

C2 Power system operation and control

Tecnologías de Operación y Aplicaciones Avanzadas para la Supervisión y Control de Sistemas de Potencia

Dr. Jaime D. Pinzón

02 de diciembre de 2021



cigre
Colombia



Tecnologías de operación y aplicaciones en tiempo real



Computación de alto desempeño

Digitalización

Operación avanzada

Supervisión y control

Nuevas tecnologías de T&G

Analítica

Seguridad cibernética



Contenido

1. Evolución de las tecnologías de operación
2. Tendencias en arquitectura y aplicaciones
3. Sistemas de monitoreo de infraestructura y funcionalidades
4. Tendencias de supervisión y gestión de nuevos activos de la red
5. Sistemas de monitoreo de área amplia
6. Tendencias de la Industria 4.0 en las tecnologías de operación



1. Evolución de tecnologías de operación



cigre

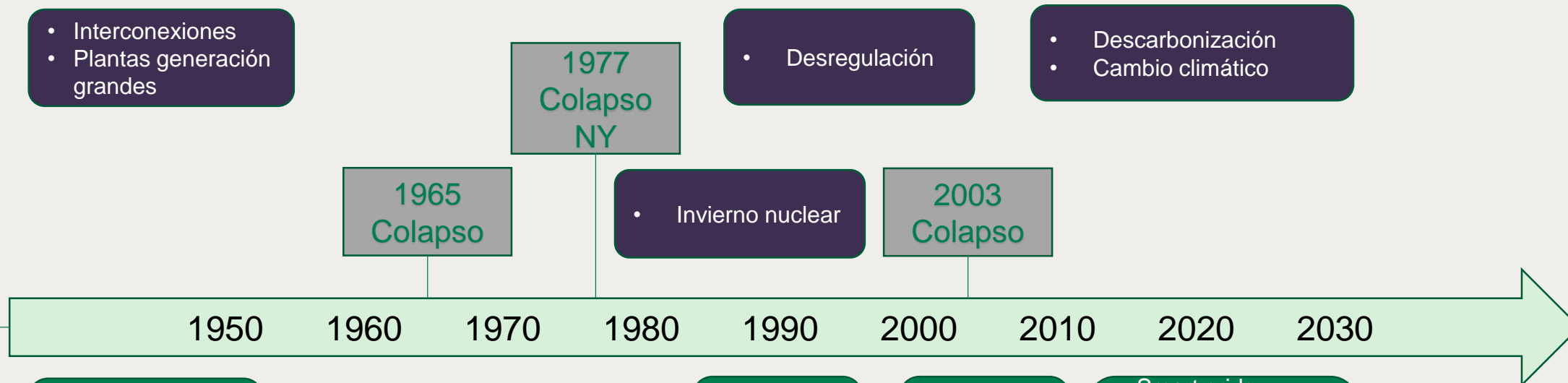
For power system expertise

1. Evolución de las tecnologías de operación en las últimas décadas

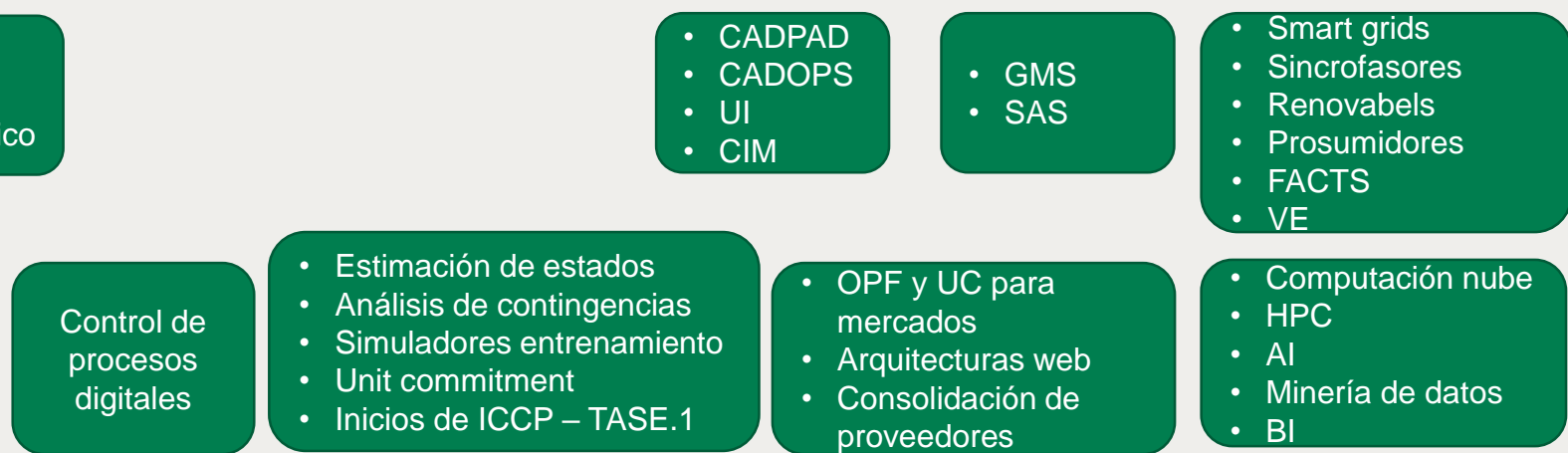


1. Línea de tiempo de evolución de TO

Factores



Tecnologías



1. Resumen evolución de TO



Resumen evolución

- 70's fue revolucionario
- 80's sin grandes cambios
- 90's evolución EMS
- 2000's continúo evolución

2010's es revolucionario nuevamente y continúan en la década de 2020

- Aplicaciones WAMS
- FERNC y almacenamiento
- Integración GD
- Integración PHEV
- Integración tecnologías 4.0
- Aumento estandarización (NIST)

2. Tendencias en arquitectura y aplicaciones



cigre

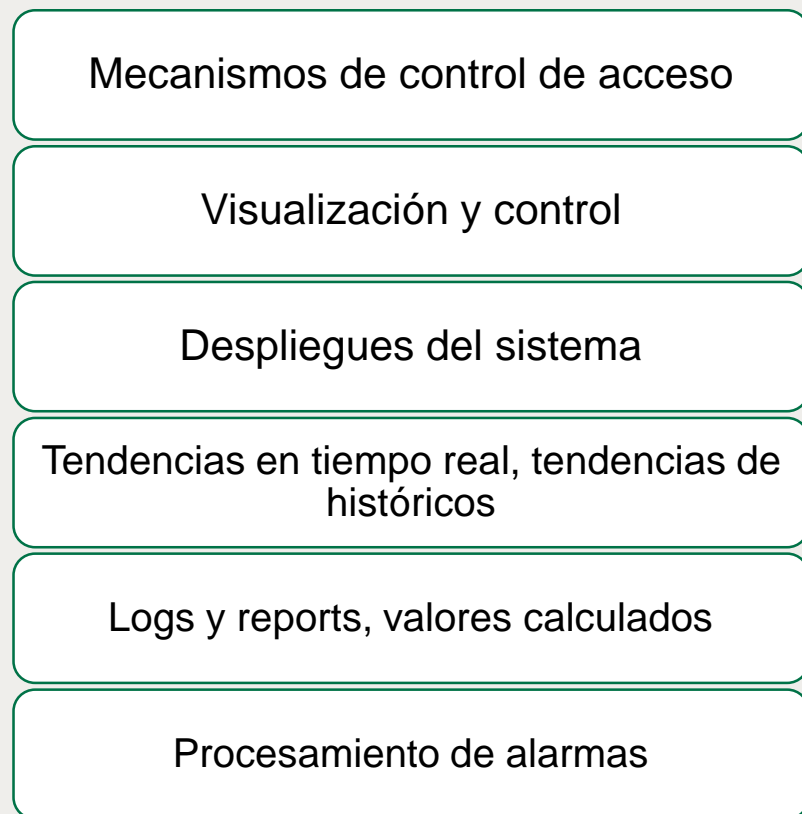
For power system expertise

2. Características de centros de control



2. Aplicaciones y funcionalidades SCADA/EMS

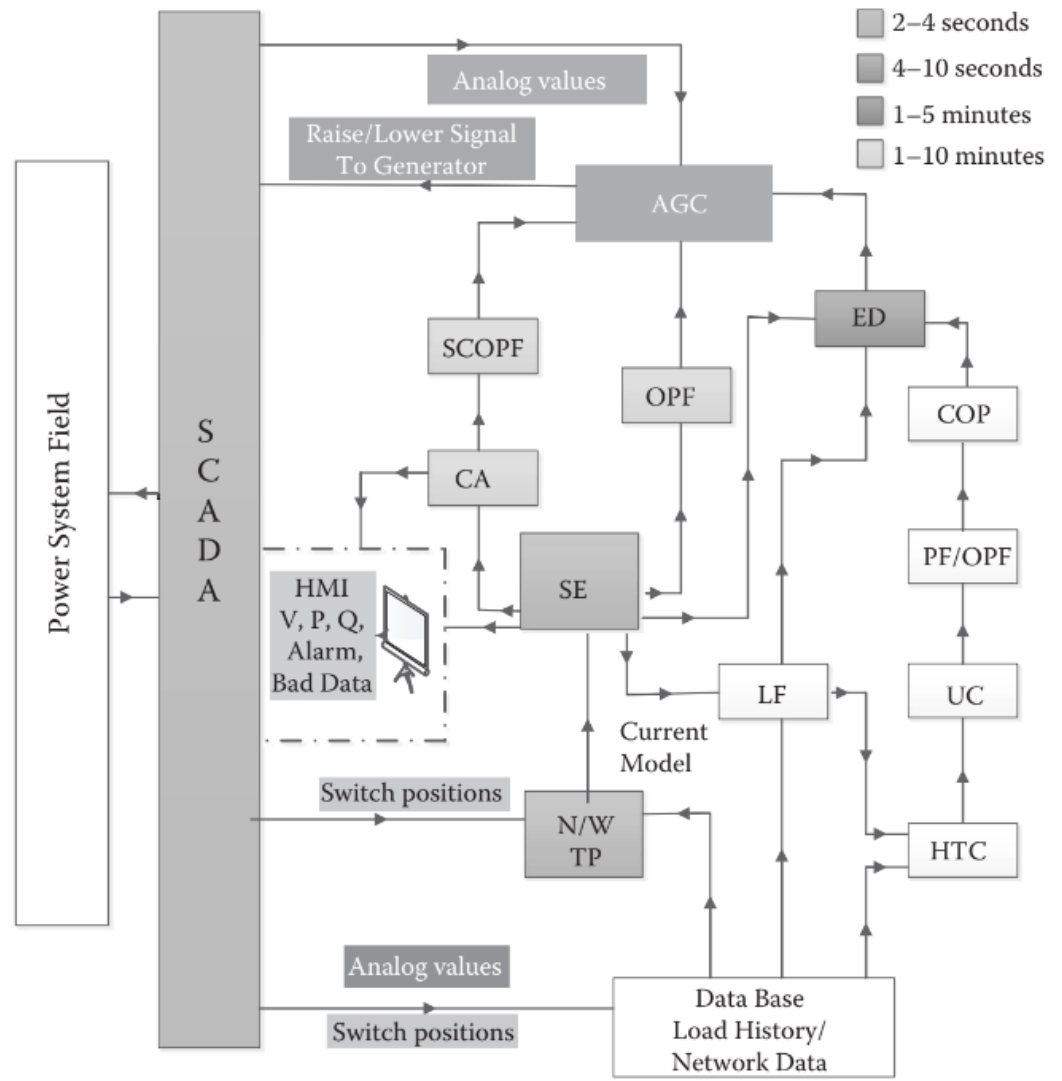
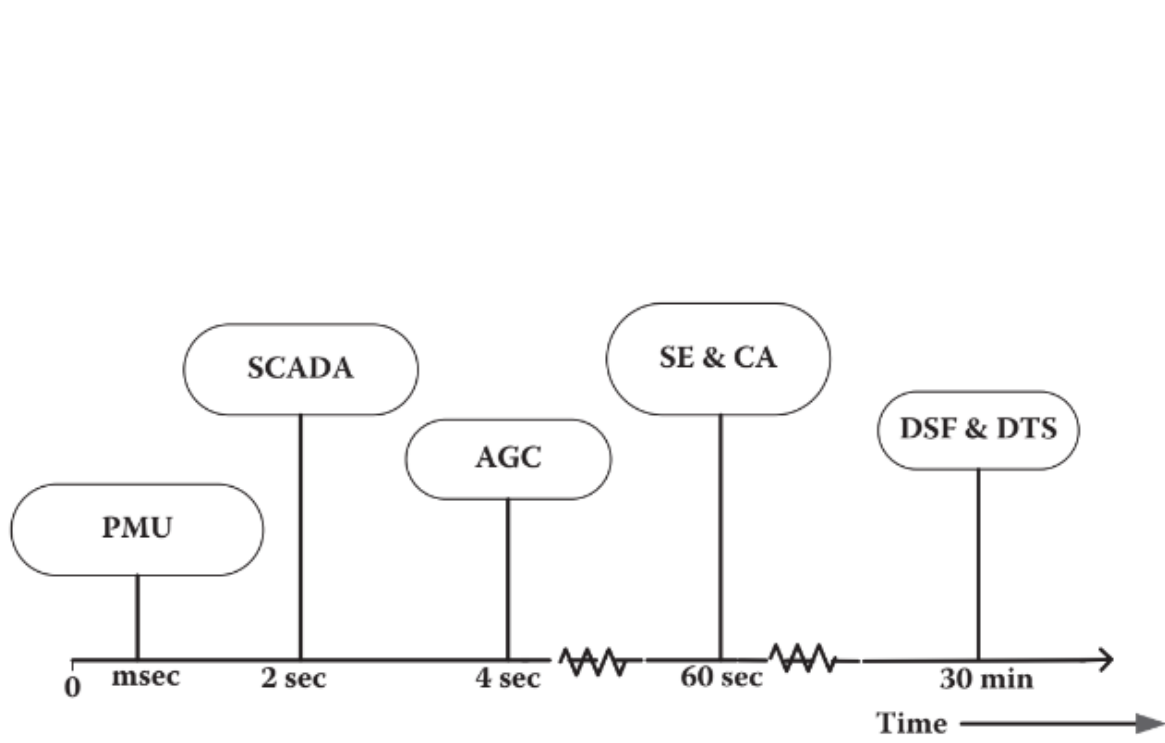
SCADA



EMS



2. Marco de tiempos en centros de control



2. Tendencias en SCADA/EMS



2. Tendencias en aplicaciones avanzadas



Transmisión

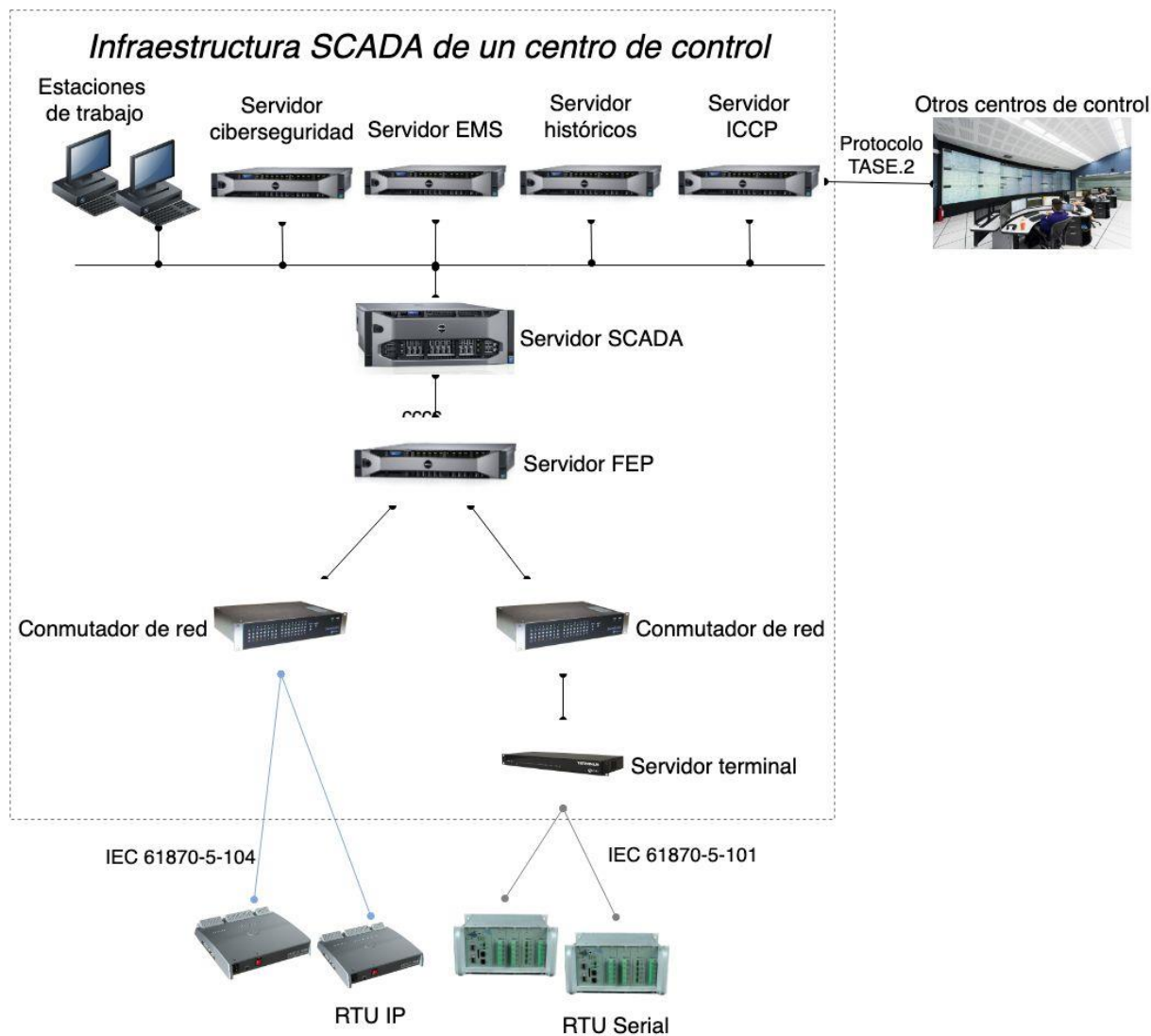
- Incorporación de avanzadas y más robustos algoritmos para el procesamiento de datos de PMU
- Resolver flujos de carga, SCOPF y estimador de estado dentro de tiempos razonables
- Límites dinámicos para líneas de transmisión, para límites térmicos de transformadores y para límites de estabilidad de ángulo y de tensión
- OTS con características para la simulación de restauración y blackout
- Modelos avanzados de equipos FACTS (SVC, STATCOM, SSSC, HVDC) con alta dinámica en EMS/OTS
- Integración de aplicaciones EMS con aplicaciones externas de BI



Generación

- Incremento en la integración con mercados de energía
- AGC, UC que incorporen FERNC
- Integración con recursos de almacenamiento de energía
- Mejora de herramientas para el pronóstico – impacto de eólica, solar, PHEV, etc
- Modelos avanzados de FERNC en GMS

2. Arquitectura y hardware de centros de control



Características

Equipos de hardware dedicados por función

Segmentación de redes

Aseguramiento de perímetros electrónicos

Alta redundancia de equipos físicos y redes

Altos niveles de seguridad

Requerimientos de alta disponibilidad

Equipos correctamente diseñados

2. Arquitectura y hardware de centros de control

Niveles de disponibilidad



Fuente: NIST

2. Tendencia de la arquitectura y hardware

Servidores físicos

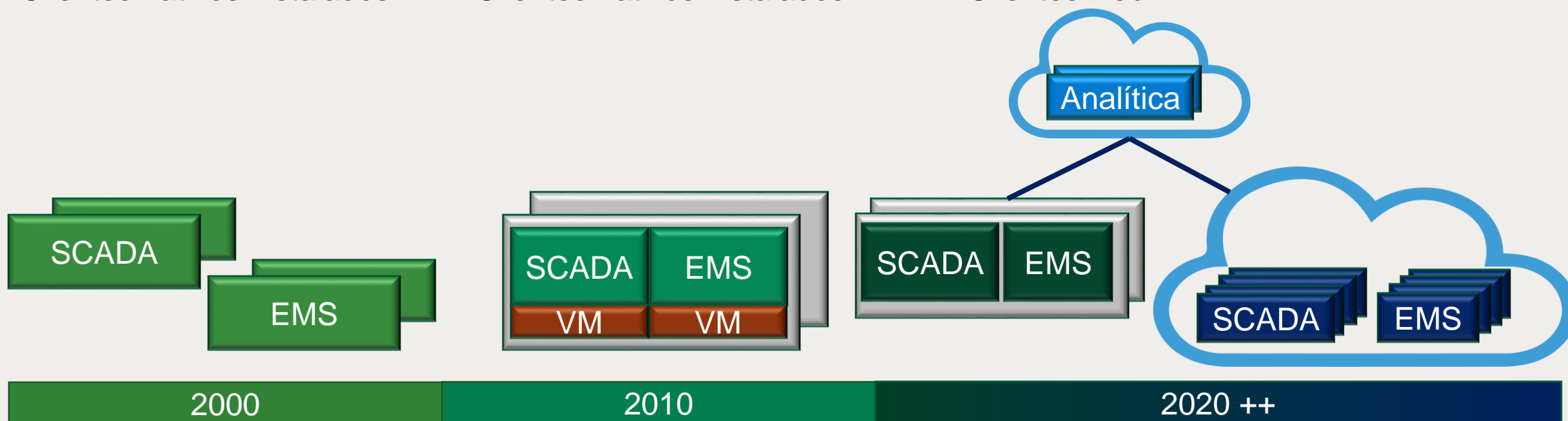
- Un servidor activo por función
- Primario/respaldo
- Clientes nativos instalados

Servidores virtualizados

- Un servidor virtual activo
- Primario/respaldo
- Clientes nativos instalados

Nube, on premise o híbrido

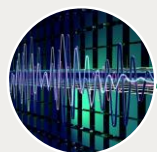
- Arquitecturas distribuidas
- Desarrollo de apps desacopladas
- Clientes web



2. Tendencias en arquitectura y hardware



Transición a sistemas en la nube o híbridos



Desarrollo de sistemas de supervisión en la nube



Integración de sistemas históricos de fácil acceso y con oportunidades para analítica descriptiva, predictiva y prescriptiva.



Integración de menor cantidad de equipos físicos con mejores recursos de cómputo (RAM, CPU, GPU)



Foco en la seguridad cibernética (segmentación, equipos perimetrales de acceso)

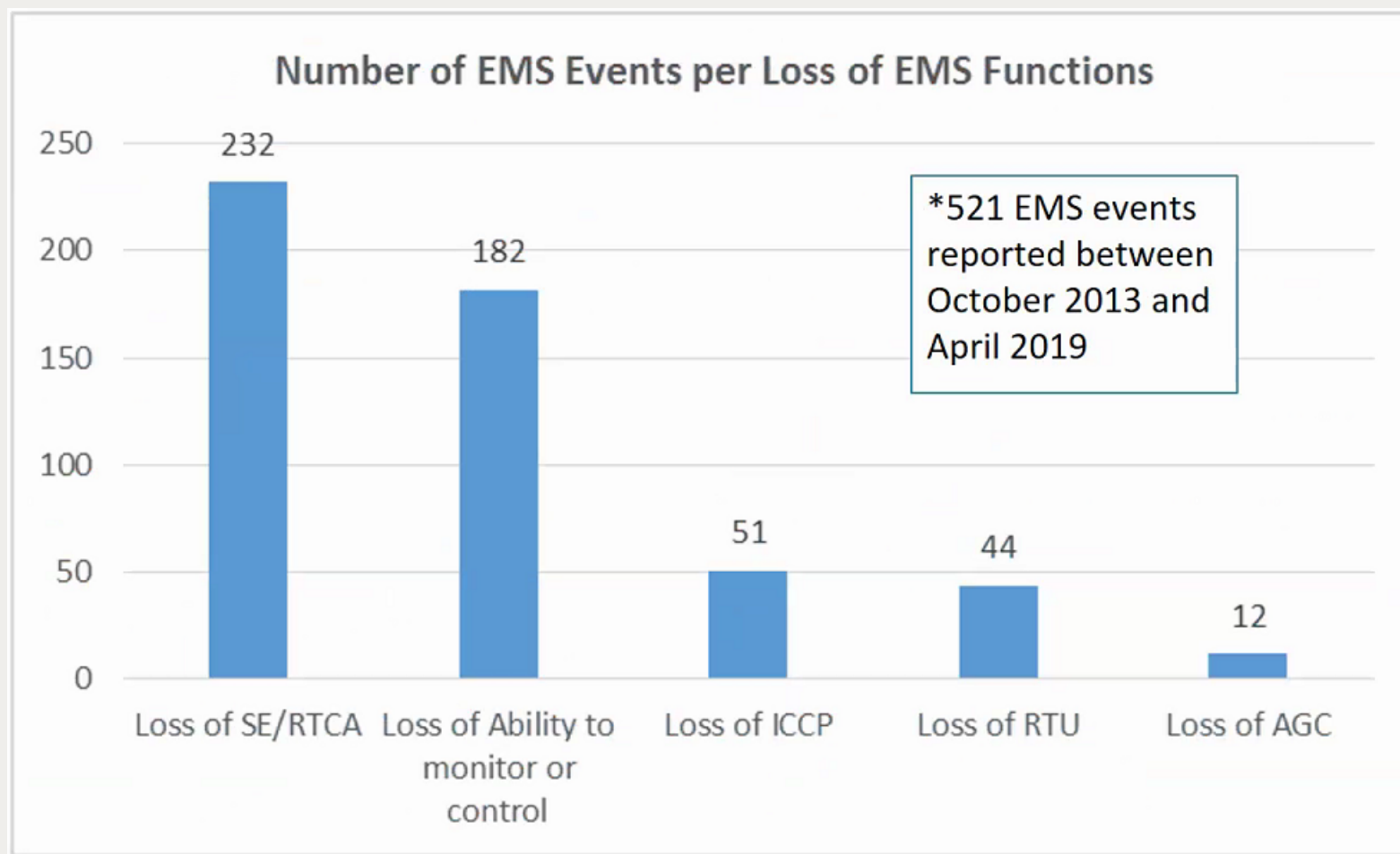
3. Monitoreo de infraestructura y funcionalidades



cigre

For power system expertise

3. Eventos de centro de control



Fuente: NERC

Causas

Software

Comunicaciones

Mantenimiento

Hardware

Extremo remoto

3. Monitoreo de infraestructura crítica

Supervisión



Estado comunicaciones entre centros de control



Estado equipos de subestación y canales de comunicación



Estado de datos entre centros de control principal/respaldo

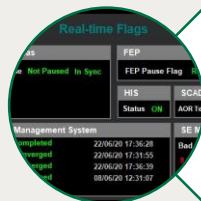
Funciones de tiempo real



Sincronización de áreas compartidas



Estado de almacenamiento en históricos y funciones de servidores



Estado de aplicaciones de red

Hardware



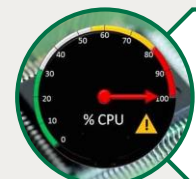
Monitoreo de disponibilidad

- Estado de equipos en tiempo real y sus conexiones



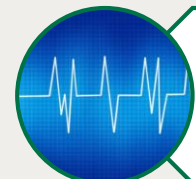
Monitoreo de capacidad

- Espacio utilizado y disponible de cada partición



Monitoreo de desempeño

- Uso de CPU y RAM



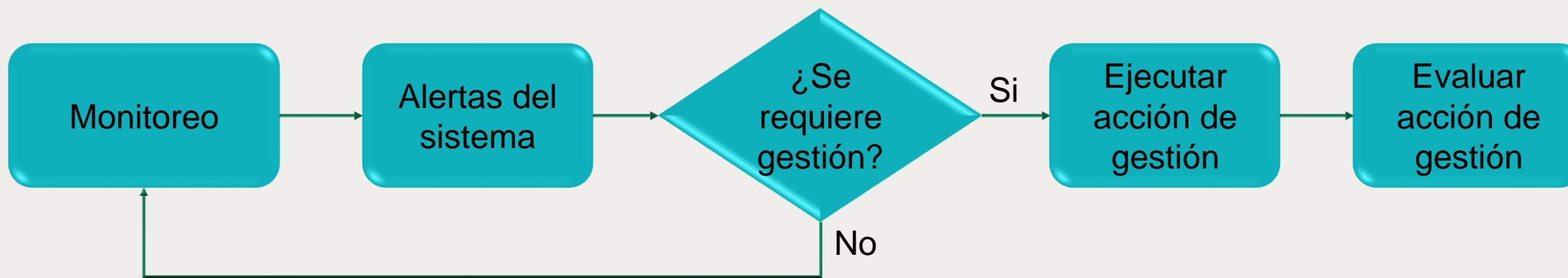
Monitoreo de procesos

- Estado de procesos críticos de cada equipo



J.D. Pinzón, J. Mola, T. Osorno, A. Valencia, “Real-time health condition monitoring of SCADA Infrastructure”, IEEE, 2020

3. Gestión de la infraestructura basada en la condición



Matriz de gestión

Descripción	Monitoreo	Alerta de gestión	Acción de gestión
Gestión de la disponibilidad de equipos	Señales de estado de equipos	Cambio a un estado anormal	-Verificar operatividad de los servicios - Verificar estado del hardware
...

3. Beneficios del monitoreo infraestructura crítica

1

Monitoreo del estado de salud de cada equipo del sistema SCADA

2

Monitoreo de funciones relevantes de la plataforma

3

Alarmas tempranas de violación de límites y cambios de estados de equipos por correo

4

Disminución de tiempos de diagnóstico de fallas

5

Aumento de la conciencia situacional con visibilidad del estado en tiempo real de la plataforma

6

Mejora de la gestión de los sistemas de tiempo real soportados por el equipo

4. Tendencias de supervisión y gestión de nuevos activos de la red



cigre

For power system expertise

4. Tendencias de supervisión y gestión de nuevos activos de la red

FERNC



Almacenamiento



FACTS



4. Supervisión y control de sistemas de almacenamiento

Supervisión

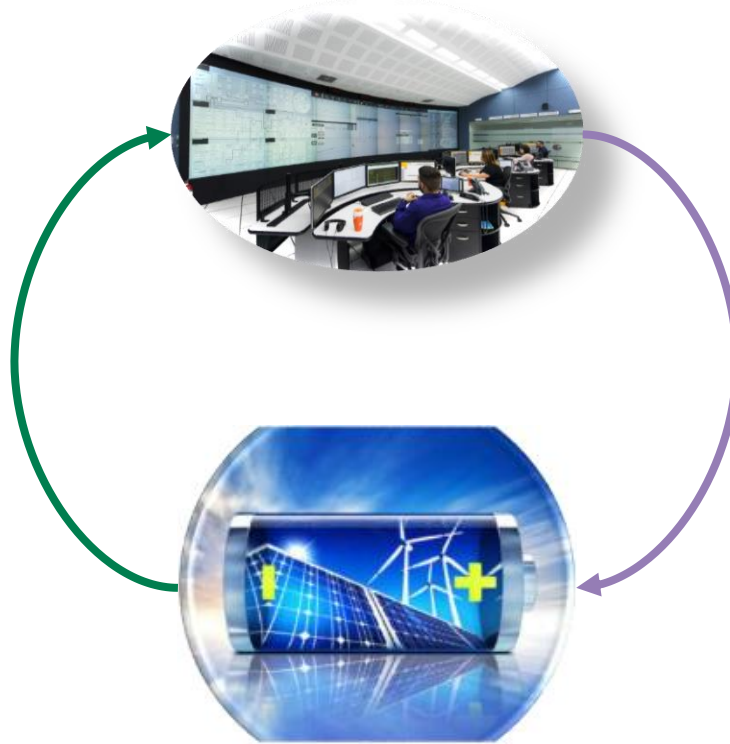
- Medidas P, Q, V, I
- Estados de carga actual
- Nivel de carga y descarga
- Estados de modos de control (F, V, D)
- Protocolos DNP3, Modbus, Open ADR, IEEE 2030.5

Centro de control



Control

- Basado en consignas operativas
- Controles automáticos
- Control ON/OFF
- Control P/F
- Control POD
- Control V
- Control rápido Q y F



Sistema de almacenamiento

4. Tendencias en supervisión y gestión de nuevos activos



SCADA

- Nuevos modelos de supervisión
- Definición de modos de supervisión y control en cada nivel
- Desarrollo y mejora de visualizaciones para la operación
- Definición de variables a ser monitoreadas y controles requeridos

EMS

- Desarrollo de modelos avanzados de FACTS/FERNC
- Integración de modelos en aplicaciones de análisis de red y evaluación de seguridad
- Integración de métodos de pronósticos de variables de FERNC para aplicaciones de tiempo real
- Modelos para el entrenamiento de operadores

5. Sistemas de monitoreo de área amplia PMU/WAMS

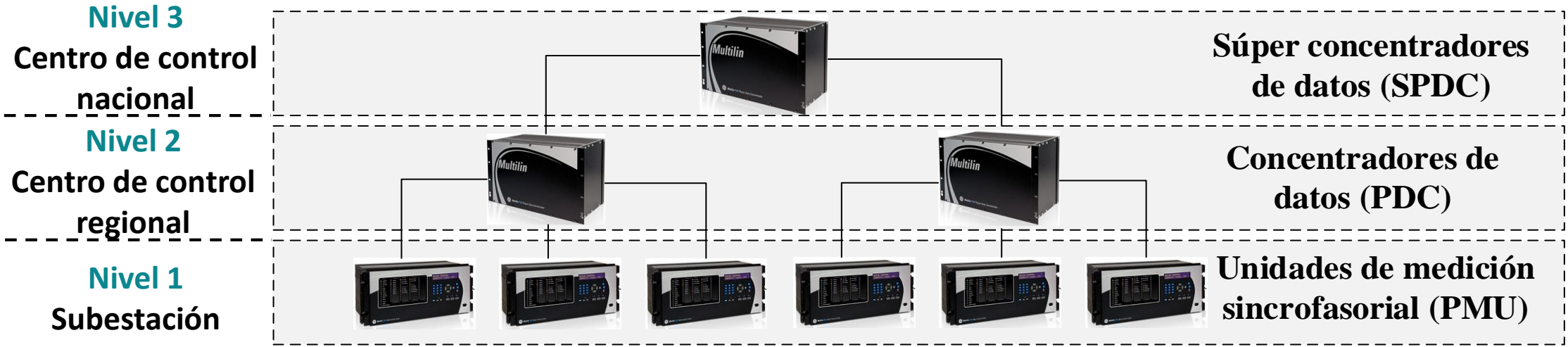


cigre

For power system expertise



5. Sistemas de monitoreo de área amplia PMU/WAMS



Medición de fasores de tensión y corriente, frecuencia y df/dt



Sincronización de tiempo por GPS



Monitoreo de área amplia (WAMS)



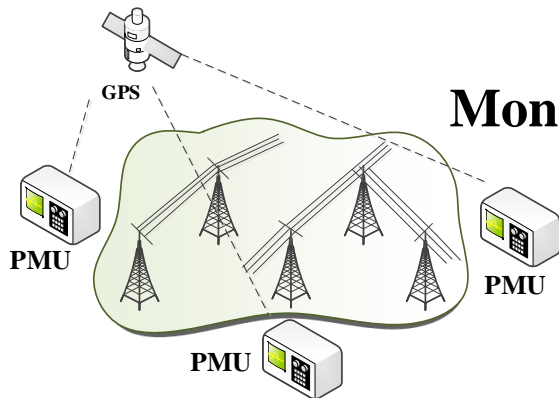
Monitoreo dinámico de fenómenos rápidos con mediciones sincronizadas en grandes sistemas de potencia



Alta velocidad de reporte
(10 - 60 fasores por segundo)



Monitoreo de la dinámica rápida



5. Tendencias en aplicaciones PMU/WAMS

Sala de control

Consciencia situacional

- Percepción de áreas de control
- Condiciones ambientales
- Detección de fallas en tiempo real y localización
- Visualización y navegación avanzada

Monitoreo y evaluación de la seguridad dinámica (DSA)

- Monitoreo FERNC, DER
- Detección de oscilaciones y asistencia para la mitigación
- Monitoreo de congestión con diferencias angulares
- Monitorio y evaluación de estabilidad de tensión
- Monitoreo y evaluación de estabilidad transitoria
- Estimador de estados dinámico
- Monitoreo de equipos FACTS

Asistencia operación tiempo real

- Restauración, cierre de interruptores
- Coordinación de la operación
- Arranque/parada de generadores y conexión/desconexión cargas
- Despacho de recursos de potencia reactiva

Fuera de línea

- Análisis de eventos
- Análisis posoperativo
- Validación y calibración de modelos
- Validación y pruebas de nuevas aplicaciones offline y en tiempo real

Protección y control

- Sistemas de protección de la integridad del sistema (SIPS)
- Operación y control islas eléctricas
- Detección y despeje de fallas de conductores
- Control área amplia de tensión/VAR
- Protecciones adaptativas

6. Tendencias de la Industria 4.0 en las tecnologías de operación



cigre

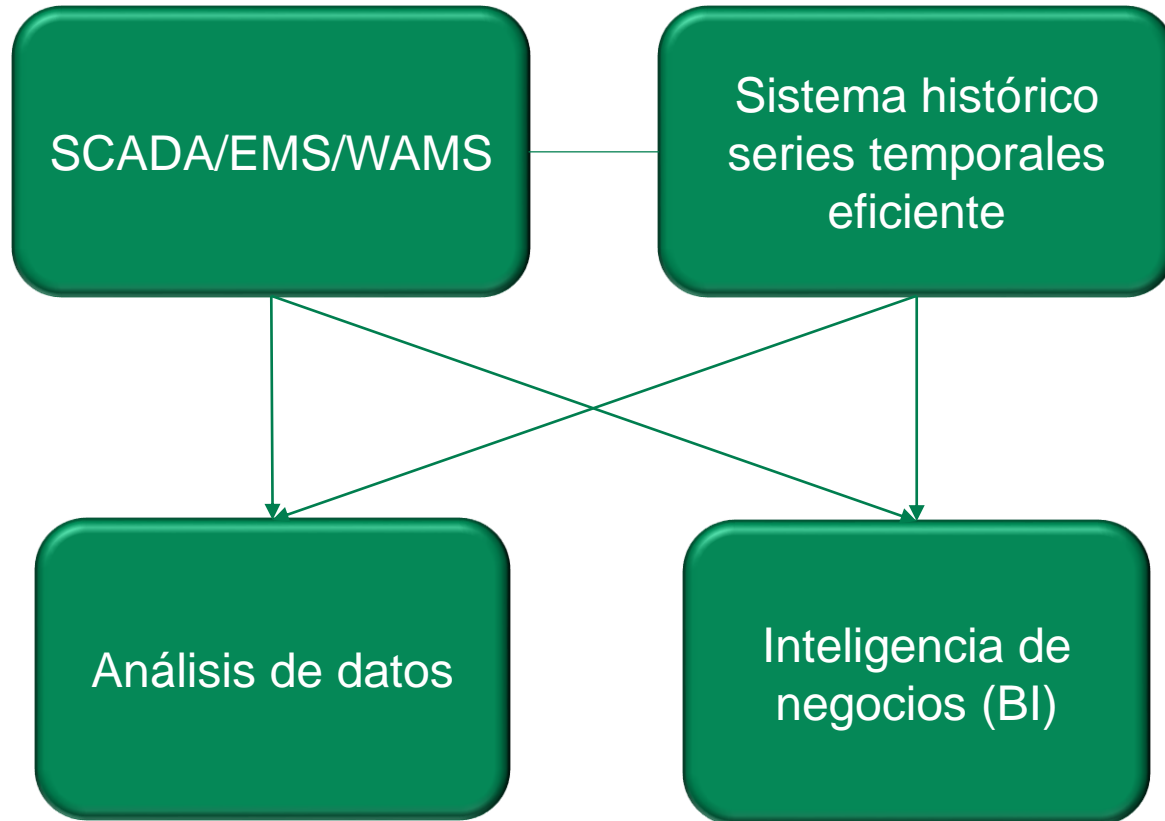
For power system expertise

6. Tendencias de la Industria 4.0

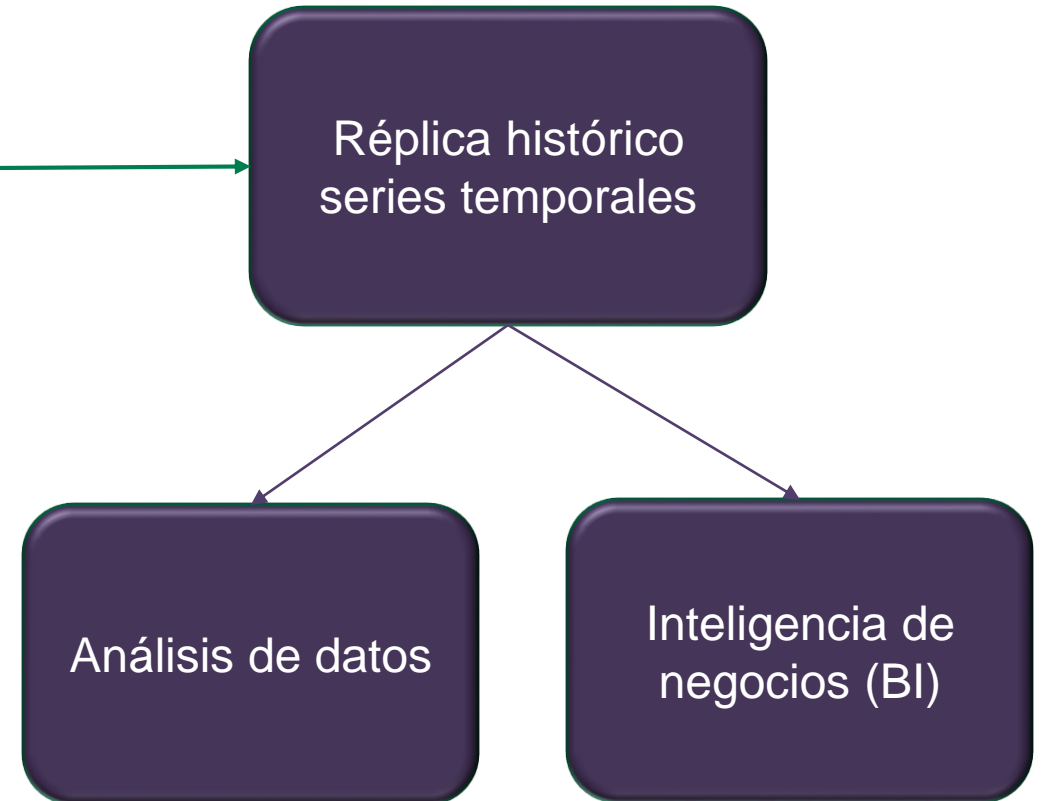


6. Tendencias de la Industria 4.0 en las tecnologías de operación

Sistema tiempo real



Sistema corporativo



6. Tendencias de la Industria 4.0 en las tecnologías de operación

Tiempo real

- AI/ML patrones de alarmas
- AI/ML predicción de inestabilidad
- Gestión de cargabilidad de activos
- Supervisión en la nube
- AI/ML pronósticos
- AI/ML detección de fallas
- EMS/WAMS analítica y reportes
- Funciones SCADA/EMS en la nube

Procesos corporativos

- AI/ML clasificación de fallas líneas, transformadores, FACTS
- Analítica para la gestión de activos y optimización de mantenimiento
- AI/ML análisis posoperativos automáticos
- AI/ML pronósticos y despacho
- Analítica y reportes comportamiento infraestructura SCADA

¡Muchas gracias!

Dr. Jaime D. Pinzón
Correo: jpinzon@xm.com.co

