

10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Grupo·epm



CASO DE APLICACIÓN, CONFIGURACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO SUBESTACIÓN DIGITAL RODEO 110 KV

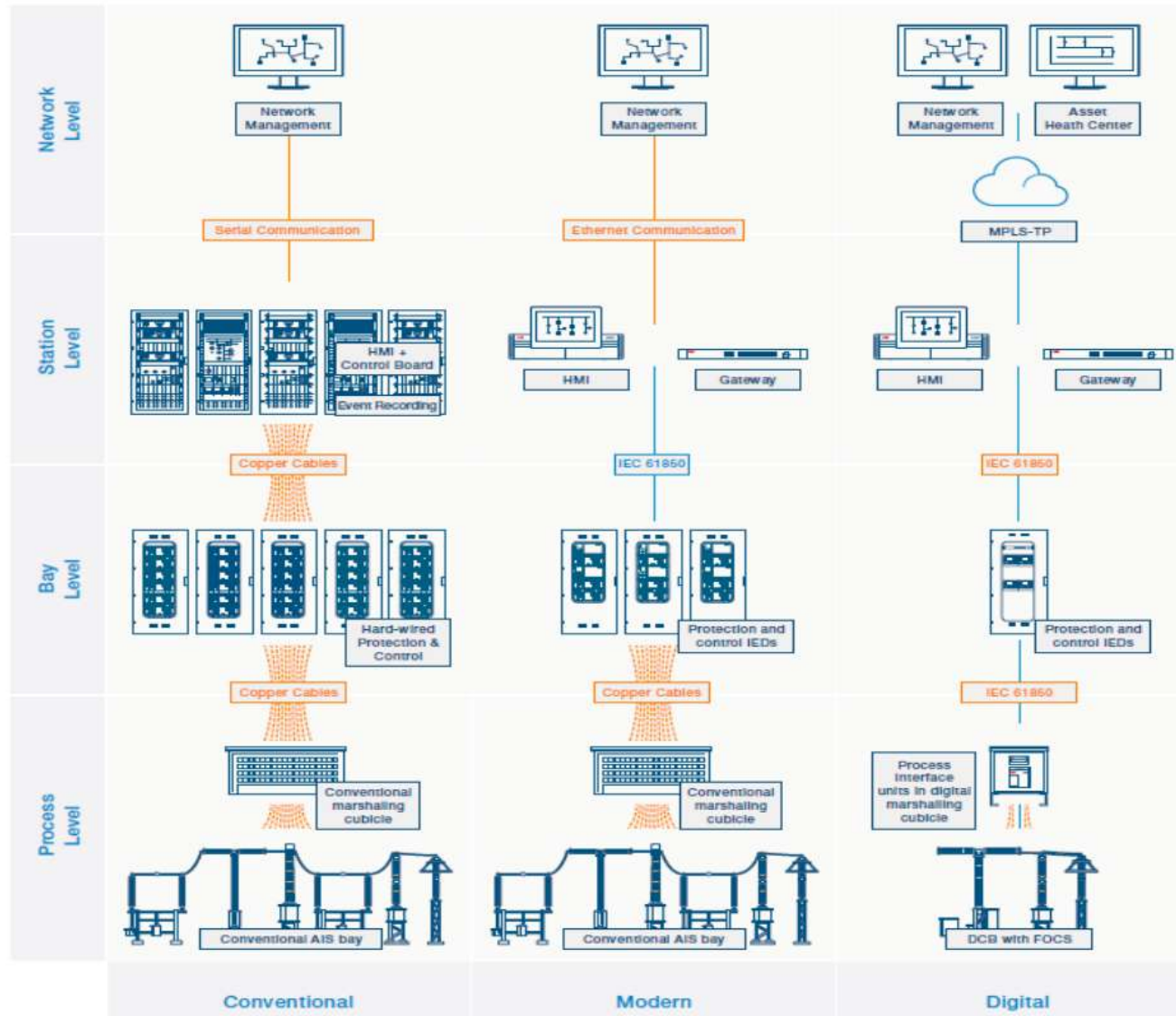
CARLOS ENRIQUE GÓMEZ GÓMEZ
JUAN DAVID URIBE GÓMEZ
JOHN ESTEBAN VALENCIA COSME

AGENDA

1. INTRODUCCIÓN A SUBESTACIONES DIGITALES
2. ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN Y SINCRONIZACIÓN DE TIEMPO
3. CASO DE APLICACIÓN SE DIGITAL RODEO 110 KV

INTRODUCCIÓN

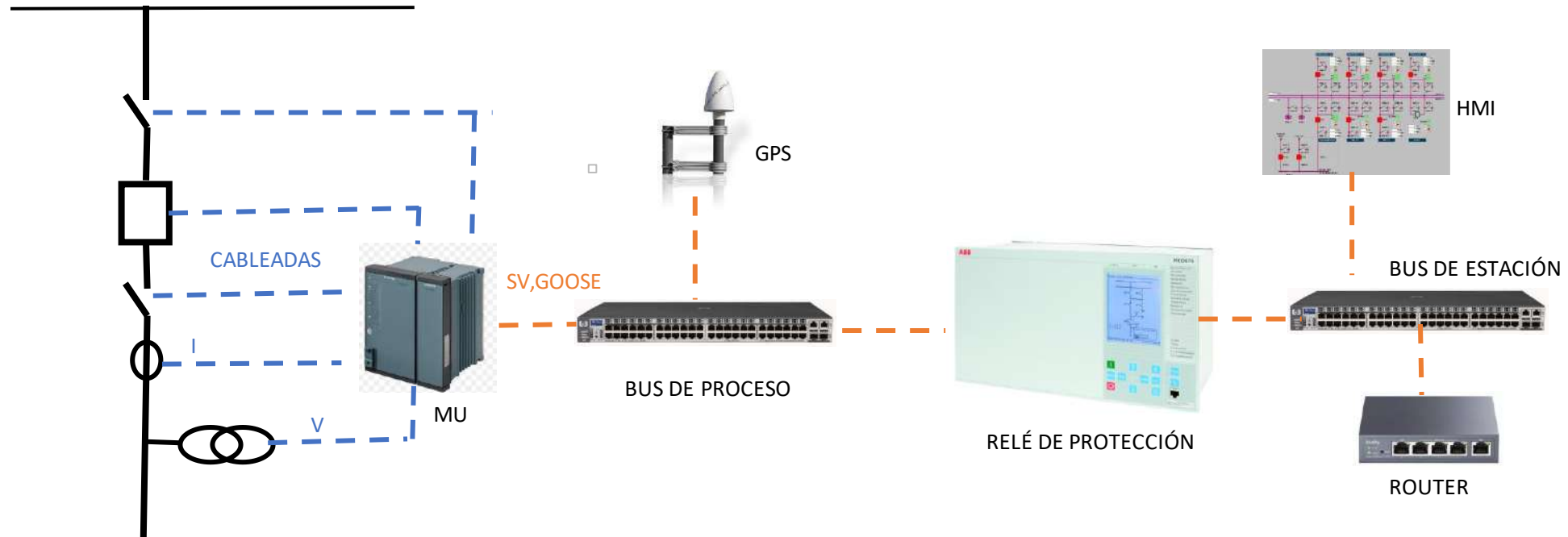
- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



INTRODUCCIÓN

10° Encuentro
de Proveedores y Contratistas Grupo EPM
V Edición Jornadas Técnicas

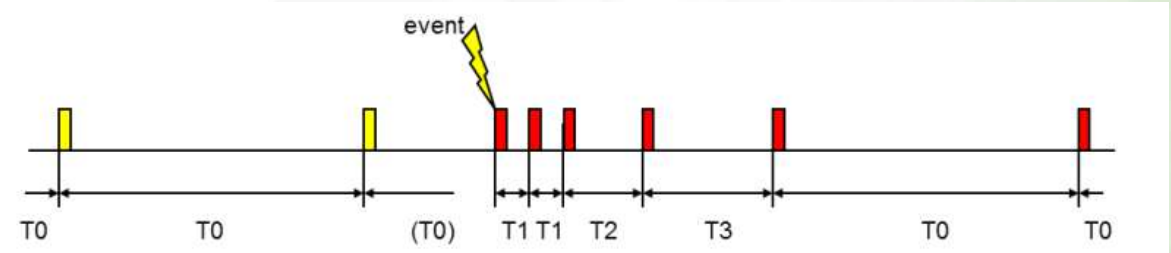
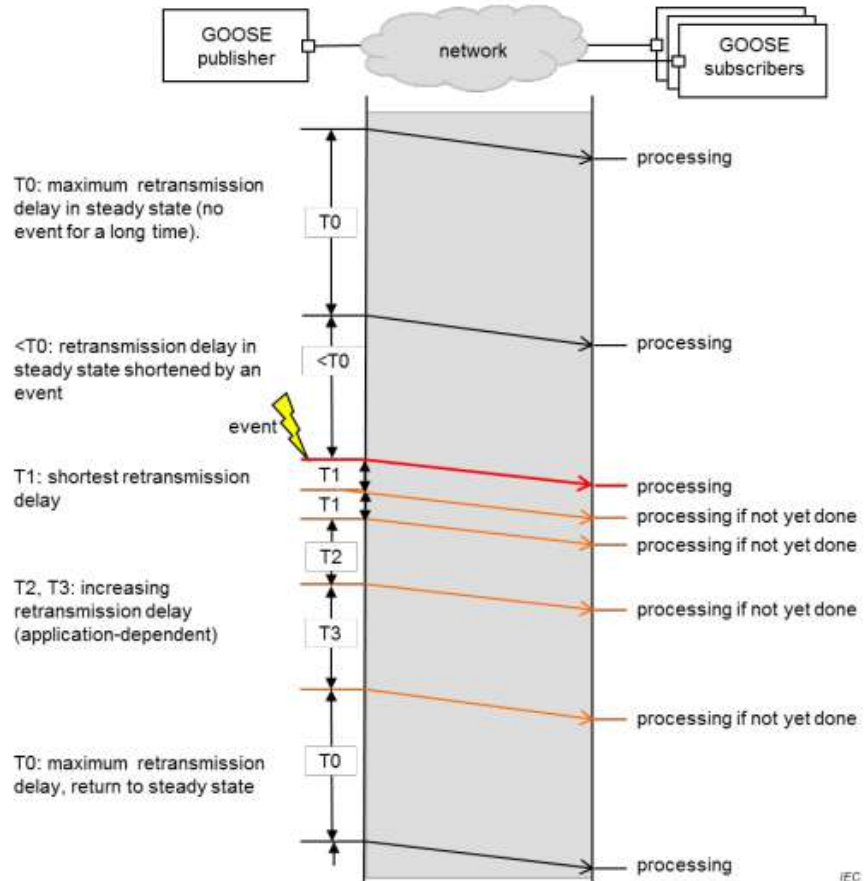
- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



INTRODUCCIÓN

GOOSE

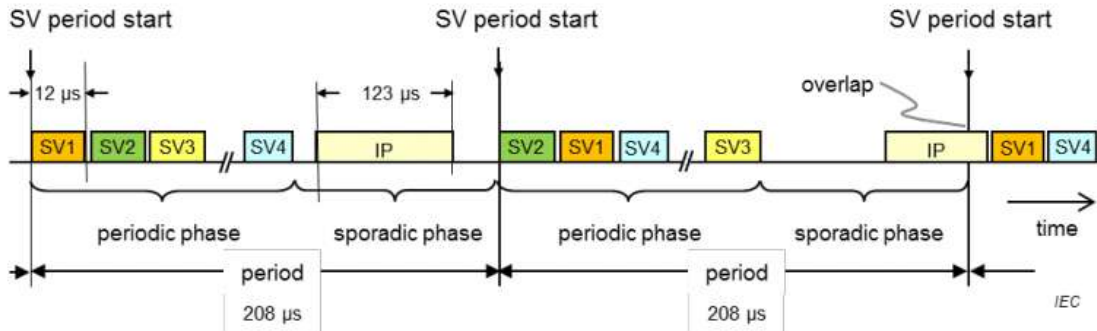
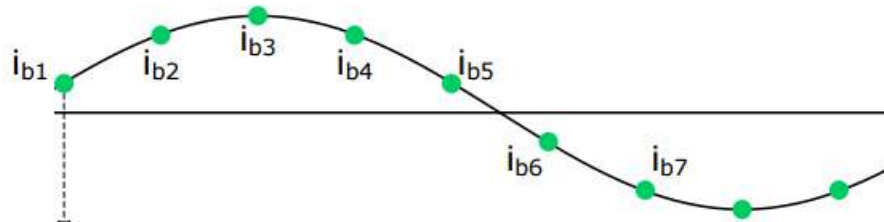
- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



INTRODUCCIÓN

SV

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



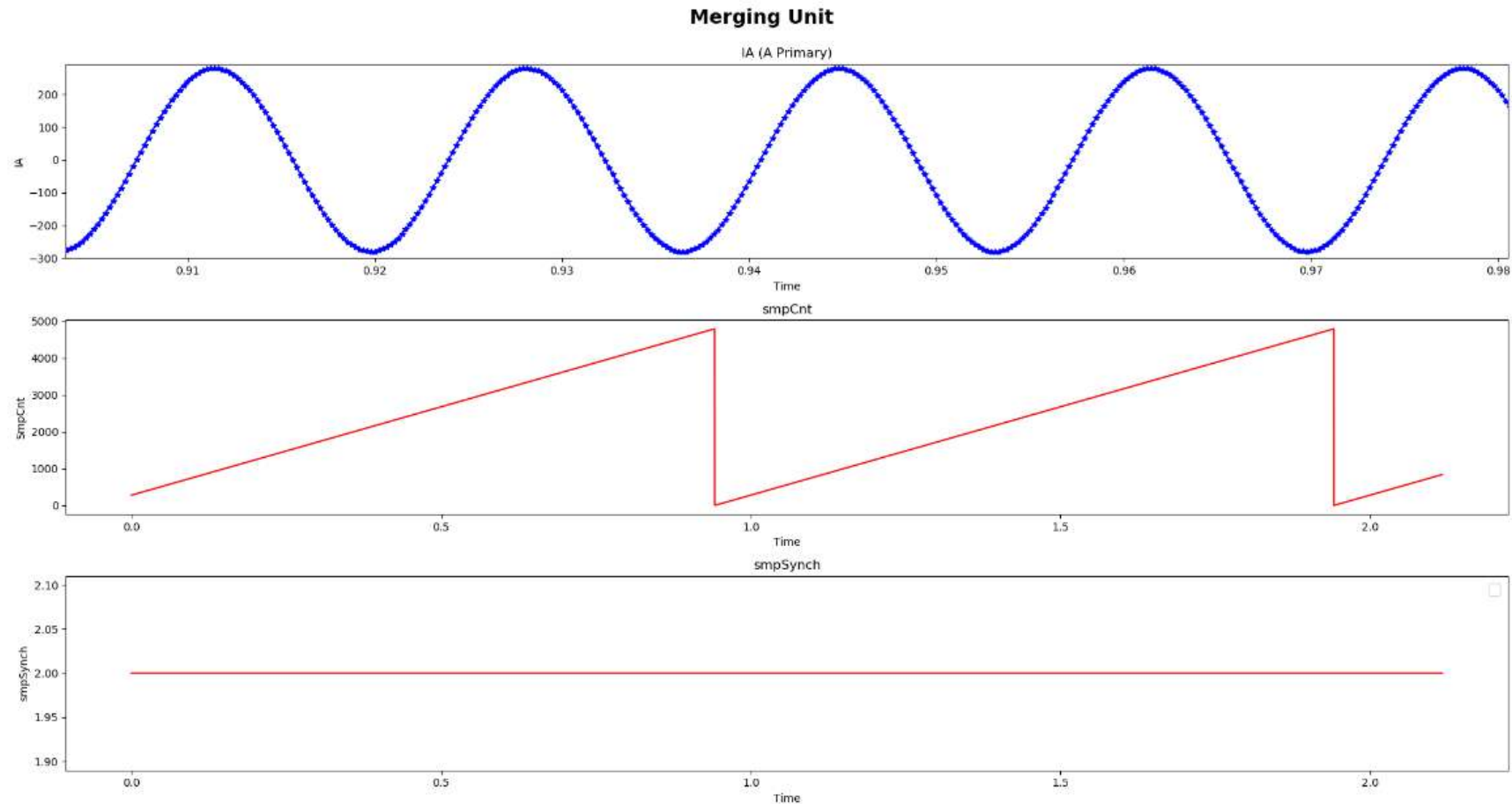
Wireshark · Packet 1 · SV_Normal_Traffic.cap

```
> Frame 1: 120 bytes on wire (960 bits), 120 bytes captured (960 bits)
Ethernet II, Src: ca:fe:c0:ff:ee:69 (ca:fe:c0:ff:ee:69), Dst: Iec-Tc57_04:00:02 (01:0c:cd:04:00:02)
  > Destination: Iec-Tc57_04:00:02 (01:0c:cd:04:00:02)
  > Source: ca:fe:c0:ff:ee:69 (ca:fe:c0:ff:ee:69)
  Type: 802.1Q Virtual LAN (0x8100)
802.1Q Virtual LAN, PRI: 4, DEI: 0, ID: 1
  100. .... = Priority: Video, < 100ms latency and jitter (4)
  ...0 ... = DEI: Ineligible
  .... 0000 0000 0001 = ID: 1
  Type: IEC 61850/SV (Sampled Value Transmission (0x88ba))
IEC61850 Sampled Values
  APPID: 0x4001
  Length: 102
  Reserved 1: 0x0000 (0)
  Reserved 2: 0x0000 (0)
  savPdu
    noASDU: 1
    seqASDU: 1 item
      ASDU
        svID: 4001
        smpCnt: 280
        confRef: 1
        smpSynch: global (2)
        seqData: fffe5982000000000043ddc00000000fffd6f5c00000000...
```

0000	01 0c cd 04 00 02 ca fe c0 ff ee 69 81 00 80 01i....
0010	88 ba 40 01 00 66 00 00 00 00 60 5c 80 01 01 a2	..@..f.. \....
0020	57 30 55 80 04 34 30 30 31 82 02 01 18 83 04 00	WOU..400 1.....
0030	00 00 01 85 01 02 87 40 ff fe 59 82 00 00 00 00@..Y.....
0040	00 04 3d dc 00 00 00 00 ff fd 6f 5c 00 00 00 00o\....
0050	00 00 06 ba 00 00 20 00 ff 8d f4 00 00 00 00 00-U.....
0060	01 1d fb c2 00 00 00 00 ff 55 60 0c 00 00 00 00-U.....
0070	00 01 4f ce 00 00 20 00	..o....

INTRODUCCIÓN

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



INTRODUCCIÓN

VENTAJAS

- Reducción de cableado de cobre y cárcamos
- Tableros más compactos – reducción del tamaño del edificio
- Simplifica la ingeniería
- Facilita recrear los sistemas secundarios en laboratorio, realizar pruebas FAT para disminuir tiempos de puesta en servicio
- Estandarización de ingeniería secundaria
- Facilidad en el mantenimiento de equipos
- Disminución de tiempos en las modernizaciones

INTRODUCCIÓN

RETOS

- ¿Como es la respuesta del esquema de protecciones empleando SV comparado con el sistema convencional?
- ¿Los esquemas de protección dependerán de la sincronización de tiempo?
- ¿Debemos hablar de una arquitectura de sincronización de tiempo y desempeño del mismo?
- Respuesta de las protecciones diferenciales considerando configuraciones mixtas, es decir, análogas y digitales
- Apropiación de la tecnología y transferencia de conocimiento
- Labores de mantenimiento

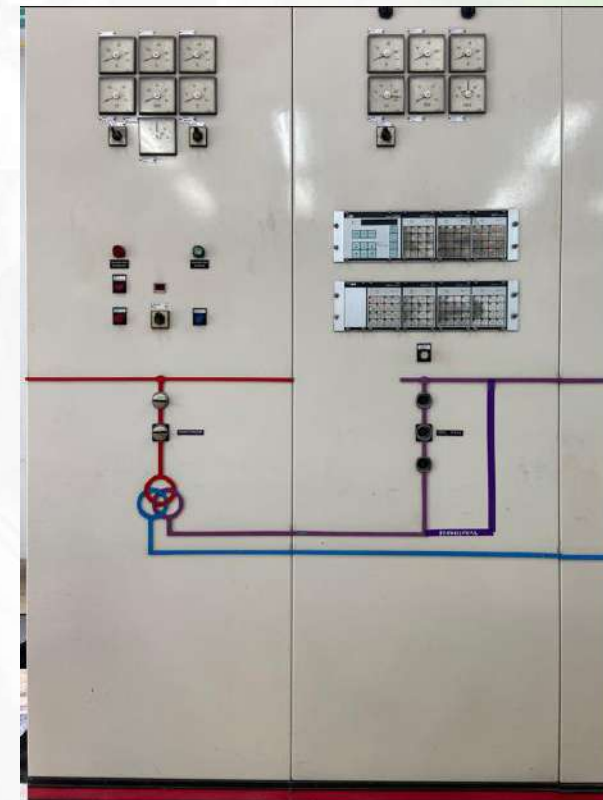
ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES Y SINCRONISMO DE TIEMPO

ARQUITECTURA

10° Encuentro
de Proveedores y Contratistas Grupo EPM
V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

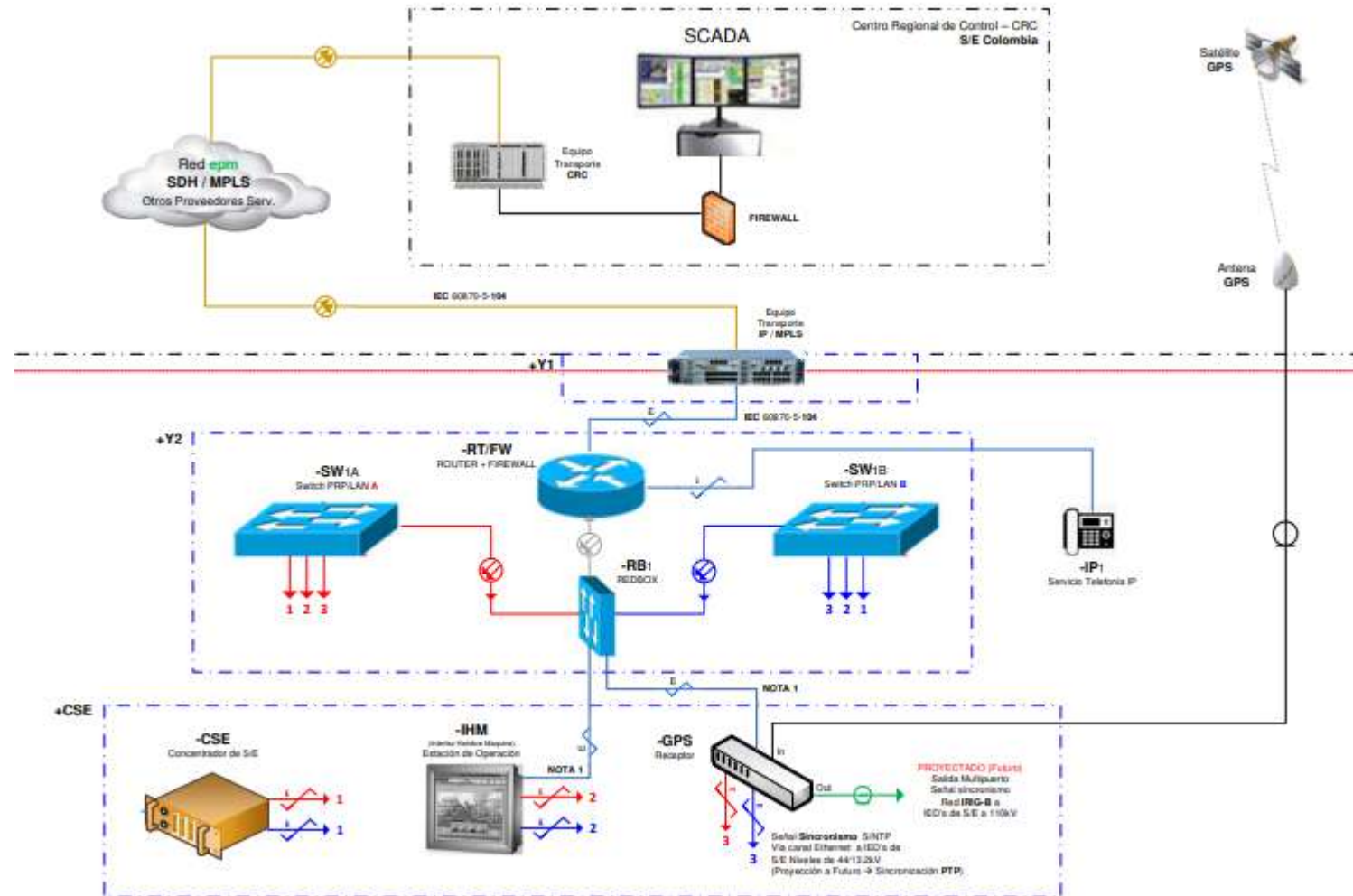
¿Qué implementábamos antes?



ARQUITECTURA SAS

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

¿Qué implementábamos antes?

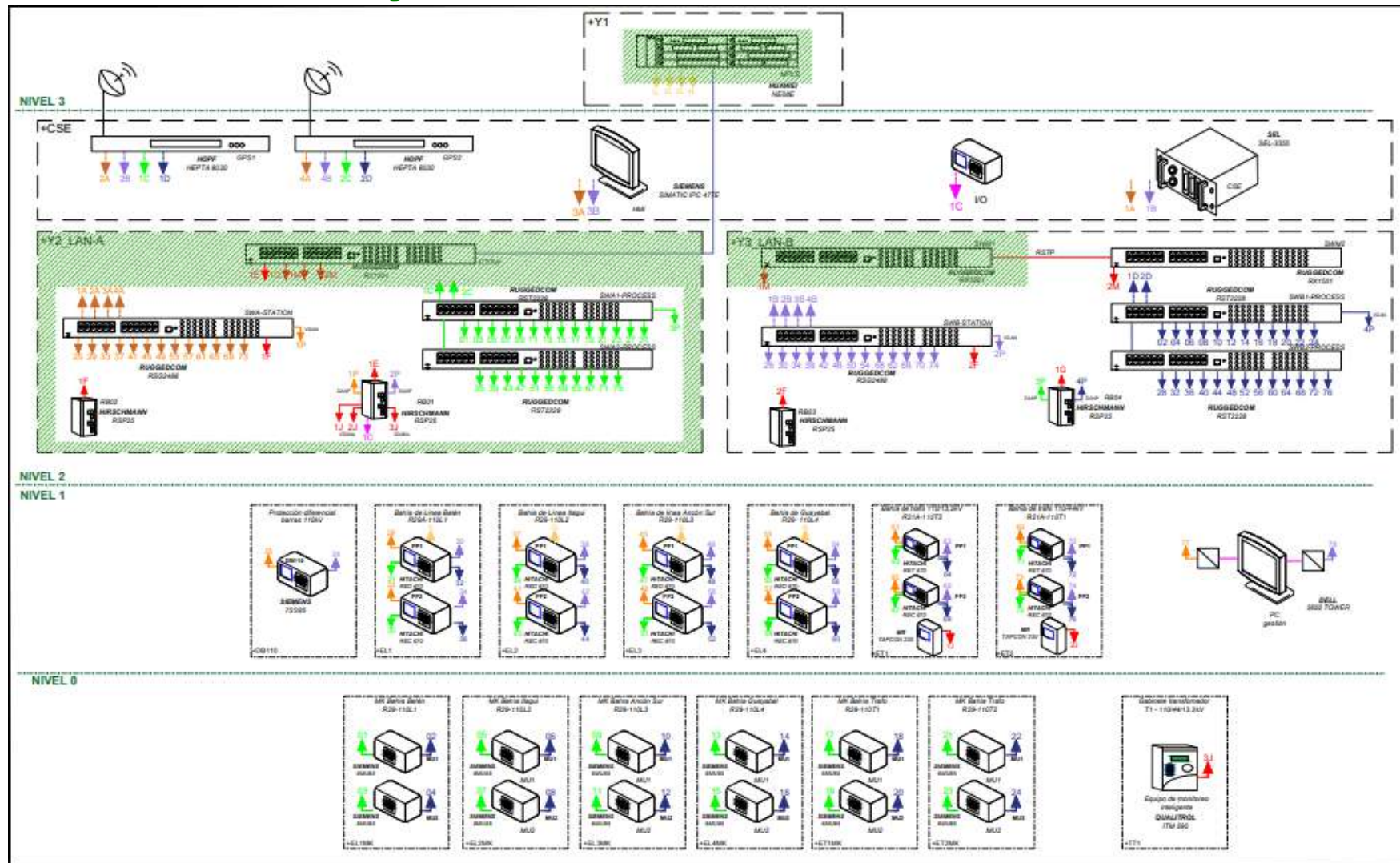


ARQUITECTURA SAS

Hoy tenemos en SE Rodeo

10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



SINCRONISMO DE TIEMPO

10° Encuentro
de Proveedores y Contratistas Grupo EPM
V Edición Jornadas Técnicas

• Transición energética • Economía circular
• Rentabilización de operaciones • Transformación digital

Protocolo PTP

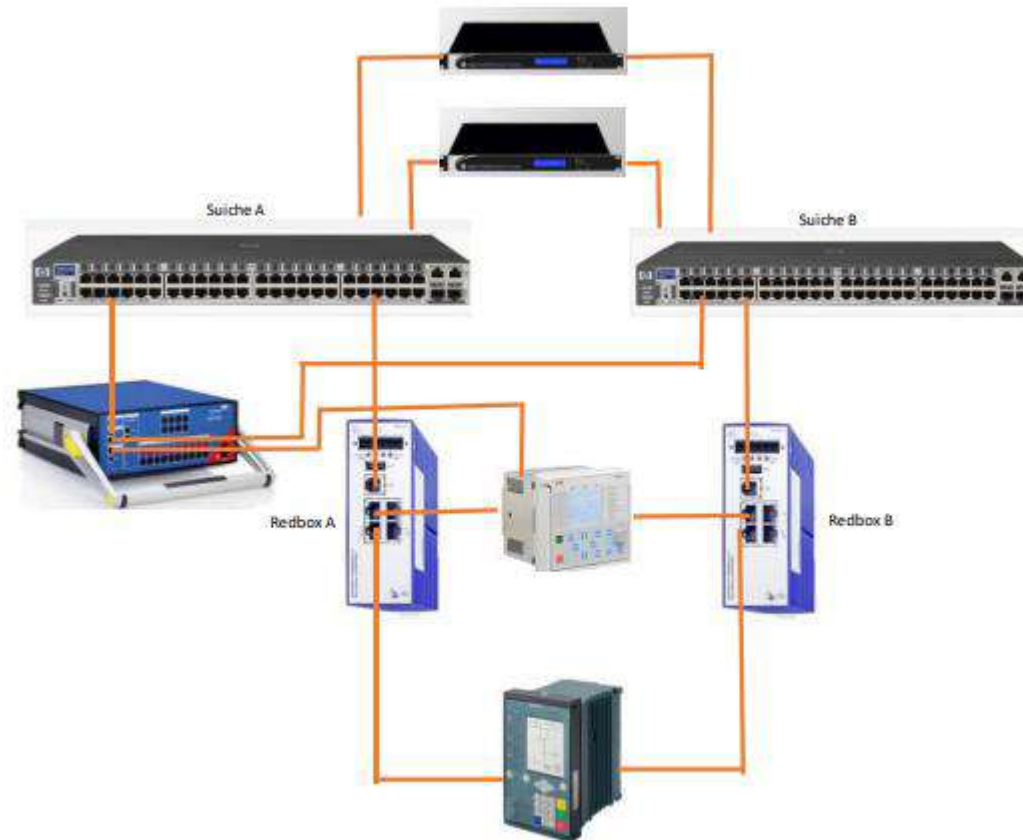
- Aspectos generales
- Tipos de dispositivos
- Algoritmo BMCA

ESCENARIOS DE PRUEBAS

10° Encuentro
de Proveedores y Contratistas Grupo EPM
V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Arquitectura sometida a Pruebas



Ajustes típicos implementados en subestaciones

GPS1: Perfil: IEC61850-9-3.206 Power Utility Profile – Prioridad 1: 64 – Prioridad 2: 64 (En otros casos Power Utility V2)

GPS2: Perfil: IEC61850-9-3.206 Power Utility Profile – Prioridad 1: 64 – Prioridad 2: 64 (En otros casos Power Utility V2)

SWA: Perfil: Power Profile – Tipo de Reloj: P2P transparent clock

SWB: Perfil: Power Profile – Tipo de Reloj: P2P transparent clock

Redbox: Perfil: No ajustable – Tipo de reloj: P2P transparent clock

ESCENARIOS DE PRUEBAS

Resultados

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

PTP Sniffer - (JC418K)

Status	Port	Protocol	Domain
✓	A	IEEE 802.3	0
✓	B	IEEE 802.3	0

PTP masters

1@00-03-C7-FF-FE-01-70-C2 (Best master)

Power profile GM ID: --
 Power profile version: --
 MAC address: 00-03-C7-01-70-C2
 VLAN ID: not present
 VLAN priority: not present
 GM identity: 00-03-C7-FF-FE-01-70-C2
 GM priority 1: 64
 GM priority 2: 64
 GM clock accuracy: WITHIN_100_NS (0x21)
 GM clock class: PRIMARY_REF_PTP (6)
 GM clock variance: 13056
 Qualified: True
 Alternate: False
 TLV count: 0
 UTC offset: 37
 UTC offset valid: True
 Leap 59: False
 Leap 61: False
 Time traceable: True
 Frequency traceable: False
 PTP time scale: True
 Time source: GPS (0x20)

PTP source details Usable

Delay mechanism: Peer-to-Peer
 Announce interval: 1 s
 Sync interval: 1 s
 Other peers: 1
 Best master available: True
 Packet errors: 0

Restart OK Cancel

PTP Sniffer - (JC418K)

Status	Port	Protocol	Domain
✓	A	IEEE 802.3	0
✓	B	IEEE 802.3	0

PTP masters

1@00-03-C7-FF-FE-01-70-C2 (Best master)

Power profile GM ID: --
 Power profile version: --
 MAC address: A0-B0-86-55-9D-47
 VLAN ID: not present
 VLAN priority: not present
 GM identity: 00-03-C7-FF-FE-01-70-C2
 GM priority 1: 64
 GM priority 2: 64
 GM clock accuracy: WITHIN_100_NS (0x21)
 GM clock class: PRIMARY_REF_PTP (6)
 GM clock variance: 13056
 Qualified: True
 Alternate: False
 TLV count: 0
 UTC offset: 37
 UTC offset valid: True
 Leap 59: False
 Leap 61: False
 Time traceable: True
 Frequency traceable: False
 PTP time scale: True
 Time source: GPS (0x20)

PTP source details Usable

Delay mechanism: Peer-to-Peer
 Announce interval: 1 s
 Sync interval: 1 s
 Other peers: 1
 Best master available: True
 Packet errors: 0

2@00-03-C7-FF-FE-01-70-C2 (Active)

Power profile GM ID: --
 Power profile version: --
 MAC address: 00-03-C7-01-70-C2
 VLAN ID: not present
 VLAN priority: not present
 GM identity: 00-03-C7-FF-FE-01-70-C2
 GM priority 1: 64
 GM priority 2: 64
 GM clock accuracy: WITHIN_100_NS (0x21)
 GM clock class: PRIMARY_REF_PTP (6)
 GM clock variance: 13056
 Qualified: True
 Alternate: False
 TLV count: 0
 UTC offset: 37
 UTC offset valid: True
 Leap 59: False
 Leap 61: False
 Time traceable: True
 Frequency traceable: False

Restart OK Cancel

ESCENARIOS DE PRUEBAS

Resultados

Event list Configuration Actions					
[Search]					
	Date and time	Device	Category	Type	Description
✖	13/06/2023 10:12:08,958 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization lost	
ℹ	13/06/2023 10:12:05,959 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization established	
ℹ	13/06/2023 10:12:05,957 a. m.	(JC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:12:05,959 a. m.
✖	13/06/2023 10:12:03,956 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization lost	
ℹ	13/06/2023 10:12:00,958 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization established	
ℹ	13/06/2023 10:12:00,955 a. m.	(JC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:12:00,958 a. m.
✖	13/06/2023 10:11:58,954 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization lost	
ℹ	13/06/2023 10:11:55,956 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization established	
ℹ	13/06/2023 10:11:55,953 a. m.	(JC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:11:55,956 a. m.
✖	13/06/2023 10:11:53,953 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization lost	
ℹ	13/06/2023 10:11:50,954 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization established	
ℹ	13/06/2023 10:11:50,951 a. m.	(JC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:11:50,954 a. m.
✖	13/06/2023 10:11:48,951 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization lost	
ℹ	13/06/2023 10:11:45,952 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization established	
ℹ	13/06/2023 10:11:45,950 a. m.	(JC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:11:45,952 a. m.
✖	13/06/2023 10:11:43,949 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization lost	
ℹ	13/06/2023 10:11:40,951 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization established	
ℹ	13/06/2023 10:11:40,948 a. m.	(JC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:11:40,951 a. m.
✖	13/06/2023 10:11:38,947 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization lost	
ℹ	13/06/2023 10:11:35,948 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization established	
ℹ	13/06/2023 10:11:35,946 a. m.	(JC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:11:35,948 a. m.
✖	13/06/2023 10:11:33,945 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization lost	
ℹ	13/06/2023 10:11:30,947 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization established	
ℹ	13/06/2023 10:11:30,944 a. m.	(JC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:11:30,947 a. m.
✖	13/06/2023 10:11:28,943 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization lost	
ℹ	13/06/2023 10:11:25,945 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization established	
ℹ	13/06/2023 10:11:25,942 a. m.	(JC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:11:25,945 a. m.
✖	13/06/2023 10:11:23,942 a. m.	(JC418K)	PTP	Synchronization lost	

ESCENARIOS DE PRUEBAS

Desempeño de la red con ajustes recomendados por la norma IEC 61850-90-4

Perfiles en equipos

Equipo	Ajuste disponible como perfil PTP	Perfil PTP normalizado	Perfil PTP configurado	MAC
GPS1	IEEE C37.238:2011 IEEE C37.238:2017 IEC 61850-9-3:206	PTP V1 PTP V2 61850-9-3		00-03-C7-01-70-C2
GPS 2	IEEE C37.238:2011 IEEE C37.238:2017 IEC 61850-9-3:206	PTP V1 PTP V2 61850-9-3		00-03-C7-01-6E-38
Switch A	Power Profile Default P2P profile Utility profile level 1 Default E2E profile Custorme profile Power profile V2	PTP V1 61850-9-3 PTP V2		50-00-84-41-E0-00
Switch B	Power Profile Default P2P profile Utility profile level 1 Default E2E profile Custome profile Power profile V2	PTP V1 61850-9-3 PTP V2		50-00-84-41-E1-60
Redbox conectado a la red A	Sin perfiles PTP			A0-B0-86-55-9D-47
Redbox conectado a la red B	Sin perfiles PTP			A0-B0-86-55-9C-47

ESCENARIOS DE PRUEBAS

Desempeño de la red con ajustes recomendados por la norma IEC 61850-90-4

Primer escenario
de pruebas: sin Redbox
en la red

Caso	Perfil GPS	Switch A/B	Resultado DANEO	Observación
1	Perfil: 61850-9-3 Prioridad 1:64 Prioridad 2:64 PTP Domain:0 Grandmaster ID:3	Tipo de reloj: P2P TClock Perfil: Power profile Grandmaster ID:3 1 Step Master Clock: Yes VLN ID: Disable Class of Service: Disable Slave Only: Yes	Sincronización inestable en la red B	El suiche no permite ajustar dos pasos. La red A tiene una aparente sincronización que es estable. El puerto B es inestable. Ver anexo
2	Perfil: 61850-9-3 Prioridad 1:64 Prioridad 2:64 PTP Domain:0 Grandmaster ID:3	Tipo de reloj: P2P TClock Perfil: Utility profile level 1 Grandmaster ID: no aplica 1 Step Master Clock: Yes VLN ID: Disable Class of Service:4 Slave Only: Yes	Sincronización estable	La sincronización de tiempo en el puerto A es estable, se vigila la respuesta desconectada la antena GPS y se observa en el DANEO como disminuye la precisión en el tiempo. La red B es estable. Se concluye que la sincronización es estable
3	Perfil: IEEE C37.238:2017 Prioridad 1:64 Prioridad 2:64 PTP Domain:0 Grandmaster ID:3	Tipo de reloj: P2P TClock Power profile V2 Grandmaster ID: 3 1 Step Master Clock: Yes VLN ID: Disable Class of Service: Disable Slave Only: Yes Domain Numbre:0	Sincronización estable	Puerto A y puerto B estable.

ESCENARIOS DE PRUEBAS

Desempeño de la red con ajustes recomendados por la norma IEC 61850-90-4

Caso	Perfil GPS	Switch A/B	Resultado DANEQ	Observación
1	Perfil: 61850-9-3 Prioridad 1:64 Prioridad 2:64 PTP Domain:0 Grandmaster ID:3	Tipo de reloj: P2P TClock Perfil: Power profile Grandmaster ID:3 1 Step Master Clock: Yes VLN ID: Disable Class of Service: Disable Slave Only: Yes	Sincronización inestable en la red B	El suiche no permite ajustar dos pasos. La red A tiene una aparente sincronización que es estable. El puerto B es inestable. Ver anexo

Caso 1

Un solo GPS y redbox por fuera

Puerto B

Date and time	Device	Category	Type	Description
13/06/2023 10:12:08,958 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization lost	
13/06/2023 10:12:09,959 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization established	
13/06/2023 10:12:09,957 a.m.	(IC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:12:09,959 a.m.
13/06/2023 10:12:03,956 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization lost	
13/06/2023 10:12:00,958 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization established	
13/06/2023 10:12:00,953 a.m.	(IC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:12:00,958 a.m.
13/06/2023 10:11:58,954 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization lost	
13/06/2023 10:11:55,956 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization established	
13/06/2023 10:11:55,953 a.m.	(IC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:11:55,956 a.m.
13/06/2023 10:11:53,953 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization lost	
13/06/2023 10:11:50,954 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization established	
13/06/2023 10:11:50,951 a.m.	(IC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:11:50,954 a.m.
13/06/2023 10:11:48,951 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization lost	
13/06/2023 10:11:45,952 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization established	
13/06/2023 10:11:45,950 a.m.	(IC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:11:45,952 a.m.
13/06/2023 10:11:43,949 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization lost	
13/06/2023 10:11:40,951 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization established	
13/06/2023 10:11:40,948 a.m.	(IC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:11:40,951 a.m.
13/06/2023 10:11:38,947 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization lost	
13/06/2023 10:11:35,948 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization established	
13/06/2023 10:11:35,946 a.m.	(IC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:11:35,948 a.m.
13/06/2023 10:11:33,945 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization lost	
13/06/2023 10:11:30,947 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization established	
13/06/2023 10:11:30,944 a.m.	(IC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:11:30,947 a.m.
13/06/2023 10:11:28,943 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization lost	
13/06/2023 10:11:25,945 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization established	
13/06/2023 10:11:25,942 a.m.	(IC418K)	Device	Time change	13/06/2023 10:11:25,945 a.m.
13/06/2023 10:11:23,942 a.m.	(IC418K)	PTP	Synchronization lost	

Puerto A

Sincronización estable

ESCENARIOS DE PRUEBAS

Desempeño de la red con ajustes recomendados por la norma IEC 61850-90-4

Segundo escenario
de pruebas: Redbox en
la red

Caso	Perfil GPS	Switch A/B	Resultado DANE0	Observación
4	Perfil: 61850-9-3 Prioridad 1:64 Prioridad 2:64 PTP Domain:0 Grandmaster ID:3	Tipo de reloj: P2P TClock Perfil: Utility profile level 1 Grandmaster ID: no aplica 1 Step Master Clock: Yes VLN ID: Disable Class of Service:4 Slave Only: Yes	Sincronización inestable en la red B	Con la configuración del redbox como Transparent, se observan dos GPS en el puerto B. En el puerto B, el reloj maestro tiene la MAC A0-B0-86-55-9D-47, que corresponde al redbox A
5	Perfil: 61850-9-3 Prioridad 1:64 Prioridad 2:64 PTP Domain:0 Grandmaster ID:3	Tipo de reloj: P2P TClock Perfil: Utility profile level 1 Grandmaster ID: 3 1 Step Master Clock: Yes VLN ID: Disable Class of Service: Disable Slave Only: Yes PTP Domain:0	Sincronización estable en red A, red B y red HSR	Se observa un solo maestro asociado a cada uno de los puertos, y el reloj maestro corresponde a la MAC del GPS1. Para el caso del anillo, la trama PTP se encapsula sobre la MAC A0-B0-86-55-9C-47 que corresponde a redbox B
5A	Perfil: IEEE C37.238:2017 Prioridad 1:64 Prioridad 2:64 PTP Domain:0 Grandmaster ID:3	Tipo de reloj: P2P TClock Power profile V2 Grandmaster ID: 3 1 Step Master Clock: Yes VLN ID: Disable Class of Service: Disable Slave Only: Yes Domain Numbre:0	Sincronización estable en red A, red B y red HSR	Se observa un solo maestro asociado a cada uno de los puertos, y el reloj maestro corresponde a la MAC del GPS1. Para el caso del anillo, la trama PTP se encapsula sobre la MAC A0-B0-86-55-9C-47 que corresponde a redbox B

ESCENARIOS DE PRUEBAS

Desempeño de la red con ajustes recomendados por la norma IEC 61850-90-4

Caso	Perfil GPS	Switch A/B	Resultado DANEO	Observación
4	Perfil: 61850-9-3 Prioridad 1:64 Prioridad 2:64 PTP Domain:0 Grandmaster ID:3	Tipo de reloj: P2P TClock Perfil: Utility profile level 1 Grandmaster ID: no aplica 1 Step Master Clock: Yes VLN ID: Disable Class of Service:4 Slave Only: Yes	Sincronización inestable en la red B	Con la configuración del redbox como Transparent, se observan dos GPS en el puerto B. En el puerto B, el reloj maestro tiene la MAC A0-B0-86-55-9D-47, que corresponde al redbox A

ESCENARIOS DE PRUEBAS

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

PTP Sniffer - (JC418K)

Status	Port	Protocol	Domain
✓	A	IEEE 802.3	0
✓	B	IEEE 802.3	0

PTP masters

1@00-03-C7-FF-FE-01-70-C2 (Best master)

Power profile GM ID: --
Power profile version: --
MAC address: 00-03-C7-01-70-C2
VLAN ID: not present
VLAN priority: not present
GM identity: 00-03-C7-FF-FE-01-70-C2
GM priority 1: 64
GM priority 2: 64
GM clock accuracy: WITHIN_100_NS (0x21)
GM clock class: PRIMARY_REF_PTP (6)
GM clock variance: 13056
Qualified: True
Alternate: False
TLV count: 0
UTC offset: 37
UTC offset valid: True
Leap 59: False
Leap 61: False
Time traceable: True
Frequency traceable: False
PTP time scale: True
Time source: GPS (0x20)

PTP source details Usable

Delay mechanism: Peer-to-Peer
Announce interval: 1 s
Sync interval: 1 s
Other peers: 1
Best master available: True
Packet errors: 0

PTP Sniffer - (JC418K)

Status	Port	Protocol	Domain
✓	A	IEEE 802.3	0
✓	B	IEEE 802.3	0

PTP masters

1@00-03-C7-FF-FE-01-70-C2 (Best master)

Power profile GM ID: --
Power profile version: --
MAC address: A0-B0-86-55-9D-47
VLAN ID: not present
VLAN priority: not present
GM identity: 00-03-C7-FF-FE-01-70-C2
GM priority 1: 64
GM priority 2: 64
GM clock accuracy: WITHIN_100_NS (0x21)
GM clock class: PRIMARY_REF_PTP (6)
GM clock variance: 13056
Qualified: True
Alternate: False
TLV count: 0
UTC offset: 37
UTC offset valid: True
Leap 59: False
Leap 61: False
Time traceable: True
Frequency traceable: False
PTP time scale: True
Time source: GPS (0x20)

2@00-03-C7-FF-FE-01-70-C2 (Active)

Power profile GM ID: --
Power profile version: --
MAC address: 00-03-C7-01-70-C2
VLAN ID: not present
VLAN priority: not present
GM identity: 00-03-C7-FF-FE-01-70-C2
GM priority 1: 64
GM priority 2: 64
GM clock accuracy: WITHIN_100_NS (0x21)
GM clock class: PRIMARY_REF_PTP (6)
GM clock variance: 13056
Qualified: True
Alternate: False
TLV count: 0
UTC offset: 37
UTC offset valid: True
Leap 59: False
Leap 61: False
Time traceable: True
Frequency traceable: False

PTP source details Usable

Delay mechanism: Peer-to-Peer
Announce interval: 1 s
Sync interval: 1 s
Other peers: 1
Best master available: True
Packet errors: 0

Restart OK Cancel

ESCENARIOS DE PRUEBAS

Desempeño de la red con ajustes recomendados por la norma IEC 61850-90-4

5A	Perfil: IEEE C37.238:2017 Prioridad 1:64 Prioridad 2:64 PTP Domain:0 Grandmaster ID:3	Tipo de reloj: P2P TClock Power profile V2 Grandmaster ID: 3 1 Step Master Clock: Yes VLN ID: Disable Class of Service: Disable Slave Only: Yes Domain Numbre:0	Sincronización estable en red A, red B y red HSR	Se observa un solo maestro asociado a cada uno de los puertos, y el reloj maestro corresponde a la MAC del GPS1. Para el caso del anillo, la trama PTP se encapsula sobre la MAC A0-B0-86-55- 9C-47 que corresponde a redbox B
----	--	--	---	---

ESCENARIOS DE PRUEBAS

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

PTP Sniffer - (JC418K)

Status	Port	Protocol	Domain
✓	B	IEEE 802.3	0
✓	ETH	IEEE 802.3	0
✓	A	IEEE 802.3	0

PTP source details Usable

Delay mechanism	Peer-to-Peer
Announce interval	1 s
Sync interval	1 s
Other peers	1
Best master available	True
Packet errors	0

PTP masters	
2@00-03-C7-FF-FE-01-70-C2 (Best master)	
Power profile GM ID	3
Power profile version	2
MAC address	00-03-C7-01-70-C2
VLAN ID	not present
VLAN priority	not present
GM identity	00-03-C7-FF-FE-01-70-C2
GM priority 1	64
GM priority 2	64
GM clock accuracy	WITHIN_100_NS (0x21)
GM clock class	PRIMARY_REF_PTP (6)
GM clock variance	13056
Qualified	True
Alternate	False
TLV count	2
UTC offset	37
UTC offset valid	True
Leap 59	False
Leap 61	False
Time traceable	True
Frequency traceable	False
PTP time scale	True
Time source	GPS (0x20)

PTP Sniffer - (JC418K)

Status	Port	Protocol	Domain
✓	B	IEEE 802.3	0
✓	ETH	IEEE 802.3	0
✓	A	IEEE 802.3	0

PTP source details Usable

Delay mechanism	Peer-to-Peer
Announce interval	1 s
Sync interval	1 s
Other peers	1
Best master available	True
Packet errors	0

PTP masters	
2@00-03-C7-FF-FE-01-70-C2 (Best master)	
Power profile GM ID	3
Power profile version	2
MAC address	00-03-C7-01-70-C2
VLAN ID	not present
VLAN priority	not present
GM identity	00-03-C7-FF-FE-01-70-C2
GM priority 1	64
GM priority 2	64
GM clock accuracy	WITHIN_100_NS (0x21)
GM clock class	PRIMARY_REF_PTP (6)
GM clock variance	13056
Qualified	True
Alternate	False
TLV count	2
UTC offset	37
UTC offset valid	True
Leap 59	False
Leap 61	False
Time traceable	True
Frequency traceable	False
PTP time scale	True
Time source	GPS (0x20)

ESCENARIOS DE PRUEBAS

PTP Sniffer - (JC418K)

PTP sources			
Status	Port	Protocol	Domain
✓	B	IEEE 802.3	0
✓	ETH	IEEE 802.3	0
✓	A	IEEE 802.3	0

PTP source details Usable

Delay mechanism	Peer-to-Peer
Announce interval	1 s
Sync interval	1 s
Other peers	1
Best master available	True
Packet errors	0

PTP masters	
1@A0-B0-86-FF-FE-55-9C-47 (Best master)	
Power profile GM ID	--
Power profile version	--
MAC address	A0-B0-86-55-9C-47
VLAN ID	not present
VLAN priority	not present
GM identity	00-03-C7-FF-FE-01-70-C2
GM priority 1	64
GM priority 2	64
GM clock accuracy	WITHIN_100_NS (0x21)
GM clock class	PRIMARY_REF_PTP (6)
GM clock variance	13056
Qualified	True
Alternate	False
TLV count	0
UTC offset	37
UTC offset valid	True
Leap 59	False
Leap 61	False
Time traceable	True
Frequency traceable	False
PTP time scale	True
Time source	GPS (0x20)

ESCENARIOS DE PRUEBAS

10° Encuentro
de Proveedores y Contratistas Grupo EPM
V Edición Jornadas Técnicas

• Transición energética • Economía circular
• Rentabilización de operaciones • Transformación digital

Desempeño de la red con ajustes recomendados por la norma IEC 61850-90-4

- Tarjeta IED SIEMENS
- Firmware GPS Hopf

RECOMENDACIONES

- Ajustar los perfiles de forma homogénea, es decir, si se ajusta el perfil IEEE C37.238:2017 (PTPV2) en el GPS, se debe ajustar el perfil Power Profile V2 en los suiches de comunicación.
- Si se desea sincronizar equipos en una red HSR, los Redbox deben ser configurados como dispositivos BC
- En general, en aplicaciones de subestaciones digitales se recomienda utilizar el perfil 61850-9-3. Sin embargo, se debe validar que todos los dispositivos en la red de comunicación suiches, redbox, IEDs, estos deben soportar este perfil.
- Los diseños asociados al SAS no solo deben plantear una arquitectura de comunicaciones, sino que debe tener una visión holística de todos los elementos que participan en la red y en la sincronización de tiempo.

CONCLUSIONES

De este conjunto de pruebas se obtiene como producto un protocolo para validar el desempeño de la red de sincronismo, este insumo complementa los protocolos que ya son ejecutados durante la fase de puesta en servicio de subestaciones de energía.

Se debe implementar una estrategia a nivel de pruebas y de asimilación tecnológica que permitan en un ambiente controlado validar y conocer las respuestas de estos equipos ante diferentes condiciones de operación, de tal manera que se puedan tener conclusiones contundentes de su comportamiento, que generen la tranquilidad de que los mismos son adecuados para estar en servicio en subestaciones de energía, además de retroalimentar las especificaciones técnicas y permitir que diferentes fabricantes expongan sus propuestas.

SUBESTACIONES DIGITALES EN EPM

10° Encuentro
de Proveedores y Contratistas Grupo EPM
V Edición Jornadas Técnicas

• Transición energética • Economía circular
• Rentabilización de operaciones • Transformación digital

- **FASE I:** Digitalización de señales por los IED y envío por medio de MMS y GOOSE
- **FASE II:** Merging Units en tableros MK, señalización de enclavamientos y disparos por mensajería GOOSE
- **FASE III:** Utilización de Sample Values, señales digitales exclusivamente por comunicaciones

Pruebas para la Fase III

- ¿Qué efecto tiene el tamaño del paquete de datos en los tiempos de envío y recibo de señales entre los dispositivos?
- ¿Se pierde información en el muestreo de las señales análogas al momento de una falla?
- ¿Qué diferencia de tiempo hay en la actuación de una protección con medidas convencionales vs Sample Values?
- ¿Qué pasa con las protecciones cuando falla el sincronismo de tiempo?
- Saturación del canal de comunicaciones con los Sample Values

PRUEBAS SUBESTACIÓN DIGITAL FASE III

Efecto del tamaño de los Dataset en el tiempo de respuesta

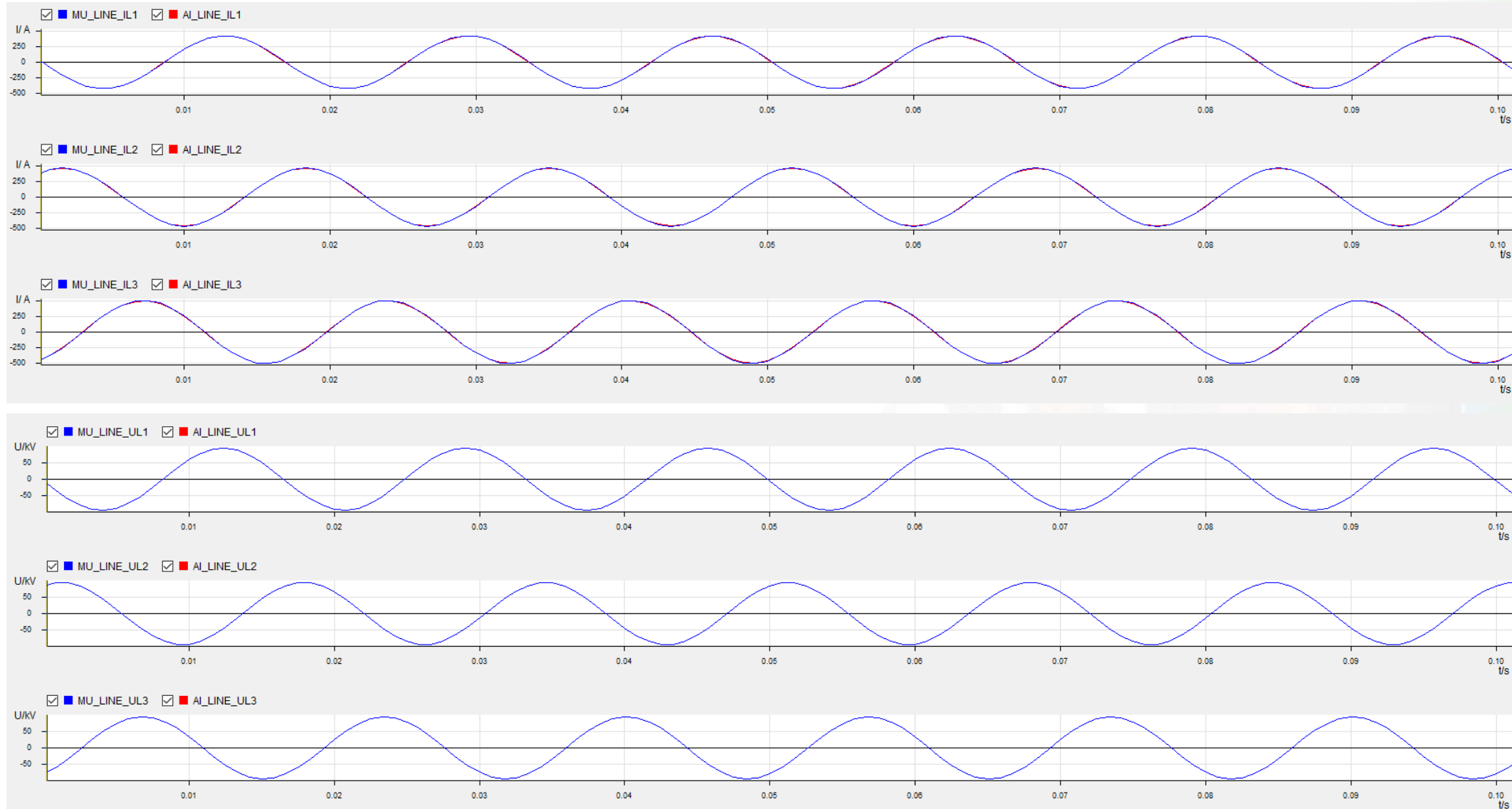
- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Tipo de DataSet	Cantidad de mensajes	SIEMENS - ABB	ABB - SIEMENS	Notas
Enclavamientos	30	3.3	---	
Disparos	2	3.08	1.5	
Enclavamientos	60	3.5	---	
Disparos	2	4	1.5	
Enclavamientos	60	4.4	---	Se ponene a variar 30 señales con intervalos de 100 ms
Disparos	2	3.9	1.1	
Enclavamientos	90	4.57	---	Se ponene a variar 30 señales con intervalos de 5 ms
Disparos	2	3.5	0.92	
Enclavamientos	90	4		Se ponene a variar 60 señales al mismo tiempo
Disparos	2	3.25	1.25	

PRUEBAS SUBESTACIÓN DIGITAL FASE III

Comparación de señales análogas cableadas vs digitalizadas

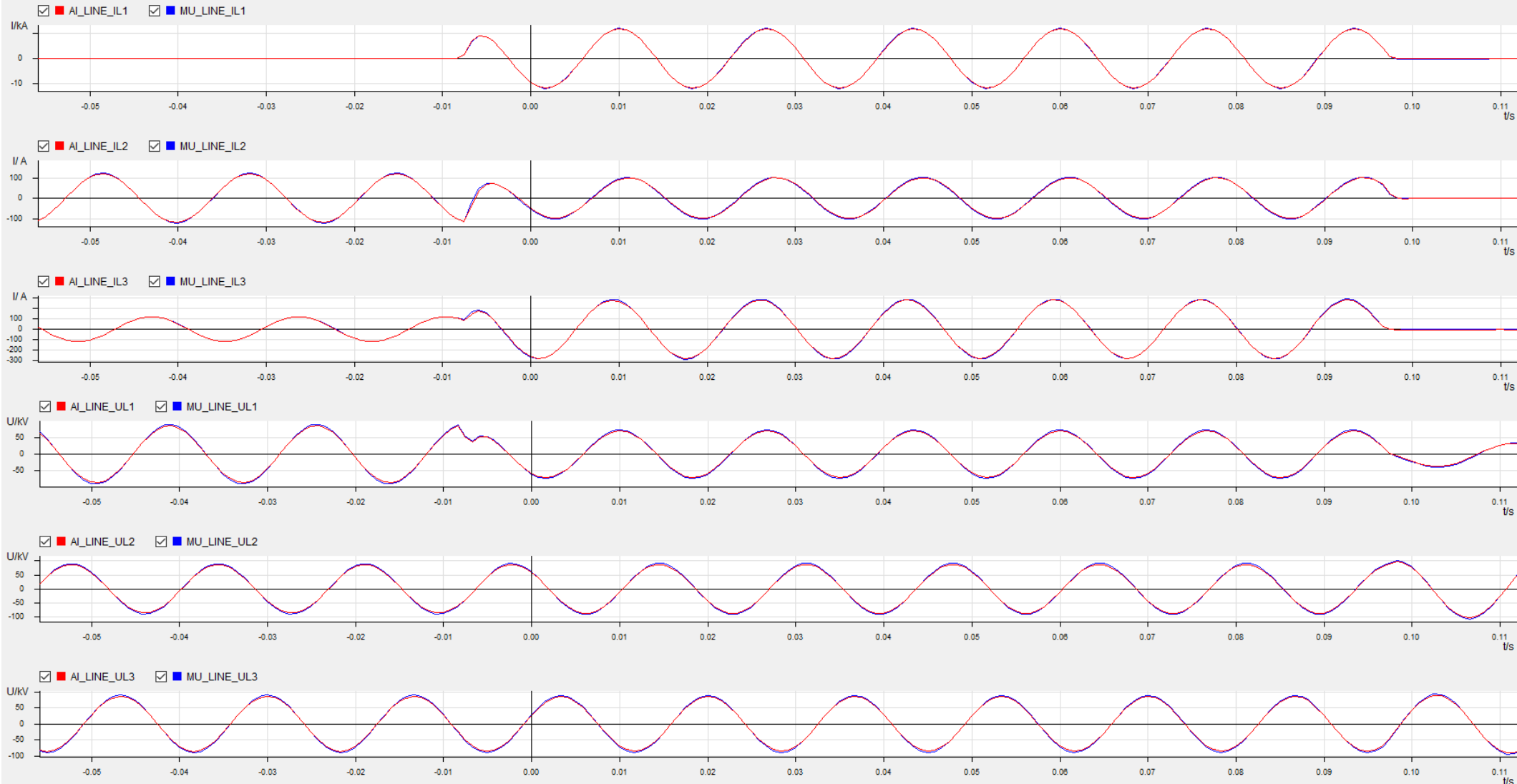
- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



PRUEBAS SUBESTACIÓN DIGITAL FASE III

Comparación de señales análogas cableadas vs digitalizadas ante una falla

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



PRUEBAS SUBESTACIÓN DIGITAL FASE III

Comparación del desempeño de las protecciones con señales análogas cableadas vs digitalizadas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

#	Falla fase R AI	Falla de línea 1 -...	Disparo B1	Disparo B2
1	Ejecutado	5.0000 Ω	45.4 ms	45.4 ms
2	Ejecutado	5.0000 Ω	44.8 ms	45.1 ms
3	Ejecutado	5.0000 Ω	45.0 ms	45.2 ms
4	Ejecutado	5.0000 Ω	44.9 ms	44.9 ms
5	Ejecutado	5.0000 Ω	45.1 ms	45.1 ms
6	Ejecutado	10.0000 Ω	45.0 ms	45.0 ms
7	Ejecutado	10.0000 Ω	45.1 ms	45.1 ms
8	Ejecutado	10.0000 Ω	44.9 ms	45.1 ms
9	Ejecutado	10.0000 Ω	45.1 ms	45.3 ms
10	Ejecutado	10.0000 Ω	44.8 ms	44.8 ms
11	Ejecutado	15.0000 Ω	44.9 ms	44.9 ms
12	Ejecutado	15.0000 Ω	45.2 ms	45.2 ms
13	Ejecutado	15.0000 Ω	45.0 ms	45.0 ms
14	Ejecutado	15.0000 Ω	45.3 ms	45.3 ms
15	Ejecutado	15.0000 Ω	45.1 ms	45.1 ms

#	Falla fase R MU	Falla de línea 1 -...	Disparo B1	Disparo B2
1	Ejecutado	5.0000 Ω	45.2 ms	45.2 ms
2	Ejecutado	5.0000 Ω	45.1 ms	45.1 ms
3	Ejecutado	5.0000 Ω	45.0 ms	45.0 ms
4	Ejecutado	5.0000 Ω	45.0 ms	45.0 ms
5	Ejecutado	5.0000 Ω	45.1 ms	45.1 ms
6	Ejecutado	10.0000 Ω	45.1 ms	45.1 ms
7	Ejecutado	10.0000 Ω	44.8 ms	44.9 ms
8	Ejecutado	10.0000 Ω	44.9 ms	44.9 ms
9	Ejecutado	10.0000 Ω	45.0 ms	45.2 ms
10	Ejecutado	10.0000 Ω	45.2 ms	45.2 ms
11	Ejecutado	15.0000 Ω	45.0 ms	45.0 ms
12	Ejecutado	15.0000 Ω	45.1 ms	45.1 ms
13	Ejecutado	15.0000 Ω	45.1 ms	45.1 ms
14	Ejecutado	15.0000 Ω	45.1 ms	45.1 ms
15	Ejecutado	15.0000 Ω	45.1 ms	45.1 ms

PRUEBAS SUBESTACIÓN DIGITAL FASE III

¿Qué pasa cuando falla la referencia del sincronismo?

0min

Señal de medida	Fundamental / Subarm.	Fase
MU_LINE_IL1	299.87 A	-10.1°
MU_LINE_IL2	329.82 A	-130.0°
MU_LINE_IL3	359.78 A	110.0°
MU_LINE_UL1	66.059 kV	-0.0°
MU_LINE_UL2	66.060 kV	-120.0°
MU_LINE_UL3	66.063 kV	120.0°
AI_LINE_IL1	298.33 A	-9.9°
AI_LINE_IL2	327.73 A	-129.8°
AI_LINE_IL3	358.17 A	110.3°
AI_LINE_UL1	66.118 kV	0.0°
AI_LINE_UL2	66.115 kV	-120.0°
AI_LINE_UL3	66.125 kV	120.0°

45min

Señal de medida	Fundamental / Subarm.	Fase
MU_LINE_IL1	299.94 A	-4.6°
MU_LINE_IL2	329.79 A	-124.5°
MU_LINE_IL3	359.82 A	115.6°
MU_LINE_UL1	66.055 kV	5.5°
MU_LINE_UL2	66.055 kV	-114.5°
MU_LINE_UL3	66.058 kV	125.5°
AI_LINE_IL1	298.37 A	-9.9°
AI_LINE_IL2	328.22 A	-129.8°
AI_LINE_IL3	358.33 A	110.3°
AI_LINE_UL1	66.121 kV	0.0°
AI_LINE_UL2	66.118 kV	-120.0°
AI_LINE_UL3	66.115 kV	120.0°

80min

Señal de medida	Fundamental / Subarm.	Fase
MU_LINE_IL1	299.75 A	5.1°
MU_LINE_IL2	329.73 A	-114.8°
MU_LINE_IL3	359.85 A	125.3°
MU_LINE_UL1	66.054 kV	15.2°
MU_LINE_UL2	66.055 kV	-104.8°
MU_LINE_UL3	66.057 kV	135.2°
AI_LINE_IL1	298.52 A	-9.9°
AI_LINE_IL2	327.93 A	-129.8°
AI_LINE_IL3	358.29 A	110.3°
AI_LINE_UL1	66.127 kV	0.0°
AI_LINE_UL2	66.129 kV	-120.0°
AI_LINE_UL3	66.123 kV	120.0°

140min

Señal de medida	Fundamental / Subarm.	Fase
MU_LINE_IL1	299.82 A	37.3°
MU_LINE_IL2	329.70 A	-82.6°
MU_LINE_IL3	359.80 A	157.5°
MU_LINE_UL1	66.048 kV	47.4°
MU_LINE_UL2	66.048 kV	-72.6°
MU_LINE_UL3	66.051 kV	167.4°
AI_LINE_IL1	298.85 A	-9.9°
AI_LINE_IL2	327.91 A	-129.8°
AI_LINE_IL3	358.60 A	110.3°
AI_LINE_UL1	66.124 kV	0.0°
AI_LINE_UL2	66.113 kV	-120.0°
AI_LINE_UL3	66.124 kV	120.0°

PRUEBAS SUBESTACIÓN DIGITAL FASE III

¿Qué pasa cuando falla la referencia del sincronismo?

0min

Señal de medida	Fundamental / Subarm.	Fase
MU_LINE_IL1	299.87 A	-10.0°
MU_LINE_IL2	329.82 A	-130.0°
MU_LINE_IL3	359.78 A	110.1°
MU_LINE_UL1	66.059 kV	0.0°
MU_LINE_UL2	66.060 kV	-120.0°
MU_LINE_UL3	66.063 kV	120.0°
AI_LINE_IL1	298.33 A	-9.9°
AI_LINE_IL2	327.73 A	-129.8°
AI_LINE_IL3	358.17 A	110.3°
AI_LINE_UL1	66.118 kV	0.0°
AI_LINE_UL2	66.115 kV	-120.0°
AI_LINE_UL3	66.125 kV	120.0°

45min

Señal de medida	Fundamental / Subarm.	Fase
MU_LINE_IL1	299.89 A	-10.0°
MU_LINE_IL2	329.84 A	-130.0°
MU_LINE_IL3	359.76 A	110.1°
MU_LINE_UL1	66.055 kV	0.0°
MU_LINE_UL2	66.055 kV	-120.0°
MU_LINE_UL3	66.058 kV	120.0°
AI_LINE_IL1	298.44 A	-15.3°
AI_LINE_IL2	327.79 A	-135.3°
AI_LINE_IL3	358.41 A	104.8°
AI_LINE_UL1	66.136 kV	-5.5°
AI_LINE_UL2	66.138 kV	-125.5°
AI_LINE_UL3	66.124 kV	114.5°

80min

Señal de medida	Fundamental / Subarm.	Fase
MU_LINE_IL1	299.92 A	-10.0°
MU_LINE_IL2	329.74 A	-130.0°
MU_LINE_IL3	359.85 A	110.1°
MU_LINE_UL1	66.054 kV	0.0°
MU_LINE_UL2	66.054 kV	-120.0°
MU_LINE_UL3	66.057 kV	120.0°
AI_LINE_IL1	298.74 A	-25.0°
AI_LINE_IL2	327.97 A	-145.0°
AI_LINE_IL3	358.40 A	95.1°
AI_LINE_UL1	66.121 kV	-15.2°
AI_LINE_UL2	66.129 kV	-135.2°
AI_LINE_UL3	66.127 kV	104.8°

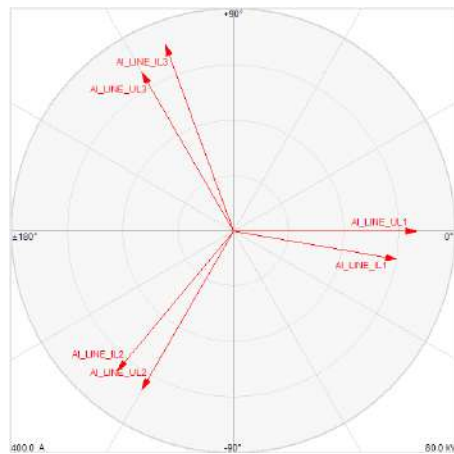
140min

Señal de medida	Fundamental / Subarm.	Fase
MU_LINE_IL1	299.82 A	-10.0°
MU_LINE_IL2	329.70 A	-130.0°
MU_LINE_IL3	359.80 A	110.1°
MU_LINE_UL1	66.048 kV	-0.0°
MU_LINE_UL2	66.048 kV	-120.0°
MU_LINE_UL3	66.051 kV	120.0°
AI_LINE_IL1	298.85 A	-57.2°
AI_LINE_IL2	327.91 A	-177.2°
AI_LINE_IL3	358.60 A	62.9°
AI_LINE_UL1	66.124 kV	-47.4°
AI_LINE_UL2	66.113 kV	-167.4°
AI_LINE_UL3	66.124 kV	72.6°

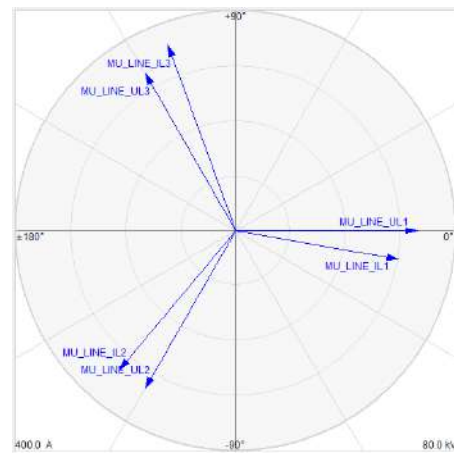
PRUEBAS SUBESTACIÓN DIGITAL FASE III

¿Qué pasa cuando falla la referencia del sincronismo?

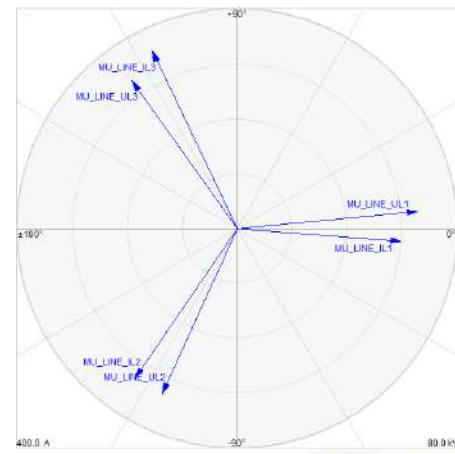
Señal análoga



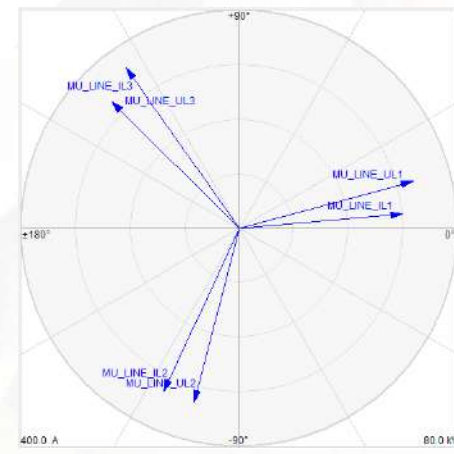
Señal digitalizada



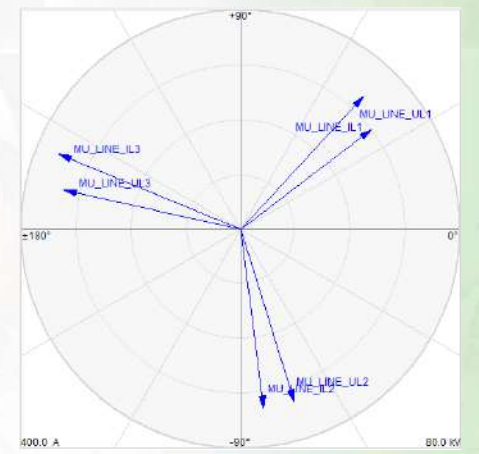
45min



80min



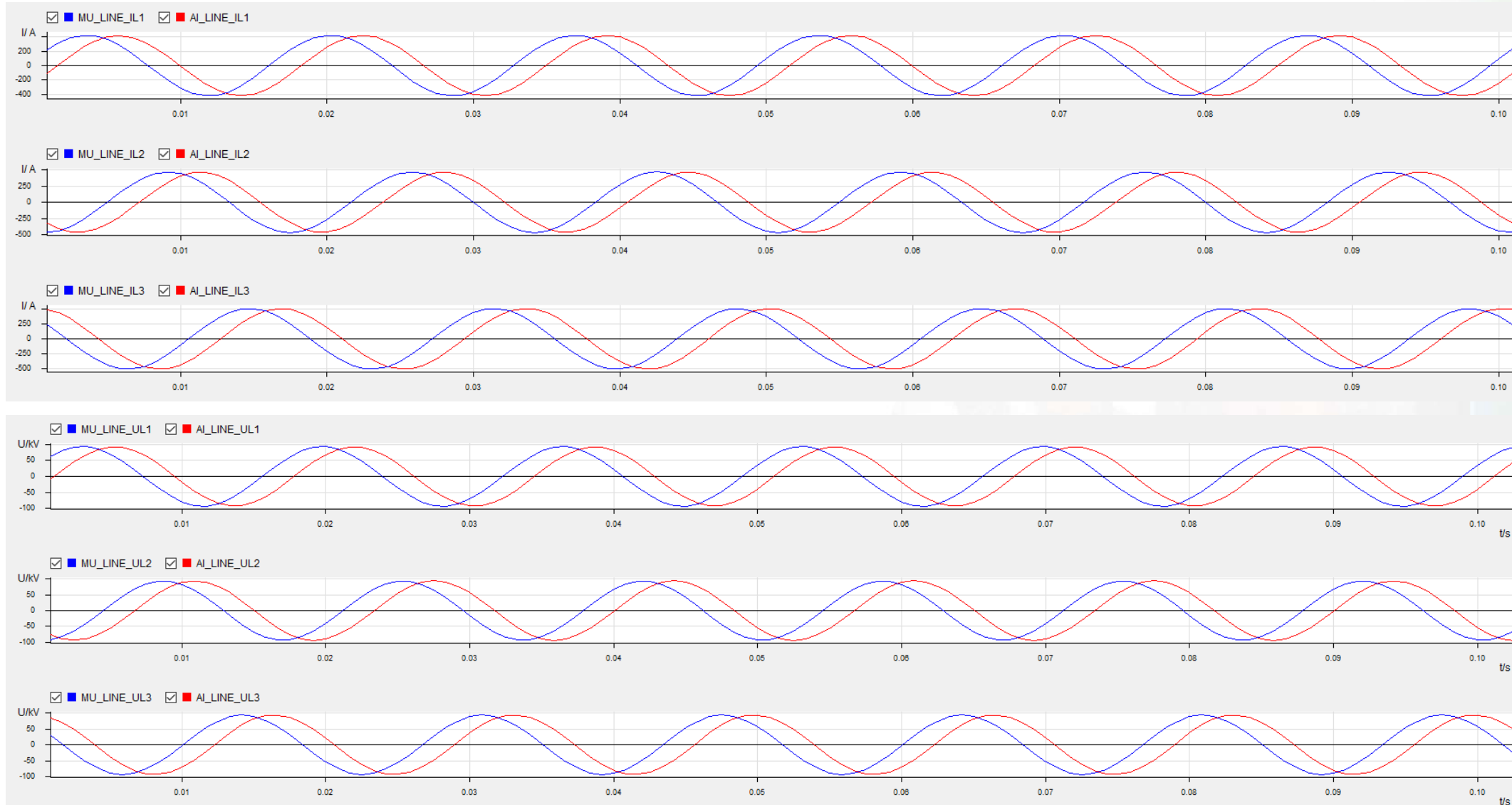
140min



PRUEBAS SUBESTACIÓN DIGITAL FASE III

¿Qué pasa cuando falla la referencia del sincronismo 140min?

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



PRUEBAS SUBESTACIÓN DIGITAL FASE III

¿Qué pasa cuando se presenta una falla y no se tiene referencia de sincronismo?

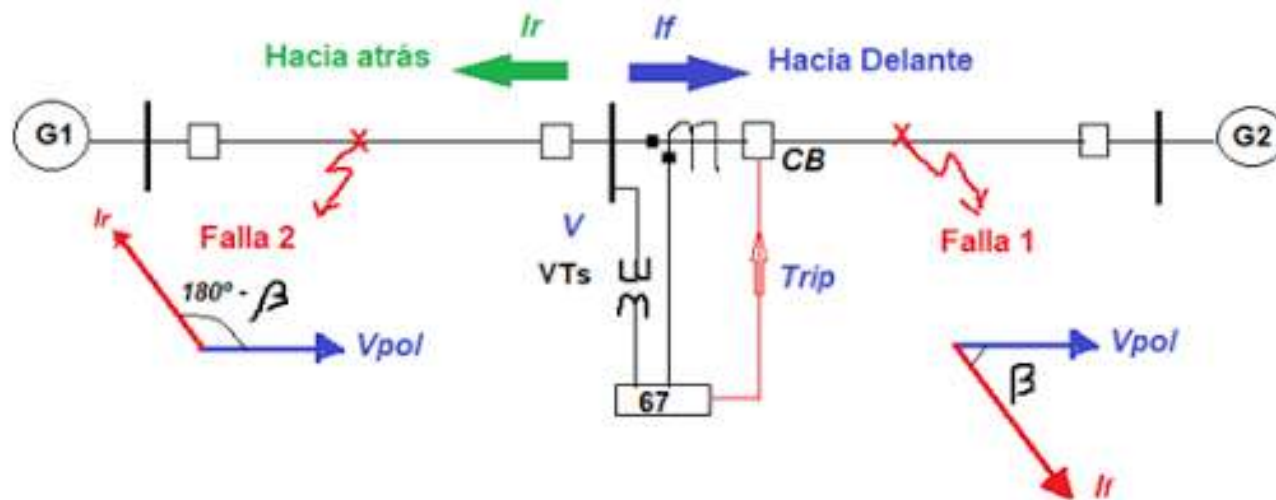


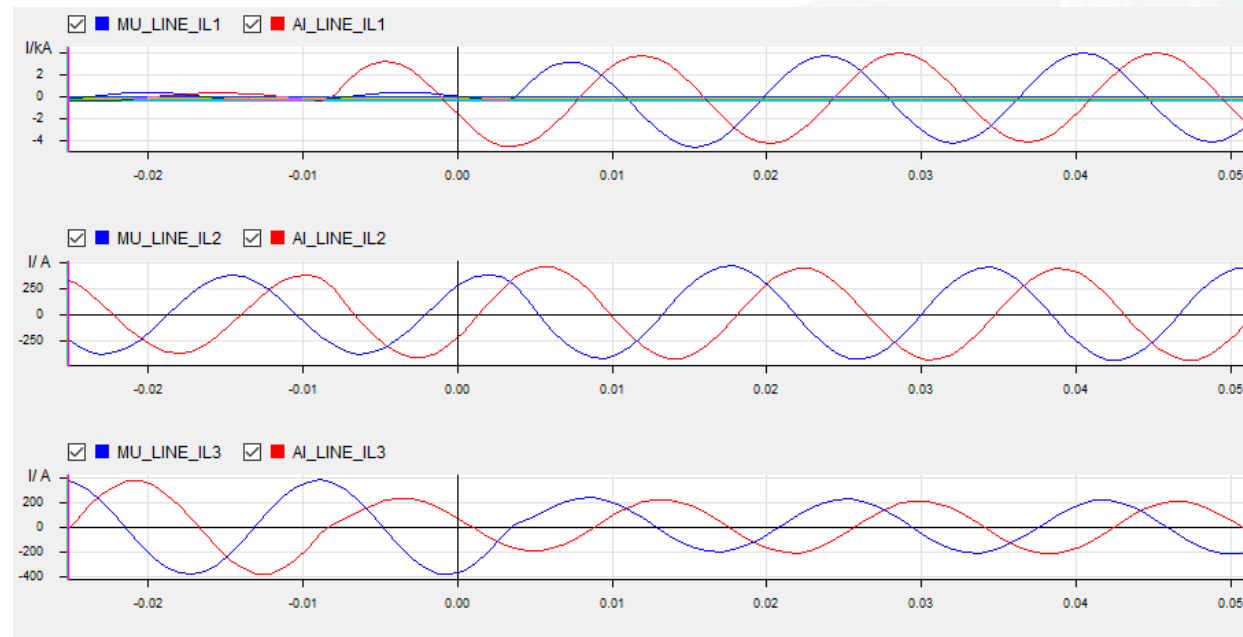
Imagen tomada de: <https://www.electricaltopics.info/2021/04/abc-de-los-reles-direccionales-de.html>

PRUEBAS SUBESTACIÓN DIGITAL FASE III

¿Qué pasa cuando se presenta una falla y no se tiene referencia de sincronismo?

Desfase de: 11.9ms/258°

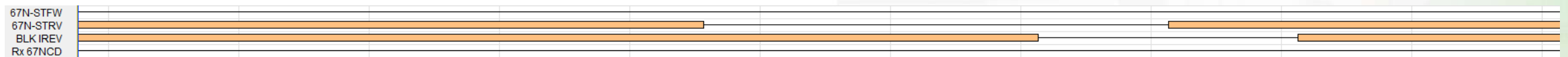
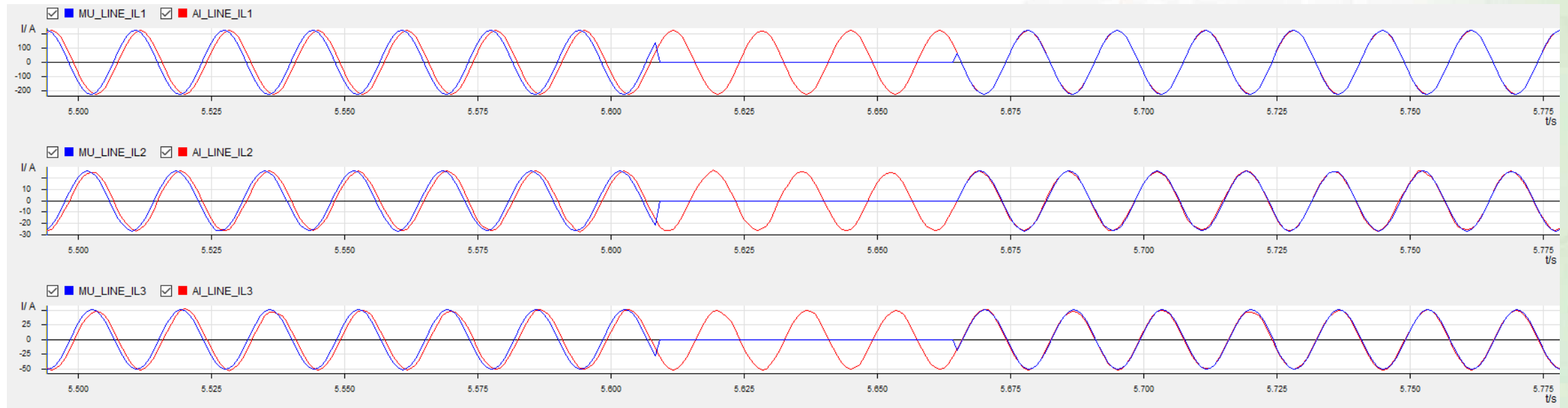
Señal de medida	Fundamental / Subarm.	Fase
MU_LINE_IL1	0.2694 kA	-109.3°
MU_LINE_IL2	270.07 A	131.0°
MU_LINE_IL3	269.33 A	10.7°
MU_LINE_UL1	58.980 kV	102.0°
MU_LINE_UL2	58.982 kV	-18.0°
MU_LINE_UL3	58.965 kV	-138.0°
AI_LINE_IL1	0.9807 kA	-90.4°
AI_LINE_IL2	282.92 A	39.5°
AI_LINE_IL3	216.54 A	-95.3°
AI_LINE_UL1	41.343 kV	0.0°
AI_LINE_UL2	60.113 kV	-121.4°
AI_LINE_UL3	59.353 kV	122.1°



Falla hacia adelante fase R	Z2	Z4	67	67N
Arranque de funciones sin reloj	34.2ms	34.3ms	13.9ms	63.8ms
Arranque de funciones con reloj	23.0ms	19.9ms	17.7ms	72.8ms
Diferencia	11.2ms	14.4ms	3.8ms	9.0ms

PRUEBAS SUBESTACIÓN DIGITAL FASE III

¿Qué pasa cuando regresa la referencia del sincronismo y se tiene una falla hacia atrás?



PRUEBAS SUBESTACIÓN DIGITAL FASE III

¿Qué pasa cuando falla la referencia del sincronismo en una diferencial de línea cuando un extremo es una SE convencional y otro extremo es una SE Digital?

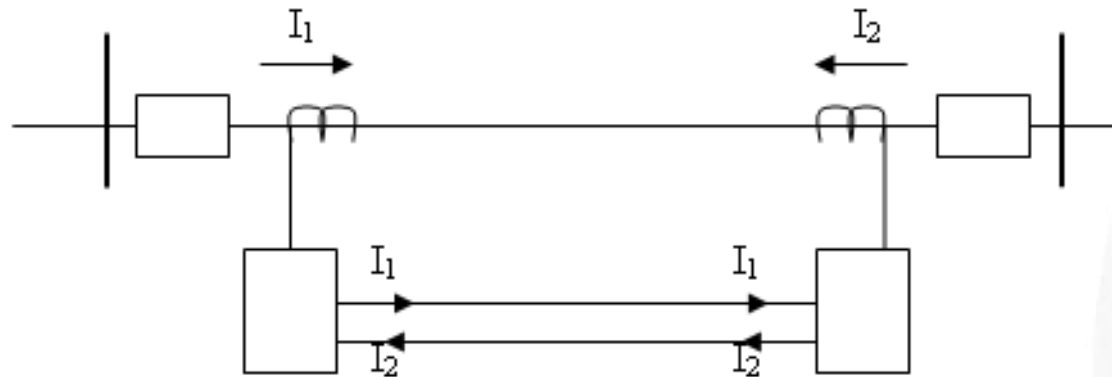


Imagen tomada de: <https://www.monografias.com/trabajos88/proteccion-lineas-cortas/proteccion-lineas-cortas>

PRUEBAS SUBESTACIÓN DIGITAL FASE III

¿Qué pasa cuando falla la referencia del sincronismo en una diferencial de línea cuando un extremo es una SE Convencional y otro extremo es una SE Digital?

- Falla GPS en la SE convencional
- Falla GPS en la SE digital:
 - Falla de la antena del GPS
 - Pérdida del GPS en la Red LAN

CONCLUSIONES PRUEBAS SUBESTACIÓN DIGITAL FASE III

- El sincronismo de tiempo toma un papel relevante en el desempeño de las protecciones
- El desempeño de los relés y la operación de los disparos es muy similar cuando se usan Sample Values comparado con las medidas análogas cableadas.
- Según el tipo de protección se presentan 3 escenarios que se deben tener en cuenta al momento de su configuración en una subestación digital:
 1. Señales recibidas por un mismo equipo
 2. Señales recibidas por diferentes equipos en la misma subestación
 3. Señales recibidas por diferentes equipos de distintas subestaciones

SUBESTACIÓN DIGITAL RODEO 110kV (FASE III)

10° Encuentro
de Proveedores y Contratistas Grupo EPM
V Edición Jornadas Técnicas

• Transición energética • Economía circular
• Rentabilización de operaciones • Transformación digital

- **PROTECCIÓN PRINCIPAL:** USO DE SEÑALES ANÁLOGAS CABLEADAS DIRECTAMENTE AL RELÉ

FUNCIONES DE PROTECCIÓN:

- DIFERENCIAL DE LÍNEA (87L)
- DISTANCIA (21)
- SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL (67/67N)
- CIERRE EN FALLA (SOFT)
- SOBRETENSIÓN (59)
- ESQUEMAS TELEPROTECCIÓN (POTT – 67NCD – DDT)

- **PROTECCIÓN DE RESPALDO:** USO DE SEÑALES ANÁLOGAS MUESTREADAS POR LAS MEGING UNITS (SAMPLE VALUES)

FUNCIONES DE PROTECCIÓN:

- SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL (67/67N)
- FALLA INTERRUPTOR (50BF)
- SOBRETENSIÓN (59)
- ESQUEMAS TELEPROTECCIÓN (67NCD – DDT)

10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital





EPM estamos ahí
@EPMestamosahi

EPM finalizó la ampliación y modernización de la subestación eléctrica Rodeo, que beneficia a todos los usuarios del Valle de Aburrá.

Más información aquí

cu.epm.com.co/Portals/instit...



10:03 a. m. · 25 ago. 2023 · 3.302 Reproducciones

10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Boletín informativo



EPM finalizó la ampliación y modernización de la subestación eléctrica Rodeo, que beneficia a todos los usuarios del Valle de Aburrá

- Con estas obras, EPM fortalece la confiabilidad energética y el sistema de transmisión de energía en el Valle de Aburrá.
- El proyecto, que inició su fase constructiva en julio de 2021 y entró en operación el 21 de agosto de 2023, demandó una inversión de \$61.537 millones
- Esta modernización se suma a la transformación digital para la transición energética en el sector eléctrico colombiano

10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

¡Gracias!

Grupo·epm