

review

03|2021 es

Activos y conectividad



- 06–39 **Activos digitales**
- 40–65 **Productividad**
- 66–77 **Conectividad**



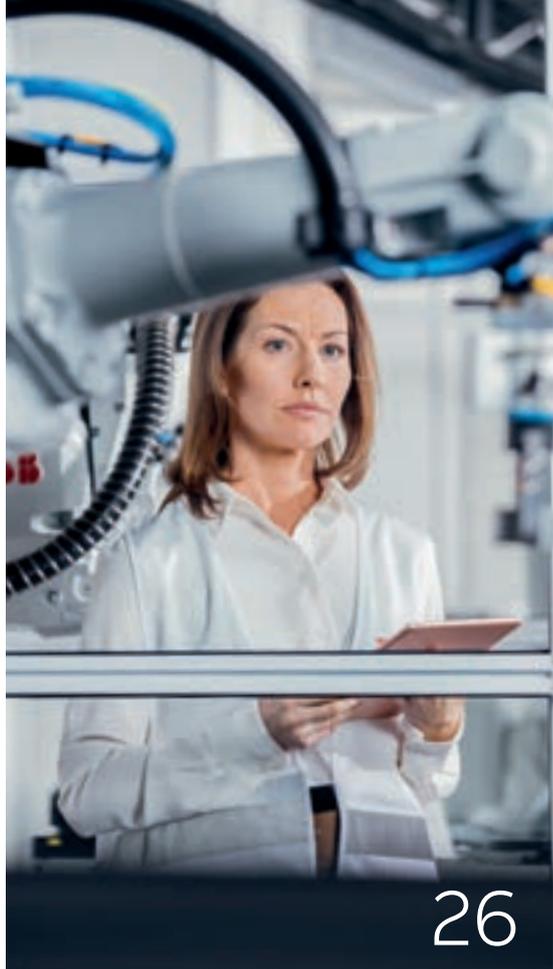
ABB Ability™ Genix



Un futuro más limpio para buques y puertos

Acerías





**Gemelo digital del
producto**

05 **Editorial**

Activos digitales

- 08 **ABB Ability™ Genix**
- 14 **Entrega más rápida de herramientas digitales**
- 20 **El gemelo digital**
- 26 **Gemelo digital del producto**
- 32 **Mantenimiento predictivo híbrido**

Productividad

- 42 **Motores síncronos de reluctancia IE5**
- 46 **Una nueva clase de compañero de trabajo**
- 52 **Acerías**

Conectividad

- 60 **Ethernet-APL con OPC UA**
- 68 **Nuevo interruptor**
- 74 **Un futuro más limpio para buques y puertos**

Desmitificación de términos técnicos

- 78 **Simulación multicuerpo**

-
- 79 **Suscripción**
 - 79 **Consejo editorial**



52

La digitalización está creando un nuevo terreno de juego en el que las empresas pueden construir y aumentar activos, desarrollar y ejecutar procesos y encontrar formas de innovar y aprovechar nuevas oportunidades de ventas y servicio. Estas innovaciones ya están generando productividad y beneficios en el mundo físico. Este número de ABB Review investiga ejemplos prácticos que ilustran cómo se hacen estas conexiones entre el mundo virtual y el real.



EDITORIAL

Activos y conectividad



Estimado/a lector/a:

Vivimos en la era de la información, tenemos más datos e información de lo que sabemos hacer con ellos. Lo que necesitamos es conocimiento: saber cómo aplicar los datos y la información para crear valor. Esto es cierto tanto para la cognición humana como para las máquinas. Un sensor en una planta produce ingentes cantidades de datos, pero solo servirán para tomar decisiones informadas, optimizar procesos y resolver problemas si los sabemos interpretar y contextualizar.

Un gemelo digital es una representación virtual que predice o ayuda a entender cómo se comporta un objeto, un proceso o un sistema en un contexto concreto. Puede desempeñar un papel en todas las etapas del ciclo de vida, desde la planificación hasta la configuración, pasando por el funcionamiento, el diagnóstico y el mantenimiento.

En este número de ABB Review, analizamos cómo los gemelos digitales eliminan las barreras a la digitalización y ayudan a que la producción sea más personalizable y flexible, al tiempo que aumentan la productividad y mejoran la sostenibilidad extrayendo valor de los datos.

Que disfrute de la lectura.

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized initials 'BR' followed by a long horizontal stroke.

Björn Rosengren
Chief Executive Officer, ABB Group



Activos

digitales





20

Casi todo lo que puede hacerse o imaginarse en el mundo real puede hacerse y estudiarse digitalmente, algo que puede aportarnos perspectivas y capacidades — activos— para trabajar mejor, más rápido, con más fiabilidad e incrementar el valor con el tiempo. Desde los gemelos digitales hasta el mantenimiento predictivo, usar tecnología inteligente que cada vez es más inteligente es siempre buena idea.

- 08 ABB Ability™ Genix facilita las operaciones y la optimización de activos
- 14 Las alianzas con startups aceleran la entrega de herramientas digitales
- 20 El gemelo digital: del sueño a la realidad
- 26 Los productos tienen un gemelo digital y usted también puede encontrarlo
- 32 El enfoque híbrido refuerza el mantenimiento predictivo



08

ACTIVOS DIGITALES

ABB Ability™ Genix facilita las opera- ciones y la optimi- zación de activos

La solución completa e integrada de transformación digital de categoría empresarial de ABB ayuda a sus clientes a mejorar la productividad, el rendimiento de los procesos, la calidad de los productos, la eficiencia y la seguridad. Ahora, los clientes pueden navegar más fácilmente por la digitalización hacia un futuro mejor.



Rajesh Ramachandran
Process Automation y
ABB Ability
Bengaluru, India

rajesh.ramachandran@
in.abb.com

¿Está el mundo realmente preparado para la revolución digital? Desde el punto de vista de las necesidades, sí. La empresa industrial actual, ya sea del sector de procesos, energía o híbrido, es un productor intensivo de activos muy complejo, con procesos que evolucionan rápidamente y un sinfín de puntos de entrada; y todo ello con un alto grado de interdependencia.

En el competitivo entorno empresarial actual, las industrias buscan todas las ventajas operativas posibles para generar excelencia operativa →01 que les permita producir productos de la más alta calidad, a ritmos más rápidos, con el mejor y más fiable rendimiento de los activos y de una manera rentable. Presionados los equipos de producción hasta sus máximas capacidades, la automatización industrial de vanguardia puede servir para aportar eficiencia al proceso de producción. Al extraer valor de una serie de datos generados y almacenados por sistemas operativos (OT), de ingeniería (ET) y de tecnología de la información (IT) ya existentes, las industrias pueden obtener enormes ganancias

En el competitivo entorno empresarial actual, las industrias buscan todas las ventajas operativas posibles para generar excelencia.

de productividad y tomar mejores decisiones comerciales. En este contexto, tanto los equipos de gestión de las empresas industriales como los operadores reconocen el poder de la digitalización para alcanzar objetivos difíciles en el complejo entorno operativo y empresarial actual. Y, sin embargo, muchas empresas tienen dificultades: no saben por dónde empezar su camino hacia la digitalización [1].

A la vanguardia de la innovación digital, ABB combina su vasta experiencia industrial y de automatización con su capacidad para desarrollar o utilizar tecnologías digitales innovadoras para ayudar a las industrias en su camino hacia la digitalización.



Sohrab Bhot
Process Automation
Digital
Bombay, India

sohrab.bhot@
in.abb.com



— Imagen: el FlexLoader de ABB es un ejemplo del éxito de ABB a la hora de desarrollar excelentes soluciones de automatización que mejoran la productividad, el rendimiento de los procesos y la eficiencia, entre otras cosas.

En julio de 2020, ABB lanzó la suite ABB Ability™ Genix Analytics & AI. Esta completa solución integrada de transformación digital de categoría empresarial consta de una gama de software, aplicaciones y servicios destinados a ayudar a los clientes a mejorar la productividad, el rendimiento de los procesos, la calidad de los productos, la eficiencia y la seguridad. De este modo, ABB está en condiciones de ayudar a sus clientes a navegar con éxito hacia la digitalización.

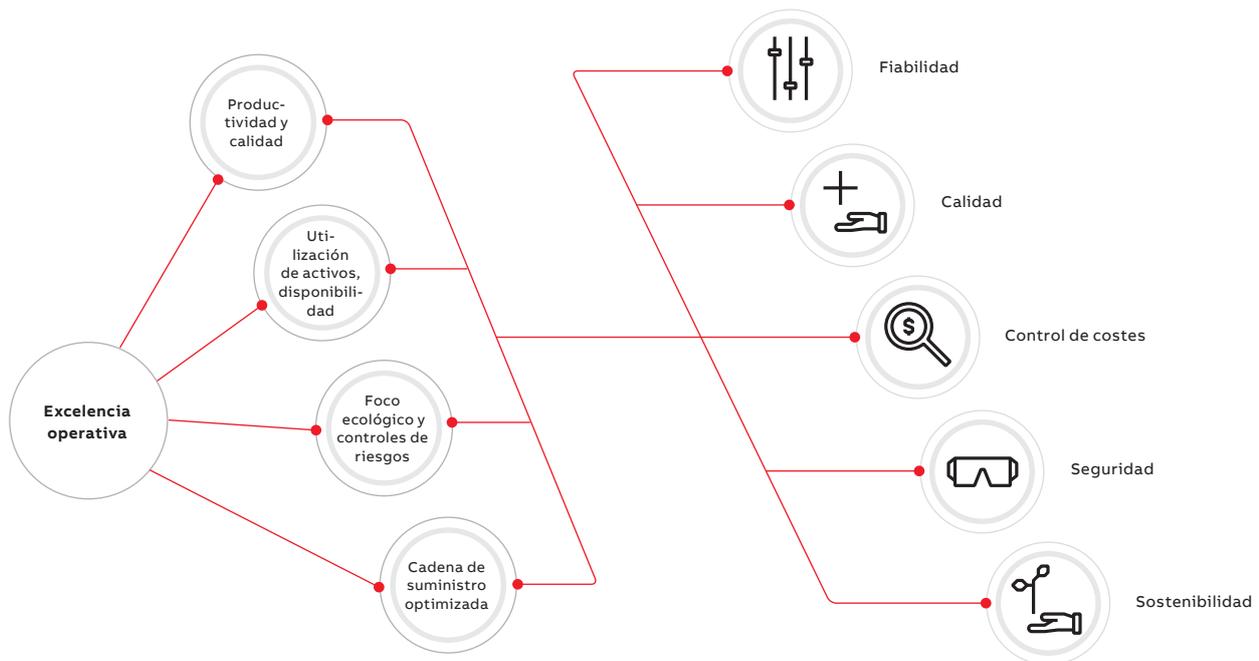
Conocer los desafíos

Dada la alta eficacia del uso de la tecnología digital (por ejemplo, un aumento de la productividad del 40 %), resulta sorprendente que las empresas tarden en digitalizarse. Actualmente, las empresas solo explotan el 30 % de los datos que generan. Esta vacilación limita su capacidad para aplicar análisis de datos de una forma significativa y restringe su capacidad de aprovechar valor de negocio potencial [2,3]. Es evidente que existe una brecha entre el reconocimiento de la eficacia del uso de tecnologías digitales y la capacidad, o la voluntad, de aprovechar el inimaginable

valor de la digitalización [4]. Mediante un análisis de las tendencias disponibles, ABB investigó este enigma y descubrió que la causa no es la falta de deseo de digitalizarse, sino saber por dónde empezar. A esto se le suma la escasez de soluciones disponibles en el mercado que sean fáciles de implantar, es decir, que supongan una

— **La experiencia industrial y de automatización de ABB y las innovadoras tecnologías digitales ayudan a las industrias a navegar por la digitalización.**

gestión de cambios mínima, que sean inmediatas en términos de resultados, personalizables según necesidades y preferencias, y completamente relevantes en la forma en que se crea el impacto.



01

Como en cualquier viaje por un territorio incierto e inexplorado, el conocimiento aporta claridad y comprensión. Está claro que el mundo industrial necesita una solución rápida, configurable y relevante, que tenga un gran impacto y esté en línea con los objetivos estratégicos de la empresa. El concepto de digitalización de ABB surgió de esta percepción. Este concepto se basa en la ética empresarial de ABB, a saber: abordar y disipar las inquietudes de los clientes sobre la adopción de tecnologías digitales para garantizar un aumento de la productividad. Esta propuesta conceptualizada tiene en cuenta cinco aspectos:

- Velocidad: implantación rápida para generar valor en el menor tiempo posible
- Inteligencia: intrínsecamente inteligente con varias características preconfiguradas, impulsadas por el conocimiento del dominio industrial
- Seguridad: caracterizada por los más altos estándares de ciberseguridad, para que los clientes estén protegidos frente a ciberataques y violaciones de la privacidad de los datos
- Escalabilidad: capacidad de instalarse desde el borde hasta la empresa y configurable en función del contexto, los requisitos o las preferencias.
- Sencillez: con una integración de datos completa y sencilla, un alto grado de interoperabilidad, integración lista para usar y visualizaciones y aplicaciones fáciles de comprender.

Digitalización: de la idea a la realidad

Lanzada en junio de 2020, ABB Ability™ Genix es una suite y plataforma de arquitectura abierta y categoría empresarial que aprovecha la potencia

del análisis industrial y la IA industrial para convertir datos multifuncionales en información procesable. La clave está en recopilar, combinar y contextualizar datos procedentes de multitud de fuentes en un conjunto diverso de sistemas: sistemas OT (datos en tiempo real de tecnología operativa), IT (datos funcionales de tecnología de la información) y ET (información de diseño de ingeniería).

—
La cartera digital y de activos de ABB Process Automation tiene una solución para cada paso que los clientes decidan dar.

Por ejemplo, los datos OT de un activo crítico, por ejemplo, una turbina, indican cómo está funcionando el activo; los datos ET indican lo bien o lo mal que funciona la turbina de acuerdo con las especificaciones de cumplimiento en relación con la integridad y la seguridad operativa; y los datos IT indican cómo mantener el activo funcionando en las condiciones deseadas con la estrategia de mantenimiento adecuada, los inventarios de repuestos, la planificación de riesgos e inversiones y más.

ABB Ability™ Genix ha evolucionado hasta convertirse en una potente plataforma que se extiende desde los activos hasta los ecosistemas de activos de las plantas y, en última instancia,

—
01 El valor de los datos puede servir para generar excelencia operativa y mejorar la fiabilidad, el control de los costes, la seguridad, la calidad del producto y la sostenibilidad.

—
02 La incorporación de un enfoque integrado con inteligencia artificial y experiencia en el dominio mejora la optimización industrial.

hasta toda la empresa, cubriendo todas las partes interesadas, pero con el activo como unidad básica fundamental. Por supuesto, esto incluye la recopilación de los datos masivos que genera cada activo.

La suite ABB Ability™ Genix Analytics & AI es una solución digital integral de categoría empresarial.

Puesto que los clientes dependen de activos diseñados y suministrados por ABB, como analizadores, instrumentos, accionamientos, motores, generadores, aparataje, sistemas de propulsión y turbocompresores, ABB está perfectamente posicionada para saber cómo extraer, converger, contextualizar y utilizar mejor estos datos para predecir posibilidades, identificar potencial de mejora y promover oportunidades de negocio.

Sin embargo, esto requiere un nuevo modelo de análisis unificado que depende del conocimiento de dominio y de la IA. Históricamente, los fabricantes de equipos originales (OEM) han ofrecido modelos de equipos basándose en la física o en primeros principios, a menudo llamados gemelos digitales. Sin embargo, la fabricación industrial depende de un sistema de equipos o activos que trabajan al unísono para completar un proceso.

El esfuerzo asociado a crear un modelo basado en primeros principios para un sistema de activos tan complejo sería prohibitivo →02. El uso de modelos de aprendizaje automático (ML), que se basan exclusivamente en datos, aunque bastante prometedor, tiene inconvenientes para la industria. Estos modelos solo ofrecen información sobre las condiciones y anomalías para

las que se ha entrenado al conjunto de datos. Los modelos ML tienen un alcance inherentemente limitado en el contexto industrial porque este tipo de situaciones aún no se han producido. Por este motivo, ABB combina el conocimiento del dominio industrial con modelos de IA/ML basados en datos para maximizar los algoritmos de optimización.

Liberar la potencia de los datos

Idolatrada en la ciencia ficción hasta hace apenas tres décadas, la idea de las fábricas autónomas ha sido un sueño para muchos. Recientemente, la rápida aparición de equipos autoinformativos y autoejecutables ha vuelto a dar alas a la imaginación, y este entusiasmo ha contagiado a las empresas manufactureras de todo el mundo con la llegada de la Industria 4.0.

A primera vista, la Industria 4.0 se basa exclusivamente en la automatización. Esta percepción no es del todo errónea. Los sensores inteligentes y el Internet de las cosas (IoT) se encuentran entre los vectores más visibles de esta transformación industrial. Y la automatización, con ABB a la cabeza, tiene un largo historial de aportar calidad, precisión y exactitud a los procesos industriales. Pero no es la automatización lo que impulsa la digitalización, sino la escala y la omnipresencia de la automatización. Además, los datos tienen el papel más decisivo: datos de IT, OT, ET y fuentes geoespaciales, entre otros. La atención se centra en cómo recabar los datos, integrarlos, contextualizarlos, almacenarlos y analizarlos; y en cómo crear información a partir de datos que abarcan funciones y sistemas →03.

La gestión de la cadena de valor de los datos es clave para lograr los cinco aspectos clave: velocidad, inteligencia, seguridad, escalabilidad y simplicidad. Cada elemento depende de la eficacia a la hora de recabar y tratar los datos. El poder de gestionar la cadena de valor de los datos inteligentes es evidente: los proveedores de soluciones suelen dedicar más del 80 % de



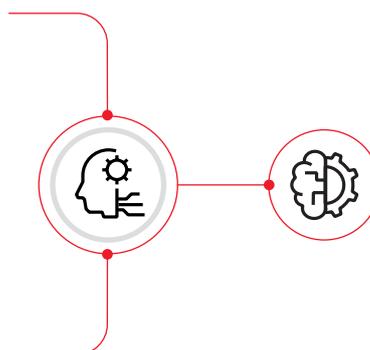
Modelos de primeros principios

Modelización basada en la física de fenómenos físicos aislados en un sistema/equipo. Requiere mucho tiempo, no puede predecir el comportamiento en diferentes condiciones de funcionamiento.



Modelos de aprendizaje automático

Modelos de ML sencillos para sistemas complejos y no lineales. Solo funciona con conjuntos de datos para los que se ha entrenado el modelo y con atributos de condición anómala.



Enfoque ensamblado – IA industrial

Combina la inteligencia artificial con el conocimiento de dominio industrial. Operaciones industriales más seguras, más inteligentes y más sostenibles.

su esfuerzo de implementación a comprender los procesos industriales y las fuentes de datos, y a diseñar métodos para la adquisición de datos. Sin embargo, esto implica una gestión del cambio compleja e implica un retraso en la rentabilidad de la inversión (ROI), lo que invariablemente lleva a que la empresa se limite a implantar soluciones digitales puntuales que nunca igualarán el impacto de una transformación digital a escala de empresa.

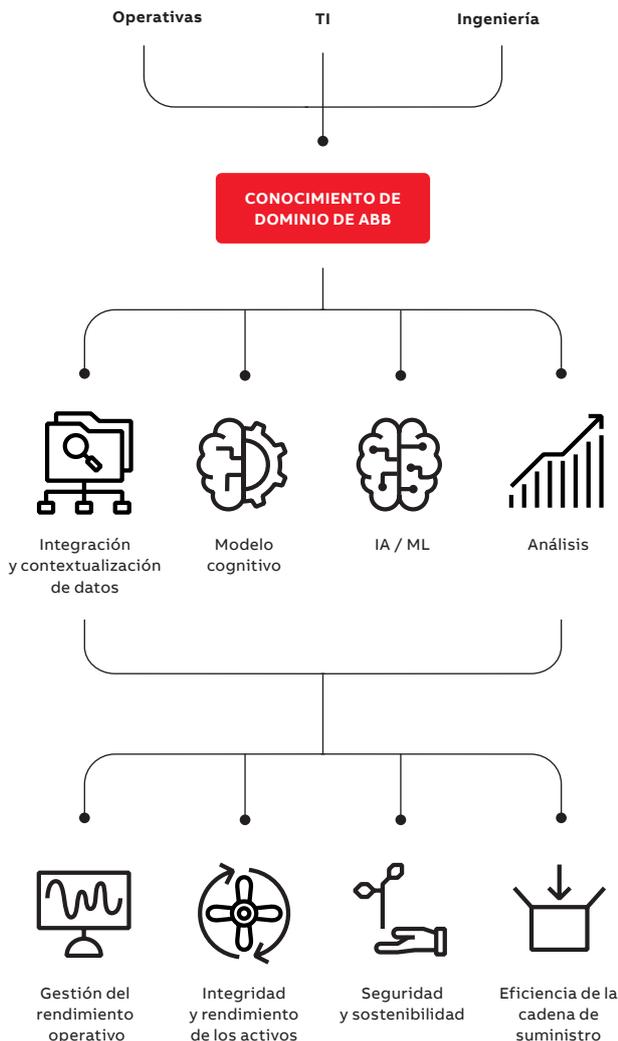
Para obtener un resultado a escala de empresa, lo ideal es hacer una integración de computación en el borde segura y sin fisuras. Así, ABB creó la conexión entre la potente plataforma de análisis industrial y la IA, ABB Ability™ Genix y ABB Ability™ Edgenius, la herramienta de gestión de datos de operaciones de ABB. Con esta completa solución integrada, ABB ofrece a las empresas

industriales un argumento convincente para ampliar su capacidad de transformación digital en toda la cadena de valor para obtener buenos resultados en indicadores clave como excelencia operativa, integridad y rendimiento de los activos, seguridad, optimización de la cadena de suministro, eficiencia energética y sostenibilidad.

Tomando los datos como punto de partida de cada elemento de la cadena de valor, ABB Ability™ Genix y ABB Ability™ Edgenius combinan de manera única las fortalezas inherentes de ABB: conocimiento de dominio, experiencia tecnológica y capacidades digitales en todos los sectores en los que opera. Para ABB, lo que realmente marca la diferencia entre el análisis industrial y el Internet industrial de las Cosas (IIoT) es la palabra «industrial».

A menos que la tecnología digital esté profundamente integrada con los procesos operativos, el camino hacia la adopción de la Industria 4.0 se detendrá y el valor que se obtenga será limitado. En ABB, toda la experiencia y los conocimientos prácticos específicos del sector se aprovechan para crear relevancia además de transformación →04.

FUENTES DE DATOS DE CLIENTES



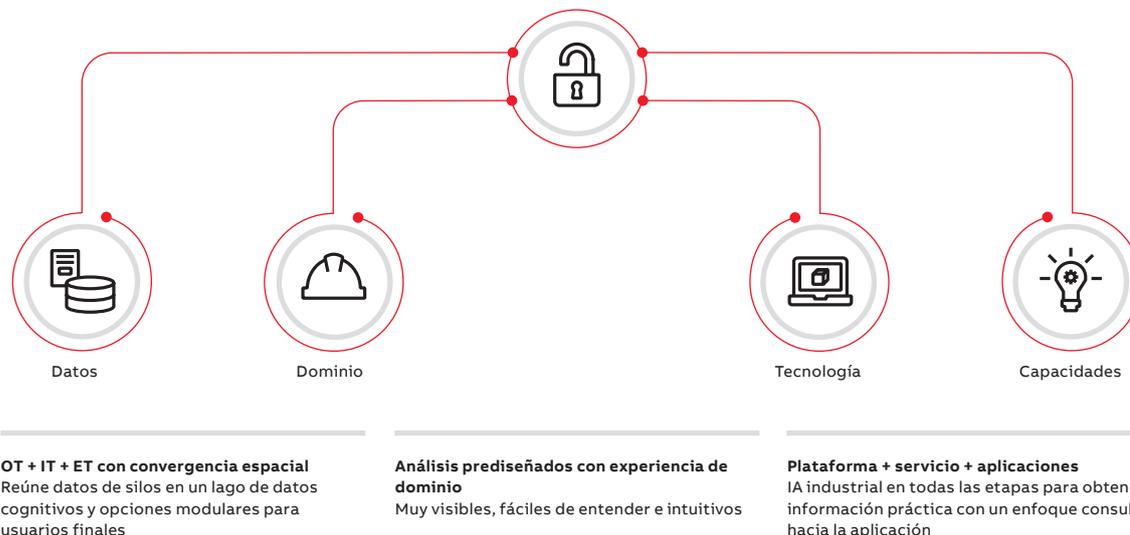
Conseguir un valor excepcional: el resultado final

Al final del proceso de digitalización, los clientes obtienen una solución integral, ampliable desde el borde hasta la empresa y fácilmente desplegable en la nube, in situ o en un modelo híbrido. ABB cuenta con una solución en la cartera digital y de activos de ABB Process Automation para cada paso que los clientes decidan dar en su camino hacia la transformación digital.

— La atención se centra en cómo recabar los datos, integrarlos, contextualizarlos, almacenarlos y analizarlos; en cómo crear información.

El primer paso es la introducción de equipos inteligentes: activos que crean huellas digitales y puntos de datos. Este paso permite a las industrias a supervisar el estado y el rendimiento de los activos, los procesos y la seguridad con datos en tiempo real o casi real. Solo entonces podrán implementarse soluciones que generen valor digital.

A pesar de conocer los beneficios de la transformación digital, los programas a menudo duran



04

— 03 ABB Ability™ Genix, ABB Ability™ Edgenius combina las fuentes de datos del cliente con la integración y contextualización de los datos, modelos cognitivos, modelos basados en ML/IA, análisis y el excepcional conocimiento de dominio de ABB para generar valor en toda la empresa.

— 04 Genix de ABB se ha diseñado con una arquitectura modular para ofrecer opciones a los usuarios finales. Los análisis preconfigurados con experiencia de dominio permiten obtener información muy visual, fácil de entender e intuitiva.

varios años y pueden ser abrumadores. Para mitigar este temor, ABB ha creado pequeñas aplicaciones analíticas preconfiguradas con claros impulsores de valor para obtener beneficios incrementales. La cartera digital de ABB combina datos y experiencia en el dominio como la fuerza

ABB está preconizando la forma en que las tecnologías digitales, la Industria 4.0, el análisis industrial y la IA conformarán el futuro.

que subyace a las aplicaciones para abordar cinco familias de impulsores de valor: gestión del rendimiento operativo, integridad de los activos y gestión del rendimiento, seguridad, sostenibilidad y optimización de la cadena de suministro →04. No obstante, para obtener todas las ventajas a largo plazo, estas aplicaciones de análisis deben basarse en plataformas robustas, escalables y modulares como ABB Ability™ Genix. Entre los ejemplos de aplicaciones de análisis preconfiguradas se incluyen: detección de anomalías en el sistema, administrador de pérdidas de oportunidad y suciedad del intercambiador de calor.

Además, la potencia de la plataforma ABB Ability™ Genix puede aprovecharse para el rápido desarrollo de una solución analítica específica. Por ejemplo, una solución inteligente de mantenimiento predictivo desarrollada conjuntamente para el sistema de propulsión dirigible sin engranajes Azipod® de ABB identifica posibles anomalías y genera una señal de alerta temprana para los equipos de mantenimiento: los modelos basados en IA/ML evitan fallos. El motor para la detección de estados anómalos y la alerta temprana se basa en la integración de datos en tiempo real sobre temperaturas del devanado, velocidad, par, potencia y temperaturas del aire de refrigeración de entrada y salida extraídos de una colaboración interna. En este caso, los estudios piloto de implantación demostraron un aumento en el plazo de entrega de más de una hora; esto permite abordar los problemas antes de que se traduzcan en un fallo catastrófico.

El uso de ABB Ability™ Genix y ABB Ability™ Edgenius con aplicaciones analíticas compactas basadas en impulsores de valor de la industria preconiza la forma en que las tecnologías digitales, los principios de la Industria 4.0, el análisis industrial y la IA están configurando el futuro de la industria. •

Referencias

[1] McKinsey & Company, "Unlocking Success in Digital Transformations", in *McKinsey & Company*, Oct. 29, 2018, Available online: <https://www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/>

unlocking-success-in-digital-transformations [Accessed June 7, 2021].

[2] Accenture, "Artificial Intelligence", in *Applied Intelligence* website, in *Accenture*, Available online: <https://www.accenture.com/in-en/>

insight-artificial-intelligence-future-growth

[3] M. Gualtieri, "Hadoop is Data's Darling for a Reason", in *Forrester*, Jan. 21, 2016, Available online: [https://go.forrester.com/blogs/hadoop-is-datas-](https://go.forrester.com/blogs/hadoop-is-datas-darling-for-a-reason/)

darling-for-a-reason/ [Accessed June 7, 2021].

[4] E. Charalambous, et al., "AI in production: A game changer for manufacturers with heavy assets", in *McKinsey & Company*, March 7, 2019, Available online: [https://](https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/ai-in-production-a-game-changer-for-manufacturers-with-heavy-assets)

www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/ai-in-production-a-game-changer-for-manufacturers-with-heavy-assets [Accessed June 7, 2021].

ACTIVOS DIGITALES

Las alianzas con startups aceleran la entrega de herramientas digitales

La colaboración con líderes tecnológicos externos permite a ABB ofrecer soluciones a los clientes con mayor rapidez. La alianza de ABB con RE'FLEKT, una empresa de realidad aumentada (AR) con sede en Múnich, lleva la experiencia de ABB directamente a los clientes, cuándo y dónde más la necesitan, a través de Big Data, análisis y visualización.



Kim Fenrich
ABB Industrial
Automation
Zúrich, Suiza
kim.fenrich@us.abb.com

Para ABB, el futuro reside en la innovación abierta que se centra en la colaboración con socios externos: universidades, organizaciones de investigación, startups y similares. En consecuencia, la empresa promueve la colaboración externa de una forma estructurada a través de canales de ABB como ABB Technology Ventures (ATV) y SynerLeap. SynerLeap propor-

Las alianzas también permiten a ABB aprender más sobre las tecnologías emergentes.

ciona recursos tecnológicos y experiencia para impulsar la innovación y el crecimiento en todos los sectores, mientras que ATV proporciona apoyo financiero y de modelo de negocio. Estos dos organismos se complementan y potencian entre sí: ATV ya ha invertido en algunos socios



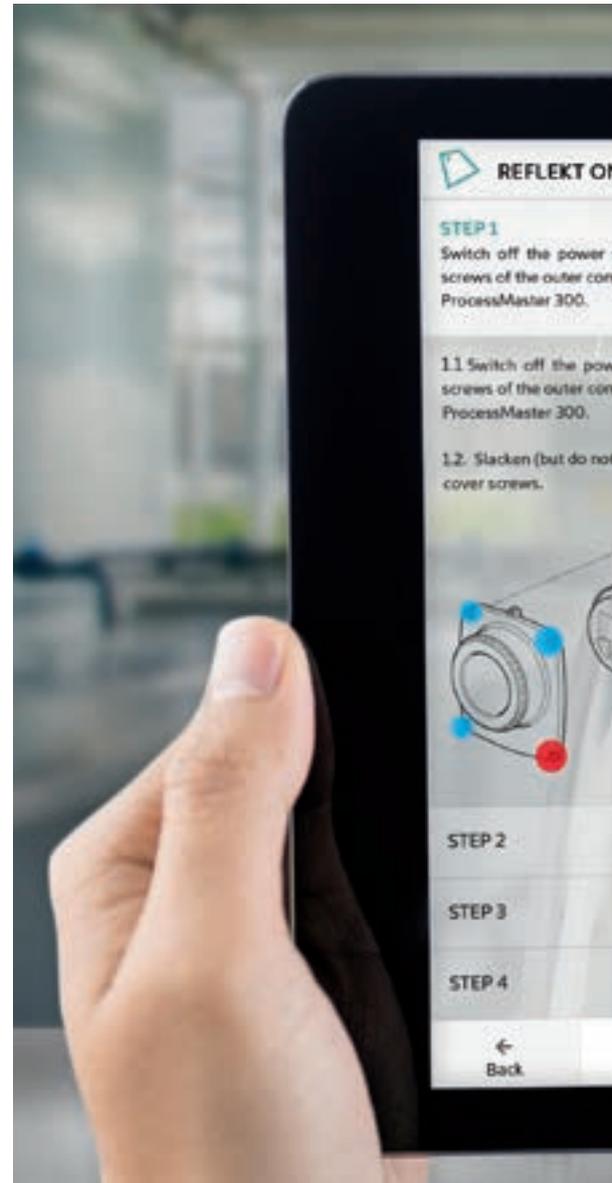
Dirk Schart
RE'FLEKT
Múnich, Alemania

de SynerLeap, y le seguirán más. La configuración SynerLeap/ATV ha aumentado el atractivo de ABB de cara a la comunidad de startups de todo el mundo.

Las alianzas también permiten a ABB aprender más sobre las tecnologías emergentes, dónde pueden aplicarse mejor (por ejemplo, casos de uso de alto valor) y cómo pueden aprovecharse para resolver los problemas de los clientes →01.

RE'FLEKT, una empresa tecnológica de realidad aumentada con sede en San Francisco y Múnich, es un socio destacado de SynerLeap con el que hemos logrado importantes avances tecnológicos. La tecnología líder mundial de RE'FLEKT permite a cualquier empresa o sector crear sus propias aplicaciones internas de realidad aumentada o realidad mixta. ABB colabora con RE'FLEKT para introducir la realidad aumentada en una amplia gama de aplicaciones, empezando por la asistencia visual remota, el mantenimiento y la formación.

01





—
01 La colaboración con empresas externas que son expertas en su campo acorta el tiempo de comercialización.

Reunir los datos

Históricamente, los datos de automatización industrial residían en sistemas y redes independientes y aislados, lo que obligaba a los operadores a tener que consultar varias pantallas

—
La realidad aumentada ya está aportando valor en el ámbito del mantenimiento, la formación y el servicio.

o paneles para poder evaluar el estado de un determinado equipo o proceso. A medida que la industria inició el ciclo de vida de la digitalización, estos sistemas independientes se conectaron para poder agregar y asociar los datos. El reto entonces fue poner todos estos datos en un contexto donde pudieran ser significativos y útiles. Ese contexto se logra con la

realidad aumentada. Con la realidad aumentada, el usuario ahora puede mirar un dispositivo, identificarlo con precisión, visualizar todos los datos disponibles asociados al dispositivo, aplicar análisis avanzados, adjuntar datos del Internet de las Cosas (IoT) y, en última instancia, aplicar algoritmos de inteligencia artificial para obtener aún más información. Esto significa que la realidad aumentada puede utilizarse en todas las fases del ciclo de vida de los equipos o de la planta.

Adoptar una visión más amplia

La realidad aumentada ya está aportando valor en el ámbito del mantenimiento, la formación y el servicio, especialmente a través de los Centros de Operaciones Colaborativos →02. El siguiente pasos es implementar la tecnología en áreas donde el valor potencial de combinar los datos sea alto, como el diseño, el montaje y las operaciones.

CENTROS COLABORATIVOS DE OPERACIONES DE ABB ABILITY™

En esta nueva era de la digitalización, la estrecha colaboración entre productores y proveedores es fundamental para aprovechar todos los beneficios del Big Data, el análisis y la visualización. ABB lleva a cabo esta colaboración a través de los centros colaborativos de operaciones ABB Ability™: estructuras de operaciones y mantenimiento en remoto que ayudan a los productores industriales a aprovechar todo el potencial de la digitalización.

Los centros colaborativos de operaciones permiten a los expertos de ABB ofrecer información a través del análisis de datos, haciendo que la información del cliente sea práctica y significativa al tiempo que se impulsa la toma de decisiones para optimizar el rendimiento de la empresa. Las instalaciones ofrecen acceso remoto 24 horas al día, 7 días a la semana, a tecnologías digitales, análisis de datos y experiencia de dominio de ABB. Las redes de centros colaborativos de operaciones de ABB en todo el mundo cuentan con avanzadas aplicaciones que permiten al cliente y a los expertos de ABB colaborar en remoto y adaptar rápidamente las operaciones a la fluctuación de la demanda.

Los centros utilizan la plataforma ABB Ability™ e infraestructura en la nube. Esta plataforma permite al cliente integrar y agregar datos de forma segura, aplicar análisis predictivos y generar información que contribuye a impulsar la rentabilidad.

En una aplicación típica, ABB diseña un centro de supervisión remota para el cliente y lo integra en un centro colaborativo de operaciones. Los dispositivos de campo se instalan in situ para recopilar datos y se aplican análisis de datos para

identificar, clasificar y priorizar los problemas rápidamente. Se establecen protocolos comunes de comunicación entre las instalaciones del cliente y los centros técnicos de ABB, así como con las oficinas centrales del cliente para realizar más análisis financieros y tomar decisiones.

El apoyo acelerado proporcionado por las soluciones de AR de RE'FLEKT y de ABB aumentará considerablemente el poder de los centros colaborativos de operaciones para reducir los costes de mantenimiento, instalación y formación gracias a las instrucciones paso a paso que se muestran en el entorno en tiempo real. Los procedimientos de mantenimiento guiados por AR (los GMP) mantendrán la producción al acortar el tiempo necesario para la reparación.

Kim Fenrich, Director de productos de simulación de ABB, resume el enfoque de la AR: «Estamos utilizando tecnologías digitales transformadoras como la realidad aumentada para crear nuevos modelos de negocio que mejoren el rendimiento del cliente. Estas tecnologías están cambiando la forma en que trabajamos con los clientes, aportando experiencia más rápido a las personas.» •

La plataforma ABB Ability™ y la infraestructura en la nube permiten al cliente introducir y agregar datos de forma segura, aplicar análisis predictivos y generar información





03

—
03 Las soluciones de AR de RE'FLEKT reducen los costes de mantenimiento, instalación y formación gracias a instrucciones detalladas que se muestran en tiempo real.

En estas áreas, cuantos más datos se reúnan, más significativo será el total. Estos datos permiten tomar decisiones más inteligentes e informadas. Por ejemplo, conectar los datos de

—
A menudo, el rendimiento del gemelo digital puede mejorarse mucho explotando la tecnología AR de RE'FLEKT.

diseño con los datos de operaciones permite comparar las condiciones operativas actuales con el rendimiento esperado. Podría darse el caso de que las operaciones estén ejecutándose conforme al diseño, pero que los datos de diseño sean erróneos. Si es así, los datos operativos pueden volver a incorporarse a los planos «as built» originales para modificar el diseño y garantizar que las iteraciones futuras se basan en datos correctos del mundo real.

Apuntalar el ciclo de vida desde el diseño hasta la operación y el mantenimiento y la optimización con una única fuente de datos precisos —y superponer datos 3D o en vivo con ayuda de la AR— permite una formación más accesible y un soporte de planta mejor y más rápido. Además, puede simplificarse la asistencia en remoto, lo que limita la necesidad de enviar técnicos de mantenimiento a los emplazamientos.

Gemelos digitales

Un gemelo digital es una representación virtual de un objeto o un sistema que tiene conciencia operativa. Una planta estará representada por muchos gemelos digitales interconectados, para que los operadores puedan hacer zoom en una ubicación específica y obtener información completa sobre el estado en tiempo real, lo que permitirá resolver problemas más rápidamente.

Cuantos más datos haya disponibles para el gemelo digital, de la fase de diseño en adelante, más clientes podrán mejorar el rendimiento, prolongar la vida útil de los equipos, hacer frente a los cambios y reducir el tiempo de inactividad. Por ejemplo, si un motor se estropea y no se dispone de un equivalente exacto debido a cambios en las especificaciones o por obsolescencia, la AR, el gemelo digital y algún software de simulación permitirán al usuario evaluar lo que sucederá si utiliza un motor con especificaciones diferentes.

Para muchas aplicaciones, el rendimiento del gemelo digital puede mejorarse en gran medida aprovechando la tecnología AR de RE'FLEKT →03.

Empezar poco a poco

Una aplicación de caudalímetro, llamada ABB Ability™ AR Guided Support para dispositivos de medición, cristaliza algunos de los conceptos mencionados anteriormente y ofrece un ejemplo concreto de cómo la colaboración con RE'FLEKT ha dado lugar al desarrollo de conceptos que pueden beneficiar directamente a los clientes.



04a



04b



04c

Hay cientos de miles de caudalímetros de ABB repartidos por la industria. Estos medidores llegaron a su destino por diferentes canales: directamente desde ABB, instalados por integradores de sistemas, vendidos por revendedores externos, etc., lo que dificulta a ABB controlar la calidad global o tener una visión general de la base instalada. Cuando un medidor falla, el usuario a veces no sabe a quién llamar.

ABB posee el contenido 3-D y la experiencia para construir procedimientos de soporte guiados por AR para estos contadores. RE'FLEKT posee los conocimientos de AR para catapultar estos procedimientos a nuevos niveles de utilidad y simplicidad. RE'FLEKT hace mucho más que reunir los datos: la empresa aprovecha su considerable base de propiedad intelectual para enriquecer todo el entorno de AR →04–07.

Los caudalímetros supusieron un excelente caso de uso para profundizar la colaboración ABB/

Los caudalímetros supusieron un excelente caso de uso para profundizar la colaboración ABB/RE'FLEKT.

RE'FLEKT, en concreto porque ofrecieron la oportunidad de demostrar los supuestos de ABB mediante un dispositivo sencillo con un caso de uso de alto valor. Por el contrario, empezar con un objetivo grande y complejo, como un accionamiento de molino sin engranajes o una máquina de papel, habría sido un esfuerzo de desarrollo largo y de alto riesgo.

Tras definir claramente los entregables, ejecutar una prueba de concepto y completar las fases de desarrollo y piloto, hemos presentado una aplicación de previsualización con un pequeño número de procedimientos de asistencia guiada



05a



05b



05c



05d



06



07

— 04 Visor de ABB.

04a Pantalla principal.

04b Menú.

04c Selección del dispositivo.

— 05 Pantallas de ejemplo de medidores.

05a Se presentan instrucciones de seguridad.

05b Instrucciones de desmontaje.

05c Instrucciones detalladas.

05d La presentación de orientación con ayudas entornos de la vida real.

— 06 También pueden incluirse fotografías en la pantalla.

— 07 Las instrucciones de uso detalladas mejoran la seguridad.

a los socios y a los clientes del canal para conocer la opinión del mercado. Además, ABB ha presentado una nueva herramienta visual de asistencia en remoto, ABB Ability™ Remote Insights for service, que utiliza la AR para acelerar la resolución de problemas. Basada en la plataforma de RE'FLEKT, esta herramienta es una solución estándar global que permite a los expertos de los centros de asistencia de ABB ver lo que el cliente ve en el emplazamiento.

Introducción en el mercado

ABB aumentará la confianza de los clientes equipando a los operadores de planta con herramientas innovadoras que promueven aún más el automantenimiento, demuestran valor e impulsan un mayor rendimiento.

Mediante la introducción gradual en el mercado, empezando por la prueba de concepto, ABB pretende demostrar el valor que aportan los procedimientos de asistencia guiada a la hora de resolver problemas del mundo real. Una vez comprobado este valor, convenceremos a la dirección y a los clientes. Esto impulsará el desarrollo y la introducción de más procedimientos de asistencia guiada. A medida que se amplíe la gama de procedimientos, pasarán a ser rápidamente una parte esperada de muchos entregables.

El ecosistema de AR de RE'FLEKT simplificará enormemente el desarrollo, la introducción y el uso de estas prestaciones mejoradas.

Herramientas digitales más rápidas gracias a las alianzas

Los centros colaborativos de operaciones de ABB y el ecosistema de AR de RE'FLEKT combinarán la supervisión continua y la información de los datos con la visualización en tiempo real y el acceso instantáneo al conocimiento.

— Con el tiempo, se aprovecharán los enfoques basados en AR para aportar valor a muchos sistemas y dispositivos de ABB.

Este avance convierte a los datos y análisis en instrucciones fáciles de usar, paso a paso y con asistencia en remoto en directo, lo que permite a cualquier técnico de mantenimiento realizar la tarea necesaria para resolver un problema de manera eficiente.

El ecosistema de AR de RE'FLEKT permitirá a ABB no solo prestar asistencia inmediata al cliente, sino también crear internamente manuales y asistencia basados en AR, así como procedimientos de sustitución que puedan instalarse directamente en el emplazamiento del cliente. Esta prestación mejorará los flujos de trabajo y las capacidades del técnico y aumentará la satisfacción del cliente.

— Con el tiempo, se aprovecharán los enfoques basados en AR para aportar valor a muchos sistemas y dispositivos de ABB. Se alcanzará el pleno potencial cuando se logre la integración total con los datos del cliente, aunque para esto falta todavía.

Facilitando la asequibilidad y escalabilidad de la AR y la MR para las empresas, las innovadoras plataformas centradas en el ser humano de RE'FLEKT permiten a ABB infundir sus conocimientos del sector en soluciones personalizadas de AR y MR. •



SYSTEM



- Part 01
98%
BN2823645
- Part 02
95%
LW234568F
- Part 04
99%
CB888840
- Part 05
97%
AA31534H



ACTIVOS DIGITALES

El gemelo digital: del sueño a la realidad

La creciente demanda de digitalización y del Internet industrial de las cosas (IIoT) hace del gemelo digital un facilitador clave para las industrias digitales. Veamos cómo los gemelos digitales mejoran las tecnologías digitales, impulsan el desarrollo y la normalización de las arquitecturas y crean nuevos casos de uso y modelos de negocio.

—
01 Los gemelos digitales son impulsores clave de la digitalización en muchos sectores industriales. A menudo se definen por el entorno en el que se han utilizado.

Las representaciones digitales se han utilizado durante muchos años para modelar la información relativa a los activos a lo largo de su ciclo de vida. Estos modelos no se llamaron «gemelos digitales» hasta que el término se acuñó por primera vez en 2003 en un curso universitario. Con el tiempo, han surgido muchas definiciones diferentes de gemelo digital. Estas definiciones suelen centrarse en el caso de uso particular del gemelo digital. →01. Recientemente, diferentes consorcios, como el Industrial Internet Consortium (IIC), al que ABB contribuyó, se han propuesto definir el mundo de los gemelos digitales más allá de los límites de casos de uso específicos. Así, el IIC define el gemelo digital como la representación digital de una entidad (por ejemplo, un dispositivo, una unidad de producción o una planta) que cumple los requisitos de un conjunto particular de casos de uso [1,2]. Esta definición tiene dos implicaciones:

- Si bien muchos asocian el gemelo digital al IIoT, la definición no hace hincapié en los aspectos del IIoT, ya que la noción de gemelo digital (aunque no el nombre) era anterior al IIoT.
- Los gemelos digitales deben tratarse desde una perspectiva de los casos de uso que permiten, lo que determina los datos, los modelos, los cálculos y los servicios que deben ofrecerse.

El gemelo digital en los sistemas industriales

Los datos del ciclo de vida de los dispositivos industriales pueden clasificarse como datos de tecnología de ingeniería (ET), datos de tecnología

—
El gemelo digital puede ofrecer un modelo de información común para definir datos de ET, IO y OT que de otro modo serían incompatibles.

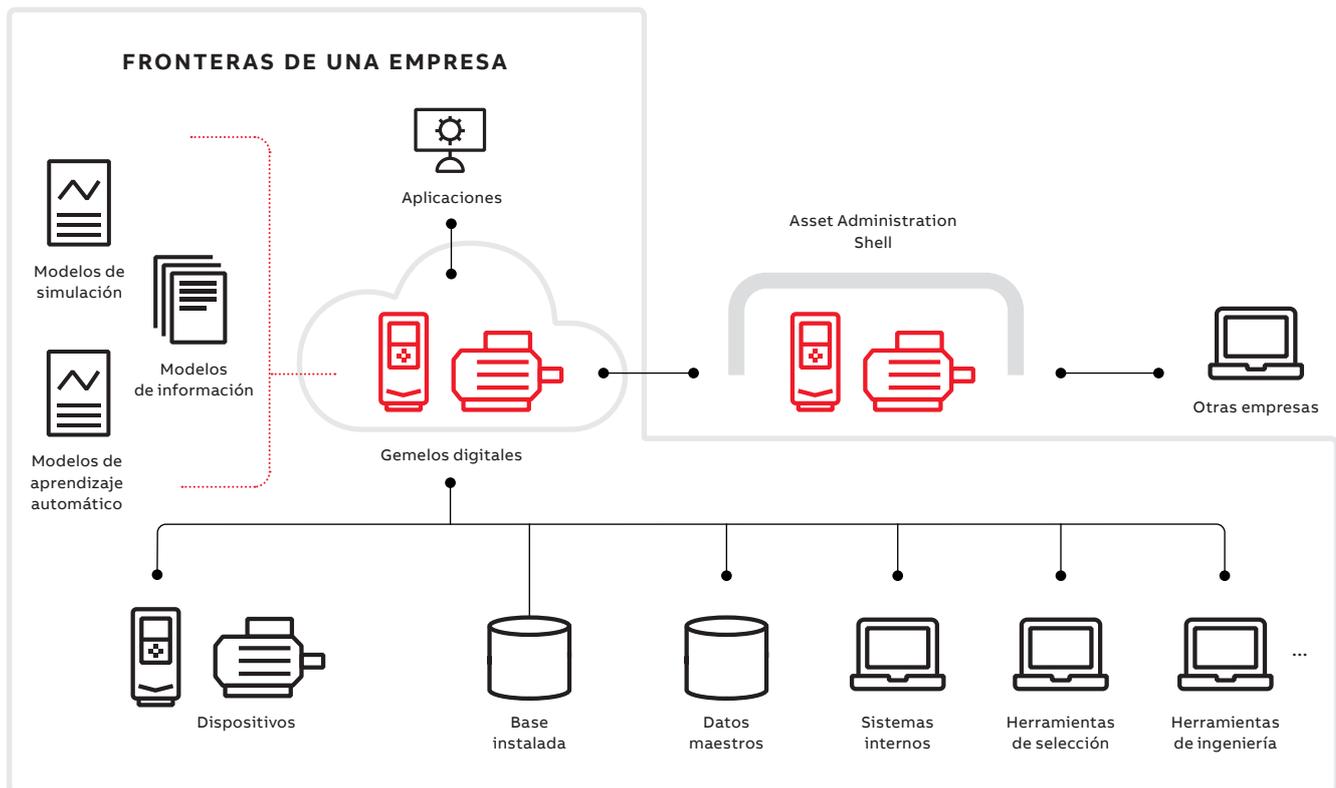
de la información (IT) y datos de tecnología operativa (OT). Estos datos del ciclo de vida a menudo se almacenan en diferentes lugares y formatos debido a requisitos de funcionalidad, necesidades de distintos usuarios, fusiones de empresas, etc. →02. Estos silos de datos conducen a una falta de interoperabilidad en varios niveles de acceso a los datos y requieren intercambios de datos manuales que resultan laboriosos y propensos a errores. También dificultan la combinación de datos para su aprovechamiento por parte de aplicaciones analíticas.

Estos problemas pueden resolverse mediante gemelos digitales, que pueden desplegarse



Somayeh Malakuti
ABB Corporate
Research Center
Ladenburg, Alemania

somayeh.malakuti@
de.abb.com



02

localmente o en la nube. En este caso, el gemelo digital puede ofrecer un modelo de información común para definir datos de ET, IO y OT que de otro modo serían incompatibles. Este modelo sirve de base para que las interfaces de programación de aplicaciones (API) accedan a los datos y definan correlaciones semánticas entre conjuntos de datos que normalmente estarían dispersos. El gemelo digital puede ofrecer API unificadas para consultar varios tipos de datos del ciclo de vida, independientemente de si los datos están en la nube o en fuentes de datos externas [4].

El nivel de madurez de los gemelos digitales puede aumentar aún más si se expresan las correlaciones entre los diferentes modelos incorporados en el gemelo digital y se obtiene más razonamiento de esta información →03. El contenido del gemelo digital puede ampliarse aún más utilizando modelos de simulación y aprendizaje automático. Esta mejora aumenta la inteligencia del gemelo digital y mejora el razonamiento por lo que respecta al estado del gemelo físico. También ofrece asistencia para modelos de simulación en tiempo real. Combinando varios modelos, pueden conseguirse casos de uso más avanzados, como disponer de modelos de simulación inteligentes para predecir el estado de un dispositivo.

En la era del IIoT, tecnologías como la nube, la computación en el borde, la conectividad 5G y la realidad aumentada permiten llevar el concepto de gemelo digital al siguiente nivel dando lugar a mejoras de las tecnologías digitales, el desarrollo y la normalización de arquitecturas, la creación de interacciones innovadoras entre sistemas o usuarios y el establecimiento de modelos de negocio →04.

Los gemelos digitales reducen el tiempo y el esfuerzo de conexión y acortan el tiempo hasta el inicio de la producción.

Combinados con estas tecnologías e interacciones, los gemelos digitales pueden permitir nuevos casos de uso, como la gestión integrada de la información en todo el flujo de valor, ingeniería integrada basada en la nube, plug-and-produce para dispositivos de campo y asistencia virtual in situ. La integración de los gemelos digitales en los procesos de automatización permite reducir el tiempo y el esfuerzo de puesta en servicio y acorta el tiempo hasta el inicio de la producción.

Dos casos prácticos —ingeniería integrada basada en la nube y plug-and-produce para dispositivos de campo— ilustran las ventajas que aportan los gemelos digitales:

—
02 El gemelo digital aborda el problema de los silos de datos.

—
03 Nivel de madurez del gemelo digital.

Ingeniería integrada basada en la nube

En lugar de tener en cuenta el amplio alcance que se muestra en →02, nos centraremos solo en el uso del gemelo digital para el intercambio integrado de datos entre herramientas. Por ejemplo, los parámetros de dispositivos utilizados anteriormente pueden almacenarse como un modelo dedicado dentro del gemelo digital en la nube, de manera que se puede seleccionar la herramienta de ingeniería más adelante para inicializar correctamente los parámetros de ingeniería. El gemelo digital también permite realizar copias de seguridad en la nube y restaurar los datos de ingeniería.

Plug-and-produce para dispositivos de campo

Hoy en día, la configuración o sustitución de los dispositivos de campo a menudo puede ser laboriosa, ya que debe recopilarse información potencialmente no estandarizada de diferentes fuentes en diferentes formatos. Sin embargo, el gemelo digital de un dispositivo de campo permite un escenario plug-and-produce que acelera la puesta en servicio del dispositivo de campo. Gracias al descubrimiento automático de dispositivos y la computación en la nube, combinado con formatos normalizados de información, como AutomationML y OPC UA, es posible descubrir automáticamente los dispositivos conectados a la red, realizar mapas de ingeniería y parámetros operativos entre sí y descargar los parámetros apropiados de la nube a los dispositivos. Aunque la sustitución física aún requiere personal capacitado, el gemelo digital permite la reconfiguración instantánea sin necesidad de que intervenga un experto en dispositivos o procesos.

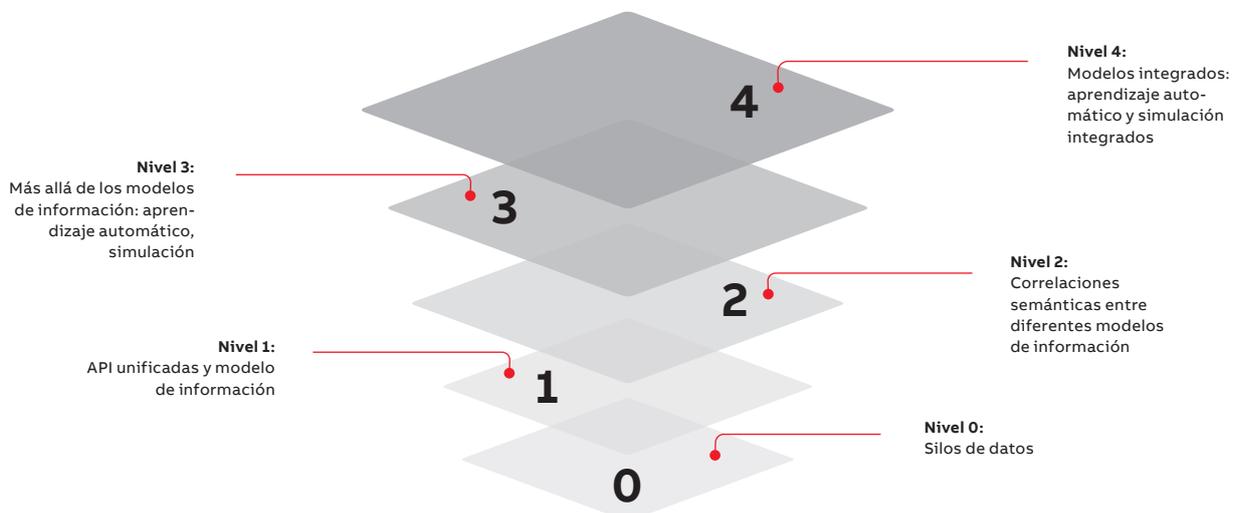
Normalización e iniciativas del gemelo digital

Hay varias actividades de normalización en curso relacionadas con los gemelos digitales. Por ejemplo, la tecnología Aspect Object, normalizada en la norma IEC-81346, define los denominados aspectos necesarios para estructurar la información relacionada con varias vistas (por ejemplo, producto, función o ubicación) de un sistema industrial. La IEC 62832 define un marco de fábrica digital con la representación de los activos de la fábrica en su centro, si bien esta representación no se denomina gemelo digital.

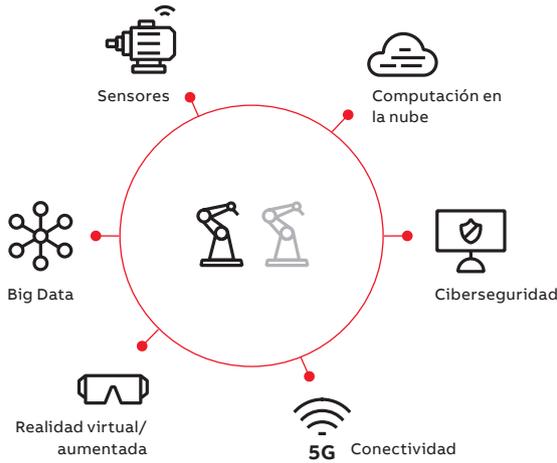
El Asset Administration Shell promueve la interoperabilidad del gemelo digital.

En los últimos años, han aparecido más iniciativas: La IEEE P2806 pretende definir la arquitectura del sistema de representaciones digitales de objetos físicos en entornos de fábrica, centrándose en los requisitos de conectividad y los atributos de datos de inteligencia artificial industrial. Asimismo, la ISO/AWI 23247 impulsa el uso de gemelos digitales para la fabricación mediante la definición de una arquitectura de referencia.

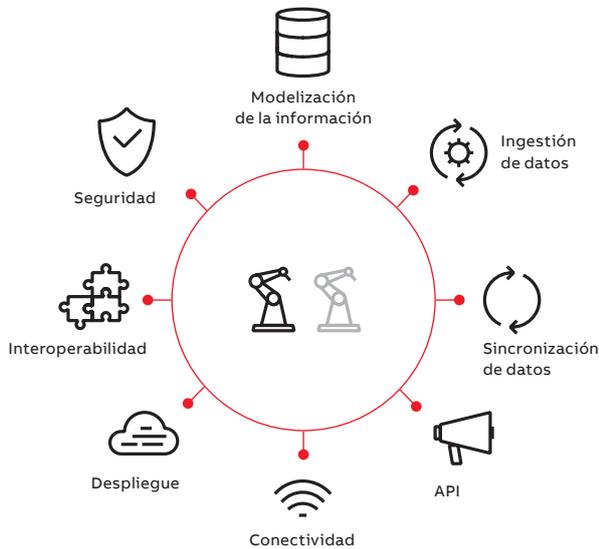
Aunque las empresas suelen ofrecer gemelos digitales como soluciones aisladas, muchos casos de uso podrían beneficiarse de las interacciones entre gemelos digitales de distintos proveedores. La plataforma alemana «Plattform Industrie 4.0» lanzó Asset Administration Shell [3] como el gemelo digital industrial para la fabricación inteligente con el fin de promover la interoperabilidad en todo el flujo de valor.



SOBRE LA BASE DE TECNOLOGÍAS DIGITALES, COMO ...



ASPECTOS DEL GEMELO DIGITAL, COMO ...



PERMITEN NUEVOS CASOS DE USO, COMO ...



Además de la IIC y Plattform Industrie 4.0, existen otros grupos, como la Industrial Digital Twin Association, una organización de usuarios de Plattform Industrie 4.0 con intenciones de código abierto; el Digital Twin Consortium [5], que impulsa la homogeneidad en el vocabulario, la arquitectura, la seguridad y la interoperabilidad; la Open Manufacturing Platform [6], que pretende ofrecer soluciones independientes de plataforma; y el proyecto GAIAX [7], con la interoperabilidad a nivel de modelos de información y los gemelos digitales como piedra angular de su visión.

El gemelo digital y los modelos de negocio digitales y el futuro

El gemelo digital sienta las bases para nuevos servicios y colaboraciones digitales y ayuda a que los servicios existentes sean más accesibles y eficientes. Además, dado que muchos errores de producción vienen provocados por datos erróneos o obsoletos, disponer de un medio ampliamente acordado para acceder e intercambiar datos relacionados con los dispositivos facilita la ingeniería colaborativa durante todo el ciclo de vida [8] →05.

Un medio ampliamente aceptado para acceder e intercambiar datos relacionados con los dispositivos facilita la ingeniería colaborativa.

A diferencia del dispositivo físico, un gemelo digital y todos sus aspectos pueden estar ampliamente disponibles, con las medidas de ciberseguridad adecuadas, lo que permite aplicaciones «X-as-a-service» basadas en la nube. Además, el acceso integrado a los datos de ET, IT y OT a través de las API de los gemelos digitales permite establecer reglas de uso y acceso a los datos a escala de los gemelos digitales. Este acceso gestionado a los datos elimina la necesidad de definir estas reglas individualmente para cada fuente de datos y facilita la definición de políticas de uso para los consumidores externos de los datos del gemelo digital.

No hay duda del papel crítico que desempeñará el gemelo digital en la rápida evolución digital de la industria. A través de diversos proyectos y colaboraciones, y contribuciones a consorcios como el IIC y la Plattform Industrie 4.0, ABB está ayudando a impulsar el establecimiento de definiciones y normas comunes para los gemelos digitales. •

—
04 Descripción general de temas relacionados con el gemelo digital.

—
05 Los gemelos digitales pueden proporcionar un amplio acceso a los datos sobre el dispositivo y ayudar a eliminar errores de producción causados por datos erróneos o obsoletos.



05

Referencias

[1] Industrial Internet Consortium, "Digital twins for Industrial Applications." Available: https://www.iiconsortium.org/pdf/IIC_Digital_Twins_Industrial_Apps_White_Paper_2020-02-18.pdf [Accessed February 10, 2021].

[2] Industrial Internet Consortium and Plattform Industrie 4.0, "The digital twin and Asset Administration

Shell Concepts and Application in the Industrial Internet and Industrie 4.0." Available: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/Digital-Twin-and-Asset-Administration-Shell-Concepts.pdf> [Accessed February 10, 2021].

[3] Plattform Industrie 4.0, "Details of the Asset Administration Shell – Part 1: The exchange of information between partners in the value chain of Industrie 4.0." Available: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Details_of_the_Asset_Administration_Shell_Part1_V3.html [Accessed February 10, 2021].

[4] S. Malakuti et al., "A Four-Layer Architecture Pattern for Constructing and Managing Digital Twins," Software Architecture, Springer International Publishing, pp. 231 – 246, 2019.

[5] The Digital Twin Consortium, <https://www.digitaltwinconsortium.org/>

[6] Open Manufacturing Platform, <https://open-manufacturing.org/>

[7] GAIA-X, <https://www.data-infrastructure.eu/GAIA-X/Navigation/EN/Home/home.html>

[8] S. Malakuti et al., "The digital twin: An Enabler for New Business Models," Automation 2019 conference, 2019.



01

—
ACTIVOS DIGITALES

Los productos tienen un gemelo digital y usted también puede encontrarlo

Las plantas industriales pueden contener miles de dispositivos, cada uno con documentación asociada. Utilizando tecnologías de la Industria 4.0, un demostrador de ABB muestra cómo gestionar la carga administrativa para asegurarse de que la documentación está completa y actualizada durante todo el ciclo de vida de un producto.

—
01 La Industria 4.0 proporciona herramientas para ayudar a gestionar la administración de la documentación de los miles de dispositivos que se encuentran en una planta industrial típica.

—
02 Ejemplo de un enlace web de AutoID codificado como código QR para un transmisor de temperatura.

La información (como, documentación, manuales, datos técnicos, planos, notas y certificados) sigue a un producto durante todo su ciclo de vida, desde su proceso de diseño, instalación, funcionamiento y mantenimiento hasta su retirada de servicio y reciclaje. Localizar la documentación relevante y actualizada de un producto suele ser difícil para los usuarios, ya

—
Los gemelos digitales pueden ayudar al intercambio de información entre las herramientas del cliente, los repositorios de datos de ABB y otros sistemas.

que gran parte de esta se crea, archiva y actualiza manualmente. Incluso una planta de tamaño medio puede tener muchos miles de documentos →01. La automatización de la administración de estas masas de datos plantea obstáculos; por ejemplo, identificar de manera exclusiva el dispositivo, proporcionar documentos legibles por máquina, semántica clara (significado) de la información, metadatos normalizados y mecanismos de actualización adecuados.

Afortunadamente, los avances en las especificaciones de la Industria 4.0 para los gemelos digitales industriales interoperables ayudan a superar estos obstáculos. Los gemelos digitales crean una solución digital, interoperable y de extremo a extremo para la información sobre dispositivos, empezando por el diseño y la certificación de productos, a través de la producción, la logística, el transporte y la distribución, a las instalaciones, las organizaciones de operación y mantenimiento del cliente.

Este artículo mostrará cómo los gemelos digitales pueden ayudar a resolver el problema del intercambio de información entre las herramientas del cliente, los repositorios de datos de ABB y otros sistemas.



<https://id.abb/9AAC129110?SN=3K65000054982>

02

AutoID: identificación de dispositivos y de tipos de dispositivos

En 2018, se invitó a ABB a que apoyara una iniciativa europea de la industria de procesos para crear un sistema de identificación inteligente a escala global para dispositivos, desde sensores de alto volumen hasta grandes máquinas personalizadas. La identificación sólida y segura de los dispositivos es fundamental para proporcionar información relacionada con los activos.

ABB trabajó con más de 50 socios, proveedores y clientes para normalizar un sistema de identificación («AutoID»), que dio lugar a la DIN SPEC 91406. ABB está apoyando al grupo de trabajo para consagrar la DIN SPEC en una norma IEC, acelerando su aplicación en todo el mundo.

El enfoque es tan sencillo como eficiente, ya que una clave de identificación única en forma de etiqueta legible por máquina es suficiente para:

- Distinguir y hacer referencia a los dispositivos marcados con dicha etiqueta codificada.
- Crear, procesar, almacenar e intercambiar cualquier tipo de información relacionada con un objeto físico.

Se definió un principio básico para eliminar la necesidad de un órgano central de coordinación que garantizara la singularidad del código: el código debía incluir un elemento que identificara al proveedor y un segundo elemento bajo su control y único en su dominio. Se utilizaron direcciones de Internet (enlaces web) para resolver este problema de codificación.

—
Sten Grüner
Marie Platenius-Mohr
ABB Corporate Research Center
Ladenburg, Alemania

sten.gruener@de.abb.com
marie.platenius-mohr@de.abb.com

—
Tilo Merlin
ABB Process Automation – Measurement & Analytics
Frankfurt, Alemania

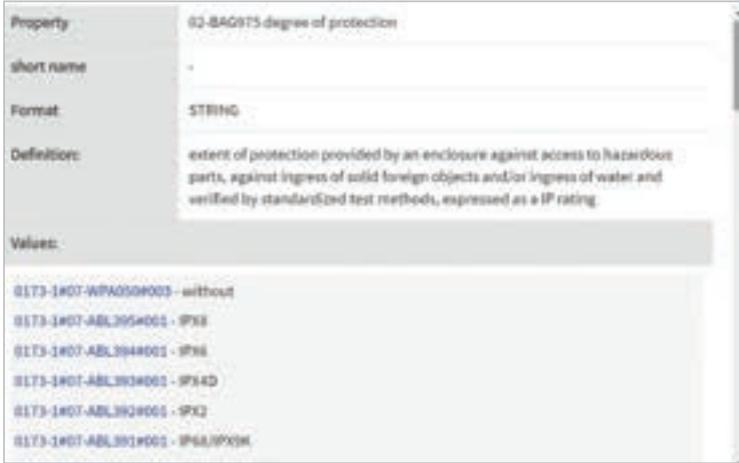
tilo.merlin@de.abb.com

—
Kai Garrels,
ABB Electrification
Heidelberg, Alemania

kai.garrels@de.abb.com

—
Michael Klippahn
ABB Motion Service,
Smart Solutions – Global R&D
Ladenburg, Alemania

michael.klippahn@de.abb.com



03

Como contenedor físico, se eligió un código 2D (código QR o matriz de datos) que permite leer el AutoID mediante escáneres ópticos y smartphones. AutoID también funciona con identificación por radiofrecuencia (RFID) o comunicación de campo cercano (NFC) para abarcar aplicaciones en las que el escaneo óptico no es viable.

ABB utiliza la función de enlace web de los códigos QR de AutoID para llevar al usuario directamente a la página web del producto →02.

Fuentes de información de producto de ABB digitales y legibles por máquina

La información específica del tipo de producto de la amplia y diversa cartera de ABB se encuentra en varias fuentes de ABB legibles por máquina:

- La ABB Library: desarrollada y mantenida por ABB, contiene documentos técnicos y de marketing, software, películas y otros documentos relacionados con los productos y servicios de ABB.

- El sistema de gestión de información de productos (PIM): un repositorio de datos maestros de ABB de traducciones lingüísticas, el árbol de ofertas de ABB orientado al cliente, y datos de productos y piezas.
- La aplicación PIM: esta aplicación proporciona, por ejemplo, servicios web, exportaciones XML para datos de productos y exportaciones de árboles de clasificación a aplicaciones posteriores.
- Servicios de información del producto (PIS): una aplicación de datos maestros que proporciona una navegación, búsqueda, selección y presentación homogénea de las ofertas de ABB. PIS se implementa como un servicio para múltiples aplicaciones internas y externas posteriores.

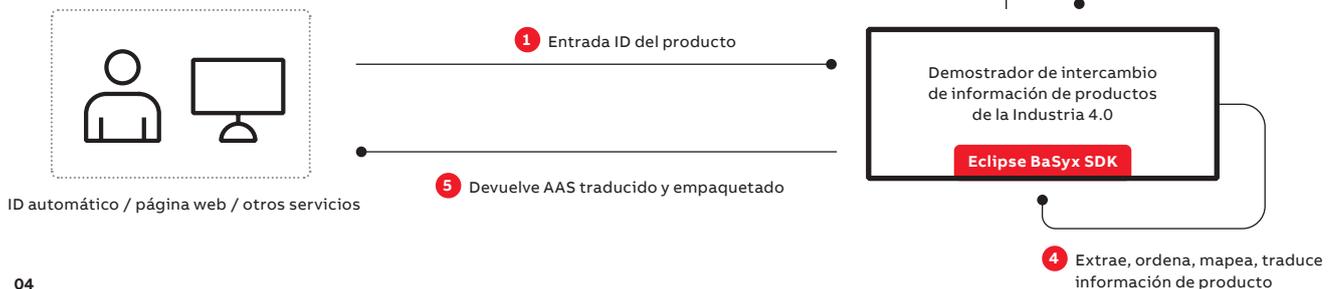
Las propiedades técnicas de los dispositivos deben facilitarse al cliente de forma inequívoca.

El demostrador de intercambio de información de producto de ABB utiliza estas fuentes según se describe más adelante en este artículo.

Formatos de información normalizados

Por sí sola, la disponibilidad de información digital no es suficiente para un intercambio organizativo transversal. Afortunadamente, hay conceptos normalizados disponibles que permiten cerrar esta brecha.

Las propiedades técnicas de los dispositivos deben facilitarse al cliente de forma que no existan ambigüedades sobre su significado. Este reto se resuelve mediante diccionarios



04

— 03 Un ejemplo de la propiedad del código de protección a la entrada (código IP) definido en ECLASS junto con un extracto de los valores permitidos (fuente: [1]).

— 04 Vista general del demostrador de intercambio de información de producto

— 05 El uso de gemelos digitales ayuda al intercambio de información de producto entre las herramientas del cliente.

semánticos predefinidos como el ECLASS [1] o el diccionario común de datos IEC [2]. Estos diccionarios definen las clasificaciones de los equipos, como «sensor de temperatura», y las propiedades, como el peso o la altura, y sus valores →03. La propia definición se basa en la norma IEC 61360 y contiene una descripción legible por el ser humano, un formato de datos y un identificador de concepto único, el llamado identificador semántico.

En cuanto a la documentación, la norma alemana VDI 2770 define un modelo de información para empaquetar documentos electrónicos y ampliarlos con metainformación. Esta información no solo proporciona documentación estructurada en varios idiomas para cualquier dispositivo, sino también una forma de buscar, categorizar y revisar esta información de una manera eficiente.

El gemelo digital industrial

Una de las ideas centrales de la Industria 4.0 es permitir el intercambio de información abierto, independiente del proveedor e interoperable a lo largo del ciclo de vida y más allá de los límites de la organización.

Esta idea se aborda técnicamente en el concepto denominado Asset Administration Shell (AAS), la implantación interoperable de un gemelo digital en el ámbito industrial. El desarrollo del gemelo digital industrial, incluido el AAS, está regido por «Plattform Industrie 4.0», un consorcio alemán formado por empresas industriales e informáticas, asociaciones comerciales, instituciones académicas y políticas y la Industrial Digital Twin Association. El trabajo en curso incluye

la normalización de submodelos para permitir la reutilización y aspectos de ciberseguridad para proporcionar control de acceso. Además, un grupo de trabajo de la IEC (TC65 WG24) va camino de convertir las ideas del AAS en una norma internacional.

En el contexto de la Industria 4.0, un activo puede ser cualquier entidad física o virtual que tenga valor para una organización. En el contexto de este artículo, los activos son dis-

— **El trabajo en curso incluye la normalización de los submodelos para permitir su reutilización.**

positivos y sus tipos. El gemelo digital siempre está vinculado a un activo, incorporando una representación digital de la información de activos para casos de uso específicos, por ejemplo, para el intercambio de información de producto. La recopilación de información para un caso de uso específico del activo relacionado se denomina submodelo.

El gemelo digital industrial consta de un modelo de información independiente de la tecnología y mapeos a implantaciones técnicas adecuadas para la fase del ciclo de vida en cuestión. Por ejemplo, el gemelo digital puede intercambiarse como un paquete de archivos durante la especificación de la aplicación. Posteriormente, la información puede intercambiarse mediante una



interfaz web en fases posteriores del ciclo de vida, como la supervisión durante la operación y el mantenimiento.

Infraestructura de los gemelos digitales: encontrar el gemelo digital del producto

Los fabricantes gestionarán los AAS de sus productos. Para localizar un AAS, los registros permiten la identificación o la búsqueda de un AAS basándose en el ID de un activo concreto, igual que en un directorio telefónico. Si no se dispone de ID, se puede buscar o consultar el contenido de un AAS especificando algunas de sus propiedades.

El demostrador muestra cómo las herramientas de la Industria 4.0 trabajan juntas y abordan las barreras mencionadas.

Colocando las piezas en un demostrador de intercambio de información de producto

El demostrador de intercambio de información de producto de ABB utiliza todas las herramientas descritas en las secciones anterior →04–05.

Como primera medida, el demostrador toma un ID de producto de AutoID como entrada. El demostrador utiliza este ID para consultar los sistemas de información de ABB descritos anteriormente para obtener información, documentación e imágenes del producto. La información extraída se asigna a diferentes submodelos de gemelos digitales y, si procede, se mapea en el formato interno del gemelo digital. También se tienen en cuenta las referencias semánticas en

forma de identificadores ECLASS. Por último, el gemelo digital se traduce y empaqueta como un AAS y se devuelve como archivo al usuario.

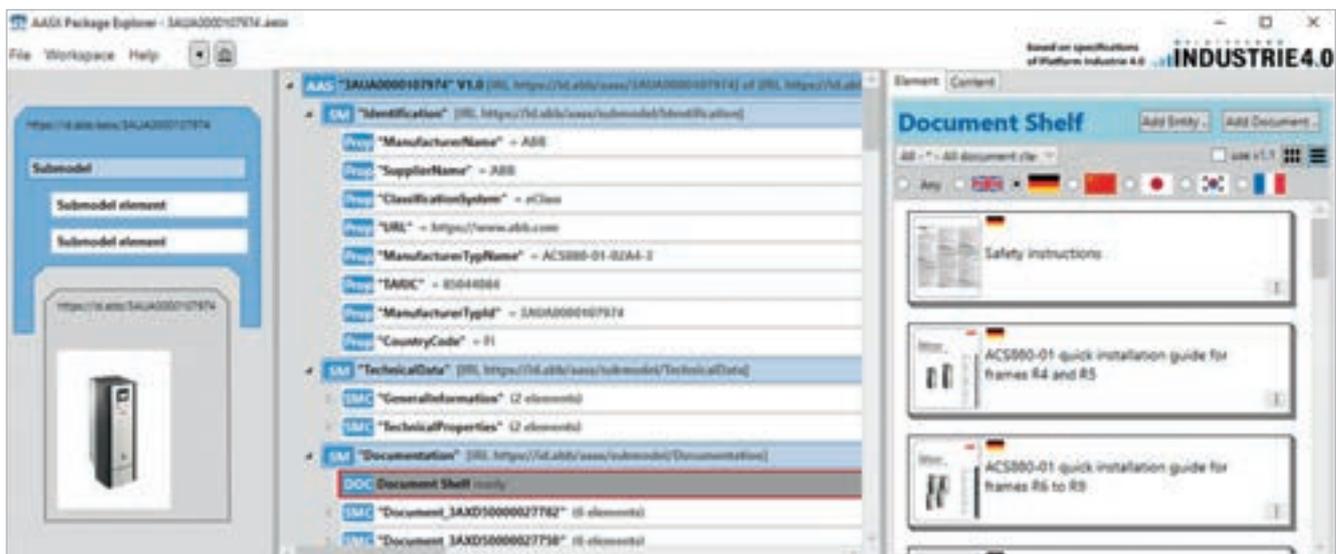
→06 muestra una captura de pantalla de la herramienta AASX Package Explorer Tool [3], basada en las especificaciones publicadas por Plattform Industrie 4.0. El explorador puede mostrar el contenido de un archivo AAS: En la captura de pantalla, la parte izquierda muestra la imagen del producto. La parte central muestra los submodelos y su contenido en forma de árbol. La parte derecha muestra los detalles del elemento seleccionado – en este caso, los documentos contenidos en el submodelo de documentación.

El demostrador muestra cómo las herramientas de la Industria 4.0 trabajan juntas y abordan las barreras mencionadas al comienzo de este artículo:

- El tipo de producto de un dispositivo se identifica de forma exclusiva mediante AutoID.
- Se puede acceder a la información de producto en un formato digital y legible por máquinas desde los sistemas de información de ABB.
- La información se convierte a un formato estandarizado (ECLASS, el diccionario de datos comunes de la IEC y VDI 2770).
- La información se presenta en forma de gemelo digital industrial y se implementa como un AAS.
- El gemelo digital industrial puede identificarse y su contenido descargarse con el AutoID.

Contribución de ABB a la normalización y aplicaciones de los gemelos digitales industriales

Desde los primeros artículos sobre sistemas ciberfísicos y el AAS [4], ABB ha contribuido significativamente a la evolución del concepto de gemelo digital [5]. Desde 2017, ABB ha liderado el grupo de trabajo Plattform Industrie 4.0



—
06 Vista del gemelo digital de un producto, incluida la identificación, los datos técnicos y la documentación.

—
07 Los nuevos sistemas híbridos suponen el siguiente reto para el intercambio de información entre las herramientas del cliente, los repositorios de datos de ABB y otros sistemas. La integración completa de la información es, sin embargo, el objetivo final.



07

—
ABB trabaja continuamente en pos de una visión de los gemelos digitales industriales tanto desde una perspectiva de normalización como de implantación.

«Reference Architecture and Standardization», que finalizó las primeras especificaciones del AAS en 2019.

Desde 2016, ABB ha participado en los proyectos BaSys 4.0 y BaSys 4.2 [6], que definieron e implantaron los primeros AAS dentro de un consorcio industrial y de investigación.

En la feria de Hannover de 2019, ABB presentó el primer demostrador integral que proporciona información sobre un tren de potencia (motor más accionamiento del convertidor de frecuencia), agregando la información procedente de bases de datos técnicos de producto,

herramientas de ingeniería y configuración y supervisión en línea en un AAS basado en la nube. En SPS IPC Drives 2019, ABB presentó una implantación interoperable de la «placa de identificación digital» en un consorcio conjunto formado por múltiples proveedores industriales y organizaciones de investigación.

ABB trabaja continuamente en pos de una visión de los gemelos digitales industriales tanto desde una perspectiva de normalización como de implantación. El trabajo actual incluye pasos para vincular los conceptos de la Industria 4.0 con el dominio de la automatización de procesos, por ejemplo, definiendo un submodelo para una interfaz de módulo de procesos, el denominado paquete de tipo de módulo [7]. Este trabajo es especialmente importante en el caso de los sistemas híbridos emergentes, es decir, los sistemas de producción que combinan equipos discretos y de proceso, procesos y normas de dominio →07. •

References

[1] <https://www.eclasscontent.com/>

[2] <http://cdd.iec.ch/>

[3] <https://github.com/admin-shell-io/aas-package-explorer>

[4] C. Wagner et al., "The role of the Industry 4.0 asset administration shell and the digital twin during the life cycle of a plant," 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2017. Available: <https://doi.org/10.1109/ETFA.2017.8247583>

[5] Industrial Internet Consortium and Plattform Industrie 4.0, "Digital Twin and Asset Administration Shell Concepts and

Application in the Industrial Internet and Industrie 4.0," 2020. Available: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/Digital-Twin-and-Asset-Administration-Shell-Concepts> [Accessed February 2, 2021].

[6] <http://www.basys40.de>

[7] K. Stark et al., "Process module engineering," *ABB Review* 2/2019, pp. 72 – 77.

ACTIVOS DIGITALES

El enfoque híbrido refuerza el mantenimiento predictivo

¿Cómo podemos utilizar la inteligencia artificial para fortalecer el mantenimiento predictivo de los activos industriales críticos? Combinando conocimiento de dominio y algoritmos de aprendizaje automático, ABB ofrece un enfoque único y práctico para conseguirlo.

Jinendra Gugaliya
ABB Corporate Research,
Process Automation,
Bangalore, India

Antiguo empleado de
ABB

Will Leonard
ABB Energy Industries
Cambridge, Reino Unido

will.leonard@
gb.abb.com

Peter Damer
ABB Energy Industries
St Neots, Reino Unido

peter.damer@
gb.abb.com

Maurizio Barabino
ABB Energy Industries
Génova, Italia

maurizio.barabino@
it.abb.com

Las industrias de procesos, como las refinerías, las cementeras y las centrales eléctricas, etc., dependen de una multitud de equipos cruciales, como motores, bombas, ventiladores, compresores, turbinas, etc., que funcionan 24 horas al día para garantizar una buena producción. Mantener estas máquinas en el mejor estado es fundamental, ya que el desgaste es inevitable y las averías no son deseables. Normalmente esto se consigue con un mantenimiento planificado, en el que se sustituyen algunas piezas y se aplica lubricante a piezas giratorias, etc., según un

—

La tecnología digital está avanzando y está surgiendo un nuevo paradigma para el mantenimiento del buen estado de los activos; ABB está a la vanguardia.

calendario establecido, o con un mantenimiento reactivo o no planificado, en el que las máquinas solo se reparan cuando fallan, una labor muy cara [1,2]. De hecho, un estudio reciente de la ARC reveló que las empresas pierden entre el 3 y el 5 % de su producción debido a tiempos de inactividad imprevistos [2]. Aumentar el uso

de los activos solo un 1 % podría fácilmente traducirse en varios millones de dólares de ingresos adicionales [2]. Además, las empresas energéticas dedican alrededor del 40 % de sus gastos operativos al mantenimiento planificado y no planificado pero solo cubren el 20 % de sus activos [2]. El mantenimiento planificado tiene ventajas sobre el mantenimiento reactivo, porque el uso de las máquinas hasta que fallen no solo puede dar lugar a una parada no planificada de la planta, sino que también puede comprometer seriamente la seguridad del personal, los equipos y el medio ambiente [3,4].

Con la aparición de la Industria 4.0, los avances en tecnología digital, aprendizaje automático





—
Las experiencias prácticas demuestran que los enfoques de ML suelen dar lugar a varios tipos de falsos positivos o falsos negativos.

(ML) y computación en la nube y en el borde, está surgiendo un nuevo paradigma para el mantenimiento del buen estado de los activos y ABB está a la vanguardia de esta génesis. En la actualidad, los activos están muy digitalizados, de manera que las mediciones críticas de los sensores

generan grandes flujos de datos. Los análisis avanzados pueden utilizarse para averiguar el momento exacto en que el activo requiere mantenimiento. Adoptar este enfoque basado en datos sensibles para el mantenimiento de activos, el del mantenimiento predictivo, abre todo un mundo de rentabilidad al basarse en el estado efectivo de los activos en tiempo real. La industria ya no debe elegir entre usar una máquina hasta que falle o sustituir piezas que estén en perfectas condiciones: el mantenimiento puede pronosticarse y optimizarse.

Mantenimiento predictivo: los fines y los resultados

El mantenimiento predictivo puede añadir valor a los procesos de producción mejorando la

FALLOS	Temperatura de la carcasa	Presión de la sala	Ubicación del distribuidor	Carcasa de la turbina de vibración
Desequilibrio del rotor	5	7	5	3
Compresor de baja presión sucio	5	7	5	3
Turbina de alta presión caliente y dañada	5	7	5	3
Sobrecalentamiento	5	7	5	3
Sin tensión de salida	5	7	5	3
Desequilibrio del rotor	5	7	5	3
Riesgo	5	7	5	3

01

eficiencia y reduciendo la necesidad de mantenimiento no planificado y la redundancia, y con ello reduciendo los costes [1]. En las industrias de procesos, el uso de este enfoque puede reducir el tiempo de inactividad entre un 30 % y un 50 % y prolongar la vida útil de los equipos entre un 20 % y un 40 % [1].

Para adoptar una estrategia de mantenimiento predictivo con éxito, la detección e identificación temprana de fallos incipientes es imprescindible. Esto exige una inspección del equipo y alertas tempranas para investigar las posibles causas de los fallos que puedan producirse.

Pronosticar el mantenimiento no es algo sencillo. Para programar eficazmente el mantenimiento, es necesario predecir cómo de probable es que el estado anormal detectado se desarrolle en el futuro. Solo entonces se podrá obtener información valiosa sobre las probables consecuencias futuras [1]. Por lo tanto, el correcto mantenimiento predictivo requiere un proceso de tres vertientes:

- Vigilancia del estado que permita la detección temprana de fallos;
- Identificación de modos de fallo específicos relacionados con la detección de fallos;
- Cuantificación del alcance del desarrollo de los fallos para contribuir a la planificación del mantenimiento.

A pesar de que existen varios enfoques de ML populares para el desarrollo de modelos para controlar el estado de los activos, como el análisis de componentes principales (PCA), los k vecinos más cercanos (KNN), el factor atípico local (LOF), la máquina de soporte vectorial de una clase (OCSVM), etc. [5], los enfoques de ML

son enfoques de caja negra y dependen totalmente de datos de los activos: no hacen ninguna suposición por lo que respecta al activo o a sus modos de fallo. En la práctica, la experiencia industrial indica que este tipo de enfoque no siempre tiene éxito y a menudo da lugar a varios tipos y/o varias instancias del mismo tipo de falsos positivos; y falsos negativos. Dar una alarma cuando el activo está en perfectas condiciones o viceversa puede aumentar los costes imprevistos y redundantes y reducir la viabilidad [6].

Para evitar estas consecuencias no deseadas, ABB propone el uso de un robusto enfoque híbrido que utiliza modelos de ML y análisis de modos de fallo y efectos (FMEA) de los activos para proporcionar una información precisa sobre su estado real.

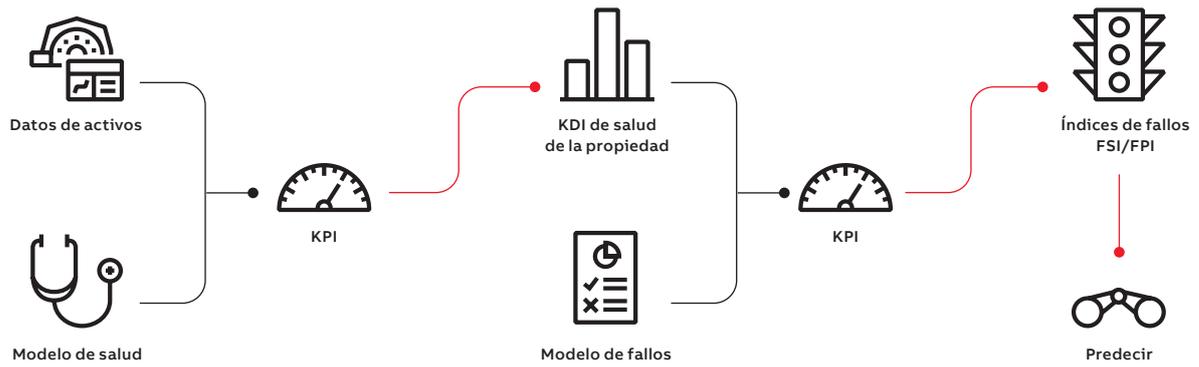
El innovador enfoque híbrido de ABB

El enfoque híbrido de ABB se basa en los datos históricos y los modelos de ingeniería de un activo para permitir el mantenimiento predictivo. Aquí, la supervisión online del estado, combinada con la ciencia de datos, utiliza una de estas dos técnicas:

—
ABB propone un robusto enfoque híbrido que utiliza modelos ML y FEMA del activo para determinar su estado.

- Detección de anomalías cuando las mediciones online se desvían del comportamiento operativo normal;
- Identificación de las características conocidas del fallo cuando las mediciones online se asemejan mucho a una «firma de fallo».

Ambas técnicas utilizan un modelo de datos: la primera representa el «estado correcto» y la segunda refleja la «firma de datos» de las condiciones de fallo. Dado que estas dos técnicas son esencialmente el corolario la una de la otra, es natural concluir que pueden ser igualmente útiles. En la práctica, sin embargo, la primera es a menudo el mejor enfoque porque casi siempre hay suficientes datos históricos disponibles que representan el estado correcto. Estos datos de estado permiten entrenar al modelo. Por el contrario, normalmente no hay datos disponibles, o



02

— 01 Un ejemplo del primer paso del proceso de configuración del estado del activo que ilustra la relación de la medición de fallos a través de variables. Cada variable se calcula como la proporción de la suma del total.

— 02 El enfoque de modelo híbrido propuesto se muestra ilustrando cómo se utilizan modelos de análisis de datos y fallos para generar los indicadores del mantenimiento predictivo.

— 03 Se muestran los indicadores clave de diagnóstico (KDI) y los fallos. La tabla del lado inferior izquierdo muestra la información de resumen que se muestra para los tres KDI con menos puntuación de un activo. Además, a la derecha, se presenta un resumen de los fallos. Las abreviaturas de los parámetros (P) se establecen según la notación estándar ISA S5.1.

no hay datos suficientes, para representar todas las posibles condiciones de fallo, lo que impide entrenar al modelo. Además, este último modelo se basa en las características del equipo, según se observan en los datos, y estas dependen de las condiciones de instalación y funcionamiento. Por lo tanto, los datos que se refieren a una máquina específica suelen ser insuficientes para el entrenamiento de un modelo de fallos preciso.

Con el enfoque híbrido, un modelo de ingeniería permite cuantificar el alcance de la desviación de las mediciones online procedentes respecto del modelo de estado. Se utiliza un modelo de análisis del modo de fallo. Esta técnica, comúnmente conocida como análisis de modos de fallo y efectos (FMEA), es un elemento fundamental de los programas de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM). Dado que ya existen modelos para los equipos y sistemas más comunes, esta técnica resulta ventajosa. El FMEA incorpora los medios (a través de la observación) para definir la posible detección e identificación de un fallo. Cuando esta detección es posible por la medición online de sensores, puede predecirse el fallo.

Tres pasos para el éxito: el proceso del enfoque híbrido

Los científicos de ABB han propuesto un nuevo proceso en tres pasos para configurar el estado de los activos:

- 1) Definir el modelo de ingeniería estableciendo los modos de fallo y las mediciones asociadas.
- 2) Entrenar al modelo de datos con datos históricos.
- 3) Desplegar el modelo.

— Los científicos de ABB han propuesto un nuevo proceso en tres pasos para configurar el estado de los activos: definir, entrenar y desplegar.

En el paso 1, la asociación entre los modos de fallo y las mediciones asociadas se refleja como un conjunto de variables. Una variable distinta de cero indica que el fallo es observable en valores anómalos de la medición, y la magnitud de la

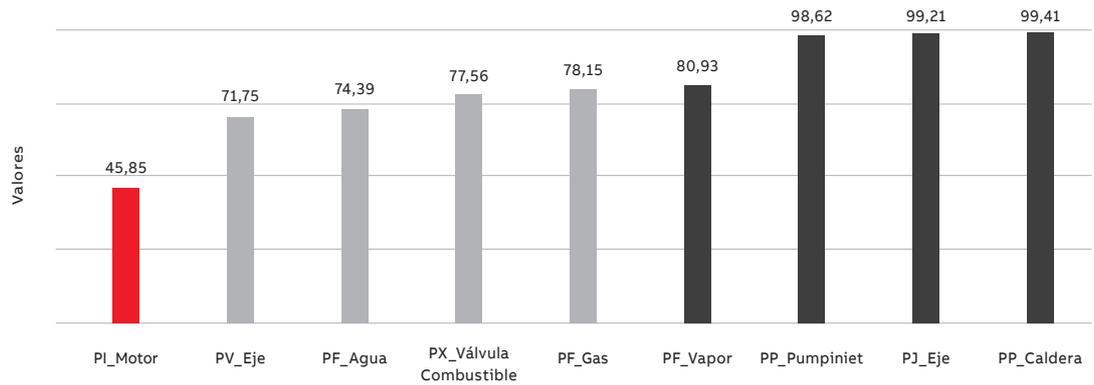
PRINCIPALES INDICADORES DE SALUD

Propiedad	Gráfico	KDI	PV	Referencia	Tiempo hasta crítico
PI_Motor		● 45,85%	52,48 A	50,46	--
PV_Eje		● 71,75%	162,94 rpm	157,42	--
PF_Agua		● 74,39%	45,91 t/hr	47,01	--

PRINCIPALES FALLOS

Fallo	Gravedad	Probabilidad	Tiempo hasta crítico
Fallo bomba	● 39,11%	● 98,82%	--
Mal funcionamiento válvula de gas	● 22,15%	● 95,61%	--
Pérdida de vapor en caldera	● 22,1%	● 95,43%	--

03



Valor HI	45,85	71,75	74,39	77,56	78,15	80,93	98,62	99,21	99,41
Valor PV	52,48	162,94	45,91	32,73	11,59	46,06	0,5	2129,22	32
Referencia	50,46	157,42	47,01	44,13	11,85	47,05	0,5	2128,52	32
Valores disp. estándar	0,66	2,75	0,59	6,62	0,16	0,64	0	6,5	0,03

04

Fallo motor

Nombre de la propiedad	KDI	PV	Referencia	SD
PI_Motor	● 46%	52,48 A	50,46	0,66
PV_Eje	● 72%	162,94 rpm	157,42	2,75
PJ_Eje	● 99%	2129,22 Nm	2128,52	6,5

05

variable refleja la fuerza asociada de la observación en relación con el resto de mediciones →01.

En el paso 2 se utilizan los datos históricos para entrenar al modelo de datos de estado. Los datos seleccionados reflejan el estado correcto del equipo en todas las condiciones de funcionamiento. Para el entrenamiento se utilizan varios métodos estadísticos y de ML para obtener un modelo comprimido adecuado para el cálculo en tiempo real.

A continuación, en el paso 3, se despliegan los modelos entrenados. Estos modelos toman datos del activo a intervalos regulares, por ejemplo, un minuto, y proporcionan información sobre el estado del activo; por ejemplo, la probabilidad de que la condición dé lugar a un modo de fallo.

¿Cómo funciona el modelo híbrido?

Basándose en modelos de análisis de datos y de fallos, el enfoque híbrido genera indicadores para el mantenimiento predictivo: Indicador

clave de diagnóstico (KDI) →02 e indicadores de fallo. En primer lugar, para cada medición en cada modelo se calcula un KDI comparando la desviación del valor medido con respecto

Los KDI se expresan como un porcentaje, lo que permite al usuario interpretar el valor, independientemente del modelo, la cantidad o el rango.

al valor de referencia «esperado». El valor de referencia se obtiene buscando todos los datos de la correspondencia más cercana a las condiciones actuales.

Se utiliza un algoritmo de ML como KNN para calcular de forma eficiente el vecino más cercano.

—
04 Se muestra un ejemplo de indicadores de estado con los valores de referencia correspondientes. Las abreviaturas de los parámetros (P) se establecen según la notación estándar ISA S5.1.

—
05 Resultados de ejemplo de un motor en los que se indican el valor de los KDI subyacentes. Las abreviaturas de los parámetros (P) se establecen según la notación estándar ISA S5.1.

—
06 Dado que los usuarios no solo tienen que consultar los indicadores de estado de corriente del equipo, el innovador enfoque híbrido de ABB les facilita la base para predecir estados futuros.

Todos los KDI se expresan como porcentaje, lo que permite al usuario interpretar fácilmente el valor, independientemente del modelo, la cantidad medida o el rango. Cabe destacar que, aunque se trata de un valor singular, el cálculo del KDI utiliza una técnica multivariable de modo que la correspondencia más cercana tiene en cuenta todas las mediciones definidas para el modelo →02–03.

En segundo lugar, los indicadores de fallos →02: para cada fallo se calculan el indicador de probabilidad de fallo (FPI) y el indicador de gravedad del fallo (FSI) →03. El cálculo representa una agregación de las desviaciones de todas las medidas ponderadas. El cálculo de la agregación difiere para establecer una distinción entre gravedad y probabilidad basada en la distribución relativa de la desviación en todas las mediciones →03.

Además de ver la información de resumen de los KDI y los fallos, los usuarios pueden ver todos los indicadores →04 ordenados por puntuación. Para cada fallo, los usuarios pueden acceder a la información del KDI subyacente →05. Para los valores extraídos del modelo de datos, el valor

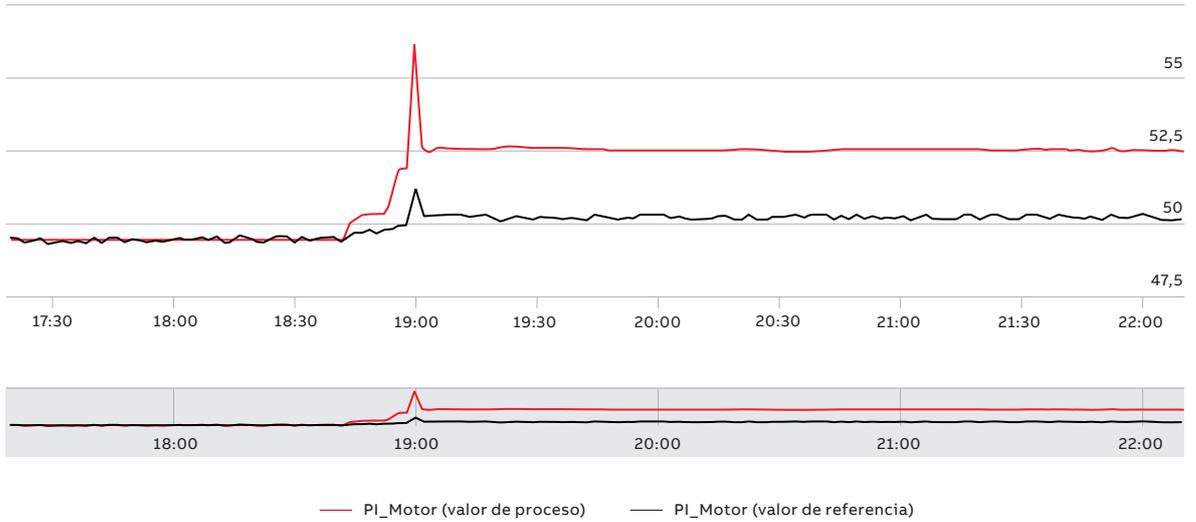
de desviación estándar se calcula utilizando un algoritmo KNN. Este valor se utiliza para calcular la puntuación del KDI y proporciona a un usuario experimentado información sobre el cálculo subyacente.

—
Tomando como base los modelos de análisis de datos y fallos, el enfoque híbrido genera KDI e indicadores de fallos.

Si bien los indicadores mencionados se refieren al estado actual de los equipos, para proporcionar la base del mantenimiento predictivo →06 es necesario prever las condiciones futuras. En primer lugar, se proporcionan al usuario tendencias históricas que permiten el análisis manual →07; esto se consigue facilitando las tendencias históricas de cada uno de los indicadores clave.



Del 10/12/2020 17:04 al 10/12/2020 22:10



07

Fallo	Gravedad %	Probabilidad %	Tiempo hasta crítico	Descripción	Recomendaciones
Fallo bomba	39,11	98,82	--	Fallo bomba	Comprobar el impulsor, la voluta y la instrumentación
Mal funcionamiento válvula de gas	22,15	95,61	--	La apertura de la válvula no coincide con lo esperado	--
Pérdida de vapor en caldera	22,1	95,43	--	Pérdida de vapor	Comprobar el tambor
Fallo motor	10,66	83,97	--	Pérdida de eficiencia	Comprobar pérdidas de cobre, hierro y mecánicas

08 En segundo lugar, se proporciona un perfil de previsión de los indicadores con cierto horizonte futuro. Esto se calcula (y se visualiza) utilizando la técnica de regresión Auto Regressive Integrated Moving Average model (ARIMA).

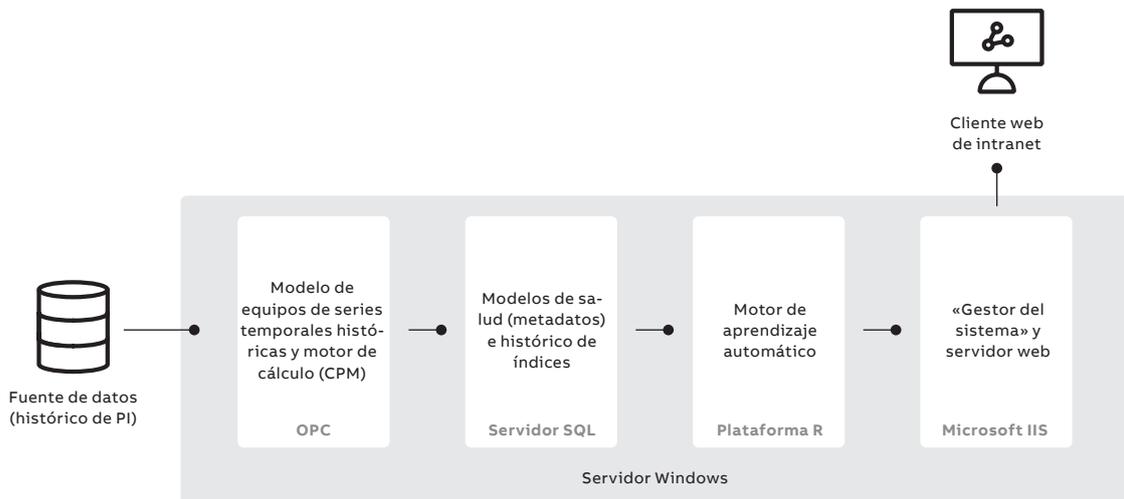
El modelo de fallos ofrece información adicional relacionada con el análisis de la causa y las acciones correctivas, que se visualizan fácilmente →08. Se proporciona un flujo de trabajo totalmente automatizado integrando los valores de los indicadores de fallo y la información de los fallos con un sistema de gestión del mantenimiento informatizado (CMMS). Estos sistemas suelen organizar las actividades de mantenimiento en función de la prioridad y la disponibilidad de recursos.

Arquitectura del enfoque híbrido propuesto
 ABB ha definido una arquitectura típica para su uso con el enfoque híbrido de modelos →09. Aquí, el modelo se entrena con los datos históricos almacenados del activo. Los datos históricos y el motor de cálculo de la aplicación propuesta son la plataforma CPM patentada de ABB. los datos de la aplicación se

almacenan con la base de datos MS SQL y los modelos se entrenan y desarrollan con una plataforma R de código abierto. Se utiliza un servidor web para presentar los resultados y un cliente web de intranet para acceder y ver los resultados.

El software de enfoque híbrido resultante de ABB se ha instalado con éxito desde mediados de 2020 y es fácil de usar.

Pruebas en centrales hidroeléctricas
 A mediados de 2020, Enel Green instaló con éxito el software resultante en 33 centrales hidroeléctricas. Actualmente, se está llevando a cabo una supervisión en tiempo real del estado de varios activos, como hidroturbinas, bombas, motores, generadores, etc., con una finalización prevista del proyecto para 2022. En general, los resultados



09

— 07 Ejemplos de predicción de tendencias futuras de los indicadores de estado.

— 08 Se muestran varios fallos y las probabilidades de que ocurran.

— 09 Se ilustra la arquitectura del enfoque híbrido propuesto.

se presentan en una vista jerárquica y combinada, fácilmente consultable por los usuarios, lo que supone una ventaja importante. Inicialmente, los activos se combinan lógicamente según la subsección de la planta; a continuación, se combinan lógicamente para representar toda la planta. Puede verse el número de activos que están en buen estado (verde), en el límite (amarillo) o en mal estado (rojo) a nivel de planta. El usuario puede entonces profundizar hasta diferentes niveles; puede accederse a una sección de la planta o incluso a un activo específico para consultar la información correcta necesaria.

Basándose en el éxito inicial del proyecto piloto, ABB tiene previsto ampliar el uso de este enfoque híbrido para el mantenimiento predictivo en diferentes sectores verticales, como las centrales eléctricas convencionales, las refinerías, las fábricas de cemento, la industria del petróleo y el gas, etc. Esto es posible porque, a diferencia de la modelización de primeros principios que requiere un conocimiento exacto de los equipos y

Actualmente estamos supervisando el estado de varios activos en tiempo real, con una planificación prevista del proyecto para 2022.

procesos específicos del sector, la modelización de ML y FMA es completamente genérica por naturaleza y, por tanto, no es específica de la industria: un enfoque transformador.

Al anteponer las necesidades de la industria, ABB está desarrollando los medios para utilizar los flujos masivos de datos generados y los análisis avanzados para hacer que el mantenimiento predictivo sea verdaderamente predictivo; garantizando así que las industrias de procesos obtengan valor al mejorar la producción y maximizar el retorno de la inversión de sus equipos. •

Referencias

[1] V. Dilda et al., "Manufacturing: Analytics unleashes productivity and profitability", in *McKinsey & Company*, Aug. 14, 2017, [Online]. [Available]: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturing-analytics-unleashes-productivity-and-profitability> [Accessed June 7, 2021].

[2] ARC Advisory Group, "Asset Performance Management Defined", Website available [Online]. <https://www.arcweb.com/technologies/asset-performance-management> [Accessed June 7, 2021].

[3] Z. Petrovic, "Catastrophes caused by corrosion" in *Military Technical Courier*, Vol. 64, No. 4,

2016, pp. 1048 – 1068. Available: <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0042-8469/2016/0042-84691604048p.pdf>

[4] Accruent, 2019, March 29, "5 Consequences of Reactive Maintenance Strategies", [Online]. Available: <https://www.accruent.com/resources/blog-posts/5-consequences-reactive-maintenance-strategies>

quences-reactive-maintenance-strategies

[5] M. Munir, et al., "DeepAnT: A Deep Learning Approach for Unsupervised Anomaly Detection in Time Series". *IEEE Access*, Jan. 2019, pp. 1991 – 2004.

[6] H. Ringberg, et al., "Sensitivity of PCA for Traffic Anomaly Detection" in *Performance Evaluation Review in SIGMETRICS*, International Conference on Measurement and Modeling of Computer Systems, Vol. 35, Issue 1, 2007, pp. 109 – 120.



Produc- tividad

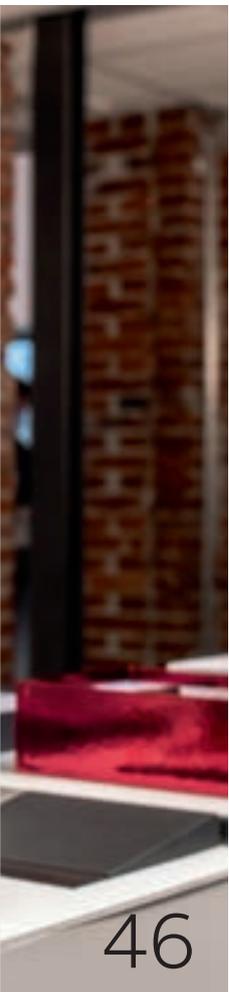




52

En pocas palabras, la productividad es la medida de la producción por unidad de entrada. Aumentar esa cifra a menudo conlleva incurrir en problemas de coste, tiempo, o incluso de física básica. ABB está trabajando con sus clientes en el uso de tecnologías digitales que permiten sortear y superar muchas de estas barreras.

- 42 Motores síncronos de reluctancia E5
- 46 Una nueva clase de compañero de trabajo
- 52 Transformación digital de una acería



46



42

PRODUCTIVIDAD

Motores síncronos de reluctancia IE5



01



Tero Helpio
ABB IEC LV Motors
Division,
Motion Business Area.
Helsinki, Finlandia

tero.helpio@fi.abb.com

Los motores síncronos de reluctancia (SynRM) IE5 de ABB ofrecen una eficiencia energética ultrapremium —un nuevo nivel de eficiencia definido por la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI)— y son la primera opción para satisfacer la creciente demanda mundial de mejora de la eficiencia energética.



Jouni Ikäheimo
ABB IEC LV Motors
Division,
Motion Business Area.
Helsinki, Finlandia

jouni.ikaheimo@
fi.abb.com

Los motores eléctricos convierten en electricidad un tercio de toda la electricidad disponible y se espera que de aquí a 2040 esta cifra se duplique, lo que equivaldría a añadir un mercado eléctrico del tamaño de China a la demanda energética mundial. Este inminente aumento masivo del uso de la energía eléctrica impulsa la necesidad de motores más eficientes.

El motor de inducción (MI) tradicional, aun siendo el motor eléctrico más común de la industria, presenta desventajas inherentes debido a su velocidad asíncrona —como pérdidas de calor del rotor que reducen la eficiencia y la vida de componentes y cojinetes. Sin embargo, los nuevos

motores de reluctancia síncrona IE5 (SynRM) de ABB ofrecen una eficiencia energética ultrapremium, un nuevo nivel de eficiencia definido por la IEC. El SynRM se caracteriza no solo por su alta eficiencia energética, sino también por su fiabilidad y sus bajas necesidades de mantenimiento →01–02.

¿Qué es un SynRM?

Los SynRM son supereficientes y se basan en un elegante principio conocido desde hace tiempo, pero que no se ha podido explotar plenamente hasta la reciente aparición de la sofisticada electrónica de los variadores de velocidad (VSD).

—
01 Los nuevos SynRM IE5 de ABB son ideales para aplicaciones como el bombeo de agua.

—
02 El SynRM IE5 supone un gran paso adelante en la tecnología de motores eléctricos sostenibles en términos de eficiencia, fiabilidad y densidad de potencia.

—
03 El SynRM IE5 mejora el rendimiento en aplicaciones como el funcionamiento de silos.

En los SynRM, el rotor está diseñado para generar una reluctancia magnética (resistencia al flujo de un campo magnético) mínima en una dirección y la máxima reluctancia en la dirección perpendicular. El VSD dirige el campo del estator para que «gire» alrededor del motor. Las propiedades de

—
El rotor no tiene imanes ni devanados y prácticamente no sufre pérdidas de potencia.

reluctancia magnética direccionalmente desiguales del rotor hacen que el rotor gire con el campo y a la misma frecuencia.

La tecnología SynRM combina el rendimiento del motor de imanes permanentes con la simplicidad y facilidad de servicio del motor de inducción, ya que los SynRM no incluyen componentes basados en tierras raras como los imanes permanentes. El rotor no tiene imanes ni devanados y prácticamente no sufre pérdidas de potencia. Y como no hay fuerzas magnéticas en el rotor, el mantenimiento es tan sencillo como el de los motores de inducción.

El SynRM de ABB se lanzó en 2011 con una clase de eficiencia IE4, inicialmente disponible para



02

bombas y ventiladores, y actualmente para todas las aplicaciones. ABB presentó el motor de eficiencia ultrapremium SynRM IE5 en 2019. ABB ofrece dos gamas de SynRM:

- Los SynRM de gran rendimiento con una potencia de 1,1 a 350 kW en tamaños de bastidor IEC 90 a 315.
- El SynRM IE5 con una potencia de 5,5 a 315 kW en tamaños de bastidor IEC 132 a 315.

En el lado de la transmisión, se incrementa el número de aplicaciones VSD, lo que ayuda a que la tecnología de transmisión de los SynRM se comercialice más.

Los clientes pueden aumentar su eficiencia energética, mejorar la sostenibilidad y mejorar la fiabilidad pasándose al SynRM IE5 Ultrapremium de ABB, que ofrece hasta un 50 % menos de pérdidas de energía en comparación con los motores IE2, así como un consumo de energía y unas emisiones de CO₂ significativamente menores que los MI IE2 utilizados habitualmente →03.

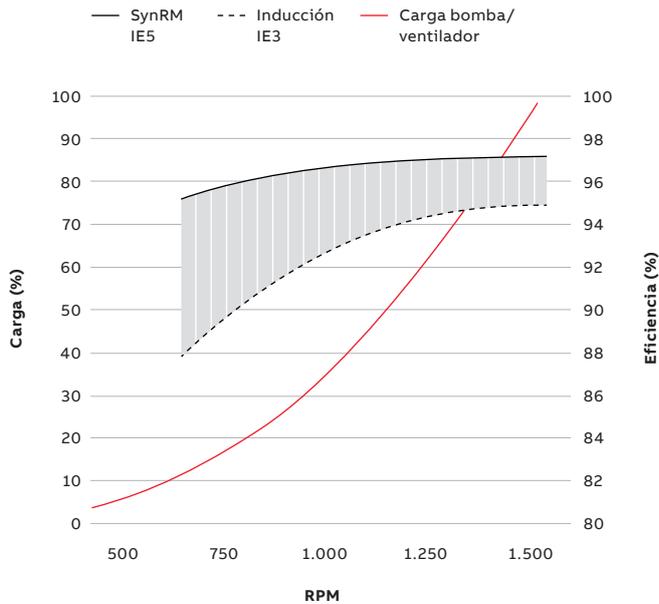
Temperaturas más bajas y compatibilidad mecánica

La tecnología SynRM ofrece temperaturas del devanado hasta 30 °C más bajas y temperaturas del cojinete hasta 15 °C más bajas. Estas temperaturas de trabajo más bajas tienen muchas ventajas: mayor vida útil del aislamiento e intervalos mayores de engrase y mayor vida útil de los cojinetes. Las temperaturas más bajas de los cojinetes son un factor importante porque los fallos de los cojinetes provocan alrededor del 70 % de los fallos imprevistos del motor.

El SynRM IE5 tiene el mismo tamaño que un motor de inducción IE2, lo que elimina la

03





04

necesidad de realizar modificaciones mecánicas en caso de renovación y facilita la sustitución de los motores de inducción tradicionales. Esta compatibilidad también simplifica el suministro de recambios y el mantenimiento.

IE5 según la IEC TS 60034-30-2

La norma técnica IEC 60034-30-1 para la clasificación de eficiencia IE ha sido sustituida por la IEC 60034-30-2:2016, que define nuevas clases de eficiencia para los motores de CA con variador de velocidad que abarcan, por primera vez, a los SynRM IE5 de ABB. De esta norma procede la clasificación «Eficiencia Ultrapremium – UPE» que caracteriza a los SynRM de ABB.

Los motores IE5 tienen un 20 % menos de pérdidas en comparación con los motores IE4, independientemente de la tecnología o la norma IEC utilizada.

La nueva norma permite la comparación directa a nivel de clase IE de los motores de inducción tradicionales con variadores de velocidad con los motores de tecnología avanzada diseñados únicamente para VSD (como los SynRM). No importa si la clasificación IE se hace con una alimentación sinusoidal (DOL) según la IEC 60034-30-1 o con una alimentación VSD según la IEC TS 60034-30-2, ya que la clase IE sigue caracterizando el rendimiento de la eficiencia de

cualquiera de las soluciones con VSD en servicio, es decir, los motores de la misma clase IE tienen el mismo rendimiento de eficiencia.

Para hacer una comparación válida, se reducen los valores límite de la clase IE de la IEC 60034-30-2 para tener en cuenta las pérdidas de armónicos adicionales en el motor DOL causadas por el accionamiento: un 15 % de pérdidas adicionales para los motores DOL de hasta 90 kW y un 25 % para los motores DOL de más de 90 kW. Por ejemplo, un motor DOL IE3 de 15 kW con una eficiencia nominal del 92,1 % que funcione con un VSD tendría una eficiencia real del 91,0 % (es decir, un 15 % menos). Este es el valor que debe compararse con el 94,8 % de eficiencia de un SynRM equivalente. Los valores límite deben alcanzarse a una velocidad del 90 % y a un par del 100 %. El catálogo SynRM IE5 de ABB incluye un cálculo previo de la eficiencia típica del motor IE3 con un VSD para facilitar la comparación.

En la práctica, los motores IE5 tienen un 20 % menos de pérdidas en comparación con un motor IE4, independientemente de la tecnología o de la norma IEC utilizada.

Eficiencia con carga parcial

Según el nuevo Reglamento (UE) 2019/1781 (por el que se establecen requisitos de diseño ecológico para los motores eléctricos y VSD) los fabricantes deben indicar las pérdidas en puntos de carga específicos de un motor. Estos datos permiten una comparación motor-motor en condiciones de carga parcial durante el funcionamiento con VSD en servicio. Tradicionalmente, no se ha podido realizar una comparación debido a la falta de información sobre las pérdidas del MI con VSD en servicio. Los SynRM IE5 funcionan muy bien a carga parcial.

El SynRM IE5 frente a los motores de inducción IE3 con VSD en servicio

Las mediciones de laboratorio de ABB han puesto de manifiesto las ventajas de los motores SynRM IE5 frente a los motores IE3, incluso en condiciones de carga parcial, cuando las ventajas son incluso mayores que en el punto nominal. →04 muestra el rendimiento de eficiencia típico de un SynRM IE5 frente a un motor de inducción IE3 con bomba/ventilador según las mediciones de laboratorio de ABB.

Un menor consumo energético se traduce en un menor coste total de propiedad

La reducción del consumo energético con los paquetes SynRM y VSD significa que también se reducirá el coste de ejecución del proceso y el coste total de propiedad. Y, aunque las empresas pueden ser reacias a cambiar motores o incorporar accionamientos a sus procesos debido a los

—
04 Comparación de la eficiencia del MI IE3 y el SynRM IE5 en varias cargas de bomba o ventilador (mediciones de laboratorio).

—
05 Los SynRM IE5 de ABB proporcionan el par máximo a velocidad cero y una excelente eficiencia a carga parcial, algo esencial, por ejemplo, para el atraque de buques.

costes de inversión iniciales, el coste de un motor es solo una fracción del coste energético que supone su uso.

El ahorro energético compensa a lo largo de la vida

Para un motor de 110 kW que funciona a 1500 rpm, la diferencia en el precio de coste inicial entre un motor IE5 SynRM y un motor IE3 es insignificante en comparación con el ahorro energético anual. Un paquete de motor IE5 ahorrará energía y costes en comparación con el paquete IE3 en cuanto esté operativo, compensando la diferencia de coste a los 13 meses aproximadamente. Además, el paquete SynRM

Su par cuadrático constante de gran eficiencia ofrece un control rápido y preciso.

IE5 seguirá generando ahorros anuales durante el resto de su vida útil, que puede ser de 10 a 15 años. En unos 10 años, los ahorros generados por el uso reducido de energía habrán compensado el coste inicial de todo el paquete IE5.

Motores para el futuro

Como los SynRM IE5 utilizan menos electricidad que otros motores, se reducen las emisiones de CO₂. Su par cuadrático constante de gran eficiencia ofrece un control rápido y preciso. Los

SynRM IE5 de ABB proporcionan el máximo par a velocidad cero y ofrecen una excelente eficiencia a carga parcial →05. El control de la velocidad es muy preciso gracias a la naturaleza síncrona del motor y el rendimiento es casi servo gracias a la baja inercia del rotor. El motor es muy silencioso y es ideal para accionar bombas, ventiladores, compresores, etc., en cualquier aplicación industrial. Muchas instalaciones de clientes ya utilizan el SynRM IE5 de ABB para reducir costes e impulsar la productividad. Por ejemplo, una empresa de procesamiento de alimentos redujo casi a la mitad el consumo energético de su sistema de ventiladores al cambiar a los SynRM de ABB.

En motores, ABB presume de tener la solución adecuada para cualquier necesidad industrial y, como respuesta a la demanda del mercado de mayor producción, mayor eficiencia, intervalos de mantenimiento más prolongados y reducción del tamaño. ABB cree que la tecnología SynRM IE5, que supera con creces los estándares mínimos de eficiencia (MEPS) establecidos por las principales regiones industrializadas, sienta las bases para la eficiencia sostenible de los motores de baja tensión en el futuro.

La eficiencia se está convirtiendo en un problema crítico para los fabricantes de motores y sistemas de motores: la tendencia en la UE, Estados Unidos y Asia va hacia una legislación más exigente, tanto para los motores, como para el sistema en el que se integran. Y ABB va un paso por delante con la tecnología IE5 SynRM. •



PRODUCTIVIDAD

Una nueva clase de compañero de trabajo

Los robots trabajan codo con codo con los humanos cada vez más. A medida que esta tendencia va perfilándose, estos ayudantes de uno y dos brazos son cada vez más pequeños, más inteligentes, más rápidos, más fáciles de entrenar y, sobre todo, más seguros. En resumen, están convirtiéndose en una nueva clase de compañeros de trabajo conocidos como «cobots».

Los robots están evolucionando. Antaño separados por vallas de los trabajadores, están migrando cada vez cada vez más a espacios comparativamente abiertos →01–02 que caracterizan los entornos de fabricación a pequeña y mediana escala, colaborando con los trabajadores humanos en la manipulación de materiales, la manipulación de máquinas y el montaje de componentes, y ofreciendo apoyo en

laboratorios →03, centros logísticos, almacenes y talleres.

Esta nueva clase de ayudantes, conocidos como cobots son básicamente robots diseñados para operar en presencia de trabajadores humanos sin necesidad de medidas de seguridad como vallas. Su objetivo es ayudar a las empresas a contratar y retener personal para una amplia gama de



Marc Mustard
Content & Robotics
Manchester, Reino Unido

marc.mustard@
gb.abb.com



—
01 Gracias al énfasis en la seguridad, la última generación de robots puede operar codo con codo con los trabajadores de oficina.

—
02 La programación inicial permite a los usuarios mover el brazo del robot en varias posiciones para crear movimientos personalizados.

tareas aburridas, sucias, repetitivas, peligrosas o ergonómicas. De hecho, en consonancia con un informe de McKinsey de 2020 sobre el futuro del trabajo [1], Europa podría afrontar una escasez de trabajadores a medida que la economía se recupera tras la crisis de la COVID-19: «La población europea en edad de trabajar probablemente se reducirá en 13,5 millones (o un 4 %) debido al envejecimiento previsto de aquí a 2030», dice el informe.

Ventajas de los bots

Para las empresas, automatizar los procesos sin necesidad de un vallado físico no solo reduce el coste total de la instalación, sino que ahorra espacio y crea un entorno de trabajo más abierto. Esto permite a las personas realizar sus tareas libremente y minimiza las interrupciones asociadas a detener y reiniciar físicamente la producción para acceder a un robot.

La instalación de robots también puede ayudar a una empresa a reducir sus costes operativos, mejorar la calidad y la uniformidad del producto, mejorar la producción y la flexibilidad de fabricación y mejorar el uso de las instalaciones. Además de ayudar a los directivos a compensar la escasez de mano de obra, la automatización puede mejorar la salud y la seguridad en el lugar de trabajo, ya que los robots ayudan a los trabajadores con tareas de levantamiento de cargas pesadas y repetitivas.

La incorporación de la automatización a un proceso o línea de producción también ha demostrado mejorar la satisfacción en el trabajo, con empleados capaces de mejorar sus habilidades y centrarse en tareas de valor añadido y más gratificantes.

A la vista de estas tendencias, ABB ha ampliado recientemente su cartera de robots colaborativos con la introducción de GoFa™ y SWIFTI™, que complementan su línea de cobots líder en el sector de YuMi® y YuMi® de un solo brazo.

—
La población europea en edad de trabajar probablemente se reducirá en 13,5 millones (o un 4 %) debido al envejecimiento previsto de aquí a 2030.

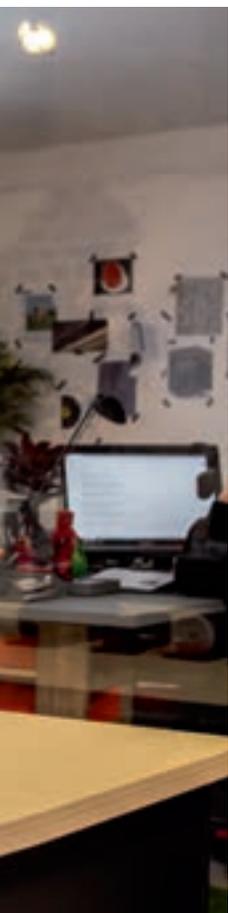
GoFa™: el cobot para ir a cualquier lugar

Capaz de manipular una carga útil de hasta 5 kg y de funcionar a 2,2 metros por segundo, significativamente más rápido que otros cobots de su clase, el GoFa →04 puede realizar más operaciones en un período dado que los cobots de la competencia. Estas capacidades lo hacen ideal para tareas de montaje o recogida y empaquetado en las que los elementos deben ser transferidos de manera rápida y precisa de un lugar a otro. El rendimiento del GoFa se ve mejorado aún más por su repetibilidad de posicionamiento a nivel de micras, lo que permite recoger, mover y colocar objetos con precisión una y otra vez.

Además, con 950 mm, el alcance del GoFa supera a otros cobots de 5 kg en aproximadamente un 12 %. Con un 70 % más de alcance que el robot monobrazo YuMi de ABB, GoFa puede ayudar a reducir el número de cobots que pueden ser necesarios en un único espacio.

GoFa incorpora un sistema de seguridad pasiva que le permite trabajar junto a personas sin barreras de seguridad. Los sensores integrados de par y posición en cada una de sus seis uniones permiten que el GoFa pueda pararse por completo en milisegundos si entra en contacto con una persona.

Y además, GoFa puede ir dondequiera que se le necesite. Con un peso manejable de 27 kg, una superficie de tan solo 165 mm² y capaz de ser montado en cualquier dirección, GoFa, al igual que YuMi y YuMi de un solo brazo de ABB, ofrece



UN COBOT PARA LOS TÉCNICOS DE LABORATORIO

En el Hospital Universitario Karolinska de Suecia, la incorporación al equipo de laboratorio de un robot colaborativo de ABB para asumir laboriosas tareas manuales ha creado un mejor entorno de trabajo y ha aumentado la eficiencia [1].

Las soluciones robóticas no son nada nuevo en el sector sanitario. A medida que crece la presión en todo el sector sanitario, desde el desarrollo de vacunas y pruebas hasta la atención al paciente, se ha intensificado la búsqueda de nuevas formas de utilizar los robots para cubrir lagunas en la capacidad de producción y disponibilidad de personal.

En su propio centro de innovación, el Hospital Universitario Karolinska de Suecia ha buscado formas de ofrecer mejores niveles de rendimiento mediante la automatización.

En colaboración con diversas organizaciones, incluida ABB, el hospital ha estado explorando formas de utilizar la tecnología robótica en áreas que van desde la cirugía y la atención pediátrica hasta el transporte de instrumentos, la lavandería y la alimentación. Un área donde se ha implementado la automatización es en el Laboratorio de la Universidad de Karolinska. El laboratorio procesa millones de muestras médicas cada año, y aunque la automatización

de clasificación fija permite el manejo de grandes volúmenes, había muchos pasos manuales que implican laboriosas tareas repetitivas que podían beneficiarse de los asistentes robots. Una de estas áreas era escanear los tubos de

A medida que aumenta la presión para llenar vacíos de personal, los robots de ABB están escaneando tubos de prueba y abriendo bolsas de transporte.

prueba y abrir las bolsas de transporte. Actualmente, gracias a un robot colaborativo de ABB que ha asumido esta función, los técnicos de laboratorio están libres de esta tarea monótona y agotadora, lo que se traduce en una menor tensión en las muñecas, mejores flujos de trabajo y mayor eficiencia. •

En los laboratorios de hospitales, hay muchos pasos manuales que implican tareas laboriosas y repetitivas que pueden beneficiarse de asistentes robots.

Referencias

[1] ABB, ABB's collaborative robot at Karolinska University Laboratory, November 12, 2020. Available: <https://new.abb.com/news/detail/70465/abbs-collaborative-robot-at-karolinska-university-laboratory> [Accessed May 19, 2021].





04

03 ABB está explorando formas de utilizar la tecnología robótica para apoyar a los hospitales y a su personal.

04 Con un peso de solo 27 kg, el GoFa puede ir donde sea.

SWIFTI es capaz de alcanzar velocidades superiores a los 5 m/s, cinco veces más rápidas que la mayoría de las demás máquinas de su clase.

la flexibilidad necesaria para ser utilizado cuándo y dónde sea necesario, para promover cambios de procesos a corto plazo o para llenar vacíos en las líneas de producción dónde y cuándo sea necesario. Estas capacidades ofrecen a los usuarios la flexibilidad necesaria para adaptarse rápidamente a las circunstancias cambiantes o a las demandas de los clientes.

GoFa está diseñado para trabajar con la familia de controladores de robots OmniCore de ABB. Con altos niveles de flexibilidad, conectividad y rendimiento, OmniCore ofrece una reducción del 50 % del espacio ocupado en comparación con

los controladores de robots anteriores, junto con el mejor control de movimiento y precisión de recorrido de su clase. OmniCore puede integrarse fácilmente con las últimas tecnologías de producción digital, incluida una amplia variedad de buses de campo, sistemas de visión avanzados y control de fuerzas.

SWIFTI: un socio de alta velocidad

Sustancialmente más rápido que el GoFa, el SWIFTI →05 es un robot industrial colaborativo destinado a tareas como el montaje y el pulido. Capaz de alcanzar velocidades superiores a los 5 m/s, cinco veces más veloz que la mayoría de las demás máquinas de su clase, el SWIFTI está diseñado para colaborar de manera intermitente con personas al tiempo que maneja una carga útil de hasta 4 kg.

SWIFTI está equipado con un sistema de seguridad activa basado en un escáner láser. Si un trabajador se acerca, por ejemplo, para cargar, descargar o recolocar piezas, SWIFTI ralentiza y se detiene, y se reinicia automáticamente cuando



Igual de rápido que un robot industrial estándar
5 m/s



Fácil configuración de seguridad en Flexpendant

Luz interactiva



Capacidad de carga
4 kg
rango máximo
580 mm

SWIFTI

TRABAJO COLABORATIVO Y SEGURO,
INCLUSO A ALTAS VELOCIDADES

Dispositivo acoplable para programación portátil



05

la persona sale de la zona de seguridad sensorial del robot, permitiendo que la producción se reanude lo más rápido posible.

SWIFTI proporciona seguridad colaborativa, velocidad y precisión a la altura que las de un robot industrial.

Diseñado específicamente para cerrar la brecha entre los robots colaborativos e industriales, SWIFTI aborda muchas de las barreras que han impedido a las empresas aprovechar todos los beneficios potenciales de la automatización robótica. Aunando las características de seguridad y facilidad de uso e instalación de un robot colaborativo y la alta velocidad, precisión, rendimiento y diseño compacto del robot industrial IRB 1100 de ABB, SWIFTI ofrece lo mejor de ambos mundos. Con una seguridad, velocidad

y precisión colaborativas a la altura de las de un robot industrial, ayudará a las empresas a transformar su productividad permitiendo una mayor cooperación entre robots y trabajadores humanos en una amplia gama de aplicaciones.

Otra ventaja de SWIFTI es que puede utilizarse con las mismas herramientas que un robot industrial estándar IRB 1100, lo que abre la puerta al ahorro de costes. Un ejemplo es la inclusión de un paquete de vacío, que incluye cuatro suministros de aire integrados que pueden utilizarse para permitir la recogida simultánea de varios objetos mediante aspiración. Utilizado normalmente en los robots industriales IRB 1100 de ABB, este paquete de vacío puede instalarse en SWIFTI para ofrecer la misma funcionalidad sin necesidad de modificaciones.

Además, dado que SWIFTI utiliza la misma plataforma que el IRB 1100, representa la solución ideal para aplicaciones como carga y descarga, montajes en los que los trabajadores deben trabajar de manera intermitente en el mismo espacio de trabajo

—
05 SWIFTI está diseñado para cerrar la brecha entre los robots colaborativos y los robots industriales.

—
06 La programación es tan sencilla como arrastrar y soltar bloques en la pantalla del FlexPendant de ABB.

que un robot, así como tareas de kitting, manipulación de materiales, atornillado, inserción y pulido.

Programación sencilla

Aunque GoFa y SWIFTI son máquinas muy sofisticadas, los operadores no necesitan aprender complejos lenguajes de programación para entrenarlos. La programación guiada disponible en cualquier parte de los brazos de los cobots

—
Pueden crearse bloques de programación personalizados para controlar las pinzas o crear acciones para aplicaciones específicas.

permite a los usuarios mover las máquinas en varias posiciones para crear programas personalizados utilizando el asistente de software de programación sencilla Wizard de arrastrar y soltar de ABB. Con este asistente, el proceso de programación se reduce a simplemente arrastrar y soltar bloques gráficos en una pantalla FlexPendant

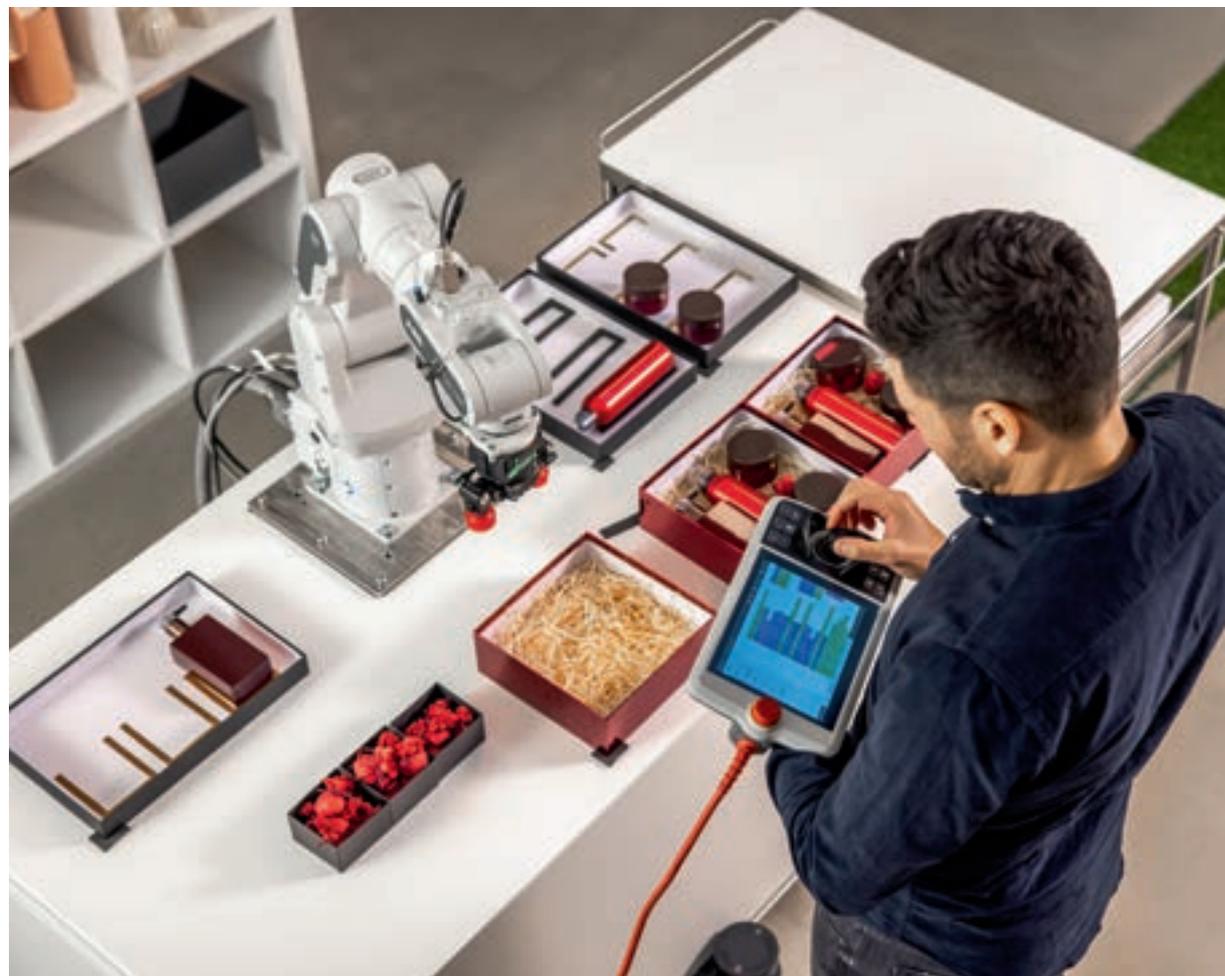
de ABB →06. Esto permite al usuario ver los resultados inmediatamente y ajustar las acciones del cobot según sea necesario. Vinculando estos bloques, pueden montarse programas completos para una amplia gama de aplicaciones.

Para empresas con necesidades de programación más especializadas, pueden crearse nuevos bloques para realizar tareas específicas. Esto se consigue gracias al software Skill Creator de ABB, que puede convertir las rutinas de programación RAPID estándar en bloques de Wizard y prepararlos para su uso por no programadores. Pueden crearse bloques personalizados, conocidos como «skills», para controlar pinzas o crear acciones para aplicaciones específicas, como la automatización de laboratorios.

Los usuarios también pueden utilizar RobotStudio®, el software de simulación y programación offline de ABB. Se trata de la solución basada en PC líder del sector para programación, configuración y comunicación virtual antes de la instalación. Además, al preparar SWIFTI para el servicio, los usuarios pueden establecer zonas de trabajo seguras con SafeMove Visualizer, que pone configuraciones de seguridad directamente en el FlexPendant de ABB. •

Referencias

[1] McKinsey, *The Future of Work in Europe*, 2020, page iv. Available: [https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured Insights/Future of Organizations/Thefuture ofworkin Europe/MGI-Thefuture-of-work-in-Europe-discussion-paper.pdf](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/The%20future%20of%20work%20in%20Europe/MGI-The%20future%20of%20work%20in%20Europe-discussion-paper.pdf) [Accessed May 22, 2021].



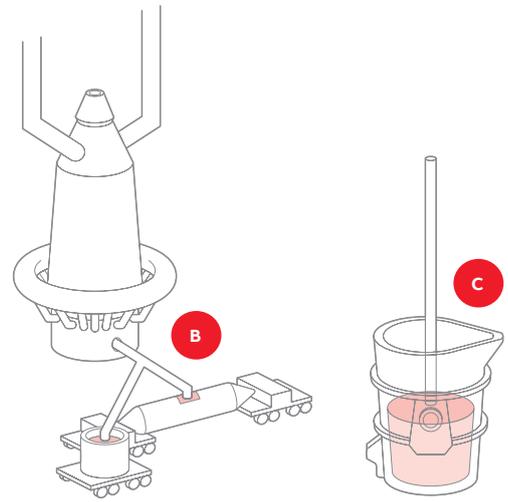
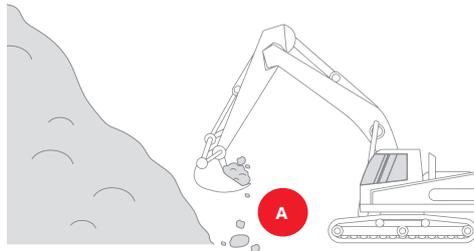


01

PRODUCTIVIDAD

Transformación digital de una acería

Pocos escenarios industriales tienen tantos aspectos críticos como una acería: el uso de equipos, la planificación, la seguridad y el consumo energético deben ser perfectos para evitar importantes impactos negativos. La solución Smart Melt Shop de ABB fomenta el funcionamiento eficiente, seguro y productivo de las acerías.



01 La solución digital Smart Melt Shop de ABB mejora la eficiencia energética y la productividad haciendo un seguimiento de los equipos, planificando actividades y modelizando el comportamiento térmico.

02 Unidades y flujo de procesos de una acería integrada.

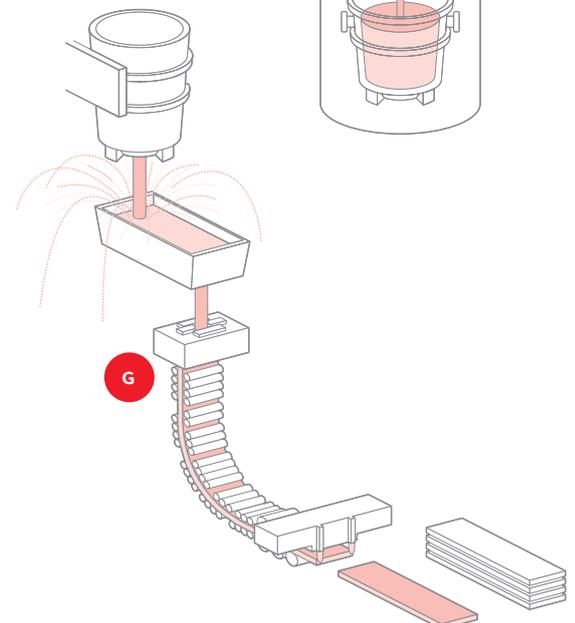
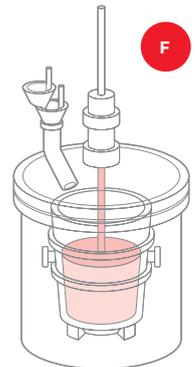
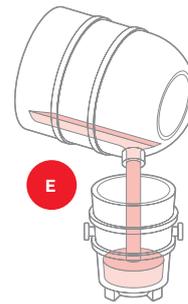
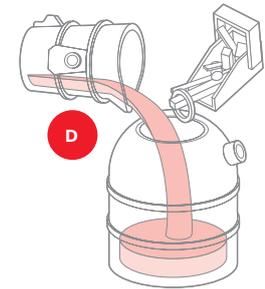
- A Manipulación de materias primas
- B Alto horno
- C Transporte en cuchara
- D Horno de oxígeno básico
- E Transporte en cuchara
- F Procesamiento secundario
- G Colada continua

Con orígenes que se remontan a muchos siglos atrás, la siderurgia es una de las industrias más antiguas que aún se practican. La tecnología ha cambiado mucho –y sigue cambiando– el proceso de fabricación del acero, pero los principios básicos siguen siendo los mismos. En una planta moderna de fabricación de acero, la acería es el

La producción y manipulación de estas cantidades de metal fundido es una operación potencialmente muy peligrosa si se realiza incorrectamente.

corazón del proceso. Aquí, las materias primas se tratan en un horno y el lote de metal fundido resultante, que suele pesar alrededor de 200 toneladas y rondar los 1600 °C, se vierte en un recipiente refractario vacío (una «cuchara») para pasar a la siguiente etapa del proceso de fabricación del acero →01. La producción y manipulación de estas cantidades de metal fundido no solo es una operación que consume mucha energía, sino también potencialmente muy peligrosa si se realiza incorrectamente.

Una vez llena, la cuchara que contiene el lote de metal fundido se traslada al llamado horno cuchara (LF por sus siglas en inglés) en un vagón transportador o grúa puente. En el LF, se consigue la composición deseada y la homogeneización de la temperatura del metal fundido. Una vez finalizado el procesamiento en el LF, la cuchara se transporta mediante grúas puente hasta una máquina de colada continua donde el material fundido se transforma en losas sólidas, tochos, etc. Esta transformación se logra vertiendo el material fundido líquido de la cuchara en una cuba separadora (una «artesa») fijada en la parte superior del molde de la colada. A continuación, la artesa vierte el líquido fundido en el molde para una colada continua →02. Después de drenar



Anurag Nandwana
Gautham Madenoor
Ramapriya
Ulaganathan Nallasivam
ABB Corporate Research
Bangalore, India

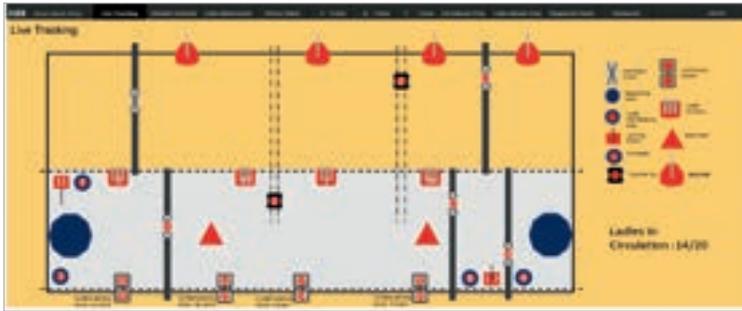
anurag.n@in.abb.com
gautham.madenoor-
ramapriya@in.abb.com
ulaganathan.nallasivam@in.abb.com

Tarun Mathur
ABB Metals
Mannheim, Alemania

tarun.mathur@
in.abb.com

Thota Phanindra
Suraj Kotian
Praveen KC
Amitkumar Chakraborty
ABB Metals
Bangalore, India

venkata.phanindra@
in.abb.com
suraj.s.kotian@
in.abb.com
praveen.kc@in.abb.com
amitkumar.chakra-
borty@in.abb.com



03



04



05

todo el líquido fundido de la artesa y el posterior desescoriado en el vertedero, la cuchara vacía se desplaza, mediante grúas puente, hasta un stand de mantenimiento. Después del mantenimiento, la cuchara está lista para recoger el siguiente lote de metal fundido.

Oportunidades de digitalización en la acería

Una acería típica tiene un número limitado de hornos de arco eléctrico/convertidores, LF, máquinas de colada continua, grúas, vagones transportadores y, en algunas plantas, equipos de desgasificación y otras unidades para producir aceros más limpios y especiales. Por lo tanto, es fundamental que se utilicen eficazmente. En la mayoría de las acerías, el funcionamiento de los equipos está dirigido por un equipo de operaciones que hace un seguimiento de las ubicaciones de las grúas, la disponibilidad de las unidades y los trabajos en curso y futuros. El supervisor, o el personal especializado sobre el terreno, lleva a cabo un seguimiento de las grúas, las cucharas, etc. en tiempo real. Estas actividades suponen un

riesgo importante para la seguridad, teniendo en cuenta que los accidentes en las acerías pueden ser mortales.

El supervisor debe asegurar la disponibilidad continua de metal fundido para la colada en todas las máquinas de colada, ya que la interrupción del proceso de colada es altamente indeseable. Sin embargo, el paso de la colada continua está precedido por el paso por lotes en el LF. Esta combinación de procesos por lotes y continuos complica aún más la tarea del supervisor de tomar decisiones de forma manual y en tiempo real.

—
ABB Ability™ Smart Melt Shop
 aborda la seguridad, la productividad y la eficiencia energética.

Aquí, ABB ve la oportunidad de una solución digitalizada para ayudar al supervisor a dirigir una acería segura y productiva.

Si bien la mejora de la productividad influye en la generación de ingresos, el funcionamiento eficiente de la acería también es importante desde una perspectiva de costes. Resulta de especial interés la operación del LF, que consume mucha energía, en la que el material fundido líquido de la cuchara se lleva a altas temperaturas. Durante el posterior transporte a la máquina de colada, el material fundido se enfriará y tal vez caiga por debajo del rango de temperatura adecuado, lo que requerirá su reprocesamiento y recalentamiento, provocando un desperdicio de energía, una menor eficiencia de producción y posibles daños al equipo. El sobrecalentamiento preventivo por encima del rango de temperatura requerido se traduce en un tiempo de procesamiento más largo y un mayor consumo de energía.

ABB Ability™ Smart Melt Shop es una completa solución digital para acerías que aborda los problemas de seguridad, productividad y eficiencia energética citados anteriormente mediante la incorporación de:

- Un sistema de seguimiento de las cucharas que permite una visibilidad completa de la acería.
- Un módulo de planificación que permite la gestión eficaz del trabajo de las grúas y los equipos de procesamiento para conseguir una alta eficiencia de producción.
- Un módulo térmico para mejorar la eficiencia energética y la productividad.

—
03 Sistema de seguimiento de las cucharas. Más de una docena de equipos pueden estar operativos en cualquier momento.

—
04 Visualización de la planificación consolidada.

—
05 Pantalla del operario de la grúa

—
06 El proceso de colada.

Visibilidad: sistema de seguimiento de las cucharas

En una acería, es importante conocer la ubicación y el estado de las cucharas y las grúas en todo momento. Aunque las grúas pueden localizarse visualmente con facilidad, la ubicación precisa de las cucharas puede ser difícil de determinar. Se han probado varias técnicas de localización de cucharas, como el uso de etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID). Todas las técnicas probadas presentan limitaciones; así, una etiqueta RFID solo puede detectarse cuando se encuentra cerca de una estación base y, a pesar de su carcasa refrigerada, las etiquetas siguen siendo propensas a fallos.

Smart Melt Shop supera estas limitaciones al hacer un seguimiento preciso de todos los transportadores de cucharas de la acería. El principio del método reside en el hecho de que una cuchara solo puede desplazarse por una grúa o un vagón transportador. Una cámara identifica cada cuchara que entra en la zona activa de la acería por su número de cuchara. A medida que la cuchara se mueve, su ubicación se actualiza continuamente en la base de datos de tiempo de ejecución y esta misma información se muestra en las pantallas de supervisión central →03 hasta

—
El módulo de planificación utiliza los datos de localización de las cucharas en tiempo real para planificar actividades de la manera más productiva y eficiente.

que otro medio transportador, como una grúa, llega a la misma posición y la recoge. Entre los puntos de seguimiento reales, la posición de la cuchara se infiere a partir del movimiento esperado del transportador de la cuchara.

Módulo de planificación

El módulo de planificación del Smart Melt Shop utiliza la información en tiempo real del sistema de seguimiento de cucharas para ayudar a planificar actividades futuras de la manera más productiva y eficiente, hasta un horizonte temporal concreto. A medida que el programa de actividades se acerca a su fin, el planificador calcula el siguiente. Al generar una planificación para cada horizonte, el módulo de planificación:



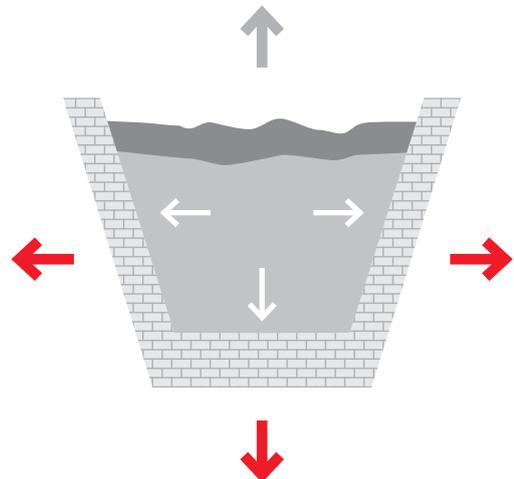


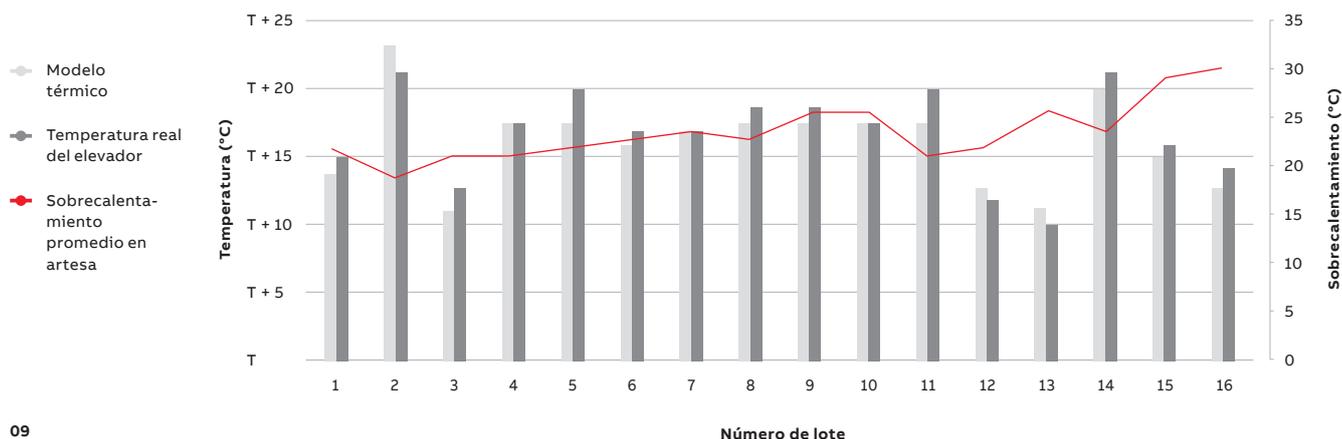
- Recopila información de cada pieza de los equipos de procesamiento.
- Establece dónde deben dejarse las cucharas identificadas para su recogida.
- Determina qué grúas tienen que transportar las cucharas.
- Calcula los tiempos precisos en los que las grúas deben recoger y dejar las cucharas en los respectivos equipos.

El extracto sobre grúas de la planificación general hace las veces de instrucciones para maniobrar oportunamente la grúa.

Al realizar estos cálculos, debe garantizarse que se cumplen ciertas restricciones inherentes a las operaciones de la acería. Por ejemplo, cada cuchara debe seguir una secuencia particular de operaciones en cada ciclo y todas las cucharas deben permanecer en un equipo durante un período de tiempo dado antes de poder ser recogidas. Con estas y más limitaciones incorporadas, el módulo produce una planificación para la visualización y supervisión centralizadas →04.

Además de una visualización centralizada, cada operador de grúa dispone de una pantalla independiente en su puesto de conducción que muestra las futuras actividades específicas planificadas para esa grúa en particular. Este extracto sobre grúas de la planificación general hace las veces de instrucciones para maniobrar oportunamente la grúa →05. Por último, además de su utilidad como herramienta guía para la operación productiva, la salida del módulo de planificación también proporciona información útil al módulo térmico.





09

— 07 Durante el proceso se pierde calor.

— 08 Pérdida de calor de una cuchara con acero fundido.

— 09 Predicción del modelo térmico y temperatura en la máquina de colada. Los requisitos de sobrecalentamiento están entre 20 °C y 30 °C.

El módulo térmico

Como hemos mencionado, el material fundido debe estar dentro de una estrecha ventana de valores de temperatura cuando llega a la máquina de colada. Sin embargo, se pierde calor durante la retención, el transporte y el vertido del material fundido para su fundición →06–08.

Smart Melt Shop mejora la productividad, la eficiencia energética y la seguridad operativa.

La pérdida de calor del material fundido depende de variables del proceso como las propiedades del material fundido, el tiempo de retención, la temperatura del material fundido, las características de la capa de escoria y el tipo de fundición, así como de las propiedades de la cuchara, como la composición de la pared, el estado de erosión del revestimiento interior de la cuchara, el historial térmico de la cuchara, etc. Dado que estas características están destinadas a cambiar con cada carga de material fundido que transporte la cuchara, la pérdida de calor y, por lo tanto, la temperatura requerida al final del funcionamiento del LF también son diferentes. La temperatura óptima en el LF podría variar en función del lote. En la planta donde se implantó por primera vez el modelo (ver siguiente apartado), esta variación superó los 40 °C.

Smart Melt Shop utiliza un modelo térmico para estimar este comportamiento dinámico de la pérdida de calor y predecir la temperatura final requerida en el LF para una correcta colada. El modelo emplea un esquema de discretización y calcula la transferencia de calor a través de la

pared de la cuchara y otras interfaces. Basándose en la pérdida de calor así calculada, el sistema proporciona un punto de consigna de temperatura al operador del LF.

Smart Melt Shop en la práctica

La solución Smart Melt Shop se instaló en un importante fabricante de acero en la India y se tradujo en un funcionamiento suave y eficiente de las unidades de procesamiento de la acería. →09 ilustra el rendimiento del modelo térmico. Todos los lotes se calentaron a una temperatura de ± 2 °C con respecto a los valores determinados por el modelo térmico. Todos los lotes menos uno (lote 2) de los 16 estaban dentro del rango de temperatura deseado dentro de la máquina de colada. La implantación del modelo puede suponer un ahorro anual estimado de 4500 MWh en la acería, lo que equivale a una capacidad de producción anual de cuatro millones de toneladas. Otros beneficios asociados son el menor consumo de electrodos y el menor coste del revestimiento de la cuchara por lote de acero. Al mismo tiempo, facilitar a la máquina de colada un material fundido a la temperatura óptima mejora la velocidad de fundición y la productividad.

Un hito en la autonomía de las acerías

Smart Melt Shop ejemplifica cómo la digitalización puede suponer un cambio radical en las unidades de fabricación que presentan algunas de las condiciones más inhóspitas y peligrosas. El funcionamiento digitalizado de Smart Melt Shop mejora la productividad y la eficiencia energética, lo que se traduce en una mayor seguridad operativa. Dado que muchas acerías funcionan actualmente de forma manual, existe un amplio margen para la mejora y la automatización. Smart Melt Shop marca un hito en el camino hacia un funcionamiento autónomo y eficiente. •

Conec- tividad





Los datos y la electricidad son posiblemente los dos recursos en torno a los que girará el mundo conectado del mañana. Crear este tipo de redes es increíblemente difícil. Administrarlas y protegerlas lo es aún más. ABB cuenta con una gran experiencia en este ámbito.

- 60 ABB lleva Ethernet-APL con OPC UA sobre el terreno
- 68 La generación distribuida despierta la demanda de un nuevo interruptor
- 74 Conectando buques y puertos a un futuro más limpio



CONECTIVIDAD

ABB lleva Ethernet-APL con OPC UA sobre el terreno

Junto con otros líderes del mercado y organizaciones de normalización, ABB ha desarrollado una conectividad Ethernet sobre el terreno para su uso en áreas peligrosas de las industrias de procesos. Al ampliar su uso a redes convergentes basadas en OPC UA, ABB está ayudando a la industria a trascender la frontera entre IT y OT.





Stefan Bollmeyer
ABB Measurement & Analytics
Minden, Alemania

stefan.bollmeyer@de.abb.com



Francisco Mendoza
ABB Process Automation
Ladenburg, Alemania

francisco.mendoza@de.abb.com

Durante la última década, las tecnologías de red basadas en Ethernet están cada vez más presentes en los entornos de automatización industrial. Sin embargo, su presencia en la automatización de procesos sigue siendo limitada [1] debido principalmente a sus limitaciones en aplicaciones en áreas peligrosas. Al depender de la tecnología analógica de 4-20 mA, 4-20 mA + HART o bus de campo, este importante sector ha tenido que sacrificar una velocidad de comunicación y un ancho de banda altos a cambio de seguridad.

Es importante señalar que, en consecuencia, los ingentes datos recopilados por los sensores de campo se ven limitados, o no están disponibles, generalmente, para su uso en toda la empresa, desde sistemas internos hasta la nube. Dado que los datos y su transmisión son el facilitador de la Industria 4.0 y del Internet Industrial de las Cosas (IIoT), cualquier dique de comunicación en las redes de datos impide a las empresas de las industrias de procesos aprovechar todo el valor potencial asociado a la disponibilidad y transferencia de los datos.

Por este motivo, ABB se unió a un consorcio formado por otros 11 líderes del mercado y tres organizaciones de desarrollo de normas de comunicación para desarrollar el estándar Advanced Physical Layer (APL) con el fin de hacer de Ethernet sobre el terreno una realidad para las industrias de automatización de procesos, incluso en áreas peligrosas [1]. La tecnología Ethernet-APL desarrollada es sencilla, práctica, compatible, fácil de usar y lleva el ancho de banda y la velocidad de comunicación a unos niveles que permiten a las industrias de procesos aprovechar las ventajas de la digitalización, como el uso de

aplicaciones de gestión de activos y vigilancia del estado. Simultáneamente, ABB ha trabajado para ampliar los beneficios del uso de Ethernet-APL a través de su investigación sobre dispositivos de IIoT. Los prototipos disponibles demuestran que se pueden incorporar protocolos modernos, como el OPC UA, con funciones de ciberseguridad y modelado de la información idóneas para

A pesar de la amplia aceptación de Ethernet en las industrias y aplicaciones comerciales, su adopción es comparativamente limitada en la industria de procesos.

salvar las fronteras entre IT/OT, a dispositivos de campo pequeños y de recursos limitados [2]. Con la introducción de la tecnología en junio de 2021, estos productos, combinados con Ethernet-APL, pronto permitirán a las industrias de procesos aprovechar los datos en toda la cadena de valor, desde el dispositivo sobre el terreno hasta el sistema de control, la nube y cualquier lugar intermedio [2].

Llevar Ethernet a la industria de procesos
Las tecnologías de comunicación y redes se han desarrollado rápidamente en las últimas décadas →01. Actualmente, Ethernet es el estándar comúnmente aceptado para las tecnologías digitales por cable en la gran mayoría de sectores y aplicaciones comerciales, gracias a su enorme conjunto de herramientas estandarizadas de

	Pasado		Presente		
	Neumática	Electrónica + bus de campo	Electrónica + bus de campo	Bus de campo	Ethernet
Tecnología	Neumática	4-20 mA	4-20 mA + HART	Bus de campo	Ethernet
Medio	Aire	Analógica	Analógica + serie	Digital en serie	Red
Medición	1 valor	1 valor	Valor 1+n	Valor n	Valores n
Acceso local a los datos			Gateway necesario	Integrado	Integrado
Acceso remoto a los datos			Gateway necesario	Gateway necesario	Integrado

Parámetro	Atributo
Salida de alimentación (conmutador Ethernet-APL)	Hasta 92 W
Red conmutada	Sí
Tipo de cable de referencia	IEC 61158-2, tipo A
Longitud máxima del cable principal	Hasta 1000 m, en zona 1/div. 2
Longitud máxima del cable secundario	Hasta 200 m, en zona 0/div. 1
Velocidad	10 Mbit/s, dúplex completo
Protección de zonas peligrosas inspirada por el bus de campo	2-WISE para todas las zonas y divisiones, con seguridad intrínseca opcional en el dispositivo
Normas	IEEE 802.3cg-2019 (10BASE-T1L), IEC TS 60079-47 ED1 (2-WISE)

02

instalación, resolución de problemas y diagnóstico, así como a su amplio ancho de banda y alta velocidad de comunicación. Sin embargo, su adopción es comparativamente limitada en la industria de procesos [1,3]. ¿Por qué? Destacan dos razones: la simplicidad y la rentabilidad, o el predominio, de las tecnologías de comunicación heredadas instaladas y el carácter peligroso de muchos entornos de la industria de procesos [3]. El coste, la idoneidad y la practicidad hacen que llevar la tecnología Ethernet sobre el terreno sea todo un desafío.

La tecnología de transferencia de datos a lo largo del tiempo

Desde el principio, la forma predominante de conectar los instrumentos de campo a los sistemas de control distribuido (DCS) para medir los valores de los procesos se basaba en un cableado sencillo que convertía las mediciones analógicas en señales analógicas de 4-20 mA [3]. Posteriormente, la tecnología HART introdujo la comunicación digital superpuesta a la señal analógica, manteniendo así la simplicidad del cableado convencional. Sin embargo, el ancho de banda y la velocidad de comunicación, aunque digitales, eran extremadamente bajos (1200 Bps) →01 – 02. No es sorprendente que esta tecnología siga ocupando el mayor segmento del mercado en términos de base instalada y diseño y construcción de plantas nuevas [3].

Otra tecnología, la tecnología de bus de campo en serie totalmente digital, introducida en la década de los 90, se convirtió en la tecnología preferida en los primeros años del segundo milenio. Con un ancho de banda mejorado (31,25

Kbps) →02, esta tecnología requiere gateways y ha demostrado ser demasiado compleja en términos de ingeniería, operaciones y mantenimiento para satisfacer realmente a los proveedores de la industria de procesos. Lo que la industria de procesos necesita para un futuro totalmente digital es una tecnología con un ancho de banda y una velocidad de comunicación de tipo Ethernet que sea tan fácil de diseñar, operar y mantener como la solución de 2 hilos, 4-20 mA, pero que llegue hasta el dispositivo de campo y funcione en áreas peligrosas.

El carácter peligroso de muchos entornos de la industria de procesos impide la llegada de la tecnología Ethernet sobre el terreno.

Colaboración: la clave para una solución Ethernet

Establecer una tecnología de comunicación de tipo Ethernet que cumpla las exigencias antes mencionadas no es fácil. Abundan los desafíos: corto alcance del cable (100 m), cableado complejo (cables de par trenzado Ethernet) y falta de seguridad para su uso en áreas peligrosas. Para resolver estas dificultades se requieren esfuerzos de investigación rigurosa y desarrollo, así como una estrecha colaboración entre los líderes de la automatización de procesos y las organizaciones de normalización. Ante la necesidad de crear plantas totalmente digitalizadas y dar cabida a aplicaciones de la Industria 4.0 para el futuro de

— 02 Se enumeran los atributos técnicos aplicables a Ethernet-APL.

— 03 Ethernet-APL aumenta el ancho de banda del dispositivo de campo tanto en entornos peligrosos como no peligrosos.

las industrias de procesos, en 2010, los principales líderes del sector establecieron la importancia crítica de llevar la conectividad Ethernet sobre el terreno [3]. En 2015, un grupo formado por importantes proveedores de automatización de procesos: ABB, Emerson, Endress+Hauser, Krohne, Pepperl + Fuchs, Phoenix Contact, R. Stahl, Rockwell Automation, Samson, Siemens, Vega y Yokogawa, con el respaldo de las principales organizaciones de desarrollo de estándares (SDO): FieldComm Group, ODVA y PROFIBUS & PROFINET International pusieron en marcha el proyecto Advanced Physical Layer (APL) [3]. En 2018 establecieron que para que cualquier solución fuera sostenible tenía que ser totalmente compatible con la norma IEEE 802.3 Ethernet y cumplir criterios específicos [3]:

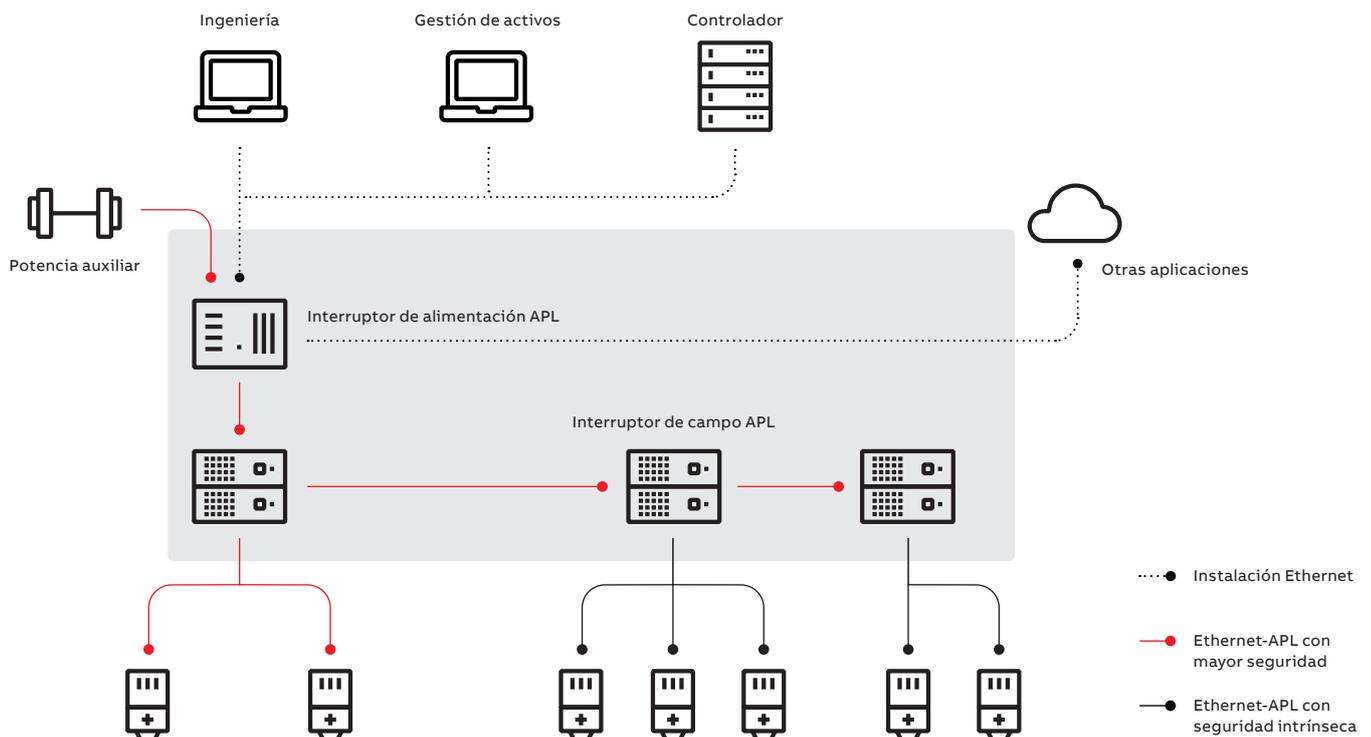
- Cable de dos hilos
- Tramos de cable largos
- Alimentación y comunicación en el mismo cable
- Soporte de todas las técnicas de protección contra explosiones, incluida la seguridad intrínseca
- Tecnología de instalación sencilla
- Reutilización del cable de bus de campo existente de tipo «A», lo que reduce el coste y proporciona sencillas estrategias de migración del bus de campo a Ethernet-APL
- Resiliencia ante interferencias electromagnéticas
- Apoyo a la protección contra sobretensiones

Ethernet-APL

Ethernet-APL, la culminación del recorrido de casi una década para llevar Ethernet sobre el terreno, es una ramificación de la norma original

Ethernet-APL es una capa física mejorada que permite la comunicación SPE a una distancia de 1000 m.

802.3 Ethernet con la norma IEEE 802.3cg-2019 publicada recientemente [4]. La variante 10 BASE-T1L de esta norma simplifica la arquitectura de red y aumenta enormemente el ancho de banda disponible para las comunicaciones digitales de los instrumentos (300 veces más rápido que FOUNDATION Fieldbus H1 o PROFIBUS PA, y más de 8000 veces más rápido que el protocolo HART inicial) →02, cumpliendo así los criterios previstos por el proyecto APL [1]. Ethernet-APL es una capa física mejorada que permite la comunicación Ethernet de un solo par (SPE) a una distancia de 1000 m con el suministro de energía a los dispositivos como opción [3] →02. Al definir perfiles de puerto que se ajustan a diferentes clases de protección contra explosiones, APL permite el uso de 10BASE-T1L en áreas peligrosas, un logro técnico fundamental para las industrias de procesos. Además, la especificación técnica IEC,





04



05



06

—
04 Prototipos Ethernet (más abajo) que permiten a los caudalímetros másicos Coriolis de ABB (más arriba) comunicarse mediante OPC UA.

—
05 Prototipo Ethernet que permite a un transmisor de nivel láser LLT100 de ABB comunicarse a través de OPC UA.

—
06 Red Ethernet-APL que incluye prototipos de transmisores de presión (izquierda) y nivel (derecha) de ABB habilitados con OPC UA e interconectados con un prototipo de conmutador Ethernet-APL (arriba).

Ethernet de seguridad intrínseca de dos cables (2-WISE), que se publicará próximamente, establece las directrices para la seguridad intrínseca (sin necesidad de cálculos) de los instrumentos con alimentación de lazo e independiente en áreas peligrosas hasta las Zonas 0, 1 y 2 / Divisiones 1 y 2 →03, [4]. Con su publicación prevista para 2021, 2-WISE, que se basa en el concepto de bus de campo de seguridad intrínseca (FISCO), simplificará la ingeniería y la verificación de esta tecnología [4].

Topologías de soporte

Ethernet-APL se ha diseñado para admitir varias topologías de instalación, con conceptos opcionales de redundancia o resiliencia y *trunk-and-spur*. El cable principal o *trunk* proporciona altos niveles de potencia y señal para largas longitudes de cable, hasta los 1000 m. Mientras que la derivación o *spur* lleva menos potencia con seguridad intrínseca opcional para longitudes de hasta los 200 m. Ethernet-APL especifica explícitamente conexiones punto a punto solo con cada una de las conexiones entre socios de comunicaciones que constituyen un segmento. Los conmutadores Ethernet-APL aíslan así la comunicación entre segmentos.

El secreto del éxito de Ethernet-APL: la compatibilidad de protocolos

A pesar de su promesa de éxito, la adopción de la tecnología Ethernet-APL llevará tiempo [3]. Con el actual predominio de la tecnología analógica 4-20 mA + HART, las industrias de procesos necesitarán razones convincentes para querer renovar su ingeniería y sus sistemas y cambiarse a APL. La reticencia a alejarse de la tecnología heredada solo podrá superarse si la propuesta de valor de incorporar la tecnología APL es clara.

Dado que Ethernet-APL admite EtherNet/IP, HART-IP, OPC UA, PROFINET y otros protocolos de nivel superior, el cambio de negocio es realista. En la actualidad, muchas industrias de procesos utilizan sistemas DCS que ya admiten protocolos PROFINET y/o EtherNet/IP, por lo que podrán adoptar fácilmente Ethernet-APL [1]. Y, dado que APL elimina la necesidad de gateways u otras conversiones de protocolos, las industrias deberían reconocer rápidamente el valor añadido que supone una menor complejidad, un menor coste de propiedad, una mayor facilidad de uso y solidez en comparación con los sistemas de bus de campo convencionales o los sistemas analógicos 4-20 mA + HART.

Es importante señalar que los protocolos modernos también son compatibles con APL [1]. ABB ha estado investigando un protocolo en concreto: Open Platform Communication Unified Architecture (OPC UA). Ethernet-APL permite desplegar

OPC UA directamente en dispositivos de campo para facilitar la integración con aplicaciones de IT y OT de la Industria 4.0.

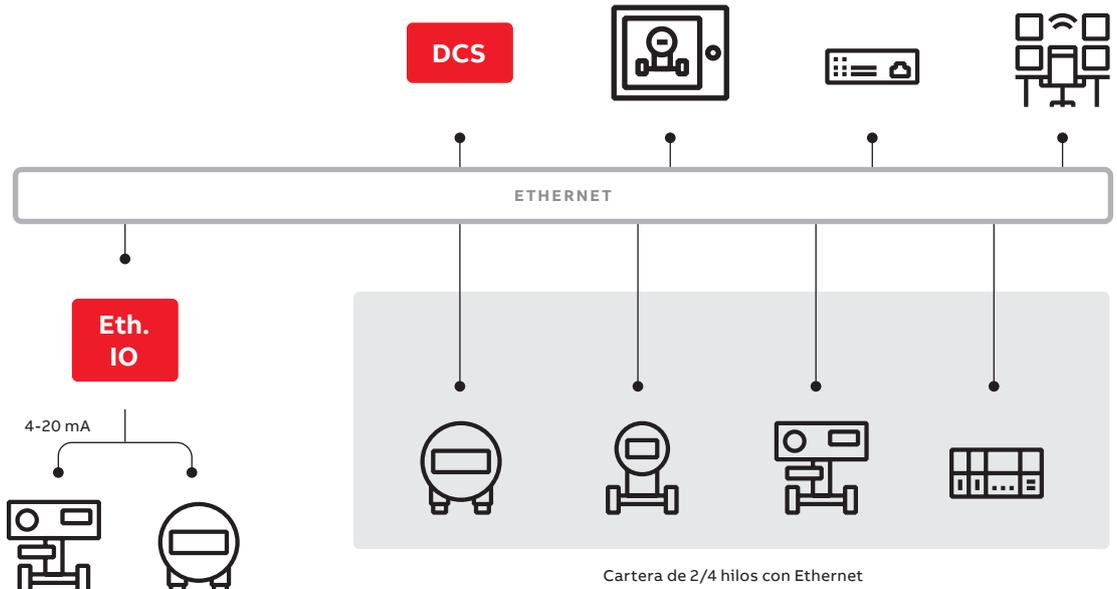
Llevar Ethernet-APL sobre el terreno con dispositivos integrados OPC UA

Alrededor del año 2016, la organización de clientes Standardization Association for Measurement and Control in Chemical Industries (NAMUR) publicó un documento de síntesis (que finalmente dio lugar a la recomendación NAMUR NE 168 de 2018 [5,6]), en el que se señala que cualquier solución Ethernet para dispositivos debe superar las limitaciones de los sistemas de bus de campo; en otras palabras, los proveedores deben evitar cometer errores inherentes a generaciones anteriores de buses de campo [5,6]. Al hilo de esto, ABB se centró en eliminar las barreras existentes que interfieren con la comunicación de la información, como las conversiones masivas y la descripción de datos

—
APL permite el uso de 10BASE-T1L en áreas peligrosas: un logro técnico fundamental.

que los buses de campo tradicionales necesitan para poder utilizar los datos de una planta de procesos para, entre otras cosas, el control, la supervisión, la optimización y el mantenimiento. En particular, la tecnología OPC UA proporciona datos con información semántica y, según ABB, podría eliminar, si se implementa correctamente, el inconveniente de las barreras de los bus de campo. En 2017 ABB empezó a desarrollar una serie de prototipos para demostrar que la OPC UA es adecuada para transferir datos entre dispositivos de forma segura con un rendimiento suficiente y un bajo consumo de memoria, algo ideal para los dispositivos de recursos limitados. Anteriormente, la OPC UA solo se utilizaba para el intercambio de información entre dispositivos más potentes, como servidores o controladores de PC.

Inicialmente, ABB evaluó la aplicabilidad de OPC UA a caudalímetros de 4 hilos (alimentación y comunicación en cables independientes). Basándose en un adaptador Ethernet que convertía el protocolo HART del dispositivo en un servidor OPC UA, ABB logró un rendimiento suficiente; por lo tanto, se consiguió acceder fácilmente a cientos de parámetros del dispositivo a través de OPC UA sin necesidad de descripciones adicionales del dispositivo →04. Además, ABB



Cartera existente de 2/4 hilos

07

investigó la posibilidad de utilizar OPC UA en dispositivos más pequeños, como los transmisores de nivel, con requisitos de bajo consumo →05. Optando por una pila de comunicación OPC UA recientemente disponible dirigida a dispositivos integrados (alto rendimiento y bajo consumo

—

Al integrar la tecnología OPC UA con Ethernet-APL, ABB pone este protocolo de comunicación a disposición de los dispositivos de campo.

de memoria), ABB consiguió utilizar en este prototipo una plataforma Ethernet que integraba originalmente OPC UA además de todas las funcionalidades del dispositivo. Por lo tanto, el consumo de energía y de memoria podrían reducirse aún más manteniendo las tasas de actualización.

Teniendo en cuenta que el resultado se ajustó al presupuesto de rendimiento y potencia que Ethernet-APL es capaz de proporcionar, ABB implantó un dispositivo OPC UA nativo con alimentación y comunicación a través de Ethernet-APL. Aquí, la aplicación del transmisor de nivel se trasladó con éxito a los paneles de evaluación, desarrollados por el consorcio Ethernet-APL →06. A continuación, el equipo de ABB evaluó con éxito la posibilidad de trasladar e integrar la OPC UA en un prototipo de transmisor

de presión con una de las tasas de actualización más rápidas (2 ms) encontradas para los instrumentos de procesos.

Actualmente, hay clientes seleccionados que utilizan estos prototipos de dispositivos de ABB en sus primeros bancos de pruebas Ethernet-APL y están demostrando plena interoperabilidad en una red multiproveedor Ethernet-APL. Por lo tanto, ABB no solo está implantando dispositivos Ethernet-APL, sino que está impulsando la estandarización de dispositivos basados en OPC UA junto con las organizaciones de normalización OPC Foundation y FieldComm Group.

Basándose en estos casos de prueba, los clientes pueden confiar en que, una vez que los dispositivos de campo OPC UA estén disponibles comercialmente, podrán obtener un ancho de banda y una velocidad Ethernet con consumo y comunicación de dos cables y una tasa de actualización rápida y poco problemática →07. Gracias a que los modelos de información integrados en el dispositivo incorporan semántica en la información que transmiten, estos dispositivos no necesitan descripciones adicionales y pueden integrarse fácilmente en diferentes aplicaciones.

Creación de valor desde el terreno hasta la empresa

Con una arquitectura de red sencilla y sin necesidad de conversión de protocolos, Ethernet-APL es muy compatible y fácil de usar. Con una velocidad de 10 Mbps, Ethernet-APL ofrece la simplicidad del protocolo de comunicación 4-20 mA, pero con un ancho de banda Ethernet adecuado para la comunicación de instrumentos y soporte multiprotocolo. Al permitir la

—
07 Un esquema que ilustra las futuras redes convergentes de Ethernet en la industria de procesos que incluye dispositivos de campo industrial de 4-20 mA y dispositivos de campo habilitados para IIoT basados en Ethernet-APL y capacidades multiprotocolo.

—
08 Ethernet, con su enorme conjunto de herramientas estandarizadas de instalación, resolución de problemas y diagnóstico, así como una velocidad de comunicación y ancho de banda altos, es el estándar definitivo para las tecnologías digitales por cable en la gran mayoría de los sectores.

conectividad con instrumentos de campo de dos cables con alimentación de lazo ampliamente distribuidos en áreas peligrosas, Ethernet-APL permite mejorar el rendimiento de la comunica-

— ABB y otros presentaron los primeros productos Ethernet-APL en la feria virtual AICHEMA Pulse en junio de 2021.

ción sin sacrificar la seguridad →08. Al integrar la tecnología OPC UA con Ethernet-APL, ABB pone a disposición de los dispositivos de campo este protocolo de comunicación moderno y de aplicación universal. Los modelos de semántica e información resultantes eliminan la necesidad de descripciones y permitirán salvar la brecha entre la tecnología de operaciones (OT) y la tecnología de la información (IT).

Antes del lanzamiento de Ethernet-APL en el tercer trimestre de 2021, ABB presentó con éxito, junto con otros proveedores de automatización, los primeros productos Ethernet-APL en la feria virtual AICHEMA Pulse en junio. De este modo, se completa el largo recorrido de una década para llevar Ethernet a la comunicación sobre el terreno de las plantas de automatización de procesos, iniciando así una comunicación segura y práctica desde el terreno hasta toda la empresa y la nube. •

Agradecimientos

Este artículo no habría sido posible sin las ideas, el trabajo y la dedicación de muchas personas de ABB. Agradecemos especialmente su colaboración a: Roland Braun, Philipp Bauer, Alexander Gogolev, Alexander Nahrwold, Peter Ude y Tilo Merlin.

Referencias

[1] K. Larson, "The Last Mile-APL Standard to Make Field-level Ethernet a Practical Reality", *Control*, June 2020, pp. 24 – 28.

[2] A. Gogolev, "OPC UA and TSN: enabling Industry 4.0 for end devices", *ABB Review* 4/2020, pp. 30 – 35.

[3] APL Project Group, "Ethernet to the Field", White paper, internal report, 2020, pp. 1 – 17.

[4] Profinews, "Moving Forward: Advanced Physical Layer for Industrial Ethernet", *Profinews*, November 30, 2019, [Online]. Available: <https://profinews.com/2019/11/moving-forward-advanced-physical-layer-for-industrial-ethernet> [Accessed July 1, 2021].

[5] Plauky, Ethernet-Kommunikation, Position Paper NAMUR Hauptsitzung, 2016.

[6] NAMUR Arbeitskreis, Anforderungen an ein Ethernet-Kommunikation fuer die Feldebene, NAMUR Arbeitskreis AK 2.6 Digital Prozesskommunikation, Nov. 22, 2018, pp. 1 – 9.





01

—
CONECTIVIDAD

La generación distribuida despierta la demanda de un nuevo interruptor

Los sistemas de generación de energía descentralizada, como el calor y la electricidad combinados (CHP), ofrecen el potencial de reducir significativamente el CO₂ producido en grandes áreas urbanas.



recientemente marcó un hito al instalar los FLCB en una subestación en Tower Hamlets, al este de Londres →01. Los nuevos interruptores están diseñados para facilitar y abaratar la conexión de tecnologías de energía cero, como las unidades de cogeneración, a la red [1].

Más rápidos, más pequeños y más baratos

Los nuevos interruptores superrápidos ocupan una cuarta parte y cuestan la mitad que los limitadores de tecnologías competidoras y se espera que abran la puerta a la conexión de 460 MW adicionales de generación distribuida a la red de la ciudad. Sus ventajas resultan especialmente evidentes si se comparan con los interruptores convencionales en los que la corriente se

—
El interruptor limitador de corriente de falta de ABB es 20 veces más rápido que cualquier interruptor existente.

—
01 Se han instalado interruptores limitadores de corriente de falta en el proyecto piloto Tower Hamlets al este de Londres.

—
Thomas Eriksson
Jesper Magnusson
Johan Nohlert
Switching and Systems
Västerås, Suecia

thomas.r.eriksson@se.abb.com
jesper.magnusson@se.abb.com
johan.nohlert@se.abb.com

Bjoern Gottschlich
Peter Jost
Control & Protection
Solutions
Ratingen, Alemania

bjoern.gottschlich@de.abb.com
peter.jost@de.abb.com

Permitir que los sistemas de generación de energía descentralizada se conecten a la red de forma segura sin incurrir en enormes costes adicionales ha sido un desafío de larga data. Ahora, gracias a un nuevo énfasis en el potencial de ahorro de energía de la cogeneración, las autoridades de Londres, Reino Unido, están probando un interruptor limitador de corriente de falta (FLCB, por sus siglas en inglés) diseñado por ABB que promete ser exactamente lo que se necesita para explotar de forma segura y asequible esta tecnología de bajo carbono.

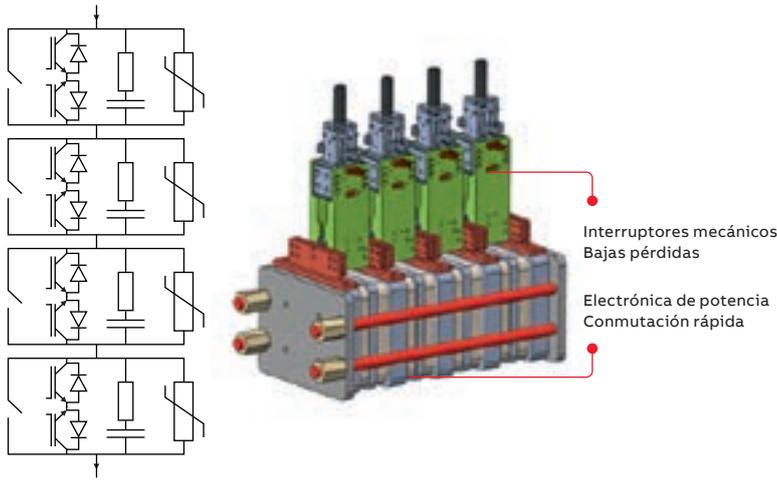
El FLCB diseñado por ABB combina semiconductores de potencia de última generación con interruptores mecánicos extremadamente rápidos que detectan y limitan las corrientes de falta en tan solo unas milésimas de segundo, 20 veces más rápido que cualquier interruptor existente.

En vista de ello, UK Power Networks, un operador de redes de distribución eléctrica que presta servicio en Londres, el sureste y el este de Inglaterra,

interrumpe abriendo un intervalo de contacto, utilizando contactos mecánicos y extinguiendo el arco. En este tipo de interruptores, la corriente de falta total fluye a través del interruptor y del resto de la red durante 50-100 ms. Si todas las subestaciones aguas abajo y los componentes de la red están diseñados para la corriente, el fallo se elimina de forma segura. Sin embargo, si debe incorporarse nueva generación distribuida a una red, existe el riesgo de que se supere este límite de diseño, en cuyo caso deben aplicarse otras medidas. Una posibilidad es introducir un dispositivo que limite la corriente de falta por debajo del valor crítico de diseño de la red eléctrica, es decir, un limitador de corriente de falta (FCL).

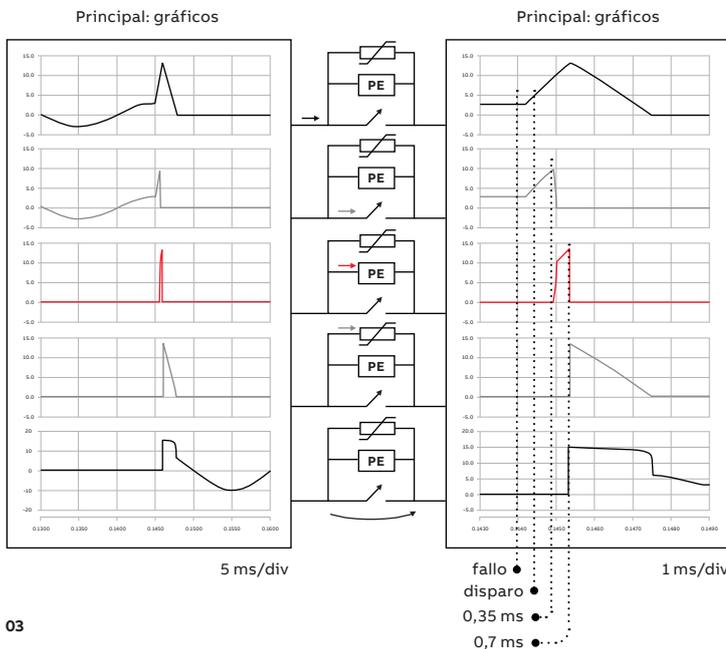
Un FCL debe ser tan rápido que limite la corriente en milisegundos, en lugar de en decenas de milisegundos. En este caso, se llevan utilizando dos conceptos básicos durante años: la impedancia dinámica y la interrupción rápida.

Los dispositivos de impedancia dinámica tienen un bajo impacto en la red en condiciones



02

El segundo concepto, los interruptores rápidos, limitan la corriente de falta interrumpiéndola antes de que alcance el límite crítico de diseño. Esto debería ocurrir en unos pocos ms. Un ejemplo de este tipo es el Limitador Is ya disponible comercialmente, [3]. El Limitador Is consta de un dispositivo de detección rápida y un conmutador rápido en paralelo con un fusible. Cuando detecta un fallo, un dispositivo Pyro abre el conmutador, que conmuta la corriente en el fusible. Esto funde el fusible e interrumpe la corriente.



03

normales de funcionamiento, pero aumentarán rápidamente su impedancia durante un evento de fallo, limitando así la cresta máxima de corriente. Un ejemplo de este tipo de dispositivos son los limitadores electromagnéticos y limitadores de corriente de falta superconductores [2]. Su característica principal es que limitan la cresta máxima de corriente pero no la interrumpen por completo. Una vez eliminado el fallo, se restaura la impedancia y se reanuda el funcionamiento nominal. Una desventaja común es que estos dispositivos son, en la mayoría de los casos, grandes, pesados y, cuando se basan en un sistema superconductor, requieren una refrigeración avanzada a baja temperatura. La ventaja de esta tecnología es que estas soluciones son intrínsecamente a prueba de fallos, ya que los modos de fallo más creíbles dan lugar a un estado de impedancia elevada en el que las sobrecorrientes son limitadas.

Otra posibilidad de interrupción rápida es la introducción de semiconductores de potencia. Estos dispositivos tienen la capacidad de interrumpir la corriente en microsegundos y volver a encenderse fácilmente en remoto una vez solucionado el fallo, una ventaja sobre la tecnología de fusibles, que requiere la sustitución manual después de la operación. Sin embargo, los semiconductores de potencia son caros y requieren refrigeración adicional, especialmente en intensidades nominales más altas.

El FLCB desarrollado por ABB ofrece importantes ventajas sobre los dispositivos de impedancia dinámica y los interruptores rápidos.

Solución híbrida

El FLCB desarrollado por ABB ofrece importantes ventajas frente a las tecnologías antes mencionadas. A diferencia del Limitador Is en el que el dispositivo pirotécnico y el fusible deben sustituirse después de cada operación (dispositivo de disparo único), el FLCB híbrido está diseñado para muchas operaciones con y sin corriente. Para ello, se ha implantado una solución híbrida que combina la rápida conmutación de los semiconductores de potencia y las bajas pérdidas de los interruptores mecánicos.

El resultado es una solución más compacta que los dispositivos pasivos de impedancia dinámica, lo que ha hecho posible su implantación en la zona de Londres y en otras zonas urbanas muy pobladas donde resulta difícil adoptar otras tecnologías.

02 Concepto modular del FLCB.

03 Simulación de corrientes y tensiones a través del FLCB y tiempos de funcionamiento.

04 Interrupción de corriente de falta con un FLCB híbrido.

05 Prueba de comprobación del FLCB.

El FLCB híbrido tiene tres estructuras principales: un interruptor mecánico rápido, electrónica de potencia y un relé de protección contra sobretensiones →02. En funcionamiento nominal, la corriente fluye a través del interruptor mecánico con pérdidas muy bajas. Cuando se detecta un fallo, se abre el interruptor y la tensión del arco transfiere/conmuta la corriente a la electrónica de potencia (PE). En un segundo paso, la PE se apaga y la corriente se conmuta al relé de protección contra sobretensiones. El relé está diseñado para crear una contratensión mayor que la tensión del sistema, forzando así la corriente a cero. Un segundo parámetro importante del diseño del relé de protección contra sobretensiones es la capacidad de disipar la energía inductiva almacenada durante la interrupción de un fallo →03. Para ilustrar la interrupción en comparación con toda la corriente de falta potencial, se muestra un gráfico conceptual en →04.

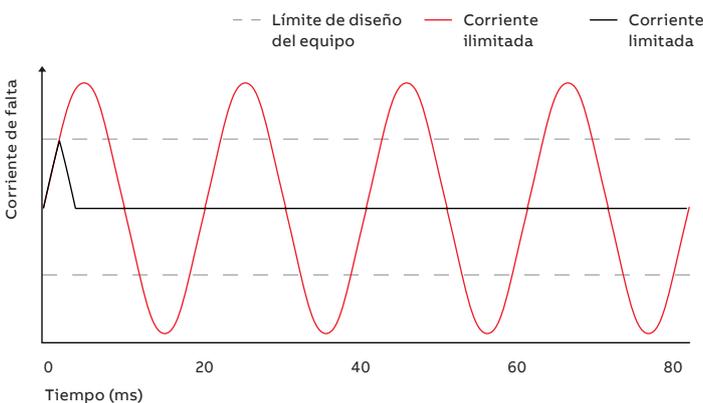
Conmutador rápido

Para poder implementar un concepto híbrido caracterizado por tiempos de interrupción inferiores a 1 ms, que sería lo que requiere una corriente de falta potencial de 25 kA, es esencial disponer de un conmutador mecánico ultrarrápido. Si observamos la secuencia de interrupción en →04, veremos que la separación de contactos debe tener lugar en unos 0,35 ms después de detectar un fallo o identificar una corriente de falta. Esto se consigue combinando un sistema de contacto ligero hecho a medida con un sistema de accionamiento electromagnético. Esto proporciona el tiempo de reacción y la aceleración adecuados.

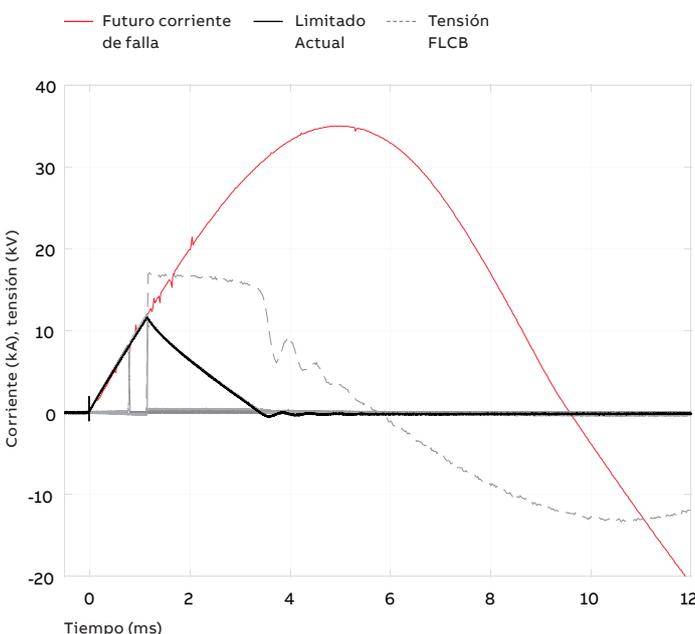
Rendimiento

En el caso de la instalación piloto de la Tower Hamlets de UK Power Networks, un desarrollo ejecutado como proyecto conjunto y piloto de ABB y UK Power Networks bajo el nombre de proyecto Powerful CB, los requisitos básicos del FLCB eran:

- Tensión nominal: 12 kV
- Corriente nominal: 2000 A
- corriente de falta potencial 25 kA (RMS)
- Corriente limitada: 13 kA (cresta)
- Corriente limitada en menos de 1 ms después de la detección del fallo



04

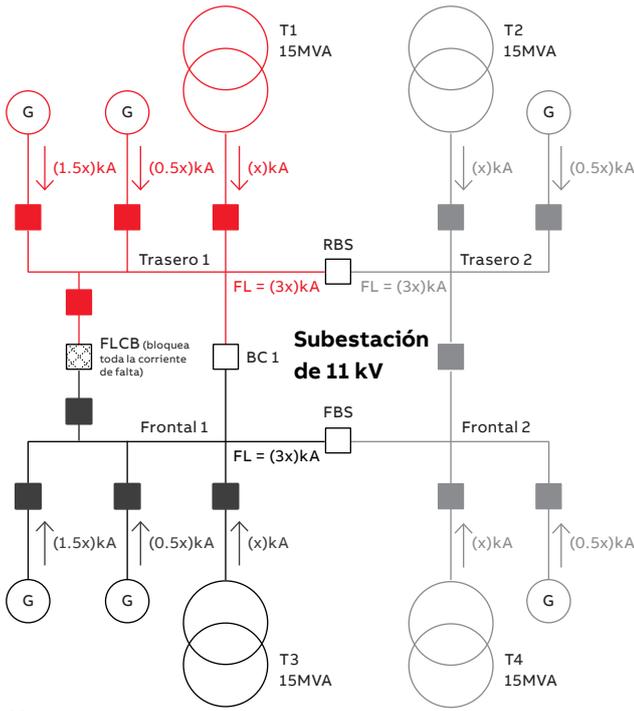


05

El objetivo principal del FLCB es limitar la corriente de falta máxima en la red o en una sub-estación.

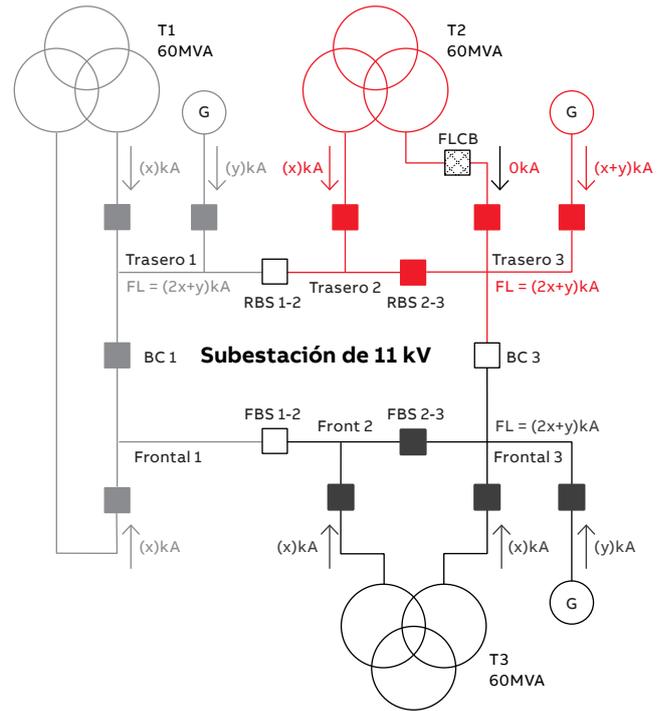
En un proyecto anterior, [4], se demostró que estos requisitos pueden lograrse con el concepto híbrido sugerido descrito anteriormente. Durante la ejecución del proyecto se realizaron varias pruebas para comprobar el rendimiento. →05 muestra un ejemplo de una prueba de interrupción con corriente de falta potencial completa.

Para garantizar que nunca se supera la corriente de falta máxima permitida en la red, teniendo en cuenta la derivada de corriente máxima di/dt para una corriente de falta potencial de 25 kA de aproximadamente 11 kA/ms, el FLCB debe limitar la corriente en menos de 1 ms después de detectar el fallo. Esto plantea exigencias muy elevadas tanto en términos del sistema de detección como del funcionamiento del



06

dispositivo. Para satisfacer estas demandas se utilizó un Limitador Is como unidad de control. En el contexto de esta aplicación, este dispositivo mide continuamente el valor instantáneo de la corriente y, cuando se supera un valor prefijado, envía una señal de disparo al sistema de control del FLCB en unos pocos microsegundos. Puesto que el FLCB consta de varios dispositivos activos, se implantó un sistema de control rápido y preciso para la secuencia de funcionamiento. El tiempo de resolución del sistema de control está en el rango de los microsegundos.

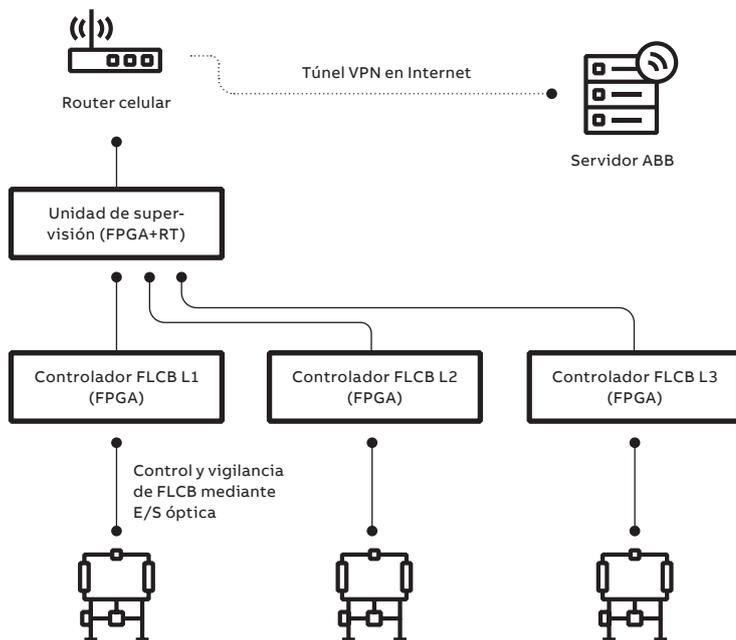


07

Implementación en la red

El objetivo principal del FLCB es limitar la corriente de falta máxima en la red o en una subestación. Para lograr esta funcionalidad existen diferentes maneras de introducirla en la red. En →06 y →07. se muestran algunos ejemplos. En la configuración mostrada en →06, cuando un transformador se desconecta debido a un fallo o a un mantenimiento planificado, las secciones de barras de bus se conectan para funcionar de forma sólida con vistas a soportar la carga sin sobrecargar al resto de transformadores. Sin embargo, esto puede aumentar los niveles de

Se recopilará automáticamente el estado de varios componentes y se transmitirá a ABB para su análisis.



08

fallo hasta o por encima del límite de diseño y, por lo general, requiere la desconexión de la generación. Sin embargo, si un FLCB se conectara como acoplador de bus en lugar de como interruptor estándar, se reduciría la contribución al nivel de fallo de una sección de bus a otra y la generación podría permanecer conectada durante estas disposiciones de funcionamiento anormales. La razón de esto es que el FLCB separará los buses en menos de 1 ms durante el fallo, lo que dará lugar a una corriente de falta muy limitada de una sección de bus a otra. Esto crea la máxima flexibilidad operativa al



09

— 06 FLCB introducido como acoplador de bus.

— 07 FLCB dispuesto en uno de los alimentadores entrantes.

— 08 Configuración de la supervisión en remoto del FLCB piloto.

— 09 Las autoridades de Londres están probando el nuevo FLCB de ABB.

tiempo que minimiza el riesgo de sobrecargar la subestación y permite que los generadores permanezcan conectados.

En una configuración alternativa, el FLCB se coloca en uno o más de los alimentadores entrantes →07. En esta disposición, desconecta los alimentadores entrantes conectados a través del FLCB durante un fallo, de forma que la contribución del fallo se limita de manera efectiva en función del alto rendimiento del dispositivo. Esta configuración proporciona más margen a nivel de fallo, lo que permite conectar una generación más distribuida sin superar el límite de diseño del nivel de fallo.

Otra opción es que el FLCB pueda conectarse directamente a un alimentador del generador, por ejemplo, desde un sistema de generación de nueva instalación. En este caso, en caso de fallo, la corriente del generador se limitaría en

— Si bien se ha efectuado una supervisión continua, no se han registrado fallos en el sistema desde su activación.

1 ms, permitiendo así la conexión de una nueva generación distribuida sin infringir el margen disponible para la corriente de falta.

Resultados de la instalación piloto

ABB y UK Power Networks están realizando actualmente una evaluación piloto del FLCB de una subestación primaria en Londres. El lugar de la prueba se eligió porque históricamente ha registrado un número relativamente mayor de fallos, hay espacio para la instalación y el margen a nivel de fallo no está lejos del límite de diseño. Para esta instalación concreta, el dispositivo se dispuso en tres paneles estándar de media tensión, uno para cada fase. Durante todo el ensayo se evaluará el FLCB como acoplador de bus y como interruptor en un alimentador de entrada, entre el transformador y la barra de bus.

ABB supervisará a distancia el dispositivo piloto durante todo el estudio. Se recopilará información sobre el estado de varios componentes junto con los registros transitorios del sistema y se transmitirán automáticamente a ABB para su análisis a través de la configuración →08. Esto permitirá estudiar el comportamiento a largo plazo del dispositivo y analizar el resultado detallado de las operaciones de protección. Además, estos pasos permitirán que personal especializado asista al cliente respondiendo rápidamente a cualquier posible fallo basándose en un diagnóstico detallado.

Hasta la fecha, si bien se ha efectuado una supervisión continua y el FLCB ha estado listo para responder a cualquier fallo, no se ha registrado ningún fallo en el sistema desde su activación →09 [5]. •

References

[1] Network, "UK Power Networks pioneers new super-fast circuit breakers," February 7, 2020. Disponible en: <https://networks.online/heat/uk-power-net-works-pioneers-new-super-fast-circuit-breakers/> [Accessed January 24, 2021].

[2] Y. Zhang, R.A. Dougal, 2012, "State of the art of Fault Current Limiters and their applications in smart grid," 2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting, 1 – 6.

[3] I_s-limiter. Available: <https://new.abb.com/medium-voltage/apparatus/fault-current-limiters/current-limiter> [Accessed May 19, 2021].

[4] L. Liljestränd, L. Jonsson, M. Backman, M. Riva, 2016, "A new hybrid medium voltage breaker for DC interruption or AC fault current limitation", 18th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'16 ECCE Europe), 1 – 10.

[5] Para más información sobre la solución limitadora de corriente de ABB, escribanos a: DE-FCL@abb.com

CONECTIVIDAD

Conectando buques y puertos a un futuro más limpio



Tapp de Alana
Product Marketing
Napier, Nueva Zelanda

alana.tapp@nz.abb.com

Los puertos deben desempeñar un papel fundamental para facilitar la reducción de las emisiones del transporte marítimo. ABB ofrece una tecnología de conversión de frecuencias flexible y escalable que garantiza una transferencia de energía automatizada y sin fisuras de la carga de un buque desde su central eléctrica a bordo hasta una fuente en tierra y vuelta, satisfaciendo así las necesidades de los armadores y de los puertos. El resultado es una reducción significativa de consumo de combustible, contaminación, vibraciones y ruido.



Josh Egbers
Sales
Victoria, Australia

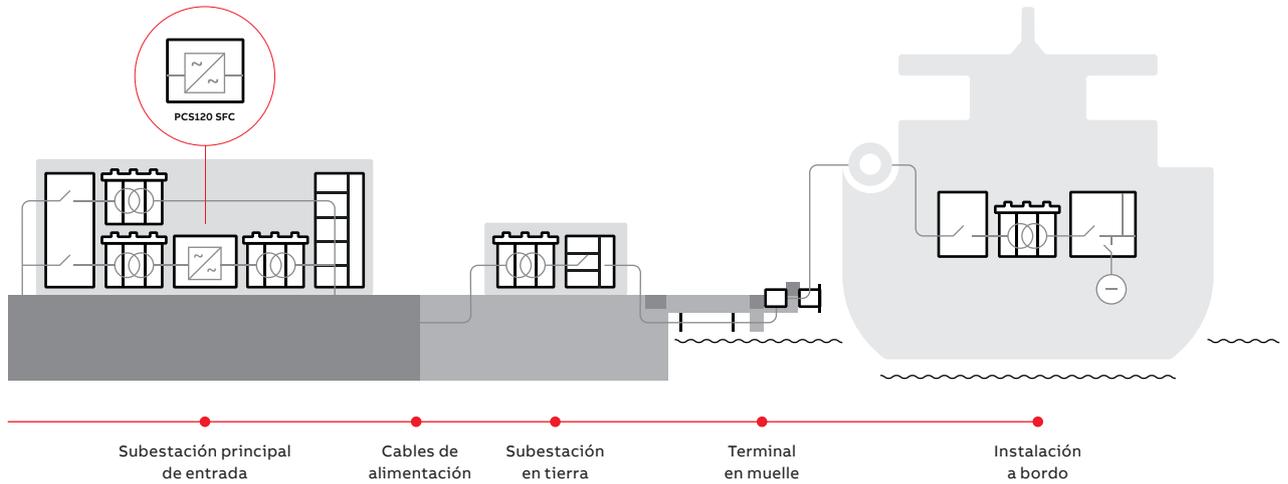
josh.egbers@
au.abb.com

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el 90 % de los productos comercializados se transportan por mar [1]. Además, con el aumento de la demanda mundial de mercancía global, se espera que los volúmenes del comercio marítimo se tripliquen para 2050. Pero si bien el transporte marítimo ofrece un modo rentable de transportar mercancías a grandes distancias y, por lo tanto, es una fuente de prosperidad, también constituye una fuente importante de contaminación, ya

que representa aproximadamente el 30 % de las emisiones globales totales de NOx y alrededor del 2,6 % de las emisiones globales totales de gases de efecto invernadero.

Según un informe de 2018 del Foro Internacional del Transporte [2], una organización integrada administrativamente en la OCDE, los puertos desempeñan un papel crucial a la hora de facilitar la reducción de las emisiones de transporte →01. La razón es que en la mayoría de los puertos, los





02

Subestación principal de entrada

Cables de alimentación

Subestación en tierra

Terminal en muelle

Instalación a bordo

01 Los puertos deben desempeñar un papel crucial para facilitar la reducción de las emisiones de los buques.

02 Resumen de una conexión eléctrica costera a barco.

03 Descripción general de una configuración de potencia en tierra.

buques atracados utilizan sus generadores diésel para los servicios básicos, como la calefacción, la ventilación y la refrigeración, así como los equipos de cocina. Todo esto no solo tiene un impacto negativo en el medio ambiente, sino que también reduce la calidad de vida de las comunidades locales como resultado del ruido y las vibraciones que provocan los barcos.

El aumento de las presiones para reducir la contaminación generada por la flota mundial ha obligado a los armadores a adoptar un enfoque proactivo para medir y controlar la combustión, lo que se refleja en programas como la gestión de combustible marino (MFM). Sin embargo, para ser ecológicos y cumplir los exigentes requisitos de las autoridades reguladoras, como IMO/MARPOL y la UE, se requieren pasos decisivos. Aquí es donde interviene la tecnología avanzada.

Alimentación costera a barco

La nueva tecnología del convertidor de frecuencia estático (SFC) de ABB es la opción más razonable y rentable para lograr puertos y flotas más ecológicos. La solución permite a los buques apagar sus generadores diésel y conectarse a una fuente de alimentación en tierra mientras están atracados. Sin embargo, la mayoría de las unidades de generación de energía de los buques funcionan a una frecuencia de 60 Hz, mientras que la red local en la mayoría de las partes del mundo es de 50 Hz. Esto significa que suministrar electricidad a los buques requiere un sistema de suministro eléctrico en tierra →02–03 [3].

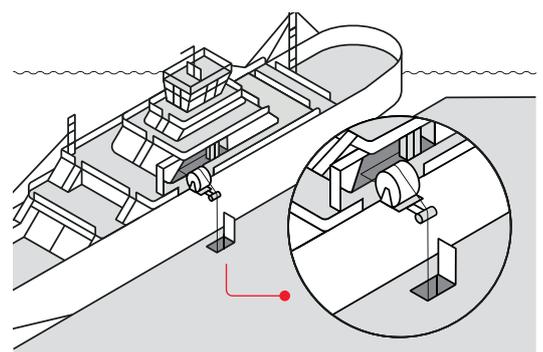
Teniendo esto en cuenta, ABB ofrece convertidores de frecuencia estáticos que convierten de forma fiable y eficiente la electricidad de la red a la frecuencia de carga adecuada. La vanguardista tecnología de conversión de frecuencia de la empresa garantiza una transferencia automatizada y sin fisuras de la carga del buque desde la central eléctrica a bordo hasta la fuente en tierra y vuelta. El resultado es una reducción

La solución de ABB permite que los buques apaguen los generadores diésel y se conecten a una fuente de alimentación en tierra mientras están atracados.

significativa del consumo de combustible y aceite lubricante, lo que supone menos contaminación y más beneficios económicos. La energía costera a barco es especialmente aplicable a los buques que operan en rutas dedicadas y a los buques que consumen grandes cantidades de energía en puerto. Esto puede ofrecer beneficios concretos, por ejemplo, a los operadores de terminales cuyos transbordadores atracan cada día durante un número fijo de horas.

Modular y escalable

El sistema SFC de ABB es un convertidor de potencia modular y escalable. Consta de varios pares de rectificadores e inversores independientes gestionados por un controlador del sistema que permite proporcionar una fuente de tensión y frecuencia estable y fiable capaz de sincronizar y regular la energía cuando trabaja en paralelo con otras fuentes de energía, como un sistema de generación a bordo. Estas características



03





04

—
04 SFC PCS120 de ABB.

—
05 Cada vez son más los puertos que reducen su impacto medioambiental al permitir a los buques aprovechar la energía de la red.

05a Pipavav Shipyard Limited es el astillero más grande de la India.

05b Killybegs Fishery Harbour Centre, en la costa noroeste de Irlanda.

05c El puerto de Baréin.

permiten la máxima flexibilidad a la hora de ajustar el sistema a las necesidades del cliente. La cartera SFC de ABB incluye el PCS100 (Power Converter System) y el próximo PCS120 →04, que es ideal para las aplicaciones de baja potencia.

La modularidad y la escalabilidad de estos sistemas permiten que haya varias unidades funcionando en paralelo, lo que hace que la solución pueda adaptarse a las necesidades de potencia de diferentes buques y a una variedad de infraestructuras portuarias →05. Si una unidad debe colocarse en el exterior, puede facilitarse un cofre adecuado como parte del paquete en caso necesario. Esto proporciona al cliente flexibilidad a la hora de planificar e implementar la disposición física y espacial de los sistemas convertidores de potencia para que encajen armoniosamente en el entorno que los rodea.

Bajo impacto operativo

Otra ventaja de estos sistemas es su disponibilidad superior, que resulta de su alta fiabilidad, robustez y bajo mantenimiento (PCS100 MTTR < 30 min / PCS120 SFC < 10 min): factores que dan lugar a una reducción de los costes operativos. El coste de propiedad puede reducirse aún más si se elige como fuente principal de energía las fuentes de energía renovables, como la energía eólica o hidráulica, los paneles solares o las pilas de combustible. •

References

[1] OECD, "Ocean Shipping and Ship Building." Disponible en: <https://www.oecd.org/ocean/topics/ocean-shipping/> [Accessed May 19, 2021].

[2] International Transport Forum, "Reducing Shipping Greenhouse Gas Emissions." Disponible en: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/reducing-ship-green-house-gas-emissions.pdf> [Accessed May 19, 2021].

[3]. ABB, "ABB's innovative power electronics solutions for the shipping industry." Disponible en: https://library.e.abb.com/public/81fd11c3d829003b7f8fc2107e2/2UCD401148-P_b%20Shipping%20Industry.pdf [Accessed May 19, 2021].

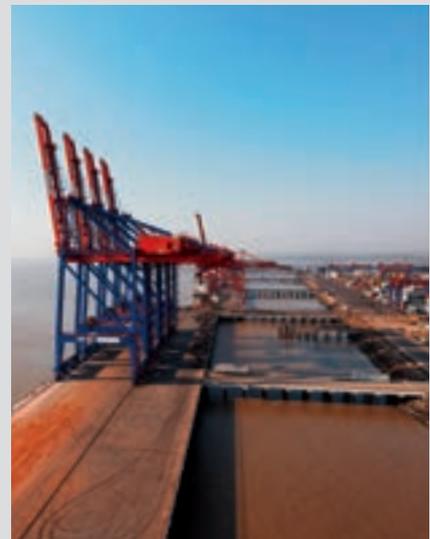
[4] ABB, "Shore-to-ship power cuts emissions for Ireland's Atlantic fishing fleet." Disponible en: [https://new.abb.com/news/](https://new.abb.com/news/detail/73144/shore-to-ship-power-cuts-emissions-for-irelands-atlantic-fishing-fleet)

[detail/73144/shore-to-ship-power-cuts-emissions-for-irelands-atlantic-fishing-fleet](https://new.abb.com/news/detail/73144/shore-to-ship-power-cuts-emissions-for-irelands-atlantic-fishing-fleet) [Accessed May 19, 2021].

[5] ABB, "ABB innovation saves costs and reduces pollution at a shipyard in Bahrain." Disponible en: https://library.e.abb.com/public/b9389d30685746109d7a4568215e0c87/2UCD401158-P_b_PCS100_SFC_ASRY_shipyard.pdf [Accessed May 19, 2021].

PRIMER ASTILLERO ECOLÓGICO DE LA INDIA

Pipavav Shipyard Limited (PSL) se encuentra en la costa oeste de la India, en el estado de Gujarat, y es el astillero más grande de la India. Además, es uno de los diques secos más grandes del mundo y tiene un complejo offshore para la reparación y construcción de barcos. El astillero ha instalado y puesto en servicio algunas de las instalaciones de construcción naval más modernas disponibles actualmente. Gracias a sus cuatro convertidores de frecuencia estáticos (SFC) de 250 kVA PCS100 de ABB, es el primero y único «astillero ecológico» en la India →05a. La solución de vanguardia de ABB ha ayudado al astillero a reducir las emisiones, la contaminación y los niveles de ruido, logrando al mismo tiempo un importante ahorro de costes al permitir que los buques utilicen energía de la red eléctrica en lugar de generadores diésel. PSL también se beneficia de una mayor disponibilidad y fiabilidad frente a instalaciones que utilizan convertidores de frecuencia rotativos.



05a



05b

FLOTA PESQUERA ATLÁNTICA DE IRLANDA: RECORTE PROFUNDO DE LAS EMISIONES

Las unidades costeras a barco de convertidores de frecuencia estáticos (SFC) PCS100 de ABB suponen un ahorro de 96 000 litros de combustible diésel y 2000 toneladas menos de emisiones de CO₂ al año para el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Asuntos Marítimos de Irlanda, ya que proporcionan energía desde la red a los barcos pesqueros del Killybegs Fishery Harbour Centre →05b en Donegal, en la costa noroeste de Irlanda [4]. Estos convertidores, los primeros que operan en Irlanda, están dinamizando la sostenibilidad en 12 atraques.

Killybegs es uno de los cerca de 100 puertos del norte de Europa donde puede desembarcarse pesca pelágica, como el arenque y la caballa. El puerto cuenta con una flota local de unos 25 grandes arrastreros. Hasta hace poco, los arrastreros dependían de generadores diésel en cubierta de 70 kVA mientras estaban en puerto para alimentar cargas como los equipos de iluminación, la calefacción y la navegación electrónica y el equipo de control del puente de mando, así como los precalentadores para arrancar los motores principales.

Sin embargo, gracias a los nuevos convertidores de frecuencia estáticos de este puerto, los buques pueden apagar sus generadores de cubierta, reduciendo las emisiones locales en lo que equivale a retirar de la circulación casi 500 coches al año. La instalación también ha mejorado la calidad de vida del puerto al reducir las emisiones de ruido y el riesgo de incendio y las necesidades de mantenimiento de los arrastreros.

Los convertidores protegerán el puerto en el futuro al ajustarse a la legislación que está introduciendo la Organización Marítima Internacional en un esfuerzo por lograr el objetivo de reducir las emisiones del transporte marítimo en al menos un 50 % para 2050 en comparación con 2008.

Los convertidores obtienen energía de la red eléctrica estándar de 400 V y están alojados en una sala técnica interior dedicada junto con apartamentada y sistemas de seguridad. Los arrastreros se conectan a través de las tomas industriales en el muelle, y el acceso a la energía es controlado desde la capitanía del puerto. Cada convertidor proporciona una supervisión en remoto de los medidores y puede aislarse y conmutarse individualmente entre 50 y 60 Hz para una mayor flexibilidad.

BARÉIN: RECORTE DE COSTES Y CONTAMINACIÓN

Los barcos que hacen escala en el puerto de Baréin →05c pueden apagar sus motores diésel y aprovechar fuentes de energía más limpias en tierra gracias a la tecnología de conexión a la red de ABB [5]. Los tres SFC (convertidores de frecuencia estáticos) PCS100 instalados en el puerto pueden reducir el consumo de combustible de un buque grande hasta en 20 toneladas métricas y las emisiones de CO₂ en 60 toneladas métricas durante una estancia en puerto de 10 horas. La tecnología de conexión a la red de ABB permite suministrar energía desde el muelle (normalmente 50 Hz) a las unidades de generación de energía de los buques, que normalmente funcionan a una frecuencia de 60 Hz.

Arab ShipBuilding & Repair Yard (ASRY) es una empresa líder de construcción y reparación de buques de Oriente Medio. Durante muchos años se ha basado en convertidores de frecuencia rotativos. Sin embargo, los convertidores sufrían problemas de contaminación, fiabilidad y disponibilidad de los equipos; además, su eficiencia era generalmente del 75 %. Hoy en día, gracias a los SFC PCS100, que no tienen piezas giratorias y por lo tanto no necesitan mantenimiento mecánico, la eficiencia es de hasta el 95 %. Como resultado, los costes operativos y de mantenimiento de los equipos se han reducido drásticamente, la disponibilidad de los equipos ha aumentado y se ha eliminado la contaminación relacionada con el ruido y las vibraciones.

ASRY es uno de los primeros astilleros del mundo en recibir certificaciones ISO para sistemas de calidad, gestión, medio ambiente y salud y seguridad, además del código ISPS para la Seguridad Portuaria.



05c



01

DESMITIFICACIÓN DE TÉRMINOS TÉCNICOS

Simulación multicuerpo

Las herramientas de simulación multicuerpo promueven y aceleran el desarrollo de sistemas mecánicos complejos.

Ondrej Frantisek
Sebastian Breisch
ABB Process Automation,
Corporate Research
Ladenburg, Alemania

sebastian.breisch@
de.abb.com
ondrej.frantisek@
de.abb.com

Alessandro Stucchi
ABB SpA
Dalmine, Italia

alessandro.stucchi@
it.abb.com

La simulación multicuerpo es una herramienta para el análisis del movimiento y las fuerzas de los sistemas mecánicos →01. A menudo confundida con el método de los elementos finitos (FEM), la metodología multicuerpo proporciona información sobre el movimiento y las fuerzas, mientras que el FEM se ocupa de la deformación y la fuerza.

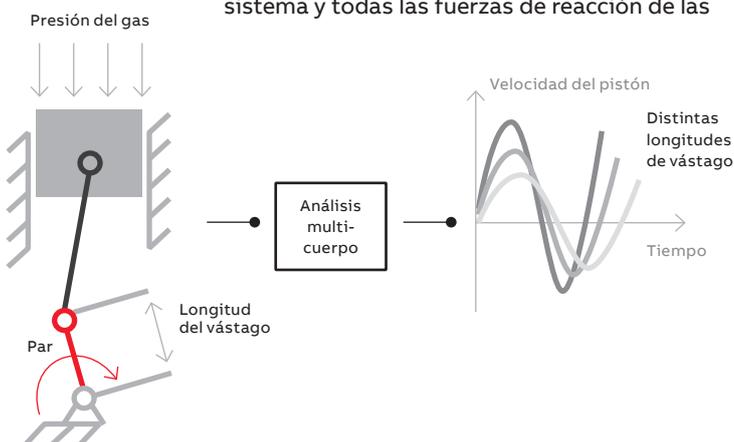
Un mecanismo básico de biela-manivela, como el que hay en el motor de combustión interna, transforma la rotación de la manivela de un motor en un movimiento vertical del pistón y proporciona así un ejemplo sencillo de sistema multicuerpo. Para cargas dadas, la simulación multicuerpo puede evaluar el movimiento de este sistema y todas las fuerzas de reacción de las

juntas. Por el contrario, la simulación también puede indicar cómo reaccionan las cargas a un movimiento dado.

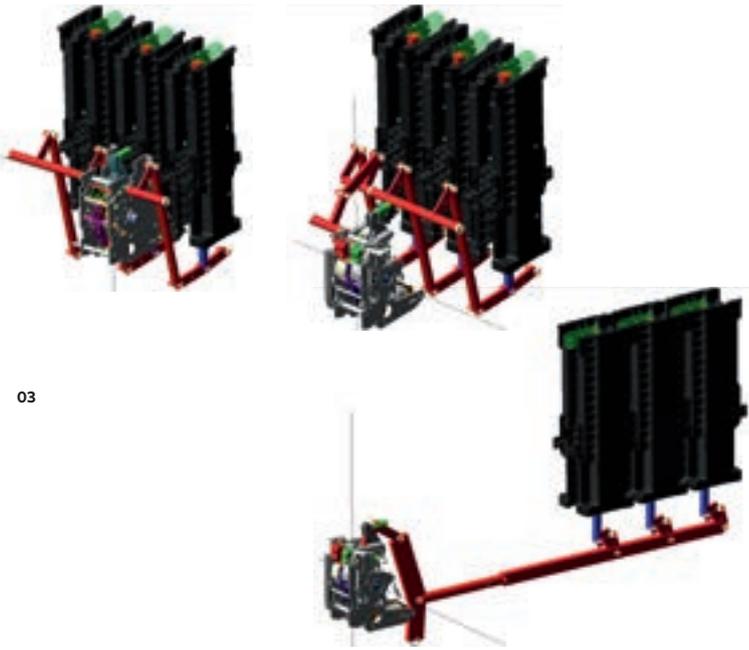
Además, el modelo del mecanismo puede construirse de forma parametrizada y puede investigarse la influencia de estos parámetros en el dinamismo del sistema →02. Esta característica es vital en las primeras etapas del desarrollo del producto, en las que se simulan diferentes dimensiones del mecanismo hasta alcanzar el rendimiento requerido. Más adelante en el desarrollo, se utiliza el análisis paramétrico para definir la influencia de las tolerancias de producción y montaje y, por tanto, responder a la pregunta crítica: «¿Funcionará el mecanismo según lo requerido incluso con las imperfecciones que se introduzcan durante la producción?»

Un parámetro mecánico muy importante —y normalmente inevitable— que se estudia mediante simulación multicorporal es el juego de las juntas. El juego suele tener una influencia significativa en el rendimiento del producto y, debido a su no linealidad, no puede modelizarse mediante análisis sencillos.

Hasta ahora, se suponía que las uniones del mecanismo eran rígidas, es decir, que no podían deformarse. Entonces, ¿qué sucede con la deformación y la fuerza de las uniones mecánicas? Hoy en día, las herramientas



02



03

— 01 La simulación multicuerpo tiene un valor incalculable para el diseño rápido y fiable de productos con mecánica compleja, como este pantógrafo.

— 02 Análisis paramétrico de un sistema mecánico.

— 03 Modelos multicuerpo de diferentes topologías de un interruptor de media tensión.

multicuerpo pueden describir correctamente el comportamiento de los mecanismos con piezas flexibles, si las piezas son simples. Las piezas más complicadas producen resultados menos precisos, por lo que debe recurrirse a herramientas FEM si se busca información precisa sobre deformación o resistencia. La configuración y la simulación FEM pueden ser caras y llevar mucho tiempo, pero hay una opción inteligente y rápida: simular el mecanismo en una herramienta multicuerpo y simular solo la parte crítica en la herramienta FEM, con entradas procedentes de la simulación multicuerpo.

El diseño de los interruptores es un ámbito en el que ABB pone en práctica la simulación multicuerpo. Los interruptores automáticos son sistemas mecánicos muy complejos que solo pueden describirse mediante fórmulas analíticas de forma limitada. Para analizar la dinámica de un sistema tan complejo, es imprescindible una herramienta multicuerpo →03. Con una herramienta multicuerpo, se han podido comparar tres topologías de interruptor en dos meses. Sin esta herramienta, habrían tenido que construirse tres demostradores, un proceso costoso y largo.

Las herramientas de simulación multicuerpo proporcionan un valioso apoyo durante el desarrollo de sistemas mecánicos complicados. Las herramientas aceleran significativamente el proceso de desarrollo y ayudan a evitar sorpresas desagradables durante la producción al caracterizar la influencia de las tolerancias de producción. •

SUSCRIPCIÓN

— **Cómo suscribirse**
Si desea suscribirse, póngase en contacto con el representante de ABB más cercano o suscríbese en línea en www.abb.com/abbreview

ABB Review se publica cuatro veces al año en inglés, francés, alemán, español y chino. ABB Review es una publicación gratuita para todos los interesados en la tecnología y los objetivos de ABB.

— **Manténgase informado**
¿Se ha perdido algún número de ABB Review? Regístrese para recibir un aviso por correo electrónico en <http://www.abb.com/abbreview> y no vuelva a perderse ningún número.



— Cuando se registre para recibir este aviso, recibirá también un correo electrónico con un enlace de confirmación. No olvide confirmar el registro.

CONSEJO EDITORIAL

Consejo de redacción

— **Theodor Swedjemark**
Head of Corporate Communications

— **Adrienne Williams**
Senior Sustainability Advisor

— **Reiner Schoenrock**
Technology and Innovation

— **Bernhard Eschermann**
Chief Technology Officer, ABB Process Automation

— **Amina Hamidi**
Chief Technology Officer, ABB Electrification

— **Andreas Moglestue**
Chief Editor, ABB Review
andreas.moglestue@ch.abb.com

— **Editor**
ABB Review es una publicación del ABB Group.

ABB Ltd.
ABB Review
Affolternstrasse 44
CH-8050 Zürich
Suiza
abb.review@ch.abb.com

La reproducción o reimpresión parcial está permitida a condición de citar la fuente. La reimpresión completa precisa del acuerdo por escrito del editor.

Editorial y copyright ©2021
ABB Ltd.
Zürich, Suiza

— **Impresor**
Vorarlberger
Verlagsanstalt GmbH 6850
Dornbirn/Austria

Diseño

Publik. Agentur für Kommunikation GmbH
Ludwigshafen/Alemania

Ilustraciones

Indicia Worldwide
Londres,
Reino Unido

Exención de responsabilidad

Las informaciones contenidas en esta revista reflejan el punto de vista de sus autores y tienen una finalidad puramente informativa. El lector no deberá actuar sobre la base de las afirmaciones contenidas en esta revista sin contar con asesoramiento profesional. Nuestras publicaciones están a disposición de los lectores sobre la base de que no implican asesoramiento técnico o profesional de ningún tipo por parte de los autores, ni opiniones sobre materias o hechos específicos, y no asumimos responsabilidad alguna en relación con el uso de las mismas.

Las empresas del Grupo ABB no garantizan ni aseguran –ni expresa ni implícitamente– el contenido o la exactitud de los puntos de vista expresados en esta revista.

ISSN: 1013-3119

abb.com/abbreview



—
Próximo número 04/2021

Logística

La logística es la actividad en la que se ponen a prueba los planes de negocio con resultados operativos. Las últimas tecnologías digitales pueden ayudar a obtener esos resultados de manera más rápida, rentable y sostenible. En el próximo número de ABB Review hablaremos sobre cómo las empresas utilizan procesos y herramientas digitales para convertir esas pruebas en oportunidades.