

**Plataforma SCADA23**

Documento de Ingeniería de Detalle

FECHA: 7 de junio de 2025  
\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**CONTACTO**

Rafael Ausejo Prieto [rafael.ausejo@confianza23.es](mailto:rafael.ausejo@confianza23.es)

**ÍNDICE**

[1 Documento de Ingeniería de Detalle 3](#_Toc200190724)

[1.1 Introducción 3](#_Toc200190725)

[1.2 Requisitos Funcionales 3](#_Toc200190726)

[1.3 Requisitos No Funcionales 4](#_Toc200190727)

[1.4 Proceso: Sistema de Agua Potable con Tres Tanques (P&ID) ¡Error! Marcador no definido.](#_Toc200190728)

[1.5 Descripción Funcional del Proceso (FDS - Functional Design Specification) 6](#_Toc200190729)

[2 Otros Sectores Documento de Ingeniería de Detalle 9](#_Toc200190730)

# Documento de Ingeniería de Detalle

## Introducción

Este documento detalla los requisitos funcionales y no funcionales para el desarrollo de la plataforma SCADA23.

SCADA23 actuará como laboratorio de pruebas y simulación de PLCs, monitorizará y leerá tráfico de PLCs reales y funcionará como un sistema SCADA para la supervisión, control y adquisición de datos de sensores y actuadores reales.

La fase inicial se centrará en el soporte del protocolo Modbus/TCP y el sector de Agua Potable, permitiendo la extensión a otros protocolos y sectores mediante configuración.

El primer módulo implementado por defecto será el del sector de Agua Potable, simulando un sistema de tres tanques (Tank1, Tank2, Tank3) con sus respectivos sensores y actuadores.

**Debido a las limitaciones de tiempo, se realizará una versión limitada de la metodología expuesta para poder disponer de un primera versión funcional lo antes posible.**

## Requisitos Funcionales

Se muestran a continuación los requerimientos funcionales

**RFUNC001: Simulación y Emulación de PLCs**

* **Descripción:** La plataforma SCADA23 debe ser capaz de simular y emular el comportamiento de PLCs. Esto incluye la inyección de tráfico Modbus/TCP simulando lecturas de sensores y respuestas a comandos de actuadores, utilizando la librería Scapy.
* **Comentarios:** Se espera que los scripts de simulación sean modulares, permitiendo la fácil adición de nuevos tipos de PLCs o comportamientos.

**RFUNC002: Monitorización de Tráfico PLC Real**

* **Descripción:** SCADA23 debe poder capturar y analizar el tráfico Modbus/TCP de PLCs reales del mercado para su monitorización.
* **Comentarios:** La captura de tráfico debe ser no intrusiva y la plataforma debe ser capaz de interpretar y visualizar los datos Modbus/TCP de manera significativa.

**RFUNC003: Sistema SCADA para Supervisión y Control**

* **Descripción:** La plataforma debe proporcionar una interfaz gráfica de usuario (HMI) para la supervisión, control y adquisición de datos de sensores y actuadores. Esta interfaz se construirá utilizando tcl/tk y representará un Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID).
* **Comentarios:** El HMI debe ser intuitivo y mostrar claramente el estado de los sensores y actuadores, permitiendo la interacción con los actuadores.

**RFUNC004: Soporte de Protocolos Industriales**

* **Descripción:** En esta primera fase, la plataforma debe implementar y soportar completamente el protocolo Modbus/TCP para la comunicación con PLCs simulados y reales.
* **Comentarios:** Aunque se mencionan otros protocolos (PROFINET, S7, OPC-UA), su implementación se pospondrá para fases posteriores. La arquitectura debe ser extensible para permitir su futura integración.

**RFUNC005: Configuración de Sectores Industriales**

* **Descripción:** La plataforma debe cargar por defecto el módulo para el sector "Agua Potable" y permitir la carga de otros sectores predefinidos a través de un archivo de configuración.
* **Comentarios:** El archivo de configuración debe ser de fácil edición y permitir la especificación de los parámetros relevantes para cada sector (e.g., tipos de sensores, actuadores, rangos, etc.).

## Requisitos No Funcionales

**RNFUNC001: Tecnología de Desarrollo**

* **Descripción:** La plataforma debe ser desarrollada íntegramente en Python 3.13.4 y ejecutarse en Windows 11. La comunicación con PLCs (simulados o reales) debe realizarse mediante scripts Python que utilicen la librería Scapy para la inyección y lectura de tráfico Modbus/TCP. La interfaz gráfica se desarrollará con tcl/tk.
* **Comentarios:** Se debe asegurar la compatibilidad con las versiones especificadas de Python y Windows. El uso de Scapy debe ser eficiente para evitar latencias significativas.

**RNFUNC002: Modularidad del Código**

* **Descripción:** El código fuente debe ser modular, bien estructurado y documentado, permitiendo el desarrollo en solitario o en equipo.
* **Comentarios:** Se deben seguir las mejores prácticas de codificación Python (PEP 8), utilizar comentarios claros y dividir el código en funciones y clases lógicas.

**RNFUNC003: Rendimiento**

* **Descripción:** La plataforma debe ser capaz de procesar y visualizar datos Modbus/TCP en tiempo real con una latencia mínima para garantizar un control y supervisión efectivos.
* **Comentarios:** Se deben realizar pruebas de rendimiento para asegurar que la actualización de los datos en el HMI y la respuesta a los comandos de actuadores sea fluida y sin retrasos perceptibles.

**RNFUNC004: Escalabilidad**

* **Descripción:** La arquitectura de la plataforma debe ser escalable para permitir la futura integración de nuevos protocolos industriales, tipos de sensores, actuadores y sectores.
* **Comentarios:** Se recomienda un diseño que desacople las capas de comunicación, lógica de negocio y presentación para facilitar futuras expansiones.

**RNFUNC005: Seguridad**

* **Descripción:** La plataforma debe estar diseñada con consideraciones de ciberseguridad industrial, minimizando las vulnerabilidades.
* **Comentarios:** Aunque Modbus/TCP no incluye seguridad intrínseca, se deben implementar las mejores prácticas de desarrollo seguro a nivel de aplicación para proteger la integridad y disponibilidad de los datos y el control. Se debe considerar la segregación de la red y el uso de firewalls.

# Proceso de Sistema de Agua Potable

## Descripción Funcional del Proceso (FDS - Functional Design Specification)

El sistema de agua potable simulará el llenado y vaciado de tres tanques, con la posibilidad de monitorizar sus parámetros (presión, temperatura, flujo y nivel) y controlar sus válvulas de entrada y salida.

**a. Rangos Operativos Normales**

* **Presión:** 2 a 6 bar
* **Temperatura:** 15 a 30 °C
* **Flujo:** 30 a 70 L/min
* **Nivel:** 20% a 80%

**b. Puntos de Ajuste para Alarmas y Control**

* **Alarma de Presión Alta:** > 8 bar
* **Alarma de Presión Baja:** < 1 bar
* **Alarma de Temperatura Alta:** > 90 °C
* **Alarma de Temperatura Baja:** < 5 °C
* **Alarma de Flujo Alto:** > 95 L/min
* **Alarma de Flujo Bajo:** < 10 L/min
* **Alarma de Nivel Alto:** > 95% (Detener llenado, abrir salida si es necesario)
* **Alarma de Nivel Bajo:** < 5% (Iniciar llenado, cerrar salida si es necesario)
* **Control de Válvulas:** El usuario podrá abrir/cerrar las válvulas de entrada y salida de cada tanque desde el HMI.

## Hojas de Datos de Instrumentos

A continuación, se detallan las especificaciones para los sensores y actuadores del sistema de Agua Potable. Estos datos servirán como base para la simulación y la representación en el P&ID.

**a. Sensores de Presión (PS/PT)**

* **Identificadores:** PS-101, PT-101 (Tanque 1); PS-102, PT-102 (Tanque 2); PS-103, PT-103 (Tanque 3)
* **Descripción:** Mide la presión del líquido dentro del tanque.
* **Rango de Medición:** 0 a 10 bar
* **Unidades:** bar
* **Punto de Ajuste (Setpoint):** Presión máxima para alarma (ej. 8 bar)
* **Precisión:** ±0.5% del fondo de escala
* **Conexión:** Modbus/TCP Holding Register

**b. Sensores de Temperatura (TS)**

* **Identificadores:** TS-101 (Tanque 1); TS-102 (Tanque 2); TS-103 (Tanque 3)
* **Descripción:** Mide la temperatura del líquido dentro del tanque.
* **Rango de Medición:** 0 a 100 °C
* **Unidades:** °C
* **Punto de Ajuste (Setpoint):** Temperatura mínima/máxima para alarma (ej. 5 °C, 90 °C)
* **Precisión:** ±1°C
* **Conexión:** Modbus/TCP Holding Register

**c. Sensores de Flujo (FS)**

* **Identificadores:** FS-101 (Tanque 1); FS-102 (Tanque 2); FS-103 (Tanque 3)
* **Descripción:** Mide el caudal de entrada o salida del tanque.
* **Rango de Medición:** 0 a 100 L/min
* **Unidades:** L/min
* **Punto de Ajuste (Setpoint):** Caudal mínimo/máximo para alarma (ej. 10 L/min, 95 L/min)
* **Precisión:** ±1% del fondo de escala
* **Conexión:** Modbus/TCP Holding Register

**d. Sensores de Nivel (LS)**

* **Identificadores:** LS-101 (Tanque 1); LS-102 (Tanque 2); LS-103 (Tanque 3)
* **Descripción:** Mide el nivel de llenado del tanque.
* **Rango de Medición:** 0% a 100%
* **Unidades:** Porcentaje (%)
* **Punto de Ajuste (Setpoint):** Nivel mínimo/máximo para alarma (ej. 5%, 95%)
* **Precisión:** ±1%
* **Conexión:** Modbus/TCP Holding Register

**e. Válvulas de Entrada (XV)**

* **Identificadores:** XV-101A (Tanque 1); XV-102A (Tanque 2); XV-103A (Tanque 3)
* **Descripción:** Actuador On/Off que controla el flujo de entrada al tanque.
* **Estado:** Abierta (True) / Cerrada (False)
* **Tiempo de Apertura/Cierre:** Instantáneo para simulación (en la realidad, podría ser milisegundos).
* **Conexión:** Modbus/TCP Coil

**f. Válvulas de Salida (XV)**

* **Identificadores:** XV-101B (Tanque 1); XV-102B (Tanque 2); XV-103B (Tanque 3)
* **Descripción:** Actuador On/Off que controla el flujo de salida del tanque.
* **Estado:** Abierta (True) / Cerrada (False)
* **Tiempo de Apertura/Cierre:** Instantáneo para simulación.
* **Conexión:** Modbus/TCP Coil

**g. Tanques de Agua Potable**

* **Identificadores:** T-101 (Tanque 1); T-102 (Tanque 2); T-103 (Tanque 3)
* **Descripción:** Depósitos de almacenamiento de agua potable.
* **Volumen/Capacidad:** Se definirá en el archivo de configuración por sector (ej. 1000 Litros).

## Componentes

**Sistema de Control (SCADA/PLC)**

El módulo de Agua Potable en SCADA23 se encargará de:

* **Adquisición de Datos:** Leerá los valores de los sensores (presión, temperatura, flujo, nivel) de los PLCs (simulados o reales) a través de Modbus/TCP (Holding Registers).
* **Visualización:** Los valores adquiridos se mostrarán en tiempo real en el HMI (P&ID) de forma gráfica. Se utilizarán indicadores visuales para el estado de las válvulas y el nivel de los tanques.
* **Control:** Enviará comandos a los actuadores (válvulas de entrada y salida) a los PLCs (simulados o reales) a través de Modbus/TCP (Coils) para cambiar su estado (abrir/cerrar).
* **Alertas:** Detectará y mostrará alarmas cuando los valores de los sensores superen o caigan por debajo de los puntos de ajuste predefinidos.
* **Registro de Datos:** La plataforma debería tener la capacidad básica de registrar los datos de los sensores a lo largo del tiempo, aunque esto podría ser una mejora futura.
* **Configuración:** Los rangos de medición, unidades y puntos de ajuste se cargarán desde el archivo de configuración del sector, permitiendo una fácil adaptación.

# Planificación del Desarrollo (Metodología SCRUM)

Se detalla la planificación para el desarrollo de la plataforma SCADA23, siguiendo una metodología ágil SCRUM. El equipo de desarrollo estará compuesto por tres personas. La fase inicial se centrará en el módulo de Agua Potable y la comunicación Modbus/TCP.

**4.1. Roles del Equipo**

* **Product Owner:** Rafael Ausejo Prieto (contacto: rafael.ausejo@confianza23.es) - Responsable de la visión del producto y la priorización del Backlog.
* **Scrum Master:** [Nombre del Scrum Master] - Facilitador, elimina impedimentos y asegura la adherencia a la metodología SCRUM. (Rol asignado a este interlocutor para la generación de este documento)
* **Equipo de Desarrollo:**
  + Desarrollador 1: Rafael Ausejo Prieto
  + Desarrollador 2: J.S
  + Desarrollador 3:

**4.2. Backlog del Producto**

El Backlog del Producto será gestionado y priorizado por el Product Owner. A continuación, se listan algunos ítems iniciales para la primera fase:

* Como usuario, quiero que la plataforma simule el comportamiento de PLCs para pruebas.
* Como usuario, quiero que la plataforma pueda capturar y analizar tráfico Modbus/TCP de PLCs reales.
* Como usuario, quiero una interfaz gráfica (HMI) para supervisar y controlar sensores y actuadores del sistema de agua potable.
* Como usuario, quiero que la plataforma soporte completamente el protocolo Modbus/TCP.
* Como administrador, quiero que la plataforma cargue por defecto el módulo de "Agua Potable" y sea configurable para otros sectores.
* Como desarrollador, quiero que el código sea modular y esté documentado.
* Como usuario, quiero que la HMI muestre claramente el estado de los sensores y actuadores del sistema de agua potable.
* Como usuario, quiero poder controlar las válvulas de entrada y salida de los tanques desde el HMI.
* Como desarrollador, quiero que la plataforma sea desarrollada en Python 3.13.4 y se ejecute en Windows 11, utilizando Scapy y tcl/tk.
* Como usuario, quiero que se visualicen los datos de los sensores (presión, temperatura, flujo, nivel) en tiempo real en el HMI.
* Como usuario, quiero que se detecten y muestren alarmas cuando los valores de los sensores superen o caigan por debajo de los puntos de ajuste.
* Como desarrollador, quiero que los rangos de medición y puntos de ajuste se carguen desde un archivo de configuración.
* Como usuario, quiero simular el llenado y vaciado de tres tanques de agua potable.

**4.3. Hitos de Desarrollo (Fase 1: Módulo Agua Potable)**

Se proponen los siguientes hitos para la fase inicial del proyecto:

* **Hito 1 (Sprint 1-2): Configuración y Simulación Básica de PLC**
  + Definición del archivo de configuración inicial para Agua Potable.
  + Desarrollo del esqueleto del PLC simulado con Modbus/TCP y manejo de Holding Registers y Coils.
  + Simulación de lecturas básicas de sensores (presión, temperatura, flujo, nivel) y control de válvulas (On/Off).
  + Validación de la comunicación Modbus/TCP entre PLC simulado y un cliente de prueba.
* **Hito 2 (Sprint 3-4): HMI Básico y Visualización de Datos**
  + Implementación de la estructura básica del HMI con tcl/tk.
  + Conexión del HMI con el PLC simulado para la adquisición de datos de sensores.
  + Visualización en tiempo real de los valores de los sensores en el HMI.
  + Representación visual básica del estado de las válvulas y el nivel de los tanques.
* **Hito 3 (Sprint 5-6): Control y Alarmas**
  + Implementación de la funcionalidad de control de válvulas desde el HMI.
  + Desarrollo del módulo de detección y visualización de alarmas (presión, temperatura, flujo, nivel).
  + Integración de los puntos de ajuste y rangos operativos desde el archivo de configuración.
  + Mejora de la interactividad del HMI.
* **Hito 4 (Sprint 7): Refinamiento y Documentación**
  + Refinamiento del código y aseguramiento de la modularidad y documentación (PEP 8).
  + Pruebas de rendimiento y optimización para baja latencia.
  + Revisión de requisitos no funcionales (escalabilidad, seguridad).
  + Generación de la documentación técnica y de usuario inicial.

**4.4. Tareas Detalladas y Nombres de Ficheros Python (.py)**

A continuación, se presenta un desglose de tareas por componentes, incluyendo los nombres de ficheros Python sugeridos.

**4.4.1. Módulo de Configuración y Utilidades**

* **Tarea:** Definir la estructura y cargar el archivo de configuración (config.json o config.ini).
  + **Ficheros:** config\_manager.py (Clase para cargar/manejar la configuración).
* **Tarea:** Implementar funciones utilitarias generales.
  + **Ficheros:** utils.py

**4.4.2. PLC Simulado (Simulador Modbus/TCP)**

Este componente será la base para la simulación de los tanques de agua.

* **Tarea:** Crear la clase base para un dispositivo Modbus/TCP (manejo de Holding Registers y Coils).
  + **Ficheros:** modbus\_device.py
* **Tarea:** Implementar la lógica específica de los tanques de agua (T-101, T-102, T-103) con sus sensores y actuadores.
  + **Ficheros:** tank\_simulator.py (Contendrá la lógica de llenado/vaciado, actualización de valores de sensores).
* **Tarea:** Crear scripts para simular la inyección de tráfico Modbus/TCP utilizando Scapy.
  + **Ficheros:** plc\_emulator.py (Orquestador de los tanques simulados y el servidor Modbus/TCP).
  + sensor\_data\_generator.py (Módulo para generar datos realistas de sensores).

**4.4.3. Consola SCADA (Cliente Modbus/TCP y HMI)**

Este componente será la interfaz de usuario para supervisión y control.

* **Tarea:** Desarrollar el cliente Modbus/TCP para leer Holding Registers y escribir Coils.
  + **Ficheros:** modbus\_client.py
* **Tarea:** Implementar la interfaz gráfica de usuario (HMI) utilizando tcl/tk.
  + **Ficheros:** scada\_hmi.py (Contendrá la lógica principal de la interfaz gráfica).
  + hmi\_elements.py (Clases para los elementos gráficos: tanques, válvulas, indicadores de sensores).
  + alarm\_manager.py (Lógica para detectar y mostrar alarmas).
* **Tarea:** Integrar la adquisición de datos y el control de actuadores en el HMI.
  + **Ficheros:** data\_acquisition.py (Módulo para gestionar la lectura periódica de datos del PLC).
  + control\_logic.py (Módulo para gestionar el envío de comandos al PLC).
* **Tarea:** Lógica para monitorizar y analizar tráfico de PLCs reales (captura no intrusiva). (Considerado para futuras iteraciones en detalle, pero la base estará en el cliente).
  + **Ficheros:** traffic\_monitor.py (Utilizará Scapy para la captura y análisis).

**4.4.4. Punto de Entrada Principal**

* **Tarea:** Crear los scripts principales para iniciar la simulación del PLC y la consola SCADA.
  + **Ficheros:** main\_plc\_simulator.py (Ejecuta el PLC simulado).
  + main\_scada\_console.py (Ejecuta la consola SCADA).

**4.5. Consideraciones Adicionales**

* **Control de Versiones:** Se utilizará Git para el control de versiones
* **Pruebas:** Se implementarán pruebas unitarias y de integración para asegurar la calidad del código.
* **Reuniones SCRUM:**
  + **Daily Stand-ups:** Reuniones diarias de 15 minutos para sincronización.
  + **Sprint Planning:** Al inicio de cada Sprint para planificar las tareas.
  + **Sprint Review:** Al final de cada Sprint para revisar el incremento.
  + **Sprint Retrospective:** Al final de cada Sprint para identificar mejoras en el proceso.
* **Herramientas:** Se utilizarán entornos de desarrollo compatibles con Python (e.g., VS Code, PyCharm).
* **Documentación:** La documentación del código se realizará de forma continua, siguiendo las mejores prácticas de Python.

# Otros Sectores Documento de Ingeniería de Detalle

Tras la implementación del primer sector de agua potable, se impementarán el resto de sectores soportados:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Categoría** | **Código de Sector** | **Descripción del Sector** |
| **Energía** | SAC01 | Energía (General) |
|  | SAC01a | Electricidad |
|  | SAC01b | Sistemas urbanos de calefacción y refrigeración |
|  | SAC01c | Crudo |
|  | SAC01d | Gas |
|  | SAC01e | Hidrógeno |
| **Transporte** | SAC02 | Transporte (General) |
|  | SAC02a | Transporte aéreo |
|  | SAC02b | Transporte por ferrocarril |
|  | SAC02c | Transporte marítimo y fluvial |
|  | SAC02d | Transporte por carretera |
| **Banca** | SAC03 | Banca |
| **Finanzas** | SAC04 | Infraestructura de los mercados financieros |
| **Sanidad** | SAC05 | Sector sanitario |
| **Agua Potable** | SAC06 | Agua potable (Módulo inicial implementado por defecto) |
| **Aguas Residuales** | SAC07 | Aguas residuales |
| **Infraestructura digital** | SAC08 | Infraestructura digital |
| **Servicios TIC** | SAC09 | Gestión de servicios de TIC (de empresa a empresa) |
| **AGE** | SAC10 | Entidades de la Administración pública (excl. judicial, parlamentos y bancos centrales) |
| **Espacio** | SAC11 | Espacio |
| **Nuclear** | SAC12 | Industria Nuclear |
| **Otros Sectores** | OTR01 | Servicios postales y de mensajería |
|  | OTR02 | Gestión de residuos |
|  | OTR03 | Fabricación, producción y distribución de sustancias y mezclas químicas |
|  | OTR04 | Producción, transformación y distribución de alimentos |
| **Fabricación** | OTR05 | Fabricación (General) |
|  | OTR5a | Fabricación de productos sanitarios y productos sanitarios para diagnóstico in vitro |
|  | OTR5b | Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos |
|  | OTR5c | Fabricación de material eléctrico |
|  | OTR5d | Fabricación de maquinaria y equipo n.c.o.p. |
|  | OTR5e | Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques |
|  | OTR5f | Fabricación de otro material de transporte |
|  | OTR06 | Proveedores de servicios digitales |
|  | OTR07 | Investigación |
|  | OTR08 | Seguridad Privada |