

ESTUDIO DE CASO DE “REPOTENCIACIÓN DE ESTUCHADORA TECNOMACO CMT2205” PARA LA CAPTURA DE DATOS EN ÁMBITOS DE PRODUCCIÓN Y COSTOS EN UN LABORATORIO FARMACÉUTICO EN BOGOTÁ, COLOMBIA.

CRISTIAN DAVID ESQUIVEL VILLAMARIN

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ D.C

2024

1

ESTUDIO DE CASO DE “REPOTENCIACIÓN DE ESTUCHADORA TECNOMACO CMT2205” PARA LA CAPTURA DE DATOS EN ÁMBITOS DE PRODUCCIÓN Y COSTOS EN UN LABORATORIO FARMACÉUTICO EN BOGOTÁ, COLOMBIA.

Investigadores:

CRISTIAN DAVID ESQUIVEL VILLAMARIN

MONOGRAFÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO –
INGENIERO INDUSTRIAL

Director:

RICARDO BELLO SOLANO

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA

FACULTDAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

BOGOTÁ D.C

2024

2

RESUMEN

En el presente documento se presenta el estudio de caso con respecto a la repotenciación del equipo de empaque “Estuchadora Tecnomaco CMT 2205”, que tiene lugar en un laboratorio farmacéutico en Bogotá, Colombia. Lo anterior para evaluar el impacto de esta repotenciación para la captura de datos en ámbitos de producción y costos. En donde por medio de una investigación descriptiva se busca caracterizar el estado inicial del equipo, para posteriormente describir los cambios que se le realizaron en términos de componentes y mejoras implementadas, para finalmente evaluar el impacto y generar un análisis final con relación a la intervención realizada. En donde en el desarrollo de este documento se podrá evidenciar como por medio de la actualización, mejora e implementación de componentes y sistemas en equipos se puede llegar a lograr optimizaciones en producción, garantizando calidad de productos, con inversiones moderadas y oportunidades de mejora.

CONTENIDO

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	9
2. JUSTIFICACIÓN	11
3. OBJETIVOS	13
3.1 Objetivo General	13
3.2 Objetivos Específicos	13
4. MARCO REFERENCIAL	14
4.1 Estado del Arte	14
4.2 Marco Histórico	17
4.3 Marco Conceptual	18
4.4 Marco Teórico	19
4.5 Marco Legal	23
5. DISEÑO METODOLÓGICO	24
5.1 Tipo de Investigación	24
5.2 Enfoque Investigativo	25
5.3 Técnicas de Recopilación de Datos	25
5.3.1 Revisión Documental	25
5.3.2 Recolección de Datos	26
5.3.3 Observación y Verificación	26
5.4 Ubicación	26
5.5 Procedimiento	28
6. FASES DEL ESTUDIO DE CASO	31
6.1 Fase 1: Caracterización Inicial del Equipo	31
6.2 Fase 2: Descripción e Implementación de Cambios	35
6.2.1 Sistema Eléctrico	36
6.2.2 Estructura del Equipo	39
6.2.3 Sistema Mecánico	41
6.2.4 Pantalla HMI	42

6.2.5 Sistema de Comunicación y Captura de Datos.....	45
6.3 Fase 3: Puesta a Punto del Equipo.....	47
6.4 Fase 4: Evaluación – Análisis Final de la Repotenciación.....	49
6.4.1 Inversión Inicial.....	49
6.4.2 Mejoras Implementadas	51
6.4.3 Impacto en la Producción	51
7. CONCLUSIONES.....	54
8. RECOMENDACIONES.....	55
9. BIBLIOGRAFIA.....	56
10. ANEXOS	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Revisión Documental	14
Tabla 2. Procedimiento	28
Tabla 3. Componentes del Tablero Eléctrico Antes de la Intervención	33
Tabla 4. Partes de la Estuchadora EST04 Antes de la Intervención.....	34
Tabla 5. Instrumentos de la EST04 Antes de la Intervención	35
Tabla 6. Componentes del Tablero Eléctrico Posterior de la Intervención	37
Tabla 7. Inversión “Repotenciación EST04”	50
Tabla 8 Unidades Producidas.....	52
Tabla 9 Unidades Rechazadas.....	52
Tabla 10 Tiempos de Parada por área de Mantenimiento	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árbol del Problema.....	10
Figura 2. Fases de la Metodología.....	30
Figura 3. Proceso de una Estuchadora.....	31
Figura 4. Ficha Técnica de la EST04 Antes de la Intervención.....	32
Figura 5. Tablero Eléctrico Antes de la Intervención.....	32
Figura 6. Chasis del Equipo Antes de la Intervención.....	34
Figura 7. Ficha Técnica de la EST04 Después de la Intervención.....	35
Figura 8. Tablero Eléctrico Posterior de la Intervención.....	36
Figura 9 Relevos Phoenix Tipo Slim de 5 pines.....	38
Figura 10. Comparación de Componentes Reemplazados.....	39
Figura 11. Sensores Implementados.....	39
Figura 12. Mandos Implementados en el Equipo.....	40
Figura 13. Estructura del Equipo.....	41
Figura 14. Pieza de Cierre de Plegadiza.....	41
Figura 15. Piezas Mecánicas Antes y Después.....	42
Figura 16. Ventana Principal Pantalla HMI.....	43
Figura 17. Interfaz de Modo Automático – Pantalla HMI.....	43
Figura 18. Interfaz de Mantenimiento – Pantalla HMI.....	44
Figura 19. Interfaz de Horómetro – Pantalla HMI.....	45
Figura 20. Tablero Eléctrico de la Raspberry PI 5.....	46
Figura 21. Comunicaciones Entre Dispositivos.....	46
Figura 22. Proceso de Puesta a Punto.....	47
Figura 23. Sensor de Detección de Tubo.....	49
Figura 24. Estuchadora Tecnomaco CMT 2205.....	51

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Cronograma de actividades EST04 – COASPHARMA S.A.S	60
Anexo 2. Permiso Coaspharma S.A.S	60

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el impacto de una repotenciación en una Estuchadora Tecnomaco CMT 2205 en un laboratorio farmacéutico en Bogotá, Colombia, para la captura de datos en ámbitos de producción y costos?

Históricamente, los procesos de empaque en laboratorios farmacéuticos han sido realizados manualmente o con un mínimo nivel de automatización, lo cual puede conllevar a errores humanos, ineficiencias y un mayor riesgo de contaminación. Con el avance de la Industria 4.0, que incluye la integración de sistemas ciber-físicos, Internet de las Cosas (IoT) y análisis de Big Data, los laboratorios farmacéuticos han comenzado a adoptar soluciones más avanzadas para automatizar sus procesos productivos. (Bernard & Fischer, 2019)

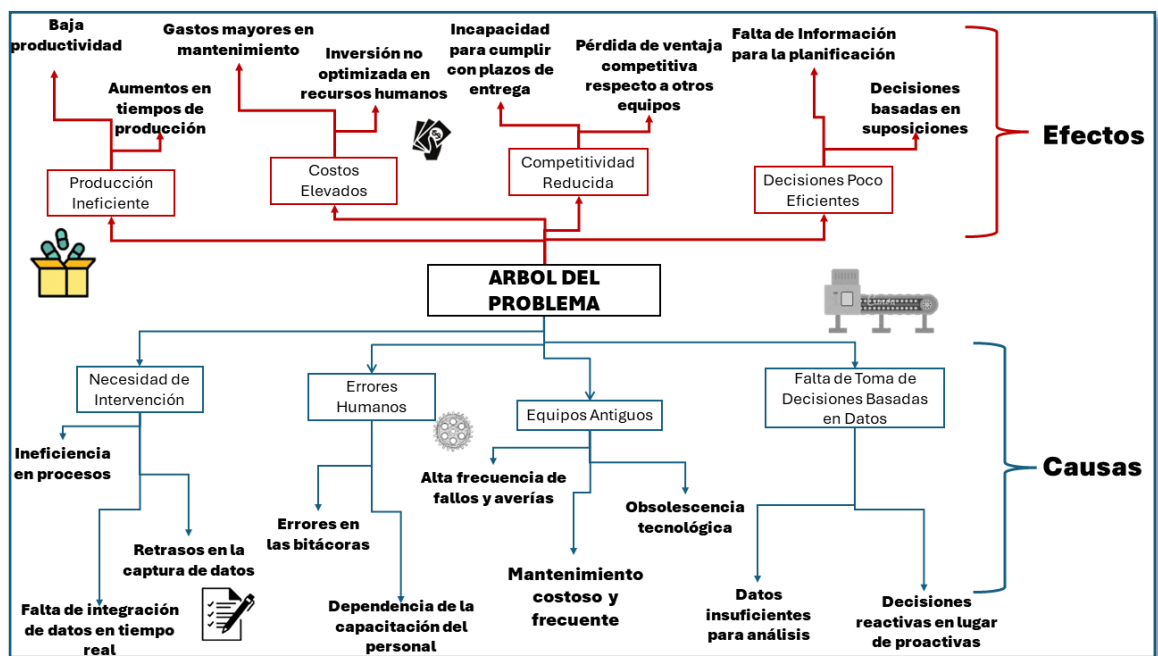
Por ello, la recolección y el análisis de datos se han convertido en actividades prioritarias para las empresas. Aquellas que no adopten estas nuevas tecnologías y automatizaciones corren el riesgo de quedarse atrás, perdiendo su ventaja competitiva y capacidad operativa máxima. En donde a largo plazo, esto puede llevar a la obsolescencia de sus procesos y productos. (Parra, 2022)

Con relación a lo anterior, se denota como la automatización y la repotenciación en la industrias en los últimos años se ha tratado como un tema de gran relevancia debido a que se proyecta y se contempla la automatización como un proceso que puede llegar a facilitar diversas actividades dentro de los flujos lógicos que requiere y utiliza cada sector industrial, proporcionando al momento de la implementación de la automatización diversos beneficios y pautas de mejoramientos como mejoramiento de estándares de calidad, reducción de tiempos de proceso, mejoramiento de relación costo – beneficio, disminución de errores humanos, entre otros. (García & Drucioc, 2021).

Ya particularmente, la industria farmacéutica en Bogotá, Colombia se observa que presenta procesos semiautomáticos, en otras palabras, se refiere que estos procesos cuentan con algunas líneas de producción con equipos de alto grado de automatización e instrumentación, pero en conjunto con operaciones y actividades que se realizan de forma manual, en especial en líneas de acabados como empaque, embalaje y estuchado. (Vallejo & Vallejo, 2006)

Además, en el caso de Colombia donde se presenta que para que el sector farmacéutico genere un aumento de la productividad se requiere una transformación digital en conjunto con la implementación de nuevas tecnologías y una automatización de procesos que permita una mejora en las líneas de producción de los diferentes procesos. (Saldarriaga & Pinzón, 2021)

Figura 1. Árbol del Problema



Fuente: Elaboración Propia.

2. JUSTIFICACIÓN

En la industria farmacéutica, la automatización de los procesos de producción y empaque buscan generar el desarrollo de la actividad en fin de mejorar la eficiencia y precisión en la ejecución de la fabricación de los medicamentos. (Pérez, 2022)

En el actual marco mundial provocados por una pandemia del COVID-19 la industria farmacéutica es un sector que debe operar con mayor precisión y estar en vanguardia para mejorar sus procesos. La capacidad de producción esta proporcionada por el equipamiento donde es factor esencial. En este sentido, los sistemas de control SCADA se han convertido en una de las tecnologías más importantes en la industria farmacéutica durante la pandemia de COVID-19. (EADIC, 2021)

Este sector siempre ha sido un entorno regulado con el propósito de mejorar y asegurar la calidad de los productos, donde se implementan tecnologías automatizadas para optimizar la producción, en conjunto al cumplimiento de las normativas internacionales para el aseguramiento de prácticas como las BPM. (Pérez, 2023)

Hoy en día la automatización industrial de equipos y procesos se posiciona como un pilar fundamental para la competitividad en el sector productivo, involucrando un uso e implementación de tecnologías, dispositivos y aparatos electrónicos que logren ese objetivo final, que es reducir en lo mayor posible la intervención humana, y obtener los beneficios que genera una automatización. (Mitsubishi Electric, 2016)

Por esto mismo, las empresas se están decidiendo por adquirir maquinaria automatizada o con posible integración de dispositivos programables versátiles que permitan tener procesos monitorizados y con adquisición de datos para la toma de decisiones por parte de la empresa. (Quinteros, Zurita, Zambrano, & Manchay, 2019)

Por lo anterior, se denota la importancia de la automatización de equipos, implementando diferentes tecnologías y elementos para controlar y monitorear tareas o actividades que el equipo tenga como funciones de operatividad, y donde, gracias a estos datos, permitan al usuario la toma de decisiones de mayor facilidad según lo observado. (Hernández, 2019).

De acuerdo a todo lo anterior se denota el modelo de fabricación del equipo el cual es del año 2002, por lo tanto, se verifica que el equipo ya presenta más de dos décadas en funcionamiento, y el desgaste en conjunto a las tecnologías originales presentan la realidad en la cual se encuentra el equipo y porque es importante su intervención.

Además, se resalta como este tipo de intervenciones tiene una trascendencia en aspectos económicos como lo pueden ser la extensión de la vida útil del equipo con una inversión inicial menor, a comparación de adquirir un equipo nuevo de características similares. Y aspectos como el aumento de la productividad y menores tiempos de parada hacen parte de la importancia de intervenir el equipo para realizar la repotenciación. De la misma forma, se resalta en ámbitos sociales como una intervención de este tipo permite una mejora en las condiciones laborales respecto a los operarios de que operan el equipo, asegurando un proceso más eficiente y con un entorno de trabajo más seguro y menos estresante.

Según todo lo anterior, este estudio de caso en el laboratorio farmacéutico Coaspharma S.A.S donde se realizó la repotenciación, permite establecer las bases para este tipo de intervenciones, expresando los grandes beneficios, así como los puntos para tener en cuenta para llevar a cabo todo este proceso de la mejor manera posible.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Describir el impacto generado por la repotenciación del equipo "estuchadora Tecnomaco cmt2205" para la captura de datos, considerando ámbitos de producción y costos en un laboratorio farmacéutico en Bogotá, Colombia.

3.2 Objetivos Específicos

Caracterizar el estado inicial del equipo de producción del proceso de empaque "Estuchadora Tecnomaco CMT 2205".

Describir los cambios de componentes y las mejoras implementadas durante la repotenciación del equipo "Estuchadora Tecnomaco CMT 2205"

Evaluar el impacto de la repotenciación del equipo "Estuchadora Tecnomaco CMT 2205" en la captura de datos, considerando aspectos de producción y costos.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Estado del Arte

Debido a la necesidad constante de mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos, la repotenciación de maquinaria en la industria farmacéutica, especialmente en la captura de datos de producción y costos, ha sido un campo de estudio activo. Este estado del arte examinará las investigaciones más recientes en este campo, centrándose en la automatización de procesos en laboratorios farmacéuticos y cómo estos avances han mejorado la eficiencia y los costos.

Tabla 1 Revisión Documental

N°	Título	Año	Tipo	Autores	Resumen
1	Repotenciación del sistema de alimentación del Laboratorio de Ensayos en Alta Tensión de una planta de fabricación de transformadores de potencia.	2015	Estudio de Caso	Julio Montes Rodríguez	Este proyecto aborda la repotenciación del sistema de alimentación del Laboratorio de Ensayos en Alta Tensión de una planta de fabricación de transformadores de potencia. El principal objetivo es analizar y resolver las limitaciones actuales del laboratorio para adecuarlo a las necesidades futuras de ensayo de transformadores de alta potencia.
2	Análisis de las condiciones de mantenimiento para la repotenciación de equipos industriales en la clínica MEDILASER S.A.	2018	Informe Final – Opción de Grado	Víctor Alfonso Toledo Orrego	Se genera un cronograma de mantenimiento enfocado a las actividades respecto a equipos industriales utilizados en la clínica, resaltando la importancia de intervenir los equipos a tiempo con esquema que implique razones y particularidades debido a las intervenciones de mantenimiento.
3	Reparación y repotenciación mediante ingeniería inversa del simulador de equipo	2023	Tesis de grado	Jaramillo Andrade, Dennis David,	Se realiza la intervención a un simulador de maquinaria pesada haciendo uso de ingeniería inversa, logrando

	pesado que permita la capacitación del personal militar en la Escuela Superior de Ingeniería Militar Gral. Guillermo Rodríguez Lara (ESINGM) en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas.			Pelaez Garzón y Kevin Marcelo	una repotenciación con mejoras al equipo y finalmente poniendo en marcha al mismo y observando un mejor desempeño
4	Repotenciación del equipo Intelligent Power Module por medio de una plataforma de sistemas de control vectorial de motores eléctricos	2016	Tesis de grado	Carlos Emilio Villalba Caballero, Jhon Emanuel Ríos Pacheco	Se realiza la repotenciación de un módulo de potencia inteligente para realizar técnicas de control en motores AC, lo anterior por medio de un software especializado y con la necesidad de utilizar el equipo adquirido que desde hace bastante tiempo no se ha podido operar. Al final logrando intervenir el equipo generando un manual de lo realizado y volviendo a disponer del equipo.
5	Diseño de repotenciación y control automático en el proceso de una línea de peletizado de la Empresa Itacol S.A. Planta Funza.	2021	Tesis de grado	Juan Pablo López Cruz	Se realiza la repotenciación y control del proceso, resaltando los elementos y herramientas que se requieren y que cumplen un rol fundamental en este tipo de desarrollos, se genera la aprobación respecto al funcionamiento, y se observan los grandes beneficios de la automatización en procesos industriales.
6	Repotenciación de una máquina enfajilladora marca DASE-SING modelo DSL-345MH	2021	Tesis de grado	Chiriboga Tapia, Charly Bryan, Joel Alejandro	Se presenta la repotenciación de una máquina enfajilladora marca DASESING modelo DSL-345MH permitiendo a la empresa cumplir requerimientos más exigentes de producción respecto a tiempos y calidad. Igualmente analizando inversión inicial y retribución al finalizar la intervención
7	Automatización de los Procesos industriales	2020	Artículo científico	Patricio Alcocer Quinteros, Mabel	Se presenta la propuesta de automatización de un proceso de fabricación de fundas para banano,

				Calero Zurita, Nivaldo Cedeño Zambrano, Esthela Lapo Manchay	cumpliendo la funcionalidad de los equipos en los 16 procesos, exponiendo como la propuesta de la implementación resulta favorable en aspectos relacionados a la productividad.
8	Los sistemas SCADA en la automatización industrial	2015	Artículo científico	Esteban Pérez López	Resalta la importancia de los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos para un fin de automatización de procesos de manufactura en la industria. Ya que este tipo de implementación permite facilitar el control y toma de decisiones.
9	Desarrollo de sistema SCADA para la automatización de células de fabricación	2021	Tesis de grado	Javier Rodríguez de la Rosa	Presenta el diseño y desarrollo de un sistema SCADA para procesos de células de fabricación. Resaltando el uso de pantallas HMI, estaciones FESTO y un sistema de comunicación que mejora tanto la velocidad como la seguridad del proceso.
10	Diseño e implementación de un SCADA para la monitorización de una central térmica	2017	Tesis de grado	Raúl Madrid Ortega	Se expone el diseño e implementación de un SCADA para la monitorización de una pequeña parte de un proceso industrial de una central térmica convencional. Implementando diversas pantallas que permiten verificar el estado de la central de forma rápida e intuitiva. Permitiendo afrontar posibles anomalías de funcionamiento de la misma.

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Marco Histórico

La evolución de la maquinaria de estuchado en la industria farmacéutica se ha dado de la siguiente manera:

La importancia del empaque farmacéutico:

El envase farmacéutico es esencial para garantizar que las propiedades físicas, químicas y biológicas de los medicamentos permanezcan intactas durante el almacenamiento y distribución. (Schultze, 2023)

Evolución del envasado farmacéutico:

Anteriormente, el envase solo cumplía las funciones de empaque básicas. En la actualidad, este se ha vuelto más sofisticado con los constantes avances, todo con el fin de brindar mayor protección, identificación y trazabilidad de medicamentos. Esto debido a que la industria farmacéutica está sujeta a estrictas regulaciones, especialmente en Estados Unidos por parte de la FDA, en cuanto a etiquetado y transparencia de los envases. (FDA, 2024)

Avances en los equipos de estuchado:

La maquinaria de envase y empaque farmacéutico ha evolucionado para cumplir con las regulaciones de seguridad, trazabilidad, y satisfacer la creciente demanda de medicamentos. En donde de igual forma, la maquinaria de estuchado farmacéutico ha evolucionado para cumplir con los crecientes requisitos normativos y de seguridad, al tiempo que aumenta la eficiencia y automatización de los procesos de envasado de medicamentos. (Emergen Research, 2024)

La historia de Tecnomaco, una empresa de tecnología y automatización industrial se remonta a sus orígenes en Italia. Tecnomaco se fundó en Aprilia, Italia, y se ha especializado en el diseño y fabricación de soluciones de automatización para los sectores farmacéutico y nutracéutico. La empresa ofrece una amplia gama de máquinas y líneas integradas para el envasado primario y secundario de productos sólidos, incluyendo soluciones para dosificación, conteo, etiquetado y empaquetado. Tecnomaco se ha posicionado como un proveedor de tecnología de

vanguardia, con capacidad para personalizar sus soluciones a las necesidades específicas de cada cliente. (TECNOMACO, 2024)

4.3 Marco Conceptual

Repotenciación: La repotenciación de equipos industriales consiste normalmente en la actualización tecnológica y la optimización de sistemas ya existentes con el objetivo de mejorar su desempeño, habitualmente reduciendo costos operativos. Todo lo anterior por medio de reemplazo e implementación de nuevos componentes y tecnologías. (López, 2021)

Automatización: La automatización refiere al uso de tecnologías y sistemas de control para la operación de equipos y procesos con una mínima o nula intervención humana. Para lo anterior se requiere una implementación conjunta de software, hardware y parametrización según la necesidad. (IBM, 2023)

HMI (Human-Machine Interface): La interfaz humano-máquina (HMI) es una interfaz que facilita la comunicación entre un usuario humano y una máquina o sistema automatizado. El propósito es facilitar la interacción, el control y el seguimiento de los procesos industriales. (Alibaba, 2022)

PLC: El controlador lógico programables un dispositivo electrónico que se utiliza para supervisar los procesos que se realizan en la industria. Debido a su capacidad para realizar tareas lógicas, secuenciales, temporizadas y de control, los PLC son esenciales para la automatización de sistemas. (Martinez, 2015)

Lenguaje de Programación: Los PLCs se programan utilizando lenguajes estandarizados, como Ladder Logic (esquema de escalera), Texto Estructurado, Diagrama de Bloques de Función, y Lista de Instrucciones. En donde se identifica la información de dispositivos de entrada para disponer tareas industriales en decisiones según los requisitos de la máquina y gracias a esto accionar unas salidas. (Ortíz, 2018)

Sensores: Los sensores son dispositivos que detectan cambios en el entorno físico o químico y convierten estas variaciones en señales eléctricas o digitales que pueden ser interpretadas por otros dispositivos, como sistemas de control o computadoras. Los sensores juegan un papel crucial en la automatización industrial al proporcionar datos precisos que facilitan la toma de decisiones y el control de procesos (Khan, 2019).

Raspberry Pi: Es una computadora diseñada para fomentar la educación en informática y el desarrollo de proyectos tecnológicos. La cual ejecuta un sistema operativo Linux capaz de ejecutar diferente tarea programada según requiera el usuario. (Raspberry, 2019)

Bases de Datos: Se considera una base de datos una recopilación organizada de información que se almacenan de forma electrónica en una configuración de estructuras de filas y columnas en una serie de tablas para que se puedan acceder, gestionar, modificar, actualizar, entre otras. (Oracle, 2014)

Servidores: Un servidor es un software o hardware que ofrece servicios a otros programas o dispositivos, denominados clientes. Los servidores pueden gestionar aplicaciones, almacenar datos, o proporcionar acceso a recursos compartidos. (Villada, 2014)

Node-Red: es una herramienta de programación visual basada en JavaScript que le permite conectar fácil y rápidamente dispositivos, APIs y servicios en línea. En donde permite al usuario programar sin tener que escribir una lengua de programación. (Dario, 2016)

4.4 Marco Teórico

La repotenciación de maquinaria implica la actualización y mejora de equipos existentes para alinear su desempeño con los estándares modernos de producción. Según estudios recientes, la repotenciación puede aumentar la capacidad de producción y reducir costos operativos (García & López, 2020).

La captura de datos en tiempo real durante el proceso de producción es vital para el monitoreo y control de la calidad. Los sistemas de captura de datos permiten la recopilación y análisis de información crucial como la velocidad de producción, el tiempo de inactividad de las máquinas y la tasa de defectos (Zhou et al., 2017). Según Siau y Tian (2019), la integración de sistemas de captura de datos con tecnologías de la Industria 4.0, como el Internet de las Cosas (IoT), puede proporcionar una visibilidad completa y en tiempo real del proceso de producción.

La toma de decisiones en los ámbitos de producción y costos se beneficia enormemente de la disponibilidad de datos precisos y oportunos. Los datos recopilados pueden analizarse para identificar tendencias, predecir fallos en el equipo y optimizar la eficiencia operativa (Davenport & Harris, 2017). La analítica de datos permite a los gerentes tomar decisiones informadas que pueden reducir costos, mejorar la productividad y asegurar la calidad del producto (Provost & Fawcett, 2013).

El análisis de costos en la producción farmacéutica incluye la evaluación de los costos directos e indirectos asociados con la fabricación de medicamentos. Los costos directos pueden incluir materias primas y mano de obra, mientras que los costos indirectos pueden abarcar la depreciación de maquinaria, costos de mantenimiento y gastos generales de producción (Drury, 2018). La repotenciación de maquinaria puede representar una inversión inicial significativa, pero potencialmente reducir los costos operativos a largo plazo mediante la mejora de la eficiencia y la reducción del tiempo de inactividad (Kaplan & Atkinson, 2015).

La repotenciación de maquinaria, como la estuchadora Tecnomaco CMT2205, implica la actualización tecnológica y la optimización de equipos existentes para mejorar su rendimiento. Según Kumar y Kumar (2019), la repotenciación puede incluir la instalación de nuevos componentes electrónicos, la mejora del software de control y la integración con sistemas de captura de datos avanzados. Estos cambios

pueden aumentar la capacidad de producción, reducir los defectos y disminuir los costos de mantenimiento.

En los laboratorios farmacéuticos existen diferentes procesos necesarios para obtener el producto terminado final, el cual estará destinado para la distribución y consumo final por parte del usuario en cuestión. Estos procesos pueden variar según el producto farmacéutico que se esté fabricando; tabletas, capsulas, ampollas, viales, soluciones, etc. (Dean, Evans, & Hall, 2000)

Hoy en día todo proceso de automatización logra aumentar los rendimientos respecto a productividad y flexibilidad, en comparación a procesos manuales que generan niveles de productividad muy bajos y con dificultades frente a eficiencia operativa. (Bortolini, Faccio, & Galizia, 2021)

En la modernidad la automatización, la manufactura, la robótica industrial, la producción de procesos industriales en conjunto con otros logros de la revolución industrial han innovado sobre bienes y servicios que se desarrollan en varios campos de acción como lo es la industria. En donde mantener procesos automatizados contribuyen a un alto desarrollo y competencia de la empresa donde se implementen. (Gryczka, 2023)

Además, se presenta como implementar interfaces por medio de una pantalla HMI permite a usuarios o personal de supervisión un mayor control y seguimiento del proceso de producción durante la ejecución de tareas del equipo, para así mismo tomar decisiones coherentes y proactivas que sumen a la producción de los productos. (Sverko & Galinac, 2024)

Igualmente, los mandos en la automatización son componentes cruciales de los sistemas de control industrial que permiten la gestión y el control del funcionamiento de máquinas y procesos automáticos. Los mandos de automatización facilitan la interacción entre el operador y el sistema de control, ofreciendo interfaces para la programación, el monitoreo y el ajuste de los parámetros del proceso (Sundararajan, 2022). Estos dispositivos pueden incluir interruptores, botones, pantallas táctiles y

sistemas de control remoto, diseñados para tareas específicas en el contexto de la automatización industrial.

De la misma manera se resalta como un hardware como Raspberry permite versatilidad y flexibilidad al estar conectado a un sistema SCADA, obteniendo beneficios como programación de código abierto y aplicaciones industriales. Presentando grandes desempeños en los sistemas de instrumentación, comunicación y control en los procesos de producción aplicados. Generando gran competencia a dispositivos de automatización clásicos de igual o mayor valor comercial. (Minchala, Peralta, & Mata, 2020)

Este tipo de intervenciones como lo son las automatizaciones y las repotenciaciones de equipos dentro de la industria farmacéutica plantea grandes retos en su implementación y funcionamiento, lo anterior debido a las regulaciones y normativas que se tiene, donde los sensores, controladores y datos permiten modos de funcionamiento automático los cuales permiten una reducción importante de la intervención humana. (Arden et al., 2021)

Para resaltar la automatización de procesos con frecuencia requiere la implementación de sistemas de control, lo que los hace estrechamente relacionados. "La automatización de procesos incorpora técnicas de control para mejorar la eficiencia y la calidad en la producción industrial", según Sembiring et al. (2017). La automatización permite la operación precisa y adaptativa de las máquinas y procesos mediante la integración de sistemas de control en la automatización.

Ya finalizando, observando todo lo anterior se presenta como la automatización de procesos está siendo un factor esencial en cada industria, en donde la calidad, la producción y la satisfacción del cliente están siendo mejoradas a través de los procesos automatizados. La automatización y mejora de estos procesos se logran por medio de la implementación de sensores, microcontroladores y protocolos de

comunicación. Y en donde la actuación de estos sistemas avanzados de manufactura se desarrolla por medio de la Industria IoT. (Sundari et al., 2021)

Así mismo, como la recolección de datos de cada operación de producción es a menudo una tarea manual pero fundamental en el proceso. Por lo tanto, el proceso de fabricación farmacéutica convencional necesita ser modernizado, para recolectar los datos operacionales de cada proceso automáticamente y en tiempo real, mejora la cual marcaría la diferencia. (Singh, 2018)

Para así finalmente lograr que los métodos tradicionales utilizados aun en la industria farmacéutica sean actualizados, logran optimizar procesos, reducir tiempos, mejorar productividad y calidad, y hasta mejorar el entendimiento sobre el proceso. Esto implica grandes retos respecto a herramientas y dispositivos aplicados, que de igual manera una vez automatizado los procesos de manufactura se observan oportunidades de mejoras por aplicar, por ende, una constante mejora que siempre se buscara. (Destro, Srisuma, & Inguva, 2024)

4.5 Marco Legal

El marco legal aplicable a las acciones realizadas durante la ejecución del proyecto está motivado y fundamentado básicamente en los siguientes lineamientos mencionados a continuación:

- Resolución 1160 del 2016
Es la resolución que establece los manuales de “Buenas Prácticas de Manufactura” y “Guías de Inspección” de laboratorios o establecimientos de producción de medicamentos para obtener la certificación de cumplimiento de BMP. La estuchadora Tecnomaco CMT 2205 al estar relacionada al proceso de empaque de productos farmacéuticos debe cumplir con las Buenas Prácticas de Manufactura que le apliquen. (FAO, 2024)
- Norma ISO 9001:2015

Esta norma internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión de calidad cuando una organización necesita demostrar su capacidad para proporcionar productos y servicios que cumplan con los requisitos del cliente y los reglamentarios aplicables. La actualización y repotenciación de la maquinaria debe alinearse con esta norma para asegurar la mejora continua y la satisfacción del cliente (ISO, 2015)

- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE):
Este reglamento es esencial para asegurar que todas las instalaciones eléctricas involucradas en la repotenciación de la estuchadora Tecnomaco CMT2205 cumplan con los requisitos técnicos de seguridad establecidos, minimizando riesgos eléctricos para los operarios y el equipo. (Ministerio de Minas y Energía, 2013)

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 Tipo de Investigación

Para este tipo de proyecto se utiliza un tipo de investigación descriptiva, ya que al tratarse de un caso de estudio sobre el impacto de una repotenciación en la Estuchadora Tecnomaco CMT 2205, se tiene como pilar fundamental describir y analizar los procesos que se tenían en la estuchadora antes y después de la intervención, para finalmente concluir con una evaluación del impacto de la implementación en la captura de datos en ámbitos de producción y costos.

5.2 Enfoque Investigativo

Para el caso de estudio en este proyecto, se llevará a cabo a través de una metodología de tipo mixto, tanto cualitativa y cuantitativamente, enfocada en la descripción inicial y posterior del equipo, en términos de operatividad y funcionamiento. Además de una recolección de datos numéricos y análisis estadísticos, que proporcionen una base sólida para comprender el caso en detalle y permitan concluir el impacto que genera la intervención realizada en ámbitos de costos y producción con relación a unidades producidas durante un periodo de tiempo, inversión inicial, rendimientos, beneficios y opciones de mejoras.

5.3 Técnicas de Recopilación de Datos

Para el desarrollo del presenta caso de estudio con respecto a la repotenciación de la Estuchadora Tecnomaco CMT2205 para la captura de datos en ámbitos de producción y costos en un laboratorio farmacéutico en Bogotá, Colombia. Se presentan las siguientes tres técnicas e instrumentos de recolección de información de datos que son necesarias para el desarrollo del documento presente.

5.3.1 Revisión Documental

En primera instancia, se tendrá una revisión de antecedentes e históricos con respecto a proyectos similares en donde se pueda observar intervenciones a equipos industriales con objetivos de repotenciación y automatización. De esta manera, tener precedentes en el desarrollo del documento, y generar una base sólida con respecto a la planeación generada y ejecución del proyecto en cuestión. Posteriormente se verifican fichas técnicas, procedimientos y manuales que se tengan de la Estuchadora Tecnomaco CMT 2205, logrando así tener un punto de referencia de cómo se tenía originalmente el equipo en comparación al estado posterior de la intervención, esto permitirá dar paso a un verificación de componentes, características y funcionalidades de la Estuchadora. Todo lo anterior

para tener un punto de referencia del estado general previo a la intervención del equipo y permitir comparar un antes y después de la repotenciación, para que de esta forma facilite el análisis y evaluación final del impacto de esta repotenciación en la captura de datos en ámbitos de producción y costos.

5.3.2 Recolección de Datos

Para la recolección de datos respecto a la operatividad del equipo, se presentan herramientas las cuales nos faciliten la verificación y recolección de información, en donde las *bitácoras de la estuchadora* permitirán la adquisición de estos datos, ya que son en estas bitácoras donde se digitan a mano los datos fundamentales como unidades producidas, tiempos de operación, tiempos de parada, entre otros. De igual forma, la recolección de datos por medio de la interfaz del equipo después de la intervención se presenta como un medio para poder obtener los datos requeridos y tener la capacidad de compararlos para finalmente elaborar los resultados finales del impacto de la repotenciación.

5.3.3 Observación y Verificación

Finalmente, se tiene la observación y verificación como herramienta para la comprobación del funcionamiento y operatividad del equipo, en donde en etapas como la puesta a punto posterior a la repotenciación permitirá el correcto acondicionamiento de la máquina para iniciar proceso de producción. Las pruebas realizadas, así como el comportamiento del equipo serán necesarias para verificar el cumplimiento de todas las características y parámetros de control que se establecieron para el funcionamiento de la Estuchadora.

5.4 Ubicación

El presente estudio de caso de la repotenciación de la estuchadora Tecnomaco CMT2205 tiene lugar en el laboratorio farmacéutico Coaspharma S.A.S en Bogotá, Colombia. El cual es una empresa colombiana especializada en el desarrollo, fabricación y comercialización de productos farmacéuticos y cosméticos para uso

humano y veterinario. El laboratorio cuenta con dos sedes en Bogotá D.C, la sede de Ricaurte y la sede de Paloquemao. En donde la estuchadora en cuestión de código interno “EST04”, se encuentra ubicada en la sede de Ricaurte, en el área de operaciones manuales como un equipo fundamental en el proceso de empaque de productos semisólidos como son las cremas de presentación de 40 y 50 gramos.

5.5 Procedimiento

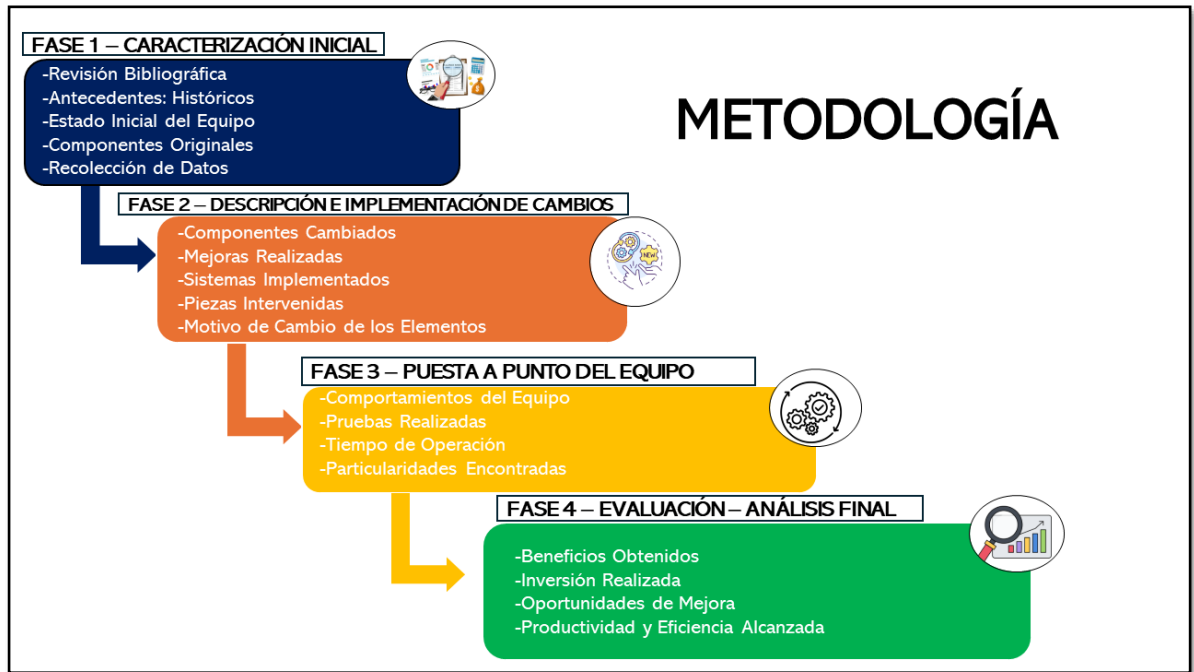
Tabla 2. Procedimiento

Objetivo General		
<p>Describir el impacto generado por la repotenciación del equipo "estuchadora Tecnomaco CMT 2205" para la captura de datos, considerando ámbitos de producción y costos en un laboratorio farmacéutico en Bogotá, Colombia.</p>		
Objetivo Especifico	Fase	Actividades
<p>Caracterizar el estado inicial del equipo de producción del proceso de empaque "Estuchadora Tecnomaco CMT 2205".</p>	<p>Recopilación de Información</p>	<p>Realizar consultas en bases de datos, artículos científicos, antecedentes e históricos acerca intervenciones en equipos industriales con objetivos de repotenciación y automatizaciones.</p>
		<p>Consulta de fichas técnicas, manuales, procedimientos y diagramas del equipo.</p>
	<p>Caracterización de la Estuchadora Tecnomaco CMT 2205</p>	<p>Verificar el estado físico de los sistemas, componentes, mecanismos y dispositivos que presenta el equipo.</p>

Objetivo Específicos	Fase	Actividades
<p>Describir los cambios de componentes y las mejoras implementadas durante la repotenciación del equipo "Estuchadora Tecnomaco CMT 2205"</p>	<p>Descripción e implementación de cambios en la Estuchadora.</p>	<p>Verificar los componentes que se cambiaron en la repotenciación de la Estuchadora.</p>
		<p>Comprobar las mejoras implementadas en el equipo.</p>
	<p>Puesta a punto del equipo</p>	<p>Verificar el comportamiento, operación y funcionamiento posterior a la repotenciación de la Estuchadora.</p>
		<p>Verificar particularidades y pruebas realizadas que fueron necesarias para el acondicionamiento.</p>
<p>Evaluar el impacto de la repotenciación del equipo "Estuchadora Tecnomaco CMT 2205" en la captura de datos, considerando aspectos de producción y costos.</p>	<p>Evaluación – análisis final de la intervención</p>	<p>Verificar beneficios obtenidos de la intervención</p>
		<p>Analizar la inversión realizada con respecto al rendimiento y productividad mejorada.</p>
		<p>Comparar la producción en términos de tiempos y unidades el antes y después del equipo con respecto a la intervención.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Fases de la Metodología



Fuente: Elaboración propia

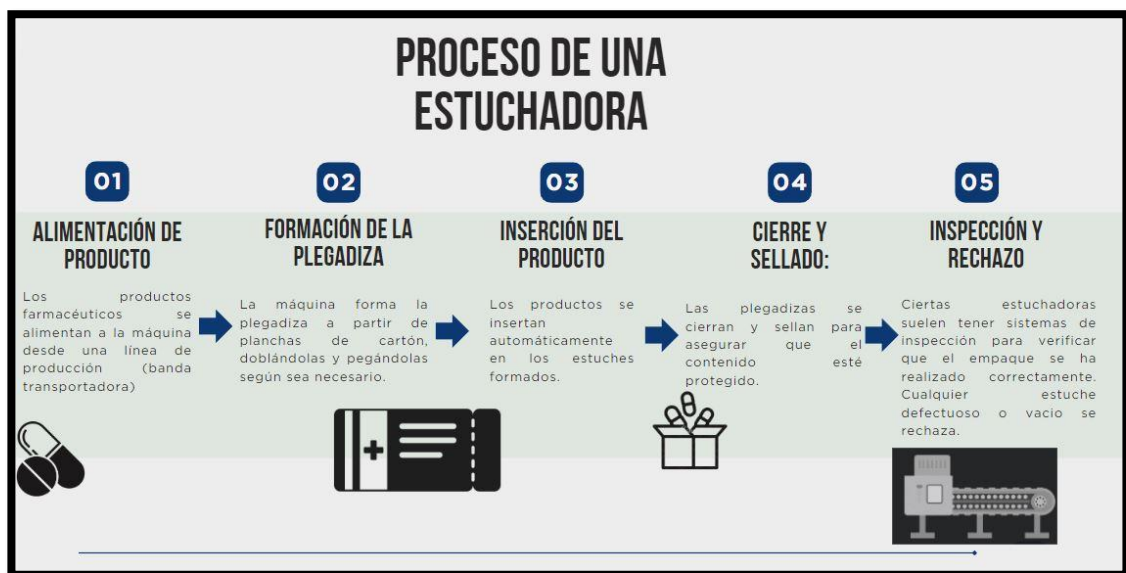
6. FASES DEL ESTUDIO DE CASO

6.1 Fase 1: Caracterización Inicial del Equipo

Para iniciar con la descripción inicial del equipo, se reconoció el proceso de funcionamiento básico de una estuchadora. En donde se identificó las estuchadoras como equipos que dentro de la industria farmacéutica son utilizados para empaquetar productos farmacéuticos, como tabletas, capsulas, ampollas, viales, cremas, entre otras. Dependiendo del producto en cuestión a empaquetar, la estuchadora podrá tener diferente operación, pero con la misma función. Todo lo anterior para asegurar que los productos farmacéuticos se empaquen de una manera eficiente, segura y cumpliendo con las regulaciones del sector.

La estuchadoras están diseñadas para automatizar el proceso de empaque, lo cual ayuda a reducir errores humanos, lograr aumentar la velocidad y consistencia del empaque. (TECNOMACO, 2021)

Figura 3. Proceso de una Estuchadora



Fuente: Elaboración Propia

Una vez identificado el proceso de funcionamiento de una estuchadora, se continúa verificando manuales, fichas técnicas y recolectando evidencias del estado inicial del equipo antes de la intervención. De este modo se tendrá un antecedente para un punto de comparación respecto a cómo se encontraba el equipo. Por todo lo anterior, se comenzó con una ficha técnica del equipo, la cual expone características básicas de la estuchadora en términos de operatividad, tablero eléctrico, chasis del equipo y componentes principales.

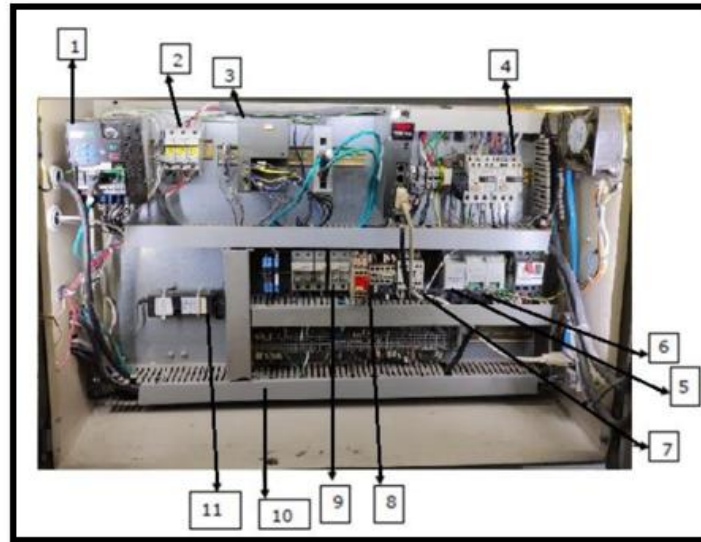
Figura 4. Ficha Técnica de la EST04 Antes de la Intervención

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO									
Nombre del Equipo:	Estuchadora 04		Ubicación:	Sede Ricaurte					
Fabricante:	Tecnomaco Italia		Área:	Operaciones Manuales					
Modelo:	CMT		Código de	EST04					
Número de Serie:	2205		Identificación:						
CARACTERÍSTICAS GENERALES									
Capacidad:	30-35 und/min	Voltaje	220 VAC	RPM:	1695	Potencia:	0.86KW	Corriente:	3.3 -3.5 A
Frecuencia:	60 Hz	Otros:	Acero inoxidable 304 STD Estructura en fundición, banda trasportadora: Material Poliuretano						
DIMENSIONES									
Peso	500 Kg	Altura	1900 mm	Ancho	1540 mm	Largo	2450mm		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				REGISTRO FOGOGRAFICO					
Estuchadora Automática Tecnomaco Capacidad máxima de producción- 30-35 und/min Presentaciones de tubo 40-50 gr Voltaje 220 VAC Aire comprimido: 60-80 PSI (Libre de agua aceite y filtrado de 5 m) Motor principal de 0,75 Kw - RPM 1695 - 220 VAC Variador Allen - Bradley PLC marca Allen - Bradley									
FUNCIÓN									
La estuchadora automática está diseñada para colocar tubos colapsibles de 40-50 gramos en plegadizas. El funcionamiento de la estuchadora empieza con la apertura de las cajas de carton, y al mismo tiempo prepara los tubos para introducirlos en el estuche que más tarde introducirá en las cajas correspondientes, según las especificaciones de cada fabricante.									

Fuente: Elaboración Propia

De la misma forma se verifico el tablero eléctrico del equipo, en donde en la Figura 5 se resaltaron los principales componentes que presentaba y la distribución dentro del tablero. Y en la Tabla 3 se resaltan las características de los componentes del tablero eléctrico.

Figura 5. Tablero Eléctrico Antes de la Intervención



Fuente: Elaboración Propia.

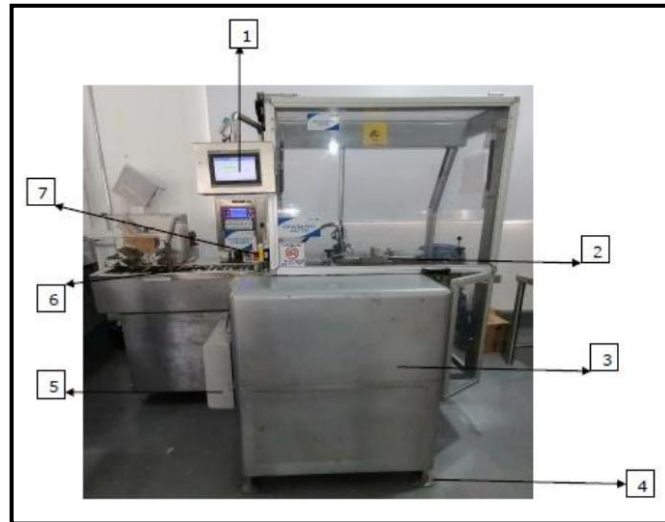
Tabla 3. Componentes del Tablero Eléctrico Antes de la Intervención

ITEM	NOMBRE	ESPECIFICACIONES
1	Variador de Velocidad	Allen-Bradley 1HP-5A - 220VAC
2	Bloque de Fusibles de Alimentación	32A
3	Fuente de Voltaje 24VDC	Siemens 24VDC-2A
4	Guarda Motores	1.3 -1.6 A / 9-12A
5	Modulo Principal del PLC	Allen Bradley
6	Bloques de Entrada y Salida PLC	Allen-Bradley 12 Input - 7 Output
7	Contactador	24VDC - 9A
8	Rele de Protección	-
9	Bloque de Fusibles Protección	250 mA
10	Canaleta Ranurada	N/A
11	Alimentación Luz Led	Cargador 110VAC
-	Motor Principal	Siemens 1 HP - 220VDC
-	HMI	Allen-Bradley V800 7"
-	Bomba de Vacío	CSM 1/2 HP 220VAC

Fuente: Elaboración Propia.

Así mismo, se verificó el apartado del chasis del equipo. En donde en la Figura 6 se puede observar las características principales que presentaba el equipo como guardas de seguridad, la pantalla HMI, entre otros.

Figura 6. Chasis del Equipo Antes de la Intervención



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Partes de la Estuchadora EST04 Antes de la Intervención

ITEM	NOMBRE
1	Pantalla HMI
2	Puerta Principal
3	Guarda Sistema de Transmisión
4	Niveladores
5	Guarda de Volante Manual
6	Banda Transportadora Canjilones
7	Paro de Emergencia

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se relacionan los instrumentos y elementos principales de la Estuchadora Tecnomaco CMT 2205, en donde de igual manera se describe la función de cada uno.

Tabla 5. Instrumentos de la EST04 Antes de la Intervención

INSTRUMENTOS DEL EQUIPO		
INSTRUMENTO	REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
PLC	Allen - Bradley 2080-LC20-20QBB	Controlador Lógico Programable 12IN /7 OUT
Variador de Velocidad	Allen-Bradley 1HP-5A - 220VAC	Controlar velocidad del motor
Motor	Siemens 1 HP - 220VDC	Transmisión de movimiento al sistema mecánico
Bomba de Vacío	CSM 1/2 HP 220VAC	Generador de presión negativa para avance de plegadiza
Pantalla HMI	Allen-Bradley V800 7"	Interfaz gráfica y táctil del sistema
Micros de Seguridad	220VAC - 6A	Contactos NC para la protección de los operarios respecto a las guardas de seguridad
Fuente de Voltaje	Siemens 24VDC-2A	Fuente que suministra voltaje 24VDC


Fuente: Elaboración propia.

Con toda la información anterior, se tiene un punto de referencia de cómo se encontraba compuesta la Estuchadora Tecnomaco CMT 2205, y se pueden observar ciertos apartados particulares. El equipo contaba con la mayoría de los componentes de la marca Allen – Bradley, considerando que los softwares para esta marca son de paga, se tendría como limitante que para cualquier configuración o modificación interna de la programación se tendría que comprar primeramente el software de programación.

6.2 Fase 2: Descripción e Implementación de Cambios

La repotenciación de la Estuchadora Tecnomaco CMT 2205 tenía como objetivo cambiar componentes que se encontraban deshabilitados o en mal estado. De la misma forma, en el mismo tiempo de intervención realizarle mantenimiento a las partes mecánicas que presentaban desgaste, en donde de igual forma el motor principal y la bomba de vacío se les realiza mantenimiento general por parte de un tercero, para garantizar que todos los sistemas del equipo estuvieran en buenas condiciones. En este orden de ideas se relaciona nuevamente la ficha técnica del equipo actualizada, posterior a la repotenciación realizada.

Figura 7. Ficha Técnica de la EST04 Después de la Intervención

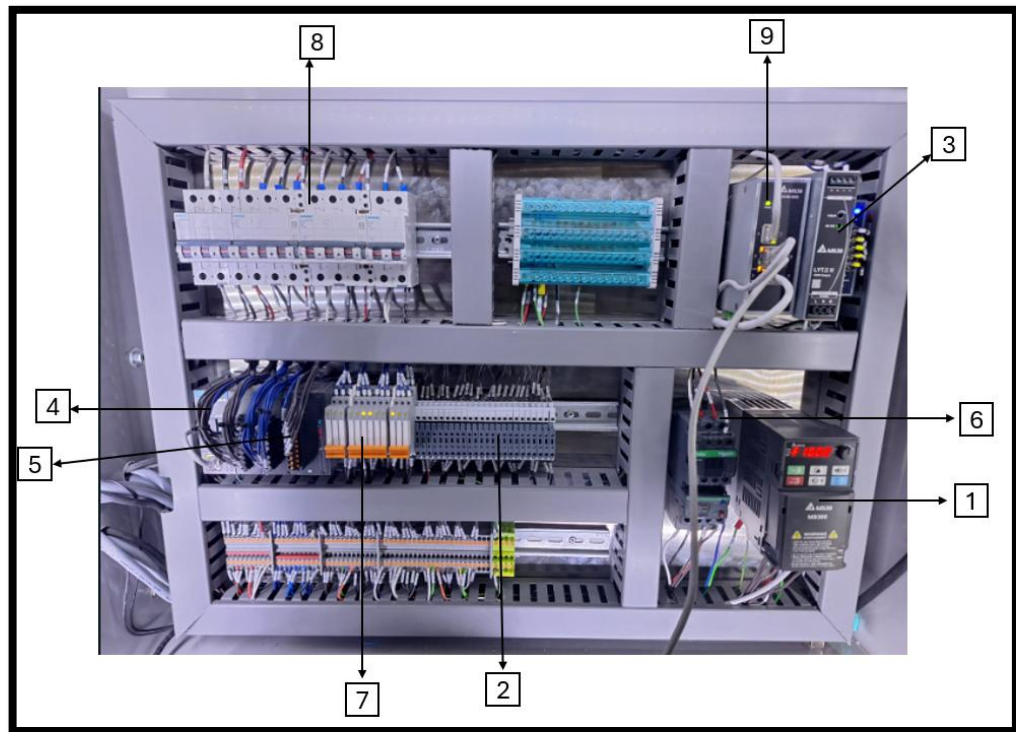
FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO									
Nombre del Equipo:	Estuchadora 04		Ubicación:	Sede Ricaurte					
Fabricante:	Tecnomaco Italia		Área:	Operaciones Manuales					
Modelo:	CMT		Código de	EST04					
Número de Serie:	2205		Identificación:						
CARACTERÍSTICAS GENERALES									
Capacidad:	67 und/min	Voltaje	220 VAC	RPM:	1695	Potencia:	0.86KW	Corriente:	4-4.5A
Frecuencia:	60 Hz	Otros:	Acero inoxidable 304 STD Estructura en fundición, banda transportadora: Material Poliuretano						
DIMENSIONES									
Peso	500 Kg	Altura	1930 mm	Ancho	1540 mm	Largo	2450mm		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				REGISTRO FOGOGRÁFICO					
Estuchadora Automática Tecnomaco Capacidad máxima de producción- 67 und/min Presentaciones de tubo 40-50 gr Voltaje 220 VAC Aire comprimido: 60-80 PSI (Libre de agua aceite y filtrado de 5 m) Motor principal de 0,75 Kw - RPM 1695 - 220 VAC Pantalla HMI Delta PLC Delta									
FUNCIÓN									
La estuchadora automática está diseñada para colocar tubos colapsibles de 30-40-50 gramos en plegadizas. El funcionamiento de la estuchadora empieza con la apertura de las cajas de carton, y al mismo tiempo prepara los tubos para introducirlos en el estuche que más tarde introducirá en las cajas correspondientes, según las especificaciones de cada fabricante.									

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.1 Sistema Eléctrico

De la misma forma, el tablero eléctrico en el momento que se intervino tuvo diferentes cambios en los componentes que presentaba. Esto con el fin de garantizar una mejor operatividad del equipo e intervenciones más sencillas. Entre los principales cambios que se efectuaron se denota la implementación de componentes de la marca Delta, la cual se implementó por su gran oferta en el mercado, sus costos considerables, y la característica de “Open Source” para los softwares de programación.

Figura 8. Tablero Eléctrico Posterior de la Intervención



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6. Componentes del Tablero Eléctrico Posterior de la Intervención

ITEM	NOMBRE	ESPECIFICACIONES
1	Variador de Velocidad	Delta MS300 1HP - 220VAC
2	Bloque de Fusibles de Entrada al PLC	250 mA
3	Fuente de Voltaje 24VDC	DELTA DRL -24VDC 5A OUT
4	Modulo Principal del PLC	DELTA 16 IN - 12 OUT
5	Bloques de Entrada y Salida PLC	DELTA 8 IN - 8 OUT
6	Contactora + Rele Termico	Schneider 9A - 24VDC
7	Relevos - Salida del PLC	24VDC
8	Breakers Siemens + Contactos Auxiliares	10A-4A
9	Interruptor Ethernet	DELTA DVS-005
-	Motor Principal	Siemens 1 HP - 220VDC
-	HMI	DELTA DOP-107EV 7"
-	Bomba de Vacio	CSM 1/2 HP 220VAC

Fuente: Elaboración Propia

Ya en este punto, se puede observar diferentes mejoras implementadas en el tablero eléctrico:

Organización y Disposición de componentes: Se puede observar primeramente una mejor disposición y organización de tablero eléctrico, lo que facilita y permite que las verificaciones de señales y voltajes a futuro sean más sencillas, lo que, a su vez, en conjunto a los planos eléctricos elaborados del nuevo tablero, permiten que la persona que requiera intervenir y verificar el equipo con respecto a la parte eléctrica gaste menos tiempo.

Protecciones Eléctricas: Como mejora en el diseño del tablero eléctrico se implementó *un bloque de fusibles de 250mA* a la entrada de las señales del PLC y el módulo adicional. Esto con el fin de proteger ante cualquier eventualidad de corto circuito. De igual forma, se implementó *relevos Phoenix tipo Slim de 5 pines* con testigo a la salida del PLC, para tener protecciones eléctricas y asegurar la integridad del PLC, así como en el módulo de entradas y salidas adicional del PLC.

Figura 9 Relevos Phoenix Tipo Slim de 5 pines



Fuente: (Phoenix Contact, 2024)

Componentes de la Marca DELTA: Al implementar este tablero eléctrico varios componentes fueron reemplazados, entre estos se encuentran el PLC, variador de frecuencia, la pantalla HMI, fuente de voltaje y el interruptor Ethernet Cabe resaltar que todos estos componentes fueron adquiridos según las necesidades y características que requería el equipo, donde se buscaba una sinergia entre los componentes y obteniendo beneficios como costos modestos de la marca Delta,

comunicación entre los componentes, y softwares para la programación del PLC, así como la pantalla HMI que sean “Open Source” como lo es el software DOPSOFT.

Figura 10. Comparación de Componentes Reemplazados



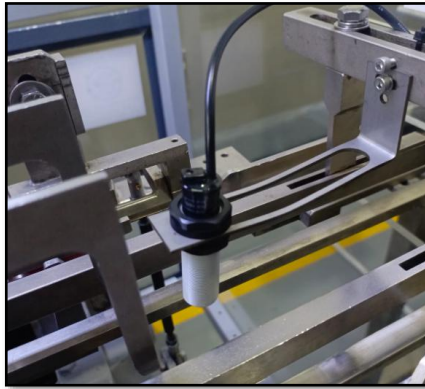
Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2 Estructura del Equipo

Continuando, en el apartado de la estructura del equipo se implementan nuevos elementos que tenían como fin garantizar un uso y operatividad adecuada del equipo en relación operario – máquina. Para de esta forma generar que el equipo fuera lo más seguro, sencillo y amigable posible.

Sensores Implementados: Inicialmente se presenta como por medio de la instalación de sensores capacitivos y ópticos, que tienen la función de detectar plegadiza, tubo de producto y unidades producidas. Permitted un mayor control y seguimiento del equipo. Así mismo generando restricciones en la programación que mejoren la funcionalidad y operatividad del equipo. En donde también se resaltan los sensores de guardas de seguridad, que garantizan la operatividad del equipo siempre bajo parámetros en donde se prioriza la seguridad del operario.

Figura 11. Sensores Implementados



Fuente: Elaboración Propia

Mandos Implementados: De igual manera, con la instalación de mandos como el “Jog”, paros de emergencia, y la interfaz de la pantalla HMI. Se garantiza que la estructura del equipo sea amigable y de sencillo uso para el operario. En donde la operatividad de la Estuchadora pueda generar confianza y facilidades en todo momento.

Figura 12. Mandos Implementados en el Equipo



Fuente: Elaboración Propia

Chasis del Equipo: En cuanto a la estructura física de la Estuchadora, se presenta como en apartados como los acrílicos, el tablero eléctrico o las cubiertas del equipo,

fueron necesarios ajustes y diseños para los elementos que se implementaron. Lo anterior garantizando un orden estético y funcional que genere una imagen de renovación a la máquina.

Figura 13. Estructura del Equipo



Fuente: Elaboración Propia.

6.2.3 Sistema Mecánico

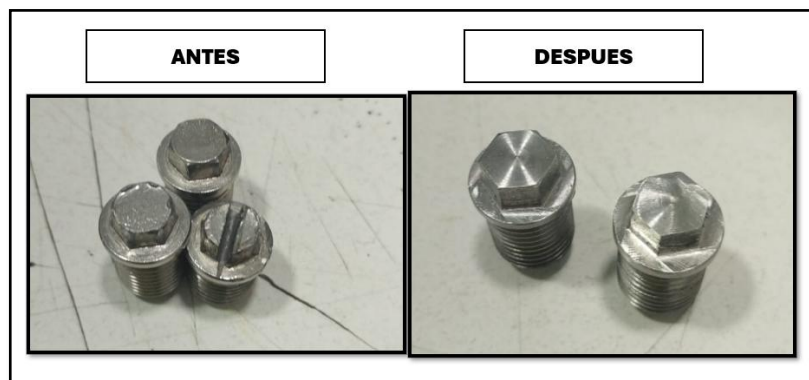
Se resalta que la estuchadora al ser un equipo en donde su mecanismo corresponde en gran parte a todo el sistema mecánico de transmisiones, tiempos y cierres. Las partes mecánicas cumplen un papel fundamental para el correcto funcionamiento y operatividad de todo el equipo. Por esto mismo, se observa que la intervención de la estuchadora con respecto al sistema mecánico se basó en realizar mantenimiento o dado caso fabricar nuevas piezas, para el correcto desempeño de sistemas en donde se hubiera evidenciado desgaste tiempo y uso.

Figura 14. Pieza de Cierre de Plegadiza



Fuente: Elaboración Propia

Figura 15. Piezas Mecánicas Antes y Después



Fuente: Elaboración Propia

6.2.4 Pantalla HMI

Ya con la instalación e intervención de todos los componentes y sistemas previamente mencionados, dio como resultado que se pudiera implementar la pantalla HMI y desde esta misma en conjunto al PLC, empezar a generar la interfaz a la cual el operario tuviera acceso, pero de igual forma generar una interfaz de la pantalla en la cual el equipo de mantenimiento pudiera observar el estado de todos los sensores los cuales la estuchadora necesitara para poder arrancar en modo automático.

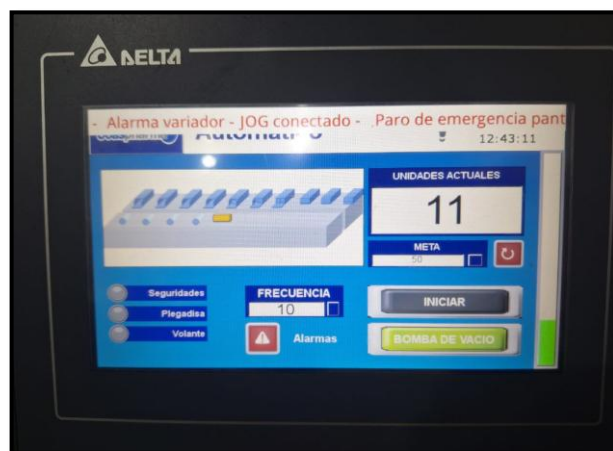
Figura 16. Ventana Principal Pantalla HMI



Fuente: Elaboración propia.

En la **interfaz de automático** se presenta la frecuencia con la cual está trabajando el equipo, la cual es modificable por parte del operario hasta un límite, muestra un contador de unidades producidas en relación con una meta preestablecida. Y el estado de ciertos sensores específicos, así como la bomba de vacío, los cuales son requeridos para poder iniciar el equipo en automático.

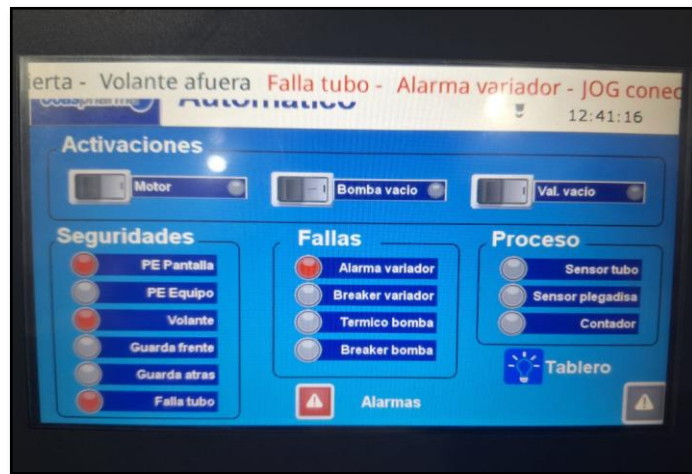
Figura 17. Interfaz de Modo Automático – Pantalla HMI



Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, en la interfaz de **mantenimiento**, se estará visualizando el estado de todos los sensores con respecto a seguridades, sensores respecto al proceso y fallas que pueda arrojar el equipo en cuanto al tablero eléctrico. Además de tener la posibilidad de activar manualmente el motor principal y el sistema de vacío del equipo, lo anterior para poder realizar pruebas o acondicionamientos que se requieran.

Figura 18. Interfaz de Mantenimiento – Pantalla HMI

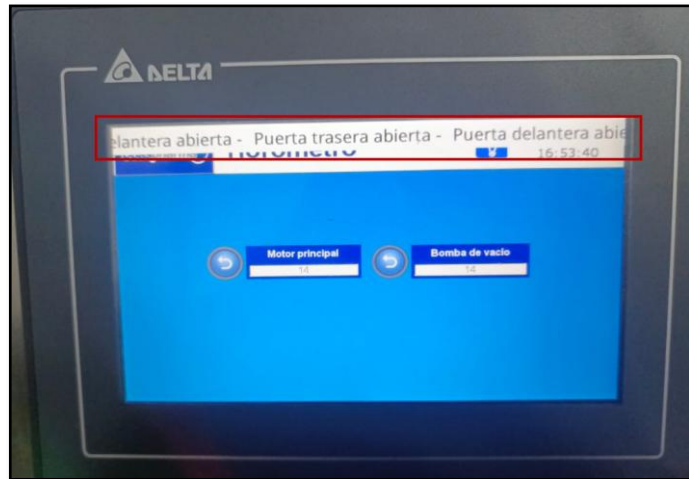


Fuente: Elaboración Propia.

Y por último en la interfaz de horómetro, se tienen un contador de horas trabajadas respecto al motor principal y a la bomba de vacío, esto para tener datos respecto a tiempos de trabajo de las máquinas eléctricas principales del equipo, y de la misma forma poder hacerle seguimiento, que resultaran en intervenciones de mantenimiento a tiempo.

Se resalta que, de igual manera, en todas las interfaces siempre están apareciendo avisos respecto al estado de los sensores que se requieran para arrancar el equipo.

Figura 19. Interfaz de Horómetro – Pantalla HMI



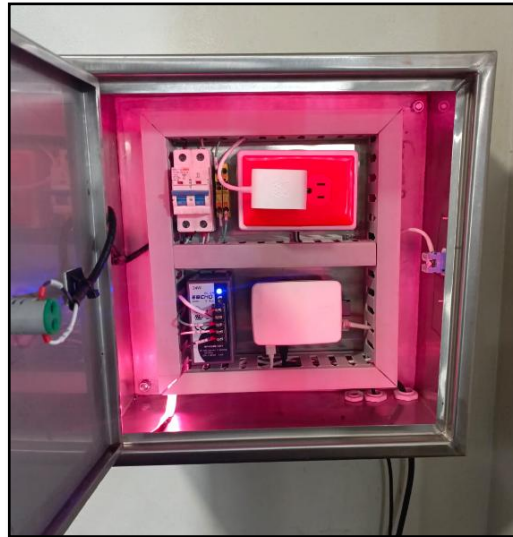
Elaboración Propia.

6.2.5 Sistema de Comunicación y Captura de Datos

Ya por último se presenta el sistema de comunicación y captura de datos del equipo, gracias a todas los componentes reemplazados, mejoras implementadas y sistemas intervenidos, el equipo quedo con la capacidad de enviar información respecto a datos de unidades producidas, tiempos de producción y tiempos de intervención de mantenimiento. Por lo cual se implementó un sistema automatizado de captura de datos, esto mediante los siguientes componentes:

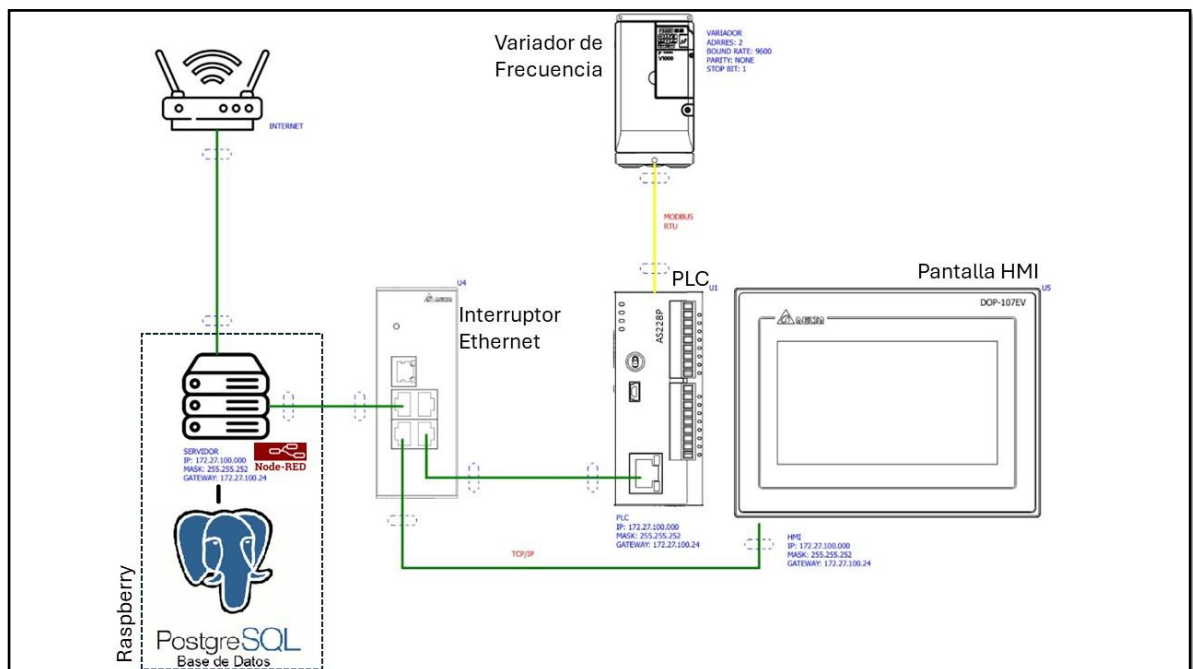
Raspberry PI 5: Por medio de una Raspberry la cual tiene un sistema de distribución de Linux, en este caso *Raspbian*, en la cual se instaló *Node-Red* para poder tener un servidor, y en donde de igual forma se tiene *PostgreSQL* para tener una base de datos donde enviar los datos de interés de la Estuchadora, se posibilito una comunicación entre los principales componentes para que de esta forma los datos de unidades producidas, tiempos de producción y tiempos de intervención de mantenimiento se enviaran a la base de datos y poder visualizarlos de igual manera en una interfaz gráfica.

Figura 20. Tablero Eléctrico de la Raspberry PI 5



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Comunicaciones Entre Dispositivos



Fuente: Elaboración propia.

6.3 Fase 3: Puesta a Punto del Equipo

Posteriormente de toda la intervención e instalación de los componentes y sistemas, se prosiguió con la etapa de puesta a punto y acondicionamiento inicial, en la cual el propósito es preparar el equipo para iniciar proceso de producción de acuerdo con el producto que designen. Por lo tanto, después de una intervención de esta magnitud, como lo es una repotenciación, se requiere acondicionar el equipo nuevamente para trabajar, lo cual es una excelente oportunidad para realizar ajustes mínimos como los siguientes:

Parada en Fase: La parada en fase de un equipo industrial se puede considerar como encontrar el punto cero del equipo con respecto a los tiempos mecánicos de la transmisión y el control de la máquina. En equipos como la Estuchadora en cuestión, que son máquinas “muy mecánicas” con relación a tiempos de operación, se pretende dejar todos los mecanismos abiertos inicialmente, lo anterior claramente haciendo pruebas de avance por pulsos por medio de un “Jog” o por medio del volante del equipo. Para que, en conjunto a la plegadiza y tubo de prueba, se pueda acondicionar y preparar el equipo para reanudar operación nuevamente.

Figura 22. Proceso de Puesta a Punto



Fuente: Elaboración propia.

Acondicionamiento de Sensores en Proceso: Asimismo el acondicionamiento de los sensores es fundamental, debido a que estos elementos dependen en gran medida al ajuste requerido en el proceso de producción, por lo cual después de una intervención de esta magnitud como lo es una repotenciación, sea hace necesario que además de instalar y conectar el sensor, se ajusten los sensores del equipo ya sea físicamente para que se encuentren en la posición adecuada y detecten los objetos, o por medio de programación con cierta parametrización para el correcto funcionamiento del equipo. Cabe resaltar que el lenguaje de programación del PLC del equipo es Ladder.

Figura 23. Sensor de Detección de Tubo



Fuente: Elaboración propia

6.4 Fase 4: Evaluación – Análisis Final de la Repotenciación

Gracias a todo lo anteriormente expuesto, en esta etapa final del estudio de caso, se vuelve necesario generar una evaluación y análisis de los resultados obtenidos con la repotenciación de la estuchadora Tecnomaco CMT2205. En donde se busca generar un análisis integral que comprenda diversos aspectos clave, pero con enfoque de producción y costos. A continuación, se presentan los principales hallazgos y conclusiones de este análisis:

6.4.1 Inversión Inicial

La repotenciación de la estuchadora Tecnomaco CMT2205 requirió de una inversión total de \$28,821,288 COP, en donde este valor se divide principalmente en dos apartados:

Servicios: Que hacen referencia a toda actividad por parte de un tercero en intervención de mecanizados de piezas, mantenimientos a motores y bombas, reparaciones de sistemas mecánicos, entre otros.

Repuestos y Productos de Mantenimiento: Que se refiere a todo producto o repuesto que se solicitó para cambiar, reemplazar e instalar en el equipo.

Este valor de inversión se vio justificado en la necesidad de:

- Aumentar la eficiencia de producción.
- Mejorar procesos de operación.
- Garantizar la integridad de los componentes y sistemas del equipo.
- Reforzar la seguridad de operación hacia los operarios.
- Mejorar tiempos de producción.
- Reducir tiempos de parada.
- Habilitar nuevos sistemas como la captura de datos automática

Por lo tanto, se observa que, aunque la inversión es considerable, se justifica con respecto a los beneficios y mejoras que permite una repotenciación en un equipo como la Estuchadora Tecnomaco CMT 2205. Y teniendo presente que una estuchadora nueva de características y necesidades similares tiene un precio alrededor en el mercado de \$426.000.000 COP.

Tabla 7. Inversión “Repotenciación EST04”

Inversión "Repotenciación EST04"			
Servicios	Mantenimientos	\$ 2,250,000.00	\$ 7,830,000.00
	Mecanizados	\$ 4,780,000.00	
	Reparaciones	\$ 800,000.00	
Respuestos y Productos	Chasis	\$ 4,447,000.00	\$ 20,991,288.00
	Mecanico	\$ 5,483,000.00	
	Electrico	\$ 10,616,088.00	
	Otros	\$ 445,200.00	
TOTAL			\$ 28,821,288.00

Fuente: Elaboración propia.

6.4.2 Mejoras Implementadas

Las mejoras que se incluyeron en la intervención constan de un nuevo sistema de control automático, actualizaciones a componentes críticos, mantenimiento a sistemas y piezas del equipo, y un sistema para el monitoreo y control de la Estuchadora en conjunto a la captura de datos y tiempos del proceso. Lo cual todo lo anterior en conjunto proporciona una Estuchadora con capacidades mejoradas, operaciones más seguras, y con un nivel de tecnología y automatización competente en relación con equipos homólogos que se pueden encontrar mercado.

Figura 24. Estuchadora Tecnomaco CMT 2205



Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Impacto en la Producción

Primeramente, después de la repotenciación se observa un aumento significativo de la producción de unidades, pero se resalta que el equipo actualmente no se está trabajando a lo máximo de su capacidad. Lo que nos indica que en la comparación de unidades que se realizó dentro de un periodo de tiempo, puede haber mayor diferencia. Esto debido a que la frecuencia de trabajo del motor principal la cual se puede modificar, después de la intervención está operando en un rango entre 35-45

Hz. Esto con motivo de darles tiempo a las operarias de terminarse de acoplar al funcionamiento y operatividad nueva del equipo.

Tabla 8 Unidades Producidas

UNIDADES PRODUCIDAS			
HORAS DE PRODUCCIÓN	DESPUES DE LA REPOTENCIACIÓN	ANTES DE LA REPOTENCIACIÓN	PORCENTAJE DE MEJORA
	UND PROMEDIO	UND PROMEDIO	
3 HORAS	6588	5606	18%
2 HORAS	3720	3404	9%
1 HORAS	631	532	19%
	35 - 45 HZ	50-60 hz	
FRECUENCIA DE OPERACIÓN DEL EQUIPO			

Fuente: Elaboración propia

De igual manera se resalta que las unidades de rechazo que se están generando después de la repotenciación realizada disminuyeron en comparación a las que se estaban generando antes de la intervención. Además, el rechazo que se está generando es de solo plegadiza la cual se genera mientras se acondiciona el equipo para los diferentes productos. Mientras que el rechazo que se generaba antes de la intervención era de plegadiza y tubo de producto, esto debido a que el equipo no contaba con la parametrización y sensores para evitar destrozarse el tubo de producto en circunstancias particulares.

Tabla 9 Unidades Rechazadas

UNIDADES DE RECHAZO			
HORAS DE PRODUCCIÓN	DESPUES DE LA REPOTENCIACIÓN	ANTES DE LA REPOTENCIACIÓN	PORCENTAJE DE MEJORA
	UND PROMEDIO	UND PROMEDIO	
2 HORAS	155	200	23%
1 HORAS	60	100	40%
	RECHAZO DE SOLO PLEGADIZA	RECHAZO DE PLEGADIZA Y TUBO	

Fuente: Elaboración propia

Por último, se presenta el tiempo de paradas de intervención por parte de mantenimiento, esto anteriormente se presentaba por diversos motivos como desgaste mecánico, problemas eléctricos, difíciles acondicionamientos debidos el estado del equipo, entre otras razones. Pero actualmente, después de la repotenciación que se implementó, se observa un disminuyo de tiempo considerable en donde el motivo principal de estar intervenciones hace referencia a acondicionamientos y formación hacia las operarias.

Tabla 10 Tiempos de Parada por área de Mantenimiento

TIEMPOS DE PARADAS MANTENIMIENTO			
ESTADO	PROMEDIO		PORCENTAJE DE MEJORA
ANTES DE LA REPOTENCIACIÓN	90	Minutos	125%
DESPUES DE LA REPOTENCIACIÓN	40	Minutos	

Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES

Respecto a todo el trabajo desarrollado se obtienen diferentes conclusiones de la repotenciación de la Estuchadora Tecnomaco CMT 2205, primeramente, se presenta como este tipo de intervenciones ya sean automatizaciones o repotenciaciones permiten por medio de actualización o incorporaciones de componentes con nuevas tecnologías mejoras respecto a eficiencia, producción, seguridad, asegurando el cumplimiento de las normas de calidad. Además, que se observa que gracias a esta intervención se han reducido considerablemente tiempos de para por parte de mantenimiento, logrando optimizar el uso del equipo y proporcionando una mayor visibilidad y control sobre los procesos de producción mediante la obtención de ciertos datos en tiempo real. Todo lo anterior permite posicionar al laboratorio, asegurando su competitividad y nivel en un entorno industrial cada vez más exigente como lo es el área farmacéutica.

Por último, este estudio de caso permite ser un ejemplo de cómo intervenciones como repotenciaciones y automatizaciones a equipos industriales un poco antiguos, pueden transformar los procesos y actividades que llevan a cabo positivamente, en donde la integración de tecnologías facilita el desarrollo de su operatividad, destacando la inversión inicial de acuerdo con las necesidades requeridas para esa modernización tecnológica del equipo. Aun así, posterior a la intervención se observan diversas oportunidades de mejora aun por implementar pero que igualmente deben ser estudiadas y analizadas para llevarlas a cabo de la mejor manera y obtener el resultado esperado.

8. RECOMENDACIONES

Con respecto a todo el trabajo realizado se generan unas recomendaciones a tener presente, que permitirán un seguimiento y constante mejora de este proceso, asegurando que esta intervención a la Estuchadora Tecnomaco CMT 2205 e intervenciones similares continúen aportando beneficios económicos, productivos y sociales a largo plazo.

Evaluación Continua del Rendimiento: Después de este tipo de intervenciones, es fundamental asegurar un seguimiento al comportamiento del equipo, así como de los procesos que lleva a cabo, para verificar que se esté desarrollando de la mejor manera con respecto a la capacidad del equipo. Paralelamente verificando oportunidades de mejora que se puedan llegar a presentar para poder ejecutarlas.

Mantenimiento Preventivo: Una vez logrado la puesta a punto del equipo y el inicio de producción de este, es indispensable garantizar el funcionamiento y el buen estado de la Estuchadora con el pasar del tiempo. La mejor manera para lograr esto es por medio de los mantenimientos preventivos, asegurando una frecuencia de intervención de acuerdo con lo que requiera el equipo para verificar el estado de componentes, estructuras y piezas mecánicas, y según lo que se observe realizar el cambio.

Capacitación del Personal: Este tipo de intervenciones al cambiar hasta cierto punto el modo de operación del equipo, en conjunto a los sistemas y mejoras implementadas, hace necesario la capacitación del personal operativo asegurándose que manejen y conozcan los cambios efectuados principalmente para saber la nueva operatividad de la Estuchadora buscando la familiarización con el proceso llevado a cabo.

Actualización Tecnológica: Es fundamental mantenerse al tanto de las nuevas tecnologías que puedan ser aplicadas al equipo, así como al proceso, para de esta forma evaluar periódicamente las posibles nuevas actualizaciones e intervenciones del equipo, siempre buscando la mejora continua y la mejora operatividad.

9. BIBLIOGRAFIA

Alibaba, E. (2022, Septiembre). Automation and Control Engineering. Wales, England. Retrieved from <https://qualifications.pearson.com/en/qualifications/btec-higher-nationals/automation-and-control-engineering-2022.html>

Arden, S., Fisher, A., Tyner, K., Yu, L., Lee, S., & Kopcha, M. (2021, June 1). Industry 4.0 For Pharmaceutical Manufacturing: Preparing for the Smart Factories of the Future. 602. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378517321003598?via%3Dihub#section-cited-by>

Bernard, A., & Fischer, A. (2019). "Automation in Pharmaceutical Manufacturing." Springer.

Bortolini, M., Faccio, M., & Galizia, F. (2021). Adaptive Automation Assembly Systems in the Industry 4.0 Era: Reference Framework and full-Scale Prototype. (MDPI, Ed.)

Dario, J. (2016). Toptal. Retrieved from Toptal: <https://www.toptal.com/nodejs/programacion-visual-con-node-red-conectando-el-internet-de-las-cosas-con-facilidad>

Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2017). Competing on Analytics: The New Science of Winning. Harvard Business Review Press.

Dean, Evans, & Hall. (2000). Pharmaceutical Packaging Technology. London: Taylor & Francis.

Destro, F., Srisuma, P., & Inguva, P. (2024). Advanced Methodologies for Model-Based Optimization and Control of Pharmaceutical Processes. Current Opinion in Chemical Engineering, 45.

Drury, C. (2018). Management and Cost Accounting. Cengage Learning.

EADIC. (2021, 19 enero). Sistema de control SCADA en el sector farmacéutico. Eadic. <https://eadic.com/blog/entrada/sistema-de-control-scada-en-el-sector-farmacaceutico/>

Emergen Research. (204, Mayo). Emergen Research. Retrieved from Emergen Research: <https://www.emergenresearch.com/es/industry-report/mercado-de-maquinaria-de-envasado-farmacéutico>

FDA. (2024, Febrero 28). U.S. FOOD & DRUG ADMINISTRATION. Retrieved from U.S. FOOD & DRUG ADMINISTRATION: <https://www.fda.gov/news-events/press->

announcements/las-acciones-de-la-fda-y-la-industria-ponen-fin-la-venta-de-pfas-utilizadas-en-envases-de-alimentos

García, A., & Drucioc, D. (2021). Evolución de la Automatización y sus consecuencias en el mercado laboral. La Laguna. Retrieved from <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/25682/Evolucion%20de%20la%20automatizacion%20y%20sus%20consecuencias%20en%20el%20mercado%20laboral..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gryczka, M. (2023). Industrial Automation: Understanding the Potential Disappointment Behind Recent Global Advancements. *Procedia Compute Science*, 635-644.

Hernández, A. (2019). Impactos de la automatización y/o robótica. Barcelona. Obtenido de <https://diplomasenior.eseiaat.upc.edu/ca/treball-fi-diploma/docs-treball-sintesi/ImpactosAutomatizacionrobotica.pdf>

IBM. (2023, Julio 3). IBM. Retrieved from IBM: <https://www.ibm.com/es-es/topics/automation>

ISO. (2015). Quality management systems - Requirements (ISO 9001:2015). International Organization for Standardization.

Kaplan, R. S., & Atkinson, A. A. (2015). *Advanced Management Accounting*. Pearson.

Khan, F. I. (2019). *Sensors for Automated Systems: Fundamentals and Applications*. Wiley.
https://www.researchgate.net/publication/279177017_Internet_of_Things_A_Survey_on_Enabling_Technologies_Protocols_and_Applications

Kumar, S., & Kumar, N. (2019). Enhancing production efficiency through equipment modernization. *International Journal of Production Research*, 57(15), 4872-4885.

López, J. (2021). Diseño de repotenciación y control automático en el proceso de una línea de peletizado de la Empresa Itacol S.A. Planta Funza. [Udistrital.edu.co. http://hdl.handle.net/11349/29630](http://hdl.handle.net/11349/29630)

Martinez, H. (2015, Abril). MODULO DIDÁCTICO PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

Ministerio de Minas y Energía. (2013). ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES ANEXO GENERAL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)

Minchala, L., Peralta, J., & Mata, P. (2020). An Approach to Industrial Automation Based on Low-Cost Embedded Platforms and Open Software.

Mitsubishi Electric. (2016). El Libro De La Automatización. <https://www.ncsolutions.es/wp-content/uploads/2016/04/El-libro-de-la-automatizacion.pdf>

Oracle. (2014). Oracle. Retrieved from Oracle: <https://www.oracle.com/co/database/what-is-database/>

Ortíz, A. (2018). Programación de PLC, HMI y Comunicaciones en la industria. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad Autónoma de Occidente.

Parra, D. (2022). La importancia del Big Data y Open Data en la Industria 4.0. Bogotá D.C. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/41433/ParraFlorezDiego2022.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Pérez, J. (2022). Innovaciones en la industria farmacéutica (p. 123). Editorial Ciencias Médicas.

Pérez, J. (2023). Implementación de tecnologías automatizadas en la producción. Revista de Innovación Tecnológica, 15(2), 123-145.

Phoenix Contact. (2024). Phoenix Contact. Retrieved from Phoenix Contact: <https://www.phoenixcontact.com/es-co/productos/modulo-de-reles-plc-rsc-24dc-21-2966171>

Provost, F., & Fawcett, T. (2013). Data Science for Business: What You Need to Know about Data Mining and Data-Analytic Thinking. O'Reilly Media.

Quinteros, P., Zurita, M., Zambrano, N., & Manchay, E. (2019). Automatización de los procesos industriales. Quevedo: Journal Of Business And Entrepreneurial Studies. doi: <https://doi.org/10.37956/jbes.v4i2.82>

Raspberry. (2019, Febrero 15). Raspberry. Retrieved from Raspberry: <https://raspberrypi.cl/que-es-raspberry/>

Schultze, J. (2023, Mayo 8). Ecobliss Pharmaceutical Packing. Retrieved from Ecobliss Pharmaceutical Packing: <https://www.ecobliss-pharma.com/es/blog/pharmaceutical-packaging-development>

Saldarriaga, D., & Pinzón, C. (2021). Diseño y desarrollo de un sistema de automatización farmacéutico para el conteo y envasado de cápsulas en el contexto de la industria 4.0 y la manufactura inteligente con la finalidad de fortalecer el proceso de aprendizaje en los estudiantes. Bogotá D.C, Colombia. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/29816/PinzonMalaverCristianDavid2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sembiring, S., Herawan, R., & Sari, Y. R. (2017). "The Role of Control Systems in Automation Process." *International Journal of Automation and Computing*, 14(1), 42-50.

Shimon, N. (2023). *Springer Handbook of Automation*. Suiza: Springer Cham.

Siau, K., & Tian, Y. (2019). Industry 4.0: Automation and digitization in manufacturing. *Journal of Innovation Management*, 7(3), 13-27.

Singh, R. (2018). *Computer Aided Chemical Engineering*.

Sundararajan, D. (2022). *Control systems*. En Springer eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-98445-8>

TECNOMACO. (2021). TECNOMACO. Retrieved from TECNOMACO: https://www.tecnomaco.com/our-machines/cartoning-machines/cmm21/?_gl=1%2Aavb3o%2A_up%2AMQ..%2A_ga%2AMTY4MTk5MDYyNS4xNzE4MDY0Nzc4%2A_ga_RBEHV4L0VW%2AMTcxODA2NDc3Ny4xLjEuMTcxODA2NDc4Ni4wLjAuMA..

TECNOMACO. (2024, Enero). TECNOMACO PHARMA PACKAGING MACHINES. Retrieved from TECNOMACO PHARMA PACKAGING MACHINES: https://www.tecnomaco.com/about-us/?_gl=1*1wft33q*_up*MQ.*_ga*ODY4MDU4MjMzLjE3MjAyMjc5Mzk.*_ga_RBEHV4L0VW*MTcyMDIyNzkzOC4xLjAuMTcyMDIyNzkzOC4wLjAuMA..

Vallejo, S., & Vallejo, B. (2006). Aspectos generales de la automatización industrial del sector farmacéutico. *Colciencias Química Farmacéutica*, 47-63.

Villada, J. (2014). *Instalación y Configuración del Software de Servidor Web*. Malaga: IC Editorial.

Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2017). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 170-174

10. ANEXOS

Anexo 1. Cronograma de actividades EST04 – COASPHARMA S.A.S

EST04		Inicio proyecto	4/17/2024			
		Responsable	Lider Automatización Ricaurte			
Codigo	Actividad	Asignado A	Duración (Dias)	Inicio	Fin	Progreso
1	Automatización					
101	Entrega de equipo	Sebastian Rodriguez	1	4/17/2024	4/17/2024	100%
102	Revisión de sistema mecanico	Andres Sastre Sebastian Rodriguez	17	4/17/2024	5/3/2024	100%
103	Pintara chasis (Actividad paralela)	Diana Cubillos	3	5/3/2024	5/5/2024	100%
104	Mecanizados	Terceros	21	5/4/2024	5/24/2024	100%
105	Montaje tablero eléctrico	Cristian Sampayo - Julian Saavedra	5	5/6/2024	5/10/2024	100%
106	Montaje mecánico	Andres Sastre Sebastian Rodriguez	21	5/25/2024	6/14/2024	100%
107	Puesta a punto	Cristian Sampayo Julian saavedra	7	6/15/2024	6/21/2024	100%
Duración total del proyecto						
AUTOMATIZACIÓN EST04		10 Semanas	65 Dias	4/17/2024	6/21/2024	100%

Anexo 2. Permiso Coaspharma S.A.S



BOGOTÁ D.C 05 DE JULIO DE 2024

SEÑORES

FUNDACION UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA

Por medio de la presente certifico y expreso mi consentimiento y apoyo a nuestro cooperado **Cristian David Esquivel Villamarin**, identificado C.C 1000622357, quien desempeña el cargo como **planeador de mantenimiento**, realice el manejo de datos no sensibles de nuestra empresa como parte de su proyecto de grado. Reconocemos la importancia de apoyar el desarrollo académico y profesional de nuestro personal, y estamos encantados de contribuir al proceso. Por todo lo anterior, se le otorga el permiso para que la persona mencionada acceda, recopile y utilice los datos que requiera de nuestra empresa para realizar su proyecto de grado.

Esperamos éxito en sus procesos académicos. Si hay algún requisito o detalle particular quedo atento ante sus comentarios

Cordialmente,

LEONARDO ARIEL GARCIA
DIRECTOR DE OPERACIONES
FARMACEUTICAS
LABORATORIOS COASPHARMA
3351000 EXT.202/197
CEL 3045837117

Calle 18 A No. 28 A 43 PBX: (571) 335 1000 - FAX:(1) 335 10 28 www.coaspharma.com.co
Bogotá D.C., Colombia