



**ESTUDIOS  
ELECTRICOS**

**Empresa** | EDPR Chile  
**País** | Chile  
**Proyecto** | Parque Eólico Punta de Talca  
**Descripción** | Procedimiento de ensayos - Control de Tensión y Frecuencia



**CÓDIGO DE PROYECTO** EE-2024-017  
**CÓDIGO DE INFORME** EE-EN-2024-1571  
**REVISIÓN** A

**3 oct. 24**



Este documento **EE-EN-2024-1571-RA** fue preparado para EDPR Chile por el Grupo Estudios Eléctricos.

Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

**Ing. Claudio Celman**  
Sub-Gerente Dpto. Ensayos  
[claudio.celman@estudios-electricos.com](mailto:claudio.celman@estudios-electricos.com)

**Ing. Andrés Capalbo**  
Sub-Gerente Dpto. Estudios  
[andres.capalbo@estudios-electricos.com](mailto:andres.capalbo@estudios-electricos.com)

**Ing. Pablo Rifrani**  
Gerente Dpto. Estudios  
[pablo.rifrani@estudios-electricos.com](mailto: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 55 páginas y ha sido guardado por última vez el 03/10/2024 por Matías Parra; sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Revisión	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	03.10.2024	Para presentar.	MP	CiC	AC

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



## CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
	1.1 Metodología general.....	6
	1.2 Nomenclatura.....	7
	1.3 Observaciones generales .....	8
<b>2</b>	<b>PREPARACIÓN DE LOS ENSAYOS .....</b>	<b>9</b>
	2.1 Reuniones de coordinación en planta.....	9
	2.1.1 Mediciones a nivel aerogenerador .....	9
	2.1.2 Mediciones a nivel planta.....	10
	2.2 Ajuste de protecciones de aerogenerador.....	12
	2.3 Cableado y puntos de conexión.....	12
	2.3.1 Mediciones a nivel aerogenerador .....	12
	2.3.2 Mediciones a nivel planta.....	14
	2.4 Registro de señales con equipo en planta.....	16
	2.5 Metodología general de los ensayos .....	17
	2.6 Personal de apoyo durante los ensayos .....	18
<b>3</b>	<b>RESPUESTA DEL CONTROL DE TENSIÓN / POTENCIA REACTIVA DEL PARQUE.....</b>	<b>19</b>
	3.1 Ensayos a nivel aerogenerador .....	19
	3.1.1 Respuesta dinámica del control local de potencia reactiva .....	20
	3.2 Ensayos a nivel planta.....	21
	3.2.1 Respuesta dinámica del control de potencia reactiva del PPC .....	22
	3.2.2 Respuesta dinámica del control de factor de potencia del PPC.....	22
	3.2.3 Respuesta dinámica del control de tensión del PPC.....	23
<b>4</b>	<b>ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DEL DIAGRAMA PQ TEÓRICO MÁXIMO .....</b>	<b>24</b>
	4.1 Análisis preliminar .....	25
	4.2 Puntos de operación por Diagrama PQ .....	26
	4.3 Tensión en POI = 0.9 p.u.....	27
	4.4 Tensión en POI = 0.95 p.u. ....	28
	4.5 Tensión en POI = 1.0 p.u.....	29
	4.6 Tensión en POI = 1.05 p.u. ....	30
	4.7 Tensión en POI = 1.10 p.u. ....	31



<b>5</b>	<b>ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE CONTROL PRIMARIO DE FRECUENCIA .....</b>	<b>33</b>
	5.1 Respuesta ante variaciones tipo escalón .....	35
	5.2 Respuesta ante variaciones naturales de la frecuencia de la red .....	37
	5.3 Flujo de trabajo.....	38
<b>6</b>	<b>ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE CONTROL TERCIARIO DE FRECUENCIA .....</b>	<b>39</b>
	6.1 Incremento de carga del parque.....	39
	6.2 Reducción de carga del parque .....	40
<b>7</b>	<b>CRONOGRAMA DE ENSAYOS .....</b>	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>45</b>
	8.1 Antecedentes del PPC.....	45
	8.2 Protecciones de los aerogeneradores .....	46
	8.3 Antecedentes del transformador principal .....	48
	8.4 Antecedentes de los transformadores de bloque.....	49
	8.5 Antecedentes del transformador de SS/AA.....	50
	8.6 Antecedentes del banco de condensador .....	51
	8.7 Diagrama Unilineal .....	52
	8.8 Acta de pruebas .....	54



# 1 INTRODUCCIÓN

El presente documento describe el conjunto de ensayos a realizar en el **Parque Eólico Punta de Talca** necesarios para cumplir con los requerimientos del Proceso de Verificación de instalaciones para la prestación de Servicios Complementarios.

En particular se abordan los ensayos de verificación del servicio de Control de Tensión, Control Primario de Frecuencia y Control Terciario de Frecuencia (reserva en giro), siguiendo los lineamientos estipulados en la *"Guía de Verificación de Servicios Complementarios"* publicada por el Coordinador Eléctrico Nacional.

El parque está ubicado en la comuna de Ovalle, región de Coquimbo. Está constituido por catorce (14) aerogeneradores marca Nordex modelo N155 de 5.9 MW de capacidad nominal y 750 V de tensión de operación nominal, totalizando una potencia activa de 82.6 MW.

Cada uno de los aerogeneradores cuenta con un transformador de bloque de relación 0.75 kV / 33 kV ( $\pm 2 \times 2.5\%$ ) y de capacidad 6.35 MVA que permite la inyección de la potencia generada hacia la red de media tensión, la cual está compuesta por cinco (5) alimentadores de media tensión 33 kV. En cuatro de ellos se conectan tres (3) aerogeneradores y en el circuito restante se conectan dos (2) aerogeneradores.

Desde la barra principal de 33 kV del Parque Eólico, la potencia es evacuada hacia el Sistema Interconectado mediante un transformador elevador de 33 kV / 220 kV (+11/-13 x 1.25%) de relación y de 67.5/90.0 MVA (ONAN/ONAF) de capacidad, ubicado en la S/E Punta de Talca.

Cabe destacar que las pruebas de Servicios Complementarios se llevarán a cabo en conjunto con las pruebas de entrada en operación. Por lo tanto, los valores correspondientes al mínimo técnico, potencia máxima, estatismo, banda muerta y tasas de toma y bajada de carga aún están por definir. Por lo tanto, los distintos estados de carga y condiciones particulares de cada prueba se definirán en la instancia de ensayo.

En línea con lo anterior, se buscarán las similitudes entre los ensayos requeridos para la verificación de los distintos SSCC, y los requeridos para el proceso de Validación de Modelos Dinámicos (VMD) y la determinación de los Parámetros Operacionales (PPOO) de las unidades generadoras con tal de utilizar los registros de este alcance en el proceso de entrada en operación de la central.

Se incluye un cronograma de trabajos indicando las tareas a realizar en cada uno de los días previstos en planta.

El personal de Estudios Eléctricos presente en sitio llevará adelante las pruebas con el objetivo de realizar todos los ensayos y relevar toda la información necesaria para demostrar la capacidad del parque de prestar



el servicio complementario de control de tensión, control primario de frecuencia y control terciario de frecuencia. Por lo tanto, queda a su consideración la modificación del cronograma de trabajo, metodología de ensayos y señales a intervenir, según lo requieran las características de la planta o condiciones de ensayo.

## 1.1 Metodología general

Los ensayos consisten principalmente en perturbaciones del tipo escalón en las referencias de los distintos lazos de control del PPC y en cambios de consigna en la referencia de potencia del controlador.

Estudios Eléctricos dispondrá de un adquisidor de datos para poder registrar las distintas señales eléctricas necesarias.

Personal de planta será el encargado de supervisar la configuración y operación del parque y de realizar las conexiones necesarias para obtener las distintas señales eléctricas a registrar.

El personal de Estudios Eléctricos será responsable de la adquisición de datos y de liderar las distintas pruebas en coordinación con el personal de planta.

En el presente documento se listarán las pruebas propuestas. Durante los ensayos y de acuerdo con los resultados obtenidos, el personal de Estudios Eléctricos podría proponer ensayos complementarios. Estos cambios, si es que los hubiera, serán acordados con el personal de planta.

En los siguientes capítulos se describe:

- La preparación previa a los ensayos, capítulo 2.
- Los ensayos por realizar para verificar el Control de Tensión/Potencia reactiva, capítulo 3.
- Los ensayos de determinación de curva de Capacidad del parque, capítulo 4.
- Los ensayos por realizar para verificar el Control Primario de Frecuencia, capítulo 5.
- Los ensayos por realizar para verificar el Control Terciario de Frecuencia, capítulo 6.
- El cronograma de trabajo, capítulo 7.
- Anexos, capítulo 8.



## 1.2 Nomenclatura

Tag	Descripción
UBUS	Tensión en el punto de interconexión
PBUS	Potencia eléctrica activa en el punto de interconexión
QBUS	Potencia eléctrica reactiva en el punto de interconexión
FREC	Frecuencia eléctrica
POI	Punto de interconexión (de sus siglas en inglés "Point Of Interconnection")
SS/AA	Servicios Auxiliares
PPC	Control conjunto de planta (de sus siglas en inglés "Power Plant Controller")
AT	Nivel de alta tensión (220 kV)
MT	Nivel de media tensión (33 kV)
CEN	Coordinador Eléctrico Nacional
EE	Estudios Eléctricos
CTF	Control terciario de frecuencia
CSF	Control secundario de frecuencia
TC	Transformador de corriente
TP	Transformador de potencial
P <sub>max</sub>	Potencia activa neta máxima del parque en el POI
P <sub>min</sub>	Potencia activa correspondiente al mínimo técnico del parque en el POI
P <sub>1inv</sub>	Despacho del aerogenerador al 10% de la potencia máxima disponible a la hora de los
P <sub>2inv</sub>	Despacho del aerogenerador al 50% de la potencia máxima disponible a la hora de los
P <sub>3inv</sub>	Despacho del aerogenerador al 90% de la potencia máxima disponible a la hora de los
P <sub>1PPC</sub>	Despacho del parque a mínimo técnico (P <sub>min</sub> )
P <sub>2PPC</sub>	Despacho del parque a $(P_{max} + 2 * P_{min}) / 3$
P <sub>3PPC</sub>	Despacho del parque a $(P_{max} + P_{min}) / 2$
P <sub>4PPC</sub>	Despacho del parque a $(2 * P_{max} + P_{min}) / 3$
P <sub>5PPC</sub>	Despacho del parque a potencia máxima (P <sub>max</sub> )

Tabla 1.1 – Nomenclatura empleada



### 1.3 Observaciones generales

- Puede requerirse repetir un ensayo, posterior a la evaluación del registro obtenido, así como incluir señales adicionales en caso de estar disponibles.
- Los registros concernientes al PPC se realizarán con una tasa de muestreo igual o superior a 100 muestras por segundo.
- Podrán obtenerse los registros, durante los ensayos, directamente del sistema de control de planta siempre y cuando la tasa de muestreo sea similar a la anteriormente especificada y el tiempo máximo de almacenamiento sea suficiente para poder observar la dinámica completa de la respuesta.



## 2 PREPARACIÓN DE LOS ENSAYOS

### 2.1 Reuniones de coordinación en planta

Las siguientes actividades están planeadas para realizarse durante el primer día en planta: inducción de seguridad, reunión de inicio de tareas, revisión del cronograma y procedimiento de ensayo, inspección visual de los equipos a ensayar y puntos de conexión de equipos, preparación del conexionado necesario, etc.

#### 2.1.1 Mediciones a nivel aerogenerador

EE dispondrá de un equipo de adquisición de datos (propiedad de EE) para realizar los ensayos e indicará al personal del Parque Eólico Punta de Talca la manera correcta de instalarlo.

El sistema de adquisición de datos de Estudios Eléctricos se muestra en la Figura 2.1. El equipo, totalmente desarrollado por el departamento de I+D de Estudios Eléctricos, posee 16 canales de entradas analógicas con una frecuencia de muestreo que puede ser ajustada hasta un máximo de 10 kHz. El rango de tensión de entrada es de  $\pm 10$  V.

Todos los canales de entrada están aislados por medio de optoacopladores analógicos, permitiendo mediciones flotantes. Su sencilla interfaz gráfica (GUI) permite adaptar fácilmente distintas escalas, así como también realizar cálculos indirectos a partir de distintas mediciones.



Figura 2.1 - Equipo de adquisición de datos de Estudios Eléctricos

Este equipo cumple con los requerimientos especificados en la sección 1 de la "Guía de Verificación de Servicios Complementarios – Control de Frecuencia" y los presentados en la sección 3 de la "Guía de Verificación de Servicios Complementarios – Control de Tensión".



Para visualizar la forma de conexionado a los TCs y TPs, referirse al ejemplo genérico mostrado en la Figura 2.2.

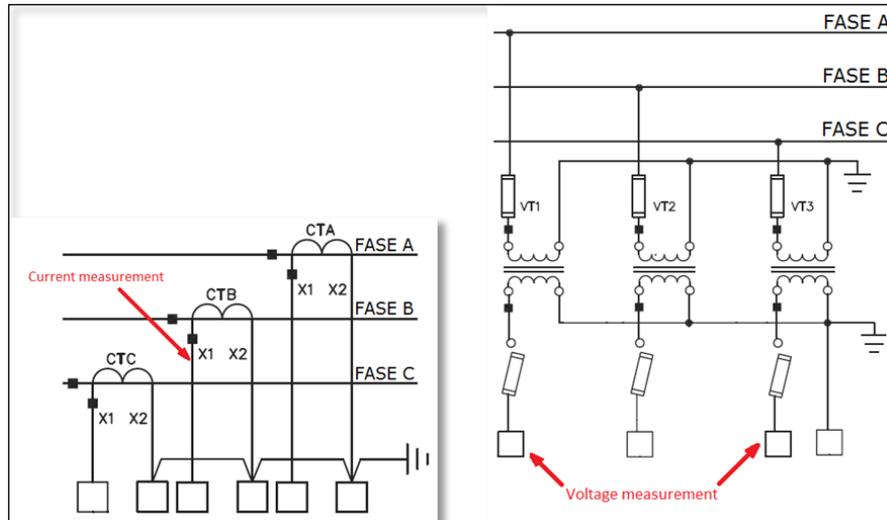


Figura 2.2 – Conexión típica de TCs y TPs

El adquirente de datos se alimenta con una fuente de tensión de tipo switching de 110 V/220 V. Por lo tanto, un tomacorriente deberá estar disponible en las cercanías de la ubicación del medidor.

### 2.1.2 Mediciones a nivel planta

EE dispondrá de un medidor de calidad de energía (propiedad de EE) para realizar los ensayos a nivel planta. Para ello, personal de EE indicará al personal de la instalación la manera correcta de instalarlo, para lo cual será necesario medir tres tensiones y tres corrientes sobre los secundarios de los transformadores de medición instalados en este punto.

El equipo de adquisición es un medidor de calidad de energía marca Janitza, de la serie UMG. Una fotografía del equipo se presenta en la Figura 2.3.



Figura 2.3 – Fotografía del Janitza UMG510

Este equipo cumple con los requerimientos especificados en la sección 1 de la “Guía de Verificación de Servicios Complementarios – Control de Frecuencia” y los presentados en la sección 3 de la “Guía de Verificación de Servicios Complementarios – Control de Tensión”.

Para la medición de las variables eléctricas, se conectan a sus terminales correspondientes un juego de tres tensiones (fases A, B y C) y neutro, junto con un juego de tres corrientes (fases A, B y C) y sus respectivos retornos. Los juegos de tensiones y corrientes serán tomados de los secundarios de los transformadores de medición TP y TC ubicados en el punto de interconexión. Lo anterior se ilustra en la Figura 2.4.

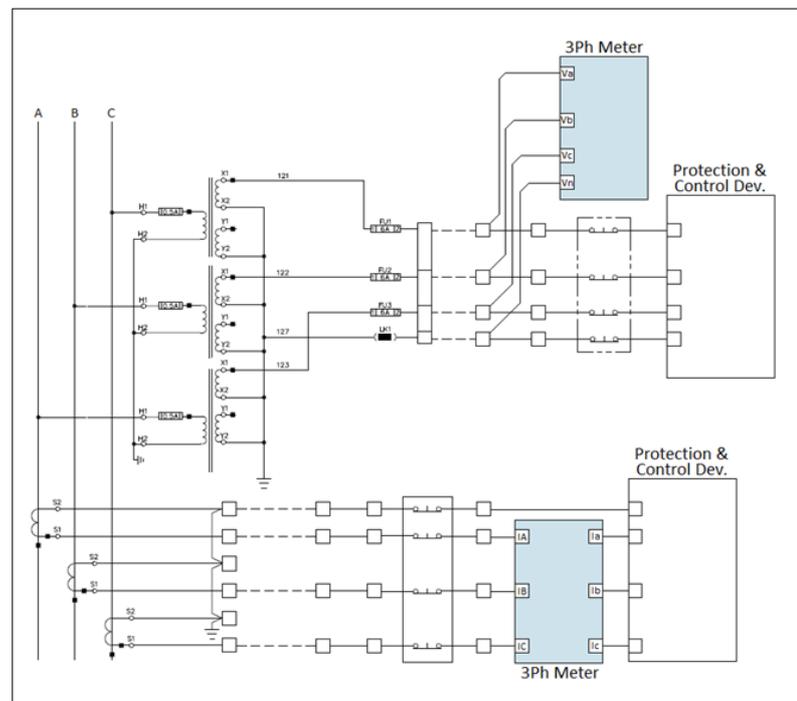


Figura 2.4 – Esquema referencial de conexión para medición de variables en el punto de interconexión



El medidor de calidad de energía se alimenta con una fuente de tensión de tipo switching de 220 V. Por lo tanto, un tomacorriente deberá estar disponible en las cercanías de la ubicación del medidor.

## 2.2 Ajuste de protecciones de aerogenerador

Cada aerogenerador cuenta con un módulo de protección integrado, donde las principales funciones junto a su ajuste se muestran en la Tabla 2.1.

Función	Parámetro	Valor	Delay [s]
Sobretensión	Pickup	1.15 p.u.	60.0
Subtensión	Pickup	0.87 p.u.	180.0
Sobrefrecuencia	Pickup	1.06 p.u.	0.2
Subfrecuencia	Pickup	0.95 p.u.	300.0

Tabla 2.1: Protecciones de los aerogeneradores

## 2.3 Cableado y puntos de conexión

El conexionado y la verificación de las señales correspondientes tiene una duración aproximada de **1.0 hora** a nivel planta.

El conexionado debe ser realizado antes de comenzar los ensayos, mientras que la desconexión se realizará una vez finalizados los mismos. Se podrán realizar conexiones de señales con la instalación en servicio, en caso de existir borneras seccionables para las mediciones de corriente y puntos de conexión accesibles de forma segura para la tensión.

### 2.3.1 Mediciones a nivel aerogenerador

La medición a nivel aerogenerador se realizará en la barra común de los alimentadores. En la Figura 2.5 se presenta el diagrama unilíneal de la barra principal de 33 kV en donde acometen los circuitos colectores del parque. Para el conexionado del aerogenerador más cercano se conectará en la celda 52F5 (correspondiente a la entrada de la línea del aerogenerador WTG-03, en el circuito N°5 marcado en el recuadro **rojo**) y para el caso del aerogenerador más lejano se conectará en la celda 52F1 (correspondiente a la entrada de la línea del aerogenerador WTG-14, en el circuito N°1 marcado en el recuadro **verde**). Se destaca que, para las pruebas de los aerogeneradores cercano y lejano, los demás aerogeneradores de ese circuito se dejarán fuera de servicio.

El plano completo se encuentra en el anexo 8.7.

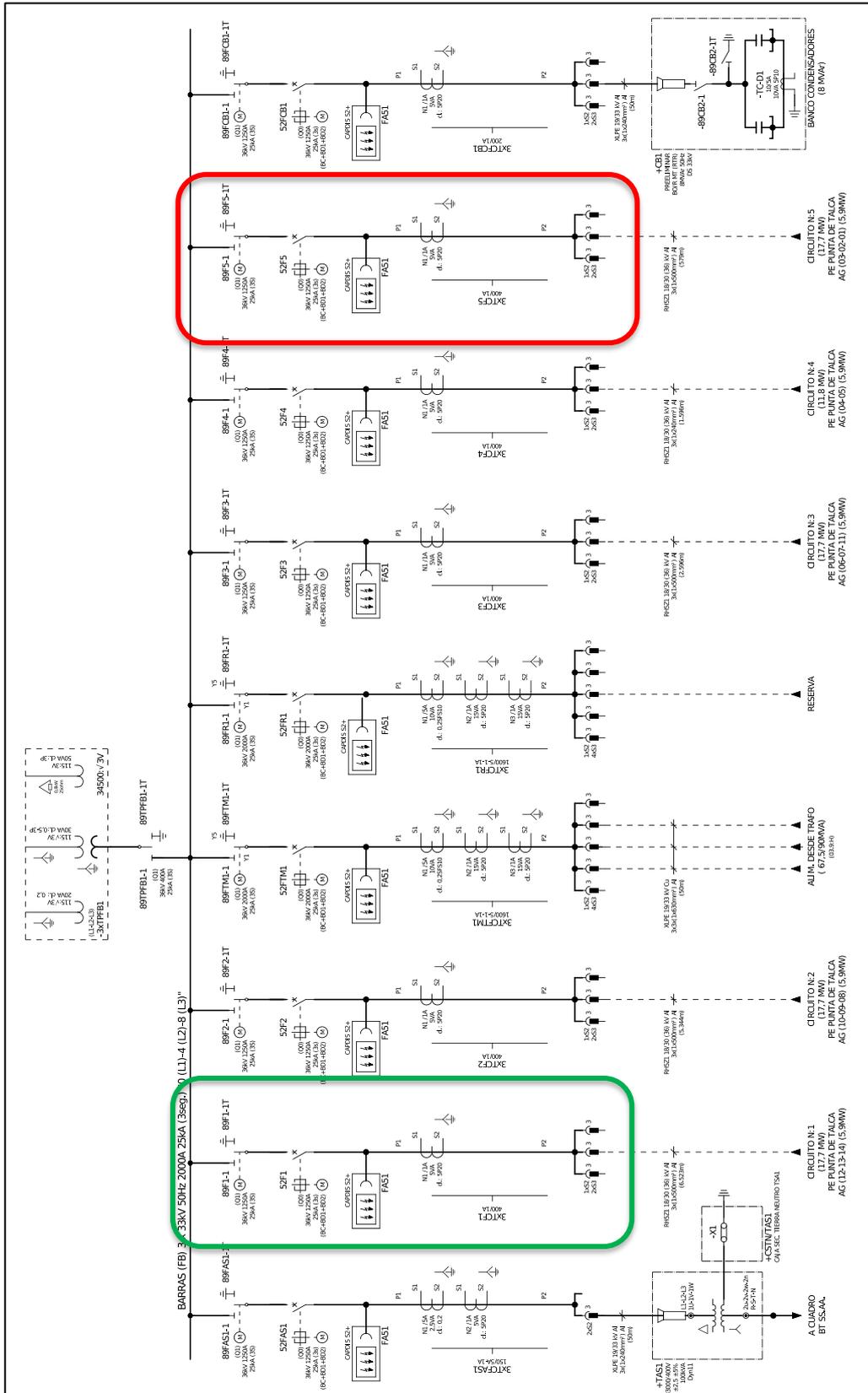


Figura 2.5 – Diagrama unilineal del Parque Eólico Punta de Talca 33 kV



### 2.3.2 Mediciones a nivel planta

A partir de la información recibida, los puntos de conexión para las mediciones a nivel planta se muestran en la Figura 2.6. En el recuadro **rojo** se enmarca el TC y en el recuadro **azul** se enmarca el TP en el lado de alta tensión del transformador elevador del parque en la S/E Punta de Talca 220 kV.

El plano completo se encuentra en el anexo 8.7.

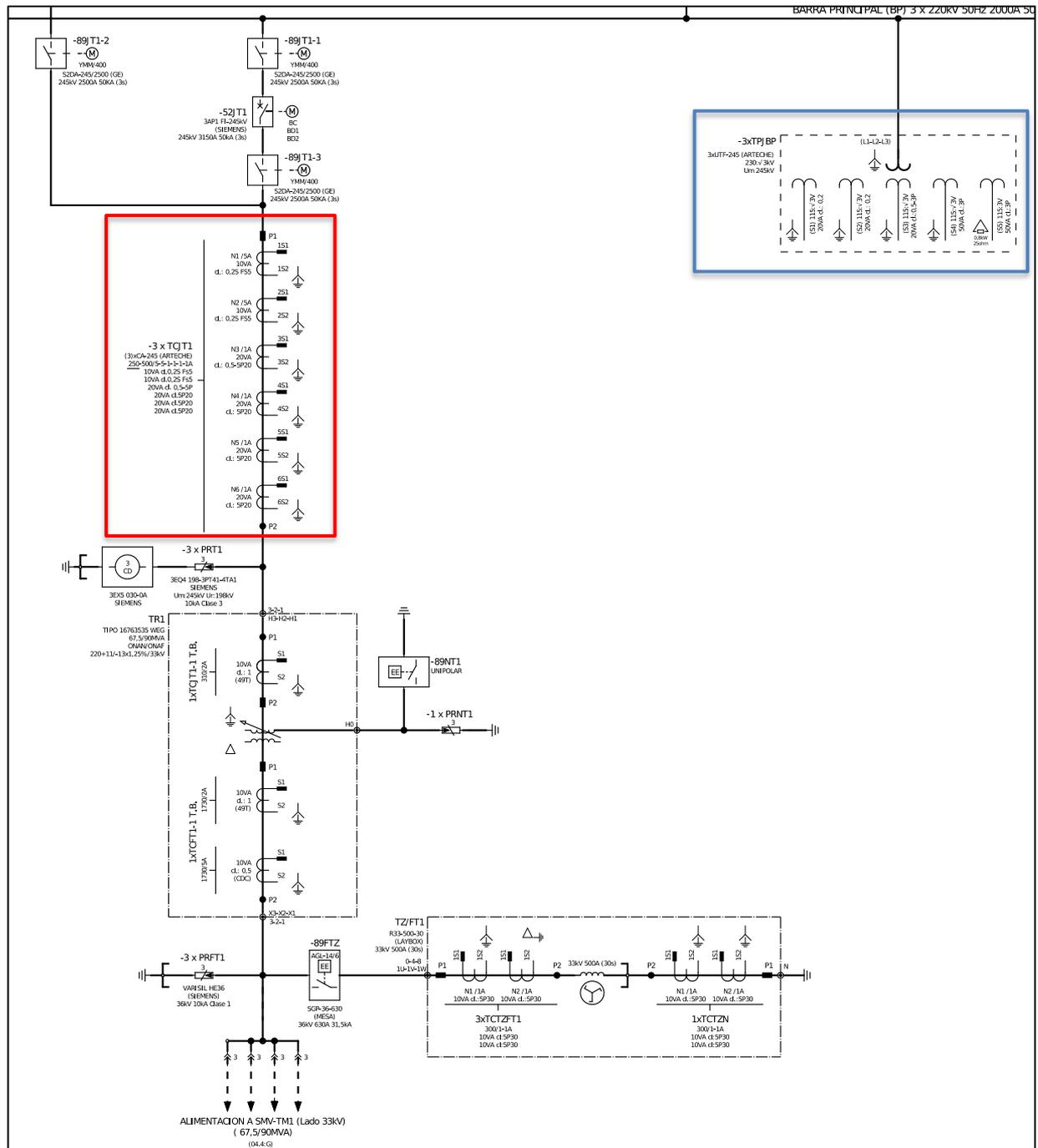


Figura 2.6 – Diagrama unilineal de la S/E Punta de Talca





## 2.4 Registro de señales con equipo en planta

Se deberá coordinar con personal de planta la adquisición de señales de interés a partir del sistema SCADA del control de planta.

Las señales de interés a registrar son:

1. Potencia activa en el POI.
2. Tensión en el POI.
3. Corriente en el POI.
4. Frecuencia eléctrica.
5. Tensión del lado de alta del transformador step-up.
6. Tensión del lado de baja del transformador SS/AA (solo si aplica).
7. Potencia activa del lado de baja del transformador SS/AA (solo si aplica).
8. Potencia reactiva del lado de baja del transformador SS/AA (solo si aplica).
9. Tensión del lado de baja de los transformadores SS/AA (solo si aplica).
10. Posición de tap de los transformadores step-up.

Las señales deberán ser registradas y exportadas en formato \*.csv o \*.xls. Se requiere de configuración del sistema SCADA que permita la máxima tasa de muestreo posible.



## 2.5 Metodología general de los ensayos

Para realizar los ensayos descritos en el presente protocolo se requerirá realizar escalones en las referencias de los distintos lazos de control que implementa tanto el control local de los aerogeneradores como el control conjunto de planta.

Según experiencias anteriores, esto puede realizarse mediante la interfaz de control tanto de los aerogeneradores como del propio controlador de planta.

Las perturbaciones por aplicar deberán cumplir con las siguientes condiciones:

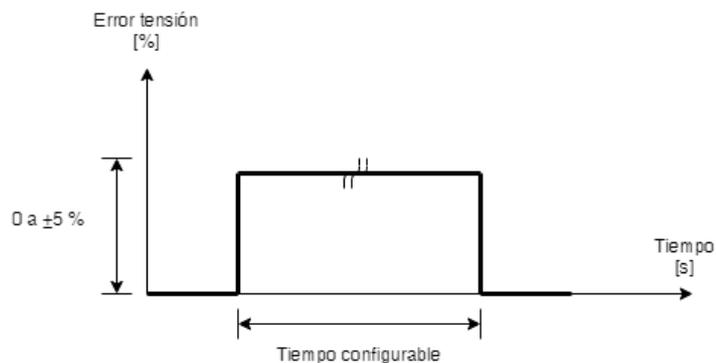


Figura 2.9 – Características del escalón de tensión a aplicar

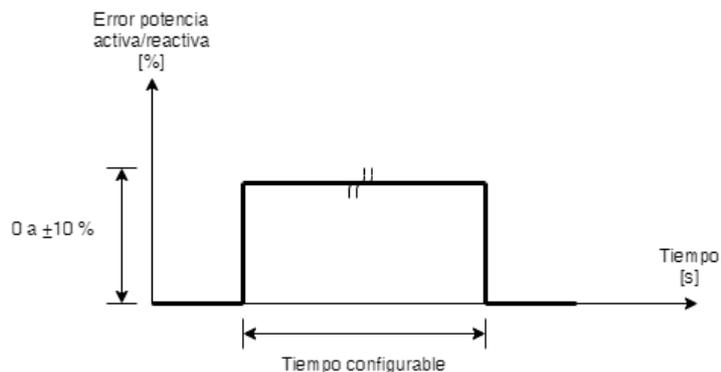


Figura 2.10 – Características del escalón de potencia activa y reactiva a aplicar



## 2.6 Personal de apoyo durante los ensayos

Durante los ensayos será necesario el siguiente personal de apoyo:

- **Operaciones:** Será necesaria la presencia de personal de operaciones con conocimiento de los ensayos a realizar durante todo el desarrollo de pruebas.
- **Control:** Será necesario el soporte de personal del aerogenerador y PPC capaz de acceder y manipular el software del control local del control conjunto de planta.
- **Electricista:** Será necesaria la presencia de un electricista a fin de realizar el conexionado de las instalaciones.



## 3 RESPUESTA DEL CONTROL DE TENSIÓN / POTENCIA REACTIVA DEL PARQUE

En esta sección se indican los ensayos para evaluar la respuesta de los elementos incorporados al control de potencia reactiva de los aerogeneradores y del parque.

### 3.1 Ensayos a nivel aerogenerador<sup>1</sup>

Desarrollo:

1. Instalación del equipamiento de medición.
2. Verificación de señales.
3. Pruebas a distintos despachos, con la siguiente composición:

Despacho de Potencia Activa	Pruebas aerogeneradores
$P1_{aero}$	Ctrl. Q
$P2_{aero}$	Ctrl. Q
$P3_{aero}$	Ctrl. Q

Tabla 3.1 - Distribución de las pruebas según el despacho del aerogenerador

En las siguientes subsecciones se describen las pruebas que se pretende realizar sobre los distintos lazos de control de potencia reactiva de los aerogeneradores. Para las mismas se registrarán, al menos, las siguientes señales:

1. Tensión en bornes del aerogenerador.
2. Corriente en bornes del aerogenerador.
3. Potencia activa y reactiva del aerogenerador.
4. Frecuencia eléctrica.
5. Tensión en el POI.
6. Potencia reactiva en el POI.
7. Potencia activa en el POI.

<sup>1</sup> Estas pruebas requieren del soporte de personal idóneo en el software de control de los aerogeneradores, capaz de realizar los escalones solicitados. También se destaca que las pruebas mencionadas se realizarán en al menos uno de los aerogeneradores más **cercanos** y en uno de los más **lejanos** a la subestación elevadora del parque.



### 3.1.1 Respuesta dinámica del control local de potencia reactiva

Con el aerogenerador operando en control local de potencia reactiva, se aplicará un escalón en la referencia correspondiente de amplitud  $\pm 10\%$  de su potencia nominal, cuya duración será de 30 segundos o más, para permitir el establecimiento de las principales magnitudes en bornes del aerogenerador.

Despacho de Potencia Activa	Despacho inicial de Potencia Reactiva [MVar]	Variación en QELEC [%]	Duración Escalón [s]
P1 <sub>aero</sub>	0	$\pm 10$	> 30
P2 <sub>aero</sub>	0	$\pm 10$	> 30
P3 <sub>aero</sub>	0	$\pm 10$	> 30

Tabla 3.2 - Ensayos control local de potencia reactiva

**Nota:** Si por cualquier razón durante la ejecución de los ensayos el especialista de Estudios Eléctricos considera necesario realizar algún escalón adicional el mismo será incorporado en el momento al plan de pruebas y ejecutado.



## 3.2 Ensayos a nivel planta

Desarrollo:

1. Verificaciones de señales.
2. Pruebas a distintos despachos, con la siguiente composición:

Despacho de Potencia Activa	Valor [MW]	Pruebas PPC
P1 <sub>PPC</sub>	8.37	Ctrl. Q, $\cos\phi$ , V
P3 <sub>PPC</sub>	43.81	Ctrl. Q, $\cos\phi$ , V
P5 <sub>PPC</sub>	79.24	Ctrl. Q, $\cos\phi$ , V

Tabla 3.3 - Distribución de las pruebas según el despacho del parque

En las siguientes subsecciones se describen las pruebas que se pretende realizar sobre los distintos lazos de control de tensión/potencia reactiva del parque. Para las mismas se registrarán, al menos, las siguientes señales

1. Tensión en el POI.
2. Corriente en el POI.
3. Potencia reactiva en el POI.
4. Potencia activa en el POI.
5. Frecuencia eléctrica.
6. Pulso aplicado (de ser posible).



### 3.2.1 Respuesta dinámica del control de potencia reactiva del PPC

Con el PPC operando en control de potencia reactiva, se aplicará un escalón en la referencia correspondiente de amplitud  $\pm 10\%$  de la potencia nominal del parque, cuya duración será de 30 segundos o más, para permitir el establecimiento de las principales magnitudes en el POI.

Despacho de Potencia Activa	Despacho inicial de Potencia Reactiva [MVAR]	Escalón [%]	Duración Escalón [s]
P1 <sub>PPC</sub>	0	$\pm 10\%$	> 30
P3 <sub>PPC</sub>	0		> 30
P5 <sub>PPC</sub>	0		> 30

Tabla 3.4 - Ensayos control de potencia reactiva del PPC

**Nota:** Si por cualquier razón durante la ejecución de los ensayos el especialista de Estudios Eléctricos considera necesario realizar algún escalón adicional el mismo será incorporado en el momento al plan de pruebas y ejecutado.

### 3.2.2 Respuesta dinámica del control de factor de potencia del PPC

Con el PPC operando en control de factor de potencia, se aplicará un escalón en la referencia correspondiente de amplitud tal que genere una variación de  $\pm 10\%$  en la potencia reactiva respecto de la nominal del parque, cuya duración será de 30 segundos o más, para permitir el establecimiento de las principales magnitudes en el POI.

Despacho de Potencia Activa	Despacho inicial de Potencia Reactiva [MVAR]	Variación en QBUS [%]	Duración Escalón [s]
P1 <sub>PPC</sub>	0	$\pm 10\%$	> 30
P3 <sub>PPC</sub>	0		> 30
P5 <sub>PPC</sub>	0		> 30

Tabla 3.5 - Ensayos control de factor de potencia del PPC

**Nota:** Si por cualquier razón durante la ejecución de los ensayos el especialista de Estudios Eléctricos considera necesario realizar algún escalón adicional el mismo será incorporado en el momento al plan de pruebas y ejecutado.



### 3.2.3 Respuesta dinámica del control de tensión del PPC

Con el PPC operando en control de tensión, se aplicará un escalón en la referencia correspondiente de amplitud  $\pm 3\%$  de la tensión nominal (AT), cuya duración será de 30 segundos o más, para permitir el establecimiento de las principales magnitudes en el POI.

Despacho de Potencia Activa	Despacho inicial de Potencia Reactiva [MVar]	Variación en QBUS [%]	Duración Escalón [s]
P1 <sub>PPC</sub> (+)	0	$\pm 10\%$	> 30
P3 <sub>PPC</sub> (+)	0		> 30
P5 <sub>PPC</sub> (+)	0		> 30

Tabla 3.6 - Ensayos control de tensión del PPC

**Nota:** Si por cualquier razón durante la ejecución de los ensayos el especialista de Estudios Eléctricos considera necesario realizar algún escalón adicional el mismo será incorporado en el momento al plan de pruebas y ejecutado.



## 4 ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DEL DIAGRAMA PQ TEÓRICO MÁXIMO

Estos ensayos tienen como finalidad comparar la capacidad real del parque con la informada en el documento *“EE-EN-2024-1567-RA\_Diagrama\_PQ\_Teórico\_Máximo\_PE\_Punta\_de\_Talca”* donde se desarrollaron las curvas de capacidad teóricas máximas.

La guía de verificación solicita que los mismos se realicen con el parque sincronizado al SEN y en cuatro despachos de potencia activa entre el mínimo técnico (P1\_CT) y la potencia máxima (P5\_CT), para cada uno de los siguientes niveles de tensión en el punto de interconexión: 0.9 p.u, 0.95 p.u, 1.00 p.u, 1.05 p.u, 1.10 p.u, lo que totaliza 40 puntos de medición. Para comprobar la estabilidad en cada punto, se deberán registrar al menos 15 minutos en el estado de alta carga y al menos 5 minutos en el resto de los estados de carga.

Para estas pruebas se tiene el siguiente plan de trabajo general:

- 1 Verificaciones de señales.
- 2 Pruebas a distintos despachos de potencia y a distintos niveles de tensión:

Despacho de Potencia Activa	Despacho de Potencia Reactiva
P1 <sub>ppc</sub> = 8.37 [MW]	Q1, Q8
P2 <sub>ppc</sub> = 31.99 [MW]	Q2, Q7
P4 <sub>ppc</sub> = 55.62 [MW]	Q3, Q6
P5 <sub>ppc</sub> = 79.24 [MW]	Q4, Q5

Tabla 4.1 - Distribución de los puntos a verificar según el despacho de potencia activa

Donde los puntos correspondientes a los despachos de potencia reactiva indican los valores máximos y mínimos para cada nivel de carga y particularizada para cada nivel de tensión según se describe en los capítulos siguientes.

Para estas pruebas se registrarán, al menos, las siguientes señales:

- Tensión en el POI.
- Corriente en el POI.
- Potencia reactiva en el POI.
- Potencia activa en el POI.
- Frecuencia eléctrica.



## 4.1 Análisis preliminar

El rango de operación de los aerogeneradores está definido según el ajuste de protecciones presentado en la sección 2.2. La máxima tensión en bornes del aerogenerador alcanzable de forma segura será al menos 115% respecto de la nominal. Respecto a la protección de subtensión, la mínima tensión alcanzable será de 87% respecto de la nominal.

Por otra parte, se destaca que según al artículo 5-19 y artículo 5-23 de la NTSyCS, los rangos de operación de tensión para los Estados Normal y Estado de Alerta del Sistema son los mostrados en la Tabla 4.2:

Nivel de Tensión	Estado Normal (Art. 5-19)	Estado Alerta (Art. 5-23)
Nivel de tensión $\geq 500$ kV	0.97 p.u. – 1.03 p.u.	0.95 p.u. – 1.05 p.u.
$200$ kV $\leq$ Nivel de tensión $< 500$ kV	<b>0.95 p.u. – 1.05 p.u.</b>	0.93 p.u. – 1.07 p.u.
Nivel de tensión $< 200$ kV	0.93 p.u. – 1.07 p.u.	0.90 p.u. – 1.10 p.u.

Tabla 4.2 - Rangos de operación por nivel de tensión según NTSyCS



La tensión de servicio y los rangos operativos asociados a la barra S/E Punta de Talca 220 kV, según el documento técnico **“Estudios de Tensiones de Servicio – Informe Final”** (agosto 2023) expedido por el CEN, se definen según la siguiente tabla:

Nivel de Tensión	Tensión de Servicio (Vs) [kV]	Estado Normal		Estado Alerta	
		0.95 Vs	1.05 Vs	0.93 Vs	1.07 Vs
Punta de Talca	227	215.7	238.4	211.1	245.0

Tabla 4.3 - Tensión de servicio y rangos de operación en Estado Normal y de Alerta

## 4.2 Puntos de operación por Diagrama PQ

A continuación, se muestran los puntos **objetivos** a evaluar durante las pruebas en sitio para los 5 niveles de tensión.

Los casos en los que alcanzar los niveles de potencia reactiva requiera valores de tensión por sobre los 1.07 p.u, o debajo de 0.93 p.u de la tensión de servicio, lo cual excedería el límite en Estado de Alerta del Sistema dado por la Tabla 4.3, no se ensayarán. Sin embargo, mientras la tensión se encuentre dentro de los niveles de Estado Normal para la tensión de servicio y dentro de la zona de operación del parque, se inyectará/absorberá todo el reactivo posible según los puntos objetivos presentados en el informe **“EE-EN-2024-1567-RA\_Diagrama\_PQ\_Teórico\_Máximo\_PE\_Punta\_de\_Talca”**. Las pruebas estarán guiadas por el diagrama de flujo de la Figura 4.6.

A continuación, se indica para cada nivel de tensión requerido por la guía de verificación cuales son los puntos objetivos y que niveles de tensión quedan excluidos de la posibilidad de verificación. Cabe destacar, dado que el cambiador de tomas del transformador elevador es bajo carga, en el análisis se ajustó su posición a conveniencia y, además, se utilizó el banco de condensadores disponible en el parque con el fin de maximizar la inyección de potencia reactiva.



### 4.3 Tensión en POI = 0.9 p.u.

Este nivel de tensión en POI no podrá ser verificado.

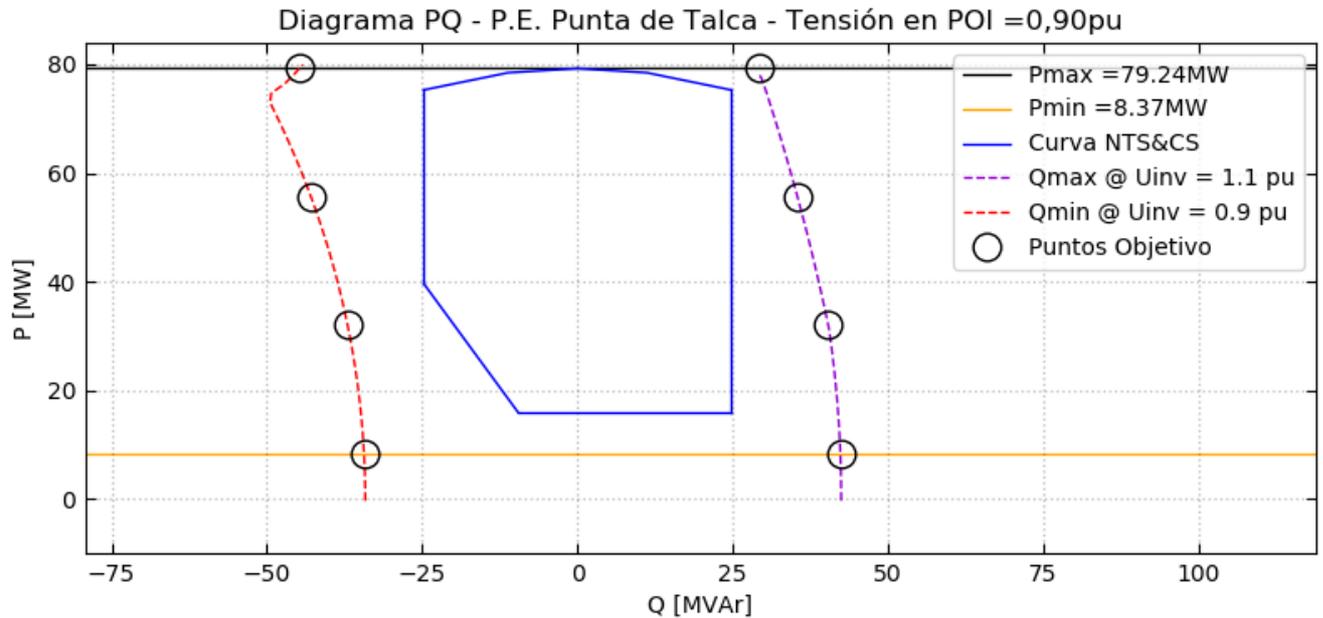


Figura 4.1 – Diagrama PQ Teórico Máximo – Tensión en POI 0.90 p.u.

Despacho potencia activa [MW]	Sobrecitación		Subexcitación	
	Potencia reactiva objetivo [MVar]	Posición de TAP Transformador elevador	Potencia reactiva objetivo [MVar]	Posición de TAP Transformador elevador
P1ppc = 8.37	<b>42.32</b>	<b>20.0</b>	<b>-34.36</b>	<b>21.0</b>
P2ppc = 31.99	<b>40.36</b>	<b>20.0</b>	<b>-37.01</b>	<b>21.0</b>
P4ppc = 55.62	<b>35.41</b>	<b>20.0</b>	<b>-42.9</b>	<b>21.0</b>
P5ppc = 79.24	<b>29.14</b>	<b>20.0</b>	<b>-44.79</b>	<b>21.0</b>

Tabla 4.4 – Punto objetivos - Tensión en POI 0.9 p.u.



#### 4.4 Tensión en POI = 0.95 p.u.

Este nivel de tensión podrá ser verificado siempre y cuando, para alcanzar los valores de reactivos indicados por el estudio de curva de PQ máxima teórica, no se requiera exceder las tensiones de operación normal de la barra del Sistema.

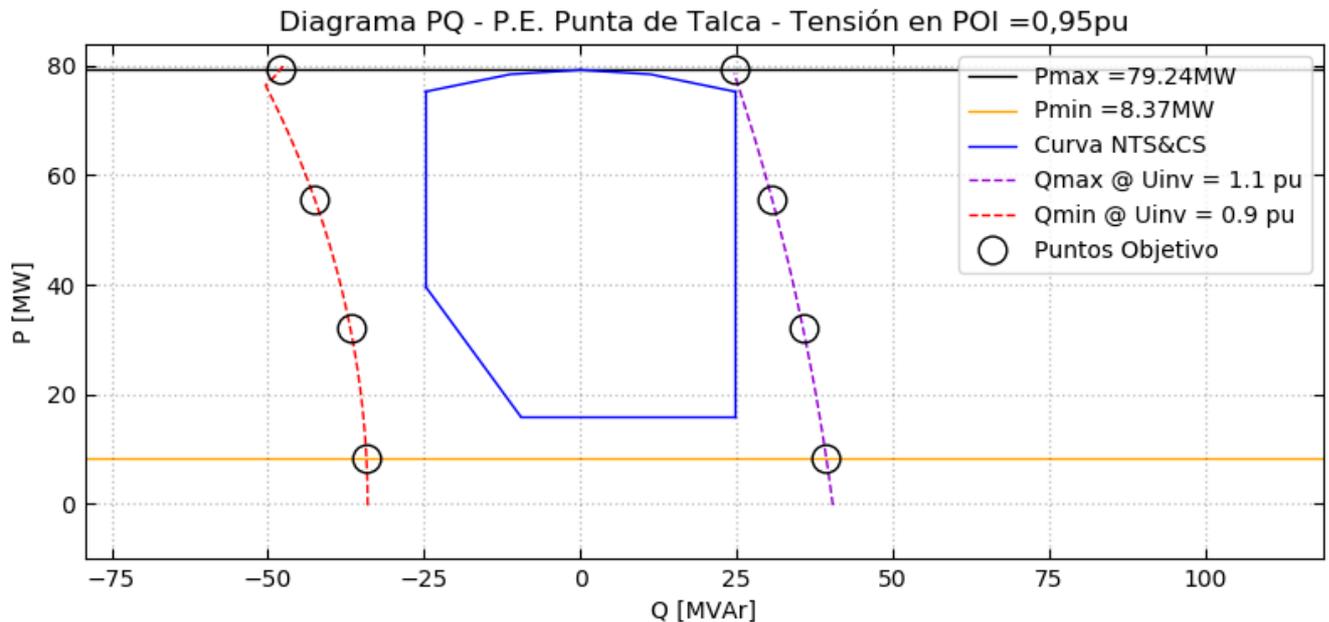


Figura 4.2 – Diagrama PQ Teórico Máximo – Tensión en POI 0.95 p.u.

Despacho potencia activa [MW]	Sobrecitación		Subexcitación	
	Potencia reactiva objetivo [MVar]	Posición de TAP Transformador elevador	Potencia reactiva objetivo [MVar]	Posición de TAP Transformador elevador
P1ppc = 8.37	<b>39.33</b>	<b>17.0</b>	<b>-34.22</b>	<b>18.0</b>
P2ppc = 31.99	<b>35.62</b>	<b>17.0</b>	<b>-36.79</b>	<b>18.0</b>
P4ppc = 55.62	<b>30.67</b>	<b>17.0</b>	<b>-42.49</b>	<b>18.0</b>
P5ppc = 79.24	<b>24.59</b>	<b>17.0</b>	<b>-48.04</b>	<b>18.0</b>

Tabla 4.5 – Punto objetivos - Tensión en POI 0.95 p.u.



#### 4.5 Tensión en POI = 1.0 p.u.

Este nivel de tensión podrá ser verificado siempre y cuando, para alcanzar los valores de reactivos indicados por el estudio de curva de PQ máxima teórica, no se requiera exceder las tensiones de operación normal de la barra del Sistema.

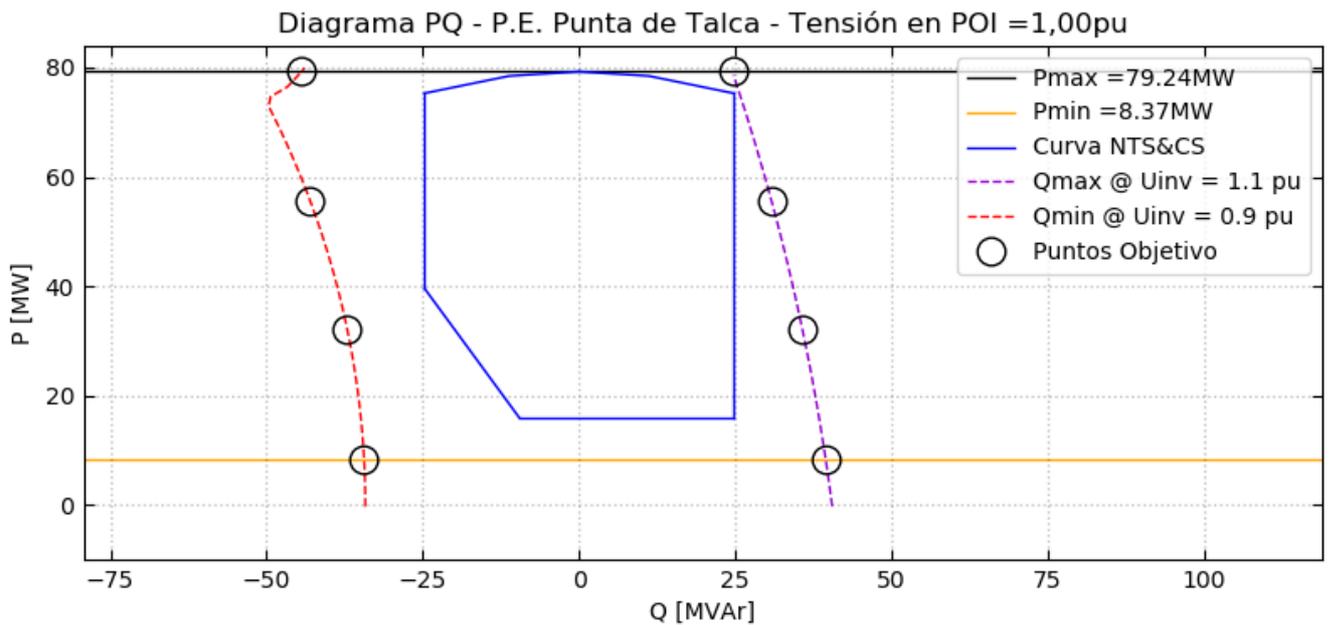


Figura 4.3 – Diagrama PQ Teórico Máximo – Tensión en POI 1.0 p.u.

Despacho potencia activa [MW]	Sobrecitación		Subexcitación	
	Potencia reactiva objetivo [MVar]	Posición de TAP Transformador elevador	Potencia reactiva objetivo [MVar]	Posición de TAP Transformador elevador
P1ppc = 8.37	<b>39.44</b>	<b>13.0</b>	<b>-34.39</b>	<b>13.0</b>
P2ppc = 31.99	<b>35.74</b>	<b>13.0</b>	<b>-37.07</b>	<b>13.0</b>
P4ppc = 55.62	<b>30.78</b>	<b>13.0</b>	<b>-43.02</b>	<b>13.0</b>
P5ppc = 79.24	<b>24.7</b>	<b>13.0</b>	<b>-44.44</b>	<b>13.0</b>

Tabla 4.6 – Punto objetivos - Tensión en POI 1.0 p.u.



#### 4.6 Tensión en POI = 1.05 p.u.

Este nivel de tensión podrá ser verificado siempre y cuando, para alcanzar los valores de reactivos indicados por el estudio de curva de PQ máxima teórica, no se requiera exceder las tensiones de operación normal de la barra del Sistema.

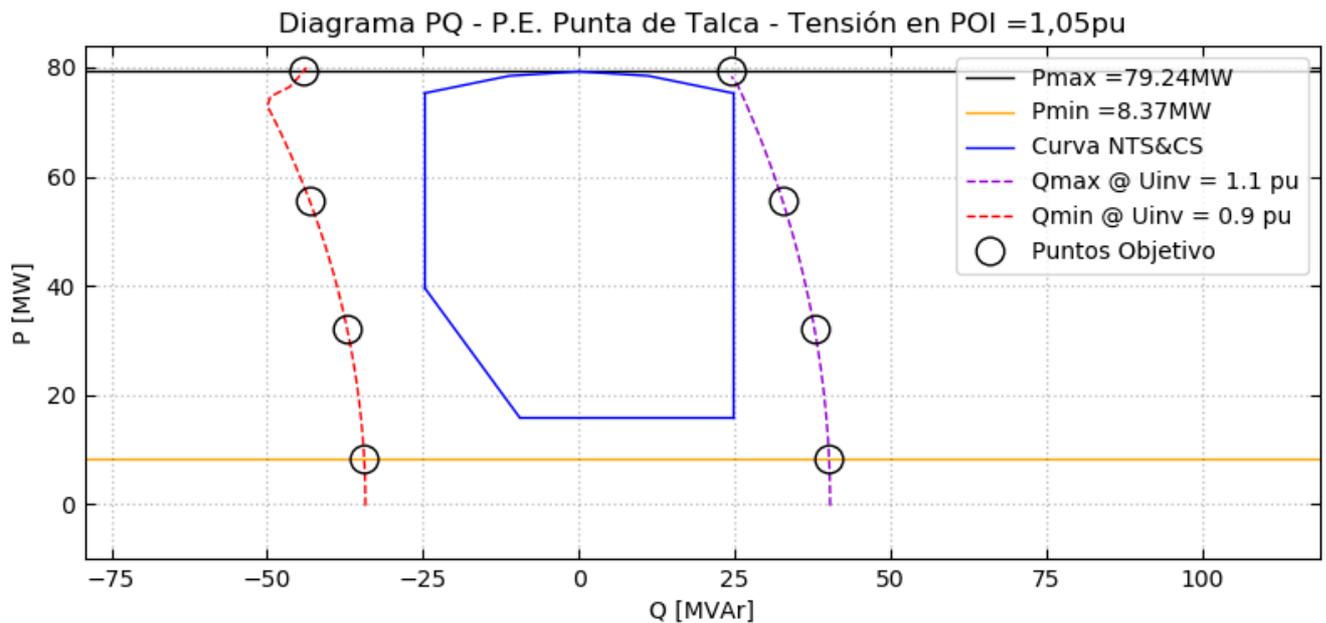


Figura 4.4 – Diagrama PQ Teórico Máximo – Tensión en POI 1.05 p.u.

Despacho potencia activa [MW]	Sobrecitación		Subexcitación	
	Potencia reactiva objetivo [MVar]	Posición de TAP Transformador elevador	Potencia reactiva objetivo [MVar]	Posición de TAP Transformador elevador
P1ppc = 8.37	<b>40.11</b>	<b>1.0</b>	<b>-34.44</b>	<b>9.0</b>
P2ppc = 31.99	<b>37.79</b>	<b>1.0</b>	<b>-37.16</b>	<b>9.0</b>
P4ppc = 55.62	<b>32.65</b>	<b>1.0</b>	<b>-43.21</b>	<b>9.0</b>
P5ppc = 79.24	<b>24.47</b>	<b>1.0</b>	<b>-44.2</b>	<b>9.0</b>

Tabla 4.7 – Punto objetivos - Tensión en POI 1.05 p.u.



#### 4.7 Tensión en POI = 1.10 p.u.

Este nivel de tensión en POI no podrá ser verificado.

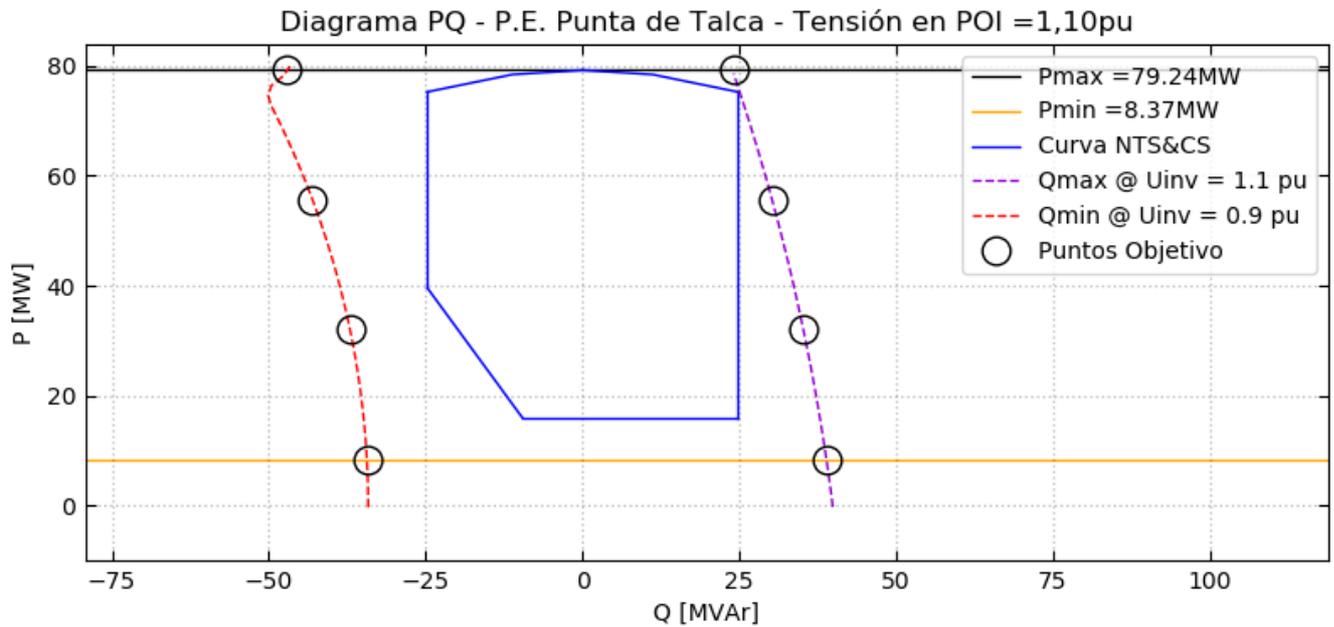


Figura 4.5 – Diagrama PQ Teórico Máximo – Tensión en POI 1.10 p.u.

Despacho potencia activa [MW]	Sobrexcitación		Subexcitación	
	Potencia reactiva objetivo [MVar]	Posición de TAP Transformador elevador	Potencia reactiva objetivo [MVar]	Posición de TAP Transformador elevador
P1ppc = 8.37	<b>38.87</b>	<b>5.0</b>	<b>-34.37</b>	<b>6.0</b>
P2ppc = 31.99	<b>35.19</b>	<b>5.0</b>	<b>-37.05</b>	<b>6.0</b>
P4ppc = 55.62	<b>30.22</b>	<b>5.0</b>	<b>-43.02</b>	<b>6.0</b>
P5ppc = 79.24	<b>24.07</b>	<b>5.0</b>	<b>-47.03</b>	<b>6.0</b>

Tabla 4.8 – Punto objetivos - Tensión en POI 1.10 p.u.

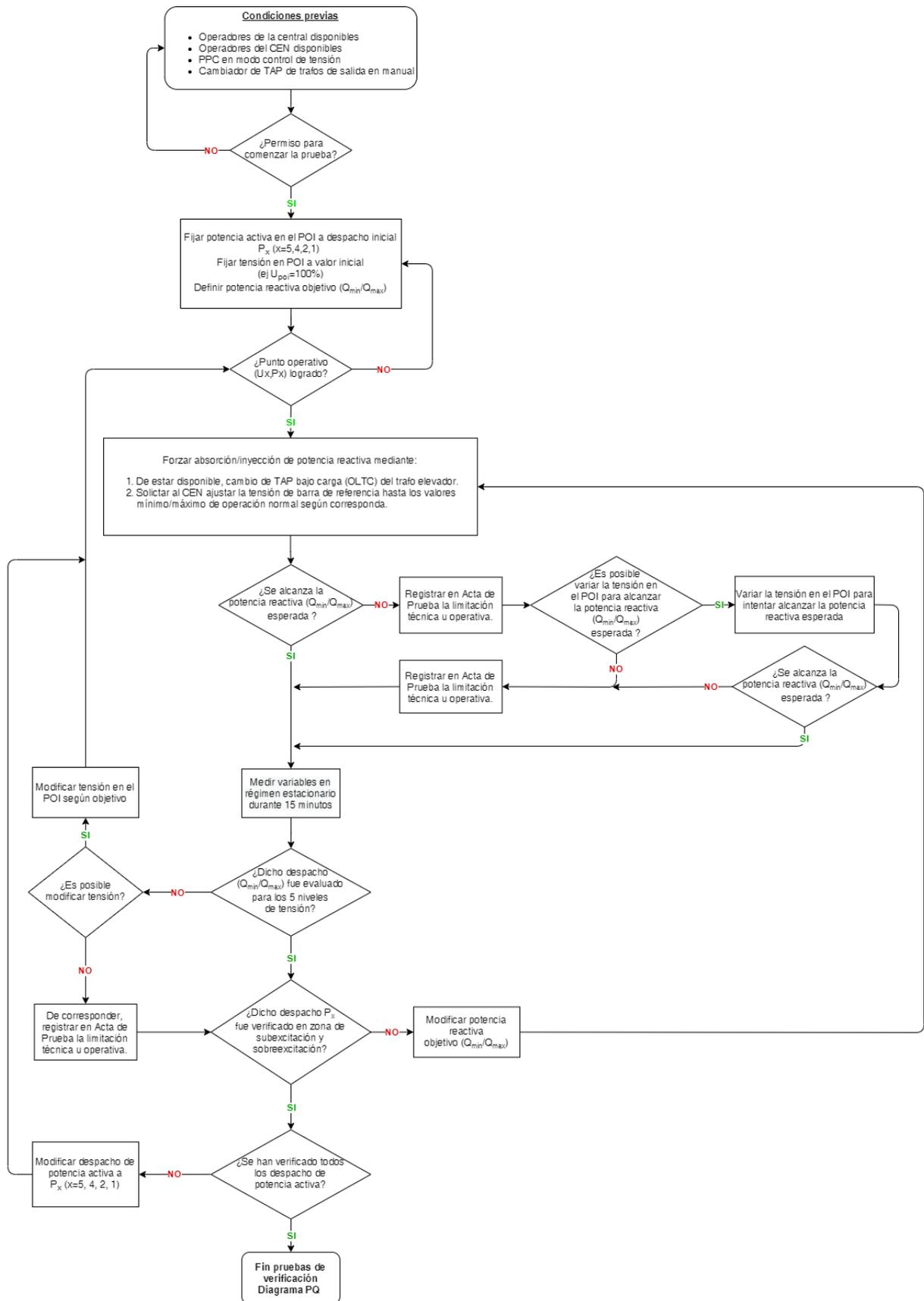


Figura 4.6 – Diagrama de decisiones para ensayos en terreno



## 5 ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE CONTROL PRIMARIO DE FRECUENCIA

El objetivo de estos ensayos es verificar la respuesta del controlador de potencia/frecuencia del parque ante grandes y pequeñas variaciones de frecuencia considerando los requerimientos definidos en la NT SSCC vigente, y teniendo en consideración su comportamiento para condición de estado normal y contingencia.

También se verificará y evaluará la posibilidad de la configuración del **estatismo** del PPC del parque, así como también el rango de ajuste de la **banda muerta**. Dichos valores serán informados posteriormente en el informe final de ensayos.

Sobrefrecuencia		Subfrecuencia	
Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Retardo inicial del PPC	≤ 2 s	Retardo inicial del PPC	≤ 2 s
Banda muerta	+200 mHz	Banda muerta	-200 mHz
Estatismo <sup>2</sup>	≥ 3.63%	Estatismo	2% - 8%

Tabla 5.1 – Criterios de evaluación para SSCC CPF

Considerando un bloque de reserva en función del estatismo actual, la potencia nominal del parque y los escalones a aplicar ( $\pm 0.2$  Hz y  $\pm 0.7$  Hz), se proponen los despachos de potencia activa mostrados en la Tabla 5.2.

Despacho de Potencia Activa	Despacho de potencia activa para escalón $\pm 0.2$ Hz	Despacho de potencia activa para escalón $\pm 0.7$ Hz
<b>P1<sub>CPF</sub></b>	P <sub>min</sub> + BR	P <sub>min</sub> + BR
<b>P2<sub>CPF</sub></b>	$\frac{P5_{CF} + 2 \cdot P1_{CF}}{3}$	$\frac{P5_{CF} + 2 \cdot P1_{CF}}{3}$
<b>P3<sub>CPF</sub></b>	$\frac{P1_{CF} + 2 \cdot P5_{CF}}{3}$	$\frac{P1_{CF} + 2 \cdot P5_{CF}}{3}$
<b>P4<sub>CPF</sub></b>	P <sub>nom</sub> - BR	P <sub>nom</sub> - BR

Tabla 5.2 – Despachos de potencia activa generada en el POI para las pruebas CPF

<sup>2</sup> Calculado respecto de la potencia disponible del parque al momento del evento de sobrefrecuencia.



Para obtener los puntos de despacho de potencia activa, se considera el siguiente cálculo de bloque de reserva:

$$BR = \left( \frac{(\Delta f)}{\frac{f_{nom}}{R}} \right) \cdot P_{nom}$$

Siendo:

- BR: Bloque de reserva según estatismo actual.
- R: Estatismo actual.
- $P_{nom}$ : Potencia nominal.
- $f_{nom}$ : Frecuencia nominal del sistema (50 Hz).
- $\Delta f$ : Escalón de frecuencia (0.2 Hz y 0.7 Hz, según corresponda).



## 5.1 Respuesta ante variaciones tipo escalón

A fin de verificar el cumplimiento de lo establecido por la Guía Técnica, se verificará la respuesta del parque ante variaciones rápidas de frecuencia. Mediante estos ensayos se verificará y medirá el **estatismo** efectivo, el **tiempo de retardo inicial**, el **tiempo de establecimiento**, y el **límite de aporte** (en caso de tener) del parque.

Cada uno de los ensayos descritos en la Tabla 5.3 se compone de dos (2) escalones de frecuencia; escalones de signo positivo y negativo de 0.2 Hz, por otro lado, escalones de signo positivo y negativo de 0.7 Hz. Los ensayos serán realizados en cada uno de los niveles de potencia definidos en la Tabla 5.2 y se realizarán con el estatismo en su valor actual, tanto para eventos de sobrefrecuencia como de subfrecuencia. Además, se considerará la banda muerta en un ajuste de  $\pm 25$  mHz.

Despacho de Potencia Activa [MW]	Perturbación tipo escalón				
	Estatismo	Punto de aplicación	Banda Muerta [mHz]	Magnitud Escalón [Hz]	Duración [min]
P1 <sub>CPF</sub>	Ajustado	Simulación de frecuencia	$\pm 25$	$\pm 0.2$	5
P1 <sub>CPF</sub>	Ajustado	Simulación de frecuencia	$\pm 25$	$\pm 0.7$	5
P2 <sub>CPF</sub>	Ajustado	Simulación de frecuencia	$\pm 25$	$\pm 0.2$	5
P2 <sub>CPF</sub>	Ajustado	Simulación de frecuencia	$\pm 25$	$\pm 0.7$	5
P3 <sub>CPF</sub>	Ajustado	Simulación de frecuencia	$\pm 25$	$\pm 0.2$	5
P3 <sub>CPF</sub>	Ajustado	Simulación de frecuencia	$\pm 25$	$\pm 0.7$	5
P4 <sub>CPF</sub>	Ajustado	Simulación de frecuencia	$\pm 25$	$\pm 0.2$	5
P4 <sub>CPF</sub>	Ajustado	Simulación de frecuencia	$\pm 25$	$\pm 0.7$	5

Tabla 5.3 – Ensayos de control primario de frecuencia escenario diurno – Respuesta al escalón



En la Tabla 5.4 se incluyen pruebas adicionales con el fin de evaluar el umbral de activación de la banda muerta en una configuración típica de  $\pm 200$  mHz. Las pruebas consisten en la aplicación de escalones de  $\pm 0.2$  Hz y  $\pm 0.25$  Hz en el estado de carga  $P_{2_{CPF}}$ .

Despacho de Potencia Activa [MW]	Perturbación tipo escalón				
	Estatismo	Punto de aplicación	Banda Muerta [mHz]	Magnitud Escalón [Hz]	Duración [min]
$P_{2_{CPF}}$	Ajustado	Simulación de frecuencia	$\pm 200$	$\pm 0.2$	5
$P_{2_{CPF}}$	Ajustado	Simulación de frecuencia	$\pm 200$	$\pm 0.25$	5

Tabla 5.4 – Ensayos de control primario de frecuencia – Umbral banda muerta

Cabe mencionar que para las pruebas mencionadas se contará con la medición de las siguientes variables:

- Despacho de Potencia Activa.
- Potencia Activa medida al segundo 0 [s].
- Potencia Activa medida al segundo 10 [s].
- Potencia Activa medida al minuto 5 [m].
- Tiempo de Establecimiento.



## 5.2 Respuesta ante variaciones naturales de la frecuencia de la red

Operando el parque para cada uno de los niveles de potencia definidos en la Tabla 5.2 se realizará un registro de la respuesta del control de potencia/frecuencia ante variaciones naturales de la frecuencia de la red. Mediante estos ensayos se verificarán y medirán el **estatismo** y la **banda muerta** efectivos del parque.

La prueba consiste en registrar la evolución de la potencia activa en función de la frecuencia real de la red durante un plazo estimado de 20 minutos, pudiendo extenderse aún más en caso de que no se detecten variaciones significativas de la frecuencia de la red. Durante estas pruebas no se debe alterar la frecuencia vista por el PPC. Además, se considerará la banda muerta ajustada en  $\pm 25$  mHz y se realizará con el estatismo en el valor actual.

Despacho de Potencia Activa [MW]	Estatismo	Banda Muerta [mHz]	Duración Ensayo [min]
P1 <sub>CPF</sub>	Ajustado	$\pm 25$	> 20
P2 <sub>CPF</sub>	Ajustado	$\pm 25$	> 20
P3 <sub>CPF</sub>	Ajustado	$\pm 25$	> 20
P4 <sub>CPF</sub>	Ajustado	$\pm 25$	> 20

Tabla 5.5 – Ensayos de control primario de frecuencia – Registro de red



### 5.3 Flujo de trabajo

Se presenta en la Figura 5.1 un diagrama de decisiones a ser considerado en sitio a la hora de efectuar los ensayos. Este diagrama se basa en cada uno de los niveles de potencia definidos en la Tabla 5.2.

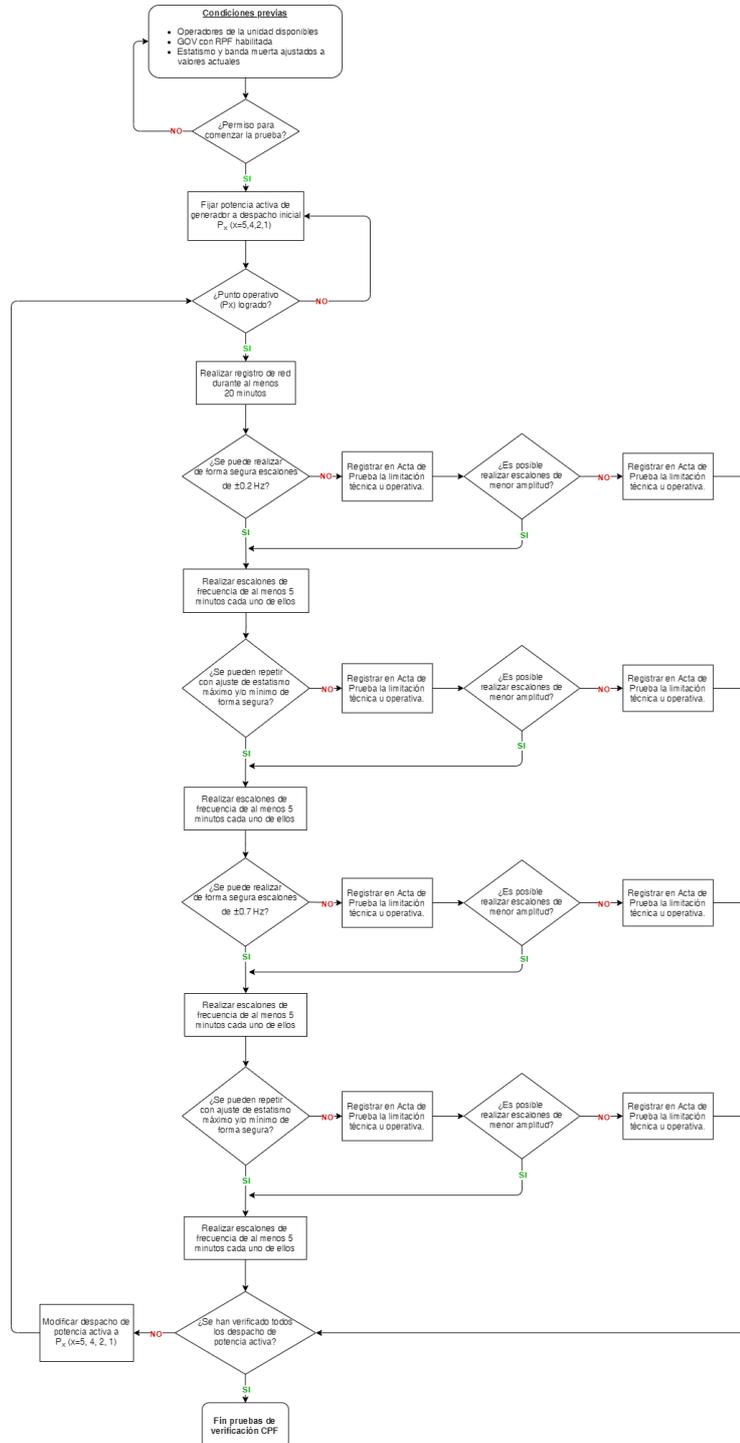


Figura 5.1 – Diagrama de decisiones para ensayos en terreno de CPF



## 6 ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE CONTROL TERCIARIO DE FRECUENCIA

El objetivo de los ensayos es verificar que la instalación tenga la capacidad técnica de responder con el 100% de la carga comprometida frente a desviaciones de la frecuencia de la red eléctrica para lograr la estabilización del Sistema en el tiempo establecido en el Informe de SSCC vigente.

También se verificará el rango de configuración posible para las tasas de subida y bajada de carga del parque en todo su rango operación. Dichos valores serán informados posteriormente en el informe final de ensayos.

Por último, con el fin de verificar la capacidad de la planta para participar en el servicio complementario de CTF en giro, se ejecutarán, como mínimo, los siguientes ensayos.

### 6.1 Incremento de carga del parque

Indistintamente del valor de la tasa de toma de carga, se comenzará el ensayo operando a mínimo técnico, y se incrementará la generación hasta alcanzar potencia máxima mediante un único cambio de referencia de potencia activa. Se deberá registrar la potencia eléctrica generada para verificar el gradiente (MW/min) de incremento de potencia.

<b>Despacho Inicial de Potencia Activa [MW]</b>	<b>Despacho Final de Potencia Activa [MW]</b>	<b>Tasa de toma de carga [MW/min]</b>	<b>Duración Ensayo [min]</b>
Pmin	Pmax	Actual	> 2
Pmin	Pmax	Tasa adicional	> 4

Tabla 6.1: Ensayos de control terciario de frecuencia – Toma de carga



## 6.2 Reducción de carga del parque

Indistintamente del valor de la tasa de bajada de carga, se comenzará el ensayo operando a potencia máxima, y se reducirá la generación hasta mínimo técnico mediante un único cambio de referencia de potencia activa. Se deberá registrar la potencia eléctrica generada para verificar el gradiente (MW/min) de reducción de potencia.

Despacho Inicial de Potencia Activa [MW]	Despacho Final de Potencia Activa [MW]	Tasa de bajada de carga [MW/min]	Duración Ensayo [min]
Pmax	Pmin	Actual	> 2
Pmax	Pmin	Tasa adicional	> 4

Tabla 6.2: Ensayos de control terciario de frecuencia – Bajada de carga



## 7 CRONOGRAMA DE ENSAYOS

A continuación, se presenta el cronograma de ensayos del Parque Eólico Punta de Talca. Se considera un cronograma de trabajo continuo, en días consecutivos y se contemplan **cuatro** días para realizar los ensayos a nivel planta y a nivel aerogenerador. Además, se consideran horas de reserva para realizar las pruebas o ensayos que hubieran quedado pendientes o se requiriese repetir.

Los tiempos indicados son **tentativos**, no contemplan retrasos debidos a problemas de indisponibilidad de la central o de operaciones en cuanto dificultad para alcanzar los despachos de potencia activa y reactiva solicitados.

El tiempo efectivo de cada ensayo podría resultar menor al estimado. Es necesario entonces advertir sobre la posibilidad de adelantamiento del cronograma para poder lograr un flujo continuo de trabajo.

Las horas consideradas para "Cableado y Verificación de las señales" podrían NO requerir la instalación detenida o desvinculada del SEN, siempre y cuando las señales detalladas sean accesibles y pueda realizarse la conexión al equipo de adquisición sin riesgo tanto para el personal como para los activos.

Se recomienda advertir al personal de operaciones / despacho sobre la necesidad de su colaboración para compensar el reactivo inyectado por la instalación bajo ensayo.



Hora	Potencia Activa	Potencia Reactiva	Descripción de las pruebas	Horas
<b>Día 1 – Pruebas de SSCC Control de Tensión</b>				
08:00	-	-	Llegada a la central.	-
08:30	-	-	Reunión y coordinación de tareas.	0.5
09:30	-	-	Cableado, conexión de equipo y verificación de las señales.	1.0
10:30	P1 <sub>aero</sub>	±10%	Pruebas Aerogenerador Cercano • Ensayos Q	1.0
11:30	P2 <sub>aero</sub>	±10%	Pruebas Aerogenerador Cercano • Ensayos Q	1.0
12:30	P3 <sub>aero</sub>	±10%	Pruebas Aerogenerador Cercano • Ensayos Q	1.0
13:30	0	0	Desconexión/Conexión de Adquisidor	0.5
14:00	P3 <sub>aero</sub>	±10%	Pruebas Aerogenerador Lejano • Ensayos Q	1.0
15:00	P2 <sub>aero</sub>	±10%	Pruebas Aerogenerador Lejano • Ensayos Q	1.0
16:00	P1 <sub>aero</sub>	±10%	Pruebas Aerogenerador Lejano • Ensayos Q	1.0
17:00	P1 <sub>PPC</sub>	Q1, Q8	Pruebas PPC • Ensayos V, Q, cos(φ) • Curva PQ	3.0
20:00	-	-	El parque queda disponible.	-

Tabla 7.1 – Cronograma tentativo de pruebas – Día 1



Hora	Potencia Activa	Potencia Reactiva	Descripción de las pruebas	Horas
<b>Día 2 – Pruebas de SSCC Control de Tensión y Control Primario de Frecuencia</b>				
08:00	-	-	Llegada a la central.	-
08:30	-	-	Cableado, conexión de equipo y verificación de las señales.	0.5
09:00	P2 <sub>PPC</sub>	Q2, Q7	Pruebas PPC <ul style="list-style-type: none"> <li>• Curva PQ</li> </ul>	2.0
11:00	P3 <sub>PPC</sub>	±10%	Pruebas PPC <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayos V, Q, cos(φ)</li> </ul>	1.0
12:00	P4 <sub>PPC</sub>	Q3, Q6	Pruebas PPC <ul style="list-style-type: none"> <li>• Curva PQ</li> </ul>	2.0
14:00	P5 <sub>PPC</sub>	Q4, Q5	Pruebas PPC <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayos V, Q, cos(φ)</li> <li>• Curva PQ</li> </ul>	3.0
17:00	P1 <sub>CPF</sub>	-	Pruebas CPF <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de red</li> <li>• Respuesta al escalón</li> </ul>	2.0
19:00	-	-	El parque queda disponible.	-

Tabla 7.2 – Cronograma tentativo de pruebas – Día 2

Hora	Potencia Activa	Potencia Reactiva	Descripción de las pruebas	Horas
<b>Día 3 – Pruebas de SSCC Control Primario de Frecuencia</b>				
08:00	-	-	Llegada a la central.	-
08:30	-	-	Cableado, conexión de equipo y verificación de las señales.	0.5
09:00	P2 <sub>CPF</sub>	-	Pruebas CPF <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de red</li> <li>• Respuesta al escalón</li> </ul>	3.0
12:00	P3 <sub>CPF</sub>	-	Pruebas CPF <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de red</li> <li>• Respuesta al escalón</li> </ul>	2.0
14:00	P4 <sub>CPF</sub>	-	Pruebas CPF <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de red</li> <li>• Respuesta al escalón</li> </ul>	2.0
16:00	-	-	El parque queda disponible.	-

Tabla 7.3 – Cronograma tentativo de pruebas – Día 3



Hora	Potencia Activa	Potencia Reactiva	Descripción de las pruebas	Horas
<b>Día 4 – Pruebas de SSCC Control Terciario de Frecuencia</b>				
08:00	-	-	Llegada a la central.	-
08:30	-	-	Cableado, conexión de equipo y verificación de las señales.	0.5
09:00	$P_{P_{MIN}} - P_{P_{MAX}}$	-	Pruebas CTF • Subida de carga	0.5
09:30	$P_{P_{MAX}} - P_{P_{MIN}}$	-	Pruebas CTF • Bajada de carga	0.5
10:00	$P_{P_{MIN}} - P_{P_{MAX}}$	-	Pruebas CTF • Subida de carga con tasa adicional	0.5
10:30	$P_{P_{MAX}} - P_{P_{MIN}}$	-	Pruebas CTF • Bajada de carga con tasa adicional	0.5
11:00	-	-	Reserva para pruebas pendientes	4.0
15:00	-	-	El parque queda disponible	-

Tabla 7.4 – Cronograma tentativo de pruebas – Día 4



## 8 ANEXOS

### 8.1 Antecedentes del PPC

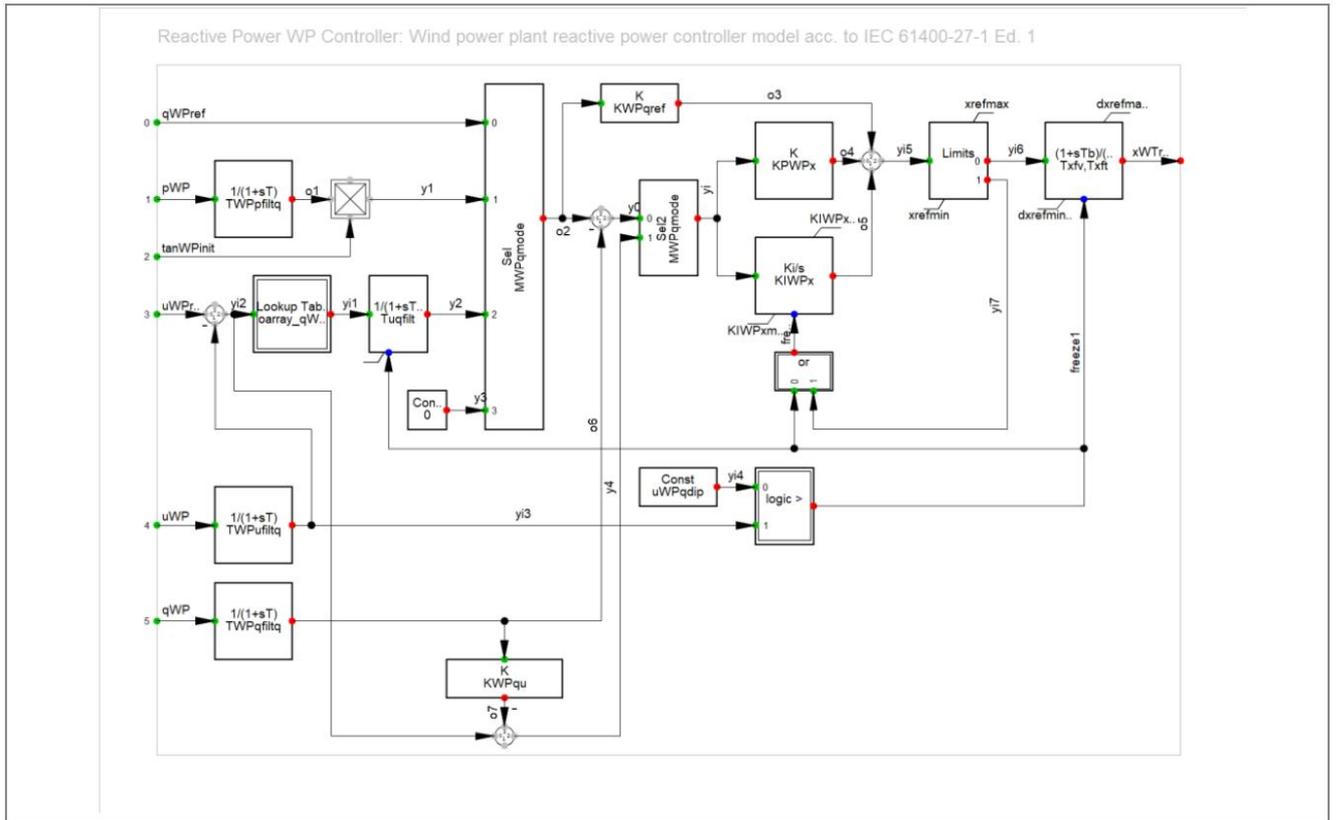


Figura 8.1 – Modelo PowerFactory del PPC Nordex modos de control de potencia reactiva

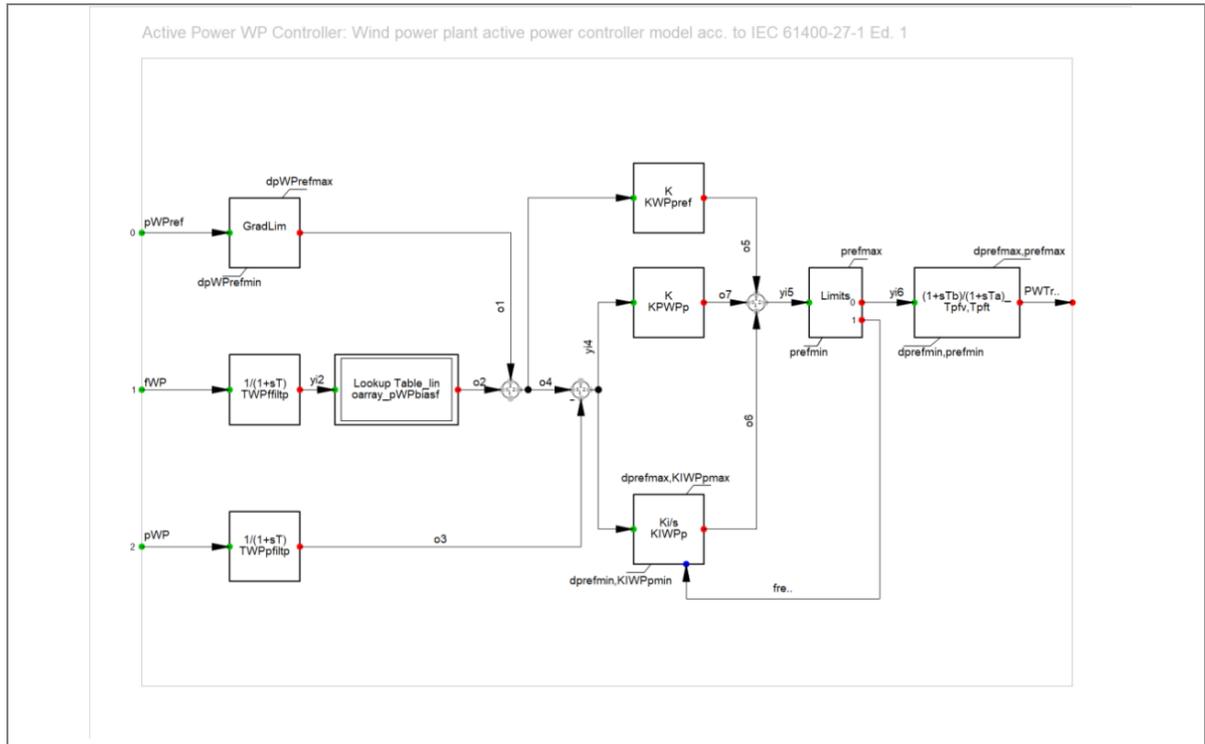


Figura 8.2 – Modelo PowerFactory del PPC Nordex modos de control de potencia activa

## 8.2 Protecciones de los aerogeneradores

General	Advanced 1	Advanced 2	Advanced 3	
Characteristics:				
	UHVRT_x	UHVRT_y	ULVRT_x	ULVRT_y
Size	7,	0,	7,	0,
1	0,	130,	0,	0,
2	0,15	130,	0,3	0,
3	0,15	125,	3,2	80,
4	60,	125,	11,	80,
5	60,	115,	11,	85,
6	60,	115,	180,	85,
7	60,	115,	180,	87,

Figura 8.3 – Perfil de la característica de protección de sobre y subtensión



	Parameter
t_filt Voltage filter time constant [s]	0,03
P1750 nominal frequency [Hz]	50,
P1904 Threshold for overfrequency 1 [%]	106,
P1905 Time delay for overfrequency 1 [s]	0,2
P1910 Threshold for overfrequency 2 [%]	106,
P1911 Time delay for overfrequency 2 [s]	0,2
P1954 Threshold for underfrequency 1 [%]	95,
P1955 Time delay for underfrequency 1 [s]	300,
P1960 Threshold for underfrequency 2 [%]	94,
▶ P1961 Time delay for underfrequency 2 [s]	0,2
P4968 fallback time LVRT [s]	0,3
P4970 LVRT start threshold [%]	87,
P4978 LVRT fallback threshold [%]	88,
P9147 fallback time HVRT [s]	0,3
P9148 HVRT start threshold [%]	115,
P9156 HVRT fallback threshold [%]	114,

Figura 8.4 – Ajuste de la protección de sobre y subfrecuencia



### 8.3 Antecedentes del transformador principal

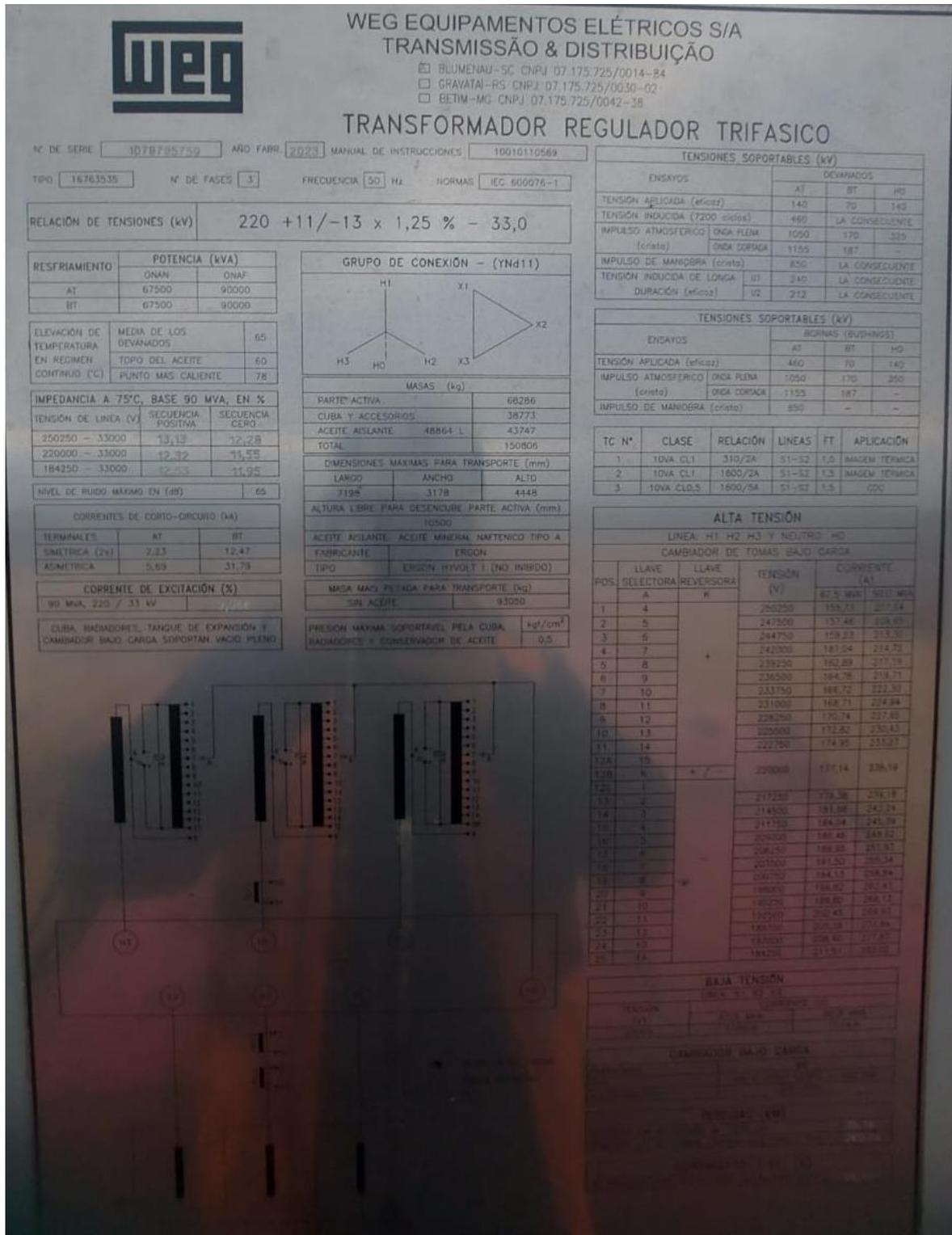


Figura 8.5 – Placa del transformador elevador



## 8.4 Antecedentes de los transformadores de bloque

<b>STEP-UP TRANSFORMER*</b>		
Total weight	Max. 9 t	
Insulation medium	Ester transformer	
Rated voltage OV, $U_r$	0.75 kV	
Maximum rated voltage OV, dependent on MV grid, $U_r$	20 / 30 / 34 kV	
Taps, overvoltage side	+ 4 x 2.5 % / + 4 x 2.5 % / + 4 x 0.5kV	
Grid voltage OV	20 kV; 20.5 kV; 21 kV; 21.5 kV; 22 kV; 30 kV; 30.75 kV; 31.5 kV; 32.25 kV; 33 kV / 34 kV; 34.5 kV; 35 kV; 35,5 kV; 36 kV	
Rated frequency, fr & Power loss: Po: No Load losses Pk: Short circuit losses	50 Hz	60 Hz
	<b>ECO VERSION (EU) 2019/1783, 548/2014</b> Minimum peak efficiency index: PEI= 99.571%	
	Po=Approx. 2900 W Pk=Approx. 70000 W	Po=Approx. 4000 W Pk=Approx. 71000 W
	<b>STANDARD VERSION</b> Po=Approx. 4000 W Pk=Approx. 71000 W	
Vector group	Dy5	
Installation altitude (above MSL)	Up to 2000m	
Rated apparent power, $S_r$	6350 kVA	
Impedance voltage, $u_z$	8 to 9 % $\pm$ 10 % tolerance	
Activation current	< 5.5 x $I_n$ (peak value)	
*) The values are, If not specified otherwise, maximum values. The values may deviate depending on the rated voltage, rated apparent power and WT active power.		

Figura 8.6 –Placa del transformador de bloque



## 8.5 Antecedentes del transformador de SS/AA

### Características técnicas:

Tipo	100/36/33 B2 O-PA
Normativa aplicable	IEC 60076 - Reglamento (UE) N° 548/2014 - Tier 2
Potencia (kVA)	100
Tensión AT (V)	33000
Regulación AT	$\pm 2,5 \pm 5\%$
Nivel de aislamiento AT (kV)	36
Tensión BT en vacío (V)	400
Nivel de aislamiento BT (kV)	1,1
Grupo de conexión	Dyn11
Material arrollamientos AT y BT	COBRE
Frecuencia (Hz)	50
Tipo de refrigeración	ONAN
Líquido refrigerante	ACEITE
Temperatura ambiente mínima/máxima (°C)	- 25 / + 40
Altitud máxima (m snm)	1000
Bornas arrollamiento AT	3 de porcelana 36kV-250A Línea de fuga 935mm
Bornas arrollamiento BT	4 de porcelana 1kV-250A

Figura 8.7 –Hoja de datos del transformador de SS/AA



## 8.6 Antecedentes del banco de condensador

DATOS DE LA RED	
Tensión de servicio del sistema	33kV
Potencia batería a la tensión del sistema	10000kVAr
Frecuencia	50Hz

DATOS GENERALES DE LAS BATERÍAS DE CONDENSADORES: 10000kVAr, 33kV, 50Hz	
Marca	RTR POWER
Tipo de banco	Banco en armario
Potencia nominal	12100kVAr
Tensión nominal	34,6kV
Intensidad	201,91 A
Número de fases	3
Nivel de aislamiento	70/170 kV
Frecuencia	50Hz
Tipo de conexión	Doble estrella
Número de escalones	1
Número de condensadores por escalón	18
Potencia de cada paso	10000kVAr
Montaje	Exterior
<b>AISLAMIENTO</b>	
Tensión soportada a frecuencia industrial	70kVrms
Tensión soportada a impulsos tipo rayo	170kV pico
<b>SOBRECARGAS ADMITIDAS</b>	
Sobretensión	1.1xUn
Sobrecorriente	1.3xIn
<b>TENSIONES AUXILIARES</b>	
Tensión de control	-
Tensión auxiliar	-
<b>ARMARIO</b>	
Grado de protección	IP 55
Material	Acero galvanizado en caliente
Color armario	RAL 7035
Entrada cable alimentación	Inferior
Entrada cable de maniobra	Inferior
Sistema bloqueo puerta	Llave

Figura 8.8 –Hoja de datos del banco de condensador



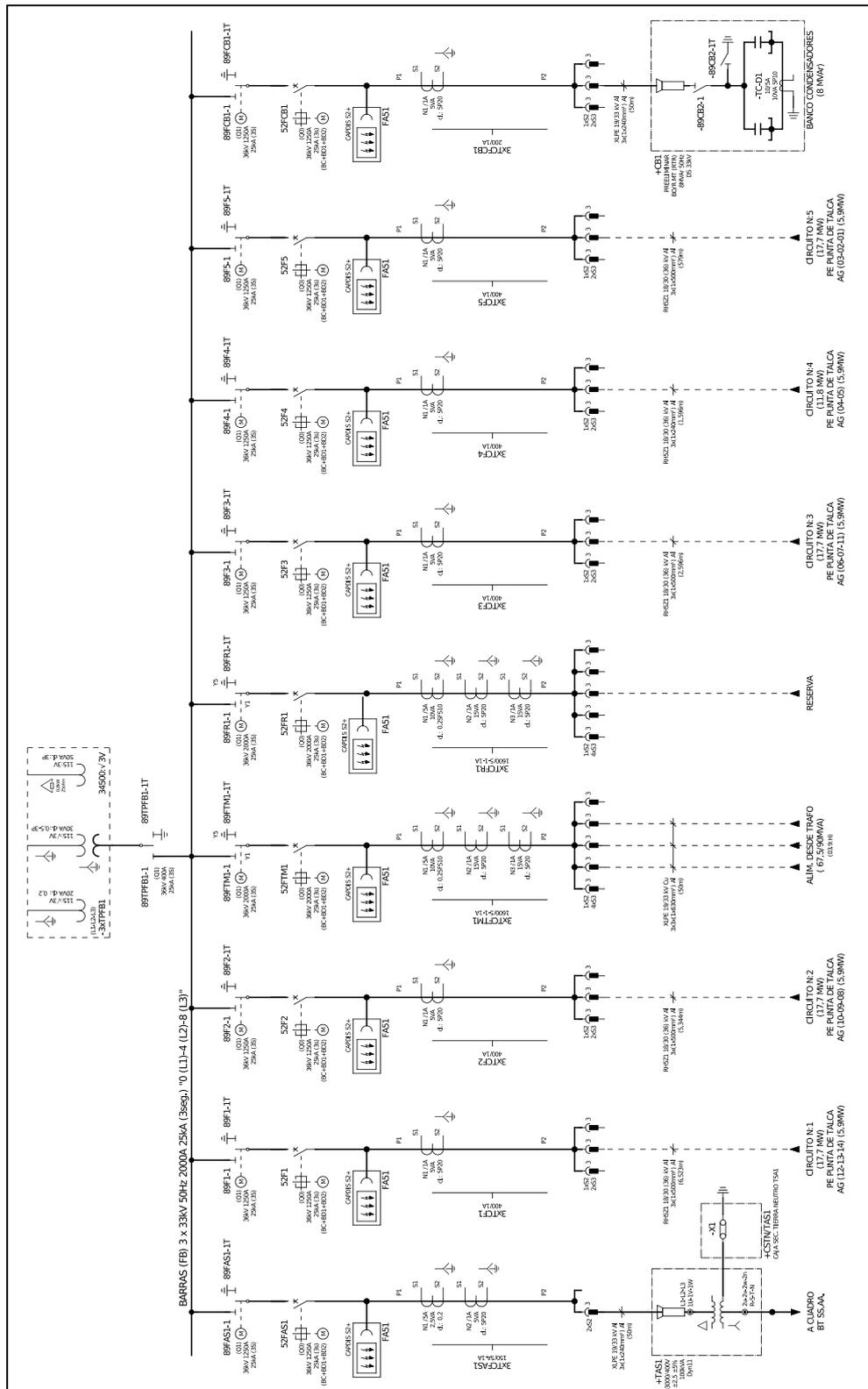


Figura 8.10 – Diagrama unilínea de la barra principal de 23 kV del Parque Eólico Punta de Talca



## 8.8 Acta de pruebas

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESTUDIOS ELECTRICOS</b> ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS</p> </div> <p style="text-align: center;"><b>ACTA DE PRUEBAS</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <td style="width: 20%;">Fecha</td> <td style="width: 20%;">Empresa</td> <td style="width: 60%;"></td> </tr> <tr> <td>ID Proyecto</td> <td>Ubicación</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Denominación Planta</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Servicios por verificar</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table> <p><b>Datos de la instalación</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <td style="width: 40%;">Potencia aparente nominal [MVA]</td> <td style="width: 20%;">Tipo de central</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Tensión en bornes nominal [kV]</td> <td>Cantidad de unidades</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Potencia activa máxima [MW]</td> <td>Tipo de excitación</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Potencia activa mínima [MW]</td> <td>Transformador elevador bajo carga</td> <td></td> </tr> </table> <p><b>Responsables durante las pruebas</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <td style="width: 60%;">Coordinado</td> <td style="width: 40%;">Representante Coordinado</td> </tr> <tr> <td>Equipo Experto Técnico</td> <td>Experto Técnico</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Experto Técnico</td> </tr> </table> <p><b>Datos de las pruebas</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Estado previo de la planta</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Inicio del período de pruebas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fin del período de pruebas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Protocolo aplicable</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Posición de TAP <b>trab.</b> elevador</td> <td></td> </tr> </table>	Fecha	Empresa		ID Proyecto	Ubicación		Denominación Planta			Servicios por verificar			Potencia aparente nominal [MVA]	Tipo de central		Tensión en bornes nominal [kV]	Cantidad de unidades		Potencia activa máxima [MW]	Tipo de excitación		Potencia activa mínima [MW]	Transformador elevador bajo carga		Coordinado	Representante Coordinado	Equipo Experto Técnico	Experto Técnico		Experto Técnico	Estado previo de la planta		Inicio del período de pruebas		Fin del período de pruebas		Protocolo aplicable		Posición de TAP <b>trab.</b> elevador		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ESTUDIOS ELECTRICOS</b> ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS</p> </div> <p><b>Observaciones/Desvíos del protocolo</b></p> <p style="text-align: center;">-</p>
Fecha	Empresa																																								
ID Proyecto	Ubicación																																								
Denominación Planta																																									
Servicios por verificar																																									
Potencia aparente nominal [MVA]	Tipo de central																																								
Tensión en bornes nominal [kV]	Cantidad de unidades																																								
Potencia activa máxima [MW]	Tipo de excitación																																								
Potencia activa mínima [MW]	Transformador elevador bajo carga																																								
Coordinado	Representante Coordinado																																								
Equipo Experto Técnico	Experto Técnico																																								
	Experto Técnico																																								
Estado previo de la planta																																									
Inicio del período de pruebas																																									
Fin del período de pruebas																																									
Protocolo aplicable																																									
Posición de TAP <b>trab.</b> elevador																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center; vertical-align: middle;">Firmas Adaración/Empresa</td> <td style="width: 33%; text-align: center; vertical-align: middle;">Coordinado</td> <td style="width: 33%; text-align: center; vertical-align: middle;">Experto técnico</td> </tr> </table>		Firmas Adaración/Empresa	Coordinado	Experto técnico																																					
Firmas Adaración/Empresa	Coordinado	Experto técnico																																							

Figura 8-11 - Formato del Acta de Pruebas



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco