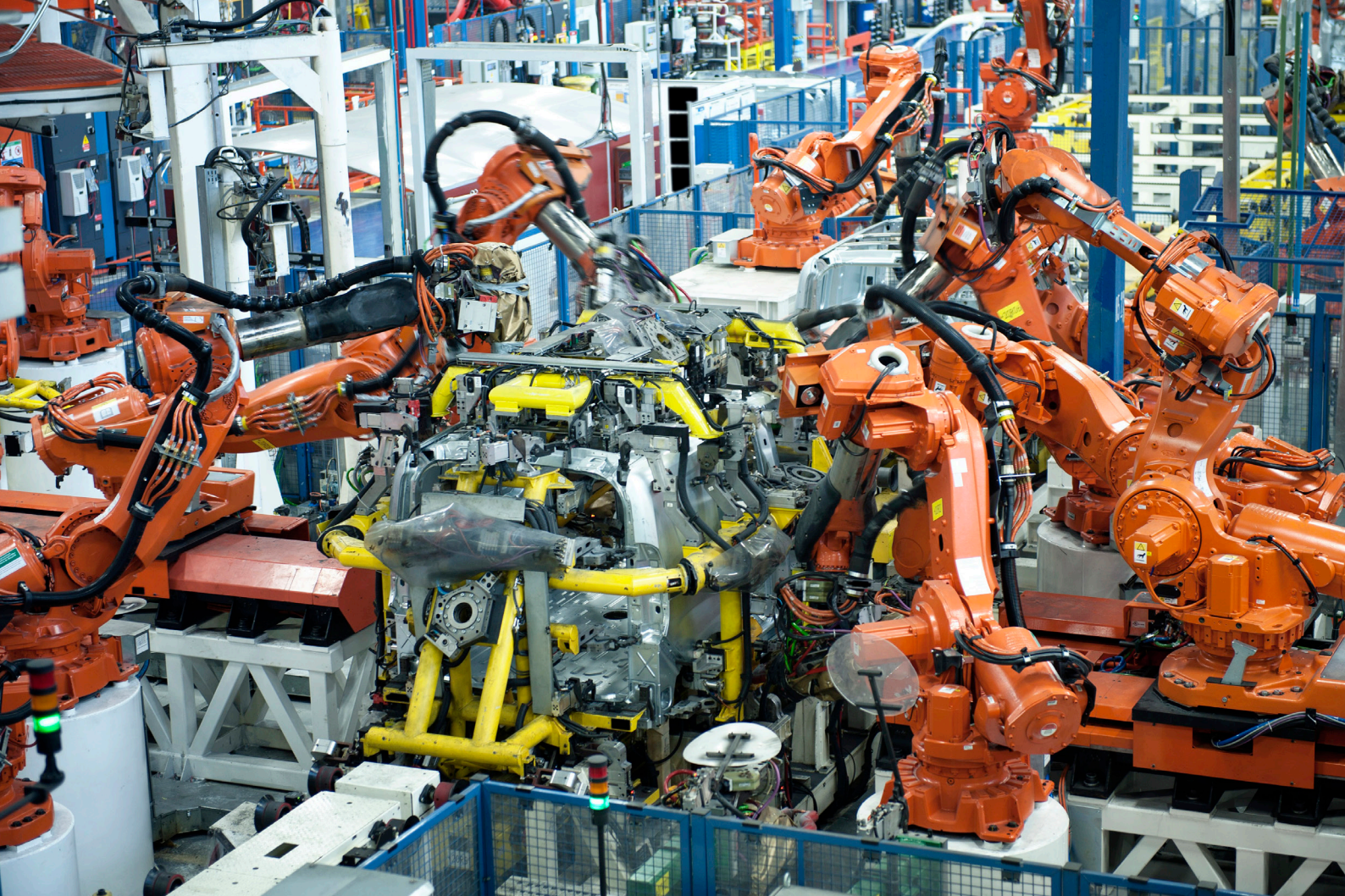




Industria 4.0 y fabricación cognitiva

Patrones de arquitectura,
casos de uso y soluciones de IBM

Serge Bonnaud, Christophe Didier y Arndt Kohler

Índice

- 04 Introducción
- 14 Analítica en el edge
- 16 Middleware de planta: Bus de servicio de planta
- 19 A nivel de empresa
- 21 Ejemplos ilustrativos en los tres niveles
- 25 Seguridad en la industria 4.0
- 28 Modelo de implementación
- 28 Cómo lo hacemos
- 33 Conclusión
- 34 Anexo y casos de uso
- 38 Autores

Nomenclatura

IA	inteligencia artificial
CMMS	Sistema computacional de mantenimiento
DL	deep learning
EAM	gestión de activos empresariales
ERP	sistemas de planificación corporativa
ESB	interfaz de conexión de servicios
ICP	IBM Cloud Private
IoT	Internet de las cosas
IIoT	Internet de las cosas industrial
TI/TO	tecnologías de la información/tecnología operativa
KPI	indicador clave de rendimiento
MES	sistemas de ejecución de la fabricación
ML	machine learning
PMV	producto mínimo viable
OEE	eficiencia general del equipo
PLC	controlador lógico programable
PoC	prueba de concepto
PSB	interfaz de integración de servicios de la planta
SCADA	control de supervisión y adquisición de datos
SIEM	información de seguridad y gestión de eventos
SOC	centro de operaciones de seguridad



Prólogo



Hubert Lalanne
IBM Distinguished Engineer
Industrial Sector Technical Leader for Europe
Member, IBM Academy of Technology

Me complace escribir el prólogo de la primera edición de Industria 4.0 y fabricación cognitiva: Patrones de arquitectura, casos de uso y soluciones de IBM®.

La industria 4.0 se conoce generalmente como la cuarta revolución industrial. Otra perspectiva sería considerarla como la transformación del mundo industrial debido a la revolución digital global, que ya ha afectado a muchas otras industrias.

Según un estudio de 2015 de McKinsey (Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector), la mayor parte del valor creado en revoluciones industriales anteriores procedía de la mejora de los activos de fabricación. Las promesas de esta nueva revolución incluyen un aumento de la productividad y nuevos modelos de negocio, mediante la introducción de tecnologías disruptivas en el espacio industrial no vinculadas a grandes mejoras en la maquinaria.

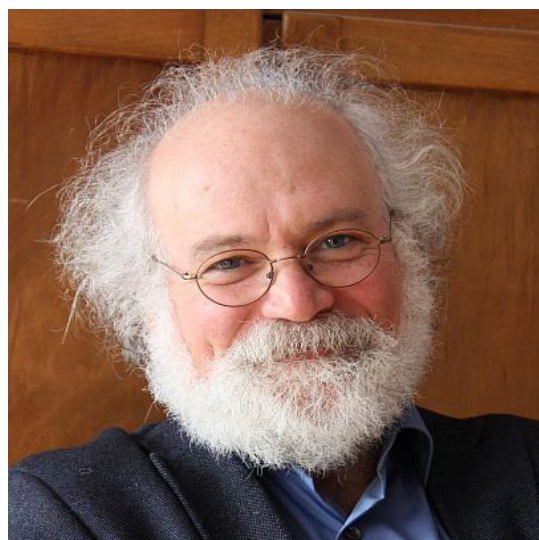
El valor radica en la optimización integral del “hilo digital”, es decir, en un mejor aprovechamiento de la información y en la eliminación de las ineficiencias causadas por pérdidas de información en las interfaces de funciones, instalaciones y empresas.

Para que esto suceda, debemos hacer que el mundo cibernético de las tecnologías digitales y el mundo físico de las tecnologías industriales operativas converjan, integrando y analizando datos entre fuentes y empresas, compartiendo los resultados a lo largo de la cadena de valor y asegurando la integración con los activos físicos de producción.

La industria 4.0 introduce nuevos conceptos como los hilos digitales, para garantizar una información eficiente desde el diseño inicial del producto hasta el final de su vida útil y el reciclado; el gemelo digital para transformar datos dispersos en activos consistentes e intangibles; y “sistemas

cibernéticos” para dar lugar a sistemas y procesos descentralizados y autocontrolados.

Actualmente, numerosas tecnologías disruptivas hacen posible esta transformación de la capacidad computacional: la emergencia del cloud, el Big Data y Blockchain; la conectividad del Internet de las cosas; la analítica avanzada con machine learning y la inteligencia artificial; la interacción hombre-máquina con tecnologías móviles y wearables; la realidad aumentada y virtual o HMI cognitiva; y la conversión de lo digital a lo físico con robótica avanzada o impresión 3D.



John Cohn
IBM Fellow, IBM Research

Les recomiendo la lectura de este documento sobre Industria 4.0 escrito por Serge Bonnaud, Christophe Didier y Arndt Kohler. Es la descripción más sucinta y completa sobre la Industria 4.0 que he leído. Lleva rápidamente al lector desde el concepto hasta la implementación con consejos prácticos sobre cómo emprender este viaje.

Los casos de uso son muy completos y llevan al lector desde la planta, con máquinas industriales y PLC, hasta la analítica, con soluciones avanzadas en la nube que impactan en el negocio. Ofrece una visión amplia y clara que se ilustra con ejemplos de clientes. Es una muy buena lectura.

¡Enhorabuena a Serge, Christophe y Arndt por el resultado!

Introducción

El aumento de la productividad de los sistemas de producción siempre ha sido la base de cualquier revolución industrial. La cuarta revolución industrial trae consigo un aumento de la productividad, tanto en la producción como en los sistemas de gestión.

Desde un punto de vista empresarial, el objetivo de la cuarta revolución industrial es poder fabricar productos personalizados a un coste masivo. Para lograr este objetivo, es necesario revisar las herramientas de producción y aumentar la automatización y productividad de las fábricas, pero también mejorar la colaboración entre cadena de suministro, ingeniería, ventas y operaciones.

Desde el punto de vista de IBM, en este momento estamos entrando en la cuarta revolución industrial, la era de la fabricación cognitiva, que es completamente diferente a las anteriores.

La transformación digital de los procesos de producción crea nuevas oportunidades para alcanzar niveles de productividad y especialización hasta ahora imposibles.

La computación convencional tendrá que adaptarse a la gran afluencia de datos y a la complejidad de la analítica, pero la computación debe ser cognitiva para procesar, analizar y optimizar la información a nivel de planta.

Para allanar el camino hacia la Industria 4.0 y más allá, la fabricación debe evolucionar del concepto de una fábrica digital basada en la tecnologías de la información (TI), hacia la fabricación cognitiva. La fabricación debe habilitar las capacidades cognitivas en la fábrica, especialmente en torno a dos cuestiones clave: la información sobre la calidad de la producción y la optimización de la producción.

La transformación y mejora de la fabricación a través del conocimiento de la calidad de la producción y la optimización de la producción se realiza a través del concepto de una plataforma industrial del Internet de las Cosas (IIoT). Este documento intentará explicar los principios de una plataforma de IIoT a la vez que explora casos de uso.

Concepto de plataforma de IIoT

La diversidad de la fabricación en planta

Muchas fábricas tienen una amplia gama de equipos, diseños y procesos con dispositivos, sensores, sistemas y aplicaciones que se han extendido a lo largo de múltiples épocas y generaciones.

Además, muchos de ellos probablemente dependen de diferentes proveedores de tecnologías operacionales (OT) para la maquinaria, las líneas de equipos y la robótica. Una fábrica se compone principalmente de máquinas de OT, líneas de equipos y robots no siempre conectados a la red de IT.

El controlador lógico programable (PLC), el sistema de control y adquisición de datos (SCADA) y el sistema de gestión de la fabricación (MES) orquestan los flujos de producción y tienen un historial demostrado en cuanto a contribución a los niveles de rendimiento que deben alcanzarse.

La tendencia visible a nivel de fabricación es hacer que la planta se base cada vez más en las tecnologías de la información, dado que la convergencia de OT e IT es una realidad. Esto crea más oportunidades para lograr una arquitectura global común que abarque varias dimensiones: equipos, edge, planta y cloud.

Es en este contexto cuando ha surgido la plataforma de IIoT como un concepto nuevo e innovador para la fabricación. Las plataformas de IIoT están respaldadas por tecnologías que incluyen analítica, Big Data, contenido específico de la industria y, más recientemente, tecnologías cognitivas, una disciplina que surge de la inteligencia artificial.

Cronología de las revoluciones industriales

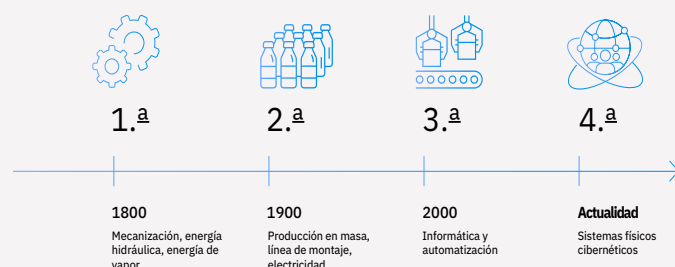


Imagen 1: Cronología de las revoluciones industriales.

Los datos y, lo que es más importante, la analítica, están cambiando la forma en que vemos nuestras máquinas, procesos, productos y operaciones. La combinación del Big Data y la analítica puede identificar patrones en los datos, descubrir modelos de comportamiento de los equipos y predecir errores o problemas de calidad de los productos.

Estas capacidades, conocidas como mantenimiento predictivo y calidad, habilitadas por las tecnologías de la industria 4.0, ocupan un lugar importante en la estrategia de las empresas. A medida aumenta la sensorización de fábricas y equipos con el Internet de las Cosas (IoT) y los dispositivos conectados, los datos continuarán masificándose.

Una plataforma de IIoT actúa como un sistema central para recopilar datos, proporcionar analítica y exponer nuevos servicios a las unidades de negocio internas, socios y operarios de fabricación. Una plataforma de IIoT nunca está conectada directamente a operarios, productos o equipos, sino a través de una capa de conectividad o plant service bus (PSB). El debate sobre esta cuestión se reanudará más adelante en este documento.

Diagrama de contexto del sistema

El siguiente diagrama de contexto del sistema ilustra las dependencias de una plataforma de IIoT desde el punto de vista de un proceso de fabricación de automóviles que incluye líneas de soldadura, montaje de carrocerías y equipamiento de pintura. Podría aplicarse fácilmente a otros procesos de fabricación, ya que la mayoría de los conceptos son relevantes en todos los sectores.



Imagen 2: Personal clave de fabricación en un ecosistema de IIoT.

Personas y puntos de mejora

En la fabricación, existen diferentes roles o perfiles que contribuyen al rendimiento global y a la calidad de la producción. Los roles están vinculados al concepto de “persona”. Una persona es una parte interesada del sistema (plataforma de IIoT) que es responsable de asegurar que se alcancen los KPI. La tabla de “personas” y puntos de mejora se encuentra en la página siguiente.

Puesto	Función	Indicadores clave de rendimiento	Puntos de mejora
Jefe de planta	- Supervisar y organizar las tareas diarias de las plantas de fabricación y similares. - Supervisar a los empleados, la producción y la eficiencia para asegurarse de que la planta funcione sin dificultades y de forma rápida, eficiente y segura.	- Eficiencia general de los equipos - Presupuesto - Seguridad - Innovación - Productividad	- Falta de personal cualificado - Interacción colaborativa - Relación con los proveedores - Cambios frecuentes y planificaciones exigentes - Acceso a la información de uso sencillo
Jefe de mantenimiento (mantenimiento programado)	- Asegurar que las instalaciones, la disposición y la maquinaria funcionen con la máxima eficiencia y rendimiento. - Esto incluye el mantenimiento preventivo total y la gestión de las averías de los equipos mecánicos, eléctricos y robóticos (incluyendo la programación de software). - Incluye la gestión de personas y la presentación de informes de presupuestos y costes.	- Presupuesto - Tareas pendientes	- Tiempo limitado para realizar tareas de mantenimiento - Presión sobre los costes (rentabilidad óptima)
Ingeniero de mantenimiento (mantenimiento operativo)	- Asegurar la optimización de la estructura de la organización de mantenimiento. - Analizar los fallos repetitivos de los equipos. - Estimar los costes de mantenimiento y evaluación de alternativas. - Evaluar las necesidades de sustitución de equipos y establecer programas de sustitución cuando corresponda.	- Mejora de la vida útil - Presupuesto	- El diagnóstico lleva demasiado tiempo por la existencia de varios sistemas - Falta de piezas de recambio - La administración y el análisis conducen a un tiempo de inactividad más largo - Proceso de soporte a la búsqueda de información con alto consumo de tiempo
Técnico	- Ayudar en la instalación de nuevos equipos de fabricación. - Inspeccionar y probar el equipo y la maquinaria de forma rutinaria. - Responder a alertas y mensajes operativos, ejecutando acciones correctivas y reparaciones en línea con los procedimientos operativos estándar (SOP) y protocolos de mantenimiento. - Documentación clara sobre las comprobaciones rutinarias y de las reparaciones necesarias, de acuerdo con los protocolos y procedimientos internos y externos.	- Duración de las actividades - Conformidad regulatoria - Seguridad	- A menudo bajo presión y estrés (trabajar más rápido, mejorar la calidad) - Falta de asistencia durante la fase de diagnóstico - Documentación difícil de entender - Falta de intercambio de experiencias
Operario de fabricación	- Configurar el equipo de producción y los suministros antes de ejecutar las órdenes de trabajo. - Utilizar el equipo de manera segura y efectiva para el procesamiento de la producción.	- Niveles de calidad y rendimiento - Seguridad	- A menudo bajo presión y estrés (trabajar más rápido, mejorar la calidad) - Falta de conocimientos - Falta de apoyo cuando aparece un incidente - Falta de información para la presentación de informes

Arquitectura actual de fabricación

La siguiente imagen muestra la forma en que se organizan actualmente las actividades de la planta. Cubrimos los principales bloques desde un punto de vista de arquitectura lógica.

Vista simplificada de una fábrica basada en MES, PLC y SCADA

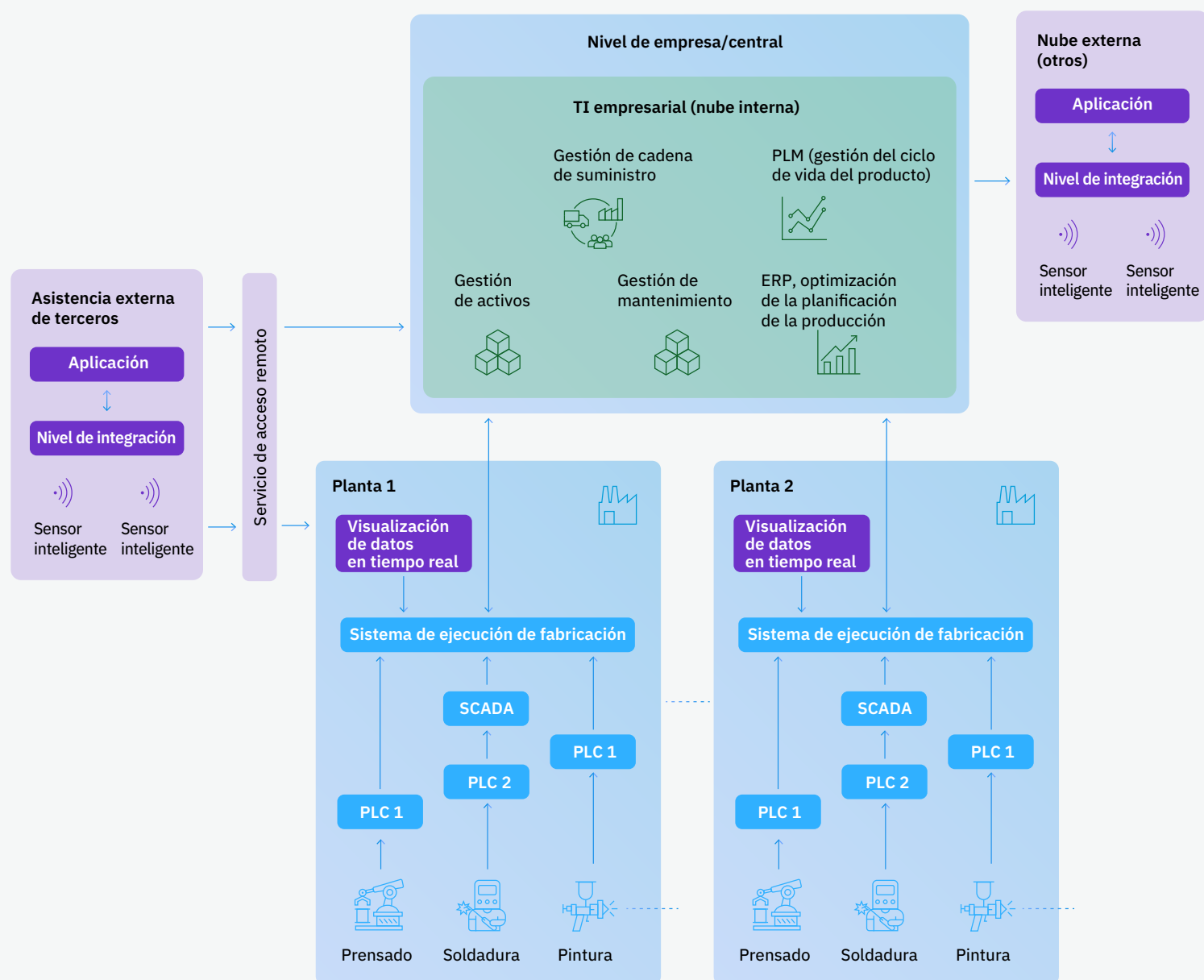


Imagen 3: Vista simplificada de una fábrica basada en MES, PLC y SCADA.

Cada planta está equipada con líneas de fabricación y montaje de diferentes proveedores de OT. Una línea se compone de un conjunto de estaciones, que están compuestas por robots, una cadena de dispositivos y máquinas. Los operarios ejecutan tareas predefinidas y secuenciadas que suelen formalizarse mediante instrucciones escritas basadas en los formatos de documentación convencionales.

Un controlador lógico programable (PLC), o controlador programable, es un equipo digital industrial que se ha reforzado y adaptado para el control de procesos de fabricación como líneas de montaje, dispositivos robóticos o cualquier actividad que requiera un control de alta fiabilidad, facilidad de programación y diagnóstico de errores en el proceso.

El control y adquisición de datos (SCADA) se refiere a los sistemas de control industrial (ICS) que se emplean para supervisar y realizar un seguimiento de los equipos o de una planta en industrias como la del control del agua y los residuos, las telecomunicaciones, la energía, el transporte y las refinerías de petróleo y gas. SCADA es un sistema informático utilizado para recopilar, analizar y presentar datos en tiempo real a los operarios. Además, a veces puede controlar el equipo de soporte. SCADA emite notificaciones haciendo sonar alarmas cuando las situaciones se convierten en escenarios de peligro.

Los sistemas de ejecución de la fabricación (MES) son sistemas de computación que se utilizan en la fabricación para monitorizar y documentar la transformación de materias primas en productos terminados. Los MES proporcionan información que ayuda a los responsables de la toma de decisiones de fabricación a comprender cómo se pueden optimizar las condiciones actuales en la planta de producción para mejorar el rendimiento.

Algunos MES pueden funcionar en tiempo real para controlar múltiples elementos del proceso de producción (por ejemplo, entrada de datos, personal, máquinas y servicios de soporte). Algunas empresas como Dassault Systems, SAP, Siemens y ABB cuentan con MES muy conocidos.

La visualización de datos en tiempo real es un componente que puede recopilar datos en bruto y datos de telemetría, realizar el preprocesamiento de datos y visualizar mediante gráficos sinópticos e intuitivos un gran volumen de datos de series temporales de múltiples fuentes para personas y sistemas de todas las operaciones.

Un componente de visualización de datos en funcionamiento podría conectarse con muchas interfaces y recopilar datos de varios formatos o protocolos. Podría basarse tanto en series temporales como en eventos, incluyendo varios sistemas como PLC, SCADA, gateways, dispositivos y sensores.

Al igual que SCADA y MES, el componente de visualización de datos en tiempo real ayuda a los operarios a pasar de una toma de decisiones reactiva a proactiva. Algunos componentes reconocidos de esa área pertenecen a empresas como OSIsoft o Wonderware.

La gestión de activos consiste en las actividades y prácticas utilizadas para realizar un seguimiento del trabajo de los activos de una empresa y utilizarlos de manera eficaz para aportar valor. La gestión de activos consiste en las actividades y prácticas utilizadas para realizar un seguimiento del rendimiento de los activos de una empresa y utilizarlos de manera eficaz para generar valor.

La gestión del mantenimiento consiste en el uso de software inteligente para realizar un mejor seguimiento de los recursos de su empresa (por ejemplo, mano de obra, materiales y equipos). El uso de un sistema de gestión de mantenimiento informatizado garantiza que los equipos de su empresa siempre funcionen perfectamente, evitando así reparaciones inesperadas y paradas operativas.

Aunque la gestión del mantenimiento y la gestión de activos son diferentes técnicamente, siguen estando interrelacionadas y funcionan bien de forma conjunta. La gestión del mantenimiento ayuda a guiar el rendimiento físico de los equipos y actividades de mantenimiento de manera eficiente, mientras que la gestión de activos ayuda a analizar todos los datos para el trabajo que se necesita realizar en los propios activos.

Adopción del IoT para la fabricación mediante etapas de valor graduales

La digitalización de los procesos de fabricación a través de una plataforma de IIoT implica que se deben cubrir cuatro pasos lógicos a través de un programa planificado y secuenciado para asegurar que genera valor.

- **Recopilación de datos:** Los datos pueden provenir de sistemas como la gestión de activos empresariales (EAM), la planificación de recursos empresariales (ERP) y sistemas de ejecución de la fabricación (MES). (Este documento describirá la gestión de activos empresariales con más detalle en las secciones siguientes). También pueden proceder directamente de equipos/robots/sensores.
- **Visualización de patrones:** Esto es posible a través de cuadros de mando, interfaces de usuario y otras herramientas de visualización para ver los datos.
- **Desarrollo de conocimiento basado en la analítica:** Puede incluir analítica predictiva, analítica prescriptiva y modelos de análisis específicos de la industria.
- **Sistemas cognitivos:** Implican nuevas formas de procesar información no estructurada, incluyendo imágenes, vídeo y audio, así como algoritmos de aprendizaje automático.

The four-step road map

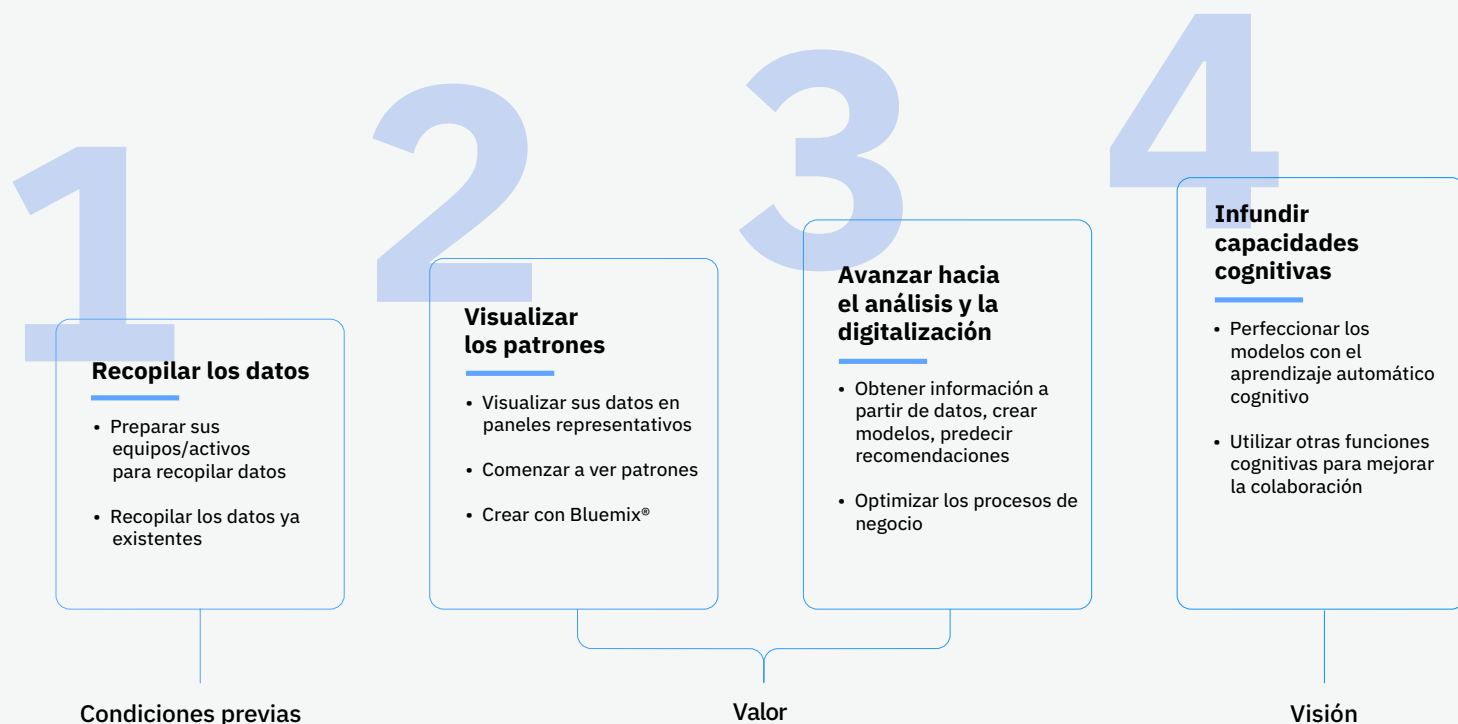


Imagen 4: Programa de cuatro pasos.

Los beneficios previstos del programa de cuatro pasos son los siguientes:

- **Aumento de la productividad:** Este enfoque conduce a un mayor rendimiento y eficiencia, eliminando las actividades que no añaden valor.
- **Prevención de fallos:** El programa también da como resultado la mejor eficiencia general de los equipos (OEE), evitando el “re-trabajo”, la chatarra, las interrupciones y la mala calidad del producto.
- **Flexibilidad:** Otros beneficios incluyen obviar la complejidad, la reducción de los esfuerzos de configuración y reconfiguración, la capacidad de conectar y producir, y evitar las brechas tecnológicas.

Ampliar la arquitectura actual de la fábrica con un enfoque de tres niveles

En la fabricación industrial y en la industria 4.0, la mejor práctica es adoptar una arquitectura distribuida en tres capas. Un buen modelo de arquitectura considera los requisitos de autonomía y autosuficiencia de cada lugar de producción y equilibra la carga de trabajo entre los diferentes niveles (edge, planta y empresa).

Para obtener un buen modelo de arquitectura en la solución, es primordial resolver el problema de la integración, tanto a nivel vertical como horizontal.

La imagen 5 muestra el aspecto típico del problema de integración en un contexto de fabricación.

A nivel de dispositivo, la información se aísla en la capa de control y es accesible a través de una variedad de protocolos específicos de la industria (por ejemplo, planificación y control de operaciones (OPC), arquitectura unificada de OPC (OPC-UA), Skid, Bacnet, Profibus y Ethernet-IP) y también puede estar contenida en sistemas de archivos o bases de datos de producción.

Fábrica ampliada con capacidades de IBM: Descripción general de la arquitectura

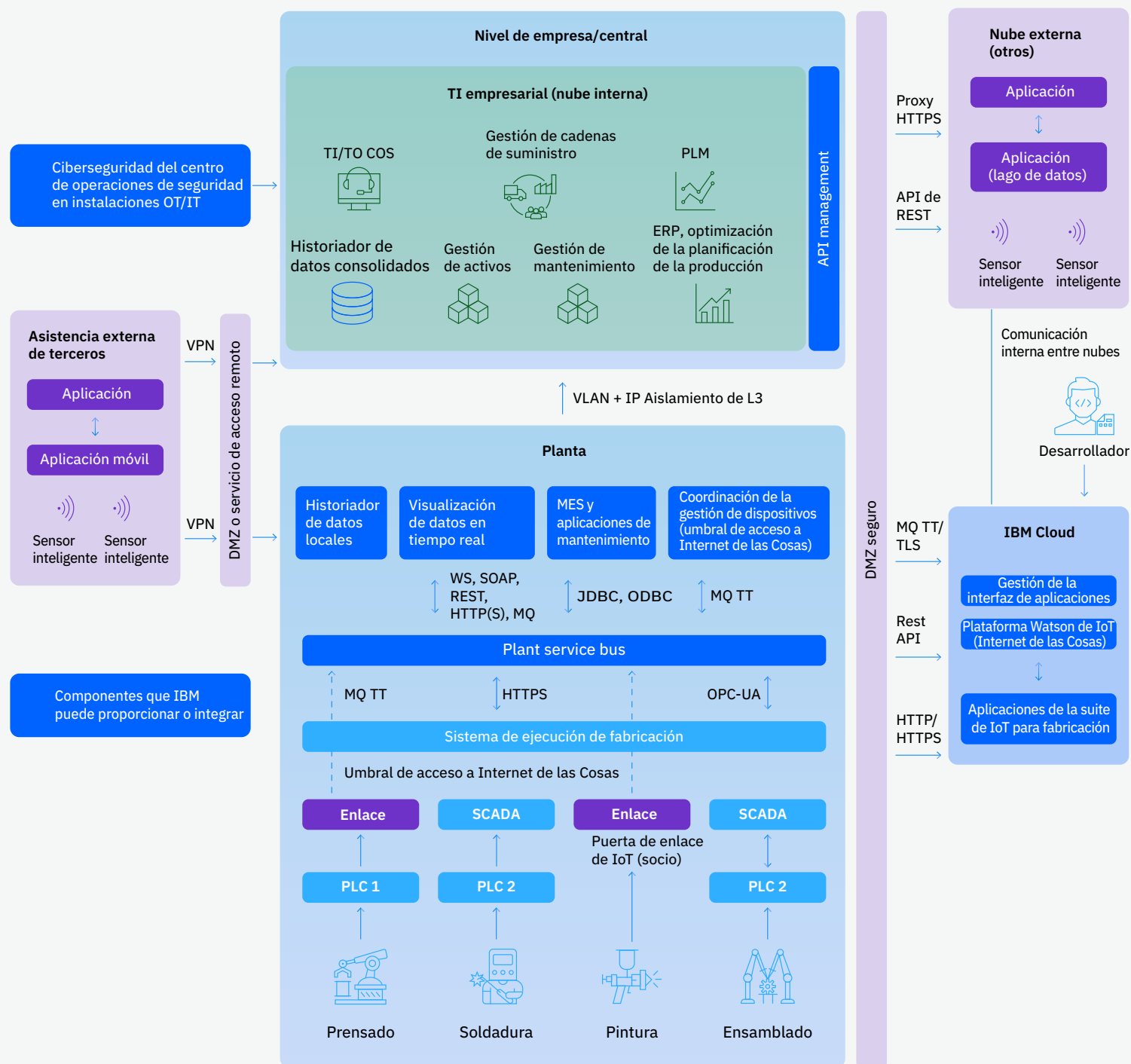


Imagen 5: Fábrica ampliada con capacidades de IBM: Descripción general de la arquitectura.

En la mayoría de los casos, puede ser necesaria una nueva sensorización (por ejemplo, sensores acústicos en robots o etiquetas RFID en equipos). Para resolver este problema de integración, la mejor práctica es combinar la tecnología de integración con dispositivos edge/gateways de diferentes proveedores.

Por lo tanto, el patrón de arquitectura seleccionado que se describe a continuación propone una solución basada en tres niveles:

- **Nivel de Edge**
- **Nivel de fábrica o planta de producción**
- **Nivel de empresa o back-end**

A nivel de fábrica, la práctica es implementar en cada planta un bus de servicio, a menudo llamado plant service bus (PSB), para gestionar las actividades locales y la conectividad con el entorno físico (por ejemplo, PLC, SCADA, Skid, OPC, edge).

Además del bus de servicio, recomendamos implementar en el edge la tecnología embebida de software de analítica. Los accesos físicos son cajas (gateways, hubs, cajas de conectividad, etc.) que permiten la conexión de la red de OT a la red de IT y transforman las señales y eventos emitidos por el sistema PLC/SCADA en datos digitales seguros y visibles en la red de IT.

A nivel corporativo, se implementarán aplicaciones específicas de la empresa o de la industria para diferentes necesidades (por ejemplo, gestión de activos, gestión del mantenimiento, control de la eficiencia general del equipo – OEE-, y mantenimiento predictivo). Algunas de las aplicaciones pueden requerir la instalación de componentes locales de su solución a nivel de planta.

La infraestructura compatible con estas aplicaciones puede estar respaldada por una combinación de diferentes modelos de en cloud y en local en un modo híbrido. El nivel de hibridación debe determinarse en una fase temprana del proyecto.

El nivel de hibridación se considera generalmente como un compromiso y un equilibrio entre las restricciones de la empresa, las cuestiones relativas a la gestión y las operaciones, los requisitos de latencia y rendimiento, y las restricciones de privacidad de datos, por no mencionar el coste (costes de retención de datos).

Arquitectura completa y ampliada de tres niveles

Una vez que el middleware de planta esté implementado y se hayan considerado las piezas técnicas, es un buen momento para centrarse en las piezas de negocio de la solución.

Los componentes de negocio se materializan a través de aplicaciones específicas que contribuyen a mejorar la productividad, aumentar el tiempo de actividad, reducir las paradas y mejorar la flexibilidad para reconfigurar dinámicamente los equipos de planta.

La suite de soluciones de gestión de activos de IBM (EAM) proporciona a las empresas industriales el conocimiento para optimizar las operaciones de producción y mejorar la calidad de la producción. El objetivo de estas soluciones es reducir el riesgo, reducir los costes y mejorar la eficiencia añadiendo el poder de la analítica, el IoT y la Inteligencia Artificial a las operaciones industriales.





La suite cubre dos campos complementarios e IBM proporciona soluciones para cada dominio:

– Información sobre la calidad de la producción:

Las soluciones de IBM pueden mejorar la calidad de la producción encontrando los defectos más pequeños de forma más rápida y precisa. También pueden reducir la dependencia de las inspecciones manuales, identificar antes los defectos de calidad y responder en tiempo real.

Obtenga más información [aquí](#).

Para mejorar la calidad de los productos y procesos, así como detectar con mayor rapidez problemas de calidad y reducir el elevado coste de las falsas alarmas, IBM ofrece alertas fiables gracias a las cuales se puede actuar rápidamente, utilizando muchos menos puntos de información. A través de una solución llamada IBM Prescriptive Quality on Cloud, utilizamos análisis prescriptivos para mejorar la calidad de los procesos de fabricación, materiales, componentes y productos.

- IBM puede llevar el poder de la IA a su línea de inspección para identificar defectos visibles más rápidamente e identificar con precisión los puntos de fallo para que pueda implementar mejoras de manera continua y progresiva. A través de una solución llamada IBM Visual Insights, aprovechamos el machine learning, el procesamiento en el edge, la captura de imágenes y la experiencia humana para transformar la inspección visual y reducir los costes de producción.

- Para reconocer y detectar de forma más eficiente y eficaz los defectos de calidad y los fallos de los equipos, IBM combina los datos acústicos con machine learning y la tecnología de IA. A través de una solución llamada IBM Acoustic Insights, utilizamos algoritmos de IA para el reconocimiento acústico en tiempo real y la detección temprana de la degradación del equipo.

- **Optimización de la producción:** El uso de analítica avanzada e IA ayuda a optimizar los procesos de producción. Cuando las fábricas se sensorizan con IoT, los datos disponibles aumentan. En una fábrica digital, los operarios pueden utilizar los datos para identificar las pérdidas potenciales de producción y actuar para equilibrar la calidad, el coste y el rendimiento.

Obtenga más información [aquí](#).

- Gestión de los activos empresariales (EAM)
 - La EAM básica hace referencia a la combinación de software, sistemas y servicios que una organización utiliza para controlar y optimizar sus recursos físicos, tecnológicos y humanos en todas las unidades de negocio y ubicaciones geográficas. La solución llamada Maximo incluye todas estas funcionalidades.

Consulte más información sobre las soluciones EAM de IBM [aquí](#).

- Gestión del rendimiento de los activos
 - La gestión del rendimiento de los activos desempeña un papel crucial en la mejora de las operaciones de los equipos. En este ámbito, IBM ofrece las siguientes soluciones:
 - IBM Maximo® APM: Asset Health Insights
 - IIBM Maximo APM: Predictive Maintenance Insights
 - IBM Maximo APM: Equipment Maintenance Assistant

Consulte más información sobre las soluciones de IBM de gestión del rendimiento de activos [aquí](#).

- Optimización de inventario de mantenimiento, reparación y operaciones (MRO)
 - La optimización de su inventario de MRO puede ayudar a reducir significativamente los costes relacionados con el inventario y reducir el tiempo de inactividad de los activos. La solución MRO de IBM se llama IBM Maximo MRO Inventory Optimization.

Obtenga más información al respecto [aquí](#).

Consideraciones y consejos adicionales por bloque funcional

Basándonos en nuestra experiencia e investigación, detallamos algunos puntos de vista adicionales y buenas prácticas:

- **Plant Service Bus (PSB):** El PSB es un bloque estructural muy importante que controla, orquesta y gobierna los flujos dentro de la planta, pero también entre la empresa y la planta. Suele ser un componente crítico de la capa de

integración entre las plantas y los sistemas empresariales, así como entre procesos y personas, e interviene en el enrutamiento, la transformación, mediación, configuración y el flujo de la información. Se espera que un PSB eficiente proporcione capacidades OT/ IT de adaptación y gateway para implementar una funcionalidad, lógica de integración, agregación y mapeo con una configuración externalizada basada en reglas.

El IBM PSB (IBM Integration Bus and Manufacturing Pack) permite filtrar, calcular, agregar, comprimir y preparar los datos sobre la marcha para su posterior procesamiento.

El PSB debe implementarse en las primeras etapas del proyecto y, por lo tanto, debe considerarse un requisito previo importante antes de implantar aplicaciones de visualización de datos, analítica y cognitivas.

- **Enterprise Service Bus (ESB):** Para gestionar los flujos de fabricación entre las plantas y los sistemas de información centrales, a menudo se aplica automáticamente un ESB. Desde un punto de vista funcional, un ESB tiene la misma función que un PSB y puede estar respaldado por el mismo tipo de solución.
- **Plataforma IoT:** Una plataforma de IoT alojada en la IBM Cloud™ (nube de IBM) permitirá la creación de repositorios de datos a menor coste, así como nuevos cuadros de mando industriales, la integración de modelos analíticos de clientes, la gestión del ciclo de vida de la interfaz de programación de aplicaciones (API) y la transmisión de datos a socios externos. La plataforma puede alimentarse desde diferentes fuentes de datos, como lagos de datos, aplicaciones del back-end, socios u otros proveedores de cloud (p.ej. Azure).
- **Analítica en el Edge:** Podría ser relevante el despliegue de servicios en el edge, donde el rendimiento del proceso se vería impactado, evaluar el evento en la nube y devolver una acción a la celda de trabajo/edge. Utilizamos servicios de scoring analítico desplegados en el edge cuando tenemos una frecuencia muy alta de eventos que fluyen de una celda de producción y es crítico evaluar rápidamente las irregularidades para interceptar y eliminar un defecto potencial de la línea. También utilizaríamos un servicio en el edge para evaluar y clasificar imágenes visuales, especialmente cuando inspeccionamos componentes a alta velocidad (por ejemplo, cuando la identificación de defectos es crítica a nivel temporal). Del mismo modo consideraríamos la posibilidad de utilizar servicios en el edge para añadir o filtrar grandes volúmenes de datos de telemetría que puedan consolidarse en un evento menor. Esto se haría para reducir la carga de la red y reducir el coste de transmisión de grandes volúmenes de datos. Una aplicación de negocio habitual que hace uso de las capacidades del edge es la solución de inspección visual y sus servicios de puntuación analítica. En general, el enfoque debe centrarse en establecer qué servicio soportaría mejor un nodo de cálculo desplegado en el edge. Existen varias tecnologías potenciales en el mercado (p.ej. SDK y Execution Engine) para la implementación de analítica en el edge.
- **MES local (sistemas de ejecución de la fabricación):** En muchos casos, este componente ya existe para la programación y optimización de la producción. A menudo se da por supuesto durante el proyecto de integración y debe

formar parte de la solución final. El sistema MES o de mantenimiento de planta está potencialmente conectado al PSB. Al gestionar la transformación del flujo de datos y la interconexión de protocolos, el PSB ayuda a reducir el nivel de acoplamiento de la arquitectura general. En general, existe una instancia del MES a nivel central de IT: prepara los comandos programados por lotes para todas las plantas. Puede ser la misma a nivel de planta o a un nivel diferente, lo que refuerza la necesidad de implementar una capa de conectividad para reducir el acoplamiento y el control y monitorizar los flujos entre el nivel empresarial y el nivel de planta.

- **Aplicaciones industriales (p.ej. inspección visual, información acústica, asistente de IA, etc.):** Estos son algunos de los ejemplos de aplicaciones industriales incluidas en la suite de IBM de IoT y las soluciones Watson™ de IA para empresas industriales. Estas aplicaciones se describen en la sección de seguridad en la industria 4.0 de este documento.
- **Overall equipment effectiveness (OEE):** Este componente es muy importante. Aborda las limitaciones de la productividad analizando los datos generados por los controladores de las máquinas, los sensores y los sistemas operativos para proporcionar una visibilidad actual o predictiva de los factores que contribuyen a la pérdida de OEE. Predice la probabilidad estadística de fallos en los equipos y procesos así como de ralentización en la línea. Adicionalmente, cuantifica el impacto de tales fallos potenciales en la planta o la OEE de la línea, identifica las causas y ofrece planes de mantenimiento optimizados.

Definición de OEE: limitaciones de disponibilidad, calidad y rendimiento

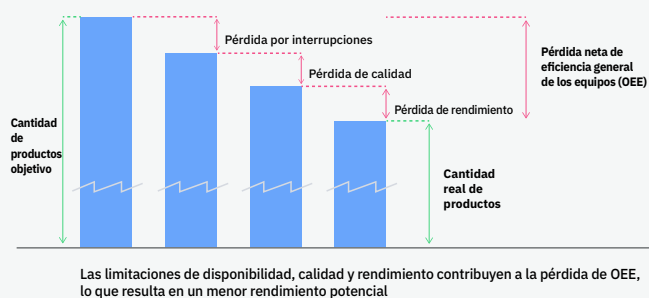


Imagen 6: Definición de OEE: limitaciones de disponibilidad, calidad y rendimiento.

- **Proyecto IoT de colaboración:** Se ha observado una tendencia a hacer que el sistema de producción de fabricación sea más abierto para facilitar la exposición de datos/servicios de forma segura al ecosistema de colaboradores. Teniendo en cuenta que cada empresa de fabricación trabaja con muchos socios, una buena práctica es utilizar un portfolio de interfaces de programación de aplicaciones (APIs). En general, las APIs se supervisan a través de una aplicación específica que gestiona las diferentes reglas de actuación y los acuerdos de nivel de

servicio (SLA) asociados. Para aumentar la seguridad y la vigilancia del flujo, la exposición de las AP podría realizarse a nivel de ESB o PSB.

- **Gestión de la API (interna):** Otra evolución posterior y de valor añadido será la implementación de esta aplicación, que está relacionada con la solución de ciclo de vida integral de la API. Esto permitirá la creación automatizada de las APIs, simplificará el descubrimiento de los sistemas de datos y proporcionará el acceso en modo autoservicio a los desarrolladores internos y de terceros con la integración de fuertes medidas de seguridad y gobierno.
- **Gestión de la API (externa):** Otra extensión será la exposición de las APIs a socios externos que tienen la misma cobertura que las APIs para sistemas internos, lo que aporta más valor al ampliar la base de clientes, facilitar el acceso a la información e incluso monetizar los datos o procesos.

Analítica en el edge

Cada vez más, los clientes optan por una estrategia de IIoT completamente independiente en el gateway, la red y el espacio de los dispositivos. Es importante poder asociarse con todos los implicados para garantizar la interoperabilidad y la máxima capacidad de elección y flexibilidad en el futuro. Estos objetivos de interoperabilidad y flexibilidad solo pueden alcanzarse a través del modelo de arquitectura global explicado en este documento. Recomendamos un enfoque orientado a servicios a nivel del edge, planta y empresa a través de APIs y un enfoque de microservicios. Cada capa debe ser capaz de exponer interfaces únicas (APIs) claras, documentadas y operables. Si bien IBM no opera de forma general en el mercado de los adaptadores y edge físicos, cuenta con otros muchos socios que trabajan en el área del IoT y la industria 4.0. Entre ellos se encuentran ABB, KUKA, EnOcean, Intel, Cisco, Schneider, Hilscher, Festo, Minitec, TE, Softing y PRO ALPHA Sigfox.

Colaboración de IBM en analítica en el umbral y en computación



Imagen 7: Partners de IBM en edge analytics y computing.

Interior de una solución de edge analytics de IBM



- IBM Edge™ Analytics Agent se ejecutará en dispositivos con puerta de enlace de IoT creados por empresas con las que colaboramos.
- IBM colabora con Cisco y otros proveedores de enlace.

Imagen 8: Dentro de una solución de IBM de edge analytics.

Cisco: IBM y Cisco Systems mantienen una relación comercial desde hace más de siete años en varias disciplinas, con un gran foco en la transformación empresarial, las soluciones y los servicios. Cisco e IBM pueden proporcionar una plataforma completa, de principio a fin, que permite un enfoque híbrido de la analítica IoT en el edge o en el cloud a través de las tecnologías de Watson IoT. Con esta solución conjunta, es posible analizar el rendimiento del negocio en el punto de recogida de datos para que podamos monitorizar y controlar de forma más ajustada el rendimiento del entorno, los activos y las personas en relación con sus funciones. Nuestra tecnología utiliza una evaluación analítica basada en reglas de negocio definidas para recomendar acciones correctivas. El análisis a nivel del edge se utiliza para perfeccionar los modelos de rendimiento en el cloud, aprendiendo y mejorando de forma continua los modelos de condiciones operativas. El análisis en el edge de la red reduce la cantidad de datos que se trasladan a la nube, liberando capacidad de transmisión y reduciendo los costes de las comunicaciones para la monitorización remota.

KUKA Robotic: IBM y KUKA se han asociado para mejorar las operaciones y procesos de fabricación con robótica adaptativa.

Puede encontrar más información [aquí](#).

Apache Edgent: Apache Edgent es un modelo de programación y micro-kernel-style runtime que puede integrarse en gateways y dispositivos compactos en el edge para facilitar la analítica local en tiempo real de los flujos continuos de datos procedentes de equipos, dispositivos y todo tipo de sensores. Este es un ejemplo de tecnología de código abierto para aprovechar la analítica en el edge.

Plataforma Sierra Wireless Legato®: Esta plataforma es la combinación de una distribución OS basada en Linux, board support package (BSP), herramientas de desarrollo personalizadas y APIs robustas a través de servicios de plataforma para permitir el desarrollo de software en dispositivos IoT.

Puede encontrar más información [aquí](#).

Centro IoT de IBM en Múnich: Este laboratorio industrial relacionado con la producción muestra la robótica industrial cognitiva utilizando Project Intu middleware y 6D visual cognition, así como machine, deep y reinforcement learning. También utiliza las aplicaciones de cognitive speech y cognitive maintenance para robótica con Watson Speech to Text, Watson Translation y Watson Natural Language Classifier.

Hilscher (digital twin basado en las reglas netIOT CPS de Hilscher): Consiste en una integración y colaboración basada en reglas de los sistemas cibernéticos físicos en el marco de la

arquitectura de la industria 4.0 de IBM. Es una integración bidireccional entre un dispositivo físico y su representación digital que aprovecha IBM Visual Insights.

Sigfox: Este es uno de los principales proveedores de servicios de IoT a nivel global que ofrece una red mundial ampliada de baja potencia. Sigfox reduce los costes y el consumo de energía necesarios para conectar de forma segura los sensores de IoT a la nube. Con la solución de Sigfox, se necesita poca energía para recopilar y transmitir información para objetos de larga duración. La red Sigfox es compatible con la plataforma IBM Watson IoT™. Algunas colaboraciones recientes entre Sigfox e IBM han implementado con éxito varios casos de uso, incluyendo la gestión y la monitorización de activos, el seguimiento y mantenimiento de infraestructuras y facilities management.

ABB: ABB e IBM han anunciado una colaboración estratégica que aúna la oferta digital de ABB, ABB Ability™, con las capacidades cognitivas de IBM Watson IoT para acelerar la adopción de la inteligencia artificial industrial. Puede encontrar más información sobre esta asociación [aquí](#).

SmartFactoryKL: SmartFactoryKL, una muestra de fábrica para IBM y su tecnología de industria 4.0, aborda todo el alcance de la arquitectura de referencia de IBM para la industria 4.0. Las principales contribuciones de IBM incluyen la integración flexible de todas las máquinas, sistemas de IT y aplicaciones, un gemelo digital de toda la línea de producción basada en las tecnologías de analítica e IoT de IBM; y una demostración de las capacidades de la fábrica cognitiva basadas en Watson.

Conectado al edge y los dispositivos, el PSB estandariza las comunicaciones (gestión de protocolos, flujos de mediación, seguimiento y exposición de API) entre las capas del edge y dispositivos y el resto de los componentes de planta. A través del PSB, las operaciones de fabricación reducirán el número de conexiones entre puntos y, por lo tanto, harán que la solución global sea más evolucionada, consistente y modular al disminuir el nivel general de acoplamiento.

Middleware de planta: Bus de servicio de planta

IBM PSB es un componente de software utilizado para implementar la capa de integración a nivel de fábrica entre la



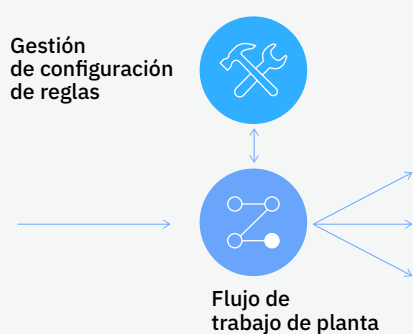
planta de producción y la planta de TI. Permite una conectividad orientada al servicio, modular y no intrusiva entre máquinas, sistemas, procesos y personas. Facilita el enrutamiento, la transformación, la mediación, la configuración y el flujo de trabajo basado en eventos. También supone una base para los microservicios en fábrica basados en el modelo de datos independiente del dispositivo y en el modelo de datos de planta.

- Transformación y conectividad: Hace referencia a la funcionalidad clásica del service bus para la integración de sistemas y máquinas, simplificando la lógica específica de

integración y habilitando la estandarización de la gestión del mantenimiento y el despliegue. PSB es compatible con varios estándares de OPC, pero también con el protocolo Modbus, entre otros.

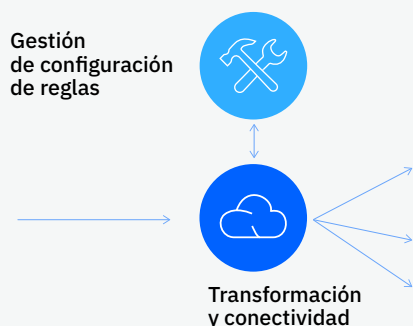
- Composición y gestión de la configuración de reglas: Hace referencia a la configuración flexible a nivel de planta, capa de integración y máquina, basada en reglas definidas en lenguaje natural y validadas e implementables por el personal de planificación de la producción (no IT). También permite la optimización de la gestión del cambio y es una herramienta que facilita la conexión y producción.

Lógica de reglas de fabricación implementada a nivel de PSB



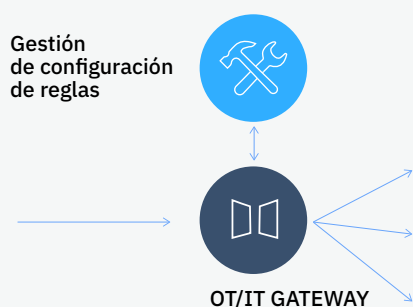
Lógica de decisiones de planta:

- Manipulación por tipo de producto, priorización, (re)secuenciación
- Reacción ante situaciones excepcionales (calidad, control de continuidad)
- Mostrar alertas resultantes del ciclo de análisis predictivo de fábrica



Lógica de decisión de integración:

- Enrutamiento basado en el contenido del mensaje y la situación de la empresa (alertas, prioridad, excepciones)
- Validación de mensajes de contexto de negocio
- Enriquecimiento flexible del contenido de los mensajes



Lógica de decisión Edge:

- Gestión de la configuración, asignación del área de almacenamiento al modelo de datos de planta, conexión y producción
- Control de comportamiento dinámico (alerta, envío de señales, programa de calibrado en función de los parámetros del producto)
- Control del comportamiento de la máquina en función de eventos de analítica predictiva

Descripción general de la arquitectura PSB

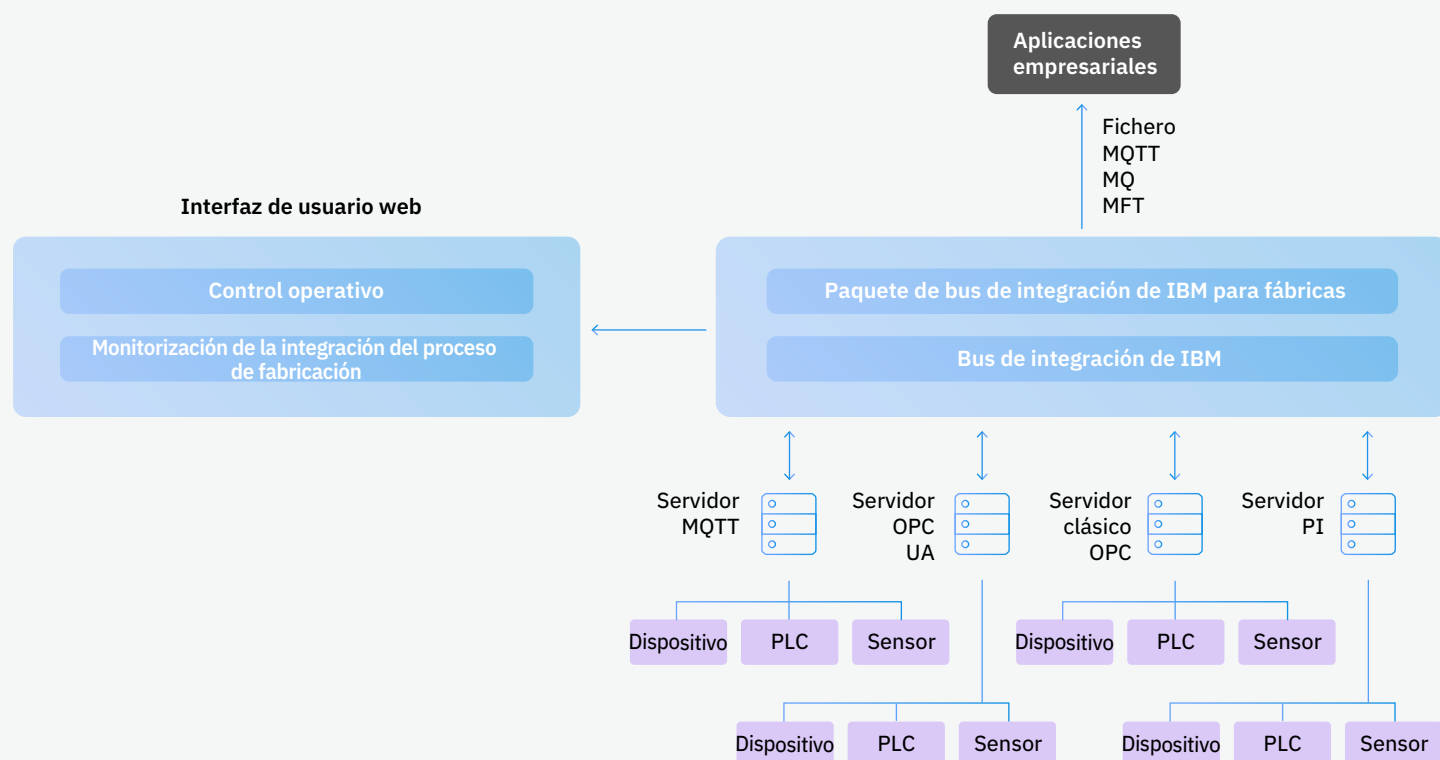


Imagen 10: Descripción general de la arquitectura PSB.

El PSB permite a sus usuarios crear reglas de negocio que se ejecutan en el servidor de integración (imagen 14). Las reglas de negocio proporcionan un medio natural para que los usuarios de negocio gestionen las políticas que determinan cómo automatizar las decisiones frecuentes.

La automatización de decisiones de negocio complejas tiene muchas aplicaciones a nivel de fabricación, como la transformación de datos, el enrutamiento de protocolos, la transformación de protocolos, la validación o enriquecimiento de mensajes y el control de comportamiento dinámico.

Haga clic [aquí](#) para comenzar.

El IBM Integration Bus Manufacturing Pack se basa en el bus de integración de IBM para dar soporte a las aplicaciones de la industria de la fabricación.

El IBM Integration Bus Manufacturing Pack incluye las siguientes características:

- **Integración de sus servidores OPC con las aplicaciones del bus de integración de IBM.**
- **Integración de fuentes de datos con aplicaciones del bus de integración de IBM mediante un PI server.**
- **Uso del protocolo de conectividad MQ Telemetry Transport (MQTT) para habilitar un servicio de publicación/suscripción.**
- **Visibilidad de la información sobre el estado de los flujos de mensajes desplegados.**
- El PSB permite la transformación digital de los procesos de producción y la conectividad de los sistemas y puede ofrecer sistemas de planta un 30 % más rápidos y un 25 % más eficientes. Puede acelerar la automatización de procesos, eliminando la necesidad de más del 95 % de las operaciones manuales y del 90 % de las aplicaciones personalizadas.

A nivel de empresa

Las soluciones empresariales analizan toda la información proporcionada por los niveles inferiores y permiten el almacenamiento de información para su visualización y análisis. Para las soluciones empresariales, IBM trabaja con partners que proporcionan protocolos de campo, soluciones de localización “indoor” de alta definición y en tiempo real y capacidades de etiquetado avanzadas para escanear máquinas y mostrar información interactiva con realidad aumentada.

La suite de soluciones de EAM de IBM para empresas industriales incluye una serie de dispositivos y soluciones de analítica industrial disponibles como aplicaciones para el usuario final. Se centran en casos de uso de fabricación e industriales que se despliegan en varios modelos.

Esta suite impulsará el ahorro de costes y la eficiencia operativa en toda la cadena de valor de la fábrica mediante el análisis de datos procedentes de los flujos de trabajo, el contexto y el entorno para impulsar la calidad y mejorar las operaciones y la toma de decisiones.

Las aplicaciones industriales están destinadas principalmente al director de fabricación, el jefe de planta, el responsable de OEE, los operarios, los ingenieros de campo o los técnicos.

Esta suite de soluciones permite la transformación de la fabricación mediante la información sobre la calidad de la producción y la optimización de la producción:

- La información sobre la calidad de la producción utiliza el IoT y las capacidades cognitivas para detectar, comunicar y autodiagnosticar problemas, de modo que las empresas puedan optimizar su rendimiento y reducir paradas innecesarias.
- La optimización de la producción aporta más seguridad a las empresas mediante el análisis de gran variedad de datos procedentes de los flujos de trabajo, el contexto y el entorno para impulsar la calidad, mejorar la OEE, aumentar el tiempo de actividad y optimizar las operaciones y la toma de decisiones.

Suite de soluciones de gestión de activos empresariales de IBM

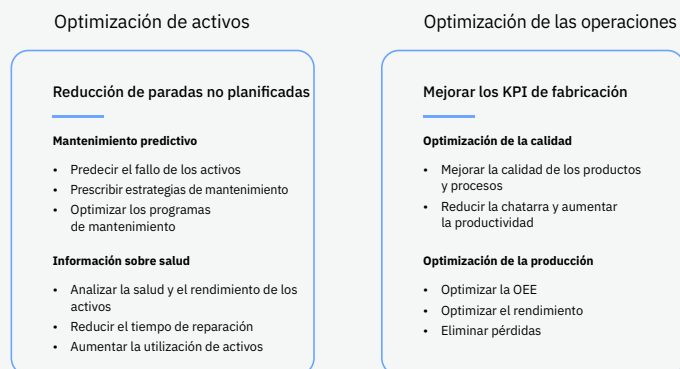


Imagen 11: Suite de soluciones de EAM de IBM.

Suite de soluciones de IoT e IA de IBM

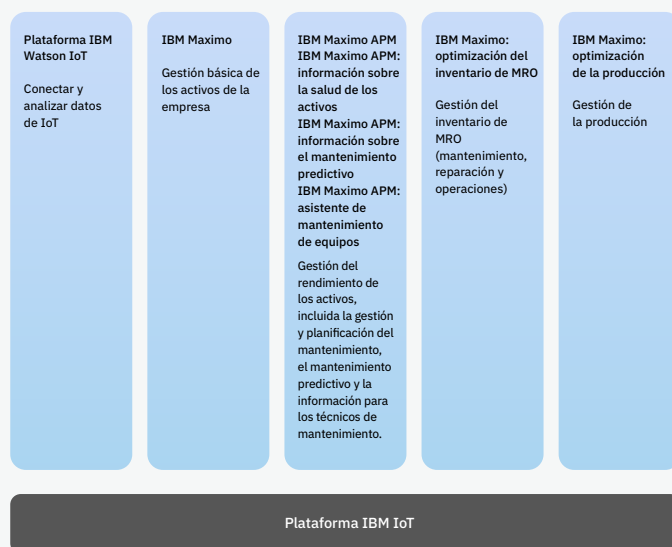


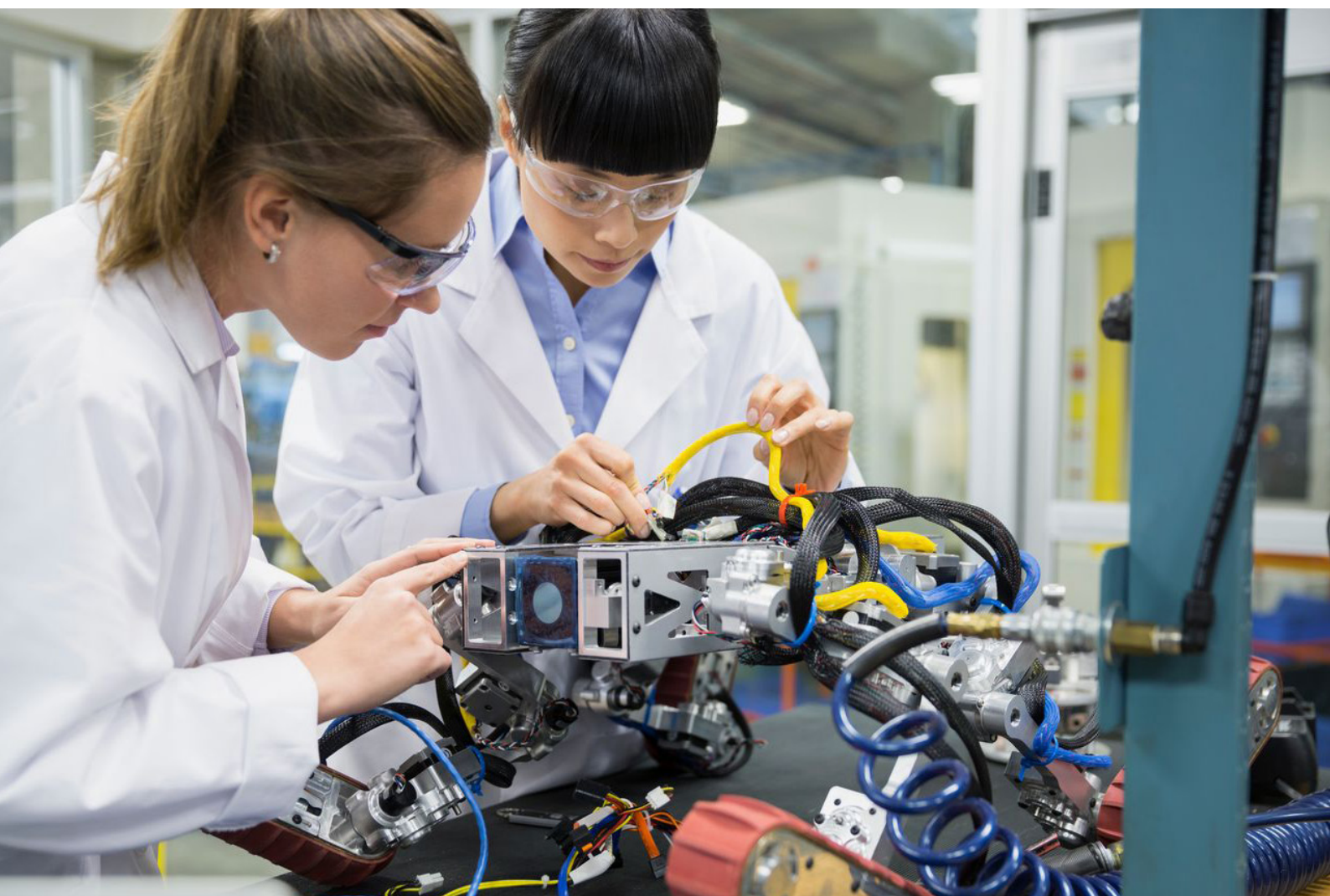
Imagen 12: Suite de soluciones de IoT e IA de IBM.

La suite de soluciones de EAM de IBM utiliza diferentes herramientas analíticas

- El machine learning (ML) automatiza la construcción de modelos analíticos. Utiliza métodos de redes neuronales. Las aplicaciones más comunes incluyen el reconocimiento de imágenes y de voz.
- La analítica de imágenes se basa en el reconocimiento de patrones y en deep learning para identificar el contenido de una imagen o un vídeo. Cuando las máquinas son capaces de procesar, analizar e interpretar imágenes, pueden capturar imágenes o vídeos en tiempo real e interpretar su entorno.
- El análisis acústico permite a las organizaciones utilizar los sonidos de la planta y de la operación para detectar automáticamente anomalías y defectos e identificar problemas de calidad del producto.
- La analítica textual consiste en obtener datos estructurados de alta calidad a partir de textos no estructurados. Una buena razón para utilizar el análisis de texto podría ser extraer datos adicionales sobre productos, equipos y descripciones de procedimientos industriales de fuentes de datos no estructuradas.

IBM y Red Hat® también pueden ofrecer una plataforma híbrida y multicloud para la industria 4.0.

La arquitectura de IBM para la industria 4.0 aborda los retos actuales y necesidades futuras definiendo claramente los tres niveles (edge, planta/fábrica y empresa), siendo capaz de desplegarla y mover su funcionalidad en los tres entornos. Además, esta arquitectura tiene en cuenta que es probable que la funcionalidad actual necesite implementarse en las instalaciones, pero que con el tiempo evolucionará a clouds dedicados o públicos.



A nivel empresarial, se pueden desplegar aplicaciones específicas de la empresa o de la industria para diferentes necesidades, como la gestión de activos, la gestión del mantenimiento, el control de OEE y el mantenimiento predictivo. Algunas de estas funciones pueden requerir la instalación de componentes locales de la solución a nivel de planta.

Puede ser necesaria una combinación de diferentes modelos de cloud e IT local en un modelo híbrido para respaldar la infraestructura para aplicaciones de nivel empresarial. Es importante determinar el nivel de hibridación al principio del proyecto.

IBM y Red Hat ofrecen de manera conjunta una plataforma híbrida y multicloud de última generación. Al combinar la potencia y la flexibilidad de las tecnologías abiertas de hybrid cloud de Red Hat con la escalabilidad y la profundidad de la innovación y experiencia industrial de IBM, cualquier compañía que participe en un proyecto de industria 4.0 tendrá acceso a las mejores herramientas y al talento de ambas empresas.

Como se ha mencionado, la elección del nivel de hibridación puede ser el resultado de balancear las limitaciones de la empresa, las cuestiones relativas a la gestión y las operaciones, los requisitos de latencia y rendimiento, y las

restricciones de privacidad de datos, e incluso puede tener en cuenta los costes de elementos clave como la retención de datos.

IBM es flexible en cuanto a los modelos de implementación de cloud. Además de los componentes instalados en el edge o la planta (on premise), nuestra estrategia cloud consiste en aprovechar las tecnologías Red Hat OpenShift®, Docker y Kubernetes para facilitar la implementación de componentes del cliente e IBM en cualquier lugar, no solo en el cloud de IBM.

IBM Cloud Private (ICP) y OpenShift son plataformas de aplicaciones de contenedores de código abierto para el desarrollo, el despliegue y la gestión de aplicaciones on-premise o basadas en cloud y en contenedores. Este entorno integrado para la gestión de contenedores incluye el orquestador de contenedores Kubernetes, así como un repositorio privado de imágenes, una consola de gestión y marcos de monitorización.

Como ya se ha comentado, la tendencia de muchas organizaciones es adoptar un enfoque de cloud híbrido. Una solución como IBM Cloud Private con OpenShift responde a esa necesidad. Además, IBM y Red Hat anunciaron que unirán sus fuerzas para acelerar la modernización de las aplicaciones y el desarrollo nativo del cloud.

Ejemplos ilustrativos en los tres niveles

Ejemplo ilustrativo a nivel de fábrica: Caso de uso de analítica acústica

El mantenimiento de la línea de producción es costoso y depende del factor tiempo. Saber cuándo mantener un activo para obtener el máximo rendimiento es fundamental. Con la analítica acústica, podemos realizar escuchas de los equipos para detectar errores rápidamente y recomendar un mantenimiento. Esto se aplica en muchas áreas de la operación de los equipos, desde molinos de viento, trenes, ascensores y montacargas hasta grandes maquinarias industriales.

La analítica acústica “escucha” a los equipos y dispositivos de fábrica y determina si existe un fallo al detectar anomalías en el ruido que “oye”.

Esta aplicación cognitiva acústica de IBM está disponible como servicio en la plataforma Watson IoT. El machine learning crea una base de conocimiento de sonidos para detectar anomalías. En combinación con soluciones móviles mejoradas, permite que las funciones del servicio se utilicen sobre el terreno a nivel de planta.

Ejemplo ilustrativo a nivel del edge: Caso de uso de inspección visual

El machine learning también permite la inspección visual del proceso de montaje de la carrocería para los tiradores de puertas de los coches. Hoy en día, los fabricantes se enfrentan a retos de riesgo asociados a la complejidad de las actividades de inspección visual. Se necesitan muchos inspectores humanos, operarios e ingenieros en cada fabricante, que tienen una enorme carga de tareas repetitivas destinadas a identificar cientos de defectos. Esto provoca importantes costes de mano de obra en la planta, problemas de precisión y consistencia de la inspección, una necesidad de formación de los empleados y problemas potenciales de salud relacionados con las inspecciones en áreas peligrosas.

Este ejemplo industrial, visible en la sede central de IBM en Múnich, fue diseñado en colaboración con BMW y KUKA. Los principios son los siguientes:

- Recopilar datos de los equipos de la línea de producción y obtener información y una valoración en tiempo real.
- Prevenir los problemas antes de que surjan con predicciones precisas y alertas tempranas.
- Mejorar el rendimiento con una guía de reparación paso a paso.
- Aplicar sistemas de razonamiento y aprendizaje para optimizar continuamente el uso de los equipos.

El sistema de inspección visual se basa en algoritmos de machine learning y utiliza muchos patrones de inspección visual, como las áreas de impurezas/de alto contraste, la detección y verificación de la geometría, la detección de texturas y áreas anómalas, y la extracción y verificación de características de color/brillo para determinar defectos de calidad. (Como ejemplo de lo que este sistema puede detectar, podemos incluir defectos en las pinzas de freno, defectos o daños en el taller de carrocería y pintura, deformación de piezas, golpes en las piezas de repuesto y arañazos en el salpicadero del automóvil).

La capacidad de inspección visual de la suite de soluciones de IBM se integra dentro de la línea de equipamiento y robótica. En este ejemplo, inspeccionamos varios tiradores de las puertas del nuevo serie 5 de BMW para detectar defectos de fabricación utilizando el servicio de reconocimiento visual de Watson.

También queremos asegurarnos de que la robótica tenga una alta disponibilidad operativa para no afectar a la producción. El operario controla el proceso a través de un cuadro de mando del estado del equipo (la valoración del estado del robot se calcula mediante un modelo estadístico de mantenimiento predictivo).

En el último paso del proceso, un técnico de servicio recibe una alerta de mantenimiento predictivo a través de una aplicación móvil. Una conversación mediante procesamiento de lenguaje natural y analítica de contenido basado en la documentación de la planta guía al técnico hacia una solución.

Ver y oír con los propios ojos y oídos de Watson IoT edge AI computing

Detective privado

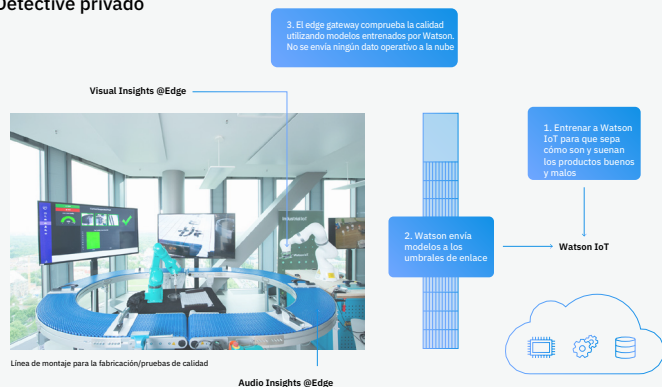


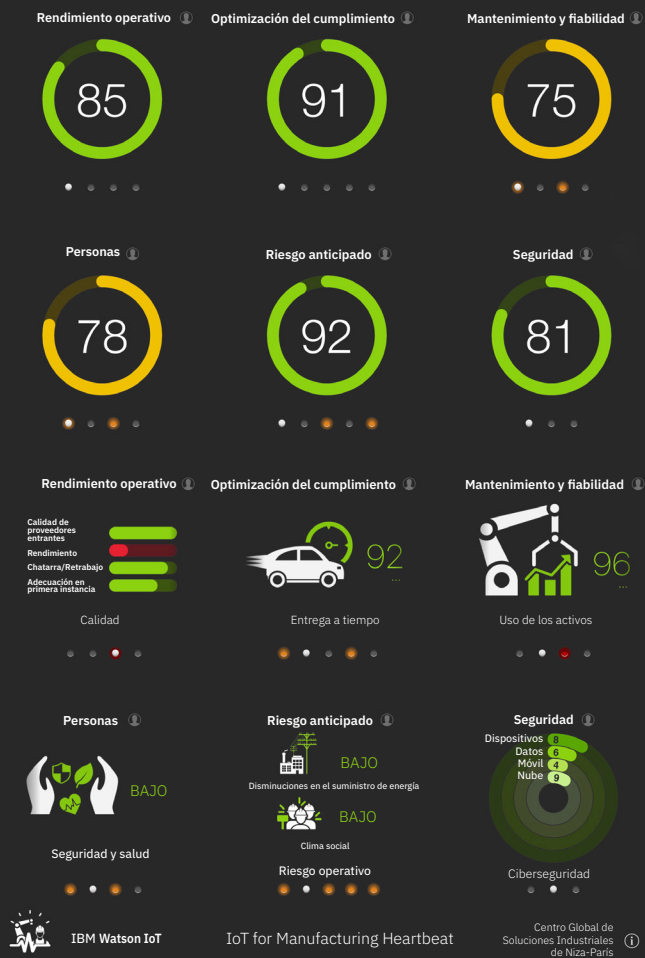
Imagen 13: Inspección visual y acústica con Watson IoT edge AI computing

Ejemplo ilustrativo a nivel de planta: Caso de uso de fabricación de automóviles: Heartbeat Car Manufacturing

Heartbeat Car Manufacturing es el ejemplo de un activo y equipamiento industrial desarrollado para un OEM que nos permite realizar un seguimiento global de la actividad de fabricación de coches en varias plantas. La aplicación se basa en un conjunto de KPIs configurados de forma dinámica en función del estado de los procesos de fabricación.

Nos permite gestionar las cadenas de montaje ubicadas en varios países, así como mostrar evaluaciones de riesgos para la seguridad, problemas de cumplimiento y las típicas causas de desviación del OEE. Utilizando una función de desglose, el jefe de planta o de producción puede consultar los motivos de la desviación y acceder a las prescripciones para solucionar los problemas.

Aplicación Heartbeat: Connected manufacturing



Ejemplo ilustrativo a nivel de empresa: Caso de uso de aumento de OEE

En la arquitectura, el componente de OEE ayuda a la planta a alcanzar su máximo potencial de rendimiento. La aplicación permite a los jefes de planta, ingenieros, supervisores de mantenimiento de planta, ingenieros de proceso e ingenieros de calidad obtener información única, relevante, predictiva y prescriptiva que les ayude en sus funciones para cumplir los objetivos de la planta.

- Los jefes de planta se encargan de asegurar que se alcanza la cantidad de productos objetivo. Necesitan tener visibilidad de los factores que contribuyen a la pérdida de productividad y también poder evaluar el impacto potencial en las operaciones posteriores.
- Los ingenieros de mantenimiento se aseguran de que las tareas de mantenimiento se lleven a cabo a tiempo, asegurando así que la planta funcione sin interrupciones. Se espera que el componente de OEE pueda predecir los problemas de la máquina, priorice las tareas de mantenimiento y recomiende los mejores tiempos de reparación. Por consiguiente, ayuda a los ingenieros de mantenimiento a realizar a tiempo las tareas de mantenimiento necesarias.
- Los ingenieros de proceso se encargan de asegurar el rendimiento de los diferentes procesos y su eficiencia y variabilidad relativa. En concreto, se centran en parámetros del proceso de componentes de OEE, tiempos de ciclo de proceso y KPIs de diferentes procesos y máquinas, que pueden compararse y analizarse.
- Los ingenieros de calidad tienen el cometido de reducir la chatarra y el “re-trabajo”. Los componentes de OEE avisan con antelación de las variaciones en el proceso y de los fallos de calidad y, por lo tanto, ayudan a los ingenieros de calidad a mitigar los problemas y a reducir la chatarra y el re-trabajo reelaboración.

Consulte la imagen 15 de la página siguiente.

Imagen 14: Connected manufacturing Heartbeat application.

Ventajas de la solución empresarial de IBM para el personal clave

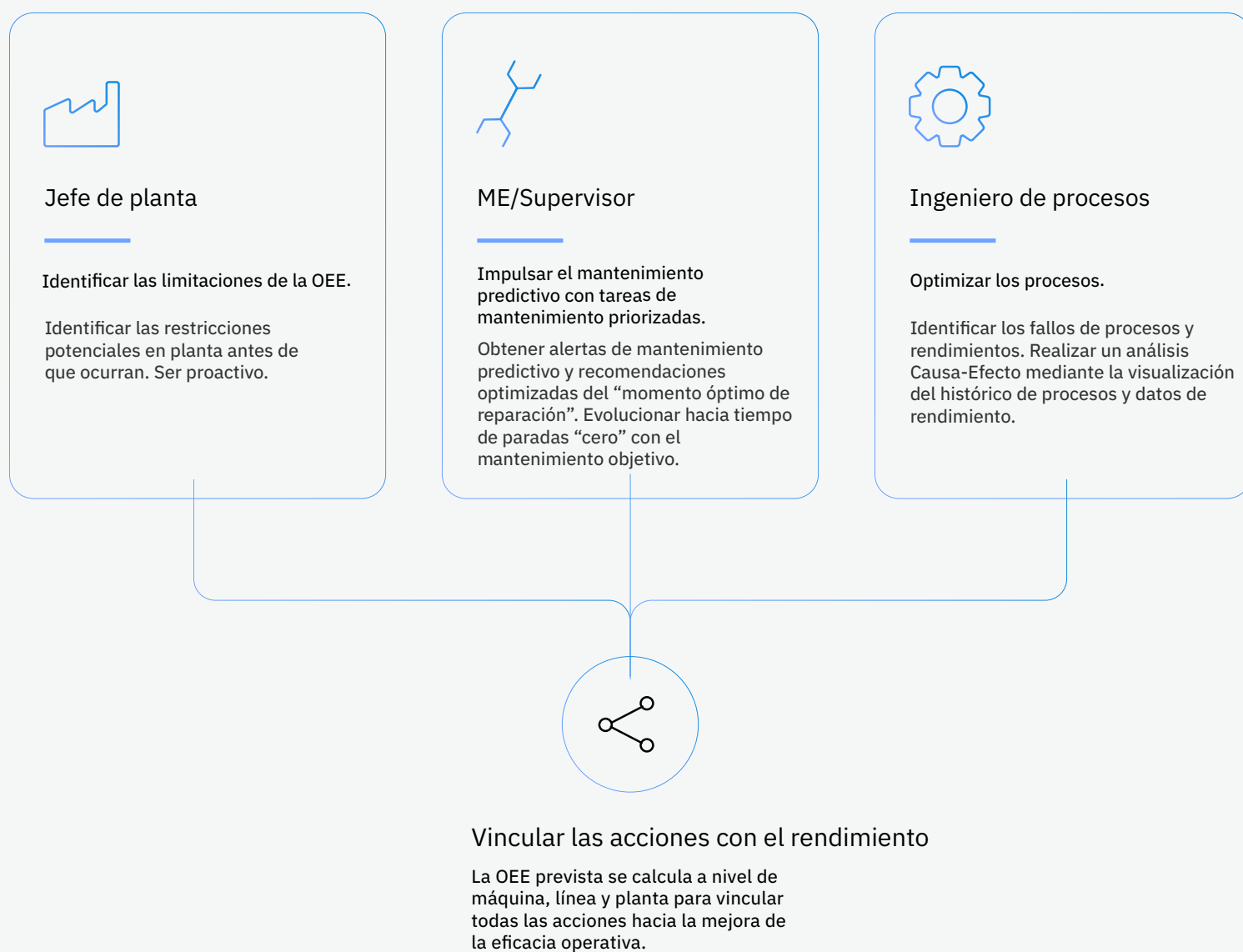


Imagen 15: Ventajas de la solución empresarial de IBM para el personal crítico.

Mediante el OEE, se pueden aplicar diferentes estrategias de mantenimiento. Cada estrategia se traduce en beneficios diferentes cuando se aplica al equipo correcto y, por el contrario, tiene un elevado coste si se aplica al equipo equivocado.

- El mantenimiento reactivo se centra en la reparación de los equipos ya averiados mediante la sustitución o reparación de sus piezas y componentes defectuosos para asegurar que funcionen con normalidad.
- El mantenimiento preventivo se centra en la inspección (pruebas, mediciones, ajustes, registro del deterioro y sustitución de piezas) en función del tiempo (por ejemplo, después de un número determinado de días, horas de uso o ciclos). No tiene en cuenta el uso real de los activos mantenidos.
- El mantenimiento basado en el estado utiliza la situación real del activo y determina que el mantenimiento solo debe realizarse cuando ciertos indicadores muestran signos de un rendimiento decreciente o un fallo próximo. Los datos de estado se pueden recopilar mediante mediciones no invasivas, inspección visual, datos de rendimiento y pruebas programadas a intervalos determinados o de forma continua (si una máquina tiene sensores internos).
- El mantenimiento predictivo utiliza algoritmos avanzados para buscar patrones en la forma y el entorno en que se usa un equipo y luego correlaciona esta información procedente de sensores con fallos pasados.

Cuando el mantenimiento predictivo funciona de manera eficaz, este mantenimiento solo se realiza cuando es necesario, por lo que es probable que ocurra justo antes de que se produzca un fallo. Cuando se decide si se va a aplicar una determinada estrategia de mantenimiento deben evaluarse varios criterios sobre la criticidad de los activos. En general, cuanto más crítico es un equipo para que los procesos de producción se desarrollen sin problemas y se puedan optimizar los costes de mantenimiento, mayor es el valor de negocio que se debe garantizar a través del mantenimiento predictivo.

Las especificaciones del enfoque del mantenimiento deben evaluarse de nuevo una vez que se hayan creado los modelos analíticos pertinentes. Los resultados de la analítica pueden ayudar a determinar en qué medida se están manteniendo de forma correcta determinados activos.

La evaluación de un modelo analítico para equipos específicos puede demostrar que:

- **no parece haber un beneficio inmediato al cambiar a una métrica predictiva para la programación del mantenimiento;**
- **los modelos son lo suficientemente precisos como para reducir los costes de mantenimiento y el tiempo de paradas no planificadas (se justifica el uso de métricas predictivas para programar el mantenimiento);**
- **no hay suficientes datos.**



Seguridad en la industria 4.0

La seguridad en la fabricación depende de la influencia de múltiples factores. Por un lado, dado que el IT está conectado con el OT, puede no estar diseñado para hacer frente a las amenazas cibernéticas. Por otra parte, los equipos de fabricación que se integran en las plataformas de IIoT pueden no estar diseñados según los principios de seguridad ni equipados con los controles adecuados. Los dispositivos que utilizan tecnologías IoT en la fabricación están abriendo nuevas áreas de ataque y riesgos asociados que son difíciles de calcular para la infraestructura OT del cliente. La imagen 16 ilustra con detalle las amenazas y los posibles enfoques de seguridad.

Seguridad en el entorno OT

Por lo general, una planta de producción puede considerarse como una mezcla de equipos IT y de fabricación de múltiples proveedores. El modelo de jerarquía de control ISA95 muestra las interdependencias de los sistemas: una combinación de elementos modulares y disponibles en el mercado. En comparación con un centro de datos, los controles de seguridad son limitados o inexistentes, y no existen normas comparables a la ISO 27001.

Jerarquía de control ISA95

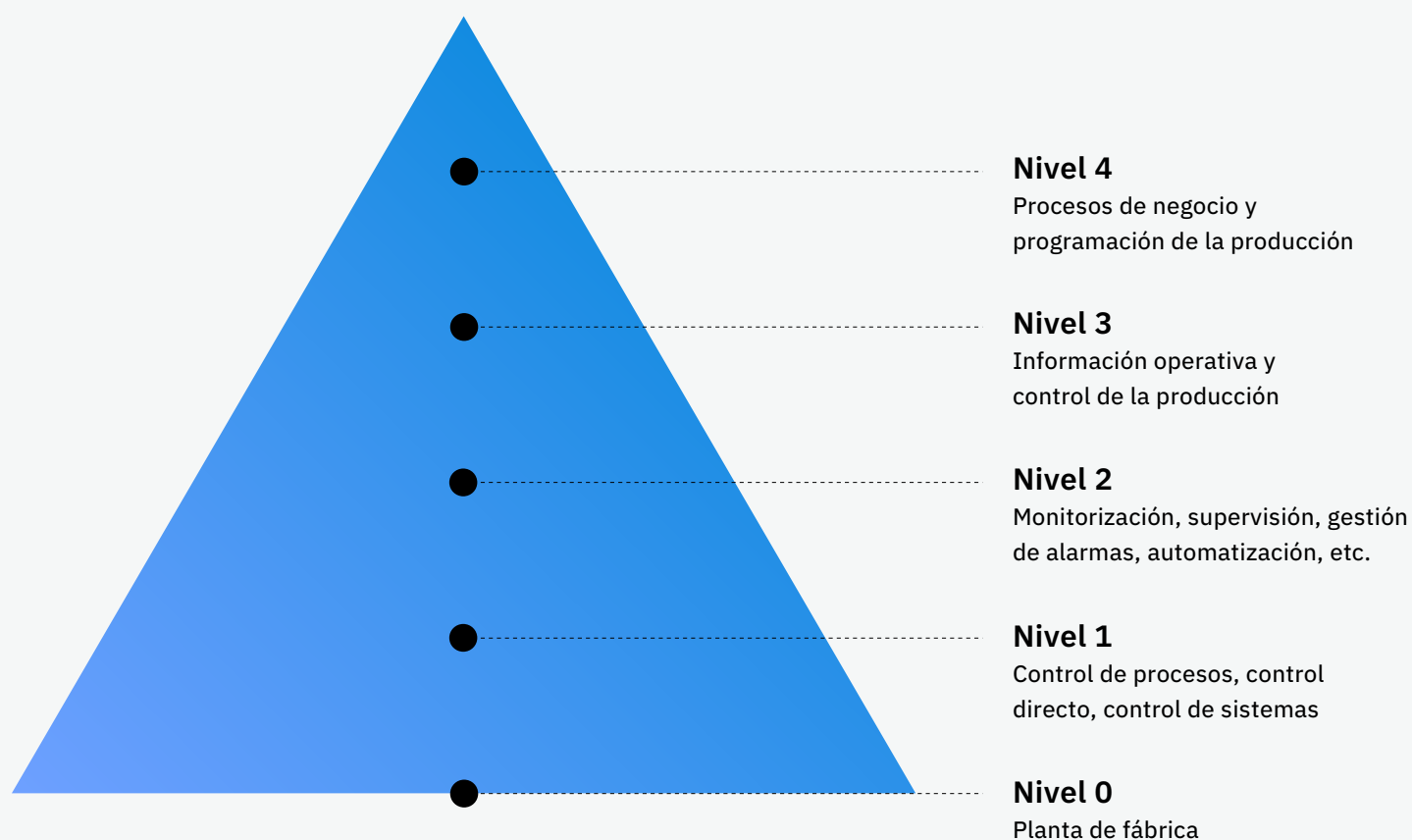


Imagen 16: Jerarquía de control ISA95.

El panorama de amenazas se compone de equipos OT y redes industriales, personas que operan equipos, sistemas IT conectados al OT y dispositivos habilitados por IoT. La gestión de vulnerabilidades, el control de identidades y accesos y las funcionalidades no utilizadas son casos de uso para empezar a establecer los sistemas de seguridad y obtener información sobre el estado de la infraestructura OT. Los dispositivos de seguridad dedicados en el nivel 1 facilitan el acceso a las redes industriales; los sistemas de información de seguridad y gestión de eventos (SIEM) permiten la supervisión, lo que ayuda a mejorar la madurez (véase la imagen 17).

Si procede, también podrían utilizarse otros controles de seguridad empleados en los entornos de IT. La gestión de identidades y accesos de personas y equipos, la separación de los niveles de control y el propio equipamiento de la operación funcional - o la protección de datos en esa línea-, tienen el potencial de enfrentarse a las amenazas cibernéticas y mitigar el riesgo. En cualquier caso, la seguridad del OT supone un esfuerzo común de las unidades operativas de fabricación y de los departamentos de seguridad de IT.

SIEM QRadar para TI/TO

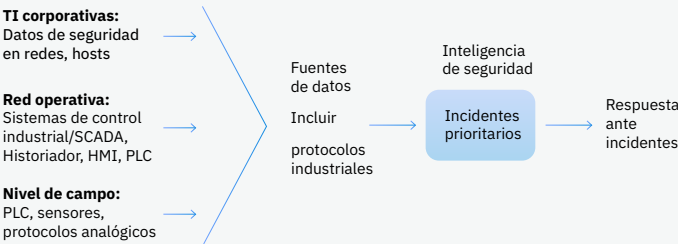


Imagen 17: SIEM QRadar para IT/OT.

Evolución de TI/TO hacia la industria 4.0

Objetivo principal de seguridad:

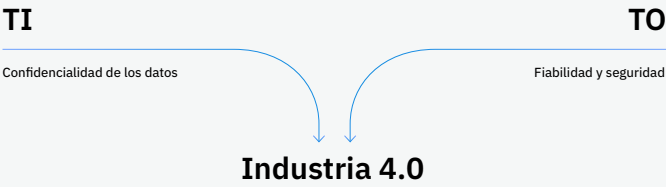


Imagen 18: Evolución del IT/OT hacia la industria 4.0.

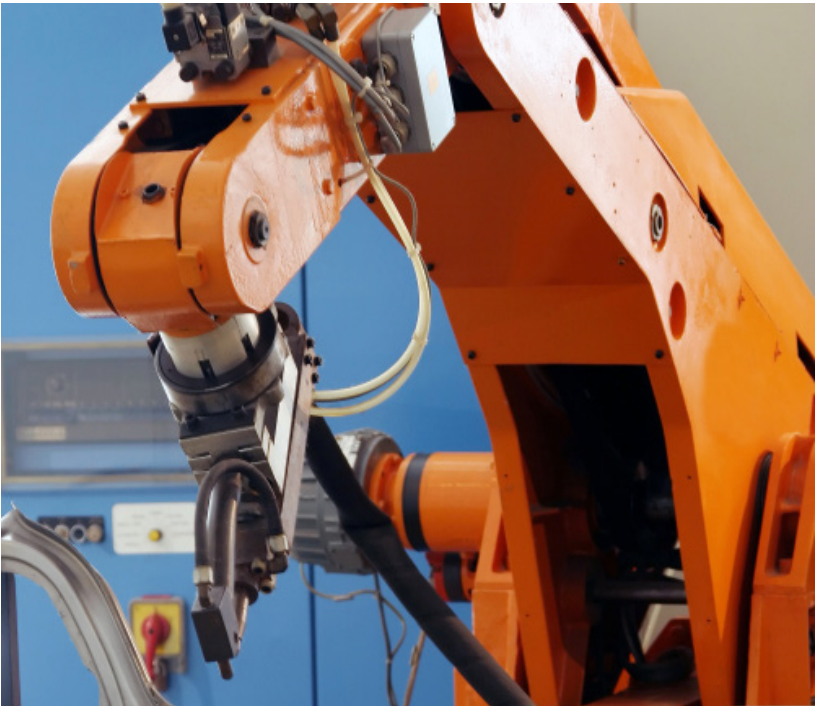
En contraste con el entorno OT, la industria 4.0 presenta retos de seguridad adicionales. En primer lugar, es necesario modificar la operación de la seguridad de una visión centrada en el dispositivo una la visión del proceso que refleje una demanda de gran alcance y requiera controles de seguridad comparables en toda la arquitectura (por ejemplo, gestión de identidades y accesos). La arquitectura distribuida e interoperable de la industria 4.0 genera conexiones adicionales, aumentando los esfuerzos de monitorización. Los sistemas empresariales existentes con anterioridad, los componentes vulnerables o los protocolos no seguros pueden poner en peligro las operaciones de seguridad.

En general, la infraestructura de la industria 4.0, distribuida en instalaciones multinacionales, se enfrenta a numerosas amenazas cibernéticas. Los sistemas de control de la industria, IoT gateways, sensores y accionadores son considerados hoy como los más críticos según la organización de seguridad de IBM. Dado que el impacto de un ataque puede ser significativo (desde una interrupción de la producción hasta daños graves en equipos y personas) este es un tema al que merece la pena prestar mayor atención.

Seguridad en la industria 4.0

El siguiente nivel de la revolución industrial (industria 4.0) sigue principios de diseño diferentes, como la interoperabilidad, la transparencia de la información, la asistencia técnica, la autonomía y las decisiones distribuidas. Introduce sistemas flexibles cuyas funciones no están vinculadas al hardware, sino que se encuentran en toda la infraestructura. En estos nuevos sistemas, la comunicación interna puede ahora observarse a través de los niveles de arquitectura (véase la imagen 16 de la jerarquía de control ISA95).

La industria 4.0 fusiona al usuario final con los datos de la máquina y permite la comunicación de máquina a máquina para que los componentes puedan gestionar la producción de forma autónoma.



Las mejores prácticas para asegurar la infraestructura de industria 4.0 combinan políticas, organización y tecnología. A continuación se enumeran algunas de las mejores prácticas.

Mejores prácticas para la seguridad en la industria 4.0

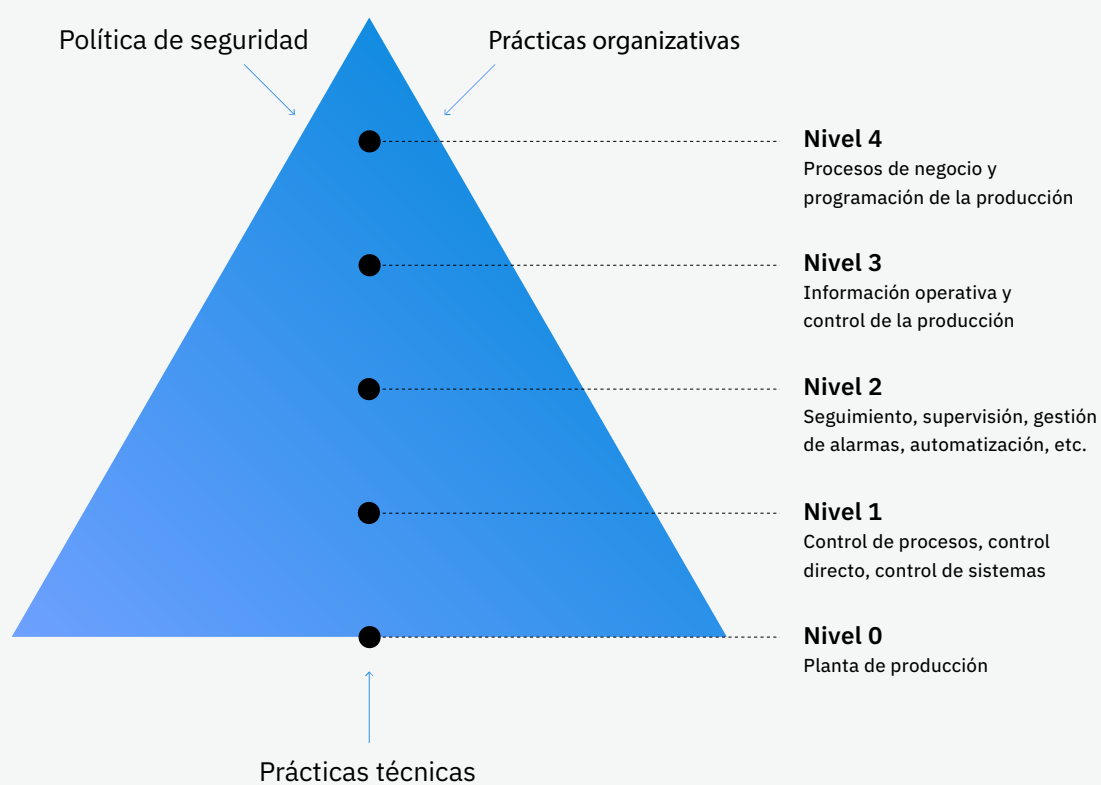


Imagen 19: Mejores prácticas para la seguridad en la industria 4.0

Políticas

- Evaluación de amenazas y riesgos: Esfuerzos continuos para analizar las amenazas cibernéticas y los riesgos relacionados con la fabricación
- Seguridad por diseño: Principio básico esencial

Organización

- Gestión del ciclo de vida Gestión de múltiples dispositivos de diferentes etapas que provienen de terceros
- Gestión de incidentes: Estar preparado para resolver incidentes que ocurrirán inevitablemente
- Gestión de vulnerabilidades: Gestión y eliminación de vulnerabilidades en toda la infraestructura de industria 4.0

Tecnología

- Los siguientes controles de seguridad son muy conocidos en IT pero no están disponibles desde el punto de vista holístico para la infraestructura de la industria 4.0.
- Seguimiento de la seguridad
- Seguridad de los datos
- Seguridad de las infraestructuras
- Gestión de identidades y accesos
- Gestión de configuración/software

Actualmente, las empresas que se ocupan de la seguridad OT en entornos industriales se beneficiarán en gran medida de aquellos que cuentan con más experiencia en la seguridad para las necesidades de la industria 4.0. IBM forma parte del Grupo de Trabajo sobre la seguridad de la industria 4.0, que desarrolla las mejores prácticas en materia de seguridad.

Modelo de implementación

Los componentes deben poder ser implementados a nivel del edge, de la planta y a nivel central de IT o de la cloud de IBM. En cuanto al cloud de IBM, ofrecemos una plataforma como servicio (PaaS) y desarrollamos un conjunto de herramientas para construir, ejecutar y gestionar aplicaciones sobre la plataforma IoT de IBM. Basado en la tecnología de código abierto de Cloud Foundry y Docker, podría servir como un espacio para que los desarrolladores construyan, desplieguen y gestionen rápidamente aplicaciones en la nube sin tener que preocuparse por la infraestructura subyacente. En cualquier caso, el nivel de hibridación del cloud tendría que determinarse en función de los requisitos funcionales y no funcionales. El despliegue físico de la arquitectura es siempre un equilibrio entre los costes (por ejemplo, almacenamiento, volumen, SLA) y las funcionalidades.

IBM es muy flexible en cuanto a los modelos de despliegue en cloud, ya que utilizamos las tecnologías de infraestructura claves reconocidas por el mercado. Además de los componentes instalados a nivel del edge o la planta (en las

instalaciones), nuestra estrategia cloud consiste en aprovechar las tecnologías OpenShift, Docker y Kubernetes para facilitar el despliegue de componentes del cliente e IBM en cualquier lugar (no solo en la nube de IBM). ICP (nube privada de IBM) utiliza Docker y Kubernetes, ya que muchos de nuestros clientes se están moviendo a un enfoque de nube híbrida.

Cómo lo hacemos

Comience rápidamente con design thinking y la metodología Garage

La metodología IBM Cloud Garage™ es el enfoque de IBM que permite que el negocio y las áreas de desarrollo y operaciones diseñen, aporten y validen continuamente soluciones desde el edge hasta la planta y los sistemas centrales de IT. Las prácticas, arquitecturas y herramientas abarcan todo el ciclo de vida del producto, desde su inicio hasta la captura y respuesta a las valoraciones de los usuarios.

El método IBM Cloud Garage se ha utilizado con éxito en la transformación digital de muchas empresas de fabricación, combinando activos como los estándares de la industria, la analítica aplicada al espacio de fabricación, los servicios de implantación y el enfoque de design thinking. El método IBM Cloud Garage es el adecuado para crear rápidamente una primera prueba de concepto (PoC).

Desarrolle el primer producto mínimo viable (MVP) o piloto

El primer MVP o piloto debe estar impulsado por los casos de uso de mayor prioridad y los resultados de las actividades de preparación de datos (es decir, el análisis de la estrategia IT/OT, la evaluación de fuentes de datos y los problemas de seguridad).

Cualquier MVP debe estar basado en una base de arquitectura sólida. Para lograr este objetivo, IBM recomienda una aproximación ascendente: Instalar e implementar todos los componentes de middleware a nivel de planta y de analítica en el edge antes de iniciar cualquier despliegue del caso de uso. Este paso debe considerarse como un requisito previo.

El enfoque debe ser ágil, utilizando un proceso gradual e iterativo que probablemente partirá de casos de uso como la visualización de la producción, el modelado de datos o la integración con terceros. Ayudamos a nuestros clientes a secuenciar los casos de uso a través de un programa y un medido plan de proyecto. Para implementar el MVP o piloto, IBM propone que los clientes utilicen nuestra metodología de MVP.

Descripción general de la metodología del producto mínimo viable

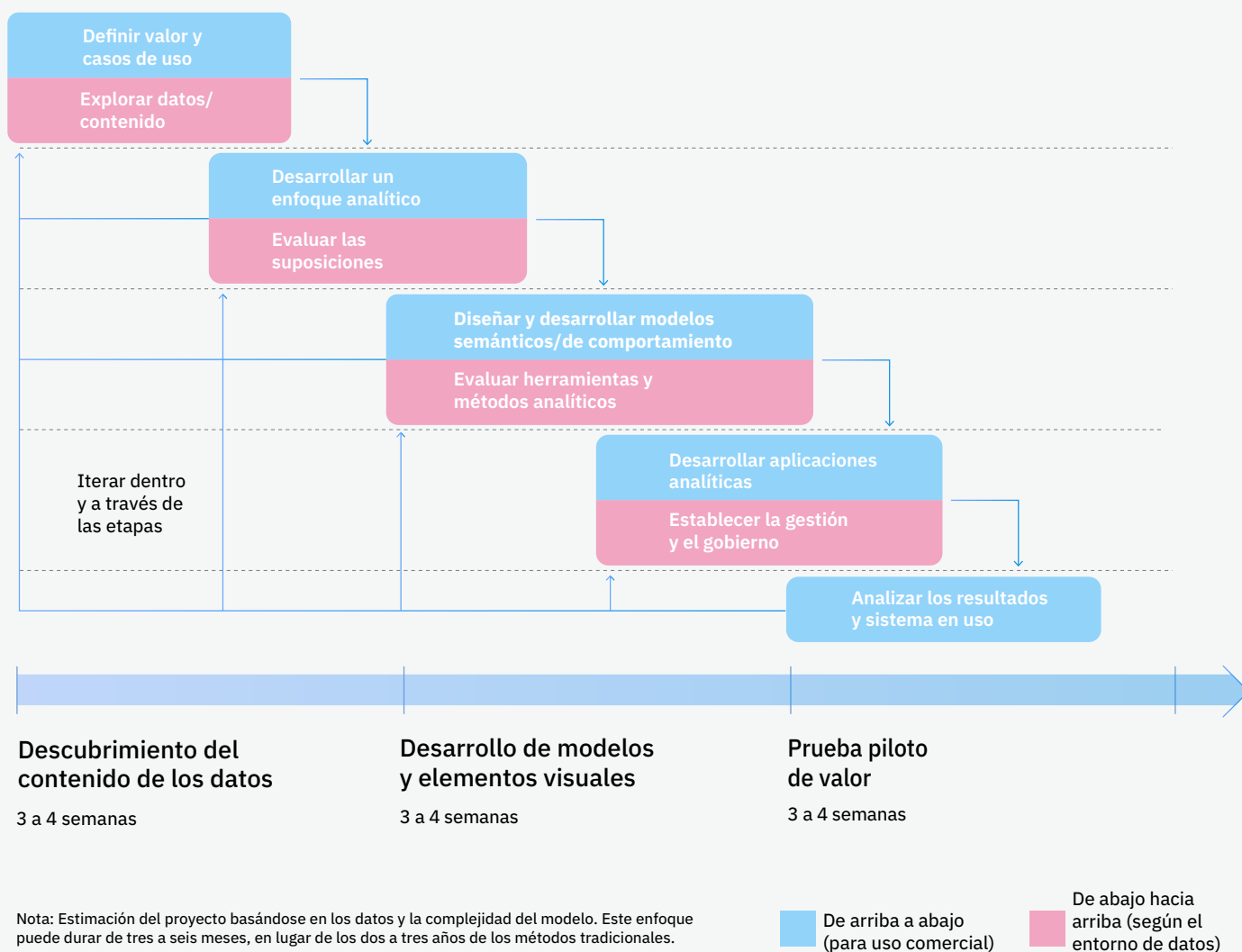


Imagen 20: Descripción general de la metodología de producto mínimo viable.

Una vez que los componentes de middleware están implementados con el primer MVP, se debe hacer un esfuerzo para analizar cada caso de uso y evaluar 1) el nivel de complejidad que tendrá el diseño de las transformaciones del flujo de datos, 2) la complejidad del modelado de los algoritmos, y 3) el nivel de dificultad de desarrollo del cuadro de mando.

Para acelerar estas actividades, IBM propone utilizar las aplicaciones industriales de la suite de soluciones de IoT e IA de IBM para el sector industrial y evaluar su nivel de cobertura con el fin de determinar qué casos de uso se deben implementar.



El análisis de los requisitos no funcionales también debe contemplarse durante el primer MVP para definir, tan pronto como sea posible, del plan de desarrollo. Este análisis es muy importante porque respalda el proceso de decisión relacionado con los diferentes escenarios de implementación entre los niveles de edge, planta y empresa.

En este sentido, se deberá considerar:

- el nivel de solidez de la arquitectura con alta disponibilidad,
- las normas de seguridad requeridas para una planta conectada, y
- la elección de herramientas analíticas locales de planta o fabricación con baja latencia a nivel de planta o con capacidades más potentes a nivel central (data lake).

Diseño el programa: Enfoque del proyecto para la implementación

Después de la primera implementación y ejecución del MVP, se supone que las bases de la arquitectura central (por ejemplo, la escalabilidad y la evaluación de la gestión del rendimiento) estarán implementadas. Las principales decisiones de la arquitectura deben estar validadas y documentadas.

En este sentido, IBM considera que los tres casos de uso (visualización de la producción, modelado de datos e integración con productos de terceros) son piezas clave para establecer la arquitectura durante el primer MVP.

Como mínimo, desde la perspectiva del usuario final, la arquitectura debe poder:

- realizar un seguimiento de la salud de los equipos y sistemas,
- visualizar los datos y alertar a los operarios.

Desde una perspectiva de soluciones, debe poder:

- obtener datos de buena calidad de los dispositivos de salida,
- tener sensores robustos y capacidades en el edge en términos de rendimiento,
- asegurarse de que los flujos pasen por el PSB,
- disponer de un primer conjunto mínimo de interfaces estandarizadas entre el edge, la planta y los sistemas IT centrales, y
- operar, idealmente, con un enfoque basado en patrones ejecutables para acelerar el desarrollo.

Posteriormente, podrían implementarse y secuenciarse otros casos de uso en fases siguientes. En la imagen 21 se presenta un ejemplo de un programa y un enfoque de proyecto.

Programa: Enfoque ilustrativo del proyecto para la implementación

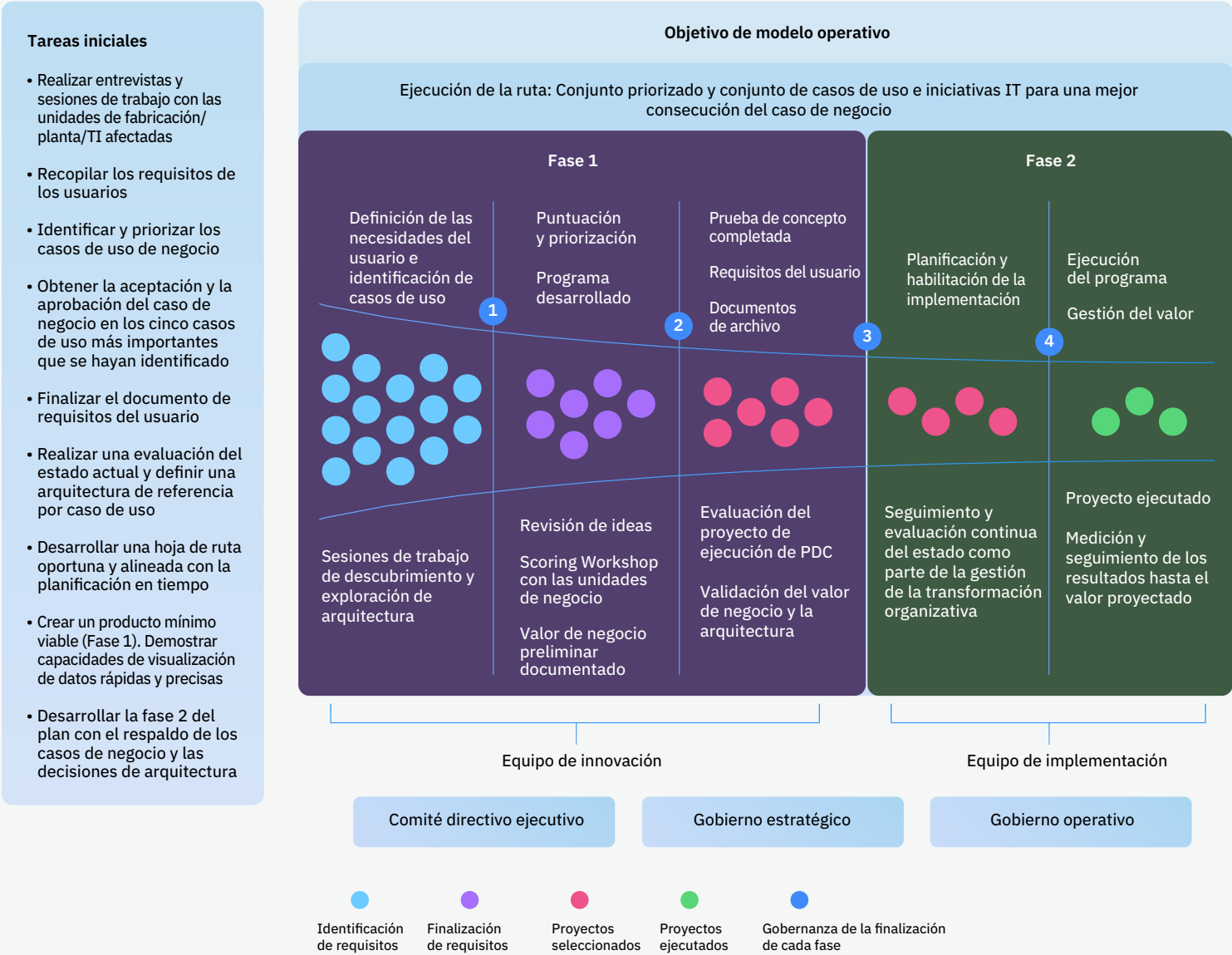


Imagen 21: Programa: Enfoque ilustrativo del proyecto para la implementación.

Exploración e innovación: Diseño centrado en el usuario y DevOps factory

Exploración e innovación: diseño centrado en el usuario y fábrica de DevOps

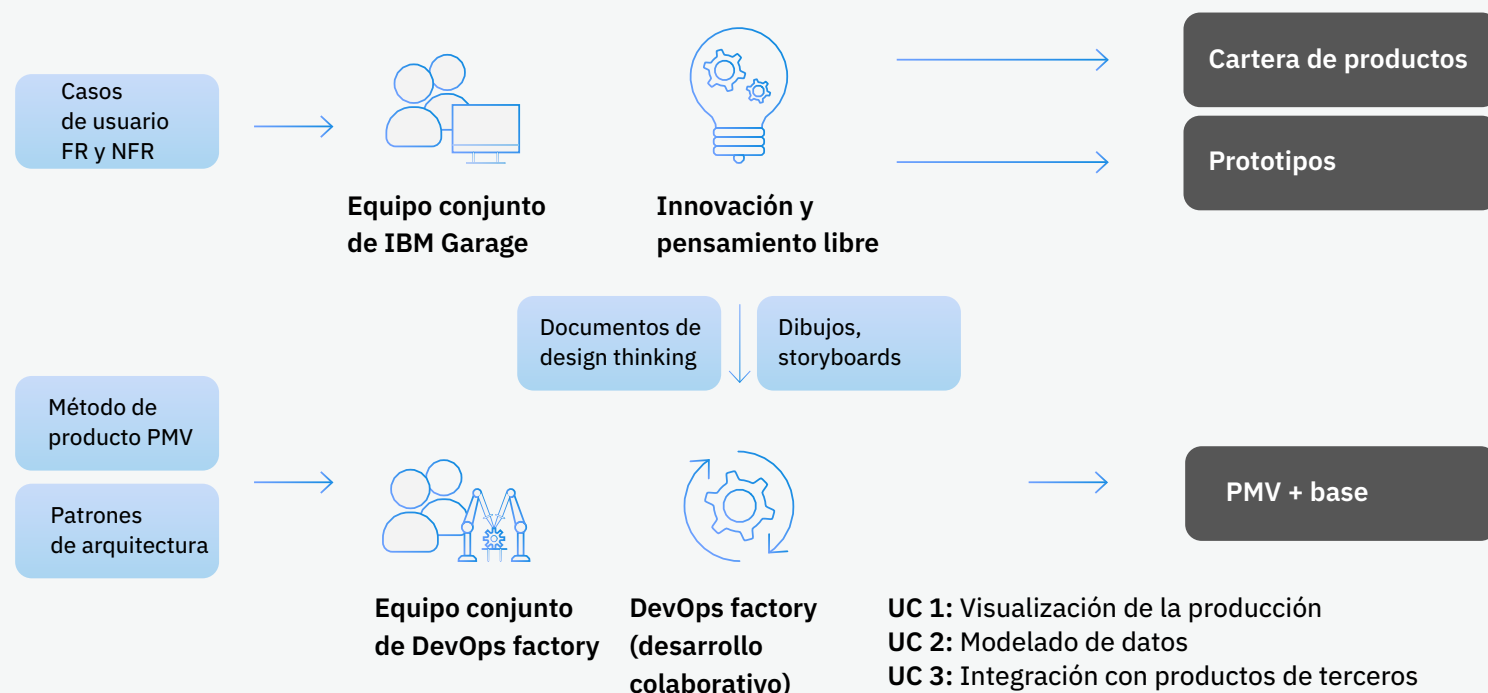


Imagen 22: Exploración e innovación: Diseño centrado en el usuario y DevOps factory.

En el Garage, IBM se centra en la definición de experiencias de usuarios y prototipos a través de tres componentes clave: metodología, diseñadores e instalaciones.

- Nuestra metodología de design thinking define de manera eficaz las experiencias de los usuarios, los servicios de las personas, los casos de uso y los prototipos.
- Tanto ingenieros como diseñadores y expertos en experiencia de usuario ofrecen un asesoramiento especializado para desarrollar las respectivas historias de usuario y los prototipos.
- Contamos con instalaciones propias en las que se realizan de forma efectiva talleres de design thinking y sprints relacionados con los prototipos.

Los diferentes equipos de proyecto y especialistas utilizarán el Garage para definir la lista de productos en los que se centrará la tormenta de ideas, el design thinking y el desarrollo.

Centro de Arquitectura de IBM

Para acelerar el proceso de elaboración y diseño de la arquitectura, IBM propone utilizar uno de sus activos específicos de propiedad intelectual.

El Centro de arquitectura de IBM ofrece arquitecturas de referencia que se basan en la interacción de nuestro equipo de expertos con nuestros clientes. Las soluciones y muestras de cada arquitectura proporcionan una hoja de ruta para construir, ampliar e desplegar una aplicación. Obtenga más información sobre el Centro de Arquitectura de IBM [aquí](#).

Una arquitectura de referencia es modelo de solución que utiliza un conjunto de prácticas, servicios y herramientas. Las arquitecturas de referencia aprovechan los casos de uso de los clientes y se basan en estándares abiertos de la industria. Las implementaciones muestran la manera de ampliar, construir, desplegar y gestionar muestras de código utilizando los servicios, herramientas y recursos sugeridos.

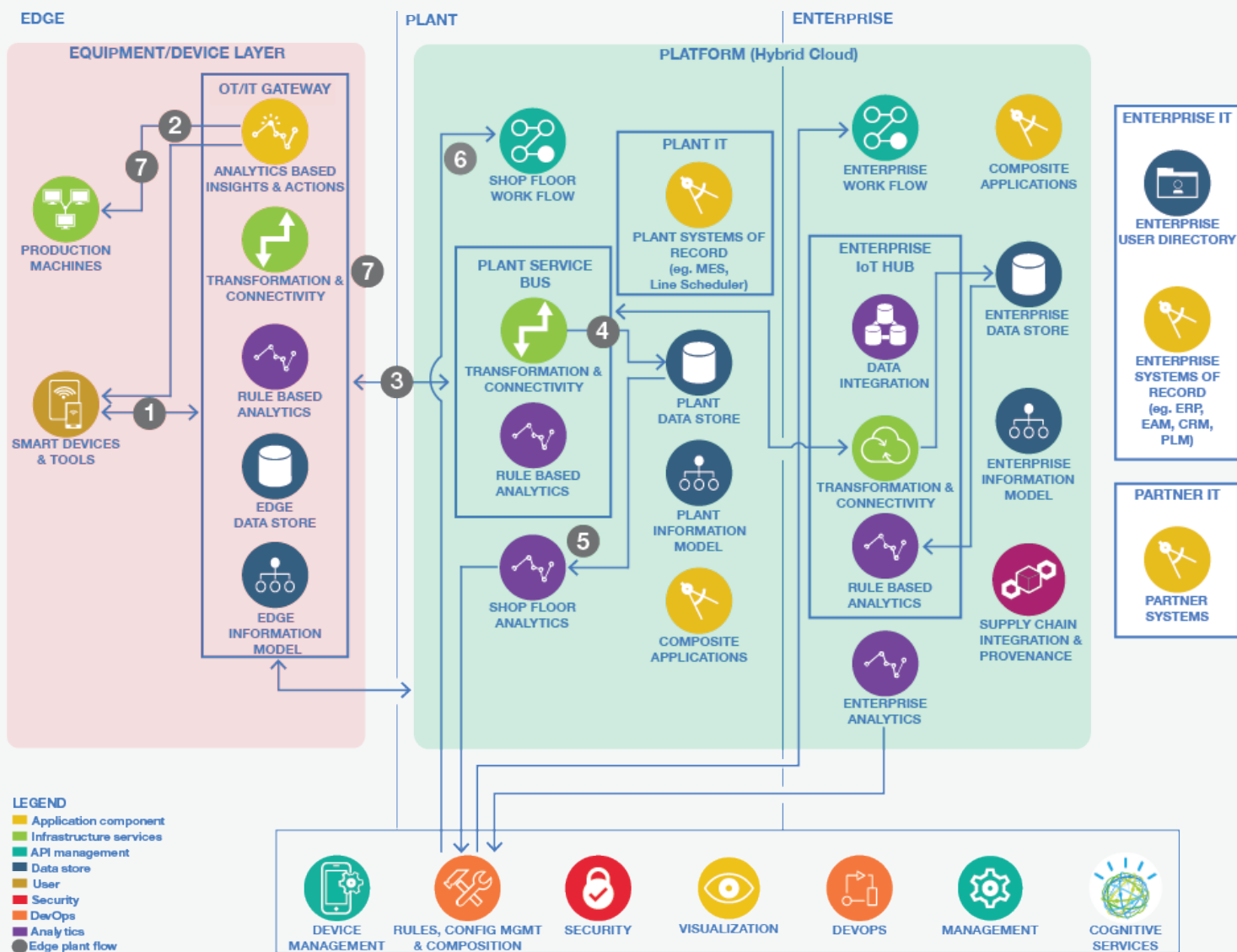


Imagen 23: Patrón de arquitectura para la industria 4.0.

Conclusión

IBM cuenta con todas las capacidades, referencias, metodologías y conocimientos técnicos y funcionales necesarios para garantizar a los clientes industriales la mejor implementación de las tecnologías de la industria 4.0.

La mejor práctica de IBM consiste en proponer la creación de una alianza estratégica a largo plazo en la que IBM y sus clientes realicen conjuntamente proyectos, programas y operaciones gestionadas en los próximos años.

Desde el punto de vista de la solución, IBM será agnóstica y neutral con respecto a los equipos físicos y los sistemas de fabricación; IBM ha demostrado que puede ayudar al mercado a estandarizar la variedad de sistemas, equipos y proveedores ya desplegados.

En el contexto del sector industrial, IBM puede ser un socio estratégico para aportar soluciones líderes en la industria y conocimiento, gestionar un ecosistema de socios complejo y respaldar cada paso del recorrido del cliente tanto a nivel global como local.

Anexo y casos de uso

Caso de estudio: Transformación ficticia de una planta de producción

Una empresa ficticia que llamaremos Smart ManDevFactory ha adquirido un programa que utilizará los componentes de la transformación digital para mejorar el rendimiento y la eficiencia de sus procesos de fabricación. Para ello, capitalizará un conjunto de tecnologías disruptivas, como Big Data, analítica y técnicas cognitivas.

La iniciativa global se lanza a través de la creación de un nuevo programa empresarial denominado Fábrica digital para la industria 4.0. El objetivo principal de la transformación digital a nivel de fabricación es seleccionar un proveedor principal que pueda dar soporte en cada fase del programa a nivel mundial.

Smart ManDevFactory quiere armonizar los procesos y las mejores prácticas, asegurar las actividades de negocio y desplegar las tecnologías más innovadoras en sus instalaciones de producción de todo el mundo.

Para iniciar el camino de manera ágil, IBM y Smart ManDevFactory llevaron a cabo un taller dirigido de design thinking. Parte del taller incluyó una sesión de innovación e ideación, en la que se informó a los miembros de Smart ManDevFactory sobre las últimas tendencias del mercado en términos de analítica y soluciones cognitivas, incluyendo la visión de IBM y los últimos avances.

Se presentaron varias soluciones para la industria de Smart ManDevFactory, así como otras de industrias paralelas que podrían inspirar a los participantes. La sesión continuó con ejercicios interactivos que se centraron en descubrir los puntos débiles de Smart ManDevFactory utilizando el enfoque de la persona o usuario potencial, así como otros ejercicios seleccionados de la metodología de design thinking de IBM.



Imagen 24: Espacios de design thinking.

Para ofrecer resultados de negocio que sean rápidamente visibles y cuantificables, Smart ManDevFactory ha decidido lanzar tres MVPs (productos mínimos viables) extraídos de la lista de oportunidades de digitalización de la planta que se identificaron a nivel corporativo.

Los MVPs representan casos de uso típicos que Smart ManDevFactory desea abordar con una solución de IIoT unificada (IIoT industrial).

Smart ManDevFactory esperaba una propuesta técnica basada en una plataforma única que pudiera cubrir los casos de uso actuales y futuros y atender las necesidades de planta con la posibilidad de instalar middleware local.

Más que añadir un nuevo conjunto de herramientas en el entorno de IT de Smart ManDevFactory, su petición es integrar una solución fluida y sencilla en el entorno de sistemas de información existente en Smart ManDevFactory con el área de automatización de sus plantas, pero también con su MES (sistema de ejecución de la fabricación, como Delmia Apriso) y con el ERP (sistema de planificación de recursos empresariales, como SAP).

Por lo tanto, IBM propone una solución basada en tres niveles: edge (zona de fabricación), planta y empresa.

1. Nivel del Edge (zona de fabricación)

Es la parte más física de la fábrica, donde las actividades relacionadas con los productos las realizan los operarios, trabajadores y técnicos. En el caso de proyectos innovadores, es fundamental establecer aquí la conexión entre los sistemas OT (tecnologías operativas) e IT (tecnologías de la información). Los gateways industriales (o sistemas SCADA) servirán de puente entre los dos mundos, desde los protocolos

de campo (Modbus, ProfiNet, etc.) hasta los estándares de IT (MQTT/JSON, REST API, etc.), obteniendo la mayor parte de la información en tiempo real de las máquinas de gestión del PLC. Se puede incluir un primer nivel de transformación, filtrado o analítica en el edge cuando sea aconsejable ejecutar actividades lo más cerca posible de la fuente.

2. Nivel de planta

Dentro de cada planta, un service bus (bus de servicio de planta, o PSB) orquesta las actividades locales y la conectividad con el entorno físico a través de gateways de IIoT o comunicaciones SCADA. Por lo tanto, el PSB tiene visibilidad en ambas áreas (OT e IT), enriqueciendo la información con aplicaciones locales, MES o cualquier otra aplicación utilizada en el proceso de fabricación.

3. Nivel de empresa

IBM Maximo APM Predictive Maintenance Insights es uno de los módulos de la suite de soluciones de EAM de IBM que analiza toda la información proporcionada por los niveles inferiores. Esta parte puede almacenar información para su visualización y analítica. Debido a que el alcance de este proyecto no está orientado solo al IT “digital virtual”, IBM ha seleccionado a tres socios para completar una solución de principio a fin: **Hilscher** (socio 1) proporciona protocolos de campo a través de una pasarela MQTT (Modbus, EtherNet/IP, ProfiNet); **Arenzi** (socio 2) implementa una solución de localización indoor de alta definición y en tiempo real; y **Ubleam** (socio 3) proporciona capacidades avanzadas de etiquetado para escanear máquinas y mostrar información interactiva con realidad aumentada. La red de **Sigfox** se utiliza directamente entre los sensores y la plataforma de IoT para algunos casos de uso específicos.

ARQUITECTURA DE LA INDUSTRIA 4.0

3 niveles

- Sala de producción
- Planta
- Nube

- Estándares abiertos
- Seguro y escalable
- Microservicios
- Ampliación con los socios

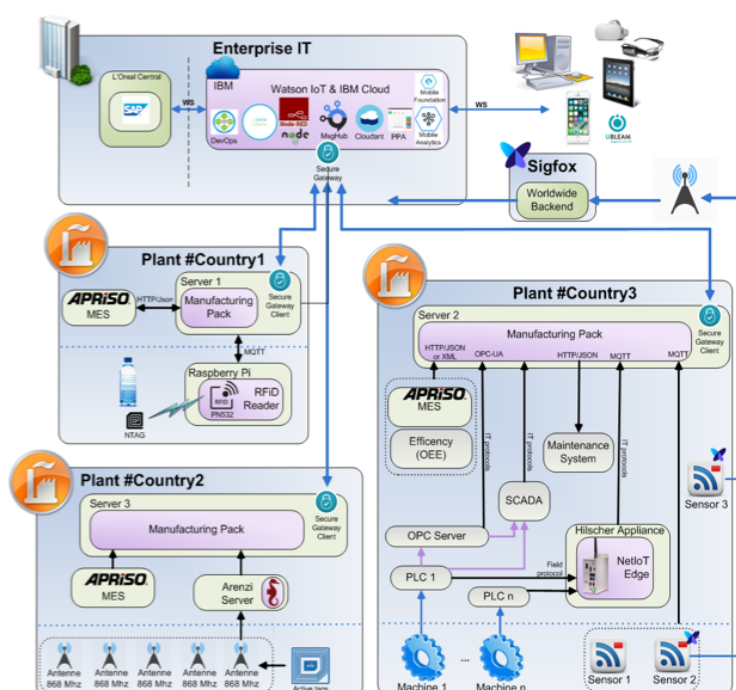


Imagen 25: Arquitectura típica de la industria 4.0.

1. Introducción de los casos de uso

Como se ha mencionado en secciones anteriores, la industria 4.0 no solo trata de conectar las máquinas al cloud, sino también de conectar las “actividades de fábrica”. Como primer paso, este enfoque supone centrarse en los productos, las máquinas y las personas.

La fabricación y la producción de productos finales es, sin duda, el objetivo de una fábrica. Sin embargo, para hacer su trabajo, las máquinas de la fábrica necesitan ser eficientes, lo que significa que tienen los entradas de materia prima correctas, el ancho de banda de salida adecuado, la temperatura apropiada, la presión correcta, etc. Además de las máquinas, los operarios, técnicos y jefes están preparados para realizar su trabajo y maximizar la eficiencia global.

El enfoque es aumentar las capacidades de todas las unidades involucradas para hacerlas más eficientes y productivas, con menos errores, paradas y fallos, y con una mejor comprensión de toda la información.

2. Caso de uso n.º 1 - Producto aumentado

Con el objetivo de aportar más valor al cliente final y ganar agilidad en sus operaciones, Smart ManDevFactory está dispuesto a aumentar la trazabilidad a nivel de producto, desde la cadena de suministro hasta los puntos de venta, racionalizando las actividades distribución y aprovechando la experiencia del cliente.

Objetivo: Este caso de uso sirve principalmente para fines de marketing. Se utilizará para validar las capacidades técnicas de la solución, desde la captura de la identificación del producto, hasta el almacenamiento y la presentación de la información, pasando por el cliente final, como por ejemplo una promoción dirigida por objetivos.

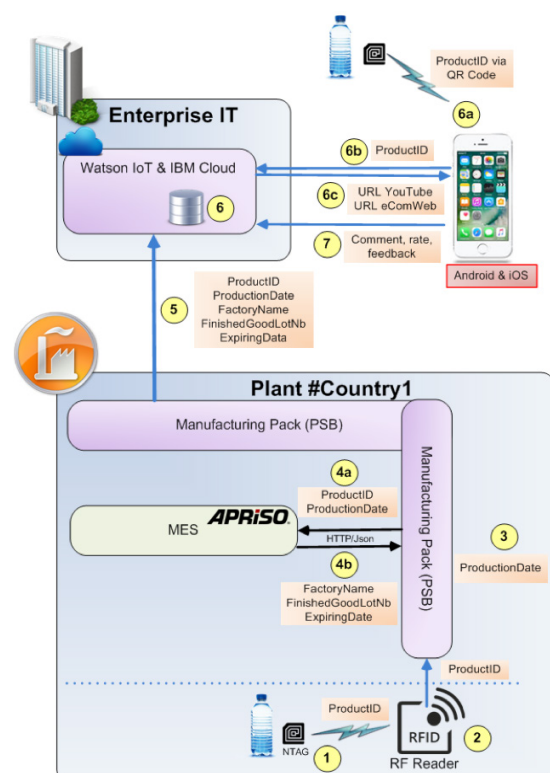


Imagen 26: Caso de uso 1: Producto aumentado.

Es muy importante asegurarse de que la identificación del producto sea única. Esta ilustración se basa en una etiqueta NFC única vinculada a un producto. IBM también puede mostrar soluciones basadas en un código QR o código de barras.

Las tres alternativas deben ser evaluadas durante las sesiones de design thinking y arquitectura. Esta identificación única puede ser a nivel de producto o de lote, en función de las necesidades y volúmenes del negocio.

3. Caso de uso n.º 2 - Equipos aumentados

El objetivo de este caso de uso es recopilar datos de las máquinas y utilizarlos para optimizar su control y rendimiento con un cuadro de control y analítica en tiempo real.

Objetivo: Este caso de uso mostrará la capacidad de conectarse a un PLC, recopilar datos, publicarlos en un cuadro de mandos en tiempo real y procesarlos con soluciones analíticas, análisis de correlaciones, causas y mantenimiento predictivo.

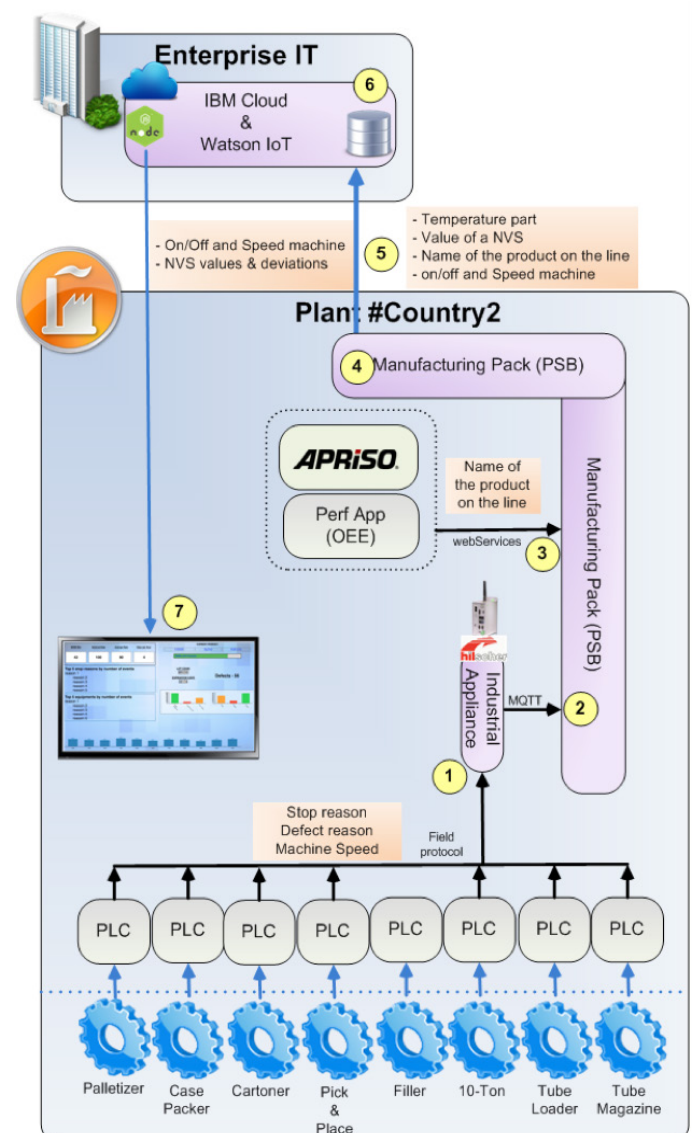


Imagen 27: Caso de uso 2: Equipos aumentados.

4. Caso de uso n.º 3 - Operario aumentado

El caso de uso de Changeover ayudará a los operarios de la línea de envasado a realizar las tareas de cambio de formato de acuerdo con las normas de seguridad y salud y los estándares de rendimiento de Smart ManDevFactory. En este caso, el enfoque está en el momento en el que los operadores deben pasar de una Serie A a una Serie B.

Existen muchas actividades necesarias para ejecutar la tarea “Limpiar Producto A” y “Limpiar Producto B”. Pero para alcanzar el objetivo de calidad de referencia, las actividades de ambas tareas no pueden combinarse.

Estas operaciones pueden ser, por ejemplo, conectar o desconectar tubos y limpiar, desinfectar y cambiar el embalaje.

Todo ello depende de la producción anterior y de lo que se debe producir después. Esta fase puede durar un par de horas. Si el operario menos eficiente puede trabajar cerca del más rápido, se producirá un gran impacto en la productividad de la línea.

Objetivo: Mejorar la agilidad en producciones cortas y en el cambio rápido de los productos terminados, manteniendo la calidad.

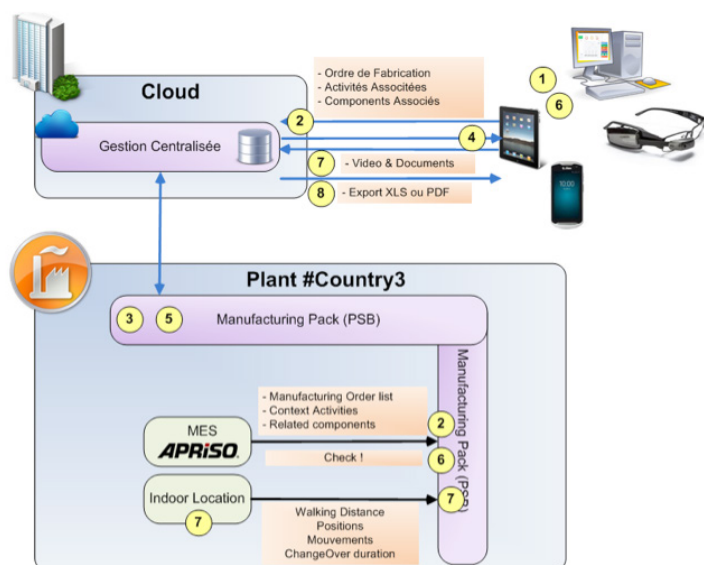


Imagen 28: Caso de uso 3: Operario aumentado.

Un asistente cognitivo podría ayudar a hacer más eficiente este caso de uso utilizando la API cognitiva disponible en IBM Cloud para reconocimiento de imágenes o conversación. Durante la design thinking de IBM, es muy importante cuestionar cuál es el dispositivo más apropiado para los operarios en sus actividades diarias: Pueden ser teléfonos móviles, tabletas, pantallas grandes o dispositivos de realidad aumentada.

5. Otros casos de uso considerados

Los tres casos de uso anteriores pueden considerarse buenos candidatos para que un MVP los utilice para comprender, comprobar y validar el enfoque de industria 4.0 en solo un par de meses.

Adicionalmente a estos, existen otros que se pueden seleccionar, como los siguientes:

- **drones para comprobar edificaciones con reconocimiento de imágenes**
- **gestión de la temperatura y la humedad de un edificio**
- **eficiencia en el consumo de agua**
- **seguimiento de las piezas conectadas entre ubicaciones**
- **asistentes cognitivos para dar soporte a los técnicos de mantenimiento**
- **deep learning para comprender mejor las fórmulas y los defectos de procesamiento**
- **inteligencia artificial para mejorar la OEE a nivel global**

Muchos de los casos de uso para la transformación digital de la industria 4.0 pueden probarse e implementarse con una gran involucración de las personas que los utilizarán diariamente (es decir, las personas que trabajan en las fábricas). Es muy importante diseñar todo desde el principio teniendo en cuenta una amplia variedad de puestos de trabajo (operarios, técnicos, jefes, directores, personal de IT, personal de fabricación, consultores y otras partes interesadas del negocio).

Autores

Serge Bonnaud

Responsable Técnico, IBM Europa, sector industrial de IBM

Desde 1998, Serge ha trabajado en el ámbito del desarrollo de software y la ingeniería de sistemas. También ha estado involucrado en el sector de la salud, desarrollando sistemas de analítica de datos médicos o la automatización de la actividad de las farmacias.

Se incorporó a IBM en 2004 tras trabajar en Verilog, CSEE, Rational Software y Thomson Software Products. Serge ha participado como arquitecto en varios proyectos de Internet de las Cosas (IoT) utilizando Big data y tecnologías analíticas.

También ha trabajado en la implementación de IBM Watson IoT para la automoción, la solución de IBM para vehículos conectados. Desde 2016, ha ocupado el puesto de responsable técnico para el sector industrial en IBM Europa.

LinkedIn <https://fr.linkedin.com/in/serge-bonnaud-97b1527>;
Twitter [@serge_bonnaud](https://twitter.com/serge_bonnaud)

Christophe Didier

Director técnico de Internet de las Cosas en Francia IBM

Christophe ha trabajado en proyectos de integración complejos durante los últimos 20 años como especialista, director técnico de proyectos, arquitecto y experto en temas de Integración, tecnologías móviles y ciudades inteligentes.

Durante 16 años formó parte del equipo de IBM Global Business Services, analizando principalmente aspectos relacionados con EAI, SOA, BPM y ciudades inteligentes, así como diseñando e implementando soluciones innovadoras para clientes industriales y del sector público.

Fue nombrado arquitecto ejecutivo en 2013 y es el director técnico de IoT (internet de las cosas) de IBM Francia.

Tiene un máster en inteligencia artificial (EPITA, Francia) y un MBA (Warwick Business School, Reino Unido).

LinkedIn <https://www.linkedin.com/in/christophe-didier-bb9b425/>;
Twitter [@ChristofDidier](https://twitter.com/ChristofDidier)

Arndt Kohler

Director de Seguridad de Internet de las Cosas, IBM Europa

Desde 1995, Arndt ha trabajado en IBM en la integración de sistemas y desarrollo de soluciones en múltiples entornos como movilidad, identificación por radiofrecuencia, comunicaciones unificadas y seguridad. Es consultor ejecutivo y arquitecto certificado y ha sido nombrado director asociado.

En los últimos años, Arndt ha desarrollado la cartera y la práctica de seguridad de Internet de las Cosas de IBM y trabaja como responsable de seguridad de IoT en Europa, centrándose en productos industriales, vehículos y edificios.

LinkedIn <https://www.linkedin.com/in/arndt-kohler-227590151/>;
Twitter [@SecurityIoT](https://twitter.com/SecurityIoT)

Imágenes

- 04 Imagen 1: Cronología de las revoluciones industriales.
- 05 Imagen 2: Personal clave de fabricación en un ecosistema de IIoT.
- 07 Imagen 3: Vista simplificada de una fábrica basada en MES, PLC y SCADA.
- 09 Imagen 4: Programa de cuatro pasos.
- 10 Imagen 5: Fábrica ampliada con capacidades de IBM: Descripción general de la arquitectura.
- 13 Imagen 6: Definición de OEE: limitaciones de disponibilidad, calidad y rendimiento.
- 14 Imagen 7: Partners de IBM en edge analytics y computing.
- 15 Imagen 8: Dentro de una solución de IBM de edge analytics.
- 17 Imagen 9: Lógica de reglas de fabricación implementada a nivel de PSB.
- 18 Imagen 10: Descripción general de la arquitectura PSB.
- 19 Imagen 11: Suite de soluciones de EAM de IBM.
- 19 Imagen 12: Suite de soluciones de IoT e IA de IBM.
- 21 Imagen 13: Inspección visual y acústica con Watson IoT edge AI computing
- 22 Imagen 14: Connected manufacturing Heartbeat application.
- 23 Imagen 15: Ventajas de la solución empresarial de IBM para el personal crítico.
- 25 Imagen 16: Jerarquía de control ISA95.
- 26 Imagen 17: SIEM QRadar para IT/OT.
- 26 Imagen 18: Evolución del IT/OT hacia la industria 4.0.
- 27 Imagen 19: Mejores prácticas para la seguridad en la industria 4.0
- 29 Imagen 20: Descripción general de la metodología de producto mínimo viable.
- 31 Imagen 21: Programa: Enfoque ilustrativo del proyecto para la implementación.
- 32 Imagen 22: Exploración e innovación: Diseño centrado en el usuario y DevOps factory.
- 33 Imagen 23: Patrón de arquitectura para la industria 4.0.
- 34 Imagen 24: Espacios de design thinking.
- 35 Imagen 25: Arquitectura típica de la industria 4.0.
- 36 Imagen 26: Caso de uso 1: Producto aumentado.
- 36 Imagen 27: Caso de uso 2: Equipos aumentados.
- 37 Imagen 28: Caso de uso 3: Operario aumentado.

© Copyright IBM Corporation 2019

IBM Corporation
New Orchard Road
Armonk, NY 10504

Producido en los Estados Unidos de América
Septiembre de 2019

IBM, el logotipo de IBM, **ibm.com**, IBM Cloud Garage, Red HAt, OpenShift, IBM Cloud, IBM Watson, InfoSphere, OpenScale, Optim, PureData, SPSS, StoredIQ, Watson y Watson Health son marcas comerciales de International Business Machines Corp. registrada en varias jurisdicciones de todo el mundo. Otros nombres de productos y servicios pueden ser marcas comerciales de IBM o de otras empresas. Encontrará una lista actual de las marcas comerciales de IBM en la sección "Copyright and trademark information" en ibm.com/legal/copytrade.shtml.

Adobe es una marca comercial registrada de Adobe Systems Incorporated en Estados Unidos y/o en otros países.

Este documento está actualizado en la fecha inicial de publicación y puede ser modificado por IBM en cualquier momento. No todos los productos están disponibles en todos los países en los que IBM opera.

Todos los ejemplos de clientes citados o descritos se presentan como ejemplos ilustrativos de la forma en que algunos clientes han utilizado los productos de IBM y los resultados que pueden haber obtenido. Los costes reales relacionados con los entornos y las características de rendimiento variarán en función de las configuraciones y condiciones particulares de cada cliente. Póngase en contacto con IBM y estaremos encantados de descubrir qué podemos hacer por usted.

Es responsabilidad del usuario evaluar y verificar el funcionamiento de cualquier otro producto o programa con los productos y programas IBM. LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SE PROPORCIONA TAL CUAL, SIN NINGUNA GARANTÍA EXPLÍCITA NI IMPLÍCITA, INCLUIDAS, ENTRE OTRAS, GARANTÍAS DE COMERCIALIZACIÓN, ADAPTACIÓN A FINES CONCRETOS Y CUALQUIER GARANTÍA O CONDICIÓN DE CUMPLIMIENTO NORMATIVO. Los productos IBM están garantizados de acuerdo con las condiciones de los contratos en virtud de los cuales han sido prestados.

El cliente es responsable de garantizar el cumplimiento de las leyes y normativas que le son aplicables. IBM no ofrece asesoramiento jurídico, ni manifiesta o garantiza que sus servicios o productos vayan a asegurar que el cliente cumpla ninguna ley o normativa.

Declaración de buenas prácticas de seguridad: La seguridad de sistemas de IT implica proteger los sistemas y la información mediante la prevención, la detección y la respuesta a un acceso inadecuado desde dentro o fuera de su empresa. El acceso inadecuado puede dar como resultado que la información se altere, destruya, malverse o utilice de forma inapropiada o puede producir daños o un mal uso de sus sistemas, incluido el ataque a terceros. Ningún sistema de IT o producto debería considerarse completamente seguro y ningún producto, servicio o medida de seguridad puede ser totalmente eficaz para evitar un uso o acceso indebido. Los sistemas, productos y servicios de IBM están diseñados para ser parte de un enfoque de seguridad global y legal, lo que necesariamente implicará procedimientos operativos adicionales, y puede requerir otros sistemas, productos o servicios para ser más efectivos. IBM NO GARANTIZA QUE LOS SISTEMAS, PRODUCTOS O SERVICIOS SEAN INMUNES A LA CONDUCTA DOLOSA O ILEGAL DE CUALQUIER PARTE O HAGAN A SU EMPRESA INMUNE A DICHA CONDUCTA DE CUALQUIER PARTE.

M8J5BA6R

