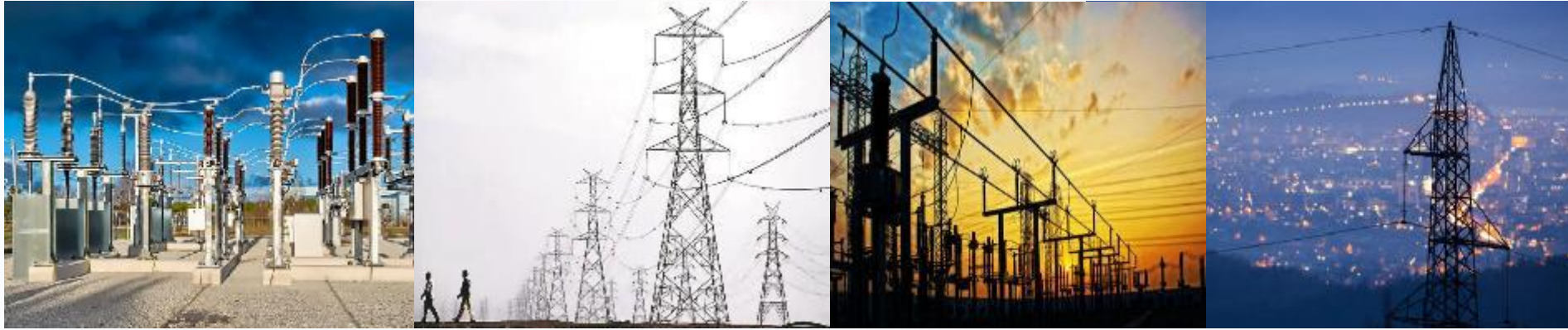


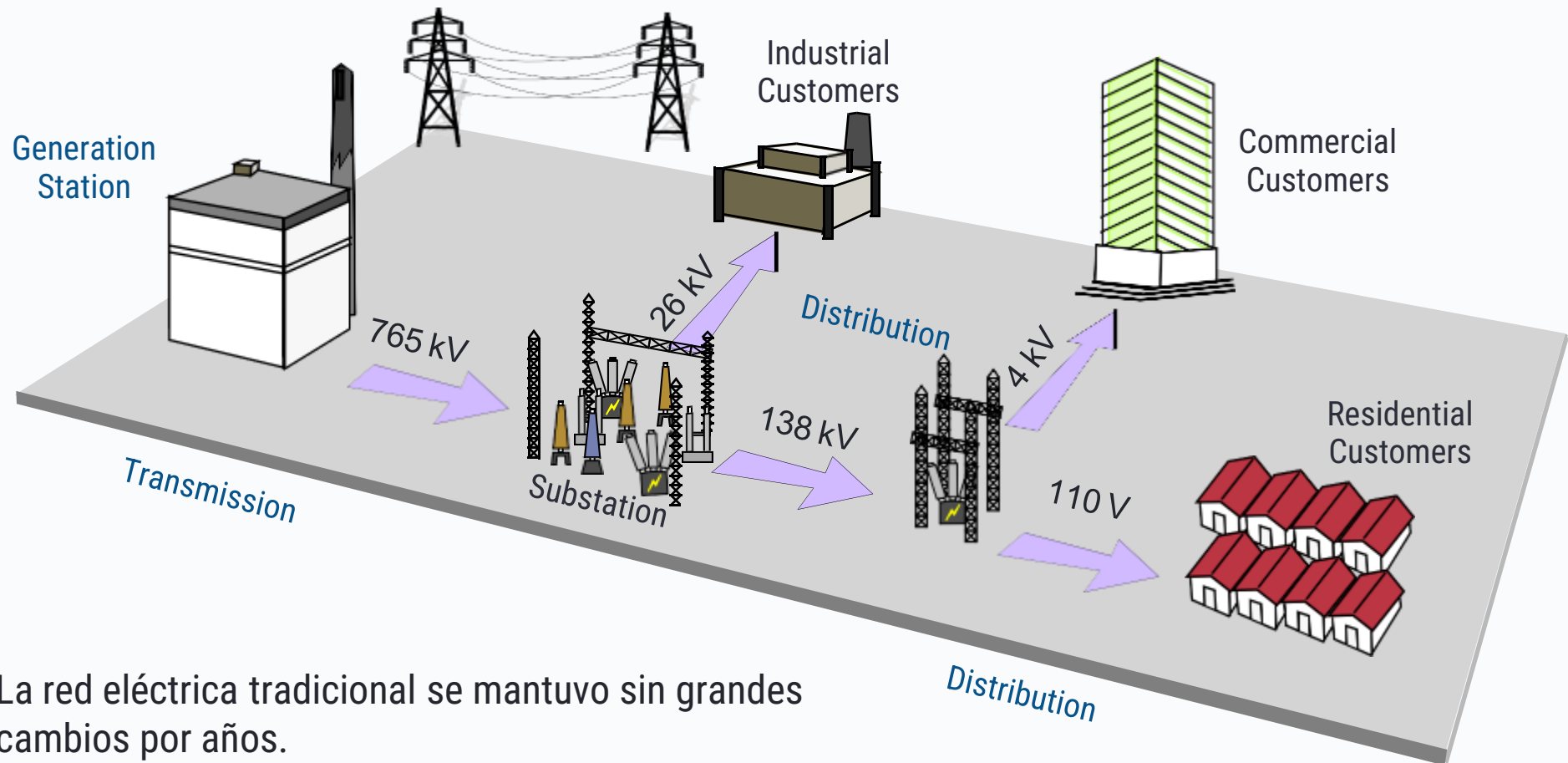
Pruebas y Mediciones



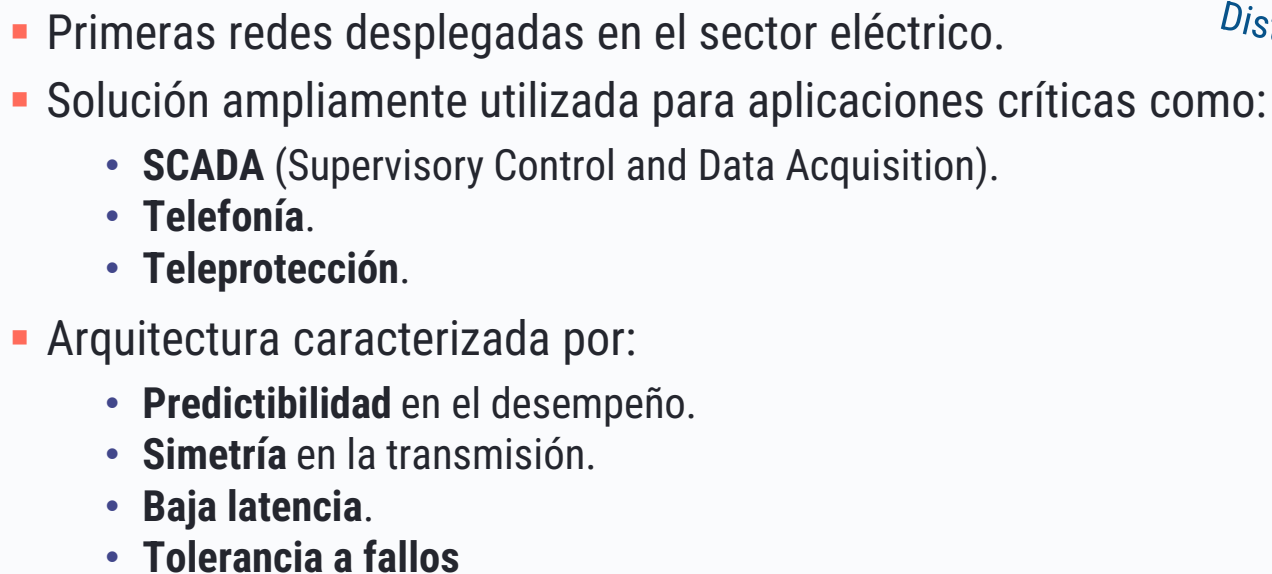
Herramientas para medir performance en comunicaciones de Transmisión Eléctrica

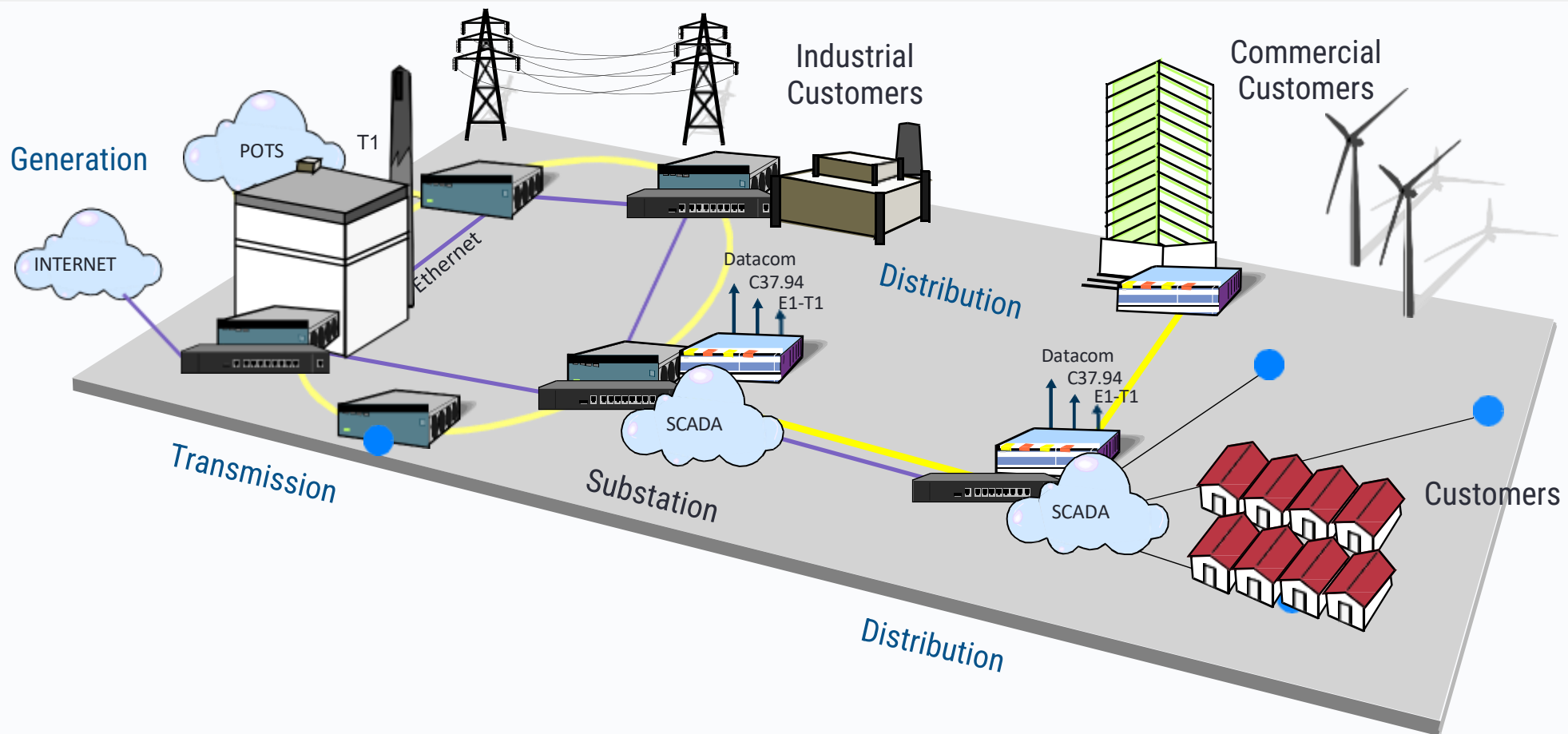
➔ fabricante **Global** de equipos de **prueba** y **sincronismo**



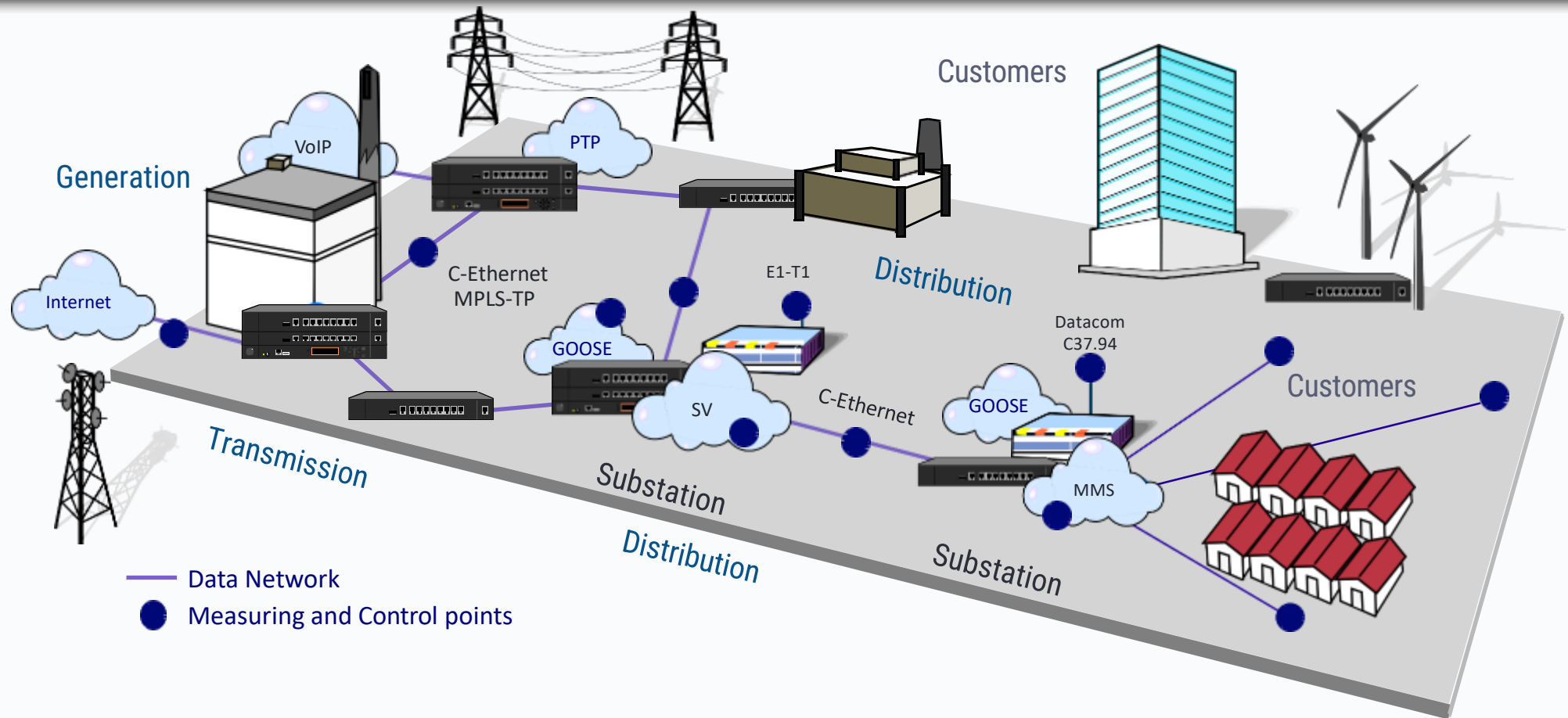


- La red eléctrica tradicional se mantuvo sin grandes cambios por años.
- En años recientes, emergió el concepto de Smart Grid
- Esta evolución fue impulsada por el uso masivo de tecnologías digitales.
- Los principales objetivos del Smart Grid son:
 - Mejorar la eficiencia operativa del sistema eléctrico.
 - Aumentar la resiliencia frente a fallas y eventos críticos.
 - Elevar la calidad del servicio entregado a los usuarios.





- El tráfico de datos corporativos creció de forma exponencial y **Ethernet se desplegó masivamente** para cubrir la demanda de acceso a Internet, correo electrónico y aplicaciones empresariales.
- Durante mucho tiempo, **ambas redes coexistieron e interconectaron**:
 - **SONET/SDH** para transportar servicios como **T1/E1, Datacom (RS-232), C37.94 y SCADA**.
 - **Ethernet** para aplicaciones corporativas como **Internet, correo electrónico, archivos** y nuevos servicios.



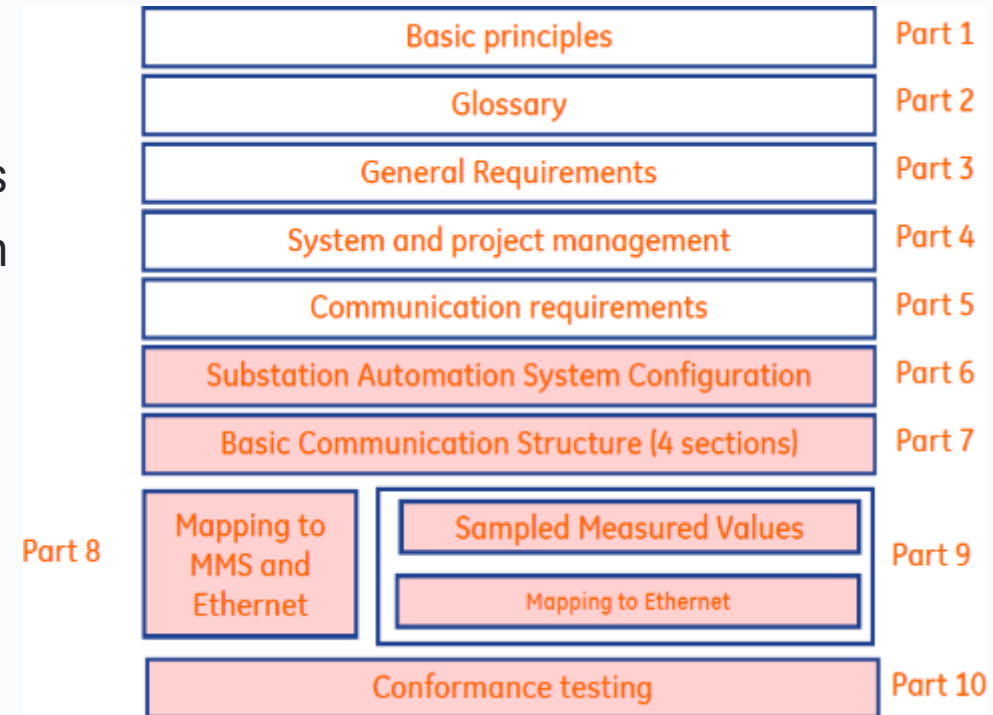
Ethernet se despliega por toda la red y substituir las viejas arquitecturas propietarias.

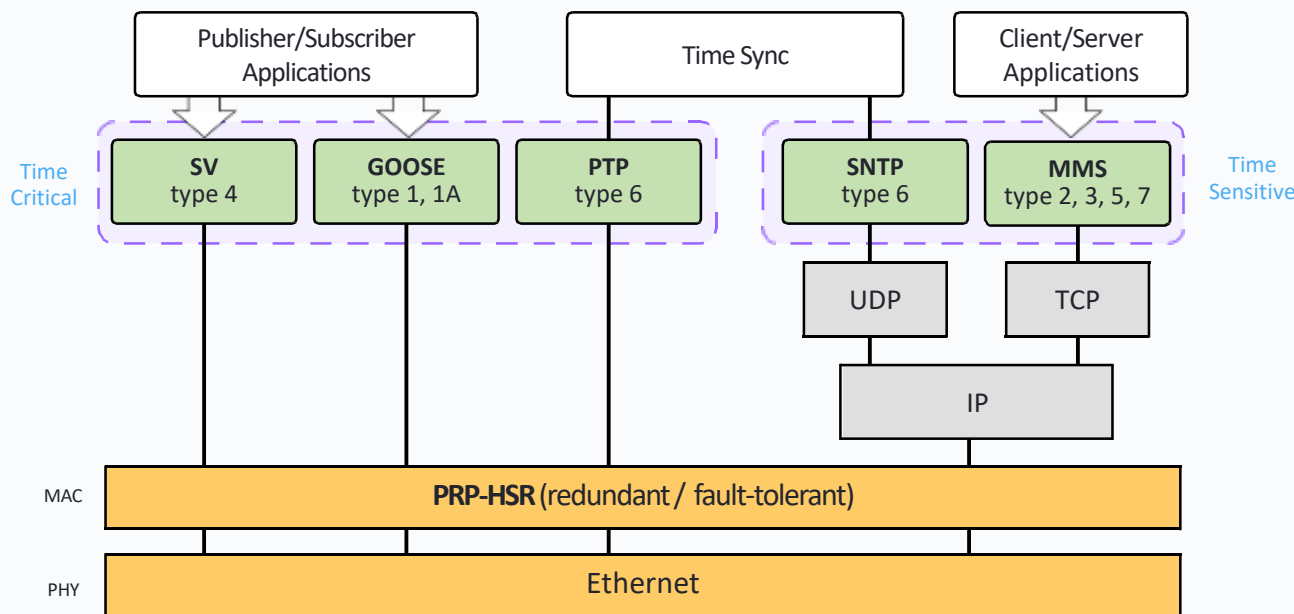
- IEC 61850 en las subestaciones: GOOSE, SV, MMS, PTP y SNTP
- Carrier-Ethernet, MPLS y MPLS-TP para interconexiones WAN
- Se mantiene las interfaces TDM como C37.94, E1/T1 en teleprotección aunque con tendencia a la sustitución especialmente las comunicaciones seriales (RS-232, RS-422).
- Se amplia en acceso a Internet para el desarrollo de nuevas aplicaciones.

- IEC 61850 surge como respuesta a la evolución de las telecomunicaciones en el sector eléctrico.
- Aprovecha infraestructura óptica y redes Ethernet para:
 - Aumentar la **interoperabilidad** entre dispositivos y fabricantes.
 - Mejorar el **control** de los sistemas.
 - Elevar la **fiabilidad** de la red de subestaciones.
- Introduce nuevos protocolos como:
 - **PTP (Precision Time Protocol)** para sincronización precisa.
 - **MMS (Manufacturing Message Specification)** para comunicaciones cliente-servidor
 - **GOOSE** para mensajería rápida de eventos.
 - **SV (Sampled Values)** para adquisición digital de medidas.
- Su adopción es gradual y rigurosa, considerando:
 - La coexistencia con tecnologías heredadas (legacy) como IRIG-B y C37.94.
- Esta presentación propone una metodología de despliegue y prueba de IEC 61850:
 - Para asegurar el desempeño adecuado de los sistemas de automatización de subestaciones.



- IEC 61850-1: Introduction and overview
- IEC 61850-2: Glossary
- IEC 61850-3: General requirements
- IEC 61850-4: System and project management
- IEC 61850-5: Communication requirements
- IEC 61850-6: Configuration language in substations to IEDs
- IEC 61850-7: Basic communication structure for substation
 - 7-1: Principles and models
 - 7-2: Abstract communication service interface (ACSI)
 - 7-3: Common Data Classes
 - 7-4: Compatible logical node classes and data classes
- IEC 61850-8: Specific communication service mapping (SCSM)
 - 8-1: Mappings to MMS
- IEC 61850-9: SCSM
 - 9-1: Sampled values over serial unidirectional multidrop point-to-point link
 - 9-2: Sampled values over ISO/IEC 8802-3
- IEC 6185-10: Conformance testing





- Protocolos basados en Ethernet: **Sampled Values (SV)**, **GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event)** y **MMS (Manufacturing Message Specification)**, que transportan datos y comandos
- Sincronización temporal: **PTP (Precision Time Protocol)** y **SNTP (Simple Network Time Protocol)** alinean temporalmente toda la red eléctrica
- Arquitecturas sin pérdidas (lossless): **PRP (Parallel Redundancy Protocol)** y **HSR (High-availability Seamless Redundancy)** construyen redes tolerantes a fallos, eliminando puntos únicos de falla
- **Lenguaje de configuración de subestaciones (SCL)**, definido en IEC 61850, especifica la configuración de las subestaciones en forma de representación de datos modelados para lograr una interoperabilidad completa.

GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event)

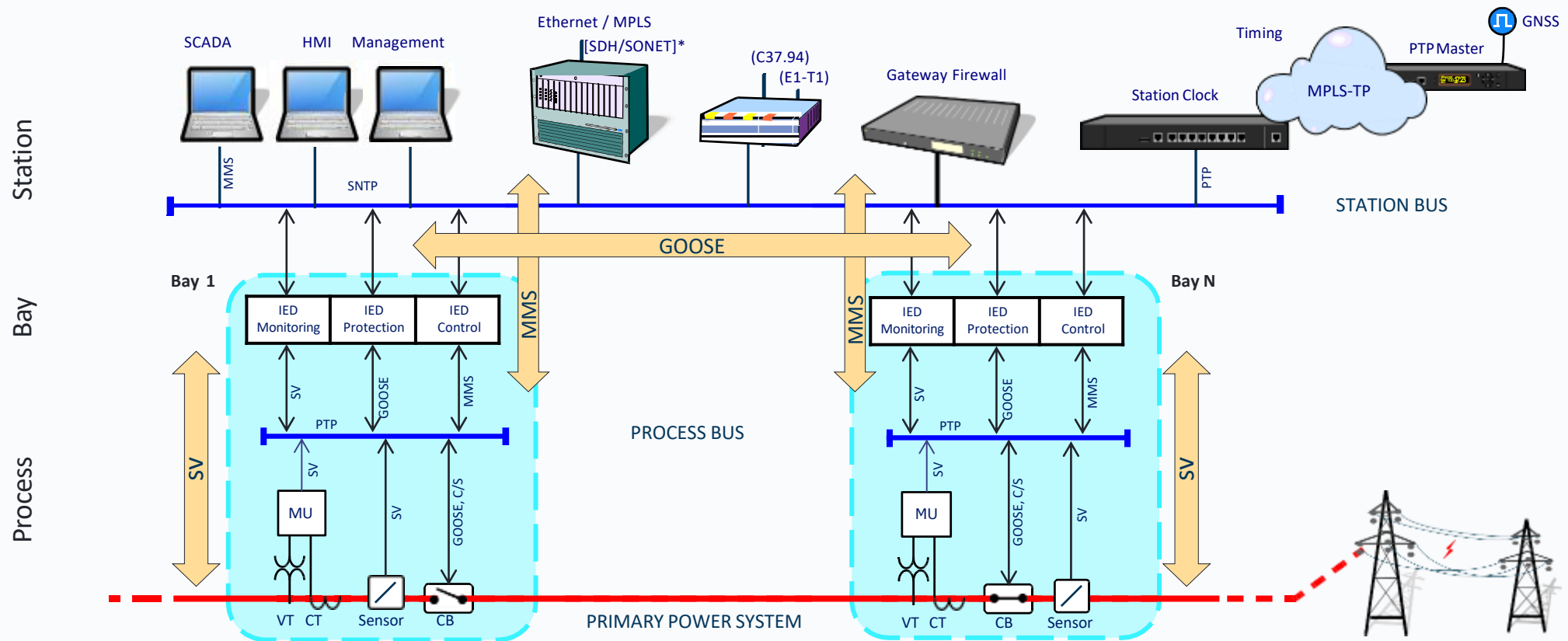
- **Capa:** Enlace de datos (Ethernet, IEEE 802.3).
- **Transporte:** Multicast en tramas Ethernet con VLAN y prioridad (IEEE 802.1Q/p).
- **Características:**
 - Mensajes repetidos cíclicamente para asegurar entrega.
 - Sin confirmación (no ACK), se prioriza la velocidad.
- **Aplicación:** Protección y control → disparo de interruptores en <3 ms.

Sampled Values (SV)

- **Capa:** Enlace de datos (Ethernet directo).
- **Transporte:** Multicast en tramas Ethernet encapsulando muestras de CTs y VTs.
- **Características:**
 - Flujos de datos a alta velocidad (ej. 80 muestras/ciclo, ≈ 4.8 kHz).
 - Se requiere sincronización precisa (PTP/IRIG-B).
- **Aplicación:** Medidas digitales para protección diferencial, medición fasorial y control.

MMS (Manufacturing Message Specification)

- **Capa:** Aplicación → sobre TCP/IP (capa 4 y 3).
- **Transporte:** Cliente/servidor, confiable, con confirmación de entrega.
- **Características:**
 - Permite lectura, escritura y reporte de datos.
 - Usa servicios de red convencionales (Ethernet, IP, TCP).
- **Aplicación:** Supervisión SCADA, comandos remotos, reportes de eventos.



■ Bus de Estación – Nivel superior.

- Conecta **HMI, gateways, sistemas de gestión y SCADA**.
- Coordina la supervisión y control global de la subestación.

■ Bus de Bahía – Nivel intermedio.

- Une **relés de protección, controladores y medidores** en cada celda/bahía.
- Permite automatización local y protección distribuida.

■ Bus de Proceso – Nivel inferior.

- Vincula **sensores, CTs, VTs, disyuntores y Merging Units** con los IEDs.
- Transporta medidas y comandos en tiempo real.

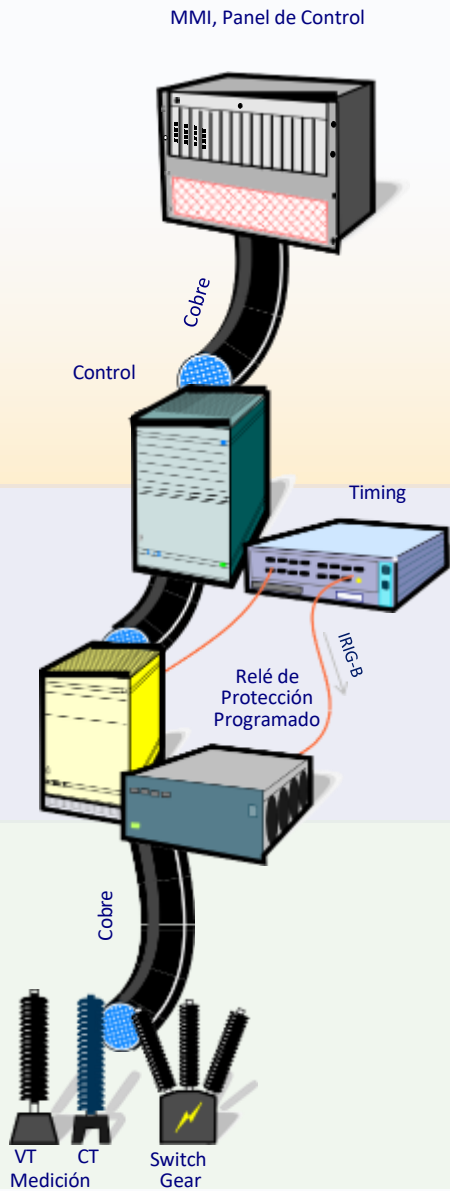
Protocolo	Transporte	Tipo de tráfico	Características	Aplicaciones	Tiempo típico
GOOSE	Capa 2 (Ethernet, IEEE 802.3) con VLAN / Prioridad (802.1Q/p)	Multicast	Repetición cíclica, sin ACK, prioriza la velocidad	Disparo de interruptores, bloqueos de protección, señales críticas	< 3 ms
SV	Capa 2 (Ethernet directo)	Multicast	Transmisión continua de muestras (ej. 80 muestras/ciclo $\approx$ 4.8 kHz)	Medición digital de CTs/VTs, protección diferencial, control	< 1 ms (muestreo)
MMS	Capa 7 (Aplicación) sobre TCP/IP	Cliente/Servidor	Comunicación confiable, confirmación de entrega	Supervisión SCADA, comandos remotos, reportes de eventos	100–500 ms

SUBESTACION-1
Legada

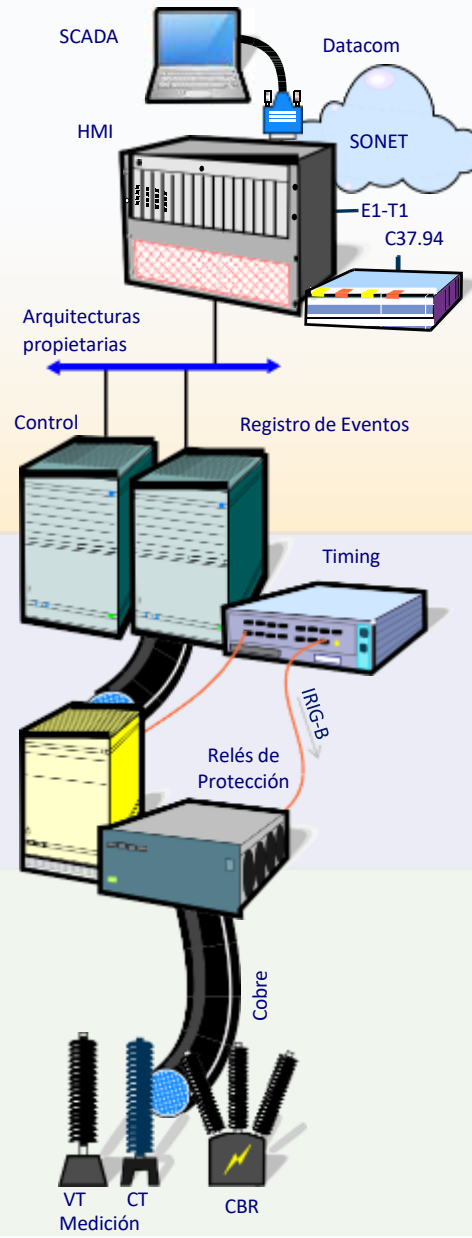
Station

Bay

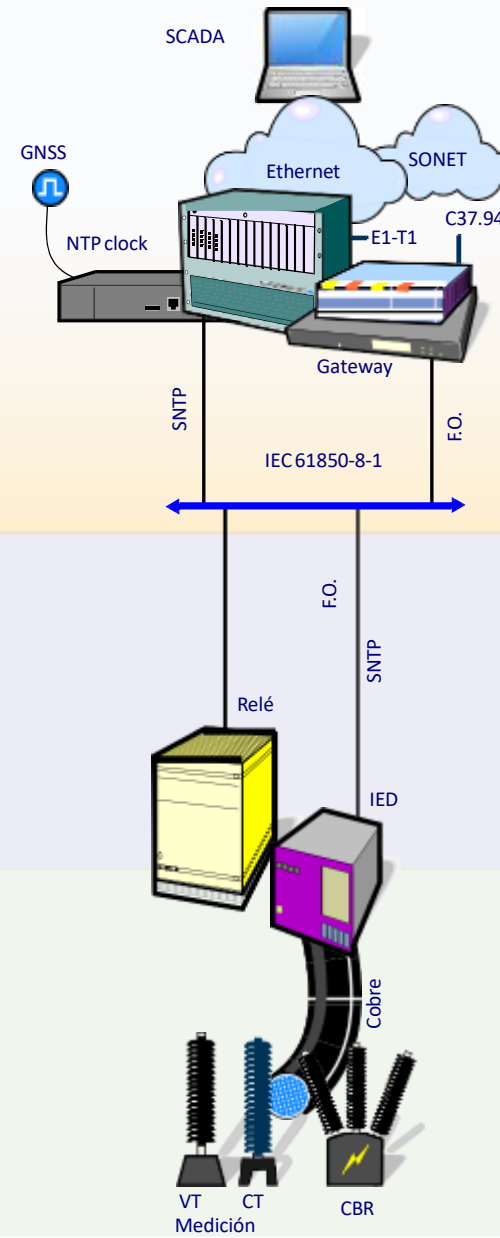
Process



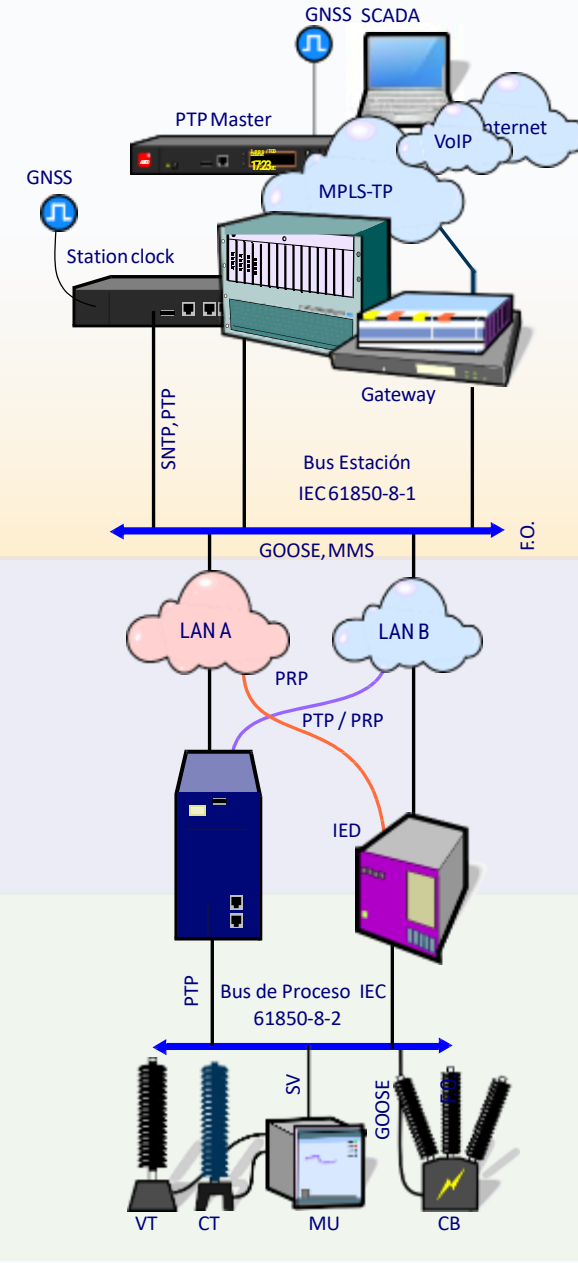
SUBESTACION - 2
Convencional

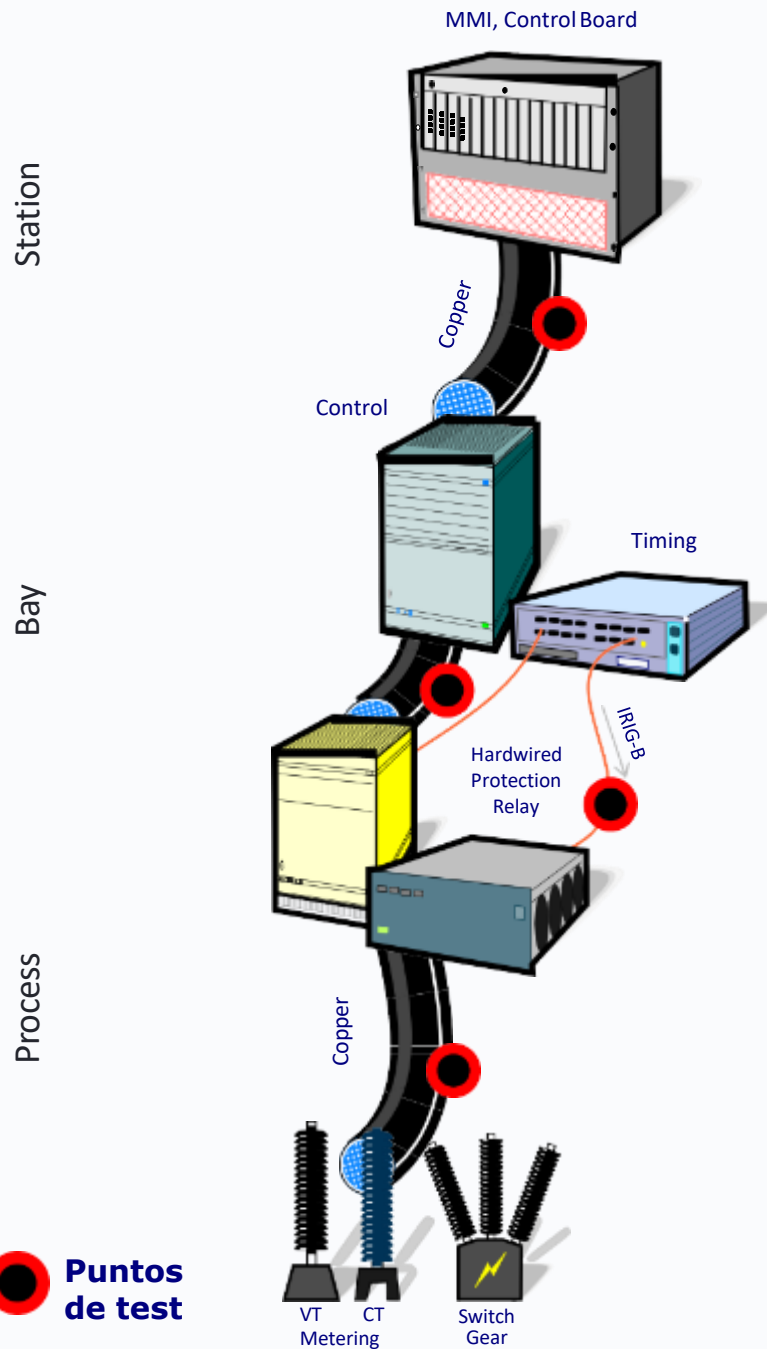


SUBESTACION - 3
Digital



SUBESTACION - 4
Red Inteligente





Cosas a verificar

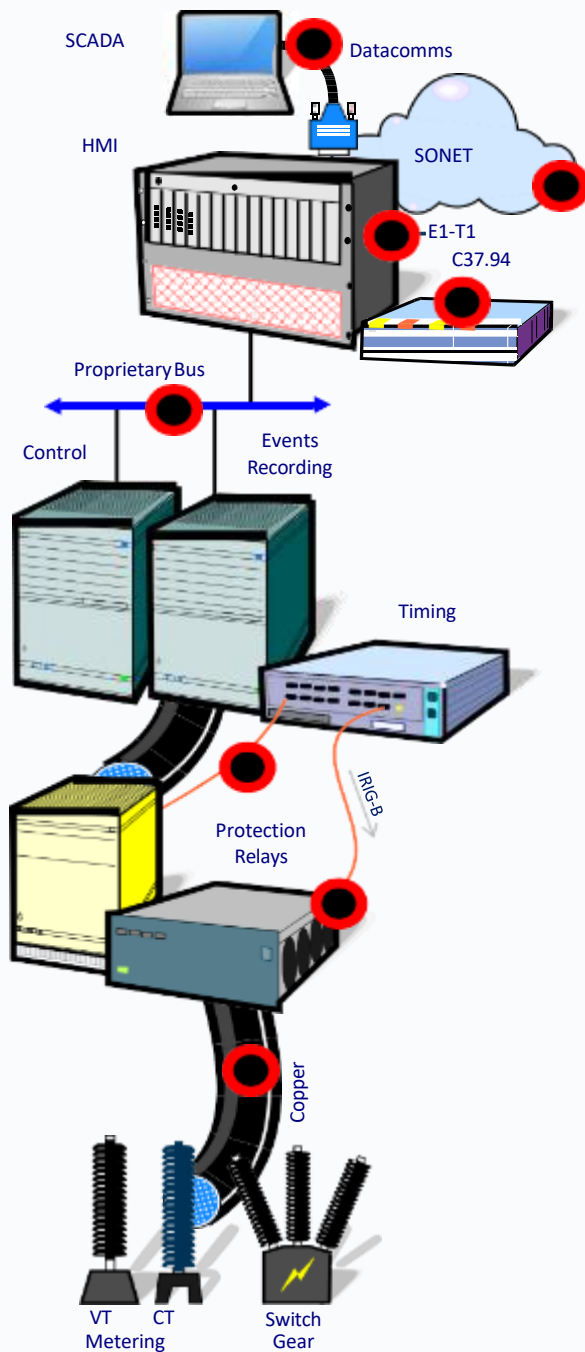
1. Comunicación serie: RS-232, RS-422, V.35, V.36
2. IRIG-B: precisión de tiempo
3. E1 / T1: pulso, voz, datos

Objetivos

1. Instalación y mantenimiento de:
2. Comunicaciones y datos en serie
3. Calidad del sincronismo
4. Circuitos de voz



Cables de Comunicación Serie

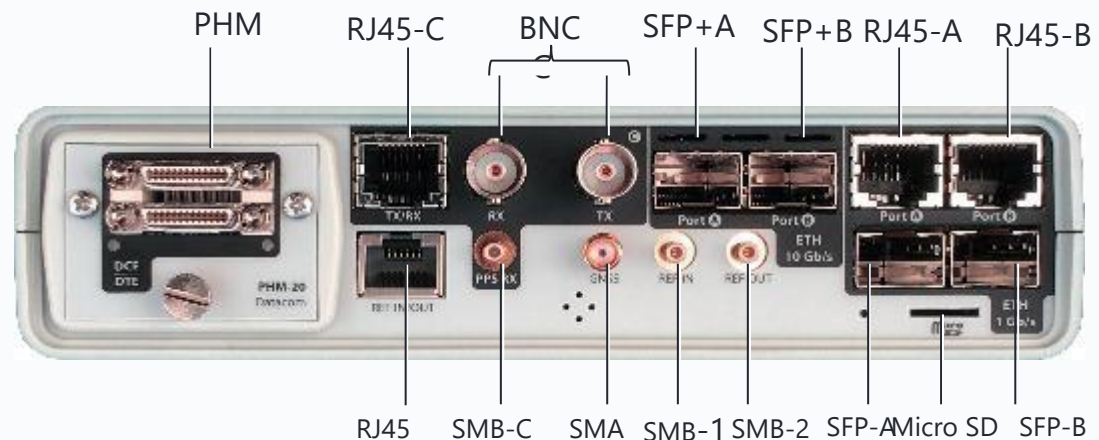


Cosas a verificar

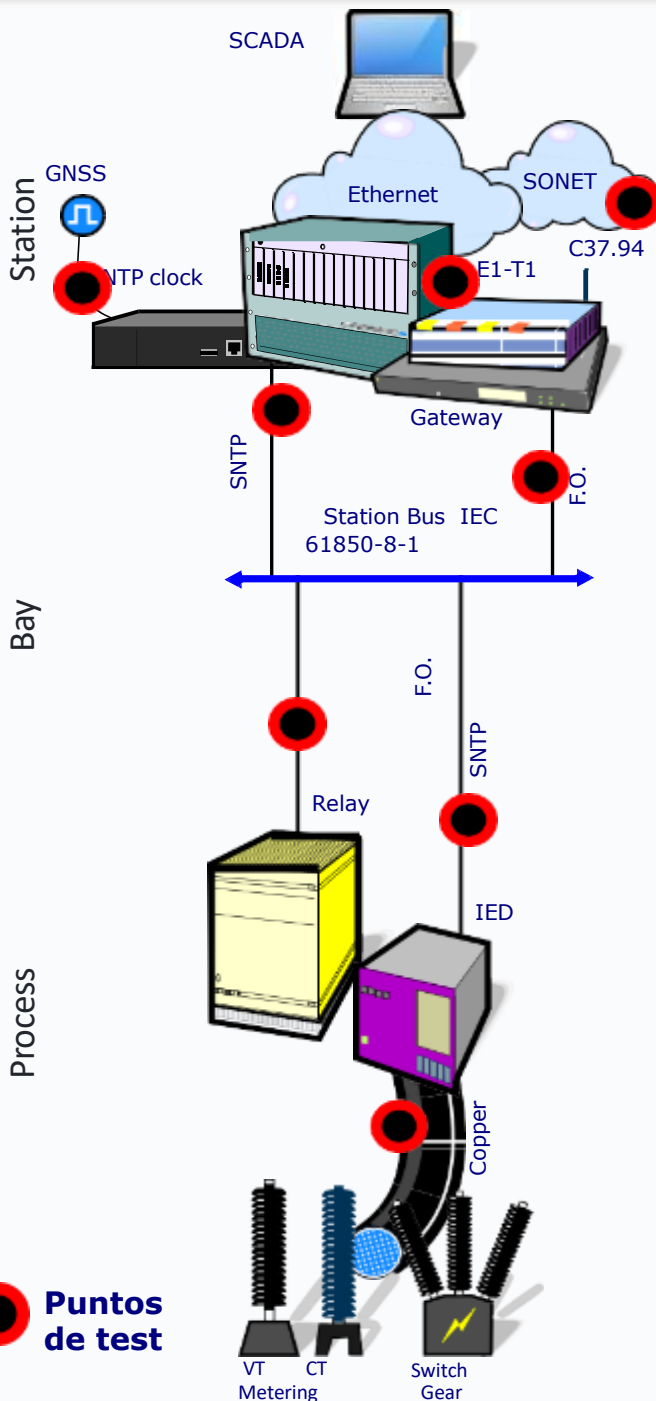
1. Comunicación serie: RS-232, RS-422, V.35, V.362.
2. IRIG-B: precisión de tiempo
3. E1 / T1: pulso, voz, datos
4. C37.94: retraso, tasa de error, emulación de eventos
5. Teleprotección: retardo unidireccional (ref GPS)
6. Ethernet: RFC 2544, eSAM (Y1564), etc

Objetivos

1. Verificar la teleprotección según C37.942
2. Verificar la calidad del sincronismo
3. Verificar la calidad de la red Ethernet



Ejemplo de Tester Multi-Tecnología fabricado por ALBEDO



Cosas a verificar

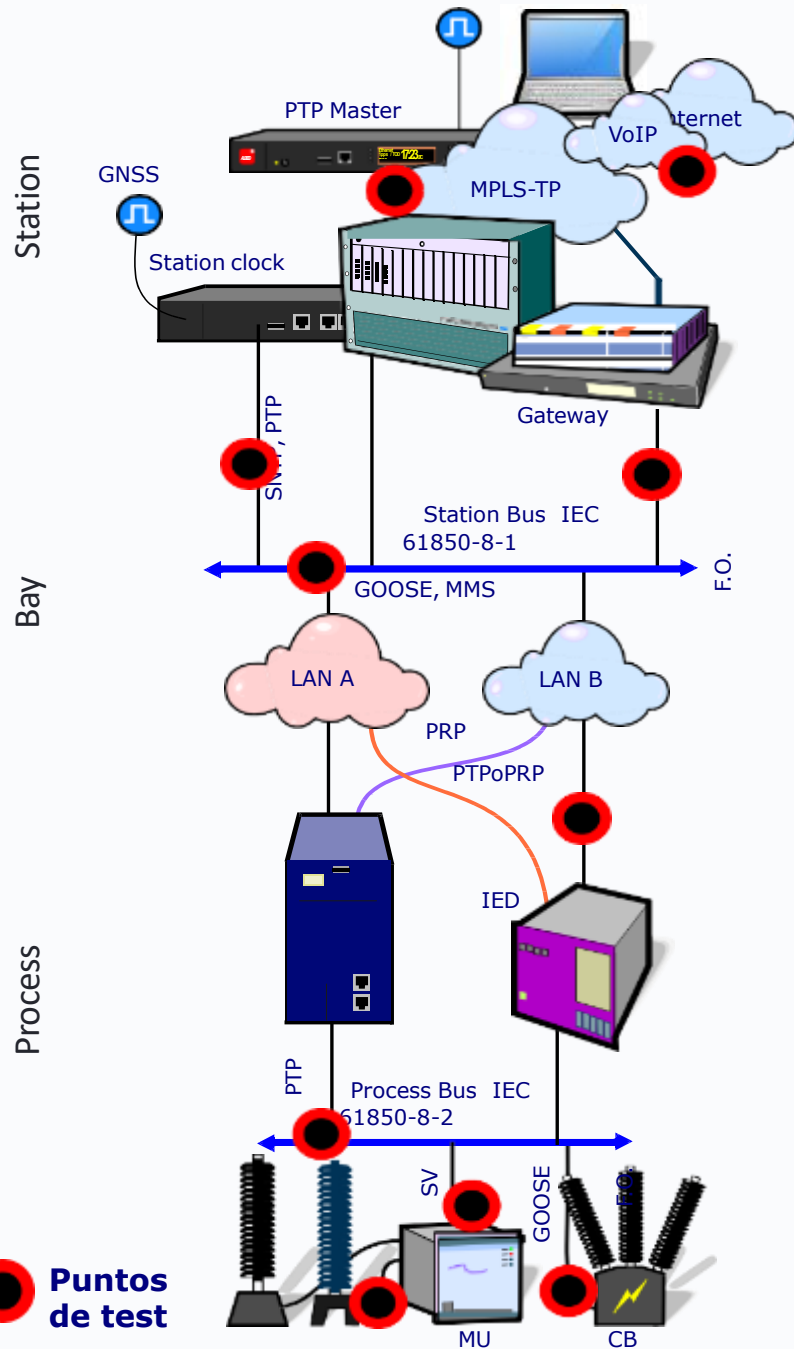
1. Comunicación serie: RS-232, RS-422, V.35, V.36
2. IRIG-B: precisión de sincronismo
3. E1 / T1: pulso, voz, dato
4. Ethernet: RFC 2544, eSAM, etc.
5. IP: ping, rastreo de ruta
6. Fibra óptica: alimentación y fallos – OTDR
7. NTP: mensajes, retraso, inestabilidad, TE
8. Teleprotección: C37.94, retraso unidireccional, eventos

Objetivos

1. Verificar la teleprotección C37.94
2. Verificar la sincronización de IRIG-B y NTP
3. Verificar la calidad de la red Ethernet
4. Instalar y mantener fibras ópticas



Ejemplo de Reloj Net.Time para PTP/NTP/IRIG-B



Cosas a verificar

1. Comunicaciones serie RS-232, RS-422, V.35, V.362
2. IRIG-B: precisión de tiempo
3. E1 / T1: pulso, voz, datos
4. C37.94: retraso, tasa de error, emulación de eventos
5. Teleprotección: retraso unilateral
6. Ethernet: RFC 2544, eSAM, etc.
7. IP: ping, trace route
8. MPLS-TP: test
9. Fibra óptica: potencia, OTDR
10. NTP: mensajes, retrasos, jitter, TE
11. PTP: wander, PPS, TE
12. GOOSE: análisis / captura / decodificación
13. SV: análisis / captura / decodificación
14. MMS: análisis / captura / decodificación
15. Emulación de reloj maestro / esclavo
16. IEC-61850: verificación del retardo en todos los interfaces

Objetivos

1. Asegurar la interconexión entre diferentes fabricantes
2. Asegurar la interconexión de sincronización PTP-NTP-IRIG-B
3. Instalar y mantener los nuevos protocolos como GOOSE y SV

xGenius



Zeus



- Diseñadas para instalación, operación y mantenimiento en subestaciones eléctricas.
- Cubren interfaces legacy y modernas: TDM, Datacom, C37.94, Ethernet/IP, IIRIG-B, SyncE.
- Soporte de protocolos IEC 61850 (GOOSE, SV, MMS)
- Pruebas avanzadas de sincronización: PTP, SyncE, NTP
- Plataformas portátiles, robustas y multi-tecnología.





- Tester **todo-en-uno** para utilities, telecom y vendors.
- Soporta hasta **10 GbE** (SFP+), E1/T1, Datacom, G.703 E0, IEEE C37.94, IRIG-B, canal voz
- Protocolos IEC 61850: **GOOSE, SV, MMS**, con medición de latencia y análisis
- Pruebas de sincronización: IEEE 1588 PTP (Grandmaster, Slave, BC/TC), IRIG-B, SyncE, NTP, ToD
- Pruebas Ethernet/IP: RFC 2544, RFC6349, Y.1564 (e-SAM), MPLS,
- Funciones avanzadas: captura con timestamp de hardware, análisis de jitter y wander, pruebas de latencia (one-way, two-way, RTD)



- Tester portátil optimizado para power utilities.
- Interfaces: Ethernet hasta **1 GbE** (RJ-45, SFP), E1/T1, G.703 E0, Datacom, C37.94, IRIG-B, canal voz
- Protocolos IEC 61850: **GOOSE, SV, MMS** (con análisis de latencia, jitter y frecuencia)
- Sincronización: PTP (Master, Slave, BC/TC), SyncE, NTP/SNTP, IRIG-B, NTP, ToD
- Pruebas de Ethernet/IP: RFC 2544, Y.1564, tráfico multi-stream.
- Funciones de teleprotección: C37.94 con medición de retardos (one-way, round-trip), BER y G.821.)
- Incluye PRP endpoint emulation

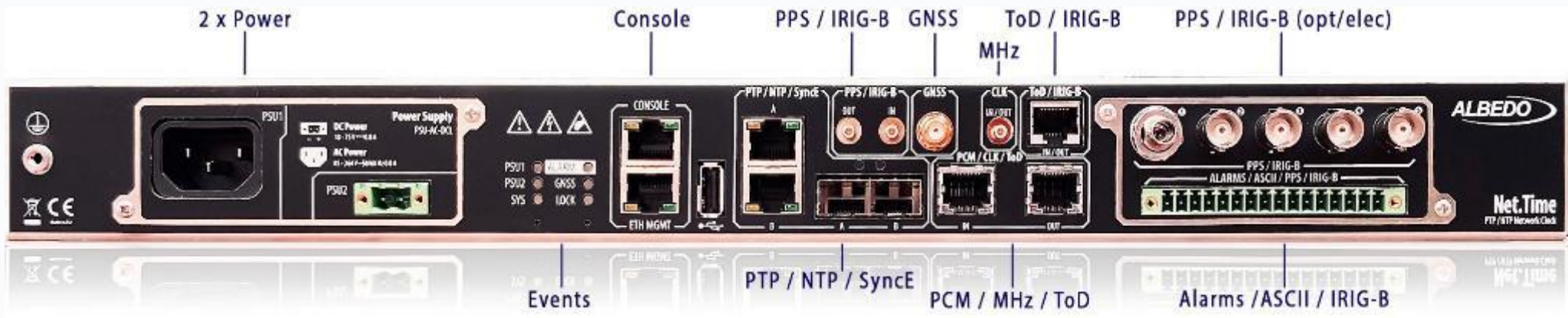
xGenius

Zeus

Screen Size	8 inch, TFT colour	8 inch, TFT colour
Size	260x160x63mm.	260x160x63mm.
Weight	1.9 kg (two battery packs).	1.9 kg (two battery packs).
Storage	Internal, USB, SD Card	Internal, USB, SD Card
Modularity	Yes, through hot-swappable plug-in modules	Yes, through hot-swappable plug-in modules
Maximum Speed	1Gb/s, upgradeable to 10Gb/s Optical and Electrical	1Gb/s Optical & Electrical
Traffic Generation	Multiple streams over two ports	Multiple streams over two ports
Ethernet automatic tests	RFC 2544, Y.1564, RFC 6349	RFC 2544, Y.1564
PRP Endpoint	No	Yes
IEC 61850 GOOSE / SV analysis	Yes	Yes (Standard on Zeus)
Traffic capture	Port A or Port B with hardware time-stamps	Port A and Port B with hardware time-stamps
IEEE C37.94	Yes (two ports, one-way and two-way delay, pass-through mode, jitter and wander, delay generation in loopback and pass-through modes)	Yes (two ports, one-way and two-way delay, pass-through mode, jitter and wander, delay generation in loopback and pass-through modes)
G.703 E0	co-directional and contra-directional	co-directional and contra-directional



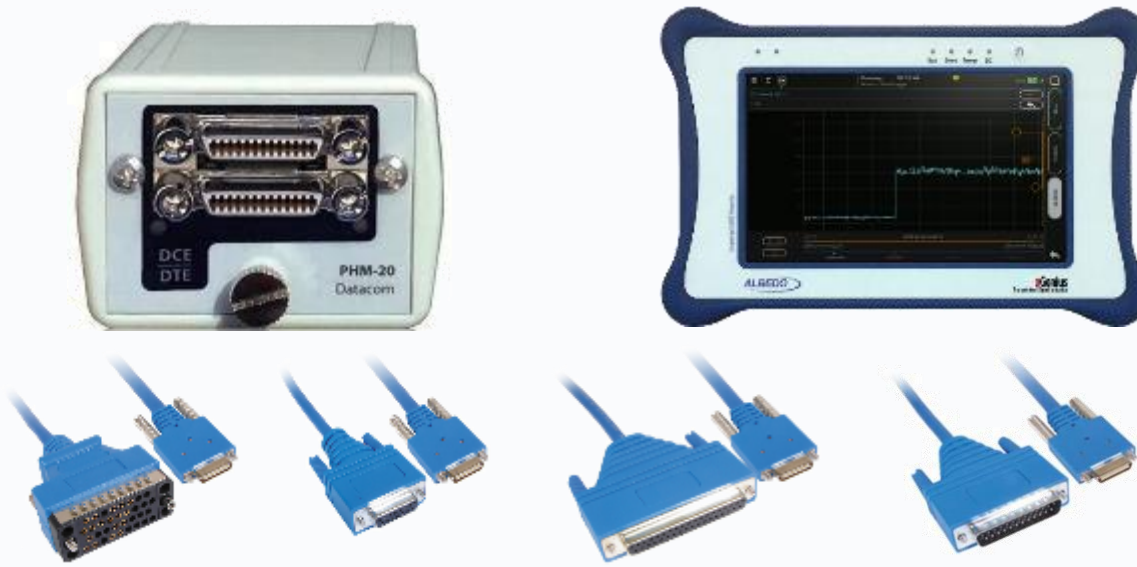
Net.Time Phi es un reloj compatible con IEC 61850 que admite PTP sobre PRP y también soporta NTP, SyncE, 1PPS, ToD, IRIG-B, etc. para satisfacer todas las necesidades en las subestaciones tanto las mas modernas como las heredadas. PTP incluye perfiles de Telecom y Energy y puede disponer de un oscilador de Rubidio.



- 100Mb/s (option to 1G/s)
- PTP power profile
- PRP
- Two combinable AC/DC sockets
- 6xLEDs (3xSystem + 3xTiming)
- 2xRJ45: Console and Remote Management
- USB port: update, data, results
- 2xSFP: 1 Gb/s in/out timing
- 2xRJ45: 1 Gb/s in/out timing
- 2xRJ48: in/out timing
- 3xSMB: in/out timing
- SMA: GNSS

Optional Modules

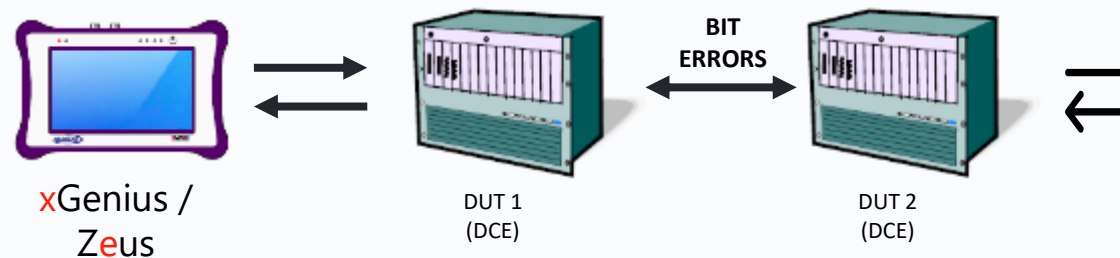
Pruebas TDM

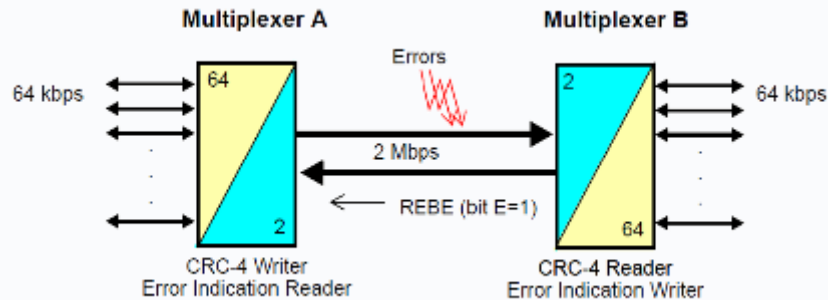


Circuit map				V.24
DTE ↔ DCE	Circuit	Signal	Activity	State
→	103	TD	Active	1
←	104	RD	Idle	1
→	105	RTS	Idle	ON
←	106	CTS	Idle	OFF
←	107	DSR	Idle	OFF
→	108	DTR	Idle	ON
←	109	DCD	Idle	OFF
→	113	TTC	Active	ON
←	114	TC	Idle	OFF
←	115	RC	Idle	OFF
→	141	LL	Idle	OFF

Módulo PHM-20 Datacom

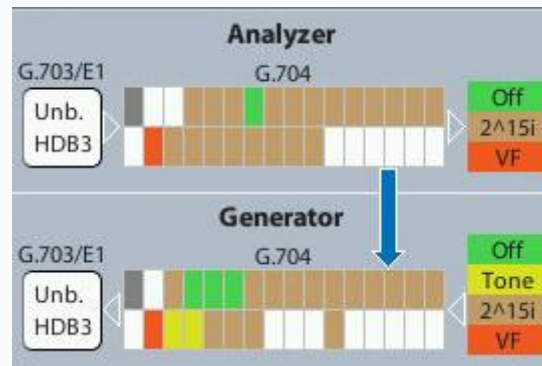
- Interfaces típicas: RS-232, RS-422, RS-449 (V.24/V.28), V.35, síncronos y asíncronos.
- Prueba fundamental: **BER (Bit Error Rate)** → garantiza continuidad y transparencia de bits entre extremos.
- Otras pruebas: Latencia, SDT





NFAS

1				1	1	0	0	0
3				1	1	0	1	0
5				0	0	0	1	0
7				0	0	0	0	0
9				0	1	1	0	1
11				0	0	0	1	1
13				0	0	0	1	0
15				0	0	0	0	0



Análisis/Generación

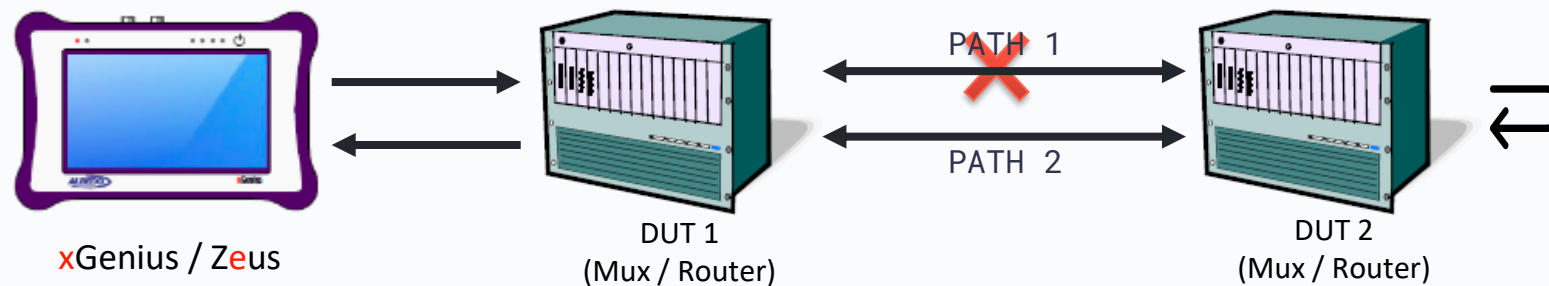
- E1: Trama PCM-30/31 con/sin CRC y No-tramadas
- T1/E1: Encabezados - Display y Edición, CAS, Máscara Pulso
- Mapa canales: Busy/Free, Drop/Insert de 64 kb/s

Medidas

- BER
- Line/Freq
- Errors/Alarms
- G.821, G.826, M.2100
- VF: tone generation/analysis
- Attenuation, Freq, Freq. deviation, Level, Peak codes

E1/T1 en sincronismo

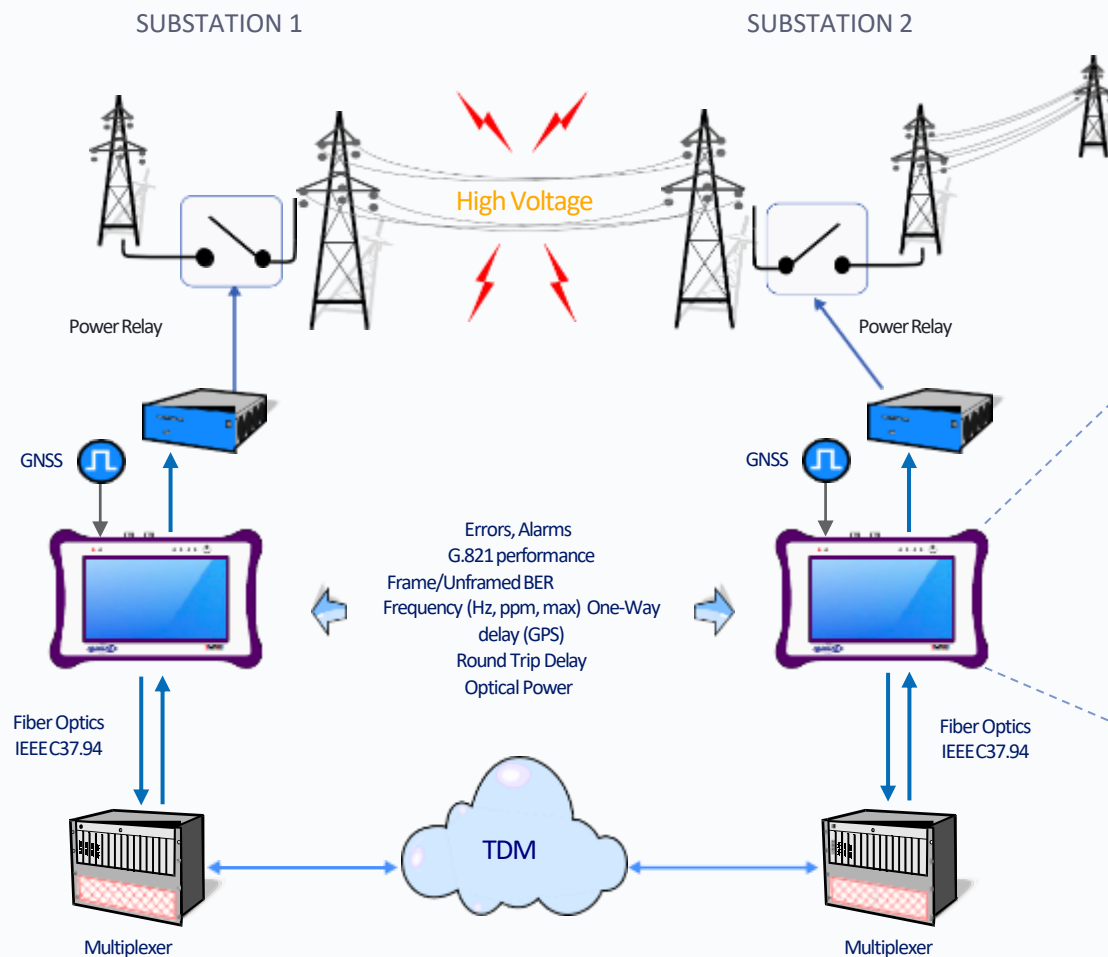
- Análisis / Generación
- Análisis Jitter: Pico a pico, RMS, hits, count (.1 a 100kHz)
- Wander: Con máscara (1μHz a 10 Hz)
- Wander : 10 MHz, 2048 kHz, 1544 kHz, 1pps



- En redes **TDM** (E1, T1, G.703/E0, Datacom, IEEE C37.94) muchas interrupciones son causadas por eventos de corta duración.
- Estos eventos pueden ocurrir en **milisegundos o segundos**, típicamente asociados a procesos como la **conmutación de protección**
- El **SDT** permite **caracterizar el tiempo de recuperación** cuando ocurre una interrupción y se activa la protección automática.

Objetivos

- Detectar y reportar **interrupciones breves de servicio** en interfaces TDM.
- Identificar y registrar eventos con **marca de hora y fecha**.
- Facilitar el análisis post-evento mediante:
 - Registro histórico de eventos.
 - Representaciones gráficas con distintos niveles de zoom temporal.
 - Comparación de cambios a diferentes escalas de tiempo



Objetivos

Activación, verificación e solución de problemas de C37.94

Modos de operación

- Emulación C37.94
- Modo Paso
- Monitoreo
- Bucle

Delay (Ports (A > B))				Pass
	Current	Minimum	Maximum	
Round-trip delay	82 us.	82 us.	82 us.	
Forward path delay	41 us.	41 us.	41 us.	
Return path delay	41 us.	41 us.	41 us.	
Asymmetry	0 us.	0 us.	0 us.	
Remote host	xxx0306P			

Que medir / emular / verificar

- Rendimiento: BERT, G.821
- Análisis / generación de eventos
- Potencia óptica y frecuencia
- Asimetría: RTD / OWD
- Análisis de **Jitter** e **Wander**

IRIG - Xabc

Rate
A: 1000 PPS
> **IRIG-B: 100 PPS** <
D: 1 PPM
E: 10 PPS
G: 10000 PPS
H: 1 PPS

Coding

0: BCD, CF, SBS
1: BCD, CF
2: BCD
3: BCD, SBS
4, 5, 6, 7: others

Carrier

0: No carrier (DCLS)
1: 100 Hz
2: 1 kHz
3: 10 kHz
4: 100 kHz
5: 1 MHz

Modulation

0: Unmodulated DCLS
1: AM (Amplitude Modulated)
2: Manchester Modulated

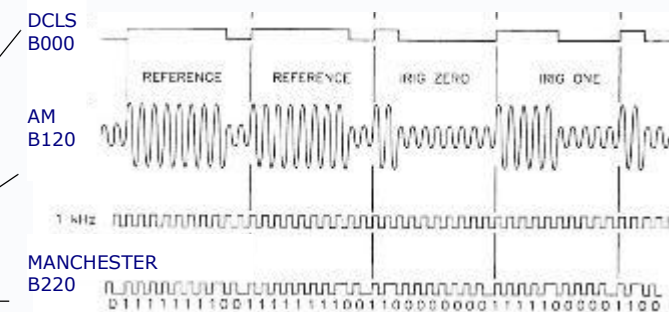
BCD 0000 = 0
0001 = 1
0010 = 2
0011 = 3
0100 = 4
0101 = 5
0110 = 6
0111 = 7
1000 = 8
1001 = 9

BCD - Binary Coded Decimal, coding of time (HH,MM,SS,DDD)

SBS - Straight Binary Second of day (0....86400)

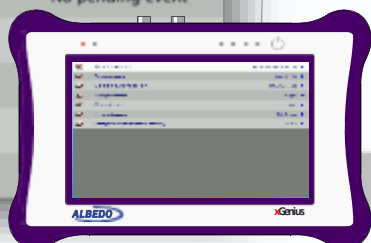
CF - Control Functions depending on the user application

IRIG SAMPLES: B000, B120, B220



Timestamp	02/03/2021 12:26:42
Timescale	UTC
Code analysis	On ▶
BCDtoy seconds	42
BCDtoy minutes	26
BCDtoy hours	12
BCDtoy days	61
BCDyear	21
CF value	00038000
CF leap second event	No pending event
CF daylight saving time event	
CF time zone offset (h)	
CF time quality	
CF continuous time quality	

IRIG-B

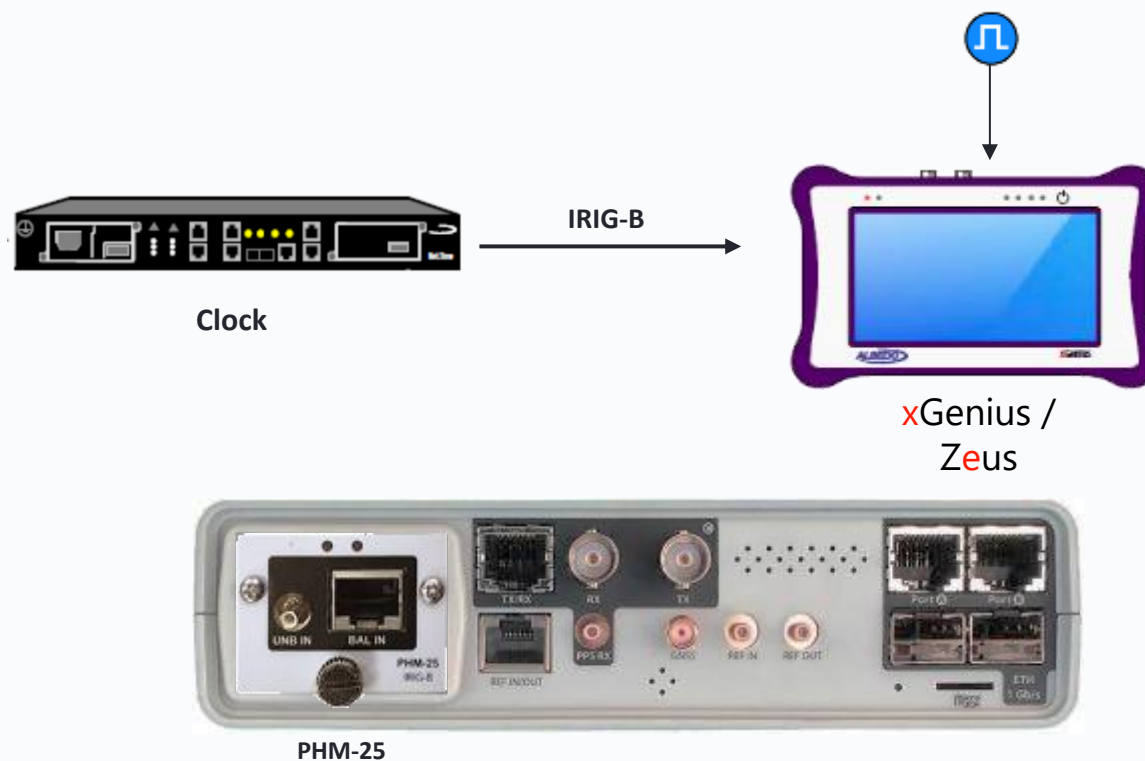


IRIG-B envía una señal horaria cada segundo a 100 pulsos / segundo, por lo que "100" es el número de bits.

- Entrada y salida (E/S) de referencia modulado en AM
- E/S no modulada (DCLS) por RS-422 / RS-485 o TTL
- E/S IRIG-B codificadas en Manchester

Test & Medida

- Análisis y decodificación estructura IRIG-B



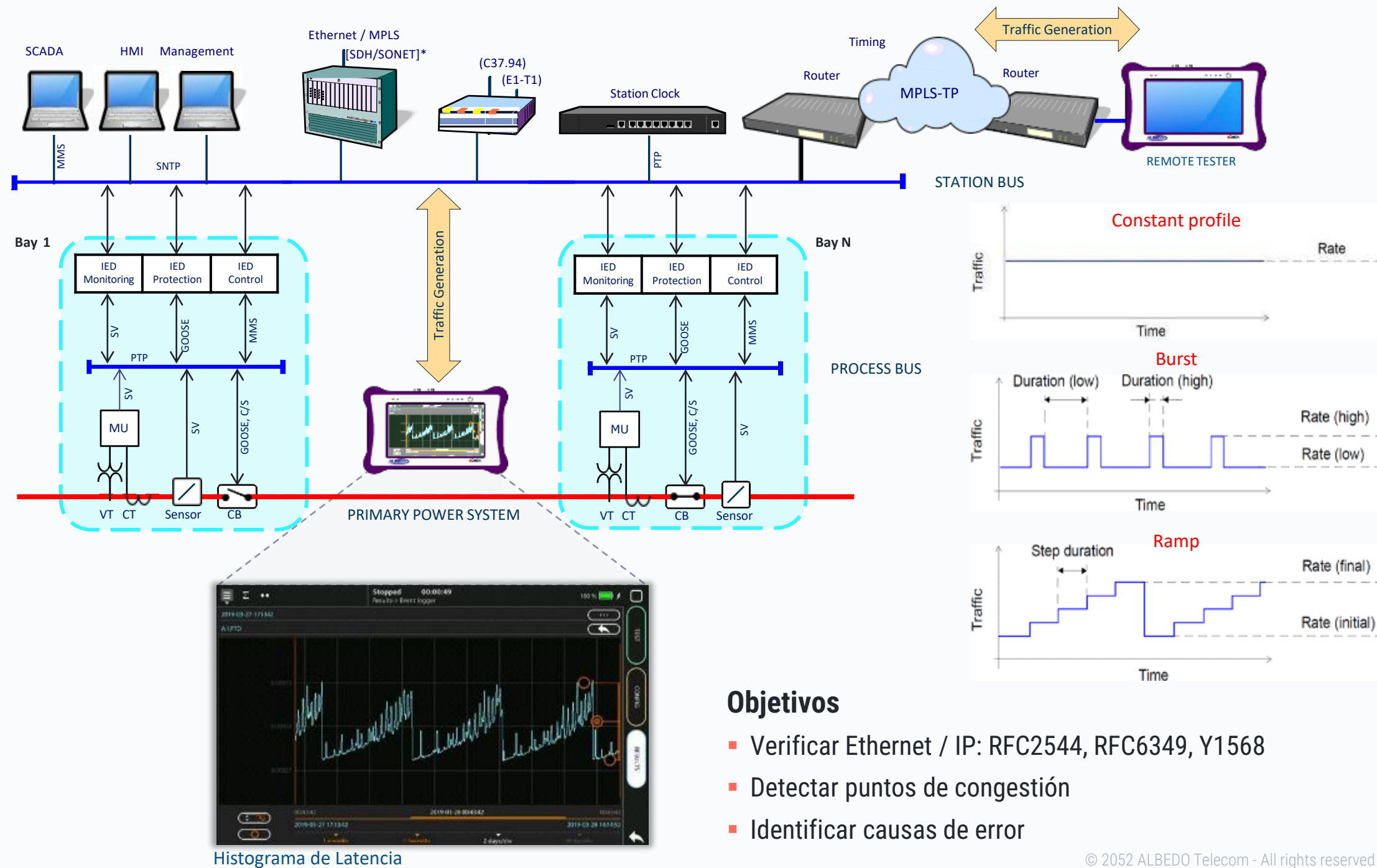
Line				
Input level OK				
	Current	Minimum	Maximum	Units
Amplitude (Vpp)	0.00	0.00	0.00	V
DC offset	0	0	0	mV

Frame		Synchronized to IRIG	
	Results		
IRIG standard	B002		
Coded expression	BCDtoy (2)		
Code changes	0		
Analyzed frames	301		
BCDtoy seconds	34		
BCDtoy minutes	39		
BCDtoy hours	15		
BCDtoy days	37		
BCDyear	0		
SBS (s)	0		
CF leap second event	No pending event		
CF daylight saving time	Standard time		
CF time zone offset (h)	0.0		
CF parity bit	0		
CF time quality	Fault - Time not reliable		

Anomalies		
Event	Count	Rate
Rx timestamp	1	2.899e-03
Parity	0	0.000e+00
Time	0	0.000e+00
Discontinuity	0	0.000e+00
SBS	0	0.000e+00
Accuracy	0	0.000e+00
Leap second	0	-
Daylight saving time	0	-

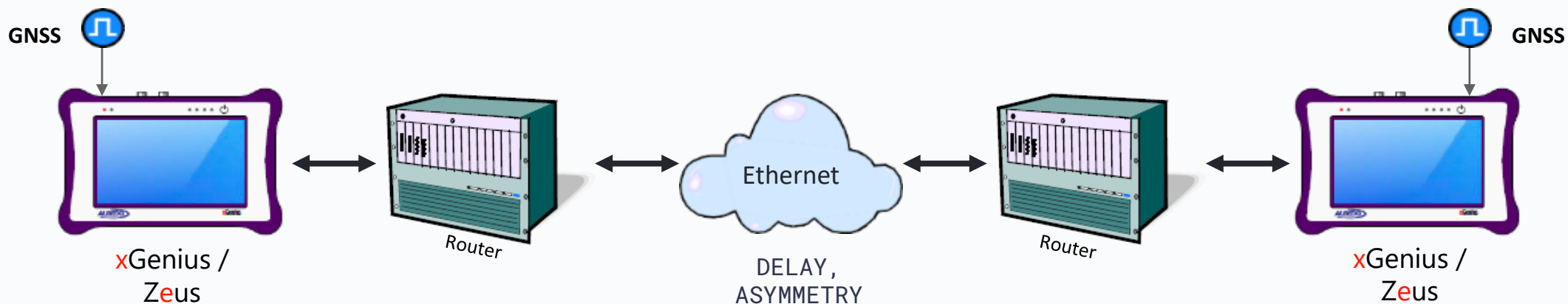
Wander analysis		Measuring	
Results	Value	Units	
TE	3600.000	s	
Min. TE	3600.000	s	
Max. TE	3600.000	s	
Offset	0	ppb	
Max. offset	0	ppb	
Drift	0	ppb/s	
Max. drift	0	ppb/s	
Rx IRIG timestamp	15:40:46	Arb	

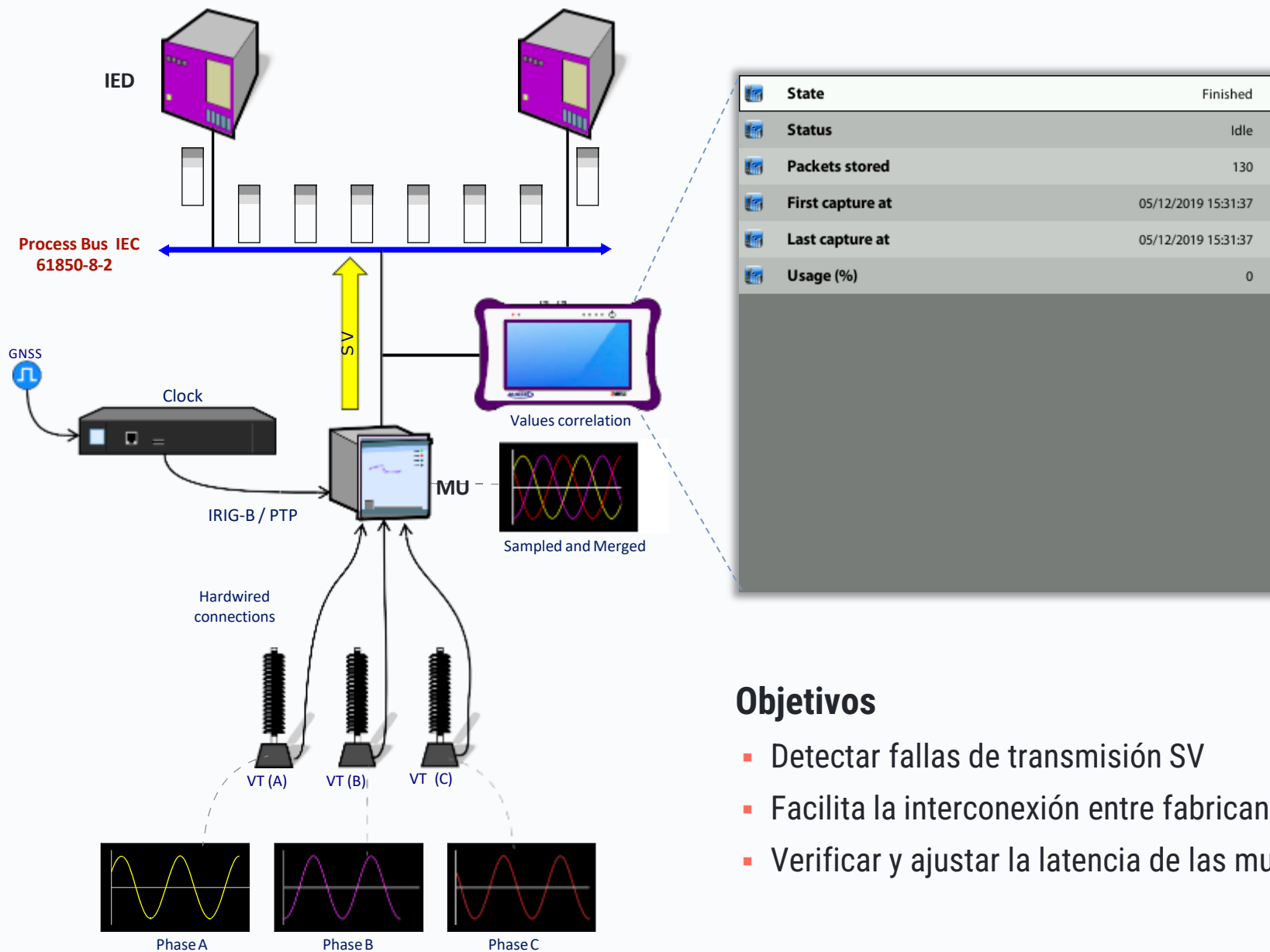
Pruebas Ethernet



Type	Message	Protocol	Layer	BWidth	Delay	Priority	Bus	Model	Application
1A	Trip	GOOSE	L2 - Multicast	Low	< 3 to 10ms	High	Process	Publisher	Protection
1B	Other	GOOSE	L2 - Multicast	Low	< 20 to 100ms	High	Process	Publisher	Control
2	Med Speed	MMS	L3 - IP/TCP	Low	< 100 ms	Medium Low	Process & Station	Client/Server	Data collection
3	Low Speed	MMS	L3 - IP/TCP	Low	< 500 ms	Medium Low	Process & Station	Client/Server	Data collection
4	Raw Data	SV	L2 - Multicast	High	< 3 to 10ms	High	Process	Publisher	Analysis, Protection
5	File Transfer	MMS	IP/TCP/FTP	Medium	< 1000 ms	Low	Process & Station	Client/Server	Management, Data
6	Timing	PTP	L2 - PTP	Low	Protection < 0,1 to 3ms Transformers ± 1 to $\pm 25\mu s$	Medium High	Process & Station	Unidirectional	Timing, IED, Synchrophasors
7	Command	MMS	L3 - IP	Low	< 500 ms	Medium Low	Station	Client/Server	Cconfiguration

Protocolos IEC-61850 para sincronizar, configurar, gestionar, controlar, proteger, medir y tomar datos.



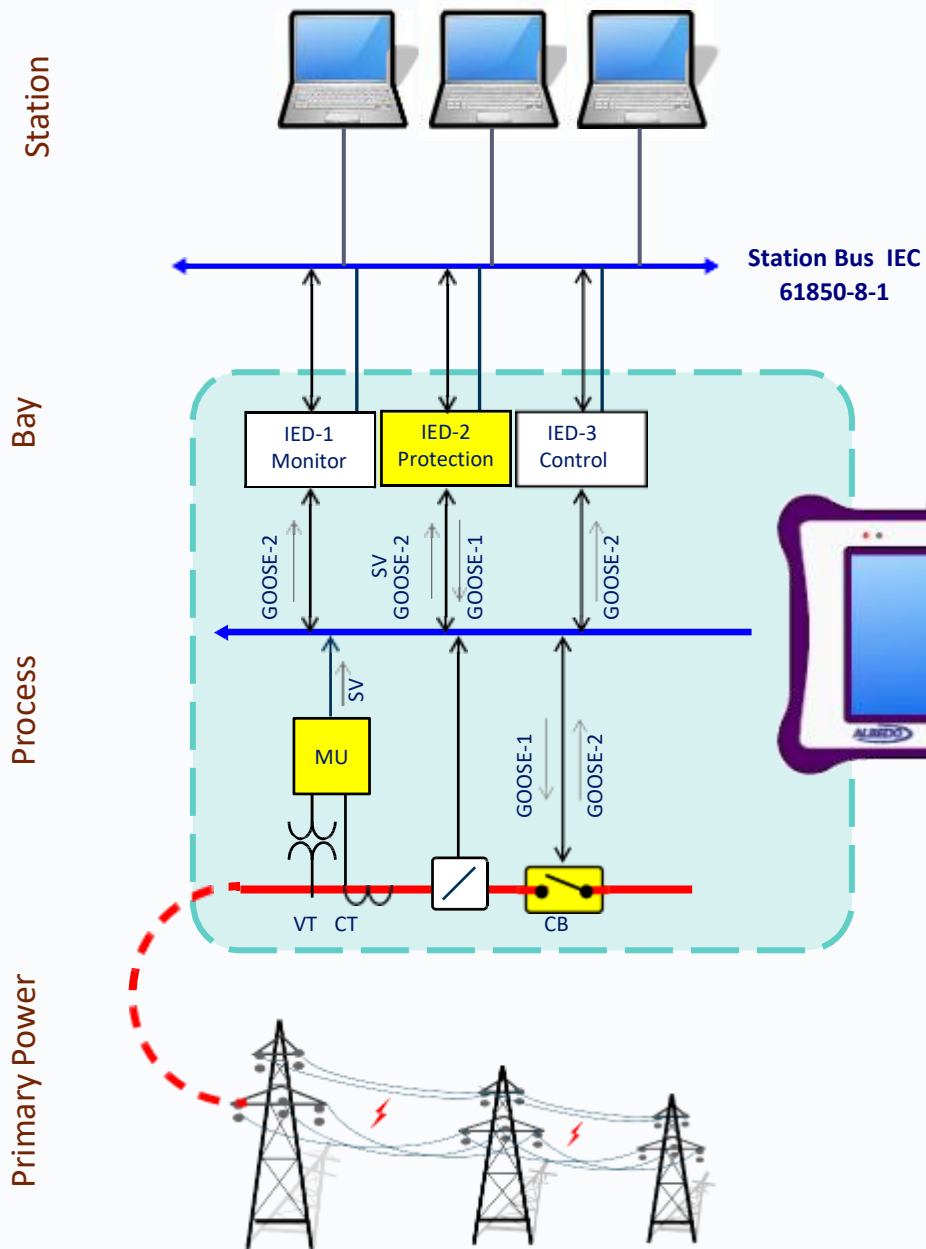


Una Merging Unit (MU) es un IED que digitaliza medidas tomadas transformadores corriente (CT) y voltaje (VT).

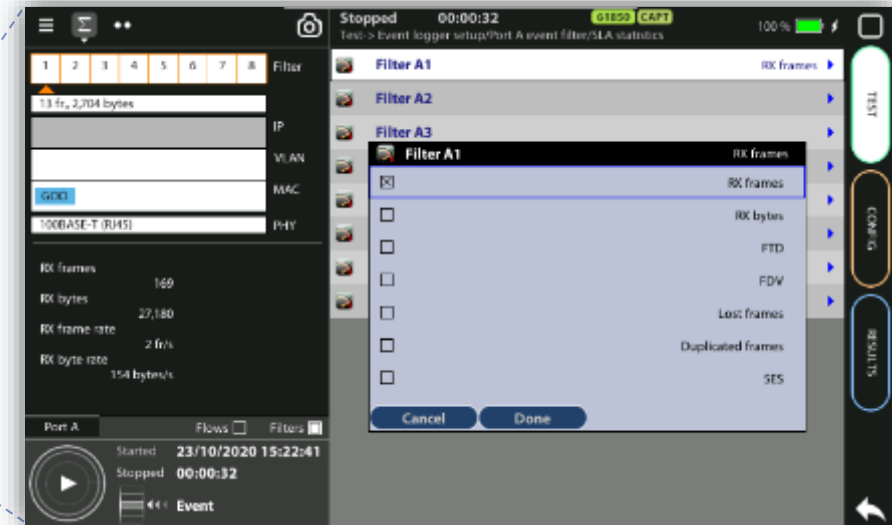
Posteriormente la MU publica los datos como un flujo constante de datos a un ritmo preestablecido.

Objetivos

- Detectar fallas de transmisión SV
- Facilita la interconexión entre fabricantes
- Verificar y ajustar la latencia de las muestras SV



GOOSE es un protocolo utilizado por los IED en las *aplicaciones críticas* en las subestaciones, incluye comandos de control, alarma, indicaciones y medidas.



Objetivo

- Decodificar e identificar fallas en el protocolo GOOSE
- Asegurar la interconexión entre diferentes fabricantes
- Verificar y ajustar la latencia de los paquetes GOOSE

The screenshot displays the IEC 61850 Capture application interface. Key components and their labels are as follows:

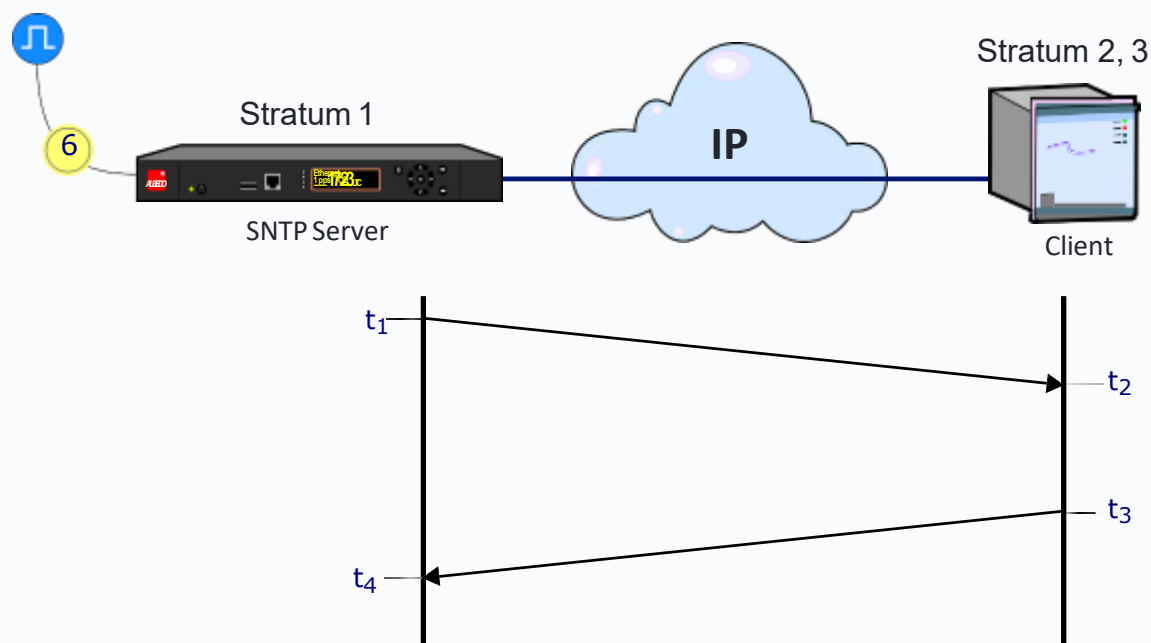
- Capture buffer**: Points to the 'Buffer' section showing 13 frames.
- Memo Occupation**: Points to a circular gauge showing 0% memory usage.
- Time Stamps**: Points to the 'Time' column in the protocol analysis table.
- Delay Analysis**: Points to the 'Delay' column in the protocol analysis table.
- IEC 61850 Capture**: Points to the top status bar.
- Frame structure**: Points to the 'Frame Structure' section on the left.
- Decodification**: Points to the detailed frame data for Frame 6, including fields like APPID, GoCBName, and DataSet.
- Summary of the Frame structure**: Points to the 'Summary of the Frame structure' section on the right.

The main window shows a table of captured frames with columns: #, Time, Delay, and Protocol. Frame 6 is highlighted in yellow.

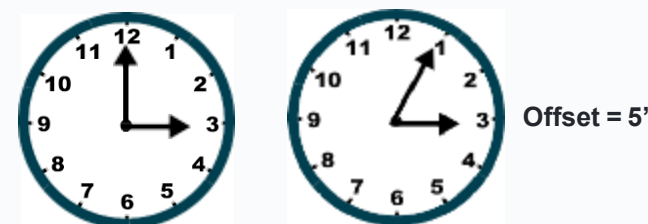
#	Time	Delay	Protocol
1	15:22:47.345623039	252 d	00:00:23:1E:46:39 > 01:0C:CD:01:00:00 ETH> GOOSE
2	15:22:57.345641516	252 d	00:00:23:1E:46:39 > 01:0C:CD:01:00:00 ETH> GOOSE
3	15:23:05.948707356	252 d	00:00:23:1E:46:39 > 01:0C:CD:01:00:00 ETH> GOOSE
4	15:23:05.948805196	252 d	00:00:23:1E:46:39 > 01:0C:CD:01:00:00 ETH> GOOSE
5	15:23:05.948856796	252 d	00:00:23:1E:46:39 > 01:0C:CD:01:00:00 ETH> GOOSE
6	15:23:05.948896956	252 d	00:00:23:1E:46:39 > 01:0C:CD:01:00:00 ETH> GOOSE
7	15:23:05.951685202	252 d	00:00:23:1E:46:39 > 01:0C:CD:01:00:00 ETH> GOOSE
8	15:23:05.955711209	252 d	00:00:23:1E:46:39 > 01:0C:CD:01:00:00 ETH> GOOSE
9	15:23:05.963683385	252 d	00:00:23:1E:46:39 > 01:0C:CD:01:00:00 ETH> GOOSE
10	15:23:05.995725845	252 d	00:00:23:1E:46:39 > 01:0C:CD:01:00:00 ETH> GOOSE
11	15:23:06.123684486	252 d	00:00:23:1E:46:39 > 01:0C:CD:01:00:00 ETH> GOOSE
12	15:23:06.635738095	252 d	00:00:23:1E:46:39 > 01:0C:CD:01:00:00 ETH> GOOSE

Análisis de los protocolos DNS, DHCP, GOOSE, SV, NTP, PTP, etc.

- Capturas en modos de transferencia y de punto final
- Marca de tiempo de hardware de alta resolución
- Capturas sincronizadas (GNSS, IRIG-B, 1PPS / ToD)
- Análisis de retardo de paquete a paquete
- Exportar a PCAP y PCAPng



Offset: difference between clocks



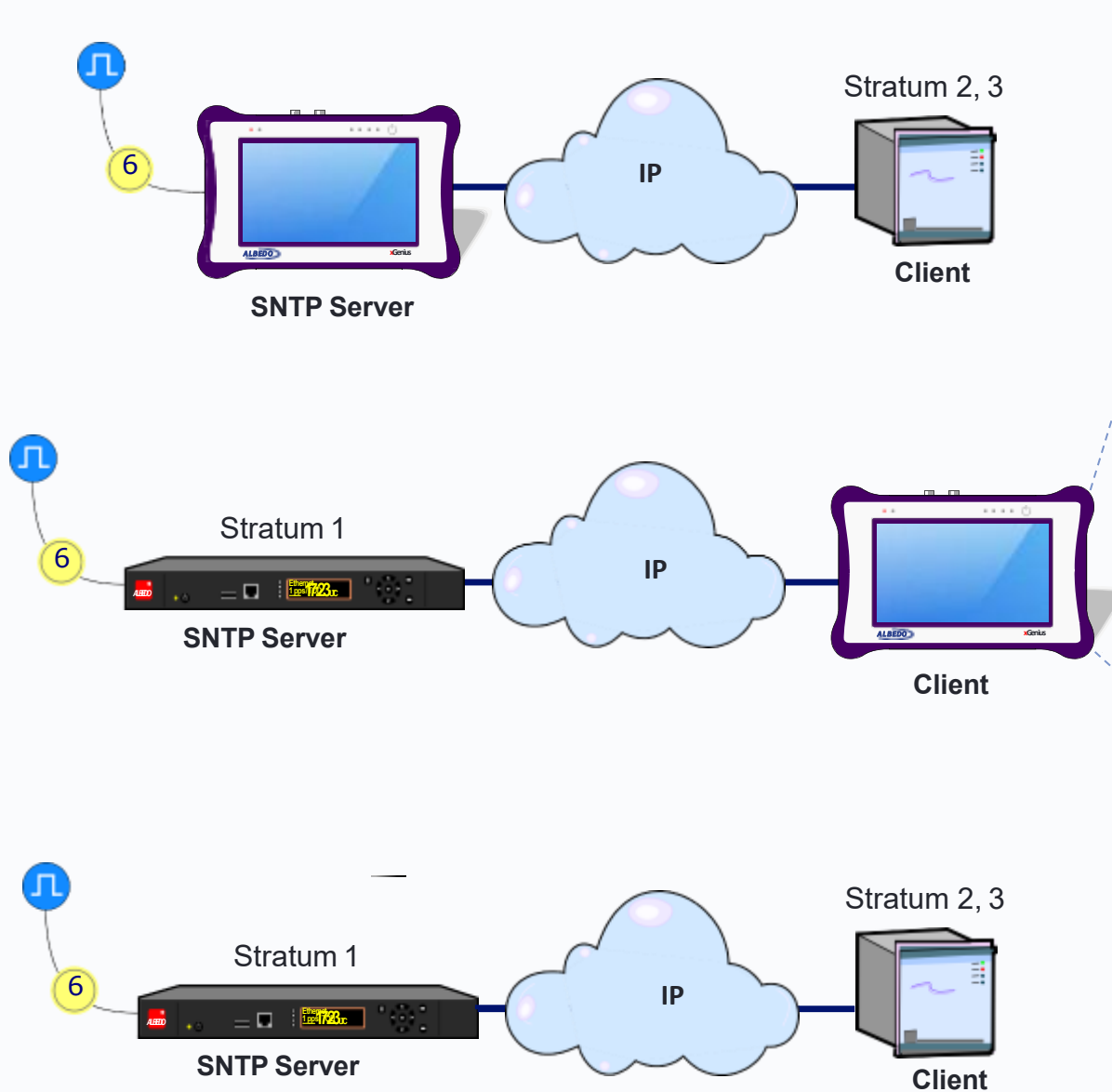
$$\text{Offset} = \frac{(t_2 - t_1) + (t_3 - t_4)}{2}$$

$$\text{Round Trip Delay} = (t_2 - t_1) + (t_4 - t_3)$$

SNTP (versión simplificada de NTP) forma parte de la norma **IEC 61850**.

Proporciona **precisión en el rango de milisegundos** y es adecuado para el **Station Bus**, donde sincroniza **SCADA** y switches Ethernet. Sin embargo, **No recomendado** para el **Process Bus**, ya que **GOOSE** y **SV** requieren precisiones en el rango de **microsegundos**.

- **NTP (Network Time Protocol)** es un protocolo de Internet que sincroniza relojes de sistemas a través de redes con **latencia variable**.
- Ajusta gradualmente la frecuencia del reloj para reducir el desfase.
- Precisión típica:
 - 1 – 10 ms** en Internet.
 - 0,5 – 1 ms** en LAN bajo condiciones ideales.



Offset: difference between clocks

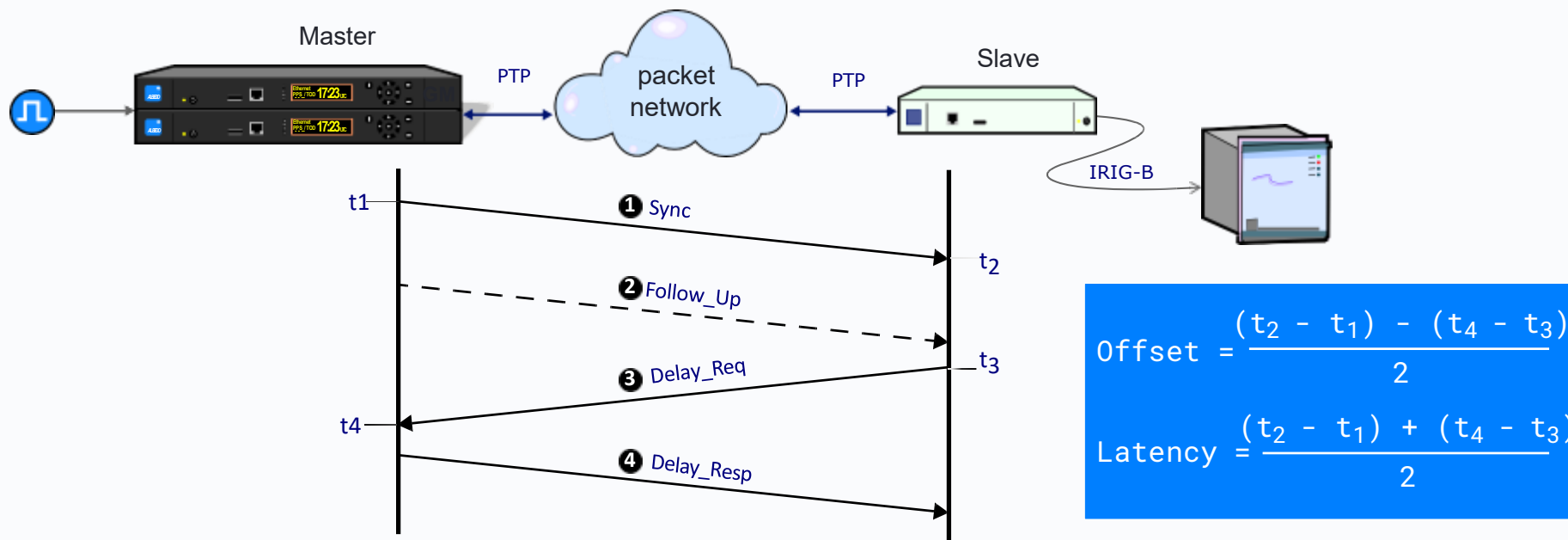


Zeus y xGenius pueden:

- Emular server y al cliente NTPv3 / v4
- Filtrar, clasificar y analizar el tráfico.
- Medir el retraso y la asimetría
- Generar estadísticas de error de tiempo (TE)

Objetivos

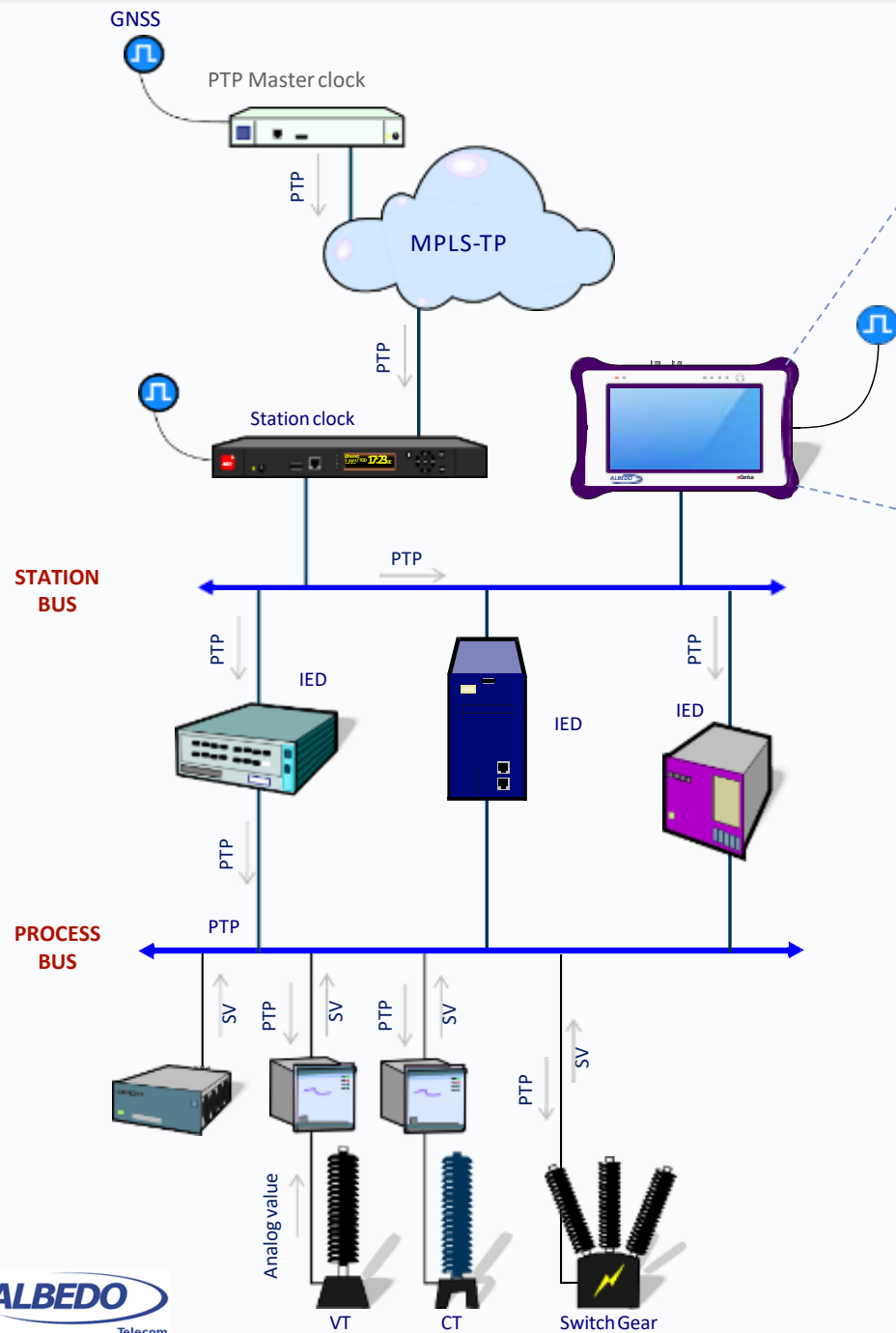
- Monitorear el reloj PTP
- Analizar las tolerancias de error de tiempo
- Verificar los tiempos de espera y recuperación



Solución aplicable sobre la **red Ethernet existente** en una subestación, sin necesidad de cableado adicional. Utiliza un esquema **maestro/esclavo** con marcas de tiempo de **hardware** ($t_1...t_4$).

- El **Grandmaster** envía mensajes con fecha y hora a los relojes clientes.
- Los **clientes compensan los retrasos** y se sincronizan con el maestro.
- La frecuencia se ajusta automáticamente, asegurando un **tiempo preciso**

PTP evita la **acumulación de errores** en topologías en cascada, aporta **tolerancia a fallos** y mayor **flexibilidad**, y PTP puede reducir **costos de infraestructura** al aprovechar la Ethernet ya instalada.



Protocol analysis

#	Time	Delay (us)	Protocol
207	0.061254230	0	ETH, PTPv2
208	0.003905850	0	ETH, PTPv2
209	0.028880623	0	ETH, PTPv2
210	0.029913527	0	ETH, PTPv2
211	0.062500000	0	ETH, PTPv2
212	0.002776938	0	ETH, PTPv2
213	0.001128912	0	ETH, PTPv2
214	0.003692400	0	ETH, PTPv2
215	0.034901750	0	ETH, PTPv2
216	0.062500000	0	ETH, PTPv2
217	0.002616298	0	ETH, PTPv2
218	0.001289552	0	ETH, PTPv2

Delta Export

El protocolo PTP (IEEE 1588) satisface los requisitos de sincronización en la industria eléctrica, proporcionando alta precisión y flexibilidad. El test de PTP permite:

- Verificar el funcionamiento en modos **maestro** y **esclavo**
- Evaluar** la precisión en **frecuencia** y **fase**.

Objetivos

- Migración de la red de sincronismo a PTP
- Calcular la precisión del reloj
- Identificar errores de instalación
- Asegurar la interconexión GPS
- Comprobar el funcionamiento en holdover.

Test de Time Error (TE)

- TE bidireccional y max |TE|
- TE de baja frecuencia, cTE + dLTE
- TE de alta frecuencia
- Asimetría del retardo
- Retardo entre el Master PTP y clientes

Métricas de Wander

- TIE
- MTIE
- TDEV
- Tablas y Gráficos
- Medidas entre PTP Master y clientes

Objetivos

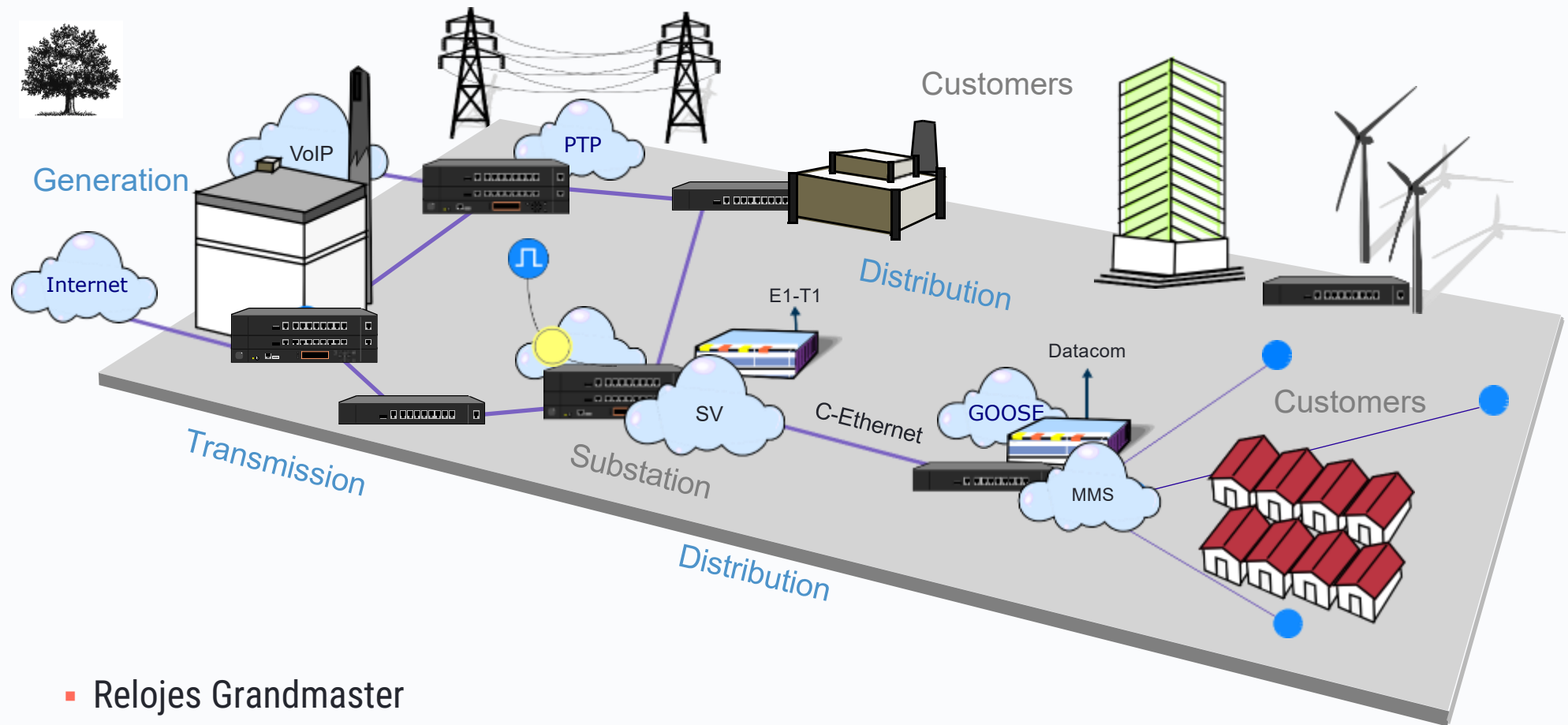
- Monitorear el reloj PTP
- Determinar si el error de tiempo es aceptable
- Verificar los tiempos de espera y recuperación

Resultado TE cronológico

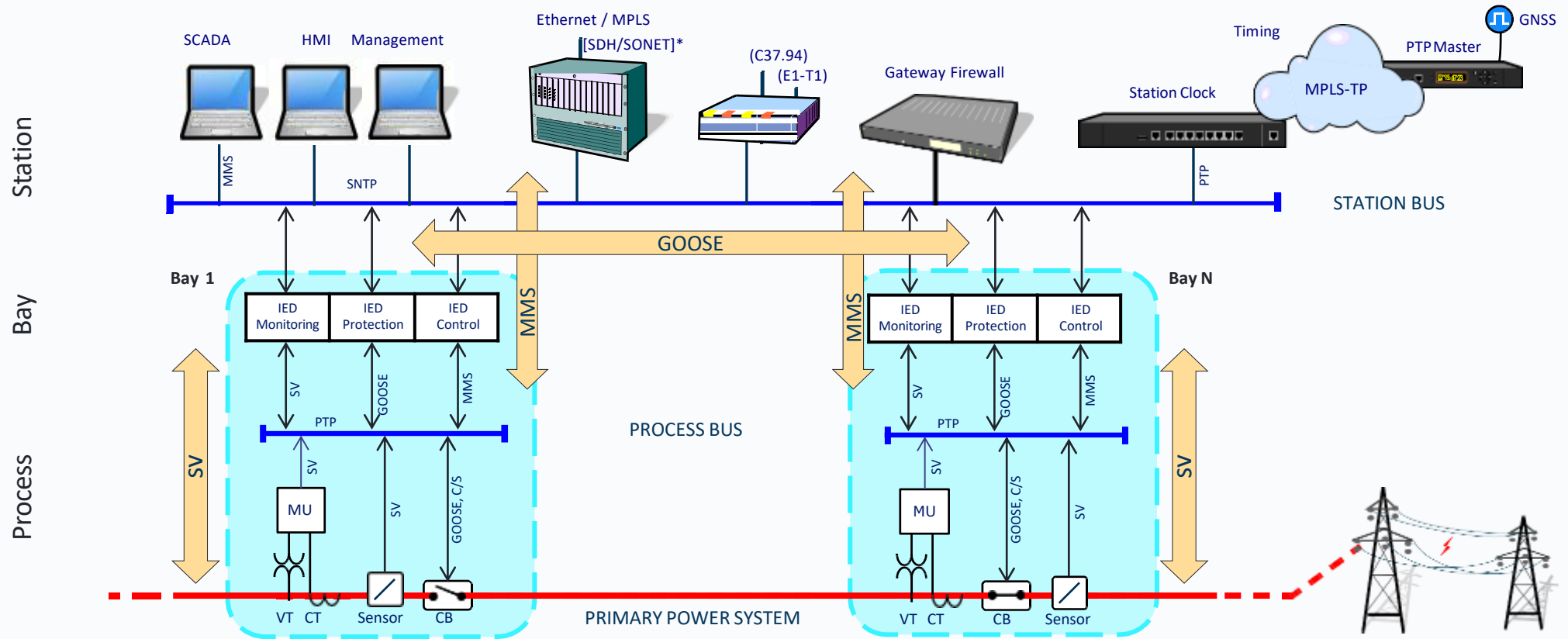


TE analysis (PASS/FAIL)

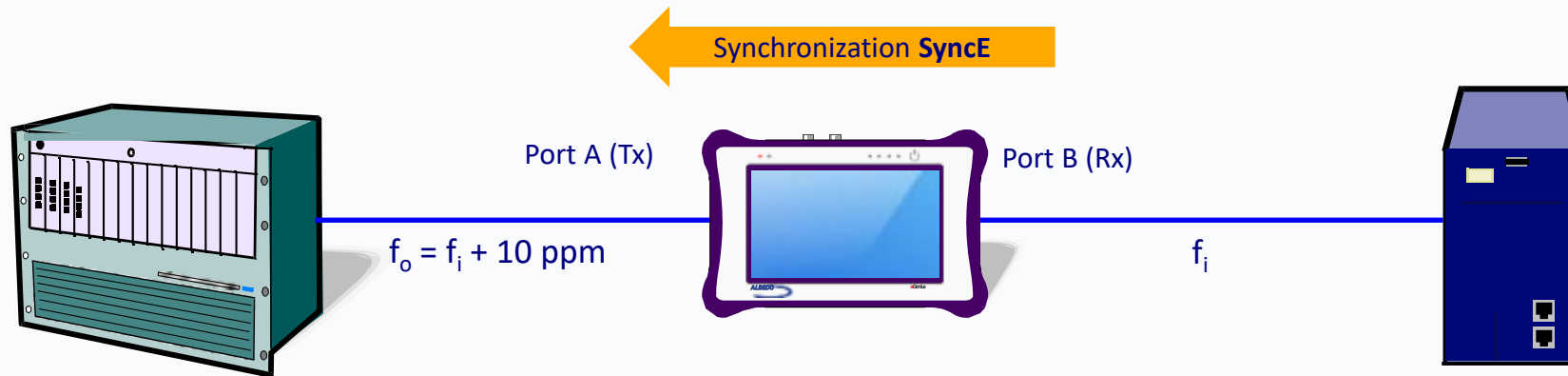




- Relojes Grandmaster
- Relojes Boundary
- Relojes esclavos



- IEDs, VTs, sincrofasores, RTUs, MUs, interruptores, etc. deben estar sincronizados con precisión.
- NTP carece de la exactitud necesaria, y los sistemas heredados como IRIG-B están quedando obsoletos.
- PTP se impone en la industria por su combinación de **precisión** (microsegundos) y **flexibilidad** en redes modernas.



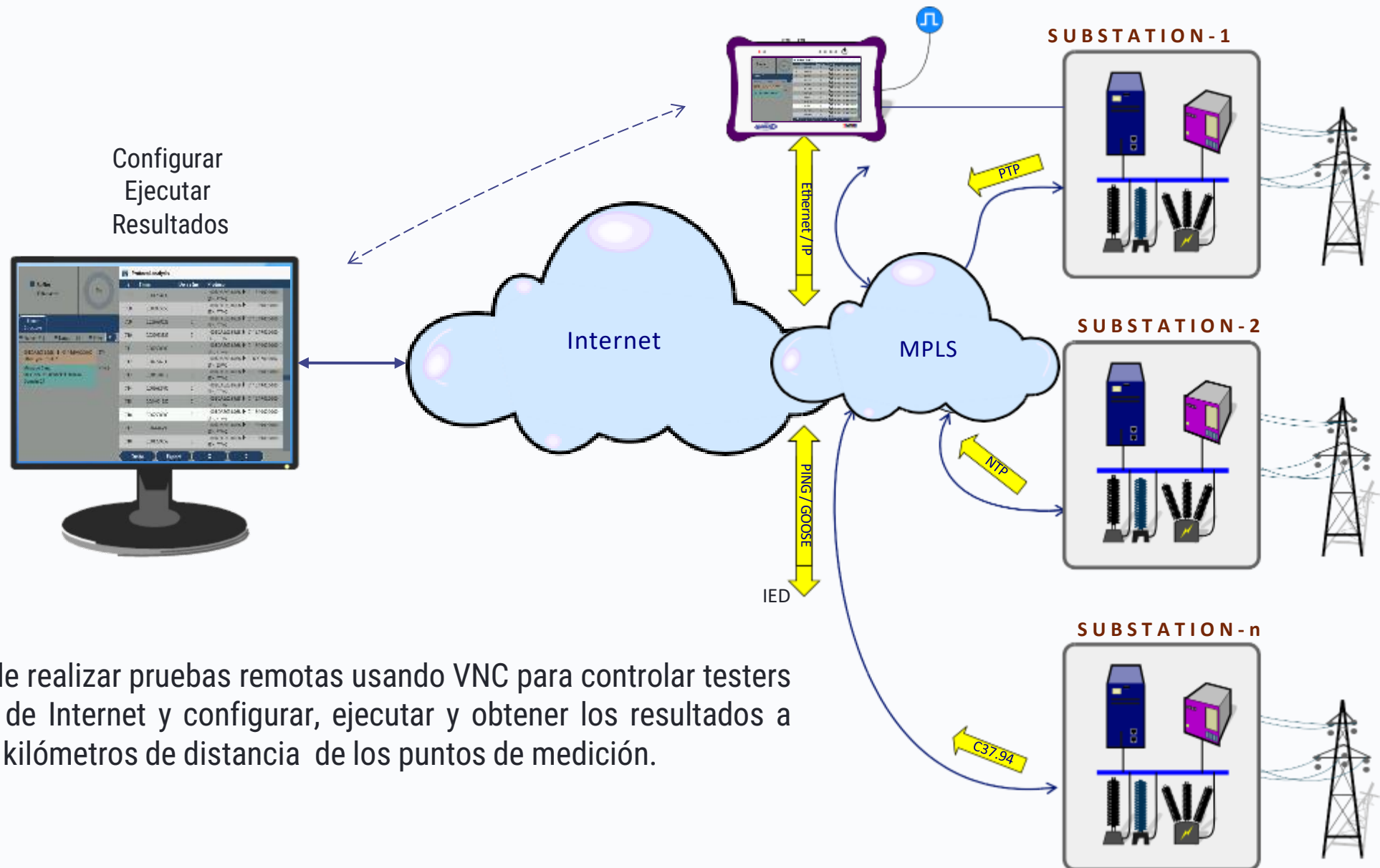
Los testers incorporan un conjunto completo de pruebas para garantizar la integridad de **SyncE**

Pruebas de calidad

- Pruebas según estándares **ITU-T G.8261, G.8262 y G.8264**.
- Comprueba la Frecuencia de línea (MHz), offset (ppm), drift (ppm/s).
- Análisis y Generación de mensajes ESMC y SSM.
- Conteo de mensajes SSM contador & velocidad (tasa).

Análisis de Wander

- Mediciones de SyncE TIE, MTIE and TDEV.
- Generación de SyncE Wander.

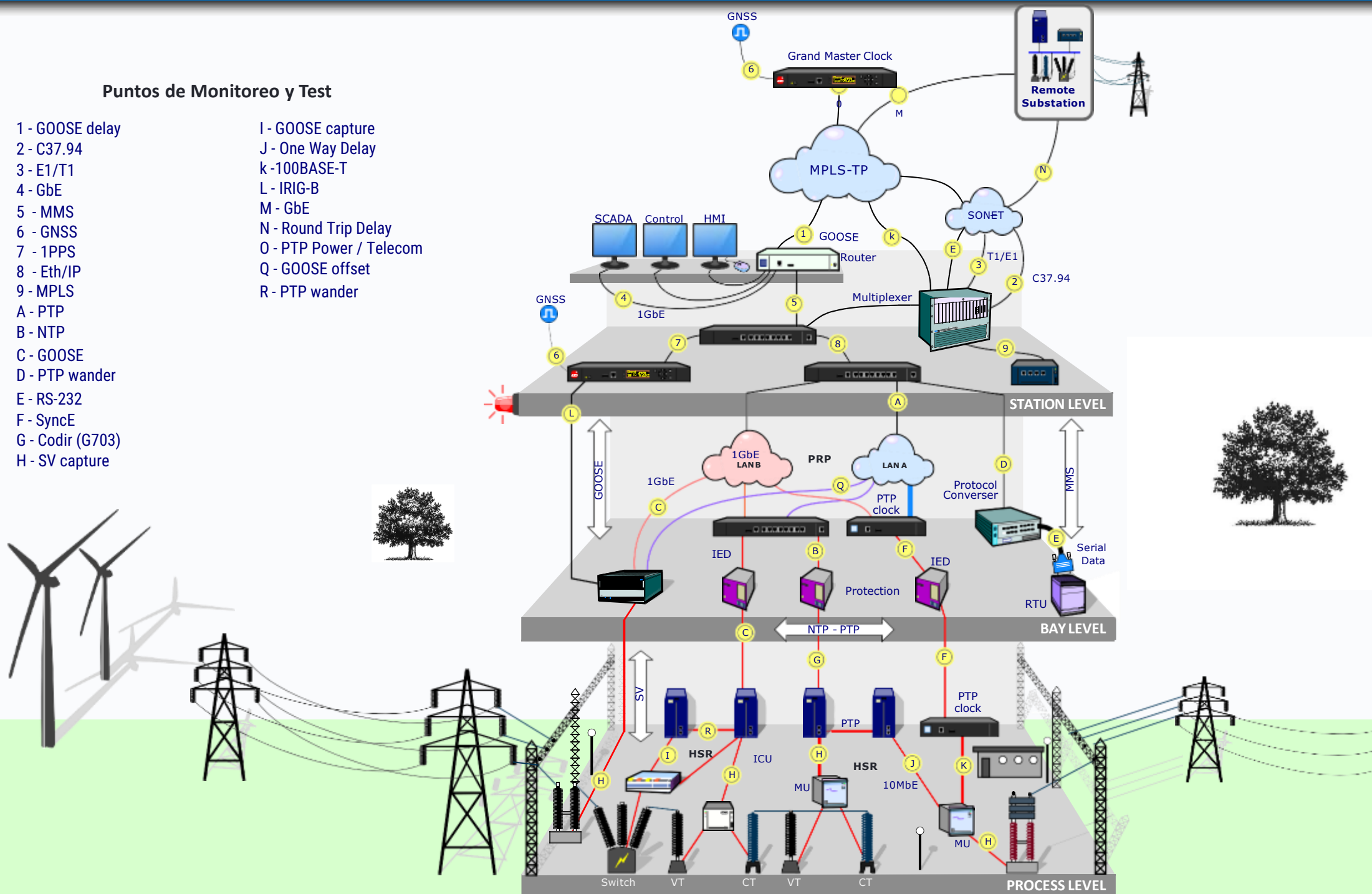


Es posible realizar pruebas remotas usando VNC para controlar testers a través de Internet y configurar, ejecutar y obtener los resultados a miles de kilómetros de distancia de los puntos de medición.

Puntos de Monitoreo y Test

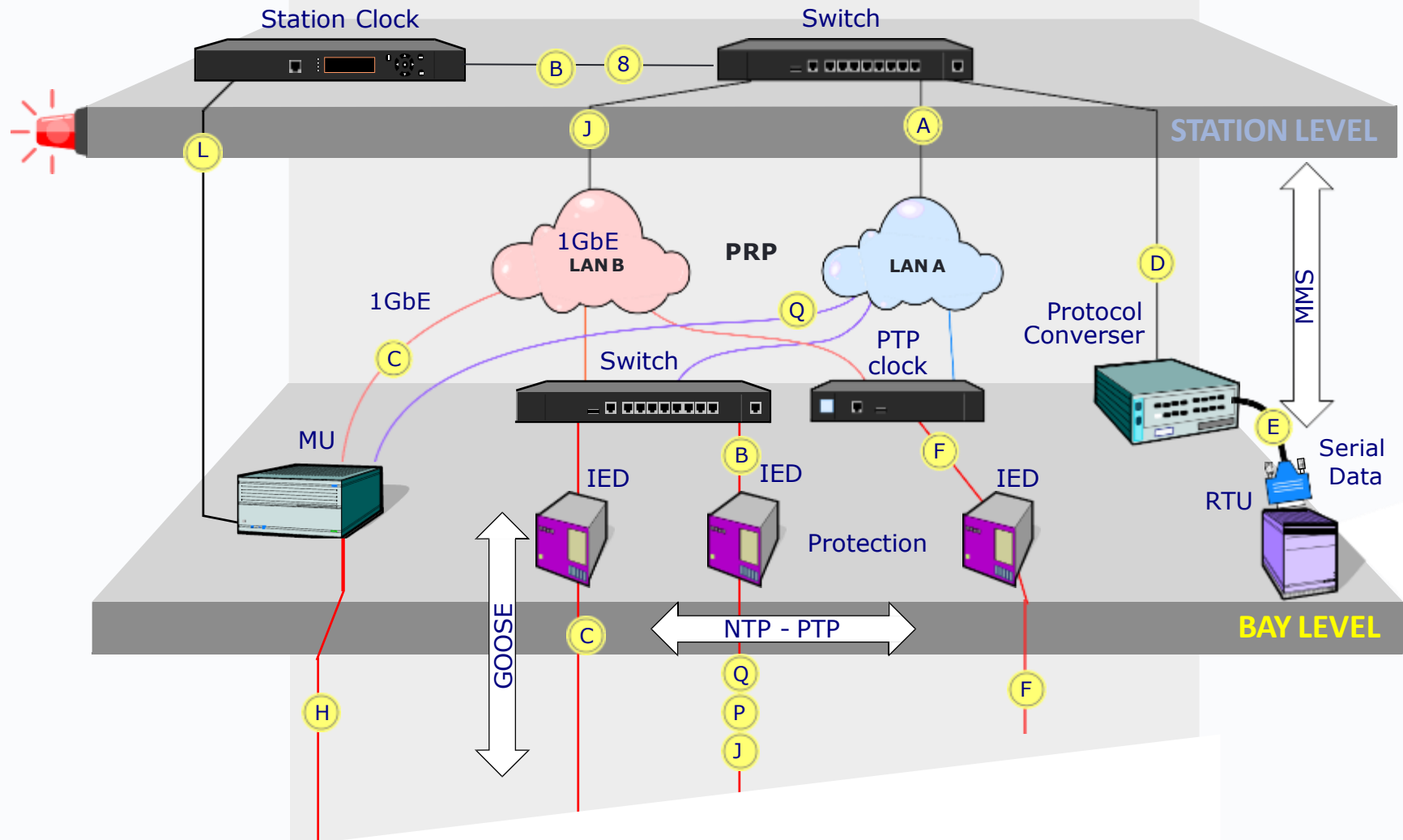
- 1 - GOOSE delay
- 2 - C37.94
- 3 - E1/T1
- 4 - GbE
- 5 - MMS
- 6 - GNSS
- 7 - 1PPS
- 8 - Eth/IP
- 9 - MPLS
- A - PTP
- B - NTP
- C - GOOSE
- D - PTP wander
- E - RS-232
- F - SyncE
- G - Codir (G703)
- H - SV capture

- I - GOOSE capture
- J - One Way Delay
- k - 100BASE-T
- L - IRIG-B
- M - GbE
- N - Round Trip Delay
- O - PTP Power / Telecom
- Q - GOOSE offset
- R - PTP wander



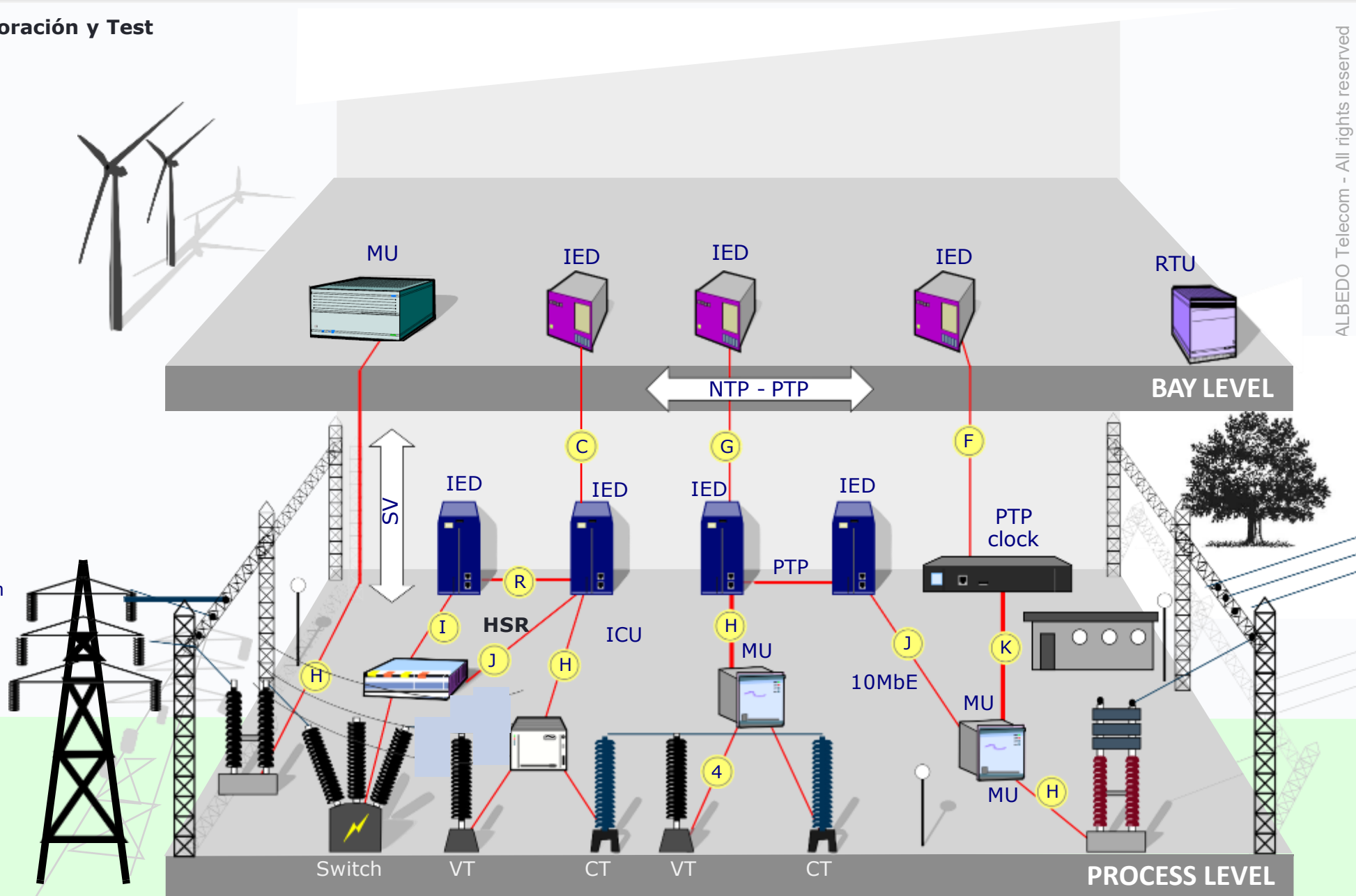
Puntos de Monitoración y Test

- 1 - GOOSE delay
- 2 - C37.94
- 3 - E1/T1
- 4 - GbE
- 5 - MMS
- 6 - GNSS
- 7 - 1PPS
- 8 - Eth/IP
- 9 - MPLS
- A - PTP
- B - NTP
- C - GOOSE
- D - PTP wander
- E - RS-232
- F - SyncE
- G - Codir (G703)
- H - SV capture
- I - GOOSE capture
- J - One Way Delay
- k - 100BASE-T
- L - IRIg-B
- M - GbE
- N - Round Trip Delay
- O - PTP Power / Telecom
- Q - GOOSE offset
- R - PTP wander



Puntos de Monitoreación y Test

- 1 - GOOSE delay
- 2 - C37.94
- 3 - E1/T1
- 4 - GbE
- 5 - MMS
- 6 - GNSS
- 7 - 1PPS
- 8 - Eth/IP
- 9 - MPLS
- A - PTP
- B - NTP
- C - GOOSE
- D - PTP wander
- E - RS-232
- F - SyncE
- G - Codir (G703)
- H - SV capture
- I - GOOSE capture
- J - One Way Delay
- k - 100BASE-T
- L - IRIG-B
- M - GbE
- N - Round Trip Delay
- O - PTP Power / Telecom
- Q - GOOSE offset
- R - PTP wander



AAA: Authentication, Authorization, and Accounting

ACL: Access Control List

AP: Access Point

Busbar: Metallic strip or bar, typically housed inside switchgear, panel boards, and busway enclosures for local high current power distribution

C37.94: TDM interface devoted for teleprotection

CB: Circuit Breaker designed to close or open electrical circuit under normal or abnormal conditions. It operates on relays command.

CBWFQ: Class-Based Weighted Fair Queuing

CG: Connected Grid

CID: Individual configuration of each IED

CIP: Critical Infrastructure Protection

CLI: Command-Line Interface

CorpSS: Corporate Substation

CT: Current Transformer, used for measurement of current, if too high to apply directly to measuring instruments, a CT produces a proportional current which can be measured and recorded, CT are used in metering and protective relays

DAN: Doubly Attached Nodes implementing HSR or PRP

DAU: Data Acquisition Unit

Disconnect: isolates physically and visually the lines

DMZ: Demilitarized Zone

DCB: Directional Comparison Blocking

DCS: distributed control systems

DSC: Differentiated Services Code Point

ESP: Electronic Security Perimeter

Feeder: Transmits power to the distribution points

GM: Grandmaster

GNSS: Global Navigation Satellite System

GOOSE: Generic Object-Oriented Substation Events is a control model defined as per IEC 61850 which provides a fast and reliable mechanism of transferring event data over entire electrical substation networks. When implemented, this model ensures the same event message is received by multiple physical devices using multicast or broadcast services

HMI: Human Machine Interface

PTP: Precision Time Protocol

RedBox: Redundancy Box

Relay: is automatic device which senses an abnormal condition of electrical circuit and closes its contacts and complete the circuit breaker trip.

REP: Resilient Ethernet Protocol

RCT: Redundancy Control Trailer

RTU: Remote Terminal Unit

SA: Substation Automation

SAN: Singly-Attached Node

Secondary Lines: lower voltage side at the substation

SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition, transmits and receives data from events of controls, measuring, safety and monitoring. Power system elements can be controlled remotely over. Remote switching, telemetering of grids showing voltage, current, power, direction, consumption in kWh, synchronization.

SCD: Substation Configuration Description

SCL: Substation Configuration Language

SNTP: Simple Network Time Protocol

Station Bus: Connects the entire substation and helps provide connectivity between central management and individual bays

STP: Spanning Tree Protocol

SV: Sampled Values, is a method to read instantaneous values such as currents, voltages, impedances, etc. from CTs, VTs or digital I/O and then transmitted to make them are available for those IED subscribed.

Switchgear: combination of switches, fuses or CB to control, protect and isolate electrical equipment

SyncE: Synchronous Ethernet

TLV: Type, Length, Value

VT: Voltage Transformer (see CT) Potential Transformer, gives the reference voltage to the Relay for Over-voltage or Under-voltage Protection

UCA IuG: Utility Communications Architecture International Users Group

VDAN: Virtual D

HQoS: Hierarchical Quality of Service

HSR: High-Availability Seamless Redundancy

IA: Industrial Automation

ICS: Industrial control systems

ICU: Intelligent Control Unit

IEC: International Electrotechnical Commission

IEC 61850: Standard defining communication protocols for intelligent y electronic devices at electrical substations

IED: Intelligent End Device, microprocessor-based controllers of power system equipment, such as circuit breakers, transformers and capacitor banks to enable advanced power automation.

IRIG: Inter-Range Instrumentation Group

ISE: Identity Services Engine

L3VPN: Layer 3 Virtual Private Network

LA: Lightning Arrester protects the power grid from electric storms

MQC: Modular QoS Command-Line Interface

MMS: Manufacturing Message Specification, messaging system for exchanging real-time data and supervisory control information. Allows client such as SCADA, an OPC server or a gateway to access all IED objects

MPLS: Multi-protocol Label Switching

MU: Merging Unit connected to the process bus converts analog data(ie. volts, current...) into digital information

NERC: North American Electric Reliability Corporation

NIST: National Institute of Standards and Technology

NMS: Network Management System

OAM: Operations and Maintenance

PCP: Priority Code Point

PIOC: Instantaneous overcurrent Protection

PLC: Programmable Logic Controller

PMU: Phasor Measurement Unit

POTT: Permissive Overreaching Transfer Trip

PP: Primary Power

Process Bus: Connects primary units and control equipment to the IEDs

PRP: Parallel Redundancy Protocol

PRTC: Primary Reference Clock

PT: see VT

T-GM: Grand Master PTP

T-BC: Boundary Clock

T-TSC: Slave Clock

Eso es todo



ALBEDO
in Test we Trust