



VNiVERSiDAD
D SALAMANCA

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INFORME FINAL

Proyecto

AUTOMATIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN PARA EL
ESTUDIO DE CARGA EN ACCESORIOS

Código

ID2023/089

Entidad

Vicerrectorado de Calidad y Enseñanzas de Grado
Vicerrectorado de Postgrado y Enseñanzas Propias

Salamanca, 28 de junio de 2024

Datos del proyecto

Título del Proyecto:	Automatización de una instalación para el estudio de carga en accesorios.
Código:	ID2023/089
Laboratorio:	De Prácticas A0100 del Dpto. de Ingeniería Química y Textil
Modalidad:	B - PID financiados
Año convocatoria:	2023
Entidad:	Vicerrectorado de Calidad y Enseñanzas de Grado Vicerrectorado de Postgrado y Enseñanzas Propias
Investigador Principal:	Francisco Javier Blanco Rodríguez GIR "Robótica y Sociedad" Dpto Informática y Automática fjblanco@usal.es Tel: 6092
Financiación concedida:	750.00 €

Antecedentes

En el plan de estudios (2010) del Grado en Ingeniería Química se encuentra en el primer cuatrimestre del tercer curso la asignatura “EXPER. EN INGENIERÍA QUÍMICA I” (con 35 alumnos en el curso 2023-24). Esta asignatura es obligatoria y tiene asignada una carga de 6 ECTS eminentemente prácticos. También en el Grado en Química (plan 2010) en el primer cuatrimestre del cuarto curso se encuentra la asignatura obligatoria “INGENIERÍA QUÍMICA” con una carga de 9 ECTS.

En ambas asignaturas se realizan prácticas en el laboratorio del Dpto. de Ingeniería Química y Textil (A0100). Elementos con los que se realizan las prácticas, aunque de una extremada calidad, son antiguos. Esto hace que sigan siendo completamente válidas para la experimentación, pero con un manejo complejo que dificulta la adquisición de las competencias.

Por esta razón surgió la necesidad de colaboración interdepartamental con el Dpto. de Informática y Automática con el objeto de plantear la viabilidad de automatizar algunas de las labores a realizar en las plantas dándolas un aspecto moderno y mucho más fáciles de manejar.

Así, se decidió en este Proyecto de Innovación Docente empezar con la automatización de la planta en la que se estudian las “Pérdidas de Carga en Accesorios”. La razón por la que se eligió esta planta es porque dadas sus características era mucho más factible una sinergia con el alumnado e implicarles en el proceso de mejora.

Descripción de trabajos realizados

En este apartado se va a describir los trabajos realizados por el equipo investigador de este proyecto de innovación. El proyecto se dividió en varias fases:

- FASE-0: Formación del grupo de trabajo y estudio de mejoras
- FASE-1: Búsqueda y adquisición de los distintos elementos necesarios para la automatización
- FASE-2: Construcción del panel de control
- FASE-3: Conexión del panel y las electroválvulas a la planta real
- FASE-4: Pruebas del sistema y mejora de recursos docentes
- FASE-5: Evaluación de los objetivos y la evaluación para la mejora del proyecto

A continuación, se detalla el trabajo y mejoras realizadas en cada una de las fases.

FASE-0: FORMACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO Y ESTUDIO DE MEJORAS

En esta fase inicial a todo el desarrollo se han mantenido reuniones de los miembros del grupo de trabajo en las cuales se ha abordado la mejora de la práctica de laboratorio, aportando el conocimiento necesario para el estudio, configuración y funcionamiento de esta, dirigiéndose hacia la digitalización y supervisión.

La planta está centrada en el estudio de pérdidas de carga en accesorios y tuberías. Su operación tradicional es mediante cierres manuales y válvulas, y las medidas de presión se observan en manómetros de mercurio en U sobre papel milimétrico (figura 1).



Figura 1. Estado inicial de la planta

Mediante la documentación aportada de la planta (*Esquema instalación y el guion de prácticas de "Pérdida de Cargas"*) (figura 2) y diversas reuniones se ha desarrollado un esquema de la planta a fin de tener un esquema e identificar las distintas interacciones a realizar sobre ella (figura 3).

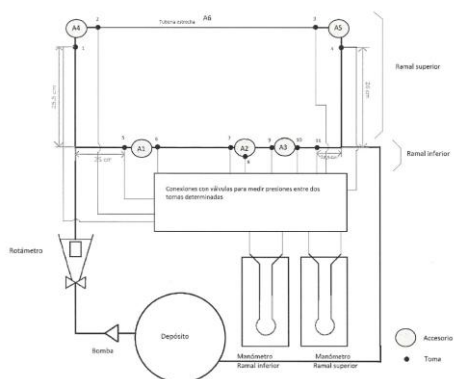


Figura 2. Montaje de la instalación

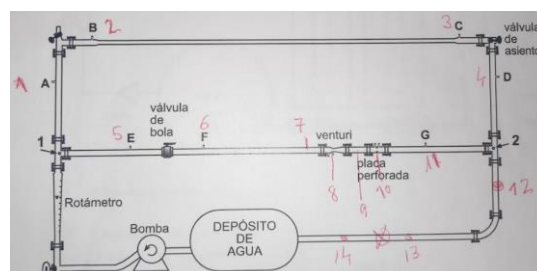


Figura 3. Esquemático de la planta

En las figuras 2 y 3 se puede observar los puntos donde están las tomas que van hacia los manómetros y son seleccionadas mediante el uso de presillas manuales (figura 4).

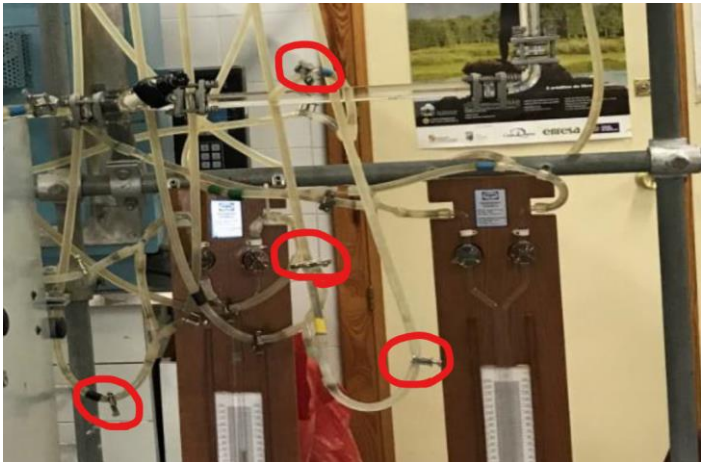


Figura 4. Detalle presillas manuales

Una vez identificadas las posibles mejoras, se ha implicado a los alumnos de la asignatura “Instrumentación en Ingeniería Química I” en el proceso de mejora. Para ello, se ha elaborado un cuestionario para que contestara el alumnado una vez realizadas las prácticas con la planta en el estado inicial.

El cuestionario que se ha elaborado y pasado al alumnado es el que se muestra en la Figuras 5 y 6.

A- OPINIÓN SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA

1

Responde a cada una de las preguntas

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	NS/NC
¿Consideras que el estudio de la pérdida de carga producida en tuberías y accesorios es imprescindible para la formación de un Ingeniero Químico?	☒	☐	☐	☐	☐	☐
¿Considera que la práctica de "Pérdida de carga en accesorios" dentro de la asignatura "Experimentación en Ingeniería Química" adecuada para afianzar los conocimientos adquiridos en la asignatura "Mecánica de fluidos"?	☒	☐	☐	☐	☐	☐
¿Opina que la planta para esta práctica está bien diseñada y se pueden medir las pérdidas más representativas producidas por accesorios y tuberías?	☒	☐	☐	☐	☐	☐
¿Piensa que el sistema manual de abrir y cerrar las llaves en cada uno de los tubos dificulta la comprensión de qué diferencias de presión se van a medir en cada momento?	☒	☐	☐	☐	☐	☐
¿Considera que la medida de la diferencia de presión mediante la columna de mercurio puede dificultar la toma de datos y la exactitud de estos?	☒	☐	☐	☐	☐	☐
¿Considera que la medida del caudal con el rotámetro de forma visual puede dificultar la toma de datos y la exactitud de estos?	☒	☐	☐	☐	☐	☐
¿Piensa que la actuación para modificar el caudal del agua por el circuito es adecuada?	☒	☐	☐	☐	☐	☐

Figura 5. Cuestionario apartado A. Opinión sobre el estado actual de la planta

B- OPINIÓN SOBRE LA INTRODUCCIÓN DE MEJORAS EN LA PLANTA

2 Selecciona cuales de las siguientes opciones serían prioritarias para la mejora de la planta

☐ Respecto a la actuación para modificar el caudal del agua, instalar un dispositivo digital que modificara la velocidad de la bomba

☐ Respecto a la lectura del caudal, instalar un dispositivo que permitiera tomar una medida digital y visualizarla en un display

☐ Respecto a la selección de los puntos en los que medir la diferencia de presiones permitir el accionamiento mediante un interruptor en un sinóptico de la planta

☐ Respecto a la lectura de la diferencia de presiones, instalar un dispositivo que permitiera tomar una medida digital y visualizarla mediante un display

3 Selecciona cuales de las siguientes opciones no aportarían mejoras a la planta

☐ Respecto a la actuación para modificar el caudal del agua, instalar un dispositivo digital que modificara la velocidad de la bomba

☐ Respecto a la lectura del caudal, instalar un dispositivo que permitiera tomar una medida digital y visualizarla en un display

☐ Respecto a la selección de los puntos en los que medir la diferencia de presiones permitir el accionamiento mediante un interruptor en un sinóptico de la planta

☐ Respecto a la lectura de la diferencia de presiones, instalar un dispositivo que permitiera tomar una medida digital y visualizarla mediante un display

4 Selecciona cuales consideras que son las razones por las que no se han realizado todavía mejoras en la planta

☐ El estado actual de la planta es adecuado para la docencia

☐ Falta de presupuesto

☐ Falta de personal

☐ El personal no está cualificado

5 ¿Qué otras mejoras considera que se pueden realizar, en la instalación, para facilitar el desarrollo de la práctica?

Editar Ver Insertar Formato Herramientas Tabla Ayuda

↶ ↷ B I

p 0 palabras

Figura 6. Cuestionario apartado B. Opinión sobre la introducción de mejoras en la planta

El cuestionario lo contestaron 21 de los 35 estudiantes, lo que se considera una buena participación. Los resultados de las respuestas se pueden ver en el Anexo I.

Realizando un análisis de los resultados, se ha observado que perciben esta práctica como algo fundamental en su formación, aunque el estado actual hace que su manejo puede ser complejo y dificulta la comprensión. Así mismo, entre las mejoras planteadas consideran prioritarias la selección de las variables a medir con un interruptor en un sinóptico en vez de tener que manipular las presillas y contar con un dispositivo digital que facilite la medida de presiones.

Teniendo en cuenta estas valoraciones que coinciden con las planteadas con los docentes se optó por, en esta primera actuación, comenzar con la realización del panel sinóptico y la incorporación de los interruptores.

El esquema inicial consensuado es el que se muestra en la figura 7, con los distintos elementos y las tomas donde se va a medir las diferencias de presiones.

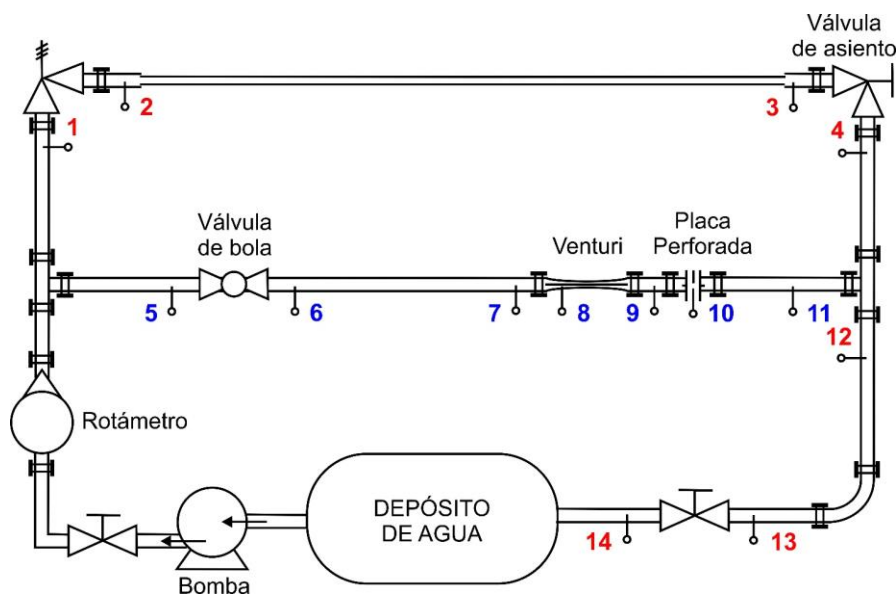


Figura 7. Estado inicial de la planta

Actualmente para seleccionar las entradas en los manómetros (rojo ramal superior y verde ramal inferior) se emplean las válvulas de presilla manuales, que son las que se desean cambiar por actuadores automáticos, en este caso electroválvulas lo que facilitará la realización de las prácticas.

Manteniendo los manómetros actuales, tal y como se emplea actualmente, se han indicado cuales son las medidas que serían necesarias realizar, de manera que eso dará una idea del material necesario para implementar la automatización para las siguientes fases. La figura 8 muestra las distintas entradas a los manómetros (la procedencia de la toma) y las posibles combinaciones que se quieren medir.

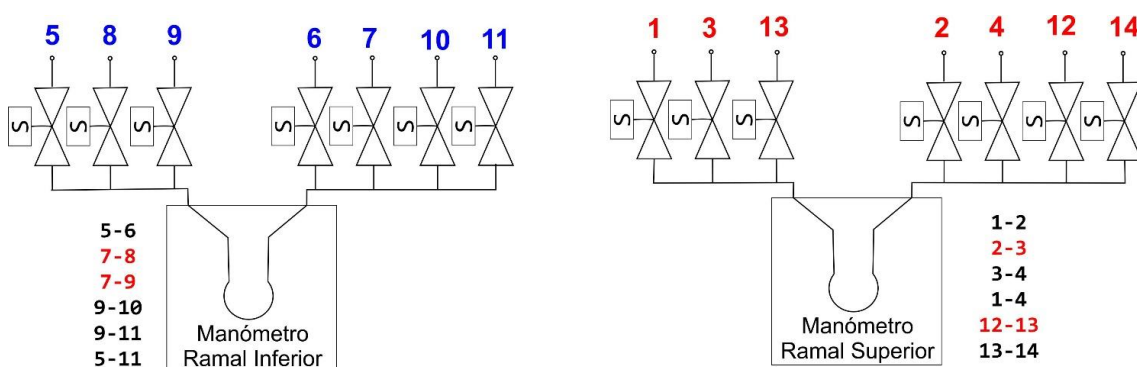


Figura 8. Esquema electroválvulas y distintas medidas

FASE-1: Búsqueda y adquisición de los distintos elementos necesarios para la automatización

Partiendo del estudio de la Fase 0, y de los esquemáticos realizados se han ido identificando los actuadores necesarios (electroválvulas) y los interruptores e indicadores necesarios para la sustitución de las presillas manuales.

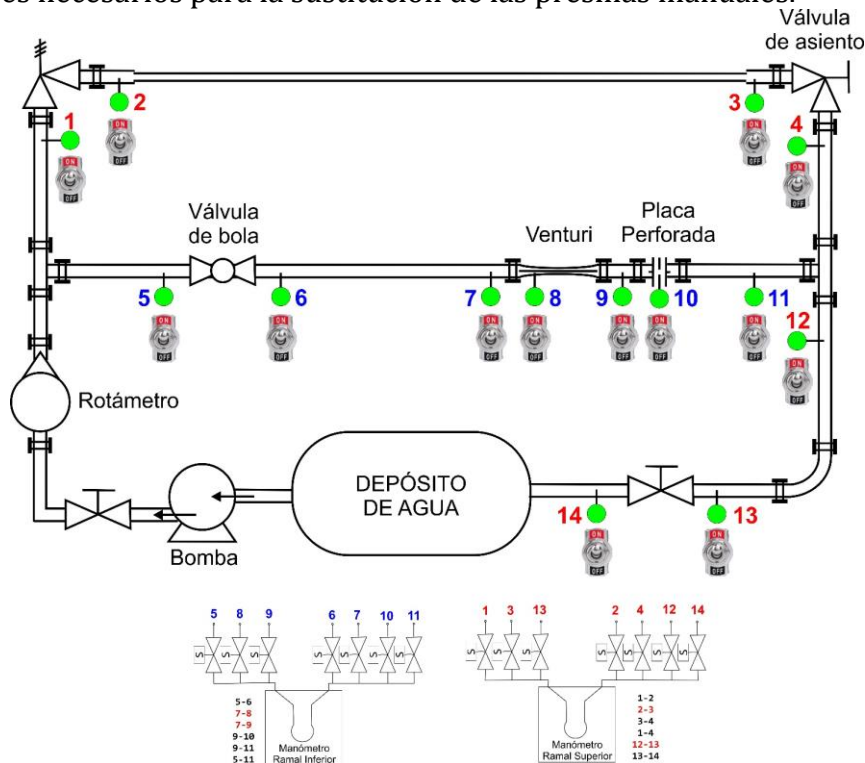


Figura 9. Esquemático con los elementos iniciales necesarios

Siguiendo el esquema de la figura 9 los elementos básicos iniciales serán:

- 14 electroválvulas (con sus adaptadores)
- 14 interruptores
- 14 LEDs

 Electroválvulas	AOMAG 2V025-1/4 • Tipo válvula: 2 Vías NC • Acción: Directa, tiempo de respuesta <20msec • Puerto: hembra BSPT de 1/4" • Medios: aire, gas, líquido • Coil Power: DC24V 4.8W • Coil Duty: IP65 • Dimensiones: 22x30x62.3mm
 Adaptador 1/4"	FY01-005 • 1/4"M x 8MM • Latón de alta calidad • Funcionamiento 0-10 bares, -50 a 120°C • Con abrazaderas
 Conmutador de palanca	E569 • Switch type: SPST ON/OFF • Tensión nominal y corriente: 10A/12VDC, 6A/24VDC • Resistencia de contacto: <=50MOhm • Resistencia de aislamiento: 1000MOhm • Vida mecánica: >= 50000 times • Dimensiones: 29.5x15.6 (12mm)

 LED	Guuzi G354 • Voltaje: 12V-24V • Rated Current: 20mA • Mounting Hole Diameter: 6mm • Mounting panel thickness: 1-6mm • Waterproof Rating: IP65 • Service Life: 10000 Hours • Dimensiones: 8.4mm (6mm)
--	---

Tabla 1. Elementos básicos necesarios

Se han buscado alternativas en distintos catálogos de componentes y al final se ha optado por los elementos de la tabla 1

Para la alimentación ya se contaba con la fuente de alimentación de la tabla 2.

	XP Power THF240P24 • Maximum Output Power: 240 W • Output Voltage Nominal: 24.0 V • Output Voltage Adjustment: 24.00-28.00 V • Output Current Maximum: 10.0 A • Ripple and Noise: 80 mV • Efficiency: 84% • Dimensions: 125.2x125.5x100mm • Datasheet: https://www.farnell.com/datasheets/28529.pdf
---	---

Tabla 2. Fuente de alimentación

Adicionalmente ha sido necesaria la adquisición del distinto cableado, conectores, regletas, etc. En la tabla 3 se muestra el material de interconexión empleado.

	Divisor de conexión de cableado de Conductor compacto Universal rápido, bloque de terminales de empalme de resorte SPL para el hogar, 222, 223
	Conector de cable compacto Universal para coche, 2 pines Led de conector de Audio, Conductor en forma de T/H, bloque de terminales de crimpado de empalme rápido AWG 18-22
	IDC26P - Módulo de interfaz de montaje macho de 26 pines (5 mm)
	Soporte de ranura de puerto paralelo DIGITUS - cable adaptador - IDC de 26 pines a D-Sub 25 - conector hembra a conector hembra - cable plano.
	PNGKNYOCN Cable de impresora paralelo DB25 macho a macho para la conexión entre un ordenador con interfaz DB25 hembra y la impresora (1,5M)
	BAURIX ® Juego de Terminales Eléctricos 1200 Piezas - Surtido de Punteras Electricas de engarce clasificadas según DIN - [0,5-10 mm²] - Terminales para Cables - Conexiones Cables Eléctricos

	Flintronic Conectores Eléctricos Rápidos, 50 Unidades Conector de Enchufe para Coche, 2 Pines Conector de Cable, 18-22 AWG Conector de Conexión Rápida de Cable, Empalmes Cables Eléctricos
---	--

Tabla 3. Material de interconexión

La figura 10 muestran dos opciones a la hora de realizar la conexión del panel de control:

- Inicial: En la que solamente se tiene:
 - Panel de control
 - Caja de actuadores y control: Contiene la fuente de alimentación y los relés
- Avanzada:
 - La caja de control puede controlar la activación de las electroválvulas atendiendo a los interruptores, como en el caso inicial, con la posibilidad que la activación la realice y controle el PLC.

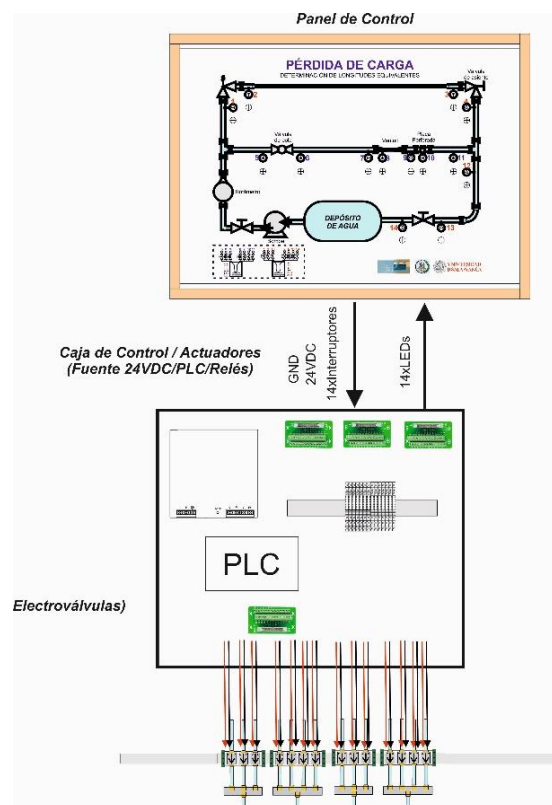


Figura 10. Conexiones del sistema

En ambos casos:

- La alimentación para el panel y los relés es aportada por una única fuente
- Los leds son activados cuando se activan los relés que controlan las electroválvulas

El panel de control dispondrá de conectores que permitan comunicar con el exterior los interruptores y los LEDs. Como estos son 14+14, se ha decidido, previendo

futuras ampliaciones emplear dos conectores DB25, uno para los interruptores y otro para los LEDs. De esta manera tanto el panel de control como la caja de control tendrán conectores DB25.

Aunque la opción avanzada con el PLC no se implantará en esta primera actuación y se dejará para la siguiente actuación en la se implanten manómetros digitales, en el diseño se ha tenido en cuenta que el panel de control pueda funcionar en los dos modos para que quede prepara para la siguiente actuación.

La caja de control puede controlar la activación de las electroválvulas atendiendo a los interruptores, como en el caso inicial, con la posibilidad que la activación la realice y controle el PLC.

Para el soporte físico del panel de control se ha empleado una “caja” prefabricada de 72x53cm (figura 11) la cual en la parte frontal lleva un tablero del grosor 0,5 cm en el cual se deben de colocar los distintos elementos (interruptores y leds). Por la parte trasera se procederá a su cableado y dispondrá también de un panel para su cierre.

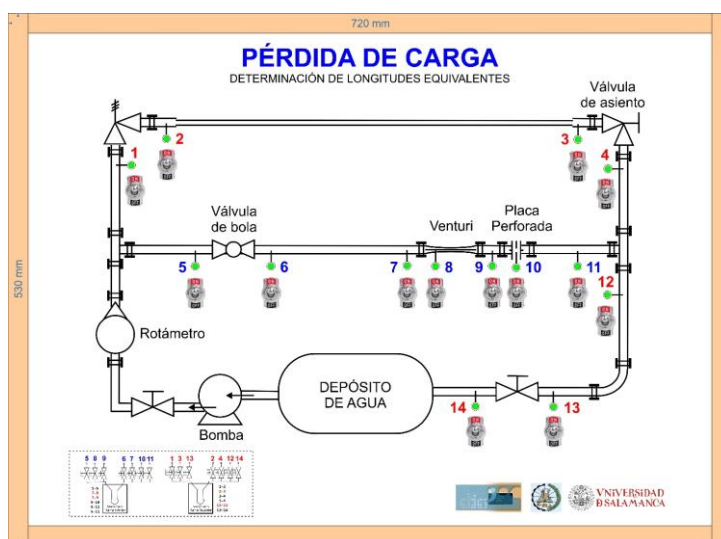


Figura 11. Infografía del panel de control

Inicialmente se realizarán pruebas de montaje sobre el tablero que viene con la caja.

El sinóptico de la figura 12 se imprimirá directamente en un panel que sustituya al que viene con la caja para obtener un mejor resultado y durabilidad. Para ello se ha realizado sobre un panel “dibond” .

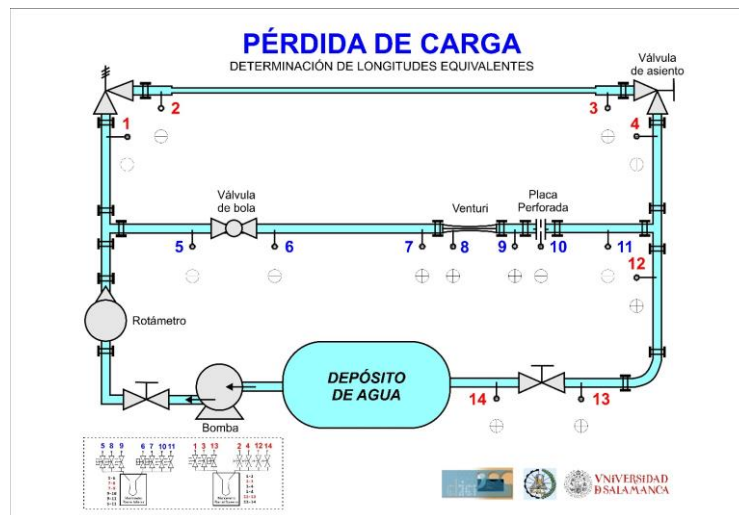


Figura 12. Sinóptico definitivo

Por la parte trasera se realizarán las distintas conexiones empleando canaletas para agrupar los distintos cables (figura 13). Hay que tener en cuenta que se disponen de 14 interruptores (outputs) y 14 leds (inputs).

Para las entradas y salidas se colocarán dos conectores DB25 Hembra a IDC25 uno para las entradas y otro para las salidas, suministrando líneas suficientes para futuras ampliaciones.

Para acceder a los pines individuales se emplearán IDC26P-conector macho IDC de 26 pines a bloque de terminales 26P

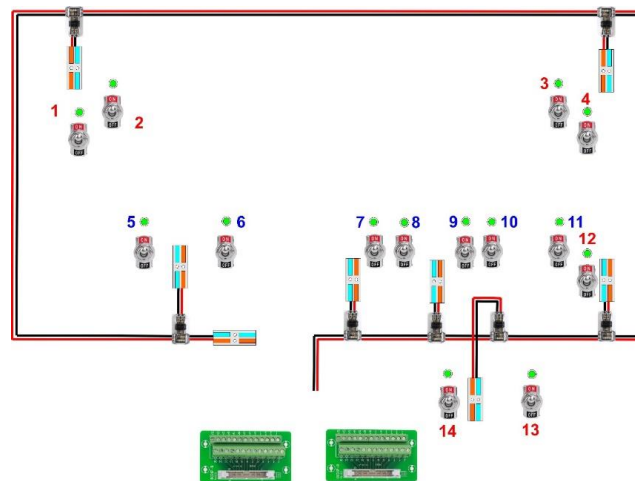


Figura 13. Conexión de la alimentación del panel de control

La caja de actuadores manejará las electroválvulas con una serie de relés. En este caso se necesitan 7 relés por rama.

Las entradas de la caja de actuadores serán:

- Alimentación 220AC para la fuente de alimentación
- Las líneas de activación de las electroválvulas (DB25)

Y como salidas:

- Línea de activación para los LEDs que vendrá conectada directamente a la salida de los relés lo que indicará de manera inequívoca que relé está activado (DB25)
- Las salidas de los 14 relés hacia cada una de las electroválvulas.

Se ha empleado un armario con puerta, ya disponible, para alojar todos los componentes (tabla 4).

	SYCRN75250 Spacial CRN con puerta ciega sin placa de montaje Alt700xAnch500xProf250 ; IP66; IK10; RAL7035
	NSYMM75 Placa de montaje metálica plana Alt700xAnch500mm de acero galvanizado

Tabla 4. Armario para la caja de control

Sen cuanto a las electroválvulas, se dispondrán por ramal de 7 electroválvulas. Para su conexión se empleará una pletina donde podrán ir atornilladas, y a la mismas se le podrán conectar soportes para su colocación en un rail DIN. (figura 14).

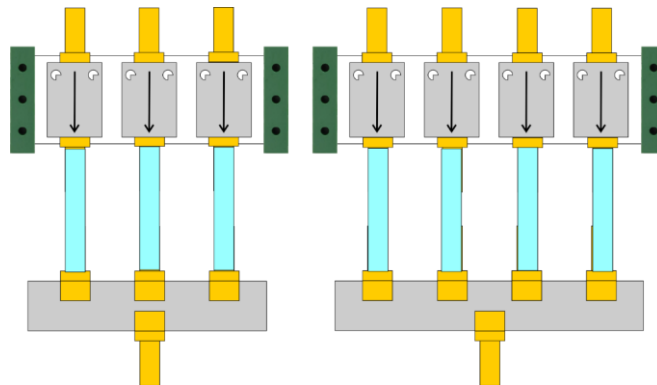


Figura 14. Conexión de la alimentación del panel de control

Las salidas de las electroválvulas se unirán con dos separadores de vías de agua que permitirán la conexión a los manómetros manuales (tabla 5).

Product size	Separadores de 3x1 rosca G1/4" y ID8mm Separadores de 4x1 rosca G1/4" y ID8mm
---------------------	--

Tabla 5. Material de conexión con los manómetros

En la tabla 6 se tiene un resumen del material adquirido con el presupuesto asignado al proyecto.

CNT	DESCRIPCIÓN DEL ARTÍCULO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE NETO
20	Electroválvula eléctrica 24VDC PT 1/4"	17,00	340,00
4	Pack 12 piezas de accesorios de espiga para manguera, 1/4"	16,45	65,80
2	Pack de 8pcs Conmutador de Palanca SPST 10A/12VDC,	10,80	21,60
4	Luz Indicadora LED 12-24 V Luz de Señal Impermeable 6 mm	10,90	43,60
1	Electraline Cable unipolar FS17, sección 1 x 2.5 mm ² , Marrón, 25 m	15,75	15,75
1	Electraline Cable unipolar FS17, sección 1 x 2.5 mm ² , Negro, 25 m	14,60	14,60
2	Cable Electronica,0,33mm2 Alambre Cobre Estañado,Cable Rojo Negro de PVC 22AWG	13,30	26,60
5	Manguera cable eléctrico 24G1,5 PVC Multipolar VV-K CPR 0,6/1 KV	8,10	40,50
		IMPORTE NETO:	568,45
		IMPORTE I.V.A. (21%):	119,37
		TOTAL FACTURA:	687,82

CNT	DESCRIPCIÓN DEL ARTÍCULO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE NETO
6	Soporte de ranura Digitus de puerto paralelo	2,30	13,80
1	Flintronic Conectores Eléctricos Rapidos, 50 Unidades Conector de Enchufe	27,83	27,83
1	Juego de Terminales Eléctricos 1200 Piezas Marca Bauris	9,76	9,76
		IMPORTE NETO:	51,39
		IMPORTE I.V.A. (21%):	10,79
		TOTAL FACTURA:	62,18

TOTAL FACTURADO AL PID: 750,01

Tabla 6. Material adquirido con el presupuesto del proyecto

En la tabla 7 se tiene un resumen del material adquirido por el departamento de ingeniería química y textil.

CNT	DESCRIPCIÓN DEL ARTÍCULO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE NETO
3	Cable paralelo de 25 pines macho a hembra, LPT DB25 a DB2 1,5M	7,68	23,04
6	Módulo de interfaz de cabezal macho, placa ruptura IDC26-mini	11,98	71,88
2	Syscooling separador de vías de agua con ajuste de tubo, Colector de agua de rosca G1/4 (1-3 For ID8mm hose)	16,52	33,04
2	Syscooling separador de vías de agua con ajuste de tubo, Colector de agua de rosca G1/4 (1-4 For ID8mm hose)	18,95	37,9
2	Pack de 10 Relé Hf41f, módulo de relé ultradelgado, relé de Riel 24V	44,25	88,5
		IMPORTE NETO:	254,36
		IMPORTE I.V.A. (21%):	53,42
		TOTAL FACTURA:	307,78

CNT	DESCRIPCIÓN DEL ARTÍCULO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE NETO
1	PLACAS DIBOND ALUMINIO IMPRESA FULL COLOR 69x48 cms	60	60
		IMPORTE NETO:	60,00
		IMPORTE I.V.A. (21%):	12,60
		TOTAL FACTURA:	72,60

CNT	DESCRIPCIÓN DEL ARTÍCULO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE NETO
8	GRILLETE MORDAZA MASTIL 25,45mm (obramat)	1,55	12,4
1	Spray Metálico gris plata	9,5	9,5
2	Terminales de regleta 4x6cm	1,78	3,56
2	GEBAUM Juego de PCB Terminal 14 Pines Bloque Terminales Enchufables, 2,5mm (amazon)	11,99	23,98
1	SeKi Cable para altavoz, 2 unidades, 1,50 mm ² , 25 m, color rojo y negro	10,97	10,97
		IMPORTE NETO:	60,41
		IMPORTE I.V.A. (21%):	12,69
		TOTAL FACTURA:	73,10

TOTAL FACTURADO AL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL: 453,47

Tabla 7. Material adquirido por el departamento de ingeniería química y textil

El resto del material necesario, descrito en este informe, ha sido proporcionado por el departamento de Ingeniería Química y Textil y el GIR de "Robótica y Sociedad".

FASE-2: CONSTRUCCIÓN DEL PANEL DE CONTROL

Como se indicó en la fase anterior se dispone de una estructura en la cual se va a insertar un panel de con el sinóptico impreso. Antes de obtener la opción final impresa en DIBOND (Panel de aluminio composite) se experimentó en panel de DM (figura 12).

En el sinóptico impreso están marcados lo puntos de perforación (6mm para los LEDs y 12mm para los interruptores). Se ha procedido a taladrar y atornillar los distintos conectores. Para los conectores DB25 se ha realizado dos perforaciones para insertar los conectores, al igual que para el LED de funcionamiento.

Como se puede ver en la Figura 15 se ha seguido el esquema planificado para la interconexión:

- Por un lado, una línea de alimentación de 24V, que llega a través de conectores rápidos a los interruptores (+24V) y a los LEDs (GND).
- Por otro lado, las señales de los interruptores (desconectado/+24v) y las de los LEDs (desconectado/+24v).
- Para la comunicación con el exterior de emplean dos IDC26P, uno para interruptores y otro para LEDs, y la conexión se ha realizado siguiendo el orden de los pines y la numeración de las tomas en el sinóptico (Toma 1: Interruptor a pin 1, LED a pin 1).
- La alimentación se suministra a través del DB25 de los interruptores (pin 24 GND y pin 25 +24V).
- Adicionalmente se ha añadido un LED para indicar si tiene alimentación o no.
- La conexión a la caja de control se realizará dos con cables DB25.
- Todo se ha llevado en el interior del panel por canaletas y las conexiones se han realizado con conectores de presilla rápidos o tornillo (interruptores).

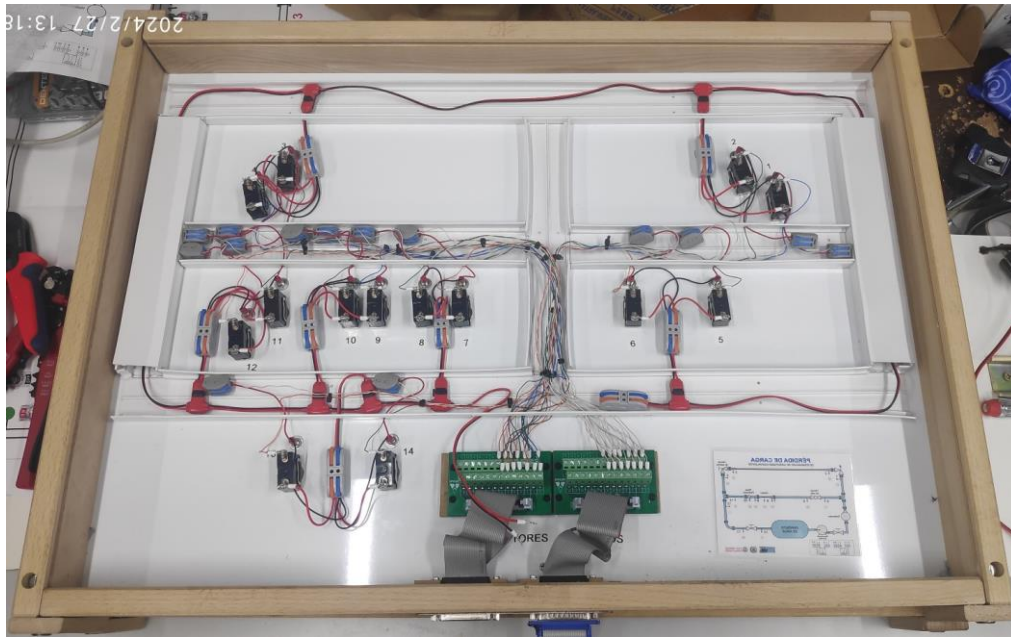


Figura 15. Interior del panel de control

Al final de esta fase ya se dispone del panel con los interruptores y LEDs para conectar con la caja de control (figura 16).

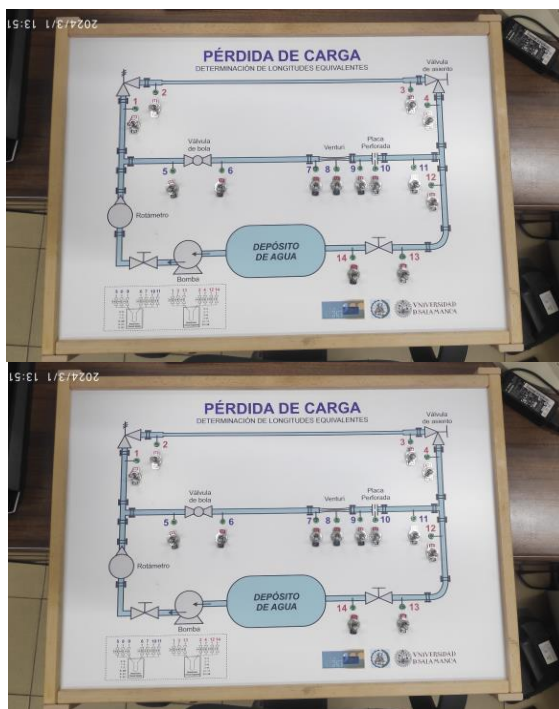


Figura 16. Exterior del panel de control

Una vez se montado el panel de control, y comprobado su funcionamiento, se ha instalado en la planta en una posición en la cual sea fácil manipular los interruptores, sean visibles los indicadores luminosos, y no estorbe a los distintos elementos de la planta (figura 17).

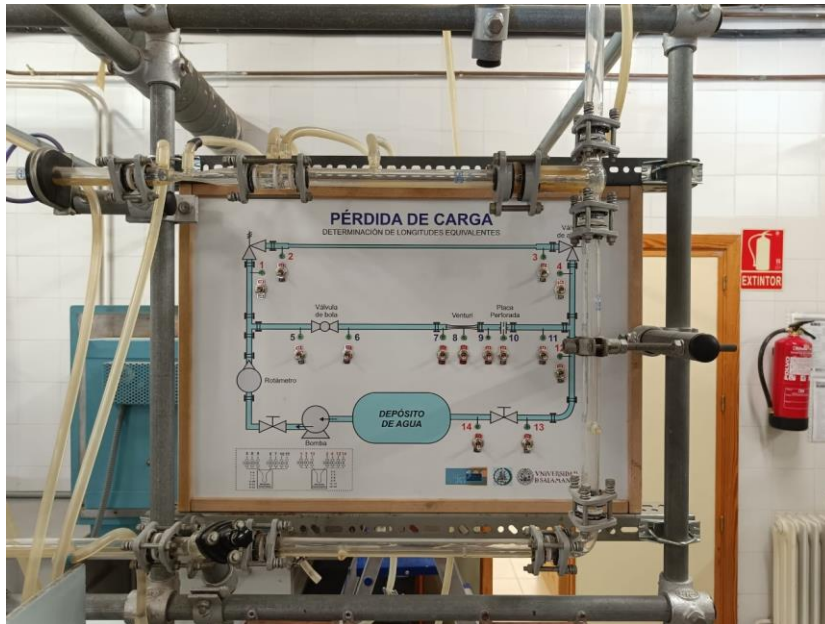


Figura 17. Panel de control montado en la planta

A continuación, se ha abordado la tarea de cableado de las electroválvulas, teniendo en cuenta la posibilidad de la futura conexión del sistema a un PLC (Programmable Logic Controller) que permitiría el uso “directo” con los interruptores, o el uso a través del PLC que permitiría añadir condiciones de seguridad, activación simultánea, etc., además de la posibilidad de conectarlo a un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

Para ello se va a tener la caja de control y el rack de electroválvulas

CAJA DE CONTROL:

- Armario metálico con placa de montaje plana 700x500
- Fuente de alimentación: XP Power THF240P24
- 4x IDC26P
- 2 conectores DB25 a IDC26
- 14 x Relés 14
- Rieles DIN y canaletas
- Conectores rápidos para las electroválvulas.

En la figura 18 se puede ver la placa interior del armario de control donde están los distintos elementos conectados:

- Fuente de alimentación que proporcionará los 24V al panel de control y a los relés.
- Conectores IDC26P:
- Conexión del panel de control:
 - Interruptores (entrada)
 - Leds (salida)
- Ampliación PLC:
 - Estos permitirán introducir un PLC y intercalarlo en el sistema:
 - Entradas PLC a cable plano de los interruptores del panel

- Salidas PLC a al conector DB25 de interruptores que lo conecta directamente con los relés.
- Rack de relés:
 - Que posibilita la conexión directa con interruptores y la conexión de casi cualquier dispositivo con salidas digitales, incluidos PLC con salidas tipo relé o no.
- Conectores a las 14 electroválvulas.

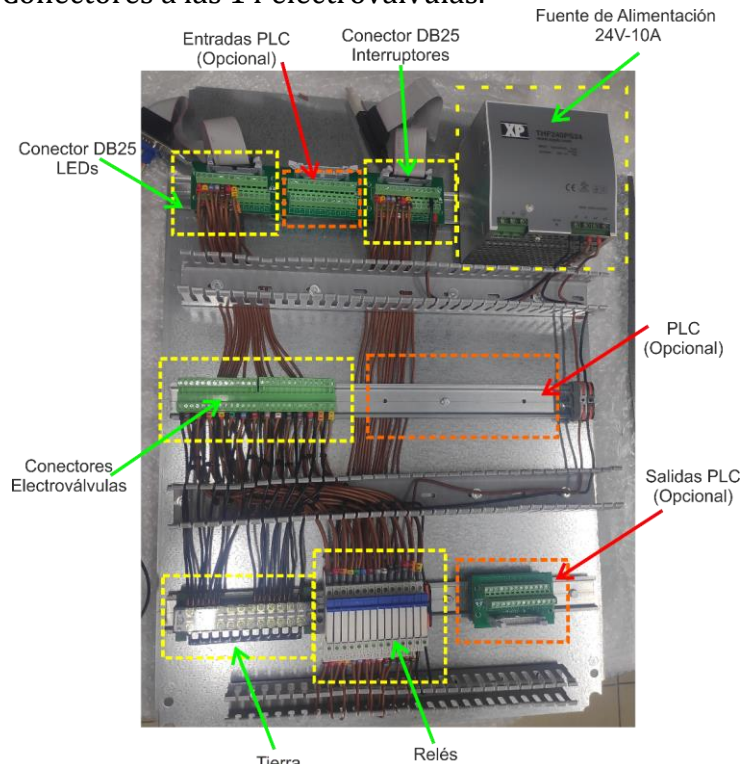


Figura 18. Placa interior del armario de control

RACK DE ELECTROVÁLVULAS:

En la figura 19 se puede observar las electroválvulas agrupadas, según esquema, antes de montarlas en la planta.



Figura 19. Rack de electroválvulas antes de instalación

Para su instalación en la planta se ha empleado un riel DIN sujetado a la estructura de la planta y colocado de manera que sea sencilla la conexión de las mangueras, y la colocación del cableado que irá conectado al armario de control. Este último se realiza a través de una canaleta, como se puede ver en la figura 20.

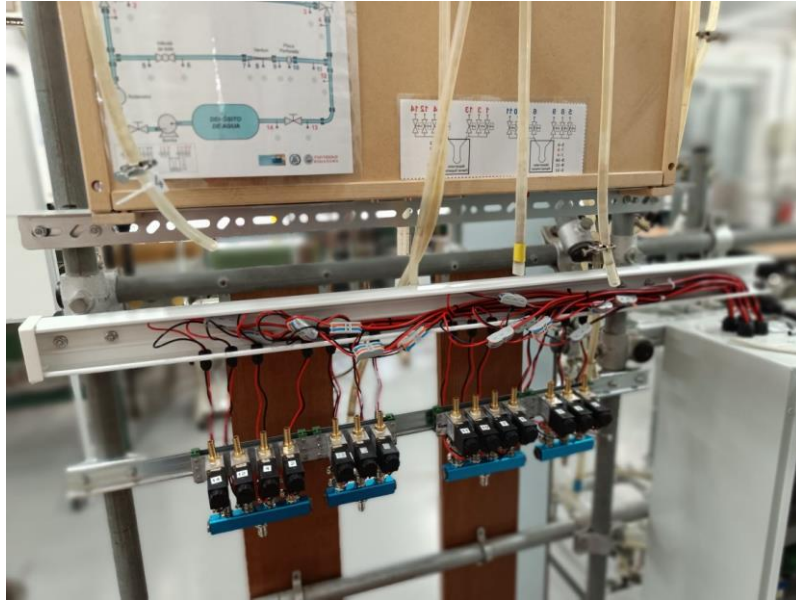


Figura 20. Rack de electroválvulas montado en la planta

FASE-3: Conexión del panel y las electroválvulas a la planta real

Una vez llegados a esta fase se ha decidido, inicialmente, emplear solamente la planta con las electroválvulas. Teniendo en cuenta que se están utilizando elementos estándar resultaría sencillo mediante el uso de bifurcaciones y válvulas manuales poder realizar la actuación de una manera u otra.

Al final de la fase anterior ya se tiene montado el panel de control, el armario de control y el rack de electroválvulas junto a la planta.

También se ha realizado la conexión de la alimentación (220V) proveniente del armario de control de la planta, y se ha comprobado que los interruptores accionan las electroválvulas, y posteriormente se han conectado a las mangueras a las tomas de la planta (figuras 21 y 22).

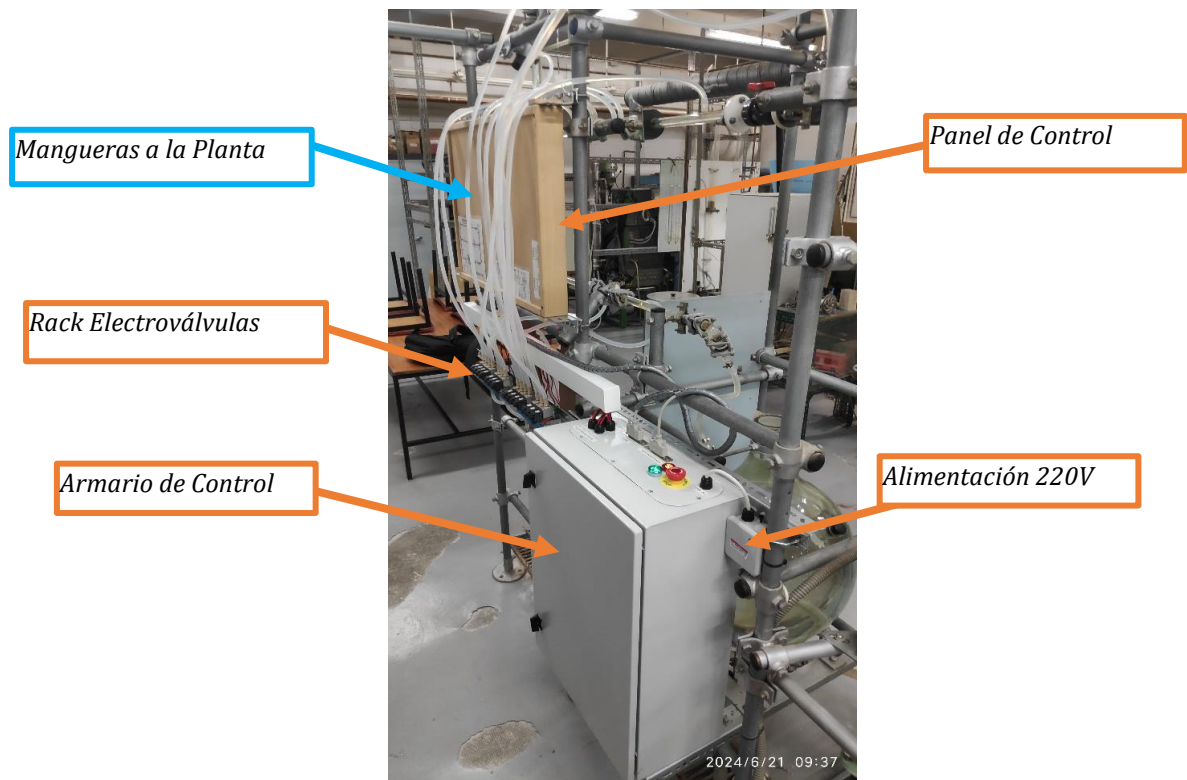


Figura 21. Parte trasera de la planta

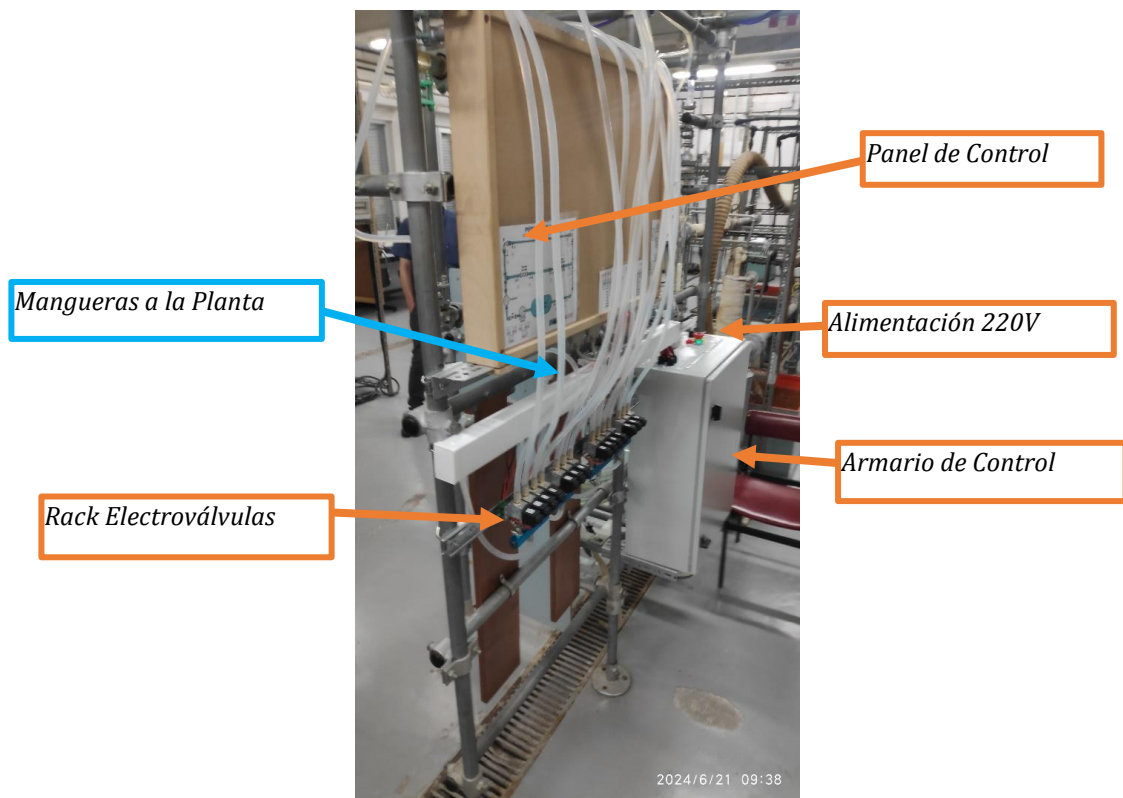


Figura 22. Parte trasera de la planta

En la figura 23 se puede ver el armario de control ya conectado a la planta, con la entrada de 220V, los indicadores de voltaje, la seta de emergencia, la conexión al panel de control y las conexiones a las electroválvulas.

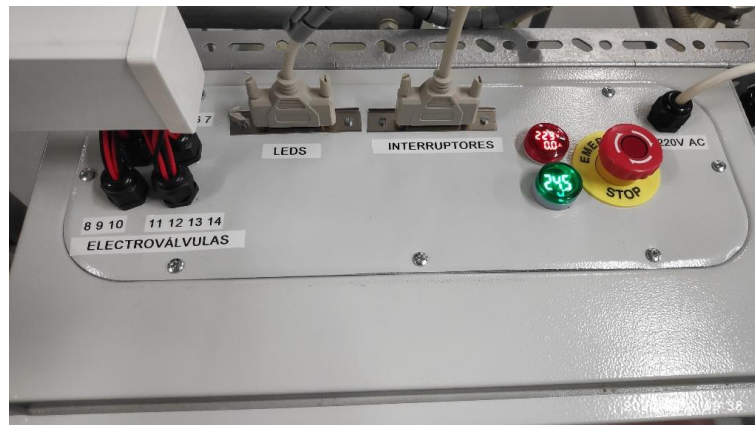


Figura 23. Armario de Control

En la figura 24 se puede ver el rack de electroválvulas, con la canaleta por donde van las conexiones al armario de control, y cómo éstas, se conectan a las tomas de la planta y a los manómetros mediante una serie de mangueras.

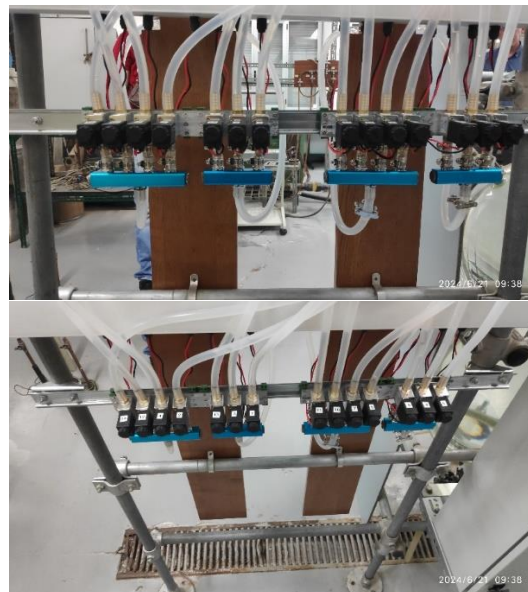


Figura 24. Rack electroválvulas

En la figura 25 se puede ver la planta en funcionamiento, tal y como la vería el estudiantado.



Figura 25. Vista frontal de la planta

En la figura 26 se ven los distintos elementos sobre los que tienen que actuar (establecer un caudal) y en la figura 27 realizar las distintas conexiones con el panel de control

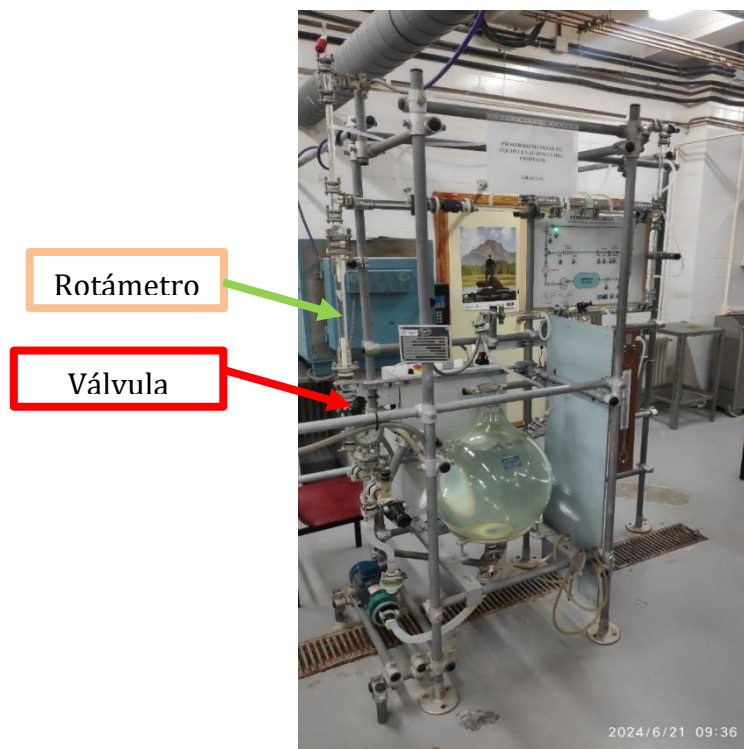


Figura 26. Control manual del caudal

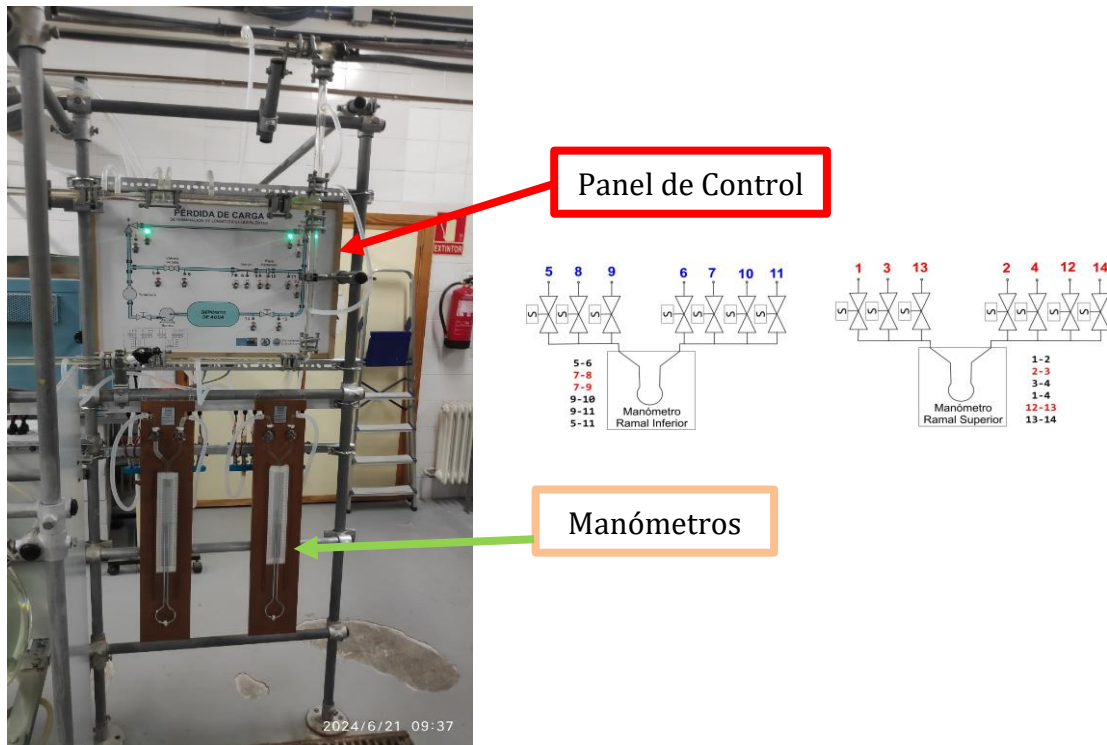


Figura 27. Selección de las distintas conexiones mediante interruptores

FASE-4: PRUEBAS DEL SISTEMA Y MEJORA DE RECURSOS DOCENTES

Al final de la Fase 3, durante la sustitución de las mangueras que conectan las tomas de la planta con las electroválvulas, se produjo un incidente. Debido a las mangueras anteriores estaban ya deterioradas con el tiempo y habían cristalizado, al desconectar una de ellas de la planta se rompió la toma de la planta.

Puesto que la planta está formada por elementos de vidrio, y la toma a la que conectar la manguera forma una parte del elemento el profesorado en cargo de la planta está evaluando las mejores formas para su reparación.

Esto a supuesto un retraso importante en el desarrollo de las últimas fases del proyecto.

Para poder concluirlo, de forma provisional, se ha optado por cancelar la toma deteriorada pudiendo así poder poner la planta en funcionamiento. De esta forma se han podido hacer las pruebas de la planta con el resto de las tomas.

Así, en la fase de pruebas, se ha podido comprobar el correcto funcionamiento de la planta (a falta de comprobar el de la toma averiada):

- Los interruptores accionan las electroválvulas correspondientes a las tomas indicadas en el sinóptico.
- Las medidas tomadas en los manómetros de mercurio se corresponden con las medidas que se obtenían antes de la intervención.

En lo que respecta a la mejora del recurso docente *Esquema instalación y el guion de prácticas de "Pérdida de Cargas"*, ha sufrido un retraso debido a la avería. En la actualidad, está prácticamente finalizada para su utilización en el próximo curso 2024-25, ya que en este momento el alumnado de las asignaturas utilizará ya la planta actualizada.

FASE-5: EVALUACIÓN DE LOS OBJETIVOS Y LA EVALUACIÓN PARA LA MEJORA DEL PROYECTO

Es necesario destacar que dada la limitación temporal y económica del proyecto ha sido imposible la integración de los manómetros digitales y el PLC que permita una mayor automatización y conexión con un ordenador externo que facilite aún más el manejo. La integración de estos elementos se realizará en desarrollos próximos.

En cuanto a la consecución de los objetivos se considera un éxito. En primer lugar, se ha conseguido formar de forma satisfactoria un equipo de trabajo multidisciplinar que sienta las bases para poder hacer otras actuaciones futuras y que redunde en beneficios para todos los actores implicados en la docencia. Por otro lado, se ha conseguido identificar las mejoras necesarias en el equipo y actuar para adecuar las más prioritarias.

Por último, con las pruebas finales de la instalación se ha comprobado la facilidad en el manejo de esta y que puede facilitar que los estudiantes se centren en la adquisición de competencias y no en el manejo de la instalación. En este sentido, el próximo curso se realizará una prospección para analizar como ha incidido esta mejora en el proceso enseñanza-aprendizaje y si ha redundado en unos mejores resultados en los estudiantes.

Resultados:

Como las asignaturas implicadas en la docencia de esta planta se imparten en el primer cuatrimestre y la realización de este Proyecto ha llevado todo el curso 2023-24 culminando a final de junio con la instalación final. La incidencia real en la docencia no podrá ser evaluada hasta el próximo curso 2024-25.

No obstante, con la implicación en la mejora a los estudiantes del Grado en Ingeniería Química y la alta participación en la encuesta, se ha percibido que los alumnos valoran que se tenga en cuenta su opinión en cuanto a las mejoras necesarias en los equipos e instalaciones. Esto conlleva una mayor satisfacción con el Grado que esperamos se note en las próximas encuestas de satisfacción de los estudiantes con el Grado.

Por último, como una parte de evaluación de resultados, durante el próximo curso 2024-25, cuando los estudiantes tengan que realizar la práctica se pretende realizar un cuestionario para obtener realimentación sobre la satisfacción con las mejoras introducidas. Además, también se analizarán los resultados de los estudiantes en la

asignatura para evaluar si estas mejoras consiguen el fin último del proyecto y es que estas actuaciones conlleven en una mejor adquisición de las competencias de la materia.

ANEXO I

ENCUESTA AL ALUMNADO

Ver todas las respuestas. **Todos los participantes.** Ordenación por defecto Respuestas: **21**

Encuesta Perdida de carga en tuberías

A- OPINIÓN SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA

1

Responde a cada una de las preguntas

	Ranking de la media (y valores medios)					↓	NS/NC
	Totalmen te en desa uerdo	En desacu erdo	Indiferent e	De acuerdo	Totalmen te de acuerdo		
¿Consideras que el estudio de la pérdida de carga producida en tuberías y accesorios es imprescindible para la formación de un Ingeniero Químico?					4.3 (4.3)	0	
¿Considera que la práctica de “Pérdida de carga en accesorios” dentro de la asignatura “Experimentación en Ingeniería Química” adecuada para afianzar los conocimientos adquiridos en la asignatura “Mecánica de fluidos”?					4.6 (4.6)	0	
¿Opina que la planta para esta práctica está bien diseñada y se pueden medir las pérdidas más representativas producidas por accesorios y tuberías?					2.9 (2.9)	0	
¿Piensa que el sistema manual de abrir y cerrar las llaves en cada uno de los tubos dificulta la comprensión de qué diferencias de presión se van a medir en cada momento?					3.6 (3.6)	0	
¿Considera que la medida de la diferencia de presión mediante la columna de mercurio puede dificultar la toma de datos y la exactitud de estos?					3.9 (3.9)	1	
¿Considera que la medida del caudal con el rotámetro de forma visual puede dificultar la toma de datos y la exactitud de estos?					3.5 (3.5)	0	
¿Piensa que la actuación para modificar el caudal del agua por el circuito es adecuada?					3.5 (3.5)	1	

Respuestas	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Total	NS/NC
¿Consideras que el estudio de la pérdida de carga producida en tuberías y accesorios es imprescindible para la formación de un Ingeniero Químico?	0	0	1 (5%)	12 (57%)	8 (38%)	21	0
¿Considera que la práctica de “Pérdida de carga en accesorios” dentro de la asignatura “Experimentación en Ingeniería Química” adecuada para afianzar los conocimientos adquiridos en la asignatura “Mecánica de fluidos”?	0	0	1 (5%)	7 (33%)	13 (62%)	21	0
¿Opina que la planta para esta	2 (10%)	8 (38%)	4 (19%)	4 (19%)	3 (14%)	21	0

Respuestas	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Total	NS/NC
práctica está bien diseñada y se pueden medir las pérdidas más representativas producidas por accesorios y tuberías?							
¿Piensa que el sistema manual de abrir y cerrar las llaves en cada uno de los tubos dificulta la comprensión de qué diferencias de presión se van a medir en cada momento?	3 (14%)	4 (19%)	2 (10%)	2 (10%)	10 (48%)	21	0
¿Considera que la medida de la diferencia de presión mediante la columna de mercurio puede dificultar la toma de datos y la	1 (5%)	3 (15%)	1 (5%)	8 (40%)	7 (35%)	20	1

Respuestas	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Total	NS/NC
exactitud de estos? ¿Considera que la medida del caudal con el rotámetro de forma visual puede dificultar la toma de datos y la exactitud de estos?	2 (10%)	3 (14%)	5 (24%)	4 (19%)	7 (33%)	21	0
¿Piensa que la actuación para modificar el caudal del agua por el circuito es adecuada?	0	4 (20%)	6 (30%)	6 (30%)	4 (20%)	20	1

B- OPINIÓN SOBRE LA INTRODUCCIÓN DE MEJORAS EN LA PLANTA

2	Selecciona cuales de las siguientes opciones serían prioritarias para la mejora de la planta		
Respuesta	Media	Total	
Respecto a la actuación para modificar el caudal del agua, instalar un dispositivo digital que modificara la velocidad de la bomba	 28%	5	
Respecto a la lectura del caudal, instalar un dispositivo que permitiera tomar una medida digital y visualizarla en un display	 50%	9	
Respecto a la selección de los puntos en los que medir la diferencia de presiones permitir el accionamiento mediante un interruptor en un sinóptico de la planta	 78%	14	
Respecto a la lectura de la diferencia de presiones, instalar un dispositivo que	 89%	16	

Respuesta	Media	Total
permitiera tomar una medida digital y visualizarla mediante un display		

Total de respuestas a la pregunta	86%	18/21
-----------------------------------	-----	-------

3 Selecciona cuales de las siguientes opciones no aportarían mejoras a la planta

Respuesta	Media	Total
Respecto a la actuación para modificar el caudal del agua, instalar un dispositivo digital que modificara la velocidad de la bomba	60%	9
Respecto a la lectura del caudal, instalar un dispositivo que permitiera tomar una medida digital y visualizarla en un display	60%	9
Respecto a la selección de los puntos en los que medir la diferencia de presiones permitir el accionamiento mediante un interruptor en un sinóptico de la planta	13%	2
Respecto a la lectura de la diferencia de presiones, instalar un dispositivo que permitiera tomar una medida digital y visualizarla mediante un display	20%	3

Total de respuestas a la pregunta	71%	15/21
-----------------------------------	-----	-------

4 Selecciona cuales consideras que son las razones por las que no se han realizado todavía mejoras en la planta

Respuesta	Media	Total
El estado actual de la planta es adecuado para la docencia	10%	2
Falta de presupuesto	81%	17
Falta de personal	10%	2
El personal no está cualificado	10%	2

Total de respuestas a la pregunta	100%	21/21
-----------------------------------	------	-------

5 ¿Qué otras mejoras considera que se pueden realizar, en la instalación, para facilitar el desarrollo de la práctica?

Encuestado

Respuesta

Lo único que yo cambiaría son los manómetros manuales por unos digitales. Creo que como ingenieros, somos personas muy visuales y con "necesidad" de razonar todo lo que estamos haciendo.

Veo muy necesario que desde el principio se nos contase dónde se ve aplicado a nivel industrial o en qué momentos cotidianos de nuestra vida, para que lo podamos comparar y asociar, y así hacernos una idea de lo que estamos haciendo. De primeras son un montón de términos nuevos a los que no estamos acostumbrados, y trabajar con algo que te cuesta visualizar porque no sabemos donde se utiliza o con qué fines, dificulta el entendimiento de la práctica o incluso los razonamientos que requiere que se hagan durante la misma.

A la hora de abrir y cerrar las llaves, en algunas de ellas había que tener bastante fuerza para poder cerrarlas bien y que no dieran errores. Creo que la suciedad que el manómetro de mercurio podría ser mejorable pero por lo demás pienso que hay que conocer todos los posibles dispositivos para que cuando lleguemos a la vida laboral, podamos usar todo y no nos extrañe ver este sistema.

Total de respuestas a la pregunta

4/21