PROPUESTA DE MEJORA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ALQUIMIA Y ASOCIADOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

Autores

John Edder Moreno Diaz

Julieth Natalia Pineda Rincón

Juan Camilo Reyes Sánchez

Universidad el Bosque

Facultad de Ingeniería

Especialización en Gerencia de Producción y Productividad

Bogotá, Colombia

Noviembre de 2024

PROPUESTA DE MEJORA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ALQUIMIA Y ASOCIADOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

Autores

John Edder Moreno Diaz

Julieth Natalia Pineda Rincón

Juan Camilo Reyes Sánchez

Tutor

Luis Fernando Ospina Granada

Especialista en Gerencia de producción y operaciones

Universidad el Bosque

Facultad de Ingeniería

Especialización en Gerencia de Producción y Productividad

Bogotá, Colombia

Noviembre de 2024

Agradecimientos y / o dedicatoria

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, agradecemos profundamente por guiar cada paso de este proceso y por brindarnos la oportunidad de alcanzar este logro.

A los profesores que compartieron generosamente su tiempo, conocimiento y experiencia, gracias por su dedicación y pasión por la enseñanza. Cada lección impartida no solo enriqueció nuestras mentes, sino también nuestro camino, dejando un crecimiento grande en nuestro desarrollo profesional y personal.

A nuestros compañeros, a quienes tuvimos el privilegio de conocer durante esta especialización, les agradecemos las vivencias compartidas, el apoyo mutuo y las valiosas perspectivas que cada uno aportó.

Finalmente, agradecemos por todo lo aprendido, no solo en términos académicos, sino también en el fortalecimiento de valores como la disciplina, la perseverancia y la humildad. Este proceso ha sido una experiencia transformadora que marca nuestro desarrollo profesional y personal.

A todos los que fueron parte de este viaje, nuestros más sinceros agradecimientos.

Resumen

La empresa “Alquimia y Asociados” se especializa en la elaboración de productos químicos, particularmente en tratamientos de agua para diversos equipos industriales. Estos equipos dependen en gran medida de un tratamiento químico adecuado para garantizar su funcionamiento continuo y eficiente. En este contexto, el presente trabajo se enfocó en realizar un diagnóstico exhaustivo del proceso productivo de la empresa con el objetivo de identificar áreas de mejora en la operación de la planta.

Para lograr este propósito, se implementó una metodología basada en los principios lean Manufacturing, que busca la eliminación de desperdicios y la mejora de procesos. Este enfoque permitió identificar los procesos que requerían mayor atención y mejoras. Asimismo, se desarrolló una herramienta cuantitativa para medir la productividad, lo que facilitó la generación de un análisis costo beneficio de la propuesta seleccionada.

El análisis de costo beneficio fue fundamental para evaluar la viabilidad de implementar la mejora propuesta en la empresa. Se consideraron tanto los costos directos como los beneficios esperados, evaluando que la modificación propuesta representar más beneficio que costo y genere un impacto positivo en los resultados operativos.

Finalmente, se presentó una propuesta detallada que argumenta los cambios propuestos y su potencial impacto en los resultados. Esta propuesta incluyó aspectos como la reducción de tiempos de producción, así como mejoras en las maquinas existentes. De esta manera, se buscó no solo mejorar la operación de la planta, sino también mejorar la respuesta de la empresa a la variabilidad de las ventas.

Palabras clave: Tratamientos Químicos; Lean Manufacturing; Medición de la Productividad; Tiempos de Fabricación; Análisis de Costo beneficio.

Abstract

The company 'Alquimia y Asociados' specializes in the production of chemical products, particularly in water treatments for various industrial equipment. These equipments rely heavily on appropriate chemical treatment to ensure their continuous and efficient operation. In this context, the present work focused on conducting a thorough diagnosis of the company's production process with the aim of identifying areas for improvement in the plant's operation.

To achieve this purpose, a methodology based on Lean Manufacturing principles was implemented, which seeks the elimination of waste and the enhancement of processes. This approach allowed the identification of processes that required more attention and improvement. Additionally, a quantitative tool was developed to measure productivity, facilitating a cost-benefit analysis of the selected proposal.

The cost-benefit analysis was fundamental in evaluating the feasibility of implementing the proposed improvement in the company. Both direct costs and expected benefits were considered, evaluating that the proposed modification would represent more benefit than cost and generate a positive impact on operational results.

Finally, a detailed proposal was presented, arguing the proposed changes and their potential impact on the results. This proposal included aspects such as the reduction of production times as well as improvements in the existing machines. In this way, the aim was not only to improve the plant's operation but also to enhance the company's response to sales variability.

Keywords: Chemical Treatments; Lean Manufacturing; Productivity Measurement; Manufacturing Times; Cost-Benefit Analysis

Contenido

Introducción 9
1. Planteamiento del problema 10
1.1. Identificación 11
1.2. Descripción 12
1.3. Pregunta de investigación 21
2. Justificación 21
3. Objetivos 22
3.1. Objetivo General 22
3.2. Objetivos específicos 22
4. Marco de referencia 23
4.1. Marco teórico 23
- **Marco Legal** 26
- **Estado del arte** 27
5. Metodología 31
6. Alcances y resultados 33
7. Resultados y discusión de los resultados 36
7.1. Desarrollo Objetivo 1. 36
- **Generalidades de la empresa** 36
- **Proceso Productivo** 37
- **Diagnóstico realizado en Alquimia y Asociados** 39
- **Diagnóstico de Gestión de inventarios** 39
- **Diagnóstico de Flujo de trabajo y logística interna** 45
- **Diagnóstico de Gestión de tiempo y programación de la producción** 49
- **Diagnóstico de Integración y automatización de sistemas** 56
7.2. Desarrollo Objetivo 2. 58
7.3. Desarrollo Objetivo 3. 68
8. Recomendaciones 73
9. Conclusiones 74
10. Referencias bibliográficas 76
Anexos 77

Lista de Figuras

Figura 1 Aporte de macro sectores al PIB entre los años 2005 – 2019 11
Figura 2 Ventajas y desafíos de los recursos humanos de Alquimia y Asociados 13
Figura 3 Tendencia de Ventas en Alquimia y Asociados 15
Figura 4 Variacion de la Productividad en Alquimia y Asociados en el 2024 18
Figura 5 Pareto de Productos Fabricados en el mes de Febrero del 2024 19
Figura 6 Espina de pescado.....20
Figura 7 Estructura Organizacional Alquimia y Asociados 36
Figura 8 Diagrama de Flujo del Proceso productivo Actual 38
Figura 9 Comparativo Entrada Vs Salida de Materia Prima 2023.....41
Figura 10 Costo de Insumos Vs Costos PT realies en el Mercado 2023 42
Figura 11 Comparativo Entrada Vs Salida de Materia Prima 2024.....43
Figura 12 Costo de Insumos Vs Costos PT reales en el Mercado 2024 44
Figura 13 Diagrama de Recorridos del Trayecto realizado para la fabricacion del producto.....47
Figura 14 Equipos Disponible ..…….. 51
Figura 15 Segmentacion de Productos por Tiempo de Produccion 54
Figura 16 Diagrama de Gantt.....55
Figura 17 Diagrama de las 5’s 58
Figura 18 Propuestas aplicadas al Diagrama de las 5´s.....59
Figura 19 Esquema Automatizacion propuesto 61
Figura 20 Diagrama de flujo del proceso automatizado 63
Figura 21 Comparativo Estimado de la Productividad 72

Lista de Tablas

Tabla 1 Productos fabricados por Alquimia y Asociados 14
Tabla 2 Producción de Alquimia y Asociados en los cuatro primeros meses del 2024 16
Tabla 3 Horas Hombre trabajadas primer cuatrimestre año 2024 17
Tabla 4 Productividad de Alquimia y Asociados en el 2024.....18
Tabla 5 Frecuencia acumulada por producto fabricado en febrero 2024 19
Tabla 6 Marco Legal 26
Tabla 7 Desarrollo de la metodología de investigación 32
Tabla 8 Diagnostico Gestion de Inventarios en Alquimia y Asociados.....40
Tabla 9 Diagnostico de Flujo de trabajo y Logistica Interna en Alquimia y Asociados 46
Tabla 10 Tiempos de Recorridos realizados en el proceso de Fabricacion de Productos 48
Tabla 11 Diagnostico Gestion de Tiempo y Programacion de la Produccion de Alquimia y Asociados 50
Tabla 12 Tiempos Promedio de Produccion.....53
Tabla 13 Diagnostico de Gestion de la Integracion y Automatizacion de Sistemas 56
Tabla 14 Asignacion de Nivel de Importancia 57
Tabla 15 Comparación Proceso Automatizado vs Proceso Actual……..62
Tabla 16 Fallas y mejoras del Proceso 65
Tabla 17 Costos de Implementacion 66
Tabla 18 Flujos de Caja 68
Tabla 19 Comparativos Tiempos de Fabricacion para producto Q463-12B Detexmul.....70
Tabla 20 Reduccion porcentual de los tiempos de produccion para producto Q463-12B Detexmul.....71
Tabla 21 Productividad obtenida al implementar las propuestas de Mejora 71

Lista de Ecuaciones

Ecuacion 1 17
Ecuacion 2 17
Ecuacion 3 48
Ecuacion 4 68
Ecuacion 5 69
Ecuacion 6 69
Ecuacion 7 70
Ecuacion 8 71

Introducción

La empresa Alquimia y Asociados enfrenta desafíos en su proceso productivo que afectan su capacidad para cumplir con los plazos de entrega y mantener una alta productividad en la fabricación de productos químicos para el tratamiento de aguas industriales y este estudio tiene como objetivo diseñar una propuesta de mejora para la línea de producción de Alquimia y Asociados mediante el análisis de procesos y variables clave, con el fin de mejorar la productividad. Para lograr esto, se emplean herramientas de análisis de procesos, como diagramas de flujo, análisis de información a nivel de ventas, materia prima, producción en lo referente a los años 2023 y 2024 y como resultado, se presenta una propuesta detallada de mejora que aborda los cuellos de botella identificados y las ineficiencias operativas.

El diagnóstico realizado reveló varios puntos críticos en el proceso productivo de Alquimia y Asociados. Se identificaron retrasos significativos en la etapa de mezclado de productos químicos, una gestión ineficiente del inventario de materias primas y una falta de coordinación entre los departamentos de producción y logística. Para abordar estos problemas, se utilizaron técnicas de mapeo de procesos y análisis de causa raíz. Los resultados del diagnóstico sirvieron como base para el desarrollo de la propuesta de mejora.

La propuesta de mejora se centra en la implementación de un sistema de planificación de la producción basado en la demanda, en donde se aplique la propuesta de mecanización de procesos de la planta para organizar el flujo de materiales, y la introducción de un sistema de gestión de inventarios just-in-time, es así como se propone la implementación de un programa de capacitación para mejorar las habilidades técnicas del personal de producción y para evaluar la viabilidad de estas propuestas, se realizó un análisis costo-beneficio.

Es importante señalar que Alquimia y Asociados, como pequeña y mediana empresa (PYME), representa un caso de estudio relevante para el sector químico colombiano y según datos del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, las PYMEs constituyen el 95.3% del tejido empresarial del país, por lo tanto, las mejoras propuestas en este documento pueden servir como guía para otras empresas del sector, demostrando cómo la aplicación de conceptos de la teoría de sistemas puede beneficiar a las pequeñas y medianas empresas. (Las Microempresas Fortalecen El Tejido Empresarial Colombiano | MINCIT - Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023).

1. Planteamiento del problema

Alquimia y Asociados, es una pequeña y mediana empresa (PYME) del sector químico colombiano, se especializa en la producción y comercialización de tratamientos químicos para industrias manufactureras y estos productos son esenciales para el mantenimiento de equipos industriales como calderas, bancos de hielo, torres de enfriamiento, y plantas de tratamiento de aguas residuales y potables (PTAR y PTAP) (Alquimia y Asociados, 2023).

El problema central que enfrenta la empresa es la ineficiencia en su proceso productivo, lo cual se manifiesta en dos aspectos principales:

- Variabilidad en la demanda: Según los registros de ventas de la empresa de los últimos 12 meses, la demanda de productos químicos fluctúa significativamente, con variaciones de hasta un 30% entre meses consecutivos (Informe de Ventas Alquimia y Asociados, 2023). Esta variabilidad se debe a que cada cliente tiene necesidades específicas que cambian mensualmente, dependiendo de factores como la estacionalidad de su producción y los mantenimientos programados de sus equipos.

- Ineficiencia en la gestión de recursos: Durante los picos de demanda, la empresa se ve obligada a incorporar personal adicional a la producción para cumplir con los requerimientos de los clientes, sin embargo, un estudio interno de tiempos y movimientos reveló que esta práctica es realizada por un solo trabajador, lo cual ocasiona que el control de los recursos sea mucho más lento e ineficiente. (Estudio de Productividad Alquimia y Asociados, 2023).

Estos problemas tienen un impacto directo en la productividad y rentabilidad de la empresa y de acuerdo con el informe financiero del último trimestre, los márgenes de beneficio se han reducido en un 10% debido a los costos adicionales generados por la ineficiencia en la gestión de la producción (Informe Financiero Alquimia y Asociados, 2023).

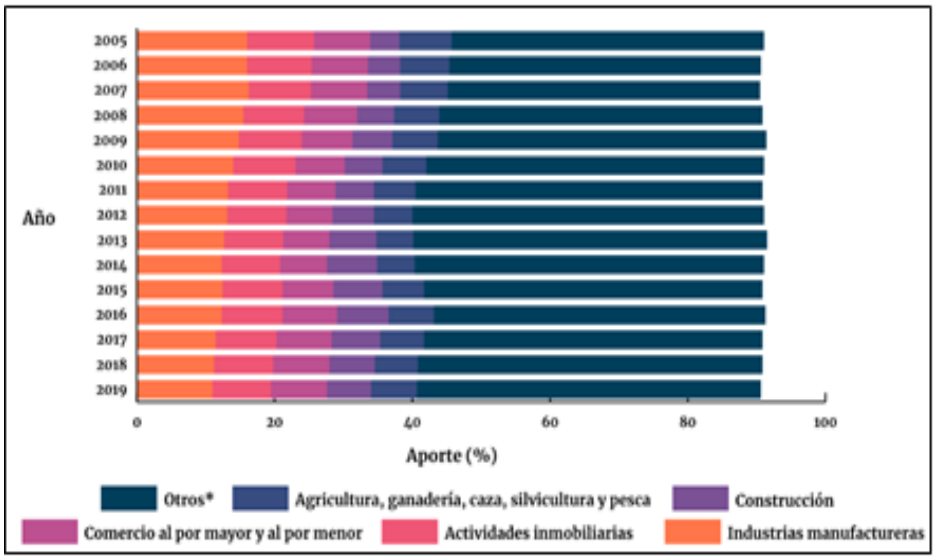
Por lo tanto, es esencial desarrollar una propuesta de mejora que aborde estos problemas, con el fin de mejorar el proceso productivo de la empresa para gestionar eficientemente la variabilidad de la demanda, mejorar el uso de los recursos y, en consecuencia, aumentar la productividad.

1.1. Identificación

El sector químico se define como una actividad industrial que transforma materias primas básicas en diversos productos químicos mediante la adición de ingredientes activos secundarios y este proceso resulta en la creación de productos como plaguicidas, abonos, desinfectantes y tratamientos para aguas industriales (Colombia Productiva, 2019).

Según el Consejo Profesional de Química Colombia (2019), basándose en datos del DANE, la industria manufacturera, junto con la ganadería y la agricultura, fueron los sectores que más contribuyeron al PIB colombiano en 2019. Estos sectores representan el principal campo de acción para la industria química y son fundamentales para la economía nacional.

Figura 1. Aporte de macro sectores al PIB entre los años 2005 – 2019



Fuente. Informe sector químico en la industria manufacturera colombiana. CPQCOL, pág. 9. 2005-2019

El sector químico industrial ha sido crucial para la revolución industrial y los avances sociales actuales y a nivel mundial, el tamaño del mercado del sector químico aumentó de $1,194.5 a $3,760.3 USD Billones entre 2000 y 2018, con un crecimiento proyectado del 2.5% para 2032 (Colombia Productiva, 2019).

En Colombia, el sector químico forma parte de un conglomerado de actividades económicas que aportan aproximadamente el 40% al PIB (Consejo Profesional de Química Colombia, 2023). El mercado nacional del sector químico creció de $3,30 COP Billones en 2000 a $24,17 COP Billones en 2018, con un crecimiento proyectado del 11.7%. Sin embargo, la producción interna aún no satisface la demanda nacional, lo que lleva a importar grandes cantidades de productos químicos (Colombia Productiva, 2019).

En cuanto al tejido empresarial del sector químico en Colombia, las ciudades con mayor número de establecimientos dedicados a la fabricación de productos químicos son:

1. Bogotá (45.79%)
2. Medellín (28.5%)
3. Cali (6.33%)

Estas mismas ciudades lideran en ventas de productos químicos:

1. Medellín (33.9%)
2. Bogotá (33.6%)
3. Cali (8.6%)
   (Colombia Productiva, 2019)

1.2. Descripción

En Alquimia y Asociados, se cuenta con las materias primas, los equipos necesarios y el personal calificado para el desarrollo de los procesos productivos. Cada producto tiene un listado específico de materias primas que forman parte de su formulación, y los equipos están acondicionados de acuerdo con los requisitos necesarios para su correcto uso y funcionamiento. En cuanto al personal, la empresa, dispone de una persona especializada en cada área clave del proceso productivo: una encargada de facturación y compras, otra responsable de la fabricación, empaque, cargue y despacho de los productos, y finalmente una encargada del control de producción y calidad del producto.

Para poder satisfacer las necesidades que la industria requiere en materia de tratamientos de agua, a continuación, se detalla de manera general los recursos con los que Alquimia y Asociados cuenta para el desarrollo de su proceso productivo, los productos con mayor rotación y, por último, el modelo de producción que se lleva a cabo en la empresa.

- **Recursos**

Recursos Humanos

La empresa opera con un equipo reducido, estratégicamente distribuido en las áreas clave del proceso productivo. Sin embargo, este proceso es llevado a cabo por solo dos personas: una responsable de las funciones estratégicas, logísticas y de control de calidad, y otra encargada de las operaciones, incluyendo el manejo de materias primas y equipos. Bajo estas condiciones operativas, la Figura 2 expone las ventajas y desafíos que surgen a partir de esta forma de trabajo.

Figura 2. Ventajas y desafíos de los recursos humanos de Alquimia y Asociados.

Fuente. Elaboración Propia

Recursos Materiales y Tecnológicos

Alquimia y Asociados mantiene un inventario cuidadosamente gestionado de materias primas de alta calidad, como espesantes, coagulantes, desinfectantes, oxidantes, entre otros; los cuales son esenciales para la formulación de sus productos; por lo tanto, la gestión de este inventario es crucial, dado que muchos de estos insumos pueden tener tiempos de entrega largos o estar sujetos a fluctuaciones de precio en el mercado internacional, ya que, estos en un 90% son materias primas importadas.

Por otra parte, como recurso tecnológico, la empresa utiliza el software de gestión integrado, *World Office 9.0.3*, que conecta las áreas de ventas, producción e inventario. No obstante, se ha identificado la necesidad de una actualización del sistema para mejorar la trazabilidad y la planificación de la producción, asimismo, se recomienda una capacitación más detallada para que tanto los empleados como la empresa puedan aprovechar mejor este recurso tecnológico.

- **Portafolio de productos**

El portafolio de productos de Alquimia y Asociados refleja una línea de mercado especializada en el tratamiento de aguas industriales, con productos clasificados por códigos cuyas especificaciones varían según las necesidades de cada cliente, dependiendo de las características de sus equipos. En términos generales, el objetivo principal de cada tratamiento es incrementar la eficiencia de los equipos, minimizando

las pérdidas por paradas de mantenimiento y alargar la vida útil de los mismos.

Los productos de la empresa, se distinguen por su grado de efectividad y enfoque en la eficiencia industrial, donde cada producto está diseñado no solo para tratar el agua, sino también para incrementar la eficiencia global de los equipos. Esto se logra de manera general, a través de formulaciones que previenen la formación de incrustaciones y corrosión, que mejoran los ciclos de mantenimiento de los equipos, y a su vez, extienden su vida útil. Asimismo, los productos se ajustan a las especificaciones únicas de cada cliente, considerando factores como, calidad del agua de entrada, tipo y capacidad de los equipos, y requisitos regulatorios específicos de la industria del cliente.

Para cumplir con estas especificaciones, los productos de Alquimia y Asociados se ofrecen en una variedad de presentaciones, desde unidades cuya capacidad es de 4 Kg, 20kg, 24 kg, 26kg y 27kg hasta isotanques de una capacidad de 1300kg, adaptándose a las necesidades de almacenamiento y uso de cada cliente. Por otra parte, cada producto viene respaldado por; certificados de calidad que detallan las especificaciones del lote, fichas técnicas con información sobre aplicación y dosificación, hojas de seguridad (MSDS) que cumplen con normas internacionales, y soporte técnico continuo para la mejora del uso del producto.

A continuación, en la Tabla 1, se describen de manera general los principales productos que ofrece la empresa.

Tabla 1. Productos fabricados por Alquimia y Asociados

LÍNEA DE TRATAMIENTOS	EQUIPOS EN LOS QUE SE EMPLEA	LÍNEA DE PRODUCTOS	CÓDIGO DE REFERENCIA
AGUA DE CALDERAS	CALDERAS	SECUESTRANTE DE OXIGENO	Q263-01
		POLÍMEROS ANTIINCRUSTANTES	Q263-10
		TRATAMIENTO COMPLETO SISTEMAS ABIERTOS MULTIPROPÓSITO	Q263-04
AGUA DE ENFRIAMIENTO	RADIADORES, CONDENSADORES Y BANCOS DE HIELO	AYUDANTE DE OXIDACIÓN MICROBIANA	Q363-05
		TRATAMIENTO COMPLETO SISTEMAS ABIERTOS	Q363-03 Q363-08
		BACTERICIDA, VIRICIDA Y FUNGICIDA	Q363-09
LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN INDUSTRIAL	HOMOGENEIZADORAS, TUBERÍAS, TANQUES Y SUPERFICIES	DESENGRASANTE INDUSTRIAL MULTIUSOS	Q463-12B (DETEXMUL)
		BACTERICIDA TENSOACTIVO	Q463-22 (BACTEN)
AGUA RESIDUAL Y POTABILIZACIÓN	PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL Y AGUA POTABLE	COAGULANTES	Q701
			Q702
			Q704
			Q763-02
			Q763-04
		AYUDANTES DE OXIDACIÓN MICROBIANA	Q763-01
		FLOCULANTES ANIÓNICOS Y CATIÓNICOS	Q763-08
			Q763-09
			Q763-15

Fuente. Elaboración propia con Información de Alquimia y asociados.

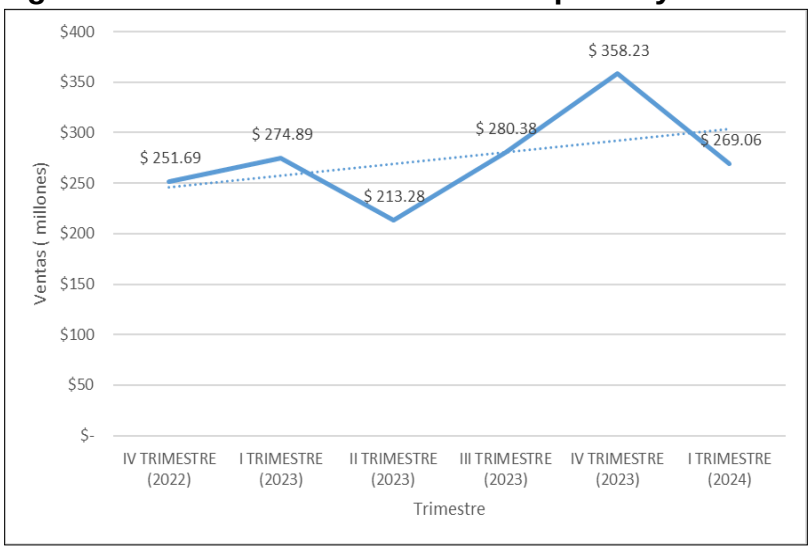
El análisis de estos recursos revela una infraestructura bien pensada pero que trabaja casi al tope de su capacidad. Esto plantea la necesidad de una estrategia de mejora o expansión a mediano plazo para sostener el crecimiento de la empresa. Situación que se evidencia en el uso limitado de recursos, tanto humanos como tecnológicos, lo que restringe la capacidad operativa, pese a la amplia variedad de productos que ofrece la empresa.

- **Proceso Productivo**

El modelo de producción de Alquimia y Asociados es de tipo Make To Order (MTO), el cual está basado exclusivamente en la demanda que los clientes manifiesten bajo una solicitud expresa y formalizada en una orden de compra. A partir de este modelo de producción, la empresa cuenta con flexibilidad para fabricar por lotes los productos solicitados y a su vez, permite tener un mínimo de inventario de productos terminados, reduciendo costos de almacenamiento y el riesgo de obsolescencia de productos. Sin embargo, este tipo de modelo resulta en tiempos de entrega más largos comparados con un modelo de producción para stock, lo que requiere una planificación cuidadosa y una comunicación clara con los clientes; de igual manera, necesita mantener suficiente inventario de materias primas para responder rápidamente a los pedidos y no sobrecargar el almacén, y finalmente, requiere un sistema ágil de planificación para manejar eficientemente múltiples órdenes con diferentes especificaciones.

Con el fin de obtener un análisis detallado de la productividad que presenta actualmente Alquimia y Asociados usando este tipo de modelo de producción, en primer lugar, se desarrolló la Figura 3, en la cual, se muestra la tendencia de las ventas realizadas por la empresa desde el cuarto trimestre del 2022 hasta el primer trimestre del 2024 obtenidas mediante el software contable y financiero *World Office 9.0.3* (Ver Anexo 1).

Figura 3. Tendencia de ventas en Alquimia y Asociados



Fuente: Autores con información de Alquimia y Asociados.

En la Figura 3, se puede observar la tendencia y variabilidad de las ventas reportadas en el año 2022 hasta el 2024; en los cuales, a pesar de presentar un incremento en las ventas, se observan picos entre el segundo y cuarto trimestre del año 2023, proporcionando de esta manera *insights* valiosos sobre los patrones de demanda que enfrenta Alquimia y Asociados. De esta manera, al obtener la Figura 3, se logra observar una fluctuación estacional en la demanda, con picos típicamente en el segundo y cuarto trimestre de cada año. Esto podría estar relacionado con los ciclos de mantenimiento y producción de las industrias clientes, pero, a pesar de las fluctuaciones, se aprecia una tendencia general de crecimiento en las ventas, lo que sugiere una expansión del mercado o un aumento en la cuota de mercado de la empresa. Sin embargo, este tipo de demanda observado en la Figura 3, muestra una variabilidad significativa entre trimestres, lo que representa desafíos para la planificación de la producción y la gestión de recursos bajo el modelo MTO, identificando períodos de demanda inusualmente alta o baja que podrían estar relacionados con eventos económicos o regulatorios en las industrias cliente.

Adicionalmente, se realizó una recopilación de las cantidades en kilogramos de productos fabricados durante los primeros cuatro meses del año 2024, con el fin de totalizar los kilogramos de producción mensual segmentados por producto, como se muestra en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2. Producción de Alquimia y Asociados en los cuatros primeros meses del 2024

CODIGO DE REFERENCIA	NOMBRE DEL PRODUCTO	PRODUCCIÓN (Kg/mes)			
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
Q263-01	CALDEROX	150	150	200	675
Q263-04	CALDEROXAN A	0	27	0	0
Q263-10	CALDERAN P	156	312	338	334
Q363-03	ENFRIOXAN A	0	50	50	0
Q363-05	ANTICORROX N	0	25	50	0
Q363-08	ENFRIOXAN	0	100	50	50
Q363-09	MICROBIOX	0	22	66	44
Q463-12B	DETEXMUL	2040	1632	2448	2856
Q463-22	BACTEN	264	198	66	136
Q601	BIOBAC AR	60	0	60	0
Q602	NUTRIOR AR	4	0	0	4
Q701	MICROXI	650	650	750	750
Q702	COAGULANTE CATIONICO	7950	15950	12050	14525
Q704	AYUCOLAC	0	350	0	225
Q709	FLOCAN	75	150	75	75
Q763-01	MICROXI	104	52	0	104
Q763-02	COAGULAC	0	594	594	459
Q736-03	ACUACLAR	108	0	0	27
Q763-04	AYUCOLAC	100	0	25	100
Q763-08	FLOCULAC	0	350	200	225
Q763-13	COAGUFLOC A	0	136	351	243
Q763-15	COAGUFLOC-C	0	432	432	486
XUAXINOREX	XUAXINOREX	0	20	0	20
TOTAL		11661	21200	17805	21338

Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

Posteriormente, dado que, la empresa no cuenta con un sistema establecido para medir la productividad, se decidió llevar a cabo esta medición basada en la metodología propuesta por Chase, Jacobs y Aquilano (2009), la cual, define que la productividad es una media relativa y se expresa como la relación entre entrada y salida, expresada por la siguiente Ecuación 1.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} \qquad [\textbf{Ecuacion 1}]$$

Tomando la Ecuación 1 y los kilogramos totales obtenidos de productos fabricados registrados en la Tabla 2, se tiene en cuenta que para este caso, la salida, se refiere al volumen (kg) de productos vendidos al mes, mientras que la entrada se refiere a las horas hombre, considerando los días laborados de cada mes, junto con el número de empleados dedicados a la producción en esos períodos, para ello, en primer lugar, se calculó el total de horas/hombres disponibles mensualmente, aunque inicialmente se consideraron nueve horas diarias laborales y un trabajador, para los meses de febrero en adelante, fue necesario incorporar el apoyo de una segunda persona en el área de fabricación y empaque debido a la alta demanda de pedidos registrada durante esos periodos, lo cual refleja la necesidad de una planificación cuidadosa de la producción para mantener una capacidad constante.

Para llevar a cabo este cálculo, se hizo uso de la siguiente Ecuación 2, y de esta manera se obtuvieron los siguientes resultados registrados en la Tabla 3.

$$\text{Horas trabajadas al mes} = \text{Dias mes} \times \text{HDias laboradas} \times \text{N°de trabajadores} \quad [\text{Ecuacion 2}]$$

Tabla 3. Horas/hombre trabajadas primer cuatrimestre año 2024.

DIAS LABORALES / MES			
ENERO	**FEBRERO**	**MARZO**	**ABRIL**
17	21	16	22
HORAS TRABAJADAS TOTALES / MES			
ENERO	**FEBRERO**	**MARZO**	**ABRIL**
153	378	288	396

Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

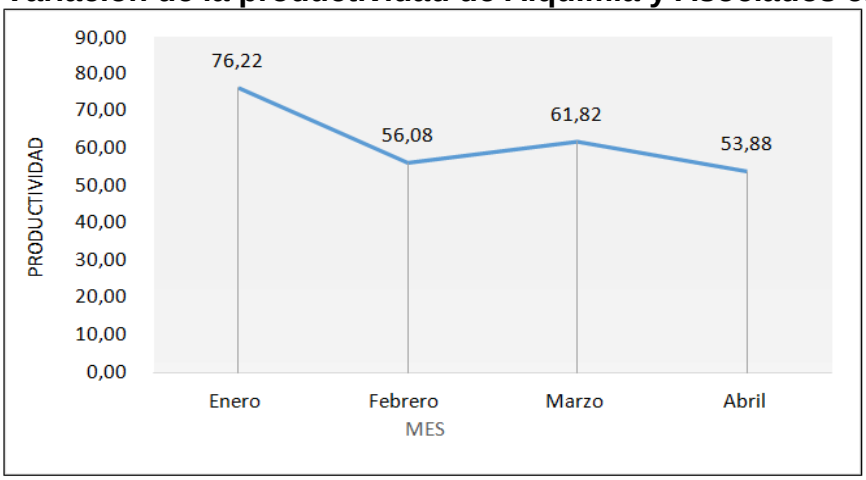
Posteriormente, utilizando los resultados obtenidos en la Tabla 3, en la que se logra observar un aumento significativo en las horas/hombre trabajadas a partir de febrero, pasando de 153 horas en enero a 378 horas en febrero. Esto se debe a la incorporación de un segundo trabajador en el área de fabricación y empaque, lo cual indica, una respuesta proactiva a la creciente demanda y una posible necesidad de aumentar la capacidad productiva de la empresa de forma permanente. Con estos resultados, se procede a calcular la productividad para los primeros cuatro meses del 2024, empleando los kilogramos totales de productos producidos como la salida y las horas/hombre trabajadas por mes como la entrada. De este modo, se obtienen valores concretos que reflejan la eficiencia y el rendimiento de la línea de producción en cada período analizado para el 2024. Como se evidencia en la siguiente Tabla 4 y Grafica 2.

Tabla 4. Productividad de Alquimia y Asociados en el 2024.

PRODUCTIVIDAD			
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
76,22	56,08	61,82	53,88

Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

Figura 4. Variación de la productividad de Alquimia y Asociados en el 2024



Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

En la Figura 4, se logra evidenciar una disminución notable de la productividad, este análisis de productividad, combinado con el análisis de demanda, proporciona una base sólida para la toma de decisiones estratégicas en Alquimia y Asociados, y a su vez, revela la necesidad de un enfoque que balancee la flexibilidad requerida por el modelo MTO con la eficiencia necesaria para manejar las fluctuaciones de demanda y mantener costos competitivos; conscientes de esta tendencia, es crucial identificar los productos específicos que están contribuyendo a esta disminución para establecer estrategias efectivas hacia la mejora de los tiempos de fabricación. Para lograr esto, se elaboró un diagrama de Pareto, a partir de los datos de producción reportados en los cuatro primeros meses del 2024, con los cuales, se construyó los respectivos diagramas para cada uno de los meses señalados; sin embargo por cuestiones prácticas en esta parte, solo se muestra el diagrama de Pareto que corresponde al mes de febrero, los demás diagramas de Pareto para los siguientes meses se encuentran en el Anexo 2, que contrasta el total producido del mes con las cantidades fabricadas de cada producto; como se muestra en la Tabla 5 y el Figura 5. Esto permite identificar con precisión los productos que muestran un mayor impacto en la producción global de la empresa.

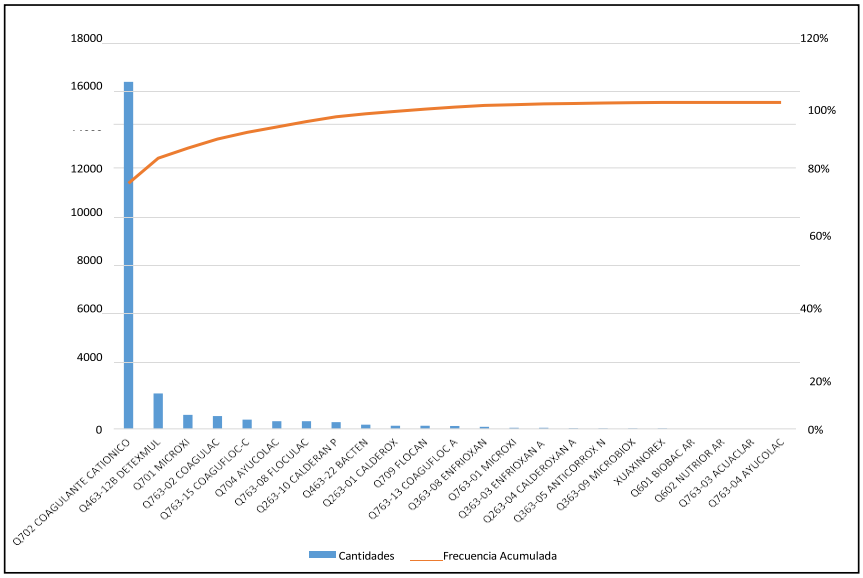
Tabla 5. Frecuencia acumulada por producto fabricado en febrero 2024

FEBRERO 2024				
CODIGO DE REFERENCIA	NOMBRE DEL PRODUCTO	PRODUCCIÓN (Kg/mes)	% PRODUCTOS	FRECUENCIA
Q702	COAGULANTE CATIONICO	15950	75%	75%
Q463-12B	DETEXMUL	1632	8%	83%
Q701	MICROXI	650	3%	86%
Q763-02	COAGULAC	594	3%	89%
Q763-15	COAGUFLOC-C	432	2%	91%
Q704	AYUCOLAC	350	2%	92%
Q763-08	FLOCULAC	350	2%	94%
Q263-10	CALDERAN P	312	1%	96%
Q463-22	BACTEN	198	1%	97%
Q263-01	CALDEROX	150	1%	97%
Q709	FLOCAN	150	1%	98%
Q763-13	COAGUFLOC A	136	1%	99%
Q363-08	ENFRIOXAN	100	0%	99%
Q763-01	MICROXI	52	0%	99%
Q763-03	ENFRIOXAN A	50	0%	100%
Q263-04	CALDEROXAN A	27	0%	100%
Q363-05	ANTICORROX N	25	0%	100%
Q363-09	MICROBIOX	22	0%	100%
XUAXINOREX	XUAXINOREX	20	0%	100%
Q601	BIOBAC AR	0	0%	100%
Q602	NUTRIOR AR	0	0%	100%
Q763-03	ACUACLAR	0	0%	100%
Q763-04	AYUCOLAC	0	0%	100%
TOTALES		21200	100%	

Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

Figura 5. Pareto de productos fabricados en el mes de febrero del 2024.

.



Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

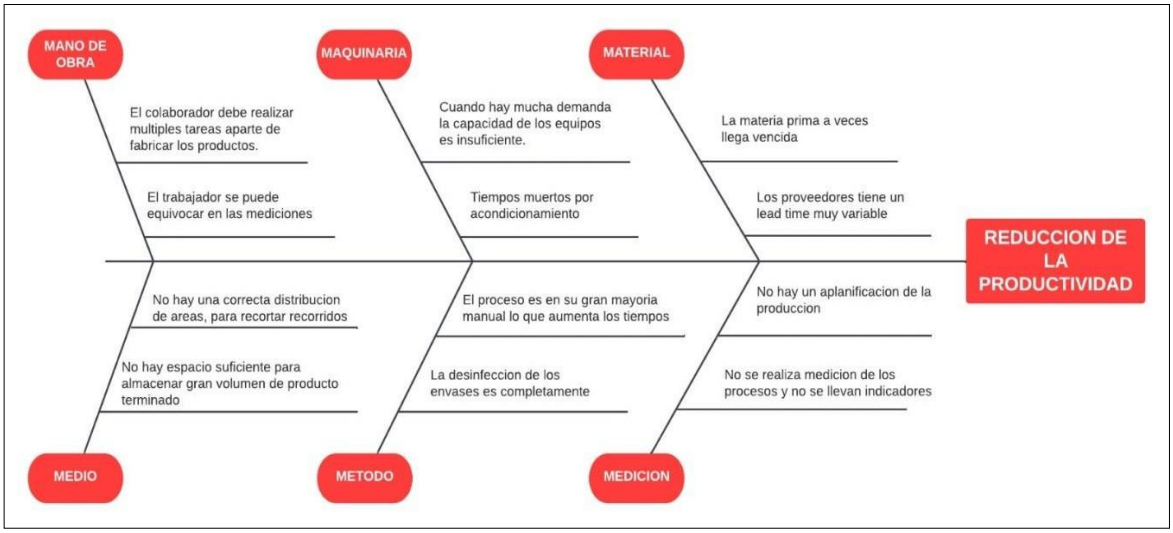
Con base en los resultados obtenidos en la Tabla 5 y los demás diagramas de Pareto, se observa una significativa variabilidad en la producción de varios productos a lo largo de los cuatro meses. Esto podría indicar presencia de fluctuaciones en la demanda de los clientes, además de posibles desafíos en la planificación de la producción y potenciales problemas en la gestión del inventario de materias primas.

Por otra parte, algunos productos muestran una producción consistente y elevada, como: el Q463-12B (Detexmul), con una producción mensual promedio de 2,244Kg y el Q702 (Coagulante Catiónico), con una producción mensual promedio de 12,618.75 Kg; los cuales, podrían considerarse como “productos estrella” y podrían beneficiarse de estrategias de mejora de producción. De igual manera, productos como el Q263-01 (Calderox), muestran una tendencia creciente de producción aumentando de 150 Kg en enero a 675 Kg en abril, lo cual, podría indicar un aumento en la demanda o posibles pedidos estacionales.

Para los meses con producción nula de ciertos productos, se podría indicar que, existe una perfecta alineación con la demanda (producción justo a tiempo), al igual que, también podrían existir posibles retrasos en la satisfacción de pedidos y un potencial de pérdida de ventas si la demanda existe, pero no pudo ser satisfecha.

Posteriormente, una vez identificado, que el planteamiento del problema es la reducción de la productividad en la empresa, se realizó un diagrama de espina de pescado, el cual, proviene del ingeniero japonés Kaoru Ishikawa, que desarrolló el método en la década de 1960, con el fin de identificar las posibles causas que están generando un mal funcionamiento dentro de la línea de producción de Alquimia y Asociados. Como se evidencia en la siguiente Figura 6.

Figura 6. Espina de pescado



Fuente. Autores con Información Kaoru Ishikawa.

Finalmente, a partir de este enfoque fue posible obtener una visión más clara y precisa del rendimiento productivo que presenta la empresa, proporcionando una base sólida para identificar las áreas de mejora, ya que, el análisis de productividad y demanda revelaron oportunidades significativas para mejorar este proceso clave, teniendo en cuenta los recursos limitados con lo que cuenta la empresa. Esto facilita el desarrollo de estrategias efectivas que permitan mejorar la productividad en la línea de producción de Alquimia y Asociados, además de tomar decisiones sobre posibles inversiones en nuevos equipos, contratación de personal adicional o modificaciones en la planificación de la producción, que serán cruciales para el monitoreo y mejora continua del desempeño de la empresa a mediano plazo.

1.3. Pregunta de investigación

¿Qué estrategias y cambios específicos en la línea de producción pueden implementarse en Alquimia y Asociados para mejorar la productividad?

2. Justificación

El presente trabajo propone una estrategia para mejorar la productividad de Alquimia y Asociados, una empresa del sector químico colombiano que ha experimentado una disminución en su rendimiento durante los primeros meses de 2024, por lo que este proyecto busca mejorar los procesos productivos para reducir tiempos de fabricación, mejorar la capacidad de respuesta ante la demanda fluctuante y lograr un impacto positivo en múltiples aspectos

Desde el punto de vista económico, la mejora en la productividad permitirá reducir costos operativos, aumentar la competitividad y los márgenes de rentabilidad, estabilizando los costos que han aumentado un 15% durante los periodos de alta demanda, en donde de acuerdo con el impacto social, la mejora beneficiará a empleados y a la comunidad, proporcionando mayor estabilidad laboral y potencial de generación de empleo a largo plazo.

Desde la perspectiva legal, una mejor gestión de la producción ayudará a cumplir plazos de entrega, reduciendo riesgos de incumplimientos contractuales y posibles sanciones, además de facilitar el cumplimiento de normativas de calidad y seguridad laboral y es así como la propuesta también tiene una justificación ambiental, ya que la mayor eficiencia en los procesos reducirá el desperdicio de materias primas y recursos energéticos, minimizando la huella ecológica de la empresa en línea con las tendencias de sostenibilidad.

Finalmente, desde una perspectiva personal, este proyecto representa una oportunidad para aplicar conocimientos en gestión de procesos productivos y mejora continua, contribuyendo al crecimiento profesional en áreas como planificación estratégica y gestión de operaciones en la industria química y este enfoque integral busca generar beneficios en productividad, economía, sociedad, legalidad y medio ambiente, alineándose con los objetivos de crecimiento y sostenibilidad de Alquimia y Asociados.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Proponer un plan de mejora para la línea de producción de Alquimia y Asociados, con el fin de aumentar la productividad.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de los procesos de producción en Alquimia y Asociados, identificando y midiendo las variables que pueden afectar la productividad.
- Proponer acciones y procesos de mejora, adaptados al diagnóstico previamente realizado, con el fin de incrementar la productividad en la línea de producción.
- Realizar una evaluación de costo-beneficio para la propuesta generada.

4. Marco de referencia

4.1. Marco teórico

I. Análisis de procesos

El análisis de procesos es una metodología fundamental para comprender y mejorar las operaciones en una organización y es así como autores como Dumas et al. (2018), el análisis de procesos implica "la identificación, documentación, análisis y diseño de los flujos de trabajo y procesos dentro de una organización" (p. 15). Este enfoque permite a las empresas visualizar sus operaciones de manera holística, identificando cuellos de botella, redundancias y oportunidades de mejora.

Una herramienta clave en el análisis de procesos es el mapeo de procesos, en donde Vom Brocke y Rosemann (2015), señalan que "el mapeo de procesos proporciona una representación visual de las actividades, flujos de información y decisiones que componen un proceso de negocio" (p. 107). Esta visualización facilita la identificación de áreas problemáticas y la comunicación entre los diferentes stakeholders del proceso.

II. Técnicas de mejora de procesos

La mejora continua de procesos es esencial para mantener la competitividad en el entorno empresarial actual y entre las técnicas más utilizadas se encuentran:

a) Lean Manufacturing: Originada en el sistema de producción de Toyota, esta metodología se enfoca en eliminar desperdicios y maximizar el valor para el cliente. Womack y Jones (2003) definen Lean como "un modo de pensar que se centra en hacer más con menos... mientras se acerca más a lo que los clientes realmente quieren" (p. 15).

b) Six Sigma: Esta metodología busca reducir la variabilidad en los procesos para minimizar defectos. Según Pyzdek y Keller (2018), "Six Sigma es una implementación rigurosa, enfocada y altamente efectiva de principios y técnicas de calidad probados" (p. 3).

c) Kaizen: Es una filosofía japonesa de mejora continua. Imai (2012) describe Kaizen como "mejoramiento continuo que involucra a todos, gerentes y trabajadores por igual" (p. 3).

III. Productividad y su medición

La productividad es un indicador crucial del desempeño organizacional, por lo que Prokopenko (2009), define la productividad como "la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla" (p. 3).

La medición de la productividad puede realizarse a través de diversos métodos:

a) Productividad Total de los Factores (PTF): Syverson (2011), describe la PTF como "la porción del output que no puede ser explicada por la cantidad de inputs utilizados en la producción" (p. 329).

b) Productividad Laboral: Mide el output por unidad de trabajo. Según la OECD (2021), "la productividad laboral se define como el PIB real por hora trabajada" (p. 12).

c) OEE (Overall Equipment Effectiveness): Nakajima (1988), introdujo este concepto como una medida integral de la productividad en entornos de manufactura, considerando la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de los equipos.

La medición precisa de la productividad es esencial para identificar áreas de mejora y evaluar el impacto de las intervenciones en los procesos y como señalan Sena et al. (2021), "la medición de la productividad proporciona información crucial para la toma de decisiones estratégicas y operativas en las organizaciones" (p. 1423).

IV. Diagrama de Recorridos

El diagrama de recorridos es una herramienta ampliamente utilizada en ingeniería industrial que permite analizar e identificar de manera visual los movimientos dentro de una planta de producción, así como la frecuencia, distancias y tiempos de desplazamiento. Aunque se utiliza principalmente para mejorar los flujos de materiales, también es aplicable al flujo de personas, ya que ayuda a cuantificar los movimientos entre estaciones de trabajo. Esto facilita la gestión de los desplazamientos, contribuyendo a la reducción de distancias y frecuencias. Entre sus elementos clave se encuentran:

a) Puntos de inicio y fin: Indican el origen y el destino de los recursos o personas.
b) Áreas o estaciones: Representan las ubicaciones o etapas en el proceso.
c) Líneas de recorrido: Muestran cómo se mueven los materiales o personas entre las diferentes áreas.

V. Estudio de Métodos

El estudio de métodos es una herramienta de análisis y evaluación que, a través de KPIs predeterminados, combina análisis cuantitativos y les asigna un nivel de importancia jerárquico, determinado según criterios específicos. Mediante esta jerarquización y el análisis cualitativo, permite identificar áreas de mejora dentro de la organización y señalar los sectores en los que se deben enfocar los esfuerzos.

Generalmente el estudio de métodos permite realizar diagnósticos de procesos para luego promediar puntajes y seleccionar los procesos más críticos para generar propuestas de mejora. Los estudios de métodos por lo general combinan herramientas como diagramas de flujo estudios de tiempo, Diagramas de recorrido y diagramas de Pareto y Gantt.

VI. ROY y TIR

El ROI (Retorno de la Inversión) es una métrica que se utiliza para evaluar qué tan rentable es una inversión en un proyecto. Siempre se expresa en porcentaje y sirve para determinar si el beneficio esperado es suficientemente atractivo para la empresa.

Para calcular el ROI primero se debe restar la inversión contemplada, a la ganancia esperada y luego dividir el resultado en el mismo valor de inversión utilizado.

Si al aplicar la fórmula el resultado es un porcentaje positivo, significa que el proyecto generará un beneficio para la empresa. Por el contrario, si el porcentaje es negativo, indica que la propuesta no aportará ningún beneficio y no sería rentable.

Por otro lado, la TIR (Tasa Interna de Retorno) es un indicador que permite evaluar la rentabilidad de una inversión. Se calcula a partir de los flujos de caja generados por dicha inversión y se expresa en porcentaje. La TIR representa la tasa de rendimiento que iguala el valor presente de los flujos de caja proyectados con la inversión inicial.

El cálculo de la TIR es crucial para la toma de decisiones, ya que permite determinar la viabilidad y conveniencia de realizar una inversión y también incluye el tiempo en el cual se espera realizar la implementación de alguna propuesta.

- **Marco Legal**

El marco legal que regula la fabricación y gestión de productos químicos en Colombia, incluyendo los tratamientos para aguas industriales, está compuesto por un conjunto de normas y políticas diseñadas para garantizar la seguridad, la salud pública y la protección del medio ambiente, este marco normativo abarca desde decretos gubernamentales hasta políticas nacionales y adopciones de estándares internacionales.

Su objetivo principal es establecer directrices claras para el manejo responsable de sustancias químicas a lo largo de todo su ciclo de vida, desde su producción hasta su disposición final y las regulaciones aquí presentadas reflejan el compromiso de Colombia con la gestión segura de productos químicos, la prevención de riesgos asociados a su uso, y la promoción de prácticas industriales sostenibles. A continuación, se detalla una tabla que resume las principales normativas que conforman este marco legal, proporcionando una visión general de las regulaciones más relevantes en este ámbito.

Tabla 6. Marco Legal Fuente. Elaboración propia

Normativa	Descripción	Referencia
Decreto 1076 de 2015 y su adición con el Decreto 1630 de 2021	Regula la gestión integral de las sustancias químicas de uso industrial, incluida la gestión del riesgo. Establece disposiciones para el uso seguro de las sustancias químicas a lo largo de su ciclo de vida.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Decreto 1630 de 2021. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=173745
Ley 1340 de 2009	Faculta a la Superintendencia de Industria y Comercio para realizar la abogacía de la competencia y evaluar proyectos de regulación estatal, asegurando que no impongan restricciones indebidas al libre comercio.	Congreso de Colombia. (2009). Ley 1340 de 2009. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1340_2009.html
Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA)	Colombia adopta las normas del SGA de la ONU para la clasificación y la comunicación de peligros de los productos químicos.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Implementación del SGA en Colombia. https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/implementacion-del-sga-en-colombia/
Política de Gestión del Riesgo Asociado al Uso de Sustancias Químicas (CONPES 3868 de 2016)	Establece los elementos técnicos y normativos para la gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas de uso industrial. Incluye la prevención de accidentes mayores y el desarrollo de capacidades institucionales.	Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2016). CONPES 3868. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3868.pdf
Resolución 0773 de 2021	Define las acciones que deben desarrollar los empleadores para la aplicación del SGA en los lugares de trabajo donde se usen productos químicos.	Ministerio del Trabajo. (2021). Resolución 0773 de 2021. https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/61442826/0773.PDF
Decreto 1496 de 2018	Adopta el SGA de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad química.	Ministerio del Trabajo. (2018). Decreto 1496 de 2018. https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/59676/DECRETO+1496+DEL+06+DE+AGOSTO+DE+2018.pdf

- **Estado del arte**

La mejora de la productividad industrial es crucial para mejorar recursos económicos, logísticos y humanos, y alcanzar mejores resultados en los objetivos empresariales, en el estudio de Vargas y Camero (2021), titulado "Aplicación del Lean Manufacturing (5S y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera", se analiza la baja productividad de adhesivos acuosos mediante la estrategia de Lean Manufacturing.

Inicialmente, la productividad era de 2.8 Kg/h, pero después de implementar las 5S, aumentó a 4.03 Kg/h y la metodología Kaizen redujo los tiempos de producción de 20:15 a 17:09 horas, disminuyendo el tiempo total en 3 horas y 6 minutos, por lo que factores como la organización, transporte de personal y limpieza fueron claves para este incremento.

El proyecto "Productividad industrial del agua en México: análisis de eficiencia para ocho sectores" (Martínez y Gutiérrez, 2014) busca mejorar el abastecimiento de agua en el Ingenio Carmelita S.A. mediante la Dinámica de Sistemas. Se identificó la pérdida de agua condensada como el principal problema y se utilizó un Diagrama de Pareto para analizar y visualizar la importancia de esta pérdida.

La Dinámica de Sistemas permitió comprender las interacciones entre variables y simular el sistema con el fin de proponer mejoras, por lo que una de las soluciones fue la incorporación de un nuevo tanque de almacenamiento y expertos validaron el modelo mediante encuestas, confirmando su aceptación y ajuste a la realidad.

Autores como Lozano y Ávila (2018), en su trabajo de grado titulado “Rediseño del sistema de producción en una empresa productora y distribuidora de productos químicos”, realiza un exhaustivo diagnóstico tanto del sistema de producción como del sistema estratégico, se ha identificado que fortalecer la flexibilidad en el proceso y mejorar tanto la eficacia como la eficiencia en la producción son aspectos críticos para la empresa, estos hallazgos proporcionan una base para desarrollar estrategias específicas que permitan alcanzar niveles más altos de rendimiento.

El tratamiento del agua potable es esencial para prevenir enfermedades, el estudio de Velásquez (2021), titulado "Plan de mejoramiento continuo para el proceso de tratamiento de agua potable de la PTAP Bellavista en Arbeláez, Cundinamarca", aplicó las 5S de Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia de la planta.

Inicialmente, se realizó un diagnóstico a través de entrevistas, encuestas y observaciones para identificar desperdicios y evaluar la implementación de las 5S y luego, se analizaron estadísticamente los resultados para identificar puntos fuertes y débiles, y se compararon con guías y normativas internacionales.

El estudio identificó 12 áreas clave de mejora, abordadas mediante manuales de buenas prácticas y el plan busca reducir desperdicios, costos y superar las barreras del personal, asegurando el cumplimiento de las 5S y estableciendo estándares para una mejora continua en el proceso de tratamiento de agua.

La integración de principios de ecodiseño en el desarrollo de productos químicos y procesos permite minimizar la generación de residuos y el consumo de recursos y la adopción de estrategias de economía circular, como el reciclaje y la reutilización de materiales, contribuye a reducir el impacto ambiental y aumentar la eficiencia económica. El estudio titulado “Ranking financiero: herramienta financiera para medir la productividad de las empresas de comercialización de energía eléctrica” Díaz (2018) se centra en la evaluación del proceso de impermeabilización de tres estructuras del sector minero.

La tesis propone criterios basados en Lean Construction para mejorar la productividad en la gestión del Alcance, Tiempo y Costo. Se desarrolla un plan de ejecución que registra las actividades críticas, seguido de un control y análisis de las primeras semanas, el objetivo es mejorar los procesos, para lo cual se realiza un análisis de las limitaciones identificadas y se implementan acciones para mejorar la productividad.

La aplicación del Lean Construction en los tres proyectos indica que el enfoque del concepto Lean está principalmente dirigido hacia el análisis y la mejora de la productividad y un aspecto crítico para lograr la mejora de procesos es la identificación y análisis de restricciones. En los tres casos, se llevó a cabo un análisis por partida crítica para identificar las deficiencias y las oportunidades de mejora (Díaz, 2018).

Según Rodríguez y Llanos (2023), realizaron un estudio titulado "Plan de mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del corregimiento de Chambimbal - San Antonio, municipio de Guadalajara de Buga" y el problema principal era el malestar social por los intensos olores y la baja calidad del agua tratada, que causaba contaminación en la quebrada de presidente.

La propuesta se enfocó en mejorar y rediseñar la PTAR para abordar estas deficiencias desde perspectivas social y ambiental, mediante un diagnóstico situacional, visitas de campo y observación directa, se identificaron problemas en los procesos y tratamientos. Se realizaron cálculos de pérdida de carga y capacidad de caudal, y se propuso un plan de mejora para reducir la contaminación y aumentar la eficiencia de la planta.

El rediseño de la PTAR busca aumentar la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia, reduciendo el uso de los recursos y reduciendo costos operativos, mejorando así la sostenibilidad del proceso, por lo que al aumentar la capacidad y flexibilidad permite manejar mayores volúmenes de aguas residuales, contribuyendo a un mejor rendimiento y cumplimiento normativo.

En las últimas décadas, mejorar la productividad en las industrias químicas se ha convertido en una prioridad, especialmente en el tratamiento y gestión del agua y con el aumento de la población y la demanda de recursos naturales, mejorar los procesos industriales para conservar el suministro de agua es crucial.

Por lo que Ortiz (2020), realizó el estudio "Análisis de Productividad en Actividades de Construcción: PTAR CHIA II", enfocándose en tres actividades específicas del proyecto para evaluar su desempeño y fases críticas, la descripción detallada de las actividades de construcción ayuda a los trabajadores a entender mejor los procedimientos, destacando la importancia de la planificación previa. Desarrollar estrategias efectivas para mejorar la productividad no solo es esencial para la eficiencia operativa, sino también para la sostenibilidad ambiental y la seguridad del suministro de agua potable.

De acuerdo con Aquino y Barrientos (2022), realizan el estudio “Propuesta de mejoramiento integral para el tratamiento y uso de aguas residuales para reducir la contaminación proveniente de PTAR “EL PEDREGAL”, CHINCHA” con el objetivo de identificar los problemas de la PTAR, uno de los principales desafíos que enfrenta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) radica en su incapacidad actual para captar la cantidad de agua necesaria, lo que resulta insuficiente dada la demanda recibida. "El Pedregal" abastece a cuatro distritos de Chincha y proporciona agua tratada para riego a una parte del distrito de Chincha Alta.

El proyecto se llevó a cabo mediante la evaluación técnica, económica y ambiental de diversas alternativas propuestas para mejorar la calidad del agua y reducir la contaminación y se descartaron propuestas menos factibles y se eligió como principal propuesta el Plan de Gestión Integrado, que se complementó con otras propuestas aceptadas para presentar una solución innovadora al problema planteado en la PTAR El Pedregal en Chincha. Los cultivos cercanos reciben riego con agua saliente proveniente de la PTAR "El Pedregal". Los residentes que viven en las proximidades corren el riesgo de contraer infecciones al entrar en contacto con el agua que contiene desechos fisiológicos.

Y en la empresa SEMAPACH S.A. enfrenta problemas de recursos para mantener las lagunas de oxidación y construir canales adecuados para el transporte de aguas residuales, el canal "L1 La Floresta" se deteriora debido al transporte de agua residual con residuos sólidos, y la PTAR carece de infraestructura eficiente, lo que provoca contaminación del suelo (Aquino y Barrientos, 2022).

Según Aquino y Barrientos (2012), muchas industrias dependen del agua y generan aguas residuales sin tratamiento adecuado y proponen la bioaumentación, que introduce bacterias para eliminar componentes químicos y purificar el agua más rápidamente. La efectividad varía según el nivel de contaminación: bacterias locales para baja contaminación y bacterias mejoradas genéticamente para alta contaminación.

Para aumentar la productividad, sugieren la automatización de procesos de tratamiento, sistemas de control automático y monitoreo en tiempo real, y capacitación continua del personal y Raper y Soares (2017), destacan la importancia de remover contaminantes constantemente, monitorear de cerca el sistema y controlar el proceso para mantener una operación estable y cumplir con los límites de emisión. Es asi como Estellés (2021), publicó el estudio "Proyecto de mejora de la productividad de una línea de producción en una empresa del sector químico", este estudio identificó las líneas de

producción que más afectaban los resultados y se centró en una de ellas para implementar mejoras basadas en la filosofía Lean.

Tras un análisis exhaustivo, se aplicaron mejoras para aumentar la flexibilidad y eficiencia de la línea de envasado, eliminando desperdicios y asegurando la seguridad del personal y la satisfacción del cliente y las conclusiones del proyecto mostraron una reducción en accidentes, quejas de clientes por fugas y errores de codificación, disminución de no conformidades internas y diferencias en inventario debido a mermas no contabilizadas.

5. Metodología

El enfoque metodológico adoptado para la mejora de la línea de producción en "Alquimia y Asociados" se basa en una integración de análisis cualitativo y cuantitativo, lo cual permite una visión holística del estado actual de la producción y las áreas de mejora. A continuación, se detalla cómo se estructuró este proceso.

1. Análisis de datos cuantitativos

Los datos cuantitativos utilizados en el presente trabajo se obtuvieron del software contable y financiero *World Office 9.0.3*, el cual es empleado por la empresa para registrar y gestionar su inventario, costos, y otros aspectos financieros. Las métricas clave utilizadas incluyen:

- Rotación de inventarios: Para entender el flujo de materias primas y su impacto en la productividad.
- Entradas y salidas de inventario por mes: Para medir la eficiencia en el uso de recursos y detectar cuellos de botella.

Estos datos fueron validados dentro del software y posteriormente se realizó un análisis detallado, permitiendo identificar las variaciones en la demanda y problemas asociados con los niveles de inventario, como sobrestock o desabastecimiento.

2. Análisis de datos cualitativos

Los datos cualitativos se recopilaron a través de dos enfoques:

- **Observaciones directas en planta:** Se realizó un seguimiento detallado de las operaciones en la planta de producción de Alquimia y Asociados, ubicada en la localidad de Barrios Unidos, Bogotá. Esto permitió obtener información clave sobre la gestión del inventario, los flujos de trabajo y los posibles problemas operativos que no son evidentes en los datos cuantitativos.

- **Entrevistas con los empleados:** Se llevaron a cabo entrevistas con los 6 empleados de la compañía, quienes proporcionaron una visión interna del funcionamiento de la línea de producción, identificando desafíos como la falta de recursos, tiempos de inactividad, y problemas de coordinación entre las áreas de producción y logística. Estas entrevistas ayudaron a comprender mejor los factores humanos y organizacionales que influyen en la productividad.

Tabla 7. Desarrollo de la metodología de investigación

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	DESCRIPCION	DURACION	RESULTADOS ESPERADOS
Diagnosticar la línea de producción de Alquimia y asociados para identificar los factores que afectan la productividad.	Recolección de tiempos de fabricación de los productos	Recolectar y analizar tiempos, movimientos y actividades involucradas en la fabricación de los productos para realizar un diagnóstico detallado.	3 SEMANAS	Un diagnóstico preciso que refleje la realidad actual de la línea de producción.
	Análisis de procesos actuales	Evaluar los procesos actuales para identificar ineficiencias y áreas de mejora.	1 SEMANA	Identificación de áreas críticas y oportunidades de mejora.
Proponer acciones y procesos de mejora, adaptados al diagnóstico previamente realizado, con el objetivo de mejorar la productividad en la línea de producción.	Proponer una redistribución de las áreas de trabajo	Rediseñar la distribución de la planta para minimizar los tiempos de desplazamiento y alistamiento.	2 SEMANAS	Propuesta de distribución que reduzca desplazamientos innecesarios.
	Proponer mejoras físicas a las maquinas o herramientas utilizadas dentro del proceso productivo	Basado en el diagnóstico, sugerir mejoras o actualizaciones a máquinas y herramientas para maximizar su eficiencia.	2 SEMANAS	Alternativa de mejora para equipos y herramientas, incluyendo potenciales actualizaciones o compras nuevas.
	Evaluación entre las diferentes alternativas	Comparar las propuestas generadas para seleccionar la más viable y efectiva.	2 SEMANAS	Selección de la propuesta más viable y fácilmente implementable.
Realizar una evaluación de costo beneficio para la propuesta generada.	Identificar Costos directos e indirectos	Calcular los costos de implementación en términos de personal, materiales, equipos y administrativos.	2 SEMANAS	Evaluación detallada de costos basada en datos concretos.
	Identificar Beneficios tangibles e intangibles	Estimar los ingresos económicos y beneficios adicionales esperados con la nueva propuesta.	2 SEMANAS	Proyección clara de beneficios económicos y mejoras intangibles.

Fuente. Elaboración propia

Esta metodología asegura un enfoque estructurado y sistemático para diagnosticar, proponer y evaluar mejoras en la línea de producción de Alquimia y Asociados, con el objetivo de mejorar la productividad y fortalecer la operatividad de la empresa en un periodo de cinco meses.

6. Alcances y resultados

El presente proyecto se centra en un análisis teórico y práctico con el objetivo de proponer mejoras para la línea de producción de Alquimia y Asociados. Aunque se ofrecen recomendaciones detalladas, el proyecto no incluye la implementación directa de las propuestas debido a limitaciones de tiempo, recursos, y la naturaleza de las decisiones empresariales, que escapan al control del equipo del proyecto.

Alcance temporal: El proyecto se desarrolla a lo largo de nueve meses, distribuidos en las siguientes fases:

- Estructuración del anteproyecto: 3 meses
- Diagnóstico y recolección de datos: 1 mes (junio)
- Análisis y desarrollo de propuestas: 4 meses
- Elaboración del informe final y presentación: 1 mes

Alcance geográfico: El estudio se llevará a cabo en las instalaciones de Alquimia y Asociados, ubicadas en la localidad de Barrios Unidos, Bogotá, Colombia.

Alcance metodológico: La metodología implementada integra tantos análisis cuantitativos como cualitativos para proporcionar una visión integral del proceso productivo. Este enfoque incluye:

- **Diagnóstico in situ:** Se realizaron visitas programadas durante el mes de junio para observaciones directas, entrevistas con los seis empleados de la planta, y recolección de datos sobre la operación diaria. Esto permitió identificar problemas operativos y oportunidades de mejora desde la perspectiva de los trabajadores.

- **Análisis cuantitativo:** Los datos financieros y de inventario se obtuvieron del software *World Office 9.0.3.* Se realizó un análisis de rotación de inventarios, flujos de trabajo, tiempos de operación y costos, con el fin de identificar ineficiencias y mejorar el uso de recursos.

- **Análisis teórico:** Aplicación de herramientas y metodologías de ingeniería industrial para el análisis de los procesos productivos, incluyendo el uso de diagramas de flujo, análisis de tiempos y movimientos, y propuestas de mejora.

- **Evaluación económica:** Se llevó a cabo un análisis de costos y proyecciones de beneficios basados en los datos obtenidos, incluyendo un análisis de costo-beneficio para la propuesta de mejora.

Resultados esperados

a) **Diagnóstico integral:**

- Mapeo detallado de los procesos actuales de producción.
- Identificación de cuellos de botella, ineficiencias y áreas de oportunidad.
- Análisis de tiempos, movimientos y flujos de trabajo en la planta.

b) **Propuesta de mejora de las tareas por medio del proceso de automatización propuesto**

- Diseño de una nueva distribución de planta basada en observaciones directas.
- Análisis del flujo de materiales y personal para minimizar desplazamientos innecesarios.
- Estimación de la reducción de tiempos improductivos y mejorar del espacio.

c) **Plan de mejora de equipos y herramientas**

- Evaluación del estado actual de la maquinaria y su rendimiento.
- Recomendaciones para actualizaciones o adquisiciones de nuevas herramientas.
- Análisis de costo-beneficio para justificar inversiones en maquinaria.

d) **Estrategia de gestión de inventarios:**

- Análisis exhaustivo de la rotación de inventarios actual.
- Estimación del impacto en la reducción de costos de almacenamiento y en la mejora de la disponibilidad de materiales.

e) **Programa de capacitación y desarrollo del personal:**

- Identificación de necesidades de formación basadas en observaciones directas y entrevistas.
- Diseño de un plan de capacitación alineado con las mejoras propuestas en la línea de producción.
- Estimación del impacto en la productividad, calidad y satisfacción del personal.

f) **Evaluación económica detallada:**

- Análisis de costos de implementación de las propuestas en términos de inversión y operatividad.
- Proyección del retorno de inversión (ROI) a corto, mediano y largo plazo.
- Estimación de beneficios tangibles (como la reducción de costos y

aumento de la productividad).

g) **Plan de implementación por fases**

- Desarrollo de un cronograma de implementación por fases para cada una de las propuestas.
- Identificación de hitos clave y puntos de control para monitorear el progreso de la implementación.
- Recomendaciones para gestionar el cambio organizacional y asegurar la aceptación de las mejoras por parte del personal.

Entregables finales

- **Informe técnico detallado:** Incluye el diagnóstico, análisis, propuestas de mejora y evaluaciones económicas, fundamentado en datos cualitativos y cuantitativos.

- **Presentación ejecutiva:** Un resumen ejecutivo de los hallazgos y recomendaciones clave dirigido a la gerencia de Alquimia y Asociados.

- **Herramientas y plantillas:** Conjunto de recursos para el seguimiento y control de las mejoras propuestas, que faciliten la toma de decisiones y el monitoreo continuo.

7. Resultados y discusión de los resultados

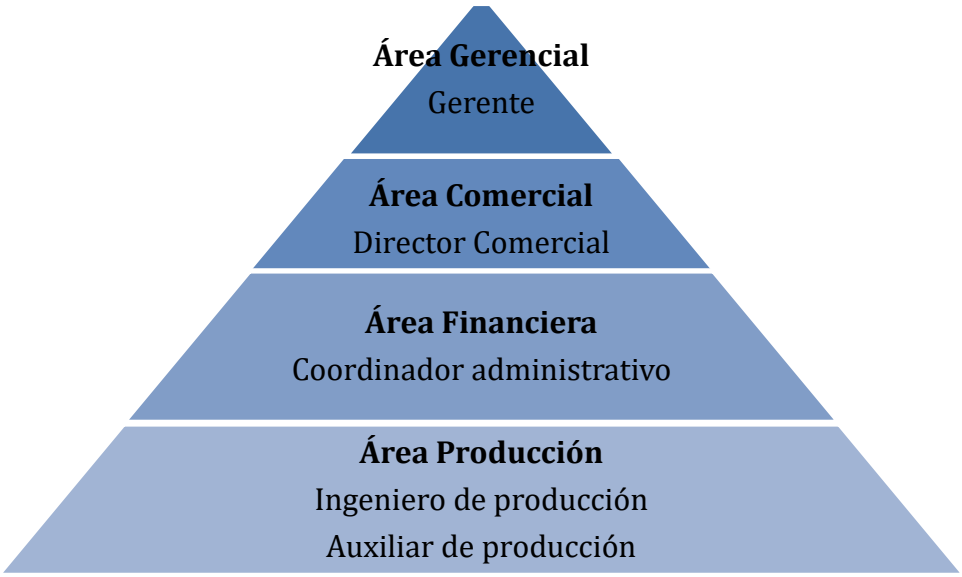
7.1. Desarrollo Objetivo 1.

- **Generalidades de la empresa**

Alquimia y Asociados, se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá, en la localidad de Barrios Unidos. Esta empresa realiza la producción y comercialización de productos químicos especializados en tratamiento de agua de calderas, de bancos de hielo, condensadores, torres de enfriamiento y tratamientos para agua residual y potabilización. Además, también ofrece soluciones en las áreas de limpieza e higiene industrial e institucional.

Posteriormente, la empresa cuenta con un equipo de trabajo reducido, donde cada área de la operación está a cargo de una sola persona, esto incluye todas las áreas claves de la empresa, desde la administración hasta la producción, lo que requiere una gestión multifuncional por parte de cada empleado, adicionalmente, es necesario resaltar que las funciones operativas que se llevan a cabo en la fabricación y despacho de los productos son realizadas únicamente por el auxiliar de producción, el cual en picos de alta demanda, necesita un apoyo adicional. Como se muestra en la siguiente Figura 7.

Figura 7. Estructura organizacional de Alquimia y Asociados



Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

Con esto en mente, la empresa atiende una amplia variedad de clientes a nivel nacional, principalmente del sector lechero, aunque sus productos son aplicables a diversas industrias, incluyendo el sector de limpieza. Sus clientes van desde grandes empresas, que realizan compras significativas, hasta minoristas y

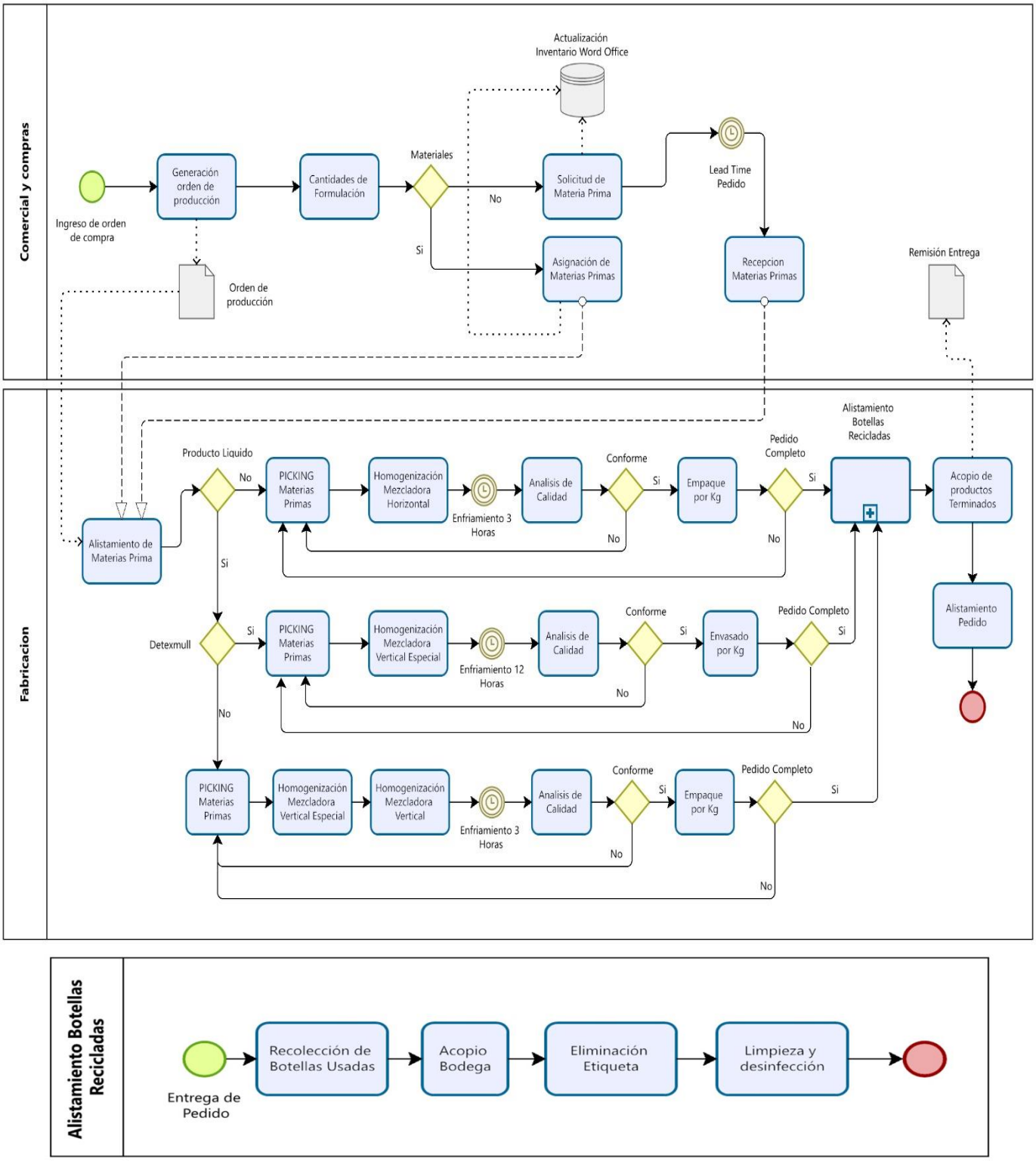
consumidores individuales que adquieren productos para uso personal. Esta diversidad de clientes implica atender tanto demandas frecuentes como ocasionales, lo que genera ingresos que varían desde montos elevados hasta ventas de menor escala. Adicionalmente, la empresa cuenta con una lista de proveedores seleccionados y estandarizados para cumplir con los recursos de las materias primas necesarias para llevar a cabo la fabricación de sus productos, ya que en un 90% estas son importadas, razón por la cual, los proveedores no suelen cambiar.

Finalmente, en Tabla 1, se encuentran algunos de los productos con mayor rotación de fabricación y venta que presenta actualmente Alquimia y Asociados en su portafolio. Cada uno de estos productos, cuenta con una formulación estandarizada, en la cual se describen las cantidades necesarias de cada materia prima para producir cualquier cantidad solicitada y los tiempos de fabricación necesarios; los productos fabricados, se identifican por lotes de producción, y bajo este sistema, se envasan, etiquetan y despachan al cliente, garantizando trazabilidad y consistencia en cada entrega.

- **Proceso Productivo**

De acuerdo con lo mencionado en la descripción, numeral 1.2, donde se detalla que la empresa opera bajo el modelo de producción 'Make to Order' (MTO), en la Figura 8, se presenta el proceso productivo actual de Alquimia y Asociados. Este proceso comienza cuando el Coordinador Administrativo del área financiera recibe una orden de compra formalizada que especifica los productos y las cantidades requeridas por el cliente, así como las fechas de entrega. Luego, la orden se remite al Ingeniero de Producción, quien genera una orden de producción que incluye la formulación precisa de los productos solicitados, en las cantidades indicadas; esta orden de producción se entrega al Auxiliar de Producción, quien se encarga de seleccionar y pesar las materias primas necesarias. Posteriormente, esta persona adiciona las materias primas a los mezcladores para iniciar el proceso de mezclado (homogenización), en el cual, se elabora el producto. Tras completarse el tiempo de fabricación, el producto pasa por un periodo de espera, de enfriamiento y asentamiento. Durante este tiempo, se realizan análisis fisicoquímicos para asegurar la calidad del producto. Una vez superadas las pruebas de calidad, el Auxiliar de Producción procede al envasado, etiquetado y alistamiento del producto, asegurando su correcta entrega final al cliente.

Figura 8. Diagrama de flujo del proceso productivo actual.



Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados. Bizagi

- **Diagnóstico realizado en Alquimia y Asociados**

Tras detallar el proceso productivo que se lleva a cabo en la empresa, identificando las diferentes etapas que lo componen, a continuación, se presenta un diagnóstico detallado del proceso que realiza Alquimia y Asociados. En este diagnóstico, se aplica el concepto de mejora continua, donde, a través de la documentación de procesos y el análisis de datos cualitativos y cuantitativos, junto con la participación del personal, se lleva a cabo un estudio de métodos. Este estudio permite registrar y evaluar sistemáticamente la manera en que se ejecutan las actividades, con el objetivo de identificar posibles cuellos de botella y áreas de mejora en la producción de tratamientos químicos, así como ineficiencias en la logística, se han definido algunos aspectos clave a evaluar. Estos aspectos consideran los recursos actuales de Alquimia y Asociados y el enfoque propuesto de comprender el comportamiento de la demanda de productos y la utilización de dichos recursos. Este análisis permite detectar oportunidades para mejorar la productividad de la empresa, aumentando así su eficacia, calidad y rentabilidad, una vez se procede a tomar decisiones e implementar acciones correctivas y preventivas, aunque en este trabajo realizado, no se realiza ninguna implementación por cuestiones de alcance.

Para el análisis del diagnóstico, se presentan indicadores clave que permiten identificar las metodologías empleadas por la empresa. Estos (KPIs), ayudan a determinar la importancia de cada metodología en el proceso productivo, en una escala de 1 a 5, donde 5 representa el grado más crítico y 1 el menos crítico. Escala que es establecida a criterio propio.

- **Diagnóstico de Gestión de inventarios**

En este aspecto, la empresa gestiona un inventario total de 99 materias primas, cada una identificada con un código específico administrado mediante el software operativo *World Office 9.0.*". Este sistema facilita el control de los movimientos de las materias primas durante el proceso de producción. Además, el Ingeniero de Producción realiza un seguimiento mensual de las entradas y salidas mediante hojas de cálculo en Excel, lo que brinda una visión general de la gestión de inventarios realizada durante el mes.

La Tabla 8, muestra la metodología implementada por la empresa para llevar a cabo las actividades relacionadas con la gestión de inventario.

Tabla 8. Diagnóstico de gestión de inventarios en Alquimia y Asociados

KPIs	LINIAMIENTOS	METODOLOGIA DESARROLLADA	IMPORTANCIA	PUNTOS
NIVEL DE INVETARIO	Cantidad de materias primas disponibles en stock.	Nivel de inventario siempre es el mismo, teniendo en cuenta que las MP que se necesitan siempre son las mismas y no cambian.	Ayuda a evitar interrupciones en la producción y mantener costos de almacenamiento bajo control.	3
COSTOS DE MATERIA PRIMA	Precio de adquisición	Difieren mucho en cada mes, producccion bajo orden según los productos y las cantidades solicitadas, el uso varia al igual que sus costos totales	Impacta directamente en los costos de producción y en la rentabilidad del negocio.	2
CALIDAD DE MATERIA PRIMA	Nivel de calidad y conformidad	Calidad alta, productos delicados.Especificaciones precisas para que el producto no se dañe al momento de fabricar.	Asegura que el producto final cumpla con los estándares de calidad y reduce tasas de defectos.	4
ROTACION DE MATERIA PRIMA	Frecuencia con la que se renueva el inventario	Normalmente, la rotacion se realiza tres veces en el mismo mes. Se agota con frecuencia	Indica la eficiencia en la gestión de inventarios y la capacidad de respuesta ante la demanda.	4
LEAD TIME DE PROVEEDORES	Tiempo que tarda en llegar la materia prima	Tiempos no muy largos, de 2 a 3 dias maximo. Estos, son tenidos en cuenta en el momento de producir y entregar.	Permite planificar mejor los pedidos y minimizar tiempos de espera	5
RIESGO DE SUMINISTRO	Factores externos que pueden afectar la disponibilidad de materias primas	Riesgo medio por exportacion	Permite implementar estrategias de mitigación y asegurar la continuidad del suministro.	3
STOCK DE SEGURIDAD	Cantidad de materia primaa adicional que se mantiene para cubrir imprevistos	Se maneja MP en stock, pero en cantidades no muy altas, que facilite al menos el cubrimiento de la produccion de un lote nuevo.	Asegura que la producción no se detenga por falta de insumos.	5
COSTOS DE ALMACENAMIENTO	Costos asociados con el almacenamiento de la materia prima	Ninguno, instalaciones propias y las cantidades adquiridas de MP no excede las capacidades de la planta.	Afecta la rentabilidad y la eficiencia del manejo de inventarios.	1
PUNTAJE PROMEDIO				**3,4**

Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

A partir de la metodología de gestión de inventarios implementada por Alquimia y Asociados, y descrita en la Tabla 8, se observa que los KPIs evaluados permiten determinar la relevancia de cada aspecto en el proceso productivo. Usando la escala propuesta, se identifica que los KPIs más críticos en la gestión de inventarios son el "Lead time" de proveedores y el "Stock de seguridad", ambos con una calificación de 5. En cambio, los KPIs con una puntuación de 4 no son considerados en este análisis, ya que su evaluación corresponde más a un sistema de gestión de inventarios, el cual no es el objetivo de este estudio.

Posteriormente, con base a los KPIs críticos obtenidos, se realizó un análisis de la tasa de consumo de materia prima en los años 2023 y 2024; el cual se centra en la tasa de consumo y el costo de materias primas que tuvo la empresa durante estos dos periodos. A través del análisis detallado de las entradas, salidas y costos asociados a cada materia prima, se busca proporcionar una visión clara de cómo se

ha gestionado el inventario y su impacto financiero.

En particular, se analizan los datos proporcionados por el software operativo *World Office 9.0.*", que incluyen las cantidades de materias primas ingresadas y consumidas, y sus costos de adquisición correspondientes a los años especificados.

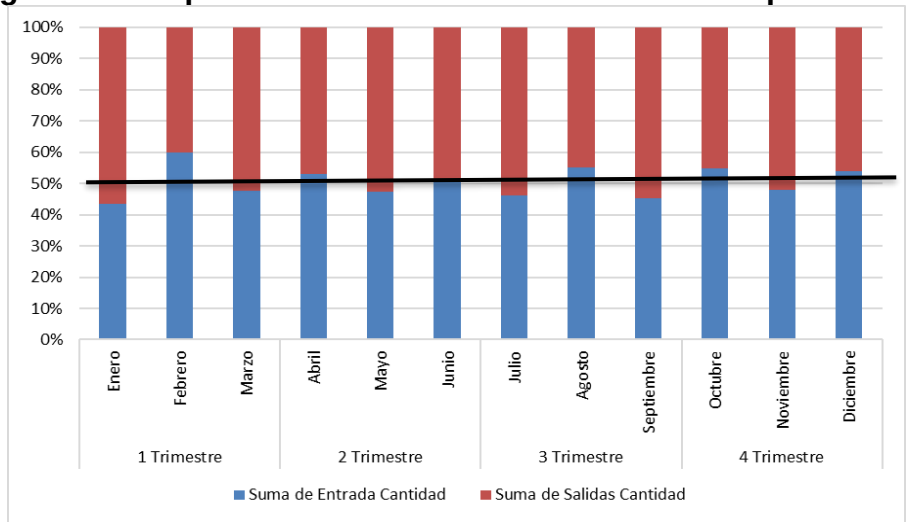
Es importante destacar que la gestión eficiente de estos recursos es fundamental para mejorar la rentabilidad de la empresa. Para evaluar el desempeño y la eficacia del sistema de inventarios, se emplean el costo promedio y el saldo final del material, de la siguiente manera:

- **Análisis Tasa de consumo materia prima – 2023**

En la gestión empresarial, una correcta administración de inventarios es fundamental para mejorar los costos y asegurar la disponibilidad de materias primas necesarias para la producción. Por lo tanto, este análisis se centra en la tasa de consumo y el costo de materias primas en la empresa durante el periodo comprendido entre el 1 de enero al 31 de diciembre de 2023, cuyos datos se observan en el Anexo 3. Los datos presentados en el Anexo 3 corresponden a un resumen del inventario que registra las entradas y salidas de materia prima consumida mes a mes a lo largo del año. Las "entradas" indican los kilogramos de materia prima que ingresan al almacén, mientras que las "salidas" representan los kilogramos de materia prima vendidos como producto terminado.

A partir de este Anexo 3, se realizó un análisis comparativo entre las entradas y las salidas de materia prima. Este análisis se detalla en la siguiente Figura 9.

Figura 9. Comparativo Entrada Vs Salida de materia prima 2023.



Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

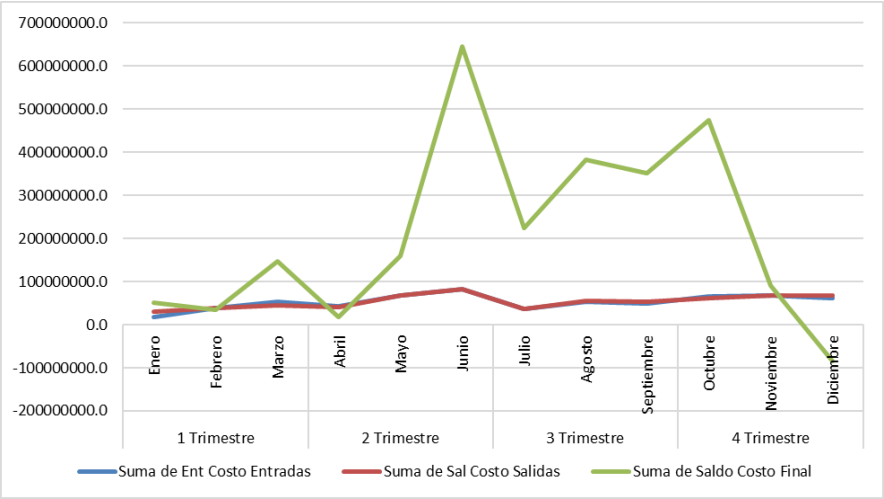
La Figura 9, muestra que Alquimia y Asociados opera bajo un modelo de producción Make to Order, evidenciado en el equilibrio entre entradas y salidas de

materia prima, lo que indica que prácticamente todo lo producido se vende. Sin embargo, en algunos meses se observa un aumento en el abastecimiento de materia prima, posiblemente relacionado con la estacionalidad del mercado o el incremento en la demanda de los clientes, especialmente hacia finales de año.

Al analizar las entradas y salidas de materia prima en términos de cantidad, se nota que algunas métricas se sitúan por encima y otras por debajo de la línea de referencia del 50% (línea negra en la gráfica). Las entradas están representadas en azul y las salidas en rojo. En enero, las salidas superan a las entradas, lo cual sugiere que aún había materia prima disponible, permitiendo la producción. En cambio, en febrero, se observa un aumento en las entradas de insumos, reflejando una mayor inversión en compra de materia prima en comparación con las salidas, lo que indica que se cubrió la demanda, aunque con una inversión mayor en inventario.

Por otra parte, con base al Anexo 5, se obtuvo la Figura 10, en la cual, se muestra el costo de las entradas y salidas de materia prima versus las ganancias reales finales obtenidas al transformar estas materias primas en productos terminados.

Figura 10. Costos de insumos Vs Costos PT reales en el mercado 2023



Fuente. Autores con Información de Alquimia y Asociados.

En la Figura 10, las líneas rojas y azules muestran que no hay una gran diferencia entre la entrada y salida de materia prima, ya que, al momento de adquirir los insumos, estos se evalúan al mismo costo tanto para la entrada como para la salida, sin embargo, estas líneas no incluyen el valor real de venta de los productos. Al agregar la línea verde, se representa el costo real de cada producto, permitiendo observar la ganancia neta cuando el costo de la materia prima es alto, pero el precio de venta de los productos es mayor. Asimismo, se observa que, en noviembre, se alcanza una leve ganancia, pero en diciembre el valor se torna negativo, indicando que hay facturas pendientes por cobrar, por lo cual, esa ganancia puede verse reflejada en los meses de marzo y abril del siguiente año cuando ingresan los

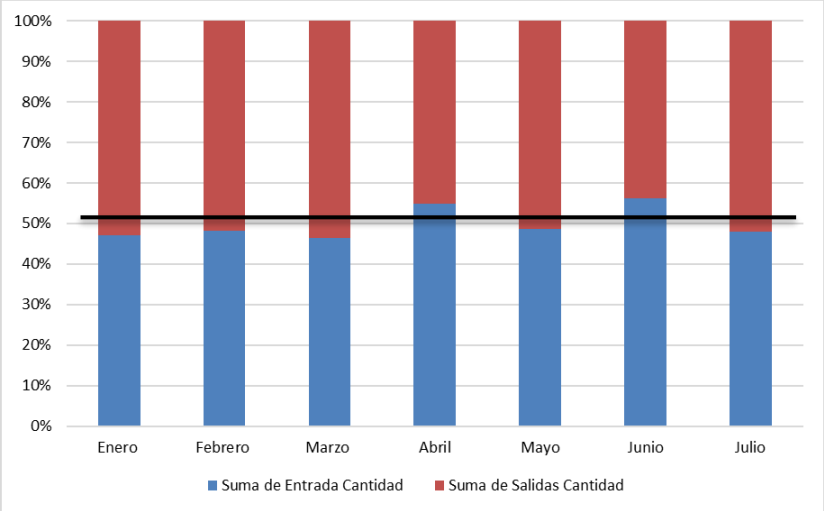
pagos, o puede indicar que la base de datos no se está actualizando correctamente. A pesar de estos desfases, se observa claramente una ganancia en el análisis.

- **Análisis Tasa de consumo de materia prima– 2024**

Este análisis se enfoca en la tasa de consumo y el costo de las materias primas en la empresa durante el período del 1 de enero al 31 de julio de 2024, que es el alcance definido para este proyecto. Los datos correspondientes se presentan en el Anexo 4. Los datos presentados en el Anexo 4 corresponden a un resumen del inventario que registra las entradas y salidas de materia prima consumida mes a mes a lo largo del año. Las "entradas" indican los kilogramos de materia prima que ingresan al almacén, mientras que las "salidas" representan los kilogramos de materia prima vendidos como producto terminado.

A partir del Anexo 4, se realizó un análisis comparativo entre las entradas y las salidas de materia prima. Este análisis se detalla en la siguiente Figura 11.

Figura 11. Comparativo Entrada Vs Salida de materia prima 2024.

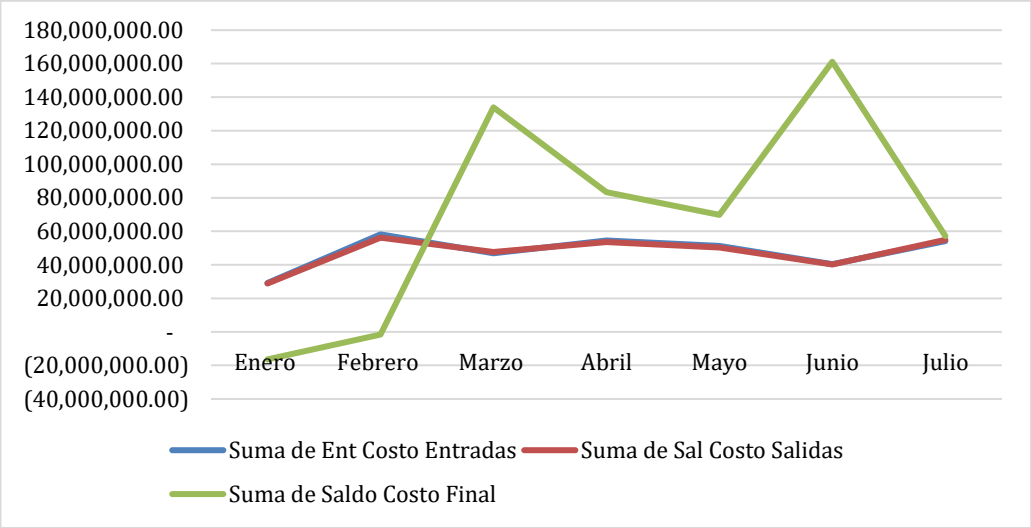


Fuente. Autores con Información de Alquimia y Asociados.

En la Figura 11, se confirma nuevamente el comportamiento de equilibrio entre entradas y salidas de materia prima, lo que indica que prácticamente todo lo producido se vende, como se observó también en el año 2023. Asimismo, en abril, se logra observar un aumento en las entradas de insumos, reflejando una mayor inversión en compra de materia prima en comparación con las salidas, lo que indica que se cubrió la demanda, aunque con una inversión mayor en inventario.

Por otra parte, con base al Anexo 6, se obtuvo la figura 12, en la cual, se muestra el costo de las entradas y salidas de materia prima versus las ganancias reales finales obtenidas al transformar estas materias primas en productos terminados

Figura 12. Costos de insumos Vs Costos reales en el mercado 2024.



Fuente. Autores con Información de Alquimia y Asociados.

En la Figura 12, las líneas rojas y azules muestran que no hay una gran diferencia entre la entrada y salida de materia prima, ya que, al momento de adquirir los insumos, estos se valoran al mismo costo tanto para la entrada como para la salida. Sin embargo, estas líneas no reflejan el valor real de venta de los productos. Al incorporar la línea verde, que representa el costo real de cada producto, se puede observar la ganancia neta cuando el costo de la materia prima es elevado, pero el precio de venta es aún mayor.

Se observa, además, que en enero y febrero la ganancia es negativa, lo cual se debe a que las ventas realizadas en diciembre de 2023 aún no se reflejan, ya que los clientes no han completado sus pagos pendientes. En marzo, sin embargo, las ganancias aumentan, posiblemente debido al saldo de las deudas de diciembre, permitiendo que la ganancia obtenida al final del año pasado se registre en este mes.

A lo largo de los meses siguientes, se aprecia una disminución en el porcentaje de ganancias, que vuelve a recuperarse significativamente en junio, para luego disminuir de nuevo en julio, mostrando un comportamiento similar al de 2023. Este patrón indica que los movimientos de materia prima y las ganancias obtenidas de su transformación en productos terminados tienden a repetirse cada año, lo cual podría ser útil para realizar un análisis de ventas enfocado. Esto permite a la empresa identificar los productos más rentables y enfocarse en aquellos que generan mayores ganancias con una inversión mínima en insumos.

Finalmente, la comparación de las salidas totales entre ambos años muestra variaciones en el consumo de materias primas, lo que revela patrones de consumo y ajustes en las cantidades de inventario rotado. Esto puede indicar cambios en las preferencias de materia prima o modificaciones en la producción; mientras que valores constantes reflejan un consumo regular, variaciones significativas pueden

señalar cambios en la estrategia de producción o en la gestión de materiales.

Al analizar el consumo de materia prima en los años 2023 y 2024, se concluye que existen oportunidades para mejorar la planificación de la producción o ajustar las fluctuaciones en la demanda. Una mayor rotación en una materia prima específica sugiere un flujo de uso constante, mientras que una rotación baja puede señalar acumulación innecesaria.

Este análisis resalta áreas de oportunidad en la gestión de inventarios para 2023 y 2024, en especial en aquellas materias primas con baja rotación o exceso de inventario. Ajustes en la frecuencia de compra o en la programación de la producción pueden mejorar la eficacia y reducir los costos de almacenamiento, mientras que una alta rotación sugiere una alineación adecuada con la demanda del mercado. Sin embargo, estas materias primas no se eliminan completamente, ya que estas hacer parte del producto que ayuda a atraer clientes a pesar de que no representen una buena venta.

- **Diagnóstico de Flujo de trabajo y logística interna**

Para este aspecto, es fundamental identificar y describir cada etapa del flujo de trabajo involucrada en el proceso de fabricación de los productos, considerando el uso de recursos humanos, materiales y tecnológicos.

La Tabla 9, muestra la metodología implementada por la empresa para llevar a cabo las actividades relacionadas con el flujo de trabajo y logística interna.

Tabla 9. Diagnóstico de flujo de trabajo y logística interna en Alquimia y Asociados.

KPIs	LINIAMIENTOS	METODOLOGIA DESARROLLADA	IMPORTANCIA	PUNTOS
TIEMPO DE CICLO DEL PROCESO	Tiempo total que toma completar cada paso del proceso productivo, desde el inicio hasta el final.	Con base al diagrama de hilos, el tiempo total es de aproximadamente 20 minutos, lo que demora en ir de estacion en estacion	Permite identificar cuáles son las etapas más lentas y que podrían requerir optimización.	4
DISTANCIA RECORRIDA ENTRE ESTACIONES DE TRABAJO	Distancia promedio recorrida por los empleados o materiales entre las diferentes estaciones de trabajo en el proceso productivo.	Las distancias entre estaciones de trabajo no son muy largas. Actividades que se desarrollan manuales sola persona.	Recorridos innecesarios podría indicar ineficiencias en la distribución de los espacios.	5
UTILIZACION DEL ESPACIO	Grado en el que los espacios de trabajo están siendo utilizados de manera eficiente.	Utilizacion del espacio buena, pero podria aprovecharse mas	Correcta disposición de las estaciones de trabajo hasta la optimización del almacenamiento de materiales.	3
RETRABAJOS O CORRECCIONES	Frecuencia con la que los productos deben ser retrabajados o corregidos debido a fallos en el proceso de producción.	Algunos productos a pesar de estar estandarizados, suelen presentar fallos ocacionales que generan retrabajos en su elaboracion	Alto índice de retrabajo puede indicar problemas en el flujo de trabajo o en la logística interna.	5
CUMPLIMIENTO DE PLAZOS DE PRODUCCION	Veces que los productos se completan dentro de los plazos previstos.	Gran parte de los tiempos de entrega se cumplen, ya que se trabaja bajo pedido (JIT), pero para que esto sea asi, suele presentarse exceso de carga laboral.	Bajo cumplimiento puede reflejar problemas en la eficiencia del flujo de trabajo o interrupciones logísticas.	2
TIEMPO DE ESPERA ENTRE PROCESOS	Cuánto tiempo los materiales o productos semiacabados permanecen en espera entre diferentes etapas del proceso.	Un dia maximo, siempre y cuando estos no hayan tenido un retrabajo previo	Una acumulación excesiva de tiempos de espera puede revelar cuellos de botella en la producción.	3
UTILIZACION DEL PERSONAL	Tiempo que los empleados dedican a las actividades de fabricacion de productos.	Estos tiempos en ocaciones no alcanzan, ya que, para cumplir con las entregas el auxiliar dedica horas extras.	Un bajo porcentaje de utilización puede indicar ineficiencias en la asignación de tareas o en la coordinación de las actividades logísticas.	4
PUNTAJE PROMEDIO				3,7

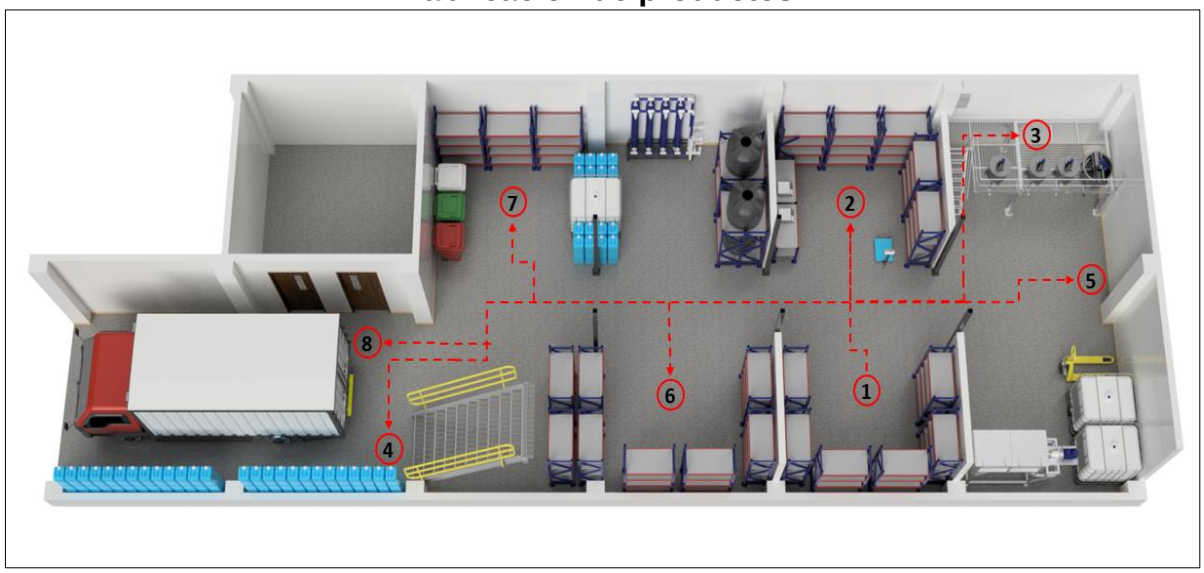
Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

A partir de la metodología de flujo de trabajo y logística interna implementada por Alquimia y Asociados, y descrita en la Tabla 9, se observa que los KPIs evaluados permiten determinar la relevancia de cada aspecto en el proceso productivo. Usando la escala propuesta previamente mencionada, se identifica que los KPIs más críticos en el flujo de trabajo y logística interna son la "Distancia recorrida entre estaciones de trabajo" y los "Retrabajos o correcciones de productos", ambos con una calificación de 5. Sin embargo, los KPIs con una puntuación de 4, como lo son el “Tiempo de ciclo del proceso” y la “Utilización del personal”, también son tenidos en cuenta, ya que, la naturaleza secuencial del proceso, combinada con la dependencia de un solo operario, crea múltiples puntos potenciales de estancamiento; por ejemplo, cualquier retraso en etapas iniciales, como el pesado de materias primas, repercute en toda la cadena de producción, afectando el flujo general del proceso.

Con este propósito, se analizó la disposición física de las áreas y equipos en la empresa, así como los tiempos de ejecución en cada fase del proceso. Esto permitió la creación de un diagrama de recorridos, herramienta que, como menciona George Kanawaty en su libro Introducción al estudio del trabajo (2020), “es un plano o modelo a escala en el que se sigue y mide con un hilo el trayecto de los trabajadores, materiales o equipos a lo largo de una secuencia de actividades; siendo un estudio de métodos que registra todos los hechos pertinentes mediante observaciones directas”.

Para desarrollar este diagrama, se realizó una medición completa de la planta de producción y los recorridos que efectúa el auxiliar durante la fabricación de cualquier producto solicitado, así como la cantidad de veces que debe desplazarse entre estaciones obteniendo de esta manera el diagrama representado en la Figura 13.

Figura 13. Diagrama de recorridos del trayecto realizado para la fabricación de productos.



Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados. Fusion 365

A partir del diagrama de recorridos de la Figura 13, se obtienen los siguientes resultados consignados en la Tabla 10.

Tabla 10. Tiempos de recorridos realizados en el proceso de fabricación de productos.

PUNTOS	DESCRIPCION	FRECUENCIA	DISTANCIA (m)	TIEMPOS (s)	FREC.X DIST. (m)	FREC.X T. (s)
1-2	PESADO MATERIAS PRIMAS	10	5.5	22	55	220
2-3	MEZCLADO	3	8.4	33.6	25.2	100.8
3-4	RECOGER GARRAFAS	1	21.7	86.8	21.7	86.8
4-5	LAVAR GARRAFAS	4	20.8	83.2	83.2	332.8
TIEMPO DE ESPERA HOMOGENIZACION DE LA MEZCLA						
5-2	RECOGER BASCULA	1	5.8	23.2	5.8	23.2
2-3	ENVASAR	1	5.6	22.4	5.6	22.4
3-6	ALMACENAR PRODUCTO TERMINADO	4	13.2	52.8	52.8	211.2
6-7	RECOGER ETIQUETAS	1	9.6	38.4	9.6	38.4
7-6	ETIQUETAR	1	9.6	38.4	9.6	38.4
6-8	CARGAR EL VEHICULO	4	9.2	36.8	36.8	147.2
TOTALES					305.3	1221.2
Tiempo total en minutos						20.4

Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados

Para la obtención de estos tiempos se despejo el tiempo de la Ecuación 3, de velocidad:

$$\text{Velocidad } (\text{m/s}) = \text{Distancia } (\text{m})/\text{Tiempo } (\text{s}) \qquad [\text{Ecuación 3}]$$

Entonces, $\text{Tiempo } (\text{s}) = \text{ Distancia } (\text{m})/\text{Velocida } (\text{m/s})$

De esta manera, se considera una velocidad de 0.25 m/s, correspondiente a la velocidad promedio de una persona caminando. Luego, se utilizan los datos de distancia registrados en cada recorrido para calcular el tiempo promedio de desplazamiento necesario para realizar cada actividad especificada en la Tabla 10.

Mediante los resultados obtenidos en la Tabla 10, se determinó que el tiempo aproximado de desplazamientos para completar un recorrido del proceso de fabricación de los productos es de 20,4 minutos, lo que representa el tiempo relativo que el Auxiliar de producción dedica a desplazarse entre las actividades necesarias para desarrollar este proceso. Con esta visualización, se logra observar que, el flujo de trabajo presenta un patrón de movimientos complejos y extensos que el Auxiliar debe seguir para completar el ciclo de producción, este patrón se puede desglosar en las siguientes etapas principales:

- Pesado de Materias Primas: El operario comienza en el punto 1-2, recorriendo una distancia de 5.5 metros para pesar los ingredientes necesarios.

- Mezclado: Se desplaza al área de mezclado (puntos 2-3), cubriendo 8.4 metros adicionales.

- Recolección y Lavado de Envases: El proceso continúa con la

recolección de garrafas (puntos 3-4) y su posterior lavado (puntos 4-5), lo que implica desplazamientos de 21.7 y 20.8 metros respectivamente.

- Envasado y Etiquetado: Tras la homogenización de la mezcla, el operario debe moverse para recoger la báscula (puntos 5-2), envasar el producto (puntos 2-3), almacenarlo (puntos 3-6), recoger etiquetas (puntos 6-7) y finalmente etiquetar los envases (puntos 7-6).

- Carga del Vehículo: El proceso culmina con la carga del producto terminado en el vehículo de transporte (puntos 6-8).

Con base en esto, se identificaron posibles rutas ineficientes y áreas donde el tiempo o el esfuerzo podrían estar siendo desperdiciados, ya que, existen tiempos de desplazamiento elevados, donde el Auxiliar de producción debe recorrer una distancia total aproximada de 305.3 metros durante un ciclo completo de producción, este extenso desplazamiento no solo consume tiempo valioso, sino que también aumenta el riesgo de fatiga física del trabajador. Adicionalmente, el tiempo total invertido en desplazamientos asciende a 1221.2 segundos (aproximadamente 20 minutos), lo que demuestra que este tiempo no incluye la duración real de cada tarea, sino únicamente el tiempo de movimiento entre estaciones. Por lo tanto, el tiempo total de producción es significativamente mayor.

Por otra parte, el Auxiliar, debe alternar continuamente entre diferentes tipos de tareas, desde el manejo de materias primas hasta el etiquetado y la carga de productos terminados. Estas multitareas pueden afectar la concentración y aumentar la probabilidad de errores. Posteriormente, debido al modelo de producción tipo MTO que maneja la empresa, se requiere una respuesta rápida a las órdenes de los clientes, por lo tanto, la limitación de personal restringe severamente la capacidad de la empresa para manejar múltiples pedidos simultáneos o para acelerar la producción en períodos de alta demanda.

Finalmente, la responsabilidad de manejar todo el proceso productivo recae sobre una sola persona, lo que puede llevar a niveles elevados de estrés y fatiga, potencialmente afectando la calidad del producto y la consistencia en la producción, ocasionando que, aunque se tenga un sistema de control de inventario como el *World Office 9.0.* y hojas de cálculo en Excel, la atención dividida del Auxiliar entre múltiples tareas puede conducir a errores en el registro y seguimiento de las materias primas y productos terminados.

- **Diagnóstico de Gestión de tiempo y programación de la producción**

Para este aspecto, es importante destacar que la programación de la producción en Alquimia y Asociados se basa en la demanda real de los clientes, operando bajo un sistema de producción *Pull*. En este sistema, los productos se fabrican únicamente cuando se recibe un pedido específico, y los materiales se "jalan" a través de la cadena de suministro según las necesidades actuales del

cliente. Como resultado, la producción está controlada por la demanda, lo que significa que los productos se fabrican justo a tiempo (JIT) para cumplir con los pedidos.

La Tabla 11, muestra la metodología implementada por la empresa para llevar a cabo las actividades relacionadas con la con la gestión de tiempo y programación de la producción.

Tabla 11. Diagnóstico de gestión de tiempo y programación de la producción de Alquimia y Asociados.

KPIs	LINIAMIENTOS	METODOLOGIA DESARROLLADA	IMPORTANCIA	PUNTOS
TIEMPO DE CICLO DE PRODUCCION	Tiempo total que se tarda en completar un ciclo de producción.	El tiempo de ciclo de produccion total es de aproximadamente 30 horas.	Identificar cuellos de botella y áreas de mejora.	4
UTILIZACION DE CAPACIDAD	Capacidad total de producción que se está utilizando en comparación con la capacidad disponible.	La capacidad actual es insuficiente, ya que para realizar la fabricacion de varios productos, es necesario desocupar y volver a llenar el mismo mezclador.	Identificar si la empresa está sobrecargada o subutilizada. Gestion de recursos	5
CUMPLIMIENTO DE PLAZOS	Pedidos entregados a tiempo en relación con la fecha planificada.	Buen cumplimiento con los plazos de entrega de los productos, pero suelen realizarse sobreesfuerzos tanto de capacidad como de personal.	Un alto cumplimiento de plazos refleja una programación de producción efectiva	3
EFICIENCIA DEL TIEMPO DE CONFIGURACION	Tiempo que toma preparar y configurar el equipo antes de iniciar la producción.	Tiempos indefinidos, operaciones manuales y mecanicas.	Minimizar el tiempo de configuración es crucial para reducir tiempos muertos y aumentar la productividad.	4
PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA	Cantidad de producto terminado que se produce por hora de trabajo.	Mano de obra limitada, existe sobrecarga de tareas.	Detectar si hay necesidad de optimización en la asignación de tareas.	5
PRESENCIA DE RETRABAJOS	Productos que requieren ser corregidos o reelaborados después de la producción inicial.	No suelen ser frecuente, y no se presenta con todos los productos.	Una alta tasa de retrabajo indica problemas en el proceso de producción y puede afectar gravemente la programación.	3
INVENTARIO EN PROCESO	Cantidad de inventario que está en proceso de producción en un momento dado.	El inventario con el que se cuenta en el momento de realizar la produccion es el suficiente y necesario	Alto nivel de inventario en proceso puede indicar ineficiencias en el flujo de trabajo, afectando la programación y aumentando los costos.	2
TEIMPO DE INACTIVIDAD NO PLANIFICADO	Tiempo que el equipo o la planta está inactiva debido a problemas no planificados, como fallos de maquinaria o falta de materias primas.	Pocas, casi nulas los tiempos de inactividad de los equipos por problemas de fallas al igual que por falta de materia prima.	Reducir el tiempo de inactividad no planificado es vital para mantener la continuidad de la producción y cumplir con los cronogramas establecidos.	2
PUNTAJE PROMEDIO				**3.5**

Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

A partir de la metodología de gestión de tiempo y programación de producción implementada por Alquimia y Asociados, y descrita en la Tabla 11, se observa que los KPIs evaluados permiten determinar la relevancia de cada aspecto en el proceso productivo. Usando la escala propuesta previamente mencionada, se

identifica que los KPIs más críticos en la gestión de tiempo y programación de la producción, son la "*Utilización de capacidad*" y la "*Productividad de mano de obra*", ambos con una calificación de 5. Sin embargo, los KPIs con una puntuación de 4, como lo son el "*Tiempo de ciclo de producción*" y la *"Eficiencia del tiempo de configuración*", también son tenidos en cuenta, puesto que, estas actividades se ven afectadas debido al mal manejo de los recursos disponibles tanto de mano de obra como de equipos a la hora de realizar el proceso de producción.

Con esto en mente, Alquimia y Asociados dispone de dos básculas digitales, cuatro mezcladores de líquidos, un mezclador de sólidos, para llevar a cabo su proceso de producción, como se muestra en la Figura 14.

Figura 14. Equipos disponibles

Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados. Año 2024

Los mezcladores, fabricados en acero inoxidable AISI 316L, cuentan con aspas internas que permiten la homogenización de líquidos y sólidos. Así mismo, estos tanques cuentan con un motorreductor, el cual ofrece una salida máxima de 60 rpm regulable hasta 40 rpm mediante un potenciómetro. Su funcionamiento es mecánico e incluye un botón de encendido y apagado, una llave para regular el flujo de agua, y una válvula en la parte inferior del tanque que facilita la descarga del producto durante el envasado. Tanto el botón, la llave y la válvula se activan manualmente.

El uso de los mezcladores varía según el tipo de producto a fabricar y su capacidad. Los mezcladores 1, 2, 3 y 4 están diseñados exclusivamente para la homogenización de productos líquidos, siendo el mezclador 4 el único destinado a

la producción del producto Q463-12B (DETEXMUL). Los mezcladores 1 y 2 tienen una capacidad teórica de 60 kilogramos (15.85 galones) cada uno, mientras que el mezclador 3 alcanza los 300 kg (79.25 galones) y el mezclador 4 los 500 kg (132.1 galones). Por otro lado, el mezclador de sólidos tiene una capacidad teórica de 250 kg. En conjunto, la capacidad total teórica de todos los tanques es de 1170 kg (309.1 galones).

Con este enfoque, se llevó a cabo el análisis de capacidad teórica, para el cual, en primer lugar, se tienen en cuenta los tiempos promedio necesarios para la fabricación de los productos de mayor rotación de la empresa. Asimismo, se detallan los tiempos promedio de preparación, que incluyen el tiempo empleado por el auxiliar en el alistamiento de las materias primas para el producto solicitado, los tiempos de mezclado referentes al período requerido para que los mezcladores homogenicen las materias primas añadidas y los tiempos de enfriamiento y asentamiento, considerando el calentamiento que ocurre durante la preparación, como se muestra en la Tabla 12.

Finalmente, se asignan valores fijos para el tiempo de procesamiento de la orden, establecido en 60 minutos, y para el tiempo de empaque, fijado en 120 minutos. Este análisis se aplica a la producción de 17 unidades por lote para cada producto fabricado.

Tabla 12. Tiempos promedio de producción

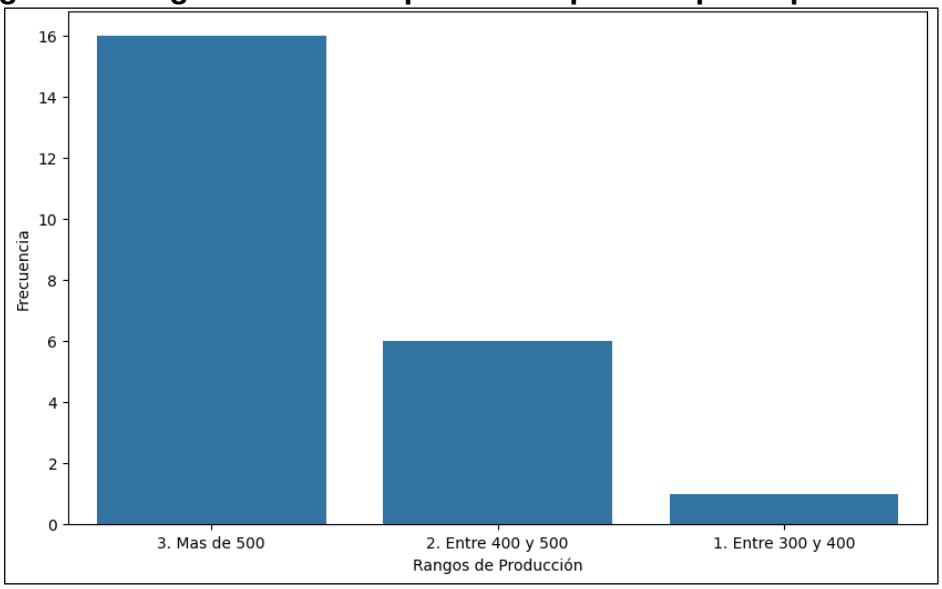
PRODUCTO	T_PREPARACION	T_MEZCLADO	T_ENFRIAMIENTO & ASENTAMIENTO	T_PRODUCCION (Minutos)	T_PRODUCCION (Horas)	RANGO_PRODUCCION
Q463-12B DETEXMUL	20	45	720	965	16	3. Mas de 500
Q702 COAGULANTE CATIONICO	5	10	436	631	11	3. Mas de 500
Q701 MICROXI	5	15	521	721	12	3. Mas de 500
Q763-02 COAGULAC	6	25	203	414	7	2. Entre 400 y 500
Q763-15 COAGUFLOC-C	10	30	324	544	9	3. Mas de 500
Q763-13 COAGUFLOC A	8	15	259	462	8	2. Entre 400 y 500
Q263-10 CALDERAN P	9	15	577	781	13	3. Mas de 500
Q263-01 CALDEROX	5	35	297	517	9	3. Mas de 500
Q763-08 FLOCULAC	12	25	594	811	14	3. Mas de 500
Q709 FLOCAN	5	10	474	669	11	3. Mas de 500
Q363-09 MICROBIOX	11	15	466	672	11	3. Mas de 500
Q463-22 BACTEN	12	15	260	467	8	2. Entre 400 y 500
Q601 BIOBAC AR	5	10	533	728	12	3. Mas de 500
Q363-03 ENFRIOXAN A	5	20	300	505	8	3. Mas de 500
Q363-05 ANTICORROX N	14	25	348	567	9	3. Mas de 500
Q363-08 ENFRIOXAN	14	25	538	757	13	3. Mas de 500
Q763-04 AYUCOLAC	10	15	264	469	8	2. Entre 400 y 500
Q263-04 CALDEROXAN A	9	15	188	392	7	1. Entre 300 y 400
Q602 NUTRIOR AR	5	10	526	721	12	3. Mas de 500
Q704 AYUCOLAC	7	12	478	677	11	3. Mas de 500
Q763-01 MICROXI	10	15	437	642	11	3. Mas de 500
Q763-03 ACUACLAR	10	15	210	415	7	2. Entre 400 y 500
XUAXINOREX	12	12	261	465	8	2. Entre 400 y 500

Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

De la Tabla 12, se puede inferir que se tiene un tiempo mínimo de producción de 392 minutos, el cual corresponde al producto Calderoxan A – Q263-04, así mismo, se tiene que el producto Detexmul – Q463-12B, representa el máximo tiempo de producción con un total de 965 minutos.

De acuerdo con los tiempos de producción, se organizaron los productos en rangos de producción, para identificar los productos que mas tiempo consumen, como se logra observar en la Figura 15.

Figura 15. Segmentación de productos por tiempo de producción.

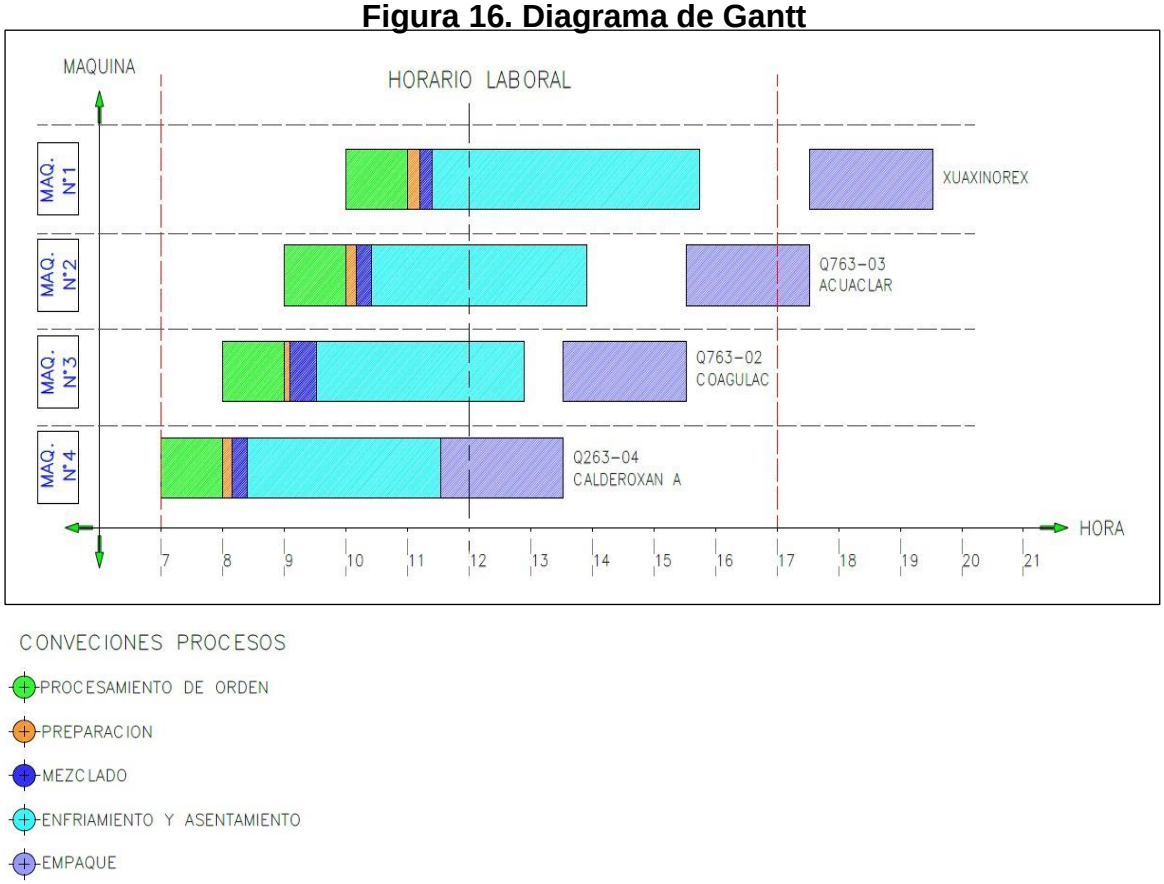


Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

Por otra parte, la capacidad teórica máxima de producción varía significativamente según el producto a fabricar, ya que cada uno presenta un tiempo promedio distinto para las etapas de preparación, mezclado, enfriamiento y asentamiento. Esto se debe a la cantidad específica de materias primas requeridas para cada producto, lo cual influye directamente en su tiempo total de preparación.

Si se asume que se van a fabricar los productos que menor tiempo de producción promedio tienen, según la Tabla 12, (Xuaxinorex, Acuaclar - Q763-03, Coagulac - Q763-02 y Calderoxan-A - Q263-04), se puede calcular un valor máximo de unidades fabricadas al día, esto bajo el supuesto que se puede dejar producto dentro de las maquinas para realizar el proceso de enfriamiento y asentamiento fuera del horario laboral, el cual se encuentra comprendido entre las 7:00 a 17:00. Teniendo como referencia estos supuestos, se puede decir que, en promedio cada mezclador liquido puede fabricar 25 unidades de producto, las cuales son aproximadamente el 1.5 de un lote, dándonos una capacidad total teórica en el mejor de los casos de 100 unidades diarias utilizando los 4 mezcladores trabajando en paralelo. Como se muestra en la siguiente Figura 7.

Figura 16. Diagrama de Gantt



Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

Finalmente, se puede apreciar que el factor que más afecta el tiempo total de fabricación de los productos es el tiempo de enfriamiento y asentamiento. Además, aunque las cuatro máquinas funcionan en paralelo, el proceso se vuelve secuencial al depender de un único operario para su operación. Esto impacta de manera drástica, ya que, además de operar las máquinas, el trabajador también debe encargarse de la distribución del producto. Es evidente que esto extiende la duración del trabajo más allá de la jornada laboral estándar.

- **Diagnóstico de Integración y automatización de sistemas**

Para este aspecto, es importante destacar que la empresa no cuenta con procesos automatizados o mecanizados; toda la cadena de producción se realiza de manera manual, salvo el proceso de homogenización que se realiza de manera mecánica y la entrega final del producto que se lleva a cabo utilizando un furgón propio de la empresa. La Tabla 13, muestra la metodología implementada por la empresa para llevar a cabo las actividades relacionadas con la integración y automatización de sistemas.

Tabla 13. Diagnóstico de gestión de la integración y automatización de sistemas.

KPIs	LINIAMIENTOS	METODOLOGIA DESARROLLADA	IMPORTANCIA	PUNTOS
TASA DE PRODUCCION	Cantidad de producto terminado que se genera en un período de tiempo específico	Se cumple, produccion Make to Order	Una tasa de producción consistente y alta indica que los procesos están bien integrados y automatizados.	3
UTILIZACION DE EQUIPOS	Tiempo que los equipos están operando en relación con el tiempo total disponible. Esto incluye tanto el tiempo de operación real como el tiempo de inactividad planificado y no planificado.	Cuando se requiere fabricar una alta demanda de productos, equipos full operando, necesario vacir tanque y nuevamente iniciar siguiente lote a producir.	Un uso innecesariio podría indicar ineficiencias en la utilizacion de los equipos.	5
COSTOS OPERATIVOS	Analizar los costos asociados con la producción, incluyendo materiales, mano de obra, energía, y mantenimiento.	El mayor porcentaje se ve reflejado en gran medida en las materias primas, puesto que esta es exportada.	Puede revelar áreas donde la integración y automatización no están optimizadas, lo que podría resultar en gastos innecesarios.	3
TIEMPO DE CAMBIO DE LINEA	Tiempo necesario para realizar cambios de configuración en la línea de producción (por ejemplo, al cambiar de un producto a otro).	Clave, puesto que, al no contar con capacidad y equipos suficientes, es necesario evacuar la produccion de uno, para poder dar incio a la produccion de otro producto	Signo de una buena automatización y flexibilidad en el proceso de producción.	5
TIMEPO DE RESPUESTA ANTE CAMBIOS EN LA DEMANDA	Tiempo que le toma a la planta ajustar su producción ante un cambio inesperado en la demanda, ya sea un aumento o disminución.	Ante alta demanda se hacen sobreesfuerzos, ante baja demanda existe mucho tiempo muerto.	Capacidad de responder rápidamente a cambios en la demanda es crucial para mantener la competitividad y evitar costos asociados con la sobreproducción o la falta de inventario	4
NIVEL DE INTEGRACION DE SISTEMAS	Conectividad y comunicación entre los diferentes sistemas de la planta (p. ej., software de gestión, control de calidad, sistemas de mantenimiento).	Los sistemas de la planta funcionan y son efectivos, sin embargo, podrian ser mas aprovechables y facilitadores.	Una alta integración permite que los sistemas funcionen de manera más eficiente y coordinada, lo cual es fundamental	3
NIVEL DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS	Porcentaje de operaciones dentro del proceso de producción que se realizan de forma automatizada en comparación con las que requieren intervención manual.	No existe automatizacion en ninguna etapa del proceso productivo, todo es de manera manual de principio a fin.	Un alto nivel de automatización generalmente se asocia con mayor eficiencia, consistencia en la calidad y menor riesgo de errores humanos.	5
PUNTAJE PROMEDIO				**4.0**

Fuente: Autores con Información de Alquimia y Asociados.

A partir de la metodología de gestión de la integración y automatización de sistemas implementada por Alquimia y Asociados, y descrita en la Tabla 13, se observa que los KPIs evaluados permiten determinar la relevancia de cada aspecto en el proceso productivo. Usando la escala propuesta previamente mencionada, se identifica que los KPIs más críticos en la gestión de la integración y automatización

de sistemas implementada, son la "*Utilización de equipos*" y el "*Tiempo de cambio de línea*", ambos con una calificación de 5. Sin embargo, los KPIs con una puntuación de 4, como lo son el "*Tiempo de respuesta ante cambios en la demanda,* también son tenidos en cuenta, puesto que, la capacidad de responder rápidamente a cambios en la demanda es crucial para mantener la competitividad y evitar costos asociados con la sobreproducción o la falta de inventario.

Teniendo claro que la empresa cuenta con un proceso de producción manual en un 90%, es necesario determinar los procesos específicos que pueden beneficiarse más de la automatización, especialmente aquellos que son repetitivos, demandan mayor precisión o tienen tiempos de espera prolongados, además de evaluar cuantos recursos y tiempo se invierten actualmente en cada etapa del proceso productivo para estimar las mejoras de rendimiento que la automatización puede aportar, y así, determinar el impacto de esta en el personal, con el objetivo de asignar a los empleados a tareas de mayor valor o supervisión en lugar de procesos manuales repetitivos.

A partir de los puntajes promedio obtenidos en los diagnósticos, como equipo se desarrolló un formato de asignación de niveles de importancia, como se muestra en la Tabla 14. Este criterio de selección establecido por el equipo evalúa la relevancia de cada KPI en función con el objetivo de diagnosticar los procesos de producción de la empresa para identificar factores que puedan afectar la productividad. Así, se otorga prioridad a esas áreas específicas dentro del proceso productivo según su rendimiento actual.

Tabla 14. Asignación de Nivel de importancia

N°	DIAGNOSTICOS REALIZADOS	PUNTAJE OBTENIDO	NIVEL ASIGNADO
1	Gestion de Inventarios	3.4	**MEDIO**
2	Flujo de trabajo y Logistica	3.7	**ALTO**
3	Gestión de tiempo y Programación de Producción	3.5	**MEDIO**
4	Integración y Automatización de sistemas	4.0	**ALTO**
TOTAL		**14.6**	

Fuente: Autores

La asignación de niveles de importancia en la Tabla 14, se realizó utilizando una escala de 1 a 5, donde 5 representa el nivel crítico más alto y 1 el más bajo. Este criterio de selección fue definido por el equipo. Dado que ningún diagnóstico obtuvo un puntaje de 5, se determinó que aquellos puntajes superiores a 3.5 representan un nivel de importancia *Alto*, mientras que los puntajes entre 3.0 y 3.5 corresponden a un nivel *Medio*, y los puntajes inferiores a 3.0 representan un nivel *Bajo*. Dicho esto, las áreas que requieren mayor atención debido a su nivel asignado como *Alto,* son: Flujo de trabajo y Logística con un 3.7 e integración y Automatización de sistemas con un 4.0. Estas áreas, reflejan tener el mayor impacto en la operación general de la empresa, lo que sugiere que, implementar mejoras en estos aspectos podría amplificar significativamente la productividad, algo crucial para la empresa.

7.2. Desarrollo Objetivo 2.

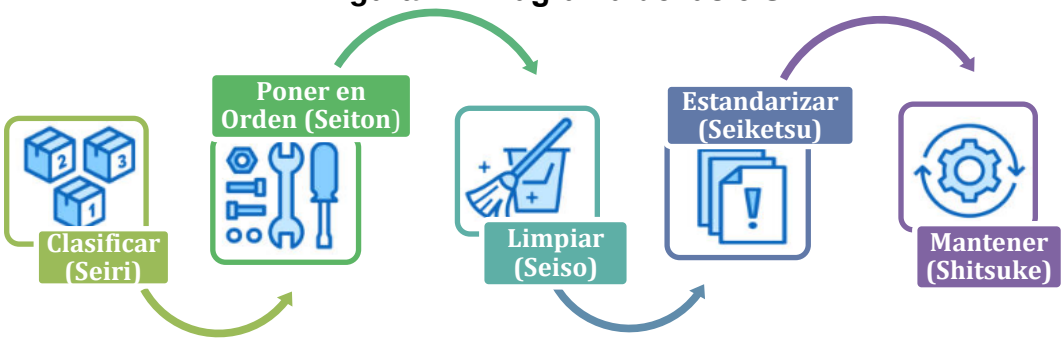
A partir de los resultados obtenidos en el objetivo 1 y de la asignación de niveles para cada diagnóstico realizado, como se mostró en la Tabla 14, se elaboran propuestas de mejora enfocadas en mejorar las áreas críticas identificadas en la línea de producción de Alquimia y Asociados. Basándose en el diagnóstico inicial, se analizan áreas como la gestión de inventarios, flujo de trabajo y logística, gestión del tiempo y programación de producción, así como la integración y automatización de sistemas, empleando herramientas de Lean Manufacturing. El objetivo es implementar medidas que mejoren estos procesos, aumenten la productividad y minimicen desperdicios, avanzando hacia una producción más ágil y alineada con las demandas actuales del mercado.

- **Propuesta de mejora Flujo de trabajo y Logística**

En base al diagnóstico realizado del flujo de trabajo y logística en Alquimia y Asociados, se determinó que este factor presenta un nivel crítico alto para la empresa, por ello, es necesario implementar mejoras y una gestión efectiva que mejore el uso de los recursos y promueva una operación más eficaz. Para ello, se propuso implementar la metodología de las 5S como herramienta de Lean Manufacturing para mejorar la organización, la funcionalidad y el ambiente laboral. Esta iniciativa busca limpiar y organizar el área de trabajo, mejorar el flujo de procesos, reducir operaciones innecesarias y eliminar el desperdicio de tiempo y recursos, con el fin de maximizar la productividad actual de la empresa.

La aplicación de las 5S, según el diagrama que se muestra en la Figura 17, permite identificar y reducir los recursos utilizados, facilitando un acceso rápido a los elementos necesarios para responder de manera ágil a los pedidos de los clientes. Además, la estandarización de los procesos contribuye a un flujo de trabajo ordenado y predecible, disminuyendo errores y mejorando la consistencia, lo cual es esencial para gestionar la carga de trabajo de la persona encargada de producción, que realiza múltiples funciones.

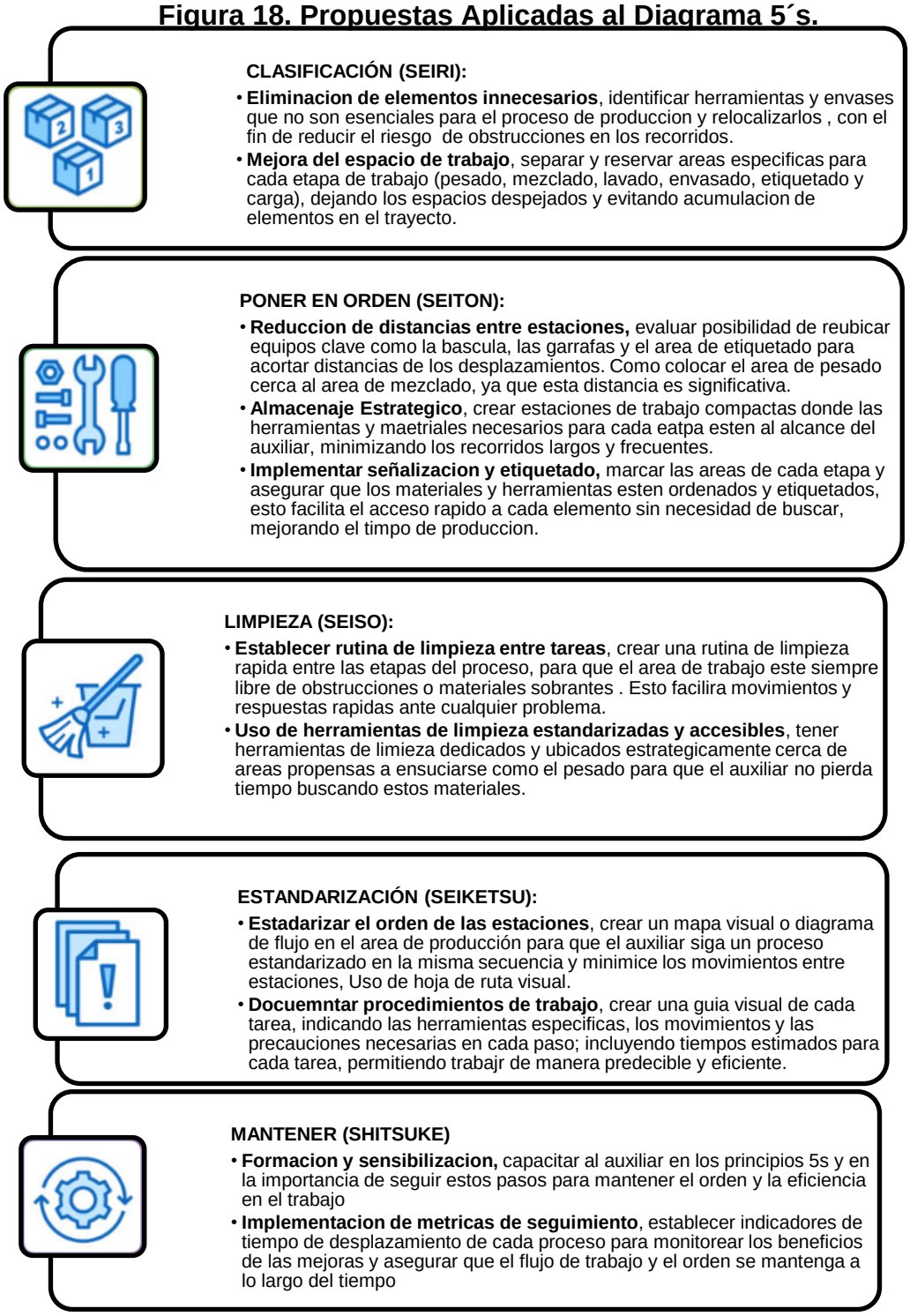
Figura 17. Diagrama de las 5'S



Fuente. Autores con referencia a la metodología creada por el ingeniero Shigeo Shingo.

Dado que Alquimia y Asociados opera bajo un modelo de producción MTO (Make to Order), la implementación de estas estrategias, detalladas en la Figura 18, resulta crucial para responder eficientemente a las órdenes de producción solicitadas y sostener una alta calidad en cada pedido.

Figura 18. Propuestas Aplicadas al Diagrama 5´s.



Fuente. Autores con información de Alquimia y Asociados.

Con las estrategias de mejora propuestas en el diagrama de las 5´s (Figura 18), se espera que, al reubicar y organizar las estaciones de trabajo se reduzca significativamente los 305.3 metros de desplazamientos actuales, disminuyendo así la fatiga del auxiliar de producción y permitiendo dedicar más tiempo a tareas productivas. Adicionalmente, con la implementación de un diseño lógico y ordenado del flujo de trabajo, el auxiliar podrá completar las actividades sin desplazamientos innecesarios y en menor tiempo, aumentando la rapidez de respuesta.

Por otra parte, la estandarización y el orden en las tareas, contribuirá a que el auxiliar mantenga su concentración en cada etapa del proceso, minimizando errores de registro y seguimiento. También, al mejorar los recorridos y eliminar elementos innecesarios, se reducirá su carga física y mental, beneficiando su bienestar y mejorando la calidad de trabajo.

Finalmente, esta aplicación de la metodología 5S permitirá a Alquimia y Asociados desarrollar un proceso de producción más ágil y ordenado, disminuyendo tiempos de desplazamiento y aumentando la productividad en general.

- **Propuesta de mejora Integración y Automatización de sistemas**

La propuesta de automatización para Alquimia y Asociados se enfoca en mejorar la línea de producción mediante la implementación de un sistema que abarque algunas de las etapas clave del proceso, desde la dosificación precisa de materias primas hasta el envasado del producto final. El objetivo principal es asegurar que cada lote se realice con las proporciones exactas de cada componente, garantizando la consistencia y calidad del producto.

Al asegurar que los productos se añadan con precisión permite evitar que el operario dependa del método de prueba y error durante la homogenización. Esto no solo mejora el proceso, sino que también libera al operario de esta tarea, permitiéndole destinar su tiempo a la fabricación simultánea de otros productos. Este sistema automatizado permite también regular con precisión los niveles de agua en cada mezcla, asegurando que el producto final sea homogéneo y uniforme. Además, el control automatizado de la dosificación de materia prima en cada tanque minimiza el riesgo de errores humanos, manteniendo la cantidad exacta en todos los envases producidos.

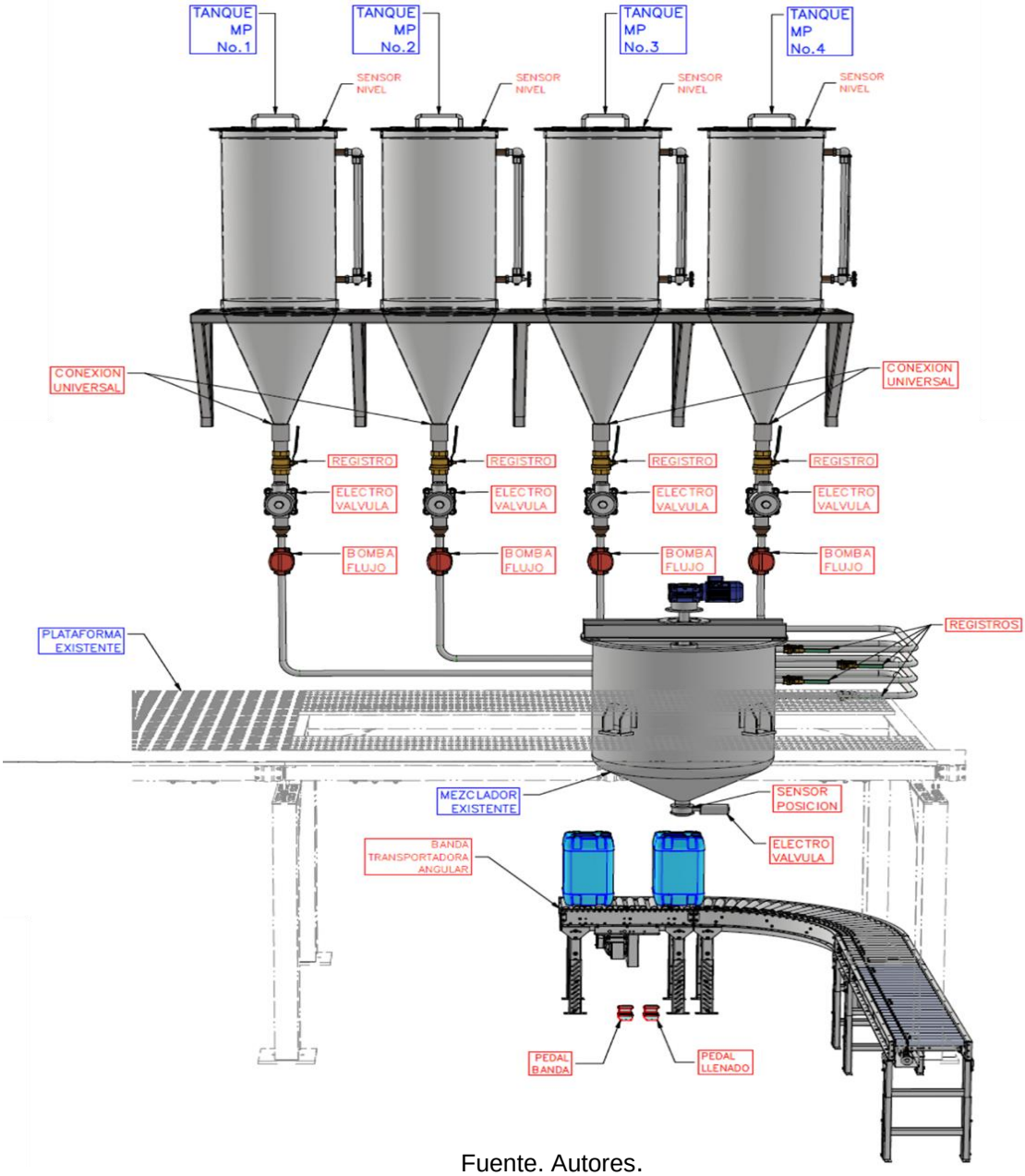
El control preciso de la cantidad de producto a través de sensores de flujo en volumen permite a la empresa prescindir del uso de la balanza digital en cada llenado. Aunque la eliminación de esta tarea no representa una gran merma de tiempo de forma individual, su eliminación en un proceso repetitivo resulta significativa. Además, esta mejora incrementa la velocidad de esta etapa del proceso productivo, especialmente en la fabricación de lotes de gran tamaño. Asimismo, se reduce el riesgo de errores asociados a la descalibración de las balanzas, ya que los sensores de flujo están diseñados específicamente para esta tarea, ofreciendo una mayor confiabilidad y

tiempos de calibración prolongados.

En conjunto, esta propuesta representa un paso significativo hacia una producción más eficaz, precisa y competitiva para Alquimia y Asociados, ya que, actualmente, el proceso productivo se desarrolla de manera manual, pero la incorporación de sensores, electroválvulas, bombas de flujo y un sistema SCADA permite reducir la intervención manual y mejorar la precisión en las etapas críticas del proceso, mejorando la productividad y calidad del sistema de producción.

La siguiente Figura 19, muestra un esquema de la propuesta de automatización.

Figura 19. Esquema automatización propuesto.



Fuente. Autores.

La siguiente tabla 15 compara el proceso actual con la versión automatizada en la línea de producción de Alquimia y Asociados. Se destacan los principales cambios que se esperan al implementar la automatización, mostrando cómo esta mejora puede ayudar a resolver los problemas actuales, reducir costos y hacer que el trabajo sea más eficiente. La idea es simplificar las operaciones y responder mejor a las necesidades del mercado.

Tabla 15. Comparación Proceso Automatizado vs Proceso Actual.

Aspecto	Proceso Actual	Proceso Automatizado
Entrada de materiales	Manual, dependiente de operarios.	Control automatizado con sensores y alertas de inventario.
Producción	Mezclado manual con alta variabilidad en tiempos.	Mezclado automatizado con tiempos estandarizados.
Control de calidad	Inspección visual y dependiente del operario.	Análisis automatizado con herramientas de monitoreo.
Gestión de inventarios	Actualización manual con errores frecuentes.	Sistema ERP actualizado en tiempo real.
Tiempo de producción	Variable, dependiendo de la experiencia del operario.	Consistente y predecible.
Costos	Elevados por ineficiencias y desperdicio de materiales.	Reducción de costos operativos por minimización de errores.
Capacidad de respuesta	Limitada por la dependencia al personal disponible.	Mayor flexibilidad para responder a picos de demanda.

Fuente. Autores.

El siguiente diagrama de flujo del proceso productivo de Alquimia y Asociados, evidenciado en la Figura 20, es una versión mejorada con un sistema automatizado.

Las etapas principales del proceso, junto con las medidas de mitigación, son las siguientes:

- Adición automática de cuatro materias primas principales, es decir, las de mayor concentración en la formulación, puesto que, por cuestiones de locación no es posible instalar 15 tanques dosificadores que representan las materias primas totales necesarias para la fabricación de este producto.
- Dosificación exacta de las materias primas en la mezcla.
- Sistema de llenado preciso en el envasado.

Esta automatización, se enfocará en la fabricación del producto conocido como Q463-12B Detexmul, uno de los más demandados, de acuerdo con el diagrama de Pareto de la Figura 5. Este producto, al ser una mezcla concentrada de tensioactivos, presenta importantes desafíos durante su fabricación, tales como:

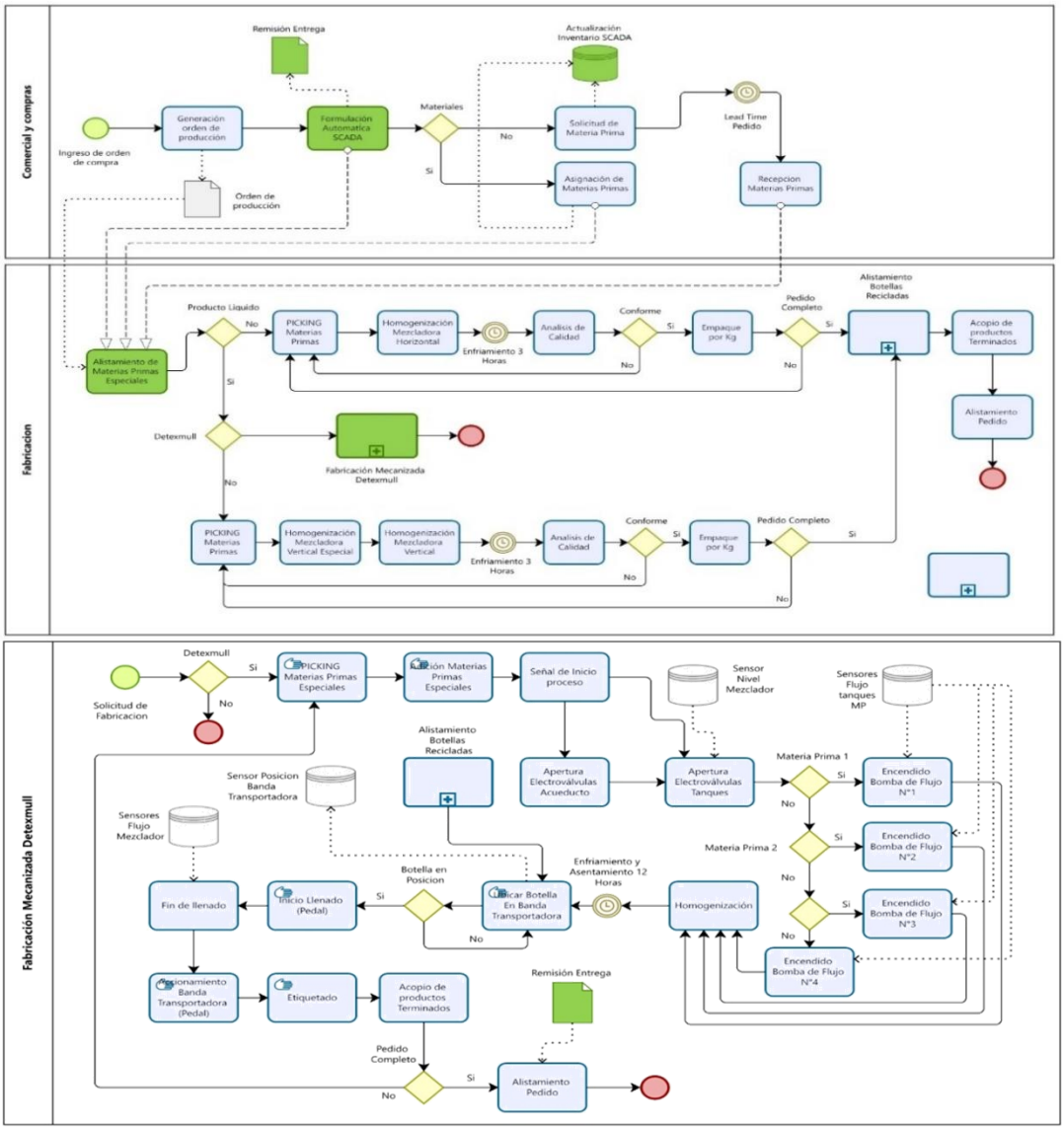
- Promedio de tiempos de enfriamiento y asentamiento de aproximadamente 12 horas.
- Susceptibilidad a variaciones mínimas en la formulación.
- Riesgo elevado de contaminación cruzada durante el proceso de cambio

de recipiente de mezclado, lo que puede comprometer la calidad del producto final.

Al enfocar la atención en el producto Detexmul, se busca incrementar la eficacia en el uso de insumos y la precisión en las fases del proceso, disminuyendo los errores que causan inconsistencias y desperdicio de materiales en la actualidad.

En el diagrama de la Figura 20, se muestra el diagrama de flujo del proceso automatizado, en el cual, se incluye un subproceso denominado 'Fabricación mecanizada Detexmul', que representa específicamente la propuesta de mejora planteada, así como otro subproceso llamado “Alistamiento botellas recicladas” que es transversal a todos los productos.

Figura 20. Diagrama de flujo del proceso automatizado.



Fuente. Autores.

La automatización contribuye a reducir significativamente la variabilidad, ya que minimiza los errores humanos en un proceso que, a pesar de contar con mezcladores, se realiza en su mayoría de manera manual.

Sin embargo, las etapas de adición de material, homogeneización y llenado de envases serán mecanizadas, de modo que el programa controlará estos procesos mediante sensores, válvulas y bombas de flujo. Además, el sistema SCADA, que estará vinculado directamente al software operativo *World Office 9.0* de la empresa, ajustará los volúmenes de materias primas según la demanda del producto. Esto permitirá un uso más eficiente de las materias primas y mantendrá el inventario actualizado de manera automática.

Por otra parte, esta propuesta además incluye la utilización de dos pedales que serán accionados por el auxiliar, permitiendo así el desarrollo de otras tareas manuales; estos pedales funcionan de la siguiente manera:

- Primer pedal: Acciona la banda transportadora, permitiendo que las unidades se desplacen una a una hasta el punto de llenado. De esta manera, el auxiliar puede controlar el flujo de unidades sin necesidad de realizar un esfuerzo manual constante.

- Segundo pedal: Inicia el proceso de llenado. Aunque el sistema está diseñado para adicionar la cantidad exacta de producto, es fundamental que, el auxiliar supervise y ajuste la posición de la unidad durante el llenado para garantizar la precisión y evitar derrames, así como realizar la instalación de la tapa del envase.

Con este diseño, la intervención del auxiliar sigue siendo crucial, pero las tareas se reorganizan para mejorar la eficacia del proceso, al tiempo que se incorpora tecnología que facilita su trabajo. Es así como se prevé que los tiempos de producción se reduzcan significativamente, donde la calidad del producto se mantendrá a través del tiempo y se mejorará el tiempo de respuesta operativa.

Con la propuesta de automatización del proceso de producción de Alquimia y Asociados, se espera dar solución a las fallas presentes en un proceso manual las cuales se describe en la siguiente Tabla 16.

Tabla 16. Fallas y Mejoras del proceso.

ASPECTO	PROCESO MANUAL (FALLAS)	PROCESO AUTOMATIZADO (MEJORAS)
Pesaje de Materia Prima	Pesaje visual, inconsistencias en cantidades y desperdicio de materia prima	Se elimina la báscula y se usan sensores que garantizan pesaje exacto, reduciendo desperdicio
Dosificación y Mezcla de Ingredientes	Dosificación visual del agua y mezcla sin precisión, productos inconsistentes	Electroválvulas y bombas controladas para dosificación precisa y mezcla homogénea
Homogenización de la Mezcla	Tiempo de homogeneización controlado manualmente, afectando textura y calidad	Control automático de tiempo de homogeneización, consistencia asegurada
Llenado y Empaque	Llenado manual, variación en cantidad de producto en cada envase	Llenado mecanizado para cantidad exacta en cada envase
Control y Monitoreo del Proceso	Sin monitoreo centralizado, difícil detección de errores y actualización de inventarios	Sistema SCADA permite monitoreo en tiempo real y gestión de inventarios automatizada

Fuente. Autores.

Para iniciar la implementación de la automatización del proceso de producción de Alquimia y Asociados, es necesario adquirir algunos equipos clave que permitirán mejorar la eficacia y el control de la producción. Teniendo en cuenta las especificaciones de los siguientes componentes mencionados.

- **SCADA:** Como tecnología blanda, permite supervisar y controlar en tiempo real, recopilando datos del proceso para impulsar la toma de decisiones. Este instrumento de supervisión ayuda de manera importante a mejorar el procedimiento de producción, posibilitando hacer modificaciones rápidas y exactas de acuerdo con los requerimientos operativos.

- **Sensor de flujo (Electroválvula NC):** Permitirá controlar automáticamente la cantidad exacta de materia prima que se agrega durante la mezcla. Gracias a su funcionamiento preciso, esta válvula se abrirá y cerrará según las necesidades de la formulación, asegurando que solo se utilice la cantidad necesaria en cada lote. Esto significa que la mezcla tendrá siempre las proporciones correctas de cada ingrediente, evitando errores humanos y garantizando que el producto final mantenga una calidad uniforme. Con la electroválvula, no solo mejoramos la precisión en el proceso.

- **Sensor de nivel:** Para mejorar la medición y automatizar la cantidad de agua que ingresa al tanque de mezcla, se utilizará un medidor de nivel ultrasónico. Este equipo es no invasivo, lo cual es esencial para cumplir con las buenas prácticas de manufactura, ya que ningún dispositivo debe estar dentro del tanque de mezcla.

- **Interruptor de posición:** Se utilizará para detectar la posición de los

recipientes de envasado, indicando la ubicación precisa para el empacado.

- **Banda transportadora mesa de rodillos ajustable:** Permite al operario centrarse en el proceso de supervisión y llenado reduciendo los tiempos que el operario se dedica a mover manualmente los envases, de esta manera se agiliza el trabajo y procesar mayor número de envases.

- **PLC (Controlador Lógico Programable):** Permitirá centralizar la información y programar los diferentes componentes necesarios para la automatización del ciclo de mezclado y envasado del producto terminado.

A continuación, se presenta un desglose de costos unitarios y totales de los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de automatización en Alquimia y Asociados (Tabla 17).

Tabla 17. Costos de implementación.

Cant. (u)	Descripción	Costo U	Costo Total
5	Electroválvula 1" 220V	$ 245.900	**$ 1.229.500**
1	Sensor de Nivel	$ 236.500	**$ 236.500**
3	Final de carrera	$ 26.100	**$ 78.300**
4	Silo	$ 1.000.000	**$ 4.000.000**
1	Banda Transportadora	$ 4.985.400	**$ 4.985.400**
1	PLC	$ 2.811.550	**$ 2.811.550**
1	SCADA	$ 14.057.750	**$ 14.057.750**
1	Mano de Obra	$ 15.000.000	**$ 15.000.000**
1	Capacitación Organizacional	$ 4.500.000	**$ 4.500.000**
		TOTAL	**$ 46.849.000**

Fuente. Autores.

La inversión en estos equipos es fundamental para garantizar un control preciso de la mezcla y envasado, mejorando la eficacia y consistencia del producto final.

En conclusión, la propuesta incluye una selección de equipos y herramientas fáciles de conseguir, fabricar, instalar e implementar, y con un costo relativamente bajo en comparación con los ingresos anuales de la empresa, que según lo expuesto por el representante legal se ha estandarizado en el 10% de las ventas anualmente (Anexo 1). Además, la flexibilidad del sistema productivo no se ve comprometida, ya que la automatización se enfoca únicamente en el producto más relevante para las ventas, el Detexmul, como se indica en los diagramas de Pareto (Anexo 2).

Asimismo, la propuesta aprovecha las estaciones de trabajo e instalaciones existentes, por lo que no se requieren modificaciones significativas al flujo de trabajo. Al contrario, se reduce el tiempo y frecuencia de desplazamientos. Los nuevos silos, que se instalarán de forma flotante sobre la pared mediante una estructura ligera, pueden

desmontarse fácilmente si la empresa decide reubicar su planta de producción para adaptarse al crecimiento de ventas.

Cabe destacar que la propuesta podría complementarse en el futuro con tanques de enfriamiento adicionales al mezclador, lo cual reduciría el tiempo total de fabricación de cada lote. Aunque no se considera necesario en este momento, debido a la diversidad de productos y a la filosofía Just in Time de la empresa, podría ser una alternativa viable ante picos de demanda.

Finalmente, esta propuesta es escalable a otros mezcladores, lo que permitirá que Alquimia y Asociados continúe aumentando su eficiencia en cada etapa de producción. Con la automatización, la empresa no solo reduce sus tiempos de fabricación, sino que también mejora su capacidad de respuesta ante cambios en la demanda, aumentando así su competitividad en el mercado sin comprometer la calidad del producto.

7.3. Desarrollo Objetivo 3.

Para la propuesta de automatización en la línea de producción planteada en el objetivo anterior, se ha estimado una inversión total de $46.899.000. A continuación, se analiza cómo los flujos de caja se verán afectados por la tasa de descuento durante un periodo establecido como ideal para minimizar el impacto económico en el flujo de caja de la organización y permitir una implementación con menor repercusión financiera en relación con los ingresos de la empresa.

Para el periodo propuesto de 3 años, se ha definido un flujo de caja anual de $20.000.000, cifra establecida en base a una estimación del representante legal, considerando el presupuesto de inversión aprobado por la gerencia. Este valor también está respaldado por los registros de ventas de 2023, mostrados en el Anexo 1, en los cuales se reportan ingresos superiores a $1.100.000.000. Si se asume un margen de ganancia del 10%, se concluye que los $20.000.000 anuales no representan una carga significativa para el flujo de caja de la empresa.

Con este flujo de caja definido para los próximos 3 años, es necesario establecer una tasa de descuento adecuada, que represente la tasa mínima de rendimiento esperada. Este valor está influenciado por la inflación de otros países y, para proyectos industriales y de manufactura en Colombia, suele rondar el 7%, lo cual representa un nivel de riesgo económico moderado.

Posteriormente, para el calculo el flujo de caja descontado, se tiene en cuenta la siguiente Ecuación 4:

$$\text{Flujo de caja descontado} = \frac{\text{Flujo de caja}}{(1+\text{i})^{\text{Año}}} \qquad [\text{Ecuacion 4}]$$

Donde: i = 7%, según consideración mencionada.

A continuación, en la Tabla 18, se realiza la iteración de los datos en los 3 años de interés.

Tabla 18. Flujos de caja

Automatización	Años			
	0	1	2	3
Flujos de caja	-$ 46.899.000	$ 20.000.000	$ 20.000.000	$ 20.000.000
Flujo de caja descontados	-$ 46.899.000	$ 18.691.589	$ 17.468.775	$ 16.325.958
Flujo de caja descontados acumulados	-$ 46.899.000	-$ 28.207.411	-$ 10.738.637	$ 5.587.321
Tasa de retorno	0,07			

Fuente. Autores.

Según la Tabla 18, en el primer año se registra un flujo de caja descontado de aproximadamente $18.000.000, que se aplica al total de la inversión, dejando un saldo de alrededor de $28.000.000. Este proceso se repite durante los dos años siguientes, lo que permite que al finalizar el tercer año se cubra la inversión inicial, dado que el flujo de caja descontado acumulado es positivo en ese momento. El valor correspondiente a este último año refleja el Valor Presente Neto (VPN) obtenido, que asciende a $5.587.321, lo que indica que la propuesta de automatización genera valor para la empresa en el corto plazo. Además, los equipos adquiridos se convierten en activos fijos, incrementando así el valor patrimonial de la empresa.

Con base a los resultados obtenidos en la Taba 18, se calcula el tiempo de recuperación de la inversión, el cual se calcula con base a la siguiente Ecuación 5.

$$\text{Periodo de recuperacion} = \text{N° de años completos} + \frac{\text{Inversion restante}}{\text{Flujo de caja año siguiente}} \qquad [\text{Ecuacion 5}]$$

Al reemplazar en la Ecuación 5, el número de años completos por 2, como se evidencia en la Tabla 18, inversión restante como $10.738.637 y el flujo de caja del año siguiente como $16.325.958, se obtiene un periodo promedio de recuperación de 2,7 ≈ 3 años.

Los análisis anteriores demuestran que esta inversión sería económicamente viable para la empresa, ya que, con el flujo de caja propuesto, la inversión inicial se recuperaría en menos de 3 años. Para fortalecer este análisis, se calcula además el retorno de la inversión (ROI), que muestra que el retorno de la inversión en el proyecto es inferior al beneficio anual esperado. Para maximizar la rentabilidad y viabilidad del proyecto, se sugiere una implementación gradual que mejore los resultados y asegure un retorno positivo.

Para calcular el ROI, se cuenta con la siguiente Ecuación 6:

$$\text{ROI} = \left(\frac{\text{Ganancia Neta}}{\text{Inversion Inicial}}\right) \times 100 \qquad [\text{Ecuacion 6}]$$

Reemplazando los datos en la Ecuación 6, se obtiene: $\text{ROI} = 11{,}91\% \approx 12\%$.

El ROI obtenido indica una ganancia del 12% sobre la inversión realizada, lo que confirma la rentabilidad y viabilidad de implementar la automatización del proceso de producción para el producto Detexmul.

Otro aspecto clave en el análisis de beneficio-costo es la Tasa Interna de Retorno (TIR), que se calcula en función de la inversión inicial y los flujos de caja futuros. Para determinar la TIR, se realizan cálculos iterativos hasta que el Valor Presente Neto (VPN) de los flujos de caja futuros sea igual a cero, siguiendo el proceso descrito en la Ecuación 7.

$$\text{VPN} = \frac{\text{Inversion Inicial}}{(1+\text{r})^{\text{Año 0}}} + \frac{\text{Flujo Futuro}}{(1+\text{r})^{\text{Año 1}}} + \frac{\text{Flujo Futuro}}{(1+\text{r})^{\text{Año 2}}} + \frac{\text{Flujo Futuro}}{(1+\text{r})^{\text{Año 3}}} \quad [\text{Ecuacion 7}]$$

Con base a la interacción de la Ecuación 7, y haciendo uso de Excel, se encontró que el valor de la TIR (r), que hace que el VPN = 0, es de13,41%.

Un análisis adicional relevante es comparar la TIR (r) con la tasa de descuento (i) empleada en la Ecuación 4. Si el valor de la TIR supera la tasa de descuento, esto indica que el proyecto es financieramente rentable.

Finalmente, para evaluar si con la aplicación de las propuestas de mejora es posible evidenciar un aumento en la productividad, es necesario destacar que, la propuesta de automatización aborda varios procesos clave en la fabricación del producto estrella, Q463-12B Detexmul. Sin embargo, dos etapas específicas el mezclado y la homogenización mantienen sus tiempos originales debido a las particularidades del producto que requieren conservar estos procesos sin modificaciones.

A pesar de ello, se ha logrado reducir significativamente otros tiempos de producción. Como se evidencia, en la Tabla 19, el tiempo de procesamiento de la orden se ha reducido de 60 a 5 minutos, ya que este proceso ahora consiste únicamente en transformar la orden de trabajo en una formulación y validar las materias primas en inventario. Además, el tiempo de preparación se ha disminuido en un 50 %, dado que los silos permiten alimentar automáticamente las cuatro materias primas de mayor concentración en la formulación.

Por último, el tiempo de empaque se ha reducido en un 75 %, pasando de 120 a 30 minutos, gracias a la implementación de una banda transportadora, lo cual permite empaquetar las 17 unidades como un solo lote sin desplazamientos adicionales.

Tabla 19. Comparativos tiempos de fabricación para producto Q463-12B Detexmul

TIEMPO TOTAL DE FABRICACION AUTOMATIZADA							
PRODUCTO	T_PROCESAMIENTO ORDEN	T_PREPARACION	T_MEZCLADO	T_ENFRIAMIENTO & ACENTAMIENTO	T_EMPAQUE	T_PRODUCCION (Minutos)	T_PRODUCCION (Horas)
Q463-12B DETEXMUL	5	10	45	720	30	**810**	14
TIEMPO TOTAL DE FABRICACION ACTUAL							
PRODUCTO	T_PROCESAMIENTO ORDEN	T_PREPARACION	T_MEZCLADO	T_ENFRIAMIENTO & ACENTAMIENTO	T_EMPAQUE	T_PRODUCCION (Minutos)	T_PRODUCCION (Horas)
Q463-12B DETEXMUL	60	20	45	720	120	**965**	16

Fuente. Autores.

Como se evidencia en la Tabla 20, los datos reportados anteriormente ayudan a calcular una reducción porcentual del 16%, el cual, es evaluado a criterio experto, representando de esta manera una mejora en la productividad global consistente a ese mismo aumento.

Tabla 20. Reducción porcentual de los tiempos de producción para producto Q463-12B Detexmul

Tiempos Produccion Detexmull	
T produccion Inicial (minutos)	965
T produccion Automatizada (minutos)	810
Reduccion Porcentual	16%

Fuente. Autores

Al aplicar esta mejora a la proporción de ventas promedio del producto (datos disponibles en el Anexo 1), se observa que, en los meses de enero, febrero, marzo y abril de 2024, este producto representa el 13% de las ventas en términos de cantidad, aunque su proporción en términos de costo puede variar.

El incremento en productividad se traduce en un aumento en la proporción de fabricación de este producto, lo cual permite incrementar las cantidades totales producidas. En este caso, solo se requiere un auxiliar durante las tareas de fabricación en los meses analizados, lo que resulta en los resultados reportados en la Tabla 21.

Tabla 21. Productividad obtenida al implementar las propuestas de mejora.

Productividad Actual			
Enero	Febrero	Marzo	Abril
76.21568627	56.08465608	61.82291667	53.88383838
Productividad Estimada			
Enero	Febrero	Marzo	Abril
77.80097255	114.5024339	126.2176667	110.0092444

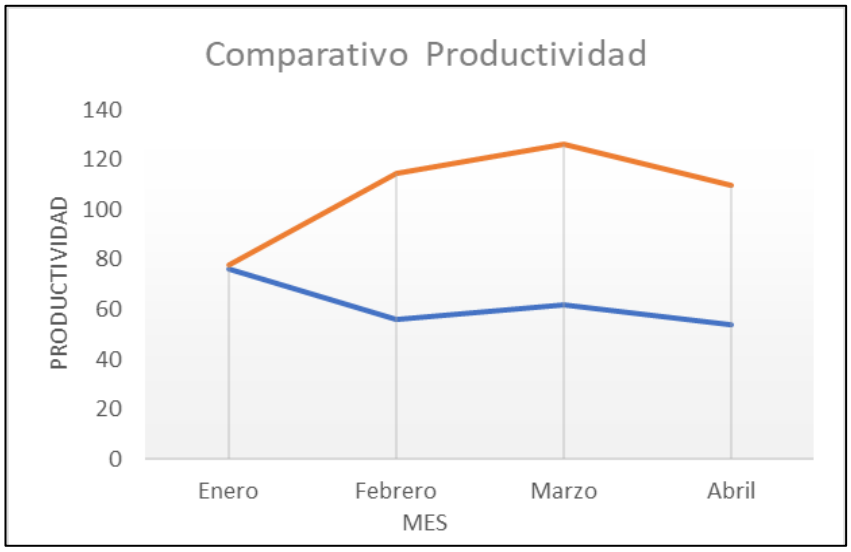
Fuente. Autores

En este caso y para aplicar la mejora de los tiempos se aplica la siguiente Ecuación 8.

$$\text{Productividad Estimada} = \frac{\text{Cant. Producida} + (\text{Cant. Producida} * 13\%) * 16\%}{\text{Horas Hombre Trabajadas}} \qquad [\text{Ecuacion 8}]$$

Una vez aplicada la Ecuación 8, se obtiene la Figura 21, en la cual, se representa la mejora de la productividad, donde la línea azul representa la productividad actual y la línea naranja la productividad estimada.

Figura 21. Comportamiento estimado de la productividad



Fuente. Autores.

Finalmente, de acuerdo con la Figura 21, se puede deducir que la productividad estimada está fuertemente influenciada por las horas/hombre dedicadas a la fabricación de los productos. Por esta razón, la propuesta de mejora se centra en la automatización de tareas para aumentar el uso de los recursos disponibles, en particular el trabajo del auxiliar responsable de mover las materias primas durante el proceso de producción.

8. Recomendaciones

Tras la implementación inicial de las propuestas de mejora para Alquimia y Asociados, se recomienda considerar las siguientes recomendaciones para continuar el proceso de mejora continua y aumento de la productividad:

- Extender la automatización a otras áreas de la planta de producción, como el almacenamiento de materias primas y el empaquetado final.
- Implementar tanques de reserva para la realización de las tareas de enfriamiento y asentamiento que no sea el mismo mezclador usado para la producción de los productos, con el objetivo de disminuir las filas que este proceso presenta actualmente.
- Crear representaciones virtuales de los procesos de producción para simulación, a través de software como ProModel.
- Implementar técnicas de control estadístico de procesos (SPC) avanzadas.
- Integrar la planificación de la producción con los sistemas de los proveedores para una cadena de suministro más ágil.
- Procurar tener un socio estratégico de logística para reducir los costos de transporte y de esta manera tercerizar el despacho de productos y a su vez, la recolección de envases reciclables.
- Explorar la posibilidad de integrar fuentes de energía renovable en las operaciones, como paneles solares.
- Crear un programa de formación continua en tecnologías digitales para todo el personal.
- Implementar y generar los procedimientos de fabricación para cada producto, de esta manera, se evita que el conocimiento de la información dependa únicamente de una sola persona.
- Crear un sistema para capturar y evaluar ideas de mejora de empleados, proveedores y clientes.
- Investigar la viabilidad de nuevos modelos de negocio.
- Establecer acuerdos comerciales con fabricantes de los equipos industriales tratados para realizar la venta de los productos desde la compra y venta de estos mismos equipos.

Estas recomendaciones proporcionan un marco para la evolución continua de Alquimia y Asociados hacia una organización altamente digitalizada, eficiente y orientada al futuro. La implementación de estas iniciativas debe ser priorizada y escalonada de acuerdo con los recursos disponibles, los objetivos estratégicos y las condiciones del mercado y cada proyecto debe ser evaluado cuidadosamente en términos de su viabilidad técnica, impacto potencial y retorno de la inversión antes de su implementación.

9. Conclusiones

A partir del desarrollo de esta investigación, se puede concluir que Alquimia y Asociados es una empresa rentable en su nicho de mercado, ya que su proceso de producción ha generado ganancias hasta la fecha. Sin embargo, durante el diagnostico elaborado y con el desarrollo de un criterio de evaluación con asignación de niveles de importancia se permito identificar las áreas del proceso productivo que más afectan la productividad en Alquimia y Asociados.

Con base en los puntajes obtenidos en el diagnóstico, se determinó que los procesos relacionados con el flujo de trabajo y la logística, así como la integración y automatización de sistemas, requieren una atención prioritaria debido a su influencia directa en el desempeño de la empresa. Estos procesos, al obtener niveles de importancia Alto (superiores a 3.5), representan oportunidades estratégicas para realizar mejoras que generen un impacto significativo en la operación.

La priorización de estas áreas permitirá a la empresa focalizar sus esfuerzos y recursos en los aspectos de mayor relevancia para el cumplimiento de sus objetivos, mejorando así la productividad y competitividad a través de un enfoque basado en datos y necesidades reales de la organización. Por otra parte, al evidenciar que la empresa presenta una dependencia de un 90% en procesos manuales, se determinó que esto impacta negativamente en la productividad y eficacia de la empresa, donde los procesos repetitivos requieren mayor precisión y enfrentan tiempos de espera prolongados, siendo estos particularmente susceptibles a beneficiarse de la automatización, donde, la implementación de tecnologías automatizadas en estas áreas no solo mejoraría el rendimiento, sino que también permitiría asignar a los empleados a tareas de mayor valor, lo cual contribuiría a un uso más efectivo de los recursos humanos y a un incremento general en la productividad.

Adicionalmente, la implementación de las estrategias de mejora basadas en el diagrama de las 5S permitirá una mejora significativa en la disposición y organización de las estaciones de trabajo. Con la reubicación de los elementos esenciales y la eliminación de aquellos innecesarios, se prevé una reducción considerable en los desplazamientos, disminuyendo los 305.3 metros actuales. Esta reducción en las distancias recorridas contribuirá a minimizar la fatiga física del auxiliar de producción, lo cual aumentará su capacidad para concentrarse en tareas productivas y reducirá el tiempo empleado en completar las actividades. En consecuencia, el flujo de trabajo se hará más eficiente y permitirá a los empleados responder más rápidamente a las demandas productivas. Adicionalmente, esta metodología de la 5s no solo reducirá los errores de registro y seguimiento, sino que también promoverán un entorno de trabajo más ordenado y menos cargado física y mentalmente.

Posteriormente, la propuesta presentada para la mejora en la línea de producción busca implementar equipos y herramientas que aseguren un control preciso en las etapas de mezcla y envasado, fundamentales para mejorar la consistencia y eficacia del producto final. Al tratarse de equipos accesibles, con un bajo costo de

inversión en comparación con el ingreso anual de la empresa (10% de las ventas), se garantiza que el proyecto sea económicamente viable y que no supone un riesgo financiero significativo.

La automatización, al estar focalizada en el producto principal, Detexmul, permite que la productividad aumente sin alterar la flexibilidad del sistema productivo, asegurando un ajuste adecuado entre inversión y rendimiento. Razón por la cual, la propuesta destaca por su enfoque en la escalabilidad y el aprovechamiento de los recursos existentes en la planta de producción, como las estaciones de trabajo e instalaciones actuales. Esto minimiza la necesidad de cambios estructurales y reduce tanto los tiempos de desplazamiento de los operarios como la complejidad de la implementación. La instalación de nuevos silos también contribuye a la adaptabilidad del sistema ante posibles futuras expansiones. En términos de crecimiento, esta propuesta no solo es compatible con la filosofía Just in Time de la empresa, sino que también permite una mayor capacidad de respuesta a picos de demanda, lo cual incrementa la competitividad de Alquimia y Asociados en el mercado.

En conclusión, la productividad inicial, que, en los meses de enero, febrero, marzo y abril de 2023 se reportó con valores de 72, 56, 61 y 53, respectivamente, puede elevarse hasta niveles de 77, 114, 126 y 110 en los mismos meses del año próximo a la fecha de implementación que los directivos de Alquimia y Asociados estimen. Esto se puede alcanzar al reducir los tiempos de fabricación del Detexmul, uno de los productos con mayor impacto en la producción.

Se proyecta que esta mejora en el tiempo de fabricación será de aproximadamente un 16%, permitiendo que un solo auxiliar pueda manejar la producción sin problemas. Este enfoque evita la necesidad de aumentar el personal, lo cual suele ser un factor que limita la productividad.

En general, la aplicación de estas mejoras en Alquimia y Asociados permitirá desarrollar un proceso de producción más ágil, organizado y enfocado, lo cual se traducirá en un aumento de la productividad y en una mejora sustancial en la calidad de trabajo.

10. Referencias bibliográficas

Bauce, G. (2007) El problema de investigación. Revista de la Facultad de Medicina. Escuela de Nutrición y Dietética. Facultad de Medicina. Universidad Central de Venezuela. Páginas (115-118). Recuperado de http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_fmed/article/view/3042/290

Bunge, M. (1993), La Investigación Científica, Barcelona. Editorial Ariel.

Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). Fundamentals of business process management (Vol. 2). Springer.

Gallegos, C. y Lobato, P. (s.f.) Cómo elaborar una conclusión. Programa de apoyo a la comunicación académica - Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado del

Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2010) Metodología de la investigación. Mc Grow Hill, México

Infante, C. (2010). Guía para la presentación de proyecto se investigación. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Méndez E., Vélez, R. (2009). Metodología Diseño y desarrollo del Proceso de investigación. Editorial McGraw-Hill.

Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Productivity Press, Inc.

OECD (2021). OECD Compendium of Productivity Indicators 2021. OECD Publishing.

Pico, A. (2016). Recomendaciones para el uso de normas APA, guía para la presentación de trabajos académicos. Recuperado de: http://www.cesa.edu.co/wp-content/uploads/2018/05/NORMAS-APA-v-2016.pdf

Prokopenko, J. (2009). Productivity management: A practical handbook. International Labour Organization.

Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2018). The Six Sigma handbook. McGraw-Hill Education.

Sena, A., Fonseca, L. M., & Veloso, C. (2021). Productivity measurement and management in the context of industry 4.0. Sustainability, 13(3), 1423.

Syverson, C. (2011). What determines productivity? Journal of Economic literature, 49(2), 326-65.

Universidad de los Andes (s.f). Guía de Escritura para Texto Académicos con base en las normas de la American Psychological Association (APA) Sexta Edición. Programa de Escritura, Centro de Español. Recuperado de: https://programadeescritura.uniandes.edu.co/images/Recursos/Citacion/APA%20-%20I.pdf

Vom Brocke, J., & Rosemann, M. (Eds.). (2015). Handbook on business process management 1. Springer.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. Free press.

Anexos

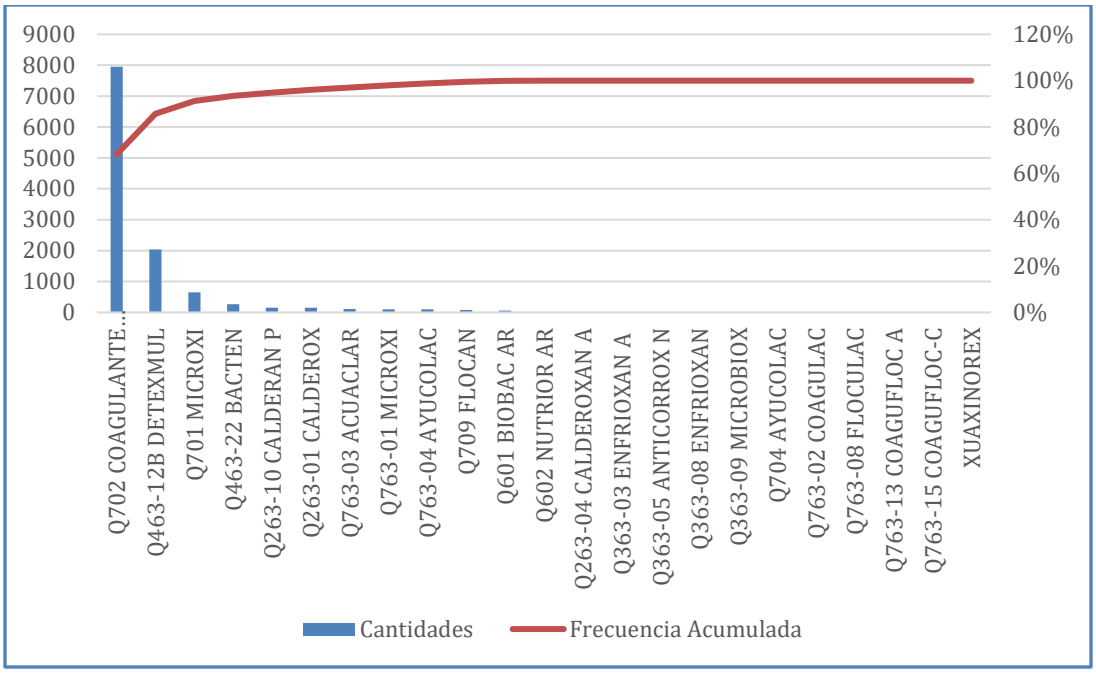
Anexo N.1 Tendencia de ventas en Alquimia y Asociados.

Venta Neta											
2022		2023								2023	
IV TRIMESTRE		I TRIMESTRE		II TRIMESTRE		III TRIMESTRE		IV TRIMESTRE		I TRIMESTRE	
Octubre	$ 69.121.974	Enero	$ 51.135.380	Abril	$ 49.211.600	Julio	$ 116.742.532	Octubre	$ 107.563.855	Enero	61.256.070
Noviembre	$ 94.126.100	Febrero	$ 89.365.950	Mayo	$ 72.632.550	Agosto	$ 72.987.950	Noviembre	$ 153.539.684	Febrero	127.768.468
Diciembre	$ 88.444.605	Marzo	$ 134.386.675	Junio	$ 91.434.343	Septiembre	$ 90.647.000	Diciembre	$ 97.128.300	Marzo	80.038.196
Total	**$ 251.692.679**	Total	**$ 274.888.005**	Total	**$ 213.278.493**	Total	**$ 280.377.482**	Total	**$ 358.231.839**	Total	**269.062.734**

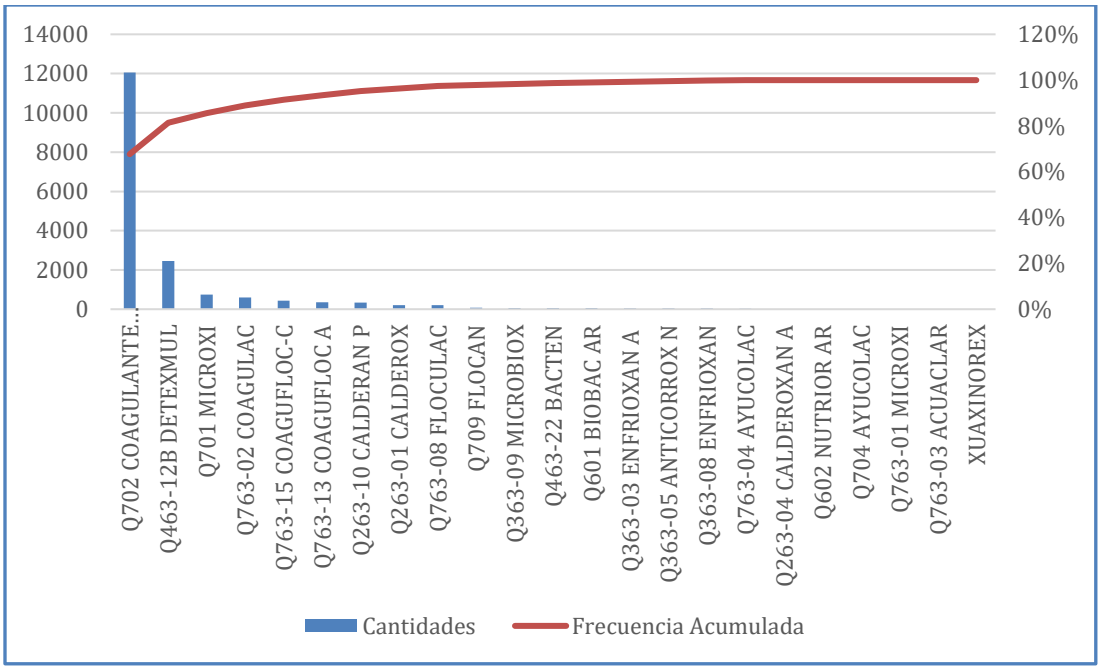
Fuente. Autores con Información de Alquimia y Asociados

Anexo N.2 Frecuencia acumulada por producto fabricado para enero, marzo y abril del 2024.

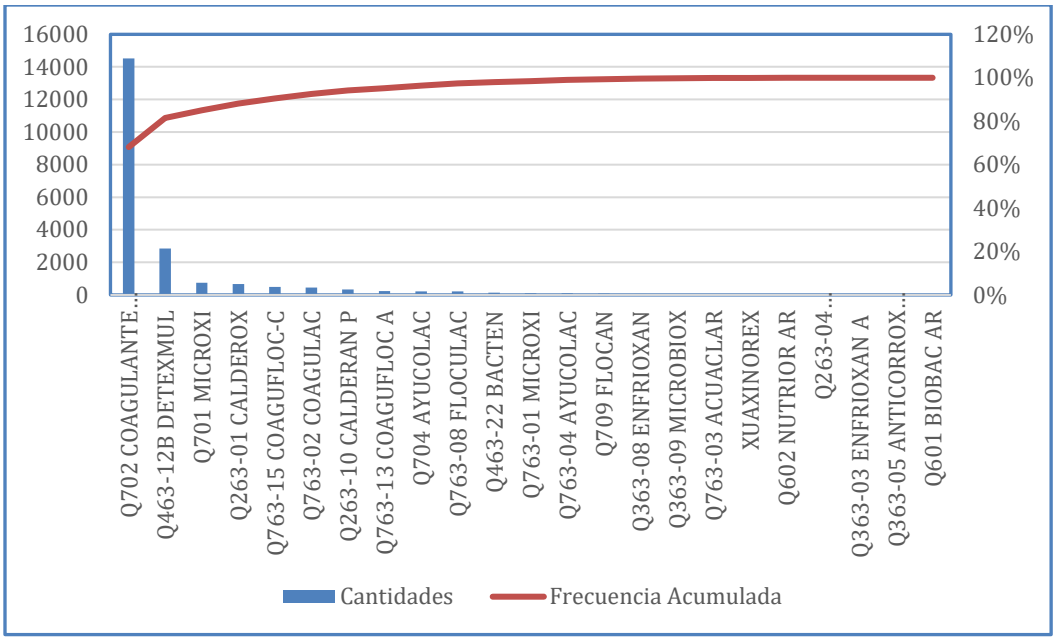
ENERO 2024				
CODIGO DE REFERENCIA	NOMBRE DEL PRODUCTO	PRODUCCIÓN (Kg/mes)	% PRODUCTOS	FRECUENCIA
Q702	COAGULANTE CATIONICO	7950	68%	68%
Q463-12B	DETEXMUL	2040	17%	86%
Q701	MICROXI	650	6%	91%
Q763-02	BACTEN	264	2%	94%
Q763-15	CALDERAN P	156	1%	95%
Q704	CALDEROX	150	1%	96%
Q763-08	ACUACLAR	108	1%	97%
Q263-10	MICROXI	104	1%	98%
Q463-22	AYUCOLAC	100	1%	99%
Q263-01	FLOCAN	75	1%	99%
Q709	BIOBAC AR	60	1%	100%
Q763-13	NUTRIOR AR	4	0%	100%
Q363-08	CALDEROXAN A	0	0%	100%
Q763-01	ENFRIOXAN A	0	0%	100%
Q763-03	ANTICORROX N	0	0%	100%
Q263-04	ENFRIOXAN	0	0%	100%
Q363-05	MICROBIOX	0	0%	100%
Q363-09	AYUCOLAC	0	0%	100%
XUAXINOREX	COAGULAC	0	0%	100%
Q601	FLOCULAC	0	0%	100%
Q602	COAGUFLOC A	0	0%	100%
Q763-03	COAGUFLOC-C	0	0%	100%
Q763-04	XUAXINOREX	0	0%	100%
TOTALES		21200	11661	100%



MARZO 2024				
CODIGO DE REFERENCIA	NOMBRE DEL PRODUCTO	PRODUCCIÓN (Kg/mes)	% PRODUCTOS	FRECUENCIA
Q702	COAGULANTE CATIONICO	12050	68%	68%
Q463-12B	12B DETEXMUL	2448	14%	81%
Q701	MICROXI	750	4%	86%
Q763-02	COAGULAC	594	3%	89%
Q763-15	COAGUFLOC-C	432	2%	91%
Q763-13	COAGUFLOC A	351	2%	93%
Q263-10	CALDERAN P	338	2%	95%
Q263-01	CALDEROX	200	1%	96%
Q763-08	FLOCULAC	200	1%	98%
Q709	FLOCAN	75	0%	98%
Q363-09	MICROBIOX	66	0%	98%
Q463-22	BACTEN	66	0%	99%
Q601	BIOBAC AR	60	0%	99%
Q363-03	ENFRIOXAN A	50	0%	99%
Q363-05	ANTICORROX N	50	0%	100%
Q363-08	ENFRIOXAN	50	0%	100%
Q763-04	AYUCOLAC	25	0%	100%
Q263-04	CALDEROXAN A	0	0%	100%
Q602	NUTRIOR AR	0	0%	100%
Q704	AYUCOLAC	0	0%	100%
Q763-01	MICROXI	0	0%	100%
Q763-03	ACUACLAR	0	0%	100%
XUAXINOREX	XUAXINOREX	0	0%	100%
TOTALES		21200	11661	100%



ABRIL 2024				
CODIGO DE REFERENCIA	NOMBRE DEL PRODUCTO	PRODUCCIÓN (Kg/mes)	% PRODUCTOS	FRECUENCIA
Q702	Q702 COAGULANTE CATIONICO	14525	68%	68%
Q463-12B	Q463-12B DETEXMUL	2856	13%	81%
Q701	Q701 MICROXI	750	4%	85%
Q263-01	Q263-01 CALDEROX	675	3%	88%
Q763-15	Q763-15 COAGUFLOC-C	486	2%	90%
Q763-02	Q763-02 COAGULAC	459	2%	93%
Q263-10	Q263-10 CALDERAN P	334	2%	94%
Q763-13	Q763-13 COAGUFLOC A	243	1%	95%
Q704	Q704 AYUCOLAC	225	1%	96%
Q763-08	Q763-08 FLOCULAC	225	1%	97%
Q463-22	Q463-22 BACTEN	136	1%	98%
Q763-01	Q763-01 MICROXI	104	0%	99%
Q763-04	Q763-04 AYUCOLAC	100	0%	99%
Q709	Q709 FLOCAN	75	0%	99%
Q363-08	Q363-08 ENFRIOXAN	50	0%	100%
Q363-09	Q363-09 MICROBIOX	44	0%	100%
Q763-03	Q763-03 ACUACLAR	27	0%	100%
XUAXINOREX	XUAXINOREX	20	0%	100%
Q602	Q602 NUTRIOR AR	4	0%	100%
Q263-04	Q263-04 CALDEROXAN A	0	0%	100%
Q363-03	Q363-03 ENFRIOXAN A	0	0%	100%
Q363-05	Q363-05 ANTICORROX N	0	0%	100%
Q601	Q601 BIOBAC AR	0	0%	100%
TOTALES		21200	11661	100%



Fuente. Autores con Información de Alquimia y Asociados.

Anexo N 3. Consumo entradas y salidas de materias primas 2023.

Etiquetas de fila	Suma de Entrada Cantidad	Suma de Salidas Cantidad
1 Trimestre		
Enero	8343.0	10815.0
Febrero	26015.4	17366.2
Marzo	13264.8	14597.7
2 Trimestre		
Abril	15480.6	13710.9
Mayo	19873.8	21977.1
Junio	24691.0	23988.2
3 Trimestre		
Julio	10687.4	12526.5
Agosto	26292.0	21361.6
Septiembre	17603.4	21263.9
4 Trimestre		
Octubre	27575.4	22725.9
Noviembre	27218.0	29694.2
Diciembre	30169.2	25905.5
Total general	**247214.0**	**235932.7**

Fuente. Autores con Información de Alquimia y Asociados

Anexo N4. Consumo entradas y salidas de materias primas 2024.

Etiquetas de fila	Suma de Entrada Cantidad	Suma de Salidas Cantidad
Enero	10,586.77	11,861.64
Febrero	21,462.75	23,068.12
Marzo	16,020.40	18,416.91
Abril	26,427.29	21,815.42
Mayo	20,733.81	21,891.11
Junio	20,243.58	15,780.65
Julio	19,846.73	21,574.39
Total general	**135,321.32**	**134,408.24**

Fuente. Autores con Información de Alquimia y Asociados

Anexo N5. Costos de insumos Vs Costos reales en el mercado 2023

Etiquetas de fila	Suma de Ent Costo Entradas	Suma de Sal Costo Salidas	Suma de Saldo Costo Final
1 Trimestre			
Enero	17954823.0	29195181.0	50,576,945.59
Febrero	39007089.4	38659867.3	34,137,805.09
Marzo	52306045.0	45650107.1	146,926,011.24
2 Trimestre			
Abril	42307201.6	40934416.9	18,245,682.62
Mayo	66770927.2	66772306.2	159,326,348.22
Junio	83127981.0	83274614.4	645,801,533.43
3 Trimestre			
Julio	35820231.2	37365422.2	223,755,048.12
Agosto	53085082.2	55238047.7	381,869,081.82
Septiembre	48731039.2	52464550.0	350,941,322.29
4 Trimestre			
Octubre	65640653.0	61810038.5	474,045,627.03
Noviembre	67786852.1	68501254.8	89,919,508.77
Diciembre	61494628.3	67048654.8	- 84,718,098.69
Total general	**634032553.2**	**646914460.9**	**2,490,826,815.54**

Fuente. Autores con Información de Alquimia y Asociados

Anexo N6. Costos de insumos Vs Costos reales en el mercado 2023

Etiquetas de fila	Suma de Ent Costo Entradas	Suma de Sal Costo Salidas	Suma de Saldo Costo Final
Enero	29,156,660.93	28,852,417.87	- 16,402,269.02
Febrero	58,170,272.48	56,207,797.15	- 1,491,177.00
Marzo	46,870,373.85	47,749,388.79	133,938,443.37
Abril	54,482,323.48	53,658,431.68	83,430,897.79
Mayo	51,345,992.69	50,344,555.51	69,844,348.74
Junio	40,483,353.34	40,212,039.57	161,152,307.47
Julio	54,202,068.42	54,907,177.49	57,171,774.12
Agosto	52,400,332.12	3,127,500.00	113,283,889.92
Total general	**387,111,377.31**	**335,059,308.06**	**600,928,215.38**

Fuente. Autores con Información de Alquimia y Asociados