

Empresa
País
Proyecto
Descripción

Elecnor
Colombia
P.F. Portón del sol
Informe - Auditoría Curva de
capacidad acuerdo CNO 1563



CÓDIGO DE PROYECTO EE-2023-061
CÓDIGO DE INFORME EE-EN-2024-0184
REVISIÓN B

27 feb. 24



Este documento **EE-EN-2024-0184-RB** fue preparado para Elecnor por el Grupo Estudios Eléctricos.

Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

Ing. Claudio Celman
Sub-Gerente Dpto. Ensayos e Ingeniería
claudio.celman@estudios-electricos.com

Ing. Andrés Capalbo
Sub-Gerente Dpto. Ensayos e Ingeniería
andres.capalbo@estudios-electricos.com

Ing. Pablo Rifrani
Gerente Dpto. Ensayos e Ingeniería
pablo.rifrani@estudios-electricos.com

Informe realizado en colaboración con todas las empresas del grupo: **Estudios Eléctricos S.A., Estudios Eléctricos Chile, Estudios Eléctricos Colombia y Electrical Studies Corp.**

Este documento contiene 49 páginas y ha sido guardado por última vez el 27/02/2024 por Claudio Celman; sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Revisión	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	27/02/2024	Para presentar	NE/DM	AdP	PR
B	27/02/2024	Corrección formato	NE/DM	AdP	PR

Todas las firmas digitales pueden ser validadas y autenticadas a través de la web de Estudios Eléctricos; <http://www.estudios-electricos.com/certificados>.



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	5
	1.1. Definiciones	5
2	INFORMACIÓN DE LA CENTRAL	6
	Curva de capacidad P-Q Propuesta	7
3	MEDICIONES.....	8
	3.1. Equipo de medición	8
4	CÁLCULO DE ERRORES.....	9
	4.1. Error de medición del Multimedidor BlackBox	9
	4.2. Multimedidor Janitza	10
5	DESARROLLO DEL ENSAYO.....	12
	5.1. Procedimiento de ensayos.....	12
	5.2. Resultados Obtenidos.....	12
	5.3. Curva de capacidad efectiva.....	16
	5.3.1. Puntos alcanzados durante la auditoría	16
	5.4. Detalle de evaluación de cumplimiento	18
	5.4.1. Detalle de la región de absorción.....	18
	5.4.2. Detalle de la región de inyección.....	20
	5.5. Curva de capacidad definitiva	22
6	REGISTRO DE ENSAYOS.....	23
	6.1. Tendencias – Punto 1 (102.0 MW, -23.26 MVar).....	23
	6.1.1. Control de Tensión.....	23
	6.1.2. Control de Potencia Reactiva.....	24
	6.1.3. Control de Factor de Potencia.....	24
	6.2. Tendencias – Punto 2 (96.90 MW, -33.66 MVar).....	25
	6.2.1. Control de Tensión.....	25
	6.2.2. Control de Potencia Reactiva.....	25
	6.2.3. Control de Factor de Potencia.....	26
	6.3. Tendencias – Punto 3 (51.00 MW, -33.66 MVar).....	27
	6.3.1. Control de Tensión.....	27
	6.3.2. Control de Potencia Reactiva.....	27
	6.3.3. Control de Factor de Potencia.....	28
	6.4. Tendencias – Punto 4 (20.40 MW, -33.66 MVar).....	29
	6.4.1. Control de Tensión.....	29
	6.4.2. Control de Potencia Reactiva.....	29
	6.4.3. Control de Factor de Potencia.....	30
	6.5. Tendencias – Punto 5 (10.20 MW, -10.20 MVar).....	31
	6.5.1. Control de Tensión.....	31
	6.5.2. Control de Potencia Reactiva.....	31
	6.5.3. Control de Factor de Potencia.....	32
	6.6. Tendencias – Punto 6 (102.0 MW, 23.26 MVar)	33
	6.6.1. Control de Tensión.....	33
	6.6.2. Control de Potencia Reactiva.....	33
	6.6.3. Control de Factor de Potencia.....	34
	6.7. Tendencias – Punto 7 (96.90 MW, 33.66 MVar)	34
	6.7.1. Control de Tensión.....	34
	6.7.2. Control de Potencia Reactiva.....	35
	6.7.3. Control de Factor de Potencia.....	35
	6.8. Tendencias – Punto 8 (51.00 MW, 33.66 MVar)	36
	6.8.1. Control de Tensión.....	36
	6.8.2. Control de Potencia Reactiva.....	36
	6.8.3. Control de Factor de Potencia.....	37
	6.9. Tendencias – Punto 9 (20.40 MW, 33.66 MVar)	38



6.9.1.	Control de Tensión.....	38
6.9.2.	Control de Potencia Reactiva.....	38
6.9.3.	Control de Factor de Potencia.....	39
6.10.	Tendencias – Punto 10 (10.20 MW, 10.20 MVar)	40
6.10.1.	Control de tensión.....	40
6.10.2.	Control de Potencia Reactiva.....	40
6.10.3.	Control de Factor de Potencia.....	41
7	CONCLUSIONES.....	42
8.	ANEXOS	43
8.1.	Procedimiento de ensayos.....	43
8.1.1.	Verificación de la Curva en la Región de absorción de potencia reactiva.....	43
8.1.2.	Verificación de la Curva en la Región de entrega de potencia reactiva	45
8.2.	Certificados de calibración	47
8.2.1.	Multimedidor BlackBox.....	47
8.1.1.	Multimedidor Janitza UMG 512 Pro.....	48



1 INTRODUCCIÓN

El presente informe documenta los resultados obtenidos en la auditoría de verificación de la curva de capacidad realizada en el P.F. Portón del sol. Dichas pruebas fueron realizadas los días 18 y 19 de diciembre de 2023 y 22 y 23 de febrero de 2024, por la empresa auditora ESTUDIOS ELÉCTRICOS, siguiendo los lineamientos establecidos en el acuerdo CNO 1563. Con el objetivo de verificar el cumplimiento de la regulación vigente en donde se establece que las plantas solares fotovoltaicas y eólicas deben tener la capacidad de controlar la tensión en forma continua en el rango operativo normal del punto de conexión, por medio de la entrega o absorción de potencia reactiva de acuerdo con su curva de carga PQ declarada y según las consignas de operación definidas por el CND. Es claro que su obligación es entregar o absorber reactivos de acuerdo con su curva declarada en el punto de conexión y el control de tensión dependerá de la interacción sistémica de todos los elementos de control y los recursos de generación, transporte y cargas que tengan incidencia en dicho punto, así como de las consignas de operación que defina el CND.

La auditoría se realizó en el punto de interconexión ubicado en la subestación Purnio en 230 kV. El auditor responsable es el Ing. Claudio Celman.

1.1. Definiciones

Término	Descripción
PELEC	Potencia eléctrica (activa)
QELEC	Potencia reactiva
UBUS	Tensión de terminales
FREC	Frecuencia
POI	Punto de Interconexión
V	Tensión (Modo de control)
Q	Potencia Reactiva (Modo de control)
PF	Factor de Potencia (Modo de control)

Tabla 1.1 – Tabla de nomenclaturas



2 INFORMACIÓN DE LA CENTRAL

El P.F. Portón del sol, propiedad de Elecnor, se encuentra ubicado en el municipio de La Dorada, departamento de Caldas, Colombia y posee una potencia instalada en DC (de sus siglas en inglés 'Direct Current') de 128.03 MW con una capacidad efectiva neta de 102 MW.

El parque dispone de 28 inversores fotovoltaicos marca Gamesa Electric Proteus modelo PV 4300 de 4300 kVA de capacidad. La red colectora del parque está compuesta por 6 alimentadores en 34.5 kV que colectan la potencia generada por los inversores del parque.

El parque posee 15 estaciones de transformación que interconectan la salida en BT de los inversores con la red de MT, de las cuales 13 cuentan con un transformador de bloque de tres devanados de relación de transformación 0.63/0.63/34.5 kV y potencia nominal 9.42 MVA donde se conectan dos inversores, y las 2 estaciones restantes cuentan con un transformador de bloque de dos devanados de relación de transformación 0.63/34.5 kV y potencia nominal 4.71 MVA donde se conecta un único inversor. El parque se conecta al Sistema a través de la S/E Purnio en 230 kV donde se define el punto de interconexión del parque con el Sistema Interconectado Nacional.

Los datos de la central ensayada son los siguientes:

Parque Solar Portón del sol

Potencia Pico	120.4	MWp
Potencia en el POI	102.0	MW
Mínimo técnico	0.0	MW
Rango	102.0	MW
Inversores	28 inversores de 4300 kW cada uno	-

Tabla 2.1 – Datos de la central



Curva de capacidad P-Q Propuesta

En la Figura 2.1 y la Tabla 2.2 se presentan los puntos PQ a ser auditados en el punto de conexión, los cuales fueron acordados entre Elecnor y el CND, según el artículo 5 del Acuerdo CNO 1563.

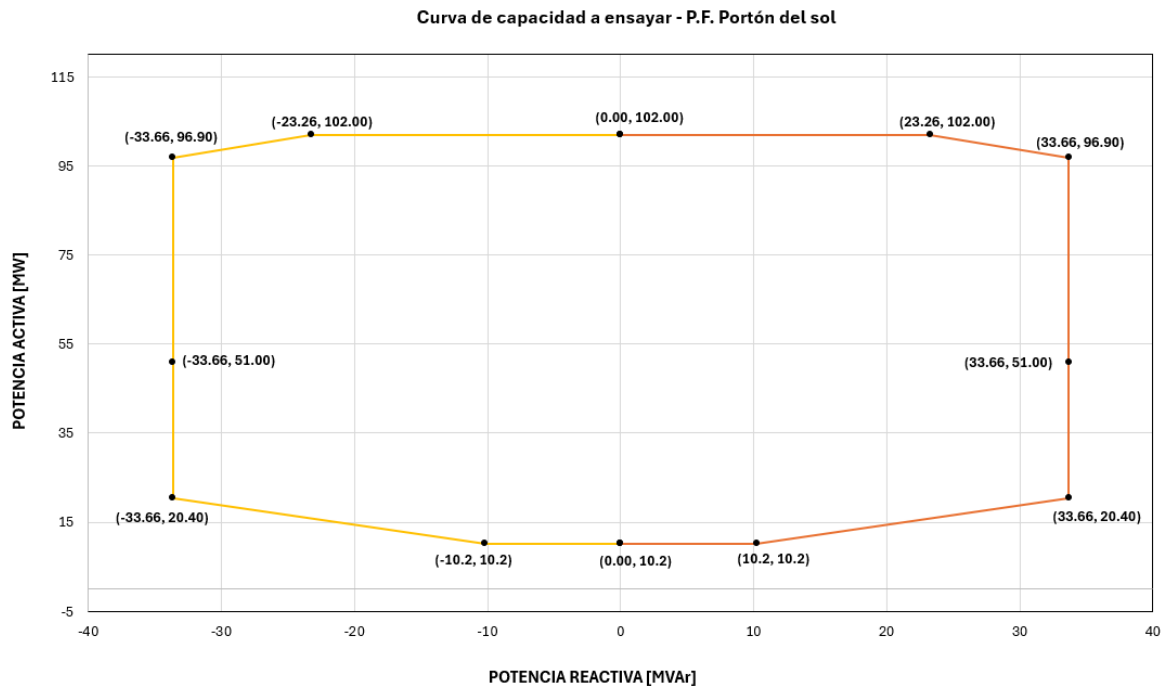


Figura 2.1 – Curva de Capacidad a auditar – P.F. Portón del sol

Puntos Objetivos	Región	Potencia Activa POI [MW]	Potencia Reactiva POI [MVar]
1	Absorción	102.00	-23.26
2	Absorción	96.90	-33.66
3	Absorción	51.00	-33.66
4	Absorción	20.40	-33.66
5	Absorción	10.20	-10.20
6	Entrega	102.00	23.26
7	Entrega	96.90	33.66
8	Entrega	51.00	33.66
9	Entrega	20.40	33.66
10	Entrega	10.20	10.20

Tabla 2.2. – Puntos PQ acordados con el CND a ser auditados



3 MEDICIONES

3.1. Equipo de medición

Para las mediciones realizadas se emplearon los equipos listados en la Tabla 3.1.

Equipo	Marca	Modelo	Número de Serie	Clase
Multimedidor	ELSPEC	G4500 BlackBox	00-60-35-38-11-F4	$\pm 0.2\%$ Potencia Activa $\pm 2\%$ Potencia Reactiva
Multimedidor	Janitza	UMG 512 PRO	4201-5343	$\pm 0.3\%$ Potencia Activa $\pm 1\%$ Potencia Reactiva
CT's	Elementos de Planta			0.2%
PT's	Elementos de planta			0.2%

Tabla 3.1 – Equipos de medición utilizados

Para las mediciones realizadas se utilizaron los puntos de conexión detallados en la Tabla 3.2

Mediciones	Escala	Equipo utilizado
Tensiones en el Punto de conexión SE Purnio 230 kV	$230/\sqrt{3} : 0.115/\sqrt{3}$ kV	Multimedidor BlackBox / Janitza
Corrientes en el Punto de conexión SE Purnio 230 kV	400 : 1 A	Multimedidor BlackBox / Janitza

Tabla 3.2 – Puntos de Conexión



4 CÁLCULO DE ERRORES

Los siguientes son los datos de los equipos intervinientes en la cadena de medición:

- CT: clase 0.2, relación 400 : 1 A
- PT: clase 0.2, relación $230/\sqrt{3}$: $0.115/\sqrt{3}$ kV.
- Multimedidor BlackBox: Incertidumbre intrínseca de 0.2 para potencia activa y 2 para potencia reactiva.
- Multimedidor Janitza: Incertidumbre intrínseca de 0.3 para potencia activa y 1 para potencia reactiva.

Nota: Los valores de incertidumbre del medidor fueron obtenidos del manual del fabricante.

Siguiendo los lineamientos de la guía GUM, el error relativo de la medición puede calcularse como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los errores relativos:

$$E_r = \sqrt{\sum E_{ri}^2}$$

Donde E_{ri} es cada uno de los errores relativos que afectan la medición realizada.

La clase de los instrumentos es el error absoluto referido a fondo de escala. Si se considera al error relativo de cada instrumento como su clase se lleva a cabo una aproximación conservadora.

4.1. Error de medición del Multimedidor BlackBox

- Potencia activa

$$E_{r_{medidor}} = 0.2\%$$

$$E_{CT} = \frac{CL_{CT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

$$E_{PT} = \frac{CL_{PT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

De este modo queda:

$$E_r = \sqrt{0.2^2 + 0.1155^2 + 0.1155^2} = 0.26 \%$$

Para el cálculo del error absoluto no se considera el valor de la medición sino el de la potencia aparente nominal determinada por los CTs y PTs:



$$E_a = \sqrt{3} \times E_r \times CT_{primario} \times PT_{primario} = 1.732 \times 0.0026 \times 400 \text{ A} \times 230000 \text{ V} = 0.41 \text{ MW}$$

De este modo se tiene el margen de error absoluto a considerar en la medición de potencia activa por los instrumentos.

- Potencia reactiva

$$E_{r_{medidor}} = 2\%$$

$$E_{CT} = \frac{CL_{CT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

$$E_{PT} = \frac{CL_{PT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

De este modo queda:

$$E_r = \sqrt{2^2 + 0.1155^2 + 0.1155^2} = 2.0067 \%$$

Para el cálculo del error absoluto no se considera el valor de la medición sino el de la potencia aparente nominal determinada por los CTs y PTs:

$$E_a = \sqrt{3} \times E_r \times CT_{primario} \times PT_{primario} = 1.732 \times 0.02 \times 400 \text{ A} \times 230000 \text{ V} = 3.187 \text{ MVar}$$

De este modo se tiene el margen de error absoluto a considerar en la medición de potencia reactiva por los instrumentos.

4.2. Multimetro Janitza

- Potencia activa

$$E_{r_{medidor}} = 0.3\%$$

$$E_{CT} = \frac{CL_{CT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

$$E_{PT} = \frac{CL_{PT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

De este modo queda:



$$E_r = \sqrt{0.3^2 + 0.1155^2 + 0.1155^2} = 0.34 \%$$

Para el cálculo del error absoluto no se considera el valor de la medición sino el de la potencia aparente nominal determinada por los CTs y PTs:

$$E_a = \sqrt{3} \times E_r \times CT_{primario} \times PT_{primario} = 1.732 \times 0.0034 \times 400 \text{ A} \times 230000 \text{ V} = 0.54 \text{ MW}$$

De este modo se tiene el margen de error absoluto a considerar en la medición de potencia activa por los instrumentos.

- Potencia reactiva

$$E_{r_{medidor}} = 1\%$$

$$E_{CT} = \frac{CL_{CT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

$$E_{PT} = \frac{CL_{PT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

De este modo queda:

$$E_r = \sqrt{1^2 + 0.1155^2 + 0.1155^2} = 1.01 \%$$

Para el cálculo del error absoluto no se considera el valor de la medición sino el de la potencia aparente nominal determinada por los CTs y PTs:

$$E_a = \sqrt{3} \times E_r \times CT_{primario} \times PT_{primario} = 1.732 \times 0.01 \times 400 \text{ A} \times 230000 \text{ V} = 1.61 \text{ MVar}$$

De este modo se tiene el margen de error absoluto a considerar en la medición de potencia reactiva por los instrumentos.



5 DESARROLLO DEL ENSAYO

5.1. Procedimiento de ensayos

- Se realiza una reunión inicial en la cual se revisan los puntos PQ comprometidos.
- Se efectúa el conexionado del equipo de adquisición en el punto donde es declarada la curva de capacidad de la central (Punto de Conexión en S/E Purnio 230 kV).
- Para evaluar cada uno de los puntos comprometidos, se utiliza el procedimiento detallado en el Acuerdo CNO 1563.

5.2. Resultados Obtenidos

La Tabla 5.1, Tabla 5.2 y Tabla 5.3 resumen las condiciones y resultados de las pruebas ejecutadas los días 18 y 19 de diciembre de 2023 donde se utilizó el equipo BackBox G4500 y los días 22 y 23 de febrero de 2024 donde se utilizó el analizador Janitza UMG 512 Pro. Adicionalmente en los documentos mencionados a continuación, se detallan los resultados:

- anexo2_acuerdo_1563_18_12_2023.xlsx
- anexo2_acuerdo_1563_19_12_2023.xlsx
- anexo2_acuerdo_1563_22_02_2024.xlsx
- anexo2_acuerdo_1563_23_02_2024.xlsx



Punto	Fecha Hora	P objetivo [MW]	Q objetivo [MVAR]	P medido [MW]	Q medido [MVAR]	Tensión [kV]	Tensión [p.u]	Causa de limitación	Cumple
1	23 feb 11:11	102.00	-23.26	101.80	-23.14	231.27	1.006	Límite planta	SI
2	22 feb 14:16	96.90	-33.66	96.74	-33.52	232.76	1.012	Límite planta	SI
3	18 dic 10:23	51.00	-33.66	50.76	-34.57	231.89	1.008	Límite planta	SI
4	18 dic 14:52	20.40	-33.66	20.22	-33.91	231.97	1.008	Límite planta	SI
5	18 dic 14:08	10.20	-10.20	10.05	-10.44	232.47	1.011	Límite planta	SI
6	23 feb 11:23	102.00	23.26	101.77	23.32	233.08	1.013	Límite planta	SI
7	22 feb 15:04	96.90	33.66	96.70	33.67	234.84	1.021	Límite planta	SI
8	18 dic 11:10	51.00	33.66	51.73	33.12	233.95	1.017	Límite planta	SI
9	19 dic 8:51	20.40	33.66	20.83	33.62	236.13	1.027	Límite planta	SI
10	19 dic 7:40	10.20	10.20	10.21	10.22	234.20	1.018	Límite planta	SI

Tabla 5.1 – Tabla de resultados modo control de Tensión.



Punto	Fecha Hora	P objetivo [MW]	Q objetivo [MVAR]	P medido [MW]	Q medido [MVAR]	Tensión [kV]	Tensión [p.u]	Causa de limitación	Cumple
1	23 feb 11:05	102.00	-23.26	101.80	-23.12	231.42	1.006	Límite planta	SI
2	22 feb 14:21	96.90	-33.66	96.78	-33.53	232.81	1.012	Límite planta	SI
3	18 dic 10:39	51.00	-33.66	50.77	-34.57	231.51	1.006	Límite planta	SI
4	18 dic 15:05	20.40	-33.66	20.20	-33.91	232.02	1.009	Límite planta	SI
5	18 dic 14:17	10.20	-10.20	10.04	-10.44	232.82	1.012	Límite planta	SI
6	23 feb 10:51	102.00	23.26	101.79	23.33	231.41	1.015	Límite planta	SI
7	22 feb 14:06	96.90	33.66	96.72	33.76	234.91	1.021	Límite planta	SI
8	18 dic 11:49	51.00	33.66	51.87	32.91	234.03	1.017	Límite planta	SI
9	19 dic 9:00	20.40	33.66	20.82	33.61	236.32	1.03	Límite planta	SI
10	19 dic 7:47	10.20	10.20	10.26	10.22	234.52	1.02	Límite planta	SI

Tabla 5.2 – Tabla de resultados modo control de Potencia Reactiva.



Punto	Fecha Hora	P objetivo [MW]	Q objetivo [MVAR]	P medido [MW]	Q medido [MVAR]	Tensión [kV]	Tensión [p.u]	Causa de limitación	Cumple
1	23 feb 11:07	102.00	-23.26	101.76	-23.11	231.14	1.005	Límite planta	SI
2	22 feb 14:22	96.90	-33.66	96.71	-33.51	232.75	1.012	Límite planta	SI
3	18 dic 10:45	51.00	-33.66	50.73	-34.59	231.33	1.005	Límite planta	SI
4	18 dic 15:05	20.40	-33.66	20.16	-33.93	231.87	1.008	Límite planta	SI
5	18 dic 14:31	10.20	-10.20	10.04	-10.46	232.64	1.011	Límite planta	SI
6	23 feb 10:52	102.00	23.26	101.75	23.28	233.46	1.015	Límite planta	SI
7	22 feb 14:07	96.90	33.66	96.67	33.68	234.83	1.021	Límite planta	SI
8	18 dic 11:52	51.00	33.66	51.84	32.92	234.09	1.017	Límite planta	SI
9	19 dic 9:04	20.40	33.66	20.86	33.67	236.31	1.027	Límite planta	SI
10	19 dic 7:51	10.20	10.20	10.24	10.18	234.69	1.020	Límite planta	SI

Tabla 5.3 – Tabla de resultados modo control de Factor de Potencia.



5.3. Curva de capacidad efectiva

5.3.1. Puntos alcanzados durante la auditoría

Teniendo en cuenta los puntos medidos para cada uno de los controles con su incertidumbre asociada y la envolvente de tolerancia de la curva objetivo, se traza la curva capacidad efectiva y se presenta en las Figura 5.1 Figura 5.2 y Figura 5.3.

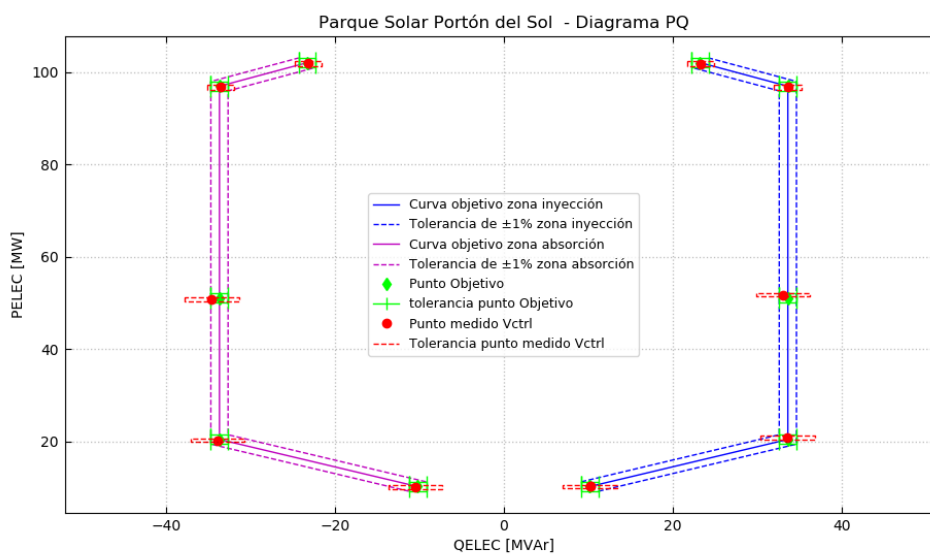


Figura 5.1 – Vista general de la curva de capacidad ensayada control tensión

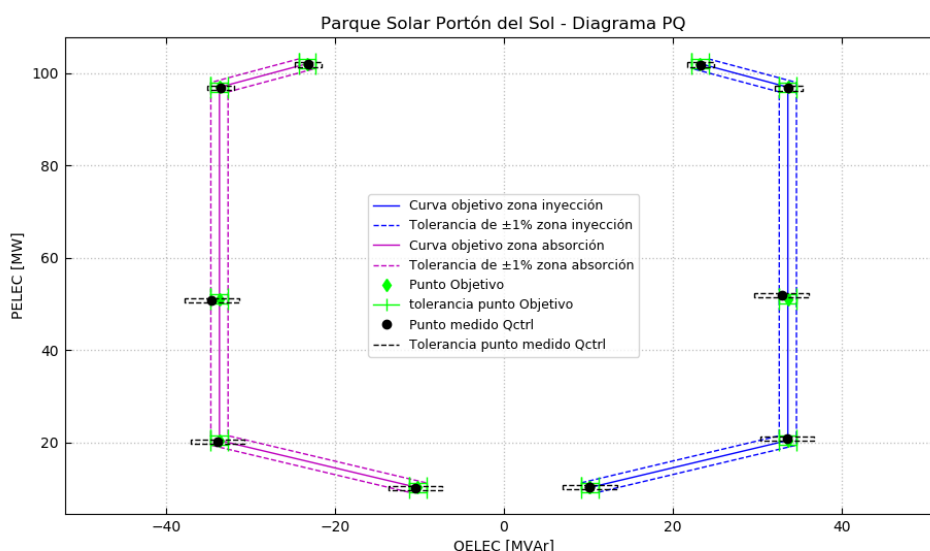


Figura 5.2 – Vista general de la curva de capacidad ensayada control potencia reactiva

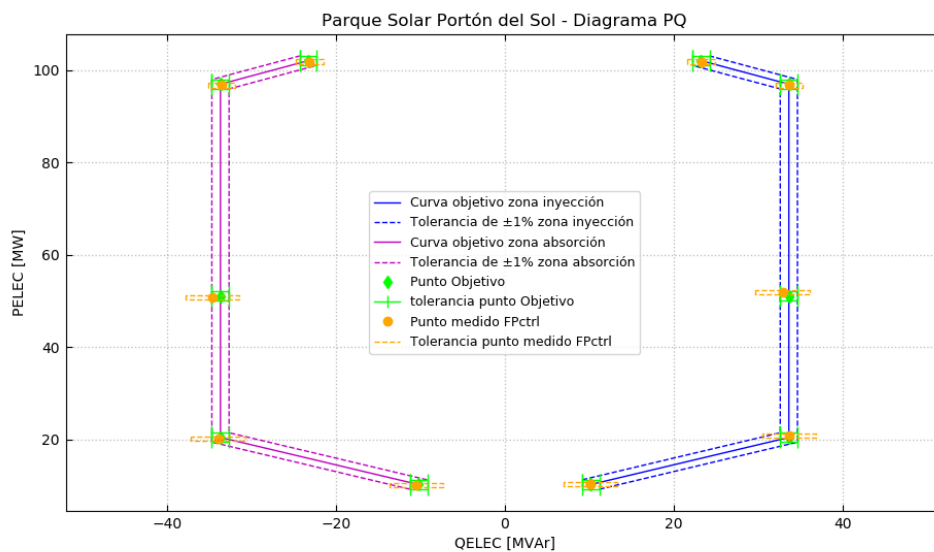


Figura 5.3 – Vista general de la curva de capacidad ensayada control factor de potencia



5.4. Detalle de evaluación de cumplimiento

5.4.1. Detalle de la región de absorción

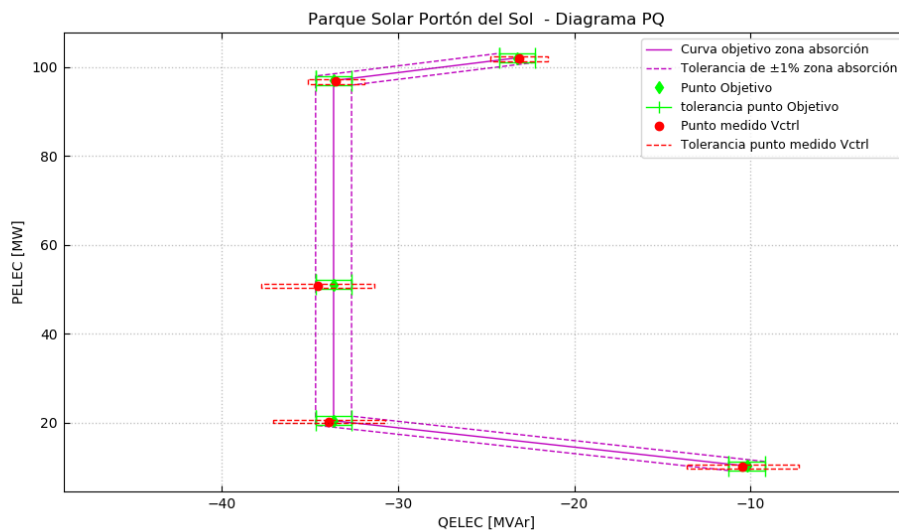


Figura 5.4 – Zona de absorción de la curva de capacidad ensayada control tensión

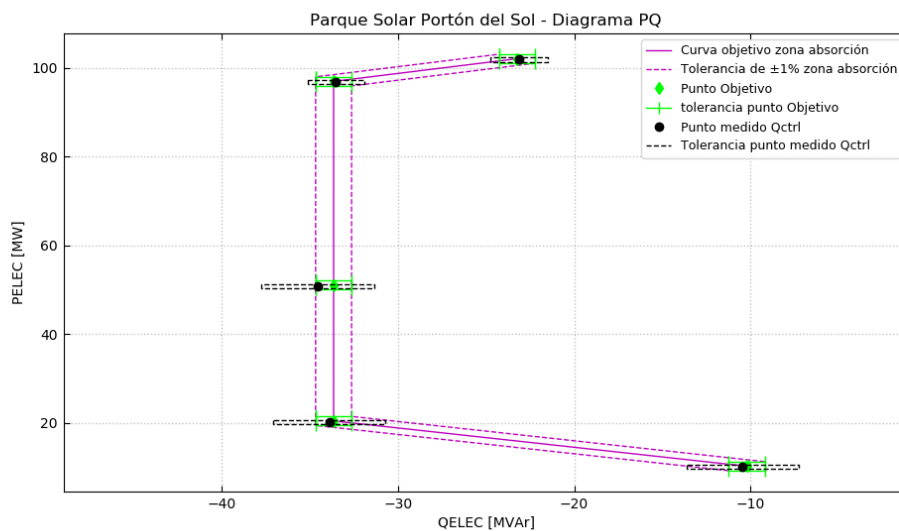


Figura 5.5 – Zona de absorción de la curva de capacidad ensayada control potencia reactiva

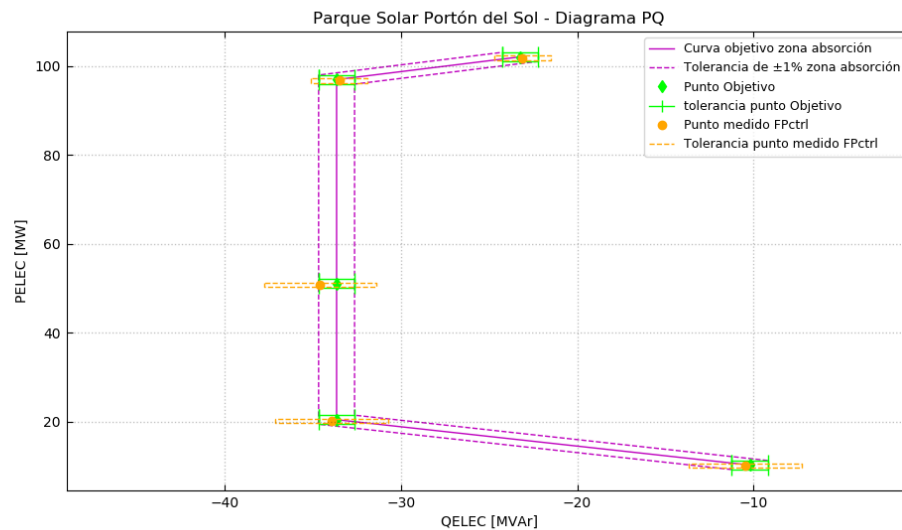


Figura 5.6 – Zona de absorción de la curva de capacidad ensayada control factor de potencia

Para todos los puntos ensayados en los diferentes modos de control, los valores obtenidos en campo incluyen su entorno de error (línea de trazos rojo, naranja y negro) y los puntos objetivos correspondientes incluyen su tolerancia (color verde). En virtud de lo establecido por el acuerdo CNO 1563, todos los puntos en la zona de absorción se declaran **conformes**.

Notar que a los puntos objetivo se les ha indicado el entorno de error de $\pm 1\%$ establecido por el Acuerdo CNO 1563.



5.4.2. Detalle de la región de inyección

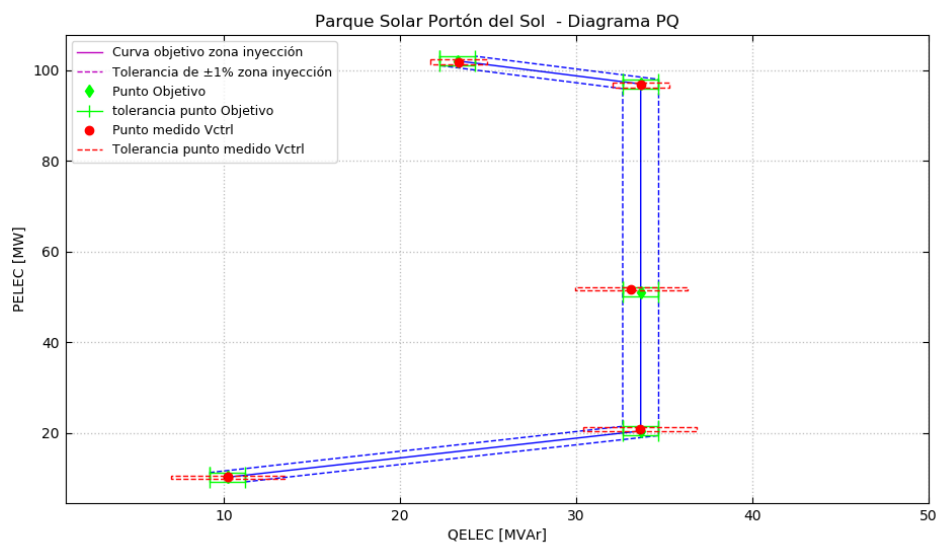


Figura 5.7. – Zona de inyección de la curva de capacidad ensayada control tensión

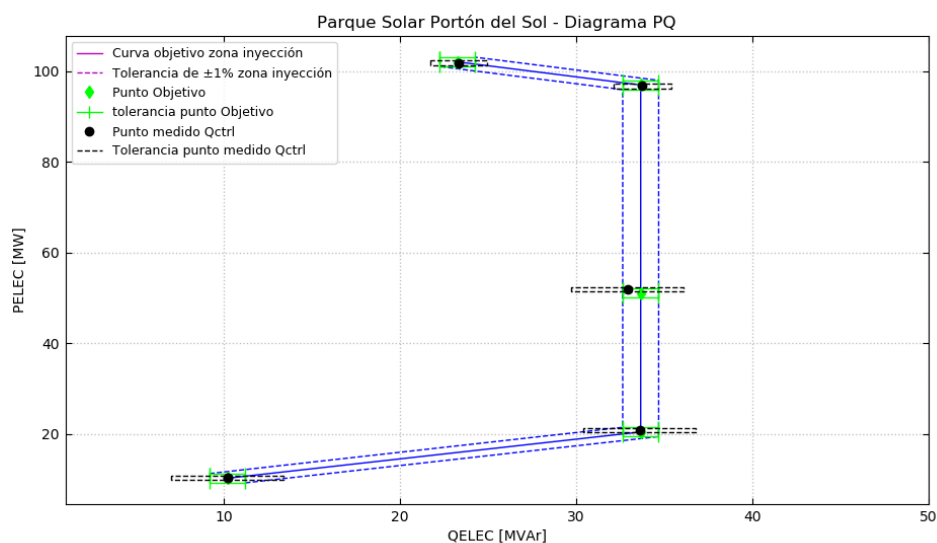


Figura 5.8. – Zona de inyección de la curva de capacidad ensayada control potencia reactiva

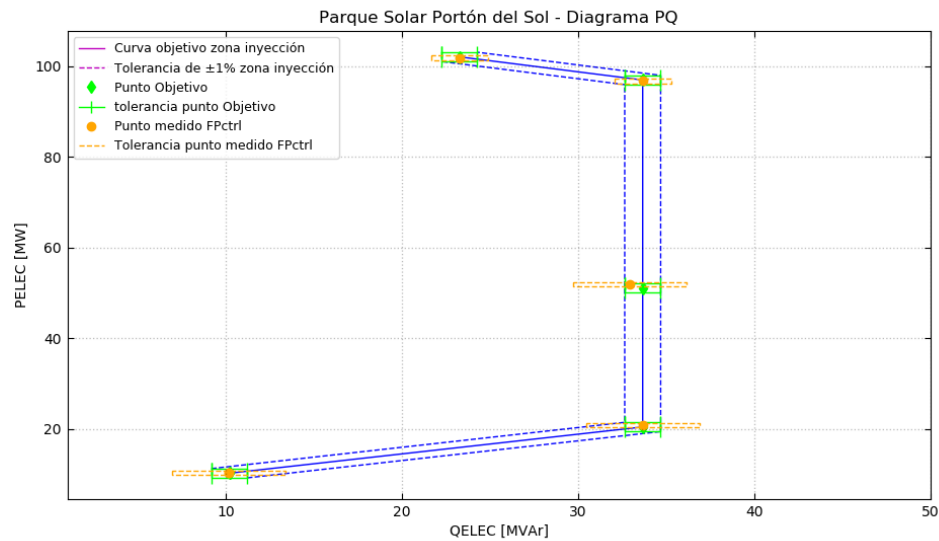


Figura 5.9. – Zona de inyección de la curva de capacidad ensayada control factor de potencia

Para todos los puntos ensayados en los diferentes modos de control, los valores obtenidos en campo incluyen su entorno de error (línea de trazos rojo, naranja y negro) y los puntos objetivos correspondientes incluyen su tolerancia (color verde). En virtud de lo establecido por el acuerdo CNO 1563 y el acuerdo CNO 1546, todos los puntos en la zona de inyección se declaran **conformes**.

Notar que a los puntos objetivo se les ha indicado el entorno de error de $\pm 1\%$ establecido por el Acuerdo CNO 1563.



5.5. Curva de capacidad definitiva

Finalmente, los puntos objetivo que definen la curva son:

Punto Objetivo	Potencia Activa POI [MW]	Potencia Reactiva POI [MVAR]
1	102.00	-23.26
2	96.90	-33.66
3	51.00	-33.66
4	20.40	-33.66
5	10.20	-10.20
6	102.00	23.26
7	96.90	33.66
8	51.00	33.66
9	20.40	33.66
10	10.20	10.20

Tabla 5.4 – Puntos PQ definitivos

Cabe mencionar que la curva de capacidad es la misma para el rango de tensiones comprendido entre 0.9 p.u. y 1.1 p.u. Por lo anterior, no se requiere detallar una función matemática o familia de curvas.



6 REGISTRO DE ENSAYOS

En el presente capítulo se presentan las tendencias registradas en el transcurso de las pruebas realizadas. De las mismas se obtuvieron los valores detallados en la Tabla 5.1, Tabla 5.2 y Tabla 5.3

6.1. Tendencias – Punto 1 (102.0 MW, -23.26 MVar)

6.1.1. Control de Tensión

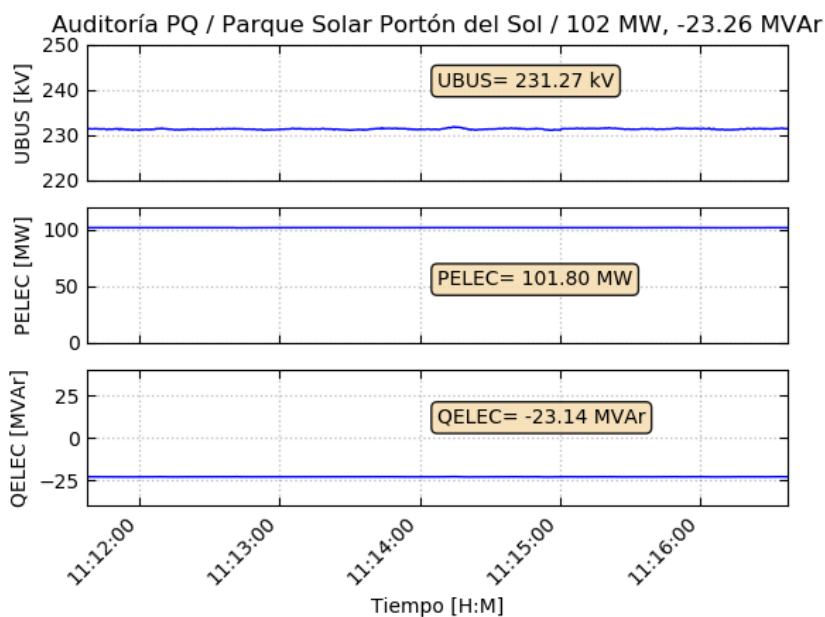


Figura 6.1 – Registros del Punto 1. Control de Tensión



6.1.2. Control de Potencia Reactiva

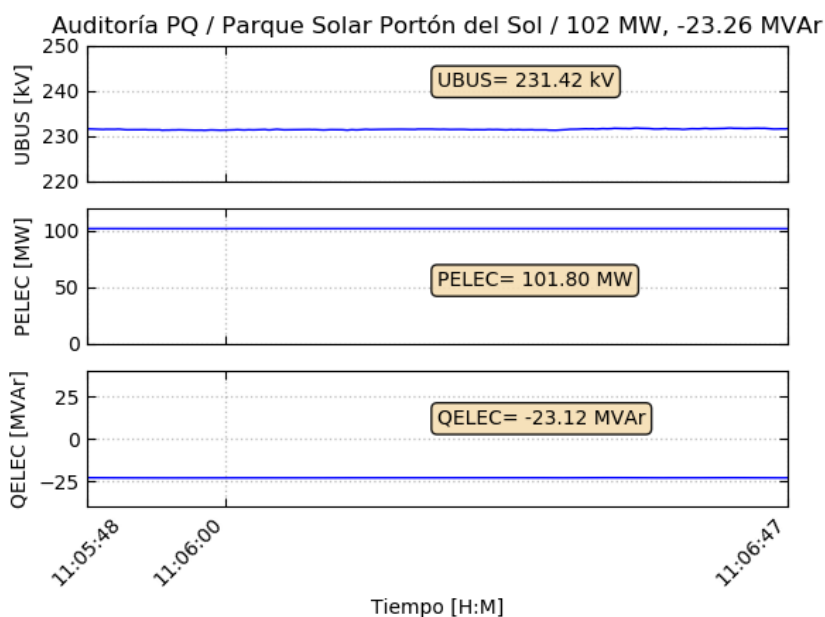


Figura 6.2 – Registros del Punto 1. Control de Potencia Reactiva

6.1.3. Control de Factor de Potencia

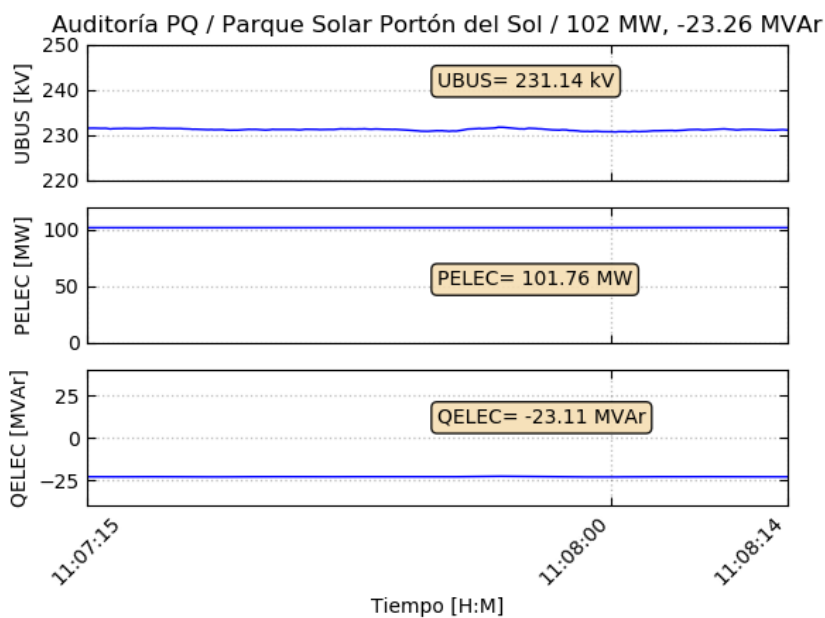


Figura 6.3 – Registros del Punto 1. Control de Factor de Potencia



6.2. Tendencias – Punto 2 (96.90 MW, -33.66 MVar)

6.2.1. Control de Tensión

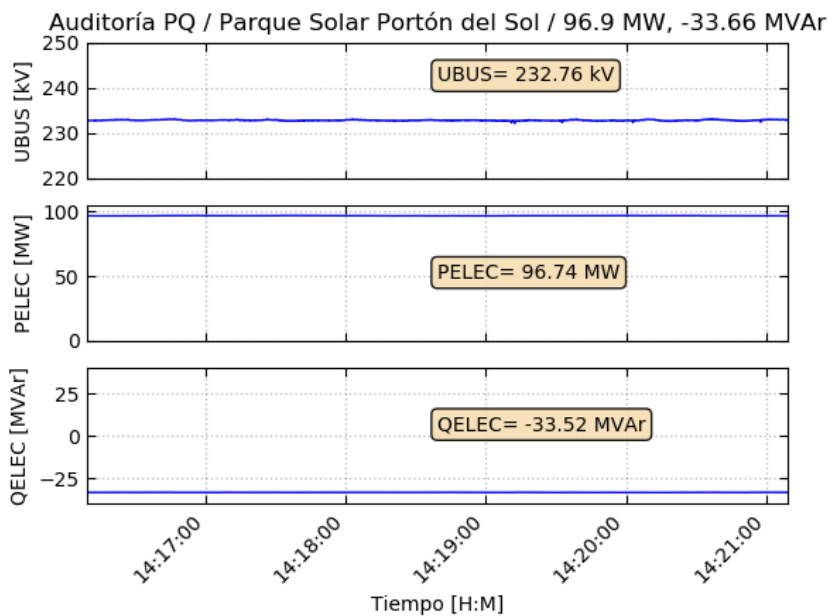


Figura 6.4 – Registros del Punto 2. Control de Tensión

6.2.2. Control de Potencia Reactiva

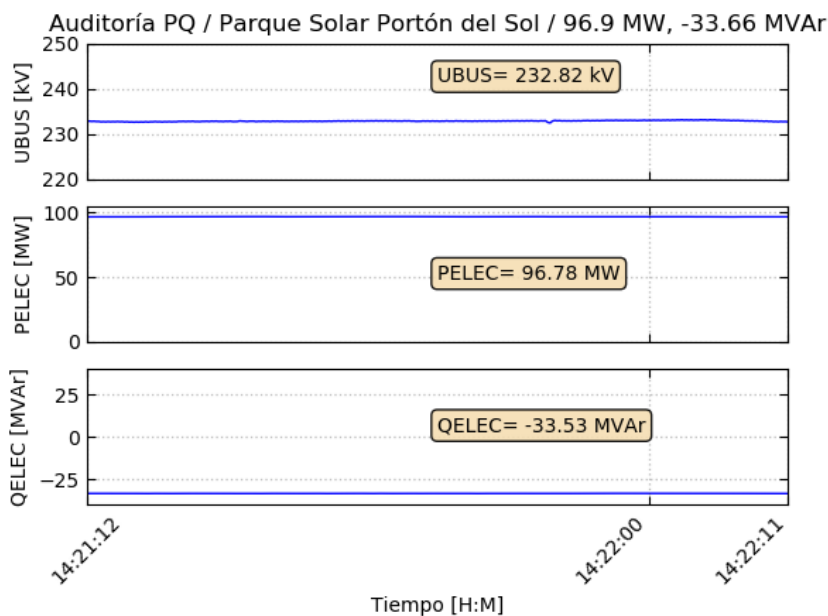


Figura 6.5 – Registros del Punto 2. Control de Potencia Reactiva



6.2.3. Control de Factor de Potencia

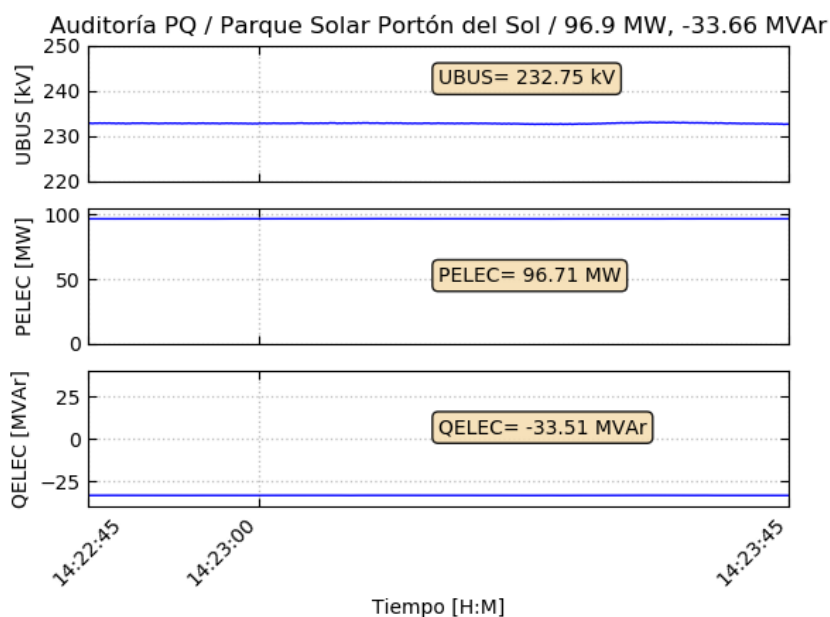


Figura 6.6 – Registros del Punto 2. Control de Factor de Potencia



6.3. Tendencias – Punto 3 (51.00 MW, -33.66 MVar)

6.3.1. Control de Tensión

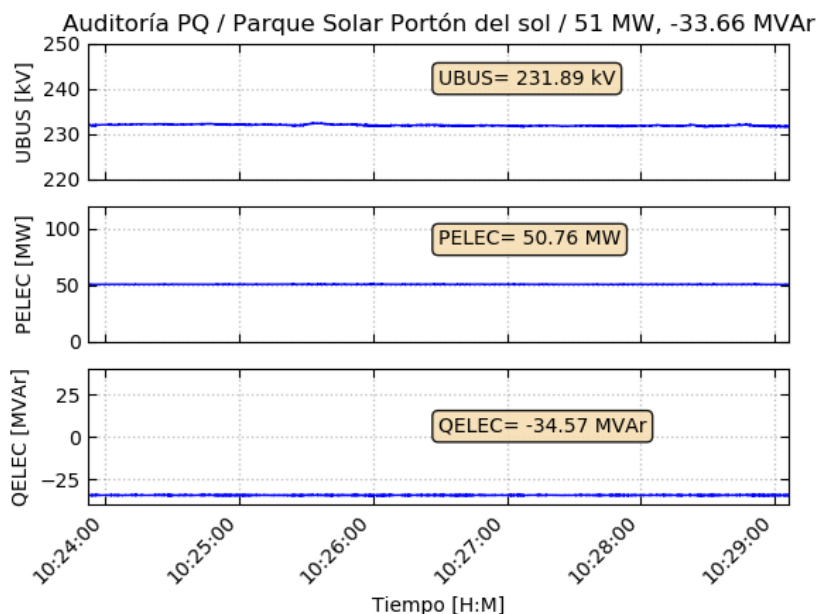


Figura 6.7 – Registros del Punto 3. Control de Tensión

6.3.2. Control de Potencia Reactiva

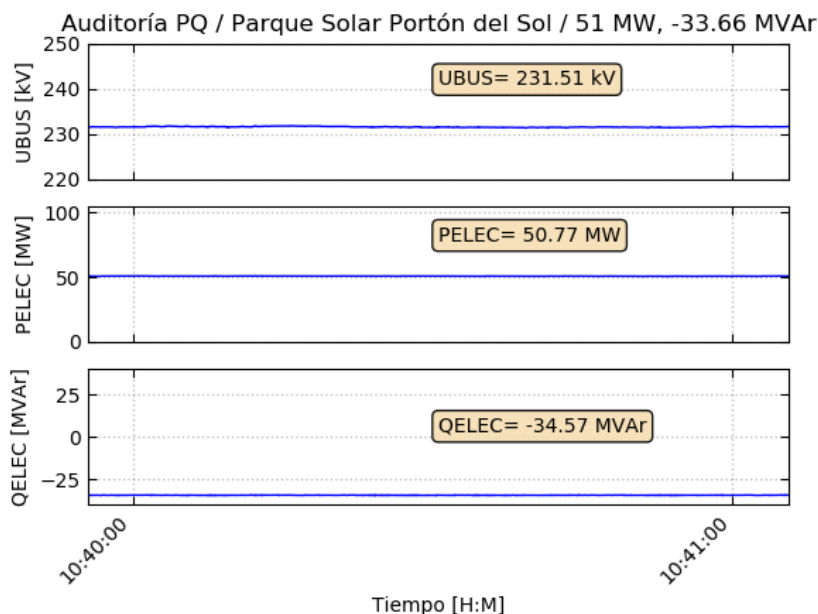


Figura 6.8 – Registros del Punto 3. Control de Potencia Reactiva



6.3.3. Control de Factor de Potencia

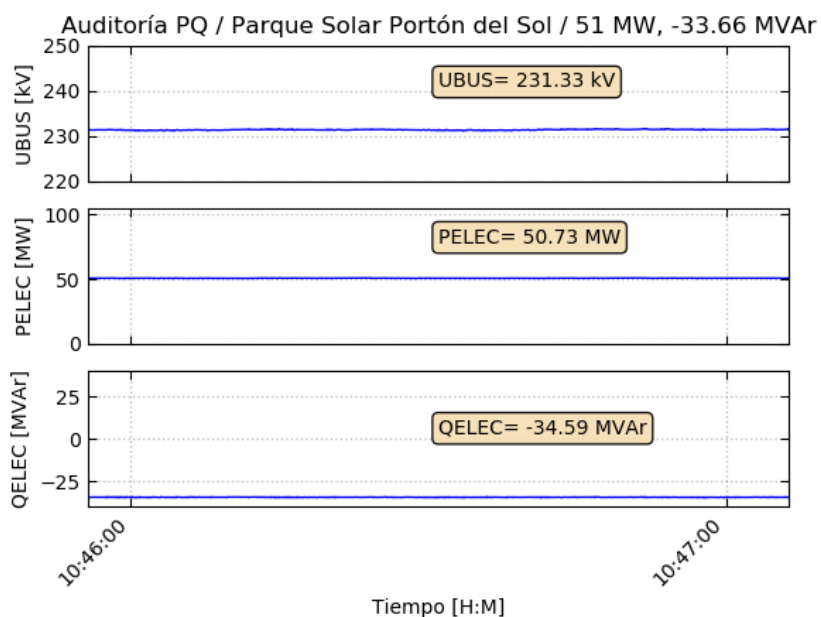


Figura 6.9 – Registros del Punto 3. Control de Factor de Potencia



6.4. Tendencias – Punto 4 (20.40 MW, -33.66 MVar)

6.4.1. Control de Tensión

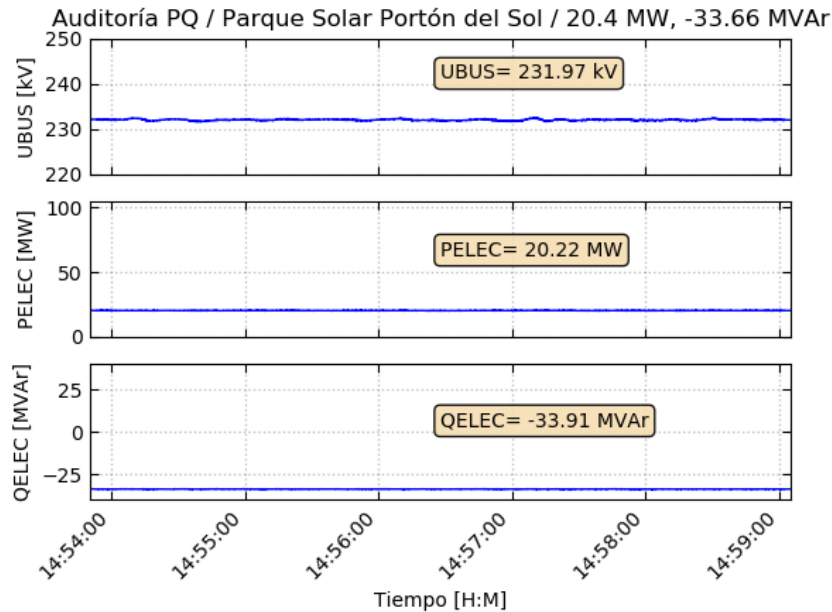


Figura 6.10 – Registros del Punto 4. Control de Tensión

6.4.2. Control de Potencia Reactiva

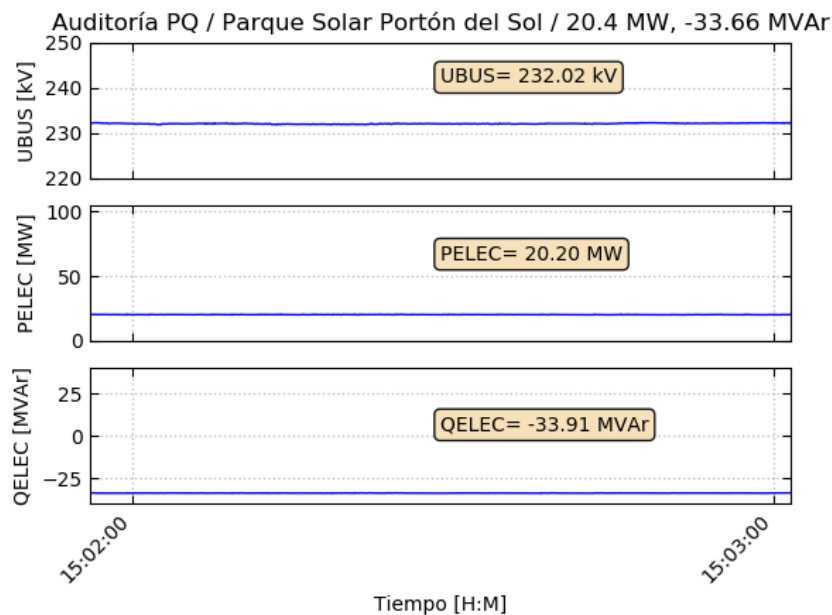


Figura 6.11 – Registros del Punto 4. Control de Potencia Reactiva



6.4.3. Control de Factor de Potencia

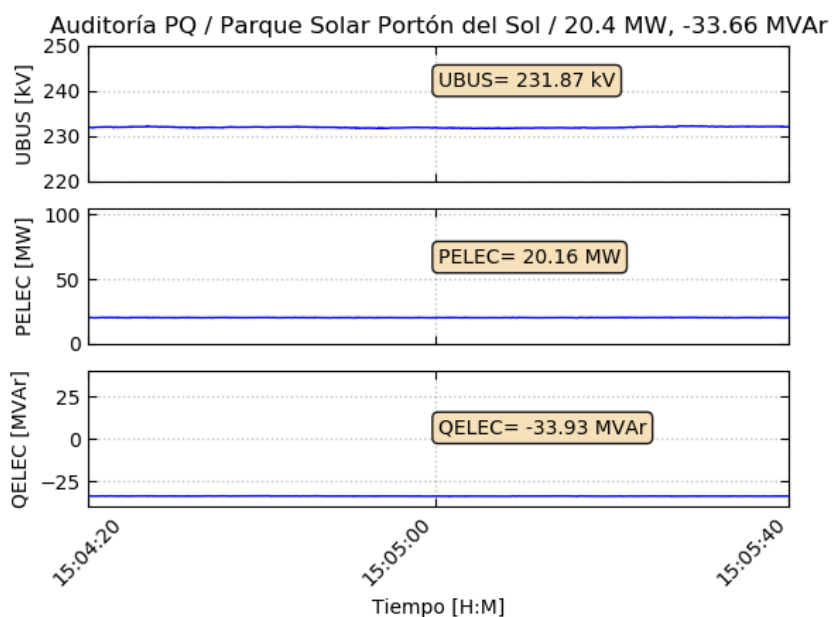


Figura 6.12 – Registros del Punto 3. Control de Factor de Potencia



6.5. Tendencias – Punto 5 (10.20 MW, -10.20 MVar)

6.5.1. Control de Tensión

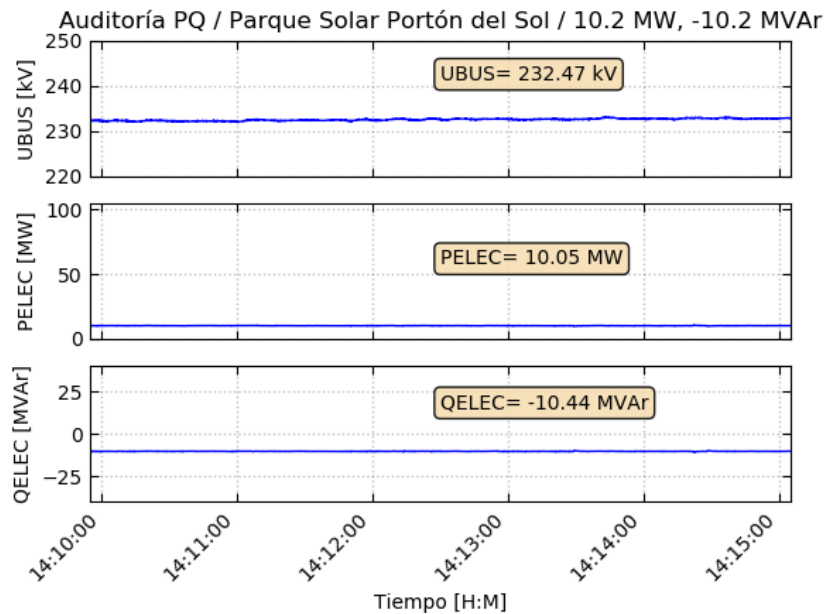


Figura 6.13 – Registros del Punto 5. Control de Tensión

6.5.2. Control de Potencia Reactiva

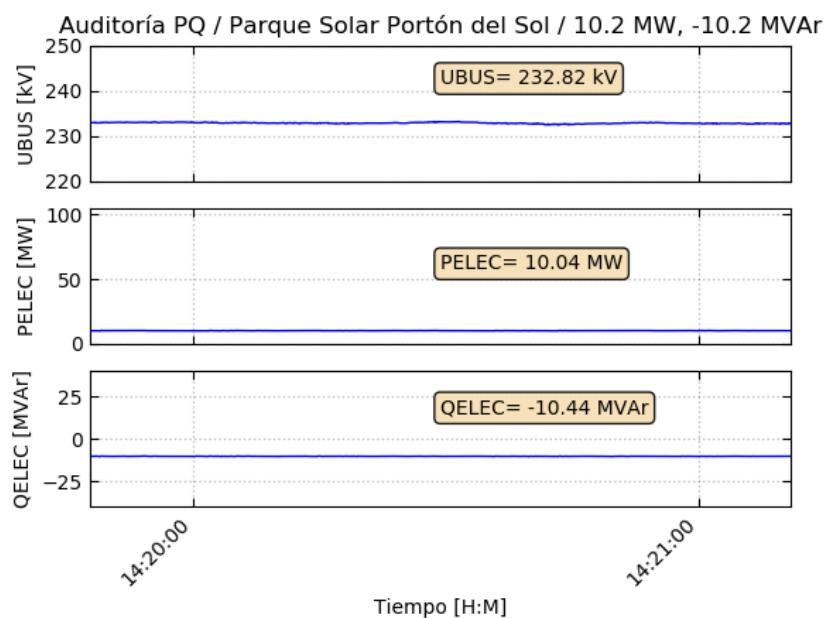


Figura 6.14 – Registros del Punto 5. Control de Potencia Reactiva



6.5.3. Control de Factor de Potencia

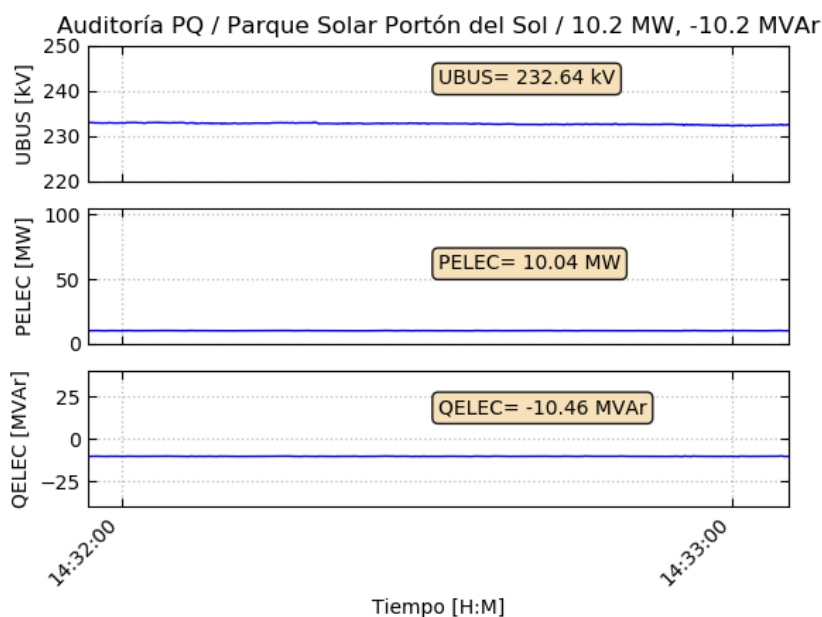


Figura 6.15 – Registros del Punto 5. Control de Factor de Potencia



6.6. Tendencias – Punto 6 (102.0 MW, 23.26 MVar)

6.6.1. Control de Tensión

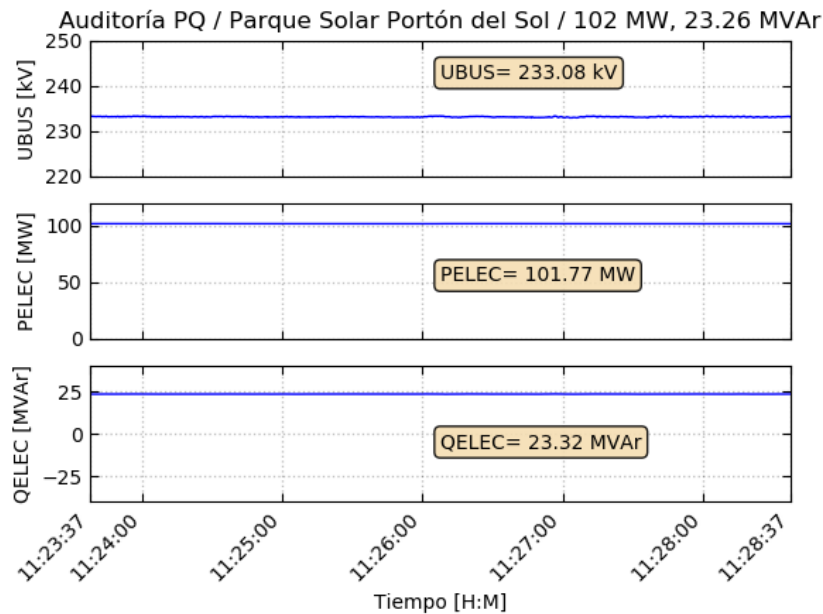


Figura 6.16 – Registros del Punto 5. Control de Tensión

6.6.2. Control de Potencia Reactiva

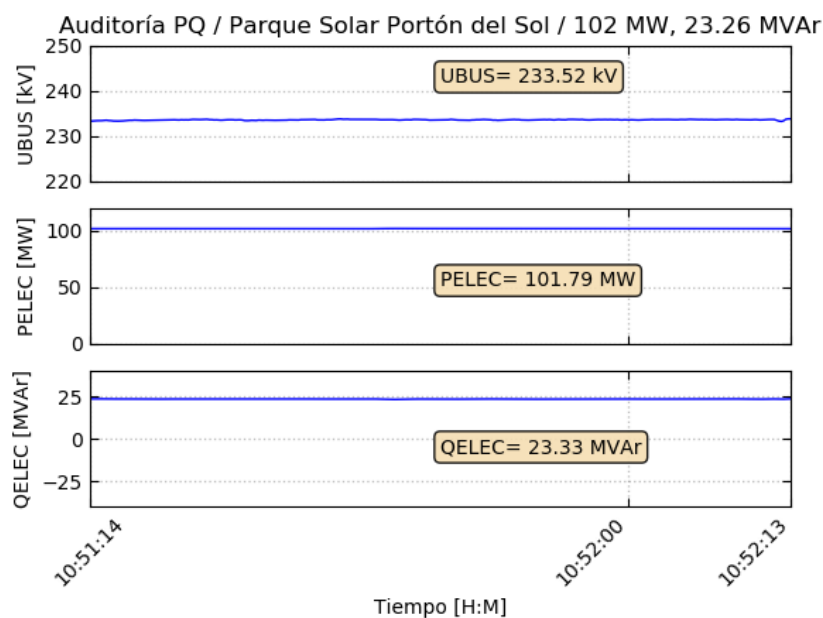


Figura 6.17 – Registros del Punto 5. Control de Potencia Reactiva



6.6.3. Control de Factor de Potencia

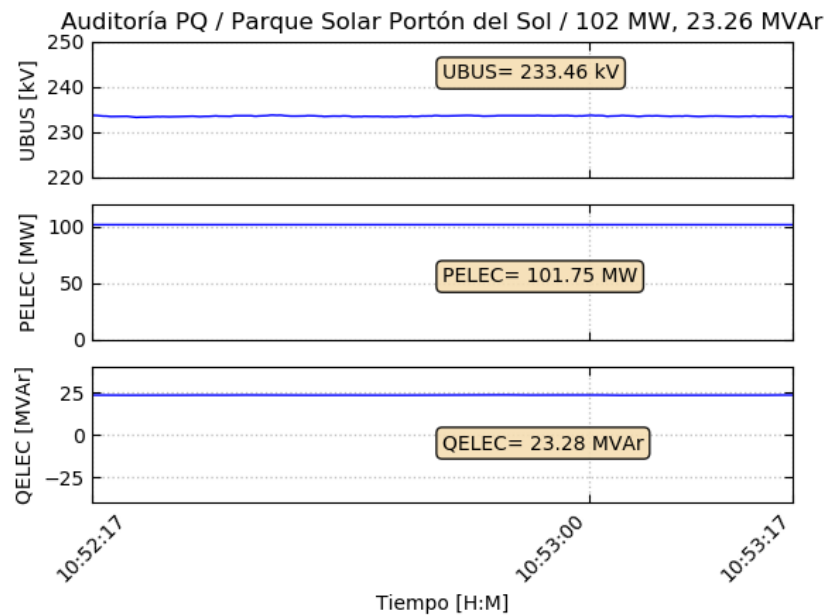


Figura 6.18 – Registros del Punto 5. Control de Factor de Potencia

6.7. Tendencias – Punto 7 (96.90 MW, 33.66 MVar)

6.7.1. Control de Tensión

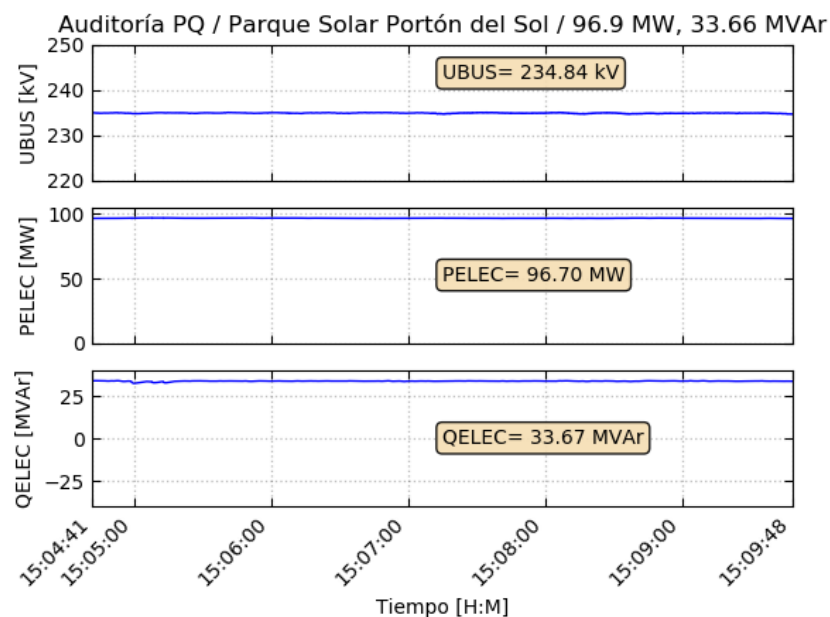


Figura 6.19 – Registros del Punto 5. Control de Tensión



6.7.2. Control de Potencia Reactiva

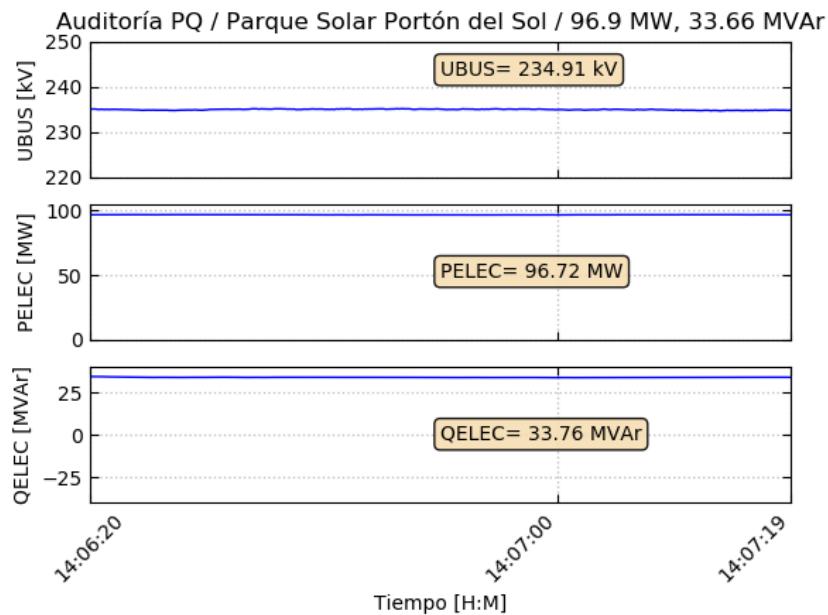


Figura 6.20 – Registros del Punto 5. Control de Potencia Reactiva

6.7.3. Control de Factor de Potencia

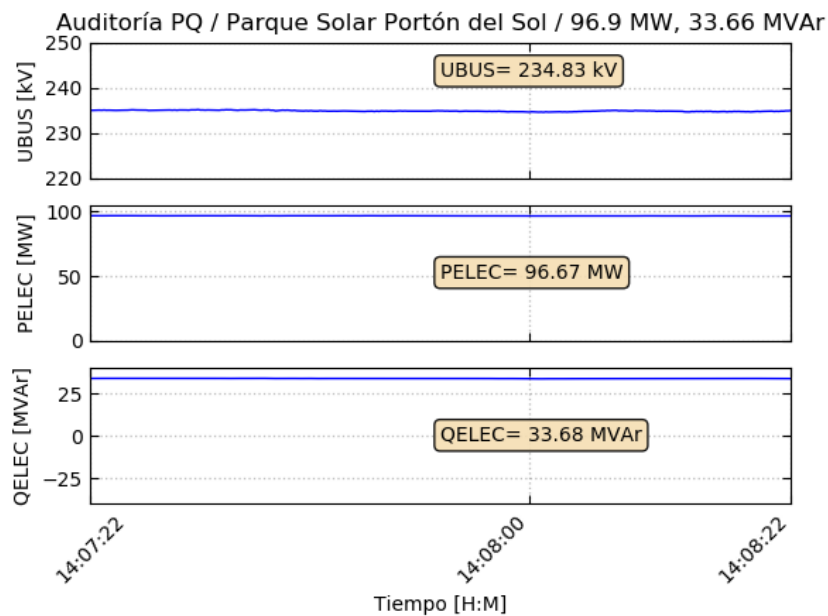


Figura 6.21 – Registros del Punto 5. Control de Factor de Potencia



6.8. Tendencias – Punto 8 (51.00 MW, 33.66 MVar)

6.8.1. Control de Tensión

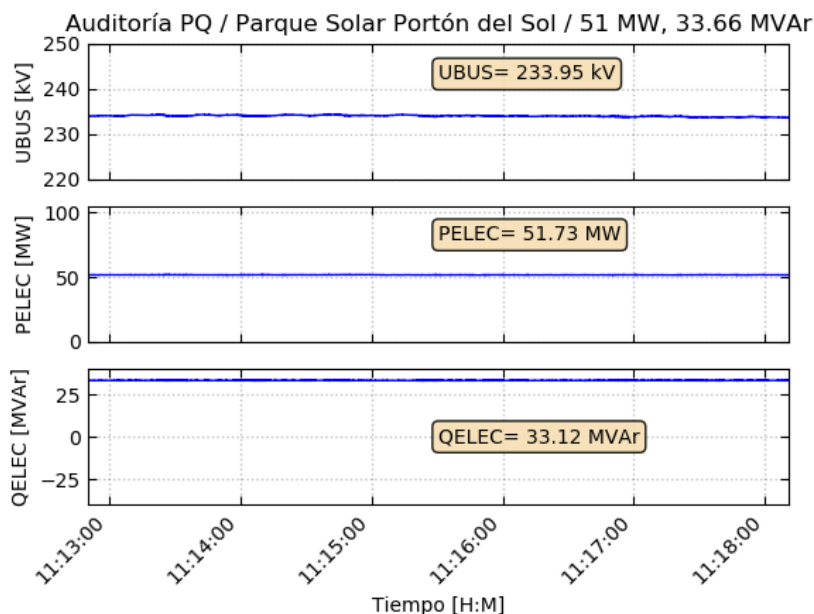


Figura 6.22 – Registros del Punto 8. Control de Tensión

6.8.2. Control de Potencia Reactiva

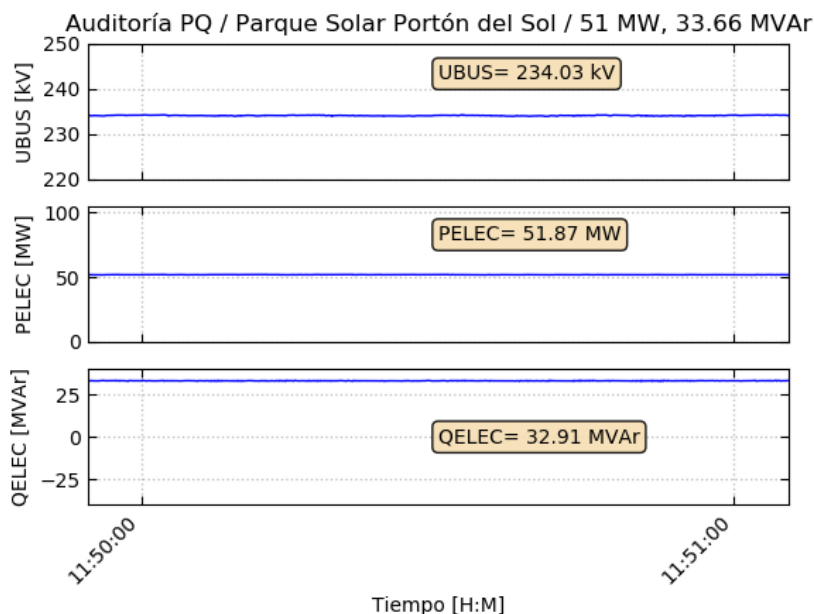


Figura 6.23 – Registros del Punto 8. Control de Potencia Reactiva



6.8.3. Control de Factor de Potencia

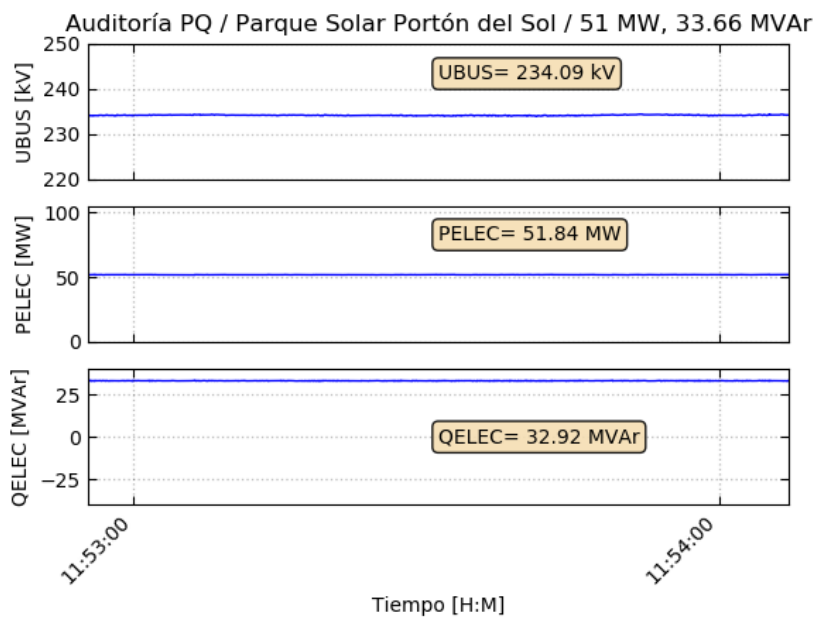


Figura 6.24. – Registros del Punto 8. Control de Factor de Potencia



6.9. Tendencias – Punto 9 (20.40 MW, 33.66 MVar)

6.9.1. Control de Tensión

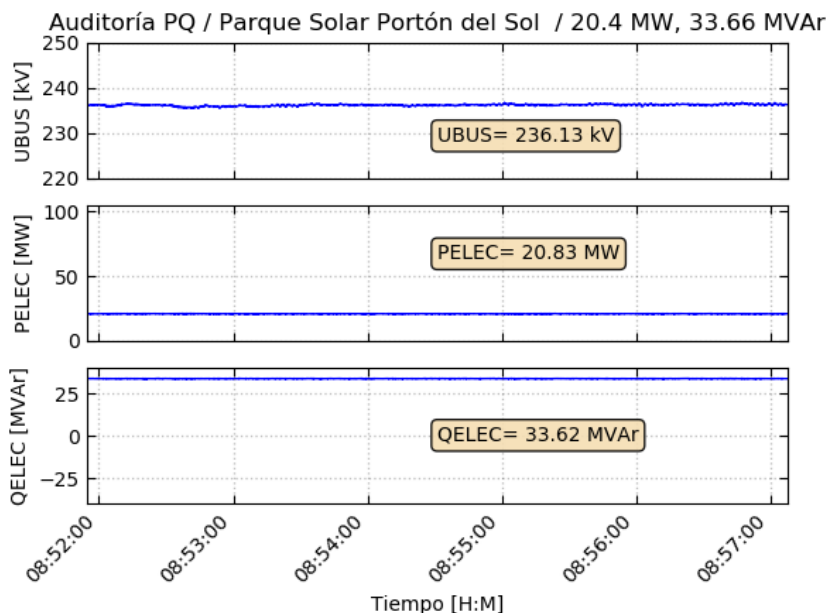


Figura 6.25 – Registros del Punto 9. Control de Tensión

6.9.2. Control de Potencia Reactiva

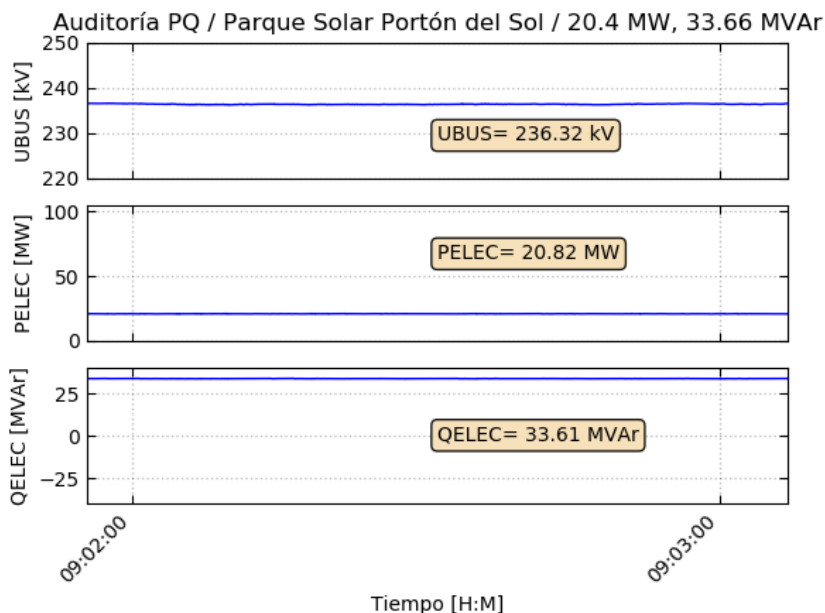


Figura 6.26. – Registros del Punto 9. Control de Potencia Reactiva



6.9.3. Control de Factor de Potencia

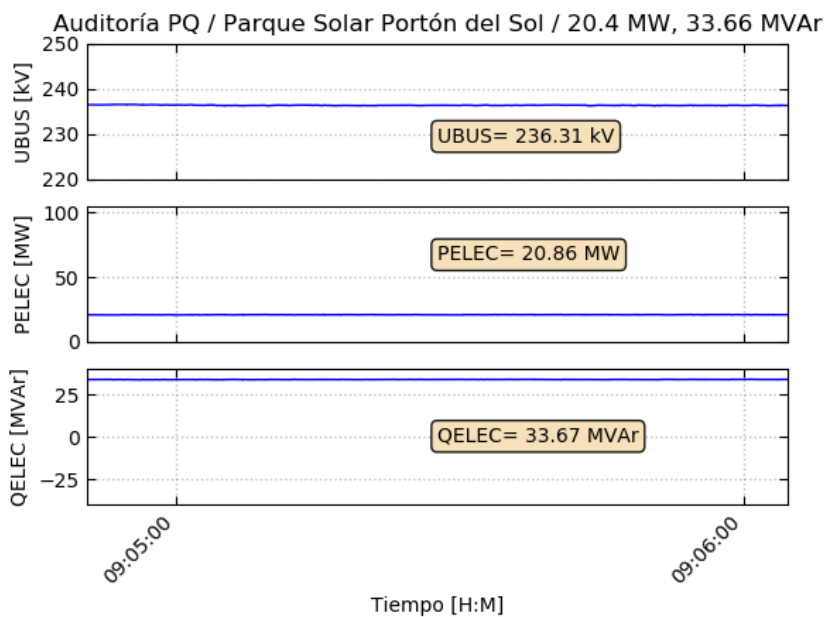


Figura 6.27. – Registros del Punto 9. Control de Factor de Potencia



6.10. Tendencias – Punto 10 (10.20 MW, 10.20 MVar)

6.10.1. Control de tensión

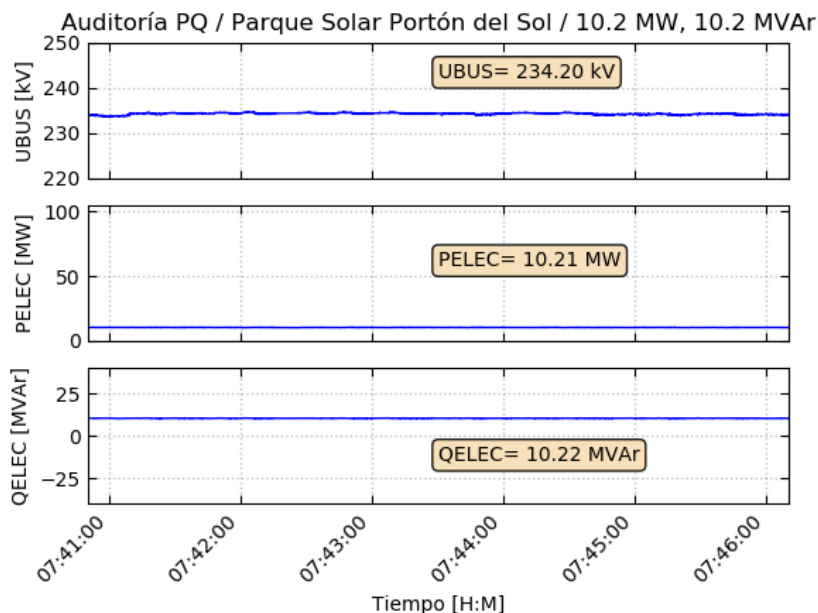


Figura 6.28 – Registros del Punto 10. Control de Tensión

6.10.2. Control de Potencia Reactiva

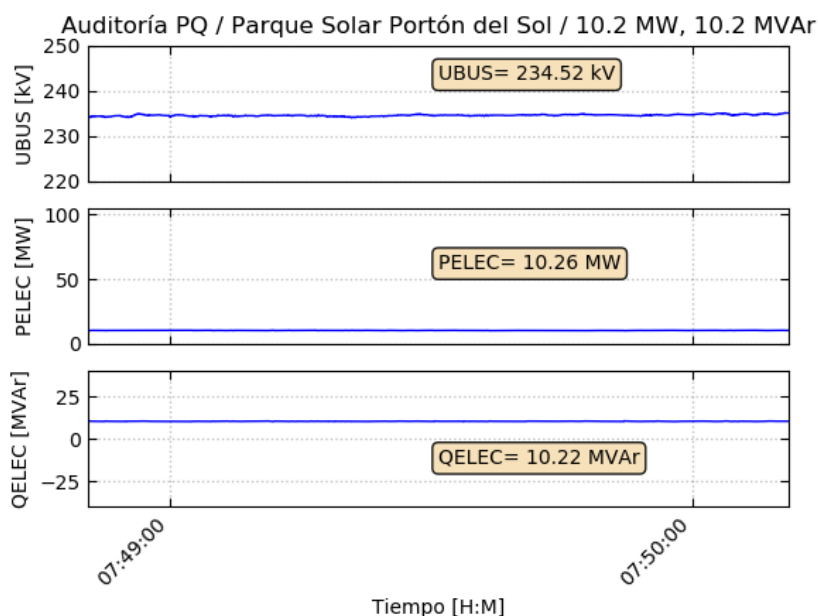


Figura 6.29. – Registros del Punto 10. Control de Potencia Reactiva



6.10.3. Control de Factor de Potencia

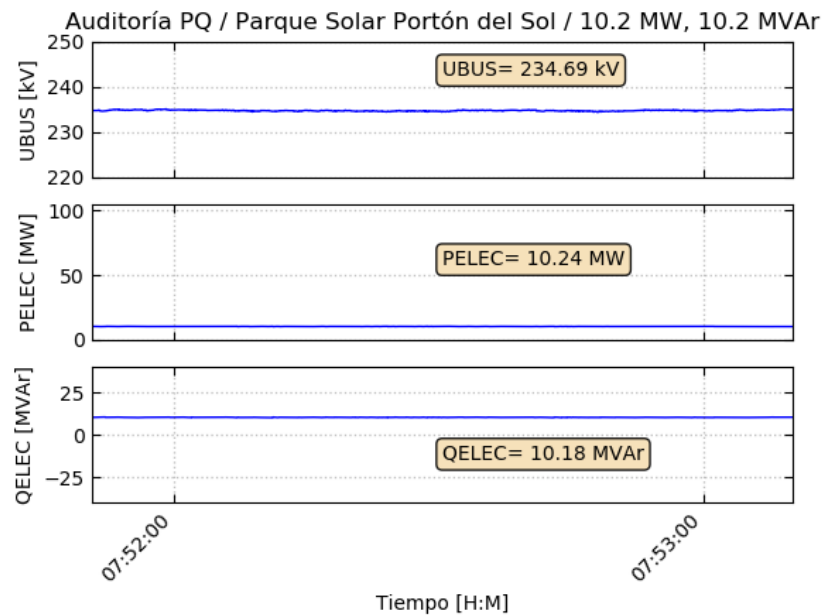


Figura 6.30. – Registros del Punto 10. Control de Factor de Potencia



7 CONCLUSIONES

El P.F. Portón del sol ha sido sometido a una Auditoría de Pruebas de Potencia Reactiva. La misma ha sido llevada a cabo bajo los lineamientos establecidos en el Acuerdo CNO 1563. Como resultado se obtiene que la central CUMPLE con las consideraciones planteadas en el presente informe.

En función de lo realizado puede concluirse que:

- Los diez (10) puntos de la curva PQ auditados fueron probados y se declaran CONFORMES.
- Se realizaron maniobras operativas para alcanzar los puntos definidos con el CND.
- Durante las pruebas no se presentaron alarmas relacionadas con la planta, sus límites o temperaturas máximas.

En el presente documento han sido expuestos los resultados de las pruebas realizadas. Con base en estos resultados y en la auditoría realizada, se determina que el P.F. Portón del sol:

CUMPLE CON LA CURVA DE CAPACIDAD DECLARADA

Nombre de la Empresa: ESTUDIOS ELÉCTRICOS SA

Nombre del Auditor: Ing. Claudio Celman

Fecha: 27/02/2024

Firma del Auditor:



8. ANEXOS

8.1. Procedimiento de ensayos

8.1.1. Verificación de la Curva en la Región de absorción de potencia reactiva

Después de haber realizado las verificaciones iniciales, y de ser necesarios reajustes, se debe seguir el siguiente procedimiento, el cual aplica tanto para las pruebas auditadas en campo, como para las pruebas validadas por el auditor a través de registros.

1. Coordinar con el centro de control del CND el inicio de la prueba, el cual, a su vez, coordinará las consignas operativas requeridas antes y durante la prueba. Estas consignas pueden incluir consideraciones de topología y despacho particulares para los recursos de generación con el fin de evaluar la curva de cada planta de generación de energía renovable eólica y solar fotovoltaica. La planta se debe llevar a una de las potencias activas definidas para la prueba.
2. Asegúrese que la planta esté en modo de control automático de tensión.

En caso de que el CND o el agente identifiquen la necesidad de realizar las pruebas iniciando en un modo de control diferente al de tensión, previa revisión conjunta y evaluación de la posibilidad de las condiciones del sistema por parte del CND, se podrá realizar la prueba considerando una alternativa diferente.

3. Durante la realización de esta prueba el agente generador registrará las potencias activa, reactiva y la tensión en el punto donde se esté verificando el cumplimiento de la curva de carga según lo definido en el Artículo 4 del Acuerdo CNO 1563, con una resolución mínima de un dato por segundo utilizando un registrador con certificado de calibración vigente.
4. La realización de esta prueba requiere que la planta controle la variable que corresponda, según el modo de control que aplique, a un valor definido por el CND según las condiciones del sistema. Para lograr este valor, se pueden utilizar otras unidades de la zona de influencia, igualmente puede hacerse uso de equipos de compensación de reactivos o cambiadores de tomas de transformadores, en cuyo caso el CND coordinará las acciones necesarias para lograr el objetivo, sin violar los límites establecidos en tensiones o cargabilidad de elementos del sistema.



5. Si agotadas las consignas, la planta no puede llegar al límite esperado de absorción de reactiva por condiciones del sistema, este punto será declarado como Conforme y se consignará esta situación en el informe de resultados de la prueba.
6. Después de obtenido el valor de potencia reactiva máxima a la potencia activa seleccionada, la planta debe ser mantenida en este punto de operación mínimo durante 5 minutos para el registro de las variables de la prueba.
7. Una vez recolectados los datos para el primer punto de potencia activa en el modo de control de tensión, se deberá realizar la misma verificación de la curva de carga en la potencia activa definida, cambiando el modo de control a potencia reactiva y factor de potencia, tomando los registros definidos en el paso 3 por un tiempo mínimo de 1 minuto adicional para cada uno de los modos restantes. Previo al cambio del modo de control, se debe procurar que la consigna de la nueva variable a controlar sea igual o muy cercana a su medida en tiempo real, de forma que, al realizar el cambio del modo de control, se minimicen los cambios en el punto de operación. Según el caso la variable a controlar puede ser factor de potencia, potencia reactiva o tensión.
8. Una vez recolectados los datos para el primer punto de potencia activa en todos los modos de control, se debe realizar el mismo procedimiento anterior para los otros puntos acordados entre el CND y el agente, teniendo en cuenta lo establecido en el punto 5 del presente numeral.

Nota: Cuando la potencia activa disponible no alcance el valor nominal durante la primera prueba realizada y no se cuente con registros de operación, en los que se haya alcanzado en operación, considerando valores normales de tensión, la potencia reactiva máxima de absorción a la potencia activa nominal, se podrá realizar la prueba a esta potencia, considerando los intentos definidos en el Acuerdo CNO 1563. En este último caso, los resultados deberán ser reportados por el agente al auditor, quien deberá verificar los registros correspondientes sin que se requiera en este caso su presencia en sitio.



8.1.2. Verificación de la Curva en la Región de entrega de potencia reactiva

Después de haber realizado las verificaciones iniciales, y de ser necesarios reajustes, se debe seguir el siguiente procedimiento, el cual aplica tanto para las pruebas auditadas en campo, como para las pruebas validadas por el auditor a través de registros.

1. Coordinar con el centro de control del CND el inicio de la prueba, el cual, a su vez, coordinará las consignas operativas requeridas antes y durante la prueba. Estas consignas pueden incluir consideraciones de topología y despacho particulares para los recursos de generación con el fin de evaluar la curva de cada planta de generación de energía renovable eólica y solar fotovoltaica. La planta se debe llevar a una de las potencias activas definidas para la prueba.
2. Asegúrese que la planta esté en modo de control automático de tensión.

En caso de que el CND o el agente identifiquen la necesidad de realizar las pruebas iniciando en un modo de control diferente al de tensión, previa revisión conjunta y evaluación de la posibilidad de las condiciones del sistema por parte del CND, se podrá realizar la prueba considerando una alternativa diferente.

3. Durante la realización de esta prueba el agente generador registrará las potencias activa, reactiva y la tensión en el punto donde se esté verificando el cumplimiento de la curva de carga según lo definido en el Artículo 4 del Acuerdo CNO 1563, con una resolución mínima de un dato por segundo utilizando un registrador con certificado de calibración vigente.
4. La realización de esta prueba requiere que la planta controle la variable que corresponda, según el modo de control que aplique, a un valor definido por el CND según las condiciones del sistema. Para lograr este valor, se pueden utilizar otras unidades de la zona de influencia, igualmente puede hacerse uso de equipos de compensación de reactivos o cambiadores de tomas de transformadores, en cuyo caso el CND coordinará las acciones necesarias para lograr el objetivo, sin violar los límites establecidos en tensiones o cargabilidad de elementos del sistema.
5. Si agotadas las consignas, la planta no puede llegar al límite esperado de entrega de reactiva por condiciones del sistema, este punto será declarado como Conforme y se consignará esta situación en el informe de resultados de la prueba.



6. Después de obtenido el valor de potencia reactiva máxima a la potencia activa seleccionada, la planta debe ser mantenida en este punto de operación mínimo durante 5 minutos para el registro de las variables de la prueba.
7. Una vez recolectados los datos para el primer punto de potencia activa en el modo de control de tensión, se deberá realizar la misma verificación de la curva de carga en la potencia activa definida, cambiando el modo de control a potencia reactiva y factor de potencia, tomando los registros definidos en el paso 3 por un tiempo mínimo de 1 minuto adicional para cada uno de los modos restantes. Previo al cambio del modo de control, se debe procurar que la consigna de la nueva variable a controlar sea igual o muy cercana a su medida en tiempo real, de forma que, al realizar el cambio del modo de control, se minimicen los cambios en el punto de operación. Según el caso la variable a controlar puede ser factor de potencia, potencia reactiva o tensión.
8. Una vez recolectados los datos para el primer punto de potencia activa en todos los modos de control, se debe realizar el mismo procedimiento anterior para los otros puntos acordados entre el CND y el agente, teniendo en cuenta lo establecido en el punto 5 del presente numeral.

Nota: Cuando la potencia activa disponible no alcance el valor nominal durante la primera prueba realizada y no se cuente con registros de operación, en los que se haya alcanzado en operación, considerando valores normales de tensión, la potencia reactiva máxima de entrega a la potencia activa nominal, se podrá realizar la prueba a esta potencia, considerando los intentos definidos en el Acuerdo CNO 1563. En este último caso, los resultados deberán ser reportados por el agente al auditor, quien deberá verificar los registros correspondientes sin que se requiera en este caso su presencia en sitio.



8.2. Certificados de calibración

8.2.1. Multimedidor BlackBox

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN			
 ESTUDIOS ELECTRICOS			
Estudios Electricos declara que el instrumento:			
Instrumento	Número de serie	Última calibración	
BLACK BOX G4500	00-60-35-38-11-F4	27/7/2023	
Fue calibrado siguiendo los lineamientos establecidos en el procedimiento EE-MP-2009-156_05 Control de Equipos habiéndose encontrado conforme y quedando habilitado para su uso.			
Para la calibración se emplearon los siguientes instrumentos patrón:			
Instrumento Patrón	Número de Serie:	Ultima calibración	Proxima calibración
Valija de Inyección OMICRON CMC 256 Plus	RC744S	28/3/2023	28/3/2024

Fecha de evaluación: 27/7/2023
Certificado número: EE-CI-2023-0974

Nombre Inspector: Leiss, Jorge

Firma:



Power System Studies & Power Plant Field Testing and
Electrical Commissioning

Figura 8.1. – Certificado de calibración BlackBox G4500



8.1.1. Multimetro Janitza UMG 512 Pro

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN			
			
ESTUDIOS ELECTRICOS			
Estudios Electricos declara que el instrumento:			
Instrumento	Número de serie	Última calibración	
JANITZA 512 Pro	4201-5343	27/7/2023	
Fue calibrado siguiendo los lineamientos establecidos en el procedimiento EE-MP-2009-156_05 Control de Equipos habiéndose encontrado conforme y quedando habilitado para su uso.			
Para la calibración se emplearon los siguientes instrumentos patrón:			
Instrumento Patrón	Número de Serie:	Ultima calibración	Proxima calibración
Valija de Inyección OMICRON CMC 256 Plus	RC744S	28/3/2023	28/3/2024

Fecha de evaluación: 27/7/2023
Certificado número: EE-CI-2023-0975

Nombre Inspector: Leiss, Jorge
Firma:



Power System Studies & Power Plant Field Testing and
Electrical Commissioning

Figura 8.2. – Certificado de calibración Janitza UMG 512 Pro



Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente.