

Propuesta de optimización en los procesos de producción del laboratorio farmacéutico

Siegfried

Jorge Mario Plata Cadena

Ronal Alexander Rojas Parra

Asesor

José Laureano Cruz Cardozo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Especialización en Ciencia de Datos y Analítica

2025

Nota de Aceptación

José Laureano Cruz Cardozo

Director del trabajo de grado

Julio Eduardo Mejía Manzano

Jurado

Resumen

El proyecto desarrollado para el laboratorio farmacéutico Siegfried aborda el análisis de datos de la operación identificando la falta de eficiencia en la planificación de la producción y el mantenimiento preventivo de la maquinaria usada para la manufactura de productos farmacéuticos. En primer lugar, esta situación restringe la eficiente utilización de la capacidad instalada lo cual modifica los costos de producción. En segunda instancia, afecta la continuidad de los procesos productivos, puede ocasionar fallos en la maquinaria y repercutir en la calidad y productividad del laboratorio.

El objetivo principal de este estudio es diseñar un panel de control interactivo basado en el análisis de datos y herramientas de business intelligence que permita una mejora en el proceso de producción. La investigación se basa en estudios previos sobre las metodologías, que han demostrado ser efectivas para reducir costos en el ámbito farmacéutico, pero presentan vacíos respecto a su aplicación específica en laboratorios como Siegfried.

La metodología propuesta implica analizar el estado actual de los procesos operativos, así como, la transformación los datos para analizar el diseño del modelo de gestión tecnológica mediante indicadores de desempeño (KPI) y, por último, brindar algunas recomendaciones para la mejora de la eficiencia en la producción del laboratorio. Se espera que los resultados obtenidos a través de esta investigación ofrezcan una solución práctica, es decir, disminuyendo la cantidad de insumos perdidos, en un menor tiempo y con la mayor calidad posible para mejorar la competitividad y la rentabilidad del laboratorio, dejando abierta este análisis para que sea aplicable a otros laboratorios farmacéuticos que enfrenten desafíos similares.

Palabras claves: Optimización de procesos, análisis de datos, business intelligence, eficiencia, productividad.

Abstract

This project analyzes operational data to address inefficiencies in production planning and the preventive maintenance of pharmaceutical manufacturing machinery. These inefficiencies primarily restrict the effective utilization of installed capacity, thereby increasing production costs. Secondly, they disrupt production process continuity, potentially leading to machinery failures and negatively impacting the laboratory's quality and productivity.

The main objective of this study is to design an interactive control panel, leveraging data analysis and business intelligence tools, to enhance the production process. This research builds upon previous studies that have demonstrated the effectiveness of various methodologies in reducing pharmaceutical costs, while addressing their limitations in direct application to laboratories like Siegfried.

The proposed methodology involves: analyzing the current state of operational processes; transforming data to analyze the technological management model's design using key performance indicators (KPIs); and providing recommendations for improving the laboratory's production efficiency.

The expected results of this research include a practical solution for reducing lost inputs, minimizing production time, and maximizing product quality to improve the laboratory's competitiveness and profitability. Furthermore, this analysis is designed to be applicable to other pharmaceutical laboratories facing similar challenges.

Key words: Process optimization, data analysis, business intelligence, efficiency and productivity.

Tabla de Contenido

Introducción	8
Planteamiento del Problema.....	9
Sistematización del Problema.....	11
Justificación	12
Objetivos.....	14
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos	14
Marco de Referencia.....	15
Antecedentes y Teorías Relevantes	16
Metodología	18
Tipo de Estudio.....	19
Recolección de Datos	20
Resultados.....	22
Primer KPI de Resultado: Sobrecarga Operativa en Formas Farmacéuticas Sólidas.....	22
Segundo KPI de Resultado: Variabilidad en los Tiempos de Alistamiento	23
Tercer KPI de Resultado: Desbalance en el Uso de Áreas de Fabricación	24
Cuarto KPI de Resultado: Dependencia Crítica de Equipos	25
Quinto KPI de Resultado: Porcentaje de Satisfacción Operativa.....	26
Sexto KPI de Resultado: Comportamiento de Producción Total (Año, Mes, Etc)	27
Conclusiones.....	29
Recomendaciones	31
Referencias Bibliográficas	33

Lista de Tablas**Tabla 1** *Metodología para la Optimización de Procesos en el Laboratorio Farmacéutico**Siegfried* 19

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Cantidad de Órdenes por Tipo de Producto</i>	23
Figura 2 <i>Tiempos de Alistamiento de Materias Primas por Forma Farmacéutica (en días)</i>	24
Figura 3 <i>Cantidad de Órdenes por Área</i>	25
Figura 4 <i>Número de Órdenes por Equipo</i>	26
Figura 5 <i>Análisis de Satisfacción Operativa</i>	27
Figura 6 <i>Producción del Laboratorio Anualizado</i>	28

Introducción

La industria farmacéutica actual enfrenta el desafío de optimizar procesos, reducir costos y cumplir normativas de calidad. En este sentido, la eficiencia en la planificación de la producción y el mantenimiento preventivo de la maquinaria es crítica para la productividad, competitividad y rentabilidad de cualquier empresa del sector. De hecho, la ineficiencia en estas áreas puede causar retrasos en la entrega de medicamentos, aumentar costos de almacenamiento por exceso de producción e incluso disminuir la confianza del mercado por la inconsistencia en los tiempos de entrega. Por lo tanto, en un entorno que demanda respuesta rápida, la optimización de estos procesos es fundamental.

El laboratorio farmacéutico Siegfried ha identificado deficiencias en la planificación de su producción y mantenimiento preventivo, problema central de este estudio. Estas deficiencias causan interrupciones en la producción, fallos en equipos y el aumento de los costos operativos.

Ahora bien, este estudio propone diseñar un panel de control interactivo, basado en el análisis de datos y en herramientas de business intelligence, con el objetivo principal de mejorar la producción. La investigación parte de la premisa de que la ineficiencia en la planificación y el mantenimiento termina restringiendo la capacidad instalada, afectando los costos, la continuidad de las operaciones, la frecuencia de fallos en la maquinaria y por último, la calidad y la productividad del laboratorio. Para lograrlo, este estudio analiza el estado actual de los procesos, evalúa el modelo de gestión tecnológica mediante indicadores clave de rendimiento - KPIs y después, recomienda la adopción progresiva de dicho modelo. Se espera que los resultados ofrezcan una solución práctica para disminuir las pérdidas de materiales, reducir los tiempos de producción y garantizar la calidad de los productos farmacéuticos.

Planteamiento del Problema

En el laboratorio farmacéutico Siegfried, se ha identificado un problema relacionado con la falta de eficiencia en la planeación de producción y mantenimiento preventivo. Este problema se refleja en la falta de continuidad en los procesos productivos, lo que conduce a fallas repetitivas en la maquinaria, disminución de la productividad del personal y afectaciones a la calidad de los procesos. Además, la falta de una planificación adecuada limita el uso de la capacidad instalada y genera alteraciones en los costos de producción. (Zuluaga, 2020).

La importancia de investigar este problema radica en la necesidad de mejorar la competitividad del laboratorio farmacéutico en el mercado, cumplir con las regulaciones de precios de medicamentos y garantizar la calidad y eficiencia en la producción de productos farmacéuticos. (Médicos, 2019). La falta de una adecuada planeación afecta directamente la rentabilidad y la capacidad de mantenerse competitivo en el mercado.

Aunque se han implementado programas de planeación semanales basados en las necesidades comerciales y en el cumplimiento de la programación, estos no han logrado abordar de manera efectiva los desafíos operativos en la planta de producción. La literatura existente destaca la importancia de la planificación con la implementación de metodologías lean (Socconini, 2019), buscando la reducción de costos en la industria farmacéutica, pero aún existen vacíos en la investigación sobre la aplicación específica de estas metodologías en laboratorios farmacéuticos como Siegfried.

La presente investigación busca llenar estos espacios identificados en la literatura, proponiendo una mejora en la estructura de planeación de producción y procura extender la confiabilidad y salud de la maquina con acciones anticipadas a cualquier tipo de falla en el laboratorio farmacéutico. Se busca que esta investigación tenga un impacto significativo en el

campo de estudio al proporcionar una solución práctica y efectiva para mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos de producción en la industria farmacéutica. (Romero J., 2022). Además, se espera que los resultados obtenidos puedan ser aplicables a otros laboratorios farmacéuticos que enfrentan desafíos similares en su proceso de producción.

En el contexto actual, con la constante presión para reducir costos y mejorar la eficiencia en la industria farmacéutica, esta investigación es relevante y oportuna. Los principales beneficiarios de este estudio incluyen los laboratorios farmacéuticos, que podrá mejorar su competitividad y rentabilidad y los pacientes que se beneficiarán de productos farmacéuticos más accesibles y de mayor calidad, además de contribuir al avance del conocimiento en el campo de la producción en la industria farmacéutica. (Meyers, F., Stephens, M., & Brito, J., 2006).

Sistematización del Problema

Para comprender a profundidad la problemática identificada en el laboratorio farmacéutico Siegfried, se plantea la siguiente sistematización del problema a través de preguntas de investigación que guiarán el desarrollo del estudio:

¿Cómo la implementación de técnicas de business intelligence y machine learning puede optimizar los procesos de producción y mantenimiento preventivo?

¿Cuáles son las principales deficiencias en la planificación de la producción y el mantenimiento preventivo en el laboratorio farmacéutico Siegfried?

¿Qué indicadores pueden utilizarse para evaluar la efectividad del sistema de planificación basado en análisis de datos y business intelligence?

A través de estas preguntas, el estudio buscará analizar las causas y consecuencias de la problemática existente, así como proponer un modelo de mejora que permita optimizar los procesos productivos del laboratorio.

Justificación

El problema abordado en este proyecto de grado se centra en la mejora de la estructura de planeación de producción y mantenimiento preventivo del laboratorio farmacéutico Siegfried. Es importante investigar este problema porque la industria farmacéutica enfrenta constantes desafíos para mantenerse competitiva en el mercado, especialmente debido a la regulación de precios de medicamentos a nivel nacional. (Médicos S., 2019)

La eficiencia en la planificación de producción y mantenimiento es crucial para reducir costos, mejorar la capacidad instalada y garantizar la calidad de los productos farmacéuticos. En este espacio también se deben considerar indicadores como minimizar los costos de producción, la maquinaria necesaria para cumplir con el nivel de producción, así como evaluar el rendimiento y contar con un balance de las líneas de producción. (Sánchez D., 2021)

Las deficiencias identificadas en la literatura existente respecto a este tema se relacionan principalmente con la falta de aplicaciones específicas de metodologías lean manufacturing en la fabricación de medicamentos en laboratorios farmacéuticos. (Soconini, 2019). Aunque se han realizado estudios sobre planificación de producción y mantenimiento en otros sectores industriales, hay una falta de investigación enfocada en la industria farmacéutica y sus particularidades.

Se espera que esta investigación tenga un impacto significativo en el campo de estudio al proporcionar una solución práctica y efectiva para mejorar la eficiencia operativa en laboratorios farmacéuticos. Además, los resultados obtenidos pueden tener aplicabilidad más allá de la industria farmacéutica, beneficiando a otras empresas manufactureras que enfrentan desafíos similares en la planificación de producción y mantenimiento.

Realizar esta investigación en este momento es relevante porque la competitividad a la

que se enfrentada actualmente las empresas ha llevado a que los procesos de planeación se realicen basándose en los principios de la eficacia. (Zuluaga, 2020). La competitividad en la industria farmacéutica está en constante evolución y la optimización de procesos es clave para mantenerse a la vanguardia. Esta investigación puede contribuir al avance del conocimiento en el campo de la fabricación esbelta y la planificación de producción en la industria farmacéutica.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un panel de control interactivo utilizando el análisis de datos y herramientas de business intelligence para la optimización de los procesos de producción en el laboratorio farmacéutico Siegfried.

Objetivos Específicos

Analizar el estado actual de los procesos operativos en el laboratorio farmacéutico Siegfried, identificando las principales áreas de mejora mediante un diagnóstico basado en metodologías de análisis empresarial.

Evaluar la efectividad en el diseño del modelo de gestión tecnológica en los procesos operativos mediante indicadores de desempeño (KPI).

Realizar recomendaciones para la adopción progresiva del modelo de gestión tecnológica que garanticen su viabilidad y compatibilidad con la infraestructura existente.

Marco de Referencia

El presente estudio se fundamenta en una serie de conceptos clave y teorías relevantes que proporcionan el marco teórico para la investigación sobre la mejora de la planeación de la producción y el mantenimiento preventivo en el laboratorio farmacéutico Siegfried.

En este contexto, la planeación de la producción se entiende como un proceso esencial que implica la organización y optimización de los recursos y procesos productivos con el fin de satisfacer la demanda de productos de manera eficiente y efectiva. Su objetivo principal es asegurar que la fabricación se lleve a cabo en los tiempos estipulados, cumpliendo con los estándares de calidad y minimizando los costos operativos. Por su parte, el uso de herramientas de Business Intelligence (BI), juega un papel fundamental al proporcionar la tecnología necesaria para la recolección, integración, el análisis y la presentación de la información empresarial. A través de BI, se facilita la toma de decisiones informadas, al convertir los datos brutos en conocimiento accionable y relevante para la gestión (Turban et al., 2011), convirtiéndose en un aliado estratégico de la planeación de la producción, al permitir el monitoreo en tiempo real del desempeño, la identificación de tendencias y la generación de pronósticos precisos.

Por otro lado, el uso de modelos predictivos constituye otro instrumento esencial en este marco, ya que utilizan técnicas estadísticas para anticipar eventos futuros a partir del análisis de datos históricos. Su aplicación se extiende a la predicción de la demanda de productos, la identificación de posibles fallos en los equipos y la planificación proactiva del mantenimiento preventivo, lo que optimiza la asignación de recursos y reduce los tiempos de inactividad (Kotu & Deshpande, 2014). En este sentido, el mantenimiento preventivo, es definido como el conjunto de acciones planificadas y programadas para prevenir fallos en la maquinaria y asegurar su funcionamiento continuo, en este caso, al anticipar las necesidades de mantenimiento, se evitan

paradas no programadas, se prolonga la vida útil de los equipos y se garantiza la seguridad y confiabilidad de las operaciones (Mobley, 2002).

Finalmente, el aplicar la gestión de procesos aporta un enfoque sistemático para la reducción de desperdicios y la mejora de la eficiencia en los procesos de producción, los cuales centran su filosofía en maximizar el valor para el cliente, optimizando los flujos de trabajo, eliminando las actividades que no agregan valor y promoviendo la mejora continua en todos los niveles de la organización. Acá la información proporcionada por los sistemas de BI se convierte en un insumo fundamental para la implementación efectiva de la gestión de los procesos, al permitir la identificación de las fuentes de pérdida de recursos y la medición del impacto de las acciones de mejora.

Antecedentes y Teorías Relevantes

La optimización de la producción ha sido un tema de gran interés en la industria farmacéutica, donde la eficiencia y la calidad son factores críticos para la competitividad y la seguridad del paciente. Diversos estudios han resaltado la importancia de una planificación eficiente de la producción para garantizar la continuidad operativa y la calidad del producto. Investigaciones como las de Galvis G & Torrado M., (2016), demuestran que la implementación de sistemas de planificación que integran información de la demanda, la capacidad y los recursos, puede conducir a una reducción significativa de los tiempos de inactividad, un aumento de la productividad de las plantas y una optimización de los costos de producción.

De manera similar, la aplicación de modelos predictivos al mantenimiento preventivo ha sido explorada en la literatura, evidenciando su potencial para mejorar la confiabilidad de los equipos y disminuir los costos asociados al mantenimiento. El estudio de Huertas A. (2020) mostró que el uso de algoritmos de machine learning para predecir fallos en equipos críticos

permite reducir las fallas no planificadas, mejorar la eficiencia operativa y disminuir los costos de las reparaciones de emergencia, haciendo posible la anticipación de las necesidades de mantenimiento y la programación proactiva de las intervenciones, lo que optimiza la disponibilidad de los equipos y evita costosas interrupciones en la producción.

Así mismo, la integración de los principios de gestión de procesos en la producción farmacéutica también ha sido objeto de estudio, y los resultados evidencian su efectividad para reducir la pérdida de material y mejorar la eficiencia. El estudio de Vargas J., Muratalla G., Jiménez M. (2016) demostró que la gestión de procesos puede generar una reducción considerable en los costos operativos, así como mejoras en la eficiencia de la línea de producción, reducción en los tiempos del ciclo y un aumento en la calidad de los productos.

En conclusión, estudios previos han destacado la importancia de la planificación con la implementación de gestión de procesos para reducir costos (Socconini, 2019), pero se observa una falta de investigaciones que aborden estos enfoques de manera integral y en el contexto particular de laboratorios farmacéuticos como Siegfried, considerando sus características y desafíos específicos. Por lo que, la presente investigación busca contribuir mediante el desarrollo de un modelo que integre la gestión de procesos y el uso de herramientas BI con el fin de optimizar la planeación, la producción y el mantenimiento en el laboratorio Siegfried.

Metodología

Este proyecto se fundamenta en un enfoque aplicado y de investigación, dirigido a la mejora de la planificación de la producción y el mantenimiento en el laboratorio farmacéutico Siegfried. Para alcanzar este objetivo, se implementará un conjunto de estrategias que integran, en primer lugar, el análisis de la gestión de procesos y, en segundo lugar, el análisis de datos. A través de estas estrategias, se busca proporcionar herramientas de análisis que fortalezcan la toma de decisiones y, en última instancia, optimicen los procesos productivos del laboratorio.

El desarrollo de la metodología comprende varias actividades clave. Inicialmente, se llevará a cabo un Análisis Exploratorio de Datos (AED), este análisis implica la organización, limpieza y selección de los datos relevantes de producción, eliminando duplicados y corrigiendo posibles errores, para asegurar la calidad de la información, al unísono se aplicarán técnicas de análisis estadístico para identificar tendencias y anomalías presentes en los datos, lo que proporcionará una visión clara del comportamiento de los procesos y permitirá comprender en profundidad la estructura y las características de los datos disponibles y con ellos las áreas susceptibles de mejora.

Posteriormente, se procederá con el diseño de un panel de control destinado al análisis de datos y visualización de indicadores. Para ello, se creará un dashboard en Power BI, que facilitará el monitoreo del desempeño de la producción mediante el uso de Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs), los cuales suministrarán información detallada sobre los costos, los tiempos, las cantidades y en general permitirá conocer el estado de los procesos de gestión y producción lo que ayudara a mejorar la precisión y eficiencia a lo largo del tiempo en el laboratorio.

Finalmente, se abordarán recomendaciones para la optimización de la gestión de

procesos, etapa que implica el análisis de los indicadores de desempeño iniciales, la posible recopilación de nuevos datos por parte del personal involucrado en los procesos y la adopción de nuevos indicadores para realizar ajustes continuos en el proceso de gestión de producción, asegurando así la adaptación y la mejora en la eficiencia.

Tabla 1

Metodología para la Optimización de Procesos en el Laboratorio Farmacéutico Siegfried

Etapa	Descripción	Detalle proceso
Recolección Datos	Datos de operaciones del laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> - Registros de producción - Bases de datos de control de calidad - Históricos de mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria
Procesamiento de Datos	Etapas para preparar y analizar los datos recolectados.	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza y transformación de datos (detección y corrección de errores, tratamiento de valores atípicos) - Análisis exploratorio de datos (identificación de patrones y relaciones entre variables) - Generación de reportes y visualizaciones interactivas
Validación del Sistema	Revisión de efectividad del sistema de gestión de procesos	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoreo de los indicadores clave de desempeño (KPIs) para medir procesos - Identificación de oportunidades de mejora y adopción efectiva del sistema

Nota: Metodología para la Optimización de Procesos en el Laboratorio Farmacéutico Siegfried.

Tipo de Estudio

El presente estudio se clasifica como aplicado y descriptivo, dado que su propósito fundamental es el diseño de un sistema de gestión de procesos basado en datos, orientado a la

mejora de la eficiencia operativa en el laboratorio farmacéutico Siegfried. En este sentido, la investigación no solo busca describir la situación actual y los fenómenos que la caracterizan, sino también proponer una solución práctica y efectiva para optimizar los procesos productivos.

Adicionalmente, el estudio adopta un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recopilación y el análisis estadístico para cuantificar y medir las variables relevantes para la planificación de la producción y el mantenimiento, lo que proporciona una base objetiva para la toma de decisiones y la evaluación de los resultados obtenidos.

En términos metodológicos, la investigación se fundamenta en el análisis de datos históricos, lo cual permite identificar patrones, tendencias y áreas de oportunidad para la mejora. Asimismo, se aplica un conjunto de herramientas de análisis de datos y gestión de procesos, con el fin de generar una solución innovadora y que pueda ser replicable en otros contextos de la industria farmacéutica.

Recolección de Datos

Para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados, la recolección de datos se llevará a cabo a través de diversas fuentes y herramientas, siguiendo un proceso estructurado. En primer lugar, se recurrirá a fuentes de datos operativos internos del laboratorio Siegfried, incluyendo registros de producción y bases de datos de control de calidad, que proporcionan información detallada sobre el desempeño de los procesos productivos y la calidad de los productos. Asimismo, se utilizarán los históricos de mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria, que registran las intervenciones realizadas y los fallos ocurridos, lo que es esencial para el análisis de la confiabilidad de los equipos.

En segundo lugar, el procesamiento de los datos comprenderá varias etapas. Inicialmente, se realizará una limpieza y transformación de los datos para detectar y corregir errores, así como

para identificar y tratar valores atípicos, lo que garantizará la calidad de la información. Posteriormente, se llevará a cabo un análisis exploratorio de datos para identificar patrones y relaciones entre las variables, lo que proporcionará una comprensión más profunda de los procesos productivos. Posteriormente, se generarán reportes automatizados y visualizaciones interactivas, que facilitarán la comunicación de los resultados y la toma de decisiones.

Finalmente, se presentarán las recomendaciones de validación del sistema de gestión de procesos basado en el monitoreo de los indicadores clave de desempeño los cuales permiten medir el impacto de las mejoras implementadas y se identificarán oportunidades de mejora y adopción efectiva del sistema.

Resultados

Este capítulo presenta los hallazgos principales derivados del desarrollo y análisis de las bases de datos. El tratamiento y análisis estadístico de la información, junto con el diseño del dashboard, permitieron integrar y visualizar diversas dimensiones de los datos operativos del laboratorio farmacéutico Siegfried, correspondientes a un periodo 2020-2023.

Entre algunas de las visualizaciones desarrolladas se consideraron variables clave como la cantidad de toneladas producidas por forma farmacéutica, el número de órdenes de producción ejecutadas, los tiempos de alistamiento de materias primas, entre otros. Además, se realizó una segmentación por año, área de fabricación y tipo de producto, lo que facilitó una comprensión integral del comportamiento del sistema de producción del laboratorio en la actualidad.

El análisis de estas visualizaciones reveló seis hallazgos importantes que señalan problemas estructurales en la planeación y ejecución de la producción:

Primer KPI de Resultado: Sobrecarga Operativa en Formas Farmacéuticas Sólidas

De acuerdo con la ilustración 1, durante el periodo 2021–2023, las formas farmacéuticas sólidas en tabletas, tabletas hormonales y granulados concentran el 79% (2021) del total de órdenes procesadas según los registros analizados. Por lo que estas formas que lideran el volumen total producido representan una carga considerable en el uso de los recursos del laboratorio.

Es decir, el elevado número de órdenes incrementa los tiempos de uso de equipos específicos, exigiendo controles de calidad más frecuentes y una alta rotación de personal, esta dinámica eleva la complejidad operativa y plantea un riesgo latente de saturación, especialmente en periodos de alta demanda.

Figura 1

Cantidad de Órdenes por Tipo de Producto



Por lo tanto, a partir del análisis de los datos consolidados se observa una evidente disparidad entre la capacidad instalada de las líneas de producción y la carga efectiva generada por las órdenes de producción.

Segundo KPI de Resultado: Variabilidad en los Tiempos de Alistamiento

Se evidenció una alta variabilidad en el tiempo de alistamiento de materias primas particularmente, las tabletas registraron en 2022 un promedio de 22,6 días, que ascendió a 28,3 días en 2023, lo que representa un incremento del 25%, este alargamiento en el ciclo de alistamiento se traduce en una mayor demora en la salida de productos terminados, un uso intensivo de recursos (materias primas, servicios públicos, personal) y la potencial generación de retrasos en los cronogramas de otras líneas de producción. En consecuencia, estos datos sugieren una posible ineficiencia en los procesos logísticos internos.

También, en el caso específico de las cápsulas, el análisis reveló un deterioro progresivo en el tiempo promedio de alistamiento, es decir, para el año 2023, este indicador alcanzó los 26,51 días por orden, lo que representa una desmejora constante en comparación con los años anteriores, esto puede deberse a una combinación de factores interconectados, como una baja estandarización de los procedimientos, problemas recurrentes en la disponibilidad de insumos, y deficiencias de coordinación entre las áreas operativas. Cabe indicar que esta situación puede comprometer la capacidad de respuesta del laboratorio, resultando en ciclos de producción más extensos y en una reducción de la eficiencia global del sistema.

Figura 2

Tiempos de Alistamiento de Materias Primas por Forma Farmacéutica (en días)



Tercer KPI de Resultado: Desbalance en el Uso de Áreas de Fabricación

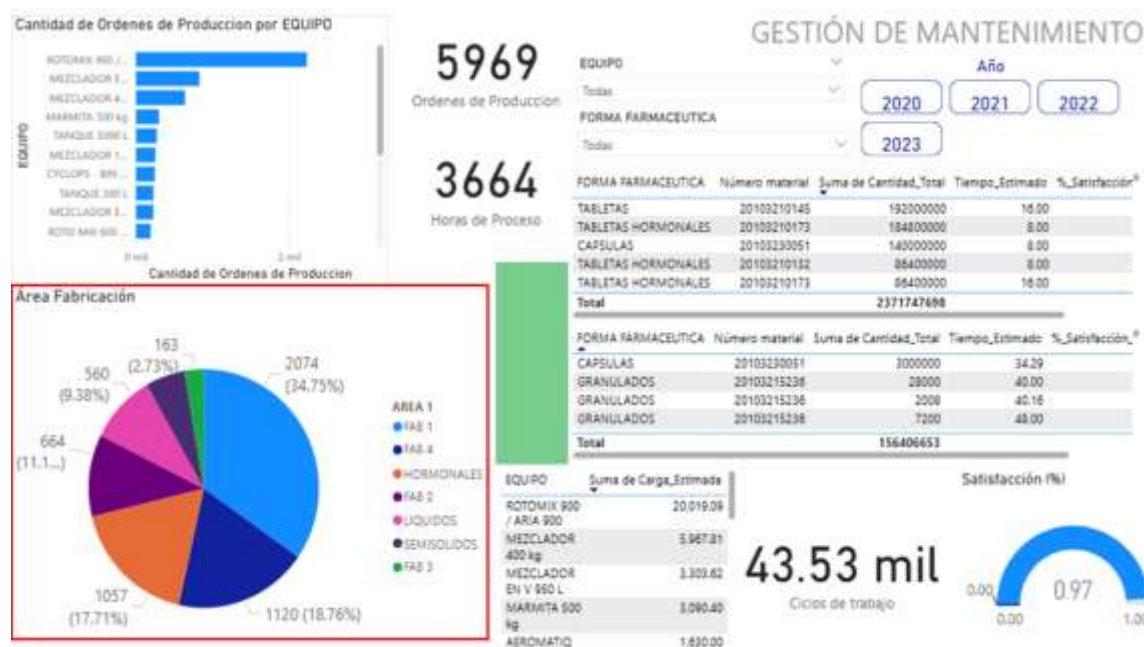
Con relación al análisis de órdenes por área, la ilustración 3 reveló un uso desproporcionado de los espacios de fabricación. FAB 1 procesó el 34.75% de todas las órdenes entre 2020 y 2023, mientras que áreas como FAB 3 y la de semisólidos tuvieron participaciones

muy bajas, del 2.73% y 5.55%, respectivamente.

Esta distribución evidencia una asignación ineficiente de recursos, con algunas áreas sobre demandadas y otras prácticamente inactivas. Lo anterior, muestra una falta de equilibrio que en algunos casos reduce y en otros casos alarga la vida útil de los equipos más usados, limitando en primer lugar, la capacidad de adaptación ante la ocurrencia de hechos imprevistos en alguna línea de producción y en segunda instancia, la inactividad de ciertas áreas conlleva un uso ineficiente de la inversión en infraestructura y desaprovecha la posibilidad de optimizar el flujo operativo mediante una redistribución inteligente de las órdenes.

Figura 3

Cantidad de Órdenes por Área



Cuarto KPI de Resultado: Dependencia Crítica de Equipos

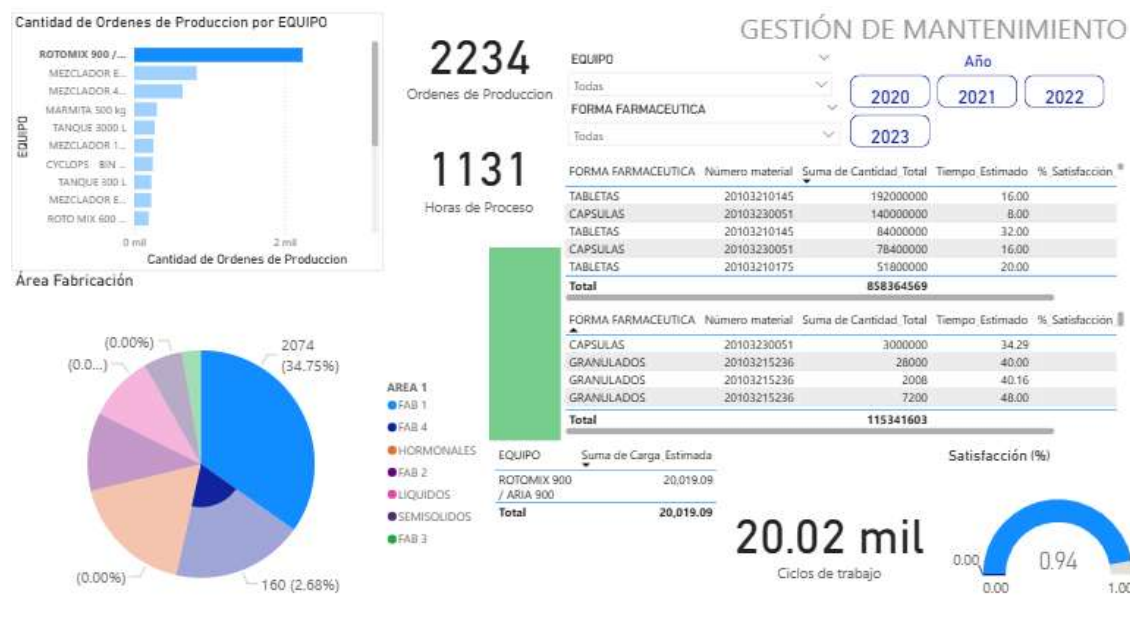
En este análisis, se examinaron las frecuencias de uso de la maquinaria, revelando una alta concentración operativa en equipos específicos. Destaca el ROTOMIX 900 / ARIA 900,

responsable 2.234 órdenes de producción es decir el 37.4% entre 2020 y 2023. Le siguen, aunque con una participación considerablemente menor, el Mezclador en V de 950 L y el Mezclador de 400 kg, con 830 y 642 órdenes respectivamente.

Es crucial señalar que, en conjunto, estos equipos procesan más del 60% del total de órdenes de producción del laboratorio. Una concentración tan alta en estos equipos, ante posibles fallas técnicas, mantenimientos prolongados o saturación por demanda puede poner en riesgo o comprometer la labor del área de producción y retardar la entrega de los productos finales, impactando negativamente la eficiencia operativa y la satisfacción de los clientes.

Figura 4

Número de Órdenes por Equipo



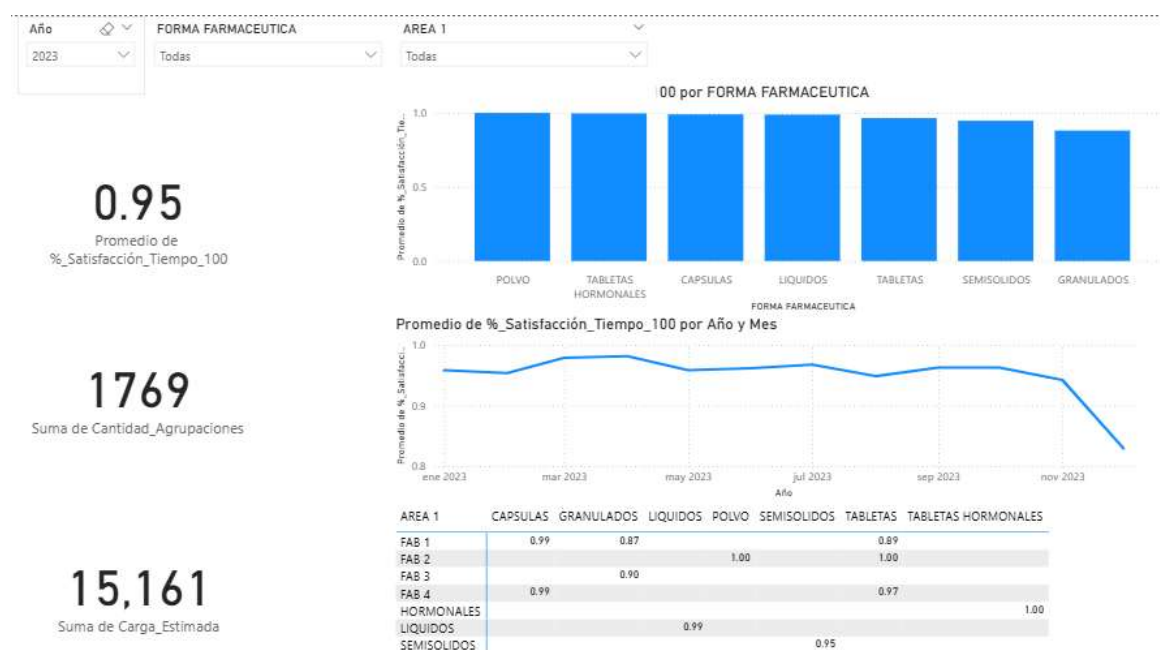
Quinto KPI de Resultado: Porcentaje de Satisfacción Operativa

El indicador de satisfacción promedio, aunque se mantuvo en valores altos, experimentó un descenso desde 98% en 2020 a 95% en 2023. Esta tendencia negativa sugiere un posible

deterioro en la percepción de la eficiencia, confiabilidad y capacidad de respuesta del sistema productivo. Igualmente, las puntuaciones más bajas en áreas con mayor carga, como por ejemplo en el área FAB 1 y FAB 3, respaldan la hipótesis de una afectación negativa del clima laboral y la percepción de desempeño debido a una sobrecarga operativa en estas líneas. Por lo tanto, el monitoreo continuo de este indicador resulta fundamental como una señal de alerta temprana para identificar posibles problemas en los equipos, en los cronogramas de producción o de algún tipo de desgaste organizacional.

Figura 5

Análisis de Satisfacción Operativa



Sexto KPI de Resultado: Comportamiento de Producción Total (Año, Mes, Etc)

La producción experimentó un notable aumento del 145% entre 2020 y 2022 con una producción de 265 toneladas y 651 toneladas respectivamente. Sin embargo, en 2023 se registró un descenso a 569 toneladas, lo que representa una reducción del 12.5%, esta caída, tras un

periodo de crecimiento sostenido, sugiere la presencia de cuellos de botella no resueltos, una adaptación deficiente a la demanda o limitaciones en la capacidad instalada. Si bien no descarta la influencia de factores externos del mercado, el impacto observado sugiere que la organización carece de una estructura lo suficientemente flexible para absorber fluctuaciones sin comprometer el volumen producido.

Figura 6

Producción del Laboratorio Anualizado



Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos y el análisis cruzado de datos históricos, visualizaciones e indicadores de desempeño, se presentan las siguientes conclusiones:

Los resultados obtenidos demuestran que las formas farmacéuticas en tabletas, tabletas hormonales y granulados absorben una mayor proporción de la carga operativa, gestionando el 79% de las órdenes totales, esta asimetría en la distribución de la demanda crea una disonancia frente a la capacidad de las líneas de producción que incrementa la complejidad de la operación y genera un riesgo latente de saturación, amenazando la eficiencia y la estabilidad productiva ante cualquier incremento de demanda o imprevisto durante la operación.

La planta evidencia ineficiencias logísticas debido a una variabilidad y aumento constante en los tiempos de alistamiento de algunas materias primas. El notable incremento del 25% para las tabletas es un claro ejemplo. Consecuentemente, esto causa retrasos en los tiempos de salida de los productos, un mayor uso de recursos y complicaciones en el cumplimiento de cronogramas, lo que subraya la urgencia de optimizar estos procesos logísticos internos.

El alistamiento de cápsulas es un claro indicador de profundos desafíos logísticos, con un tiempo promedio por orden que escaló desde los 16,28 días en 2022 a 26,51 días en 2023, representa un deterioro del 62.84% en solo un año, esto puede representar una baja en la estandarización de procedimientos, la disponibilidad irregular de insumos y la deficiente coordinación entre áreas, impactando directamente la capacidad del laboratorio para responder ante la demanda y reduciendo la eficiencia productiva general.

Los datos muestran una asignación heterogénea de la carga operativa entre las áreas de fabricación del laboratorio, en donde el área FAB 1 manejando el 34,75% de las órdenes y otras como FAB 3 2,73% y semisólidos 5,55% con una actividad mínima, muestran una ineficiencia

en el uso de la capacidad instalada, lo que no solo reduce la flexibilidad operativa, sino que también aumenta la vulnerabilidad a interrupciones no previstas. Lo anterior, implica un aprovechamiento deficiente de la inversión en infraestructura y demanda mejoras en los procesos de optimización estratégica de los flujos de trabajo.

El laboratorio presenta una dependencia excesiva en equipos específicos como el ROTOMIX 900 / ARIA 900 con 37.4% de las órdenes, además, de la concentración de más del 60% de la producción total en solo 3 dispositivos, situación que a la vista genera un riesgo crítico de saturación y atraso operativo ante cualquier falla de estos equipos, lo que afecta directamente la eficiencia y la capacidad de cumplir con las ordenes en concordancia con los tiempos definidos en los cronogramas.

El laboratorio ha experimentado un descenso gradual en la satisfacción operativa, pasando del 98% en 2020 al 95% en 2023, aunque sutil, la tendencia sugiere un deterioro en la percepción de eficiencia y confiabilidad del sistema productivo. La baja de puntuaciones en áreas como FAB 1 con un 94% y FAB 3 con el 90%, indican que la sobrecarga operativa está afectando el clima laboral y el desempeño percibido, por ello se hace necesario realizar un monitoreo continuo de la satisfacción operativa para anticipar problemas estructurales u organizacionales de la planta.

Los datos de producción total revelan la existencia de un patrón variable, por un lado, un incremento del 145% entre 2020-2022 (265 a 651 toneladas) que contrasta con una contracción del 12.5% en 2023 (hasta 569 toneladas). Este comportamiento muestra la existencia de restricciones en el flujo productivo lo que indica que la estructura del laboratorio no cuenta con una optimización estratégica para mantener la producción de volúmenes de manera estable frente a las fluctuaciones del mercado.

Recomendaciones

Con base en las conclusiones anteriores, se presentan las siguientes recomendaciones para continuar con la optimización de la producción en el laboratorio Siegfried:

Es crucial establecer y aplicar procedimientos operativos estandarizados para el alistamiento de materias primas, pues ayudaría al laboratorio a reducir la variabilidad, optimizar el uso de sus recursos y minimizar los retrasos, mejorando así la agilidad para cumplir con la demanda.

Para mejorar la eficiencia general, es fundamental reevaluar cómo se distribuye el trabajo entre las diferentes áreas de fabricación. Esto implica aliviar la carga de áreas sobre exigidas y aprovechar la capacidad de las áreas actualmente subutilizadas. Un balance más adecuado no solo prolongará la vida útil de los equipos, sino que también aumentará la flexibilidad operativa y la capacidad de respuesta de la planta.

El laboratorio debe desarrollar un plan para gestionar la dependencia en solo pocos equipos, es decir, continuar la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo por medio de las herramientas tecnológicas, así como asegurar la disponibilidad de repuestos esenciales. Al hacerlo, se mitigará el riesgo de interrupciones por fallas o mantenimientos prolongados garantizando la continuidad de la operación de la planta y la entrega oportuna de los productos terminados.

Avanzar encarecidamente con la integración de herramientas de Business Intelligence y establecer una actualización y monitoreo continuo de indicadores clave de desempeño, esto porque al recopilar y analizar datos de satisfacción operativa, de tiempos de alistamiento y uso de maquinaria, el laboratorio podrá identificar rápidamente anomalías, anticipar problemas de desgaste operativo u organizacional y tomar decisiones informadas y proactivas para una mejora

continua de las operaciones.

Link del video de sustentación: <https://youtu.be/T9vA7vrfJ-o>

Link de presentación Power Bi:

https://app.powerbi.com/links/c6Elio7S9Q?ctid=fc00547a-24bb-4e4f-9d61-73fca5eb9df3&pbi_source=linkShar

Referencias Bibliográficas

- Aguas L. (2023). *Diseño de un tablero de control de indicadores para el apoyo en el análisis de la información y toma de decisiones del frente cuantitativo del área de Inteligencia de Gestión Humana en Bancolombia*. Universidad de Antioquía.
https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/36343/1/AguasLeidy_2023_%20TableroControlIndicadores.pdf
- Castro S. (2024). *Técnicas de Machine Learning aplicadas en modelos de mantenimiento predictivo en empresas industriales*. Universidad Industrial de Santander
<https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/567f14fd-84f8-4960-8397-7956d9e15ed9/content>
- ECBTI (2016). Líneas de Investigación ECBTI Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. UNAD. <https://academia.unad.edu.co/investigacion-y-productividad-ecbti/lineas>
- Galvis G & Torrado M., (2016). *Propuesta de mejora de los procesos productivos para medianas empresas basado en las buenas prácticas del sector farmacéutico*. Universidad de la Salle.
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1485&context=maest_administracion
- Garriga A. (2015). *Introducción al análisis de datos: formulario y tablas*. UNED Universidad Nacional de Educación a Distancia.
<https://books.google.co.ve/books?id=qe6tGv4cnhsC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Han, J., Pei, J., & Kamber, M. (2011). *Data Mining: Concepts and Techniques (3rd ed)*. Amsterdam: Elsevier. Sabanci Üniversitesi.

<https://myweb.sabanciuniv.edu/rdehkharghani/files/2016/02/The-Morgan-Kaufmann-Series-in-Data-Management-Systems-Jiawei-Han-Micheline-Kamber-Jian-Pei-Data-Mining.-Concepts-and-Techniques-3rd-Edition-Morgan-Kaufmann-2011.pdf>

Hernández R., Mendoza C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Universidad Andina Simón Bolívar.

<http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>

Huertas A. (2020). *Algoritmos de aprendizaje supervisado utilizando datos de monitoreo de condiciones: Un estudio para el pronóstico de fallas en máquinas*. Universidad Santo Tomás.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/29886/2020alexanderhuertas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kaplan R., Norton D. (2000). *Cuadro de mando integral*. Universidad de Buenos Aires.

<https://administracionpersonal3.socials.uba.ar/wp-content/uploads/sites/23/2020/06/balance-scorecard-CAP-1-Y-2-NORTON-Y-KAPLAN.pdf>

Médicos, S. T. (2019). *Abecé regulación de precios medicamento*. Dirección de Medicamentos y Tecnologías en Salud.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/MET/abece-regulacion-precios-medicamentos.pdf>

Meyers, F., Stephens, M., & Brito, J. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Pearson Prentice Hall.

https://mixteacher.files.wordpress.com/2017/02/usma-diseno-de-instalaciones-de-manufactura-y-manejo-de-materiales-3e_meyers.pdf

Ozdemir, S. (2016). *Principles of Data Science*. PACKT Publishing.

<https://books.google.com.co/books?id=9NDcDgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Peset, F. & Millán L. (2017). *Ciencia abierta y gestión de datos de investigación (RDM)*. CORE.

<https://core.ac.uk/download/pdf/333872496.pdf>

Romero J. (2022). *Aplicación de machine learning en el mantenimiento predictivo industrial con herramientas de código abierto*. Universidad Tadeo.

<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/10108/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1>

Sánchez D. (2021). *Machine Learning para la detección automatizada de fallos*. Universidad

Complutense de Madrid. <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/f98e4b0c-31ec-4e2e-bd3d-ce39a83ee8d9/content>

Socconini, L. (2019). *Lean manufacturing. Paso a paso*. Editorial Norma:

<https://todoproyecto.files.wordpress.com/2020/08/lean-manufacturing-paso-a-paso-socconini-1ed.pdf-c2b7-version-1.pdf>

UNAD. (2013). Acuerdo 029 de 2013. Reglamento Estudiantil Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

https://sgeneral.unad.edu.co/images/documentos/consejoAcademico/acuerdos/2013/COAC_ACUE_029_20131213.pdf

UNAD. (2014). Acuerdo 006 del 28 de mayo de 2014. Reglamento Opciones de Grado

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Bogotá.

https://sgeneral.unad.edu.co/images/documentos/consejoAcademico/acuerdos/2014/COAC_ACUE_20140528_006.pdf

Vargas J. Muratalla G. Jiménez M. (2016, septiembre). *Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*. <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215049679011.pdf>

Womack & Jones. (1996). *Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Gestión 2000. <https://todoproyecto.wordpress.com/wp-content/uploads/2021/03/lean-thinking.pdf>

Zuluaga, C. (2020). Planeación de la producción. Universidad EAFIT
<https://repository.eafit.edu.co/items/35acaf32-a388-4597-a123-e51b16dd5f88>