

Empresa
País
Proyecto
Descripción

Enel Colombia S.A. E.S.P.
Colombia
Parque Fotovoltaico Fundación
Informe - Auditoría Curva de
capacidad acuerdo CNO 1563



CÓDIGO DE PROYECTO EE-2021-055
CÓDIGO DE INFORME EE-EN-2024-0269
REVISIÓN B

18 mar. 24



Este documento **EE-EN-2024-0269-RB** fue preparado para Enel Colombia S.A. E.S.P. 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 50 páginas y ha sido guardado por última vez el 18/03/2024 por Gerardo Guzmán; sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Revisión	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	14.03.2024	Para revisión	GG	AdP	PR
B	18.03.2024	Firma auditor	GG	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.....	9
	3.1. Equipo de medición	9
4	CÁLCULO DE ERRORES.....	10
	3.2. Registrador BlackBox	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.....	24
	5.6. Tendencias – Punto 1 (9.00 MW, 9.00 MVar)	24
	5.6.1. Control de Tensión.....	24
	5.6.2. Control de Potencia Reactiva.....	25
	5.6.3. Control de Factor de Potencia.....	25
	5.7. Tendencias – Punto 2 (9.00 MW, -9.00 MVar).....	26
	5.7.1. Control de Tensión.....	26
	5.7.2. Control de Potencia Reactiva.....	26
	5.7.3. Control de Factor de Potencia.....	27
	5.8. Tendencias – Punto 3 (18.00 MW, 29.70 MVar)	28
	5.8.1. Control de Tensión.....	28
	5.8.2. Control de Potencia Reactiva.....	28
	5.8.3. Control de Factor de Potencia.....	29
	5.9. Tendencias – Punto 4 (18.00 MW, -29.70 MVar).....	30
	5.9.1. Control de Tensión.....	30
	5.9.2. Control de Potencia Reactiva.....	30
	5.9.3. Control de Factor de Potencia.....	31
	5.10. Tendencias – Punto 5 (45.00 MW, 29.70 MVar)	32
	5.10.1. Control de Tensión.....	32
	5.10.2. Control de Potencia Reactiva.....	32
	5.10.3. Control de Factor de Potencia.....	33
	5.11. Tendencias – Punto 6 (45.00 MW, -29.70 MVar)	34
	5.11.1. Control de Tensión.....	34
	5.11.2. Control de Potencia Reactiva.....	34
	5.11.3. Control de Factor de Potencia.....	35
	5.12. Tendencias – Punto 7 (85.50 MW, 29.70 MVar)	36
	5.12.1. Control de Tensión.....	36
	5.12.2. Control de Potencia Reactiva.....	36
	5.12.3. Control de Factor de Potencia.....	37
	5.13. Tendencias – Punto 8 (85.50 MW, -29.70 MVar)	38
	5.13.1. Control de Tensión.....	38
	5.13.2. Control de Potencia Reactiva.....	38
	5.13.3. Control de Factor de Potencia.....	39
	5.14. Tendencias – Punto 9 (90.00 MW, 20.52 MVar)	40
	5.14.1. Control de Tensión.....	40



- 5.14.2. Control de Potencia Reactiva..... 40
 - 5.14.3. Control de Factor de Potencia..... 41
 - 5.15. Tendencias – Punto 10 (90.00 MW, -20.52 MVar) 42
 - 5.15.1. Control de Tensión..... 42
 - 5.15.2. Control de Potencia Reactiva..... 42
 - 5.15.3. Control de Factor de Potencia..... 43
- 7. **CONCLUSIONES..... 44**
- 8. **ANEXOS 45**
 - 8.1. Procedimiento de ensayos..... 45
 - 8.1.1. Verificación de la Curva en la Región de absorción de potencia reactiva..... 45
 - 8.1.2. Verificación de la Curva en la Región de entrega de potencia reactiva 47
 - 8.2. Certificados de calibración 49
 - 8.2.1. Registrador BlackBox..... 49



1 INTRODUCCIÓN

El presente informe documenta los resultados obtenidos en la auditoría de verificación de la curva de capacidad realizada en el Parque Fotovoltaico Fundación. Dichas pruebas fueron realizadas los días 28 de febrero y 1 de marzo 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 Fundación 110 kV. La empresa auditora responsable es Estudios Eléctricos.

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 Parque Fotovoltaico Fundación, propiedad de Enel Colombia S.A. E.S.P., se encuentra ubicado en el municipio de Pivijay, departamento de Magdalena, Colombia y posee una potencia instalada en DC (de sus siglas en inglés 'Direct Current') de 132.192 MW con una capacidad efectiva neta de 90 MW.

El parque dispone de 563 inversores fotovoltaicos HUAWEI SUN2000-215KTL-H0 de 215 kVA de capacidad. La red colectora del parque está compuesta por seis alimentadores en 33 kV que colectan la potencia generada por los inversores del parque. Los inversores están conectados a unidades transformadoras, cada una equipada con un transformador de bloque tridevanado de 6.5 MVA de capacidad nominal y con relación de transformación 0.8/0.8/33 kV que interconecta la salida en baja tensión de dos inversores con la red de media tensión.

Los datos de la central ensayada son los siguientes:

Parque Fotovoltaico Fundación

Potencia Pico	132.192	MWp
Potencia en el POI	90	MW
Mínimo técnico	1	MW
Rango	89	MW
Inversores	HUAWEI SUN2000-215KTL-H0	-

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 Enel Colombia S.A. E.S.P. y el CND, según el artículo 5 del Acuerdo CNO 1563.

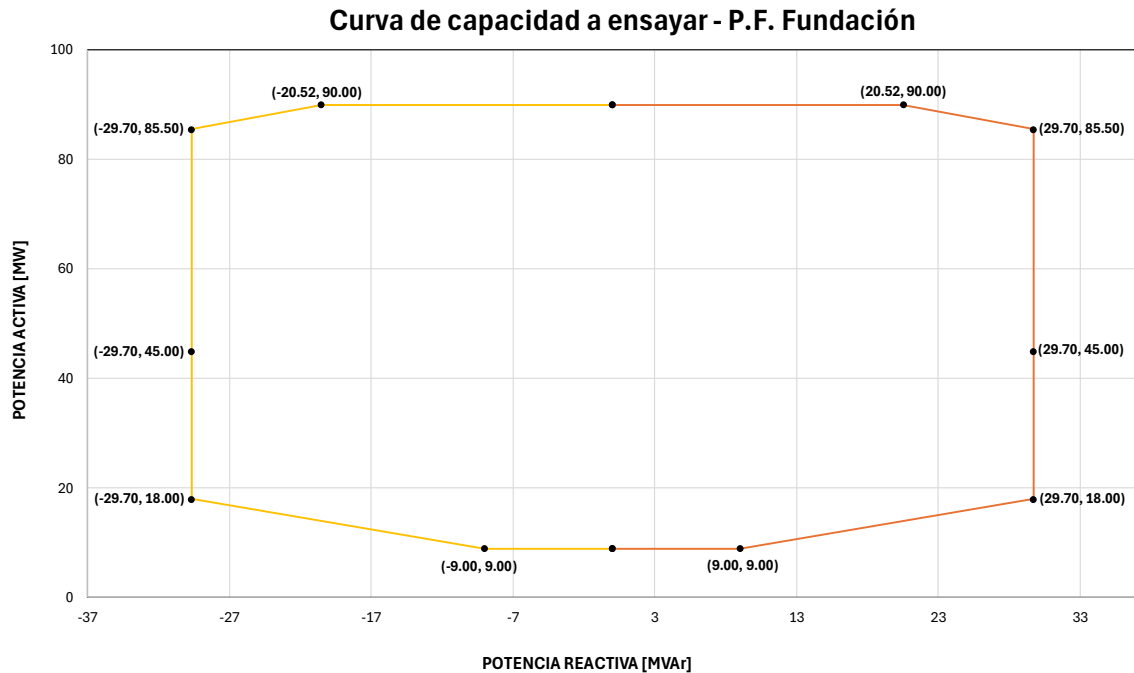


Figura 2.1 – Curva de Capacidad a auditar – P.F. Fundación

Puntos Objetivos	Región	Potencia Activa POI [MW]	Potencia Reactiva POI [MVar]
1	Entrega	9.00	9.00
2	Absorción	9.00	-9.00
3	Entrega	18.00	29.70
4	Absorción	18.00	-29.70
5	Entrega	45.00	29.70
6	Absorción	45.00	-29.70
7	Entrega	85.50	29.70
8	Absorción	85.50	-29.70
9	Entrega	90.00	20.52
10	Absorción	90.00	-20.52

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



La planta define utilizar la curva PQ en el punto de conexión considerando el ajuste de potencia reactiva en función de la tensión según lo establecido en el Acuerdo CNO 1546, como se muestra en la Figura 2.2.

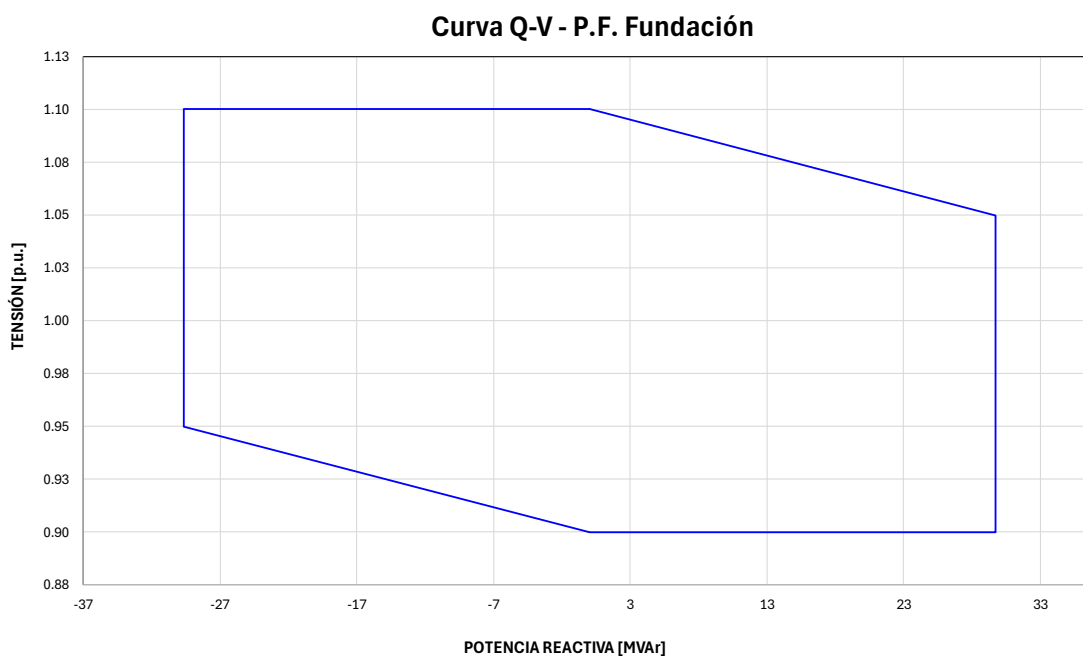


Figura 2.2 – Curva Q-V – Acuerdo 1546



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
Registrador	ELSPEC	G4500 BlackBox	00-60-35-38-11-F4	±0.2% Potencia Activa ±2% Potencia Reactiva
CT's	Elementos de Planta			0.2S
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 Fundación 110 kV	$115/\sqrt{3} : 0.115/\sqrt{3}$ kV	Registrador BlackBox
Corrientes en el Punto de conexión SE Fundación 110 kV	600 : 1 A	Registrador BlackBox

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 0.2S, relación 600 : 1 A
- PT: clase 0.2, relación $115/\sqrt{3}$: $0.115/\sqrt{3}$ kV.
- Registrador BlackBox: Incertidumbre intrínseca de 0.2 para potencia activa y 2 para potencia reactiva.

Nota: Los valores de incertidumbre del registrador 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.

Para el caso del registrador, se utiliza el valor de la incertidumbre en porcentaje como error absoluto del registrador.

3.2. Registrador 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:

$$E_a = \sqrt{3} \times E_r \times CT_{primario} \times PT_{primario} = \sqrt{3} \times 0.0026 \times 600 \text{ A} \times 115000 \text{ V} = 0.309 \text{ MW}$$

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:

$$E_r = \sqrt{2^2 + 0.1155^2 + 0.1155^2} = 2.01 \%$$

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:

$$E_a = \sqrt{3} \times E_r \times CT_{primario} \times PT_{primario} = \sqrt{3} \times 2.01 \times 600 \text{ A} \times 115000 \text{ V} = 2.398 \text{ MVar}$$

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 SE Fundación 110 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 según se ejecutaron los días 28 de febrero y 1 de marzo de 2024. Adicionalmente en el documento **anexo_2_acuerdo_1563_Fundacion.xlsx** se detallan los resultados.



Punto	Fecha Hora	P objetivo [MW]	Q objetivo @1pu [MVAR]	Q obj. @Vensayo [MVAR]	P medido [MW]	Q medido [MVAR]	Tensión [kV]	Tensión [p.u]	Causa de limitación	Cumple
1	01 mar 2024 9:40 a.m.	9.00	9.00	9.00	9.01	9.09	113.72	1.0338	Límite planta	SI
2	01 mar 2024 8:56 a.m.	9.00	-9.00	-9.00	8.98	-9.06	114.28	1.0389	Límite planta	SI
3	28 feb 2024 3:26 p.m.	18.00	29.70	29.052	18.02	29.07	115.62	1.0511	Límite planta	SI
4	28 feb 2024 10:11 a.m.	18.00	-29.70	-29.70	18.04	-29.62	112.56	1.0233	Límite planta	SI
5	28 feb 2024 2:45 p.m.	45.00	29.70	28.57	44.89	28.13	115.71	1.0519	Límite planta	SI
6	28 feb 2024 8:41 a.m.	45.00	-29.70	-29.70	44.96	-29.58	112.95	1.0268	Límite planta	SI
7	28 feb 2024 11:48 a.m.	85.50	29.70	22.79	85.33	23.16	116.78	1.0616	Límite planta	SI
8	28 feb 2024 9:08 a. m.	85.50	-29.70	29.70	85.47	-29.43	112.82	1.0256	Límite planta	SI
9	28 feb 2024 12:59 p. m.	90.00	20.52	17.76	89.83	17.91	116.24	1.0567	Límite planta	SI
10	28 feb 2024 9:29 a.m.	90.00	-20.52	-20.52	89.94	-20.28	114.55	1.0414	Límite planta	SI

Tabla 5.1 – Tabla de resultados modo control de Tensión.



Punto	Fecha Hora	P objetivo [MW]	Q objetivo [MVAR]	Q obj. @Vensayo [MVAR]	P medido [MW]	Q medido [MVAR]	Tensión [kV]	Tensión [p.u]	Causa de limitación	Cumple
1	01 mar 2024 9:50 a.m.	9.00	9.00	9.00	9.01	8.91	113.75	1.0341	Límite planta	SI
2	01 mar 2024 9:05 a.m.	9.00	-9.00	-9.00	8.98	-8.94	114.32	1.0393	Límite planta	SI
3	28 feb 2024 3:37 p.m.	18.00	29.70	28.73	18.02	29.11	115.68	1.0516	Límite planta	SI
4	28 feb 2024 10:19 a.m.	18.00	-29.70	-29.70	18.04	-29.62	112.62	1.0238	Límite planta	SI
5	28 feb 2024 14:53 p.m.	45.00	29.70	29.05	44.87	28.11	115.62	1.0511	Límite planta	SI
6	28 feb 2024 8:50 a.m.	45.00	-29.70	-29.70	44.96	-29.58	112.89	1.0263	Límite planta	SI
7	28 feb 2024 12:09 p.m.	85.50	29.70	21.71	85.33	22.17	116.98	1.0635	Límite planta	SI
8	28 feb 2024 9:15 a.m.	85.50	-29.70	-29.70	85.48	-29.42	112.73	1.0248	Límite planta	SI
9	28 feb 2024 2:08 p.m.	90.00	20.52	20.52	89.84	20.72	115.44	1.0495	Límite planta	SI
10	28 feb 2024 9:36 a.m.	90.00	-20.52	-20.52	89.94	-20.28	114.58	1.0416	Límite planta	SI

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



Punto	Fecha Hora	P objetivo [MW]	Q objetivo [MVAR]	Q obj. @Vensayo [MVAR]	P medido [MW]	Q medido [MVAR]	Tensión [kV]	Tensión [p.u]	Causa de limitación	Cumple
1	01 mar 2024 9:53 a.m.	9.00	9.00	9.00	9.01	8.91	113.66	1.0333	Límite planta	SI
2	01 mar 2024 9:09 a.m.	9.00	-9.00	-9.00	8.98	-8.93	114.39	1.0399	Límite planta	SI
3	28 feb 2024 3:41 p.m.	18.00	29.70	28.08	18.02	28.85	115.80	1.0527	Límite planta	SI
4	28 feb 2024 10:22 a.m.	18.00	-29.70	-29.70	18.04	-29.62	112.56	1.0233	Límite planta	SI
5	28 feb 2024 14:58 p.m.	45.00	29.70	29.05	44.89	27.90	115.62	1.0511	Límite planta	SI
6	28 feb 2024 8:54 a.m.	45.00	-29.70	-29.70	44.96	-29.58	112.78	1.0253	Límite planta	SI
7	28 feb 2024 12:16 p.m.	85.50	29.70	21.49	85.34	21.61	117.02	1.0638	Límite planta	SI
8	28 feb 2024 9:19 a.m.	85.50	-29.70	-29.70	85.47	-29.43	112.68	1.0244	Límite planta	SI
9	28 feb 2024 2:12 p.m.	90.00	20.52	20.52	89.85	20.73	115.40	1.0491	Límite planta	SI
10	28 feb 2024 9:40 a.m.	90.00	-20.52	-20.52	89.94	-20.28	114.34	1.0395	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 ensayada para cada modo de control y se presentan en las Figura 5.1 a Figura 5.3. Se presentan también las curvas de potencia reactiva en función de la tensión según lo establecido en el Acuerdo CNO 1546.

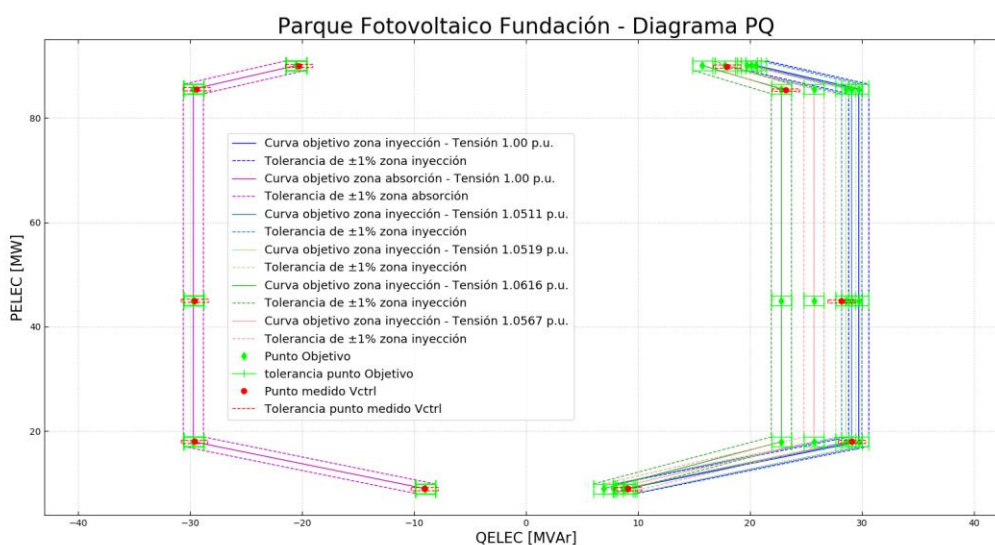


Figura 5.1 – Vista general de la curva de capacidad ensayada control de tensión

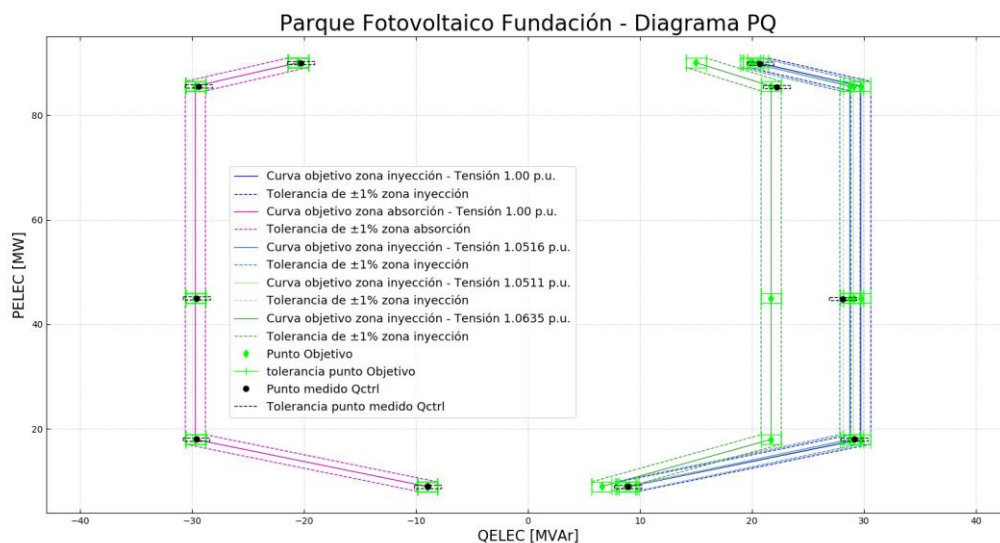


Figura 5.2 – Vista general de la curva de capacidad ensayada control de potencia reactiva

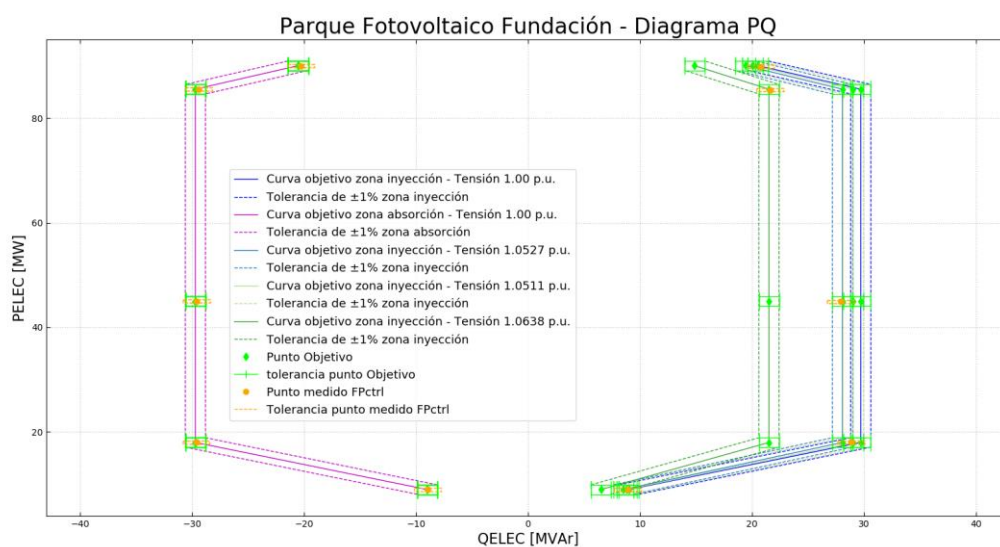


Figura 5.3 – Vista general de la curva de capacidad ensayada control de factor de potencia



5.4. Detalle de evaluación de cumplimiento

5.4.1. Detalle de la región de absorción

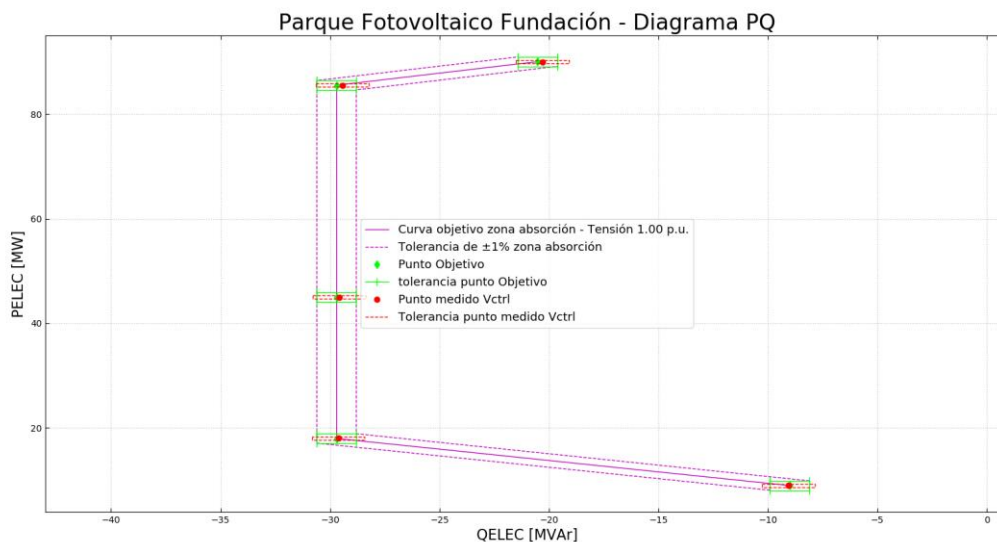


Figura 5.4 – Zona de absorción de la curva de capacidad ensayada control de tensión

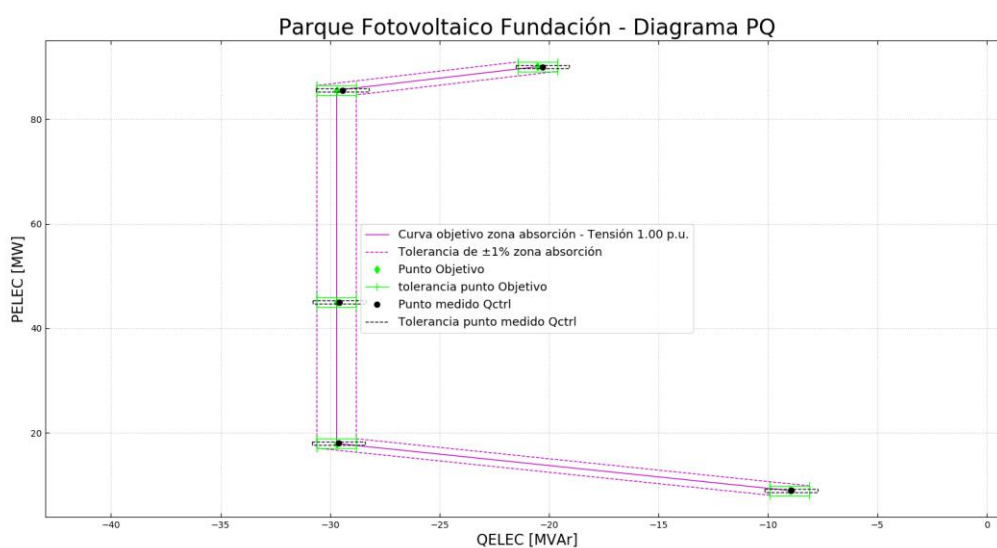


Figura 5.5 – Zona de absorción de la curva de capacidad ensayada control de potencia reactiva

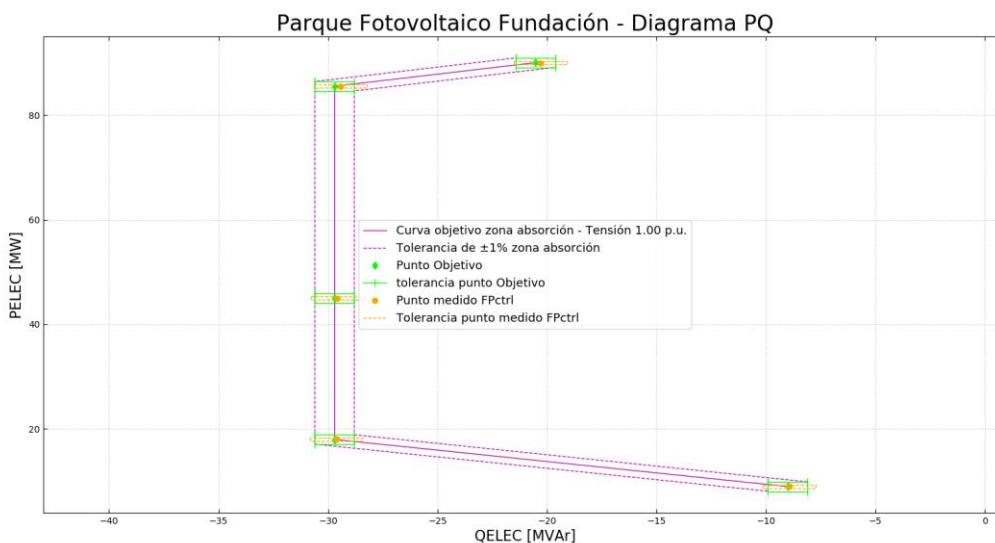


Figura 5.6 – Zona de absorción de la curva de capacidad ensayada control de factor de potencia

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, negro y oro) 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

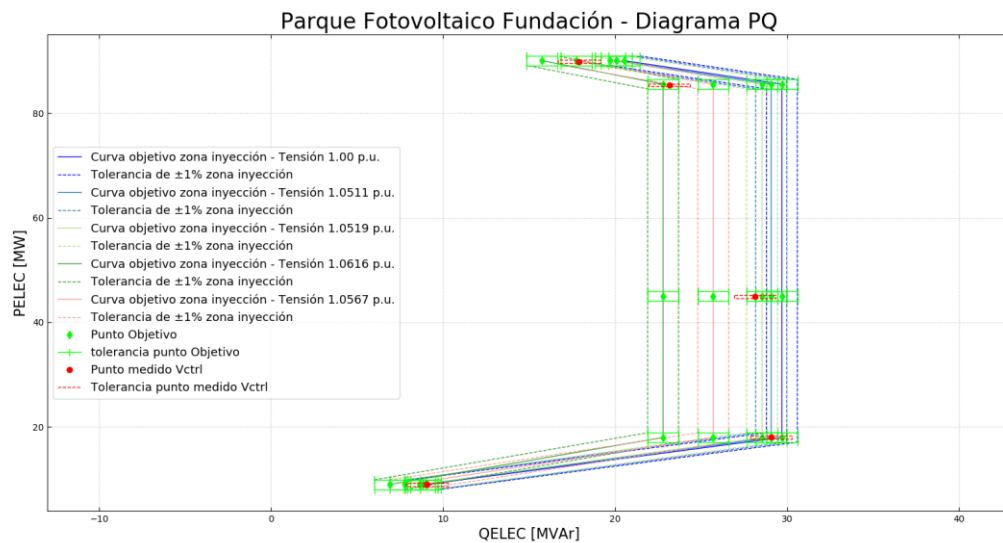


Figura 5.7. – Zona de inyección de la curva de capacidad ensayada control de tensión

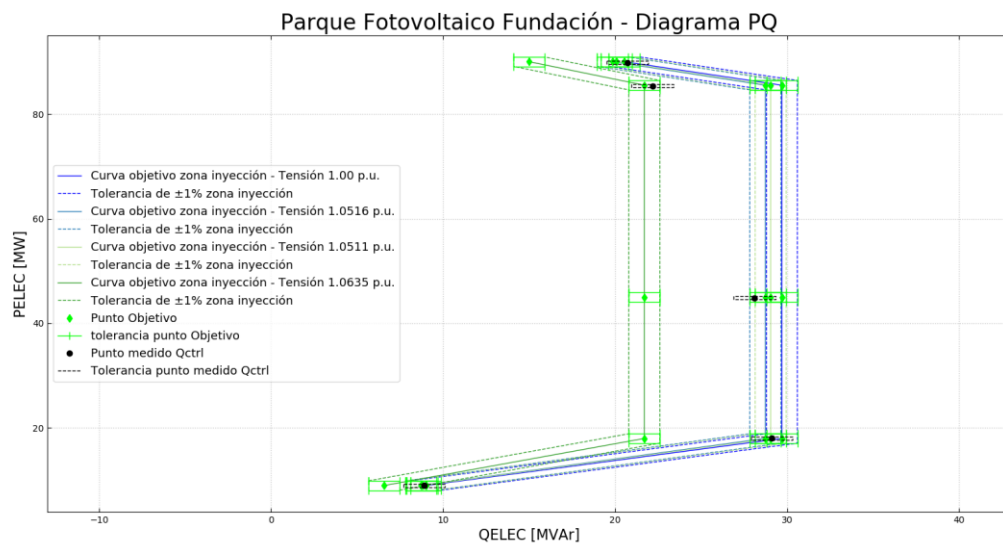


Figura 5.8. – Zona de inyección de la curva de capacidad ensayada control de potencia reactiva

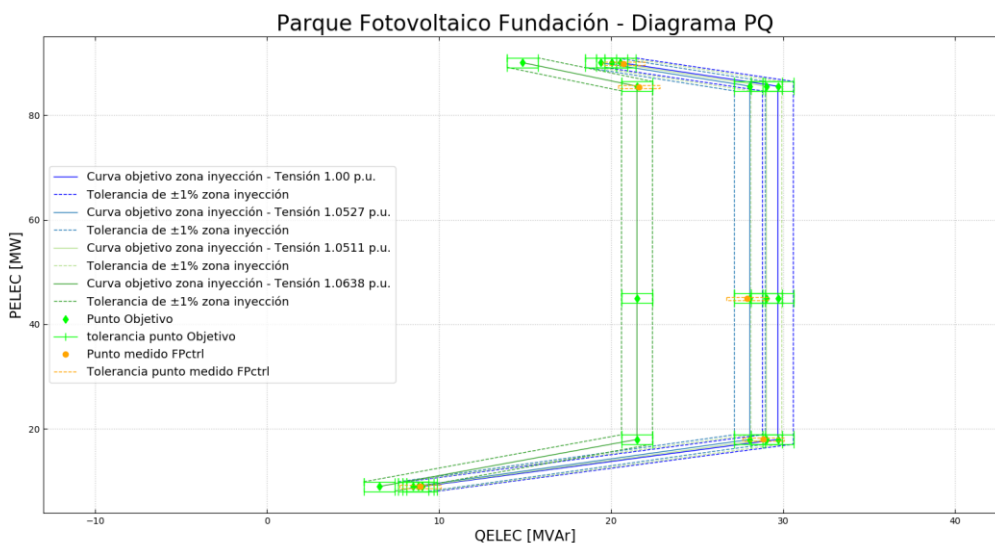


Figura 5.9. – Zona de inyección de la curva de capacidad ensayada control de factor de potencia

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, negro y oro) 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 definitiva para tensiones entre 0.95 pu y 1.05 pu son:

Punto Objetivo	Potencia Activa POI [MW]	Potencia Reactiva POI [MVAR]
1	9.00	9.00
2	9.00	-9.00
3	18.00	29.70
4	18.00	-29.70
5	45.00	29.70
6	45.00	-29.70
7	85.50	29.70
8	85.50	-29.70
9	90.00	20.52
10	90.00	-20.52

Tabla 5.4 – Puntos PQ definitivos

Cabe mencionar que la curva de capacidad es la misma para el rango de tensiones comprendido entre 0.95 p.u. y 1.05 p.u. Para tensiones comprendidas entre 0.9 p.u. y 0.95 p.u., y entre 1.05 p.u. y 1.1 p.u. se ajusta la potencia reactiva en función de la tensión, según lo establecido en el Acuerdo CNO 1546.

A continuación, se presenta la ecuación que describe la familia de curvas de capacidad en función de la tensión, y se muestran algunas de las curvas de esta familia en la Figura 5.10.

$$Q(V) = \begin{cases} Q_{1.0 \text{ p.u.}} * (20 * V - 18), & \text{si } V < 0.95 \\ Q_{1.0 \text{ p.u.}}, & \text{si } 0.95 < V < 1.05 \\ Q_{1.0 \text{ p.u.}} * (-20 * V + 22), & \text{si } V > 1.05 \end{cases}$$

Donde $Q_{1.0 \text{ p.u.}}$ debe estar en MVar y V debe estar en p.u.



Familia de curvas PQ con ajuste por curva QV - P.F. Fundación

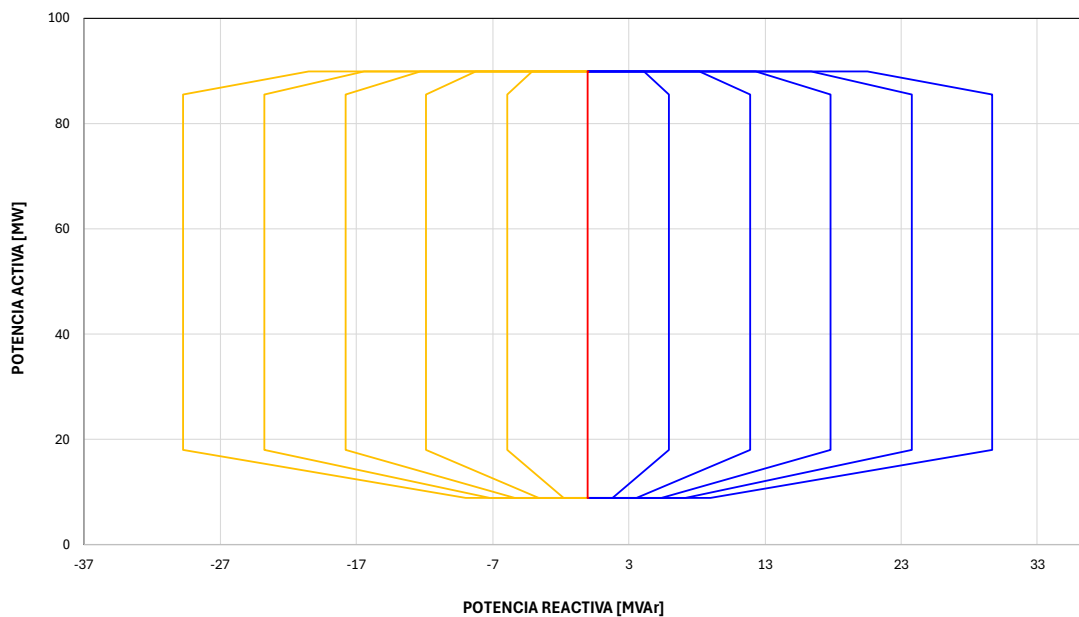


Figura 5.10 – Familia de curvas PQ con ajuste de curva QV – P.F. Fundación



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

5.6. Tendencias – Punto 1 (9.00 MW, 9.00 MVar)

5.6.1. Control de Tensión

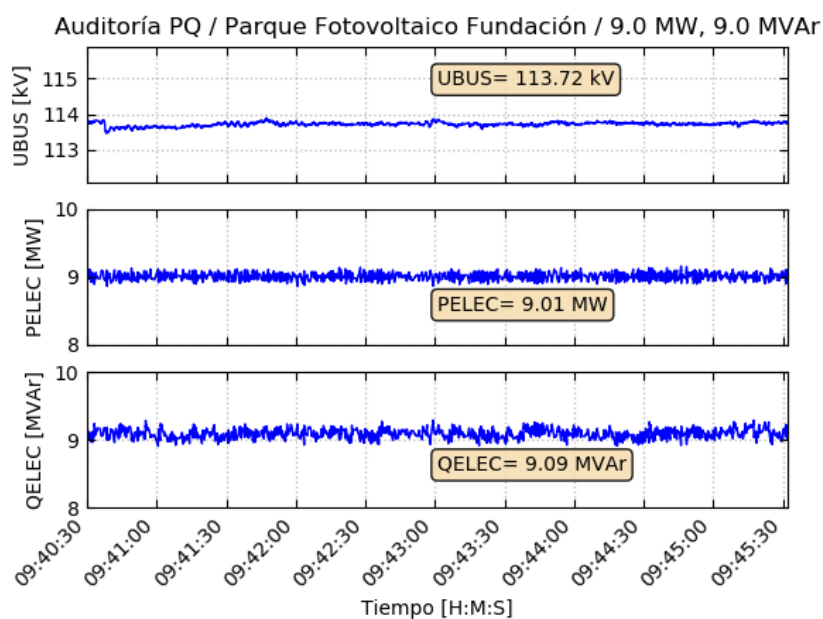


Figura 6.1 – Registros del Punto 1. Control de Tensión



5.6.2. Control de Potencia Reactiva

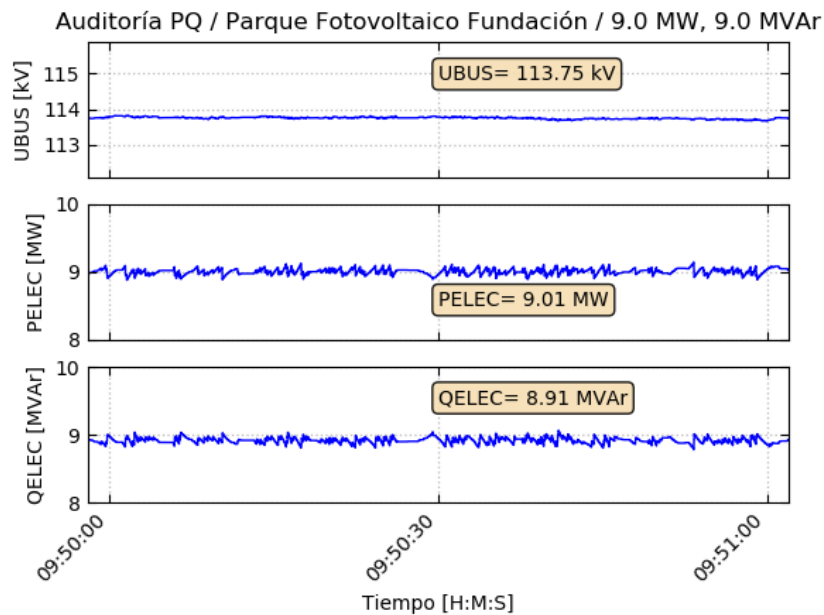


Figura 6.2 – Registros del Punto 1. Control de Potencia Reactiva

5.6.3. Control de Factor de Potencia

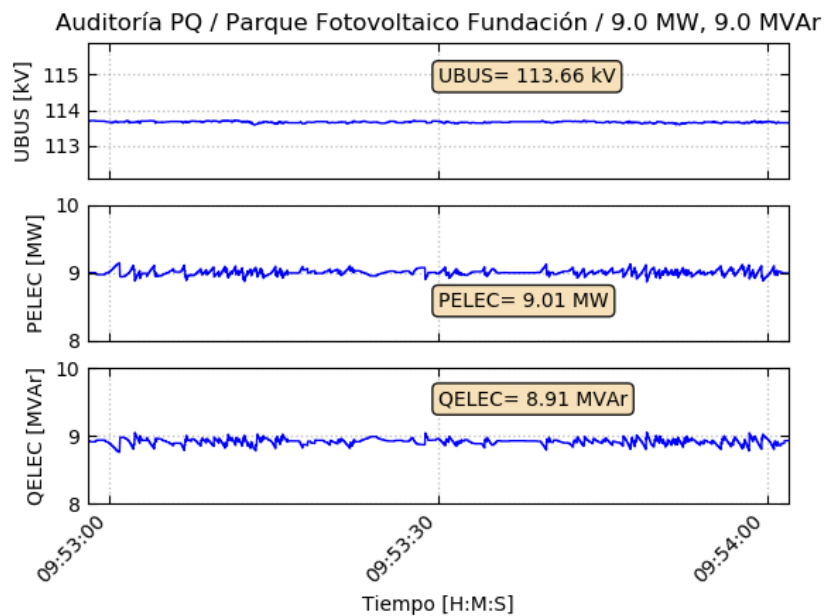


Figura 6.3 – Registros del Punto 1. Control de Factor de Potencia



5.7. Tendencias – Punto 2 (9.00 MW, -9.00 MVar)

5.7.1. Control de Tensión

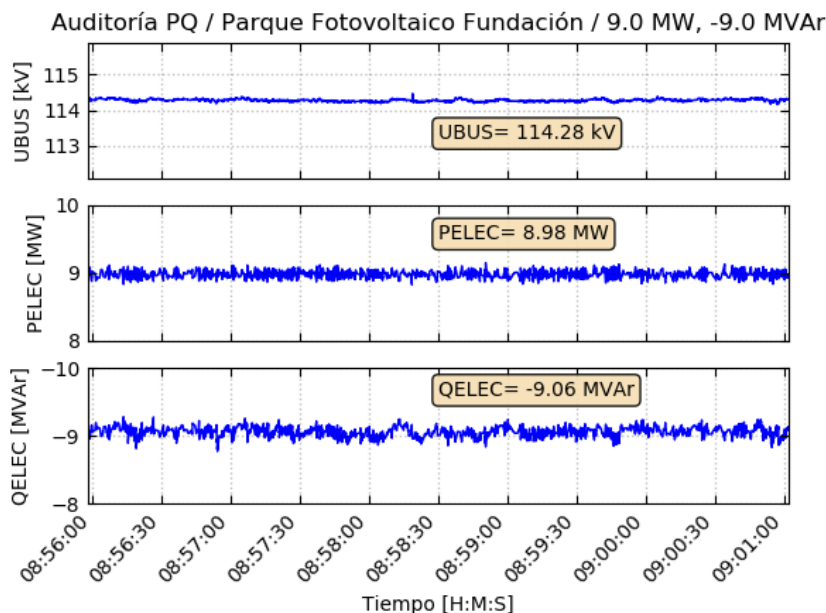


Figura 6.4 – Registros del Punto 2. Control de Tensión

5.7.2. Control de Potencia Reactiva

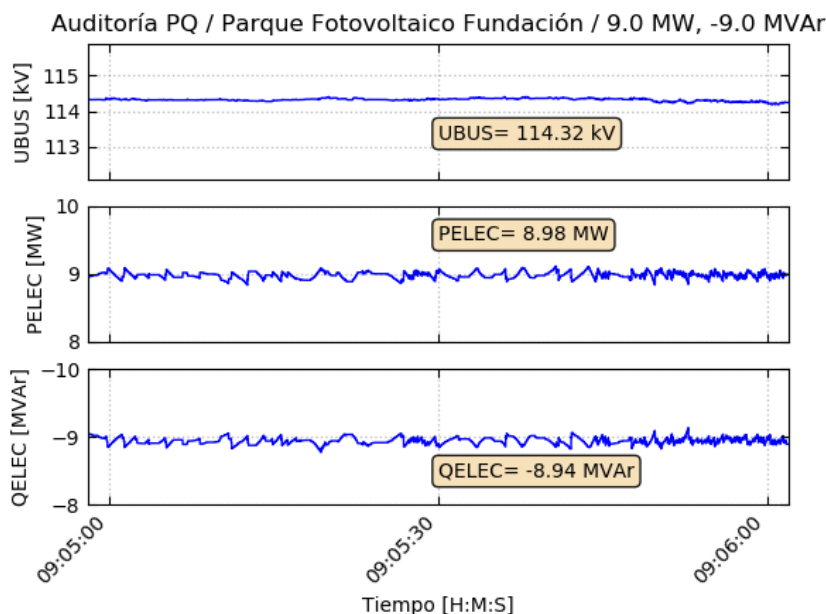


Figura 6.5 – Registros del Punto 2. Control de Potencia Reactiva



5.7.3. Control de Factor de Potencia

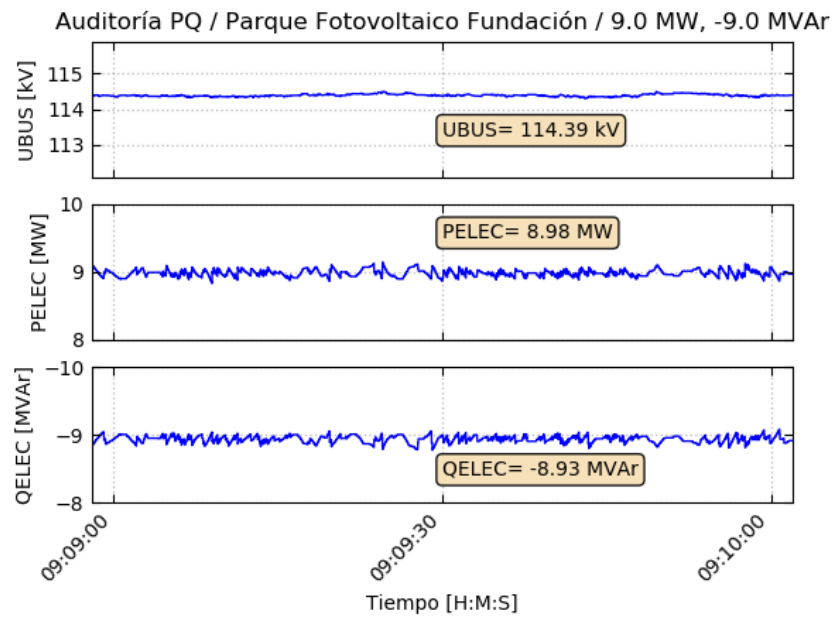


Figura 6.6 – Registros del Punto 2. Control de Factor de Potencia



5.8. Tendencias – Punto 3 (18.00 MW, 29.70 MVar)

5.8.1. Control de Tensión

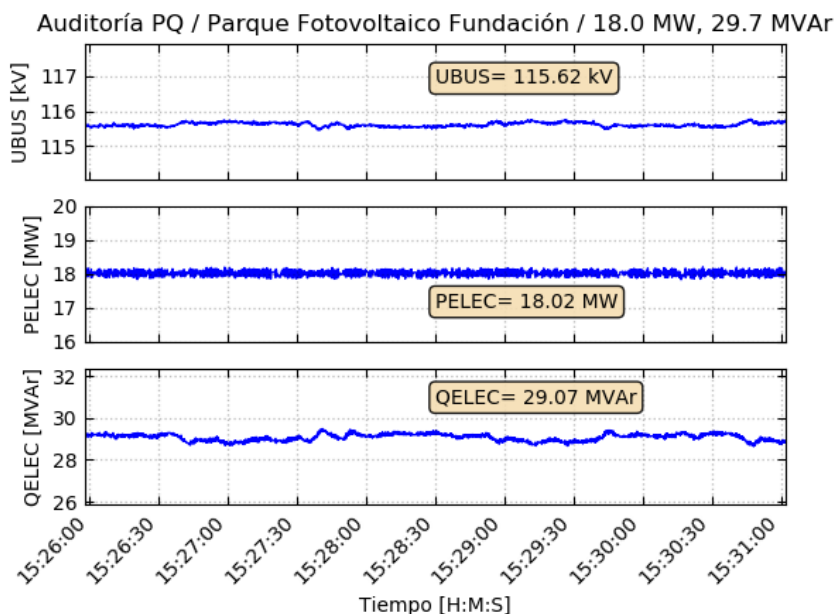


Figura 6.7 – Registros del Punto 3. Control de Tensión

5.8.2. Control de Potencia Reactiva

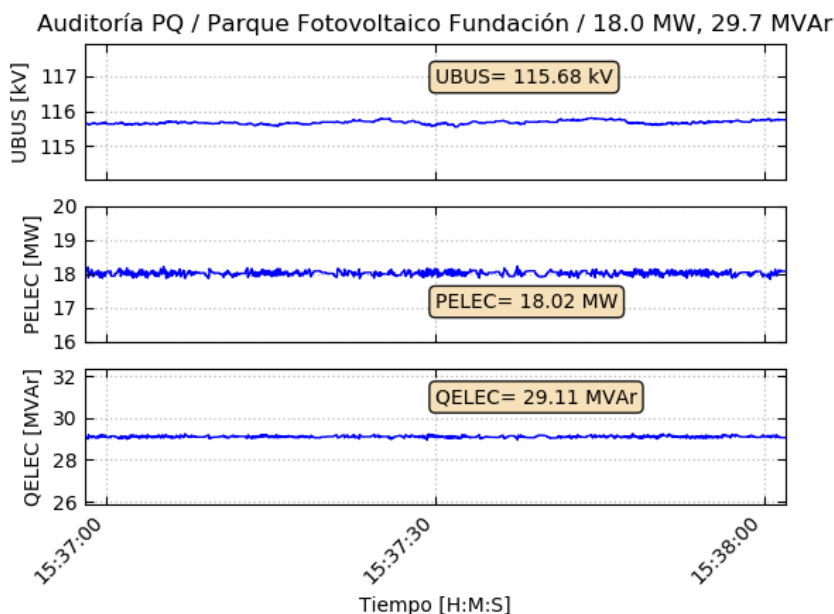


Figura 6.8 – Registros del Punto 3. Control de Potencia Reactiva



5.8.3. Control de Factor de Potencia

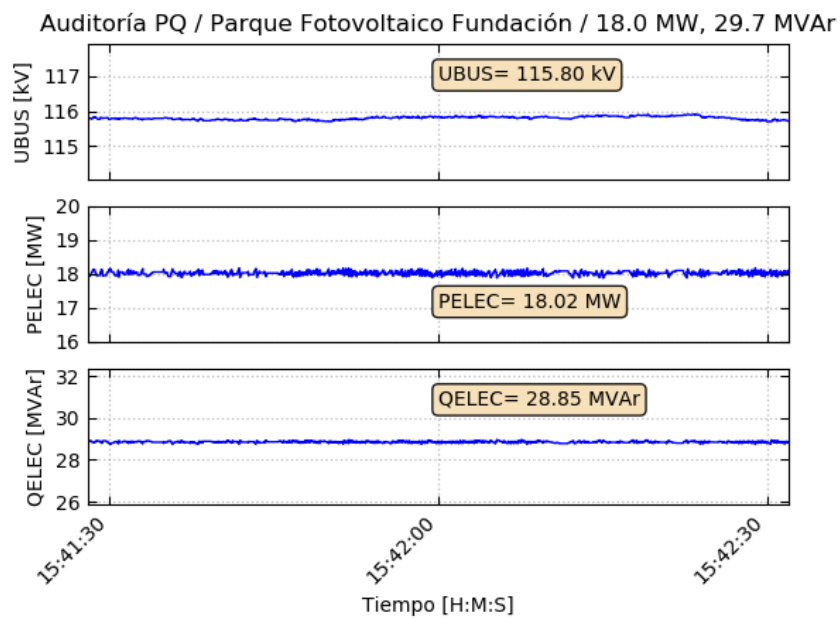


Figura 6.9 – Registros del Punto 3. Control de Factor de Potencia



5.9. Tendencias – Punto 4 (18.00 MW, -29.70 MVar)

5.9.1. Control de Tensión

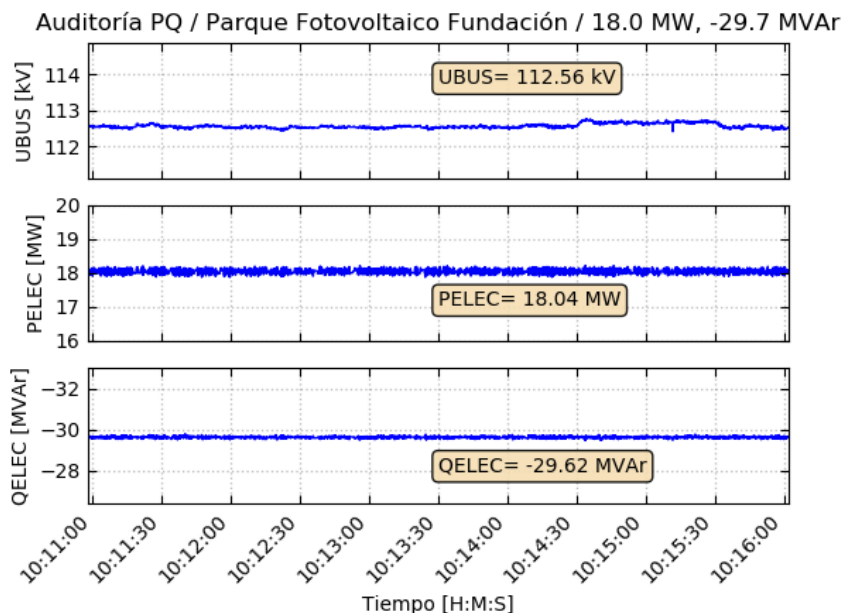


Figura 6.10 – Registros del Punto 4. Control de Tensión

5.9.2. Control de Potencia Reactiva

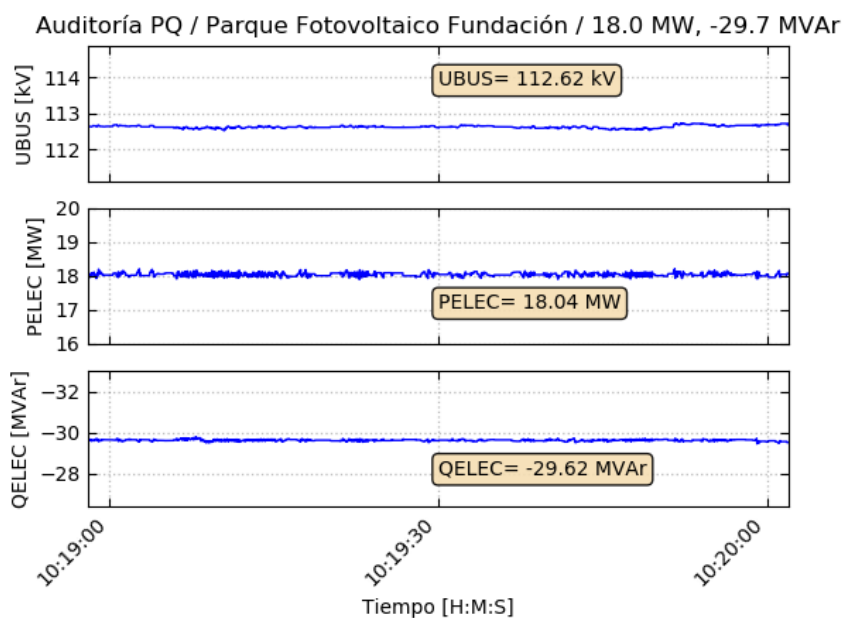


Figura 6.11 – Registros del Punto 4. Control de Potencia Reactiva



5.9.3. Control de Factor de Potencia

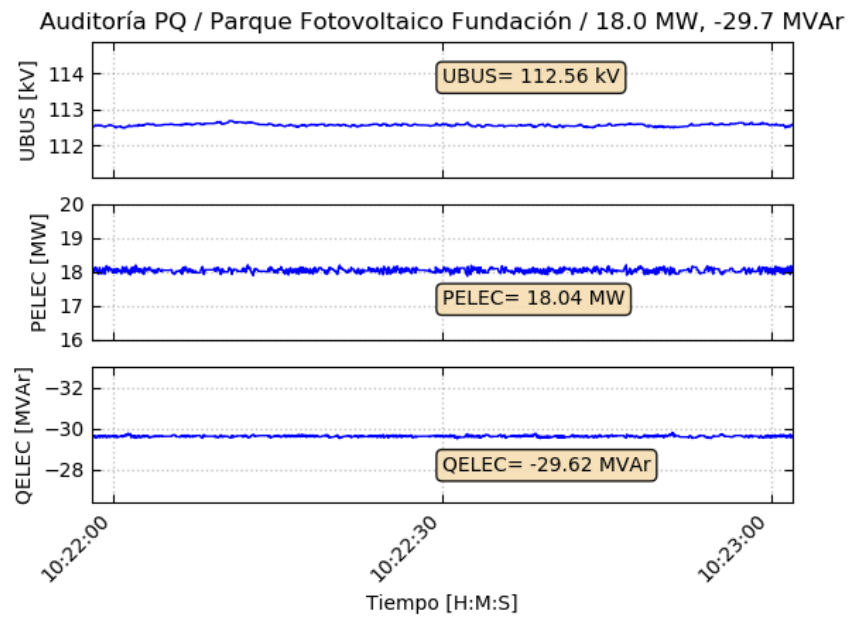


Figura 6.12 – Registros del Punto 4. Control de Factor de Potencia



5.10. Tendencias – Punto 5 (45.00 MW, 29.70 MVar)

5.10.1. Control de Tensión

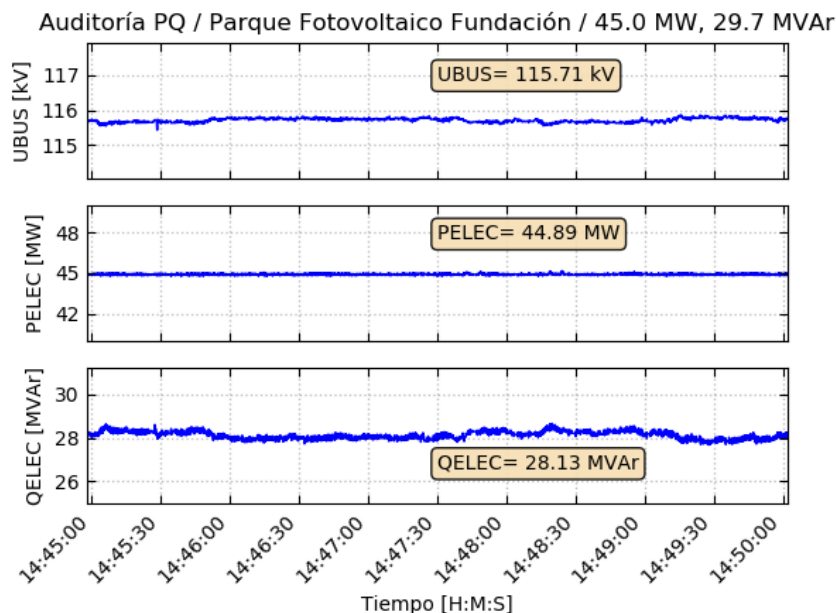


Figura 6.13 – Registros del Punto 5. Control de Tensión

5.10.2. Control de Potencia Reactiva

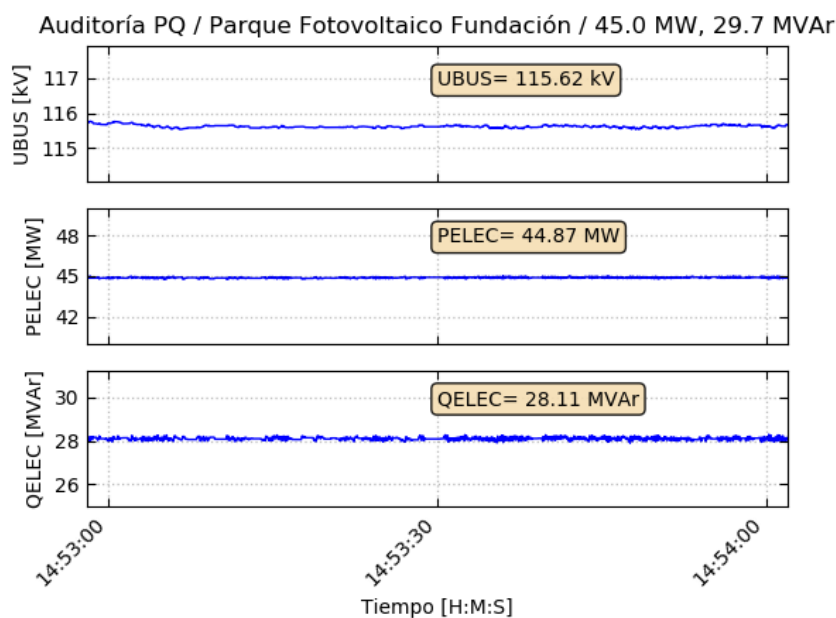


Figura 6.14 – Registros del Punto 5. Control de Potencia Reactiva



5.10.3. Control de Factor de Potencia

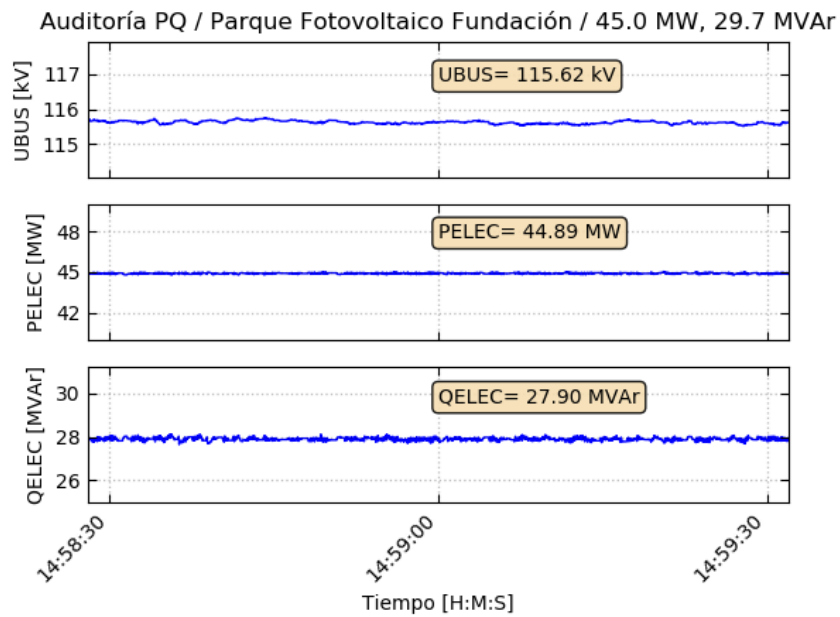


Figura 6.15 – Registros del Punto 5. Control de Factor de Potencia



5.11. Tendencias – Punto 6 (45.00 MW, -29.70 MVar)

5.11.1. Control de Tensión

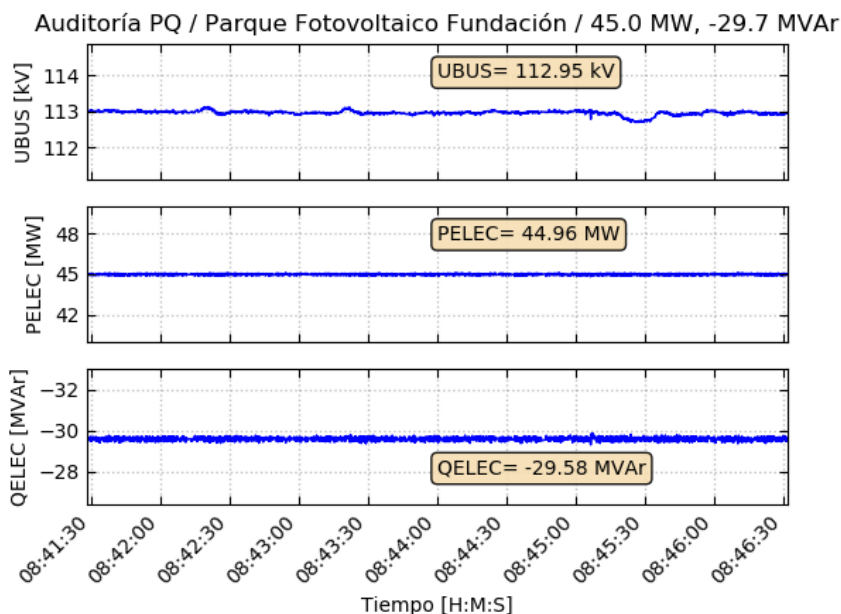


Figura 6.16 – Registros del Punto 6. Control de Tensión

5.11.2. Control de Potencia Reactiva

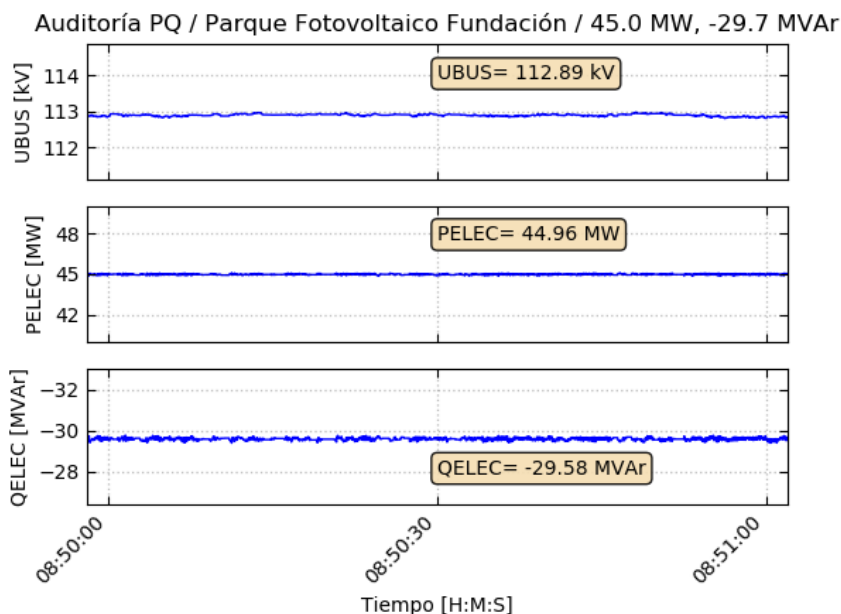


Figura 6.17 – Registros del Punto 6. Control de Potencia Reactiva



5.11.3. Control de Factor de Potencia

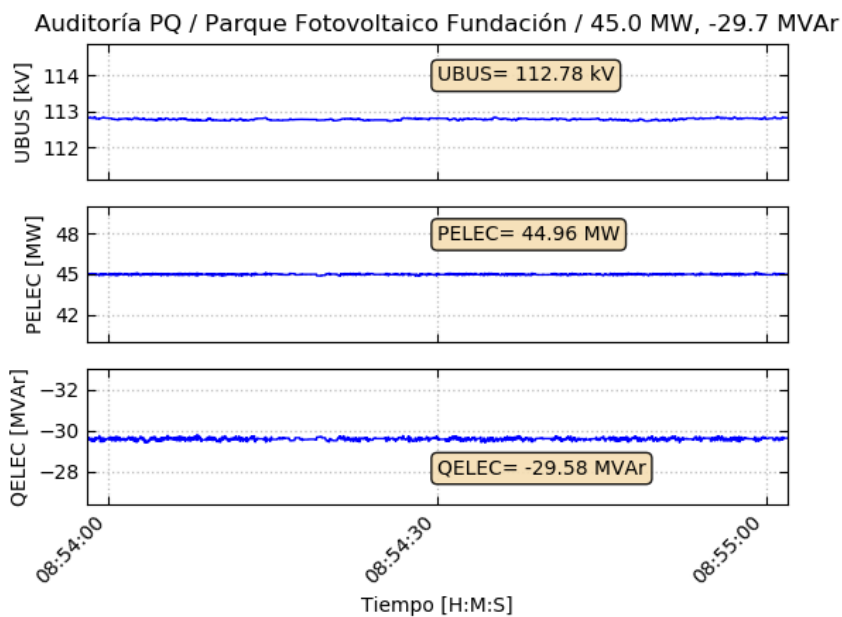


Figura 6.18. – Registros del Punto 6. Control de Factor de Potencia



5.12. Tendencias – Punto 7 (85.50 MW, 29.70 MVar)

5.12.1. Control de Tensión

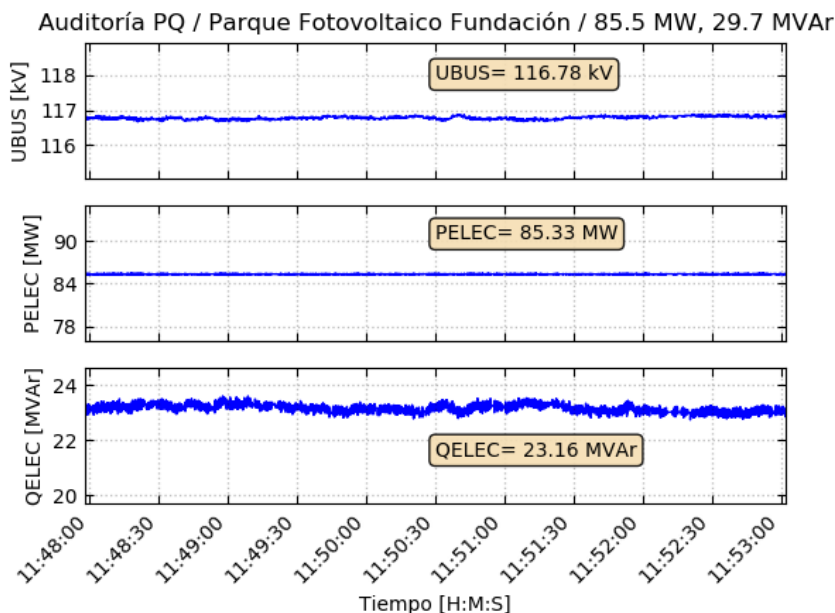


Figura 6.19 – Registros del Punto 7. Control de Tensión

5.12.2. Control de Potencia Reactiva

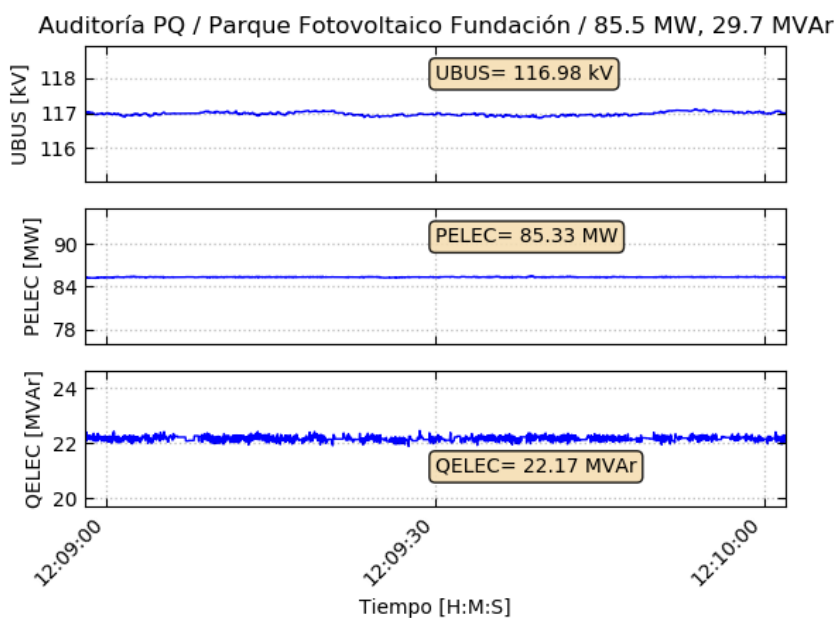


Figura 6.20. – Registros del Punto 7. Control de Potencia Reactiva



5.12.3. Control de Factor de Potencia

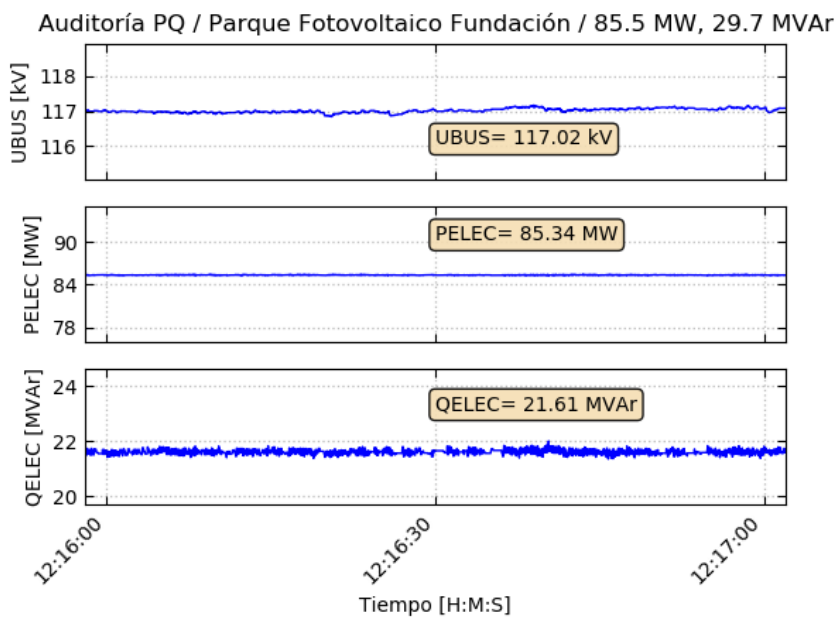


Figura 6.21. – Registros del Punto 7. Control de Factor de Potencia



5.13. Tendencias – Punto 8 (85.50 MW, -29.70 MVar)

5.13.1. Control de Tensión

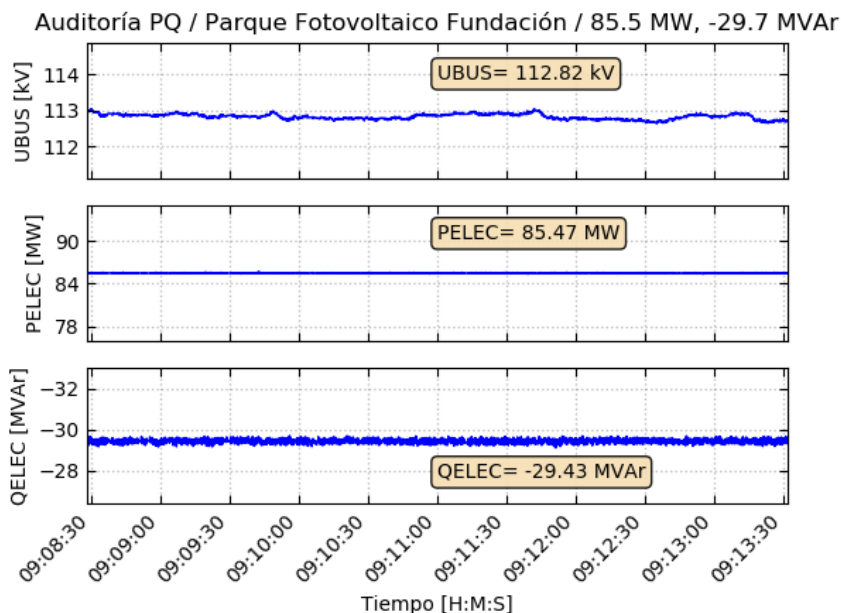


Figura 6.22 – Registros del Punto 9. Control de Tensión

5.13.2. Control de Potencia Reactiva

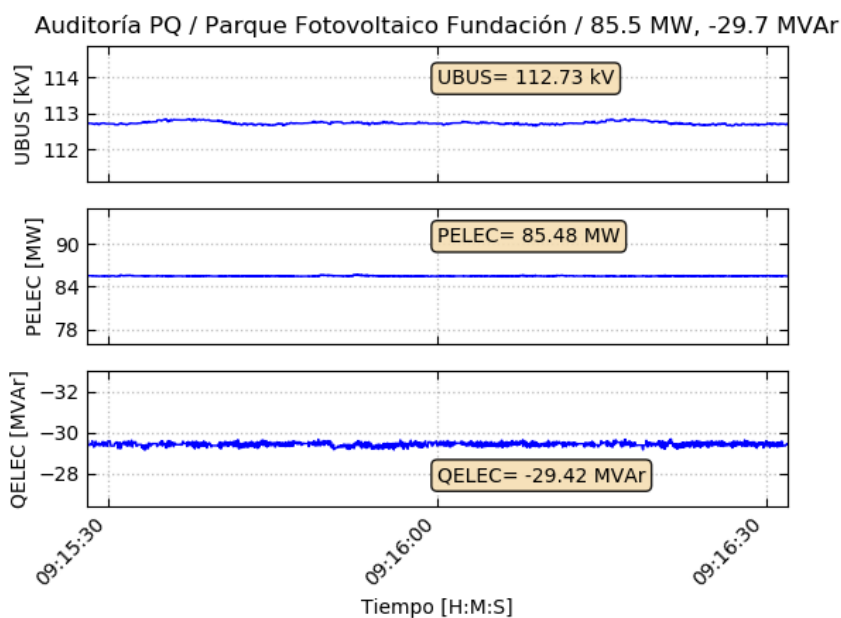


Figura 6.23. – Registros del Punto 8. Control de Potencia Reactiva



5.13.3. Control de Factor de Potencia

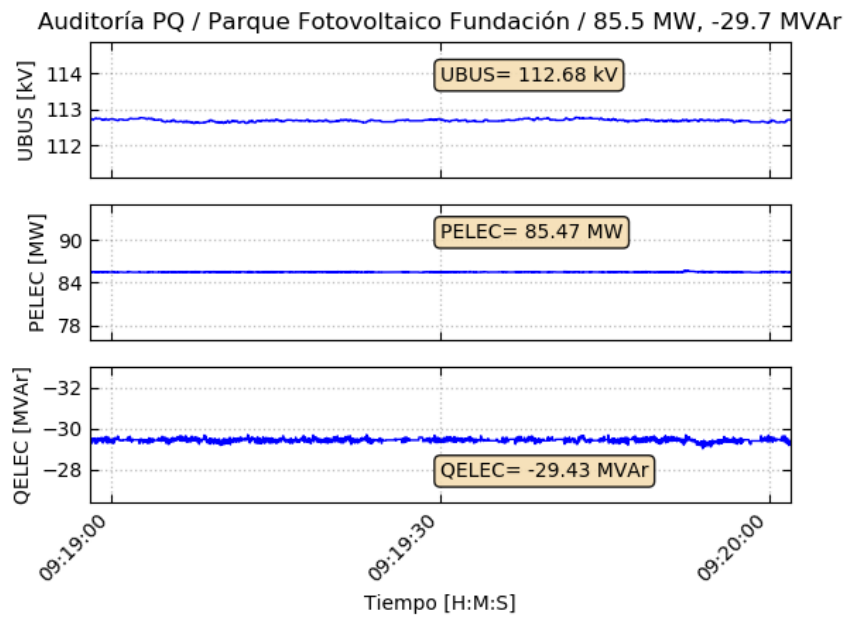


Figura 6.24. – Registros del Punto 8. Control de Factor de Potencia



5.14. Tendencias – Punto 9 (90.00 MW, 20.52 MVar)

5.14.1. Control de Tensión

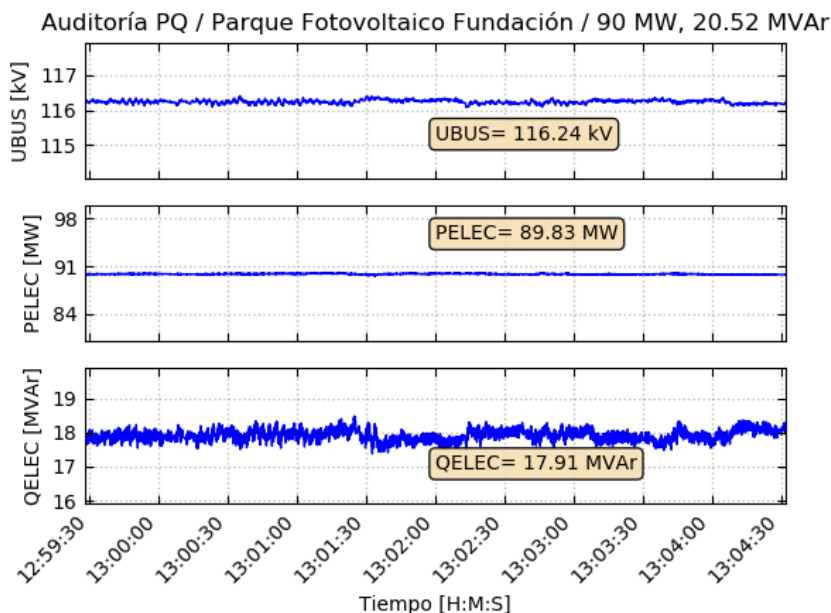


Figura 6.25 – Registros del Punto 9. Control de Tensión

5.14.2. Control de Potencia Reactiva

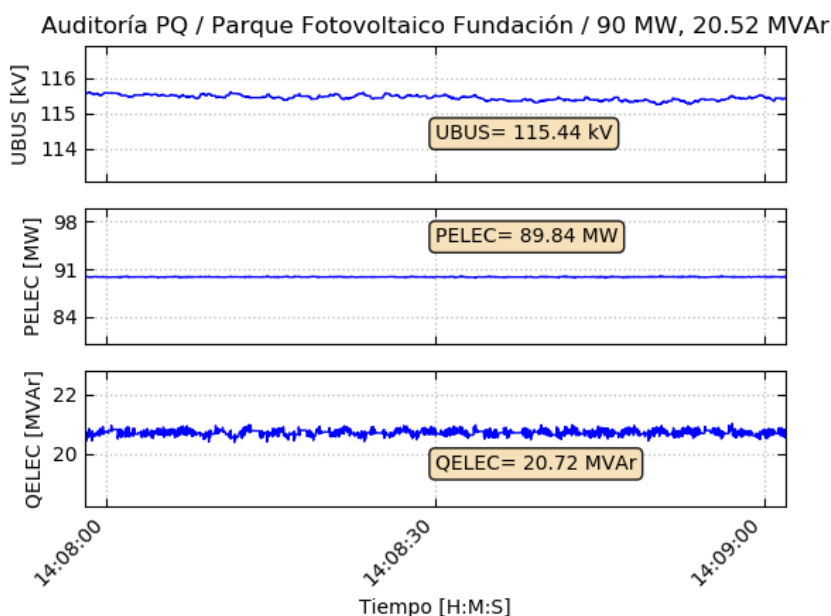


Figura 6.26. – Registros del Punto 9. Control de Potencia Reactiva



5.14.3. Control de Factor de Potencia

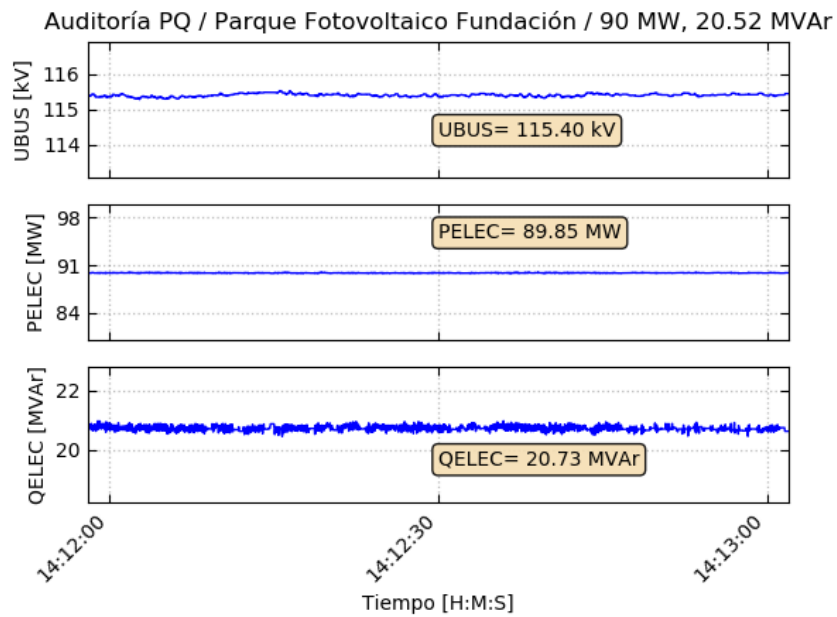


Figura 6.27. – Registros del Punto 9. Control de Factor de Potencia



5.15. Tendencias – Punto 10 (90.00 MW, -20.52 MVar)

5.15.1. Control de Tensión

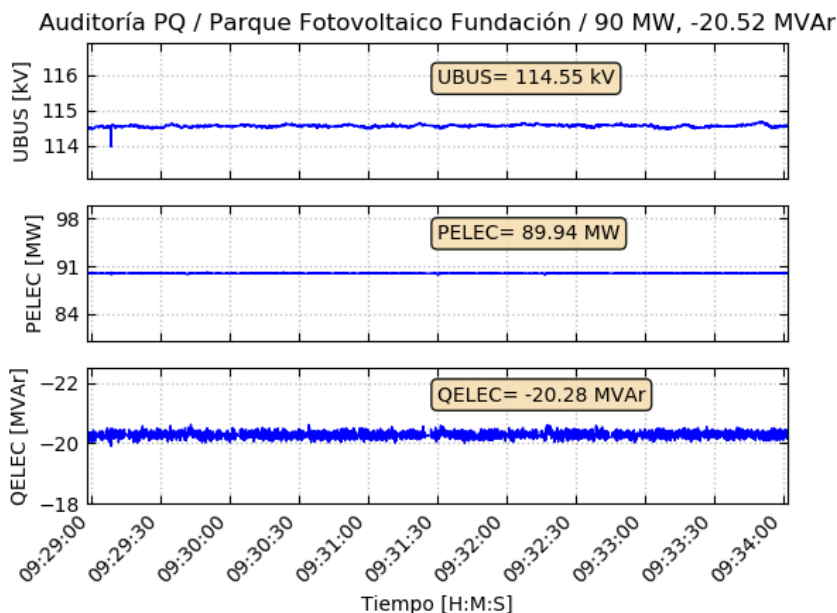


Figura 6.28 – Registros del Punto 10. Control de Tensión

5.15.2. Control de Potencia Reactiva

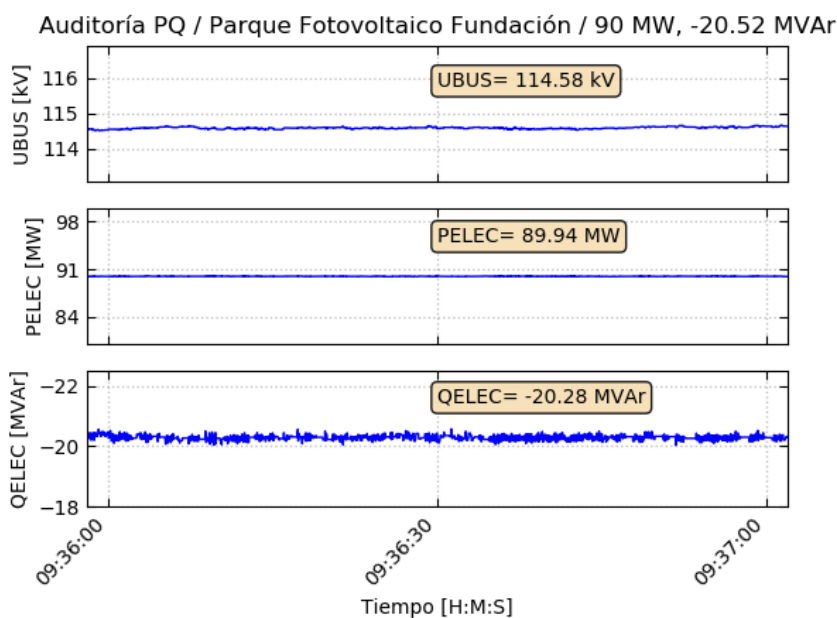


Figura 6.29. – Registros del Punto 10. Control de Potencia Reactiva



5.15.3. Control de Factor de Potencia

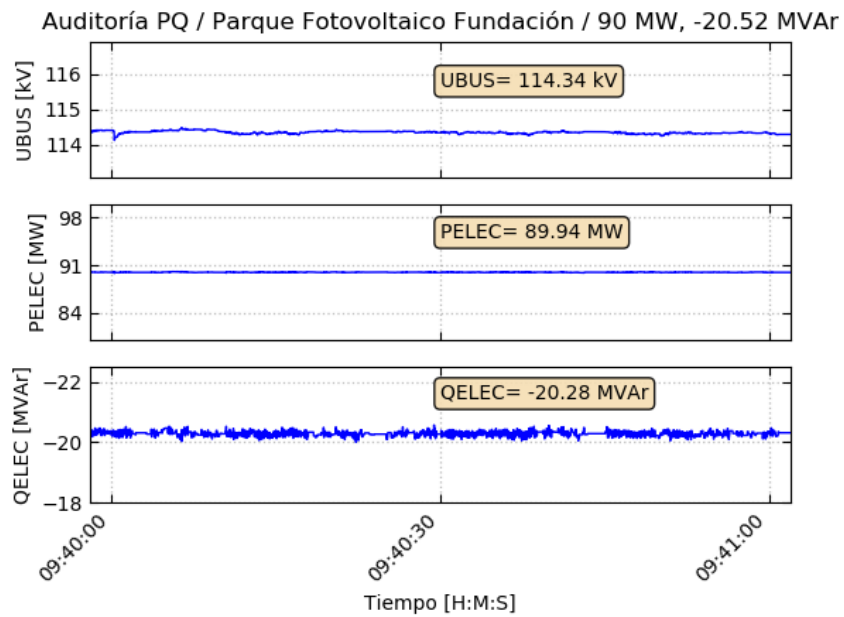


Figura 6.30. – Registros del Punto 10. Control de Factor de Potencia



7 CONCLUSIONES

El Parque Fotovoltaico Fundación 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 Parque Fotovoltaico Fundación:

CUMPLE CON LA CURVA DE CAPACIDAD DECLARADA

Nombre de la Empresa: ESTUDIOS ELÉCTRICOS SA

Nombre del Auditor: Ing. Claudio Celman

Fecha: 11/03/2024

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. Registrador 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



Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente.