ALARMAS CONTEXTUALES BASADAS EN LA TOPOLOGÍA

Elección informada

Las alarmas son críticas para los operadores de sistemas de control y suelen mostrarse en tablas, clasificadas por su gravedad. Sin embargo, el operador debe deducir el contexto de la alarma. ABB vincula ahora la topología de la planta y la cronología de las alarmas para proporcionar un amplio contexto para la interpretación de alarmas, reduciendo así la carga cognitiva del operador.

01

Photo: fig. 01: © Franz Pfluegl/stock.adobe.com

Las plantas industriales pueden tener un gran número de dispositivos que reciben o transmiten señales asociadas al control de los procesos de producción. Los sistemas de control de procesos de estas plantas consisten en redes de sensores, actuadores, controladores y ordenadores interconectados. Supervisar un conjunto tan complejo de datos y equipos y reaccionar correctamente a los eventos y alarmas que estos producen no es un tema baladí. Los operadores humanos in situ y en salas de control remoto deben estar especialmente atentos para detectar rápidamente situaciones indeseables e identificar sus causas →01. No detectar e interpretar rápidamente las alarmas y corregir situaciones críticas puede dar lugar a riesgos de seguridad, costes innecesarios y daños medioambientales.

Tradicionalmente, las alarmas y los eventos se muestran en forma de tabla en una lista de alarmas, lo que permite a los operadores supervisarlos a medida que se producen y realizar operaciones en respuesta →02. Esta tarea puede suponer una carga cognitiva considerable para el operador, ya que el número de alarmas y los parámetros asociados puede ser elevado.

Aunque una lista de alarmas tradicional ofrece una forma completa de acceder a la información relacionada con las alarmas, carece del contexto necesario para identificar las relaciones topológicas y cronológicas entre ellas, lo que a menudo dificulta al operador la interpretación de una situación concreta.

Las dificultades de respuesta se agudizan durante una avalancha de alarmas, es decir, en situaciones en las que el ritmo de las alarmas que surgen supera la capacidad del operador para gestionarlas. La avalancha de alarmas suele ser inevitable y siempre es grave. Estas avalanchas requieren que los operadores analicen manualmente la correlación de las alarmas en redes

—
La supervisión de las alarmas puede suponer una carga cognitiva elevada para el operador.

de procesos potencialmente complejas, por ejemplo, en pantallas de operadores que imitan la topología de la planta y del proceso, con el fin de obtener información sobre las posibles relaciones entre las alarmas, incluida su cronología. Este último aspecto exige la determinación del punto de inicio para el análisis, la construcción de un modelo mental que represente la secuencia de las alarmas relevantes a nivel topológico y la identificación de la alarma que inició la cascada. En plantas grandes y complejas, esta situación

—
01 Los grandes complejos industriales pueden plantear un panorama de alarmas intimidante para el operador. El novedoso enfoque de alarmas de procesos industriales basado en la topología y rico en contexto de ABB reduce la dificultad de localizar la información necesaria para tomar decisiones rápidas y correctas en situaciones de alarma.

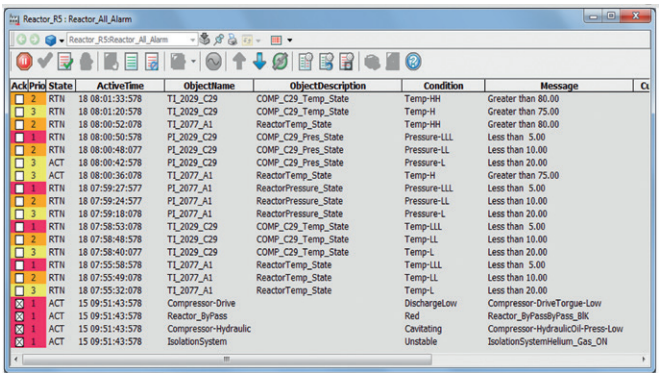
—
Jens Doppelhamer
Pablo Rodriguez
Benjamin Kloepper
ABB Corporate Research
Ladenburg, Germany

jens.doppelhamer@de.abb.com
pablo.rodriguez@de.abb.com
benjamin.kloepper@de.abb.com

Dawid Ziobro
ABB Corporate Research
Västerås, Sweden

dawid.ziobro@se.abb.com

Hadil Abukwaik
Former ABB employee



02

repentina y llena de eventos puede abrumar rápidamente a los operadores y afectar a su capacidad para reaccionar adecuadamente.

Para mejorar las capacidades de gestión de alarmas del operador, ABB ha desarrollado un enfoque que enriquece el histórico de los eventos y de las alarmas con información técnica procedente de un modelo topológico del proceso.

Modelo topológico del proceso

Los ingenieros de procesos utilizan diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID) para crear planos de procesos industriales. Estos diagramas especifican el equipo necesario y describen las relaciones dirigidas entre los elementos. Algunos proveedores de herramientas CAD están impulsando la digitalización de documentos P&ID para que los algoritmos informáticos puedan procesarlos.

Por otra parte, un modelo topológico de un proceso o de una planta es un modelo formal basado en una biblioteca de clases de dominio específico que captura los tipos de elementos del modelo, su semántica y su jerarquía. Por ejemplo, un modelo de referencia para plantas químicas tendrá equipos especiales como un «reactor químico» que es un subtipo de «depósito». Tener los P&ID creados como modelos orientados a objetos utilizando esta semántica abre la puerta

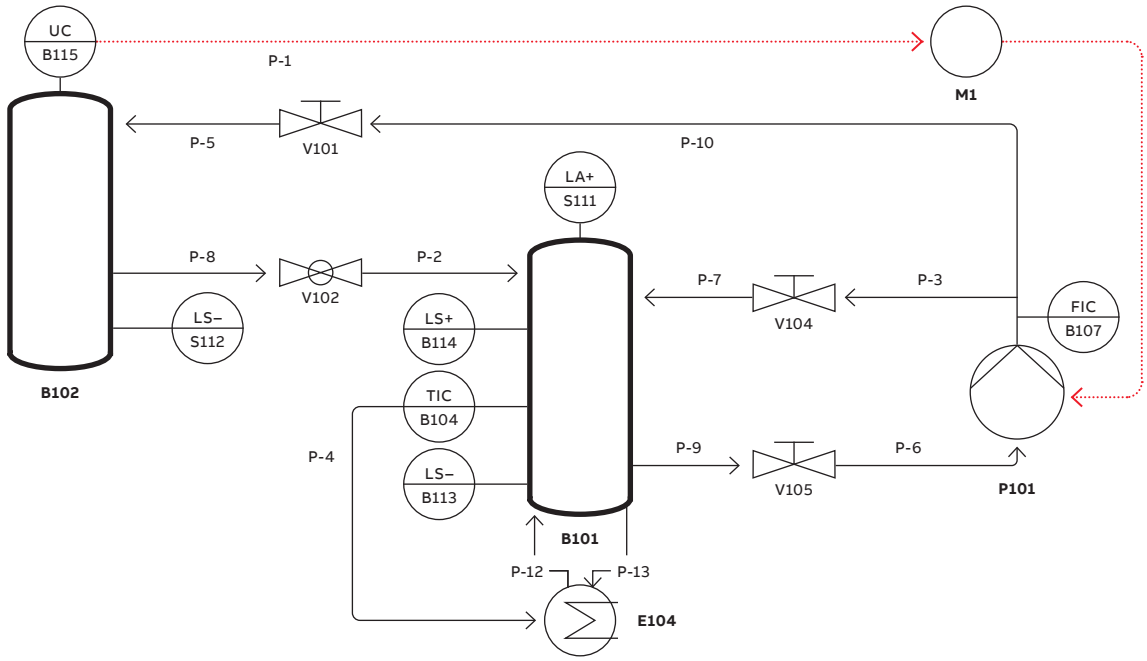
—

El enfoque de ABB enriquece los datos del histórico de los eventos y las alarmas con información de ingeniería procedente de un modelo topológico del proceso.

a la automatización de muchas tareas operativas y de ingeniería →03. Dado que los proveedores de herramientas CAD no permiten exportar directamente los P&ID como modelos de topología, los grupos de investigación han creado herramientas para lograr esta útil transformación [2,3].

Enriquecimiento contextual basado en la topología: lista de alarmas inteligente

El enfoque novedoso, dinámico y basado en la topología de las alarmas de procesos industriales de ABB presenta un resumen eficaz de la lista de alarmas enriquecido con información de contexto, lo que reduce la dificultad de los operadores a la hora de localizar la información necesaria para tomar decisiones. Este método utiliza tanto información de ingeniería (es decir, el modelo topológico del proceso citado anteriormente)



03

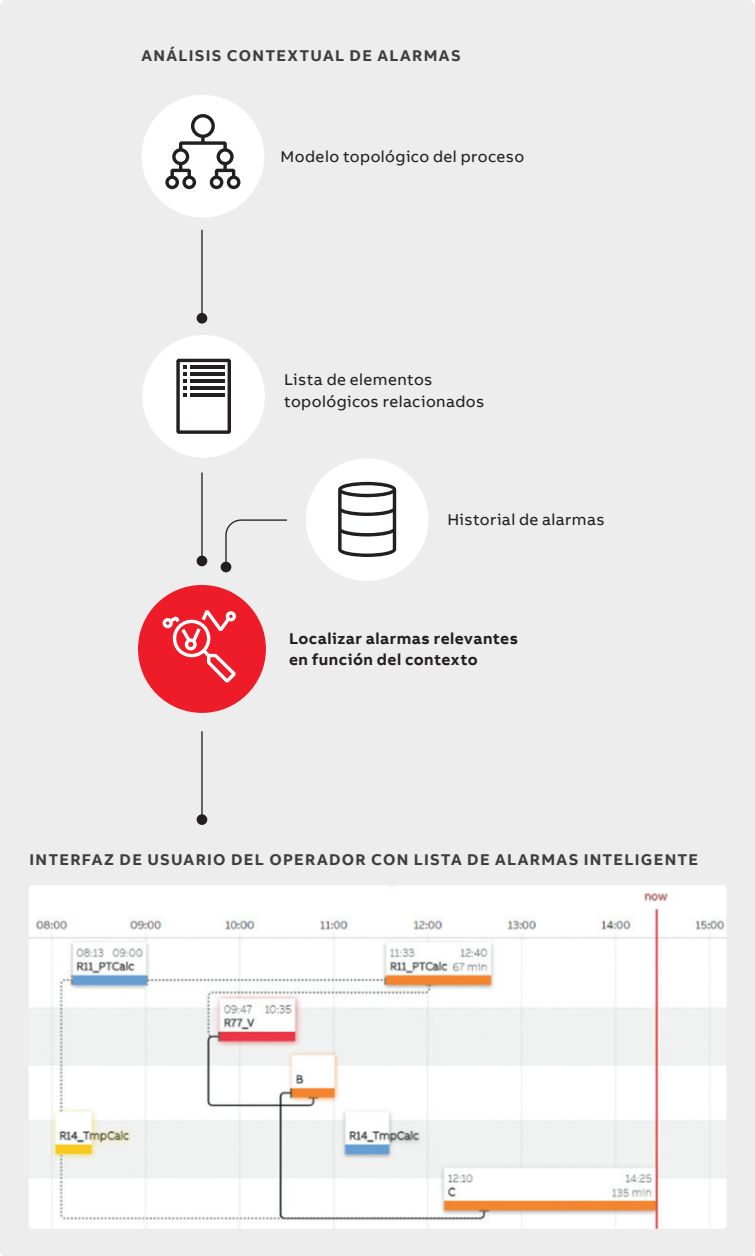
—
02 Ejemplo de lista de alarmas tradicional.

—
03 Ejemplo de P&ID utilizado como fuente para generar un modelo topológico del proceso. La información y los flujos de material se muestran como líneas discontinuas y continuas, respectivamente [1].

—
04 Vista conceptual del enfoque de la lista de alarmas inteligente basada en la topología.

como información operativa (es decir, datos históricos de los eventos y las alarmas) para deducir el contexto de un conjunto de alarmas activadas. La «lista de alarmas inteligente» resultante presenta una integración simultánea de las relaciones topológicas de las alarmas y la información cronológica de la vista resumen de las alarmas mediante:

- El uso de los elementos de ingeniería existentes – incluida la información topológica sobre el proceso controlado (es decir, los P&ID), para inferir las conexiones físicas de los equipos de proceso asociados a las alarmas activadas.
- El empleo de información operativa (es decir, datos del historial de eventos y alarmas) para obtener el orden cronológico de las alarmas asociadas a la topología.



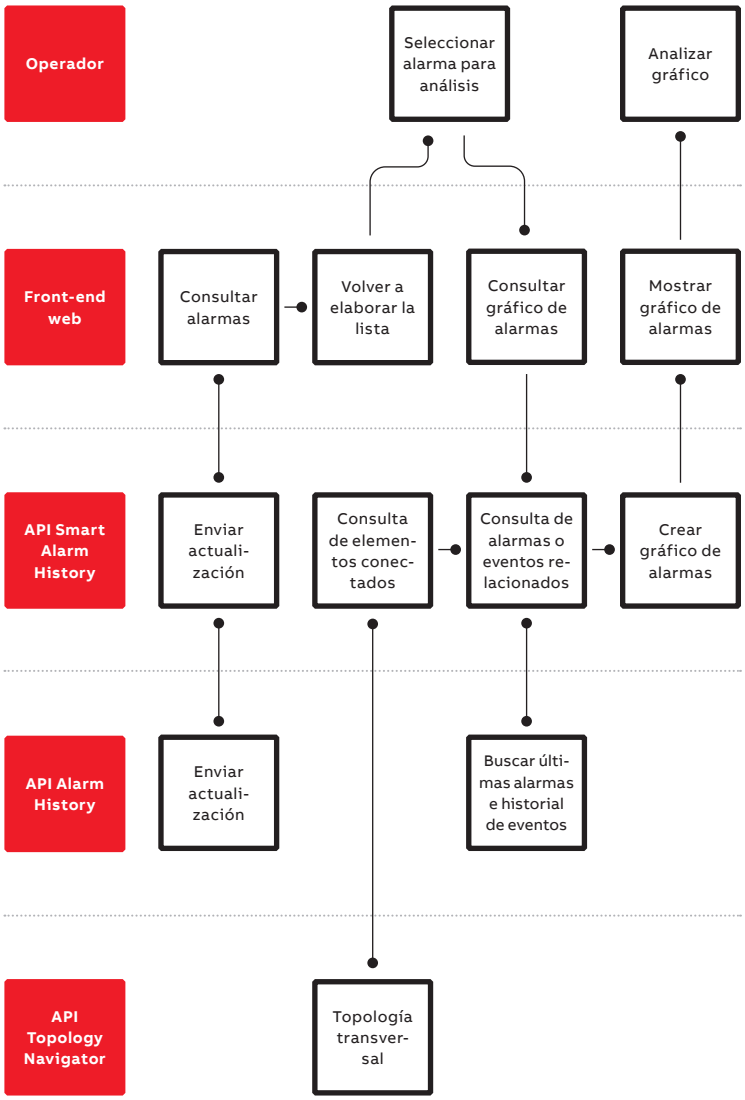
04

El resultado de este análisis contextual se presenta en la interfaz de usuario como una lista de alarmas inteligente en la que las alarmas conectadas a la topología están vinculadas y ordenadas cronológicamente →04. La dimensión vertical del gráfico representa diferentes objetos que hacen referencia al componente industrial en el que se activó la alarma. Si hay diferentes señales que pertenecen al mismo objeto, se muestran en la misma fila. Las propiedades de la alarma (tiempo de activación, tiempo reconocido, nombre del objeto y nivel de prioridad) se presentan en un rectángulo, cuya anchura refleja la duración de la alarma. Una de las características clave del gráfico es la visualización, mediante líneas de conexión, de las relaciones de las alarmas (dependencias) basadas en un análisis contextual. Esta visualización ayuda al usuario a identificar las alarmas que tienen relaciones topológicas y cronológicas —facilitando con ello una información vital para el análisis de la causa raíz— y reduce la carga cognitiva del operador. El formato de presentación se basa en general en los diagramas de causa y efecto, también conocidos como diagramas de espina de pescado o Ishikawa.

—
El análisis contextual muestra una lista de alarmas inteligente en la que las alarmas asociadas a la topología aparecen vinculadas y ordenadas cronológicamente.

Escenario de usuario

→05 muestra las actividades del usuario y del sistema asociadas al análisis de una alarma específica con la ayuda de la lista de alarmas inteligente. El punto de partida es la lista de alarmas tradicional. Por ejemplo, el operador selecciona una alarma de un transmisor de presión, P4, en el sistema de reinyección de agua de una plataforma petrolífera →06. La interfaz de programación de aplicaciones (API) Smart Alarm History consulta a la denominada Topology Navigator API en busca de elementos conectados. La API Topology Navigator realizará la búsqueda en todo el modelo topológico de la planta y detectará otros actuadores y mediciones aguas arriba. La API Smart Alarm History combina los resultados de búsqueda de la API Topology Navigator con el historial de alarmas recientes y descubre que otros transmisores de presión y flujo (PI, P2, P3 y F3) también muestran alarmas. La API Smart Alarm History crea el gráfico de alarmas y lo devuelve al front-end web, donde se dibuja el gráfico de alarmas. El



05

operador puede ver entonces que un problema de presión originado en la bomba auxiliar en el lado de aspiración (PI) se ha propagado a todo el sistema de inyección, afectando también a la presión en el pozo (P4).

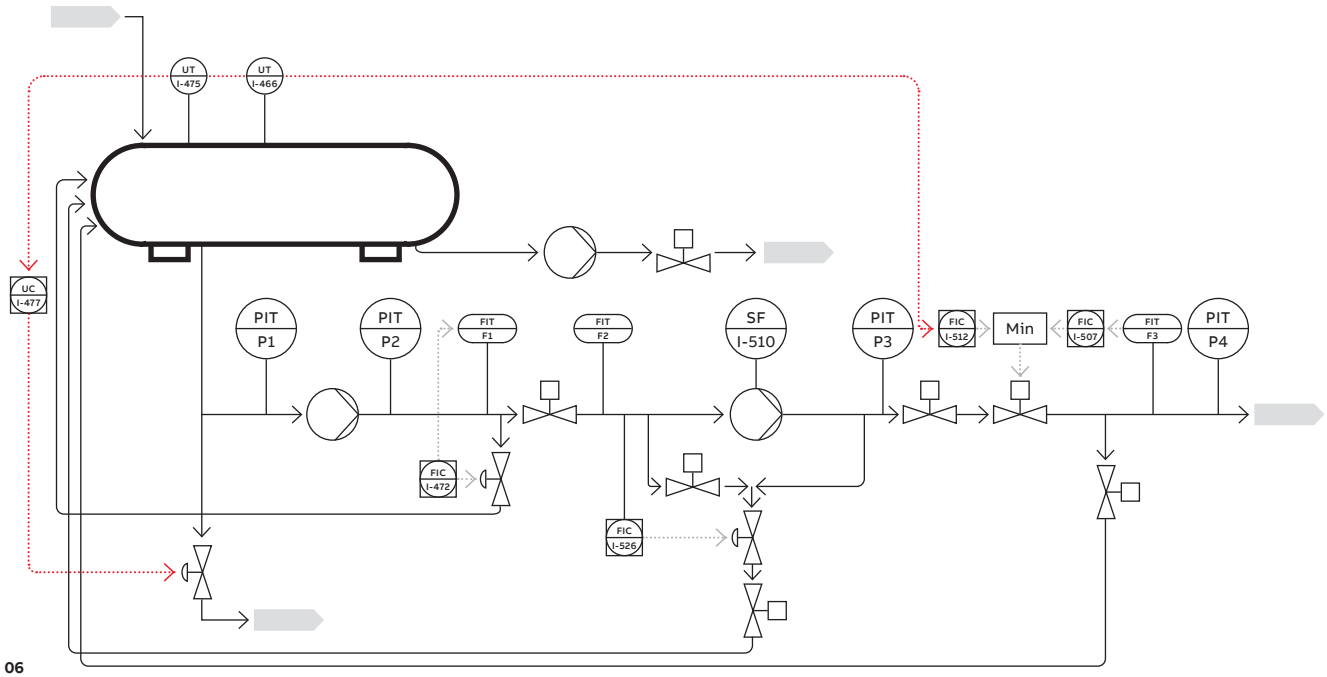
Validación

Para validar la lista de alarmas inteligente basada en topología, ABB ha diseñado e implantado una herramienta prototipo que interactúa con el sistema de control Extended Automation System 800xA de ABB y un importador que utiliza P&ID de lectura mecánica para crear un modelo topológico. →07

El enfoque de lista de alarmas inteligente basada en topología fue validado con éxito en un caso real en una planta piloto.

muestra la arquitectura de software de alto nivel de la herramienta como un diagrama de componentes en Lenguaje de Modelado Unificado (UML).

El Topology Importer convierte la información de topología, que aquí procede de los P&ID creados en Microsoft Visio, a un formato de topología de planta CAEX estándar (un formato de datos neutral respecto al vendedor). Pueden utilizarse otras fuentes de información de topología, por ejemplo, otros formatos de P&ID o incluso información extraída de la representación y visualización del proceso en el sistema de control [2].

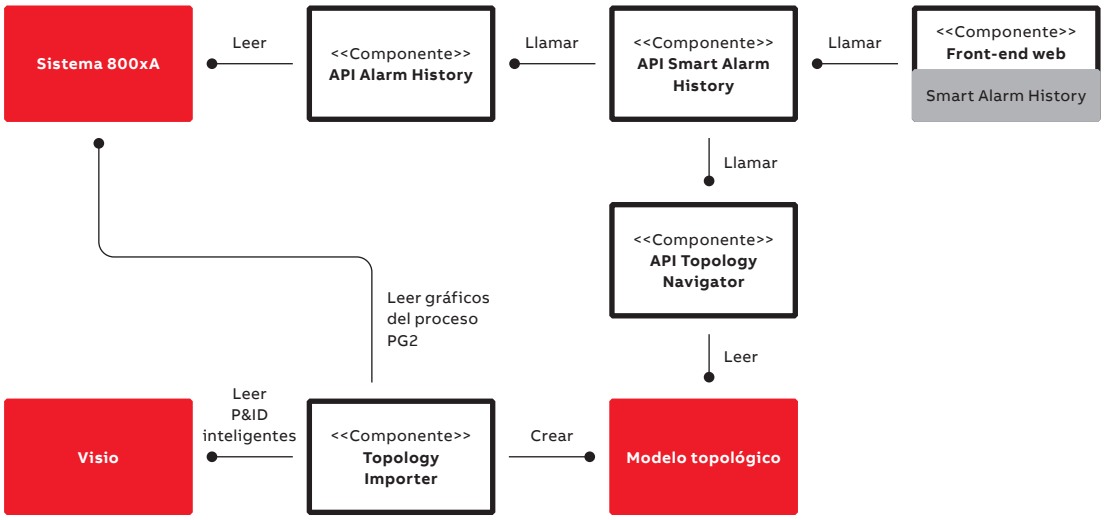


06

—
05 Activities for smart alarm analysis.

—
06 Simplified process topology from a water reinjection system.

—
07 Components of the smart alarm list.



07

Utilizando la herramienta prototipo y el importador, el enfoque de lista de alarmas inteligente basada en topología de ABB se validó con éxito en un caso real en una planta piloto.

Listas de alarmas contextuales para cualquier industria de procesos

Las listas de alarmas con abundante contexto respaldan el razonamiento del operador de procesos en relación con la activación de una alarma al situarla en un contexto relacional cronológico respecto de otras alarmas que son relevantes para ella a nivel topológico. En comparación con las listas de alarmas establecidas en los sistemas de control, este enfoque de visualización permite, por ejemplo, agrupar alarmas causadas por la misma perturbación, como una válvula atascada. Este enfoque contribuye al análisis postmortem de la causa raíz de la alarma y, dado que es generalizable y no depende de un hardware específico, puede aplicarse en todos los segmentos de la industria de procesos.

—
El concepto de lista de alarmas inteligente puede utilizarse para cualquier proceso continuo o por lotes.

El concepto de lista de alarmas inteligente puede utilizarse para cualquier proceso continuo o por lotes. ABB lo aplicó a una bomba de reinyección de agua en una plataforma petrolífera y logró una reducción del 95,5 % en los eventos críticos que recibía el operador cuando buscaba las causas de una alarma de disparo de la bomba. Esta mejora reduce significativamente la carga cognitiva de los operadores y dispara la usabilidad de la gestión de alarmas.

En el futuro trabajaremos, entre otras cosas, para integrar la filosofía de alarmas en futuras interfaces hombre-máquina (HMI), tal vez como una ventana paralela a una lista de alarmas tradicional. Este enfoque permitiría aprovechar las capacidades de filtrado y búsqueda de una lista de alarmas convencional para recuperar una alarma o evento particular de interés y luego explorar las relaciones de dicha alarma en una lista de alarmas inteligente. •

—
Referencias

[1] H. Kozioleket al., “Industrial Plant Topology Models to Facilitate Automation Engineering”, *International Conference on Systems Modelling and Management*, 2020.

[2] E. Arroyo et al., “Automatic derivation of qualitative plant simulation models from legacy piping and instrumentation diagrams,” *Computers & Chemical Engineering*, vol.92, pp. 112-132, 2016.

[3] H. Kozioleket al., “Rule-Based Code Generation in Industrial Automation: Four Large-Scale Case Studies Applying the CAYENNE Method”, *Proceedings of the ACM/ IEEE 42nd International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice*, 2020.