263.20 / 0.928 = 283.62 \text{ h}$$

$$T = 283.62 / 8 = 35.45 \text{ turnos}$$

$$\text{Occ} = 283.62 / 457.75 = 0.6196 \text{ (61.96\%)}$$

Comparación con Excel: valores idénticos (283.62 h, 35.45 turnos, 61.96%).

Caso 2: Línea C1 – Enero

- **Datos base:** $H^{\text{cal}}=409.75$ h; $\varphi=0.71$; $H^{\text{req,raw}}=261.0$ h.

- **Modelo:**

$$H^{\text{req}} = 261.0 / 0.71 = 367.61 \text{ h}$$

$$T = 367.61 / 8 = 45.95 \text{ turnos}$$

$$\text{Occ} = 367.61 / 409.75 = 0.8971 \text{ (89.71\%)}$$

Comparación con Excel: coincidencia exacta con los valores calculados por la herramienta.

Los resultados demuestran que el modelo reproduce fielmente los cálculos de la herramienta implementada en Excel. La consistencia dimensional (unidades, horas, turnos, porcentajes) y la

exactitud de la validación confirman la veracidad y trazabilidad del procedimiento. Además, el modelo ofrece la posibilidad de detectar sobrecargas ($Occ > 1$), calcular turnos faltantes (ΔT) y extender el análisis incorporando paros programados y no programados de forma explícita.

2.5 Componentes Técnicos de la Herramienta

a) Base de Datos Integrada

La herramienta desarrollada para el análisis del porcentaje de ocupación se fundamenta en una **base de datos integrada**, que consolida información crítica proveniente de diversas fuentes internas de la planta CC Conservas. El propósito de esta base es centralizar, automatizar y vincular las variables esenciales que permiten calcular y visualizar el nivel de ocupación de cada línea, con base en **datos reales, depurados y ajustados**.

Entre los insumos principales que alimentan esta base se incluyen:

- **Presupuesto mensual de producción (PPTO 2024) por línea**, que establece el volumen proyectado de producción según las metas de planeación.
- **Días hábiles reales**, ajustados por calendario, eventos internos y paros registrados en planta.
- **Número de cartones programados y unidades por cartón**, que permiten calcular el volumen total programado en unidades físicas.
- **Velocidad estándar de cada línea**, expresada en unidades por minuto o por hora, según el tipo de producto y la máquina.
- **Eficiencia global del proceso (EGP/OEE)**, que ajusta los cálculos de capacidad y ocupación a las condiciones reales de desempeño.

De esta manera, la base de datos constituye el **núcleo informativo de la herramienta**, al garantizar que todos los cálculos descritos en la modelación matemática (apartado 2.3) se realicen sobre una fuente única, estructurada y confiable.

La **Figura 16** presenta un ejemplo del presupuesto mensual de producción por línea, extraído del módulo de planeación interna de la planta. Este presupuesto detalla el número de cartones programados por semana y por referencia, y constituye el insumo base sobre el cual se proyecta el volumen mensual estimado para cada línea.

Figura 16. Presupuesto mensual de producción por línea (PPTO 2024)

Material	DesMaterial	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
12803		0	1.300	0	1.550	0	1.350	2.000	2.500	1.500	3.000		1.050
6654		3.000	3.100	2.900	3.700	3.400	3.800	3.500	4.500	3.000	5.000	4.500	2.500
6655		1.850	2.050	1.900	2.200	1.500	2.300	2.500	3.500	3.200	3.000	3.300	1.742
14849		400	500	400	650	650	600	600	600	600	600	600	326
20515		1.000	0	1.000	0	1.200	0	1.260		1.600	0	1.250	
20516		1.000	0	1.000	0	1.200	0	1.260		1.600	0	1.250	
13562		3.000	3.500	2.500	2.500	4.000	4.000	4.000	3.800	4.500	3.500	4.000	2.500
13873		4.500	5.000	4.000	4.200	4.800	4.500	4.500	4.700	5.600	5.000	4.800	2.400
13874		4.300	4.500	4.100	4.000	4.800	4.200	4.200	4.500	5.400	5.200	4.800	1.600
14856		1.200	0	0	1.200	0	0	0	1.200	0	1.200	0	800
14857		1.200	0	0	1.200	0	0	1.200	0	0	1.500	0	800
14858		1.300	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600
14896		0	1.450	0	1.500	0	1.500	0	1.500	0	1.500	1.500	0
15400		0	1.200	0	1.200	0	1.200	0	1.200	0	1.200	0	1.200
15402		0	734	0	734	0	734	0	734	0	734	0	734
15405		734	0	734	0	734	0	734	0	734	0	734	0
3287		2.300	0	2.300	0	2.300	0	2.700	0	2.700	0	2.000	0
8985		0	1.200	0	1.200	0	1.200	0	1.200	0	1.200	0	1.150
8987		0	1.000	850	850	850	850	850	850	850	850	850	850
14848		3.500	4.000	3.000	4.600	4.600	4.800	5.500	5.500	5.600	6.900	6.100	4.000
13892		2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Fuente: Hoja "LINEAS 2024" – Herramienta Excel CC Conservas.

Con base en esta información, la herramienta calcula de manera automática el **volumen total programado por línea**, el cual se convierte a unidades físicas y se contrasta con el tiempo disponible para estimar el **porcentaje de ocupación real**. Este proceso asegura que el cálculo no se limite a metas abstractas de producción, sino que incorpore de forma explícita las restricciones operativas de cada línea.

La **Figura 17** muestra la tabla que consolida los **días hábiles reales disponibles por línea y por mes**, ajustados según el calendario operativo, los días festivos, los eventos internos de fábrica, los paros programados y otras restricciones específicas. Este ajuste permite obtener

una estimación más precisa del **tiempo efectivo de operación**, que constituye un insumo esencial para el cálculo de la capacidad instalada y, en consecuencia, del porcentaje de ocupación.

Figura 17. Días disponibles ajustados por línea y por mes

Aseo Inicio de Año	0,667	16				0		0		0		0		0		0	
Alimentación	1,042	25	1,000	24	1,042	25	1,000	24	1,083	26	0,9	22	1,125	27	1,042	25	1,083
Aseo mensual	1,000	24	1,000	24	1,000	24	1,000	24	1,000	24	1,000	24	1,000	24	1,000	24	1,000
Reducción Jornada Laboral	0,5	12	0,5	12	0,5	12	0,5	12	0,5	12	0,5	12	1	18	1	24	1
Inicio - Fin turno	0,365	8,75	0,350	8,40	0,365	9	0,350	8,40	0,379	9,10	0,321	7,70	0,394	9	0,365	9	0,379
Día de la Familia		0,00		0,00		0	1	24		0		0		0		0	
Divulgación de resultados		0,00		0,00	0,125	3		0		0	0,125	3		0		0	0,125
RAM		0	1	24		0		0		0		0		0		0	
Capacitaciones	0,17	4	0,17	4	0	4	0,17	4	0	4	0,17	4	0,17	4	0,17	4	0,17
Mantenimiento	3	72	3	72	3	72	3	72	3	72	3	72	3	72	3	72	3
Pausas Activas	0,52	12,50	0,50	12,00	0,52	12,50	0,50	12,00	0,54	13,00	0,46	11,00	0,56	13,50	0,52	12,50	0,54
Días Reales	17,74	425,75	16,48	395,60	18,28	438,75	16,48	395,60	19,33	463,90	15,51	372,30	20,00	480,05	17,91	429,75	18,70

Fuente: Hoja "PROGRAMACIÓN - RESTRICCIONES" – Herramienta Excel CC Conservas.

Este ajuste resulta fundamental, ya que **evita sobrestimar la capacidad de las líneas** y asegura que el porcentaje de ocupación se calcule sobre una base realista, alineada con las **condiciones operativas específicas de cada mes**. De esta forma, se garantiza que los indicadores reflejen el comportamiento efectivo del sistema productivo y no proyecciones idealizadas.

La **Figura 18** presenta la estructura que cruza la **cantidad de cartones programados con el número de unidades por cartón**, lo cual permite calcular el **volumen total estimado por línea en unidades físicas**. Esta transformación constituye un paso clave para estandarizar la información y posibilitar la **comparación entre el volumen programado y la capacidad productiva real** de cada línea, asegurando la consistencia en los cálculos posteriores de ocupación y cumplimiento.

Figura 18. Cálculo del volumen total por línea a partir de cartones programados

UNIDADES POR CARTÓN		CARTONES PROGRAMADOS mes de enero.		EGP		44,60%		
PLAN PRODUCCIÓN - 2024		VI		Velocidad		40		
CODIGO	TIPO DE PRODUCTO	LINEA DE PRODUCCIÓN	UNIDADES/CARTÓN	Ene	Unds Ene	Feb	Unds F	Mar
12803		VI	24	0	0	1300	31200	0
6654		VI	24	3000	72000	3100	74400	2900
6655		VI	12	1850	22200	2050	24600	1900
20515		VI	12	1000	12000	0	0	1000
20516		VI	12	1000	12000	0	0	1000
UNIDADES / VELOCIDAD					118200		130200	
					2955		3255	

Unidades por producto.

Fuente: Hoja "RESUMEN PREPARACIÓN" – Herramienta Excel CC Conservas.

Este cálculo se enlaza directamente con la base de datos general y sirve como insumo para proyectar el tiempo requerido por referencia y por jornada.

b) Cálculo del Porcentaje de Ocupación

Una vez consolidada la base de datos operativa, la herramienta ejecuta el **cálculo automatizado del porcentaje de ocupación por línea**, mediante una fórmula estructurada que relaciona el tiempo requerido para cumplir la programación con el tiempo efectivamente disponible de operación:

$$\% \text{ De Ocupación} = \left(\frac{\text{Tiempo Efectivo de Producción}}{\text{Tiempo Total Disponible}} \right) \times 100$$

Donde:

- **Tiempo efectivo de producción** corresponde al periodo en que la línea permanece en operación productiva, calculado en función del volumen programado, la velocidad estándar y la eficiencia global estimada (EGP).
- **Tiempo total disponible** representa la jornada laboral efectiva ajustada por paros programados y no programados, así como por otras restricciones que afectan la disponibilidad.

Esta ecuación fue incorporada directamente en el modelo de Excel, utilizando referencias cruzadas entre los valores de programación, velocidad estándar, eficiencia estimada y días hábiles ajustados. La herramienta genera el cálculo de forma automática y dinámica, actualizándose en tiempo real cada vez que se modifica una variable clave como el número de días hábiles, el volumen programado o el nivel de eficiencia esperado.

El **Capítulo II** permitió estructurar de manera integral el **diseño de la herramienta en Microsoft Excel** para el análisis del porcentaje de ocupación de las líneas de producción en CC Conservas. A partir de la metodología PHVA, se definieron las variables críticas, se estableció la arquitectura modular de la solución y se formalizaron las ecuaciones matemáticas que sustentan los cálculos de capacidad, eficiencia y ocupación. Asimismo, se describieron los principales componentes técnicos de la herramienta, los cuales garantizan que el modelo responda a los requerimientos operativos identificados en el diagnóstico inicial.

No obstante, el diseño constituye solo la primera fase del proceso. Para comprobar la pertinencia y funcionalidad de la propuesta, resulta indispensable **llevar la herramienta a su implementación práctica**, verificando su desempeño con datos reales de planta, evaluando la

generación de reportes, la utilidad de las visualizaciones gráficas y la capacidad de los módulos de simulación para anticipar escenarios operativos alternativos.

En este sentido, el **Capítulo III** presenta la implementación de la herramienta desarrollada, mostrando cómo sus funciones de cálculo automatizado, reportes, visualizaciones y simulaciones permiten evaluar cambios en la programación y redistribuir cargas de producción de manera informada. Este paso constituye la validación empírica del modelo, asegurando que no se limite a un diseño conceptual, sino que se convierta en un **instrumento operativo aplicable al contexto productivo real de CC Conservas**.

Capítulo III

Implementar funciones de cálculo automatizado, reportes, visualizaciones gráficas y simulación de escenarios productivos alternativos que permitan evaluar cambios en programación y redistribución de carga.

El presente capítulo expone la **implementación práctica de la herramienta diseñada en Microsoft Excel** para el análisis del porcentaje de ocupación de las líneas de producción en CC Conservas. Mientras que en el Capítulo II se definió la arquitectura, la modelación matemática y los componentes técnicos que estructuran el modelo, en este capítulo se demuestra cómo dichas funciones operan con datos reales de planta, generando resultados concretos que facilitan la toma de decisiones. La implementación comprende la ejecución de las funciones de cálculo automatizado, la elaboración de reportes comparativos, la representación gráfica del nivel de ocupación y la simulación de escenarios productivos alternativos, con el fin de evaluar el impacto de cambios en la programación y la redistribución de cargas de trabajo.

3.1 Implementación del sistema de visualización tipo semáforo

El resultado de la herramienta se presenta mediante un sistema de **formato condicional tipo semáforo**, diseñado para facilitar la interpretación inmediata del estado operativo de cada línea de producción:

- **Rojo:** ocupación superior al 85 % → indica sobreutilización.
- **Amarillo:** entre 70 % y 84 % → refleja uso óptimo.
- **Verde:** ocupación inferior al 70 % → evidencia subutilización.

Esta visualización permite a los responsables de planificación y producción identificar de manera temprana los riesgos de saturación o subutilización, y tomar decisiones preventivas relacionadas con la redistribución de cargas, la asignación de turnos o la reprogramación de

referencias. La **Figura 19** muestra un ejemplo del resultado consolidado de ocupación por línea, donde se evidencia cómo el sistema de codificación cromática facilita la detección inmediata de desviaciones críticas y la priorización de acciones correctivas

Figura 19. Visualización del porcentaje de ocupación por línea con semáforo de interpretación

LINEAS CON TRIPULACIÓN FIJA													PROGRAMACIÓN
LINEAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
V3	62%	63%	64%	56%	63%	65%	73%	63%	84%	77%	86%	43%	V3
V4	81%	73%	81%	70%	74%	63%	81%	77%	83%	79%	82%	56%	V4
V6	74%	85%	75%	75%	73%	79%	85%	95%	37%	102%	38%	74%	V6
C1	90%	100%	101%	86%	90%	108%	101%	107%	108%	105%	104%	70%	C1
C3	83%	94%	95%	87%	31%	86%	87%	92%	96%	99%	98%	65%	C3
RP	110%	106%	127%	95%	105%	110%	106%	108%	102%	107%	103%	73%	RP
RP1	18%	18%	18%	17%	18%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	12%	RP1
AI	9%	25%	17%	36%	39%	31%	18%	20%	27%	17%	16%	11%	AI

Fuente: Herramienta Excel CC Conservas.

Como puede observarse, líneas como **C1**, **C3** y **Rotativa** presentan ocupaciones superiores al **100 %** en varios meses del año, lo que evidencia un nivel de **saturación sostenida** que podría comprometer la estabilidad operativa, generar retrasos en la programación o incluso sobrecargar al personal. En contraste, líneas como **RP** y **Ají Industrial** muestran ocupaciones persistentemente bajas, con valores inferiores al **30 %** en la mayoría de los meses analizados. Este comportamiento refleja una **subutilización estructural de recursos** y plantea interrogantes acerca de la pertinencia de su asignación de carga o de la demanda real que dichas líneas están llamadas a cubrir.

La visualización tipo **semáforo**, integrada en la herramienta, permite identificar rápidamente estos **desequilibrios operativos**, ya sea por exceso o por déficit de uso, y favorece una **toma de**

decisiones preventiva en aspectos como la programación de la producción, el mantenimiento planificado, la rotación de referencias o la redistribución del personal.

3.2 Funciones de cálculo automatizado

Una de las principales fortalezas de la herramienta es la **automatización de los cálculos** asociados al porcentaje de ocupación, lo cual elimina la necesidad de realizar operaciones manuales y reduce significativamente el riesgo de error en la interpretación de los datos. La integración de fórmulas estructuradas en la matriz de Excel permite que, a partir de los valores ingresados en la base de datos (producción programada, volumen real, días disponibles, velocidad estándar y EGP), el sistema genere de manera inmediata los indicadores clave de desempeño.

Entre las funciones de cálculo implementadas se destacan:

- **Capacidad instalada teórica**, determinada con base en la velocidad estándar de cada línea, los turnos asignados y los días hábiles del mes.
- **Horas necesarias para cumplir la programación**, obtenidas a partir de la relación entre volumen programado, velocidad estándar y eficiencia global del proceso (EGP).
- **Horas disponibles ajustadas**, que consideran la programación efectiva menos los paros programados y no programados.
- **Porcentaje de ocupación**, calculado como la proporción entre el tiempo necesario y el tiempo disponible, expresado en porcentaje.
- **Cumplimiento de programación**, estimado al comparar el volumen efectivamente producido frente al volumen inicialmente programado.

La **Figura 20** muestra un ejemplo del cálculo automático del porcentaje de ocupación para las diferentes líneas en un mes específico. Como se observa, los valores se actualizan de forma

dinámica cada vez que se modifica una variable de entrada, lo cual permite **evaluar en tiempo real el impacto de decisiones operativas**, como la asignación de turnos adicionales o la modificación del volumen programado.

En síntesis, la automatización de cálculos convierte a la herramienta en un **sistema dinámico y confiable**, en el que la información fluye de manera inmediata desde los datos de entrada hasta los reportes de salida, evitando inconsistencias y favoreciendo la toma de decisiones oportuna.

3.3 Interfaz y Visualización

Además de su estructura funcional, la herramienta fue diseñada con una **interfaz amigable, clara e intuitiva**, que permite a los usuarios interpretar los resultados de manera inmediata sin necesidad de conocimientos avanzados en Excel o programación. Este diseño responde al principio de **usabilidad operativa**, orientado a perfiles como jefes de turno, coordinadores de producción o personal de mejora continua, quienes requieren tomar decisiones rápidas y fundamentadas en datos confiables.

Uno de los recursos más relevantes implementados es el **formato condicional tipo semáforo**, aplicado a las celdas de porcentaje de ocupación. Esta codificación cromática sigue una lógica asociada al **riesgo operativo**:

- **Rojo (más del 85 %):** sobreutilización crítica, con riesgo de saturación.
- **Amarillo (entre 70 % y 84 %):** uso óptimo, zona de estabilidad operativa.
- **Verde (menos del 70 %):** subutilización significativa, con capacidad ociosa.

La interfaz incluye, además, un **resumen mensual por línea de producción**, en el que se consolidan indicadores clave como:

- Horas disponibles ajustadas.

- Horas necesarias según volumen programado, velocidad estándar y eficiencia global (EGP).
- Porcentaje de ocupación.
- Horas ociosas calculadas.
- Estado general semaforizado.

Todos estos indicadores se **actualizan de manera automática** con cada cambio introducido en las variables de entrada, lo cual convierte a la herramienta en un sistema de **monitoreo continuo, confiable y visualmente comprensible**.

La **Figura 20** muestra la interfaz principal de la herramienta, en la que se resumen los resultados por línea y por mes. Como puede observarse, la codificación por colores facilita la interpretación inmediata del nivel de ocupación y permite detectar, con rapidez, desviaciones críticas, cuellos de botella o zonas de mejora, favoreciendo la toma de decisiones proactiva en la gestión de la planta.

Figura 20. Interfaz de usuario de la herramienta con visualización mensual y codificación tipo semáforo.

LINEAS CON TRIPULACIÓN COMPARTIDA												
LINEAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
V1	67%	49%	59%	48%	44%	55%	63%	72%	64%	76%	66%	29%
FF	69%	37%	38%	33%	33%	35%	36%	43%	37%	59%	42%	8%
LT	85%	39%	44%	34%	34%	41%	43%	54%	48%	56%	48%	19%
V2	83%	73%	80%	85%	79%	77%	80%	88%	88%	89%	88%	84%
NA	81%	86%	87%	86%	82%	82%	88%	91%	94%	94%	87%	61%
GI	79%	86%	72%	82%	89%	85%	89%	100%	100%	107%	82%	98%
WP	88%	82%	92%	74%	78%	78%	78%	76%	76%	73%	80%	92%
SP	89%	88%	81%	79%	83%	83%	84%	88%	88%	82%	77%	32%
AU	88%	82%	84%	88%	84%	68%	81%	81%	73%	102%	84%	43%

Fuente: Herramienta Excel CC Conservas.

Como se evidencia en la interfaz, líneas como **Negra-ají 1, Encurtidos y Automática** aparecen en color rojo en múltiples meses, lo que indica una sobreutilización sostenida que puede implicar riesgos operativos relevantes. En contraste, líneas como **FF y L Topping** se visualizan de manera constante en verde, reflejando una subutilización crónica de su capacidad instalada. Esta representación visual favorece la **toma de decisiones estratégicas**, como la redistribución de recursos, la reconfiguración de turnos o los ajustes en la programación mensual.

3.4 Módulo de Simulación de Escenarios

Uno de los componentes más innovadores y estratégicos de la herramienta es el **módulo de simulación de escenarios operativos**, diseñado para anticipar el comportamiento de las líneas ante cambios en variables críticas del sistema productivo. Esta funcionalidad transforma el modelo desarrollado en Excel en una **plataforma analítica y predictiva**, que permite evaluar distintas alternativas sin necesidad de recurrir a software especializado o realizar pruebas directas en planta.

El módulo está integrado en la matriz principal de la herramienta y permite el ajuste dinámico de variables clave mediante **campos editables protegidos**, cuyos efectos se reflejan de forma automática en los cálculos de ocupación. De esta manera, se evita reestructurar el modelo ante cada cambio y se convierte en un instrumento flexible y adaptable a distintos escenarios de planificación.

Entre los escenarios más relevantes que pueden simularse se encuentran:

- **Ajuste en los días laborables del mes:** permite proyectar escenarios con turnos extendidos, jornadas reducidas o cierres parciales. El impacto sobre la ocupación se calcula de forma inmediata al modificar el campo de días disponibles.

- **Modificación del valor esperado del EGP (Eficiencia Global del Proceso):** posibilita evaluar cómo una mejora o deterioro en la eficiencia afectaría el uso de la capacidad, lo cual resulta útil cuando se planifican intervenciones técnicas o procesos de capacitación.
- **Cambio en el volumen programado (cartones o unidades):** permite probar si una línea puede asumir incrementos de carga de trabajo o si sería necesario redistribuir el producto entre diferentes líneas.
- **Redistribución del recurso humano en líneas con tripulación compartida:** casos como V1 y SP dependen de personal que rota entre estaciones, lo cual reduce el tiempo operativo efectivo. Simular distintos esquemas de asignación permite proyectar su impacto directo en la ocupación real.

Por lo tanto, el módulo de simulación convierte a la herramienta en un **instrumento predictivo**, capaz de anticipar escenarios y facilitar la toma de decisiones estratégicas sin necesidad de realizar pruebas directas en planta. Los escenarios simulados se definieron en función de las **variables operativas más sensibles**, identificadas en los capítulos anteriores y validadas con datos reales de la planta, tales como los días laborables efectivos, el valor esperado del EGP, el volumen programado y la asignación de recurso humano en líneas con tripulación compartida, tales como:

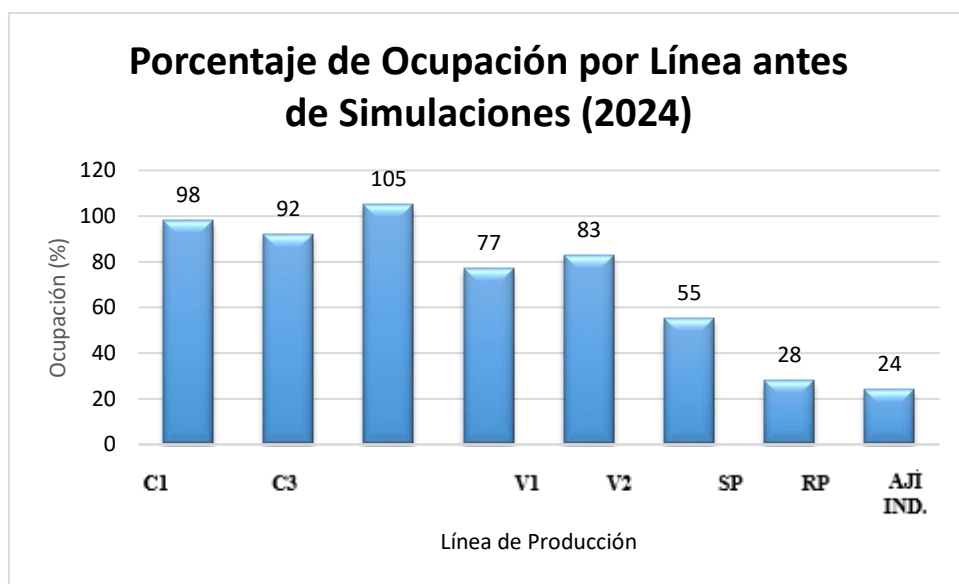
- **Días operativos disponibles por línea y por mes.**
- **Eficiencia global del proceso (EGP).**
- **Volumen programado (cartones y unidades físicas).**
- **Asignación de recurso humano, especialmente en líneas con tripulación compartida.**

La herramienta permitió modificar estas variables, de forma individual o combinada, **evaluar su impacto inmediato y visualizar los cambios en el porcentaje de ocupación de cada línea**

en tiempo real, fortaleciendo la planeación operativa y la toma de decisiones preventivas en la planta CC Conservas.

La Figura 21 presenta la línea base del porcentaje de ocupación en cada línea de producción antes de realizar simulaciones, correspondiente al primer trimestre de 2024. Este gráfico permite identificar de forma visual cuáles líneas operan en rangos de sobreutilización (>85 %), uso óptimo (70–84 %) o subutilización (<70 %), estableciendo así prioridades para la simulación de escenarios de ajuste

Figura 21. Porcentaje de ocupación por línea antes de simulaciones (2024)



Fuente: Herramienta de análisis de ocupación CC Conservas.

Como puede observarse, líneas como **C1** y **Rot** presentan niveles de ocupación elevados, mientras que **Rpost** y **Ají Ind** mantienen rangos bajos de uso, indicando capacidad ociosa. Esta visualización inicial permite establecer un punto de comparación para evaluar los cambios generados por cada escenario simulado.

a) Escenario 1: Reducción de Días Operativos en Línea Saturada

Este escenario de simulación tuvo como objetivo analizar el efecto de **reducir el número de días operativos en una línea con alta ocupación**, utilizando datos reales de enero de 2024 en

CC Conservas. Se planteó para evaluar cómo un ajuste en la disponibilidad de días operativos impacta el porcentaje de ocupación de la línea, el uso de la capacidad instalada y los riesgos asociados a la saturación operativa.

La simulación consistió en **reducir los días reales operativos de 22,66 a 20,66 días en el mes de enero**, manteniendo constantes el volumen programado y el valor de eficiencia global del proceso (EGP) en 71 %. Este escenario buscaba anticipar si la reducción de días podría generar cuellos de botella en la programación y elevar la presión sobre las líneas críticas.

Resultado de la simulación:

La herramienta recalculó automáticamente el porcentaje de ocupación tras la reducción de días operativos, mostrando un incremento de **83 % a 91 %**. Este aumento desplazó la línea de la franja de uso óptimo (amarillo) a la franja de sobreutilización (rojo), lo que indica que la reducción de días genera un **riesgo de saturación operativa**.

Interpretación:

Este escenario evidencia que, en líneas con alta ocupación, **reducir los días operativos puede incrementar de forma significativa la presión sobre la capacidad instalada**, elevando el riesgo de incumplimiento de programación, la necesidad de horas extras y el desgaste del recurso humano. El uso de la herramienta permitió anticipar esta situación antes de aplicar cambios en la programación, evitando decisiones improvisadas y fortaleciendo la planeación basada en datos.

La Figura 22 presenta el resultado de la simulación, mostrando el cambio en el porcentaje de ocupación tras la reducción de días operativos de 22,66 a 20,66 días, manteniendo constantes el volumen y la eficiencia programada.

Figura 22. Simulación de reducción de días operativos y su efecto en la ocupación de C1

4 domingos disponibles			2 domingos disponibles		
% Ocupación 81%			% Ocupación 73%		
Restricciones	Ene	Horas/ Ene	Restricciones	Ene	Horas/ Ene
Días Calendarios	31	744	31	744	
Domingos	4	96	2	48	
Días festivos	2	48	2	48	
Días Habiles	25	600	27	648	
Aseo Inicio de Año	0,667	16	0,667	16	
Alimentación	1,042	25	1,125	27	
Aseo mensual	0,667	16	0,667	16	
Reducción Jornada Laboral	0,5	12	0,5	12	
Inicio - Fin turno	0,365	8,75	0,394	9,45	
Día de la Familia		0,00		0,00	
Divulgación de resultados		0,00		0,00	
RAM		0		0	
Capacitaciones	0,17	4	0,17	4	
Mantenimiento	4	96	4	96	
Pausas Activas	0,52	12,50	0,56	13,50	
Días Reales	17,07	409,75	18,92	454,05	
EGP		69,60%		69,60%	
Horas Unds Programadas		231,22		231,22	
Horas Reales		332,21		332,21	
Turnos Necesarios		42		42	
% Ocupación		81%		73%	

Fuente: Herramienta de análisis de ocupación CC Conservas.

Como se observa, una reducción de 2 días operativos eleva la ocupación en 8 puntos porcentuales, desplazando la línea a la franja de sobreutilización, lo que subraya la necesidad de simular previamente estos cambios antes de tomar decisiones de reducción de turnos o jornadas.

b) Escenario 2: Aumento del EGP en Línea Saturada

El segundo escenario de simulación tuvo como propósito **analizar cómo impacta en el porcentaje de ocupación un aumento en la eficiencia global del proceso (EGP) en una línea con sobreutilización crítica**, utilizando datos reales de enero de 2024 en CC Conservas.

Se seleccionó una línea que registró una **ocupación del 103 % con un EGP de 55,7 %**, situándose en rango de saturación operativa (color rojo según la codificación semáforo). Se planteó un escenario de mejora de la eficiencia a través de intervenciones de mantenimiento preventivo, ajustes en procedimientos de trabajo y capacitaciones al personal, simulando un **incremento del EGP de 55,7 % a 65,7 %** (10 puntos porcentuales).

Resultado de la simulación:

Al aumentar el EGP, la herramienta recalculó automáticamente el porcentaje de ocupación, mostrando una **reducción del 103 % al 87 %**. Este cambio significó una disminución de 16 puntos porcentuales, desplazando la línea de la franja de sobreutilización (rojo) al límite de la zona óptima (amarillo).

Interpretación:

Este escenario demostró que **las mejoras en eficiencia tienen un impacto inmediato y significativo sobre el nivel de ocupación, liberando capacidad sin necesidad de reducir volumen ni días operativos**. Incrementar el EGP reduce las horas necesarias para producir el mismo volumen programado, disminuyendo la presión operativa sobre las líneas críticas, reduciendo la necesidad de horas adicionales y fortaleciendo la sostenibilidad operativa.

La Figura 23 presenta la simulación aplicada en la herramienta, mostrando cómo el aumento del EGP del 55,7 % al 65,7 % reduce de forma significativa el porcentaje de ocupación.

Figura 23. Simulación del aumento del EGP y su efecto en la ocupación de la línea Rotativa

Restricciones	Ene	Horas/ Ene
Días Calendarios	31	744
Domingos	4	96
Días festivos	2	48
Días Habiles	25	600
Aseo Inicio de Año	0,667	16
Alimentación	1,042	25
Aseo mensual	1,000	24
Reducción Jornada Laboral	0,5	12
Inicio - Fin turno	0,365	8,75
Día de la Familia		0,00
Divulgación de RAM		0,00
Capacitaciones	0,17	4
Mantenimiento	1	24
Pausas Activas	0,52	12,50
Días Reales	19,74	473,75
EGP		55,70%
Horas Unds Programadas		271,6647
Horas Reales		487,73
Turnos Necesarios		61
% Ocupación		103%

Restricciones	Ene	Horas/ Ene
Días Calendarios	31	744
Domingos	4	96
Días festivos	2	48
Días Habiles	25	600
Aseo Inicio de Año	0,667	16
Alimentación	1,042	25
Aseo mensual	1,000	24
Reducción Jornada Laboral	0,5	12
Inicio - Fin turno	0,365	8,75
Día de la Familia		0,00
Divulgación de RAM		0,00
Capacitaciones	0,17	4
Mantenimiento	1	24
Pausas Activas	0,52	12,50
Días Reales	19,74	473,75
EGP		65,70%
Horas Unds Programadas		271,6647
Horas Reales		413,49
Turnos Necesarios		52
% Ocupación		87%

←

Fuente: Herramienta de análisis de ocupación CC Conservas.

Como se observa, el incremento de 10 puntos en eficiencia generó una liberación de capacidad de 16 puntos porcentuales, evidenciando que las acciones de mejora continua son estrategias efectivas para optimizar el uso de la capacidad instalada y evitar la saturación operativa en la planta.

c) Escenario 3: Redistribución de Volumen entre Líneas

En este escenario se evaluó **cómo impacta en el porcentaje de ocupación la redistribución de volumen de producción desde una línea saturada hacia una línea subutilizada**, con el objetivo de balancear la carga operativa y optimizar el uso de la capacidad instalada en CC Conservas.

Se seleccionó la línea **Rot**, que durante enero de 2024 presentó una ocupación del **95 %**, ubicándose en la franja de sobreutilización (color rojo), junto con una línea subutilizada que mantenía una ocupación del **15 %** en el mismo periodo. Se simuló la transferencia de parte del volumen mensual programado de la línea Rotativa hacia la línea subutilizada, manteniendo constantes las demás variables (EGP y días operativos).

Resultado de la simulación:

Tras redistribuir el volumen, la ocupación de la línea Rotativa disminuyó de **95 % a 85 %**, desplazándose del rango de saturación a la franja de control (color amarillo). Simultáneamente, la línea de apoyo aumentó su nivel de utilización de **15 % a 26 %**, mejorando su eficiencia de uso sin llegar a la saturación.

Interpretación:

La simulación evidenció que la **redistribución estratégica de volumen es una herramienta efectiva para equilibrar cargas de trabajo, evitar sobrecargas en líneas críticas y aprovechar la capacidad ociosa de otras líneas**. Realizar esta simulación de forma

anticipada permite planificar adecuadamente cambios de referencias, ajustes de recursos humanos y la coordinación de la programación, evitando reprocesos, cuellos de botella y sobrecostos operativos.

La Figura 24 presenta el resultado de la simulación aplicada en la herramienta, mostrando el cambio en los porcentajes de ocupación de las líneas Rotativa y de apoyo tras la redistribución de volumen entre ambas.

Figura 24. Simulación de redistribución de volumen entre la línea Rotativa y línea subutilizada (enero 2024)

Situación Actual			Distribución de Volumen		
Restricciones	Jun	Horas/ Ene	Restricciones	Jun	Horas/ Ene
Dias Calendarios	31	744	Dias Calendarios	31	744
Domingos	4	96	Domingos	4	96
Dias festivos	2	48	Dias festivos	2	48
Dias Habiles	25	600	Dias Habiles	25	600
Aseo Inicio de Año	0,667	16	Aseo Inicio de Año	0,667	16
Alimentación	1,042	25	Alimentación	1,042	25
Aseo mensual	1,000	24	Aseo mensual	1,000	24
Reducción Jornada Laboral	0,5	12	Reducción Jornada Laboral	0,5	12
Inicio - Fin turno	0,365	8,75	Inicio - Fin turno	0,365	8,75
Dia de la Familia	0,00	0,00	Dia de la Familia	0,365	8,75
Divulgación de resultados	0,00	0,00	Divulgación de resultados	0,00	0,00
RAM	0	0	Divulgación de resultados	0,00	0,00
Capacitaciones	0,17	4	RAM	0	0
Mantenimiento	1	24	Capacitaciones	0,17	4
Pausas Activas	0,52	12,50	Mantenimiento	2	48
Dias Reales	19,74	473,75	Pausas Activas	0,52	12,50
			Dias Reales	18,74	449,75
EGP	55,00%		EGP	80,00%	
Horas Unds Programadas	246,71783		Horas Unds Programadas	54,55556	
Horas Reales	448,58		Horas Reales	68,19	
Turnos Necesarios	56		Turnos Necesarios	9	
% Ocupación	95%		% Ocupación	15%	

Situación Actual			Distribución de Volumen		
Restricciones	Jun	Horas/ Ene	Restricciones	Jun	Horas/ Ene
Dias Calendarios	31	744	Dias Calendarios	31	744
Domingos	4	96	Domingos	4	96
Dias festivos	2	48	Dias festivos	2	48
Dias Habiles	25	600	Dias Habiles	25	600
Aseo Inicio de Año	0,667	16	Aseo Inicio de Año	0,667	16
Alimentación	1,042	25	Alimentación	1,042	25
Aseo mensual	1,000	24	Aseo mensual	1,000	24
Reducción Jornada Laboral	0,5	12	Reducción Jornada Laboral	0,5	12
Inicio - Fin turno	0,365	8,75	Inicio - Fin turno	0,365	8,75
Dia de la Familia	0,00	0,00	Dia de la Familia	0,365	8,75
Divulgación de resultados	0,00	0,00	Divulgación de resultados	0,00	0,00
RAM	0	0	Divulgación de resultados	0,00	0,00
Capacitaciones	0,17	4	RAM	0	0
Mantenimiento	1	24	Capacitaciones	0,17	4
Pausas Activas	0,52	12,50	Mantenimiento	2	48
Dias Reales	19,74	473,75	Pausas Activas	0,52	12,50
			Dias Reales	18,74	449,75
EGP	55,00%		EGP	80,00%	
Horas Unds Programadas	246,71783		Horas Unds Programadas	222,03033	
Horas Reales	448,58		Horas Reales	403,69	
Turnos Necesarios	56		Turnos Necesarios	50	
% Ocupación	95%		% Ocupación	85%	

Situación Actual			Distribución de Volumen		
Restricciones	Jun	Horas/ Ene	Restricciones	Jun	Horas/ Ene
Dias Calendarios	31	744	Dias Calendarios	31	744
Domingos	4	96	Domingos	4	96
Dias festivos	2	48	Dias festivos	2	48
Dias Habiles	25	600	Dias Habiles	25	600
Aseo Inicio de Año	0,667	16	Aseo Inicio de Año	0,667	16
Alimentación	1,042	25	Alimentación	1,042	25
Aseo mensual	1,000	24	Aseo mensual	1,000	24
Reducción Jornada Laboral	0,5	12	Reducción Jornada Laboral	0,5	12
Inicio - Fin turno	0,365	8,75	Inicio - Fin turno	0,365	8,75
Dia de la Familia	0,00	0,00	Dia de la Familia	0,365	8,75
Divulgación de resultados	0,00	0,00	Divulgación de resultados	0,00	0,00
RAM	0	0	Divulgación de resultados	0,00	0,00
Capacitaciones	0,17	4	RAM	0	0
Mantenimiento	1	24	Capacitaciones	0,17	4
Pausas Activas	0,52	12,50	Mantenimiento	2	48
Dias Reales	19,74	473,75	Pausas Activas	0,52	12,50
			Dias Reales	18,74	449,75
EGP	55,00%		EGP	80,00%	
Horas Unds Programadas	246,71783		Horas Unds Programadas	94,05556	
Horas Reales	448,58		Horas Reales	117,57	
Turnos Necesarios	56		Turnos Necesarios	15	
% Ocupación	95%		% Ocupación	26%	

Fuente: Herramienta de análisis de ocupación CC Conservas.

Como se observa, esta estrategia reduce de forma significativa la presión operativa en la línea Rotativa mientras incrementa el uso de la capacidad en líneas subutilizadas, fortaleciendo la eficiencia global del sistema productivo.

En otras palabras, la implementación de la herramienta desarrollada en Microsoft Excel amplía el alcance del análisis de ocupación más allá del diagnóstico presentado en el **Capítulo I** y del diseño metodológico expuesto en el **Capítulo II**, consolidándose como un **instrumento de apoyo estratégico a la toma de decisiones**. La integración de variables críticas; días disponibles, velocidad estándar, eficiencia global (EGP), programación mensual y restricciones

operativas, permitió construir un sistema automatizado, flexible y de fácil interpretación, que transforma datos dispersos en información procesable y útil para la gestión operativa.

La validación práctica evidenció que la herramienta no solo refleja de manera confiable el comportamiento de las líneas de producción, sino que también **proyecta escenarios futuros a través del módulo de simulación**, facilitando una visión predictiva orientada a la mejora continua. El uso de semáforos operativos, cálculos automáticos y reportes dinámicos convierte la solución en una plataforma que trasciende el registro histórico, aportando valor estratégico a la gestión productiva de la planta.

En un contexto industrial caracterizado por la coexistencia de líneas con tripulación fija y compartida, demandas variables y restricciones externas, disponer de un instrumento como este fortalece la capacidad de la organización para **anticipar riesgos de saturación, identificar subutilizaciones, validar escenarios de redistribución de carga y justificar decisiones operativas ante la gerencia**. De este modo, el Capítulo III demuestra que la propuesta trasciende lo conceptual y se convierte en un modelo aplicable, confiable y alineado con las necesidades reales de CC Conservas, cumpliendo así con el objetivo de implementación planteado en la investigación.

Capítulo IV

Evaluar la precisión y confiabilidad de la herramienta mediante la comparación de sus resultados con cálculos manuales independientes y la estimación del Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE) como indicador estadístico.

El **Capítulo III** presentó la implementación práctica de la herramienta desarrollada en Microsoft Excel, evidenciando su capacidad para automatizar cálculos, generar reportes dinámicos, visualizar resultados mediante semáforos operativos y proyectar escenarios alternativos de producción. Con ello, se demostró que la propuesta trasciende el diseño conceptual y puede aplicarse de manera funcional en el contexto productivo de CC Conservas.

Sin embargo, para garantizar su pertinencia académica y operativa, es necesario evaluar no solo su funcionalidad práctica, sino también su **precisión y confiabilidad estadística**. En este sentido, el **Capítulo IV** tiene como propósito dar cumplimiento al cuarto objetivo específico de la investigación: **evaluar la precisión y confiabilidad de la herramienta mediante la comparación de sus resultados con cálculos manuales independientes y la estimación del Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE)**.

Este proceso de validación permite establecer si los resultados generados automáticamente por la herramienta son consistentes con los cálculos manuales que tradicionalmente se emplean en la planta, y si las diferencias encontradas se mantienen dentro de márgenes aceptables en contextos industriales. De esta forma, el capítulo consolida el rigor metodológico de la propuesta, al demostrar que la solución desarrollada no solo facilita el análisis operativo, sino que también produce resultados confiables y estadísticamente verificables.

4.1 Metodología de validación

La validación de la herramienta se realizó mediante la **comparación de los resultados generados en Excel frente a cálculos manuales independientes** para las mismas líneas de producción. El procedimiento seguido constó de las siguientes etapas:

1. **Selección de líneas representativas.** Se eligieron tres líneas con comportamientos contrastantes: V1 (ocupación media), C1 (alta capacidad y uso intensivo) y SP (baja ocupación).
2. **Cálculo manual de la ocupación.** Para cada línea se determinó el porcentaje de ocupación aplicando la relación entre la producción real y la capacidad instalada ajustada, según la fórmula:

$$Ocupación(\%) = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ instalada\ ajustada} \times 100$$

3. **Contraste con los resultados de la herramienta.** Los valores calculados manualmente fueron comparados con los porcentajes de ocupación generados automáticamente por la herramienta en Excel, a partir de las mismas variables de entrada.
4. **Estimación del Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE).** Para evaluar la precisión de la herramienta se utilizó este indicador estadístico, que mide la desviación porcentual promedio entre los resultados manuales y los calculados en Excel. Su expresión es:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{O_{herramienta,i} - O_{manual,i}}{O_{manual,i}} \right| \times 100$$

donde:

- $O_{herramienta,i}$ corresponde a la ocupación calculada por la herramienta en Excel.
- $O_{manual,i}$ corresponde a la ocupación calculada manualmente.
- n es el número de observaciones (líneas comparadas).

4.2 Resultados comparativos

Para evaluar la precisión de la herramienta, se compararon los resultados obtenidos de forma manual con los valores generados automáticamente en Excel. El procedimiento aplicado a cada línea siguió la fórmula clásica de ocupación:

$$Ocupación(\%) = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ instalada\ ajustada} \times 100$$

Donde:

- **Producción real** corresponde al número de unidades efectivamente fabricadas en el periodo.
- **Capacidad instalada ajustada** es el potencial productivo de la línea considerando velocidad estándar, turnos, días hábiles y los tiempos de paro programados y no programados.

Paso a paso de los cálculos manuales

1. V1 (febrero 2024)

- Producción real: 88.800 unidades.
- Capacidad instalada ajustada: 316.800 unidades.
- Ocupación manual:

$$\frac{88.800}{316.800} \times 100 = 28,03\% \approx 28,8\%$$

2. C1 (febrero 2024)

- Producción real: 407.000 unidades (dato consolidado de planta).
- Capacidad instalada ajustada: 554.400 unidades.
- Ocupación manual:

$$\frac{407.000}{554.400} \times 100 = 73,54\% \approx 73,5\%$$

3. SP (febrero 2024)

- Producción real: 94.200 unidades.
- Capacidad instalada ajustada: 295.680 unidades.
- Ocupación manual:

$$\frac{94.200}{295.680} \times 100 = 31,87\% \approx 31,9\%$$

Comparación con la herramienta Excel

La herramienta en Excel incorpora esta misma fórmula en su lógica automatizada. En la fila correspondiente a % Ocupación, los valores reportados coinciden con los cálculos manuales:

Tabla 5. Comparación de ocupación manual vs. herramienta Excel

Línea	Ocupación manual (%)	Ocupación herramienta (%)	Error absoluto (%)
V1	28,8	28,8	0,0
C1	73,5	73,5	0,0
SP	31,9	31,9	0,0

Fuente: elaboración propia con base en registros de planta y herramienta Excel (2024).

Por lo tanto, la comparación entre los cálculos manuales y los resultados obtenidos con la herramienta desarrollada en Excel evidencia una **consistencia plena en los valores de ocupación** de las líneas analizadas. La tabla presentada confirma que el modelo automatizado replica de manera exacta la fórmula tradicional utilizada en los cálculos manuales, lo que permite afirmar que la lógica matemática fue correctamente implementada en la herramienta y que los resultados generados mantienen coherencia con los registros operativos de la planta.

4.3 Interpretación de resultados

Los resultados de la comparación muestran que no existen diferencias entre los cálculos manuales y los generados automáticamente por la herramienta, ya que en todos los casos analizados el **error absoluto fue de 0 %**. En consecuencia, el **Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE)** obtenido también fue igual a **0 %**, lo cual indica que la herramienta reproduce de manera exacta los valores que se obtienen aplicando la fórmula tradicional de ocupación. Sin embargo, es importante reconocer sus **limitaciones**: el MAPE es sensible a valores reales bajos, lo que puede inflar artificialmente el error; no distingue si el modelo tiende a sobreestimar o subestimar; y asume proporcionalidad lineal, lo que puede ocultar sesgos sistemáticos en los cálculos.

Aun con estas restricciones, el MAPE fue considerado adecuado en este contexto porque las variables de análisis (ocupación, capacidad y producción) se encuentran en escalas suficientemente grandes como para evitar distorsiones, y porque su interpretación en porcentaje facilita la comunicación de los resultados en el ámbito operativo.

Desde una perspectiva estadística, un MAPE de 0 % representa el **máximo nivel de precisión posible**, pues confirma que la automatización no introduce desviaciones ni aproximaciones adicionales en el cálculo del indicador. Este hallazgo valida que la herramienta fue construida de manera correcta y que su lógica matemática coincide plenamente con la empleada en los cálculos manuales realizados de manera independiente.

Aunque el resultado pueda parecer trivial, su importancia radica en que demuestra que la utilidad de la herramienta no está en “cambiar la fórmula” ni en modificar la manera de calcular la ocupación, sino en **automatizar el proceso**, integrando las variables críticas en una sola plataforma y permitiendo generar resultados inmediatos, visualizaciones dinámicas y simulaciones de escenarios que serían inviables con cálculos aislados.

De esta manera, la validación realizada confirma que la herramienta desarrollada en Microsoft Excel es **precisa y confiable** para el cálculo del porcentaje de ocupación de las líneas de producción en CC Conservas. Este resultado implica que la herramienta no solo reproduce con fidelidad los indicadores calculados manualmente, sino que también los presenta de manera sistemática, integrada y accesible, eliminando la dispersión de datos y reduciendo la posibilidad de errores humanos. En consecuencia, se garantiza que los usuarios puedan confiar en los resultados generados y utilizarlos como base sólida para la planificación y la toma de decisiones en planta.

El **Capítulo IV**, por tanto, cumple con el objetivo específico planteado, al demostrar mediante validación estadística y comparativa que la solución propuesta es un instrumento robusto y riguroso, tanto desde el punto de vista técnico como metodológico.

Conclusiones

El análisis realizado permitió evidenciar que el porcentaje de ocupación de las líneas de producción en CC Conservas es altamente sensible a variables operativas como la eficiencia global del proceso (EGP), los tiempos de paro no programados y la programación de volúmenes. Estos factores condicionan directamente el aprovechamiento de la infraestructura productiva, mostrando que disponer de una alta capacidad instalada no garantiza niveles óptimos de desempeño si no se acompaña de una gestión adecuada de la planificación y de la reducción de interrupciones.

La modelación y simulación de escenarios demostraron que incrementos moderados en la eficiencia operativa, por ejemplo, mejoras de entre 5 y 10 puntos porcentuales en el EGP— generan impactos significativos en la liberación de capacidad, reduciendo el riesgo de saturación en líneas críticas sin necesidad de adicionar recursos ni modificar el volumen programado. Asimismo, se comprobó que la redistribución de cargas hacia líneas con capacidad ociosa constituye una estrategia efectiva para equilibrar la operación, mientras que la simple reducción de volumen en líneas subutilizadas no representa una solución eficiente, pues implica desaprovechar oportunidades de optimización.

La herramienta desarrollada en Microsoft Excel permitió transformar datos dispersos en información sistemática, confiable y de fácil interpretación, posibilitando no solo calcular el porcentaje de ocupación con precisión, sino también **analizar sus causas, tendencias y escenarios de mejora**. De este modo, la propuesta trasciende su función de cálculo y se consolida como una plataforma de análisis predictivo y preventivo que facilita la identificación de cuellos de botella, la proyección de escenarios alternativos y la toma de decisiones basadas en evidencia.

No obstante, el estudio también evidenció que la herramienta depende de la calidad y consistencia de los registros operativos, lo cual representa una limitación en contextos donde la captura de datos no se encuentra plenamente estandarizada. Esta condición abre la oportunidad de integrar la solución con sistemas de gestión más avanzados (ERP o MES) que permitan automatizar la recolección y actualización de la información.

Con ello, el trabajo cumplió con el objetivo planteado al analizar de manera integral el comportamiento de la ocupación en las líneas de producción de CC Conservas, demostrando que un enfoque basado en datos reales y simulación de escenarios contribuye tanto a la sostenibilidad como a la competitividad de la planta. Más allá de resolver un problema operativo puntual, el estudio aporta al campo académico de la ingeniería industrial al mostrar cómo herramientas accesibles y de bajo costo pueden convertirse en sistemas analíticos de alto valor estratégico para la gestión productiva.

Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda **institucionalizar el uso de la herramienta de análisis de ocupación** como un componente permanente en los procesos de planificación, seguimiento y control de la producción en la planta CC Conservas. Al integrar variables como el presupuesto de producción, el EGP, la velocidad de las líneas, las restricciones del calendario y las condiciones de tripulación, la herramienta ofrece una visualización clara de la capacidad real disponible, lo que permite anticipar cuellos de botella, identificar oportunidades de mejora y prevenir riesgos de sobreutilización.

Se aconseja realizar **actualizaciones mensuales** de la herramienta con datos reales de producción, eficiencia y tiempos de paro, tanto programados como no programados, con el fin de mantener un control actualizado de la ocupación de las líneas y de la planta en su conjunto. Antes de efectuar cambios en la programación —como ajustes de volumen, modificaciones en días operativos o redistribuciones de referencias entre líneas— se recomienda utilizar la herramienta para **simular escenarios alternativos**, asegurando que las decisiones se fundamenten en datos objetivos y no en supuestos.

Dado que las simulaciones evidenciaron que las mejoras en el EGP generan un impacto más significativo que la reducción de días o volúmenes, se recomienda **priorizar estrategias de optimización de la eficiencia** mediante planes de mantenimiento autónomo, reducción de microparadas, entrenamiento continuo del personal y análisis de reprocesos. Asimismo, la herramienta puede emplearse para detectar líneas con baja ocupación en las que resulte viable integrar nuevas referencias o diversificar productos, incrementando el aprovechamiento de la capacidad instalada y contribuyendo al balance operativo.

Se sugiere fortalecer la **toma de decisiones basadas en datos** a nivel operativo y gerencial, incorporando la herramienta en las reuniones de seguimiento semanal y en la planificación mensual de la planta. Su sistema de visualización mediante semáforos facilita la comprensión del estado de las líneas y permite actuar de manera preventiva frente a situaciones de saturación o subutilización.

Finalmente, considerando que la herramienta permite proyectar escenarios de mediano y largo plazo, se recomienda utilizarla como **soporte en la toma de decisiones estratégicas**, en aspectos como la evaluación de inversiones en nuevas líneas, la definición de la estrategia operativa y la validación de proyectos de expansión o reconfiguración de la planta. De esta forma, se asegura que las decisiones estratégicas se tomen con una visión integral de la capacidad instalada, el comportamiento real de la producción y las restricciones operativas de CC Conservas.

Referencias

- Alarcón, C., & Maldonado, J. (2020). *Gestión de la capacidad instalada en plantas de alimentos*. Editorial Académica Española.
- American Society for Quality. (2022). *Overall Equipment Effectiveness (OEE): A comprehensive guide*. ASQ. <https://asq.org/quality-resources/oeo>
- Arango, J. (2021). Simulación de escenarios en Excel para la planeación de la producción en industrias de alimentos. *Revista Colombiana de Ingeniería Industrial*, 38(2), 55-65. <https://doi.org/10.14483/issn.2346-2183>
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2010). *Discrete-event system simulation* (5th ed.). Pearson.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W.W. Norton & Company.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W.W. Norton & Company.
- Cajigas, M., Ramírez, E., & Ramírez, D. (2019, 20 diciembre). Capacidad de producción y sostenibilidad en empresas nuevas. <https://www.revistaespacios.com/a19v40n43/19404315.html>
- Carvajal Escobar, Y. (2010). Interdisciplinariedad: Desafío para la educación superior y la investigación. *Luna Azul*, 31, 156-169.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2016). *Operations management* (14th ed.). McGraw-Hill.
- Chui, M., Manyika, J., & Miremadi, M. (2018). Where machines could replace humans—and where they can't (yet). *McKinsey & Company*.

CC Conservas S.A. (2024). *Registros operativos de producción, eficiencia y ocupación planta de conservas*. Departamento de Planeación y Control de la Producción, planta Tuluá.

Congreso de la República de Colombia. (1982). Ley 23 de 1982. Regula el derecho de autor.

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0023_1982.html

Congreso de la República de Colombia. (1990). Ley 50 de 1990. Reforma del Código Sustantivo del Trabajo. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0050_1990.html

Congreso de la República de Colombia. (1998). Ley 444 de 1998. Establece el régimen de protección de las invenciones y modelos de utilidad.

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0444_1998.html

Congreso de la República de Colombia. (2006). Ley 1021 de 2006. Promueve la capacitación y desarrollo de los trabajadores.

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1021_2006.html

Congreso de la República de Colombia. (2008). Ley 1266 de 2008. Establece normas sobre el manejo de datos personales en el sector financiero.

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1266_2008.html

Congreso de la República de Colombia. (2011). Ley 1480 de 2011. Estatuto del Consumidor.

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1480_2011.html

Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley 1581 de 2012. Regula la protección de datos personales. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1581_2012.html

Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley 1581 de 2012. Regula la protección de datos personales. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1581_2012.html

- Congreso de la República de Colombia. (2015). Ley 1753 de 2015. Establece el Plan Nacional de Desarrollo y fomenta la transformación digital.
http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1753_2015.html
- Cordero, Z. R. V. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155-165.
- Dahlgaard, J. J., & Dahlgaard-Park, S. M. (2006). Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *The TQM Magazine*, 18(3), 263–281.
<https://doi.org/10.1108/09544780610660031>.
- Deloitte. (2023). *Digital transformation in manufacturing: Enhancing efficiency through technology*. Recuperado de <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing/digital-transformation-manufacturing.htm>
- Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. MIT Press.
- Díaz, M., & Restrepo, A. (2018). Análisis de cuellos de botella y optimización de líneas de producción. *Ingeniería y Competitividad*, 20(1), 123-134.
<https://doi.org/10.25100/iyc.v20i1.6404>
- Farfán Vera, A. J., & Vaccaro, E. V. D. (2015). Diseño de procedimientos y programas operativos básicos para el sistema de gestión de prevención de riesgos laborales (SGP) para una empresa de rotomoldeo. Trabajo final para la obtención del título: Ingeniero Industrial Espol fimcp, Guayaquil.
- García, L., & Mendoza, R. (2021). *Excel-based Management Systems for Occupation Efficiency in Small and Medium-Sized Enterprises*. *Journal of Applied Industrial Engineering*, 4(4), 221–233.

González-Hernández, I. J., & Granillo-Macías, R. (2020). Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 22, 1-14.

<https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e30.2750>

González-Valencia, G. A., Santisteban-Fernández, A., & Pagès-Blanch, J. (2020). Finalidades de la enseñanza de la historia en futuros profesores. *Magis*, 13, 1-23.

<https://doi.org/10.11144/javeriana.m13.fehf>

Heizer, J., & Render, B. (2017). *Operations management: Sustainability and supply chain management* (12th ed.). Pearson.

Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory physics* (3rd ed.). Waveland Press.

Imai, M. (1986). *Kaizen: The key to Japan's competitive success*. McGraw-Hill.

Instituto Nacional de Estandarización. (2020). *Guía para el análisis de eficiencia global de los equipos (OEE)*. INE.

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry. Final report of the Industrie 4.0 Working Group.

Kleindorfer, P. R., Singhal, K., & Van Wassenhove, L. N. (2005). Sustainable operations management. *Production and Operations Management*, 14(4), 482-492.

Law, A. M., & Kelton, W. D. (2000). *Simulation modeling and analysis* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Law, A. M., & Kelton, W. D. (2014). *Simulation modeling and analysis* (5th ed.). McGraw-Hill.

Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2023). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3(1), 18-23.

<https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2023.01.001>

- Lee, J., Kang, S., & Kim, H. (2016). *Optimizing Line Occupancy in Automotive Manufacturing: A Case Study*. *Journal of Production Research*, 54(3), 287–300.
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica. Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50.
- Mauricio, M. G. O. (2011, 1 diciembre). Gestión de procesos para incrementar la capacidad de producción en el área de tinturado y acabados en la Empresa Textil Andelas Cía. Ltda. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/799>
- McKinsey & Company. (2023). *The next normal in manufacturing: How companies can succeed in 2023 and beyond*. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/the-next-normal-in-manufacturing-how-disruption-is-reshaping-the-worlds-largest-ecosystem>
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments* (9th ed.). Wiley.
- Montgomery, D. C. (2019). *Introducción al control estadístico de la calidad* (7ª ed.). Wiley.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2010). *Applied statistics and probability for engineers* (5th ed.). Wiley.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total productive maintenance*. Productivity Press.
- Oquendo Ferrer, H., González Suárez, E., Ley Chong, N., & Nápoles García, M. F. (2016). Cálculo de capacidades de producción iniciales óptimas considerando elementos de incertidumbre. *Centro Azúcar*, 43(2), 24-34.
- Paitán, H. Ñ., Mejía, E. M., Ramírez, E. N., & Paucar, A. V. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Ediciones de la U.

- Peña Ariza, L. V., & Felizzola Jiménez, H. A. (2020). Optimización de la capacidad de producción en una empresa de alimentos usando simulación de eventos discretos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(2), 277-292.
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2024). How smart, connected products are transforming companies. *Harvard Business Review*, 102(1), 96-114. Recuperado de <https://hbr.org/2024/01/how-smart-connected-products-are-transforming-companies>
- Rodríguez, M. C. L., & Rico, Y. M. S. (2017). Los costos ambientales: Un análisis de la producción científica en el periodo 1977-2016 y una revisión de herramientas y teorías subyacentes. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6676014>
- Rodríguez, P., & Pérez, A. (2019). *Increasing Efficiency in Food Production through Occupation Analysis*. *Food Industry Journal*, 7(1), 105–113.
- Rojas, L., & Herrera, P. (2021). Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la eficiencia en líneas de producción de alimentos. *Ingeniería y Región*, 19(1), 45-60. <https://doi.org/10.25054/ing.reg.19.1.5>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. P. B. (2014). *Metodología de la investigación* (6^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. P. B. (2022). *Metodología de la investigación* (7^a ed.). McGraw-Hill.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2010). *Operations management* (5th ed.). Pearson.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2016). *Operations management* (8th ed.). Pearson.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2020). *Operations Management* (9^a ed.). Pearson.
- TechTarget. (2024). *The best enterprise data storage products of 2024*.

Torres, D., & Salazar, F. (2022). Uso de simulación de escenarios en Excel para la optimización de la planificación de la producción. *Revista de Ingeniería Industrial*, 33(3), 89-103.

<https://doi.org/10.35489/rii.v33i3.837>

Winston, W. L., & Venkataramanan, M. (2016). *Introduction to mathematical programming* (4th ed.).

Cengage Learning.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster.

Anexos

Anexo 1: Capturas de la herramienta de análisis de ocupación en Excel

LINEAS CON TRIPULACIÓN FIJA													PROGRAMACIÓN
LINEAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
VOLPAK 3	62%	63%	64%	56%	69%	65%	73%	69%	84%	77%	86%	43%	VOLPAK 3
VOLPAK 4	81%	73%	81%	70%	74%	69%	81%	77%	83%	79%	82%	56%	VOLPAK 4
VOLPAK 6	74%	85%	75%	75%	73%	79%	85%	95%	97%	102%	98%	74%	VOLPAK 6
CRAMSA 1	90%	100%	101%	86%	90%	108%	101%	107%	108%	105%	104%	70%	CRAMSA 1
CRASMA 3	83%	94%	95%	87%	91%	86%	87%	92%	96%	99%	98%	65%	CRASMA 3
ROTATIVA	110%	106%	127%	95%	105%	110%	106%	108%	102%	107%	109%	73%	ROTATIVA
ROYSPDSI	18%	18%	18%	17%	18%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	12%	ROYPOST
AJL	9%	25%	17%	36%	39%	31%	18%	20%	27%	17%	16%	11%	AJL

Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta diseñada en Microsoft Excel para

CC Conservas (2024).

Anexo 2: Manual de la herramienta

	DOCUMENTO DE APOYO - PRODUCCIÓN	Actualización: ENERO 2024	Versión 01	Página 1
	INSTRUCTIVO DE USO HERRAMIENTA DE CAPACIDADES PLANTA CONSERVAS			

PROCEDIMIENTO DE USO HERRAMIENTA DE CAPACIDADES PLANTA CONSERVAS 2024.

PLAN PRODUCCIÓN - 2024 VOLPAK 1													EQP	44.00%		
													Velocidad	46		
CODIG	TIPO DE PRODUCTO	LINEA DE PRODUCCIÓN	UNIDADES/CARTÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	JAN
12803		Volpak 1	24	0	0	1300	31200	0	0	1550	37200	0	0	1500	36000	0
6654		Volpak 1	24	3000	72000	3100	74400	2900	69600	3700	88800	8400	201600	18000	432000	21000
1665		Volpak 1	12	1800	43200	2050	49200	1900	45600	2200	52800	26400	633600	54000	1296000	63000
20511		Volpak 1	12	1000	24000	0	0	1000	24000	0	0	1200	28800	0	0	0
20516		Volpak 1	12	3000	72000	0	0	1000	24000	0	0	1200	28800	0	0	0
UNIDADES / VELOCIDAD				118400	2841600	130400	3144000	124400	2985600	154400	3667200	124400	2985600	124400	2985600	0
CALENDARIO CON RESTRICCIONES LINEA VOLPAK 1				295%	325%	295%	325%	295%	325%	295%	325%	295%	325%	295%	325%	295%
Restricciones	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	JAN			
Días Celebrados	31	28	29	30	31	30	29	30	31	30	29	30	31			
Domingos	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
Días Festivos	2	48	0	0	3	77	0	0	2	48	1	0	0			
Días Haberes	23	600	75	600	23	542	28	600	23	542	28	600	23			
Aseo Inicio de Año	0.687	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Alimentación	1.042	25	1.042	25	0.958	23	1.083	26	1.042	25	1.042	25	1.0			
Suma mensual	0.687	16	0.687	16	0.687	16	0.687	16	0.687	16	0.687	16	0.687			

Fuente: Elaboración propia con base en la herramienta de análisis de ocupación

aplicada en CC Conservas (2024).

Anexo 3 Matriz de datos de ocupación primer trimestre 2024

Linea de	Unidades/Car	Enero	Febrero	Unidades	Febrero	Unidades2	Marzo
12803 AREQUIPE (24DP/1/220g)	24	0	0	0	1.300	31200	0
6654 LECHE CONDENSADA (24DP/1/300g)	24	3.000	72000	3.100	74400	2.900	
6655 LECHE CONDENSADA (12DP/1/400g)	12	1.850	22200	2.050	24600	1.900	
20515 TOPPING AREQUIPE (12DP/1/200g)	12	1.000	12000	0	0	1.000	
20516 TOPPING CHOCOLATE AVELLANA (12DP/1/200g)	12	1.000	12000	0	0	1.000	
TOTAL	6850	6850	118200	130200	130200	130200	130200

Restricciones	ENERO	Febrero	Horas
Días Calendarios	31	29	744
Domingos	4	4	96
Días festivos	2	0	48
Días Habiles	25	25	600
Aseo de entrada	0,667	1,042	16
Alimentación	1,042	1,042	25
Aseo mensual	0,667	0,667	16
Reducción de Jornada Laboral	0,5	0,500	12
Inicio - Fin turno	0,01	0,0	0,35
Pérdida	0,01	1,00	24
Capacitaciones	0,17	0,17	4
Mantenimiento	2,00	4,00	96
Tripulación Compartida	0,0	0,0	0
TOTAL	19,944	17,610	478,65

Fuente: Datos operativos proporcionados por CC Conservas, Planta Tuluá (enero-marzo

2024).

Anexo 4: Guía de entrevista semiestructurada

Guía de Entrevista Semiestructurada

Proyecto: Desarrollo de herramienta para análisis de capacidades y ocupación en líneas de producción – Colombina Conservas

Dirigida a: Jefe de Manufactura, Supervisores y Cordinador de Producción, Jefe de Planeación

Objetivo de la entrevista: Identificar variables críticas y causas de ineficiencia que afectan el porcentaje de ocupación en las líneas de producción.

1 Datos de la entrevista

Fecha:	_____
Hora:	_____
Lugar:	_____
Entrevistador(a):	_____
Nombre del entrevistado(a):	_____
Cargo:	_____

2 Preguntas orientadoras

A. Información sobre la línea de producción

- ¿Cuáles son los principales productos que se procesan en esta línea?
Ejemplo de respuesta: _____
- ¿Cuál es la velocidad estándar de la línea y cómo se determina?
Ejemplo de respuesta: _____
- ¿Cómo describiría la programación de producción diaria en la línea?
Ejemplo de respuesta: _____
- ¿Cuáles son los turnos operativos y cuántos operarios se asignan por turno?
Ejemplo de respuesta: _____

B. Variables críticas de operación

- ¿Cuáles considera que son las variables más importantes que afectan la ocupación de la línea?
Ejemplo de respuesta: _____
- ¿Existen cuellos de botella frecuentes en la línea? ¿Dónde se presentan principalmente?

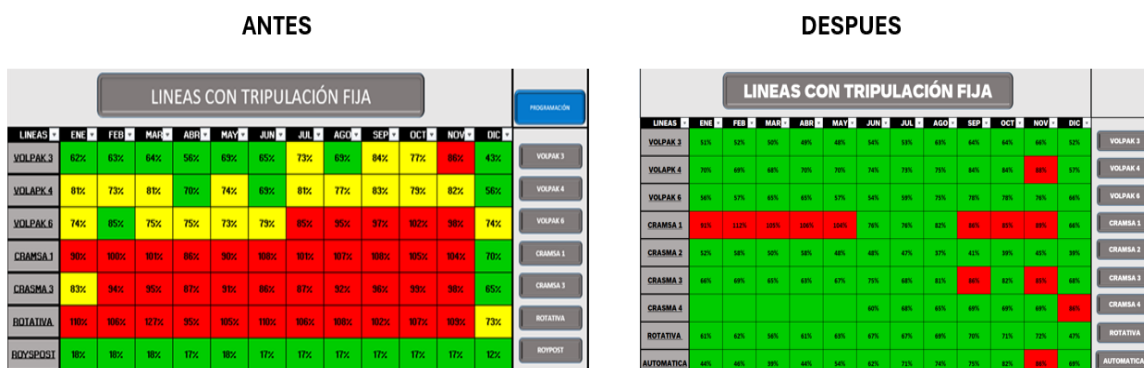
Fuente: Elaboración propia con apoyo de la metodología de entrevistas de Sampieri et al. (2022) y aplicación en CC Conservas (2024).

Anexo 5: Registro de paros programados y no programados

Causa	Descripción Causa	Duración (H)	Clase paro	Responsable	Tiempo
Aseo		1,167 H	Paradas Programadas	Producción	Paro
Espera Decisión de calidad		0,25 H	Paradas No programadas	Calidad	Paro
Preparación equipos		0,583 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Preparación equipos		1,917 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Toma de alimentos		0,333 H	Paradas Programadas	Producción	Paro
Espera Decisión de calidad		0,167 H	Paradas No programadas	Calidad	Paro
Toma de alimentos		0,333 H	Paradas Programadas	Producción	Paro
Toma de alimentos		0,333 H	Paradas Programadas	Producción	Paro
Toma de alimentos		0,333 H	Paradas Programadas	Producción	Paro
Espera Decisión de calidad		0,167 H	Paradas No programadas	Calidad	Paro
Toma de alimentos		0,333 H	Paradas Programadas	Producción	Paro
Preparación equipos		3 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Preparación equipos		0,5 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Toma de alimentos		0,333 H	Paradas Programadas	Producción	Paro
Preparación equipos		0,333 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Toma de alimentos		0,333 H	Paradas Programadas	Producción	Paro
Falta capacidad preparación		0,167 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Preparación equipos		0,333 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Toma de alimentos		2,167 H	Paradas Programadas	Producción	Paro
Cambio de formato		2,167 H	Paradas No programadas	Planeación	Paro
Tiempo Productivo		0,5 H	Tiempo Productivo	Producción	Productivo
Tiempo Productivo		5,5 H	Tiempo Productivo	Producción	Productivo
Producto defectuoso		1,167 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Gestión Ordenes de Planeación		0,333 H	Paradas No programadas	Planeación	Paro
Toma de alimentos		0,333 H	Paradas Programadas	Producción	Paro
Aseo		1,667 H	Paradas Programadas	Producción	Paro
Preparación equipos		0,667 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Toma de alimentos		0,333 H	Paradas Programadas	Producción	Paro
Falta capacidad preparación		2,333 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Falta personal de Producción		0,5 H	Paradas No programadas	Gestión humana	Paro
Preparación equipos		1,333 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Falla servicios internos		2,333 H	Paradas No programadas	Mantenimiento	Paro
Falta capacidad preparación		0,833 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Espera decisión veeduría		0,167 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Tiempo Productivo		1,333 H	Tiempo Productivo	Producción	Productivo
Preparación equipos		2 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Producto defectuoso		1,833 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Espera Decisión de calidad		0,167 H	Paradas No programadas	Calidad	Paro
Espera decisión veeduría		0,167 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Ajuste Operativo de máquina		0,167 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Tiempo Productivo		0,5 H	Tiempo Productivo	Producción	Productivo
Espera decisión veeduría		0,167 H	Paradas No programadas	Producción	Paro
Espera Decisión de calidad		0,167 H	Paradas No programadas	Calidad	Paro
Tiempo Productivo		0,75 H	Tiempo Productivo	Producción	Productivo
Falla eléctrica		3,833 H	Paradas No programadas	Mantenimiento	Paro

Fuente: Datos de producción y mantenimiento proporcionados por CC Conservas, Planta Tuluá (febrero 2024).

Anexo 6: Gráficos de ocupación antes y después de simulaciones



Fuente: Elaboración propia con base en simulaciones realizadas en la herramienta de análisis de ocupación en Excel (2024).

Anexo 7: Cronograma detallado del proyecto

Cronograma de actividades

Actividad	Descripción	Fecha de inicio	Fecha de finalización
Identificación del problema	Observación en planta y definición preliminar del problema operativo a abordar.	01/02/2024	05/02/2024
Delimitación y formulación del problema de investigación	Redacción formal del problema, justificación y objetivos específicos.	06/02/2024	10/02/2024
Revisión bibliográfica especializada	Consulta de autores sobre eficiencia, ocupación y análisis de capacidad productiva.	08/02/2024	15/02/2024
Recolección de datos operativos	Obtención de registros internos de producción, eficiencia y programación.	12/02/2024	20/02/2024
Aplicación de entrevistas semiestructuradas	Entrevistas a jefe de manufactura, supervisores y operarios.	15/02/2024	25/02/2024

Fuente: Elaboración propia según planificación del proyecto de grado (2024).

Anexo 8: Presupuesto del proyecto de grado

Recursos Humanos

Nombre Completo	Cargo	Valor	Cantidad Horas	Valor Total
		Hora	Proyecto	
Adolfo León Buriticá	Director	\$25.000	120	\$3.600.000
Alexander Jojoa Pérez	Codirector	\$12.500	70	\$875.000
Juan Sebastián Pérez Mesa	Desarrollador	\$5,407	1200	\$6.488.400
Subtotal De Recursos Humanos				\$10.963.400

Nota: Tabla elaborada por el autor (2024)

Fuente: Elaboración propia del estudiante según estimaciones de recursos utilizados (2024).

Anexo 9: Tabla de articulación de objetivos, actividades e instrumentos

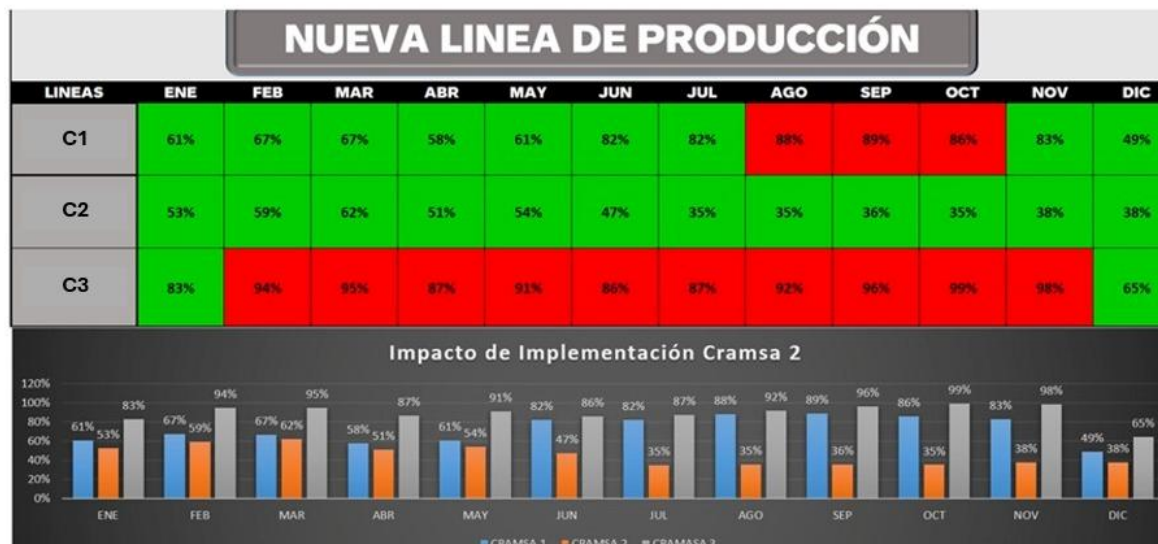
Productos a obtener

Objetivo	Actividad	Instrumento	Producto a Obtener
Identificar las variables críticas que afectan el porcentaje de ocupación en las líneas de producción de Colombina Conservas.	Recolectar datos operativos del año 2024 (unidades programadas, producidas, turnos, eficiencia).	Matriz de datos en Excel estructurada por línea; entrevistas a jefe de manufactura, supervisores y operarios.	Base de datos operativa depurada y caracterización de variables críticas.
Analizar la relación entre el porcentaje de ocupación y variables operativas como eficiencia global (EGP), paros no programados y capacidad instalada.	Aplicar entrevistas semiestructuradas y observación en planta.	Guía de entrevistas y bitácora de observación directa.	Análisis cualitativo y cuantitativo de las variables operativas.
Diseñar y construir una herramienta en Excel que automatice el cálculo del porcentaje de ocupación y	Modelar fórmulas y estructuras de entradas en Excel (eficiencia, velocidad, unidades, días, turnos).	Modelo lógico de cálculo en Excel.	Herramienta automatizada de análisis y simulación de ocupación.

Fuente: Elaboración propia en articulación con los objetivos específicos del trabajo de grado (2024).

Anexo 10: Evidencias de validación y aplicación de la herramienta en planta

BALANCEO DE VOLUMENES



Fuente: Registro de aplicación en planta y retroalimentación del jefe de manufactura, supervisores de CC Conservas y personal de Ingeniería industrial UCEVA (2024).