



中国电建  
POWERCHINA

## PARQUE SOLAR TEPUY

INFORME PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE LA CURVA DE  
CAPACIDAD  
ACUERDO CNO 1827 – 2024

INFORME FINAL

DOCUMENTO IEB-630-23-02

REVISIÓN 0



Medellín, mayo de 2024

**Medellín**

Cll. 8B No. 65-191 C.E Puerto Seco. OF. 331

+57 (4) 604 32 72 [propuestas@ieb.co](mailto:propuestas@ieb.co)

Colombia: Medellín | Bogotá | Barranquilla | Cartagena

USA - Houston | Perú - Lima | Chile - Santiago | Guatemala - Ciudad de Guatemala

[www.ieb.co](http://www.ieb.co)

## CONTROL DE DISTRIBUCIÓN

Copias de este documento han sido entregadas a:

Nombre	Dependencia	Empresa	Copias
Hernan Dario Cardona Duque	Operación y mantenimiento Generación Energía	Empresas Públicas de Medellín	1
Gestión Documental Proyecto	-	Ingeniería Especializada S. A	1

Las observaciones que resulten de su revisión y aplicación deben ser informadas a IEB S.A.

## CONTROL DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
0	29/04/2024	Emisión Inicial	<u>SMG/CEC/JES</u>	<u>GAG/DMM/ HFE</u>	<u>RGV/FGG</u>
			SMG/CEC/JES	GAG	RGV/FGG

Participaron en la elaboración de este informe:

SMG	Santiago Molano Guisao-	RGV	Rolando Guisao Vélez
CEC	Christian Efraín Cardona	FGG	Francisco Gafaro G.
GAG	Gustavo Alonso Gutiérrez	HFE	Hector Felipe Espinosa
DMM	Daniel Manjarres Mur	JES	Javier Eduardo Santos

Participaron en la auditoria (18 al 20 de abril de 2024):

RGV	Rolando Guisao Vélez	SMG	Santiago Molano Guisao-
FGG	Francisco Gafaro G.	CEC	Christian Efraín Cardona

Participaron en las pruebas por parte de EPM y Power China:

DM	Daniel Moreno	HDC	Hernan Dario Carmona
NAG	Nicolas Aguilar Grillo	VAZ	Victor Alexander Zuleta

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
1.1	Nomenclatura.....	6
<b>2</b>	<b>DATOS GENERALES DE LA AUDITORÍA</b> .....	<b>6</b>
2.1	Central Bajo Prueba.....	6
<b>3</b>	<b>INFORMACIÓN DE LA PLANTA SOLAR</b> .....	<b>7</b>
3.1	Datos y Características .....	7
3.2	Curva de Capacidad Declarada y Puntos de Prueba Acordados.....	7
<b>4</b>	<b>EQUIPOS DE MEDICIÓN</b> .....	<b>10</b>
4.1	Equipos Empleados .....	10
4.2	Punto de Conexión.....	10
<b>5</b>	<b>CÁLCULO DE ERRORES</b> .....	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS DE LAS PRUEBAS</b> .....	<b>13</b>
6.1	Tabla de Resultados .....	13
6.2	Curva de Capacidad Verificada.....	21
6.3	Detalle de Evaluación de Cumplimiento .....	23
6.3.1	Detalle Región de Entrega de Reactiva.....	23
6.3.2	Detalle de la Región de Absorción de Reactiva.....	25
6.4	Tendencias .....	27
6.4.1	Región de Entrega de Reactiva.....	27
6.4.2	Región de Absorción de Reactiva. ....	35
6.5	Curva de Capacidad Definitiva .....	43
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>44</b>
<b>8</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>46</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos Parque Solar Tepuy.....	7
Tabla 2. Puntos de Prueba Acordados.....	8
Tabla 3. Familia de curvas PQ en función de la tensión en el PC.....	9
Tabla 4. Equipos de Medición .....	10
Tabla 5. Detalle de Conexión del Equipo Registrador de Datos .....	11
Tabla 6. Cálculo de Errores en la Medida.....	12
Tabla 7. Puntos obtenidos en pruebas .....	13
Tabla 9. Intentos de pruebas.....	44
Tabla 8. Puntos Reportados.....	45

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de Capacidad Declarada y Puntos de Prueba Acordados.....	8
Figura 2. Diagrama PQ, cambios de tensión 0,9 a 0,95 p.u en el PC.....	9
Figura 3. Diagrama PQ, cambios de tensión 1,05 a 1,10 p.u en el PC.....	10
Figura 4. Curva de Capacidad Verificada Modo Control Voltaje.....	21
Figura 5. Curva de Capacidad Verificada Modo Control Reactiva.....	22
Figura 6. Curva de Capacidad Verificada Modo Control Factor Potencia.....	23
Figura 7. Detalle entrega de reactiva modo control voltaje.....	24
Figura 8. Detalle entrega de reactiva modo control potencia reactiva.....	24
Figura 9. Detalle entrega de reactiva modo control factor de potencia.....	25
Figura 10. Detalle de absorción reactiva modo control voltaje.....	26
Figura 11. Detalle de absorción reactiva modo control reactiva.....	26
Figura 12. Detalle de absorción reactiva modo control factor de potencia.....	27
Figura 13. Registro Punto N° 1, Modo Control Tensión.....	28
Figura 14. Registro Punto N° 1, Modo Control Reactiva.....	28
Figura 15. Registro Punto N° 1, Modo Control Factor Potencia.....	29
Figura 16. Registro Punto N° 2, Modo Control Tensión.....	29
Figura 17. Registro Punto N° 2, Modo Control Reactiva.....	30
Figura 18. Registro Punto N° 2, Modo Control Factor Potencia.....	30
Figura 19. Registro Punto N° 3, Modo Control Tensión.....	31
Figura 20. Registro Punto N° 3, Modo Control Reactiva.....	31
Figura 21. Registro Punto N° 3, Modo Control Factor Potencia.....	32
Figura 22. Registro Punto N° 4, Modo Control Tensión.....	32
Figura 23. Registro Punto N°4, Modo Control Reactiva.....	33
Figura 24. Registro Punto N° 4, Modo Control Factor Potencia.....	33
Figura 25. Registro Punto N° 5, Modo Control Tensión.....	34
Figura 26. Registro Punto N°5, Modo Control Reactiva.....	34
Figura 27. Registro Punto N° 5, Modo Control Factor Potencia.....	35
Figura 28. Registro Punto N° 6, Modo Control Tensión.....	35
Figura 29. Registro Punto N°6, Modo Control Reactiva.....	36
Figura 30. Registro Punto N° 6, Modo Control Factor Potencia.....	36
Figura 31. Registro Punto N° 7, Modo Control Tensión.....	37
Figura 32. Registro Punto N°7, Modo Control Reactiva.....	37
Figura 33. Registro Punto N° 7, Modo Control Factor Potencia.....	38
Figura 34. Registro Punto N° 8, Modo Control Tensión.....	38

Figura 35. Registro Punto N°8, Modo Control Reactiva.....	39
Figura 36. Registro Punto N° 8, Modo Control Factor Potencia.....	39
Figura 37. Registro Punto N° 9, Modo Control Tensión.....	40
Figura 38. Registro Punto N°9, Modo Control Reactiva.....	40
Figura 39. Registro Punto N° 9, Modo Control Factor Potencia.....	41
Figura 40. Registro Punto N° 10, Modo Control Tensión.....	41
Figura 41. Registro Punto N°10, Modo Control Reactiva.....	42
Figura 42. Registro Punto N° 10, Modo Control Factor Potencia.....	42
Figura 43. Curva de Capacidad Definitiva y a Declarar.....	43

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado de calibración Registrador de medida.

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente informe documenta los resultados obtenidos en la auditoría de las **Pruebas de Verificación de Curva de Capacidad** realizadas en el Parque Solar Tepuy, basadas en los lineamientos establecidos en la regulación vigente.

- CREG 135 de 2013 – La cual modifica la Resolución CREG 025 de 1995 que establece el Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.
- CREG 025 de 1995 – La cual establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.
- CREG 060 de 2019 – Por la cual se hacen modificaciones y adiciones transitorias al Reglamento de Operación para permitir la conexión y operación de plantas solares fotovoltaicas y eólicas en el SIN y se dictan otras disposiciones.
- CREG 229 de 2021 - Por la cual se adiciona un inciso al final del literal b) del numeral 5.7 del Código de Operación, Resolución CREG 025 de 1995, modificado por el artículo 14 de la Resolución CREG 060 de 2019
- Acuerdo CNO 1827 – Por el cual se actualiza el "Procedimiento para la realización de las pruebas de verificación de la curva de capacidad de las plantas de generación eólicos y solares fotovoltaicas conectados al STN y STR y de los autogeneradores conectados al STN y al STR sin entrega de excedentes"
- Acuerdo CNO 1546 Por el cual se aprueban las curvas de potencia reactiva en función de la tensión (Q-V) que ajustan la curva PQ establecida en la Resolución CREG 060 de 2019 en el punto de conexión de las plantas solares y eólicas que se conecten al STN y al STR.

### 1.1 Nomenclatura

- FP: Factor de potencia.
- P: Potencia activa [MW].
- Q: Potencia reactiva [Mvar].
- V: Tensión en la frontera comercial.
- VREF: Referencia de tensión.
- PPC: Power Plant Controller

## 2 DATOS GENERALES DE LA AUDITORÍA

### 2.1 Central Bajo Prueba

- **Central:** Parque Solar Tepuy.
- **Punto de conexión:** Purnio 115 kV.
- **Auditor:** Ingeniero Rolando Guisao Vélez y Francisco Gafaro G.
- **Fecha de las Pruebas:** 18 al 20 de abril de 2024.

### 3 INFORMACIÓN DE LA PLANTA SOLAR

A continuación, se relacionan los datos técnicos de la planta de generación auditada.

#### 3.1 Datos y Características

La Planta está compuesta por un total de 198.720 módulos fotovoltaicos monocristalinos bifaciales JA SOLAR agrupados de acuerdo a su potencia de la siguiente manera: 137.970 módulos de referencia JAM72D30-545/MB con una potencia de 545 Wp y 60.750 módulos de referencia JAM72D30-540/MB con una potencia de 540 Wp. Los módulos están agrupados en 6.624 (4.704 cadenas para módulos de 545 Wp y 1.920 cadenas para módulos de 540 Wp) cadenas de 30 módulos, disponiendo de 107,99 MWp.

La planta se conecta al Sistema Interconectado Nacional (SIN) por medio de una línea de transmisión de 4 km a nivel de tensión 115 kV la cual sale de la Subestación Tepuy 115 kV llegando a la subestación Purnio 115 kV.

- Los módulos corresponden a 2.290 estructuras tipo seguidor eje norte-sur, de las cuales 2.044 son en configuración 1Vx90 y 246 con en configuración 1Vx60.
- Se instalaron 320 inversores capaces de entregar hasta 352 kVA cada uno.
- La configuración eléctrica de la planta se hace por medio de 16 centros de transformación, en donde a cada centro de transformación le llegará la potencia de 20 inversores (SUN2000 330KTL-H1). En cada centro de transformación se encuentran ubicados equipos y elementos de maniobra, protección y comunicación de BT y MT.
- La potencia pico total instalada es de 107,99 MWp.

Las características técnicas de la planta solar Tepuy 83 MW, son las siguientes:

**Tabla 1. Datos Parque Solar Tepuy**

Parámetro	Valor	Unidad
Fabricante Inversores	Huawei	-
Referencia de los inversores	SUN2000 330KTL-H1	-
Número de inversores	320	-
Potencia Nominal	83	MW
Tensión Nominal Punto de Conexión	115 kV	kV
Potencia Activa (Declarada)	83	MW
Corriente Nominal de la Planta	416,7	A
Tensión Nominal en Bornes de Inversor	800	V
Tensión nominal alta tensión del transformador de generación	115	kV

#### 3.2 Curva de Capacidad Declarada y Puntos de Prueba Acordados

En la Figura 1, se presentan los puntos de prueba acordados a verificar y la curva de capacidad declarada del Parque Solar, considerando una tensión en el punto de conexión 0,95 a 1,05 p.u.

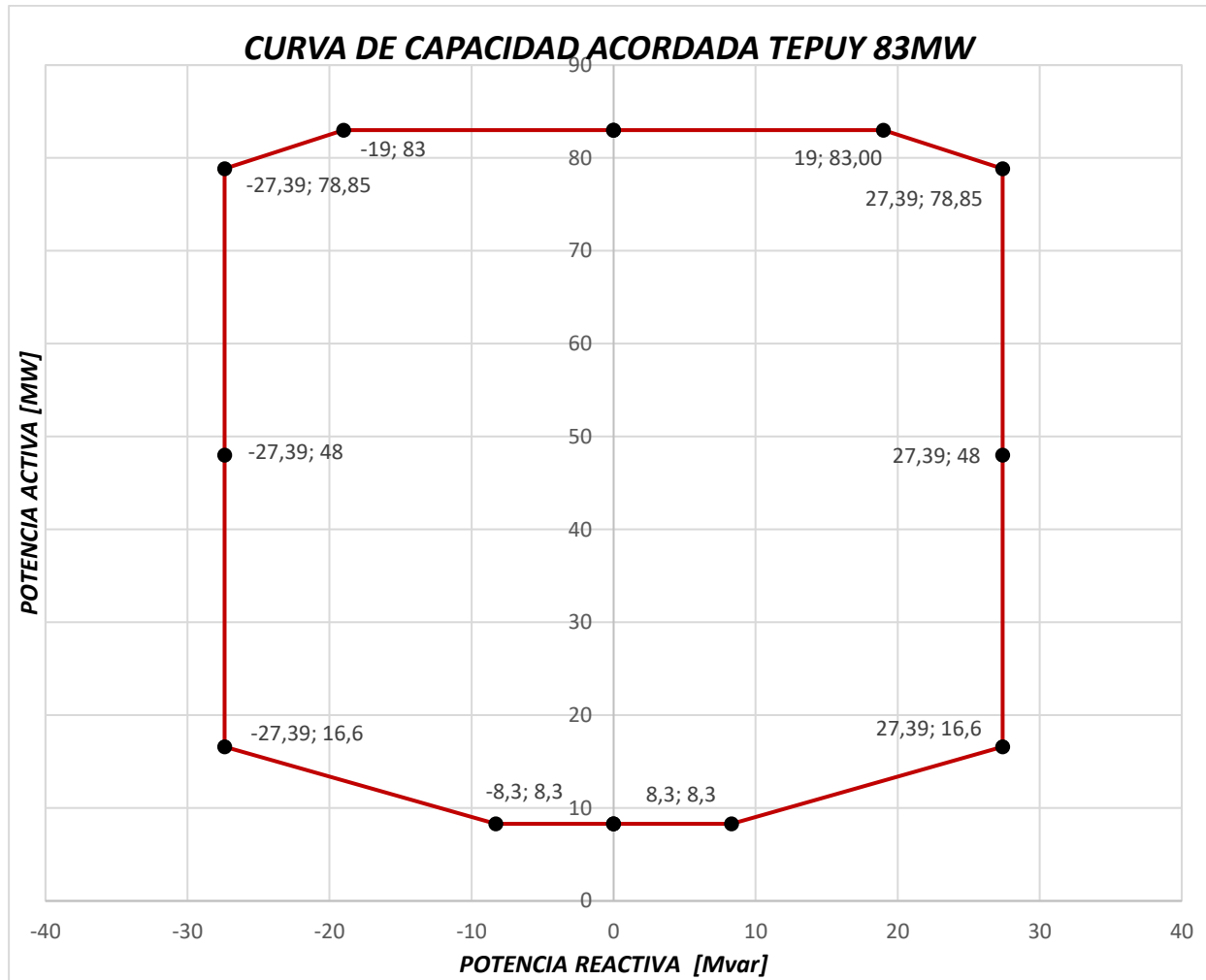


Figura 1. Curva de Capacidad Declarada y Puntos de Prueba Acordados

De acuerdo a lo establecido por el Acuerdo 1827 de 2024, Parque Solar Tepuy, y el Centro Nacional de Despacho CND, acordaron los puntos de prueba; siendo establecidos con base a la curva de capacidad declarada.

Tabla 2. Puntos de Prueba Acordados

Entrega de Reactiva		Absorción de Reactiva	
P [MW]	Q [Mvar]	P [MW]	Q [Mvar]
8,30	8,30	8,30	-8,30
16,60	27,39	16,60	-27,39
48,00	27,39	48,00	-27,39
78,85	27,39	78,85	-27,39
83,00	19,00	83,00	-19,00

A continuación se presenta la familia de curvas en el punto de conexión en función del cambio de tensión entre 0,9 a 1,1 p.u en el punto de conexión (PC), acorde a lo indicado en el acuerdo CNO 1546.



Tabla 3. Familia de curvas PQ en función de la tensión en el PC

P [MW] en PC	Q [Mvar] en función de la tensión en el PPC											
	0,9 p.u	0,91 p.u	0,9 p.u <sup>2</sup>	0,93 p.u	0,94 p.u	0,95 p.u	1,05 p.u	1,06 p.u	1,07 p.u	1,08 p.u	1,09 p.u	1,10 p.u
83	18,924	18,924	18,924	18,924	18,924	18,924	18,924	15,1392	11,3544	7,5696	3,7848	0,000
78,85	27,39	27,39	27,39	27,39	27,39	27,39	27,39	21,912	16,434	10,956	5,478	0,000
47,725	27,39	27,39	27,39	27,39	27,39	27,39	27,39	21,912	16,434	10,956	5,478	0,000
16,6	27,39	27,39	27,39	27,39	27,39	27,39	27,39	21,912	16,434	10,956	5,478	0,000
8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	6,64	4,98	3,32	1,66	0,000
8,3	0,000	-1,66	-3,32	-4,98	-6,64	-8,3	-8,3	-8,3	-8,3	-8,3	-8,3	-8,3
16,6	0,000	-5,478	-10,956	-16,434	-21,912	-27,39	-27,39	-27,39	-27,39	-27,39	-27,39	-27,39
47,725	0,000	-5,478	-10,956	-16,434	-21,912	-27,39	-27,39	-27,39	-27,39	-27,39	-27,39	-27,39
78,85	0,000	-5,478	-10,956	-16,434	-21,912	-27,39	-27,39	-27,39	-27,39	-27,39	-27,39	-27,39
83	0,000	-3,7848	-7,5696	-11,3544	-15,1392	-18,924	-18,924	-18,924	-18,924	-18,924	-18,924	-18,924

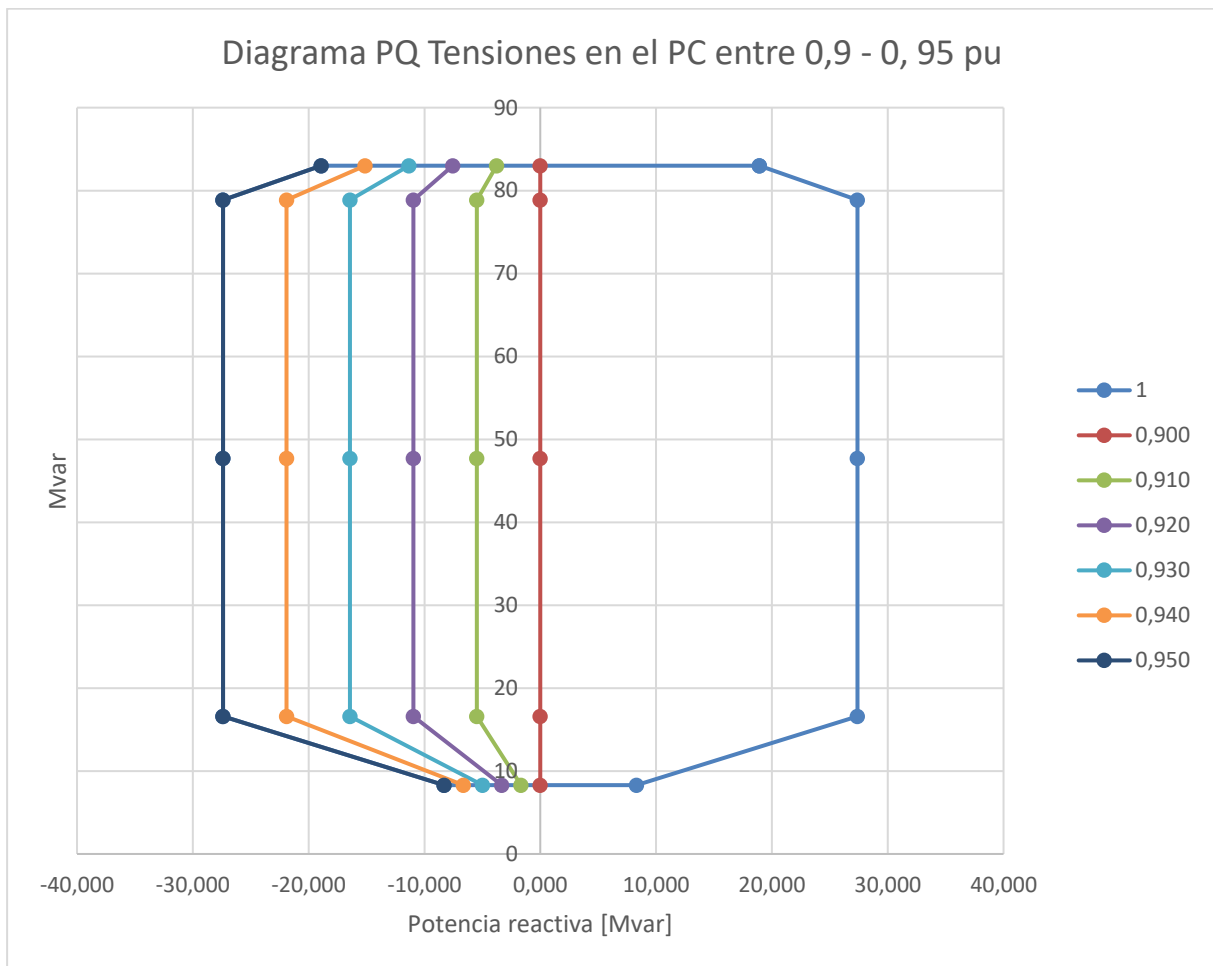
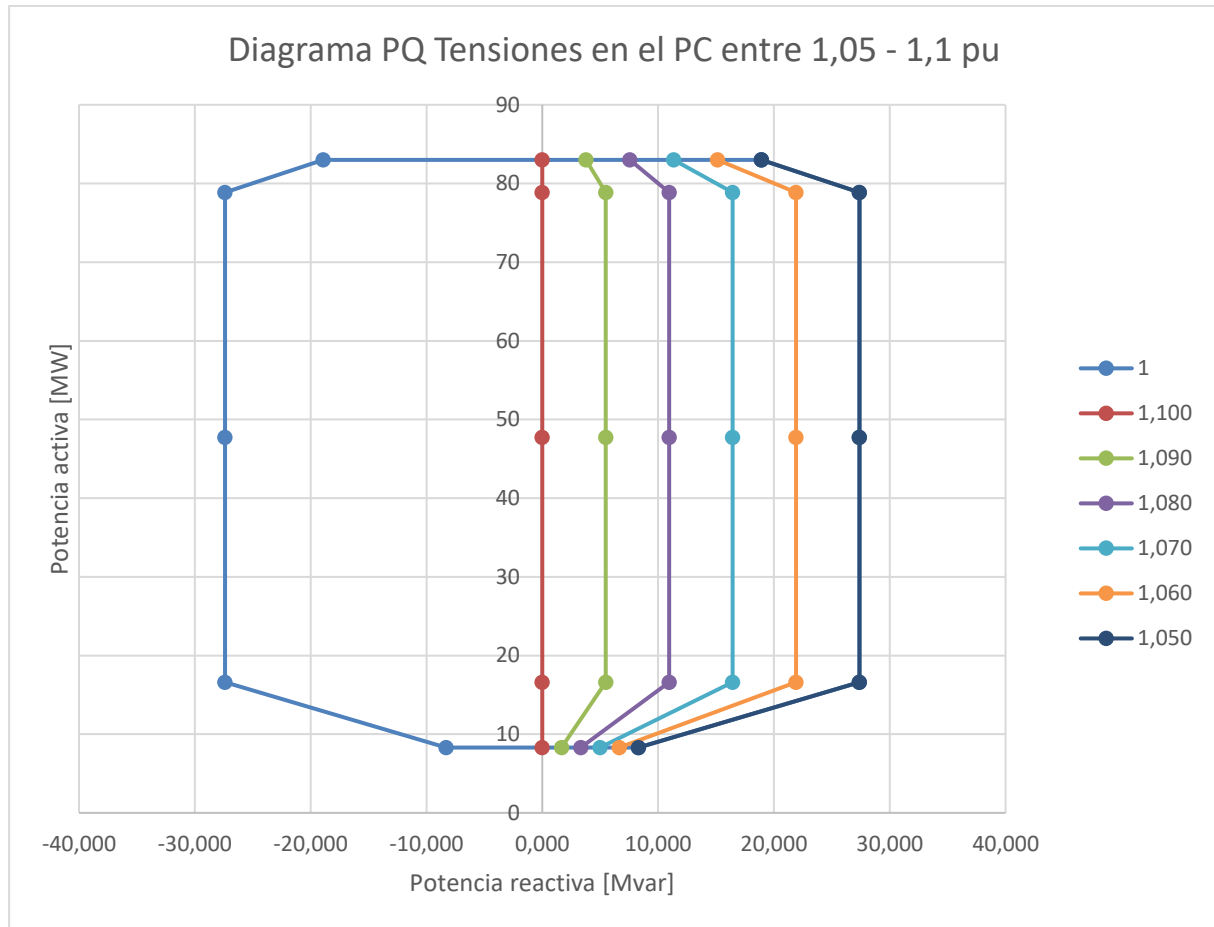


Figura 2. Diagrama PQ, cambios de tensión 0,9 a 0,95 p.u en el PC



**Figura 3. Diagrama PQ, cambios de tensión 1,05 a 1,10 p.u en el PC**

## 4 EQUIPOS DE MEDICIÓN

### 4.1 Equipos Empleados

Para las mediciones realizadas se emplearon los equipos listados a continuación:

**Tabla 4. Equipos de Medición**

Equipo	Marca	Modelo	Número de serie	Relación Transformación	Clase [%]
Registrador	REIVAX	MAX10	-	-	0,1
CT	-	-	--	600/5 A	0,2
PT	-	-	-	115.000/115 V	0,2

### 4.2 Punto de Conexión

Para el registro de los puntos de prueba acordados, se tomaron los siguientes puertos y señales de medida de las diferentes celdas de medida, tal y como muestra el detalle de conexiones presentado en la Tabla 5.

**Tabla 5. Detalle de Conexión del Equipo Registrador de Datos**

Medición	Tablero	Borne	Escala	Equipo Utilizado
Tensión en PC	Tablero Medición E00+Q01	-X032:2A. Fase A -X032:4A. Fase B -X032:6A. Fase C	115.800/115 V	Registrador
Corriente en PC	Tablero Medición E00+Q01	-X012:1A. Fase A -X012:3A. Fase B -X012:5A. Fase C	600/5 A	Registrador
Potencia Activa	-	-	-	Registrador
Potencia Reactiva	-	-	-	Registrador

## 5 CÁLCULO DE ERRORES

Con base en la información registrada de las variables eléctricas de la planta, se presenta la metodología de cálculo de los errores de medición con base en lo indicado en [3], los cuales son calculados acorde a las ecuaciones presentadas a continuación:

$$Emr = \sqrt{\left(\frac{E_{CT}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{E_{PT}}{\sqrt{3}}\right)^2 + E_R^2} \quad \text{[Ecuación 3]}$$

$$Ema = \sqrt{3} \times Emr \times CT_{Prim} \times PT_{Prim} \quad \text{[Ecuación 4]}$$

Donde:

*Emr*: Error relativo a la medida, en función del error del CT, PT y registrador.

*Ema*: Error absoluto de la medición.

Las fuentes de error en las pruebas de la planta de generación solar corresponden a: los puntos de conexión, precisión de los transformadores de instrumentación y equipos de adquisición de datos. A continuación, se presentan los grupos de incertidumbre a considerar en las señales medidas.

- Incertidumbre de calibración en los transformadores de instrumentación y demás equipos usados.
- Incertidumbre debida a protocolos e instrumentación en la instalación.
- Incertidumbre en la adquisición de datos.
- Incertidumbre debida a métodos y otros efectos.

No se consideran errores asociados a Instalación de Equipos para instrumentación (Sensores), dado que todas las señales a registrar se toman desde el tablero de medida. Considerando las fuentes de error propias, se evalúa el máximo error posible, de este modo el cálculo de error relativo y absoluto queda como se muestra a continuación:

**Tabla 6. Cálculo de Errores en la Medida**

<b>Errores de Equipos de Medida</b>	
Ect [%]	0,2
Ept [%]	0,2
Er	0,01

<b>Error relativo de la medida</b>	
Emr	0,010

<b>Error absoluto en la medida de potencia reactiva</b>	
CTprim [A]	600
PTprim [V]	115.000
Ema [Mvar]	1,211

## 6 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

### 6.1 Tabla de Resultados

La Tabla 7 detalla los puntos obtenidos de las pruebas realizadas al Parque Solar Tepuy.

- Las columnas de potencia activa y reactiva esperada presenta los puntos acordado para las pruebas, conforme se indica en la Tabla 2.
- Las columnas de promedio Potencia Activa, Reactiva y Tensión medida, presentan el valor promedio de puntos obtenidos durante la prueba.
- En la sección 6.4 se presentan los datos tomados durante las pruebas de campo.

**Tabla 7. Puntos obtenidos en pruebas**

Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	Potencia esperada (MW)	Reactiva esperada (Mvar)	Potencia medida (MW)	Reactiva medida (Mvar)	Reactiva Qcorregida (Mvar)	Tensión PC (kV)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
1	Entrega de reactiva	V	18/04/2024 10:16 AM	8,3	8,3	8,64	7,83	No aplica.	117,73	1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se realizan todas las maniobras operativas a nivel de PPC de la planta, alcanzando un voltaje en el nodo de 117,5 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos. No se presentan alarmas por temperatura en inversores como tampoco las protecciones
		Q	18/04/2024 10:27 AM			8,39	7,92		117,82	1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a sostener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 117.6 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	18/04/2024 10:39 AM			8,67	7,86		117,80	1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 117.6 kV.

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD PARQUE SOLAR TEPUY



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	Potencia esperada (MW)	Reactiva esperada (Mvar)	Potencia medida (MW)	Reactiva medida (Mvar)	Reactiva Qcorregida (Mvar)	Tensión PC (kV)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
													No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
2		V	18/04/2024 03:02 PM	16,6	27,39	16,96	27,11	No aplica.	119,22	1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se realizan las maniobras operativas a nivel de planta, alcanzando un voltaje en el nodo de 119.8 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos
		Q	18/04/2024 03:12 PM			16,93	27,20		119,25	1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a sostener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 119.1 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	18/04/2024 03:16 PM			17,00	26,96		119,23	1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 119.5 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
3		V	18/04/2024 10:56 AM	48	27,39	48,54	27,10	No aplica.	119,25	1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se realizan todas las maniobras operativas autorizadas, alcanzando un voltaje en el nodo de 119,6 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos. No se evidencian problemas en los inversores, los cuales están funcionando de manera adecuada. No se presentan alarmas en las protecciones ni cambiadores de tomas.
		Q	18/04/2024 11:04 AM			48,42	27,34		119,19	1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD PARQUE SOLAR TEPUY



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	Potencia esperada (MW)	Reactiva esperada (Mvar)	Potencia medida (MW)	Reactiva medida (Mvar)	Reactiva Qcorregida (Mvar)	Tensión PC (kV)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
4													planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 119.7 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	18/04/2024 11:10 AM			48,51	27,44		119,25	1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 119.1 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		V	18/04/2024 02:05 PM			79,20	27,11		119,60	1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se procede a tener la planta en modo control de tensión. Durante el desarrollo de las pruebas se evidencia el correcto ajuste y funcionamiento de los limitadores de potencia reactiva y todos los inversores se encuentran en correcto funcionamiento. Se realizan todas las maniobras operativas, alcanzando un voltaje en el nodo de 120,0 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos
		Q	18/04/2024 02:12 PM	78,85	27,39	79,22	27,01	No aplica.	119,46	1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a sostener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 119.4 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	18/04/2024 02:23 PM			79,18	27,05		119,46	1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD PARQUE SOLAR TEPUY



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	Potencia esperada (MW)	Reactiva esperada (Mvar)	Potencia medida (MW)	Reactiva medida (Mvar)	Reactiva Qcorregida (Mvar)	Tensión PC (kV)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
													el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 119,6 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
5		V	20/04/2024 10:21 AM	83	19	83,46	18,81	No aplica.	117,65	1,02	Si	Limite técnico de la planta	Con las maniobras internas de la planta se alcanza un voltaje en el nodo de 118.1 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos No se evidencian problemas en los inversores, todos funcionado de manera adecuada, no se presentan alarmas en las protecciones ni cambiadores de tomas.
		Q	20/04/2024 10:33 AM			83,46	18,96		117,57	1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a sostener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 118,1 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	20/04/2024 10:36 AM			83,44	19,12		117,43	1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 117,7 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
6	Absorción de reactiva	V	18/04/2024 09:32 AM	8,3	-8,3	8,56	-8,57	No aplica.	116,89	1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se realizan las maniobras operativas permitidas, alcanzando un voltaje en el nodo de 117,3 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos. Previo al desarrollo de la prueba se evidencia que no se presentan alarmas y los inversores operan con normalidad.



AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD PARQUE SOLAR TEPUY



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	Potencia esperada (MW)	Reactiva esperada (Mvar)	Potencia medida (MW)	Reactiva medida (Mvar)	Reactiva Qcorregida (Mvar)	Tensión PC (kV)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
7		Q	18/04/2024 09:43 AM			8,20	-8,69		116,76	1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 116.7 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	18/04/2024 09:50 AM			8,38	-8,63		116,67	1,01	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a sostener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 117.1 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		V	18/04/2024 03:25 PM	16,6	-27,39	16,49	-27,60	No aplica.	115,42	1,00	Si	Limite técnico de la planta	Por medio de las maniobras internas se alcanza un voltaje en el nodo de 115.3 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos No se evidencian problemas en los inversores, todos funcionado de manera adecuada, tampoco se presentan alarmas en las protecciones ni cambiadores de tomas.
		Q	18/04/2024 03:37 PM			16,55	-27,58		115,46	1,00	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 115.3 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
FP	18/04/2024 03:41 PM			16,51	-27,58		115,48	1,00	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto		

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD PARQUE SOLAR TEPUY



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	Potencia esperada (MW)	Reactiva esperada (Mvar)	Potencia medida (MW)	Reactiva medida (Mvar)	Reactiva Qcorregida (Mvar)	Tensión PC (kV)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
													de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 115.3 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
8		V	18/04/2024 11:19 AM	48	-27,39	48,18	-27,83	No aplica.	115,25	1,00	Si	Limite técnico de la planta	Se realizan todas las maniobras operativas aprobadas por el CND, alcanzando un voltaje en el nodo de 115.9 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos. No se presentan señales de alarmas en transformadores, además se evidencia la correcta actuación de los limitadores de potencia reactiva.
		Q	18/04/2024 11:26 AM			48,09	-27,56		115,26	1,00	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a sostener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 115.7 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	18/04/2024 11:30 AM			47,93	-27,88		115,28	1,00	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 115.1 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
9		V	18/04/2024 12:01 PM	78,85	-27,39	79,06	-27,65	No aplica.	115,44	1,00	Si	Limite técnico de la planta	Con las maniobras internas de la planta se alcanza un voltaje en el nodo de 114.9 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos No se evidencian problemas en los inversores, todos funcionado de manera adecuada, no se presentan

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD PARQUE SOLAR TEPUY



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	Potencia esperada (MW)	Reactiva esperada (Mvar)	Potencia medida (MW)	Reactiva medida (Mvar)	Reactiva Qcorregida (Mvar)	Tensión PC (kV)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
10				83	-19			No aplica.					alarmas en las protecciones ni cambiadores de tomas.
		Q	18/04/2024 12:09 PM			79,14	-27,77		115,46	1,00	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 115.4 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	18/04/2024 12:13 PM			79,08	-27,64		115,46	1,00	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 115.3 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		V	19/04/2024 02:27 PM			83,23	-19,49		116,37	1,01	Si	Limite técnico de la planta	Con las maniobras internas de la planta se alcanza un voltaje en el nodo de 116.3 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos No se evidencian problemas en los inversores, todos funcionado de manera adecuada, no se presentan alarmas en las protecciones ni cambiadores de tomas.
		Q	19/04/2024 02:36 PM			83,24	-19,29		116,26	1,01	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 116.4 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD PARQUE SOLAR TEPUY



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	Potencia esperada (MW)	Reactiva esperada (Mvar)	Potencia medida (MW)	Reactiva medida (Mvar)	Reactiva Qcorregida (Mvar)	Tensión PC (kV)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
		FP	19/04/2024 02:40 PM			83,04	-19,49		116,30	1,01	Si	Limite técnico de la planta	<p>Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 116.3 kV.</p> <p>No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.</p> <p>A las 3:57 pm se da indicación al CND de finalización exitosa del punto de prueba.</p>

## 6.2 Curva de Capacidad Verificada

En la Figura 4 se presenta la curva de capacidad verificada, donde se muestran los valores promedio esperados y los puntos de prueba acordados.

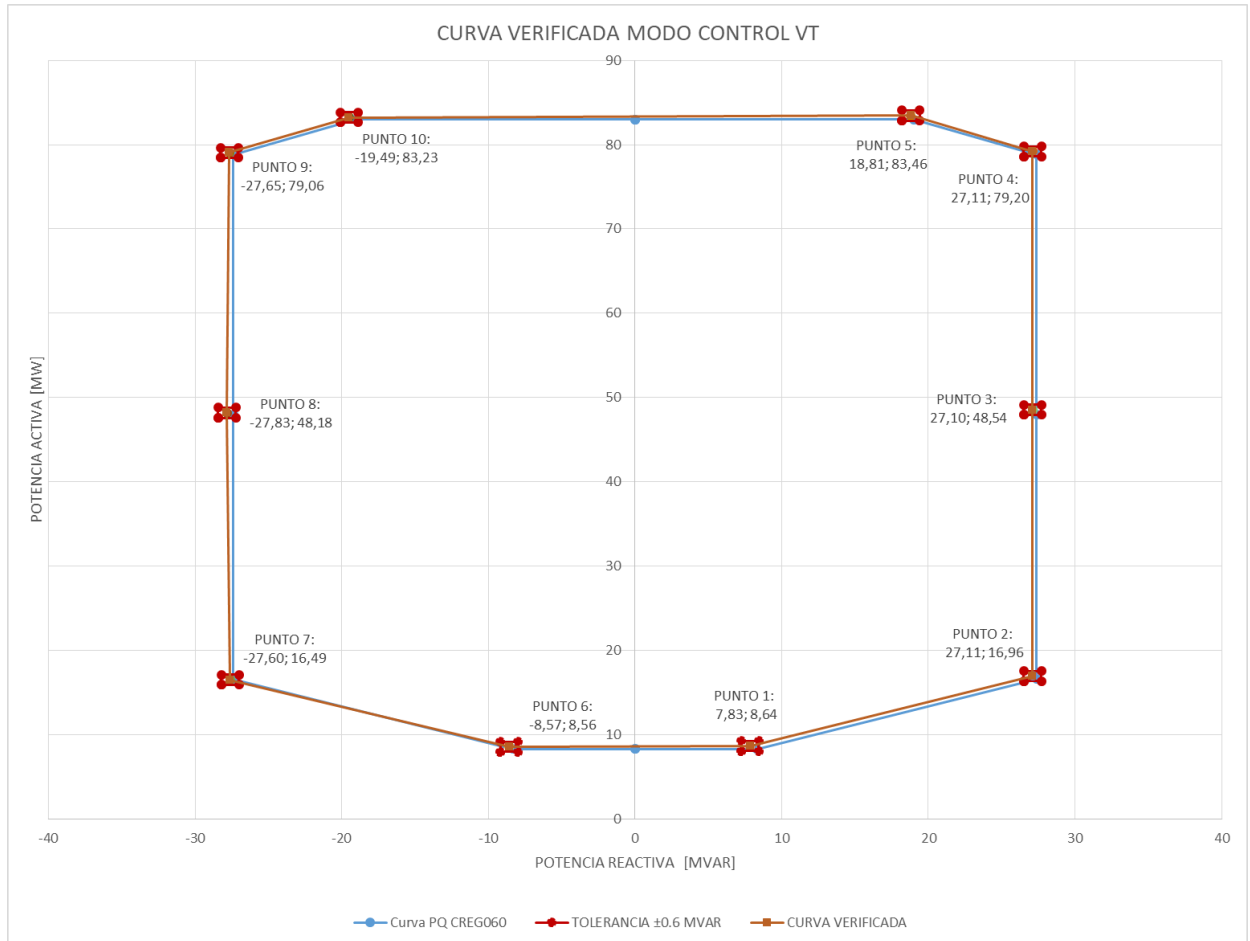


Figura 4. Curva de Capacidad Verificada Modo Control Voltaje.

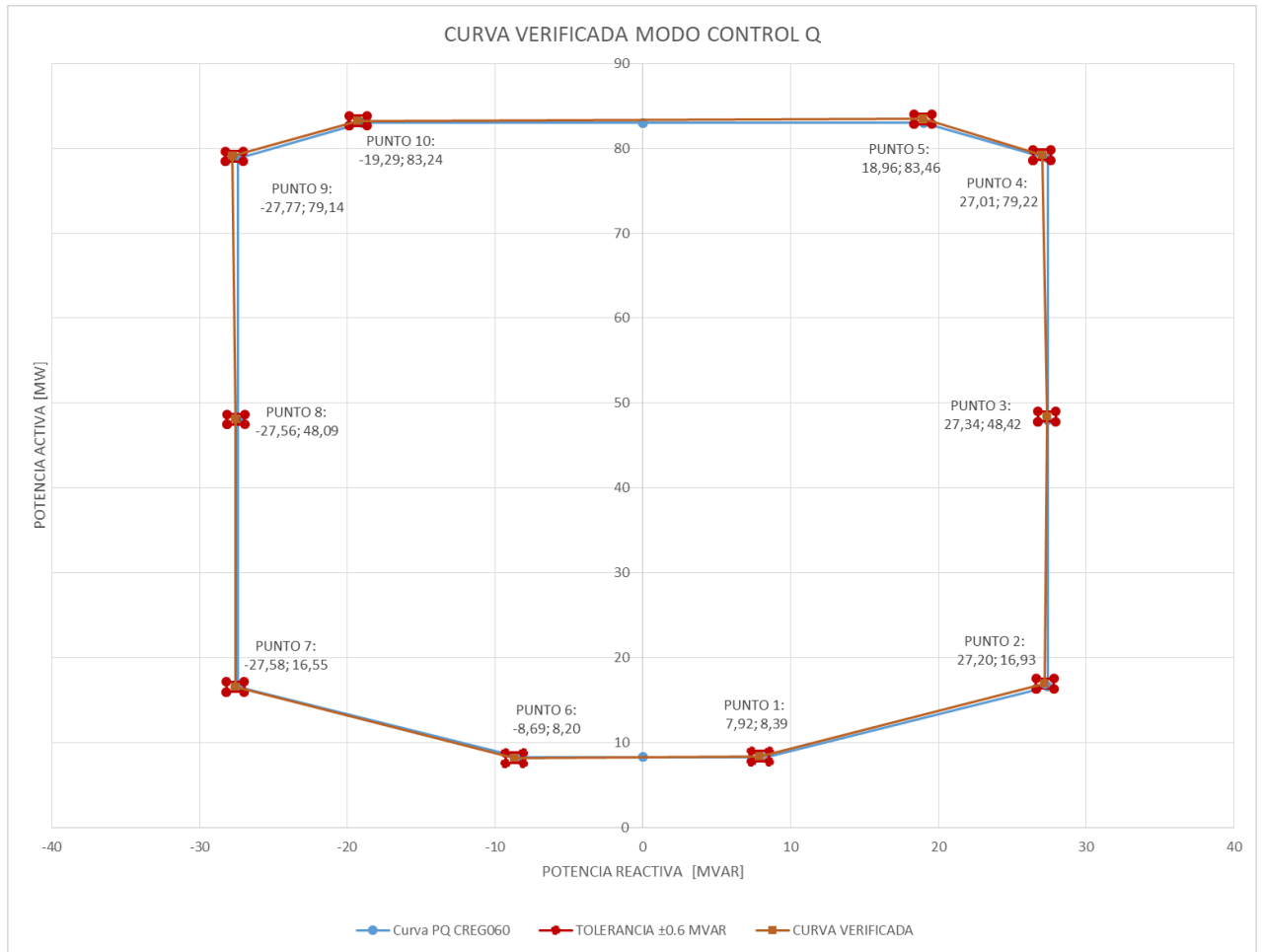
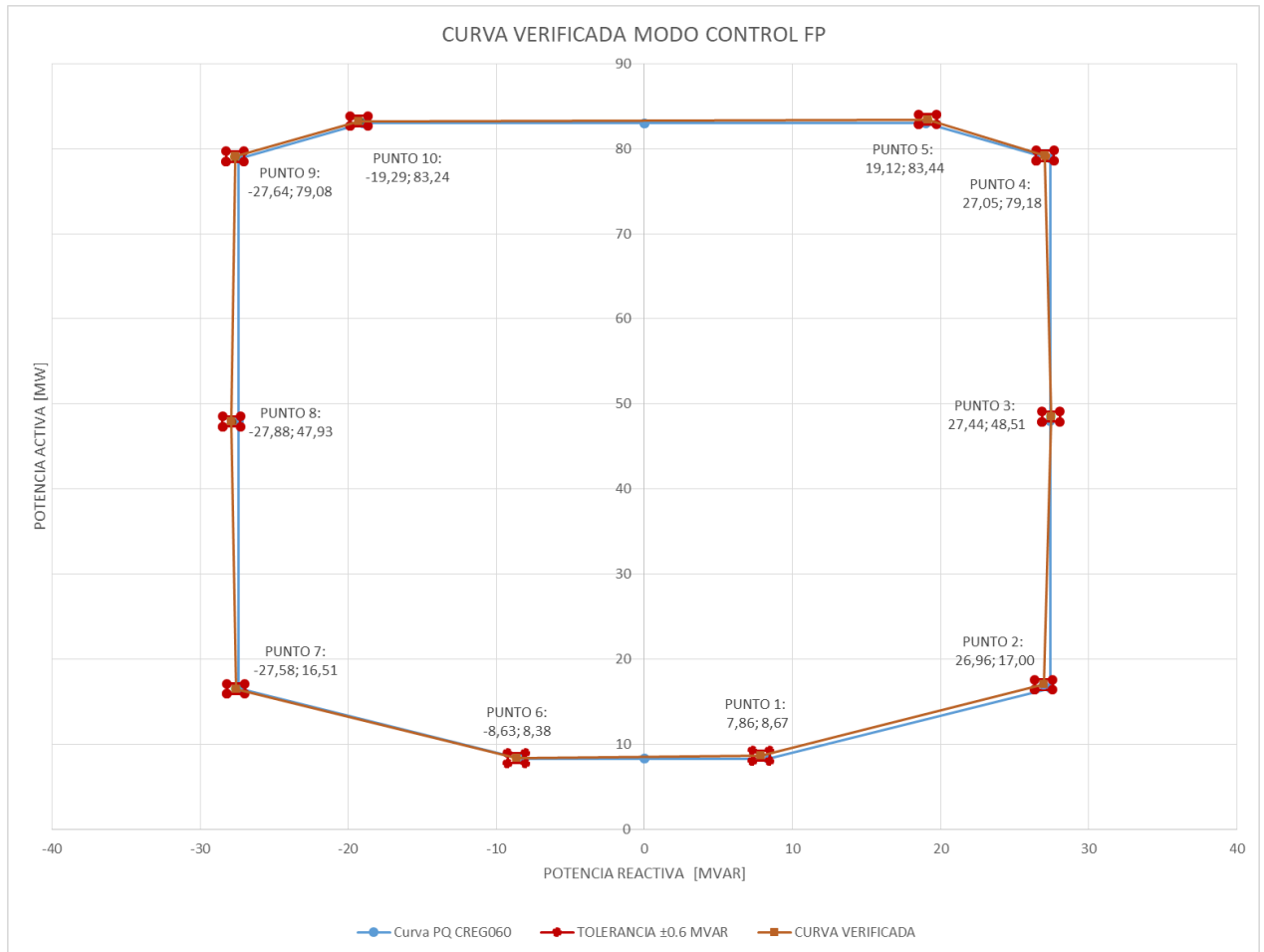


Figura 5. Curva de Capacidad Verificada Modo Control Reactiva.



**Figura 6. Curva de Capacidad Verificada Modo Control Factor Potencia.**

### 6.3 Detalle de Evaluación de Cumplimiento

A continuación, se relacionan gráficamente los errores absolutos presentes en cada uno de los puntos medidos.

#### 6.3.1 Detalle Región de Entrega de Reactiva

Desde la Figura 7 hasta la Figura 9 se presentan los puntos que hacen parte de la región de entrega de reactiva del Parque Solar Tepuy.

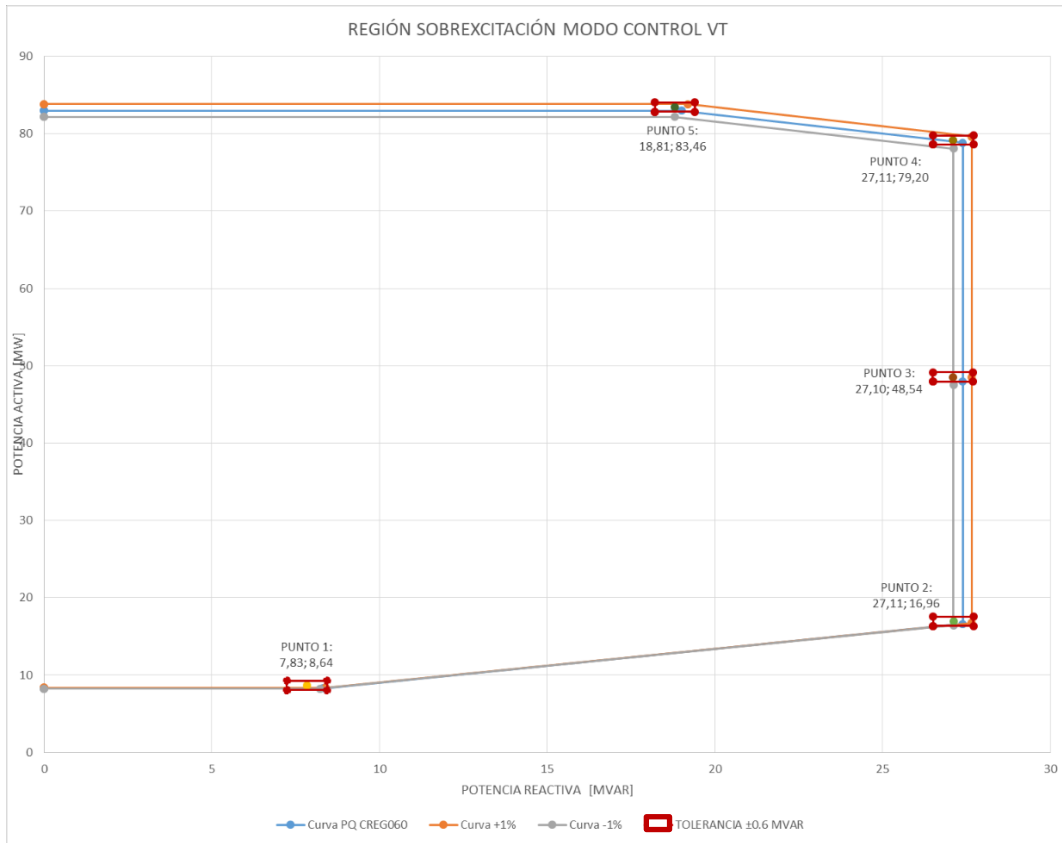


Figura 7. Detalle entrega de reactiva modo control voltaje.

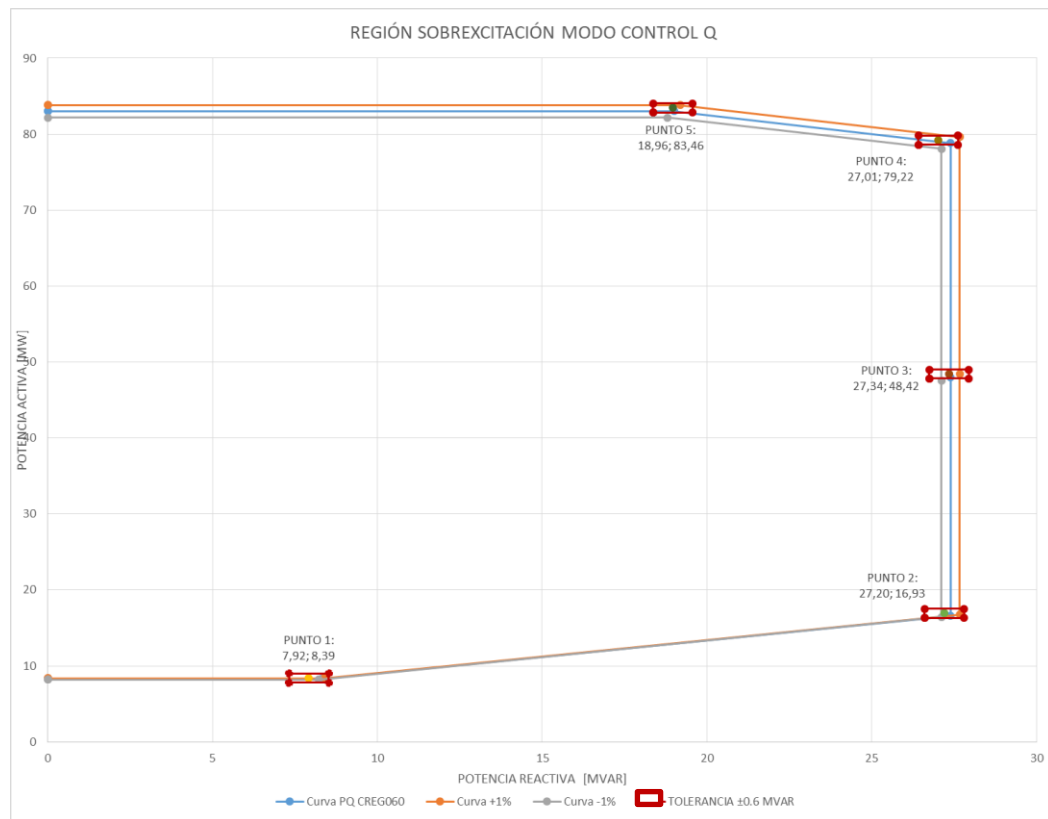
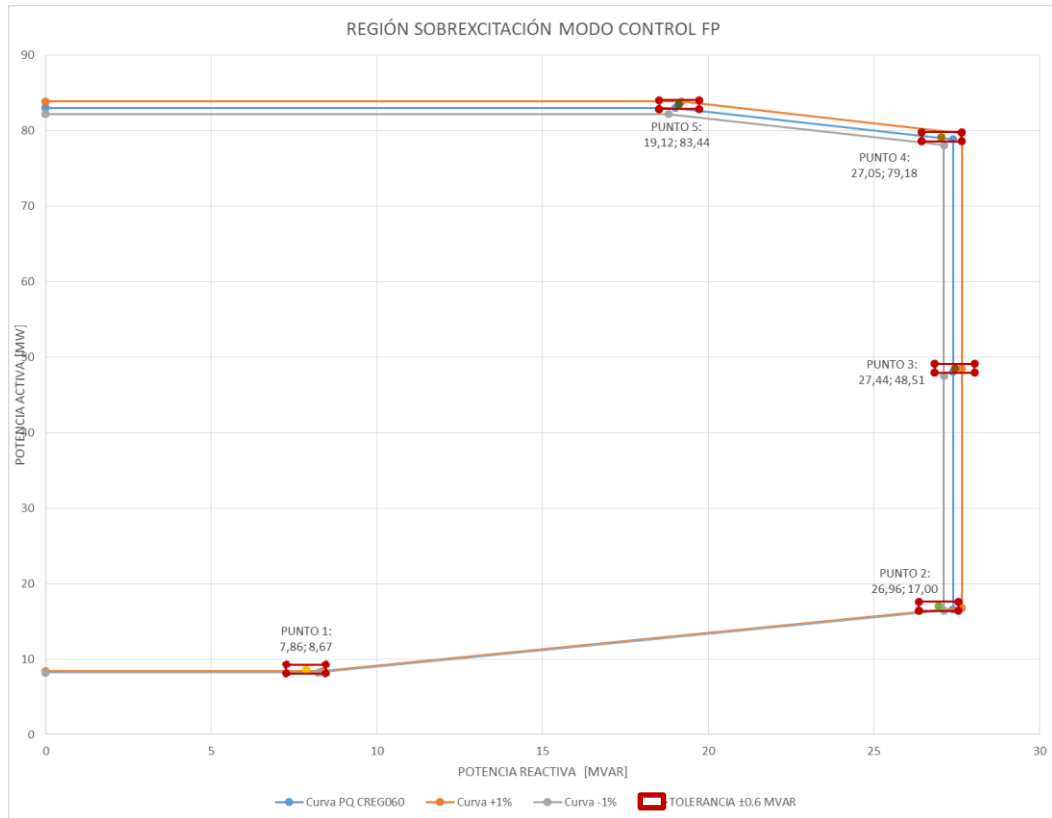


Figura 8. Detalle entrega de reactiva modo control potencia reactiva.





**Figura 9. Detalle entrega de reactiva modo control factor de potencia.**

De la Figura 7 hasta la Figura 9 se muestran los datos medidos en la región de entrega de potencia reactiva, en los modos de control voltaje, reactiva y factor de potencia, con las tolerancias asociadas al error de los equipos de medida, donde los puntos del rectángulo de tolerancia de error de medida para todos los puntos promedios registrados se encuentran dentro de la zona de tolerancia del 1,0% de la curva esperada. Se ejecutaron todas las consignas operativas recomendadas en el acuerdo CNO 1827 de 2024.

Bajo lo anterior, los puntos en la región de entrega de potencia reactiva se validan como punto objetivo alcanzado, dando la prueba como exitosa en la región bajo análisis.

### 6.3.2 Detalle de la Región de Absorción de Reactiva

Desde la Figura 10 hasta la Figura 12 se presentan los puntos que hacen parte de la región de absorción de reactiva del Parque Solar Tepuy.

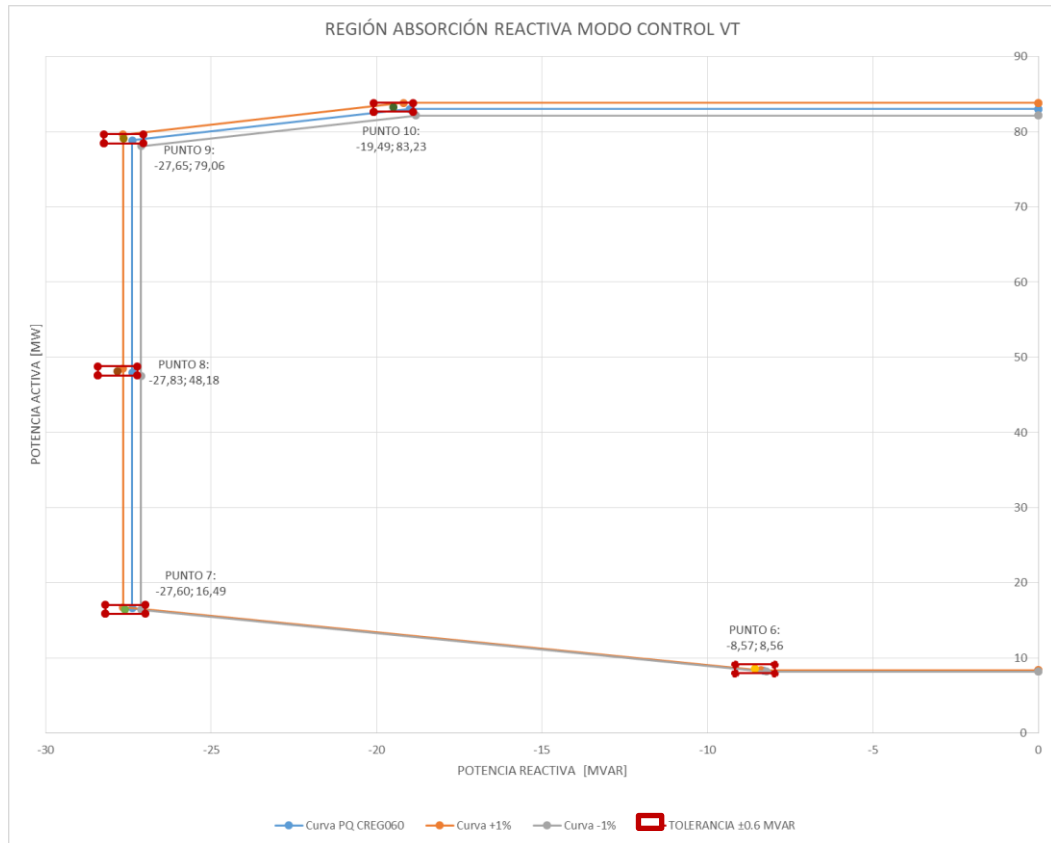


Figura 10. Detalle de absorción reactiva modo control voltaje.

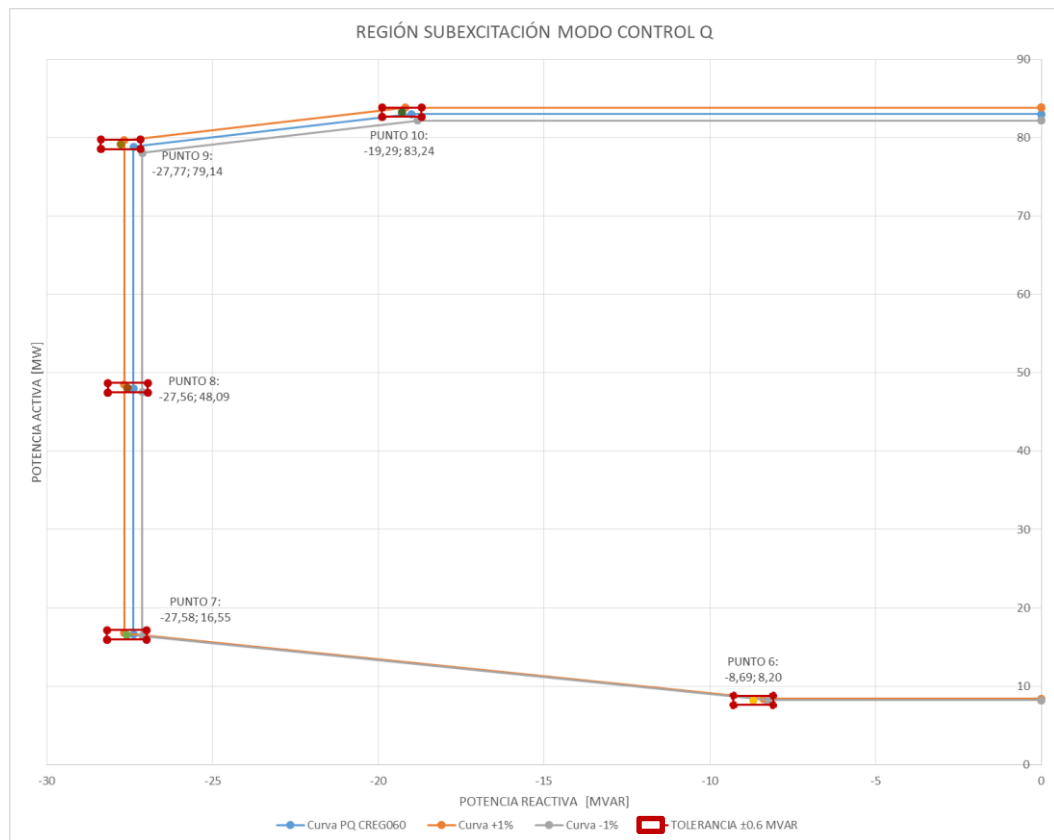
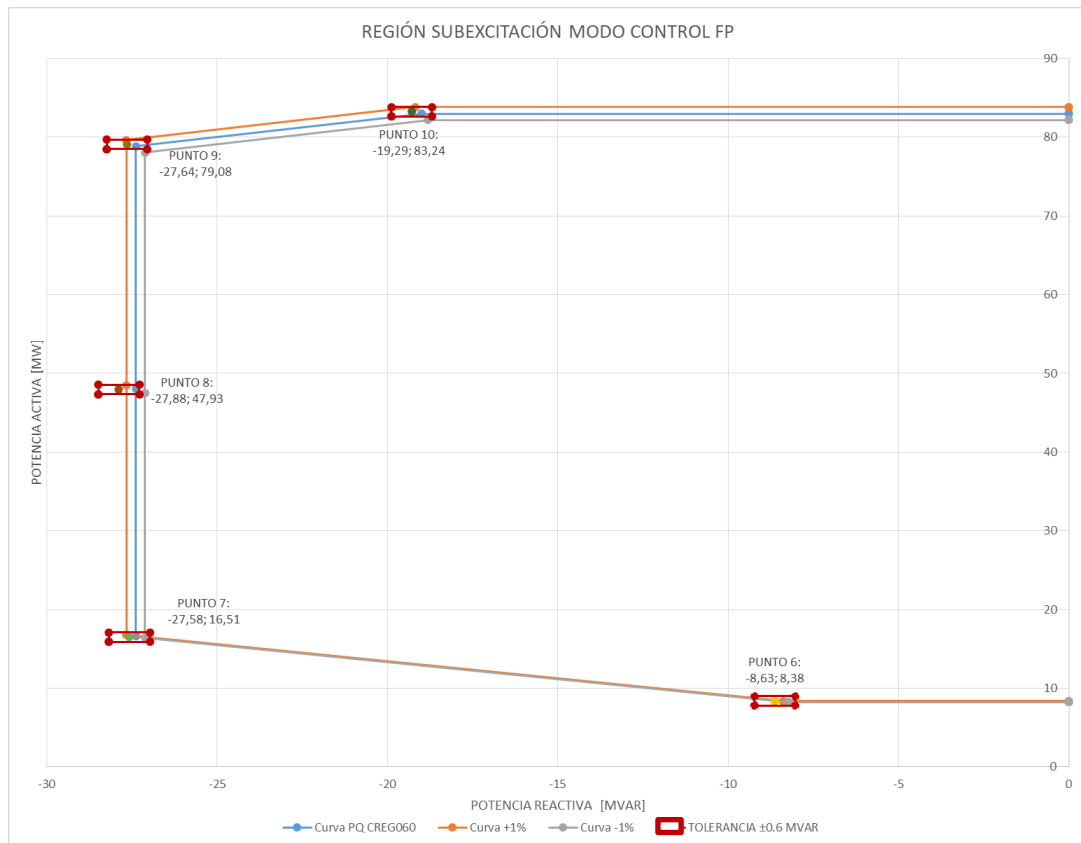


Figura 11. Detalle de absorción reactiva modo control reactiva.



**Figura 12. Detalle de absorción reactiva modo control factor de potencia.**

De la Figura 10 hasta la Figura 12 se muestran los datos medidos en la región de absorción de potencia reactiva, en los modos de control voltaje, reactiva y factor de potencia, con las tolerancias asociadas al error de los equipos de medida, donde los puntos del rectángulo de tolerancia de error de medida para todos los puntos promedios registrados se encuentran dentro de la zona de tolerancia del 1,0% de la curva esperada. Se ejecutaron todas las consignas operativas recomendadas en el acuerdo CNO 1827 de 2024.

Bajo lo anterior, los puntos en la región de absorción de potencia reactiva se validan como punto objetivo alcanzado, dando la prueba como exitosa en la región bajo análisis.

## 6.4 Tendencias

A continuación, se presentan los registros obtenidos en el transcurso de las pruebas de verificación de curva de capacidad para el parque solar Tepuy, de donde fueron obtenidos los parámetros presentados en la tabla del numeral 6.1.

### 6.4.1 Región de Entrega de Reactiva.

A continuación, se presentan los registros obtenidos para cada una de las variables medidas para los puntos evaluados en la región de entrega de potencia reactiva.

6.4.1.1 Punto N° 1: P= 8,3 MW y Q= 8,3 Mvar

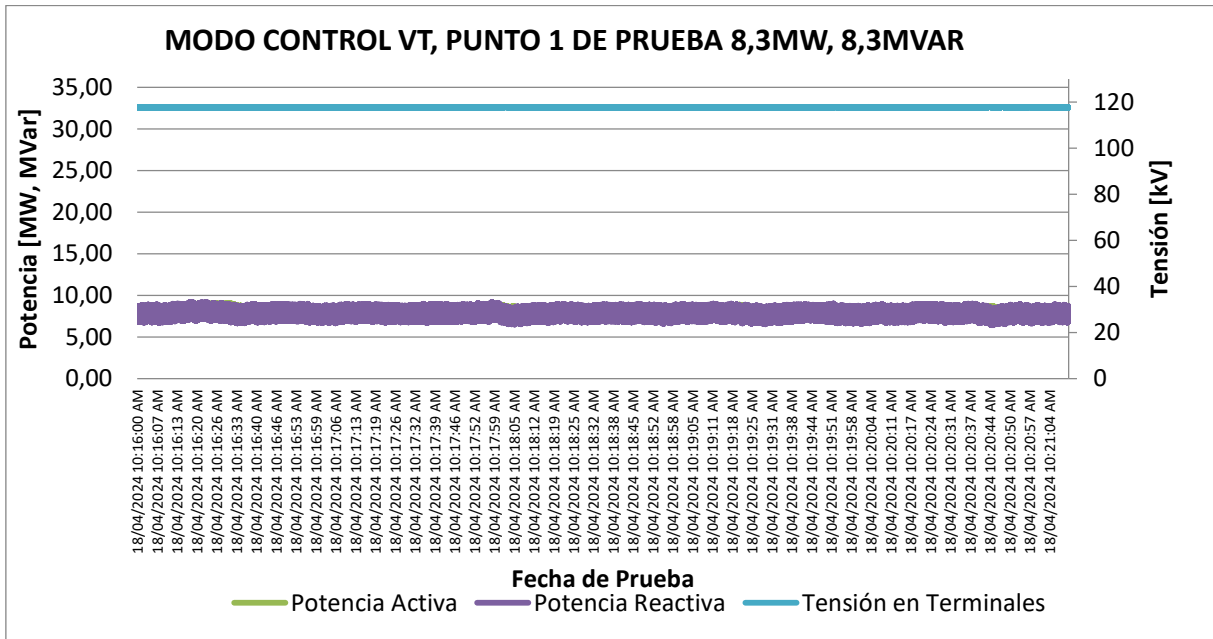


Figura 13. Registro Punto N° 1, Modo Control Tensión.

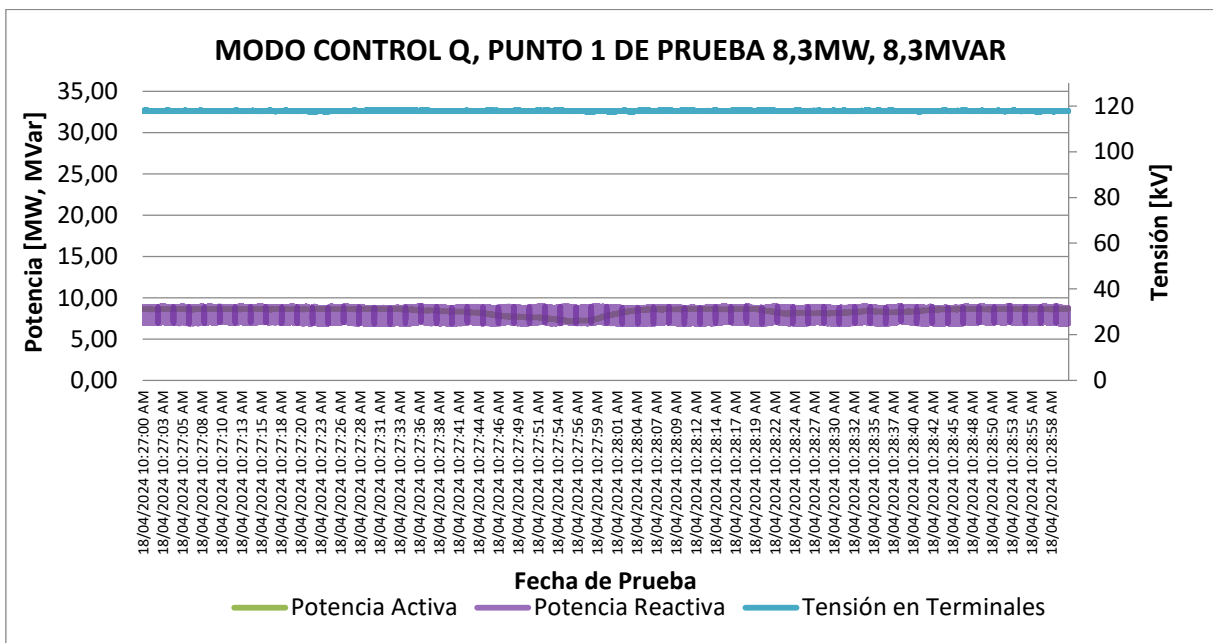


Figura 14. Registro Punto N° 1, Modo Control Reactiva.

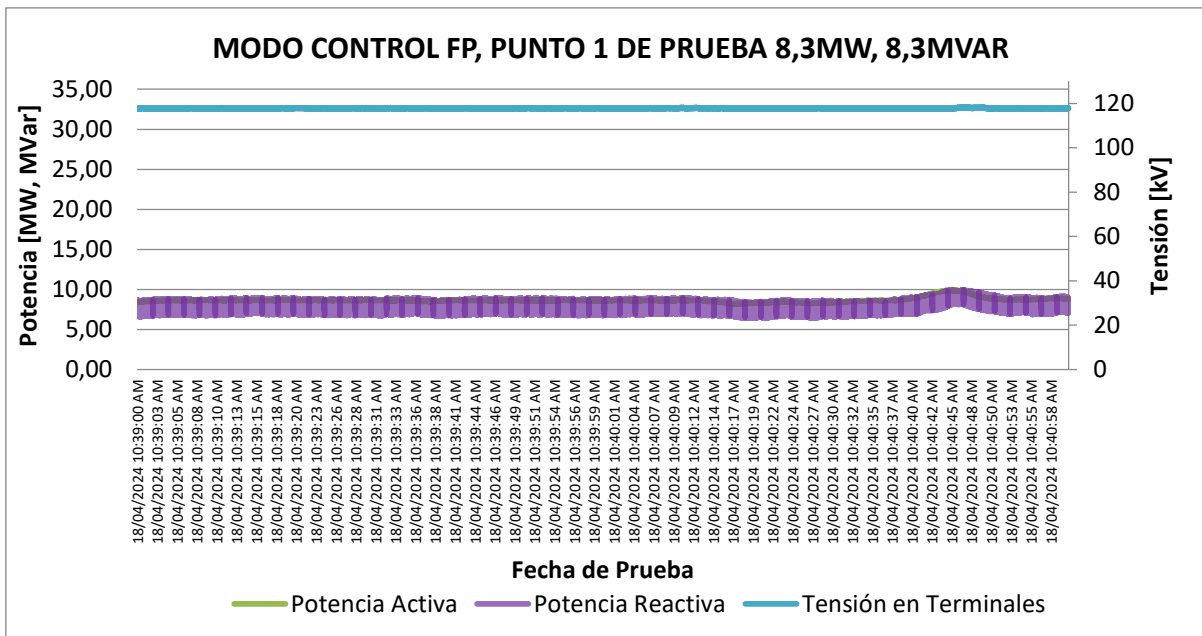


Figura 15. Registro Punto N° 1, Modo Control Factor Potencia.

6.4.1.2 Punto N° 2: P= 16,6 MW y Q= 27,39 Mvar

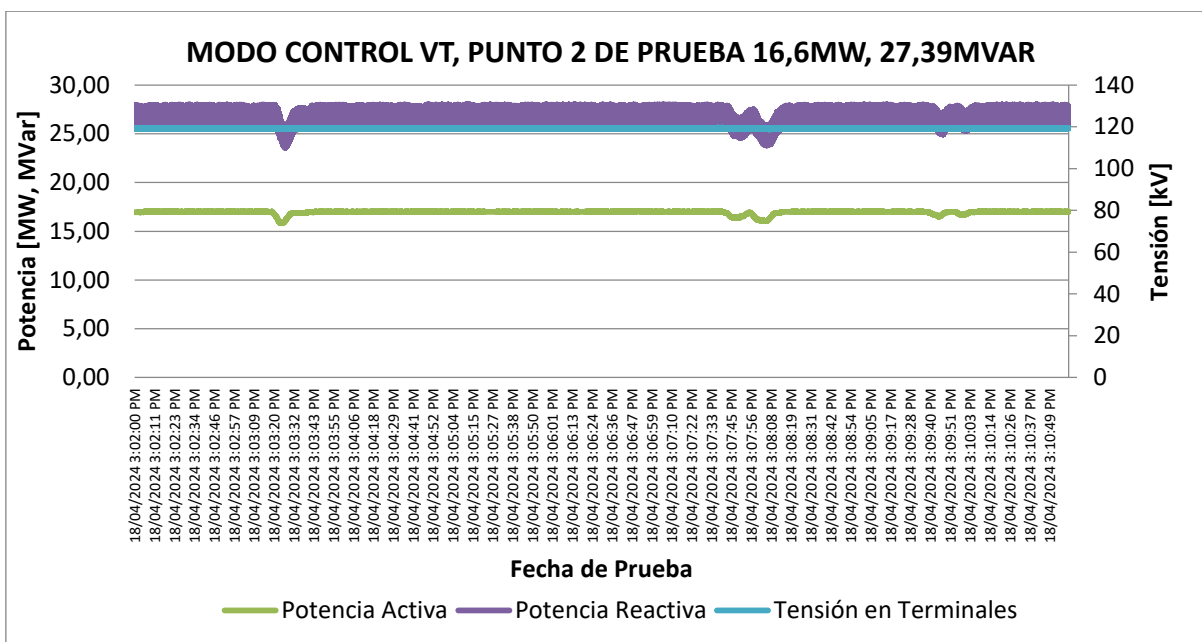


Figura 16. Registro Punto N° 2, Modo Control Tensión.

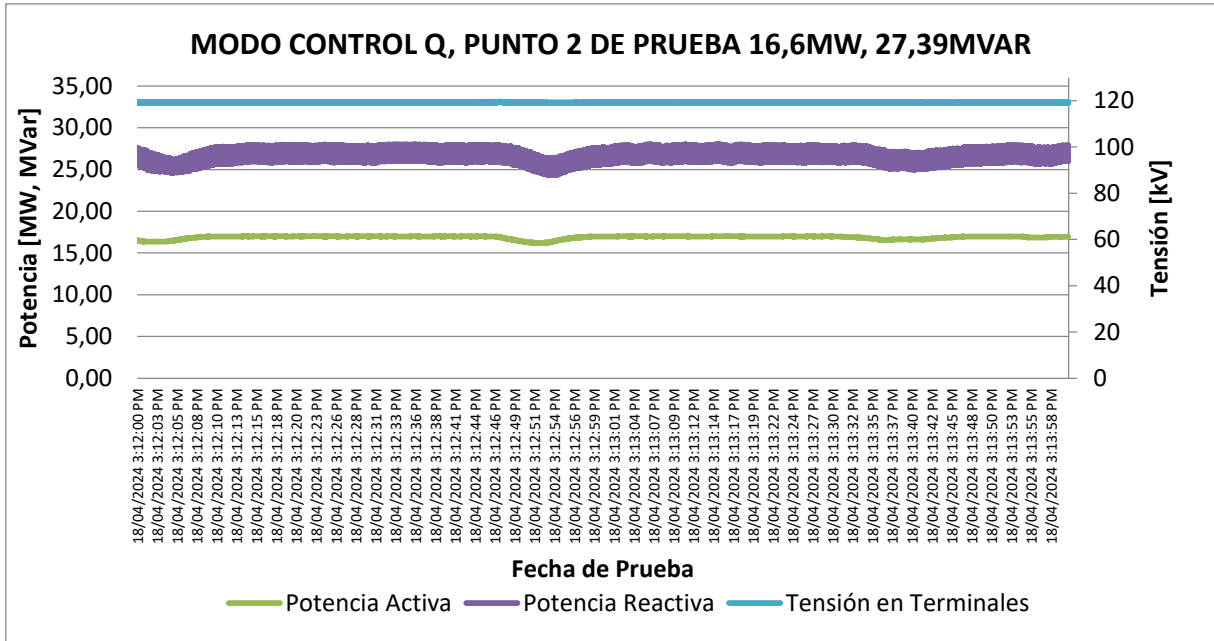


Figura 17. Registro Punto N° 2, Modo Control Reactiva.

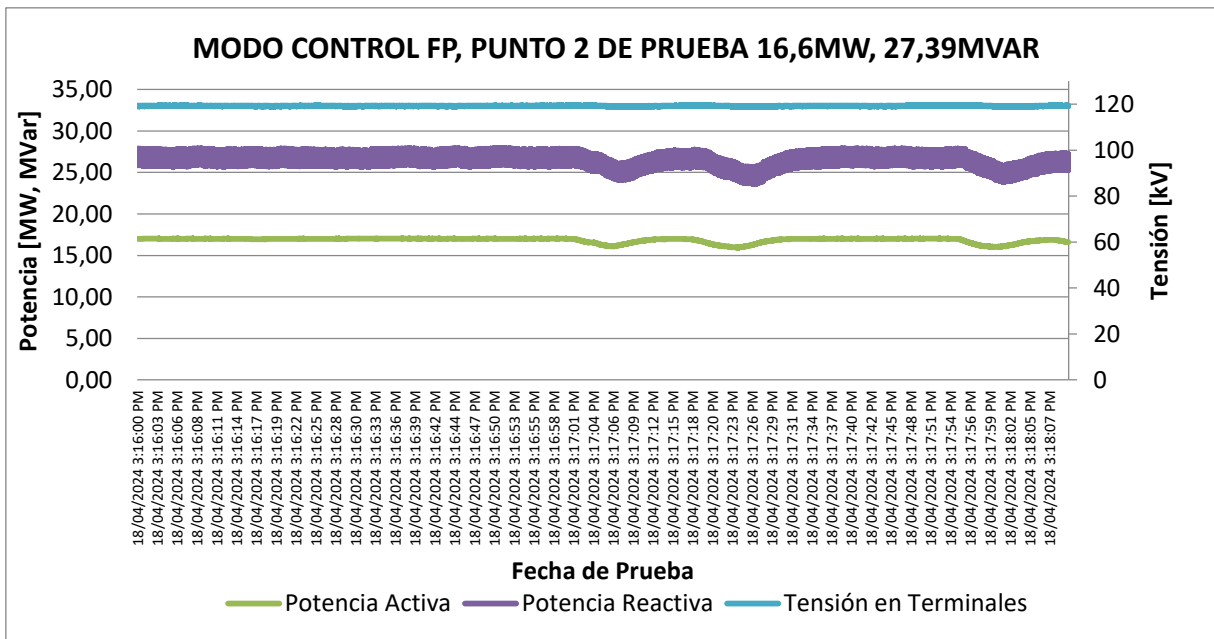


Figura 18. Registro Punto N° 2, Modo Control Factor Potencia.

6.4.1.3 Punto N° 3: P= 48,0 MW y Q= 27,39 Mvar

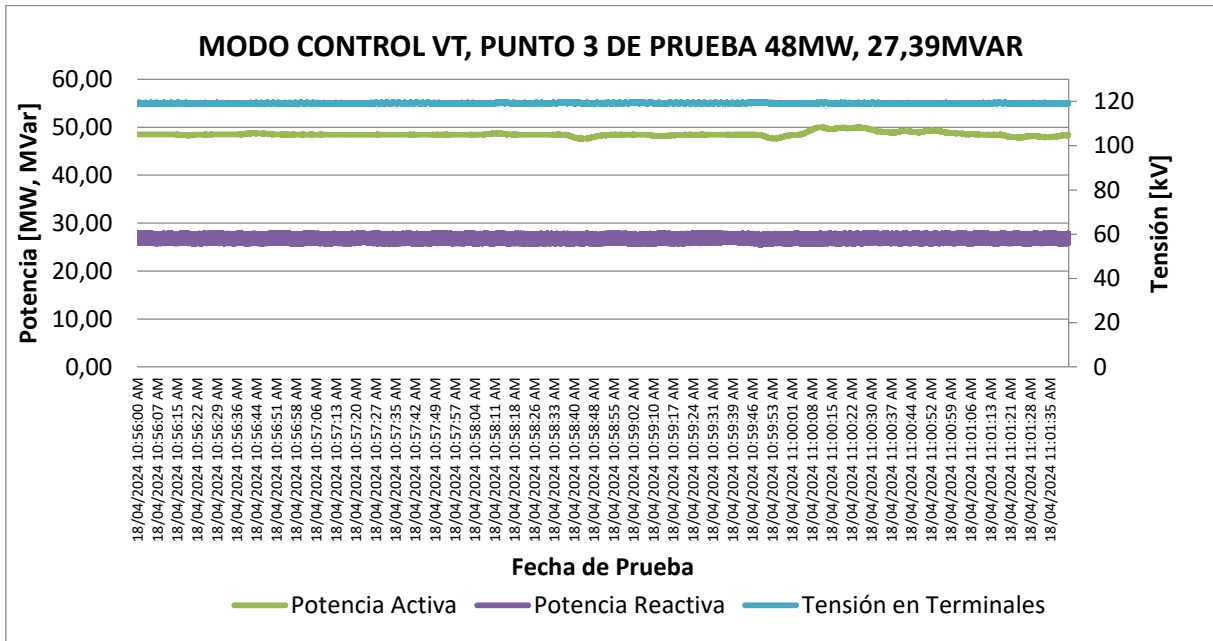


Figura 19. Registro Punto N° 3, Modo Control Tensión.

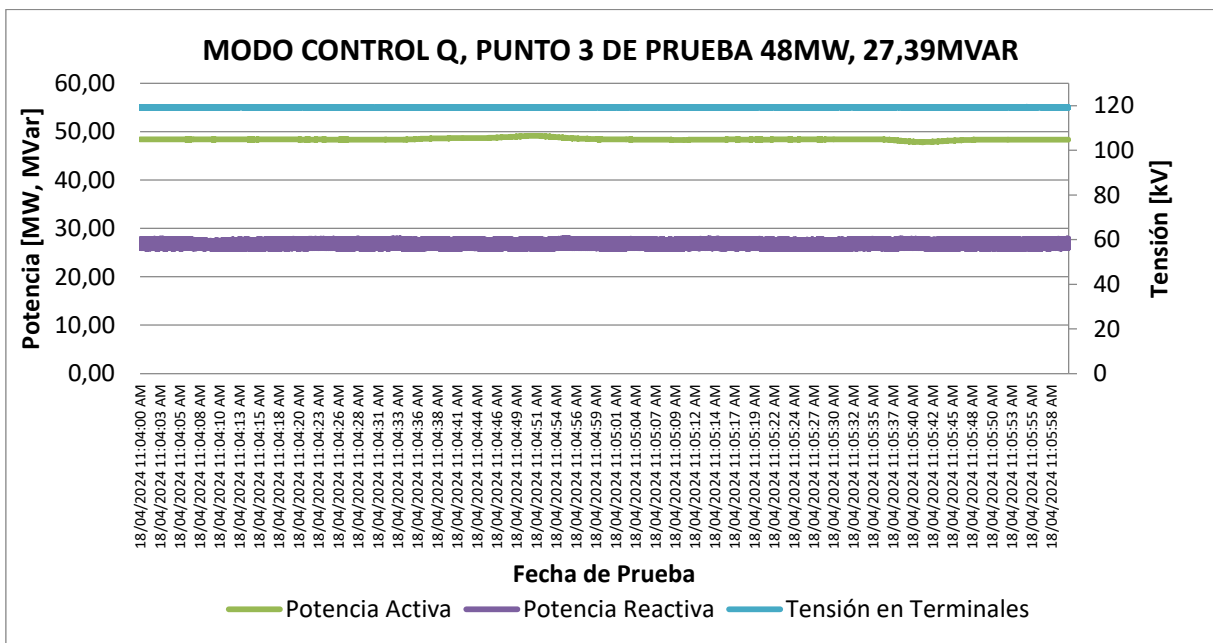


Figura 20. Registro Punto N° 3, Modo Control Reactiva.

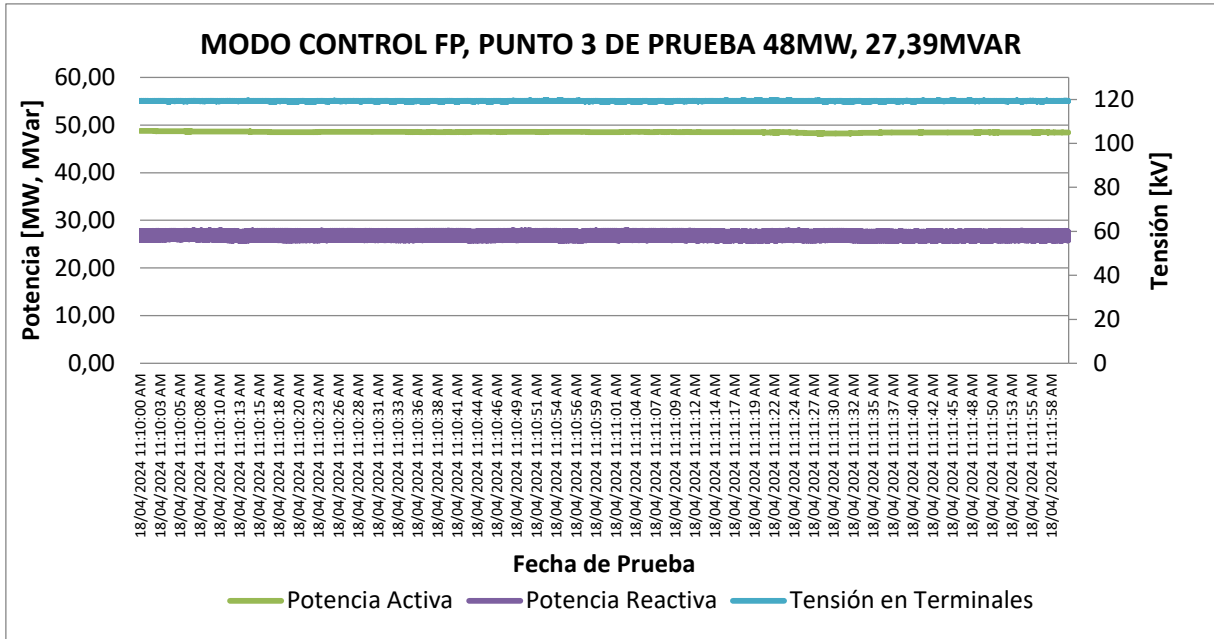


Figura 21. Registro Punto N° 3, Modo Control Factor Potencia.

6.4.1.4 Punto N° 4: P= 78,85 MW y Q= 27,39 Mvar

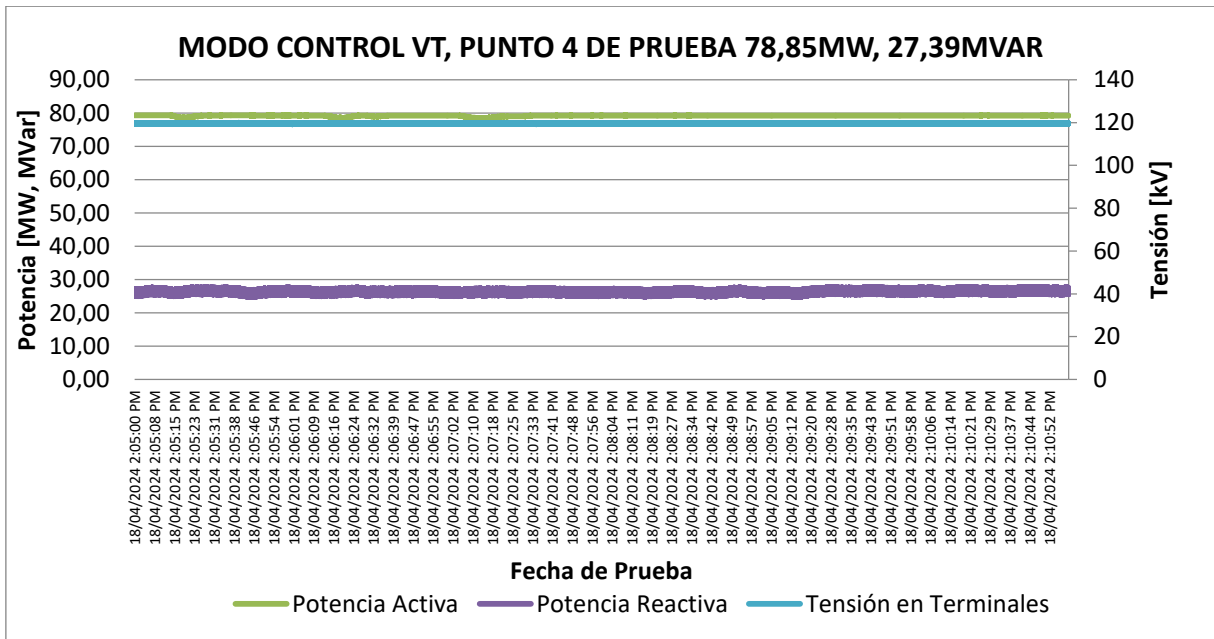


Figura 22. Registro Punto N° 4, Modo Control Tensión.



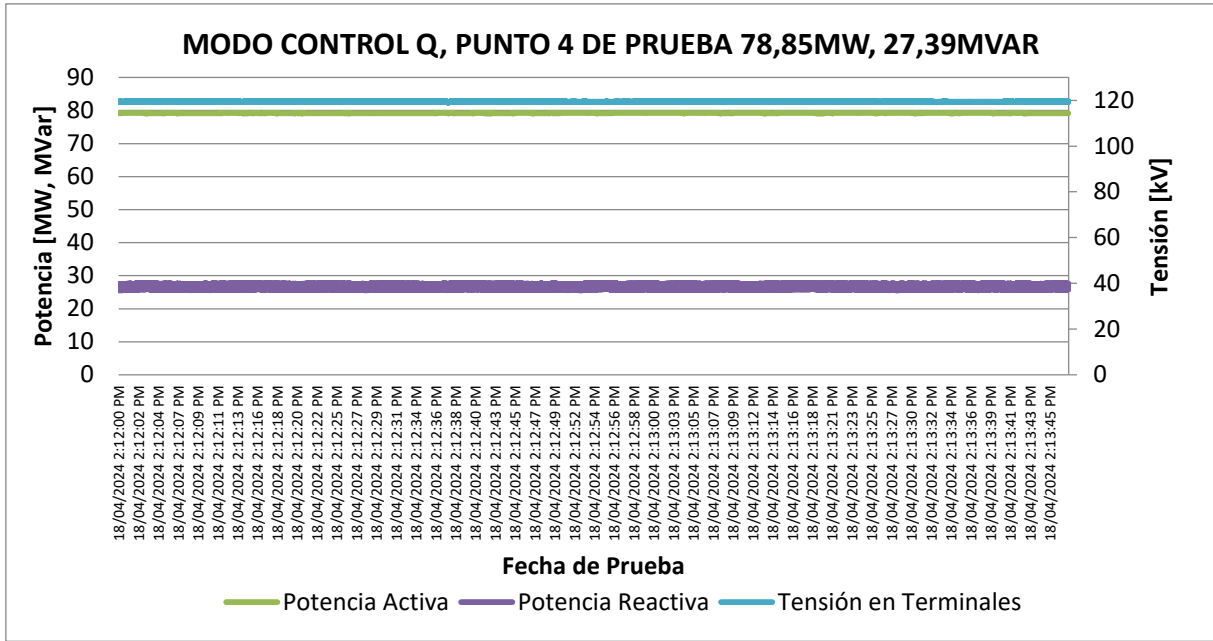


Figura 23. Registro Punto N°4, Modo Control Reactiva.

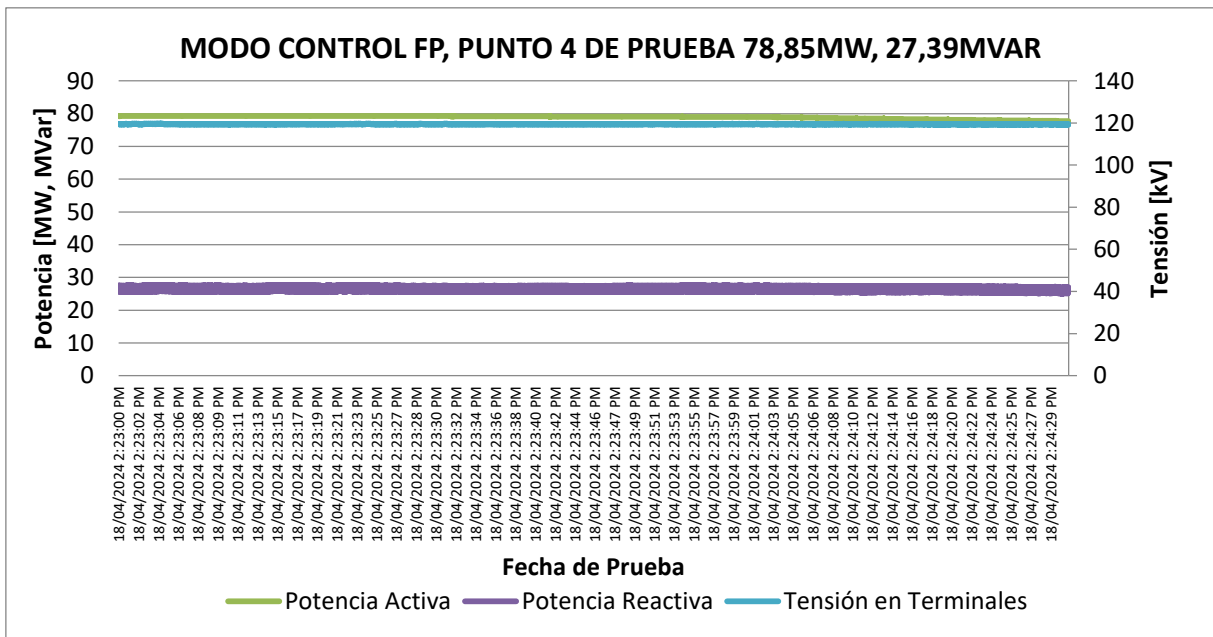


Figura 24. Registro Punto N° 4, Modo Control Factor Potencia.

6.4.1.5 Punto N° 5: P= 83,0 MW y Q= 19,0 Mvar

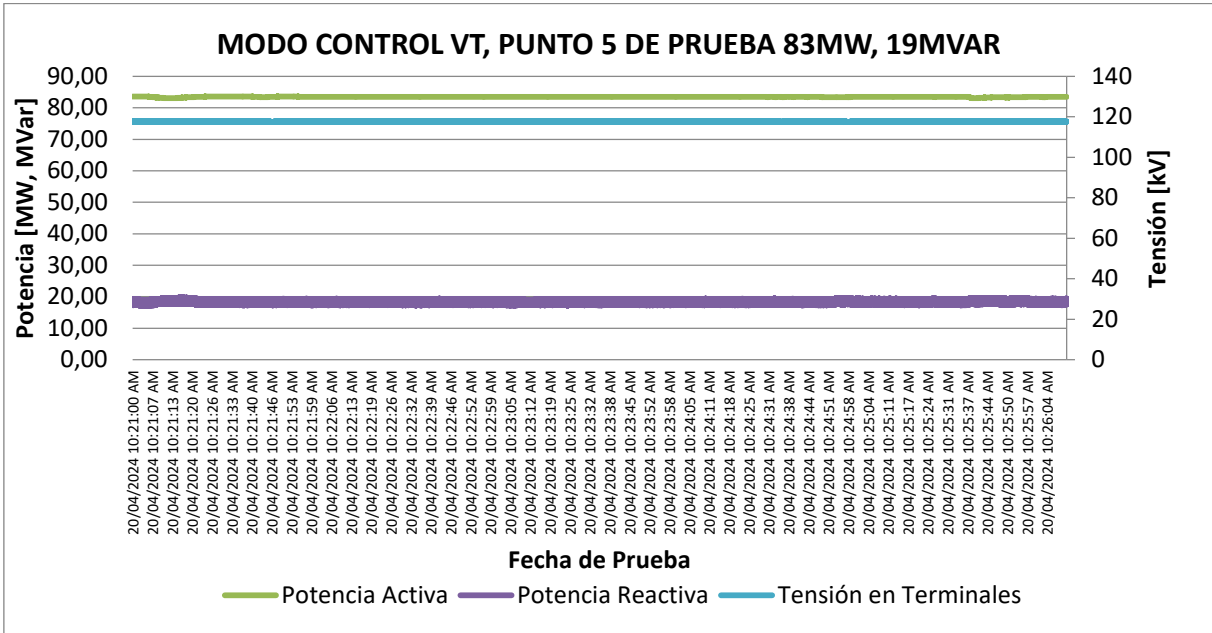


Figura 25. Registro Punto N° 5, Modo Control Tensión.

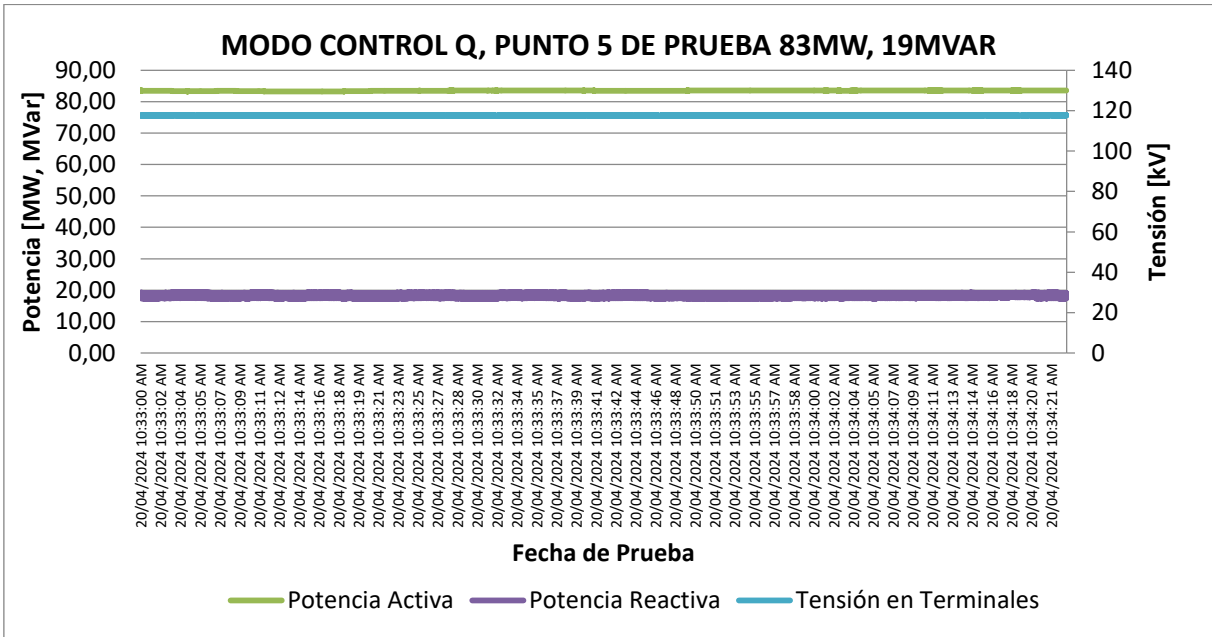


Figura 26. Registro Punto N°5, Modo Control Reactiva.

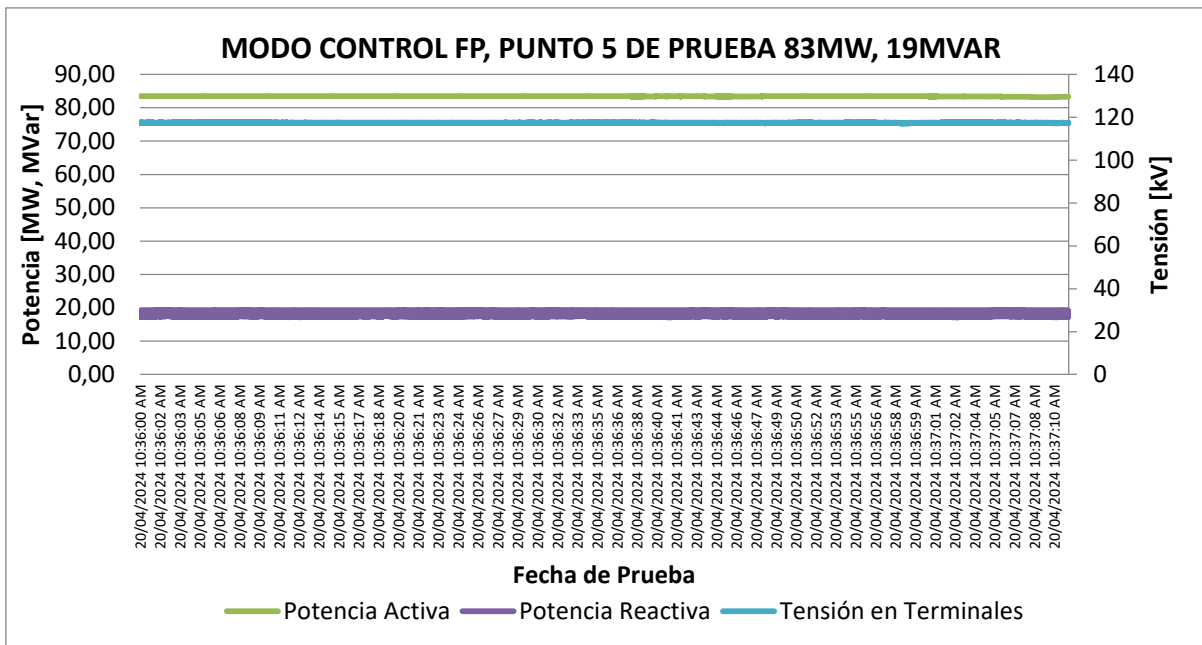


Figura 27. Registro Punto N° 5, Modo Control Factor Potencia.

#### 6.4.2 Región de Absorción de Reactiva.

A continuación, se presentan los registros obtenidos para cada una de las variables medidas para los puntos evaluados en la región de absorción de potencia de reactiva.

##### 6.4.2.1 Punto N° 6: P= 8,3 MW y Q= -8,3 Mvar

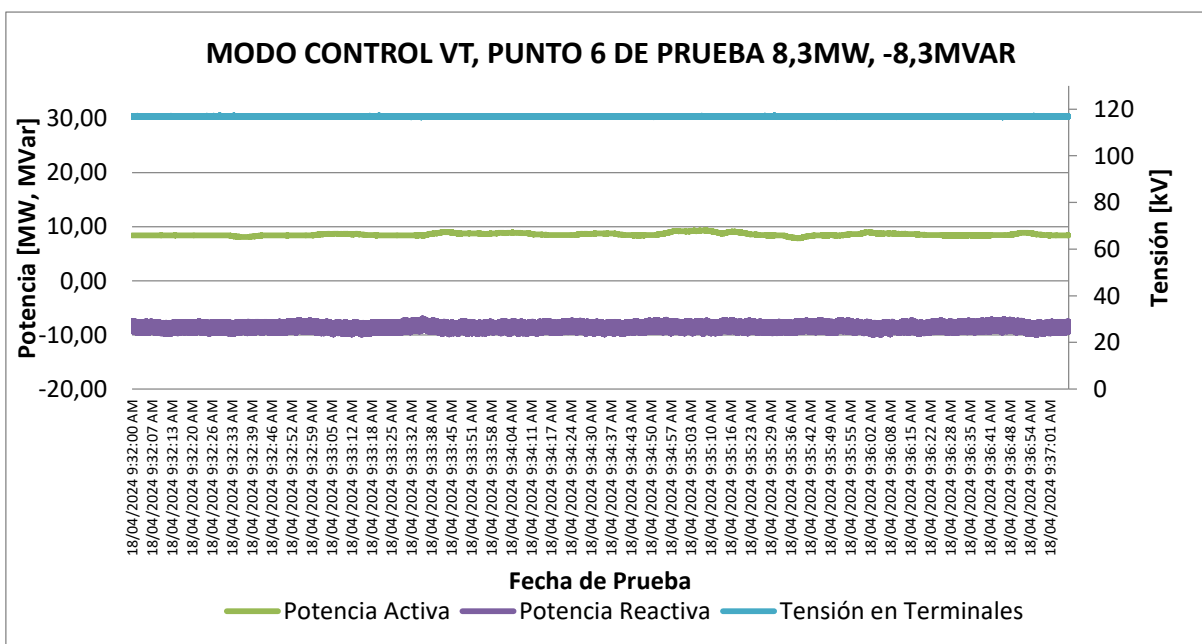


Figura 28. Registro Punto N° 6, Modo Control Tensión.

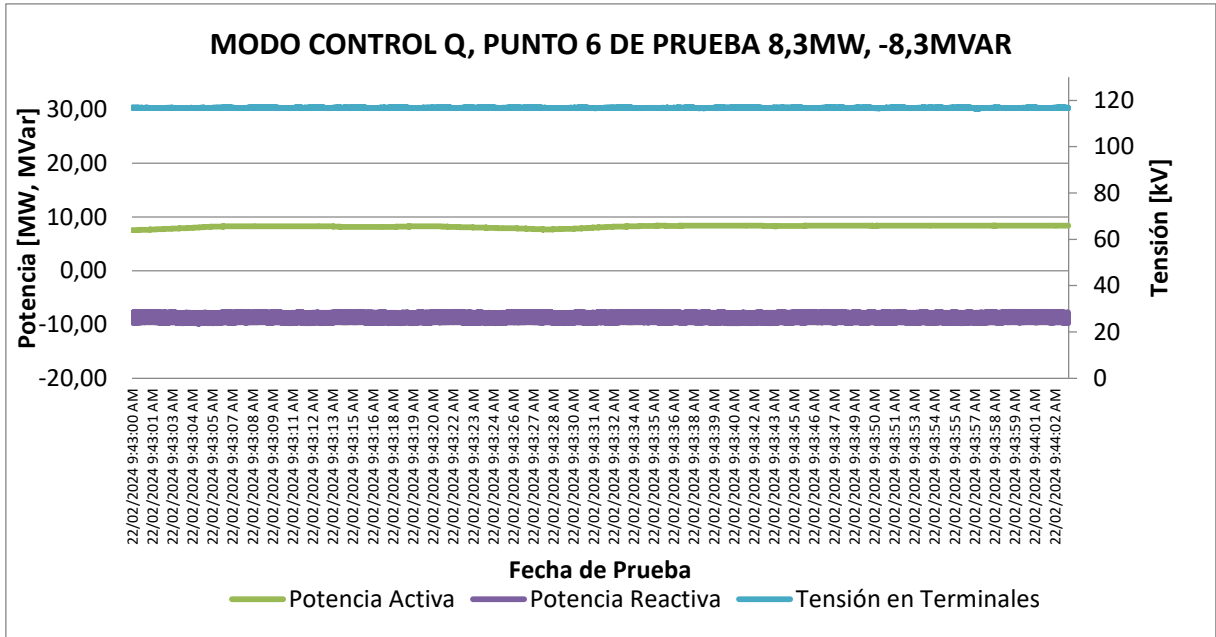


Figura 29. Registro Punto N°6, Modo Control Reactiva.

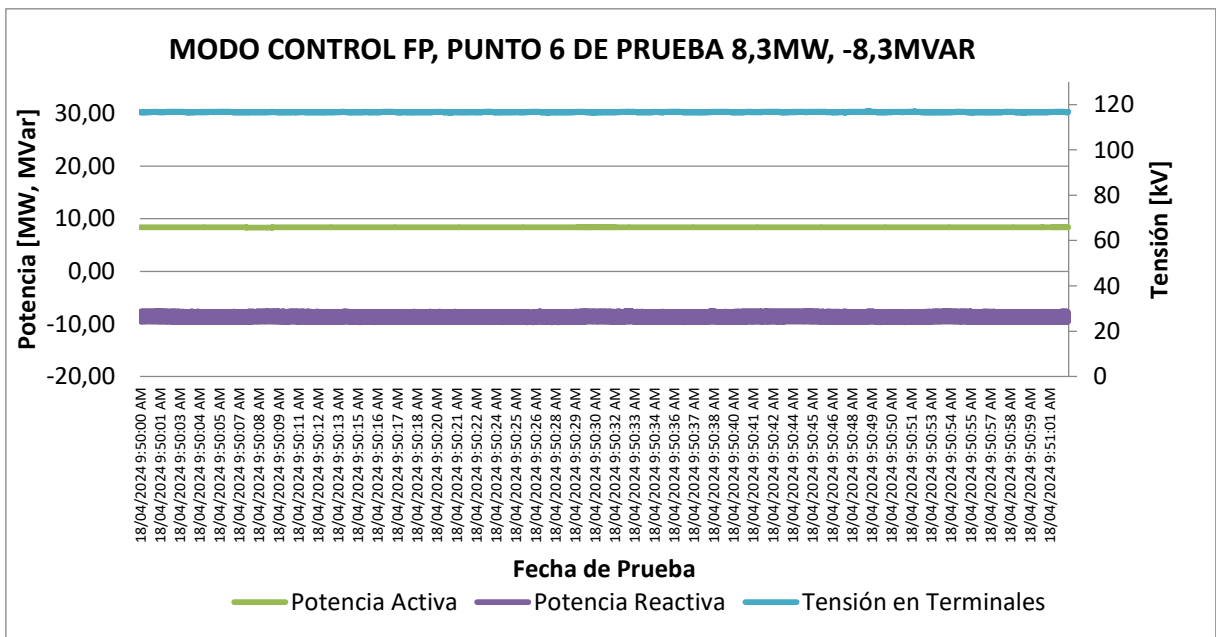


Figura 30. Registro Punto N° 6, Modo Control Factor Potencia.

6.4.2.2 Punto N° 7: P=16,6 MW y Q= -27,39 Mvar

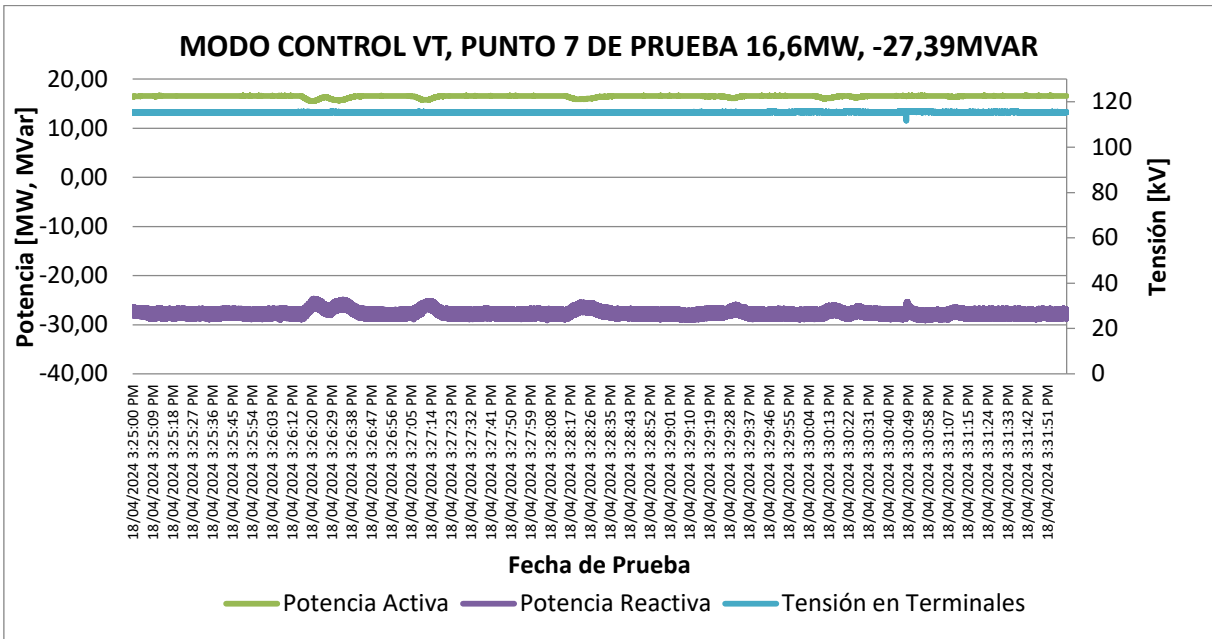


Figura 31. Registro Punto N° 7, Modo Control Tensión.

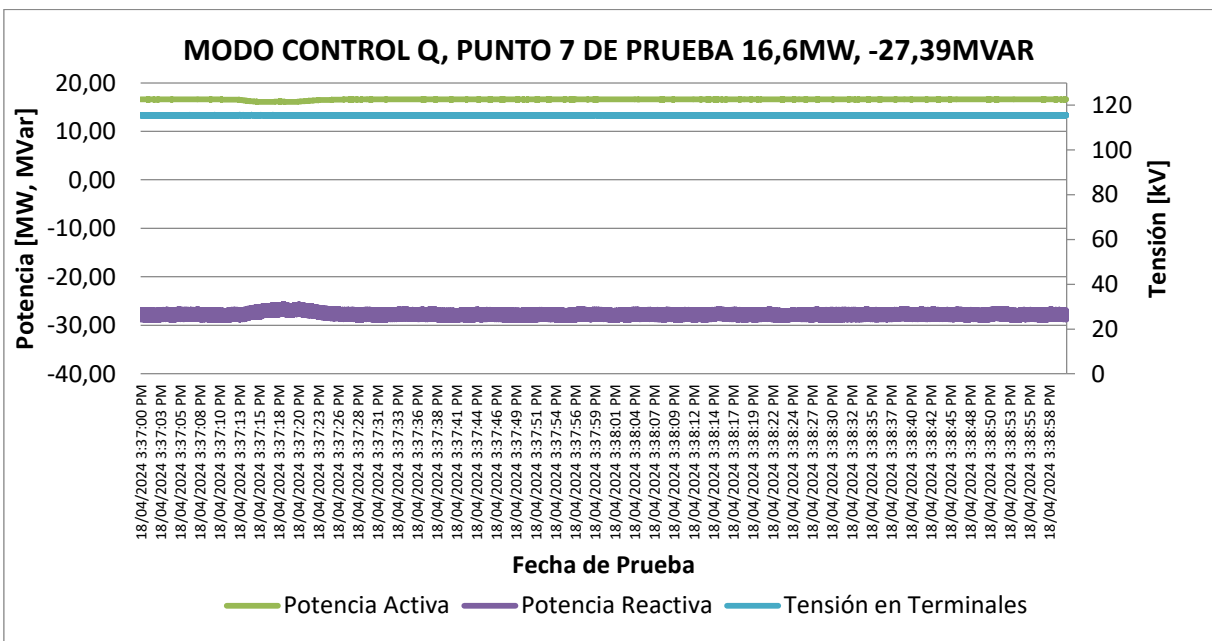


Figura 32. Registro Punto N°7, Modo Control Reactiva.

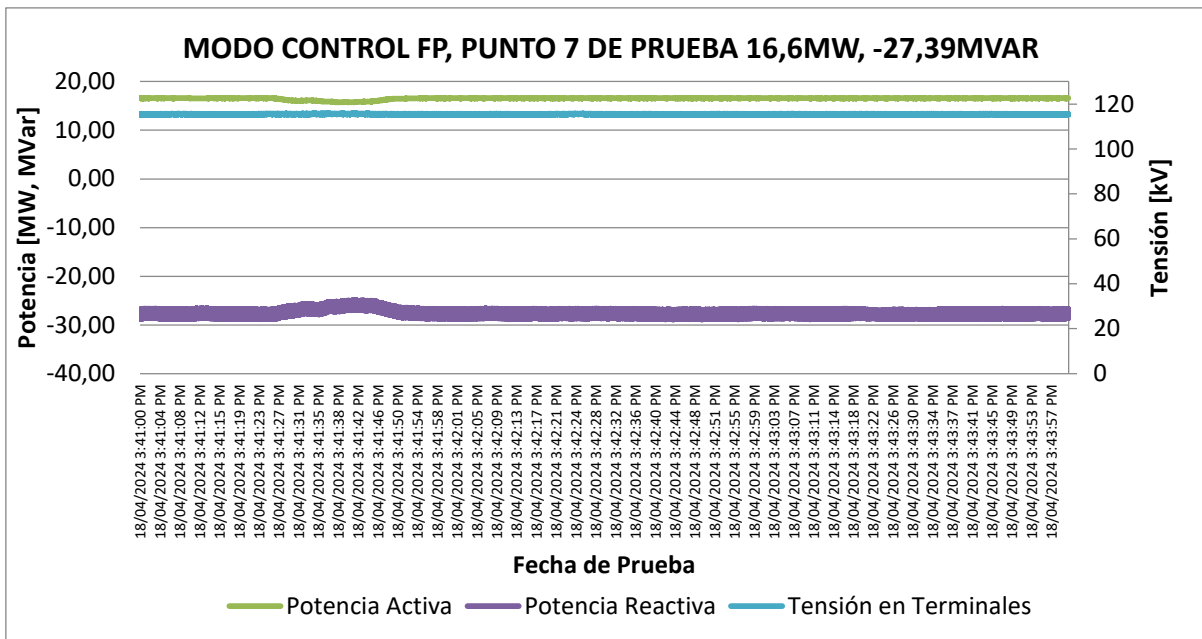


Figura 33. Registro Punto N° 7, Modo Control Factor Potencia.

6.4.2.3 Punto N° 8: P= 48,0 MW y Q= -27,39 Mvar

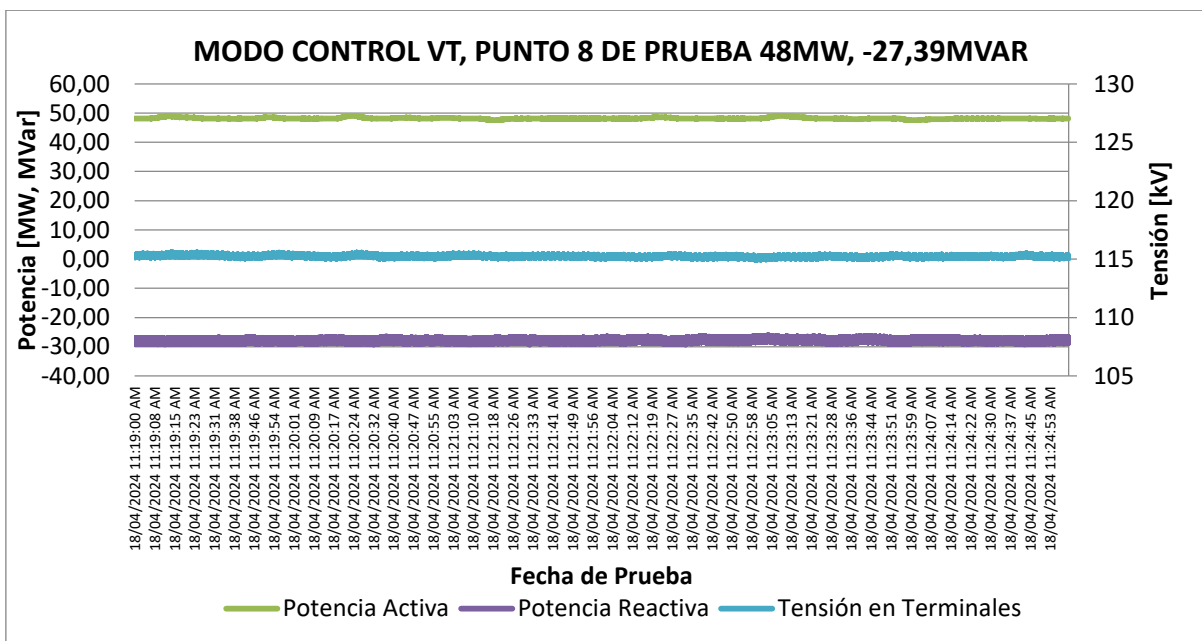


Figura 34. Registro Punto N° 8, Modo Control Tensión.

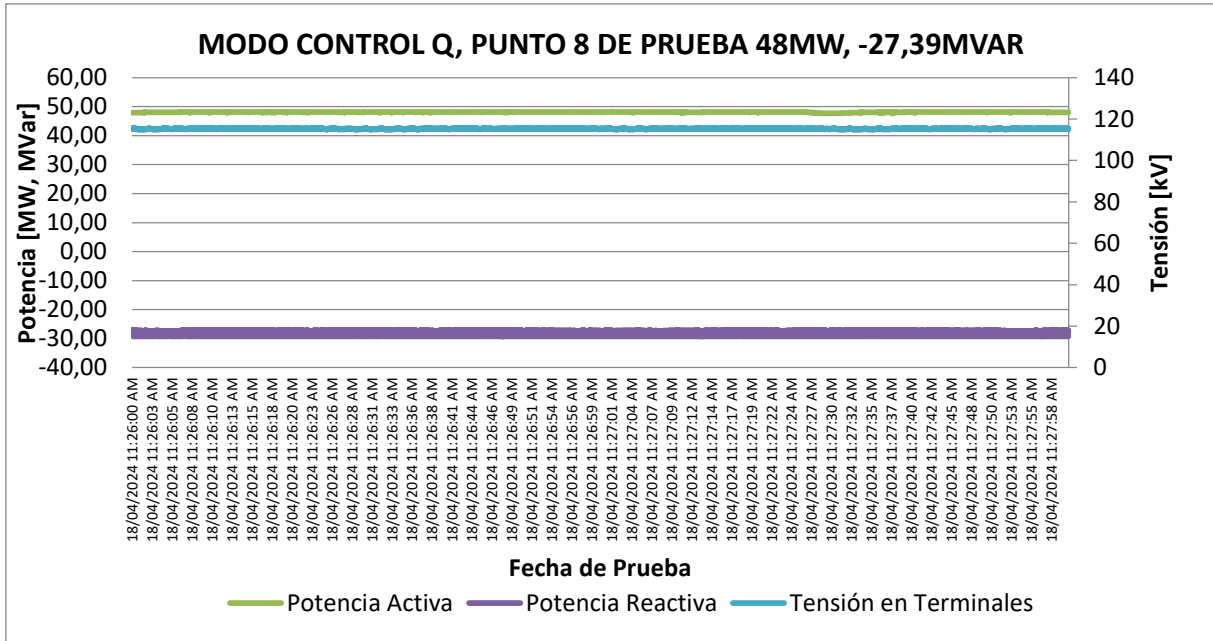


Figura 35. Registro Punto N°8, Modo Control Reactiva.

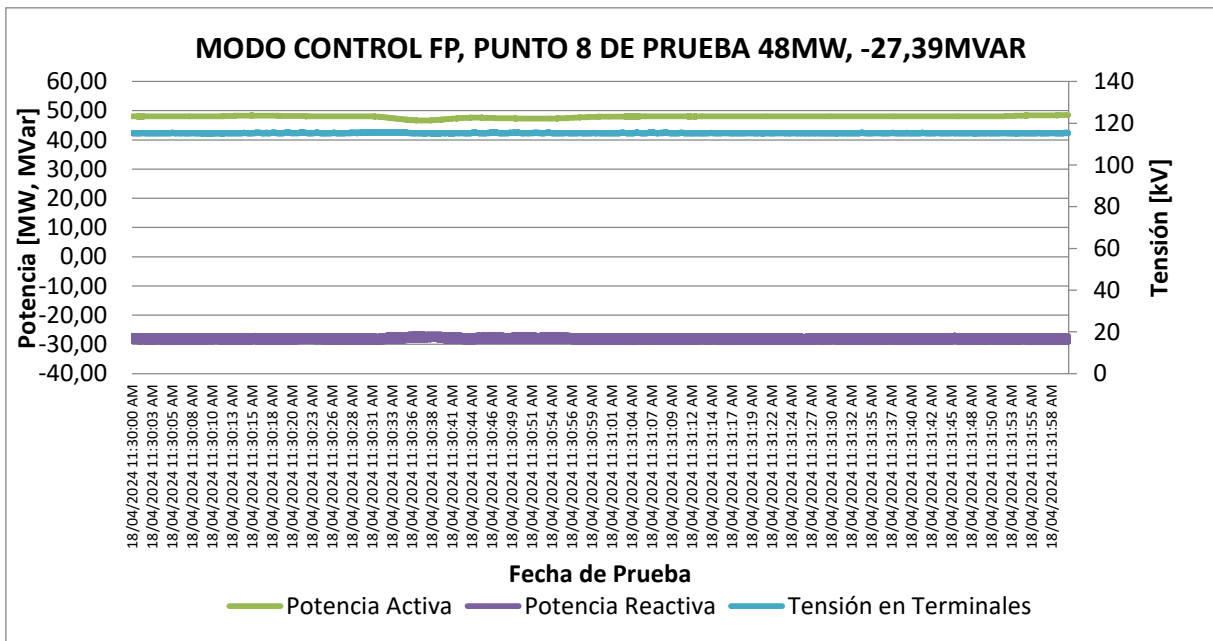


Figura 36. Registro Punto N° 8, Modo Control Factor Potencia.

6.4.2.4 Punto N° 9: P= 78,85 MW y Q= -27,39 Mvar

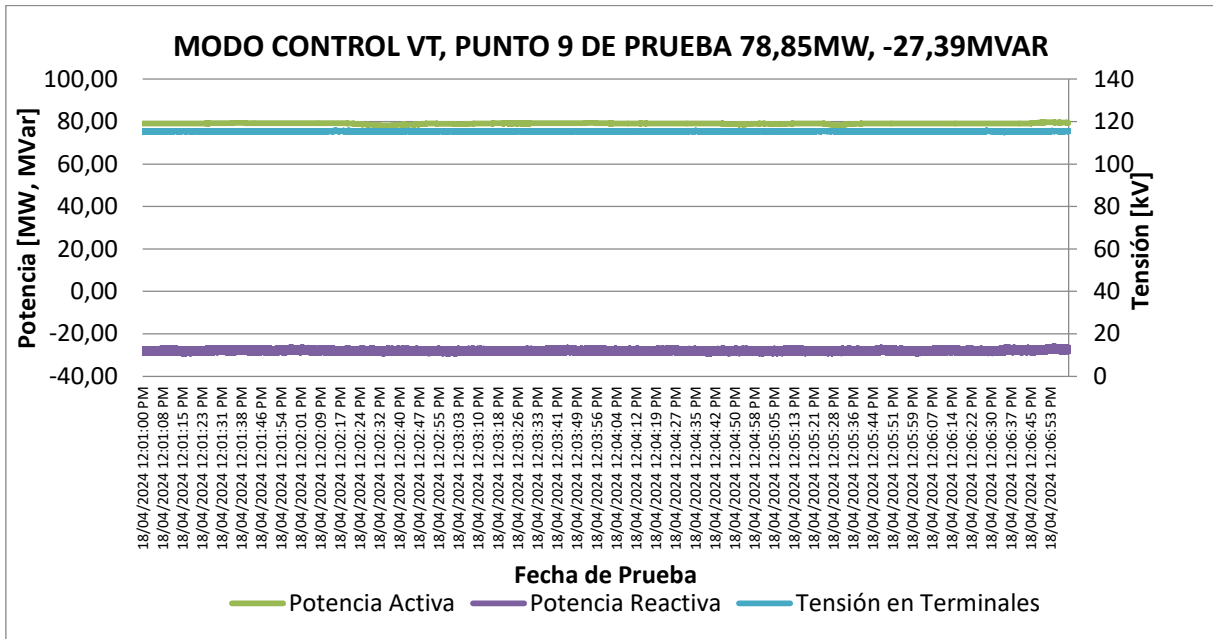


Figura 37. Registro Punto N° 9, Modo Control Tensión.

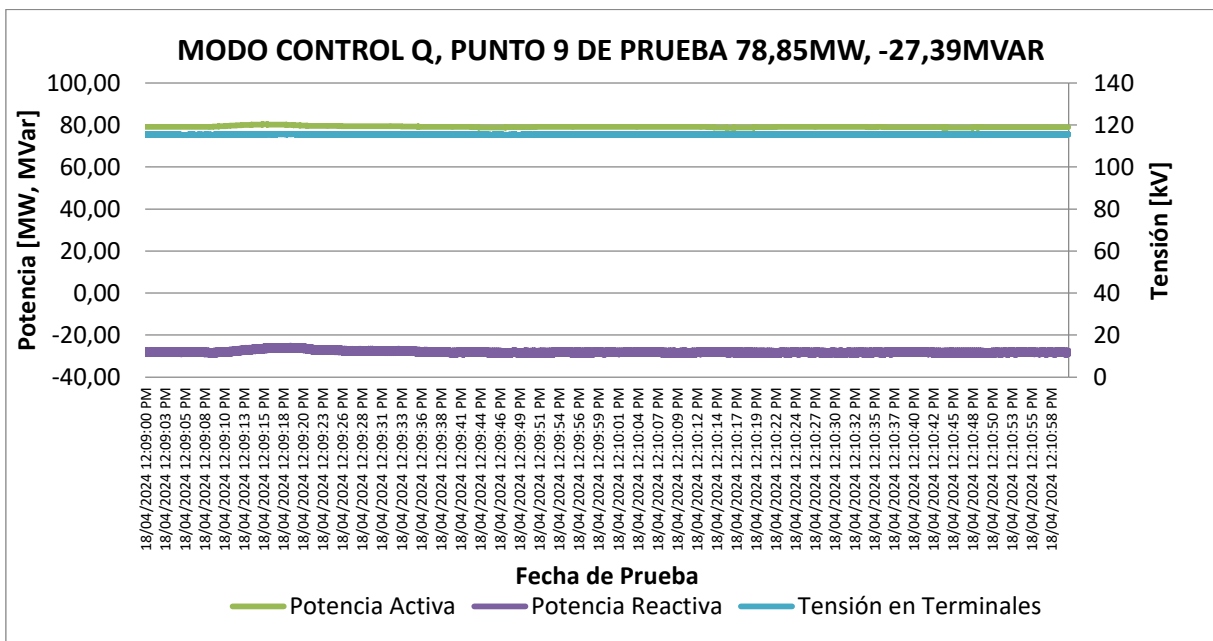


Figura 38. Registro Punto N°9, Modo Control Reactiva.



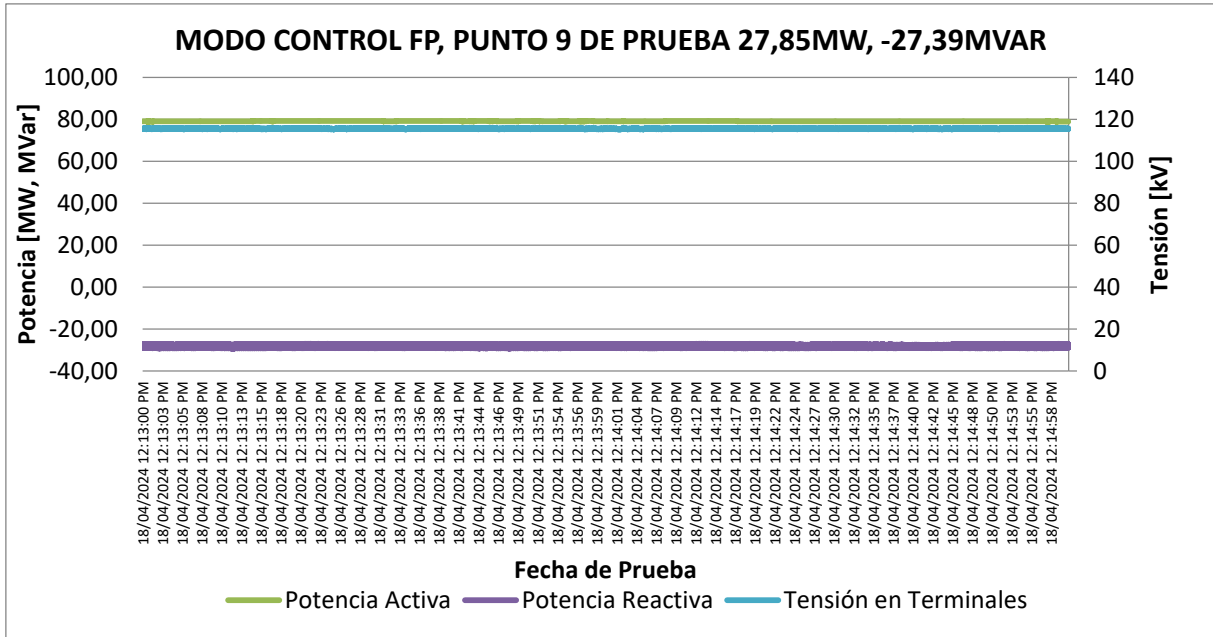


Figura 39. Registro Punto N° 9, Modo Control Factor Potencia.

6.4.2.5 Punto N° 10: P= 83,0 MW y Q= -19,0 Mvar

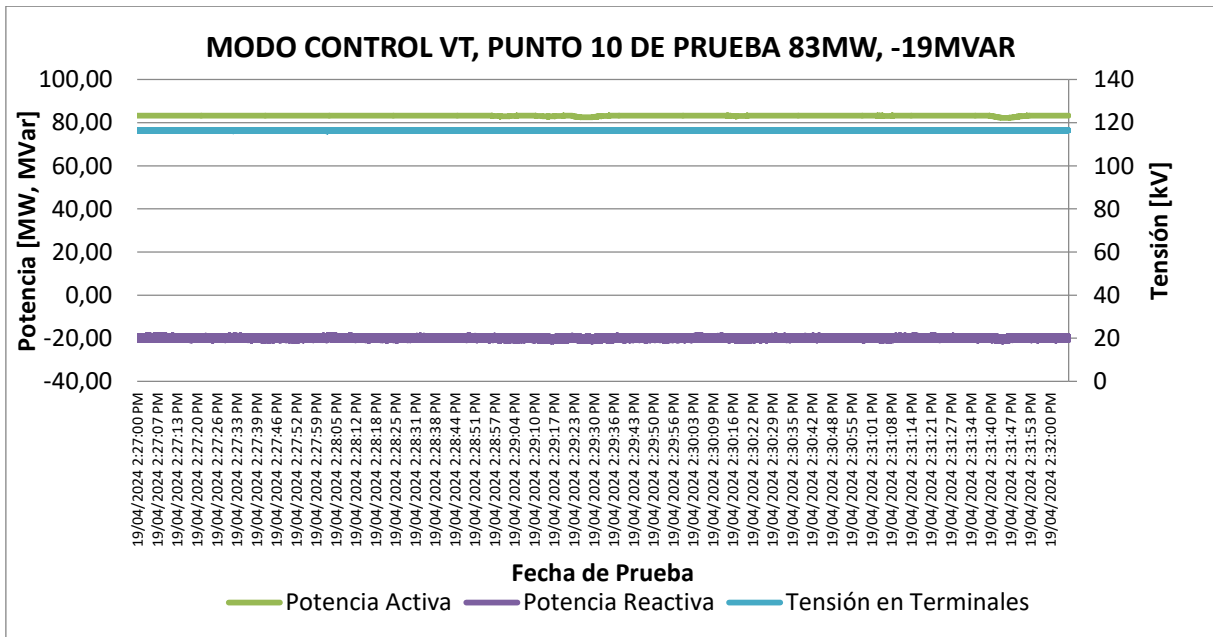


Figura 40. Registro Punto N° 10, Modo Control Tensión.

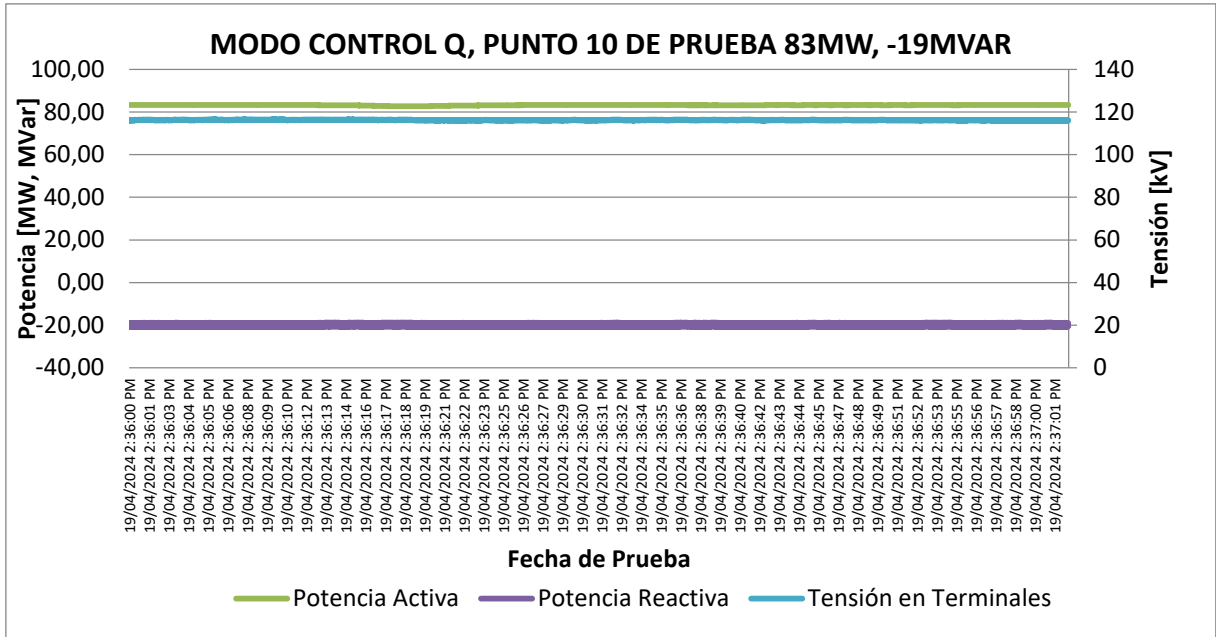


Figura 41. Registro Punto N°10, Modo Control Reactiva.

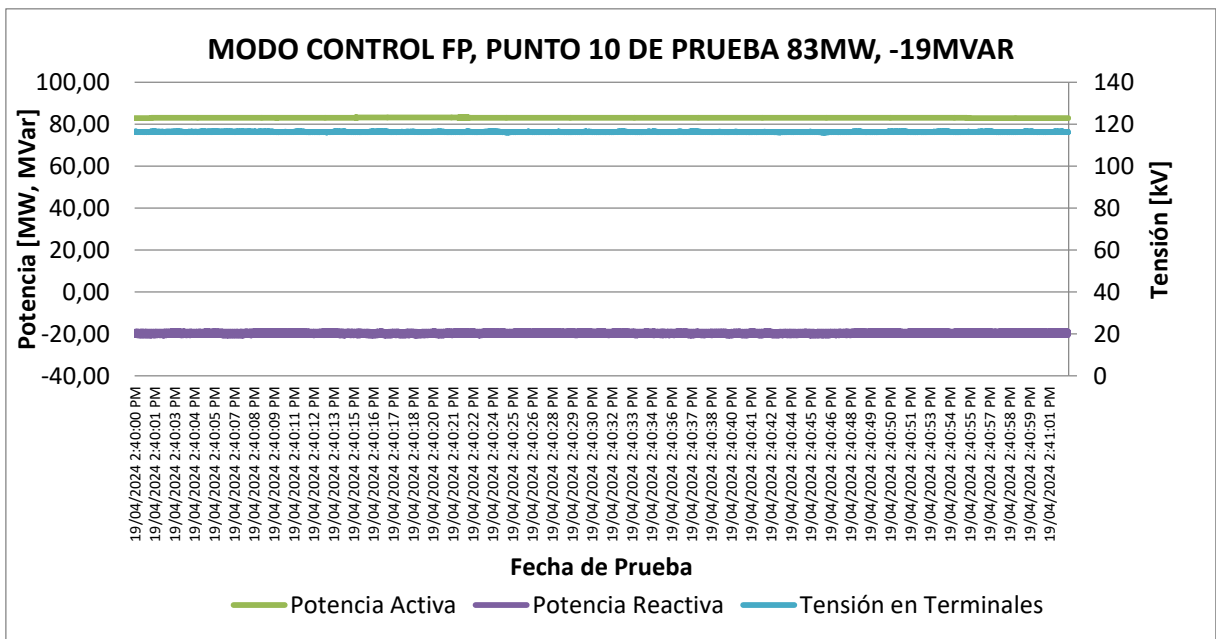


Figura 42. Registro Punto N° 10, Modo Control Factor Potencia.

### 6.5 Curva de Capacidad Definitiva

La curva de capacidad definitiva resultante de los parámetros presentados en la tabla del ítem 6.1 para el parque solar Tepuy, se presenta a continuación:

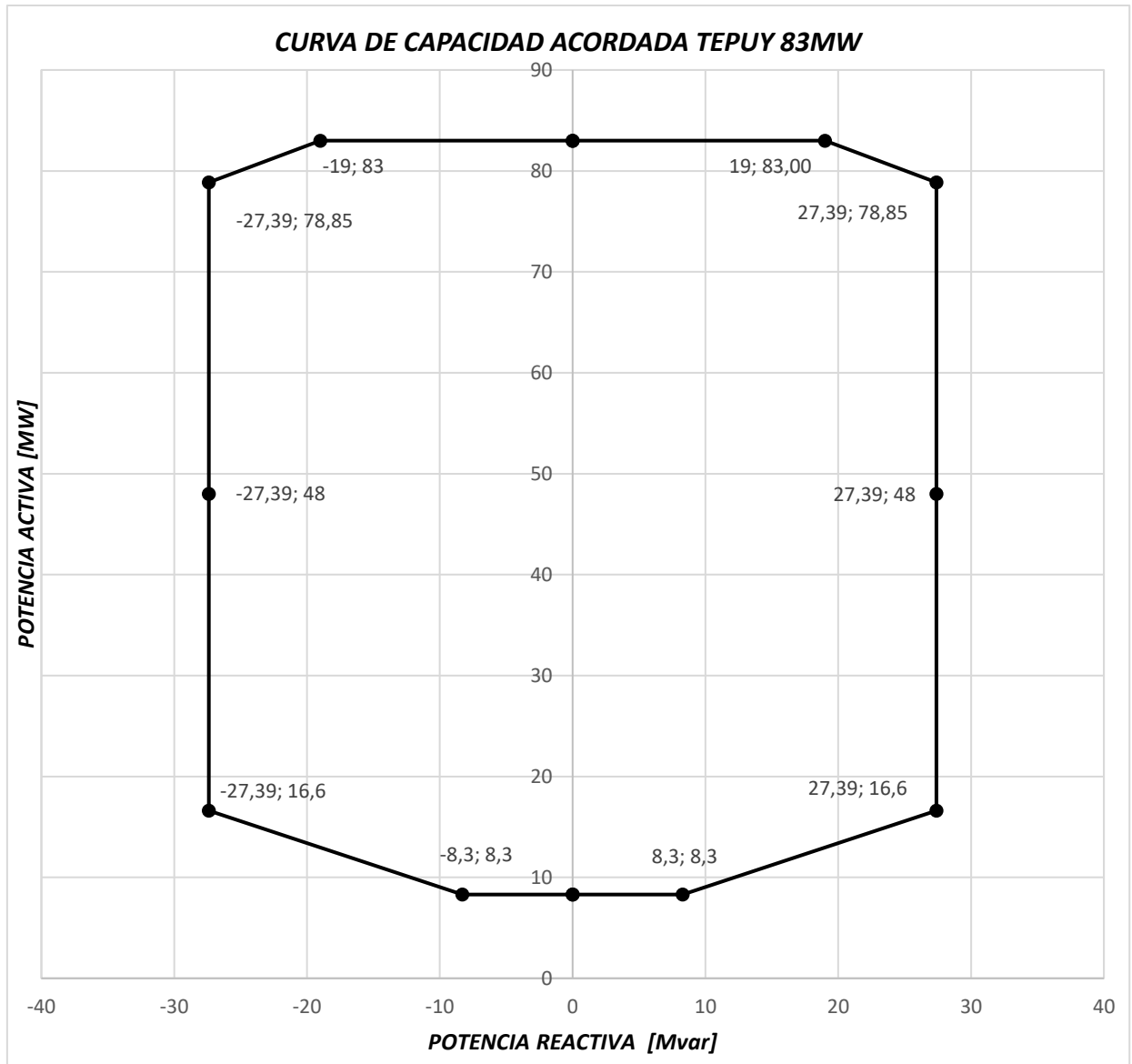


Figura 43. Curva de Capacidad Definitiva y a Declarar

## 7 CONCLUSIONES

1. El Parque Solar Tepuy cumple con la curva de capacidad declarada dentro de las tolerancias establecidas (puntos de prueba acordados entre el Agente y el CND) según el acuerdo 1827 de 2024.
2. Región Entrega de Reactiva: como se muestra desde la Figura 7 hasta la Figura 9, la prueba es exitosa debido que el rectángulo de tolerancia de error para cada uno de los puntos probados se encuentra dentro de la zona de validación ( $\pm 1,0\%$  del límite de entrega de potencia reactiva).
3. *Región Absorción de Reactiva:* como se muestra desde la Figura 10 hasta la Figura 12, la prueba es exitosa debido que el rectángulo de tolerancia de error para cada uno de los puntos probados se encuentra dentro de la zona de validación ( $\pm 1,0\%$  del límite de absorción de potencia reactiva).
4. Durante las pruebas todos los inversores de la planta se encontraban operativos y sin limitaciones para su operación normal. Además, el control P/F se encontraba operativo y activo lo mismo que los limitadores de potencia reactiva.
5. Antes del desarrollo de la prueba se valida que los niveles de alarma, protecciones se encuentren sin restricciones o en condiciones de alarma. Además, se validó que el estado de los cambiadores de tomas era automático y que la función de inyección de reactivos estaba activa.
6. Durante el desarrollo de las pruebas no se presentaron restricciones a nivel de sistema que obligaran a cambiar la secuencia de modos de operación de la planta, por lo tanto cada punto se evaluó considerando: control de tensión, control de Q y fp.
7. El control P/F se encontraba activo y funcionando de manera correcta.
8. Las pruebas de la planta Tepuy consideraron 3 intentos para alcanzar la completitud de los puntos acordados, en la siguiente tabla se detalla a nivel temporal las características más relevantes de cada día de prueba.

**Tabla 8. Intentos de pruebas**

Fecha	Acuerdo CNO	Observaciones de la auditoría
18/04/2024	CNO 1827	Pruebas de la curva PQ en los puntos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8,3MW, -8,3Mvar, 8,3Mvar.</li> <li>• 16,6MW, -27,39Mvar, 27,39 Mvar.</li> <li>• 48MW, -27,39Mvar, 27,39 Mvar.</li> <li>• 78,85MW, -27,39Mvar, 27,39 Mvar.</li> </ul>
19/04/2024	CNO 1827	Las pruebas realizadas este día de prueba corresponden a: 83MW, -19Mvar.
20/04/2024	CNO 1827	Las pruebas realizadas este día de prueba corresponden a: 83MW, 19 Mvar


9. Durante el desarrollo de la auditoria, se evidenció que los niveles de alarma y operativos de la planta y sus protecciones estaban en los valores recomendados por el fabricante.
10. Durante el inicio de la auditoria se revisó que los niveles de alarma y disparos de los transformadores elevadores estuviesen acorde con las características técnicas del mismo y condiciones de aislamiento.

En el presente informe han sido expuestos los resultados de las pruebas realizadas. Con base en estos resultados y en la auditoría efectuada, se determina que el Parque Solar Tepuy cumple con la curva de capacidad declarada.

A continuación, se presentan los puntos definitivos a declarar:

**Tabla 9. Puntos Reportados**

Entrega de Reactiva		Absorción de Reactiva	
P [MW]	Q [Mvar]	P [MW]	Q [Mvar]
8,30	8,30	8,30	-8,30
16,60	27,39	16,60	-27,39
48,00	27,39	48,00	-27,39
78,85	27,39	78,85	-27,39
83,00	19,00	83,00	-19,00



Ingeniero Rolando Guisao Vélez

Fecha: 29 de abril de 2024.

## 8 REFERENCIAS

- [1] Acuerdo CNO 1827 – Por el cual se actualiza el "Procedimiento para la realización de las pruebas de verificación de la curva de capacidad de las plantas de generación eólicas y solares fotovoltaicas conectados al STN y STR y de los autogeneradores conectados al STN y al STR sin entrega de excedentes".
- [2] Resolución CREG 025 de 1995 (Código de Redes).
- [3] Standard PRC-019-1 — Coordination of Generating Unit or Plant Capabilities, Voltage Regulating Controls, and Protection.
- [4] Comisión Federal de Electricidad, Fundamentos de Sistemas Eléctricos de Potencia, 2013.
- [5] CREG 135 de 2013 – La cual modifica la Resolución CREG 025 de 1995 que establece el Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.
- [6] CREG 060 de 2019 – Por la cual se hacen modificaciones y adiciones transitorias al Reglamento de Operación para permitir la conexión y operación de plantas solares fotovoltaicas y eólicas en el SIN y se dictan otras disposiciones.
- [7] Acuerdo CNO 1546 Por el cual se aprueban las curvas de potencia reactiva en función de la tensión (Q-V) que ajustan la curva PQ establecida en la Resolución CREG 060 de 2019 en el punto de conexión de las plantas solares y eólicas que se conecten al STN y al STR.

# ANEXO 1

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



## REPORTES DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 4
RC- 50241-01

Código: SL-F-03-02	Versión: 06
--------------------	-------------

### DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO BAJO PRUEBA

Analizador  
 Marca: REIVAX  
 Modelo: CPXCan3.0  
 S/N: IEB-MAX10-01  
 ID interno: N/E

Este Reporte de Calibración aplica solo para el equipo aquí identificado y expresa fielmente los resultados de las mediciones realizadas.

### INTERVALO DE MEDICIÓN

Ver resultados de calibración

Los resultados contenidos en el presente reporte se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

### INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Ingeniería Especializada S.A.  
 CL 8B No 65-191 OF 331  
 Medellín, Antioquia  
 +57 311 634 5101

Este reporte no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación del laboratorio QTEST y el laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de la información contenida en éste reporte de calibración.

### PÁGINAS DEL REPORTE

4

### FECHA DE RECEPCIÓN

2023 - 06 - 02

Reportes de Calibración sin firma no son válidos.

### FECHA DE CALIBRACIÓN

2023 - 06 - 03

### REALIZÓ CALIBRACIÓN

Alejandra García  
 Analista de Laboratorio

2023 - 06 - 05

Fecha de emisión

Aprobó

Nombre: Pilar Alzate

Cargo: Especialista Laboratorio Calibraciones







## REPORTES DE CALIBRACIÓN

Página 2 de 4

Código: SL-F-03-02

Versión: 06

RC- 50241-01

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Para la calibración se empleó el método de comparación con un patrón de referencia. Se toma como referencia el procedimiento de calibración Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters EURAMET cg-15 versión 3,0 (02/2015), Línea guía per la taratura di pinze amperometriche SIT/TEC-014/2006 Edición 0.

### TRAZABILIDAD METROLÓGICA

El laboratorio QTEST custodia y mantiene la trazabilidad metrológica de mediciones al Sistema Internacional de Unidades a través de NIST u otro Instituto Nacional de Metrología. El Sistema de Calidad del Laboratorio Qtest cumple con los requisitos aplicables a la norma ISO/IEC 17025:2017.

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor.

### CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó en las instalaciones del Laboratorio Qtest en el área de metrología, las condiciones ambientales durante del proceso de calibración están dentro de los parámetros que define el documento normativo y tuvieron una variación de  $18,90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $55,00\text{ \%HR} \pm 4\text{ \%HR}$ .

### IDENTIFICACIÓN PATRONES

Código  
100C

Descripción  
Multi-Product Calibrator Fluke 5520A-PQ/300  
S/N: 9440015

Próxima calibración  
2024 - 07 - 08





## REPORTES DE CALIBRACIÓN

Página 3 de 4

Código: SL-F-03-02

Versión: 06

RC- 50241-01

### RESULTADOS

Descripción	Lectura patrón	Lectura promedio U.B.P.	Error	Factor de Cobertura	Incertidumbre Expandida
<b>Tensión VT1-VT3</b>					
<b>Intervalo de Prueba 120 V @ 60 Hz</b>					
12.000	V	11.94	V	2.00	1.3x10 <sup>-2</sup> V
36.000	V	35.94	V	2.00	1.3x10 <sup>-2</sup> V
60.000	V	59.97	V	2.00	1.8x10 <sup>-2</sup> V
84.000	V	83.95	V	2.00	2.0x10 <sup>-2</sup> V
108.000	V	107.85	V	2.00	2.0x10 <sup>-2</sup> V
<b>Corriente I1 Pinza AEMC MN375 S/N: 152999WCDV</b>					
<b>Intervalo de Prueba 5 A @ 60 Hz</b>					
0.5000	A	0.576	A	2.00	1.5x10 <sup>-1</sup> A
1.5000	A	1.525	A	2.00	1.6x10 <sup>-1</sup> A
2.5000	A	2.514	A	2.00	1.6x10 <sup>-1</sup> A
3.5000	A	3.510	A	2.00	1.6x10 <sup>-1</sup> A
4.5000	A	4.506	A	2.00	1.6x10 <sup>-1</sup> A
<b>Corriente I2 Pinza AEMC MN375 S/N:152997WCDV</b>					
<b>Intervalo de Prueba 5 A @ 60 Hz</b>					
0.5000	A	0.572	A	2.00	1.5x10 <sup>-1</sup> A
1.5000	A	1.528	A	2.00	1.6x10 <sup>-1</sup> A
2.5000	A	2.527	A	2.00	1.6x10 <sup>-1</sup> A
3.5000	A	3.523	A	2.00	1.6x10 <sup>-1</sup> A
4.5000	A	4.524	A	2.00	1.6x10 <sup>-1</sup> A





## REPORTES DE CALIBRACIÓN

Página 4 de 4

Código: SL-F-03-02

Versión: 06

RC- 50241-01

### OBSERVACIONES

U.B.P : Unidad Bajo Prueba

El cliente es responsable de calibrar sus instrumentos en los intervalos de tiempo apropiados.

Los resultados reportados corresponden al momento y a las condiciones en las cuales se realizaron las mediciones.

Las Unidades fuera del SI (Sistema Internacional de Unidades) son vinculadas por medio del factor de conversión establecidos en "NIST Special Publication 811. 2008 Edition."

Se adhirió al instrumento la estampilla de calibración correspondiente al número de certificado.

Los puntos de calibración fueron definidos por el cliente de acuerdo con el certificado anterior.

---

**FIN DEL REPORTE DE CALIBRACIÓN.**

