

Empresa
País
Proyecto
Descripción

Enel Colombia S.A. E.S.P.
Colombia
Parque Fotovoltaico Fundación
Informe - Auditoría Curva de
capacidad acuerdo CNO 1869



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

14 mar. 24



Este documento **EE-EN-2024-0269-RF** 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 59 páginas y ha sido guardado por última vez el 19/11/2024 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
C	29.07.2024	Actualización acuerdo y CEN 99.9 MW	DM	AdP	PR
D	17.10.2024	Actualización acuerdo CON 1869	GG	AdP	PR
E	06.11.2024	Ajuste cifras decimales por solicitud de XM	GG	AdP	PR
F	19.11.2024	Comentarios XM.	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.....	6
	1.1 Definiciones	6
2	INFORMACIÓN DE LA CENTRAL	7
	2.1 Curva de capacidad P-Q Propuesta.....	8
3	MEDICIONES.....	10
	3.1 Equipo de medición	10
4	CÁLCULO DE ERRORES.....	11
	4.1 Multimedidor Schneider Electric.....	11
5	DESARROLLO DEL ENSAYO.....	13
	5.1 Procedimiento de ensayos	13
	5.2 Resultados Obtenidos	13
	5.2.1 Modo de control de tensión	14
	5.2.2 Modo de control de potencia reactiva.....	15
	5.1.3. Modo de control de factor de potencia.....	16
	5.3 Curva de capacidad efectiva.....	17
	5.3.1 Puntos alcanzados durante la auditoría	17
	5.3.2 Puntos auditados con registros históricos	19
	5.4 Detalle de evaluación de cumplimiento.....	20
	5.4.1 Detalle de la región de absorción.....	20
	5.4.2 Detalle de la región de inyección.....	22
	5.5 Curva de capacidad definitiva	24
6	REGISTRO DE ENSAYOS.....	26
	6.1 Tendencias – Punto 1 (1.0 MW, -4.995 MVAR)	26
	6.1.1 Control de Tensión	26
	6.1.2 Control de Potencia Reactiva	27
	6.1.3 Control de Factor de Potencia.....	27
	6.1.4 Verificación limitación en mínimo técnico	28
	6.2 Tendencias – Punto 2 (9.99 MW, -9.99 MVAR)	29
	6.2.1 Control de Tensión	29
	6.2.2 Control de Potencia Reactiva	29
	6.2.3 Control de Factor de Potencia.....	30
	6.3 Tendencias – Punto 3 (19.98 MW, -32.967 MVAR).....	31
	6.3.1 Control de Tensión	31
	6.3.2 Control de Potencia Reactiva	31



6.3.3	Control de Factor de Potencia.....	32
6.4	Tendencias – Punto 4 (50.0 MW, -32.967 MVar)	33
6.4.1	Control de Tensión	33
6.4.2	Control de Potencia Reactiva	33
6.4.3	Control de Factor de Potencia.....	34
6.5	Tendencias – Punto 5 (94.905 MW, -32.967 MVar)	35
6.5.1	Control de Tensión	35
6.5.2	Control de Potencia Reactiva	35
6.5.3	Control de Factor de Potencia.....	36
6.6	Tendencias – Punto 7 (1.0 MW, 4.995 MVar).....	37
6.6.1	Control de Tensión	37
6.6.2	Control de Potencia Reactiva	37
6.6.3	Control de Factor de Potencia.....	38
6.6.4	Verificación limitación en mínimo técnico	39
6.7	Tendencias – Punto 8 (9.99 MW, 9.99 MVar).....	40
6.7.1	Control de Tensión	40
6.7.2	Control de Potencia Reactiva	40
6.7.3	Control de Factor de Potencia.....	41
6.8	Tendencias – Punto 9 (19.98 MW, 32.967 MVar)	42
6.8.1	Control de Tensión	42
6.8.2	Control de Potencia Reactiva	42
6.8.3	Control de Factor de Potencia.....	43
6.9	Tendencias – Punto 10 (50.0 MW, 32.967 MVar)	44
6.9.1	Control de Tensión	44
6.9.2	Control de Potencia Reactiva	44
6.9.3	Control de Factor de Potencia.....	45
6.10	Tendencias – Punto 11 (94.905 MW, 32.967 MVar)	46
6.10.1	Control de Tensión	46
6.10.2	Control de Potencia Reactiva	46
6.10.3	Control de Factor de Potencia.....	47
7	REGISTROS HISTÓRICOS	48
7.1	Tendencias – Punto 6 (99.9 MW, -22.777 MVar)	48



7.1.1	Control de Tensión	48
7.2	Tendencias – Punto 12 (99.9 MW, 22.77 MVar).....	48
7.2.1	Control de Tensión	49
8	CONCLUSIONES	50
8.	ANEXOS	51
8.1.	Procedimiento de ensayos	51
8.1.1.	Verificación de la Curva en la Región de absorción de potencia reactiva.....	51
8.1.2.	Verificación de la Curva en la Región de entrega de potencia reactiva.....	53
8.2.	Certificados de calibración.....	55
8.2.1.	Multimedidor Schneider Electric	55



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 15, 16 y 17 de julio de 2024, por la empresa auditora ESTUDIOS ELÉCTRICOS, siguiendo los lineamientos establecidos en el acuerdo CNO 1869. 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 en 110 kV. El auditor responsable es el Ing. Claudio Celman.

1.1 Definiciones

Término	Descripción
POI	Punto de Interconexión
PBUS	Potencia eléctrica (activa) en POI
QBUS	Potencia reactiva en POI
UBUS	Tensión en POI
FREC	Frecuencia
Vctrl	Tensión (Modo de control)
Qctrl	Potencia Reactiva (Modo de control)
PFctrl	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 99.9 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	99.9	MW
Mínimo técnico	1	MW
Rango	98.9	MW
Inversores	HUAWEI SUN2000-215KTL-H0	-

Tabla 2.1 – Datos de la central



2.1 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 1869.

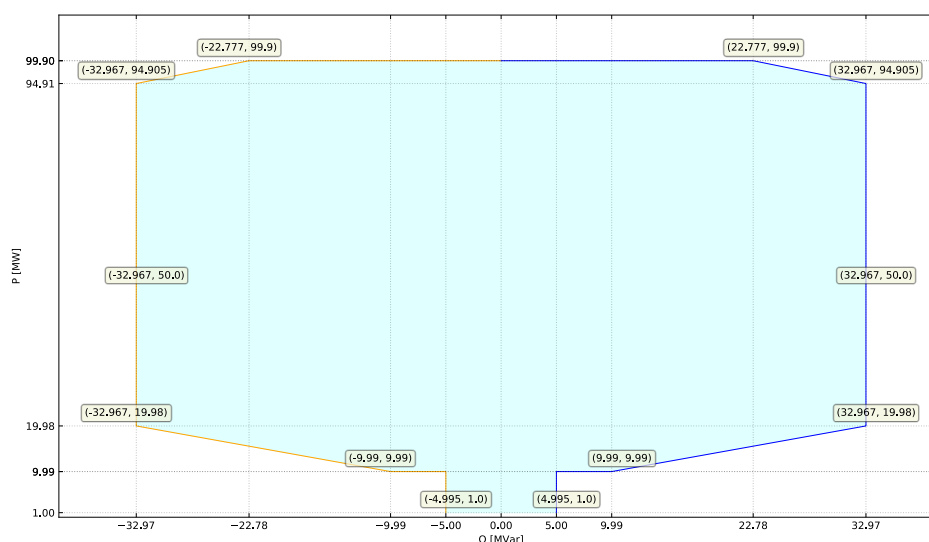


Figura 2.1 – Curva de Capacidad a auditar – PF Fundación

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.

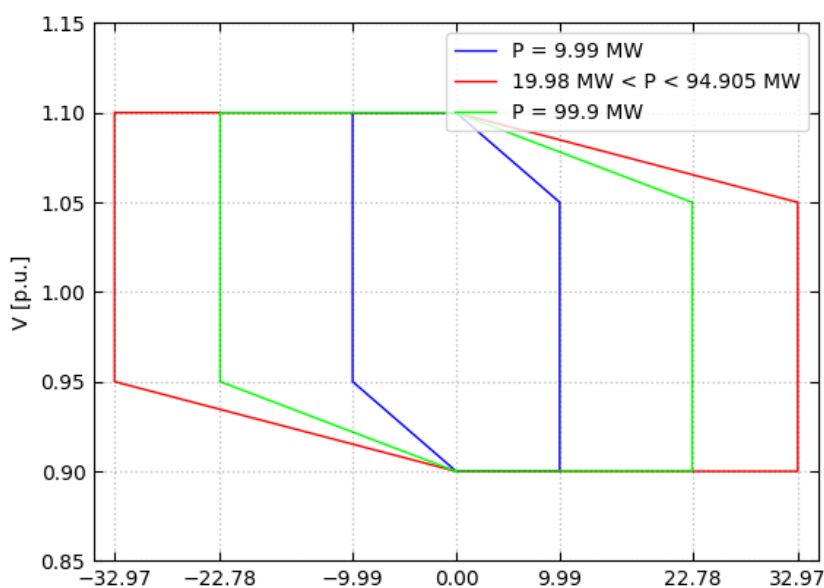


Figura 2.2 – Curva Q-V – Acuerdo 1546



Puntos Objetivos	Región	Potencia Activa POI [MW]	Potencia Reactiva POI [MVar]
1	Absorción	1.00	-4.995
2	Absorción	9.99	-9.99
3	Absorción	19.98	-32.97
4	Absorción	49.95	-32.97
5	Absorción	94.91	-32.97
6	Absorción	99.90	-22.78
7	Inyección	1.00	4.995
8	Inyección	9.99	9.99
9	Inyección	19.98	32.97
10	Inyección	49.95	32.97
11	Inyección	94.91	32.97
12	Inyección	99.90	22.78

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	Schneider Electric	Power Logic ION 8650	2107062100000	±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	Multimedidor Schneider Electric
Corrientes en el Punto de conexión SE Fundación 110 kV	600:1 A	Multimedidor Schneider Electric

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 ION: Incertidumbre intrínseca de 0.2 para potencia activa y 2 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 Multimedidor Schneider Electric

- 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:

$$E_a = \sqrt{3} \times E_r \times CT_{primario} \times PT_{primario} = 1.732 \times 0.0026 \times 600 \text{ A} \times 115000 \text{ V} = 0.309 \text{ MW}$$



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:

$$E_a = \sqrt{3} \times E_r \times CT_{primario} \times PT_{primario} = 1.732 \times 2.01 \times 600 \text{ A} \times 115000 \text{ V} = 2.398 \text{ MVar}$$

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 la verificación del equipo de adquisición en el punto donde es declarada la curva de capacidad de la central (Punto de Conexión en S/E Fundación 110 kV).
- Para evaluar cada uno de los puntos comprometidos, se utiliza el procedimiento detallado en el Acuerdo CNO 1869.

5.2 Resultados Obtenidos

Las Tabla 5.1, Tabla 5.2 y Tabla 5.3 resumen las condiciones y resultados de los registros utilizados para la auditoría de potencia reactiva en los tres modos de control. Cabe destacar que, debido a la disponibilidad de recurso primario, no fue posible alcanzar los puntos de 100% de la potencia nominal en presencia del auditor (puntos 6 y 12). Los puntos objetivo restantes, se auditaron mediante registros históricos en el modo de control operativo de la central, en este caso tensión con estatismo.

El límite de potencia reactiva para valores de potencia activa menores al 10% de la Pnom se ha dejado en 1 MVAR dando cumplimiento a lo establecido el artículo 14 de la CREG 060 de no inyectar ni absorber en más de un 5% de Pnom.

Los resultados preliminares para los diferentes días de auditoría fueron presentados en los anexos:

- anexo2_acuerdo_1833_15_07_2024_PF_Fundacion.xlsx
- anexo2_acuerdo_1833_16_07_2024_PF_Fundacion.xlsx
- anexo2_acuerdo_1833_18_07_2024_PF_Fundacion.xlsx



5.2.1 Modo de control de tensión

Punto	Fecha Hora	P objetivo [MW]	Q objetivo @1pu [MVAR]	Q objetivo @Vensayo [MVAR]	P medido [MW]	Q medido [MVAR]	Tensión [kV]	Tensión [p.u]	Causa de limitación	Cumple
1	18 jul 03:49 p.m.	1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	114.004	1.036	Límite planta	SI
2	15 jul 03:46 p.m.	9.99	-9.99	-9.99	9.93	-10.01	113.091	1.028	Límite planta	SI
3	15 jul 03:27 p.m.	19.98	-32.97	-32.97	20.13	-33.05	110.564	1.005	Límite planta	SI
4	15 jul 03:18 p.m.	49.95	-32.97	-32.97	50.11	-33.03	110.645	1.006	Límite planta	SI
5	15 jul 09:34 a.m.	94.91	-32.97	-32.97	95.16	-33.19	112.138	1.019	Límite planta	SI
6 ¹	-	99.90	-22.78	-	-	-	-	-	-	-
7	18 jul 03:38 p.m.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	114.366	1.04	Límite planta	SI
8	16 jul 04:47 p.m.	9.99	9.99	9.99	10.01	10.04	114.997	1.045	Límite planta	SI
9	16 jul 04:06 p.m.	19.98	32.97	32.97	20.03	33.06	113.566	1.032	Límite planta	SI
10	16 jul 12:21 p.m.	49.95	32.97	32.97	50.12	33.07	114.353	1.04	Límite planta	SI
11	16 jul 11:49 a.m.	94.91	32.97	32.97	95.12	33.05	114.842	1.044	Límite planta	SI
12 ¹	-	99.90	-22.78	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 5.1 – Tabla de resultados modo control de Tensión.

¹ Punto auditado a partir de registros históricos como lo permite el acuerdo para los puntos de carga máxima, dado que no fue posible realizarlo durante las pruebas en campo por falta de recurso primario.



5.2.2 Modo de control de potencia reactiva

Punto	Fecha Hora	P objetivo [MW]	Q objetivo @1pu [MVar]	Q objetivo @Vensayo [MVar]	P medido [MW]	Q medido [MVAR]	Tensión [kV]	Tensión [p.u]	Causa de limitación	Cumple
1	16 jul 05:02 p.m.	1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	114.078	1.037	Límite planta	SI
2	15 jul 03:50 p.m.	9.99	-9.99	-9.99	9.93	-10.01	113	1.027	Límite planta	SI
3	15 jul 03:33 p.m.	19.98	-32.97	-32.97	20.09	-33.05	110.522	1.005	Límite planta	SI
4	15 jul 03:21 p.m.	49.95	-32.97	-32.97	49.95	-33.05	110.893	1.008	Límite planta	SI
5	15 jul 09:23 a.m.	94.91	-32.97	-32.97	95.16	-32.98	112.247	1.02	Límite planta	SI
6 ¹	-	99.90	-22.78	-	-	-	-	-	-	-
7	16 jul 04:59 p.m.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.03	114.233	1.038	Límite planta	SI
8	16 jul 04:50 p.m.	9.99	9.99	9.99	10.08	10.02	115.023	1.046	Límite planta	SI
9	16 jul 04:09 p.m.	19.98	32.97	32.97	20.02	33.05	113.593	1.033	Límite planta	SI
10	16 jul 12:23 p.m.	49.95	32.97	32.97	50.12	33.07	114.386	1.04	Límite planta	SI
11	16 jul 11:52 a.m.	94.91	32.97	32.97	94.92	33.06	114.927	1.045	Límite planta	SI
12 ¹	-	99.90	-22.78	-	-	-	-	-	-	-

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

¹ Punto auditado a partir de registros históricos como lo permite el acuerdo para los puntos de carga máxima, dado que no fue posible realizarlo durante las pruebas en campo por falta de recurso primario.



5.1.3. Modo de control de factor de potencia

Punto	Fecha Hora	P objetivo [MW]	Q objetivo @1pu [MVar]	Q objetivo @Vensayo [MVar]	P medido [MW]	Q medido [MVAR]	Tensión [kV]	Tensión [p.u]	Causa de limitación	Cumple
1	18 jul 03:45 p.m.	1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	113.956	1.036	Límite planta	SI
2	15 jul 03:54 p.m.	9.99	-9.99	-9.99	9.93	-10.01	113.095	1.028	Límite planta	SI
3	15 jul 03:38 p.m.	19.98	-32.97	-32.97	20.04	-33.03	110.479	1.004	Límite planta	SI
4	15 jul 03:19 p.m.	49.95	-32.97	-32.97	50.09	-33.04	110.656	1.006	Límite planta	SI
5	15 jul 09:28 a.m.	94.91	-32.97	-32.97	95.16	-33.00	112.236	1.02	Límite planta	SI
6 ¹	-	99.90	-22.78	-	-	-	-	-	-	-
7	18 jul 03:42 p.m.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	114.319	1.039	Límite planta	SI
8	16 jul 04:54 p.m.	9.99	9.99	9.99	10.02	10.03	115.121	1.047	Límite planta	SI
9	16 jul 04:11 p.m.	19.98	32.97	32.97	20.02	32.95	113.626	1.033	Límite planta	SI
10	16 jul 12:29 p.m.	49.95	32.97	32.97	50.13	33.08	114.349	1.04	Límite planta	SI
11	16 jul 01:20 p.m.	94.91	32.97	32.97	94.75	33.06	113.649	1.033	Límite planta	SI
12 ¹	-	99.90	-22.78	-	-	-	-	-	-	-

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

¹ Punto auditado a partir de registros históricos como lo permite el acuerdo para los puntos de carga máxima, dado que no fue posible realizarlo durante las pruebas en campo por falta de recurso primario.



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.

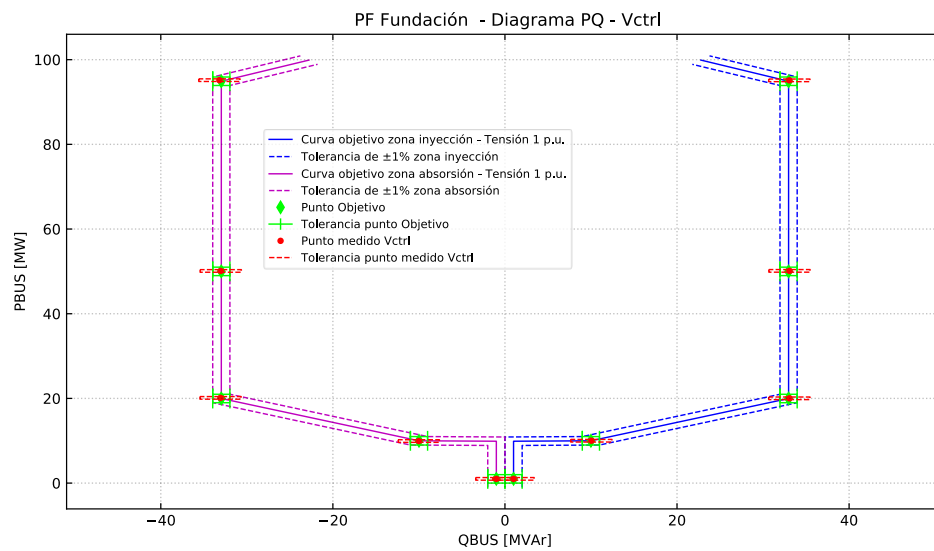


Figura 5.1 – Vista general de la curva de capacidad ensayada control tensión

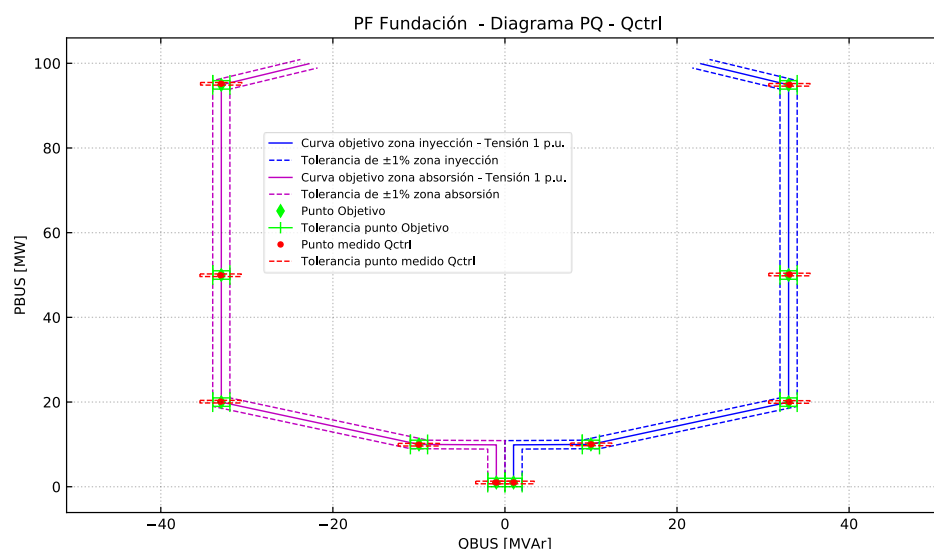


Figura 5.2 – Vista general de la curva de capacidad ensayada control potencia reactiva

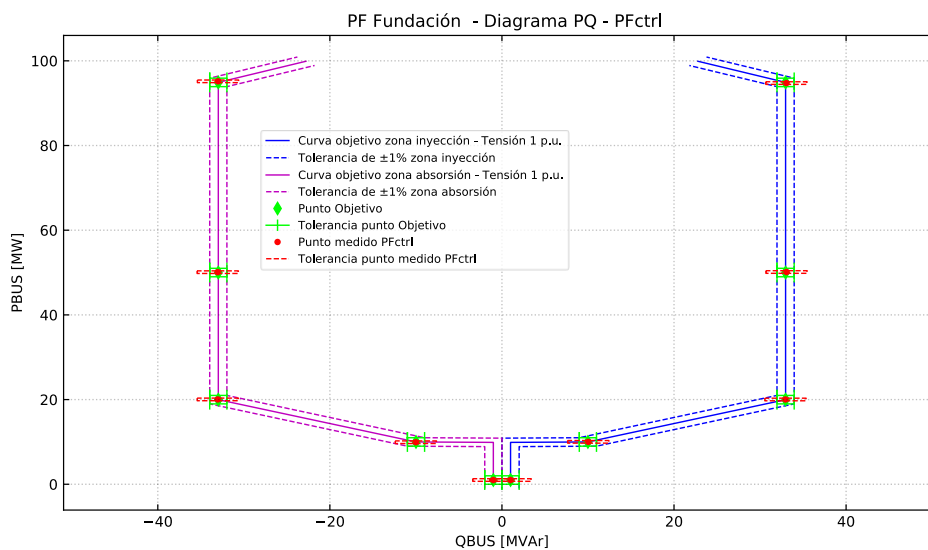


Figura 5.3 – Vista general de la curva de capacidad ensayada control factor de potencia



5.3.2 Puntos auditados con registros históricos

Dado que en el momento de la auditoría no fue posible alcanzar los puntos 99.90 MW / ± 22.78 por falta de recurso primario, estos puntos son auditados por medio de registros históricos. Los resultados se resumen en la Tabla 5.4 presentados en la Figura 5.4.

Punto	Fecha Hora	P objetivo [MW]	Q objetivo @1pu [MVar]	Q objetivo @Vensayo [MVar]	P medido [MW]	Q medido [MVar]	Tensión [kV]	Tensión [p.u]	Causa de limitación	Cumple
6 ¹	22 jul 12:32 p.m.	99.90	-22.78	-22.78	100.16	-22.84	111.779	1.016	Límite planta	SI
12 ¹	22 jul 12:14 p.m.	99.90	22.78	16.86	100.16	18.42	116.969	1.063	Límite planta	SI

Tabla 5.4 – Tabla de resultados de registros históricos modo control de Tensión.

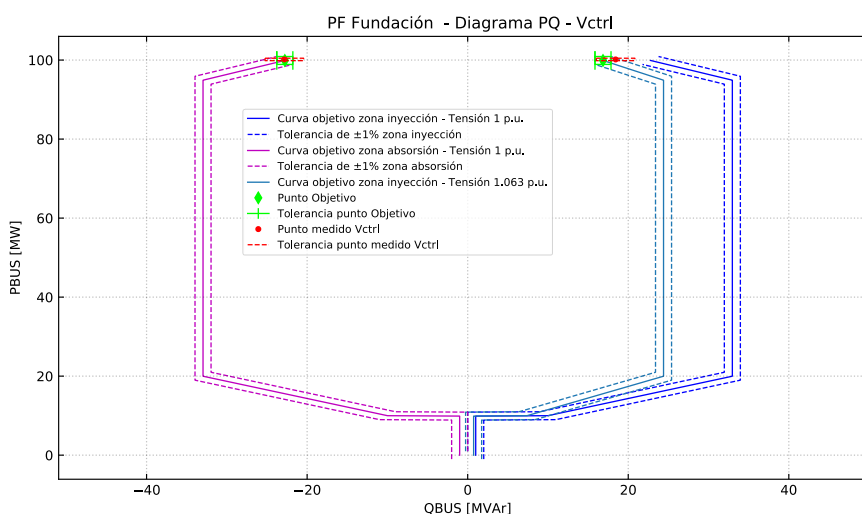


Figura 5.4 – Vista general de la curva de capacidad con registros históricos

Considerando que la planta se acoge a la curva QV establecida en el acuerdo CNO 1546, se aplica la corrección correspondiente por tensión para cada punto operativo.



5.4 Detalle de evaluación de cumplimiento

5.4.1 Detalle de la región de absorción

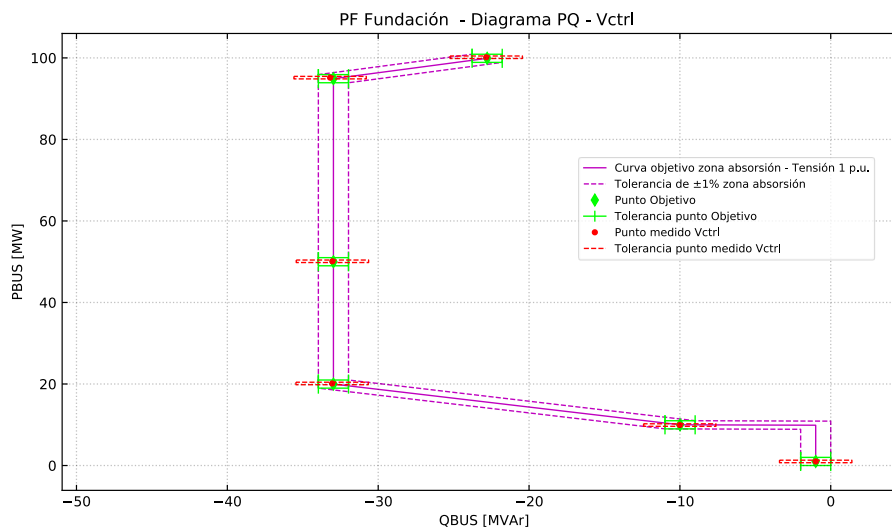


Figura 5.5 – Zona de absorción de la curva de capacidad ensayada control tensión

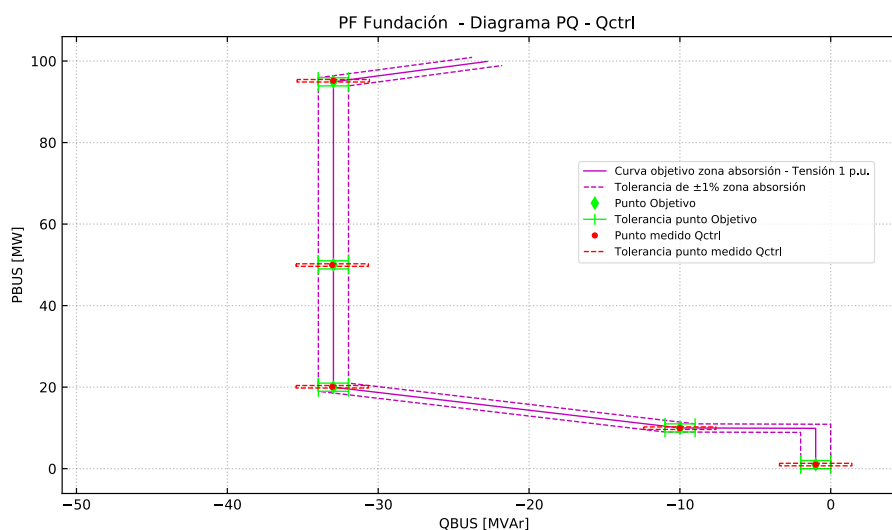


Figura 5.6 – Zona de absorción de la curva de capacidad ensayada control potencia reactiva

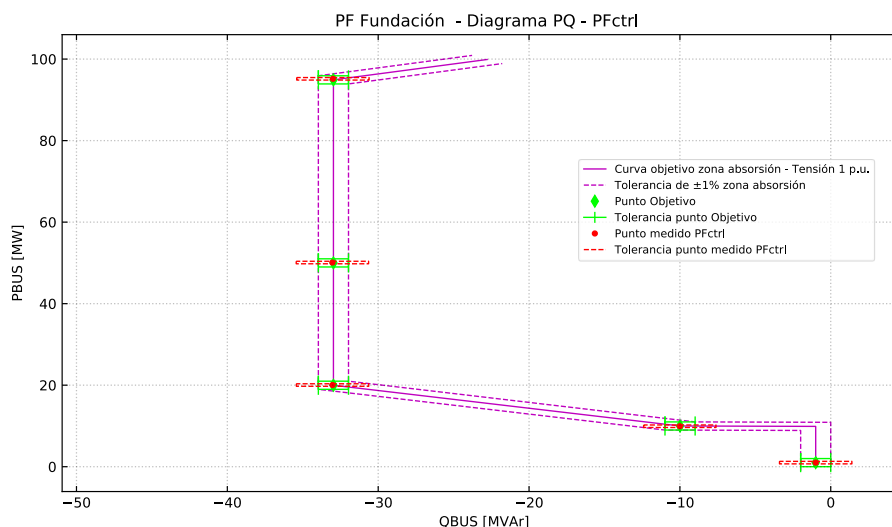


Figura 5.7 – Zona de absorción de la curva de capacidad ensayada control factor de potencia

Para todos los puntos ensayados en los diferentes modos de control, así como para los puntos obtenidos por medio de registros históricos se incluye su entorno de error correspondiente según el multimetro utilizado (línea de trazos rojo), adicionalmente, los puntos objetivos asociados incluyen su tolerancia (color verde). De acuerdo con lo establecido en los acuerdos CNO 1869 y CNO 1546, y considerando que para la aprobación de los puntos auditados a partir de registros históricos solo es necesario alcanzarlos para el modo de control operativo de la planta, todos los puntos en la zona de **absorción** se declaran **conformes**.

Notar que a los puntos objetivo se les ha indicado una tolerancia del $\pm 1\%$ establecido por el Acuerdo CNO 1869.



5.4.2 Detalle de la región de inyección

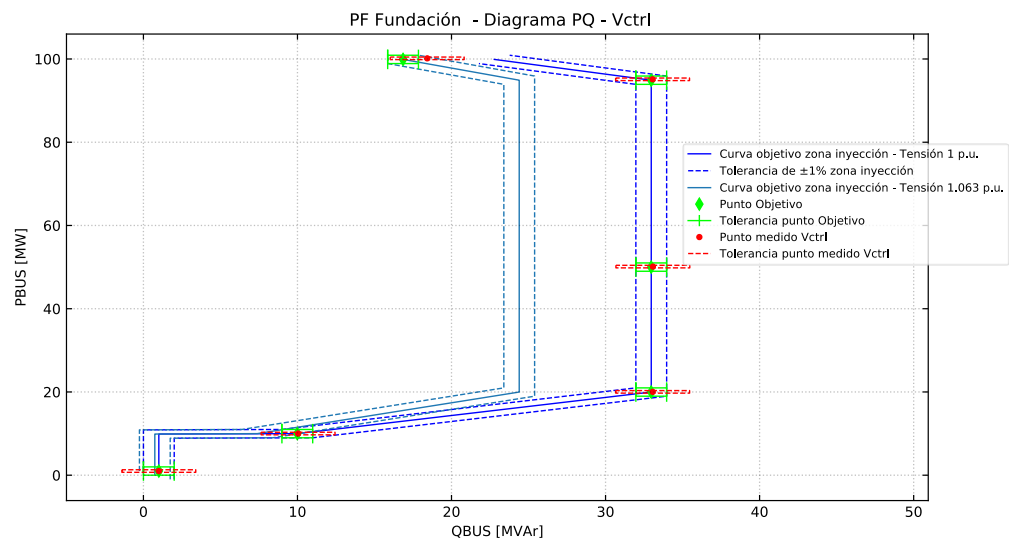


Figura 5.8. – Zona de inyección de la curva de capacidad ensayada control tensión

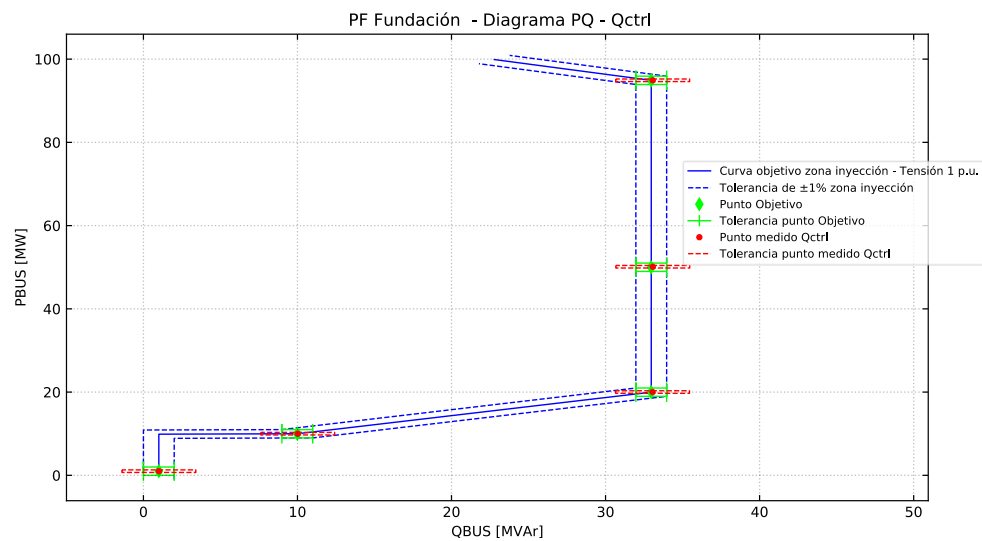


Figura 5.9. – Zona de inyección de la curva de capacidad ensayada control potencia reactiva

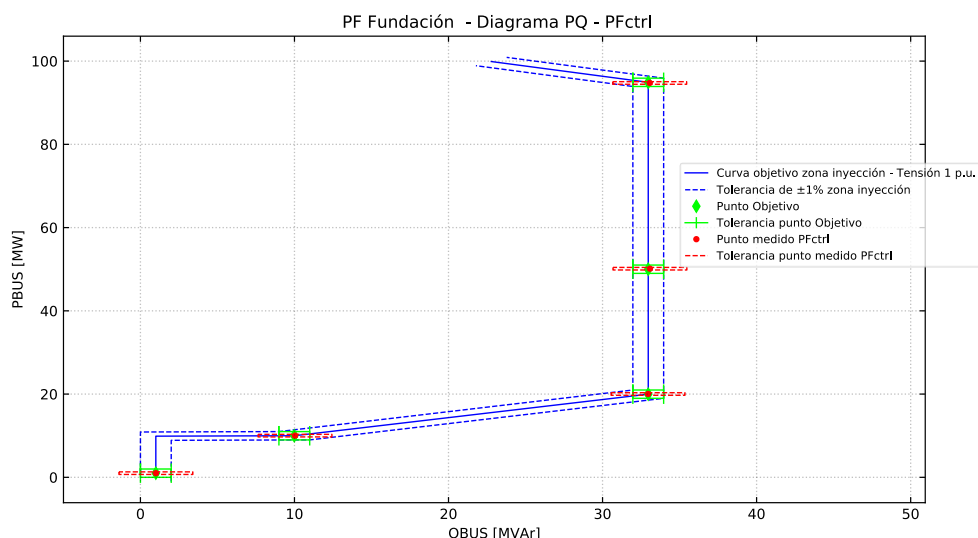


Figura 5.10. – Zona de inyección de la curva de capacidad ensayada control factor de potencia

Para todos los puntos ensayados en los diferentes modos de control, así como para los puntos obtenidos por medio de registros históricos se incluye su entorno de error correspondiente según el multimetro utilizado (línea de trazos rojo), adicionalmente, los puntos objetivos asociados incluyen su tolerancia (color verde). De acuerdo con lo establecido en los acuerdos CNO 1869 y CNO 1546, y considerando que para la aprobación de los puntos auditados a partir de registros históricos solo es necesario alcanzarlos para el modo de control operativo de la planta, todos los puntos en la zona de **inyección** se declaran **conformes**.

Notar que a los puntos objetivo se les ha indicado una tolerancia del $\pm 1\%$ establecido por el Acuerdo CNO 1869.



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]	Sección
1	1.00	-1.00 ¹	6.1
2	9.99	-9.99	6.2
3	19.98	-32.97	6.3
4	49.95	-32.97	6.4
5	94.91	-32.97	6.5
6	99.90	-22.78	7.1
7	1.00	1.00 ¹	6.6
8	9.99	9.99	6.7
9	19.98	32.97	6.8
10	49.95	32.97	6.9
11	94.91	32.97	6.10
12	99.90	22.78	7.2

Tabla 5.5 – 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.

¹ Valor limitación control Q por debajo del 10% de Pnom según sección 5.2.



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 5.11.

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

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

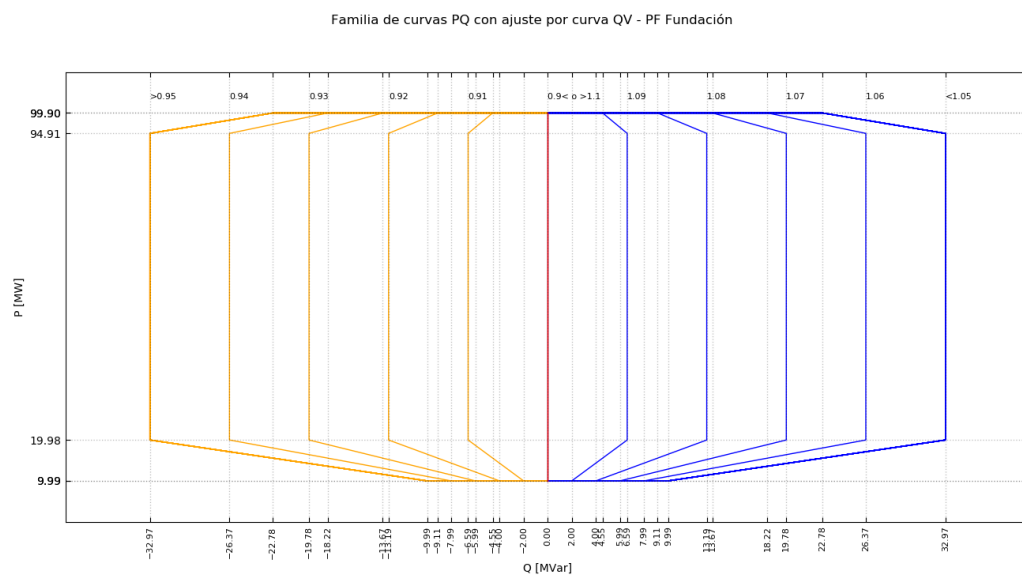


Figura 5.11 – Familia de curvas PQ con ajuste de curva QV – PF Fundación



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 las Tabla 5.1, Tabla 5.2 y Tabla 5.3.

6.1 Tendencias – Punto 1 (1.0 MW, -4.995 MVar)

6.1.1 Control de Tensión

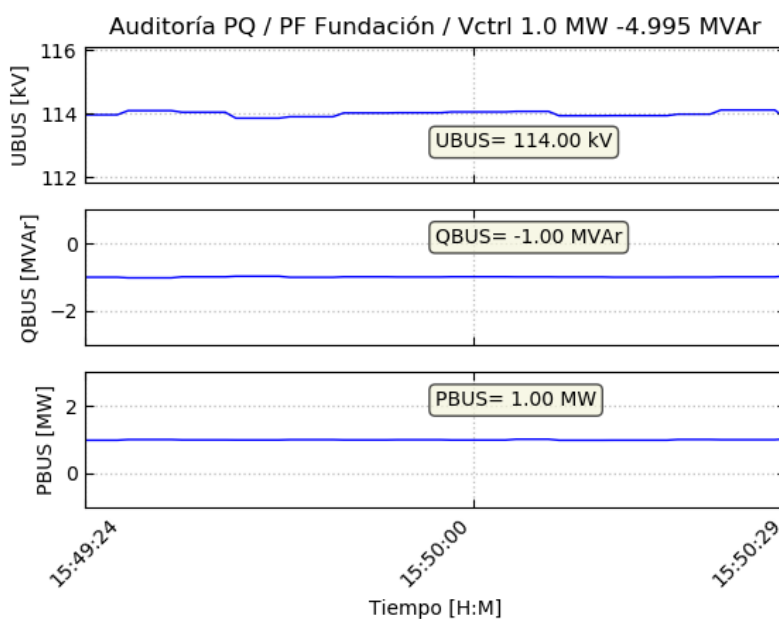


Figura 6.1 – Registro Control de Tensión



6.1.2 Control de Potencia Reactiva

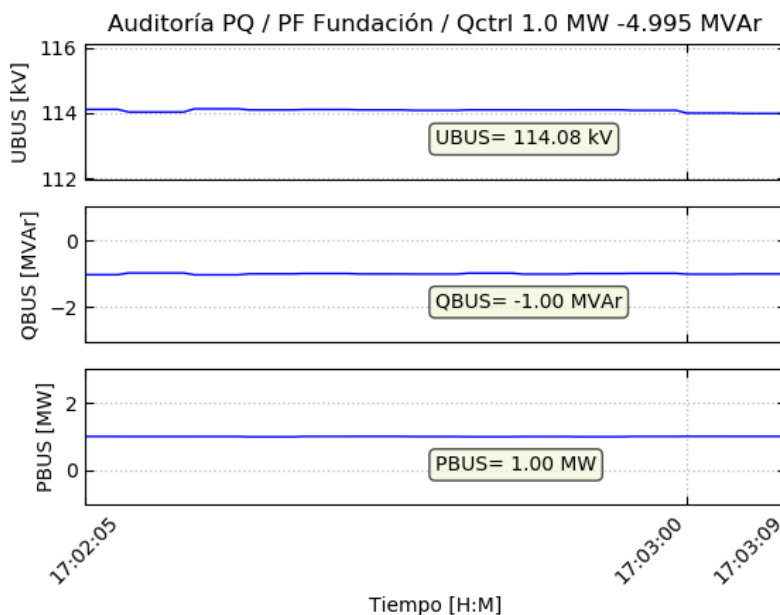


Figura 6.2 – Registro Control de Potencia Reactiva

6.1.3 Control de Factor de Potencia

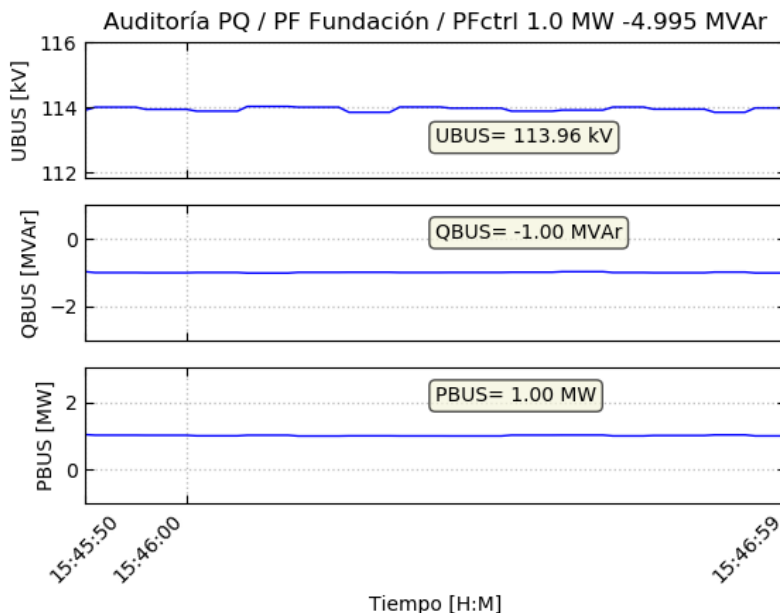


Figura 6.3 – Registro Control de Factor de Potencia



6.1.4 Verificación limitación en mínimo técnico

Considerando que el mínimo técnico del Parque Fotovoltaico Fundación es inferior al 10% de la potencia nominal de la planta, se realiza un escalón en el modo de control de potencia reactiva para evaluar la limitación en una potencia reactiva menor o igual al 5%. En la Figura 6.4 se presenta el resultado de este ensayo: el trazo rojo indica la referencia de potencia reactiva aplicada, mientras que el trazo verde muestra el límite máximo establecido por la resolución CREG 060 para potencias inferiores al 10% de la potencia nominal.

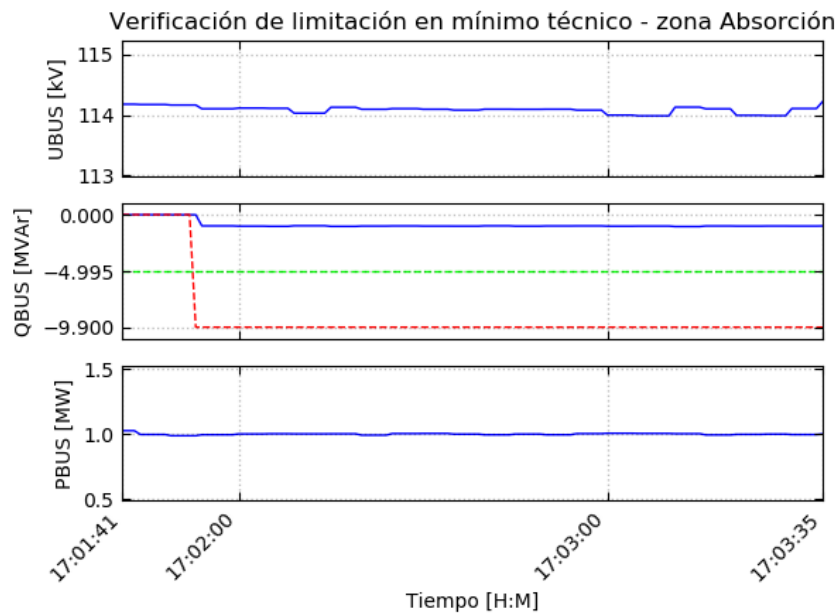


Figura 6.4 – Verificación limitación en el modo de control de potencia reactiva



6.2 Tendencias – Punto 2 (9.99 MW, -9.99 MVar)

6.2.1 Control de Tensión

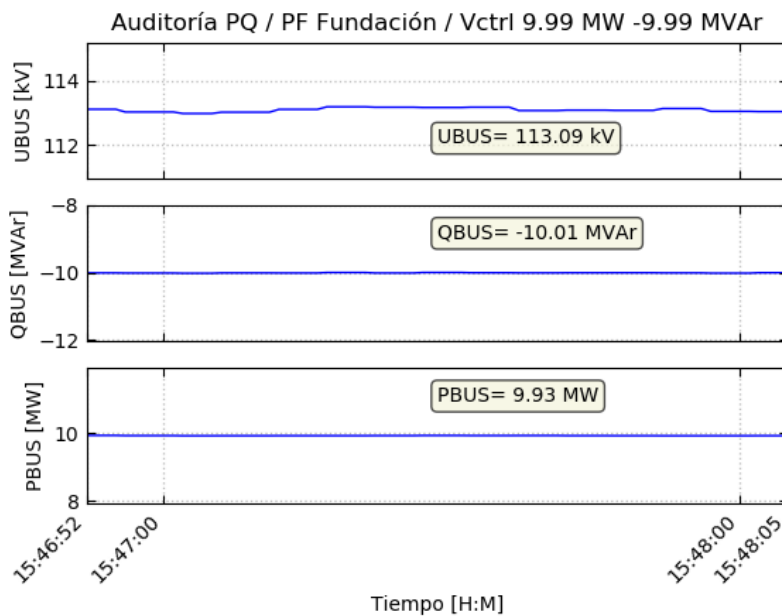


Figura 6.5 – Registro Control de Tensión

6.2.2 Control de Potencia Reactiva

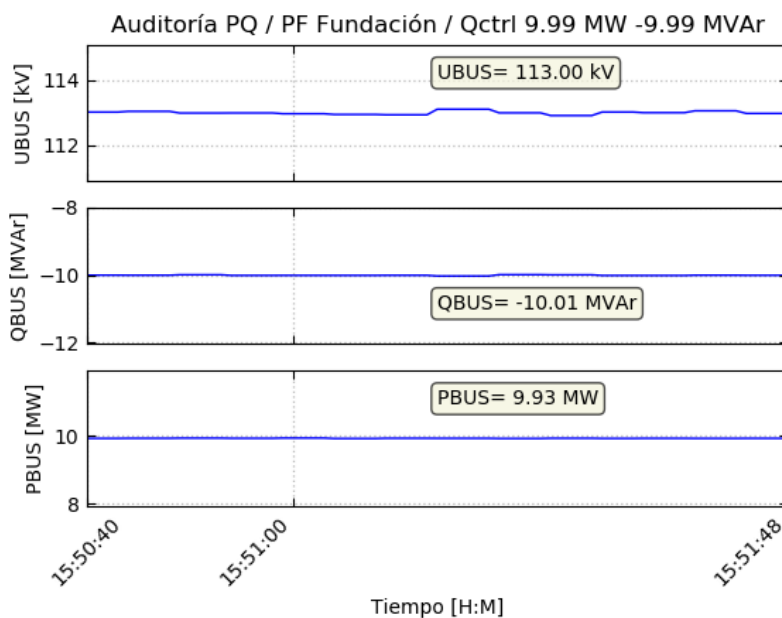


Figura 6.6 – Registro Control de Potencia Reactiva



6.2.3 Control de Factor de Potencia

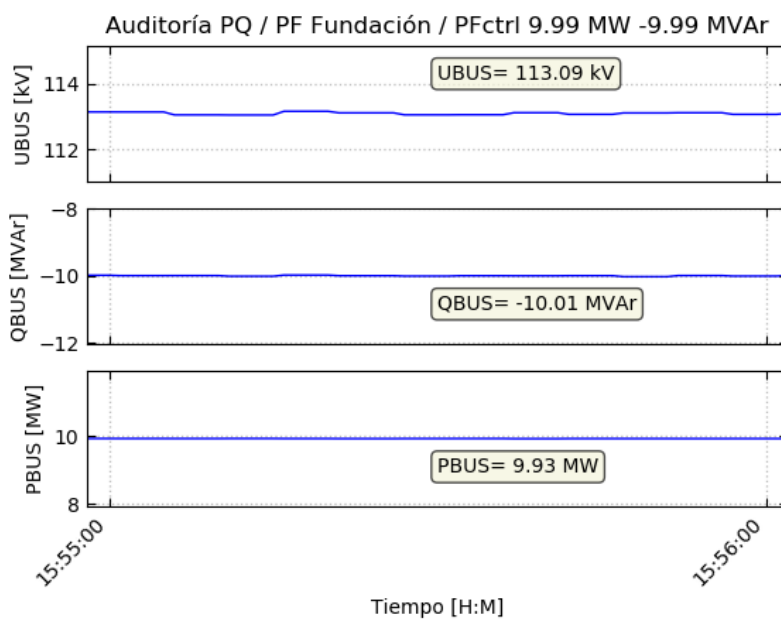


Figura 6.7 – Registro Control de Factor de Potencia



6.3 Tendencias – Punto 3 (19.98 MW, -32.967 MVar)

6.3.1 Control de Tensión

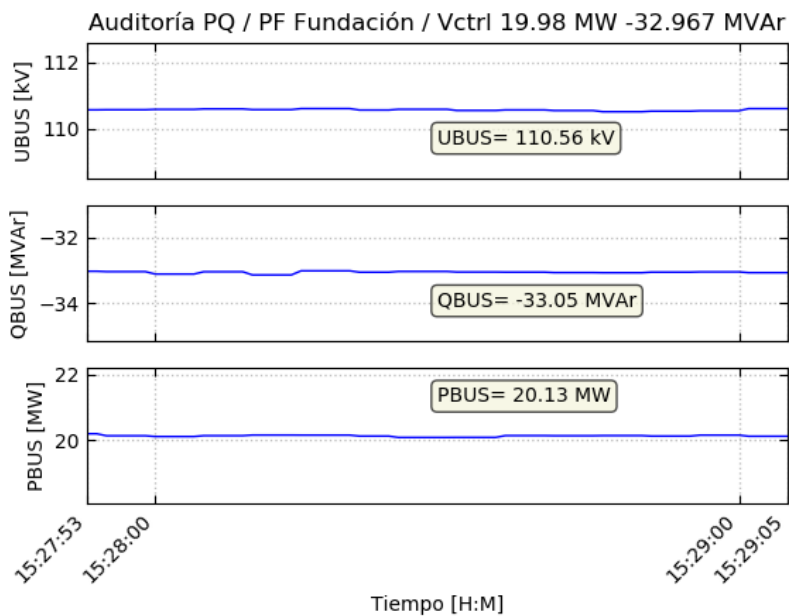


Figura 6.8 – Registro Control de Tensión

6.3.2 Control de Potencia Reactiva

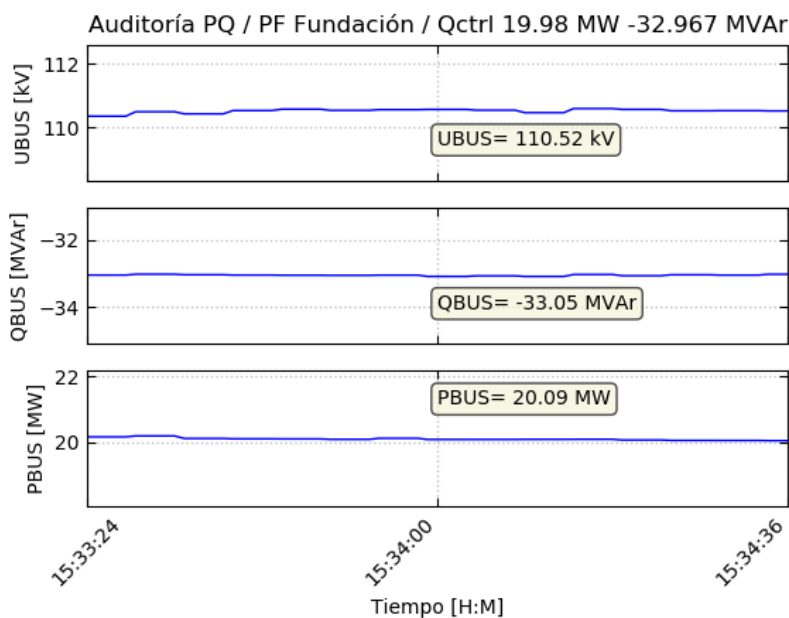


Figura 6.9 – Registro Control de Potencia Reactiva



6.3.3 Control de Factor de Potencia

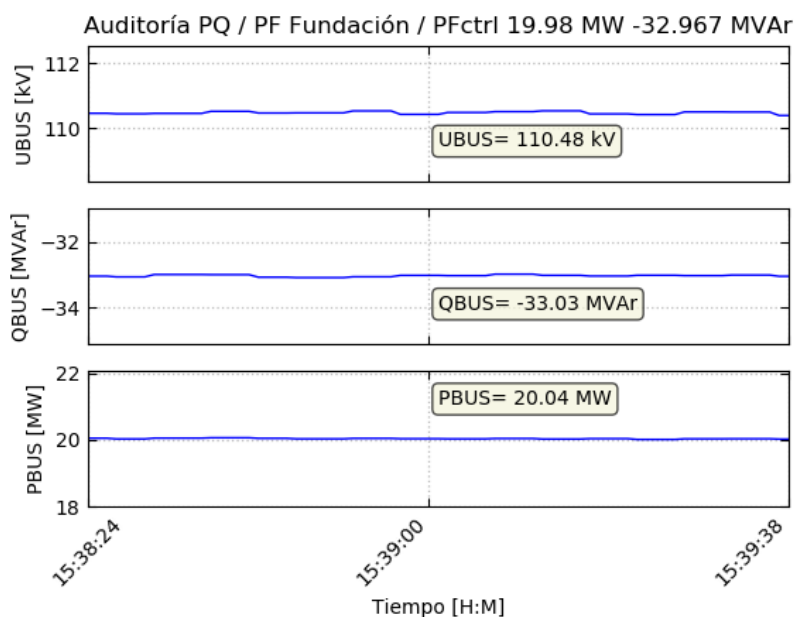


Figura 6.10 – Registro Control de Factor de Potencia



6.4 Tendencias – Punto 4 (50.0 MW, -32.967 MVar)

6.4.1 Control de Tensión

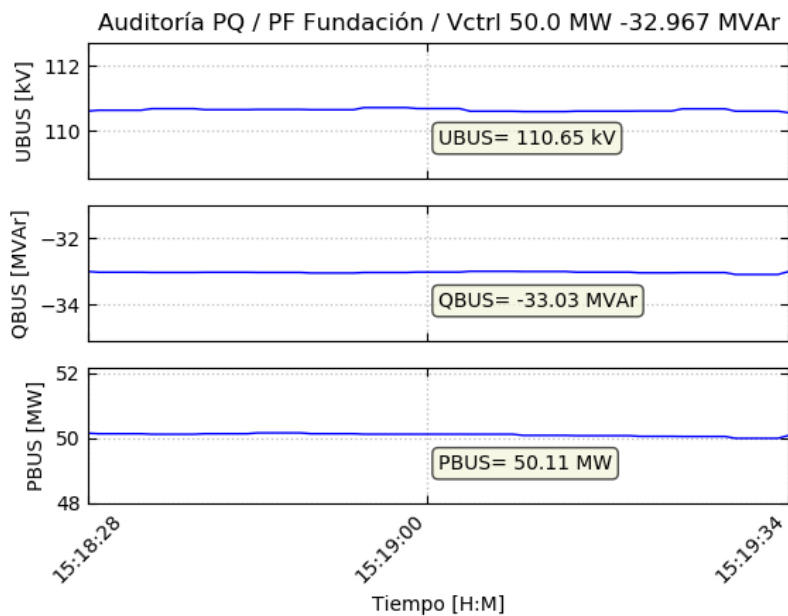


Figura 6.11 – Registro Control de Tensión

6.4.2 Control de Potencia Reactiva

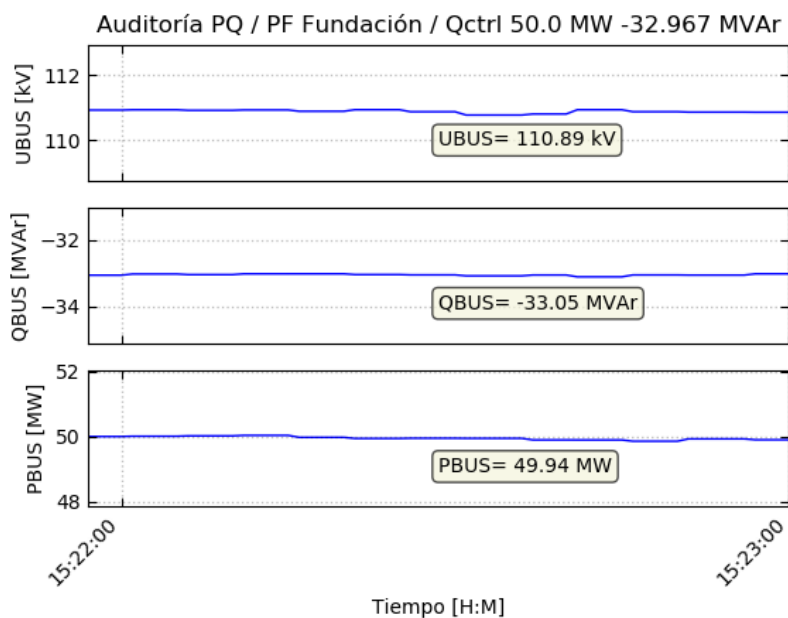


Figura 6.12 – Registro Control de Potencia Reactiva



6.4.3 Control de Factor de Potencia

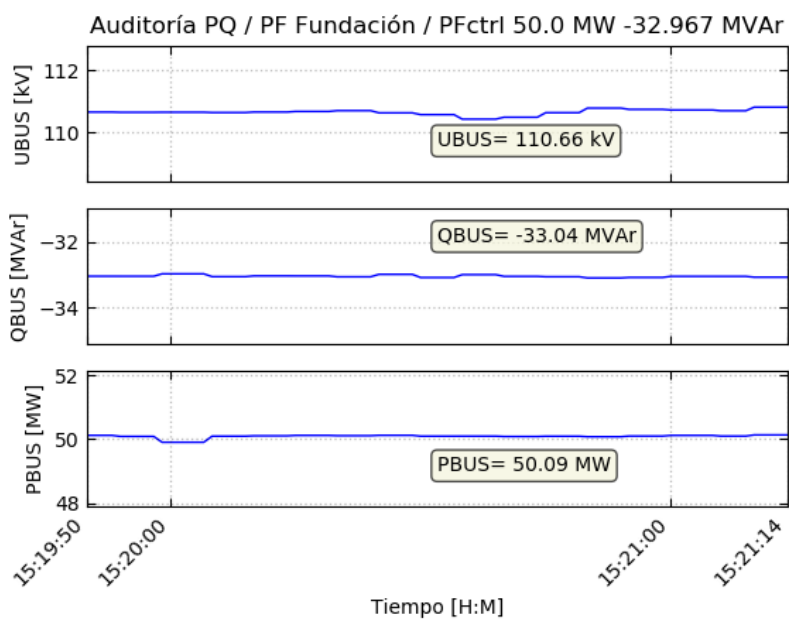


Figura 6.13 – Registro Control de Factor de Potencia



6.5 Tendencias – Punto 5 (94.905 MW, -32.967 MVar)

6.5.1 Control de Tensión

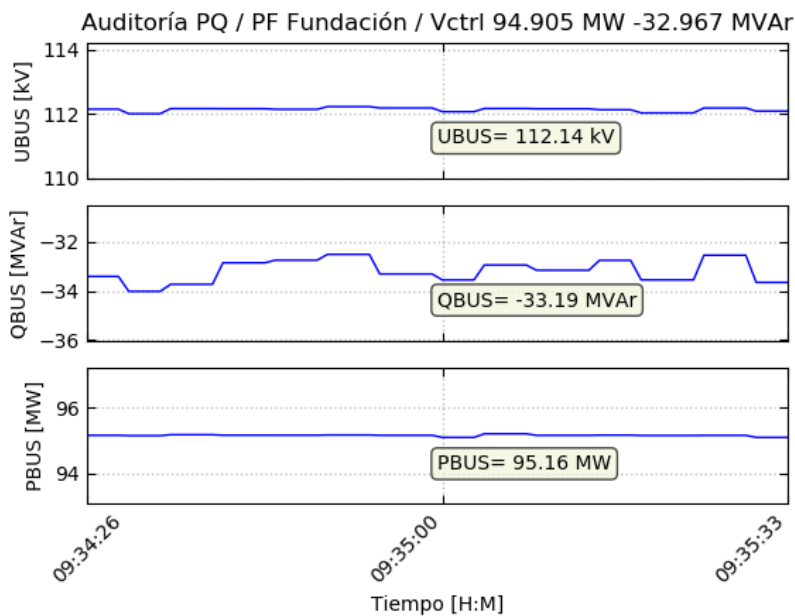


Figura 6.14 – Registro Control de Tensión

6.5.2 Control de Potencia Reactiva

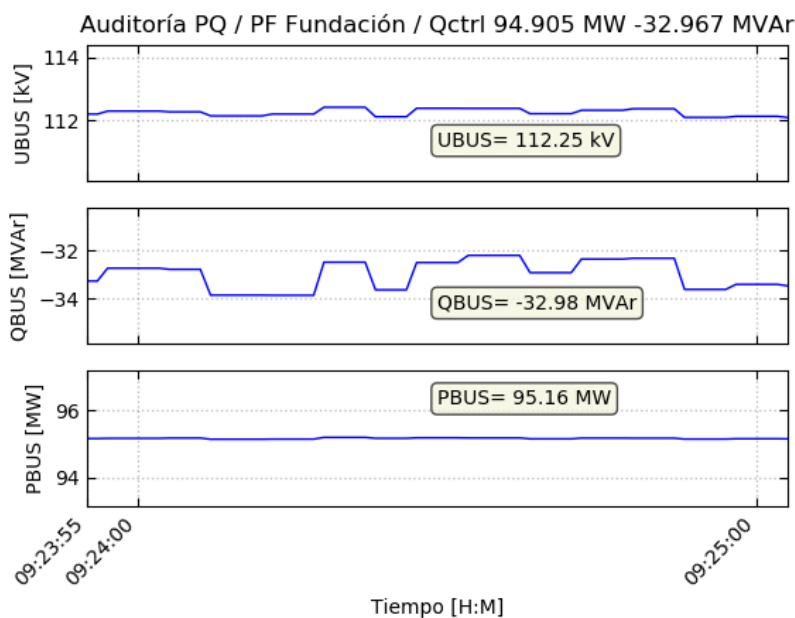


Figura 6.15 – Registro Control de Potencia Reactiva



6.5.3 Control de Factor de Potencia

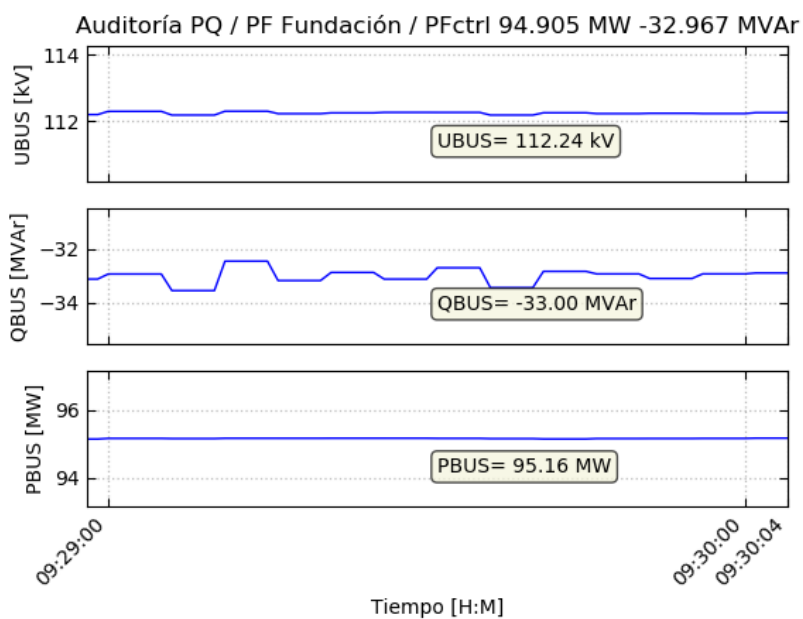


Figura 6.16 – Registro Control de Factor de Potencia



6.6 Tendencias – Punto 7 (1.0 MW, 4.995 MVar)

6.6.1 Control de Tensión

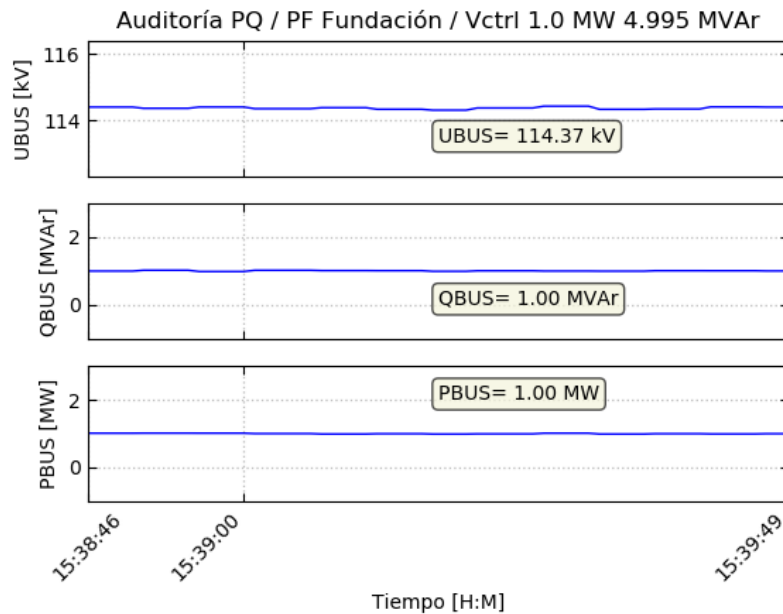


Figura 6.17 – Registro Control de Tensión

6.6.2 Control de Potencia Reactiva

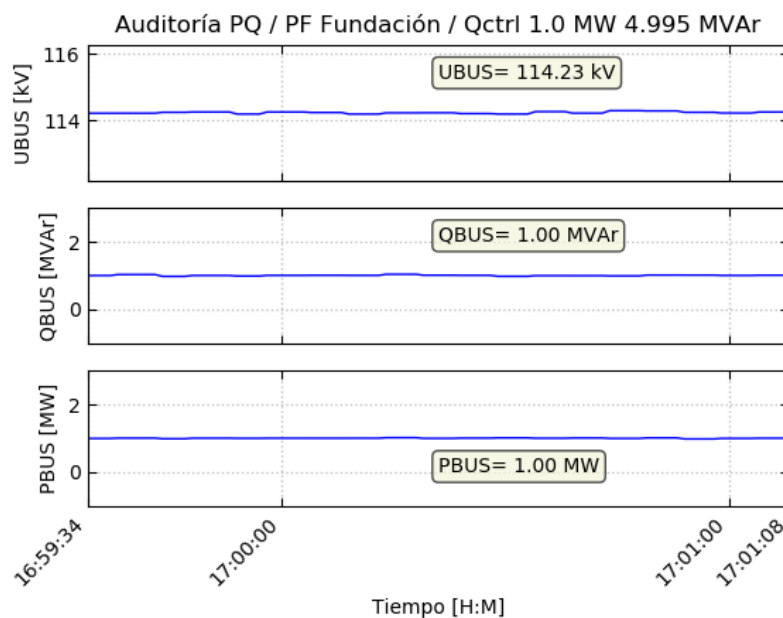


Figura 6.18 – Registro Control de Potencia Reactiva



6.6.3 Control de Factor de Potencia

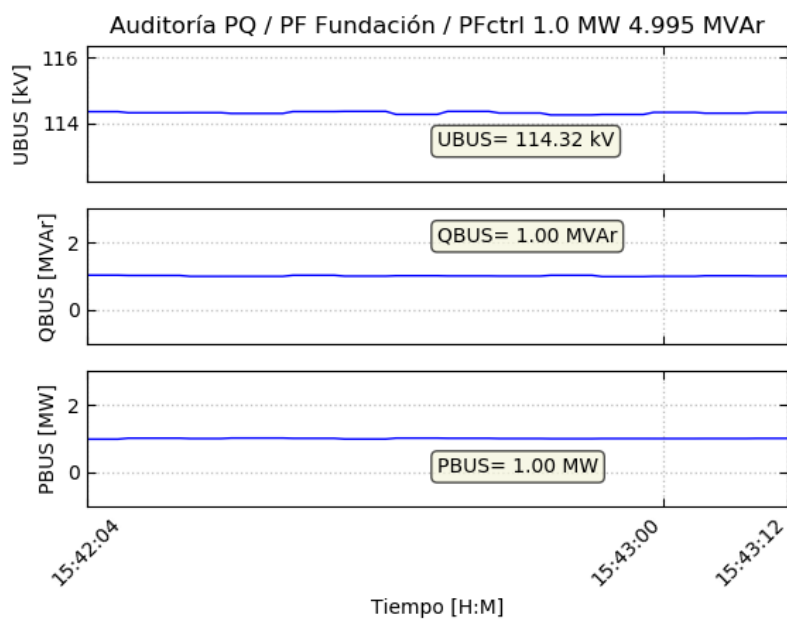


Figura 6.19 – Registro Control de Factor de Potencia



6.6.4 Verificación limitación en mínimo técnico

Considerando que el mínimo técnico del Parque Fotovoltaico Fundación es inferior al 10% de la potencia nominal de la planta, se realiza un escalón en el modo de control de potencia reactiva para evaluar la limitación en una potencia reactiva menor o igual al 5%. En la Figura 6.4 se presenta el resultado de este ensayo: el trazo rojo indica la referencia de potencia reactiva aplicada, mientras que el trazo verde muestra el límite máximo establecido por la resolución CREG 060 para potencias inferiores al 10% de la potencia nominal.

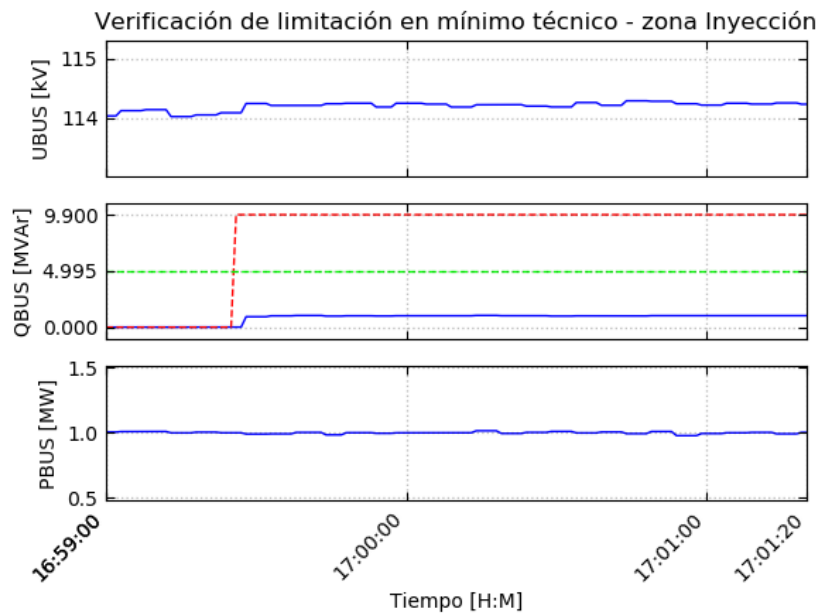


Figura 6.20 – Verificación limitación en el modo de control de potencia reactiva



6.7 Tendencias – Punto 8 (9.99 MW, 9.99 MVar)

6.7.1 Control de Tensión

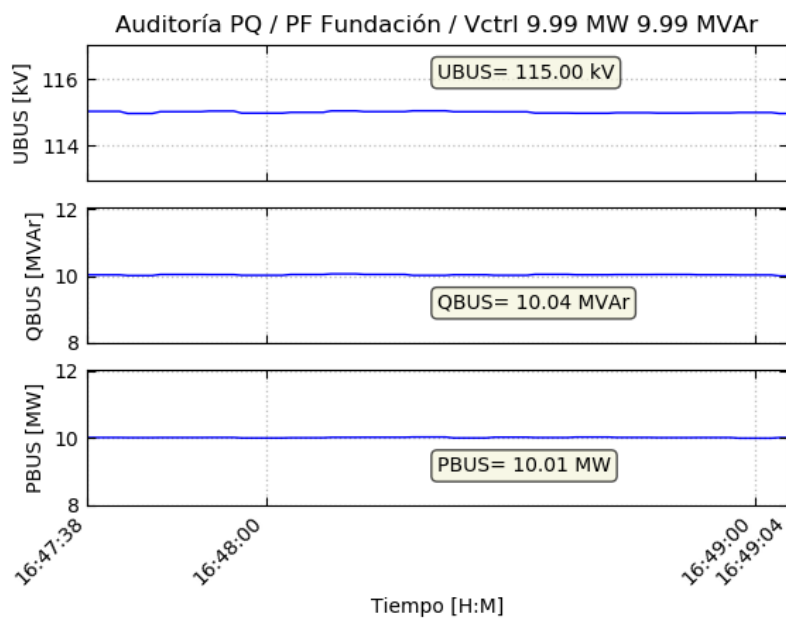


Figura 6.21 – Registro Control de Tensión

6.7.2 Control de Potencia Reactiva

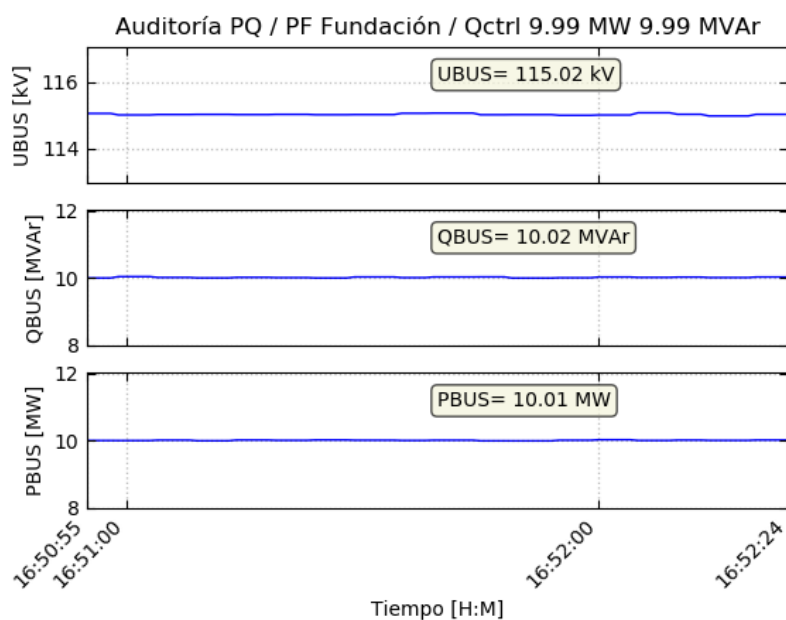


Figura 6.22 – Registro Control de Potencia Reactiva



6.7.3 Control de Factor de Potencia

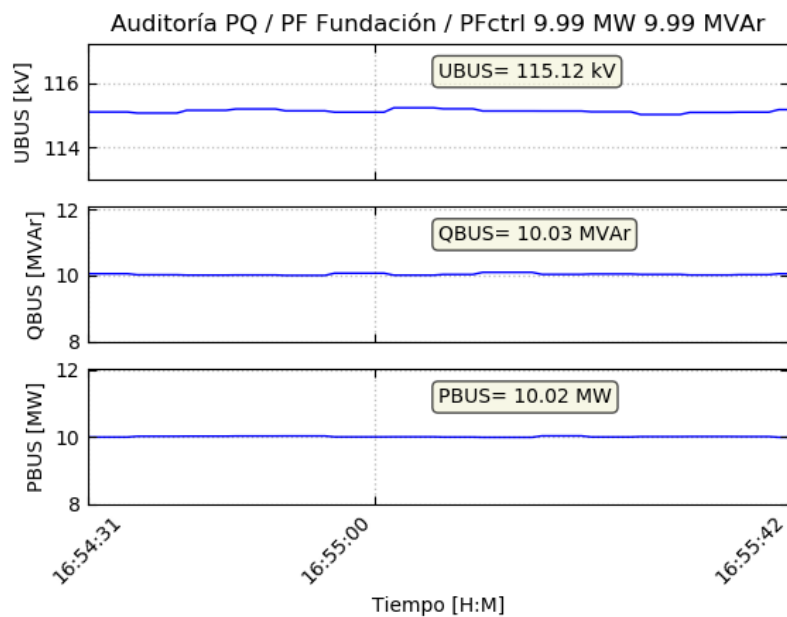


Figura 6.23 – Registro Control de Factor de Potencia



6.8 Tendencias – Punto 9 (19.98 MW, 32.967 MVar)

6.8.1 Control de Tensión

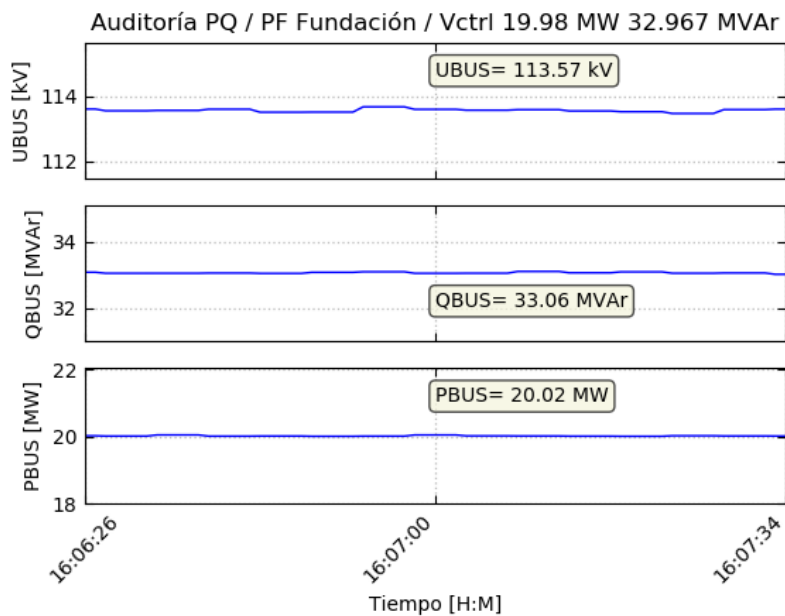


Figura 6.24 – Registro Control de Tensión

6.8.2 Control de Potencia Reactiva

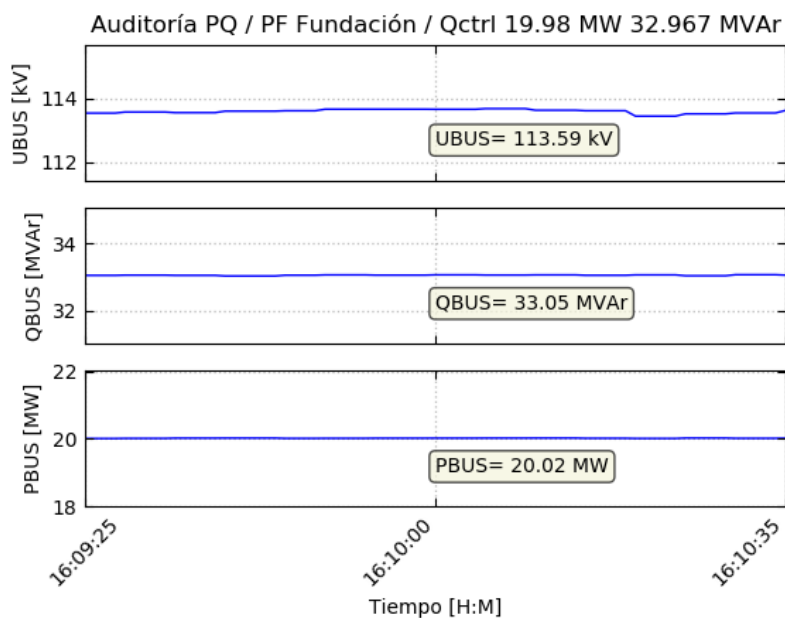


Figura 6.25 – Registro Control de Potencia Reactiva



6.8.3 Control de Factor de Potencia

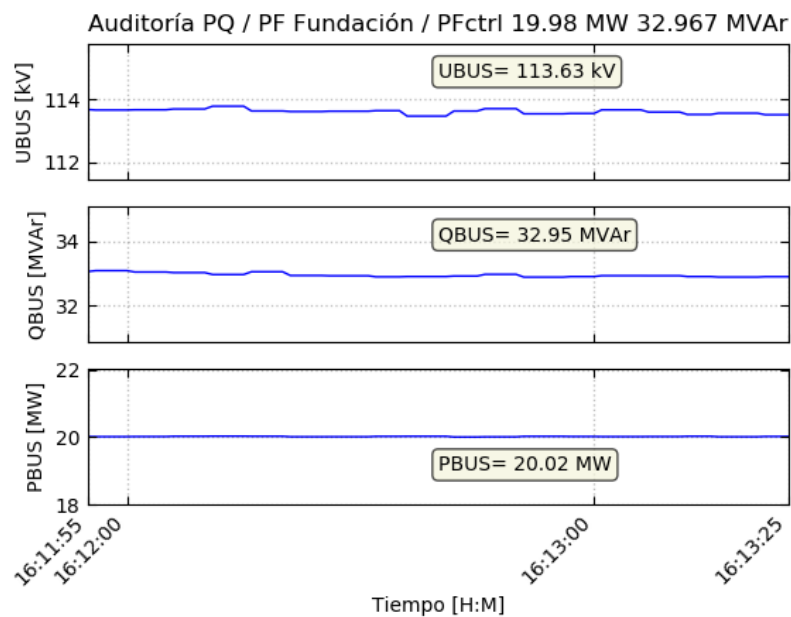


Figura 6.26 – Registro Control de Factor de Potencia



6.9 Tendencias – Punto 10 (50.0 MW, 32.967 MVar)

6.9.1 Control de Tensión

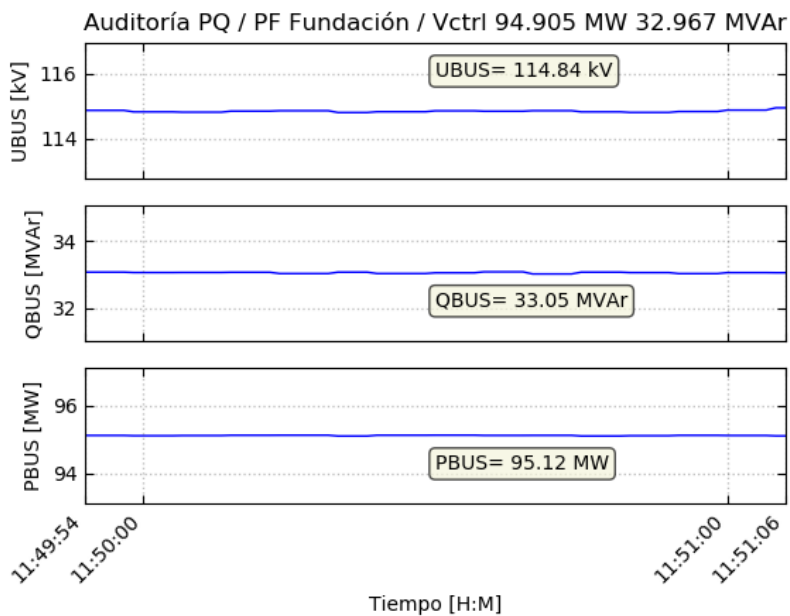


Figura 6.27 – Registro Control de Tensión

6.9.2 Control de Potencia Reactiva

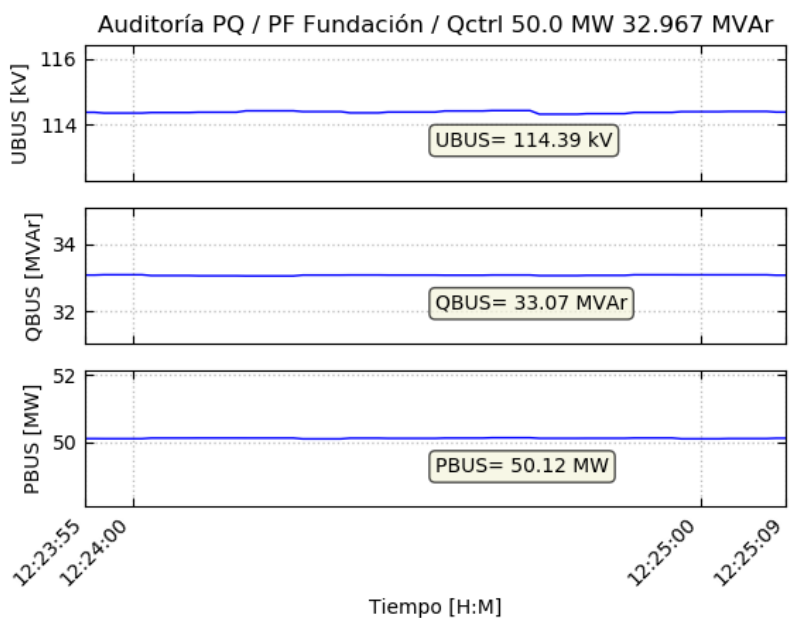


Figura 6.28 – Registro Control de Potencia Reactiva



6.9.3 Control de Factor de Potencia

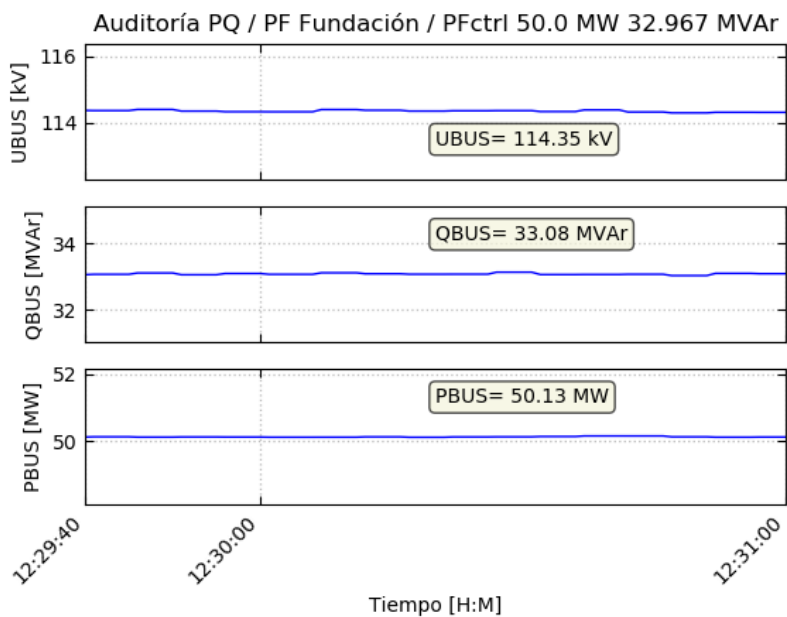


Figura 6.29 – Registro Control de Factor de Potencia



6.10 Tendencias – Punto 11 (94.905 MW, 32.967 MVar)

6.10.1 Control de Tensión

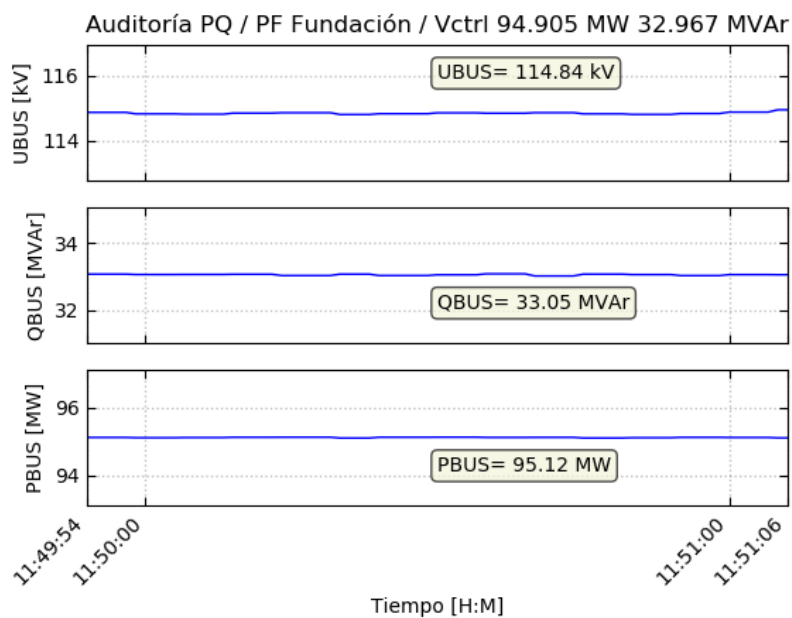


Figura 6.30 – Registro Control de Tensión

6.10.2 Control de Potencia Reactiva

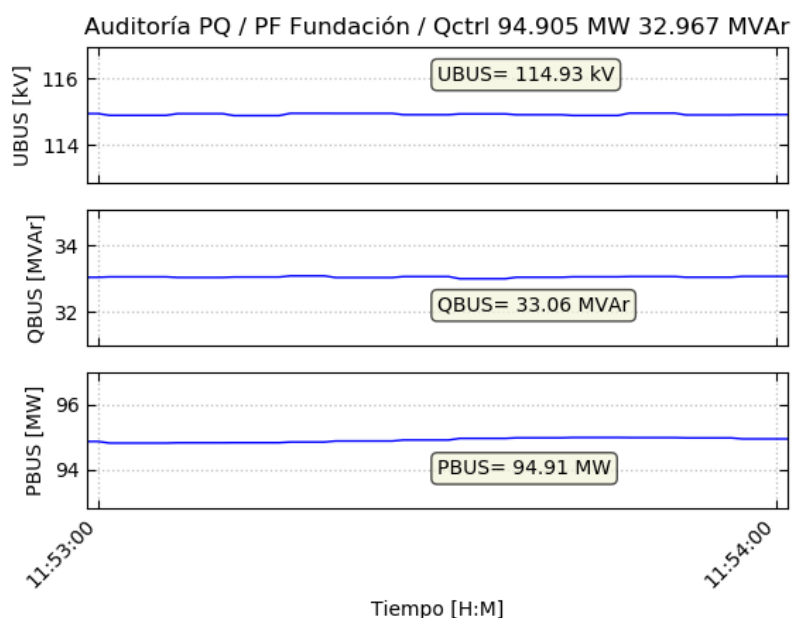


Figura 6.31 – Registro Control de Potencia Reactiva



6.10.3 Control de Factor de Potencia

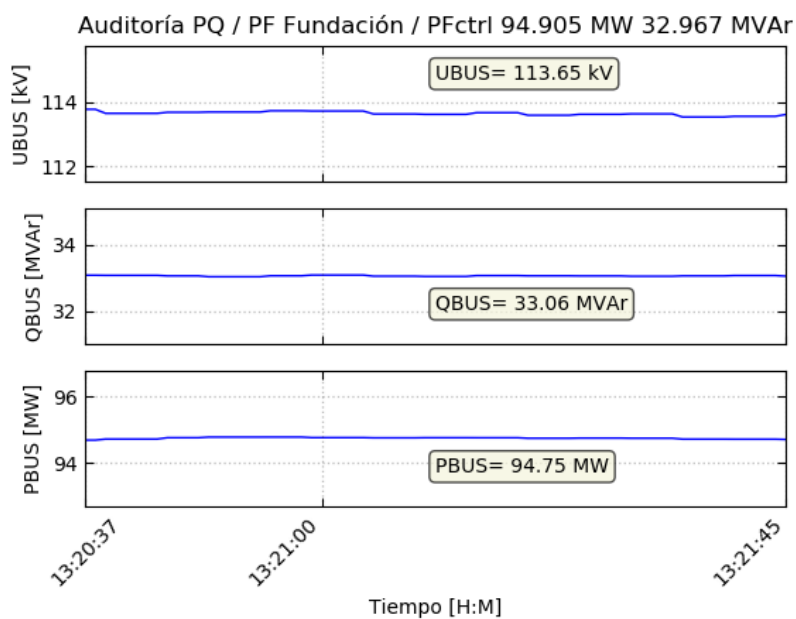


Figura 6.32 – Registro Control de Factor de Potencia



7 REGISTROS HISTÓRICOS

7.1 Tendencias – Punto 6 (99.9 MW, -22.777 MVar)

Este punto fue auditado por a partir de registros históricos operativos proporcionados por el agente.

7.1.1 Control de Tensión

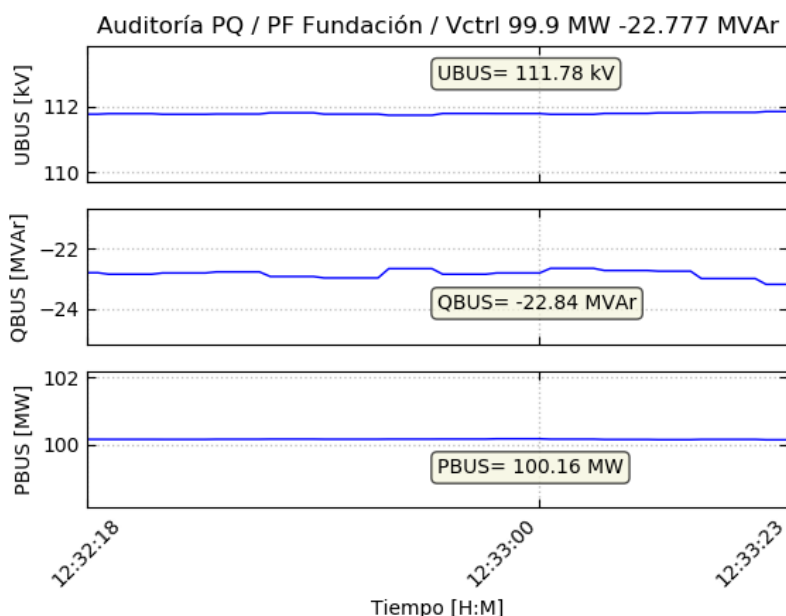


Figura 7.1 – Registro Control de Tensión

7.2 Tendencias – Punto 12 (99.9 MW, 22.77 MVar)

Considerando que la planta se acoge a la curva QV establecida en el acuerdo CNO 1546, se aplica la corrección correspondiente por tensión. Por lo tanto, el nuevo punto objetivo de inyección de potencia reactiva es 16.855 MVar según la familia de curvas presentada en el capítulo 5.3.

Este punto fue auditado por a partir de registros históricos operativos proporcionados por el agente.



7.2.1 Control de Tensión

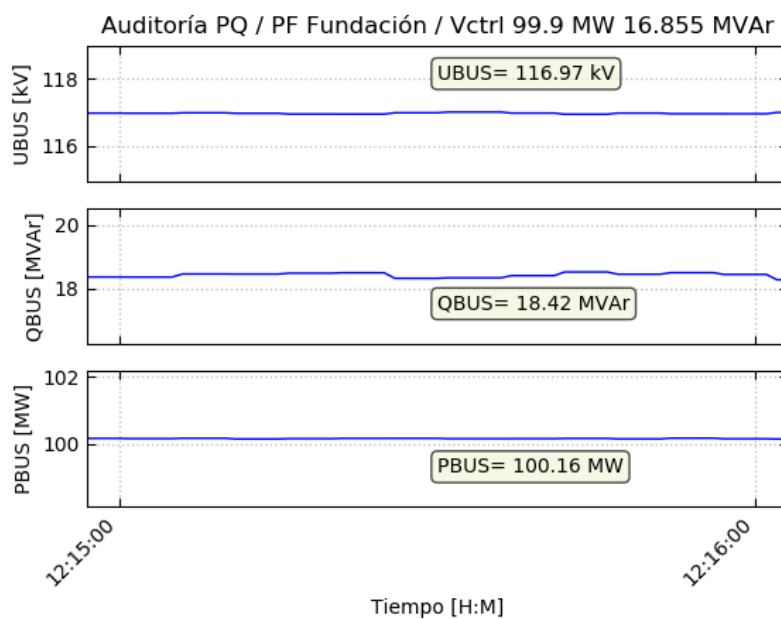


Figura 7.2 – Registro Control de Tensión



8 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 1869. 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 catorce (14) puntos de la curva PQ auditados fueron probados y se declaran CONFORMES.
- Se presentan registros auditados en planta hasta una potencia activa del 95 % de la potencia activa nominal y se complementa con registros remitidos por el cliente en operación normal al 100% de la potencia activa nominal de la planta.
- Se presentan los valores de limitación de potencia reactiva del parque mediante un escalón del 10% de la potencia activa nominal en la referencia del control de potencia reactiva, declarándose el valor de ± 1.0 MVar como límite de potencia reactiva entregada para potencias menores al 10% de la potencia nominal de la planta.
- 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: 29/07/2024

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 llevar a cabo 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 con estatismo. 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 1869, 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 1 minuto 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.
9. En caso de que el mínimo técnico de la planta sea inferior al 10 % de la $P_{nominal}$, se deberá realizar una prueba en el mínimo técnico en modo control potencia reactiva considerando como referencia un valor de potencia reactiva del 10 % Q/P_n . Se deberá graficar la potencia reactiva en el punto de conexión y demostrar que esta es limitada a un valor igual o inferior a 5% Q/P_n manteniendo condiciones de estabilidad. El valor en el que se limite la potencia reactiva será el valor a declarar para la potencia reactiva en el mínimo técnico de la planta.



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 con estatismo. 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 1869, 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 1 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.
9. En caso de que el mínimo técnico de la planta sea inferior al 10 % de la $P_{nominal}$, se deberá realizar una prueba en el mínimo técnico en modo control potencia reactiva considerando como referencia un valor de potencia reactiva del 10 % Q/P_n . Se deberá graficar la potencia reactiva en el punto de conexión y demostrar que esta es limitada a un valor igual o inferior a $5\%Q/P_n$ manteniendo condiciones de estabilidad. El valor en el que se limite la potencia reactiva será el valor a declarar para la potencia reactiva en el mínimo técnico de la planta.



8.2. Certificados de calibración

8.2.1. Multimetro Schneider Electric

ACREDITADO ONAC ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA				ACREDITADO ONAC ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA				CAM Una compañía ENGIE			
ISO/IEC 17025:2017 11-LAB-055				ISO/IEC 17025:2017 11-LAC-055							
CAM COLOMBIA MULTISERVICIOS S.A.S. LABORATORIO DE ENSAYO Y/O CALIBRACIÓN DE MEDIDORES								LAB-PR-02-RG-03 VERSION: 3 2022-10-20			
CERTIFICADO DE ENSAYO Y/O CALIBRACIÓN No. CAM-MM-2302-869020								PROTOCOLO No. SP-018238/23			
INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE											
CLIENTE		DIRECCIÓN		CIUDAD		SOLICITUD DE SERVICIO					
EMGESA S.A. ESP		Cra. 13A No. 93-66, Piso 2		Bogotá D.C.		40940					
FECHA RECEPCIÓN		FECHA DE ENSAYO Y/O CALIBRACIÓN		FECHA DE EMISIÓN		2023-02-10					
INFORMACIÓN GENERAL											
CODIFICACIÓN NTC 4856											
CEEX: Conforme en el ensayo de Exactitud.				CEVC: Conforme en el ensayo de Verificación de la Constante.				CEFC: Conforme en el ensayo de Funcionamiento sin Carga.			
CEAR: Conforme en el ensayo de Arranque.				CEPD: Conforme en el ensayo de Propiedades Dieléctricas.				NCEEX: No Conforme en el ensayo de Exactitud.			
NCEVC: No Conforme en el ensayo de Verificación de la Constante.				NCEFC: No Conforme en el ensayo de Funcionamiento sin Carga.				NCEAR: No Conforme en el ensayo de Arranque.			
NCEPD: No Conforme en el ensayo de Propiedades Dieléctricas.											
OTRAS CODIFICACIONES											
U: Incertidumbre expandida de medición				Ep: Error porcentual dosificación de energía				Ex: Error punto de prueba			
%VA: Porcentaje de error referido a la potencia aparente (S)				N/A: No se realiza un ensayo				NI: No se instala estampa o sello			
Ib: Corriente base				In: Corriente nominal / Un: Tensión nominal				Imax: Corriente Máxima			
Imp: Impulsos / Rev: Revolución				kWh: kilovatio hora / kVAh: kilo voltio-ampere reactivo hora				Eavc: Error Ensayo Verificación de la constante			
Sello (s) Instalado (s)		Estampilla instalada		Protocolo Energía		Página					
NI		NI		NI		1 de 4					
DATOS DE CALIBRACIÓN Y ENSAYO											
Método de Ensayo y/o Calibración		Incertidumbre		Condiciones ambientales		Certificado de ensayo y/o calibración para					
El método empleado es la comparación diferencial de la magnitud y/o los puentes emitidos por el medidor objeto de prueba y los emitidos por el patrón, los cuales son proporcionales a la energía y/o magnitud suministrada.		La incertidumbre expandida (U) reportada ha sido estimada de un dato histórico obtenido por el Laboratorio en la calibración de medidores similares, multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k, obtenido de la tabla de distribución t de Student, con un nivel de confianza del 95,45%.		Los ensayos de calibración fueron realizados en el Laboratorio de Calibración de Medidores de CAM, donde se presentaron las siguientes condiciones ambientales durante los ensayos.		Un (1) medidor					
REFERENCIA PRUEBAS ACREDITADAS NTC 4856:2018		Ensayo de Exactitud: NTC 4856:2018, numeral 4.4.2.2 (Calibración por el método de comparación de impulsos)		Ensayo de Verificación de la Constante: NTC 4856:2018, numeral 4.4.3.2 (Método de dosificación de energía)		Ensayo de Arranque: NTC 4856:2018, numeral 4.4.4.1 (Método de revoluciones o impulsos)		Ensayo de Funcionamiento sin carga: NTC 4856:2018, numeral 4.4.5.1 (Método de conteo de impulsos)		Ensayo de Propiedades Dieléctricas: NTC 4856:2018, numeral 4.4.1 (Ensayo de propiedades dieléctricas)	
El equipo utilizado en la calibración y/o ensayos fue el KRE KE8702 con número de serie 87150002, Marca KRE con certificado de calibración No. 253924 del laboratorio de DIGITRON LTDA. Este equipo tiene trazabilidad con el patrón de referencia COM3003 con número de serie 00003142 Marca ZERA con certificado de calibración No. 17607 del laboratorio de ZERA GmbH, laboratorio que en el momento de la calibración cuenta con acreditación del DAkkS, organismo que es firmante del acuerdo de reconocimiento mutuo multilateral con ILAC.								TEMPERATURA 21,8 °C		HUMEDAD RELATIVA (HR) 45,9 %	
TRAZABILIDAD METROLÓGICA											
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO								CARACTERÍSTICAS DE PRUEBA			
No. Serie	Marca	Modelo	Tensión (V)	In (Imax) (A)	Tipo	Clase	In (Imax) (A)	Tensión (V)	Constante (Imp/kWh)		
2107062100000	Schneider Electric	PowerLogic ION8650	100-480	2,5(20)	3F4H	0,2S	1(10)	3X120/208	10000		
ENSAYOS											
ENSAYO DE FUNCIONAMIENTO SIN CARGA (EFC)		Condición de ensayo:		138 V	Tiempo (Minutos):	25,0	Resultado:	≤ 1 impulsos	Evaluación EFC:	CEFC	
ENSAYO DE ARRANQUE (EAR)		Condición de ensayo:		Un - 100% - In 0.1% Cos φ = 1 R, S, T	Tiempo (Minutos):	50,0	Resultado:	≥ 2 impulsos	Evaluación EAR:	CEAR	
ENSAYO DE PROPIEDADES DIÉLECTRICAS (EPD)		Condición de ensayo:		N/A	Tiempo (Segundos):	N/A	Presión atmosférica (kPa):	N/A	Evaluación EPD:	N/A	
ENSAYO DE VERIFICACIÓN DE LA CONSTANTE (EVC)											
In (%A)	Lectura Inicial (kWh)	Lectura Final (kWh)	Energía Suministrada (kWh)	Ex (%VA)	Límite de error (%VA)(t)	Ep (%VA)	Eavc (%VA)	Factor K	U (%VA)	Evaluación EVC	
1000,0	4,616	5,616	1,00	0,020	0,25	0,00	-0,120	2,00	0,052	CEVC	
ENSAYO DE EXACTITUD (CALIBRACIÓN) (EEX)											
No.	Descripción de la Prueba		Límite de Error (%VA) (t)		Error (%VA)		Factor K	U (%VA)	Evaluación		
1	Un - 5% In Cos φ = 1 R, S, T		0,25		-0,110		2,00	0,052	CEEX		
2	Un - 100% In Cos φ = 1 R, S, T		0,25		0,060		2,00	0,052	CEEX		
3	Un - 100% In Cos φ = 1 R		0,35		0,060		2,00	0,052	CEEX		
4	Un - 100% In Cos φ = 1 S		0,35		-0,030		2,00	0,052	CEEX		
5	Un - 100% In Cos φ = 1 T		0,35		0,030		2,00	0,052	CEEX		
6	Un - 100% In Cos φ = 0,5i R, S, T		0,40		-0,06		2,00	0,13	CEEX		
7	Un - 100% In Cos φ = 0,8c R, S, T		0,40		-0,030		2,00	0,071	CEEX		
8	Un - Imax Cos φ = 1 R, S, T		0,25		0,120		2,00	0,052	CEEX		
Observaciones											
El laboratorio no se hace responsable cuando la información es suministrada por el cliente en caso contrario, el descargo de responsabilidad lo asumirá el cliente.											
Calibración y/o Ensayo realizados por:								Juan Carlos Peña C.		Tecnólogo Calibrador	
RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN								FIRMA AUTORIZADA			
El medidor cumple con los ensayos especificados anteriormente mencionados en este certificado. Para verificar el cumplimiento de los requisitos de los ensayos, se evalúa con las reglas de decisión indicadas en la NTC 4856:2018 "Verificación Inicial y Posterior de Medidores de Energía Eléctrica".								APROBADO POR			
								Miguel Ángel Parra Coordinador Laboratorio de Calibración			
DECLARACIÓN											
CAM Colombia Multiservicios S.A.S con acreditación ONAC vigente a la fecha, con código de acreditación 11-LAB-055 y 11-LAC-055, bajo la norma ISO-IEC 17025:2017, cumple con los requisitos necesarios para el mantenimiento de la trazabilidad metrológica de los patrones de referencia del laboratorio con los correspondientes Patrones Nacionales. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite. Los resultados obtenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Los ensayos realizados se encuentran dentro del alcance de la acreditación anteriormente nombrada. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos ensayados y/o calibrados. El laboratorio realiza los ensayos y calibraciones a las muestras como se reciben por parte del cliente.											

Carrera 65 b No.13 - 78
Bogotá, D.C., Colombia.
PBX: (57-1) 570 7369
www.cam-la.com

Figura 8.1. – Certificado de calibración ION8650



ISO/IEC 17025:2017
11-LAB-055

ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-055

CAM COLOMBIA MULTISERVICIOS S.A.S. LABORATORIO DE ENSAYO Y/O CALIBRACIÓN DE MEDIDORES				LAB-PR-02-RG-03 VERSIÓN: 8 2022-10-20					
CERTIFICADO DE ENSAYO Y/O CALIBRACIÓN No. CAM-IM-2302-869020				PROTOCOLO No. SIP-018239/23					
INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE									
CLIENTE		DIRECCIÓN		CIUDAD					
EMGESA S.A. ESP		Cra. 13A No. 93-66, Piso 2		Bogotá D.C.					
FECHA RECEPCIÓN		FECHA DE ENSAYO Y/O CALIBRACIÓN		FECHA DE EMISIÓN					
2023-02-08		2023-02-10		2023-02-10					
INFORMACIÓN GENERAL									
CODIFICACIÓN NTC 4856									
CEEX: Conforme en el ensayo de Exactitud.		CEVC: Conforme en el ensayo de Verificación de la Constante.		CEFC: Conforme en el ensayo de Funcionamiento sin Carga.					
CEAR: Conforme en el ensayo de Arranque.		CEPD: Conforme en el ensayo de Propiedades Dieléctricas.		NCEEX: No Conforme en el ensayo de Exactitud.					
NCEVC: No Conforme en el ensayo de Verificación de la Constante.		NCEFC: No Conforme en el ensayo de Funcionamiento sin Carga.		NCEAR: No Conforme en el ensayo de Arranque.					
NCEPD: No Conforme en el ensayo de Propiedades Dieléctricas.									
OTRAS CODIFICACIONES									
U: Incertidumbre expandida de medición		Ep: Error porcentual dosificación de energía		Eav: Error punto de prueba					
NVA: Porcentaje de error referido a la potencia aparente (S)		N.A.: No se realiza un ensayo.		NI: No se instala estampilla o sello					
In: Corriente básica		In: Corriente nominal / Un: Tensión nominal		Imax: Corriente Máxima					
Imp: Impulsos / Rev: Revolución		KWh: kilovatio hora / kVAh: kilo voltio-amperio reactivo hora		Eavc: Error Ensayo Verificación de la constante					
Sello (s) Instalado (s)		Estampilla instalada		Protocolo Energía					
NI		NI		REACTIVA					
				IMPORTADA					
				Página					
				2 de 4					
DATOS DE CALIBRACIÓN Y ENSAYO									
Método de Ensayo y/o Calibración		Incertidumbre		Condiciones ambientales					
El método empleado es la comparación diferencial de la magnitud y/o los puentes emitidos por el patrón objeto de prueba y los emitidos por el patrón los cuales son la incertidumbre estándar combinada por el factor de cubrimiento k, obtenido de la tabla de distribución t de Student, con un nivel de confianza del 95,45%.		La incertidumbre expandida (U) reportada ha sido estimada de un dato histórico obtenido por el Laboratorio en la calibración de medidores similares, multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cubrimiento k, obtenido de la tabla de distribución t de Student, con un nivel de confianza del 95,45%.		Los ensayos de calibración fueron realizados en el Laboratorio de Calibración de Medidores de CAM, donde se presentaron las siguientes condiciones ambientales durante los ensayos.					
				TEMPERATURA 21,8 °C					
				HUMEDAD RELATIVA (HR) 45,9 %					
				Un (1) medidor					
REFERENCIA PRUEBAS ACREDITADAS NTC 4856:2018									
Ensayo de Exactitud: NTC 4856:2018, numeral 4.4.2.2 (Calibración por el método de comparación de impulsos)									
Ensayo de Verificación de la Constante: NTC 4856:2018, numeral 4.4.3.2 (Método de dosificación de energía)									
Ensayo de Arranque: NTC 4856:2018, numeral 4.4.4.1 (Método de revoluciones o impulsos)									
Ensayo de Funcionamiento sin carga: NTC 4856:2018, numeral 4.4.5.2.1 (Método de conteo de impulsos)									
Ensayo de Propiedades Dieléctricas: NTC 4856:2018, numeral 4.4.1 (Ensayo de propiedades dieléctricas)									
TRAZABILIDAD METROLOGICA									
El equipo utilizado en la calibración y/o ensayos fue el KRE KE8702 con número de serie 8715002, Marca KRE con certificado de calibración No. 253924 del laboratorio de DIGITRON LTDA. Este equipo tiene trazabilidad con el patrón de referencia COM3003 con número de serie 050023142 Marca ZERA con certificado de calibración No. 7567 del laboratorio de ZERA GmbH, laboratorio que en el momento de la calibración cuenta con acreditación del DAAK, organismo que es firmante del acuerdo de reconocimiento mutuo multilateral con ILAC.									
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO									
No. Serie	Marca	Modelo	Tensión (V)	In (Imax) (A)	Tipo	Clase	In (Imax) (A)	Tensión (V)	Constante (Imp/kVAh)
2107062100000	Schneider Electric	PowerLogic ION8650	100-480	2,5(20)	3F4H	2	1(10)	3X120/208	10000
ENSAYOS									
ENSAYO DE FUNCIONAMIENTO SIN CARGA (EFC)		Condición de ensayo:	138 V	Tiempo (Minutos):	13,3	Resultado:	≤ 1 impulsos	Evaluación EFC:	CEFC
ENSAYO DE ARRANQUE (EAR)		Condición de ensayo:	Un - 100% - In 0,3% Smp = 1 R, S, T	Tiempo (Minutos):	16,7	Resultado:	≥ 2 impulsos	Evaluación EAR:	CEAR
ENSAYO DE PROPIEDADES DIELECTRICAS (EPD)		Condición de ensayo:	N.A	Tiempo (Segundos):	N.A	Presión atmosférica (kPa):	N.A	Evaluación EPD:	N.A
ENSAYO DE VERIFICACIÓN DE LA CONSTANTE (EVC)									
In (%A)	Lectura Inicial (kVAh)	Lectura Final (kVAh)	Energía Suministrada (kVAh)	Eex (%VA)	Límite de error (%VA)(±)	Ep(%VA)	Eavc (%VA)	Factor K	U (%VA)
1000,0	0,185	0,285	1,10	-0,100	2,00	0,00	0,100	2,00	0,052
ENSAYO DE EXACTITUD (CALIBRACIÓN) (EEX)									
No.	Descripción de la Prueba	Límite de Error (%VA) (±)	Error (%VA)	Factor K	U (%VA)	Evaluación			
1	Un - 5% In Sen φ = 1 R, S, T	3,00	0,000	2,00	0,052	CEEX			
2	Un - 100% In Sen φ = 1 R, S, T	2,50	-0,030	2,00	0,052	CEEX			
3	Un - 100% In Sen φ = 1 R	3,50	0,000	2,00	0,052	CEEX			
4	Un - 100% In Sen φ = 1 S	3,50	-0,040	2,00	0,052	CEEX			
5	Un - 100% In Sen φ = 1 T	3,50	0,000	2,00	0,052	CEEX			
6	Un - 100% In Sen φ = 0,5 R, S, T	3,00	-0,03	2,00	0,13	CEEX			
7	Un - Imax Sen φ = 1 R, S, T	2,50	-0,100	2,00	0,052	CEEX			
Observaciones									
El laboratorio no se hace responsable cuando la información es suministrada por el cliente en caso contrario, el descargo de responsabilidad lo asumirá el cliente.									
Calibración y/o Ensayo realizados por:						Juan Carlos Peña C.		Tecnólogo Calibrador	
RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN						FIRMA AUTORIZADA			
						APROBADO POR			
						Miguel Angel Parra			
						Coordinador Laboratorio de Calibración			
DECLARACIÓN									
CAM Colombia Multiservicios S.A.S con acreditación ONAC vigente a la fecha, con código de acreditación 11-LAB-055 y 11-LAC-055, bajo la norma ISO-IEC 17025:2017, cumple con los requisitos necesarios para el mantenimiento de la trazabilidad metrologica de los patrones de referencia del laboratorio con los correspondientes Patrones Nacionales. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite. Los resultados obtenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Los ensayos realizados se encuentran dentro del alcance de la acreditación anteriormente nombrada. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos ensayados y/o calibrados. El laboratorio realiza los ensayos y calibraciones a las muestras como se reciben por parte del cliente.									

Carrera 65 b No.13 - 78
Bogotá, D.C. - Colombia,
PBX: (57-1) 570 7369
www.cam-la.com

Figura 8.2. – Certificado de calibración ION8650



ISO/IEC 17025:2017
11-LAB-055

ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-055

CAM COLOMBIA MULTISERVICIOS S.A.S. LABORATORIO DE ENSAYO Y/O CALIBRACIÓN DE MEDIDORES				LAB-PR-02-RG-03 VERSION: 8 2022-10-20	
CERTIFICADO DE ENSAYO Y/O CALIBRACIÓN No. CAM-M-2302-869020				PROTOCOLO No. SP-018240/23	
INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE					
CLIENTE		DIRECCIÓN		CIUDAD	
EMGESA S.A. ESP		Cra. 13A No. 93-66, Piso 2		Bogotá D.C.	
FECHA RECEPCIÓN		FECHA DE ENSAYO Y/O CALIBRACIÓN		FECHA DE EMISIÓN	
2023-02-08		2023-02-10		2023-02-10	
INFORMACIÓN GENERAL					
CODIFICACIÓN NTC 4856					
CEEX: Conforme en el ensayo de Exactitud.		CEVC: Conforme en el ensayo de Verificación de la Constante.		CEFC: Conforme en el ensayo de Funcionamiento sin Carga.	
CEAR: Conforme en el ensayo de Arranque.		CEPD: Conforme en el ensayo de Propiedades Dieléctricas.		NCEEX: No Conforme en el ensayo de Exactitud.	
NCEVC: No Conforme en el ensayo de Verificación de la Constante.		NCEFC: No Conforme en el ensayo de Funcionamiento sin Carga.		NCEAR: No Conforme en el ensayo de Arranque.	
NCEPD: No Conforme en el ensayo de Propiedades Dieléctricas.					
OTRAS CODIFICACIONES					
U: Incertidumbre expandida de medición		Ep: Error porcentual dosificación de energía		Ex: Error punto de prueba	
YVA: Porcentaje de error referido a la potencia aparente (S)		N.A.: No se realizó un ensayo		N.I.: No se realizó estampilla o sello	
Ib: Corriente básica		In: Corriente nominal / Un: Tensión nominal		Imax: Corriente Máxima	
Imp: Impulsos / Rev. Revolución		kWh: kilovatio hora / kVAh: kilo voltio-ampere reactivo hora		Evc: Error Ensayo Verificación de la constante	
Sello (s) Instalado (s)		Estampilla Instalada		Protocolo Energía	
NI		NI		NI	
DATOS DE CALIBRACIÓN Y ENSAYO					
Método de Ensayo y/o Calibración		Incertidumbre		Condiciones ambientales	
El método empleado es la comparación diferencial de la magnitud y/o los pulsos emitidos por el medidor objeto de prueba y los emitidos por el patrón los cuales son proporcionales a la energía y/o magnitud suministrada.		La incertidumbre expandida (U) reportada ha sido estimada de un dato histórico de la incertidumbre estándar combinada por el factor de cubrimiento k, obtenido de la tabla de distribución t de Student, con un nivel de confianza del 95.45%.		Los ensayos de calibración fueron realizados en el Laboratorio de Calibración de Medidores de CAM, donde se presentaron las siguientes condiciones ambientales durante los ensayos.	
				TEMPERATURA 21,8 °C	
				HUMEDAD RELATIVA (HR) 45,9 %	
				Un (1) medidor	
REFERENCIA PRUEBAS ACREDITADAS NTC 4856:2018					
Ensayo de Exactitud: NTC 4856:2018, numeral 4.4.2.2 (Calibración por el método de comparación de impulsos)					
Ensayo de Verificación de la Constante: NTC 4856:2018, numeral 4.4.3.2 (Método de dosificación de energía)					
Ensayo de Arranque: NTC 4856:2018, numeral 4.4.4.1 (Método de revoluciones o impulsos)					
Ensayo de Funcionamiento sin carga: NTC 4856:2018, numeral 4.4.5.2.1 (Método de conteo de impulsos)					
Ensayo de Propiedades Dieléctricas: NTC 4856:2018, numeral 4.4.1 (Ensayo de propiedades dieléctricas)					
El equipo utilizado en la calibración y/o ensayos fue el KRE KE8702 con número de serie 8715002. Marca KRE con certificado de calibración No. 253924 del laboratorio de DIGITRON LTDA. Este equipo tiene trazabilidad con el patrón de referencia COM3003 con número de serie 050023142 Marca ZERA con certificado de calibración No. 7567 del laboratorio de ZERA GmbH, laboratorio que en el momento de la calibración cuenta con acreditación del DAKS, organismo que es firmante del acuerdo de reconocimiento mutuo multilaterales con ILAC.					
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO					
No. Serie	Marca	Modelo	Tensión (V)	In (Imax) (A)	Tipo
2107062100000	Schneider Electric	PowerLogic ION8650	100-480	2,5(20)	3FH
CARACTERÍSTICAS DE PRUEBA					
			In (Imax) (A)	Tensión (V)	Constante (Imp/kWh)
			1(10)	3X120/208	10000
ENSAYOS					
ENSAYO DE FUNCIONAMIENTO SIN CARGA (EFC)		Condición de ensayo:	138 V	Tiempo (Minutos):	25,0
ENSAYO DE ARRANQUE (EAR)		Condición de ensayo:	Un - 100% - In 0,1% Cos φ = -1 R, S, T	Tiempo (Minutos):	50,0
ENSAYO DE PROPIEDADES DIELECTRICAS (EPD)		Condición de ensayo:	N.A.	Tiempo (Segundos):	N.A.
ENSAYO DE VERIFICACIÓN DE LA CONSTANTE (EVC)					
In (%A)	Lectura Inicial (kWh)	Lectura Final (kWh)	Energía Suministrada (kWh)	Exx (%VA)	Límite de error (%VA)(±)
1000,0	11,942	12,942	1,000	-0,010	0,00
ENSAYO DE EXACTITUD (CALIBRACIÓN) (EEX)					
No.	Descripción de la Prueba	Límite de Error (%VA) (±)	Error (%VA)	Factor K	U (%VA)
1	Un - 5% In Cos φ = -1 R, S, T	0,25	0,015	2,00	0,052
2	Un - 100% In Cos φ = -1 R, S, T	0,25	0,050	2,00	0,052
3	Un - 100% In Cos φ = -1 R	0,35	0,000	2,00	0,052
4	Un - 100% In Cos φ = -1 S	0,35	-0,050	2,00	0,052
5	Un - 100% In Cos φ = -1 T	0,35	-0,030	2,00	0,052
6	Un - 100% In Cos φ = -0,5 R, S, T	0,40	0,00	2,00	0,13
7	Un - 100% In Cos φ = -0,5 R, S, T	0,40	-0,100	2,00	0,071
8	Un - Imax Cos φ = -1 R, S, T	0,25	-0,970	2,00	0,052
Observaciones					
El laboratorio no se hace responsable cuando la información es suministrada por el cliente en caso contrario, el descargo de responsabilidad lo asumirá el cliente.					
Calibración y/o Ensayo realizados por:			Juan Carlos Peña C.		
RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN			FIRMA AUTORIZADA		
			APROBADO POR		
El medidor cumple con los ensayos especificados anteriormente mencionados en este certificado. Para verificar el cumplimiento de los requisitos de los ensayos, se evalúa con las reglas de decisión indicadas en la NTC 4856:2018 "Verificación Inicial y Posterior de Medidores de Energía Eléctrica".					
			Miguel Angel Parra		
			Coordinador Laboratorio de Calibración		
DECLARACIÓN					
CAM Colombia Multiservicios S.A.S. con acreditación ONAC vigente a la fecha, con código de acreditación 11-LAB-055 y 11-LAC-055, bajo la norma ISO/IEC 17025:2017, cumple con los requisitos necesarios para el mantenimiento de la trazabilidad metrológica de los patrones de referencia del laboratorio con los correspondientes Patrones Nacionales. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite. Los resultados obtenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Los ensayos realizados se encuentran dentro del alcance de la acreditación anteriormente nombrada. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos ensayados y/o calibrados. El laboratorio realiza los ensayos y calibraciones a las muestras como se reciben por parte del cliente.					

Carrera 65 b No.13 - 78
Bogotá, D.C. - Colombia.
PBX: (57-1) 570 7369
www.cam-la.com

Figura 8.3. – Certificado de calibración ION8650



ISO/IEC 17025:2017
11-LAB-055

ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-055

CAM COLOMBIA MULTISERVICIOS S.A.S. LABORATORIO DE ENSAYO Y/O CALIBRACIÓN DE MEDIDORES				LAB-PR-02-RG-03 VERSIÓN: 8 2022-10-20	
CERTIFICADO DE ENSAYO Y/O CALIBRACIÓN No. CAM-IM-2302-869020					
PROTOCOLO No. SIP-018241/23					
INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE					
CLIENTE		DIRECCIÓN		CIUDAD	
EMGESA S.A. ESP		Cra. 13A No. 93-66, Piso 2		Bogotá D.C.	
FECHA RECEPCIÓN		FECHA DE ENSAYO Y/O CALIBRACIÓN		FECHA DE EMISIÓN	
2023-02-08		2023-02-10		2023-02-10	
INFORMACIÓN GENERAL					
CODIFICACIÓN NTC 4856					
CEEX: Conforme en el ensayo de Exactitud.					
CEVC: Conforme en el ensayo de Verificación de la Constante.					
CEAR: Conforme en el ensayo de Arranque.					
CEPD: Conforme en el ensayo de Propiedades Dieléctricas.					
NCEVC: No Conforme en el ensayo de Verificación de la Constante.					
NCEVC: No Conforme en el ensayo de Funcionamiento sin Carga.					
NCEAR: No Conforme en el ensayo de Arranque.					
NCEPD: No Conforme en el ensayo de Propiedades Dieléctricas.					
OTRAS CODIFICACIONES					
U: Incertidumbre expandida de medición					
Ep: Error porcentual dosificación de energía					
Ex: Error punto de prueba					
N/A: Porcentaje de error referido a la potencia aparente (S)					
N/A: No se realiza un ensayo.					
NI: No se instala estampilla o sello					
Imax: Corriente Máxima					
Imp: Impulsos / Rev: Revolución					
KWh: kilovatio hora / kVAh: kilo voltio-amperio reactivo hora					
Evc: Error Ensayo Verificación de la constante					
Sello (s) Instalado (s)					
Estampilla instalada					
Protocolo Energía					
Página					
2557173					
REACTIVA					
EXPORTADA					
4 de 4					
DATOS DE CALIBRACIÓN Y ENSAYO					
Método de Ensayo y/o Calibración		Incertidumbre		Condiciones ambientales	
El método empleado es la comparación diferencial de la magnitud y/o los pulsos emitidos por el patrón los cuales son la incertidumbre estándar combinado por el factor de cobertura k, obtenido de la tabla de distribución t de Student, con un nivel de confianza del 95,45%.		La incertidumbre expandida (U) reportada ha sido estimada de un dato histórico obtenido por el Laboratorio en la calibración de medidores similares, multiplicando la tabla de distribución t de Student, con un nivel de confianza del 95,45%.		Los ensayos de calibración fueron realizados en el Laboratorio de Calibración de Medidores de CAM, donde se presentaron las siguientes condiciones ambientales durante los ensayos.	
				TEMPERATURA 21,8 °C	
				HUMEDAD RELATIVA (HR) 45,9 %	
				Un (1) medidor	
REFERENCIA PRUEBAS ACREDITADAS NTC 4856:2018					
Ensayo de Exactitud: NTC 4856:2018, numeral 4.4.2.2 (Calibración por el método de comparación de impulsos)					
Ensayo de Verificación de la Constante: NTC 4856:2018, numeral 4.4.3.2 (Método de dosificación de energía)					
Ensayo de Arranque: NTC 4856:2018, numeral 4.4.4.1 (Método de revoluciones o impulsos)					
Ensayo de Funcionamiento sin carga: NTC 4856:2018, numeral 4.4.5.2.1 (Método de conteo de impulsos)					
Ensayo de Propiedades Dieléctricas: NTC 4856:2018, numeral 4.4.1 (Ensayo de propiedades dieléctricas)					
TRAZABILIDAD METROLOGICA					
El equipo utilizado en la calibración y/o ensayos fue el KRE KER702 con número de serie 8715002, Marca KRE con certificado de calibración No. 253924 del laboratorio de DIGITRON LTDA. Este equipo tiene trazabilidad con el patrón de referencia COM3003 con número de serie 050023142 Marca ZERA con certificado de calibración No. 7567 del laboratorio de ZERA GmbH, laboratorio que en el momento de la calibración cuenta con acreditación del DAkkS, organismo que es firmante del acuerdo de reconocimiento mutuo multilateral con ILAC.					
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO					
No. Serie	Marca	Modelo	Tensión (V)	In (Imax) (A)	Tipo
2107062100000	Schneider Electric	PowerLogic ION8650	100-480	2,5(20)	3F4H
Clase					
2					
In (Imax) (A)					
1(10)					
3X120/208					
10000					
ENSAYOS					
ENSAYO DE FUNCIONAMIENTO SIN CARGA (EFC)		Condición de ensayo:		138 V	Resultado:
				Un - 100% - In 0.3% Sen g = - 1 R, S, T	≤ 1 impulso
ENSAYO DE ARRANQUE (EAR)		Condición de ensayo:		Un - 100% - In 0.3% Sen g = - 1 R, S, T	Evaluación EFC:
				N/A	CEVC
ENSAYO DE PROPIEDADES DIELECTRICAS (EPD)		Condición de ensayo:		N/A	Evaluación EAR:
				N/A	CEAR
ENSAYO DE VERIFICACIÓN DE LA CONSTANTE (EVC)					
In (%)	Lectura Inicial (kVAh)	Lectura Final (kVAh)	Energía Suministrada (kVAh)	Eex (%VA)	Limite de error (%VA)
1000,0	0,294	0,394	0,10	-0,090	2,50
Ep (%VA)					
0,00					
Evc (%VA)					
0,090					
Factor K					
2,00					
U (%VA)					
0,052					
Evaluación EVC					
CEVC					
ENSAYO DE EXACTITUD (CALIBRACIÓN) (EEX)					
No.	Descripción de la Prueba		Limite de Error (%VA) (±)		Error (%VA)
1	Un - 5% In Sen g = - 1 R, S, T		3,00		0,014
2	Un - 100% In Sen g = - 1 R, S, T		2,50		-0,030
3	Un - 100% In Sen g = - 1 R		3,50		0,080
4	Un - 100% In Sen g = - 1 S		3,50		0,020
5	Un - 100% In Sen g = - 1 T		3,50		0,016
6	Un - 100% In Sen g = 0,5 R, S, T		3,00		0,00
7	Un - Imax Sen g = - 1 R, S, T		2,50		-0,090
Observaciones					
El laboratorio no se hace responsable cuando la información es suministrada por el cliente en caso contrario, el descargo de responsabilidad lo asumirá el cliente.					
Calibración y/o Ensayo realizados por:			Juan Carlos Peña C.		
RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN			Tecnólogo Calibrador		
FIRMA AUTORIZADA					
APROBADO POR					
Miguel Angel Parra					
Coordinador Laboratorio de Calibración					
DECLARACIÓN					
CAM Colombia Multiservicios S.A.S con acreditación ONAC vigente a la fecha, con código de acreditación 11-LAB-055 y 11-LAC-055, bajo la norma ISO-IEC 17025:2017, cumple con los requisitos necesarios para el mantenimiento de la trazabilidad metrologica de los patrones de referencia del laboratorio con los correspondientes Patrones Nacionales. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite. Los resultados obtenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Los ensayos realizados se encuentran dentro del alcance de la acreditación anteriormente nombrada. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos ensayados y/o calibrados. El laboratorio realiza los ensayos y calibraciones a las muestras como se reciben por parte del cliente.					

Carrera 65 b No.13 - 78
Bogotá, D.C. - Colombia.
PBX: (57-1) 570 7369
www.cam-la.com

FIN DEL CERTIFICADO

Figura 8.4. – Certificado de calibración ION8650



Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente.