

# Jornadas de Automática

## Realidad aumentada aplicada al mantenimiento para las titulaciones de Ingeniería

Abad-Alcaraz, Verónica<sup>a,b,\*</sup>, Leal, Marta<sup>a,b</sup>, Muñoz, Manuel<sup>a,b</sup>, Castilla, María del Mar<sup>a,b</sup>, Álvarez, José Domingo<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>CIESOL, Centro de Investigaciones en Energía Solar. Centro mixto UAL-CIEMAT, Universidad de Almería - ceiA3 - Crta. Sacramento, s/n, 04120, La Cañada de San Urbano, Almería, España.

<sup>b</sup>Dpto. de Informática, Universidad de Almería - ceiA3, Crta. Sacramento, s/n, 04120, La Cañada de San Urbano, Almería, España

**To cite this article:** Abad-Alcaraz, Verónica, Leal, Marta, Muñoz, Manuel, Castilla, María del Mar, Álvarez, José Domingo. 2025. Augmented reality applied to maintenance for Engineering degrees. *Jornadas de Automática*, 46. <https://doi.org/10.17979/ja-cea.2025.46.12159>

### Resumen

Este trabajo presenta una práctica formativa para las titulaciones de ingeniería basada en el uso de Realidad Aumentada (RA) para apoyar tareas de supervisión y mantenimiento en una instalación térmica real. La actividad se desarrolla sobre el sistema de climatización solar del centro CIESOL, e integra tecnologías industriales como EcoStruxure Augmented Operator Advisor™ (AOA) y Node-RED. El alumnado diseña su propia aplicación RA sobre imágenes reales de la planta, selecciona variables de interés vía OPC UA, vinculando documentación técnica contextualizada y configurando procedimientos operativos interactivos. Asimismo, se propone una actividad de diagnóstico de fallos simulados para fomentar la toma de decisiones técnica. Este trabajo combina competencias en instrumentación, automatización, visualización avanzada y análisis funcional de sistemas reales. Está orientada a asignaturas de ingeniería relacionadas con la automatización y el mantenimiento, y permite al alumnado interactuar con entornos reales mediante soluciones digitales industriales, favoreciendo la adquisición de competencias clave en tecnologías de la Industria 4.0.

**Palabras clave:** Enseñanza de control mediante equipos de laboratorio, Protocolos de comunicación industrial, Supervisión del proceso, Sistemas inteligentes de mantenimiento, Detección y diagnóstico de fallos.

### Augmented reality applied to maintenance for Engineering degrees

#### Abstract

This work presents a training practice for engineering degrees based on the use of Augmented Reality (AR) to support supervision and maintenance tasks in a real thermal installation. The activity is developed on the solar air conditioning system of the CIESOL centre, and integrates industrial technologies such as EcoStruxure Augmented Operator Advisor™ (AOA) and Node-RED. Students design their own AR application on real images of the plant, select variables of interest via OPC UA, linking contextualised technical documentation and configuring interactive operating procedures. A simulated fault diagnosis activity is also proposed to encourage technical decision making. This work combines skills in instrumentation, automation, advanced visualisation and functional analysis of real systems. It is aimed at engineering subjects related to automation and maintenance, and allows students to interact with real environments through digital industrial solutions, favouring the acquisition of key skills in Industry 4.0 technologies.

**Keywords:** Control education using laboratory equipment, Virtual and remote labs, Process supervision, Industrial communication protocols, Intelligent maintenance systems, Fault detection and diagnosis.

## 1. Introducción

La digitalización de los procesos industriales ha propiciado la integración de tecnologías avanzadas como la Realidad Aumentada (RA), el Internet de las Cosas (IoT) y los sistemas de mantenimiento predictivo, pilares fundamentales de la Industria 4.0. Estas herramientas permiten mejorar la eficiencia operativa, reducir tiempos de intervención y minimizar errores humanos en entornos productivos altamente exigentes (Palmarini et al., 2018; Malta et al., 2023). En particular, la RA ha demostrado ser una tecnología clave en tareas de operación, supervisión y mantenimiento industrial, gracias a su capacidad para superponer información digital sobre el entorno físico en tiempo real, facilitando la toma de decisiones y el diagnóstico técnico en campo.

El mantenimiento predictivo, basado en la monitorización continua del estado de los equipos, ofrece importantes ventajas frente a los enfoques correctivos o incluso preventivos, al anticipar fallos antes de que ocurran. Este tipo de mantenimiento no solo reduce costes, sino que también incrementa la fiabilidad del sistema y prolonga la vida útil de los activos industriales (Liu et al., 2022). En este contexto, la RA se presenta como una herramienta que potencia dichas estrategias, al proporcionar una interfaz visual e intuitiva para la interpretación de datos complejos y la ejecución de procedimientos de mantenimiento.

Conscientes de la importancia de formar a futuros ingenieros en el uso de estas tecnologías, se plantea en este trabajo el diseño e implementación de una actividad formativa que introduce el uso de RA en el ámbito del mantenimiento industrial (Álvarez Marín and Velázquez-Iturbide, 2021; Donaire-Mardones et al., 2024). Esta propuesta está especialmente dirigida a estudiantes de las asignaturas de Informática Industrial e Informática Industrial y Robótica, pertenecientes a los grados en Ingeniería Industrial e Ingeniería Informática, respectivamente. Su finalidad es dotar al alumnado de competencias prácticas en el manejo de herramientas digitales avanzadas, con aplicaciones reales en la industria (Suhail et al., 2024). Estas asignaturas han sido seleccionadas porque incluyen contenidos relacionados con el control de procesos, automatización, sensores y actuadores, aspectos fundamentales para comprender y aplicar la práctica de mantenimiento asistido mediante RA.

La actividad se desarrolla sobre una instalación de producción de frío y de calor ubicada en el Centro de Investigación de Energía Solar (CIESOL), situado en el campus de la Universidad de Almería (UAL). Se emplea un sistema de RA basado en la plataforma EcoStruxure Augmented Operator Advisor™ (AOA) de Schneider Electric. A diferencia de los sistemas que utilizan gafas inteligentes, aquí la interfaz se realiza mediante una tableta electrónica, lo cual facilita la adopción en entornos reales sin requerir equipamiento especializado y sin que su uso le resulte demasiado intrusivo al usuario/operador de turno. Esta solución permite al operario visualizar información relevante superpuesta sobre los componentes físicos del sistema de climatización, como lecturas de sensores, estados operativos o advertencias de mantenimiento, integrando así lo

físico y lo digital de forma intuitiva.

El objetivo final de esta práctica es familiarizar al alumnado con el uso de tecnologías de RA en entornos reales, aplicadas al mantenimiento de un sistema de climatización basado en energías renovables. Se pretende que los estudiantes no solo comprendan el funcionamiento de la herramienta, sino que adquieran la capacidad de interpretar datos en contexto, aplicar procedimientos guiados mediante soluciones digitales y diagnosticar fallos, desarrollando competencias esenciales para su futura incorporación a entornos industriales avanzados.

El artículo se organiza de la siguiente manera: en la Sección 2 se describen los materiales y métodos utilizados, incluyendo la instalación y las herramientas software empleadas; en la Sección 3 se detallan los apartados de la práctica; en la Sección 4 se presenta la planificación docente; y en la Sección 5 se exponen las conclusiones y posibles líneas de mejora y desarrollo futuro.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Descripción de la instalación

El edificio CIESOL<sup>1</sup> es un centro mixto de investigación en energía solar, fruto de la colaboración entre la UAL y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). Con una superficie de 1072 m<sup>2</sup> distribuidos en dos plantas, alberga grupos de investigación de ambas instituciones, ocho laboratorios, varios despachos y zonas comunes.

La práctica se desarrolla sobre la instalación de climatización del edificio, que combina energías renovables con tecnologías de alta eficiencia energética (ver Figura 1). El sistema está compuesto por un campo de captadores solares térmicos, una máquina de absorción y una caldera de gasóleo modulante como apoyo. También incluye subsistemas de control, almacenamiento térmico y disipación de calor.

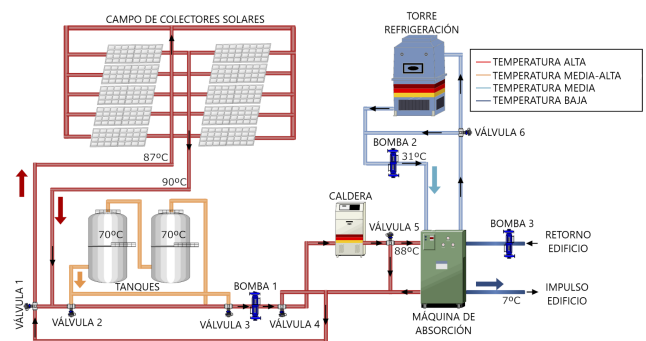


Figura 1: Esquema instalación para producción de frío y calor en CIESOL (Jiménez-Ruiz et al., 2022)

Su funcionamiento se adapta a dos modos principales, verano e invierno, en función de la estación. En modo verano, la máquina de absorción produce frío utilizando la energía térmica captada por los paneles solares o, en caso necesario, por la caldera. En modo invierno, el sistema genera calor a través de un intercambiador de placas, sin intervención de la máquina

<sup>1</sup><https://ciesol.com/>

de absorción. El cambio entre modos lo realiza manualmente un técnico, según las necesidades del edificio.

La instalación se organiza en tres circuitos hidráulicos principales, cuya operación varía según la estación del año.

El circuito primario, alimentado por un campo solar de 80 captadores Solaris CPL (160 m<sup>2</sup>), calienta agua a temperaturas entre 83 °C y 93 °C con un caudal de 8,64 m<sup>3</sup>/h. Este circuito incluye dos depósitos acumuladores de 5000 L para estabilizar y almacenar energía térmica, una caldera de gasóleo como respaldo, y válvulas de tres vías (V-1 a V-4) que modulan los flujos. Una bomba de recirculación (B-1) dirige el calor hacia la máquina de absorción en verano o hacia un intercambiador de placas en invierno.

El circuito de condensación disipa el calor residual de la máquina de absorción. Funciona mediante una torre de refrigeración (30 °C a 25 °C) o, alternativamente, mediante un pozo geotérmico si las condiciones ambientales no son favorables. Una válvula de tres vías (V-6) evita que llegue agua por debajo de 23 °C a la máquina, y el sistema es gestionado automáticamente por bombas activadas por la propia unidad.

El núcleo del sistema es una máquina de absorción de simple efecto, capaz de generar hasta 70 kW de frío a partir de agua caliente a 88 °C y un caudal de 17,28 m<sup>3</sup>/h. Utiliza el ciclo bromuro de litio/agua para producir agua fría entre 6 °C y 12 °C, con un Coeficiente de Rendimiento (COP del inglés *Coefficient Of Performance*) entre 0,65 y 0,7. Incluye control automático de caldera, bombas y ventiladores, además de elementos de seguridad como la válvula V-5, que regula el paso de agua caliente según la temperatura de salida del agua fría.

Un sistema de control automático gestiona el encendido y apagado de la máquina de absorción, bomba de agua caliente, caldera y válvulas (excepto la V-5), maximizando el aprovechamiento solar. En invierno, también gestiona la bomba del circuito secundario, mientras que la torre de refrigeración y la V-5 son controladas por la máquina. El sistema ajusta la temperatura de consigna de la caldera para modular indirectamente la producción de frío, reduciendo paradas y mejorando la eficiencia.

Esta instalación, por su complejidad, uso y variedad de componentes de su red sensorica (válvulas automáticas, sensores, intercambiadores, bombas, acumuladores, etc.), representa un entorno ideal para el desarrollo de prácticas con RA aplicada al mantenimiento industrial.

## 2.2. Herramientas y Tecnologías utilizadas

La solución propuesta se fundamenta en la combinación de EcoStruxure AOA y Node-RED, herramientas implantadas en el ámbito industrial, pero que en este caso se pretende usar con fines formativos, permitiendo al alumnado interactúe con entornos reales mediante tecnologías avanzadas.

AOA, desarrollada por Schneider Electric, es una plataforma de RA diseñada para facilitar la operación y el mantenimiento en entornos industriales. Su arquitectura modular comprende tres componentes principales: AOA Builder, entorno de desarrollo basado en web donde se configuran escenas, puntos de interés y procedimientos (Schneider Electric, 2022); AOA Runtime, que actúa como servidor de ejecución del proyecto; y la aplicación cliente, destinada a dispositivos móviles compatibles (Android, iOS y Windows). Entre sus funcionalidades, destacan las siguientes capacidades:

- Visualización de datos de proceso en tiempo real: Mediante la integración con sistemas de automatización industrial, AOA permite superponer sobre el entorno físico parámetros operativos (como temperaturas, estados de válvulas o bombas), proporcionando al usuario una lectura contextualizada de las variables del sistema.
- Acceso a documentación técnica vinculada al contexto físico: Los puntos de interés permiten vincular por ejemplo manuales de usuario, esquemas eléctricos o vídeos explicativos, accesibles en campo desde cada escena sin salirse de la aplicación.
- Diseño de procedimientos interactivos guiados: El sistema guía al usuario paso a paso mediante instrucciones visuales y verificaciones de contexto. Esto permite al usuario familiarizarse con procedimientos reales de operación (por ejemplo, cambio de modo invierno-verano), siguiendo una secuencia estructurada y validando cada acción mediante visión artificial.
- Modelado de escenas y sub-escenas: Alternar entre vistas generales y detalles específicos del sistema (como el interior de armarios eléctricos) permite diseñar un entorno de exploración avanzada sin necesidad de intervenir físicamente sobre la instalación.

Asimismo, se ha empleado Node-RED como plataforma de integración de datos. Esta herramienta de código abierto, ha sido configurada como software intermedio de integración entre el servidor OPC UA (*Open Platform Communications Unified Architecture*) del sistema de climatización y el entorno AOA. La elección del estándar OPC UA resulta especialmente significativa, ya que se trata de una especificación ampliamente adoptada en la industria para garantizar la interoperabilidad entre dispositivos y sistemas de diferentes fabricantes. En particular, Node-RED ha gestionado la lectura periódica de variables del sistema mediante nodos cliente OPC UA, procesando y publicando los datos en un formato accesible a AOA para su posterior visualización aumentada. La integración de estas herramientas configura una arquitectura representativa de los entornos digitales propios de la Industria 4.0.

## 3. Diseño de la práctica

La práctica propuesta se ha estructurado en diversas fases orientadas a que, en grupos, el alumnado diseñe y despliegue de manera autónoma una aplicación de RA sobre una instalación real (ver Figura 2). El objetivo es que, partiendo de la instalación de climatización solar existente, los estudiantes sean capaces de seleccionar de manera razonada las variables de interés, configurar el flujo de datos y desarrollar una aplicación de RA operativa que facilite las labores de supervisión, diagnóstico y mantenimiento. El proceso se desarrolla de acuerdo con las siguientes etapas:

### 3.1. Exploración de la instalación, familiarización con el sistema y análisis de variables clave

La primera fase de la práctica comienza con una sesión de introducción técnica, donde el alumnado recibirá una explicación detallada del funcionamiento de la instalación. Se les facilitará el esquema completo de la instalación visible en

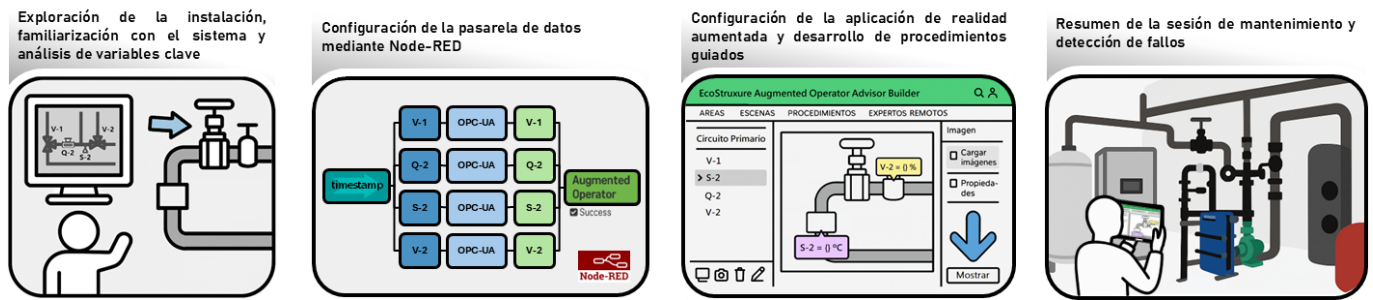


Figura 2: Estructura de la práctica

el SCADA, de manera que puedan utilizarlo como referencia visual durante la visita guiada a campo. El objetivo principal es el circuito primario de climatización, aunque se ofrece la posibilidad de incorporar elementos de otras partes si estos resultan de interés.

Durante la visita se plantearán cuestiones orientativas para fomentar la observación crítica y el análisis funcional. Por ejemplo, se solicitará al alumnado que identifique físicamente determinados elementos mostrados en el SCADA, tales como válvulas o grupos de bombas, promoviendo el desarrollo de habilidades de orientación espacial y comprensión de la correspondencia entre el esquema de control y la disposición física de la planta. Asimismo, se explicarán y mostrarán in situ elementos clave que requieren apertura de armarios o zonas de acceso restringido, evidenciando cómo el uso de herramientas de RA permite solventar estas limitaciones de acceso mediante el modelado de sub-escenas virtuales.

Cada grupo de estudiantes deberá seleccionar de manera fundamentada las variables más representativas para su proyecto, priorizando aquellas que aporten tanto información crítica sobre el estado y funcionamiento del sistema como la dificultad de observación directa en campo. Cabe destacar que la licencia adquirida para AOA Runtime es *Performance Level 2*, la cual limita la actividad a la creación de una única área de trabajo, con un máximo de 50 puntos de interés y hasta 20 procedimientos interactivos.

### 3.2. Configuración de la pasarela de datos mediante Node-RED

Una vez seleccionadas las variables, se procede a configurar la pasarela de datos entre el sistema de control industrial y la aplicación de RA, para lo cual se emplea la plataforma Node-RED (ver Figura 3). Esta herramienta se ha configurado como cliente OPC UA, definiendo la dirección del servidor, estableciendo una conexión segura y programando la lectura periódica de las variables seleccionadas. Cada variable, identificada por su nodo en el espacio de nombres del servidor, se enlaza a un flujo donde sus datos son transformados y adaptados para su posterior visualización en la aplicación de RA.

De forma complementaria y opcional, se propone que el alumnado desarrolle un panel de control mediante un dashboard. Este permitirá visualizar en tiempo real tanto variables de la instalación como consignas virtuales no visibles físicamente, pero accesibles a través del servidor OPC.

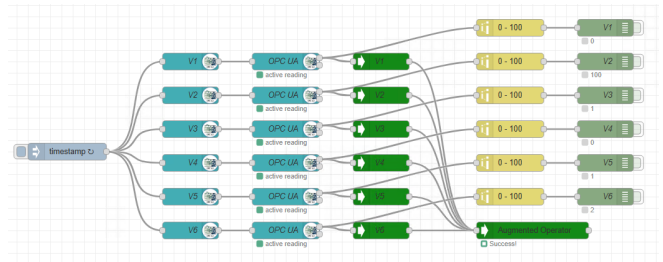


Figura 3: Configuración de las válvulas en Node-Red

### 3.3. Configuración de la aplicación de realidad aumentada y desarrollo de procedimientos guiados

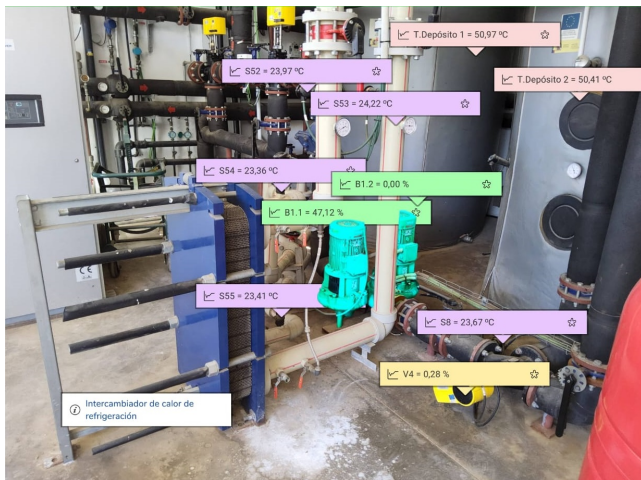
El desarrollo de la aplicación de RA en AOA Builder comienza con la incorporación de etiquetas sobre imágenes reales de la instalación tomadas durante la visita, a las que se vinculan variables en tiempo real. Estas variables muestran datos operativos como el estado de válvulas, caudales, bombas y temperaturas clave. Por ejemplo, en la Figura 4(a) se visualizan simultáneamente: el porcentaje de apertura de la válvula V-4, los estados alternantes del grupo de bombas B-1, y temperaturas asociadas al intercambiador de refrigeración y depósitos acumuladores.

Para mejorar la orientación del usuario, se añaden elementos gráficos auxiliares como flechas o notas. Es el caso del sensor S-2, cuya ubicación —al encontrarse parcialmente oculta— se resalta mediante una flecha que dirige la atención del usuario a su localización exacta

La aplicación desarrollada se ha complementado con documentación técnica accesible directamente desde las escenas, sin necesidad de abandonar el entorno de RA. En particular, al situarnos frente al armario principal del circuito primario, el usuario puede consultar tres documentos clave:

- Descripción de la instalación y manual de uso: contiene las instrucciones básicas de operación y mantenimiento, permitiendo al usuario comprender la lógica funcional general de los subsistemas.
- Memoria gráfica del SCADA de CIESOL: ofrece descripciones de los circuitos con capturas del entorno SCADA, facilitando la interpretación visual.
- Memoria Técnica de CONEMAR: describe en detalle la arquitectura de comunicaciones y los dispositivos de control (Automation Server, MP-C, RP-C), siendo clave para entender su interoperabilidad y escalabilidad.





(a) Principales elementos del circuito primario



(b) Armario abierto de la instalación

Figura 4: Ejemplo de la visualización del entorno con la aplicación de RA

Con el objetivo de mejorar la experiencia de usuario, se han incorporado elementos visuales que refuerzan la comprensión operativa del sistema. Por ejemplo, las bombas se han resaltado en verde fluorescente para su rápida identificación en escenas complejas. Además, dado que las bombas operan de forma alterna para equilibrar el desgaste, la etiqueta de la bomba que esté en ese momento funcionando parpadeará.

Otro caso destacado es el de la máquina de absorción, cuya botonera se ha ampliado digitalmente en la escena para mostrar su estado típico en condiciones normales: funcionando en modo remoto y sin códigos visibles en pantalla (lo que indica ausencia de errores). Esto ayuda al usuario a reconocer visualmente si el equipo opera correctamente.

En la escena del armario principal del circuito primario, se modela también el interior del cuadro eléctrico, lo que permite al usuario explorar componentes críticos incluso cuando no es posible acceder físicamente. En su interior se ubican variables como Q2, Q5 y Q7, como se observa en la Figura 4(b).

Por último, el alumnado debe desarrollar al menos un procedimiento operativo guiado en la herramienta AOA Builder. El más importante es la puesta en marcha del sistema en función del modo de operación seleccionado: modo frío o calor. El procedimiento se organiza mediante nodos condicionales que validan el estado de componentes clave antes de permitir la activación del sistema, como se muestra en la Figura 5.

En modo frío, la secuencia comienza con la verificación del arranque de una de las bombas del grupo B-1 y B-3. A continuación, se comprueba que la válvula V-4 está abierta y que la temperatura medida por el sensor S-10 ha alcanzado el valor mínimo requerido. Si se cumplen todas estas condiciones, se autoriza la puesta en marcha tanto de la caldera como de la máquina de absorción.

En modo calor, se inhabilita la máquina de absorción desde el inicio del procedimiento, ya que no interviene en este modo de funcionamiento. Posteriormente, se valida la activación de una de las bombas del grupo B-1 y B-3, y se comprueba la apertura de la válvula V-4. El paso final consiste en asegurar que el sensor S-17 ha alcanzado la temperatura mínima necesaria para permitir el encendido de la caldera.

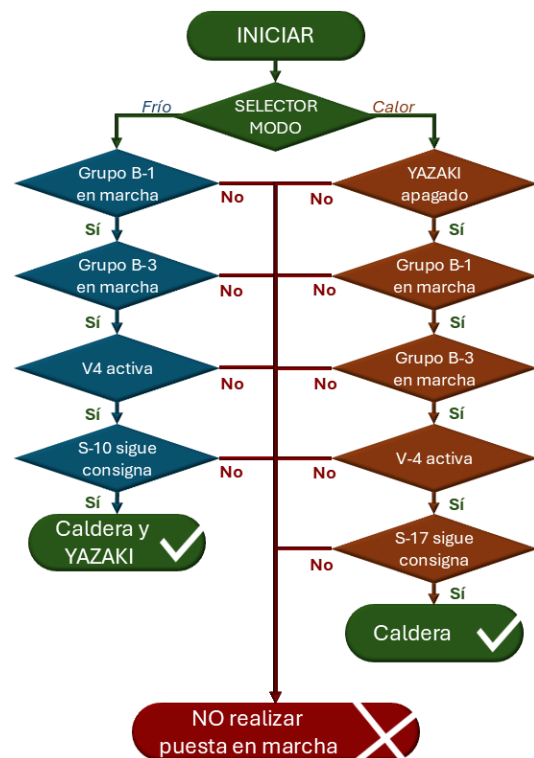


Figura 5: Procedimiento para cambio de modo de operación invierno-verano

En cualquiera de los dos modos, si alguna condición no se cumple, el procedimiento finaliza mostrando un mensaje de advertencia junto con el manual de instrucciones, impidiendo la operación para evitar situaciones inseguras.

### 3.4. Resumen de la sesión de mantenimiento y detección de fallos

Como cierre de la práctica, el alumnado debe generar automáticamente un informe técnico que resuma el diseño de la herramienta. Adicionalmente, esta tarea se debe complementar con la detección y discusión de fallos simulados, es decir, se alteran de forma controlada ciertas variables mostradas en la aplicación —como temperaturas fuera de rango o caudales

anómalos— para que el alumno identifique la inconsistencia y justifique su causa. Estos fallos se simulan desde el flujo de datos en Node-RED, generando un entorno de entrenamiento seguro y realista para analizar la instalación real.

#### 4. Planificación docente

La implementación de esta práctica se ha estructurado para integrarse en el calendario académico de las asignaturas objetivo, Informática Industrial e Informática Industrial y Robótica, con una duración estimada de cuatro sesiones lectivas de 2 horas cada una. El enfoque combina sesiones teóricas introductorias, trabajo práctico en campo y en laboratorio, así como actividades de análisis y evaluación orientadas a la adquisición de competencias técnicas en Industria 4.0.

Esta actividad se realiza en grupos de dos personas, los cuales deben ser establecidos y comunicados al profesor responsable antes del inicio de la práctica. Se estima un tiempo máximo de dedicación de 25 horas, que incluye tanto las horas presenciales como el trabajo autónomo y la redacción del informe final. Se distribuye del siguiente modo: 8 horas presenciales, correspondientes a las sesiones guiadas en aula y laboratorio. Se dedicarán 17 horas de trabajo autónomo, que comprenden el desarrollo del proyecto, la resolución de problemas técnicos, la búsqueda de información complementaria y la elaboración de la memoria final.

La práctica se estructura en sesiones presenciales:

- Sesión 1: Visita técnica y contextualización. Visita guiada a CIESOL para identificar físicamente los componentes principales, introducir conceptos clave (RA, mantenimiento predictivo, integración IoT) y se revisa el esquema SCADA.
- Sesión 2: Configuración de la pasarela de datos. Introducción a Node-RED y configuración del cliente OPC UA para adquirir datos del sistema y publicarlos en formato compatible con AOA. El alumnado diseña su propio flujo de datos.
- Sesión 3: Desarrollo de la aplicación RA. Uso de AOA Builder para crear escenas con datos en tiempo real, documentación técnica y procedimientos interactivos. Los estudiantes desarrollan una aplicación funcional adaptada a la instalación.
- Sesión 4: Ejecución del procedimiento, simulación de fallo y revisión. El alumnado ejecuta el procedimiento diseñado, valida la aplicación en un fallo simulado y reflexiona sobre la detección de errores y la toma de decisiones asistida por RA.

Finalmente, el estudiantado, como parte de su trabajo autónomo, deberá elaborar un informe técnico que consolide los conocimientos adquiridos, argumente las decisiones tomadas y aporte una evidencia objetiva del proceso seguido. Este documento será parte esencial del proceso de evaluación.

#### 5. Conclusiones y trabajos futuros

La práctica presentada permite introducir al alumnado en el uso de tecnologías emergentes aplicadas al mantenimiento de instalaciones reales, integrando RA con adquisición de

datos mediante estándares industriales. Frente a metodologías tradicionales basadas en esquemas o simulaciones, esta propuesta proporciona un entorno interactivo donde los estudiantes interpretan información de un sistema SCADA real y la trasladan a situaciones de operación en campo, mejorando así su comprensión del comportamiento del sistema.

El uso de una herramienta profesional como EcoStruxure AOA, ampliamente implantada en el sector industrial, aporta un valor añadido a la formación técnica. Los estudiantes no solo se familiarizan con entornos reales, sino que adquieren destrezas directamente aplicables en su futura actividad profesional, lo que refuerza la conexión entre el ámbito académico y la práctica industrial.

Como línea de desarrollo futuro se contempla la incorporación formal de esta práctica en asignaturas como Informática Industrial o Informática Industrial y Robótica. Asimismo, se plantea su evaluación como innovación docente a través de encuestas de satisfacción, con el objetivo de analizar su impacto en el proceso de aprendizaje y su potencial de escalado a otros contextos educativos.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado como parte del proyecto de I+D+i TED2021-131655B-I00, financiado por MCI-N/AEI/10.13039/501100011033 y “Unión Europea NextGenerationEU” y del proyecto de I+D+i PID2021-126889OB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033.

#### Referencias

- Donaire-Mardones, S., Barraza Alonso, R., Martínez-Pagán, P., Yepes-Bellver, L., Yepes, V., Martínez-Segura, M., 2024. Innovación educativa con realidad aumentada: Perspectivas en la educación superior en ingeniería. In: Libro de Actas del X Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red. Valencia.  
DOI: 10.4995/INRED2024.2024.18365
- Jiménez-Ruiz, J. A., Castilla, M., Álvarez, J. D., 2022. Desarrollo de una aplicación de adquisición de datos para un sistema de supervisión abierto y escalable en la nube vía opc ua. In: XLIII Jornadas de Automática: libro de actas. pp. 900–907.  
DOI: 10.17979/spudc.9788497498418.0900
- Liu, C., Zhu, H., Tang, D., Nie, Q., Zhou, T., Wang, L., Song, Y., 2022. Probing an intelligent predictive maintenance approach with deep learning and augmented reality for machine tools in iot-enabled manufacturing. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 77, 102357.  
DOI: 10.1016/j.rcim.2022.102357
- Malta, A., Farinha, T., Mendes, M., 2023. Augmented reality in maintenance—history and perspectives. Journal of Imaging 9 (7).  
DOI: 10.3390/jimaging9070142
- Palmarini, R., Erkoyuncu, J. A., Roy, R., Torabmostaedi, H., 2018. A systematic review of augmented reality applications in maintenance. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 49, 215–228.  
DOI: 10.1016/j.rcim.2017.06.002
- Schneider Electric, 2022. EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder - Manual del usuario. Schneider Electric.  
URL: <https://www.se.com>
- Suhail, N., Bahroun, Z., Ahmed, V., 2024. Augmented reality in engineering education: enhancing learning and application. Frontiers in Virtual Reality 5, 1461145.  
DOI: 10.3389/frvir.2024.1461145
- Álvarez Marín, A., Velázquez-Iturbide, J., 2021. Augmented reality and engineering education: A systematic review. IEEE Transactions on Learning Technologies 14 (6), 817–831.  
DOI: 10.1109/TLT.2022.3144356