ENVIHEI

Título del reto de ABP:
Sistema de monitorización de vibraciones para el mantenimiento predictivo

Nombre del docente responsable

Dariusz Buchczik y Roman Wyżgolik

Universidad / Departamento / Programa de grado

Universidad Politécnica de Silesia / Department of Measurements and Control Systems / Grado en Ingeniería de Control, Electrónica e Informática

Curso / Asignatura en que se ha implementado

2º curso / Sistemas de Medición

Periodo de implementación (fechas)

21 de mayo de 2026 – 25 de junio de 2026

Duración total (semanas/horas)

5 semanas / 32 horas [16 horas lectivas + 16 horas de trabajo autónomo de los estudiantes]

Número de estudiantes participantes

16 estudiantes

Todos los resultados desarrollados en el marco de ENVIHEI están disponibles bajo la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Cofinanciado por la Unión Europea. No obstante, las opiniones y puntos de vista expresados son únicamente los del autor o autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea o los del Servicio Español para la Internacionalización de la Educación (SEPIE). Ni la Unión Europea ni el SEPIE pueden ser considerados responsables de ellos. [2024-1-ES01-KA220-HED-000246733]

Erasmus+ Enriching lives, opening minds. Co-funded by the European Union

P. No.: 2024-1-ES01-KA220-HED-000246733

1. Diseño del proyecto

1.1 Breve descripción del proyecto y del reto propuesto

La experiencia piloto se organizó en torno a retos de ingeniería realistas, pidiendo a los estudiantes que investigaran cómo la medición y la monitorización pueden favorecer el funcionamiento sostenible de la maquinaria y el uso responsable de los recursos de mantenimiento. Los cuatro proyectos completados abordaron la resonancia y la amortiguación en CNC, la monitorización de vibraciones para el mantenimiento predictivo, la monitorización de la velocidad de rotación y el diagnóstico de vibraciones para la protección de la maquinaria.

La sostenibilidad fue un elemento central de cada reto. Los estudiantes consideraron las posibles implicaciones ambientales y socioeconómicas del funcionamiento y el mantenimiento de la maquinaria, incluidos el consumo de energía, los residuos de materiales, la vida útil de los equipos, los costes de funcionamiento y la seguridad en el trabajo. Exploraron cómo la monitorización y las decisiones de ingeniería fundamentadas podían contribuir a la eficiencia en el uso de los recursos, la protección ambiental y el bienestar de los trabajadores y de la comunidad en general.

El propósito educativo fue vincular los conocimientos de la asignatura con problemas que los estudiantes pudieran definir, investigar y explicar dentro de este contexto más amplio de sostenibilidad. Los equipos debían tomar decisiones, desarrollar soluciones y justificar su pertinencia técnica, ambiental y socioeconómica. Los informes y las presentaciones ofrecieron oportunidades para reflexionar sobre estas conexiones y comunicar cómo los sistemas de medición pueden favorecer prácticas de ingeniería más sostenibles.

1.2 Resultados de aprendizaje previstos (competencias académicas y transversales)

Los resultados de aprendizaje previstos se ajustaron al programa de la asignatura Sistemas de Medición aprobado en la Universidad Politécnica de Silesia (SUT). Se esperaba que los estudiantes integraran sus conocimientos de sensores, adquisición de datos, software de medición e interpretación de datos para abordar un problema práctico de ingeniería. Debían justificar sus elecciones, reconocer las limitaciones y formular recomendaciones basadas en evidencias.

Los proyectos también pretendían desarrollar el aprendizaje autónomo, la planificación colaborativa, la responsabilidad compartida, la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la comunicación técnica. La sostenibilidad proporcionó un contexto más amplio para estas competencias, animando a los estudiantes a considerar las implicaciones ambientales y socioeconómicas de sus decisiones de ingeniería.

La selección de los temas de los proyectos y el alcance de su implementación estuvieron limitados por los equipos de laboratorio disponibles, el acceso a programas informáticos especializados y las horas lectivas asignadas. Dentro de estas limitaciones, las tareas diseñadas permitieron a los estudiantes poner en práctica los resultados de aprendizaje de la asignatura, al tiempo que exploraban cómo los sistemas de medición pueden favorecer prácticas de ingeniería más sostenibles.

1.3 Competencias de sostenibilidad que se pretende desarrollar

La experiencia piloto se orientó al pensamiento sistémico vinculando el estado de los equipos, las decisiones de funcionamiento, el mantenimiento, el uso de energía y el consumo de materiales. Fomentó el pensamiento crítico sobre si una

solución técnica respalda un beneficio ambiental que se le atribuye. La contextualización de problemas ayudó a los estudiantes a considerar por qué una tarea de medición es importante más allá del laboratorio, mientras que el pensamiento de futuro les animó a considerar la longevidad de los equipos y las futuras necesidades de mantenimiento.

La acción colectiva se favoreció mediante el trabajo en equipo. La responsabilidad ambiental se abordó considerando los residuos evitables y el uso innecesario de recursos. Estos vínculos son coherentes con la planificación orientada a GreenComp. Describen las oportunidades educativas previstas, más que la consecución medida de un estándar formal de competencias.

1.4 Enfoque de sostenibilidad y cómo se integra en el proyecto

La sostenibilidad se incorporó al reto inicial, la planificación del proyecto, la interpretación y la comunicación final. Las directrices pedían a los estudiantes que consideraran el consumo de energía, la eficiencia en el uso de los recursos, la vida útil de los equipos y la reducción de residuos. La planificación reservó un taller específico para la evaluación de la sostenibilidad, haciendo que la reflexión ambiental formara parte del proceso del proyecto.

Los cuatro proyectos ofrecieron un contexto práctico para debatir posibles beneficios ambientales. La detección más temprana de comportamientos no deseados de las máquinas puede ayudar a evitar sustituciones prematuras y residuos de materiales. Un mantenimiento mejor fundamentado puede mejorar el uso de las piezas y otros recursos. Evitar condiciones de funcionamiento perjudiciales puede prolongar la vida útil de las herramientas y los equipos y reducir las pérdidas asociadas a una mala calidad de producción. Los estudiantes también consideraron la posibilidad de reducir el uso innecesario de energía.

La contribución ambiental es educativa: los estudiantes debían relacionar las decisiones técnicas con la conservación de los recursos y explicar vías plausibles de mejora ambiental. No se midieron ahorros reales de energía, residuos evitados ni prolongaciones de la vida útil de los equipos. Estos siguen siendo beneficios potenciales de las soluciones propuestas.

Para la docencia, este enfoque ofrece una manera de concretar la sostenibilidad dentro de una asignatura de ingeniería existente. Las preguntas ambientales pueden plantearse junto con las técnicas: ¿Por qué se necesita esta monitorización? ¿Qué recursos podrían conservarse? ¿Qué evidencias demostrarían una mejora? ¿Qué compromisos entre objetivos seguirían existiendo?

1.5 Metodologías y herramientas utilizadas (estructura del ABP, técnicas de facilitación, etc.)

Se utilizó el marco de ABP de ENVIHEI centrado en el estudiante, que combina la investigación de problemas con la entrega de un proyecto en equipo. El proceso previsto incluía el análisis del contexto, la organización del equipo, la investigación autodirigida, la experimentación, la interpretación, la presentación y la reflexión. El método 5W1H ofreció una estructura para vincular un problema técnico con sus usuarios, su contexto y sus consecuencias.

El papel previsto de los docentes era facilitar el aprendizaje mediante preguntas orientadoras, revisiones de los avances y consultas técnicas. Las directrices para los estudiantes subrayan que los docentes apoyan la indagación en lugar de proporcionar una solución completa. Los informes y las presentaciones muestran que los equipos siguieron distintas vías de desarrollo y encontraron problemas prácticos que requerían tomar decisiones.

La experiencia piloto también permitió flexibilidad en la implementación. Un equipo propuso una arquitectura de software alternativa, que, según consta en el informe, fue aprobada por el docente. Esto ofrece un ejemplo pedagógico de cómo mantener objetivos de aprendizaje comunes permitiendo a los estudiantes aprovechar sus conocimientos previos y asumir el control de su enfoque.

1.6 Organización del proyecto (formación de grupos, cronograma, hitos)

Cuatro equipos de cuatro estudiantes completaron la experiencia piloto. Las responsabilidades incluían la coordinación, la experimentación, la programación, la interpretación, la documentación y la presentación. La experiencia piloto formó parte de la asignatura más amplia de Sistemas de Medición y contó con equipos establecidos en clases de laboratorio anteriores. Los estudiantes eligieron libremente sus roles dentro de cada equipo, un proceso facilitado por el conocimiento mutuo adquirido en actividades previas de la asignatura.

La experiencia piloto se estructuró en torno a cuatro encuentros programados. Cada encuentro duró cuatro horas lectivas de 45 minutos, equivalentes a 180 minutos. En conjunto, los encuentros sumaron 16 horas lectivas, o 12 horas de reloj:

- El primer encuentro, el 21 de mayo de 2026, se centró en comprender el problema, formar equipos, definir responsabilidades y planificar el trabajo, incluidos los objetivos de sostenibilidad.
- El encuentro del 11 de junio de 2026 se centró en revisar los avances, desarrollar los sistemas y probar ideas. La retroalimentación ayudó a los estudiantes a identificar y abordar las dificultades.
- El encuentro del 18 de junio de 2026 se centró en realizar mediciones, introducir y probar modificaciones en los sistemas, interpretar las

evidencias, debatir sobre sostenibilidad, perfeccionar las soluciones propuestas y preparar la comunicación de los resultados.

- El último encuentro, el 25 de junio de 2026, se dedicó a las presentaciones de los proyectos, las preguntas y el debate. También ofreció una oportunidad para reflexionar sobre el aprendizaje y considerar posibles mejoras.

Entre los encuentros, los estudiantes trabajaron de forma autónoma en los laboratorios fuera de las sesiones programadas y en casa. Esto les permitió investigar, desarrollar y documentar sus proyectos manteniendo hitos compartidos. La carga de trabajo autónomo estimada ascendió a otras 16 horas lectivas, equivalentes a 12 horas de reloj.

1.7 Entregables solicitados a los estudiantes (tipo, formato, plazos)

Cada equipo debía preparar formalmente un informe técnico y una presentación y subir ambos a la Plataforma Educativa de la Universidad Politécnica de Silesia. Estos documentos también describían los demás entregables producidos en cada proyecto, incluida una aplicación o código de medición, los datos de medición y su análisis, las conclusiones sobre sostenibilidad y la documentación técnica de apoyo. La planificación solicitaba además productos intermedios de planificación y seguimiento de los avances, con la finalización del proyecto prevista antes del 25 de junio de 2026.

Se proporcionaron cuatro informes técnicos y cuatro presentaciones. Muestran cómo los estudiantes contextualizaron sus problemas, organizaron sus contribuciones y explicaron la pertinencia ambiental de su trabajo. Desde una perspectiva docente, exigir tanto un informe como una presentación creó

oportunidades complementarias para la explicación escrita, la comunicación oral y las respuestas a preguntas.

1.8 Colaboradores externos participantes (mentores, empresas, expertos...) y su función

La experiencia piloto fue supervisada por dos docentes. Además de su apoyo, los estudiantes podían recurrir a los conocimientos especializados y las habilidades prácticas de otros miembros del personal académico del departamento, de acuerdo con las disposiciones permitidas en la SUT. Estas consultas ayudaron principalmente a los estudiantes a resolver las dificultades técnicas encontradas durante el desarrollo de los proyectos. El diseño del proyecto no incluyó la participación de expertos ajenos a la SUT.

Los estudiantes también hicieron un uso amplio de recursos en línea, incluidos sistemas de IA de distintos proveedores. La combinación de apoyo académico interno y recursos consultados de forma autónoma resultó suficiente para completar los proyectos de manera eficiente.

2. Evaluación del proyecto

2.1 Criterios y métodos de evaluación utilizados

Las directrices para los estudiantes establecían áreas de evaluación que abarcaban el análisis del problema, la implementación técnica, la calidad de las mediciones, la interpretación, el trabajo en equipo, la creatividad, la conciencia sobre la sostenibilidad y la calidad de la presentación. Este amplio alcance reconoce tanto los resultados del proyecto como el proceso de aprendizaje.

Los métodos de evaluación formativa previstos incluían revisiones de los avances, consultas y una presentación intermedia. La calificación final del proyecto se basó en la evaluación individual continua de los avances de cada estudiante durante la implementación del proyecto, junto con la evaluación de

los resultados presentados en una sesión final específica. Durante esta sesión, cada estudiante explicó su contribución individual al trabajo realizado y a los resultados obtenidos. Las presentaciones y demostraciones fueron seguidas de preguntas, debate y reflexión.

Los 16 estudiantes recibieron una calificación de 5.0, equivalente a A, en el proyecto de ABP. Estas calificaciones documentan el resultado de la evaluación, pero no cuantifican la satisfacción de los estudiantes ni proporcionan una puntuación independiente para el razonamiento ambiental.

2.2 Evidencias del aprendizaje de los estudiantes (ejemplos, productos, resultados)

Los informes y las presentaciones muestran que los estudiantes pudieron vincular sus proyectos con problemas realistas de funcionamiento y mantenimiento. Documentaron la distribución de tareas, desarrollaron soluciones, debatieron las dificultades y comunicaron recomendaciones. Esto respalda una descripción cualitativa del aprendizaje mediante la investigación y el trabajo por proyectos.

En el proyecto de resonancia y amortiguación en CNC, un análisis 5W1H documentado y una implementación alternativa aprobada aportaron evidencias de contextualización del problema e iniciativa. Los estudiantes vincularon las decisiones de funcionamiento con la vida útil de las herramientas, la conservación de los equipos y la reducción de residuos.

En el proyecto de monitorización de vibraciones, la comparación de distintos canales de medición ofreció oportunidades de interpretación crítica. Los estudiantes explicaron cómo una monitorización fiable podía favorecer una intervención más temprana y prolongar la vida útil de los equipos.

El proyecto de monitorización de la velocidad de rotación implicó integrar varios componentes del sistema, demostrando planificación y resolución interdisciplinaria de problemas. El equipo debatió sobre un mantenimiento eficiente en el uso de los recursos, reconociendo explícitamente que no se habían medido los posibles beneficios ambientales.

En el proyecto de diagnóstico de vibraciones industriales, las dificultades prácticas de integración requirieron resolver problemas y adaptarse. Los estudiantes vincularon la monitorización con la prevención de daños en los equipos, la reducción de sustituciones prematuras y los posibles beneficios energéticos.

El resultado de sostenibilidad mejor documentado es la capacidad de los estudiantes para explicar cómo su trabajo técnico podría favorecer la responsabilidad ambiental y el uso sostenible de los recursos. La evidencia mejor documentada de las competencias transversales es la elaboración de productos compartidos con responsabilidades claramente expresadas.

3. Reflexiones y recomendaciones

3.1 Principales logros y fortalezas del proyecto

Un logro clave fue la finalización satisfactoria de los cuatro proyectos en equipo, con la participación de 16 estudiantes, dentro del plazo y el alcance requeridos. La experiencia piloto produjo cuatro informes técnicos y cuatro presentaciones. Los estudiantes demostraron un alto grado de compromiso y una notable iniciativa al desarrollar sus soluciones y abordar las dificultades. El formato del proyecto fomentó la implicación de los estudiantes y les ofreció oportunidades para asumir la responsabilidad de su trabajo.

Para los docentes, un logro importante fue llevar a cabo proyectos que implicaran activamente a los estudiantes y, al mismo tiempo, vincularan contenidos muy técnicos y especializados del programa aprobado de la asignatura con cuestiones más amplias de sostenibilidad. Las consideraciones ambientales y socioeconómicas adquirieron una pertinencia directa para las decisiones de ingeniería, incluido el uso de recursos, la vida útil de los equipos y el mantenimiento responsable.

La implementación también aportó lecciones prácticas sobre el diseño de la asignatura. Los problemas abiertos dieron a los estudiantes margen para tomar y justificar decisiones. Los hitos compartidos apoyaron el trabajo autónomo manteniendo la responsabilidad de los estudiantes. Las preguntas explícitas sobre sostenibilidad ayudaron a los estudiantes a ir más allá de la descripción de un dispositivo para explicar las implicaciones y el propósito más amplios de sus soluciones.

La variedad de soluciones de los equipos demostró el valor de la flexibilidad. Un reto y un marco de evaluación comunes dieron cabida a distintas herramientas y enfoques de implementación manteniendo los resultados de aprendizaje previstos. Las dificultades técnicas crearon oportunidades para la resolución de problemas, la adaptación y la reflexión, contribuyendo tanto al aprendizaje técnico como al desarrollo de competencias transversales.

Según la evaluación de los docentes, se alcanzaron todos los resultados de aprendizaje previstos para los estudiantes. La experiencia piloto también permitió a los docentes probar en la práctica un enfoque que integra la sostenibilidad en la formación en ingeniería centrada en el estudiante. Tanto los estudiantes como los docentes quedaron satisfechos con la experiencia y

acogerían favorablemente nuevas oportunidades de realizar proyectos con este enfoque.

3.2 Retos afrontados y cómo se abordaron

Un reto importante tanto para los estudiantes como para los docentes fue adaptarse a un modelo diferente de enseñanza y aprendizaje. Los estudiantes tuvieron que asumir un papel más activo y autónomo que en las clases de laboratorio convencionales. Completar sus tareas requirió un trabajo individual considerable, que incluyó buscar información, aprender a utilizar herramientas desconocidas y tomar decisiones dentro de sus equipos.

El carácter abierto de los proyectos también introdujo problemas imprevistos. En las clases de laboratorio tradicionales, los estudiantes suelen seguir procedimientos establecidos y repetir tareas cuyas dificultades prácticas ya son conocidas por los docentes. Durante la experiencia piloto, los equipos encontraron distintos problemas de integración, programación y tratamiento de datos a medida que desarrollaban sus soluciones. Las consultas y las revisiones de los avances ayudaron a los estudiantes a reconsiderar sus supuestos, investigar posibles causas y adaptar sus enfoques. Cuando procedía, los estudiantes también podían consultar a otros miembros del personal académico del departamento.

Para los docentes, supervisar cuatro proyectos simultáneamente fue exigente. Cada equipo necesitaba tiempo y apoyo para abordar sus propias dificultades, especialmente los problemas técnicos. Los docentes tuvieron que equilibrar su atención entre los equipos y responder a distintas necesidades preservando la responsabilidad de los estudiantes de encontrar e implementar soluciones. La experiencia puso de manifiesto la importancia de asignar tiempo lectivo suficiente para las consultas y la resolución de problemas.

El carácter técnico de la asignatura Sistemas de Medición generó una responsabilidad adicional. Los estudiantes utilizaron equipos avanzados y variados, lo que exigió a los docentes proporcionar instrucciones para su uso seguro y garantizar condiciones de trabajo seguras durante todas las actividades del proyecto. Apoyar el trabajo autónomo requirió, por tanto, prestar especial atención tanto a la preparación técnica de los estudiantes como a la seguridad de las tareas que realizaban.

3.3 Lecciones aprendidas para futuras implementaciones

Las futuras implementaciones deberían mantener problemas realistas y abiertos e hitos escalonados, con un propósito educativo claro para cada etapa. Las actividades del proyecto deberían distribuirse a lo largo de un periodo más extenso para disponer de tiempo suficiente para investigar cuestiones desconocidas, explorar soluciones alternativas, introducir modificaciones y debatir los resultados con los docentes. La planificación debería permitir ciclos repetidos de desarrollo, pruebas y mejora.

Debería asignarse tiempo por separado a los seminarios conjuntos del proyecto y al trabajo práctico de laboratorio. Los seminarios conjuntos deberían reunir a todos los equipos para presentar los avances, debatir las dificultades e intercambiar ideas. Las sesiones de laboratorio deberían proporcionar tiempo para el trabajo técnico centrado en tareas específicas de cada equipo e individuales. Esta distinción favorecería el aprendizaje compartido y permitiría a cada equipo desarrollar su propia solución y recibir una orientación especializada adecuada.

La sostenibilidad debería seguir siendo visible a lo largo de todo el proyecto. Cada equipo podría definir una pregunta ambiental al inicio y retomarla en los hitos posteriores y en la presentación final. Cuando sea viable, debería

seleccionarse un indicador medible, como el uso de energía, los residuos de materiales o las necesidades de sustitución de componentes. Cuando la medición directa no sea posible, los estudiantes deberían explicar los beneficios previstos y los supuestos subyacentes, distinguiendo claramente los resultados demostrados de las afirmaciones que requieren más evidencias.

La evaluación debería reconocer la colaboración, la reflexión y el razonamiento ambiental junto con los logros técnicos. Las reflexiones breves en cada hito, las descripciones individuales de las contribuciones y la retroalimentación entre iguales podrían ayudar a documentar de forma más sistemática la participación y el trabajo en equipo. Los cuestionarios iniciales y finales podrían aportar evidencias adicionales sobre las percepciones y las experiencias de aprendizaje de los estudiantes. Las notas breves de observación y reflexión de los docentes después de cada encuentro también podrían registrar cómo evolucionó la facilitación y qué aprendieron los docentes de la implementación.

La principal lección transferible es que el ABP orientado a la sostenibilidad puede integrarse en una asignatura de ingeniería existente mediante la contextualización de los problemas, la responsabilidad compartida y el debate de los resultados. Las futuras implementaciones deberían proporcionar tiempo suficiente para la investigación y la iteración, reforzar las evidencias del proceso de aprendizaje y hacer más explícito el aprendizaje profesional de los docentes.

4. Material de apoyo

4.1 Materiales de los docentes y documentación del proyecto

Los materiales de los docentes y la documentación del proyecto están disponibles en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/17cM8NyEdjpi4FwYH07LDK5MxBrr3g8_5?usp=drive_link

4.2 Entregables elaborados por los estudiantes, presentaciones finales o materiales de presentación breve

Un ejemplo de los entregables elaborados por los estudiantes está disponible en el siguiente enlace: https://drive.google.com/drive/folders/1FDPHH9ZBVinqMc7Go4RaJhYkZZ8xdytJ?usp=drive_link

Las presentaciones finales de los estudiantes están disponibles en el siguiente enlace: https://drive.google.com/drive/folders/1X_3c6kIX8Pku893NCaFZGqUQza7sAlfV?usp=drive_link

4.3 Imágenes/vídeos (con consentimiento)

Se tomaron fotografías y se grabaron vídeos con el consentimiento explícito de los estudiantes participantes, y están disponibles en el siguiente enlace: https://drive.google.com/drive/folders/1xUVOtO5jqMOMnFe6d-RnIN-Ld2I1pqHT?usp=drive_link

4.4 Cualquier otro material pertinente

Todos los materiales, incluido este informe, están disponibles en el siguiente enlace: https://drive.google.com/drive/folders/1riST68-HctqgagXeetOn2CgtPHDe5UWx?usp=drive_link