



Facultad
de Ingeniería
UNIVERSIDAD DE LA SERENA
CHILE

SOCHEDI / SOCIEDAD CHILENA
DE EDUCACION
EN INGENIERIA

XXXVI

CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA

2024

El Aseguramiento de la Calidad en las
Facultades de Ingeniería en el marco
de la nueva Acreditación Institucional

Laboratorios Híbridos: Innovación en la Formación de Competencias para la Industria 4.0

Autores: Marco Vilches, Héctor Vargas, Jorge Huerta
E-mail: marco.vilches@pucv.cl, hector.vargas@pucv.cl,
jorge.huerta@pucv.cl
Institución: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Agenda

1. Introducción
2. Objetivos
3. Arquitectura de Laboratorio Híbrido
4. Ejemplo de aplicación
5. Resultados
6. Conclusiones



Facultad
de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE LA SERENA
CHILE

SOCHEDI SOCIEDAD CHILENA
DE EDUCACION
EN INGENIERIA

Introducción

- **Industria 4.0:** Se refiere a la integración de tecnologías avanzadas tales como la inteligencia artificial, automatización, IoT, robótica y la analítica de datos, con el propósito de crear procesos inteligentes y optimizados.
- **Impacto en educación:** La Industria 4.0 demanda que las universidades mejoren sus métodos de enseñanza y herramientas para preparar a los ingenieros del futuro.
- **Laboratorios prácticos:** Son un punto clave en la formación en ingeniería ya que, en ellos, los estudiantes deben demostrar sus habilidades procedimentales y actitudinales en la aplicación del conocimiento teórico adquirido.



Facultad
de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE LA SERENA
CHILE

SOCHEDI SOCIEDAD CHILENA
DE EDUCACION
EN INGENIERIA

Introducción

Problemática en laboratorios prácticos actuales

- Algunas de las competencias más críticas que los estudiantes de ingeniería deben adquirir requieren de la realización de laboratorios prácticos que, de alguna manera, emulen condiciones cercanas a la realidad laboral.
- Los laboratorios de prácticas universitarios presentan **dificultades para recrear contextos industriales reales y escalables** (limitaciones económicas y de espacio), dificultando la formación de competencias requeridas por la industria 4.0.



Facultad
de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE LA SERENA
CHILE

SOCHEDI SOCIEDAD CHILENA
DE EDUCACION
EN INGENIERIA

Objetivo

Diseñar una arquitectura de laboratorio práctico que permita recrear contextos industriales reales y de envergadura variable, aplicados al ámbito de la automatización de procesos

- **Escalabilidad:** El laboratorio deberá adaptarse a diferentes niveles de complejidad y necesidades.
- **Experiencia de aprendizaje:** Ofrecer a los estudiantes una experiencia práctica cercana a la realidad laboral, en un entorno que simule condiciones industriales de manera segura y controlada.



Facultad
de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE LA SERENA
CHILE

SOCHEDI SOCIEDAD CHILENA
DE EDUCACION
EN INGENIERIA

Arquitectura de Laboratorio Híbrido

La figura muestra la arquitectura propuesta para el desarrollo de laboratorios híbridos de automatización.

- 1. Proceso:** Sistema bajo monitoreo y control (virtualizado).
- 2. Automatismo:** Electrónica de control (dispositivos reales).
- 3. Servidor OPC:** Mecanismo de Intercambio de datos entre componentes del laboratorio híbrido.

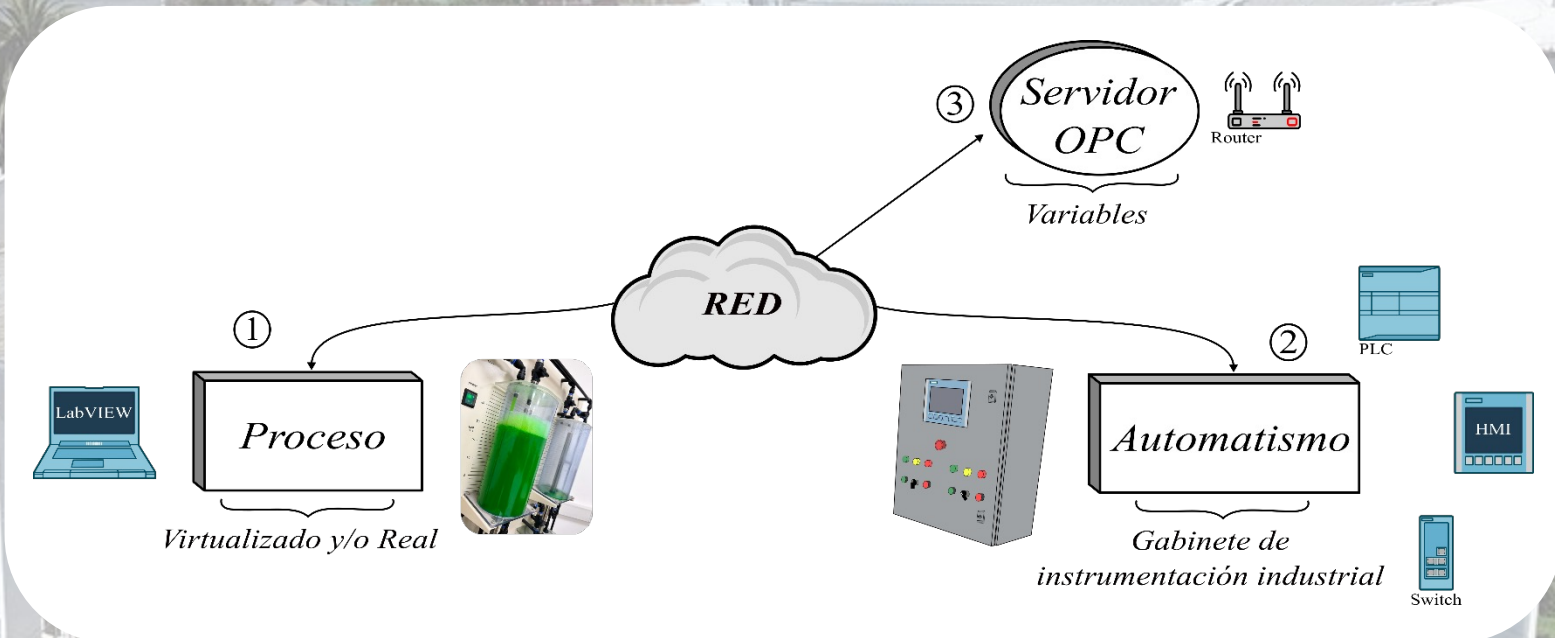


Figura N° 1. Esquema global de la propuesta de Laboratorio Híbrido.

Ejemplo de aplicación

Contexto: Empresa enfrenta problemas en la gestión técnica y la operación en su red de distribución de agua potable.

- **Competencia de operadores:** No cuentan con la capacidad de interactuar con el sistema autónomo.
- **Formación de profesionales:** Aplicar este desarrollo a la formación de estudiantes de ingeniería.

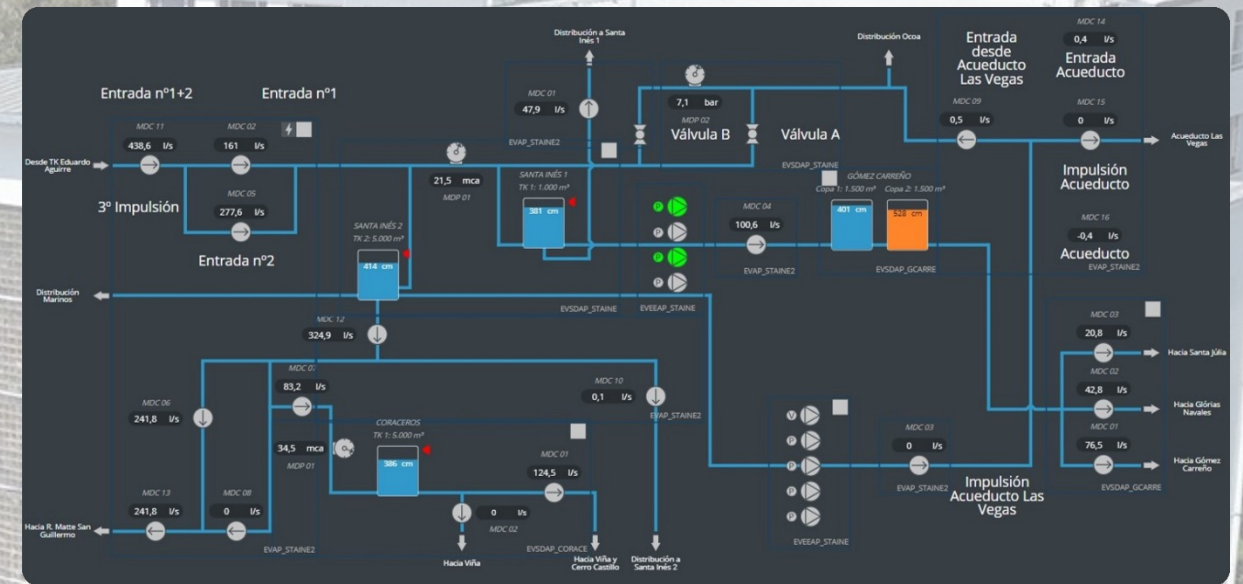


Figura N° 2. Red de distribución de agua potable.



Ejemplo de aplicación

Caso de estudio: Foco en un segmento de la red de distribución de agua.

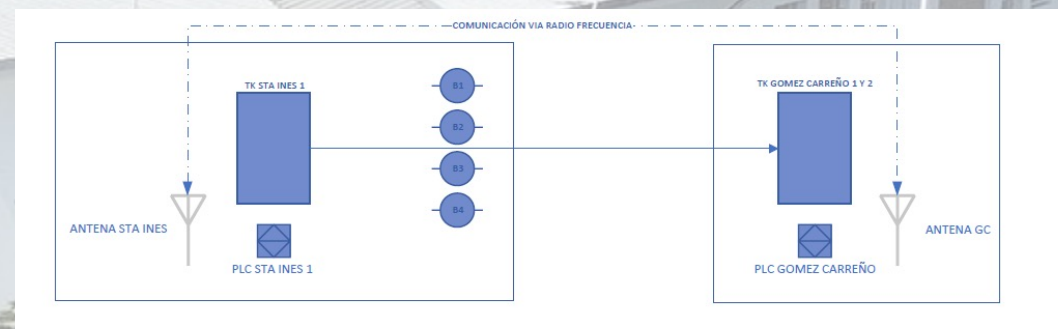
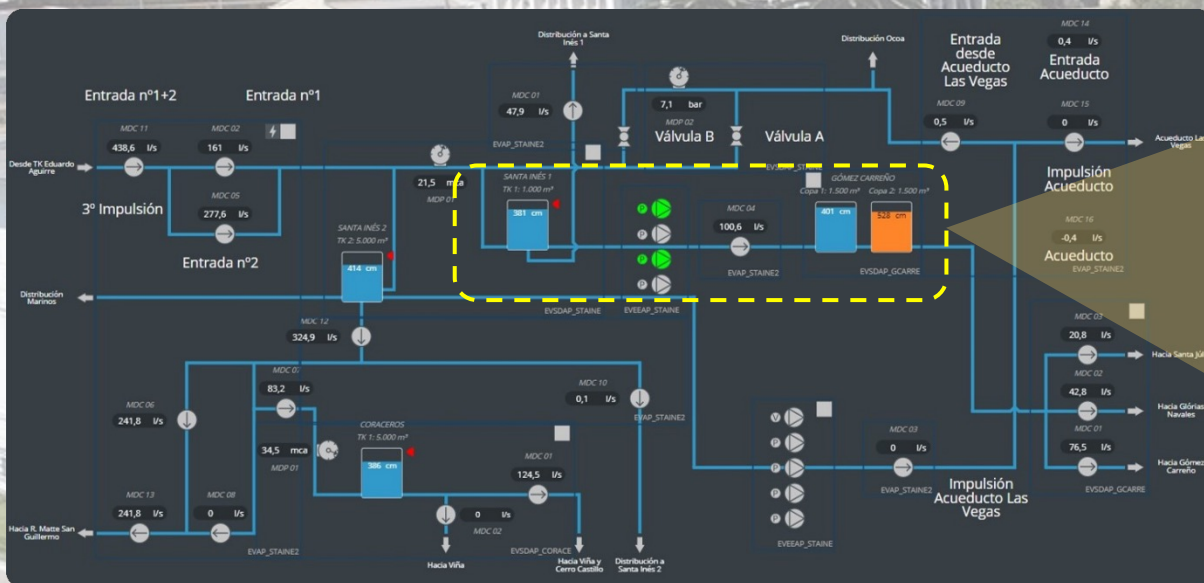


Figura N° 3. Sección seleccionada de red de distribución de agua potable.

Ejemplo de aplicación

Metodología de desarrollo:

- I. Proceso Virtualizado:** Creación de réplica digital, en formato de laboratorio virtual interactivo, de red de distribución de agua. (software utilizado: LabVIEW)
- II. Automatismo:** Diseño, desarrollo e instalación de dispositivos electrónicos de control (PLC, VF, etc. de la marca siemens), emulando su disposición en entornos reales.
- III. Servidor OPC:** Configuración y puesta en marcha de servidor de intercambio de datos. (software utilizado: Keep server)
- IV. Integración y Pruebas:** Integración de la implementación virtual y física del laboratorio sobre una red de datos, validando su correcta operación.



Facultad
de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE LA SERENA
CHILE

SOCHEDI SOCIEDAD CHILENA
DE EDUCACION
EN INGENIERIA

Ejemplo de aplicación

II. Implementación Virtual

Modelo del sistema

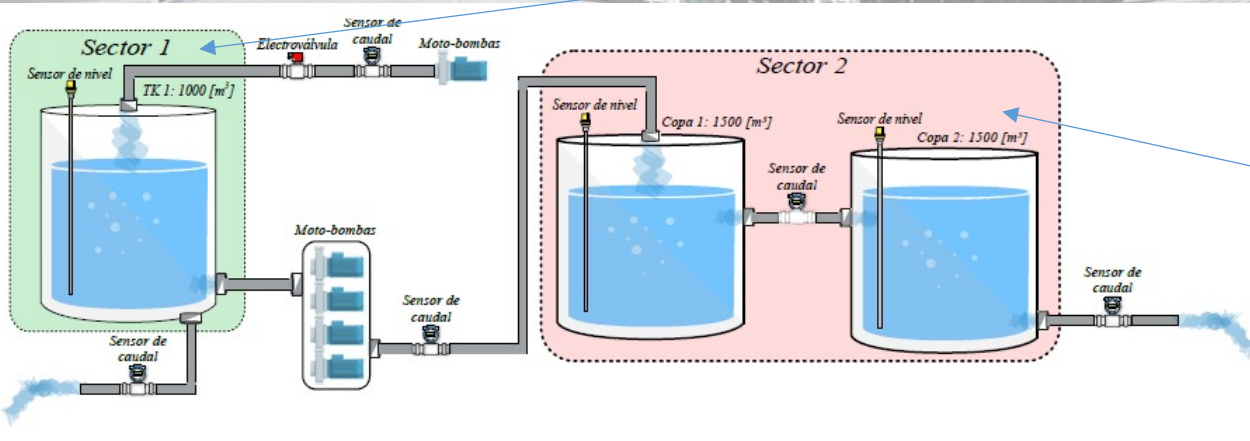


Figura N° 4. Diagrama de red de distribución de agua potable.

$$A \frac{dh}{dt} = q_{in} - q_{out1} - q_{out2}$$

Donde:

- A : Área sección transversal tanque [m].
- q_{in} : Caudal de entrada [m^3/s].
- q_{out1} : Caudal de salida a sector 2 [m^3/s].
- q_{out2} : Caudal de salida a sector 1 [m^3/s].

$$\frac{dh1}{dt} = \frac{1}{A1} (Q_{in} - Q_{out1})$$

$$\frac{dh2}{dt} = \frac{1}{A2} (Q_{out1} - Q_{out2})$$

Donde:

- $h1$ y $h2$ son las alturas del agua en la primera y segunda copa, respectivamente [m].
- $A1$ y $A2$ son las áreas de la base de la primera y segunda copa [m^2].
- Q_{in} es el caudal de entrada a la primera copa desde el tanque semi-enterrado [m^3/s].
- Q_{out1} es el caudal de salida de la primera copa hacia la segunda copa [m^3/s].
- Q_{out2} es el caudal de salida de la segunda copa hacia las tres áreas distintas [m^3/s].

Ejemplo de aplicación

II. Implementación Virtual

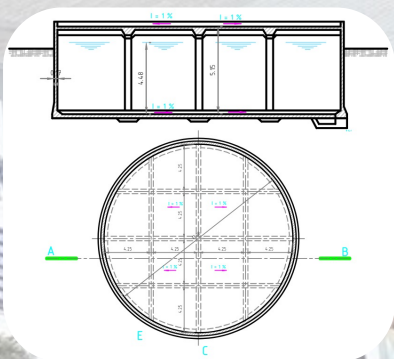


Figura N°6: Estanque semi-enterrado de concreto armado 1000 m³.

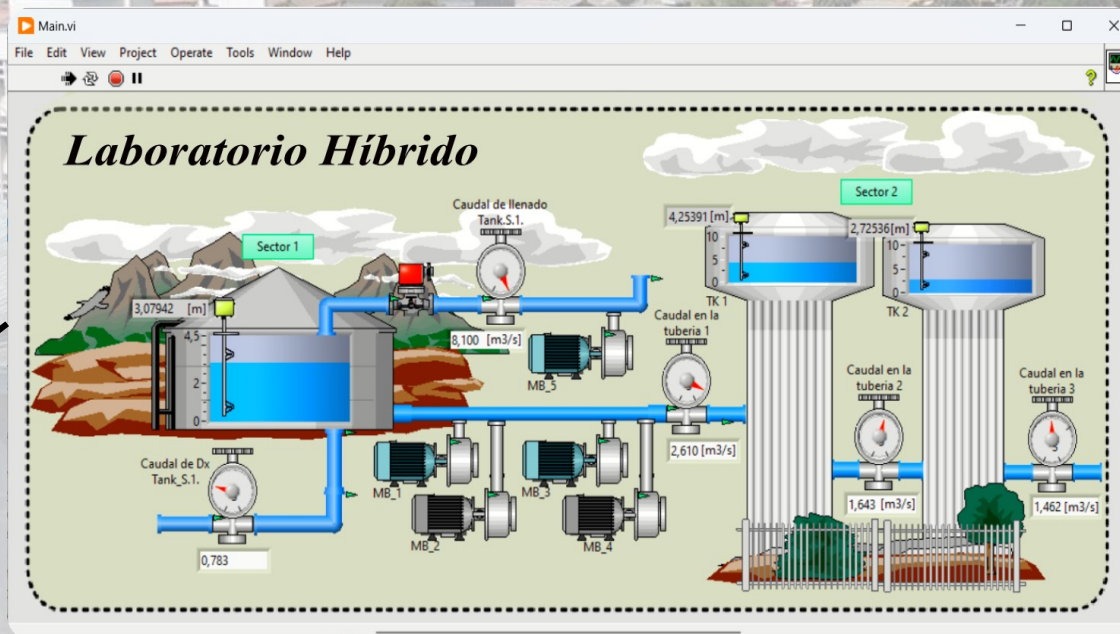


Figura N° 5. Panel Frontal del proceso virtualizado.

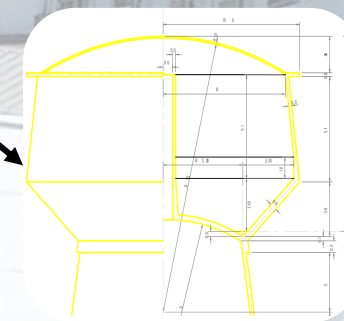


Figura N° 7: Estanque elevado de 1500 m³ para alturas.



Ejemplo de aplicación

III. Implementación Física

- Los dispositivos de control y automatización se encuentran integrados en gabinetes eléctricos como el de la figura, emulando su emplazamiento típico en la industria.
- Estudiantes se familiarizan con este escenario, que se acerca en gran medida a lo que verán en su futuro laboral.

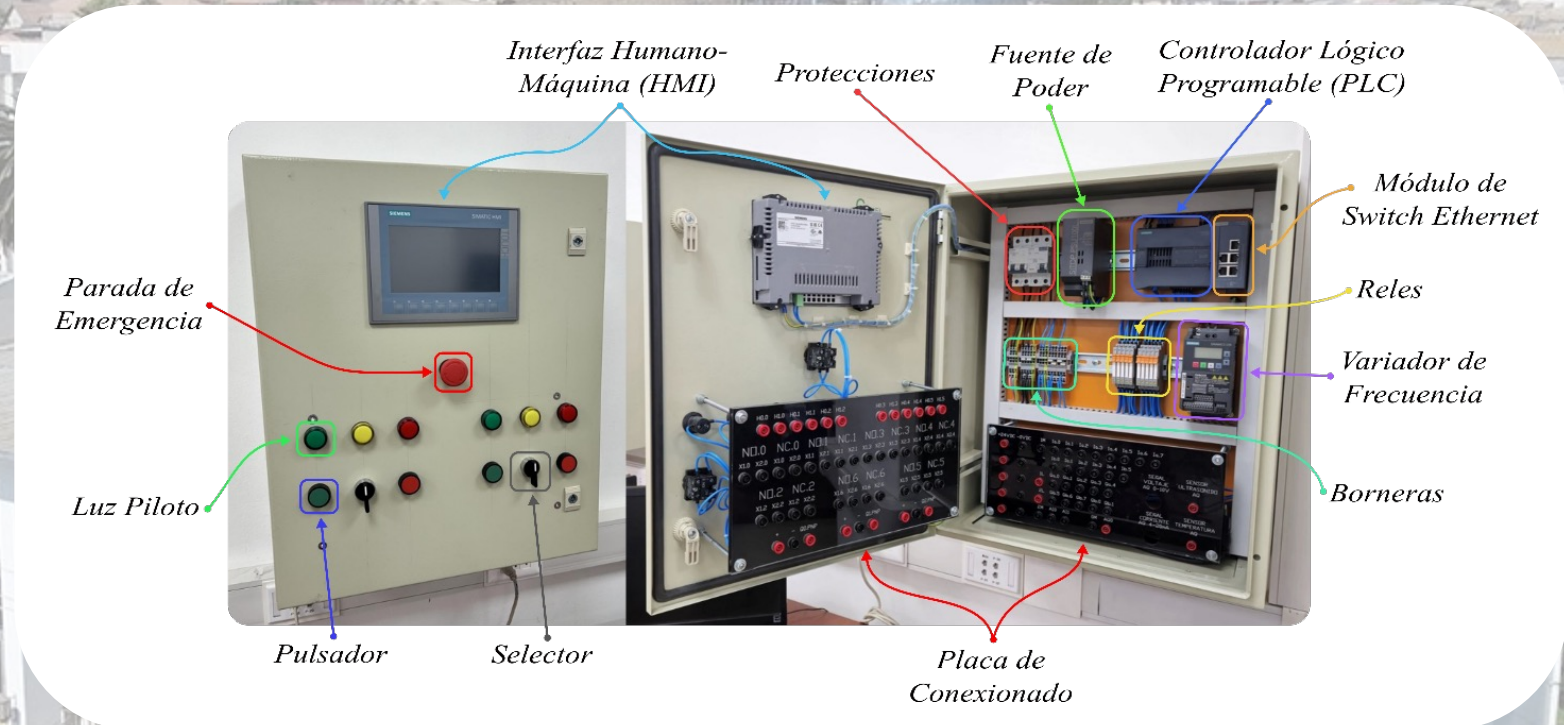


Figura N° 8. Gabinete de instrumentación universal.

Ejemplo de aplicación

III. Implementación Física

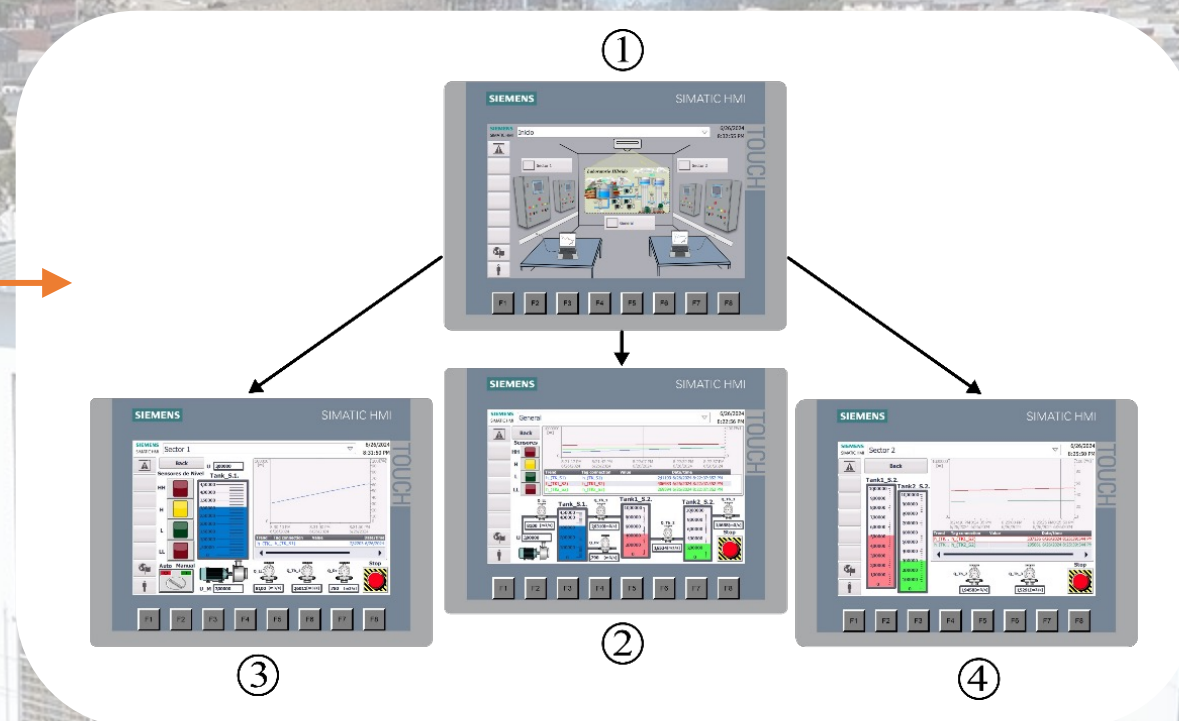


Figura N° 9. Interfaz HMI.

Ejemplo de aplicación

IV. Integración, conectividad y pruebas

- El servidor OPC se configura para facilitar la comunicación entre el entorno físico y virtualizado, siendo esencial para la adquisición de datos en tiempo real y el envío de comandos de control desde el sistema físico.

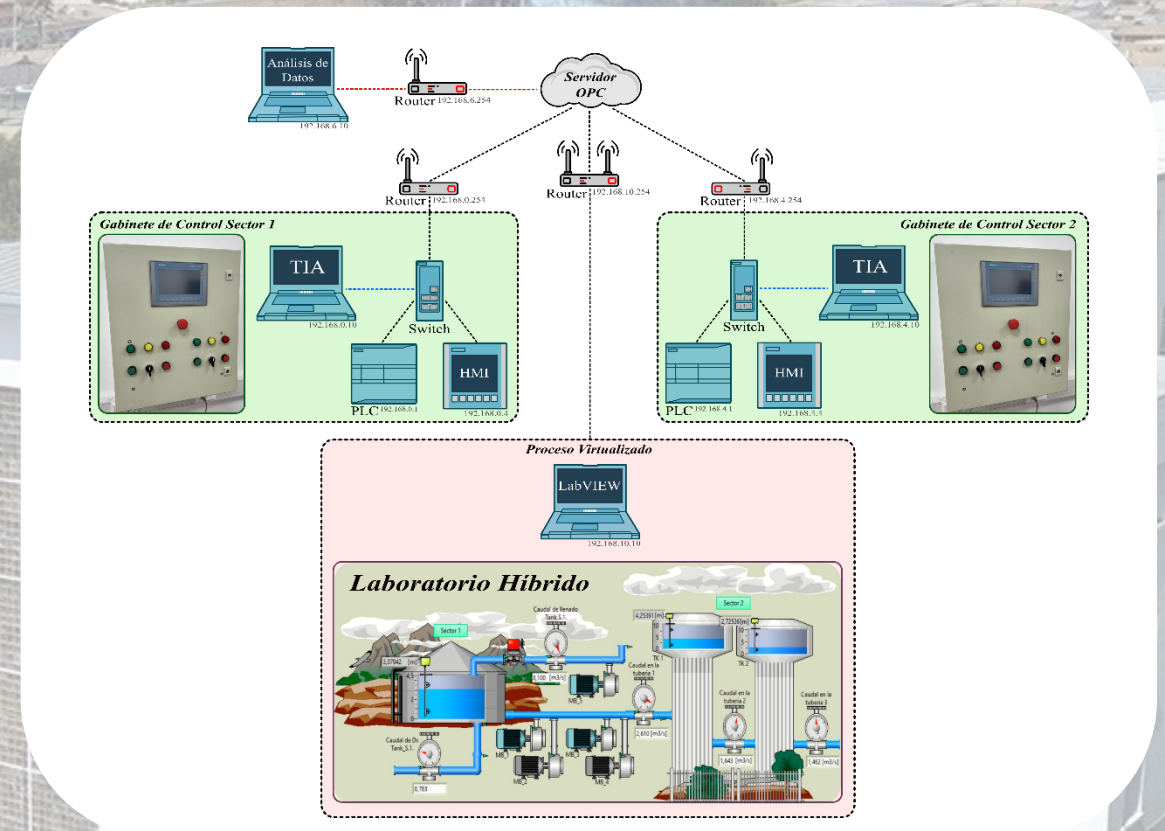


Figura N° 10. Diagrama de comunicación.

Ejemplo de aplicación

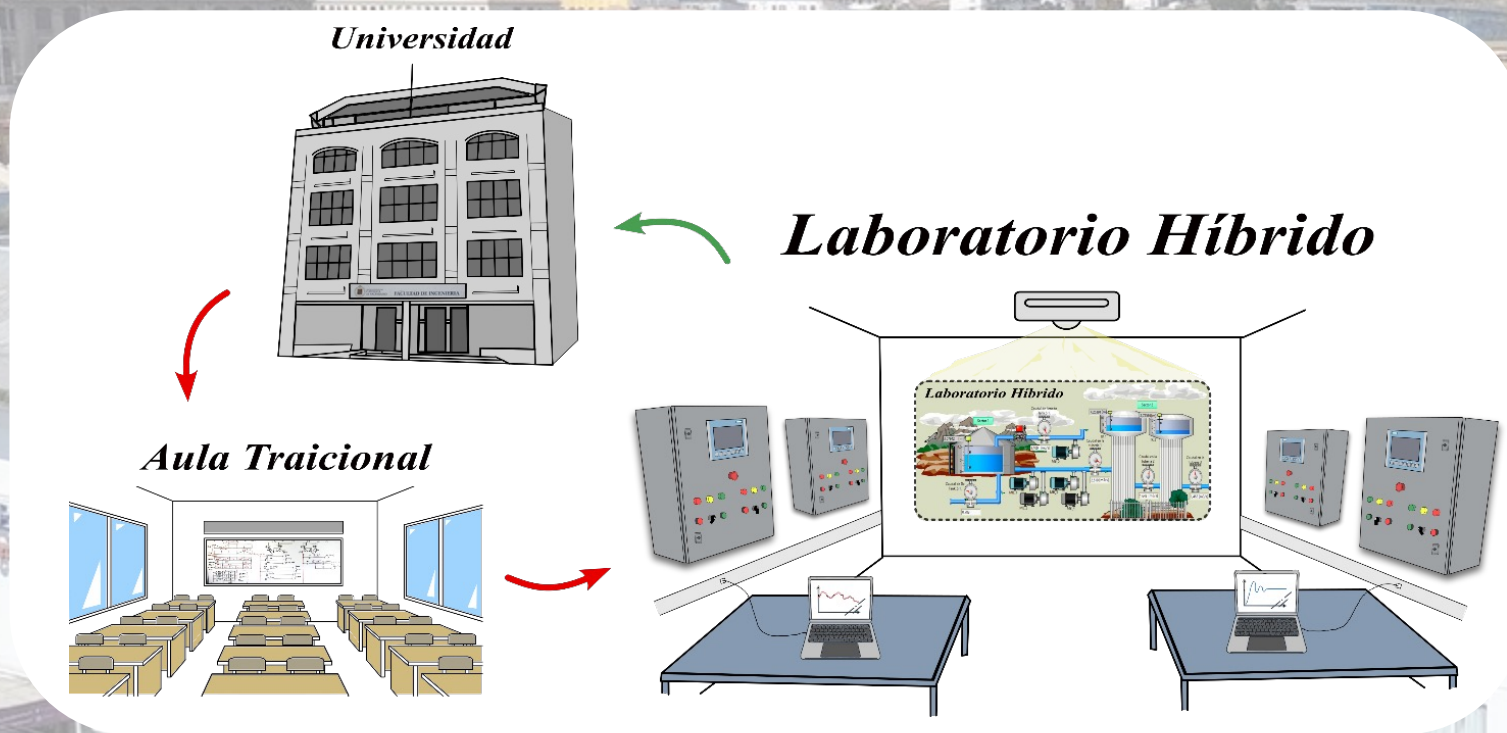


Figura N° 11. Ilustración conceptual del laboratorio híbrido en aula de aprendizaje.

Ejemplo de aplicación

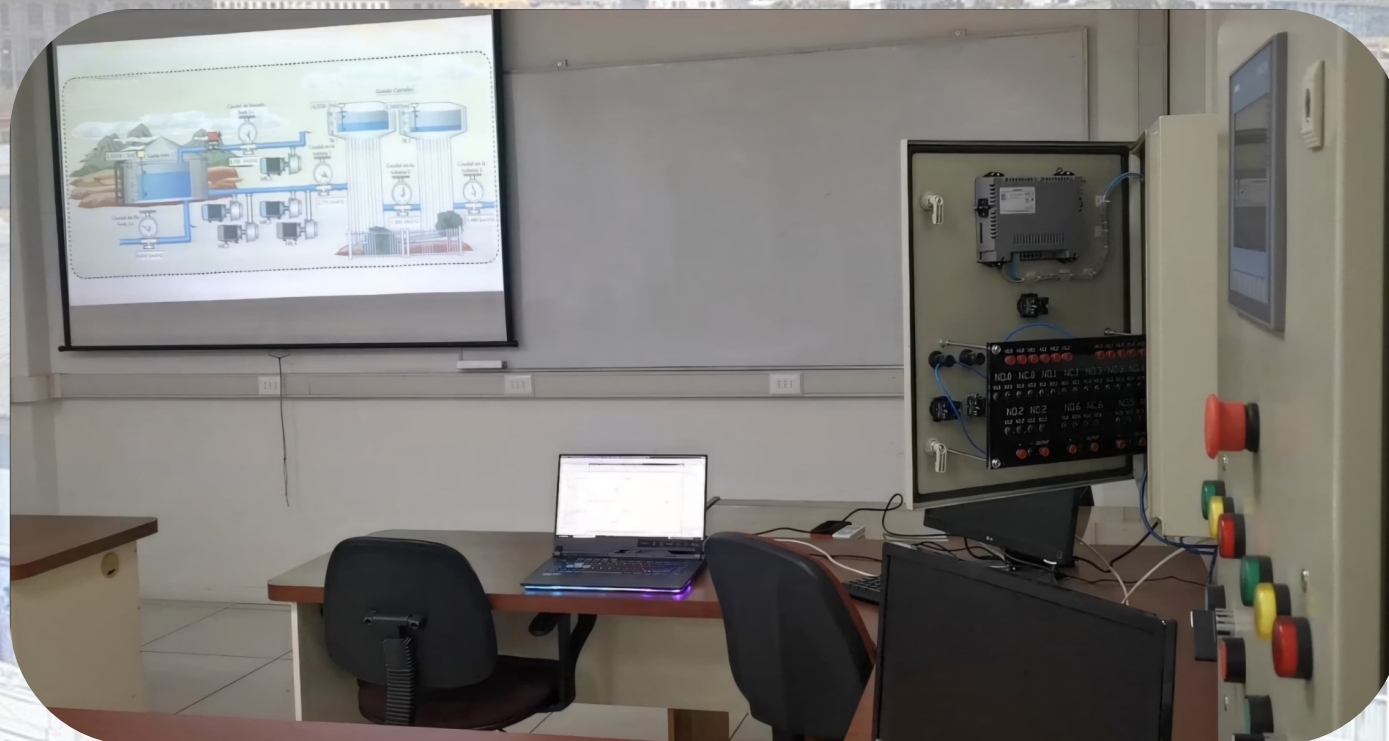


Figura N° 12. Prototipo de laboratorio híbrido emplazado en las dependencias de la universidad.



Facultad
de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE LA SERENA
CHILE

SOCHEDI SOCIEDAD CHILENA
DE EDUCACIÓN
EN INGENIERÍA

Próximos pasos

- **Integración en curso EIE439 Automatización Industrial**

- **Competencias del curso:**

C13: Planifica, diseña, opera y optimiza sistemas, procesos y dispositivos en el ámbito de su disciplina.

Resultado de aprendizaje: Ej. Planifica la operación óptima de sistemas según requerimientos técnicos.

C14: Determina el funcionamiento anómalo y diagnostica fallas de equipos, sistemas y procesos de su disciplina, estableciendo posibles soluciones.

Resultado de aprendizaje: Ej. Identifica, diagnóstica y propone solución a fallas típicas en procesos

- **Desarrollar guía de actividades formativas y evaluativas para el curso en base al laboratorio híbrido desarrollado**



Facultad
de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE LA SERENA
CHILE

SOCHEDI SOCIEDAD CHILENA
DE EDUCACION
EN INGENIERIA

Conclusiones

1. Virtualización de entornos industriales reales
2. Mejora de competencias clave
3. Flexibilidad y escalabilidad de los problemas tratados



Facultad
de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE LA SERENA
CHILE

SOCHEDI SOCIEDAD CHILENA
DE EDUCACION
EN INGENIERIA



Facultad
de Ingeniería
UNIVERSIDAD DE LA SERENA
CHILE

SOCHEDI SOCIEDAD CHILENA
DE EDUCACION
EN INGENIERIA

XXXVI

CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA

2024

El Aseguramiento de la Calidad en las
Facultades de Ingeniería en el marco
de la nueva Acreditación Institucional

Laboratorios Híbridos: Innovación en la Formación de Competencias para la Industria 4.0

Autores: Marco Vilches, Héctor Vargas, Jorge Huerta
E-mail: marco.vilches@pucv.cl, hector.vargas@pucv.cl,
jorge.huerta@pucv.cl
Institución: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso