



Investigación en técnicas de detección de anomalías sin supervisión mediante análisis de señales en maquinaria de bienes de equipo



NOS
IMPULSA



Cofinanciado por
la Unión Europea



Introducción



NOS
IMPULSA



Cofinanciado por
la Unión Europea

Introducción

El proyecto está enfocado en ayudar a las empresas a ser más eficientes en el control del estado de su maquinaria, por medio de una investigación de algoritmos de inteligencia artificial para la detección de anomalías en tiempo real, de manera automática y no supervisada.

El problema que se pretende solventar es evitar daños en maquinaria que pueda generar pérdidas de productividad, permitiendo detectar precozmente la anomalía y analizar el problema para su posterior revisión y resolución temprana.



En el proyecto se han investigado y analizado las tecnologías existentes como punto de partida para la resolución eficiente del problema, abriendo la puerta a futuras investigaciones y explotaciones dentro del clúster de bienes de equipo de Castilla y León, aplicando técnicas innovadoras de inteligencia artificial



Objetivos



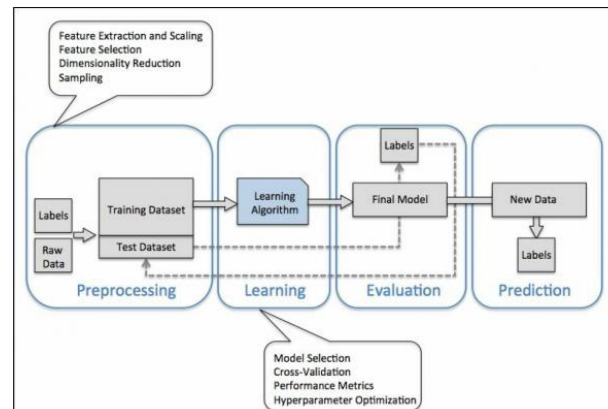
Cofinanciado por
la Unión Europea

Objetivos del proyecto

El **objetivo principal del proyecto** ha sido detectar posibles errores mediante el análisis de información capturada con dispositivos/sensores no invasivos de medición de variables indirectas de maquinaria.

Objetivos tecnológicos

- Investigación de técnicas de captura de información no intrusivas en maquinaria industrial.
- Identificar patrones anómalos en el funcionamiento de maquinaria para proporcionar alertas tempranas y poder actuar evitando daños mayores.
- Optimizar el uso de los recursos mediante la subsanación de errores en un momento temprano evitando la generación de desperdicios o ineficiencias.



Objetivos estratégicos

- Introducir en el clúster técnicas innovadoras de mantenimiento predictivo, con el objetivo de ir reemplazando las antiguas prácticas y brindar la capacidad de crear más valor, mejor y más rápido para el cliente con un coste reducido y una calidad mejorada.
- Establecer una línea base de conocimiento en el clúster que permita el desarrollo de futuros proyectos con alcances de menor investigación y mayor desarrollo.
- Mejorar la competitividad y resiliencia de las empresas del clúster aprovechando la capa de servicios de industria 4.0 existente, fomentando así la innovación de productos, procesos y modelos de negocio, e impulsando la competitividad de las empresas.
- Generar conocimiento en el marco del clúster para facilitar el acceso a las nuevas tecnologías, principalmente a las pymes, que pudieran tener este acceso más difícil.

Participantes

Coordinador



Participantes





Fases



NOS
IMPULSA



*Europa impulsa
nuestro crecimiento*



Cofinanciado por
la Unión Europea

Fases o acciones realizadas

FASE 1. Gestión y Coordinación.

Los objetivos principales de esta fase han sido:

- La gestión y el seguimiento de proyecto.
- La detección y la definición de medidas correctoras ante posibles desviaciones de los objetivos o cronograma.
- La definición de acciones que garanticen un desarrollo ágil del proyecto, con estrecha interlocución ante los agentes involucrados.
- Los resultados del proyecto.

Las actividades realizadas por CBECyL dentro de esta fase han sido:

- Coordinación estratégica y técnica del proyecto.
- Seguimiento administrativo.
- Seguimiento económico.



Fases o acciones realizadas

FASE 2. INVESTIGACIÓN DE TÉCNICAS DE DETECCIÓN DE ANOMALÍAS

En esta fase se ha realizado las siguientes tareas:

- **Investigación del estado del arte** de la detección de anomalías mediante inteligencia artificial
- Comprensión del **contexto del problema**, identificando los datos relevantes y las características que se deben buscar en ellos
- **Decisión de los algoritmos** a diseñar, implementar y evaluar en la fase 4

[Kamat & Sugandhi, 2020](#)

E3S Web of Conferences 170, 02007 (2020)
E3F2019

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017002007>

Anomaly Detection for Predictive Maintenance in Industry 4.0- A survey

Pooja Kamat^{1*} and Rekha Sugandhi²

¹Symbiosis Institute of Technology, Symbiosis International (Deemed University), Lavale, Pune, Maharashtra, India
²MIT School of Engineering, MIT-ADT University, Loni-Kalbhori, Pune, Maharashtra, India

Abstract. Maintenance and reliability professionals in the manufacturing industry have the primary goal of improving asset availability. Poor and fewer maintenance strategies can result in lower productivity of machinery. At the same time unplanned downtimes due to frequent maintenance activities can lead to financial loss. This has put organizations' thought process into a trade-off situation to choose between extending the remaining functional life of the equipment at the risk of taking machine down (run-to-failure) or attempting to improve uptime by carrying out early and periodic replacement of potentially good parts which could have run successfully for a few more cycles. Predictive maintenance (PdM) aims to break these tradeoffs by empowering manufacturers to improve the remaining useful life of their machines and at the same time avoiding unplanned downtime and decreasing planned downtime. Anomaly detection lies at the core of PdM with the primary focus on finding anomalies in the working equipment at early stages and alerting the manufacturing supervisor to carry out maintenance activity. This paper describes the challenges in traditional anomaly detection strategies and propose a novel deep learning technique to predict abnormalities ahead of actual failure of the machinery.

[Li et al., 2021](#)

DOI: 10.1109/TIM.2021.3062684 • Corpus ID: 232316443

Similarity-Measured Isolation Forest: Anomaly Detection Method for Machine Monitoring Data

Changgen Li, Liang Guo, +1 author, Yili • Published in IEEE Transactions on... 2021 • Computer Science

A rough environment or unexpected accident of data acquisition instrument can introduce some anomalies in monitoring data. Those anomalies reduce data quality and lead to the incorrect recognition of machine health status. However, the research on anomaly detection of machine monitoring data (MMD) is very scarce. Moreover, anomaly detection methods in other fields cannot be directly applied to MMD. Therefore, a robust anomaly detection method called similarity-measured Isolation forest (SM-iForest) is proposed to detect abnormal segments and the data therein. The inadaptability and instability of iForest were reduced while processing MMD benefiting from the characteristics of sliding-window processing. Moreover, an anomaly identification stage measuring the relative similarity of possible abnormal segments further improved the robustness of iForest. The effectiveness of the proposed method was verified with a vibration simulation signal and three sets of milling force signals. The results demonstrate that SM-iForest can detect the missing, shifting, and swelling segments robustly. Detection results of comparing seven methods suggest that SM-iForest is a promising method to detect MMD anomaly with a high detection rate and low false alarm rate.

Fases o acciones realizadas

FASE 3. ESTUDIO DE METODOLOGÍA DE CAPTACIÓN INDIRECTA DE INFORMACIÓN EN MAQUINARIA

A partir de la información recabada en la fase 2, se ha estudiado las posibilidades de captura indirecta de información en maquinaria, definiendo las variables a analizar. Se han decidido los sensores elegidos y se ha realizado la instalación en cada una de las empresas participantes y la captura de datos.

Sensores instalados

BeanDevice® WIFI
Wilow® AX-3D

Sensor de vibración WIFI diseñado para la monitorización y detección de vibraciones en aplicaciones industriales



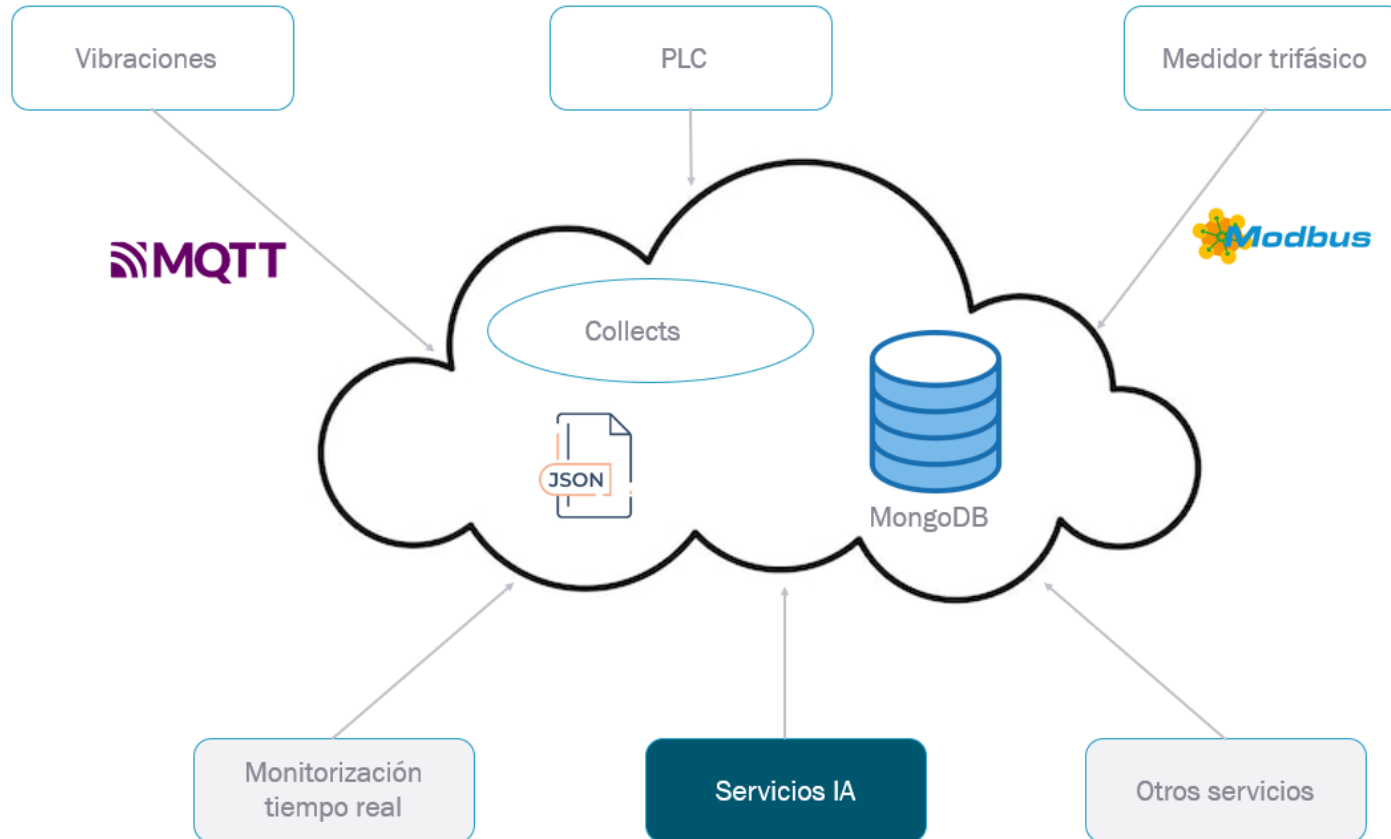
WiBee BOX TRI 100A Medidor de corriente trifásico

Dispositivo de medición y monitorización de energía eléctrica trifásica en maquinaria industrial



Fases o acciones realizadas

Captura de información



Fases o acciones realizadas

Dataset

Vibraciones

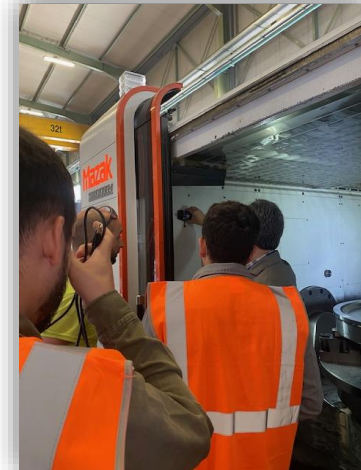
Variable	Tipo de dato
_id	object
_timestamp	int
Desplazamiento eje x	float
Desplazamiento eje y	float
Desplazamiento eje z	float
Tiempo	0,1 segundos

Medidor de corriente trifásico

Variable	Tipo de dato
_id	object
_timestamp	int
I1, I2, I3	float
IA	float
aP1, aP2, aP3	float
aPA	float
V1, V2, V3	float
VA	float
Tiempo	20 segundos

Fases o acciones realizadas

Instalación Grupo Inmapa 



Fases o acciones realizadas

Instalación Industrias Mansilla

mansilla
cabs



Fases o acciones realizadas

Instalación Imesa



Fases o acciones realizadas

FASE 4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

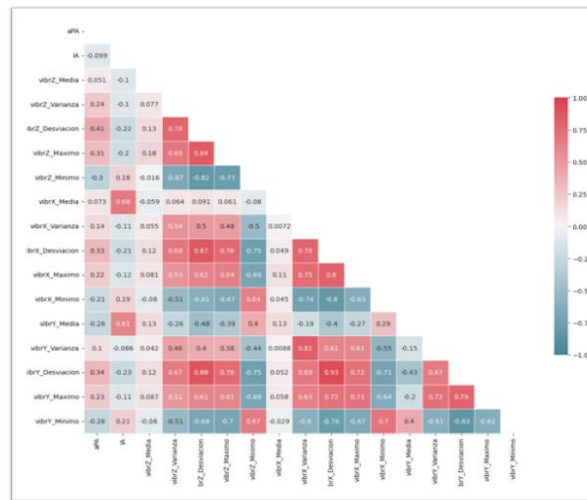
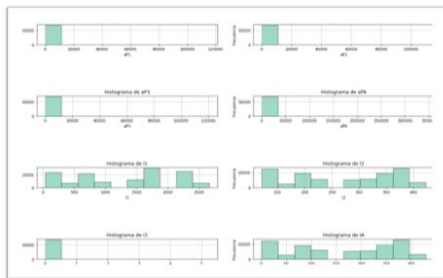
En esta fase se ha diseñado, entrenado y optimizado los algoritmos utilizados, permitiendo la ejecución en tiempo real.

Se ha desarrollado una herramienta de interfaz para que cada empresa pueda interactuar con sus datos recopilados y visualizar los resultados de los algoritmos.

Se ha estudiado los resultados obtenidos y los posibles usos de esta tecnología dentro del clúster.

Análisis exploratorio de los datos

- ✓ VALORES FALTANTES, NULOS Y CEROS
- ✓ HISTOGRAMAS
- ✓ MATRIZ DE CORRELACIÓN
- ✓ DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA DEL DATASET



Fases o acciones realizadas

Preprocesado de la información

- ✓ ELIMINACIÓN **CARACTERÍSTICAS INNECESARIAS**
 - ✓ **_DATETIME**
 - ✓ **_ID**
- ✓ ELIMINACIÓN DATOS CUANDO MÁQUINA **NO ESTÁ EN FUNCIONAMIENTO**
- ✓ **LIMPIEZA DE NULOS, CEROS Y VALORES FALTANTES**
- ✓ **UNIFICACIÓN DE VALORES** DE AMBOS SENSORES
- ✓ ELIMINACIÓN DE VARIABLES CON CONCLUSIONES DEL **ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS**



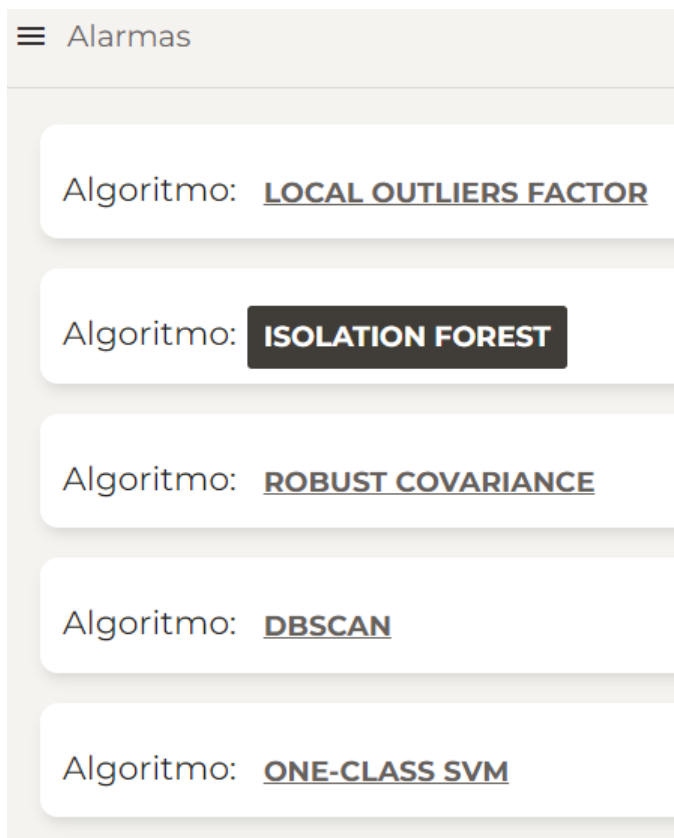
RESULTADO



DATASET

Fases o acciones realizadas

Algoritmos utilizados





Resultados



NOS
IMPULSA



Cofinanciado por
la Unión Europea

Resultados

Herramienta software

Monitorización



- DASHBOARD
- DATOS PROCESADOS
- ALARMAS
- MODELOS IA
- CONFIGURACIÓN

Dashboard

Anomalía **NO**

Última hora

Deteccion de anomalias **72**

Total

Trabajando **SI**

14/12/2023 17:15:55

Sensor de vibraciones

Últimos 20 segundos

EJE X

EJE Y

EJE Z

Medidor de corriente eléctrica

Últimos 10 minutos

POTENCIA EN CADA UNA DE LAS FASES (VATIOS)

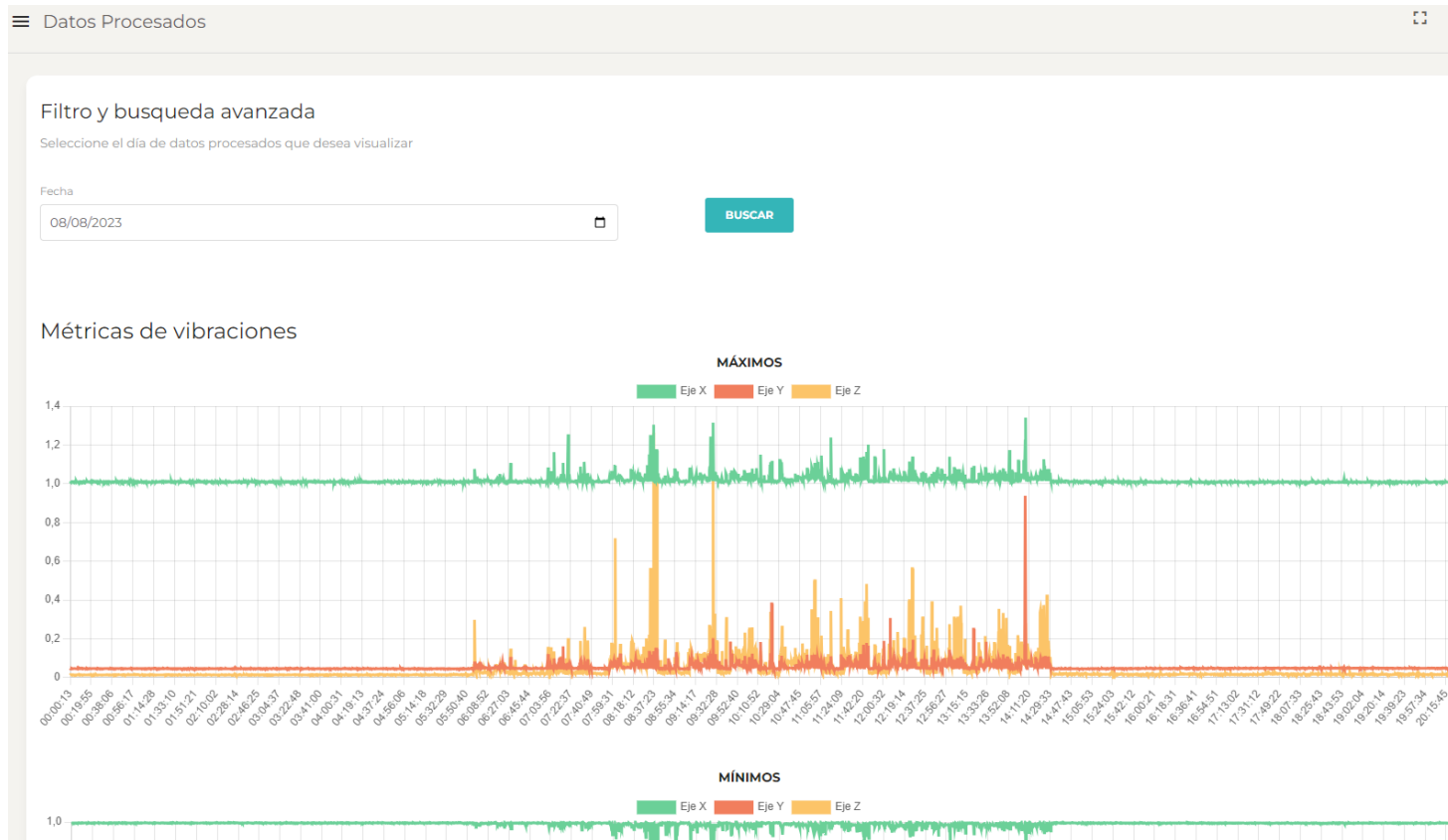
Fase 1 Fase 2 Fase 3

POTENCIA TOTAL (VATIOS)

Resultados

Herramienta software

Histórico de datos



Resultados

Herramienta software

Predicción de anomalías

Alarmas

Algoritmo: **LOCAL OUTLIERS FACTOR**

Algoritmo: **ISOLATION FOREST**

Es un algoritmo de aprendizaje automático no supervisado para la detección de anomalías. Utiliza el promedio de las predicciones de varios árboles de decisión al asignar la puntuación de anomalía final a un punto de datos determinado.

Anomalías detectadas por el algoritmo

2023-07-07 14:51:16
2023-07-07 15:19:25
2023-07-07 15:19:45
2023-07-07 15:41:20
2023-07-07 15:44:22
2023-07-07 15:44:42
2023-07-07 16:46:01
2023-07-07 16:46:21
2023-07-07 16:46:41
2023-07-07 17:21:13

Showing 1 to 10 of 68 entries

First Previous **1** 2 3 4 5 6 7 Next Last

EXPORTAR ANOMALÍAS

Resultados

Herramienta software


























Gestión de modelos de IA

Modelos IA

Modelos de inteligencia artificial

Listado de modelos entrenados junto a su predicción de anomalías

Show entries Search:

Algoritmo	Fecha creación	Datos de entrenamiento	Predicciones	Documentación	Nombre modelo	Acciones
DBScan	28 de noviembre de 2023	Descargar	 		trading_model_dbscan.p	 
Isolation Forest	21 de noviembre de 2023	Descargar	 		trading_model_if.p	 
Local Outliers Factor	21 de noviembre de 2023	Descargar	 		trading_model_lof.p	 
One-Class-SVM	29 de noviembre de 2023	Descargar	 		trading_model_one_class_svm.p	 
Robust Covariance	24 de noviembre de 2023	Descargar	 		trading_model_robust_covariance.p	 

Showing 1 to 5 of 5 entries Previous Next

[AÑADIR MODELO](#)

Resultados

Herramienta software

Configuración de sensores y avisos

Configuración

Sensores

Listado de sensores incorporados al sistema automático de detección de anomalías

Show entries Search:

Modelo	Tipo de sensor	Fecha de instalación	Fabricante	Web	Manual	Última lectura	Acciones
Wibeee® Box	Medición trifásica de corriente	29 de junio de 2023	Smilics	Web	Descargar	Última lectura	Acciones
Wilow-AX-3D	Sensor de vibraciones	29 de junio de 2023	BeanAir	Web	Descargar	Última lectura	Acciones

Showing 1 to 2 of 2 entries Previous Next

[AÑADIR SENSOR](#)

Alarmas

Configuración envío de alarmas para recibir avisos de detección de anomalías en tiempo real

SMTP

Servidor SMTP: Puerto: Protocolo de seguridad: Nombre de usuario: Contraseña:

SMS

Número de teléfono:

[ACTUALIZAR CONFIGURACIÓN](#)

FASE 5. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO A LAS EMPRESAS DEL CLÚSTER

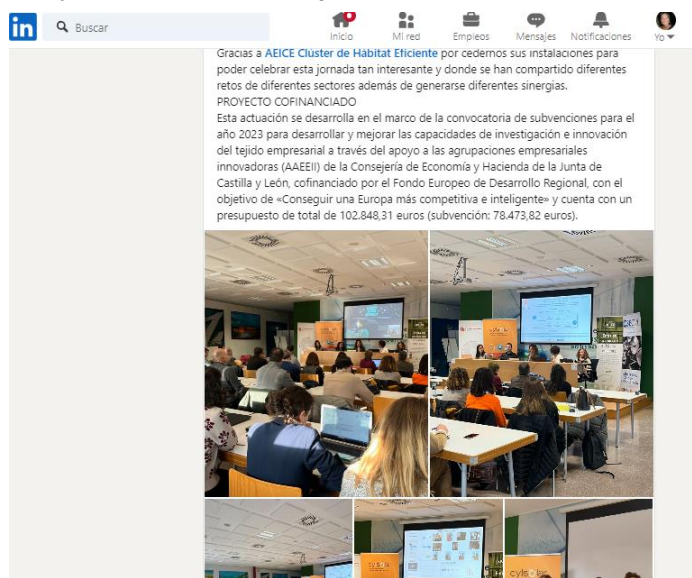
El objetivo de esta fase es dar a conocer a los integrantes de CBECyL y a los asociados de otros clústeres y otras entidades afines a nuestro sector los resultados de la investigación realizada dentro del marco de este proyecto, de tal manera que los socios del clúster y otras empresas interesadas conozcan qué posibilidades puede ofrecer la inteligencia artificial dentro del sector industrial y más concretamente dentro del sector de Bienes de Equipo, es decir, qué resultados hemos obtenido de la investigación realizada, su experimentación en entornos industriales y su aplicabilidad en el día a día de sus empresas.

El día **20 de diciembre de 2023** se realizó una jornada intercluster en colaboración con otros clusters de Castilla y León donde se expusieron los objetivos y retos del proyecto CbiACyL así como la investigación, las fases desarrolladas y el resultado de la misma.

Durante la sesión realizada en formato híbrido asistieron socios de CBECyL y socios de los otros 3 clusters (AEI Ciberseguridad, CyLSOLAR, AEICE) un total de 57 personas



https://x.com/_CBECyL/status/1737504627069689995?s=20



<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7143269625605140480>



Resultados



Visibilidad del proyecto

La web del proyecto es la siguiente:

<https://cbiacyl.ctme.org/>





Conclusiones



NOS
IMPULSA



Cofinanciado por
la Unión Europea

Conclusiones

- Se ha investigado, desarrollado e implementado varios sistemas de detección de anomalías capaces de identificar y notificar posibles problemas en la maquinaria de bienes de equipo mediante inteligencia artificial.
- Estos sistemas contribuyen significativamente a la reducción del tiempo de inactividad de la maquinaria, lo que ha mejorado la eficiencia operativa.
- Se reducen los costos de mantenimiento, ya que las reparaciones preventivas y las intervenciones no planificadas disminuyen.
- La identificación automática de problemas contribuye a un entorno de trabajo más seguro al prevenir situaciones de riesgo.



Este proyecto sienta las bases para una amplia variedad de trabajos futuros...

Agradecimientos

PROYECTO COFINANCIADO POR EL FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL (FEDER), DIRIGIDO A DESARROLLAR Y MEJORAR LAS CAPACIDADES DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN DEL TEJIDO EMPRESARIAL A TRAVÉS DEL APOYO A LAS AGRUPACIONES EMPRESARIALES INNOVADORAS (AAEEII) DE LA COMUNIDAD DE CASTILLA Y LEÓN

Esta concesión de subvención se enmarca en la convocatoria de subvenciones para el año 2023 para desarrollar y mejorar las capacidades de investigación e innovación del tejido empresarial a través del apoyo a las agrupaciones empresariales innovadoras (AAEEII) de la Consejería de Economía y Hacienda de la Junta de Castilla y León, cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, con el objetivo de «Conseguir una Europa más competitiva e inteligente».

CBECyL y los participantes del proyecto, quieren expresar su más sincero agradecimiento a la Junta de Castilla y León, así como al Fondo Europeo de Desarrollo Regional por su apoyo en la ejecución de esta iniciativa.

NOS
IMPULSA



Cofinanciado por
la Unión Europea



Muchas Gracias por su atención



Clúster de Bienes de Equipo de Castilla y León

Ruth Escolar López
ruthescolar@cbecyl.com
Tel. (+34) 947.33.15.15
CBECYL

