



Diseño de un sistema SCADA con instrumentación electrónica integrada para la supervisión de la máquina blistera de la planta farmacéutica QUIMFA S.A.

Autor: Pastor Miguel Galeano Aquino

Tutor: Ing. Federico Javier Cabrera Sanabria

Universidad Nacional de Caaguazu

Facultad de Ciencias y Tecnologías

Planteamiento y formulación del problema



En la planta farmacéutica QUIMFA S.A. ubicada sobre Avda. Primer Presidente 1736 c/ Yrendague, Asunción – Paraguay el área de blisteras cumple un rol clave en el empaquetado de comprimidos, con una capacidad de producción de 500 blisters por minuto y altos valores de eficiencia (OEE). Estas máquinas cuentan con tecnología avanzada como interfaces OPC-UA, capaces de generar datos críticos del proceso productivo, incluyendo cantidad producida, fallas, alarmas y tiempos de ciclo, los cuales son fundamentales para la trazabilidad y el control de calidad.

Planteamiento y formulación del problema



Actualmente, la información generada por las blisteras se encuentra disponible solo de manera local, y es gestionada manualmente por los operadores en planillas o archivos de Excel. Este manejo provoca riesgos de errores humanos, retrasos en la detección de fallas y poca confiabilidad en los registros. A esto se suma que, por tratarse de áreas limpias de grado B o superior, el acceso del personal técnico es limitado, lo que dificulta la supervisión y el análisis operativo en tiempo real. Además, la empresa no dispone de un sistema MES ni herramientas para mantenimiento predictivo, lo que reduce aún más el aprovechamiento de los datos generados.

Planteamiento y formulación del problema



Objeto de investigación

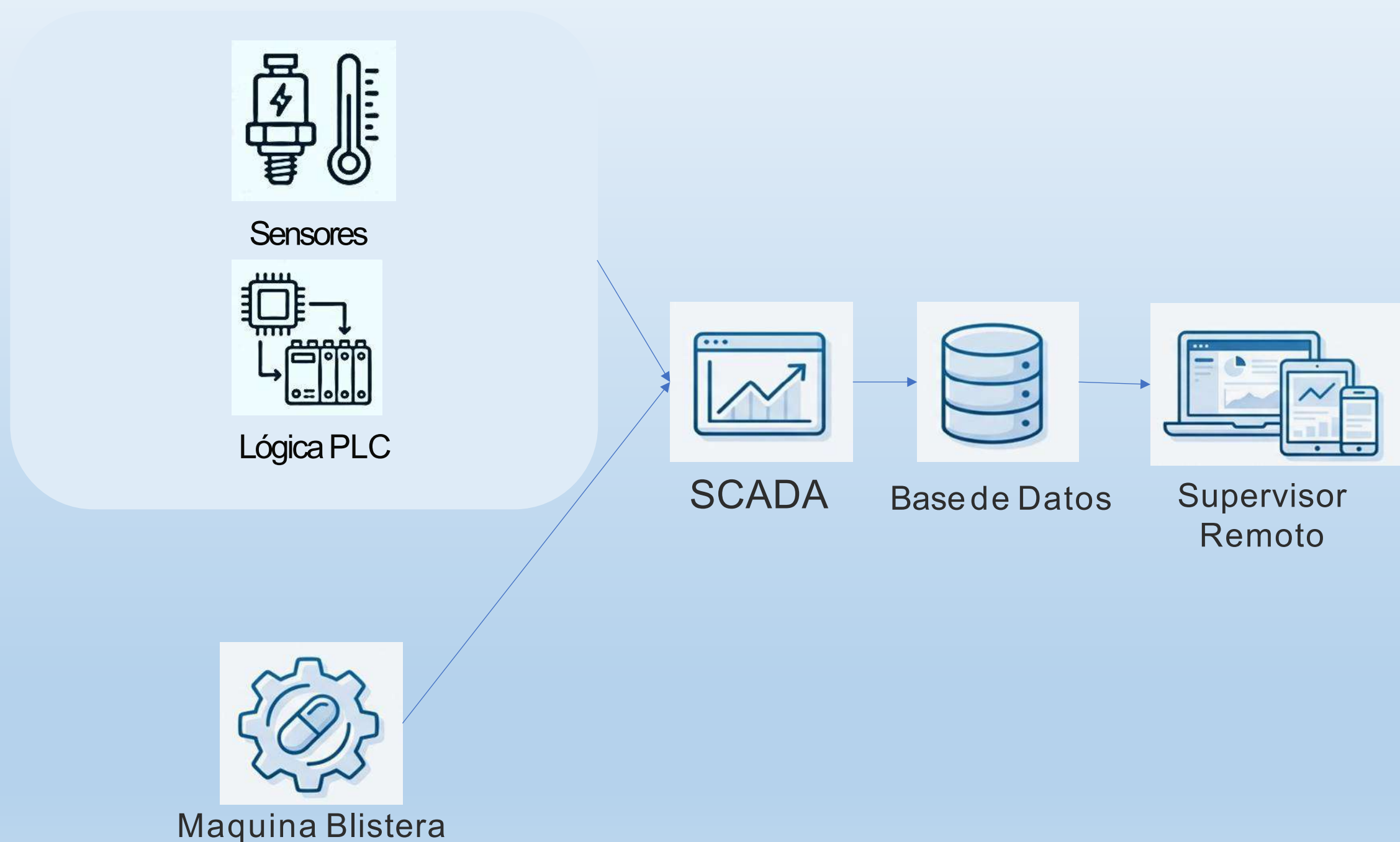
OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema SCADA con instrumentación electrónica integrada para la supervisión de la máquina blistera de la planta farmacéutica QUIMFA S.A.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

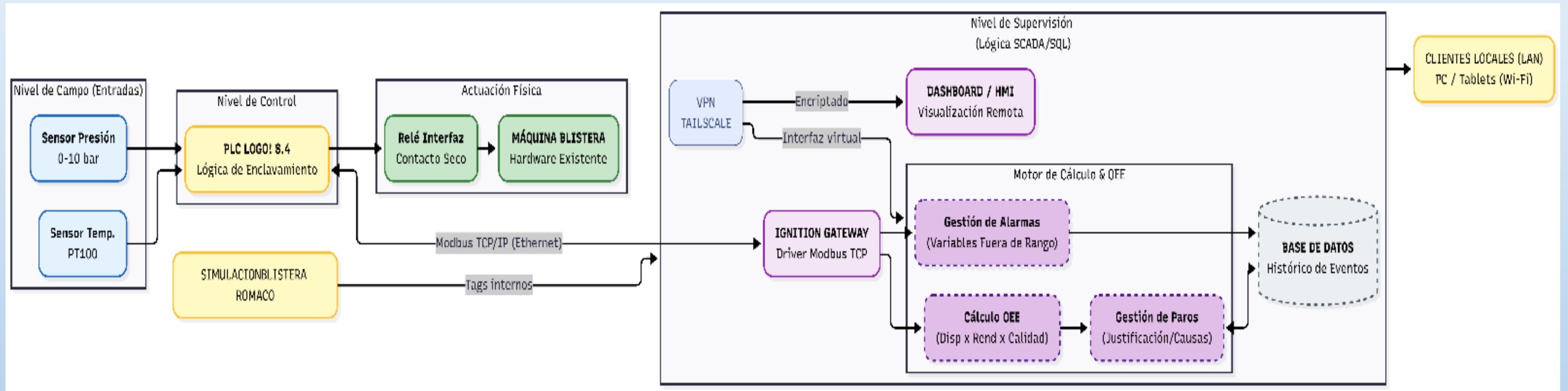
- Relevar y Definir las variables, eventos y requisitos de supervisión remota para la máquina blistera
- Evaluar al menos tres tipos de plataformas SCADA como alternativas de supervisión remota, evaluando su compatibilidad con OPC-UA, costos, escalabilidad, seguridad y cumplimiento de normativas GMP, y seleccionar la más adecuada según estos criterios
- Diseñar la arquitectura de adquisición, almacenamiento y análisis de datos, integrando PostgreSQL, alarmas/reportes y el cálculo automático de OEE.
- Diseñar el subsistema electrónico no intrusivo de enclavamiento de arranque para la máquina, definiendo instrumentación industrial de presión y temperatura
- Diseñar y ejecutar el piloto simulado en Ignition con HMI web y acceso remoto seguro (VPN), integrando el flujo completo de datos.
- Validar el comportamiento del sistema y la lógica del enclavamiento mediante pruebas de simulación

La Solución: Un Prototipo de Inteligencia Operativa



- Supervisión multiplataforma (Web/Móvil)
- Almacenamiento histórico en Base de Datos SQL
- Acceso remoto seguro vía VPN
- Enclavamiento de arranque no intrusivo (PLC LOGO! 8.4 + 4–20 mA + relé)

Arquitectura del Sistema: Un Ecosistema Integrado y Escalable



Componentes y características



**Sensor de Presión:
WIKA A-10**

- Rango: 0-10bar
- Salida: 4-20mA
- Alimentación: 24VDC



**Sensor de Temperatura:
PT100 4-hilos**

- Rango (con transmisor): -50 a +200°C
- Precisión: Compensación de cableado
- Salida: Transmisor a 4-20mA

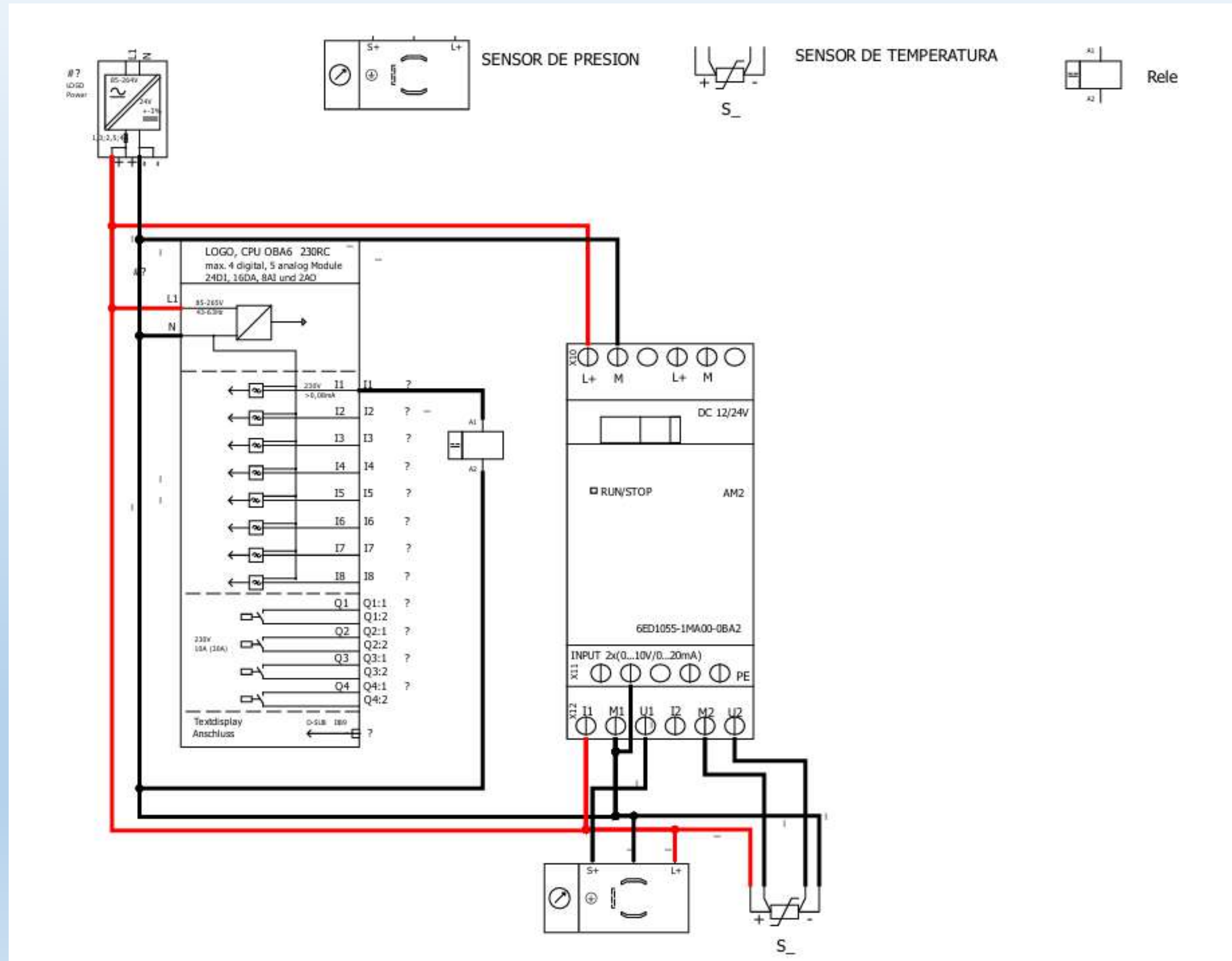


**Unidad de Control: PLC
Siemens LOGO! 8.4**

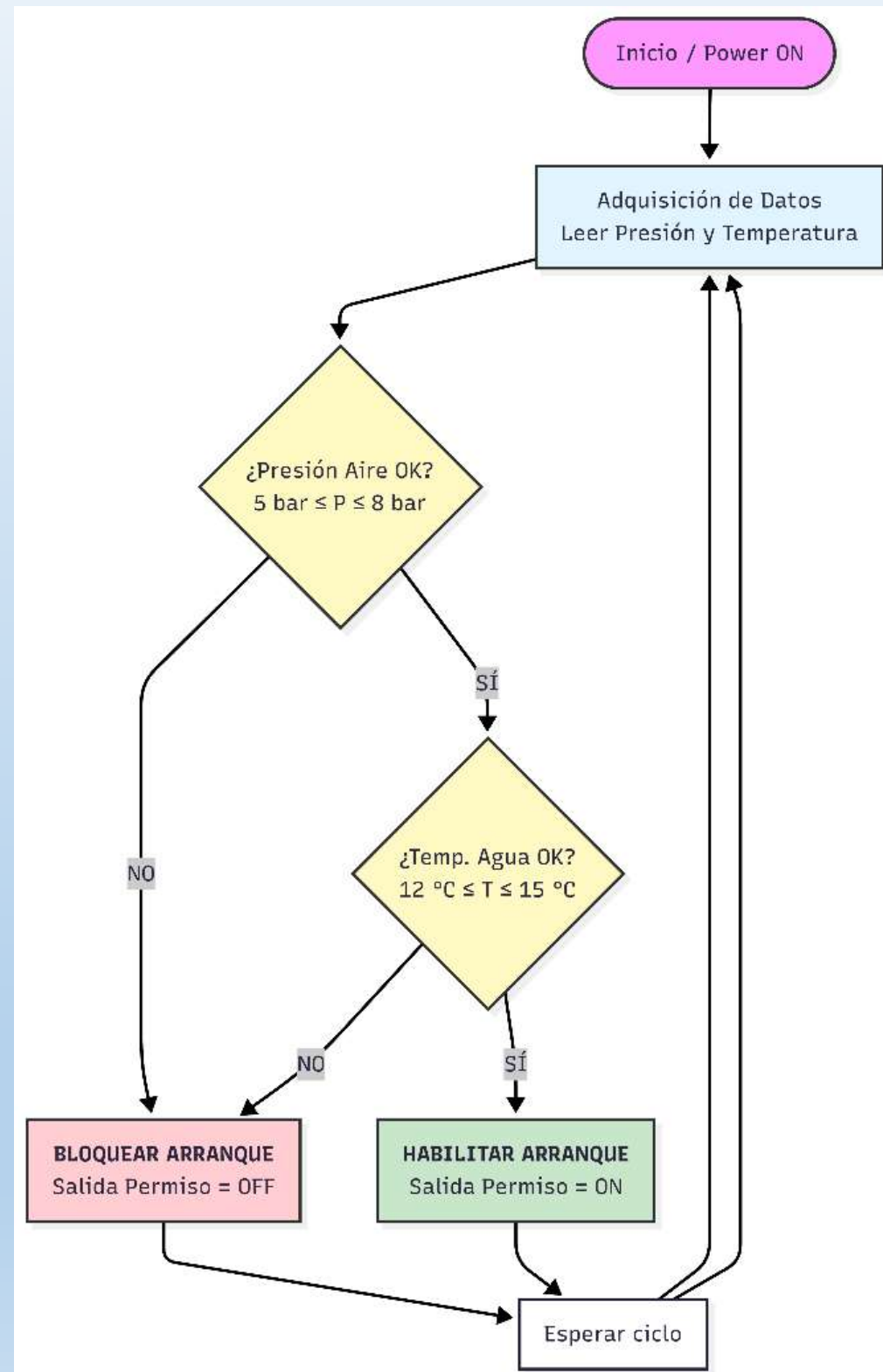
- Función: Lógica de enclavamiento
- Comunicación: Modbus TCP/IP
- Expansión: Módulo analógico AM2

Estándar 4-20mA: Seleccionado por su alta inmunidad al ruido electromagnético y facilidad para detectar fallos en el lazo.

Esquema de conexión del PLC



Lógica de Control y Enclavamiento



Permiso_Arranque = (Presión_OK) AND (Temp_OK)

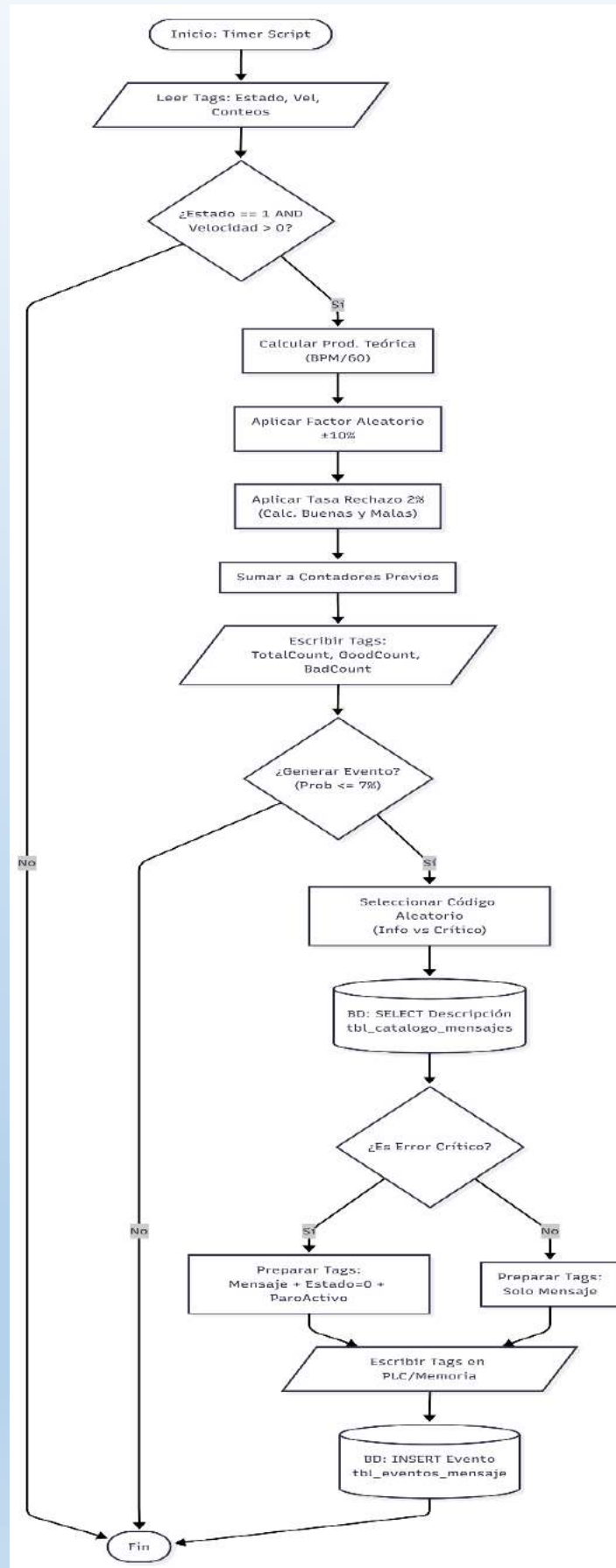
Umbrales

- Presión_OK: 5 bar a 8 bar
- Temp_OK: 12 °C a 15 °C

Lógica Fail-Safe

La salida acciona un relé con contacto Normalmente Abierto. Ante una falla o pérdida de energía, el contacto se abre y el arranque se bloquea por defecto.

El Corazon del Prototipo: El Gemelo Digital



Se implementó un gemelo digital de la Romaco en Ignition (script SimRomaco) que actualiza tags simulando producción, rechazos ($\approx 2\%$) y fallos a partir de la velocidad y eventos aleatorios, incluyendo mensajes desde la base de datos y paradas críticas.

Resultado: Flujo de datos dinamico y realista para validar todo el sistema.

La Memoria del Sistema: Base de Datos para Trazabilidad

- **Motor:**

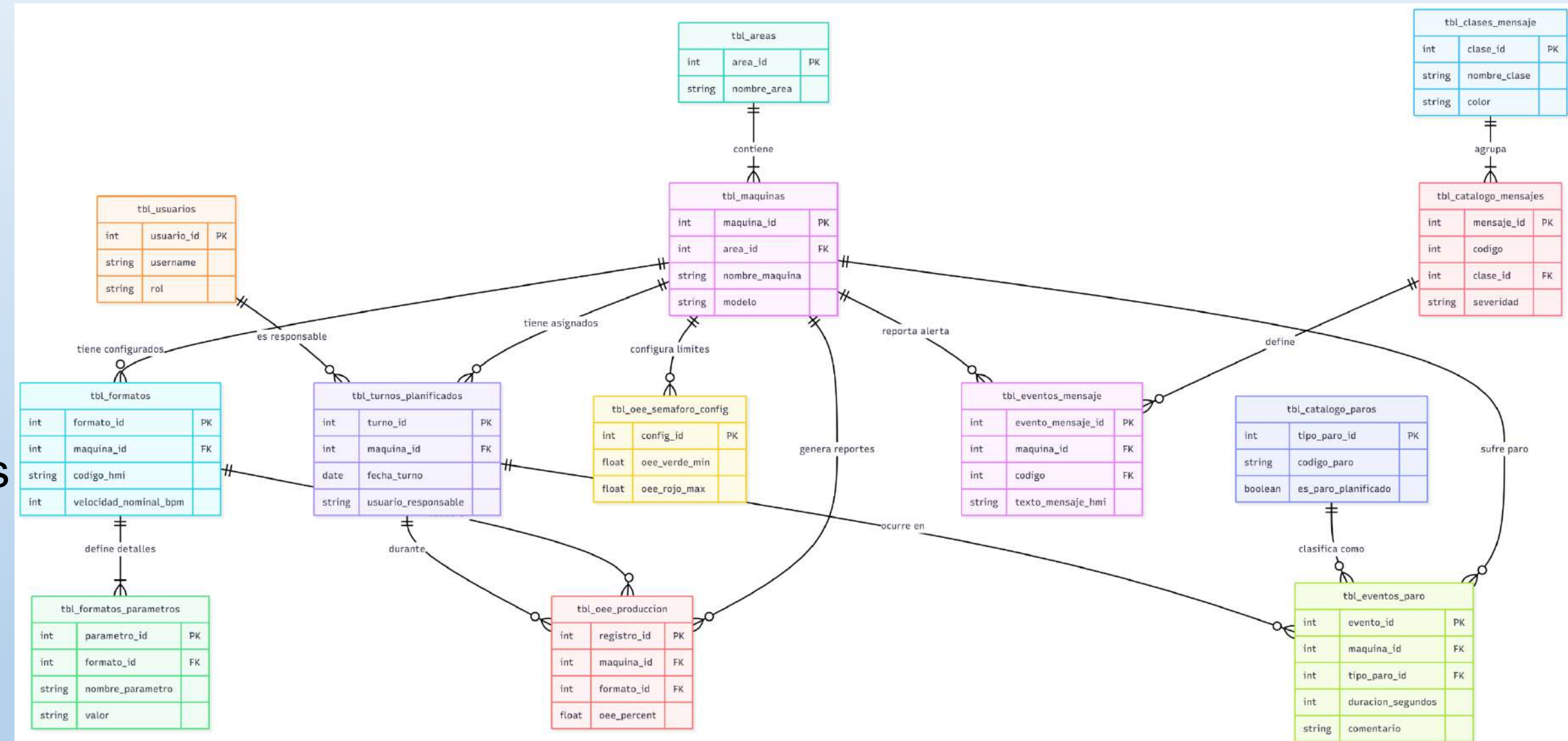
- PostgreSQL (Robusto, Open Source)

- **Diseño Relacional:**

- Registra producción y OEE.
- Almacena cada evento de paro con justificación.
- Cataloga máquinas, formatos y mensajes.

- **Propósito:**

- Garantizar trazabilidad y habilitar análisis históricos.



Transformando Datos Crudos en OEE

CÁLCULO DE OEE (EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO):
OEE = DISPONIBILIDAD × RENDIMIENTO × CALIDAD

FACTOR DE CALIDAD (Q) =

TIEMPO DE CALIDAD

TIEMPO DE CALIDAD

TIEMPO DE PÉRDIDA
POR DEFECTOS

FACTOR DE RENDIMIENTO (P) =

TIEMPO DE CALIDAD

TIEMPO DE PÉRDIDA
POR DEFECTOS

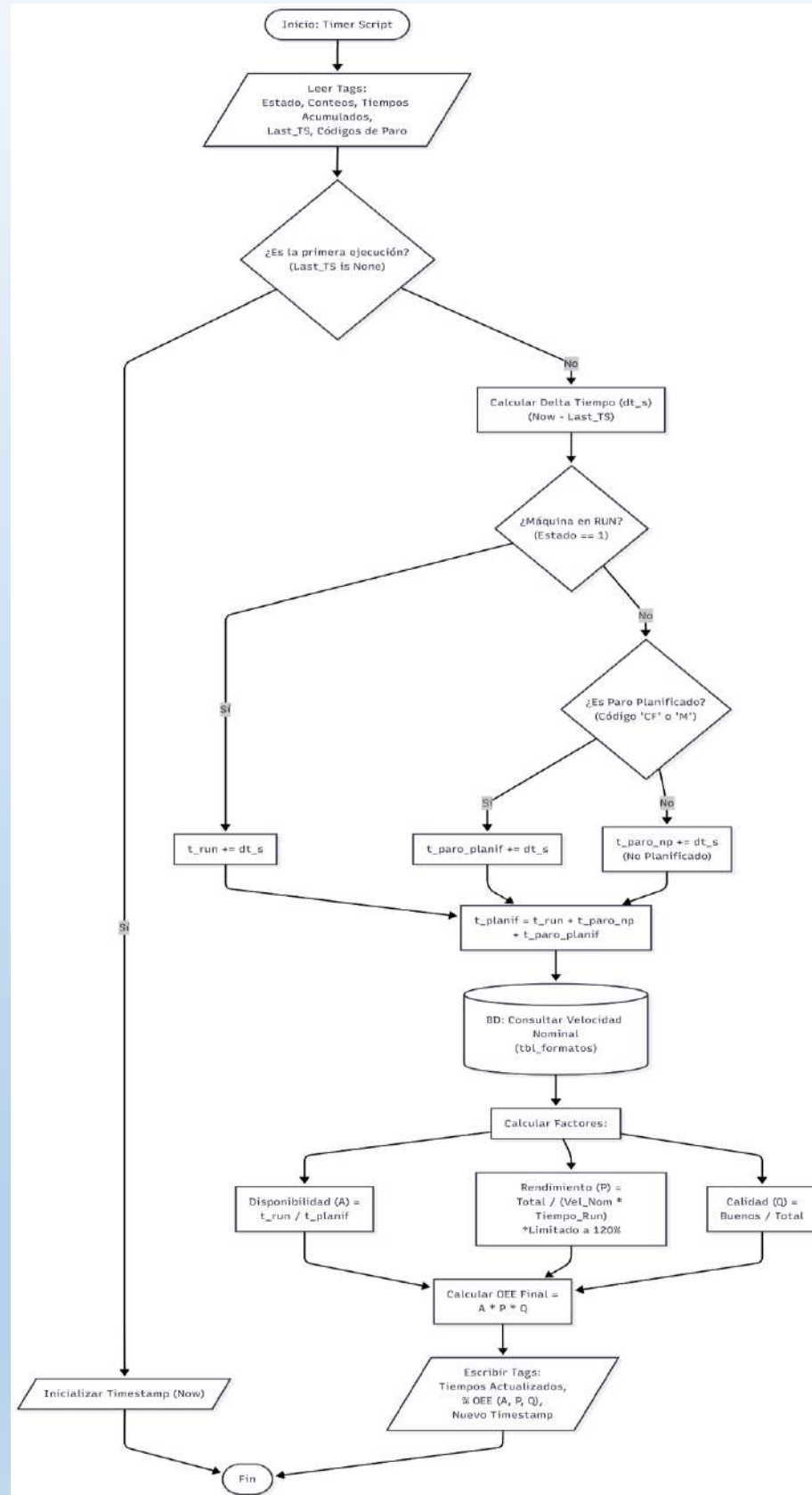
TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

FACTOR DE DISPONIBILIDAD (A) =

TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN PLANIFICADA

Logica de OEE



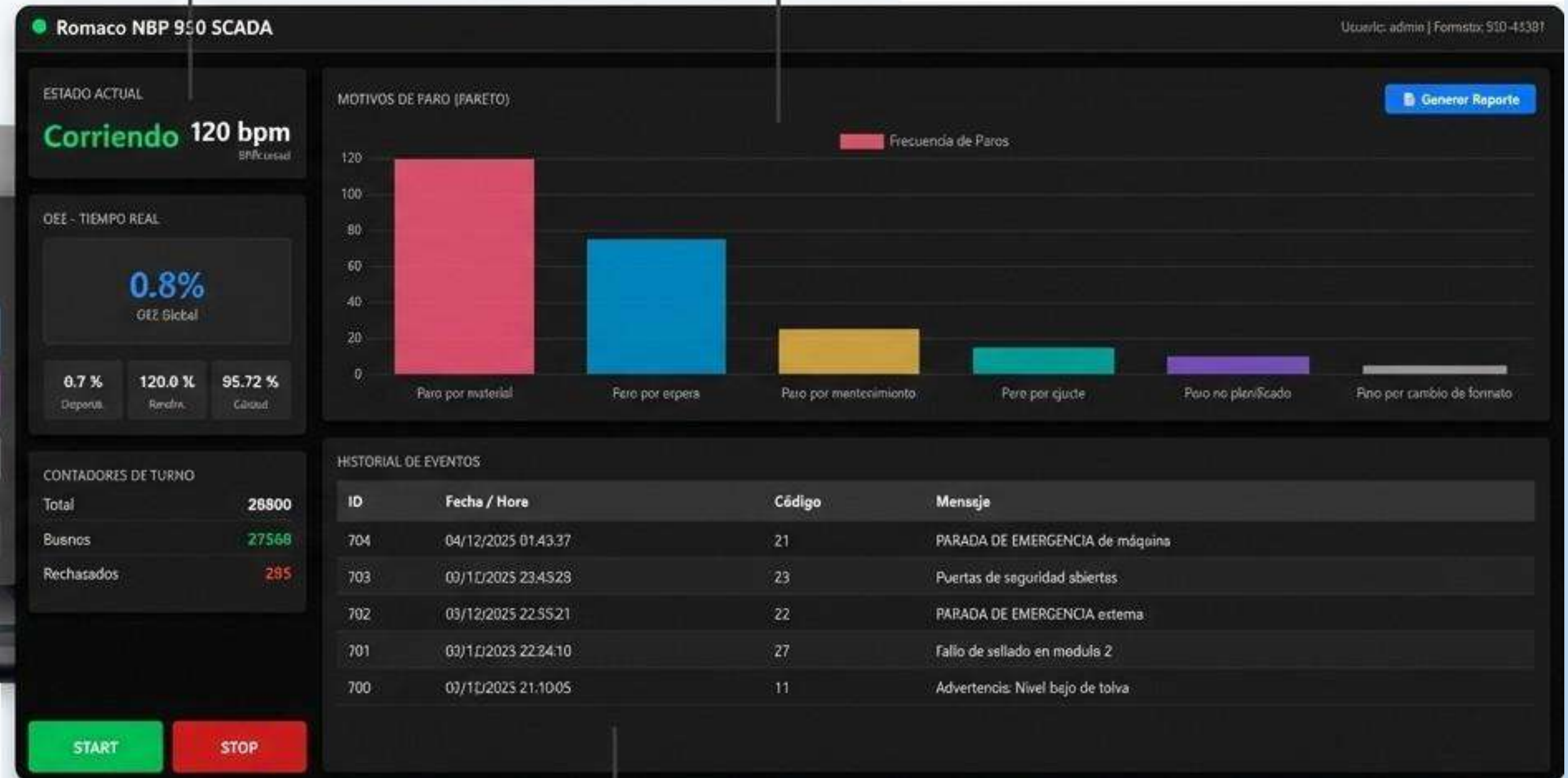
El OEE se calcula en un Gateway Script (CalcOEE) que lee los tags de estado, tiempos y contadores de la blistera, obtiene la velocidad nominal desde la base de datos y calcula disponibilidad, rendimiento, calidad y OEE, escribiéndolos en tags para tenerlos en tiempo real en el SCADA.

Resultado: Se obtienen indicadores OEE confiables para la Romaco NBP 950, listos para ser usados en gráficos, paneles y reportes diarios de la planta.

La Interfaz de Supervisión en Acción

1. **Dashboard Principal:** KPIs en tiempo real (Estado, Velocidad, OEE).

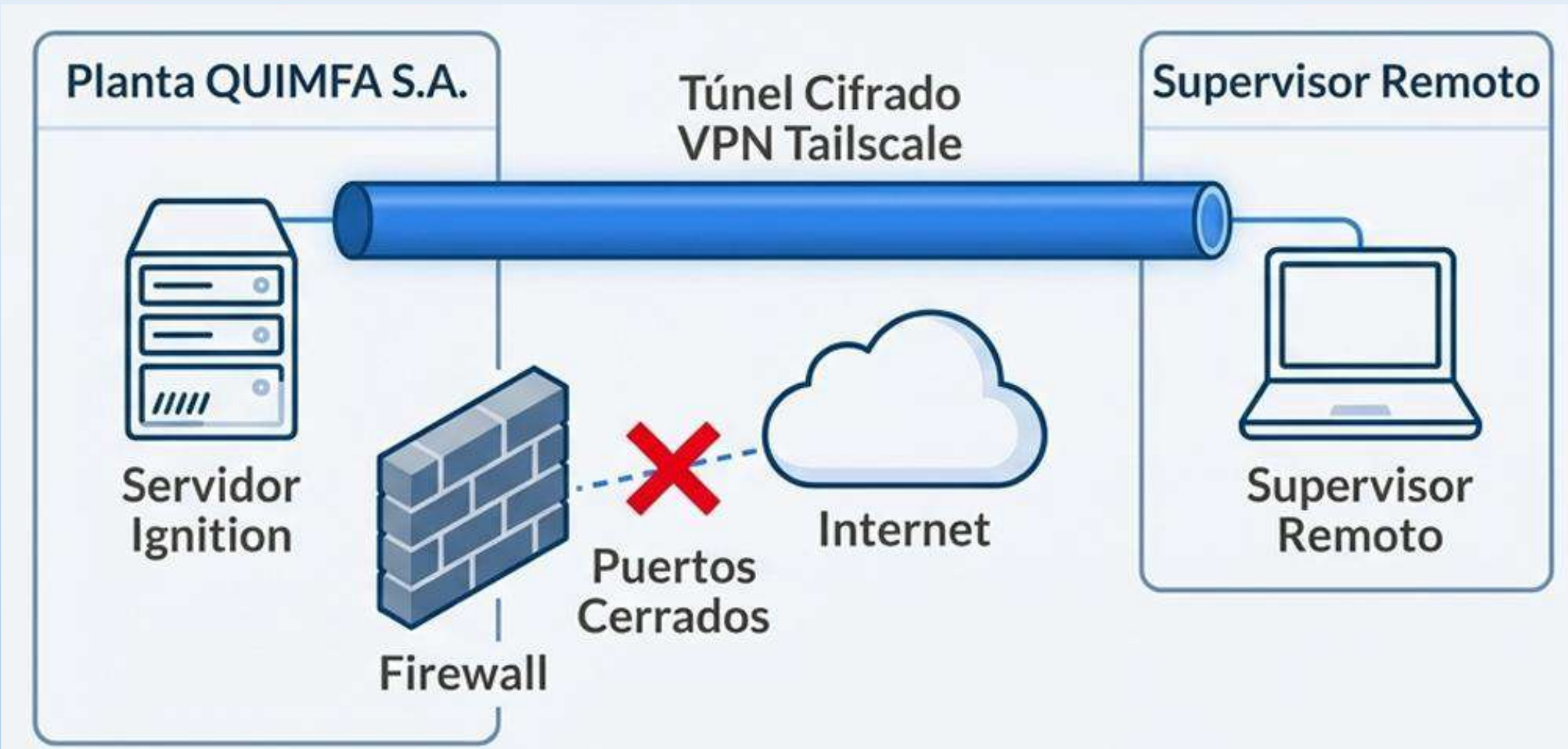
2. **Análisis de Paros:** Grafico de Pareto para identificar causas raras.



3. **Gestión de Paros:** Ventana emergente para justificación del operador.

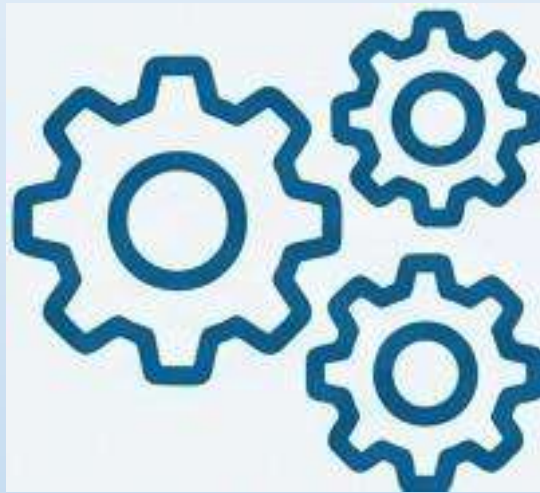
4. **Historial de Eventos:** Trazabilidad completa de alarmas y mensajes.

Acceso Remoto: Seguro y Moderno, Sin Exponer la Planta



Resultado: Acceso total al SCADA desde cualquier lugar, con máxima seguridad y cero exposición a Internet.

Validación del Prototipo: Arquitectura Sólida y Funcional



Coherencia de la Simulación

 **VALIDADO**



Integridad de los Datos

 **VALIDADO**



Precision del OEE

 **VALIDADO**



Acceso Remoto Estable

 **VALIDADO**

Costo inicial de implementación

Concepto	Cantidad / Alcance	Costo estimado (USD)
Licencia Ignition 8.3 Pro (Se vende por servidor)	1 servidor con tags y clientes ilimitados	1.200
Servidor/PC para Gateway (hardware existente)	Equipo ya disponible en planta	0
Sistema operativo Windows (licencia existente)	Licencia ya adquirida por la empresa	0
Base de datos PostgreSQL versión 18.1	Software libre	0
VPN Tailscale	Uso en modalidad gratuita	0
Modulo de enclavamiento (propuesto)	1 set: LOGO! 8.4 + 2 transmisores 4–20 mA + relé + fuente/cableado	500
Total		1.700

Nota: costos referenciales; no incluyen gabinete, canalizaciones ni mano de obra.

Conclusiones

- La centralización de datos en SCADA + SQL permitió superar las “islas de automatización” y disponer de información unificada y trazable.
- El SCADA en Ignition (Perspective) logró la supervisión remota del estado y desempeño de la blistera Romaco.
- El gemelo digital (scripts Python + tags de memoria) permitió validar la lógica operativa y fallas sin conexión al equipo físico.
- Tailscale VPN aseguró acceso remoto seguro y estable sin exponer puertos a Internet pública.
- El cálculo de OEE (CalcOEE + SQL) fue consistente en distintos escenarios simulados.
- El módulo electrónico propuesto (LOGO! 8.4 + 4–20 mA + relé) es una solución no intrusiva que habilita el arranque solo con aire 5–8 bar y agua 12–15 °C.

Recomendaciones

- **Migrar a señales reales:** reemplazar tags de memoria por señales de la máquina y del módulo electrónico; pasar de OpenPLC a LOGO! 8.4 con transmisores 4–20 mA y relé, integrando al SCADA vía Modbus TCP/IP y/o OPC UA.
- **Implementación formal:** adquirir licencia Ignition Server y destinar un equipo dedicado para el Gateway SCADA.
- **Estandarización:** usar UDT y plantillas reutilizables para replicar la solución en otras blisteras/líneas.
- **Viabilidad económica:** implementar por etapas; el módulo de enclavamiento requiere pocos componentes y puede reducir paradas y mejorar el OEE.
- **Analítica avanzada:** incorporar análisis de datos/ML para predicción de fallas y optimización usando históricos.
- **Integración corporativa:** evaluar enlazar la BD SCADA con sistemas como SAP para decisiones administrativas con datos en tiempo real.
- **Mejoras de HMI:** incluir filtros y vistas por periodos diario/semanal/mensual para análisis de tendencias.

Hacia una Producción Inteligente y Conectada

Este proyecto sienta las bases para transformar los datos de producción de QUIMFA S.A. en una ventaja competitiva sostenible.

ROMACO NOACK
NBP 950

Romaco NBP 950 SCADA

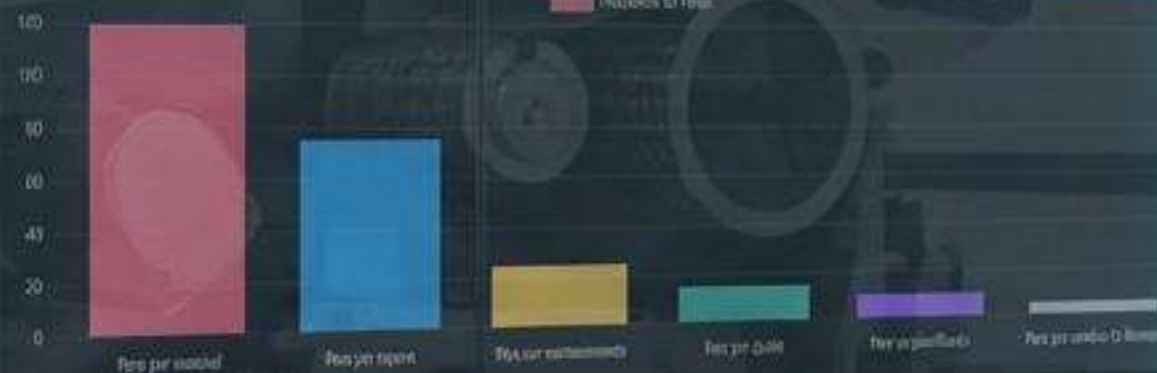
ESTADO ACTUAL

Corriendo 120 bpm

0.8%

8.7 %
120.6 %
58.77 %

MOTIVOS DE PARO (MINUTOS)

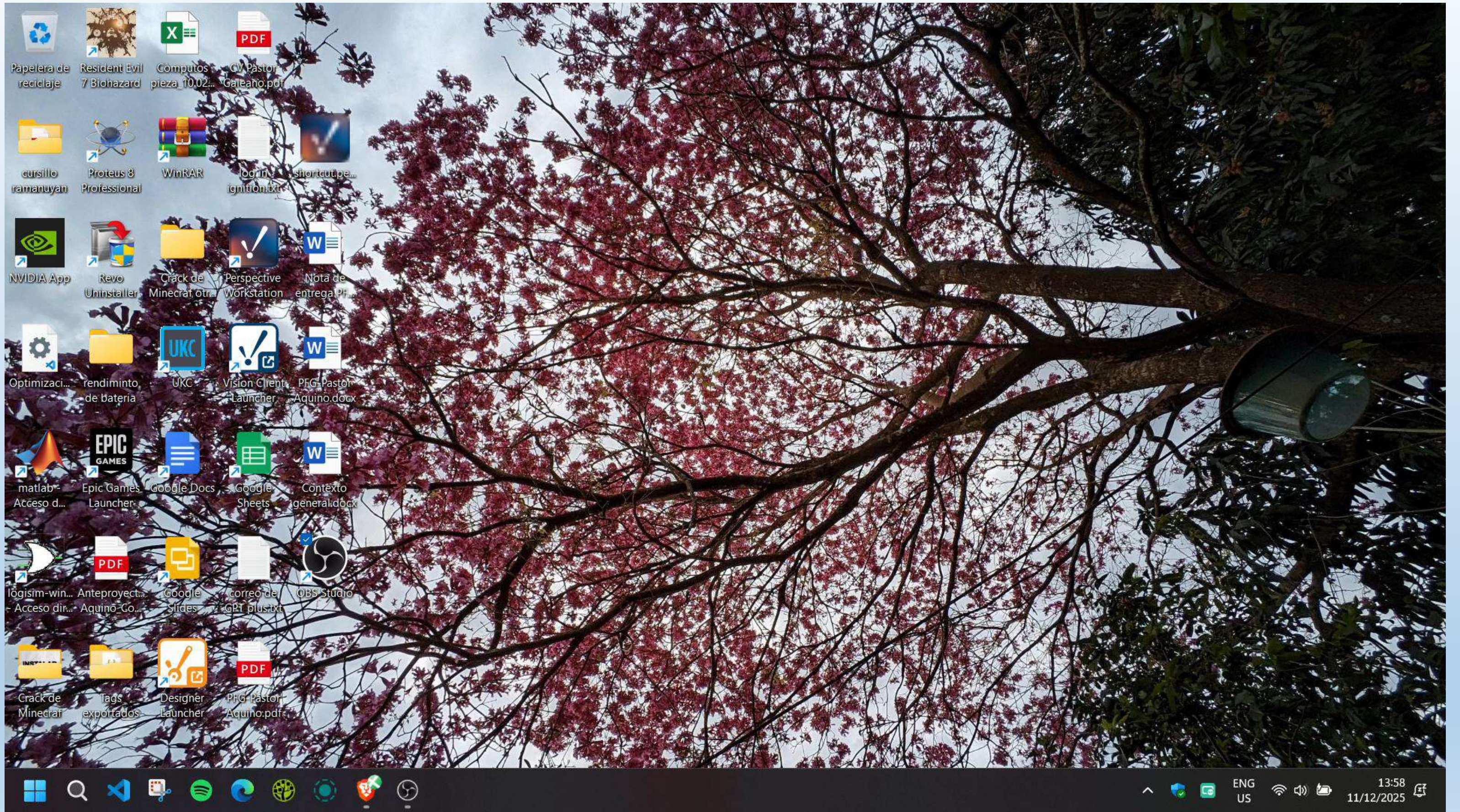


HISTORIAL DE FRENCIOS

ID	Fecha / Hora	CADep	Mensaje
704	00100001 21:42:27	21	ROGON DE OPERACION de materia
703	00100001 21:41:38	21	Paro de operación de materia
702	00100001 21:35:21	21	ROGON DE OPERACION de materia
701	00100001 21:34:19	21	Paro de operación de materia
700	00100001 21:10:05	11	Apertura total de la línea

START

STOP



Papelera de reciclaje



Resident Evil 7 Biohazard



Còmputos pieza_10.02...



CV Pastor Galeano.pdf



cursillo ramanuyan



Proteus 8 Professional



WinRAR



login ignition.txt



shortcut.pe...



NVIDIA App



Revo Uninstaller



Crack de Minecraft otr...



Perspective Workstation



Nota de entrega PF...



Optimizaci...



rendiminto de bateria



UKC



Vision Client Launcher



PEG Pastor Aquino.docx



matlab - Acceso d...



Epic Games Launcher



Google Docs



Google Sheets



Contexto general.docx



logisim-win... Acceso dir...



Anteproyect... Aquino-Co...



Google Slides



correo de GPT plus.txt



OBS Studio



Crack de Minecraft



Tags exportados



Designer Launcher



PEG Pastor Aquino.pdf

