



SENATI

PROYECTO DE INNOVACIÓN Y/O MEJORA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PREDICTIVO CON MACHINE
LEARNING PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN OPERATIVA EN
TRIMAX S.A.C**

- **ESCUELA:** SENATI CAMPUS VIRTUAL
- **CARRERA:** INGENIERIA DE SOFTWARE CON
INTELIGENCIA ARTIFICIAL
- **CURSO:** TALLER DE DESARROLLO DE APLICACIONES
CON MACHINE LEARNING
- **INTEGRANTES:**
 - ESPINOZA SAAVEDRA, DAVID ANTONIO
 - LUPACA AGUILAR, HULK KING
 - HERNÁNDEZ VICENTE, EFRÉN HIROSHI
 - ROBLES CASTRO, JEAN CESAR
 - GUTIERREZ RODRIGUEZ, SHIRLEY CAROLINA
 - CLEMENTE RAMOS, JHORDAN MICHAEL
- **INSTRUCTOR:** MORALES CARLOS, ALDO OMAR

2025

INDICE

Introducción	3
4. Realidad problemática.....	4
4.1. Actividades de la Empresa TRIMAX:	4
4.1.1 Procesos de fabricación y tratamientos en lentes ópticos	4
4.2 Contexto:.....	5
4.3. Problema central.....	6
4.4. Efectos y consecuencias	6
5. Objetivos	7
5.1. Objetivo general	7
5.2. Objetivos específicos (Adaptados a ISO 9001).....	7
6. Justificación	7
6.1 Justificación Tecnológica	7
6.2 Justificación Económica	8
6.3 Justificación Social.....	8
7. Conceptos fundamentales (Marco teórico)	9
7.1. Calidad	9
7.2. Normas ISO y Sistema de Gestión de la Calidad	9
7.3. Gestión de Calidad Total	10
7.4. Inteligencia Artificial (IA)	10
7.5. Machine Learning (ML)	11
7.6. Deep Learning y Tensores	11
7.7. Algoritmos relevantes en la predicción de retrasos	12
7.8. Herramientas de programación y análisis de datos	12
7.9. Conceptos matemáticos aplicados a modelos	13
7.10. Desarrollo web aplicado a la solución	13
7.11. Relación entre la realidad problemática y los objetivos	13
7.12. Impacto de la implementación tecnológica	14
8. Tecnologías involucradas.....	14
8.1. Lenguajes de programación	14
8.2. Librerías y frameworks de análisis y machine learning.....	15
8.3. Entorno de desarrollo	15

8.4. Visualización y reportes	16
8.5 Visualización Grafica y Reportes.....	16
8.6. Desarrollo del Frontend	16
9. Propuesta del caso	18
9.1. Diagrama de la situación actual	18
9.2. Diagrama de la propuesta de solución	19
9.3. Diagrama de secuencia	20
10. Conclusiones	20
11. Recomendaciones.....	21
12. Bibliografía	21

Introducción

TRIMAX es una empresa dedicada a la fabricación de lentes de medida (lunas) para anteojos. Estas lunas atraviesan múltiples etapas de procesamiento durante su fabricación. Muchas de estas etapas requieren más tiempo del anticipado y, al registrarse miles de órdenes de producción, surgen atrasos en las entregas a los clientes.

Ante esta necesidad, el presente proyecto propone el uso de un modelo de Machine Learning para predecir qué procesos de fabricación tienen un mayor riesgo de retrasarse. Asimismo, se incorporan tecnologías modernas, análisis estadístico y fundamentos de Inteligencia Artificial para transformar datos históricos en información valiosa. Con ello, la empresa podrá anticiparse a los problemas, priorizar recursos y optimizar sus procesos.

4. Realidad problemática

4.1. Actividades de la Empresa TRIMAX:

4.1.1 Procesos de fabricación y tratamientos en lentes ópticos

Los lentes ópticos modernos pasan por múltiples procesos de fabricación que explican las variaciones en tiempos de producción. En TRIMAX, cada tipo de lente y tratamiento tiene requisitos técnicos específicos que impactan directamente en la duración del proceso de fabricación.

Los lentes comienzan como materiales brutos como policarbonato, CR-39 o materiales de alto índice, que luego son transformados mediante procesos de tallado, tintado, pulido y tratamientos superficiales. La complejidad de estos procesos varía significativamente según el tipo de lente y los tratamientos aplicados.



Figura 1. Lentes de Medida para uso en Oftalmología

4.2 Contexto:

TRIMAX trabaja diariamente con una gran cantidad de órdenes de fabricación que pasan por múltiples etapas del proceso productivo, pero aunque registra toda esa información no cuenta con una herramienta que interprete los datos para anticipar retrasos, lo que provoca que el equipo solo note los problemas cuando ya ocurrieron debido a que el análisis es manual lento y poco práctico al requerir revisar fechas, comparar tiempos y verificar qué etapas avanzan más despacio; así, a pesar de disponer de un historial valioso de más de 171 mil registros, la empresa no puede aprovecharlo plenamente al no tener un sistema que analice la información y señale qué órdenes podrían complicarse, por lo que contar con una herramienta que detecte automáticamente las órdenes con mayor riesgo de atraso permitiría trabajar con más organización, prevenir problemas y mejorar la eficiencia del proceso productivo.



Figura 2: Lentes de Policarbonato

4.3. Problema central

TRIMAX no tiene un sistema que pueda predecir cuándo una orden de fabricación se va a retrasar a pesar de contar con los datos necesarios para hacerlo, y la falta de un análisis automatizado obliga a los responsables de producción a trabajar a ciegas reaccionando cuando el retraso ya ocurrió en lugar de anticiparlo lo que genera dificultades para priorizar tareas organizar recursos y asegurar que los pedidos se cumplan en el tiempo esperado; en resumen la información existe pero no se está aprovechando para mejorar la operación diaria.

4.4. Efectos y consecuencias

- Los retrasos no se identifican a tiempo y pueden acumularse.
- La eficiencia general del proceso disminuye.
- La empresa tiene menos capacidad para anticiparse a problemas operativos.
- Los retrasos no se identifican a tiempo y pueden acumularse.

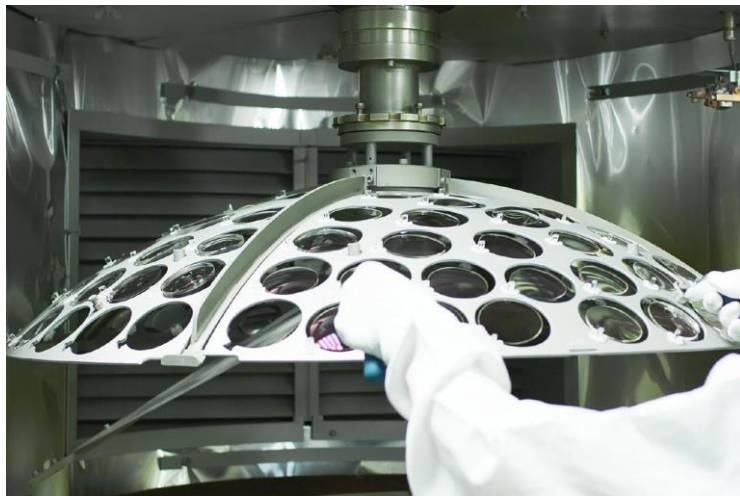


Figura 3: Fabricación de Lentes (lunas) de medida.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Asegurar que las órdenes de fabricación se gestionen y entreguen de manera oportuna y conforme a los requisitos establecidos, utilizando la trazabilidad como base para mejorar la planificación, controlar los procesos y fortalecer la satisfacción del cliente, en concordancia con los principios y requisitos de la norma ISO 9001:2015.

5.2. Objetivos específicos (Adaptados a ISO 9001)

- Fortalecer la planificación y control de la producción anticipando oportunamente las órdenes que presentan riesgo de retraso, asegurando la conformidad del servicio y el cumplimiento de los plazos comprometidos con el cliente.
- Convertir los datos históricos de trazabilidad en información útil y confiable, permitiendo decisiones basadas en evidencia conforme a los requisitos de la norma ISO 9001 sobre control de la información documentada y análisis del desempeño.



Figura 4: Certificación ISO 9001

6. Justificación

6.1 Justificación Tecnológica

La implementación de un modelo de Machine Learning constituye un avance estratégico hacia la modernización del Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) de TRIMAX. A partir de los registros de trazabilidad, el modelo permite procesar

grandes volúmenes de información, detectar patrones y relaciones que no son evidentes por análisis manual y generar predicciones precisas sobre riesgo de retraso. Esto aporta capacidades técnicas que apoyan el control operativo y el análisis del desempeño (cláusula 8 y 9 de ISO 9001), mejora la trazabilidad de las decisiones y asegura que las acciones tomadas queden debidamente registradas como evidencia documental. Además, la solución facilita la integración con sistemas MES/SAP y tableros de control, posicionando a TRIMAX en un nivel tecnológico más competitivo y alineado con prácticas de mejora continua.

6.2 Justificación Económica

Desde la perspectiva económica, el proyecto ofrece beneficios cuantificables: reducción de costos ligados a retrasos (horas extra, penalidades, logística urgente), mejor utilización de recursos (máquinas, mano de obra y materiales) y disminución del tiempo improductivo. Al anticipar órdenes en riesgo se optimiza la programación y se minimizan pérdidas por reprocesos o entregas tardías, lo cual impacta favorablemente en la rentabilidad. El uso de herramientas de software libre y de datos internos reduce el costo de implementación y mantenimiento, mientras que la reducción de no conformidades y reclamaciones mejora la relación costo-beneficio a mediano plazo. Los impactos económicos esperados deben documentarse y medirse como indicadores de eficacia del SGC (por ejemplo: reducción % de órdenes retrasadas, ahorro operativo, ROI del proyecto).

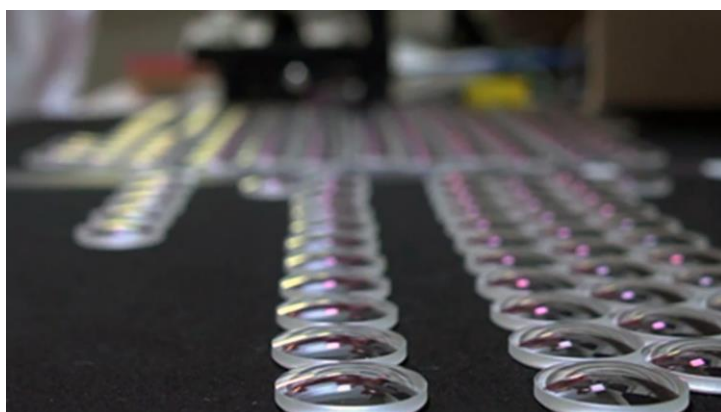


Figura 5: Lunas son sometidas a diversos procesos industriales.

6.3 Justificación Social

En el ámbito social interno, el sistema mejora la organización del trabajo y reduce la presión improvisada sobre el personal al prevenir cuellos de botella y permitir

una asignación más ordenada de tareas. Esto contribuye a un entorno laboral más seguro y predecible, mejora la moral del equipo y facilita la capacitación focalizada (p. ej. formación en manejo de incidencias frecuentes). Externamente, la estabilidad en las entregas y la mejora en la calidad percibida incrementan la satisfacción de ópticas, distribuidores y clientes finales, fortaleciendo la reputación de TRIMAX. Todo ello apoya el enfoque en la satisfacción del cliente — un requisito clave de ISO 9001— y aporta evidencia para la revisión por la dirección y acciones de mejora continua.

7. Conceptos fundamentales (Marco teórico)

El marco teórico reúne los conceptos, fundamentos técnicos y referencias que permiten comprender las bases del proyecto aplicado en TRIMAX. Se consideran temas relacionados con la calidad, normas ISO, digitalización, analítica de datos y herramientas tecnológicas que intervienen en el uso de modelos de Machine Learning para la predicción de retrasos en la producción.

7.1. Calidad

La calidad se define como el grado en que un producto o servicio cumple con los requisitos establecidos y satisface las expectativas del cliente (ISO 9001:2015). En TRIMAX, la calidad implica entregar lentes conforme a especificaciones, en los plazos establecidos y con trazabilidad completa. Esto demanda control riguroso de procesos, medición constante del desempeño y un sistema que permita detectar fallas o retrasos antes de que impacten al cliente.

7.2. Normas ISO y Sistema de Gestión de la Calidad

La **Organización Internacional de Normalización (ISO)** establece estándares globales para garantizar prácticas consistentes y medibles. Dentro de ellos, la norma **ISO 9001:2015** es el estándar más utilizado para gestionar la calidad en organizaciones productivas. Incluye requisitos como:

- Enfoque en procesos.
- Gestión de riesgos y oportunidades.
- Evidencias documentadas.

- Control de producción y seguimiento.
- Medición del desempeño mediante indicadores.
- Mejora continua como eje central.

Para TRIMAX, esta norma es clave porque permite estructurar controles, análisis de datos, registros de trazabilidad y evidencia objetiva de cumplimiento, especialmente en procesos donde existen atrasos recurrentes.

7.3. Gestión de Calidad Total

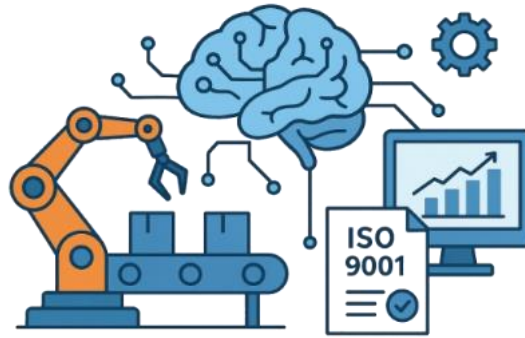
La Gestión de Calidad Total es un enfoque integral orientado a mejorar continuamente los procesos y la satisfacción del cliente. Sus componentes principales permiten sustentar la propuesta de mejora:

- **Enfoque al cliente:** conocer expectativas y asegurar productos conformes.
- **Gestión por procesos:** identificar, mapear y controlar las etapas productivas.
- **Trazabilidad:** registrar cada evento en la fabricación de las lunas.
- **Análisis y mejora:** uso de KPIs como OTIF, tiempos de ciclo y % de retrasos.
- **Competencia del personal:** capacitación constante y roles claros.
- **Digitalización:** uso de software, dashboards y modelos predictivos.

Este marco conceptual permite relacionar la propuesta del proyecto con los principios formales de la gestión de la calidad.

7.4. Inteligencia Artificial (IA)

La Inteligencia Artificial comprende técnicas que permiten a los sistemas realizar tareas que normalmente requieren razonamiento humano. Se basa en análisis de datos, aprendizaje y toma de decisiones automatizada (Russell & Norvig, 2016). En entornos industriales, la IA ayuda a identificar patrones, predecir riesgos e impulsar la mejora continua alineada con ISO 9001.



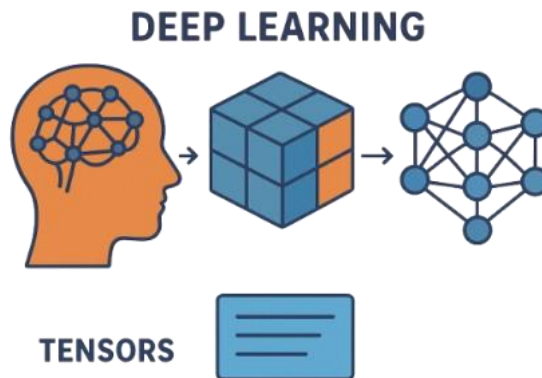
7.5. Machine Learning (ML)

El Machine Learning es una rama de la IA que permite que los sistemas aprendan de datos históricos para identificar patrones y generar predicciones. En el caso de TRIMAX, los modelos ya entrenados permiten predecir cuáles órdenes podrían retrasarse. Esto convierte la trazabilidad acumulada en una herramienta de valor para la planificación operativa y la reducción de tiempos muertos.



7.6. Deep Learning y Tensores

El Deep Learning utiliza redes neuronales profundas para analizar grandes volúmenes de datos con estructuras complejas. Su funcionamiento se basa en **tensores**, que son arreglos multidimensionales donde se representan los datos procesados por cada capa de la red. Este concepto es fundamental para entender cómo trabajan los modelos que TRIMAX emplea en su análisis.



7.7. Algoritmos relevantes en la predicción de retrasos

Aunque los modelos ya están entrenados, es importante conocer qué métodos suelen emplearse en predicción industrial:

- **Regresión Lineal:** analiza relaciones entre variables y estimaciones continuas.
- **Random Forest:** combina múltiples árboles de decisión y mejora la precisión.
- **Gradient Boosting:** construye modelos secuenciales que corrigen errores previos.
- **Clasificación:** asigna categorías como “a tiempo” o “en riesgo de retraso”.

Estos algoritmos permiten analizar cómo se generan las predicciones que TRIMAX utiliza para su planificación diaria.

7.8. Herramientas de programación y análisis de datos

Para procesar, visualizar e interpretar grandes volúmenes de datos se emplean herramientas ampliamente aceptadas en la industria:

- **Python:** lenguaje versátil y ampliamente usado en ciencia de datos.
- **Pandas:** manipulación eficiente de DataFrames.
- **NumPy:** cálculos matemáticos y manejo de matrices.
- **Matplotlib:** visualización de datos mediante gráficos y reportes.

- **Google Colab:** entorno en la nube para ejecutar código sin instalar software.
- **Anaconda:** gestión de paquetes y entornos virtuales.
- **Computación en la Nube:** permite escalar análisis sin depender de hardware local.

Estas herramientas permiten reproducir experimentos, validar resultados y crear evidencia para el Sistema de Gestión de Calidad.

7.9. Conceptos matemáticos aplicados a modelos

El Machine Learning utiliza fundamentos matemáticos esenciales:

- **Matrices:** representación ordenada de datos numéricos para su procesamiento.
- **Álgebra lineal:** base para operaciones de tensores y transformaciones.
- **Cálculo diferencial e integral:** necesario para optimizar modelos y minimizar errores (gradient descent).

Estos conceptos justifican la confiabilidad técnica de los modelos utilizados por TRIMAX.

7.10. Desarrollo web aplicado a la solución

La implementación del proyecto utiliza conceptos de desarrollo web moderno:

- **HTML:** estructura del contenido.
- **CSS:** diseño visual.
- **JavaScript:** interacción dinámica.
- **React:** creación de interfaces modulares y eficientes.

Estas tecnologías permiten construir dashboards y visualizaciones que el personal utilizará para revisar predicciones y tomar decisiones a tiempo.

7.11. Relación entre la realidad problemática y los objetivos

La tabla resume cómo los conceptos del proyecto responden directamente a los problemas operativos identificados:

Realidad problemática	Objetivo relacionado	Impacto esperado
Retrasos frecuentes en los procesos.	Utilizar modelos predictivos para anticipar órdenes con riesgo de retraso.	Reducción del % de órdenes tardías.
Falta de trazabilidad clara.	Integrar registros digitales y tableros de análisis.	Información accesible y confiable.
Decisiones reactivas en planta.	Proveer alertas tempranas basadas en datos.	Mayor control y planificación preventiva.
Procesos manuales y lentos.	Digitalizar y automatizar la revisión de datos.	Menor carga operativa y más eficiencia.

7.12. Impacto de la implementación tecnológica

La incorporación de IA y analítica avanzada convierte la trazabilidad en un sistema predictivo que aporta alto valor al SGC. Según O'Brien & Marakas (2011), la adopción tecnológica mejora la eficiencia operativa, optimiza el uso de recursos y reduce el error humano. En TRIMAX, esto se traduce en:

- Menos órdenes retrasadas.
- Mayor satisfacción de los clientes.
- Mejor planificación de turnos y recursos.
- Evidencia sólida para auditorías ISO.

8. Tecnologías involucradas

En este proyecto se emplearon las siguientes tecnologías y herramientas:

8.1. Lenguajes de programación

- **Python:** lenguaje principal utilizado para procesamiento de datos, análisis estadístico y desarrollo del modelo de Machine Learning.

Principales ventajas de Python en el proyecto:

- **Amplio soporte para ciencia de datos y Machine Learning** (scikit-learn, pandas, numpy, etc.).
- **Sintaxis sencilla y legible**, lo que facilita el mantenimiento, escalabilidad y futuras mejoras.
- **Gran comunidad de desarrollo**, lo que asegura soporte a largo plazo y acceso a soluciones actualizadas.
- **Compatible con herramientas de automatización**, ideal para los procesos automáticos de generación de reportes, gráficos y empaquetado en ZIP.
- **Alto rendimiento en modelamiento predictivo**, especialmente por su integración con librerías optimizadas.
- **Portabilidad**, permitiendo ejecutar el sistema en distintos entornos (local, servidor, nube).

8.2. Librerías y frameworks de análisis y machine learning

- **Pandas**: Manejo de dataframes, limpieza, transformación de datos, agrupamientos y agregaciones estadísticas.
- **Numpy**: Operaciones numéricas, manejo de valores faltantes y cálculos matemáticos.
- **Scikit-learn (sklearn)**: Biblioteca de Python para construir, entrenar y evaluar modelos de aprendizaje automático.
- **RandomForestClassifier**: Modelo de clasificación para detección de retrasos.
- **Train_test_split, cross_val_score**: División de datos y validación cruzada.
- **LabelEncoder**: Codificación de variables categóricas.
- **classification_report, confusion_matrix, roc_auc_score**: Evaluación de desempeño del modelo.

8.3. Entorno de desarrollo

El proyecto fue desarrollado principalmente en **Google Colab**, aprovechando su capacidad para ejecutar código en la nube mediante entornos Python interactivos. Esta plataforma no solo ofrece acceso gratuito a recursos computacionales avanzados, como **CPU de alto rendimiento, GPU NVIDIA Tesla T4 y unidades de procesamiento tensorial (TPU)**, sino que también permite una **configuración dinámica del entorno**, facilitando la instalación de librerías y herramientas necesarias para el análisis de datos y el entrenamiento del modelo de machine learning.

8.4. Visualización y reportes

Matplotlib.pyplot: se empleó principalmente para la creación de **gráficos de barras**, **gráficos circulares (pie charts)** y **figuras personalizadas**, utilizados para representar indicadores clave, como la distribución de retrasos, niveles de riesgo, importancia de las variables (feature importance) y evolución de los resultados obtenidos por el modelo. Esta librería se destacó por su versatilidad y precisión en el diseño de gráficos detallados.

Seaborn: se utilizó para generar **gráficos estadísticos avanzados**, lo que permitió complementar el análisis visual desde una perspectiva técnica. Entre las visualizaciones más relevantes destaca la **matriz de confusión**, representada mediante un *heatmap*, la cual facilitó la evaluación del rendimiento del modelo en la clasificación de casos de retraso. Además, se emplearon gráficos de dispersión, histogramas y diagramas de densidad para identificar patrones y tendencias en los datos durante las etapas de exploración y ajuste del modelo.

8.5 Visualización Grafica y Reportes

- **Joblib:** se utilizó para **guardar y cargar el modelo de machine learning entrenado** (Random Forest), así como las **listas de características (features) seleccionadas** y los **objetos de codificación (encoders)** aplicados a las variables categóricas. Esta funcionalidad fue clave para permitir la reproducción del modelo en futuras ejecuciones sin necesidad de reentrenarlo, optimizando los tiempos de procesamiento.
- **Os y tempfile:** facilitaron la **gestión del sistema de archivos**, permitiendo la creación de carpetas temporales en tiempo de ejecución para almacenar los distintos elementos generados (como el dataset con predicciones, reportes y visualizaciones). La utilización de directorios temporales contribuyó a mantener el entorno de ejecución limpio y ordenado.
- **Zipfile:** se empleó para **crear de forma automática un paquete comprimido en formato .zip**, que contiene todos los productos generados por el sistema, asegurando su portabilidad y facilitando su distribución o integración con otros sistemas.

8.6. Desarrollo del Frontend

- **React:** fue utilizado para construir la interfaz de usuario que presenta los resultados del sistema de manera clara, interactiva y modular.

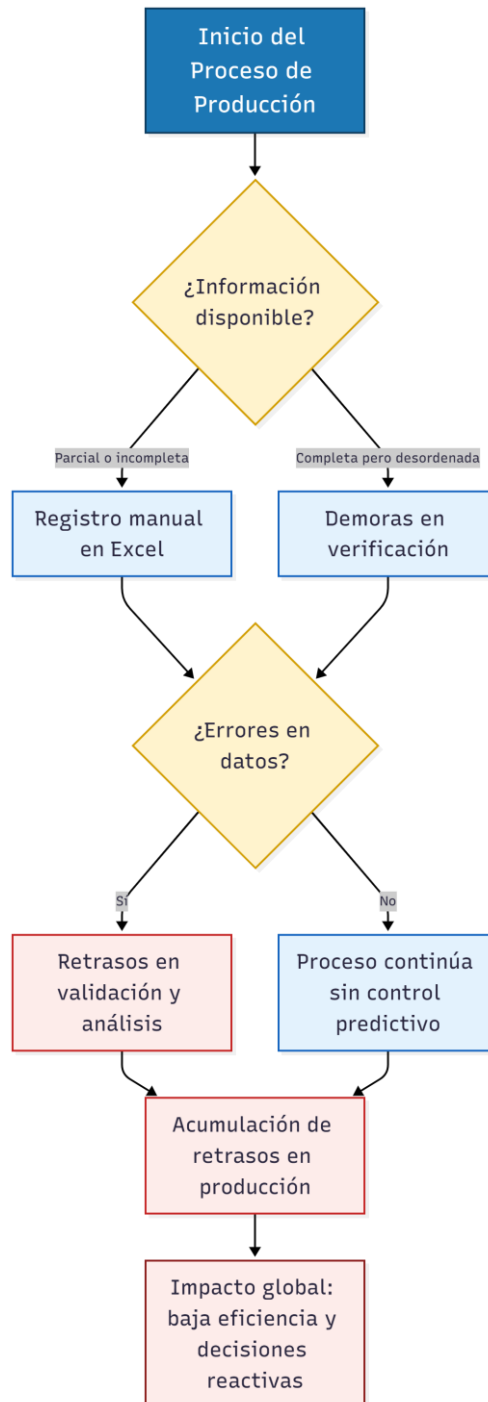
Principales aportes de React al proyecto:

- Creación de componentes reutilizables para mostrar métricas, gráficos e indicadores.
 - Actualización dinámica de los datos sin recargar la página, gracias al Virtual DOM.
 - Integración sencilla con librerías de visualización (como Chart.js o gráficas exportadas desde Python).
 - Excelente rendimiento para dashboards informativos basados en datos.
 - Arquitectura flexible para futuras expansiones (nuevos módulos, filtros, reportes).
 - Facilita la conexión con APIs generadas por Python para cargar predicciones o datasets procesados.
- pdf

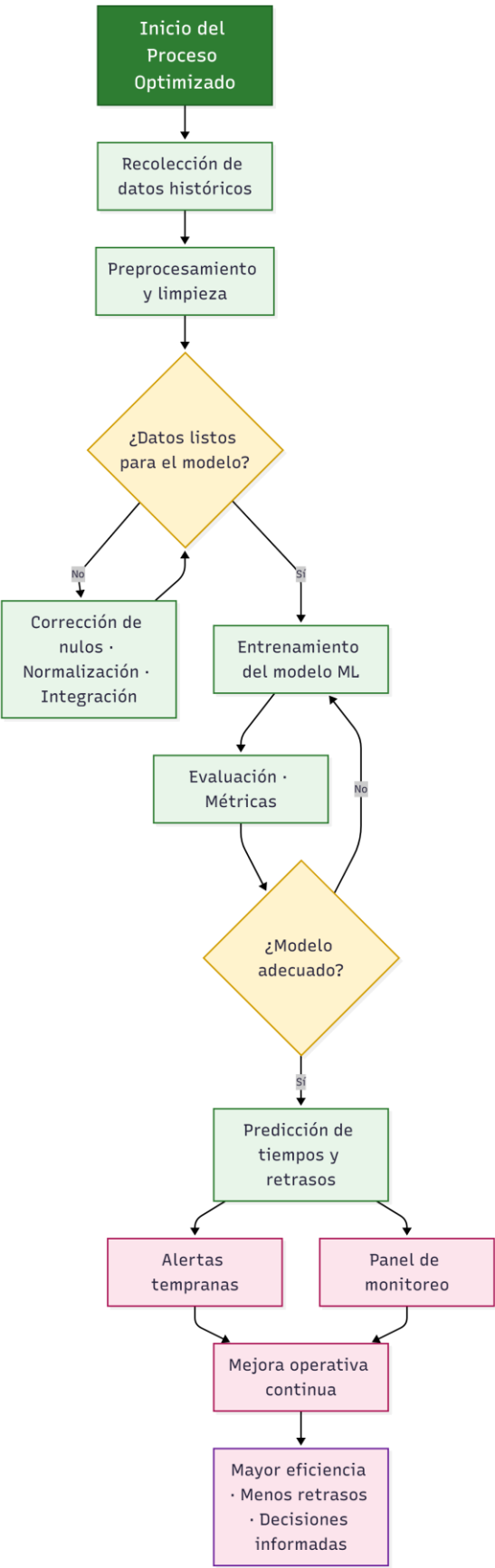


9. Propuesta del caso

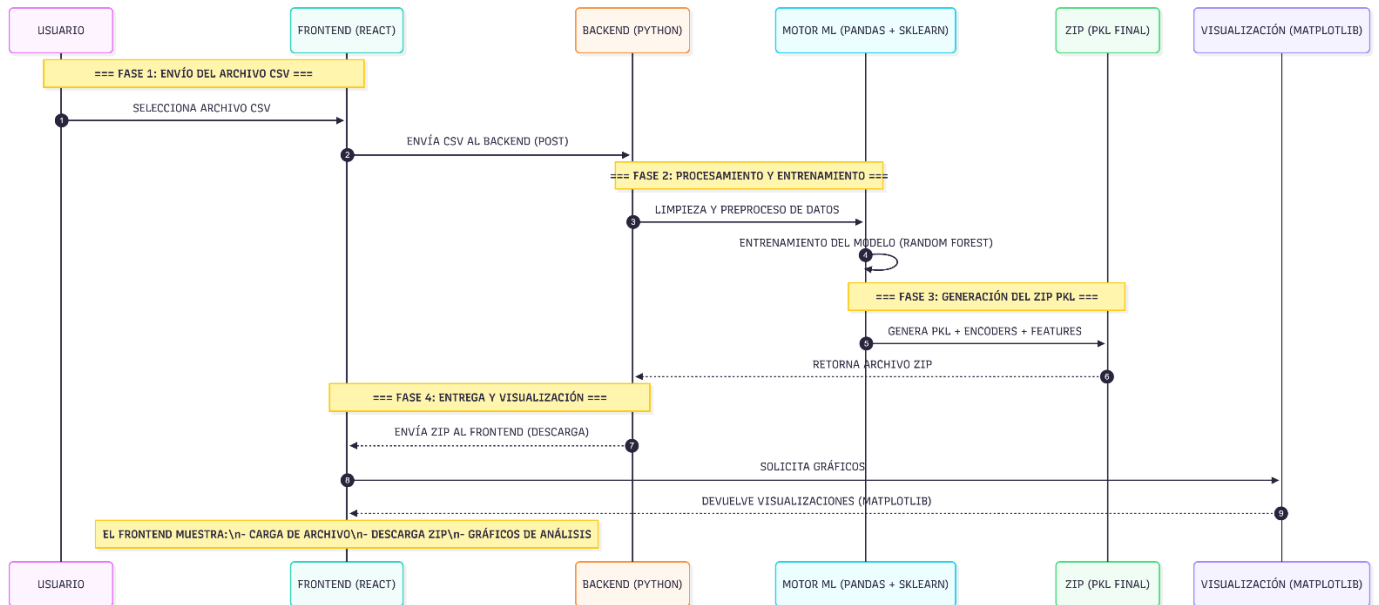
9.1. Diagrama de la situación actual



9.2. Diagrama de la propuesta de solución



9.3. Diagrama de secuencia



10. Conclusiones

En conclusión, la implementación de Machine Learning permite transformar los datos históricos en una herramienta estratégica capaz de anticipar retrasos, optimizar la planificación y mejorar el control de la producción, fortaleciendo el Sistema de Gestión de la Calidad mediante decisiones basadas en evidencia y mayor trazabilidad en línea con la norma ISO 9001:2015. La detección temprana de riesgos reduce costos por reprocesos y horas extra, mejora la organización del trabajo y contribuye a una operación más eficiente orientada a la mejora continua. Finalmente, se recomienda reentrenar el modelo periódicamente, activar alertas automáticas para órdenes críticas o fuera del tiempo estimado y mantener procedimientos e instructivos actualizados, garantizando así auditorías más ágiles, mejor trazabilidad y la continuidad del sistema predictivo.

11. Recomendaciones

Se recomienda seguir entrenando al modelo cada cierto tiempo mensual o trimestral y que de la cual garantice que las predicciones sean más precisas, configurar notificaciones automáticas dirigidas al área de producción de lentes cuando una orden supere el tiempo o sea clasificada como riesgo alto y además se recomienda hacer procedimientos instructivos y registros del modelo predictivo de cual facilita a la auditoria y mejora la trazabilidad y asegura la continuidad del proyecto.

12. Bibliografía

ISO 9001 – Sistemas de Gestión de la Calidad

<https://www.iso.org/standard/62085.html>

Deming – Mejora Continua y Calidad Total

<https://mitpress.mit.edu/9780262541152/out-of-the-crisis/>

Juran – Principios de Gestión de Calidad

<https://www.mhprofessional.com/9780071761432-usa-jurans-quality-handbook-7e>

Davenport – Gestión por Procesos y Transformación Digital

<https://hbsp.harvard.edu/product/9398E-PDF-ENG>

Mitchell – Fundamentos de Machine Learning

<https://www.cs.cmu.edu/~tom/mlbook.html>

Bishop – Modelos Predictivos y Reconocimiento de Patrones

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-45528-0>

O'Brien & Marakas – Sistemas de Información

https://www.mheducation.com/cover-images/Jpeg_400-high/007337685X.jpeg

Slack et al. – Gestión de Operaciones

<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/operations-management/P200000003538>

Heizer & Render – Producción y Cadena de Suministro

<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/operations-management/P200000006757>

Ley Peruana de Protección de Datos

<https://www.gob.pe/institucion/minjus/normas-legales/210676-29733>