



CTGLatAm



中国电建
POWERCHINA

PARQUE SOLAR BARANOA

PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS FUNCIONALIDADES DE
CONTROL DE TENSIÓN
ACUERDO CNO 1830 – 2024

INFORME FINAL

DOCUMENTO IEB-837-23-04

REVISIÓN 1



Medellín, abril de 2025

Medellín

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

+57 (4) 604 32 72 propuestas@ieb.co

Colombia: Medellín | Bogotá | Barranquilla | Cartagena

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

www.ieb.co

CONTROL DE DISTRIBUCIÓN

Copias de este documento han sido entregadas a:

Nombre	Dependencia	Empresa	Copias
Daniel David Moreno	Proyectos	Power China International Group LTD	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	21/03/2025	Emisión Inicial	<u>CCM/CPH</u>	<u>DMM/GAG</u>	RGV/FGG
			CCM/CPH	DMM/GAG	RGV/FGG
1	08/04/2025	Atención de comentarios Power China	<u>CCM/CPH</u>	<u>DMM/GAG</u>	RGV/FGG
			CCM/CPH	DMM/GAG	RGV/FGG

Participaron en la elaboración de este informe:

CCM	Christian Cardona Morales	GAG	Gustavo Alonso Gutierrez
DMM	Daniel Manjarres Mur	RGV	Rolando Guisao Vélez
FGG	Francisco Gafaro G	CPH	Cristian Petrel Higueta

Participaron en las pruebas de campo:

CCM	Christian Cardona Morales	CPH	Cristian Petrel Higueta
RGV	Rolando Guisao Vélez		

Participaron en las pruebas de campo por parte Power China:

DDM	Daniel David Moreno	AJC	Arelys Juliao Comas
-----	---------------------	-----	---------------------

-	Operador de la central Baranoa	.	.
---	--------------------------------	---	---

Operadores del CND:

JJC	Juan José Chavarra	.	.
-----	--------------------	---	---

Fecha de comunicación: 7 de marzo 9:43 a.m

Medellín

Cil. 8B No. 65-191 C.E Puerto Seco. Of. 331

+57 (4) 604 32 72 propuestas@ieb.co

Colombia: Medellín | Bogotá | Barranquilla | Cartagena

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

TABLA DE CONTENIDO

1.	OBJETIVO	11
2.	ALCANCE	11
3.	GENERALIDADES.....	11
4.	DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTO.....	13
5.	DATOS Y RESULTADOS	14
6.	CONCLUSIONES	85
7.	REFERENCIAS.....	86
8.	ANEXOS	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos Parque Solar Baranoa	12
Tabla 2. Parámetros de potencia activa, reactiva, tensión y factor de potencia debido a la consigna.....	17
Tabla 3. Parámetros de potencia activa, reactiva, tensión y factor de potencia debido a la consigna.....	22
Tabla 4. Parámetros de potencia activa, reactiva, tensión y factor de potencia debido a la consigna.....	26
Tabla 5. Parámetros de potencia activa, reactiva, tensión y factor de potencia debido a la consigna.....	31
Tabla 6. Parámetros de potencia activa, reactiva, tensión y factor de potencia debido a la consigna.....	34
Tabla 7. Parámetros de potencia activa, reactiva, tensión y factor de potencia debido a la consigna.....	39
Tabla 8. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de tensión sin estatismo.....	44
Tabla 9. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de tensión con estatismo del 4%	50
Tabla 10. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de tensión con estatismo del 2%	56
Tabla 11. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de tensión con estatismo del 6%	62
Tabla 12. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de potencia reactiva en la región inductiva	67
Tabla 13. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de potencia reactiva en la región capacitiva.	72
Tabla 14. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de factor de potencia en la región inductiva	78
Tabla 15. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de factor de potencia en la región capacitiva	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del proyecto [Tomado Google Maps].	12
Figura 2. Consigna local de tensión - Escalón ascendente - Respuesta de la potencia reactiva	14
Figura 3. Consigna local de tensión - Escalón ascendente - Respuesta del factor de potencia	15
Figura 4. Consigna local de tensión - Escalón ascendente - Respuesta de la tensión	15
Figura 5. Consigna local de tensión - Escalón descendente - Respuesta de la potencia reactiva	16
Figura 6. Consigna local de tensión - Escalón descendente - Respuesta del factor de potencia	16
Figura 7. Consigna local de tensión - Escalón descendente - Respuesta de la tensión ...	17
Figura 8. Consigna local de potencia reactiva - Escalón ascendente - Respuesta de la	

tensión	18
Figura 9. Consigna local de potencia reactiva - Escalón ascendente - Respuesta del factor de potencia.....	19
Figura 10. Consigna local de potencia reactiva - Escalón ascendente - Respuesta de la potencia reactiva	19
Figura 11. Consigna local de potencia reactiva - Escalón descendente - Respuesta de la tensión	20
Figura 12. Consigna local de potencia reactiva - Escalón descendente - Respuesta del factor de potencia.....	21
Figura 13. Consigna local de potencia reactiva - Escalón descendente - Respuesta de la potencia reactiva	21
Figura 14. Consigna local de factor de potencia - Escalón ascendente - Respuesta de la tensión	22
Figura 15. Consigna local de factor de potencia - Escalón ascendente - Respuesta de la potencia reactiva	23
Figura 16. Consigna local de factor de potencia - Escalón ascendente - Respuesta del factor de potencia.....	23
Figura 17. Consigna local de factor de potencia - Escalón descendente - Respuesta de la tensión	24
Figura 18. Consigna local de factor de potencia - Escalón descendente - Respuesta de la potencia reactiva	25
Figura 19. Consigna local de factor de potencia - Escalón descendente - Respuesta del factor de potencia.....	25
Figura 20. Consigna remota de tensión - Escalón ascendente - Respuesta de la potencia reactiva	27
Figura 21. Consigna remota de tensión - Escalón ascendente - Respuesta del factor de potencia	27
Figura 22. Consigna remota de tensión - Escalón ascendente - Respuesta de la tensión	28
Figura 23. Consigna remota de tensión - Escalón descendente - Respuesta de la potencia reactiva	29
Figura 24. Consigna remota de tensión - Escalón descendente - Respuesta del factor de potencia	29
Figura 25. Consigna remota de tensión - Escalón descendente - Respuesta de la tensión	30
Figura 26. Consigna remota de potencia reactiva - Escalón ascendente – Respuesta de la tensión	31
Figura 27. Consigna remota de potencia reactiva - Escalón ascendente – Respuesta del factor de potencia.....	32
Figura 28. Consigna remota de potencia reactiva - Escalón ascendente – Respuesta de la potencia reactiva	32
Figura 29. Consigna remota de potencia reactiva - Escalón descendente – Respuesta de la tensión	33
Figura 30. Consigna remota de potencia reactiva - Escalón descendente – Respuesta del factor de potencia.....	33
Figura 31. Consigna remota de potencia reactiva - Escalón descendente – Respuesta de la potencia reactiva	34
Figura 32. Consigna remota de factor de potencia - Escalón ascendente – Respuesta de la tensión	35
Figura 33. Consigna remota de factor de potencia - Escalón ascendente – Respuesta de la	

potencia reactiva	36
Figura 34. Consigna remota de factor de potencia - Escalón ascendente – Respuesta del factor de potencia.....	36
Figura 35. Consigna remota de factor de potencia - Escalón descendente – Respuesta de la tensión.....	37
Figura 36. Consigna remota de factor de potencia - Escalón descendente – Respuesta de la potencia reactiva	38
Figura 37. Consigna remota de factor de potencia - Escalón descendente – Respuesta del factor de potencia.....	38
Figura 38. Control de tensión sin estatismo – Escalón descendente – Respuesta de tensión	40
Figura 39. Control de tensión sin estatismo – Escalón descendente – Respuesta de potencia activa.....	40
Figura 40. Control de tensión sin estatismo – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva	41
Figura 41. Control de tensión sin estatismo – Escalón ascendente – Respuesta de tensión	41
Figura 42. Control de tensión sin estatismo – Escalón ascendente – Respuesta de potencia activa.....	42
Figura 43. Control de tensión sin estatismo – Escalón ascendente – Respuesta de potencia reactiva	42
Figura 44. Consigna de tensión sin estatismo – Escalón descendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (1,99 MW).....	43
Figura 45. Consigna de tensión sin estatismo – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (16,9 MW).....	43
Figura 46. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón descendente – Respuesta de tensión	45
Figura 47. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón descendente – Respuesta de potencia activa	45
Figura 48. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva	46
Figura 49. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón ascendente – Respuesta de tensión	46
Figura 50. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón ascendente – Respuesta de potencia activa	47
Figura 51. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón ascendente – Respuesta de potencia reactiva	47
Figura 52. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón ascendente – Grafica de Potencia Reactiva vs Tensión (17 MW).....	48
Figura 53. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón descendente – Grafica de Potencia Reactiva vs Tensión (1,99 MW).....	48
Figura 54. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (17 MW)	49
Figura 55. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón descendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (1,99 MW)	49
Figura 56. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón descendente – Respuesta de tensión	51
Figura 57. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón descendente – Respuesta de potencia activa	51

Figura 58. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva	52
Figura 59. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón ascendente – Respuesta de tensión	52
Figura 60. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón ascendente – Respuesta de potencia activa	53
Figura 61. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón ascendente – Respuesta de potencia reactiva	53
Figura 62. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón ascendente – Grafica de Potencia Reactiva vs Tensión (17 MW).....	54
Figura 63. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón descendente – Grafica de Potencia Reactiva vs Tensión (1,99 MW).....	54
Figura 64. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (17 MW)	55
Figura 65. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón descendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (1,99 MW)	55
Figura 66. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón descendente – Respuesta de tensión	57
Figura 67. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón descendente – Respuesta de potencia activa	57
Figura 68. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva	58
Figura 69. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón ascendente – Respuesta de tensión	58
Figura 70. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón ascendente – Respuesta de potencia activa	59
Figura 71. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón ascendente – Respuesta de potencia reactiva	59
Figura 72. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón ascendente – Grafica de Potencia Reactiva vs Tensión	60
Figura 73. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón descendente – Grafica de Potencia Reactiva vs Tensión	61
Figura 74. Control de tensión con estatismo del 8% – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (17 MW)	61
Figura 75. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón descendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (1,99 MW)	62
Figura 76. Control de potencia reactiva en región inductiva – Escalón ascendente – Respuesta de tensión.....	63
Figura 77. Control de potencia reactiva en región inductiva – Escalón ascendente – Respuesta de potencia activa.....	63
Figura 78. Control de potencia reactiva en región inductiva – Escalón ascendente – Respuesta de potencia reactiva	64
Figura 79. Control de potencia reactiva en región inductiva – Escalón descendente – Respuesta de tensión.....	64
Figura 80. Control de potencia reactiva en región inductiva – Escalón descendente – Respuesta de potencia activa.....	65
Figura 81. Control de potencia reactiva en región inductiva – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva	65
Figura 82. Control de potencia reactiva en la región inductiva – Escalón ascendente –	

Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento	66
Figura 83. Control de potencia reactiva en la región inductiva– Escalón descendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento	66
Figura 84. Control de potencia reactiva en región capacitiva – Escalón descendente – Respuesta de tensión.....	67
Figura 85. Control de potencia reactiva en región capacitiva – Escalón descendente – Respuesta de potencia activa.....	68
Figura 86. Control de potencia reactiva en región capacitiva – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva	68
Figura 87. Control de potencia reactiva en región capacitiva – Escalón ascendente – Respuesta de tensión.....	69
Figura 88. Control de potencia reactiva en región capacitiva – Escalón ascendente – Respuesta de potencia activa.....	69
Figura 89. Control de potencia reactiva en región capacitiva – Escalón ascendente – Respuesta de potencia reactiva	70
Figura 90. Control de potencia reactiva – Escalón descendente – Región capacitiva - Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento	71
Figura 91. Control de potencia reactiva en región capacitiva – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento	71
Figura 92. Control de factor de potencia en la región inductiva – Escalón ascendente – respuesta de tensión	73
Figura 93. Control de factor de potencia en la región inductiva – Escalón ascendente – respuesta de potencia activa.....	73
Figura 94. Control de factor de potencia en la región inductiva - Escalón ascendente - Respuesta de potencia reactiva	74
Figura 95. Control de factor de potencia en la región inductiva - Escalón ascendente – Respuesta de factor de potencia.....	74
Figura 96. Control de factor de potencia en la región inductiva - Escalón descendente – Respuesta de tensión.....	75
Figura 97. Control de factor de potencia en la región inductiva - Escalón descendente – Respuesta de potencia activa.....	75
Figura 98. Control de factor de potencia en la región inductiva – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva	76
Figura 99. Control de factor de potencia en la región inductiva – Escalón descendente – Respuesta de factor de potencia.....	76
Figura 100. Control de factor de potencia en la región inductiva – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (1,99 MW)	77
Figura 101. Control de factor de potencia en la región inductiva – Escalón descendente – Región inductiva – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (17 MW)	77
Figura 102. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón descendente – Respuesta de tensión.....	78
Figura 103. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón descendente – Respuesta de potencia activa.....	79
Figura 104. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva	79
Figura 105. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón descendente – Respuesta de factor de potencia.....	80
Figura 106. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón ascendente –	

Respuesta de tensión.....	80
Figura 107. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón ascendente – Respuesta de potencia activa.....	81
Figura 108. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón ascendente – Respuesta de potencia reactiva	81
Figura 109. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón ascendente – Respuesta de factor de potencia	82
Figura 110. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón descendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (1,99 MW)	83
Figura 111. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (17 MW)	83

1. OBJETIVO

Verificar mediante pruebas en sitio las funcionalidades del controlador de tensión del parque solar Baranoa, atendiendo a los requerimientos del acuerdo CNO 1830 de 2024 [1].

1.1. Nomenclatura

- FP: Factor de potencia.
- P_{ele} : Potencia activa [MW].
- Q_{ele} : Potencia reactiva [Mvar].
- V: Tensión en la frontera comercial.
- VREF: Referencia de tensión.
- PPC: Power Plant Controller.
- FP: Modo de control factor de potencia.
- Q: Modo de control potencia reactiva.

2. ALCANCE

El alcance de este informe comprende los resultados de los ensayos de consignas locales y remotas realizadas para verificar las funcionalidades del control de tensión asociadas al Power Plant Controller (PPC) del parque solar Baranoa, conforme a los protocolos propuestos en el Acuerdo CNO 1830 de 2024.

3. GENERALIDADES

3.1. PARQUE SOLAR BARANOA

El parque solar Baranoa se encuentra ubicado en el municipio de Baranoa del departamento del Atlántico, como se indica en la Figura 1, con coordenadas latitudinal y longitudinal 10°46'56"N y 74°53'15.30W respectivamente.

El parque se encuentra conectado a la subestación Baranoa 110 kV, donde se llevaron a cabo las mediciones necesarias para el desarrollo de las pruebas. Dichas pruebas fueron ejecutadas los días 28 de febrero hasta el 8 de marzo.



Figura 1. Ubicación geográfica del proyecto [Tomado Google Maps].

3.2. Características técnicas

A continuación, se detallan las características técnicas del parque solar Baranoa de 19,9 MW.

Tabla 1. Datos Parque Solar Baranoa

Parámetro	Valor	Unidad
Fabricante Inversores	Huawei	-
Referencia de los inversores	SUN2000 330KTL-H1	-
Número de inversores	77	-
Potencia Nominal	19,9	MW
Tensión Nominal Punto de Conexión (Subestación Baranoa)	110	kV
Potencia (Declarada)	19,9	MW
Mínimo técnico	1,99	MW
Corriente Nominal de la Planta	104,45	A
Tensión Nominal en Bornes de Inversor	800	Vac
Tensión nominal alta tensión del transformador de generación	110	kV
Número de módulos fotovoltaicos (plantas solares fotovoltaicas).	34.260	-

4. DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTO

El procedimiento adoptado para el desarrollo de las pruebas de verificación de los modos de control de tensión del parque solar Baranoa, sigue los lineamientos descritos en el acuerdo CNO 1830 de 2024.

4.1. Pruebas de recepción de consignas tipo local o remoto

Se coordinó con la sala de control del CND los cambios de consigna tipo local y remoto de la potencia reactiva de tipo ascendente y descendente. Se registró el valor de consigna indicado por el CND, además, los registros de factor de potencia, potencia reactiva, tensión y potencia activa respecto al tiempo. Para cada escalón realizado se monitoreó la consigna de tensión, potencia reactiva y factor de potencia. Estos resultados se presentan en el Anexo 2.

4.2. Pruebas de verificación de modos de control de tensión

Para esta prueba se verificó el cumplimiento de todos los modos de control que presenta el parque solar Baranoa, donde se busca observar el tiempo de respuesta y establecimiento de cada modo.

4.3. Pruebas de control de Tensión sin estatismo (Comando directo)

Se realizaron escalones de tensión, uno descendente en el nivel de potencia mínima del 2% y uno ascendente del 3% en el nivel de potencia mayor o igual al 80% de la potencia nominal de la planta.

4.4. Pruebas de control de Tensión con estatismo

Se aplicaron escalones con magnitud máxima del 2% dentro del rango configurable del estatismo, uno descendente en el nivel de potencia mínima y uno ascendente en el nivel de potencia mayor o igual al 80% de la potencia nominal de la planta.

Asimismo, el fabricante suministro una comunicación en la cual especifica el rango configurable presente en el PPC para dicho modo de control.

4.5. Pruebas de control de Potencia Reactiva

Se aplicaron dos (2) consignas de potencia reactiva en la región inductiva, uno ascendente del 8,5% en el nivel de potencia mínima y uno descendente del 9% en el nivel de potencia mayor o igual al 80% de la potencia nominal de la planta. Además, se efectuaron dos (2) consignas de potencia reactiva en la región capacitiva, uno descendente del 7% en el nivel de potencia mínima y uno ascendente del 9% en el nivel de potencia mayor o igual al 80% de la potencia nominal de la planta.

4.6. Pruebas de control de Factor de Potencia

Se desarrollaron cuatro (4) escalones; dos (2) en la región inductiva y dos (2) en la región capacitiva. En la región inductiva, se aplicó un escalón ascendente del 17,5% en el nivel mínimo de potencia y uno descendente del 3% en el nivel de potencia mayor o igual al 80% de la potencia nominal de la planta. Para la región capacitiva, se aplicó un escalón descendente del 20% en el nivel de potencia mínima y uno ascendente del 3% en el nivel de potencia mayor o igual al 80% de la potencia nominal de la planta.

Para cada escalón realizado se registró la consigna, tensión, potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia con una resolución mínima de 100 muestras por segundo. Por otro lado, se monitoreó que la potencia reactiva no tuviera comportamiento oscilatorio sostenido y los tiempos de respuesta inicial y de establecimiento fueran menor a 2 y 10 segundos respectivamente. Estos resultados se presentan en el Anexo 3.

5. DATOS Y RESULTADOS

Los resultados obtenidos a partir de los ensayos en la planta se presentan en esta sección.

5.1. Recepción de consignas tipo local y remoto

En esta sección se muestra los resultados obtenidos a partir del tipo de consigna en las variables: potencia reactiva, factor de potencia y tensión.

Consigna local ascendente en la tensión

De la Figura 2 a la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos a partir de la consigna local ascendente en la tensión.

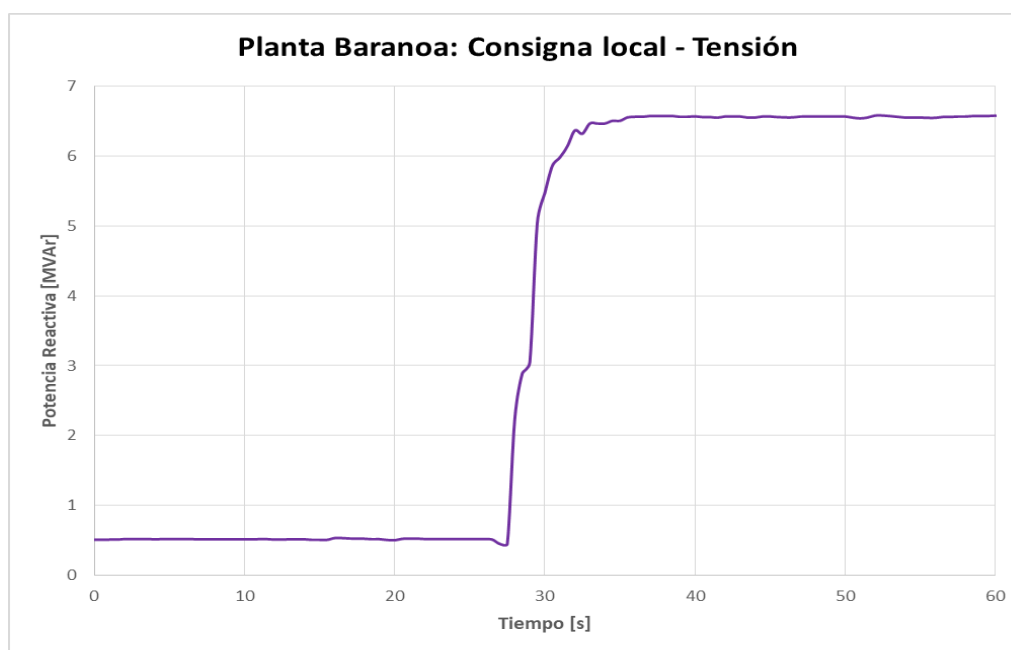


Figura 2. Consigna local de tensión - Escalón ascendente - Respuesta de la potencia reactiva

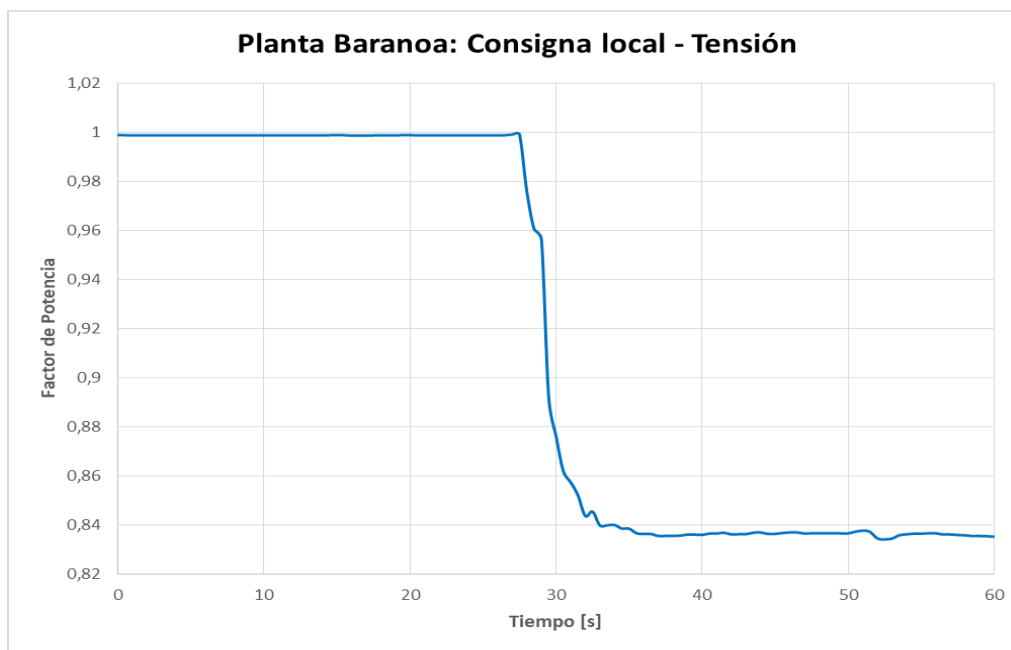


Figura 3. Consigna local de tensión - Escalón ascendente - Respuesta del factor de potencia

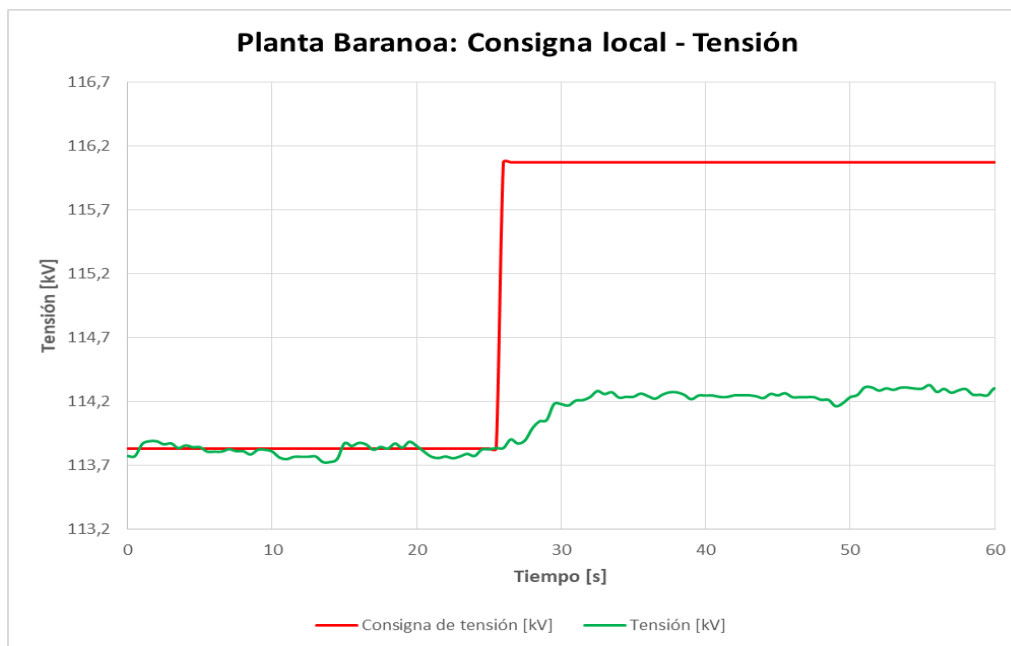


Figura 4. Consigna local de tensión - Escalón ascendente - Respuesta de la tensión

Consigna local descendente en la tensión

De la Figura 5 a la Figura 7 se muestran los resultados obtenidos a partir de la consigna local descendente en la tensión.

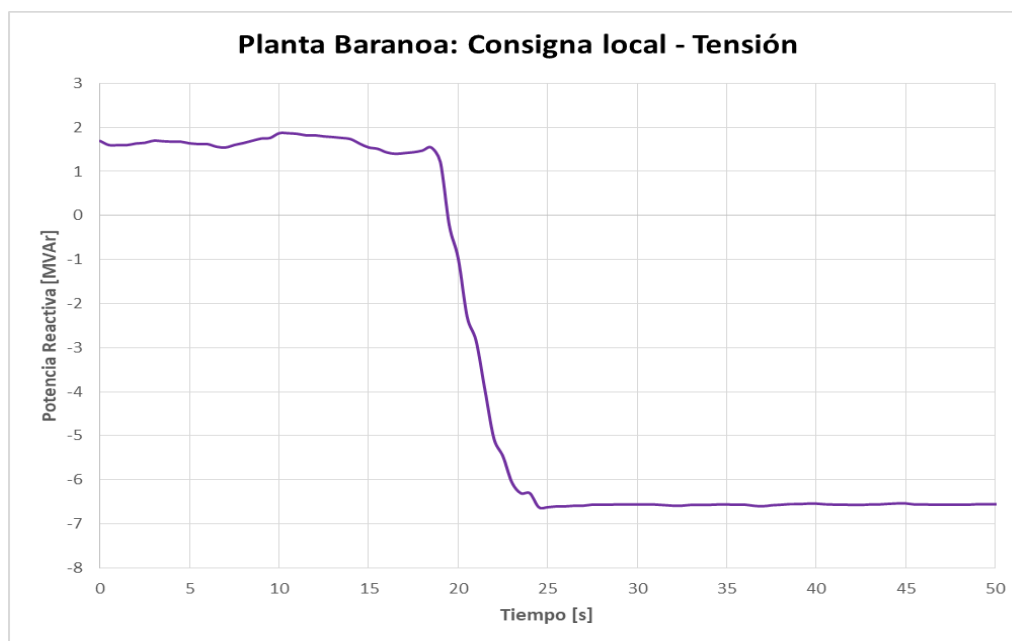


Figura 5. Consigna local de tensión - Escalón descendente - Respuesta de la potencia reactiva

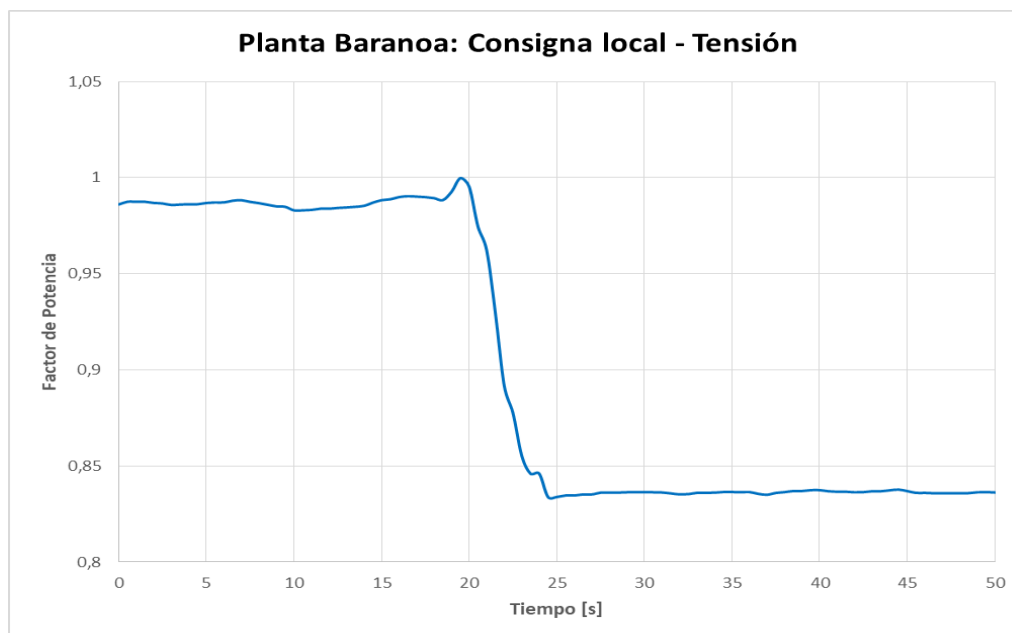


Figura 6. Consigna local de tensión - Escalón descendente - Respuesta del factor de potencia

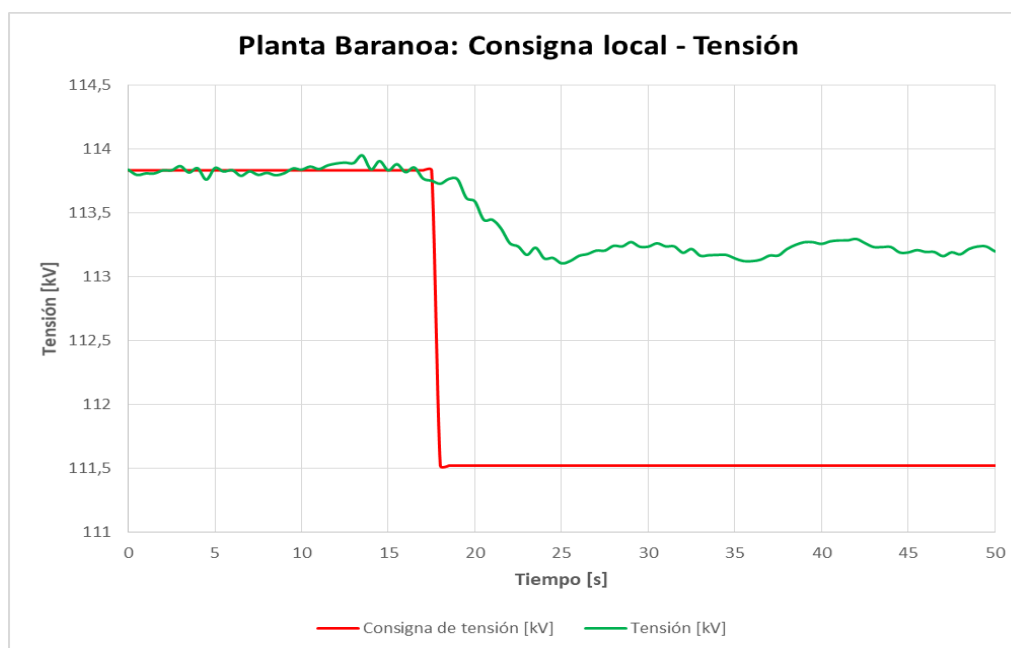


Figura 7. Consigna local de tensión - Escalón descendente - Respuesta de la tensión

En la Tabla 2 se presentan los valores iniciales y finales de la potencia activa, potencia reactiva, tensión, factor de potencia y la consigna indicada.

Tabla 2. Parámetros de potencia activa, reactiva, tensión y factor de potencia debido a la consigna

Tipo de consigna	Parámetro – Tipo de escalón	Consigna Indicada	P _{inicial} [MW]	P _{final} [MW]	Q _{inicial} [MVar]	Q _{final} [MVar]	V _{inicial} [kV]	V _{final} [kV]	F.P inicial	F.P final
Local	V - Ascendente	2%	10,009	9,988	0,507	6,572	113,772	114,208	0,999	0,835
	V - Descendente	2%	10,032	9,995	1,693	-6,583	113,836	113,199	0,986	0,835

Consigna local ascendente en la potencia reactiva

De la Figura 8 a la Figura 10, se muestran los resultados obtenidos a partir de la consigna local ascendente en la potencia reactiva.

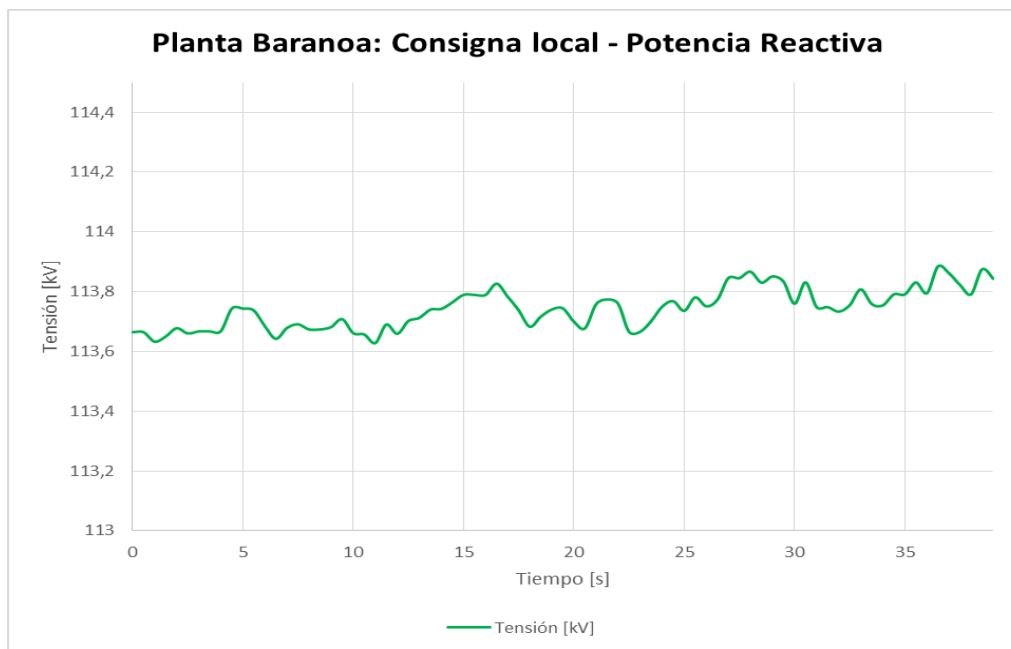


Figura 8. Consigna local de potencia reactiva - Escalón ascendente - Respuesta de la tensión

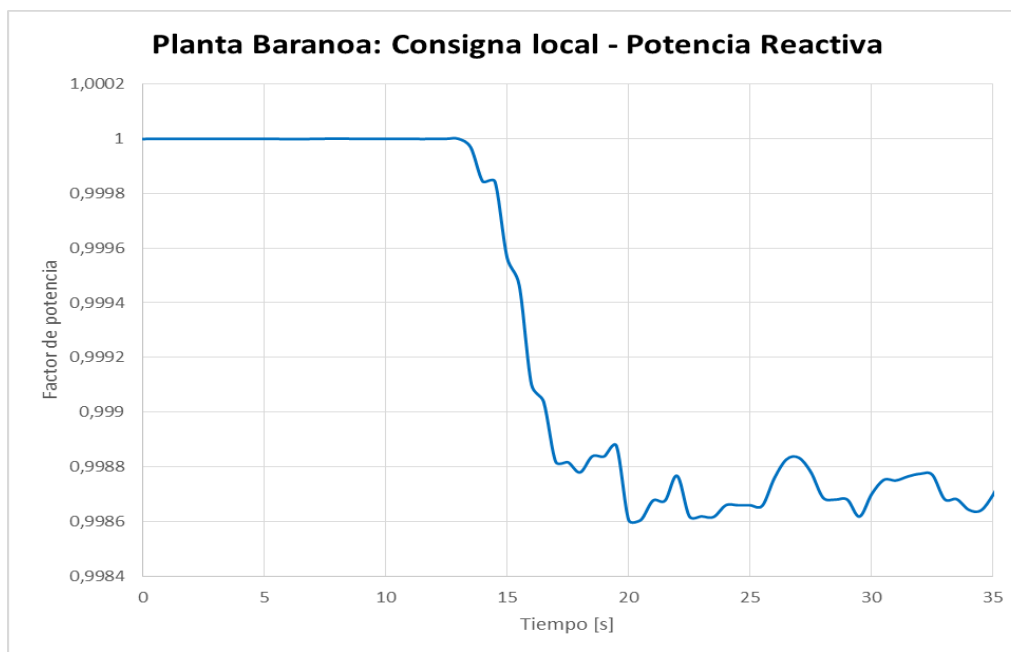


Figura 9. Consigna local de potencia reactiva - Escalón ascendente - Respuesta del factor de potencia

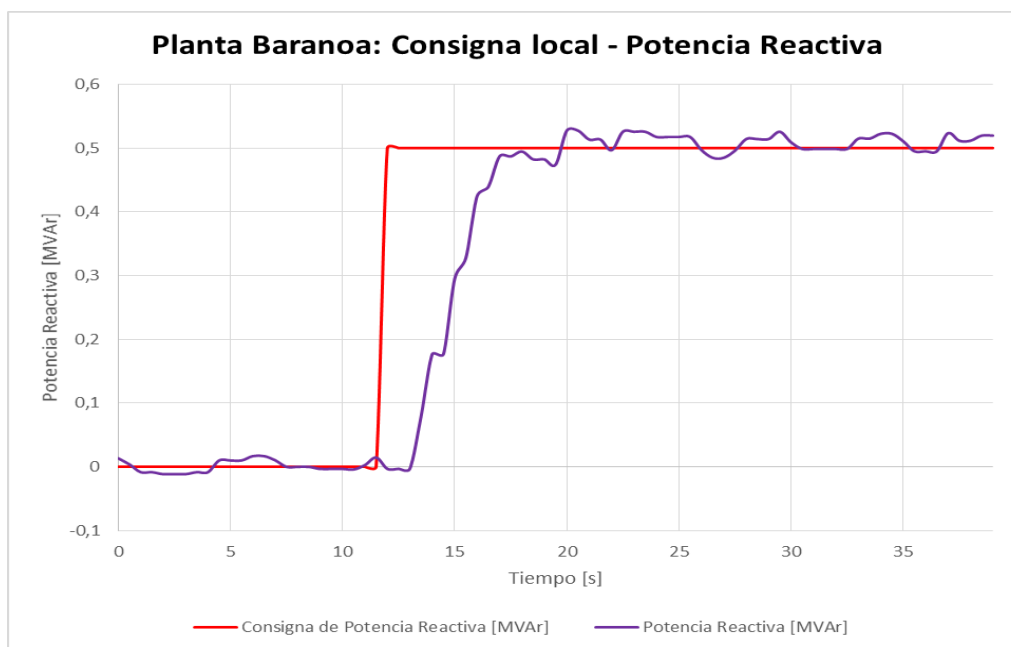


Figura 10. Consigna local de potencia reactiva - Escalón ascendente - Respuesta de la potencia reactiva

Consigna local descendente en la potencia reactiva

De la Figura 11 a la Figura 13 se muestran los resultados obtenidos a partir de la consigna local descendente en la potencia reactiva.

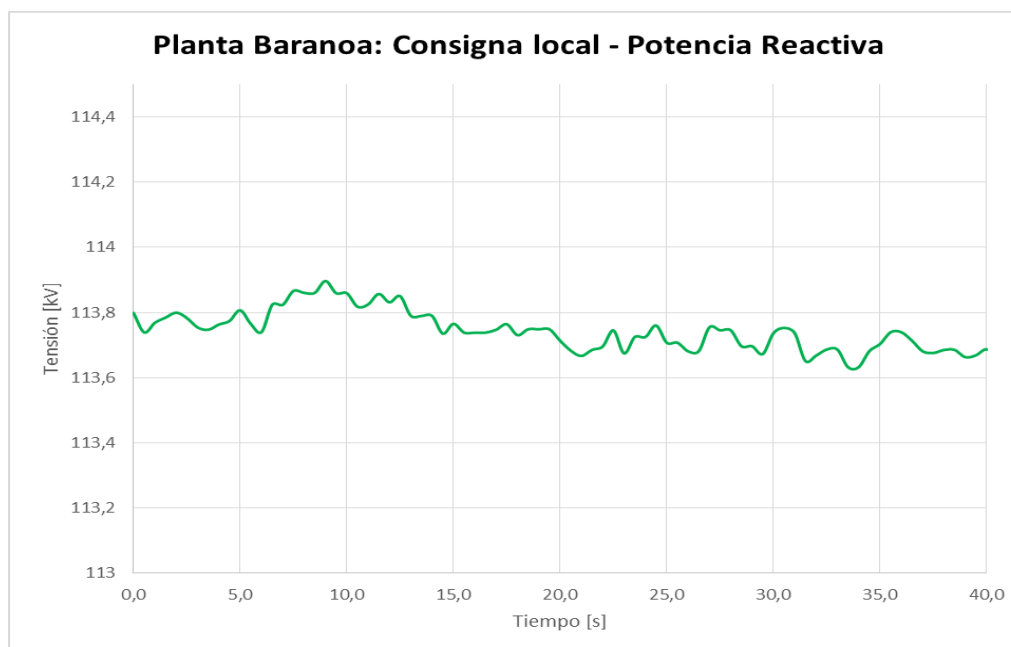


Figura 11. Consigna local de potencia reactiva - Escalón descendente - Respuesta de la tensión

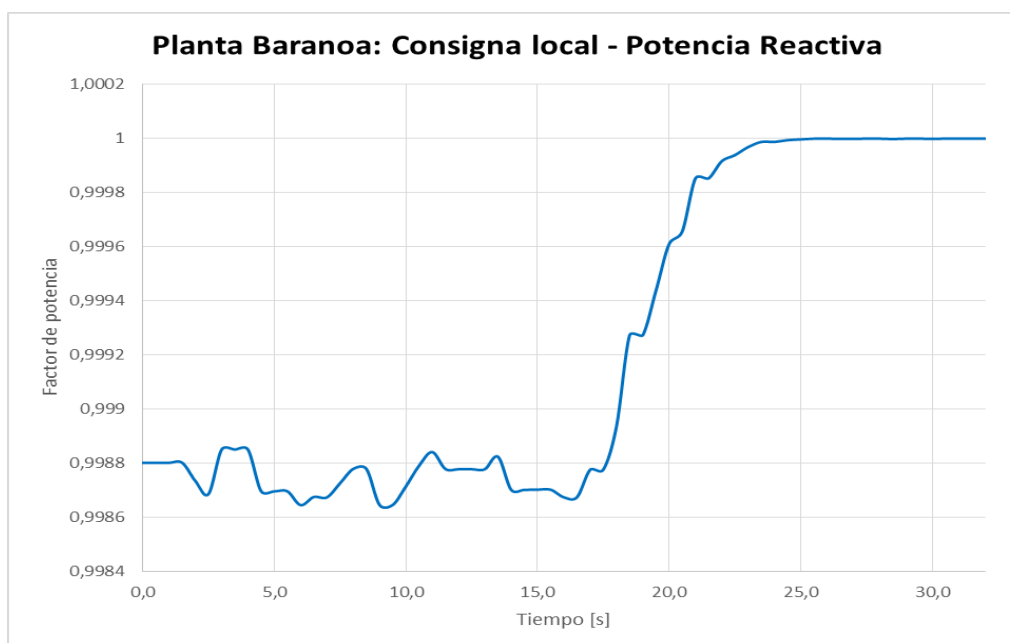


Figura 12. Consigna local de potencia reactiva - Escalón descendente - Respuesta del factor de potencia

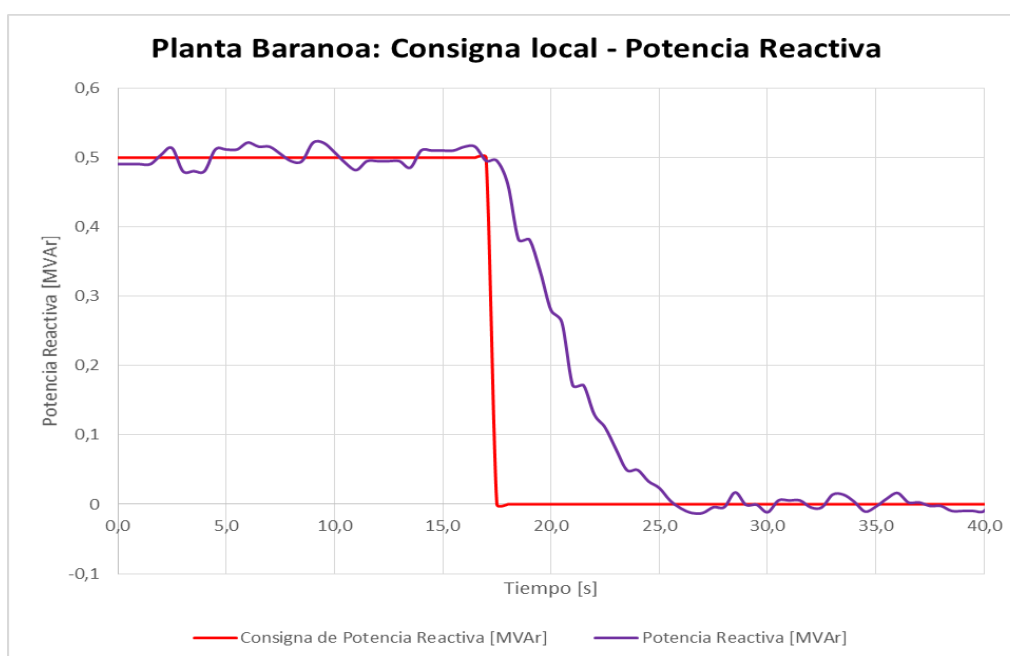


Figura 13. Consigna local de potencia reactiva - Escalón descendente - Respuesta de la potencia reactiva

En la Tabla 3 se presentan los valores iniciales y finales de la potencia activa, potencia reactiva, tensión, factor de potencia y la consigna indicada.

Tabla 3. Parámetros de potencia activa, reactiva, tensión y factor de potencia debido a la consigna

Tipo de consigna	Parámetro – Tipo de escalón	Consigna Indicada	P _{inicial} [MW]	P _{final} [MW]	Q _{inicial} [MVar]	Q _{final} [MVar]	V _{inicial} [kV]	V _{final} [kV]	F.P inicial	F.P final
Local	Q - Ascendente	2,5%	10,019	9,986	0,013	0,520	113,664	113,843	0,9999	0,9986
	Q - Descendente	2,5%	10,011	10,019	0,491	0,013	113,799	113,664	0,9988	0,999

Consigna local ascendente en el factor de potencia

De la Figura 14 a la Figura 16, se muestran los resultados obtenidos a partir de la consigna local ascendente en el factor de potencia.

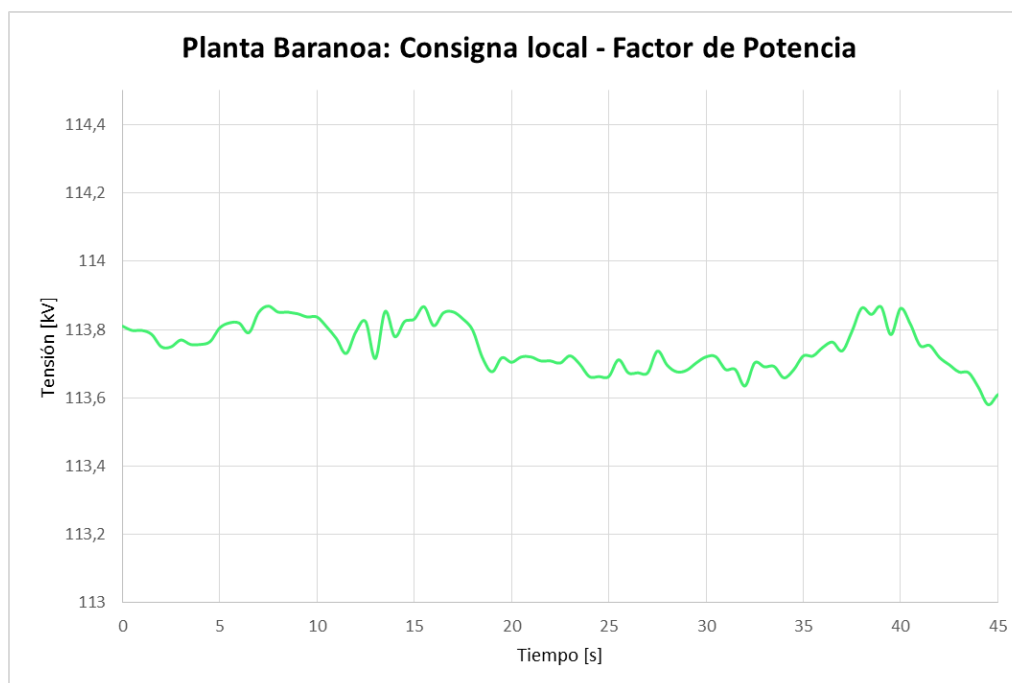


Figura 14. Consigna local de factor de potencia - Escalón ascendente - Respuesta de la tensión

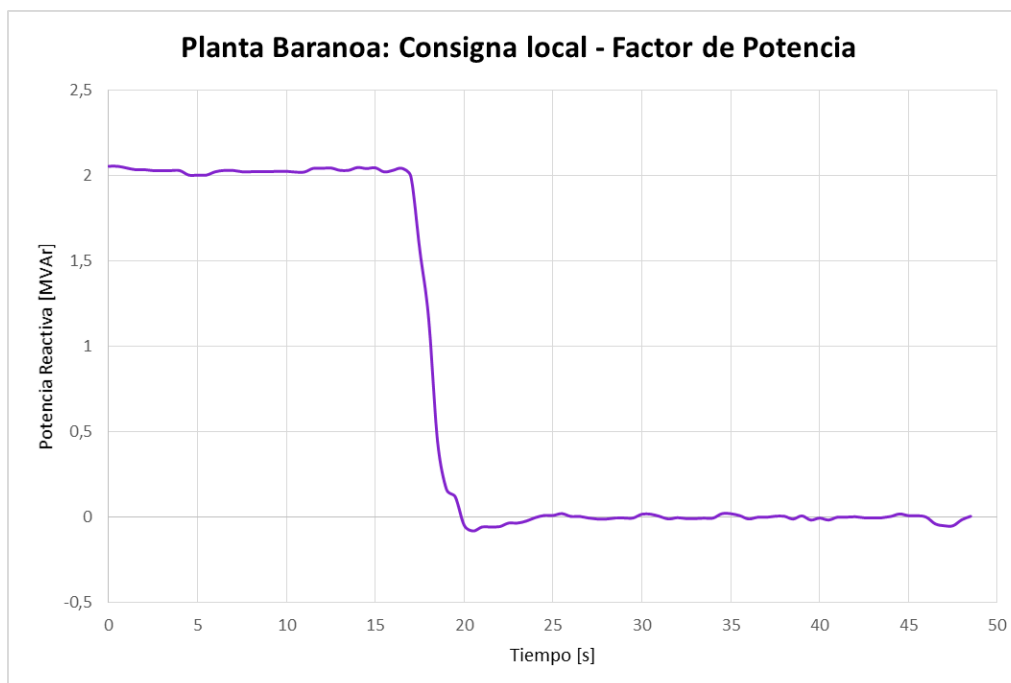


Figura 15. Consigna local de factor de potencia - Escalón ascendente - Respuesta de la potencia reactiva

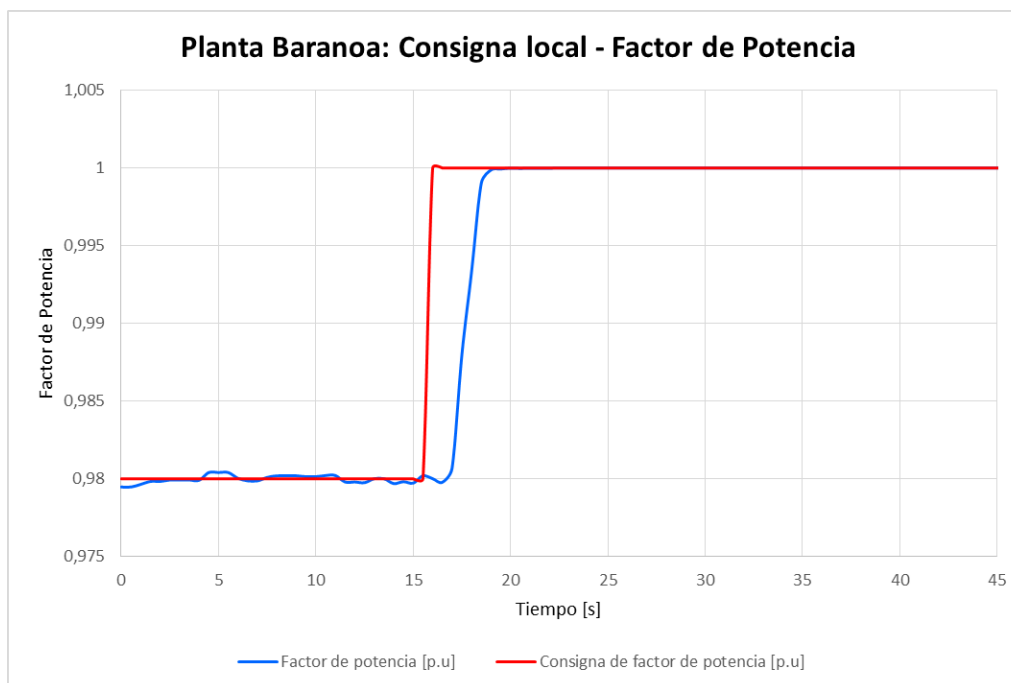


Figura 16. Consigna local de factor de potencia - Escalón ascendente - Respuesta del factor de potencia

Consigna local descendente en el factor de potencia

De la Figura 17 a la Figura 18 se muestran los resultados obtenidos a partir de la consigna local descendente en el factor de potencia.

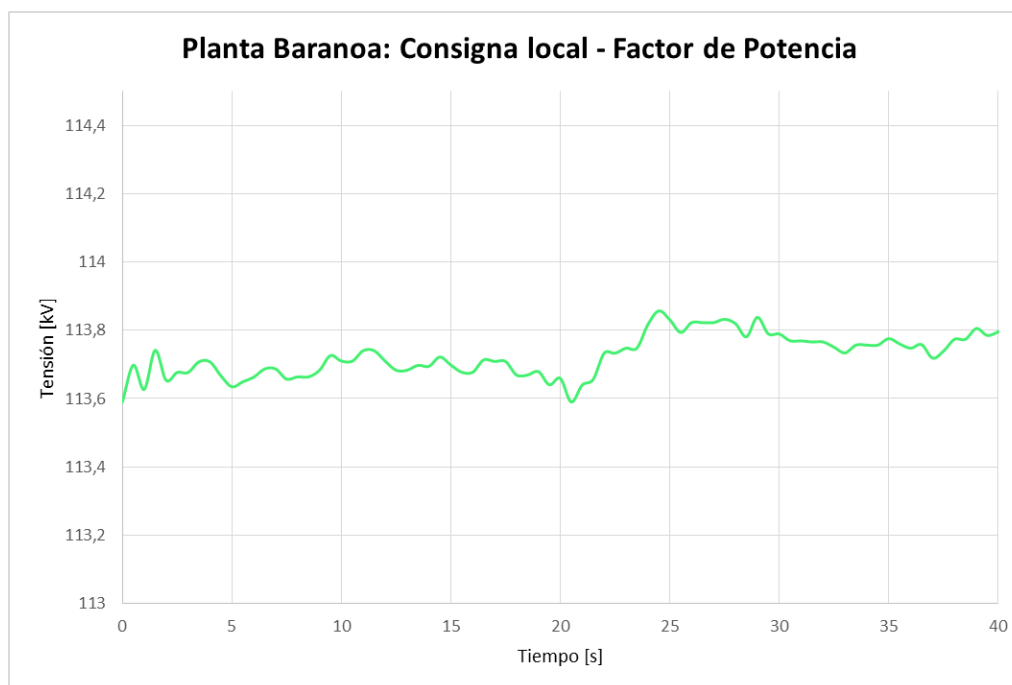


Figura 17. Consigna local de factor de potencia - Escalón descendente - Respuesta de la tensión

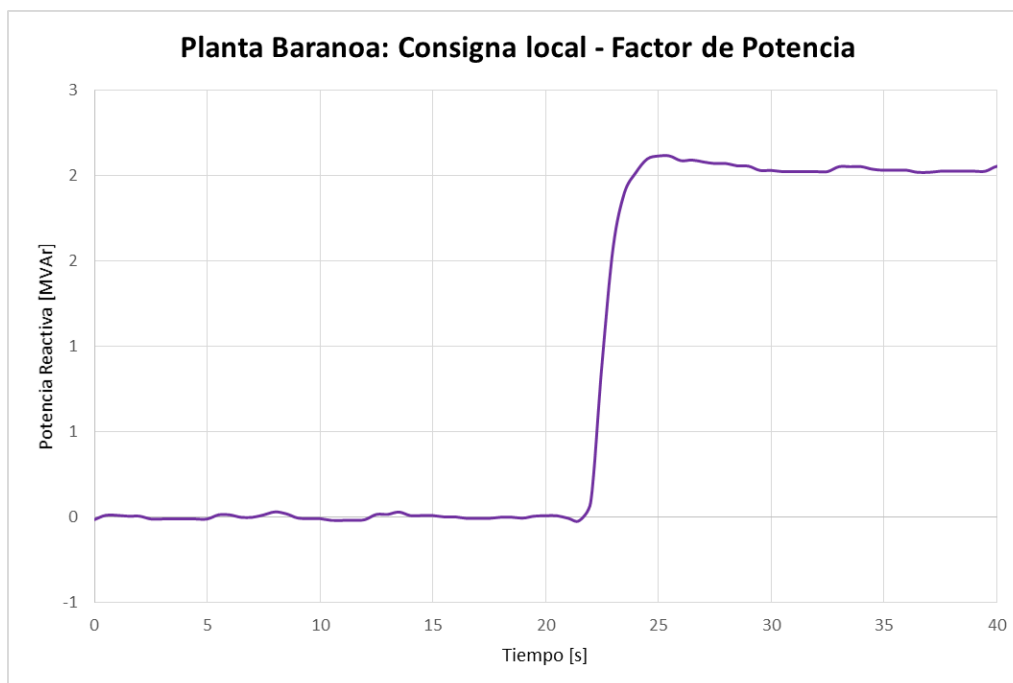


Figura 18. Consigna local de factor de potencia - Escalón descendente - Respuesta de la potencia reactiva

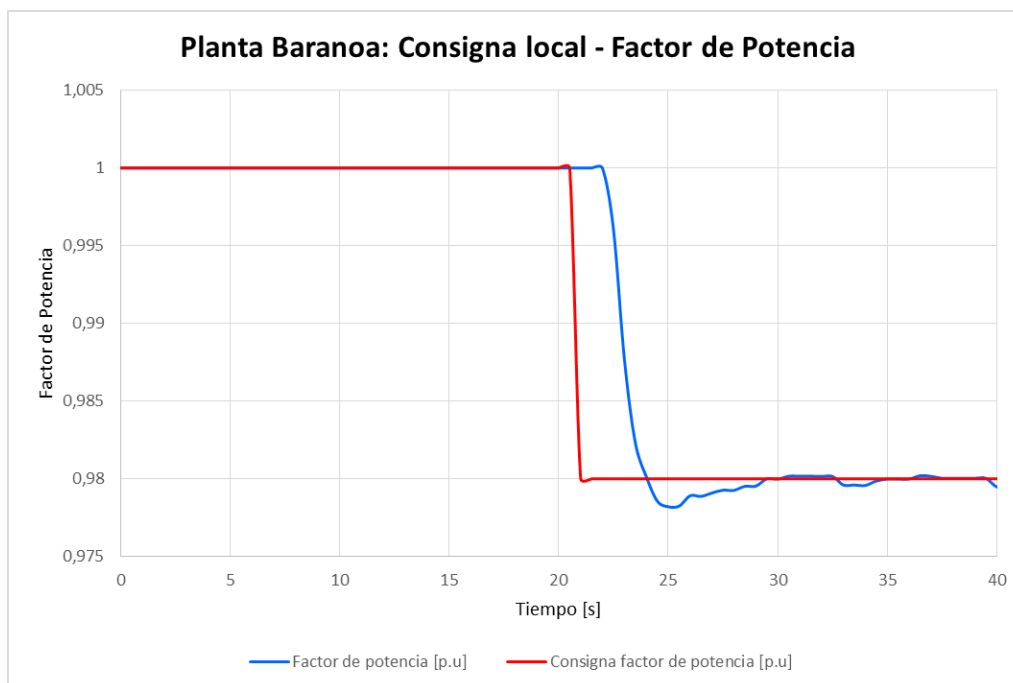


Figura 19. Consigna local de factor de potencia - Escalón descendente - Respuesta del factor de potencia

En la Tabla 4, se presentan los valores iniciales y finales de la potencia activa, potencia reactiva, tensión, factor de potencia y la consigna indicada.

Tabla 4. Parámetros de potencia activa, reactiva, tensión y factor de potencia debido a la consigna

Tipo de consigna	Parámetro – Tipo de escalón	Consigna Indicada	Pinicial [MW]	Pfinal [MW]	Qinicial [MVar]	Qfinal [MVar]	Vinicial [kV]	Vfinal [kV]	F.P inicial	F.P final
Local	F.P - Ascendente	2%	9,987	10,010	2,055	0,0047	113,810	113,716	0,979	0,999
	F.P - Descendente	2%	10,015	9,987	-0,0141	2,055	113,590	113,810	0,999	0,980

Consigna remota ascendente en la tensión

De la Figura 20 a la Figura 22 se muestran los resultados obtenidos a partir de la consigna remota ascendente en la tensión.

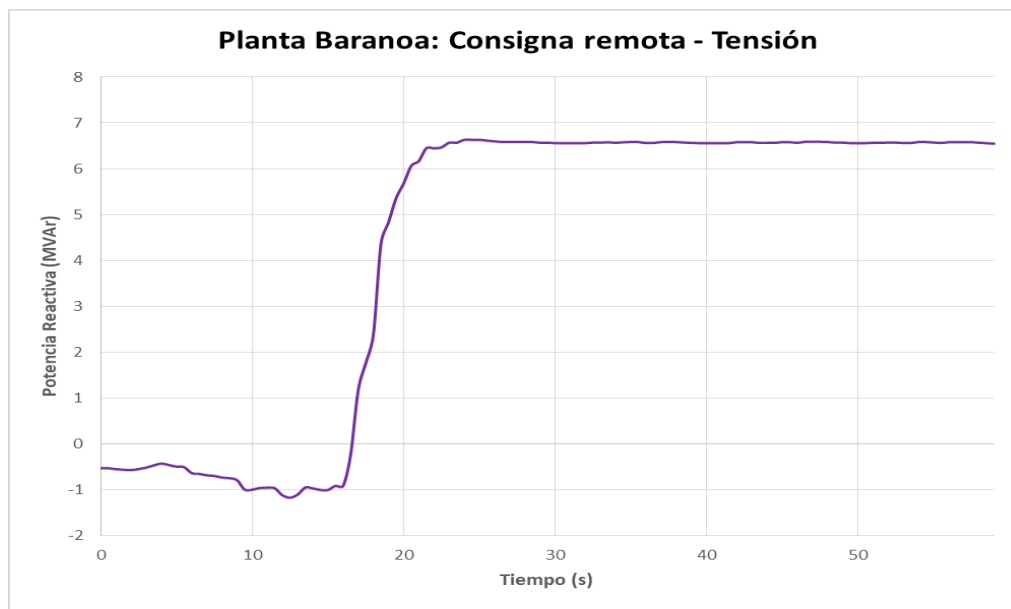


Figura 20. Consigna remota de tensión - Escalón ascendente - Respuesta de la potencia reactiva

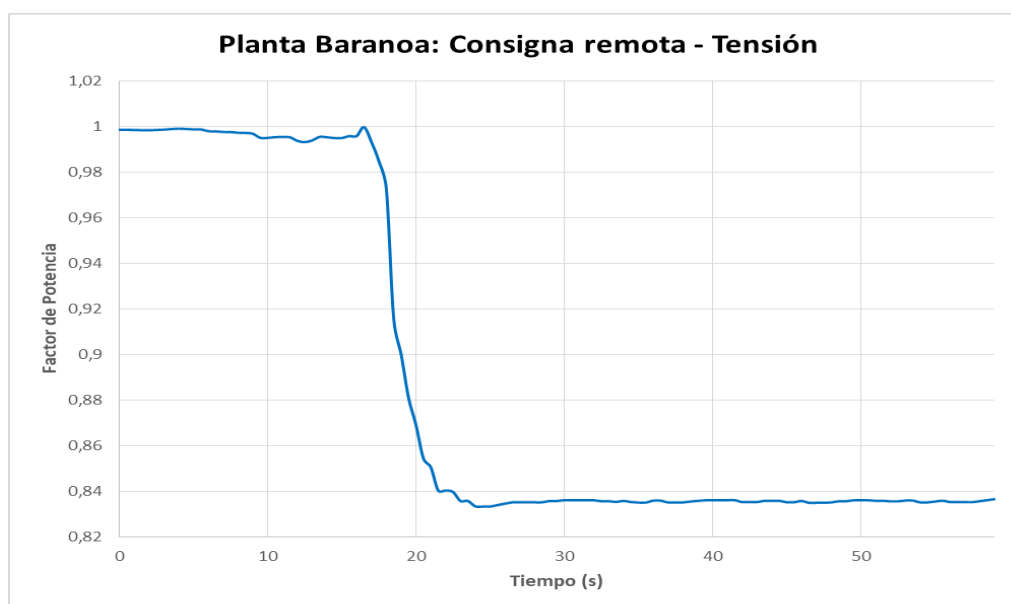


Figura 21. Consigna remota de tensión - Escalón ascendente - Respuesta del factor de potencia

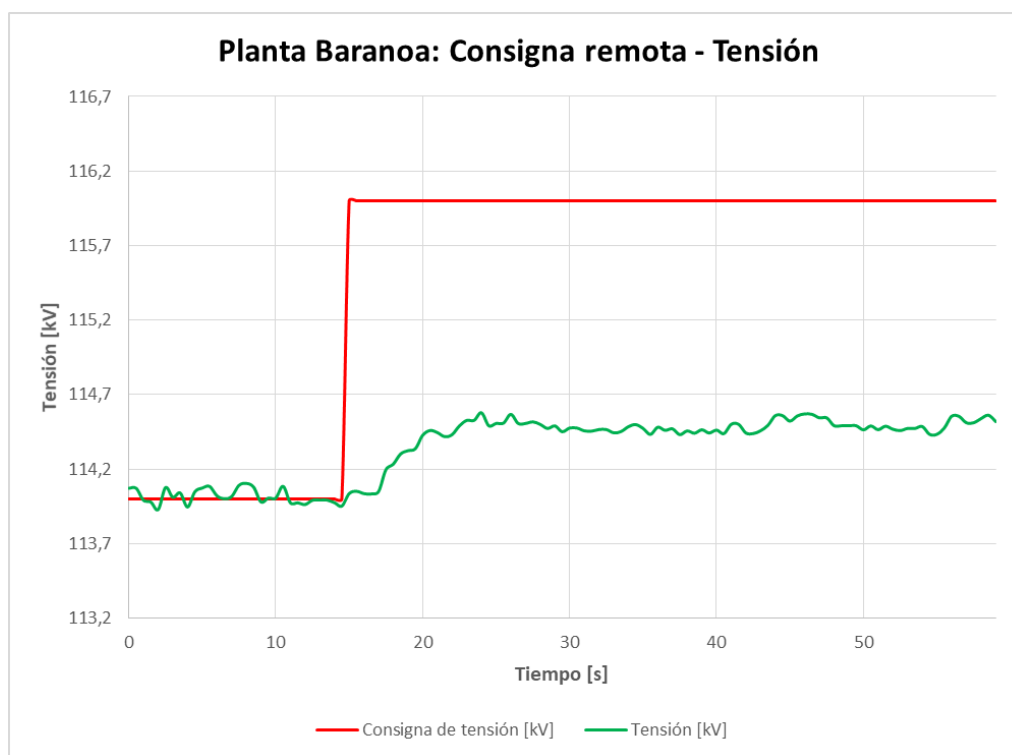


Figura 22. Consigna remota de tensión - Escalón ascendente - Respuesta de la tensión

Consigna remota descendente en la tensión

De la Figura 23 a la Figura 25 se muestran los resultados obtenidos a partir de la consigna remota descendente en la tensión.

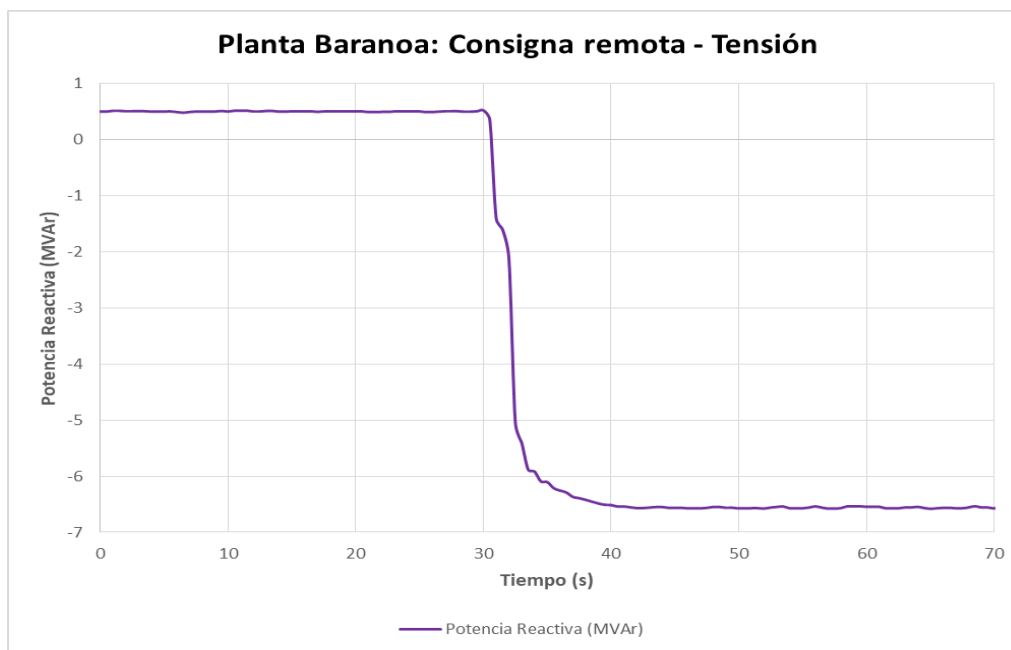


Figura 23. Consigna remota de tensión - Escalón descendente - Respuesta de la potencia reactiva

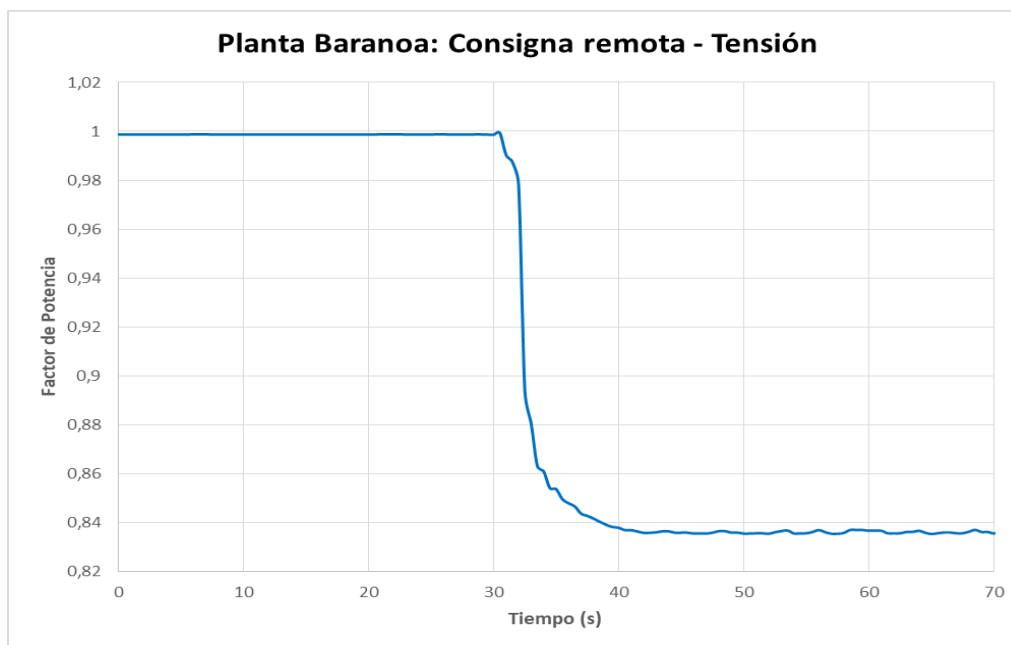


Figura 24. Consigna remota de tensión - Escalón descendente - Respuesta del factor de potencia

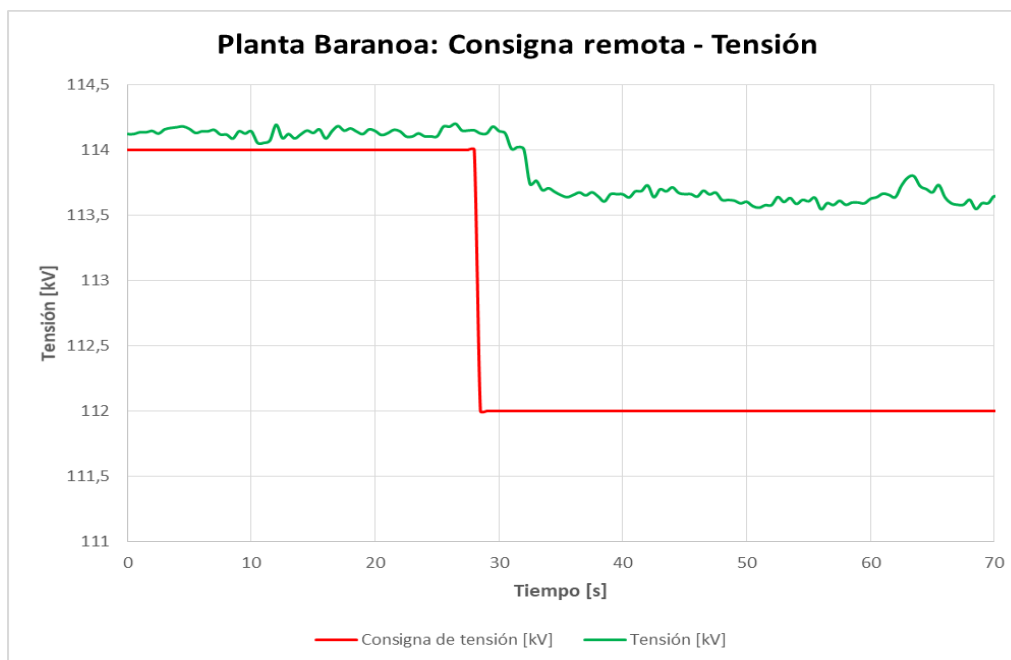


Figura 25. Consigna remota de tensión - Escalón descendente - Respuesta de la tensión

En la Tabla 5, se presentan los valores iniciales y finales de la potencia activa, potencia reactiva, tensión, factor de potencia y la consigna indicada.

Tabla 5. Parámetros de potencia activa, reactiva, tensión y factor de potencia debido a la consigna

Tipo de consigna	Parámetro – Tipo de escalón	Consigna Indicada	P _{inicial} [MW]	P _{final} [MW]	Q _{inicial} [MVar]	Q _{final} [MVar]	V _{inicial} [kV]	V _{final} [kV]	F.P inicial	F.P final
Remota	V - Ascendente	1,8%	9,995	9,993	-0,536	6,545	114,071	114,519	0,999	0,836
	V - Descendente	1,8%	9,981	9,994	0,501	-6,569	114,20	113,670	0,999	0,836

Consigna remota ascendente en la potencia reactiva

De la Figura 26 a la Figura 28, se muestran los resultados obtenidos a partir de la consigna remota ascendente en la potencia reactiva.

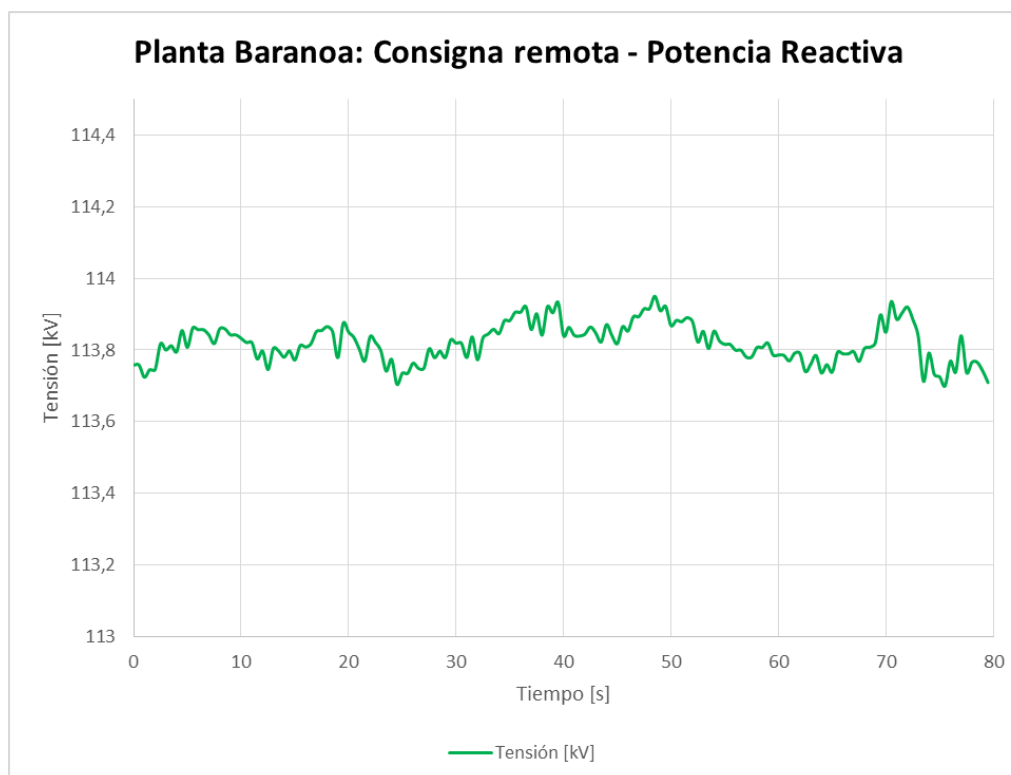


Figura 26. Consigna remota de potencia reactiva - Escalón ascendente – Respuesta de la tensión

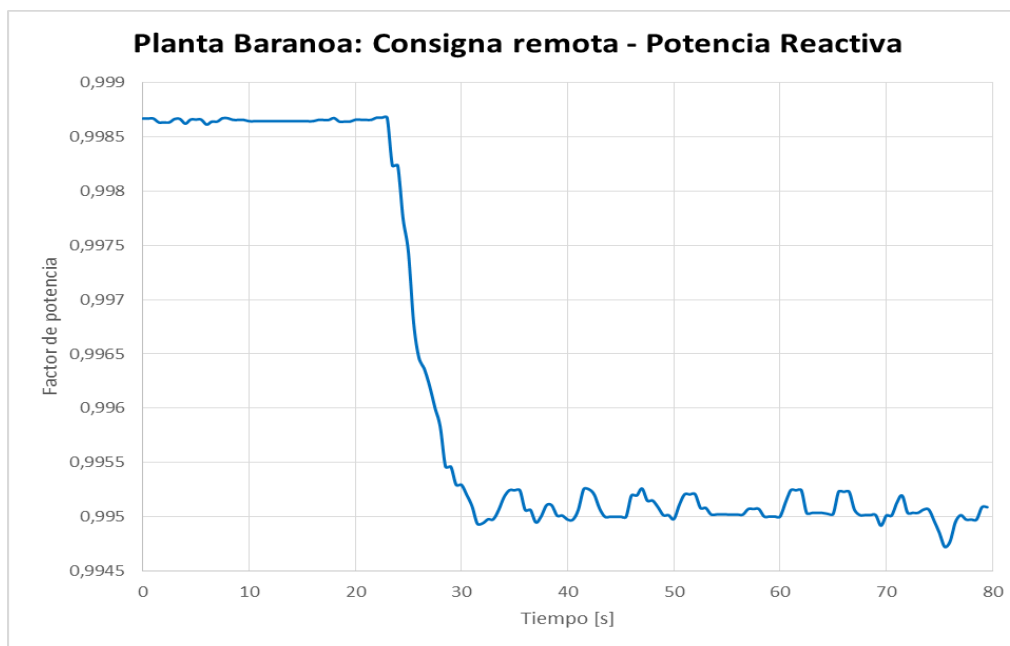


Figura 27. Consigna remota de potencia reactiva - Escalón ascendente – Respuesta del factor de potencia

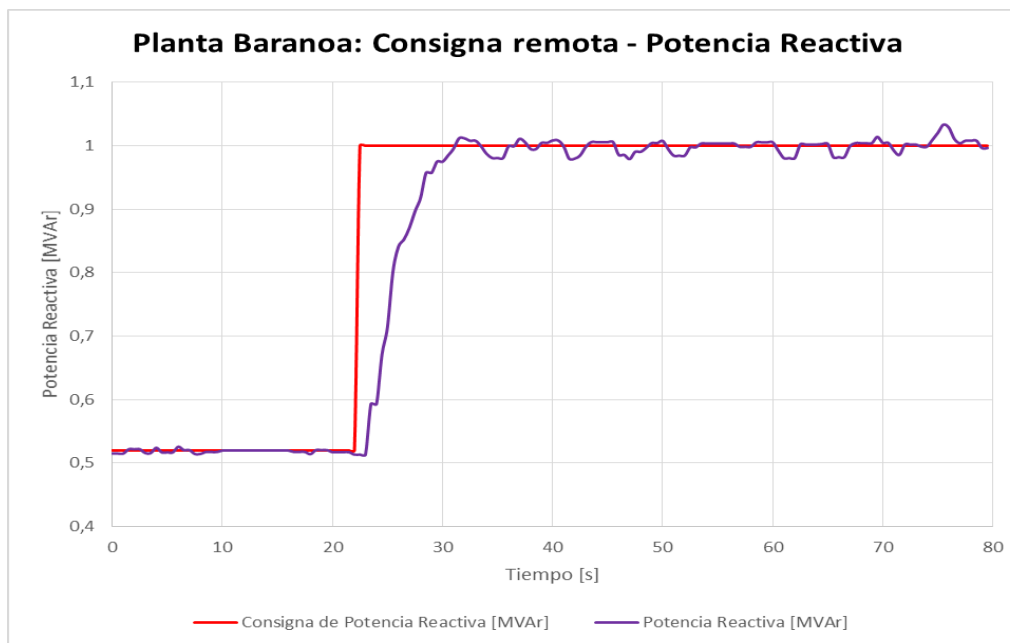


Figura 28. Consigna remota de potencia reactiva - Escalón ascendente – Respuesta de la potencia reactiva

Consigna remota descendente en la potencia reactiva

De la Figura 29 a la Figura 31 se muestran los resultados obtenidos a partir de la consigna remota descendente en la potencia reactiva.

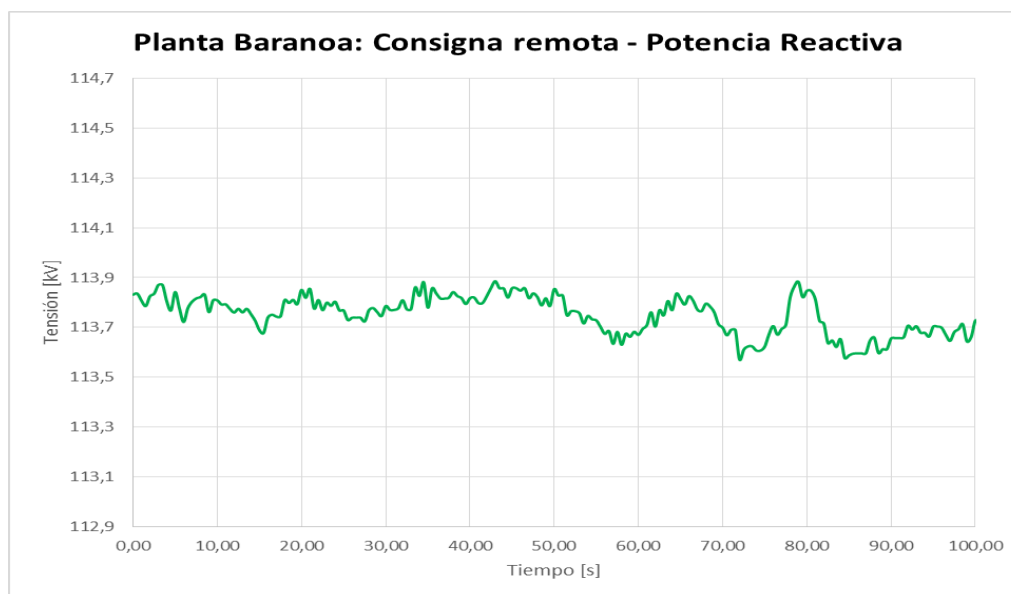


Figura 29. Consigna remota de potencia reactiva - Escalón descendente – Respuesta de la tensión

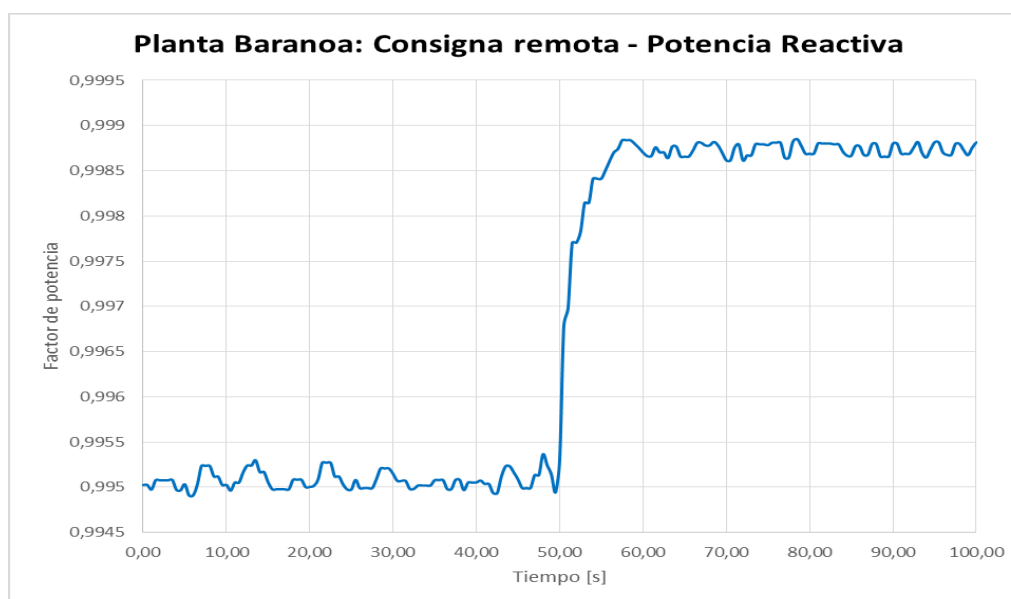


Figura 30. Consigna remota de potencia reactiva - Escalón descendente – Respuesta del factor de potencia

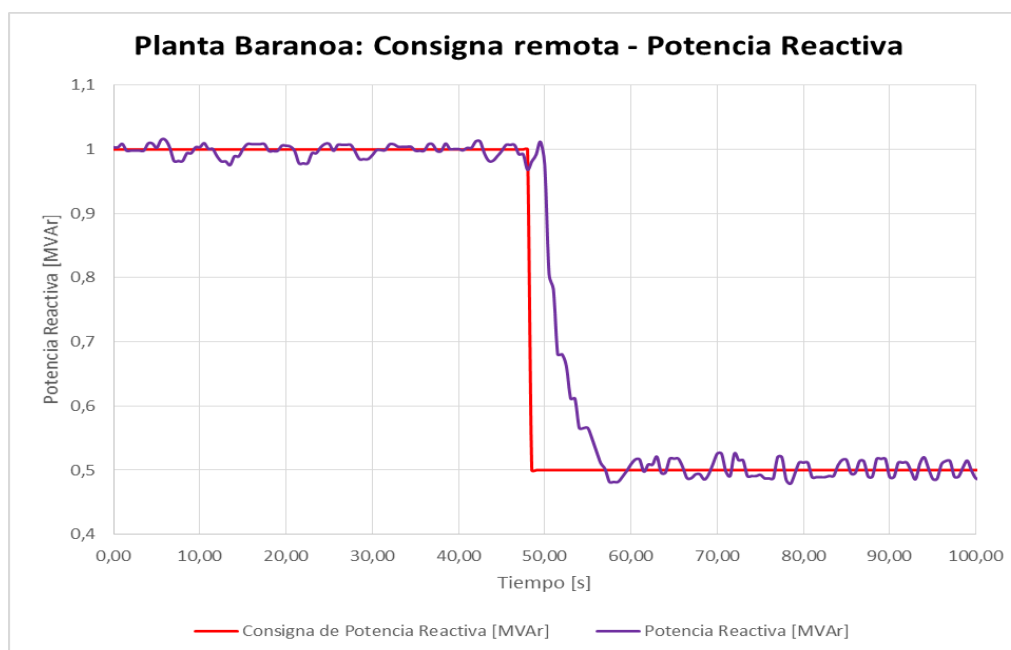


Figura 31. Consigna remota de potencia reactiva - Escalón descendente – Respuesta de la potencia reactiva

En la Tabla 6, se presentan los valores iniciales y finales de la potencia activa, potencia reactiva, tensión, factor de potencia y la consigna indicada.

Tabla 6. Parámetros de potencia activa, reactiva, tensión y factor de potencia debido a la consigna

Tipo de consigna	Parámetro – Tipo de escalón	Consigna Indicada	Pinicial [MW]	Pfinal [MW]	Qinicial [MVar]	Qfinal [MVar]	Vinicial [kV]	Vfinal [kV]	F.P inicial	F.P final
Remota	Q - Ascendente	2,5%	9,977	10,016	0,515	0,996	113,758	113,709	0,999	0,995
	Q - Descendente	2,5%	10,022	9,981	1,000	0,495	113,831	113,698	0,995	0,999

Consigna remota ascendente en el factor de potencia

De la Figura 32 a la Figura 34 se muestran los resultados obtenidos a partir de la consigna remota ascendente en el factor de potencia.

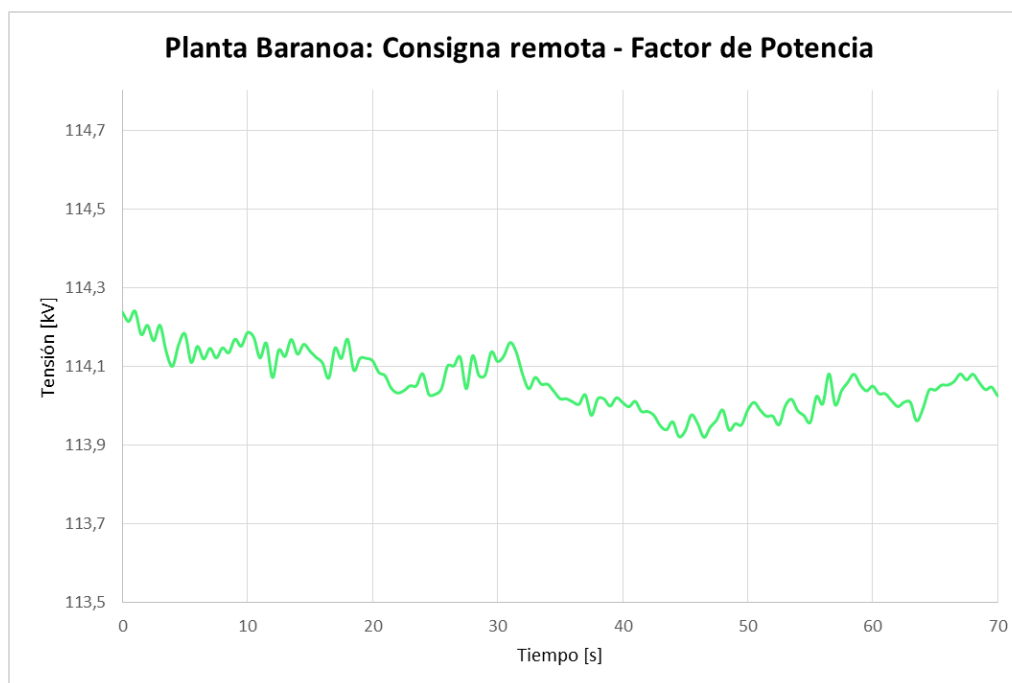


Figura 32. Consigna remota de factor de potencia - Escalón ascendente – Respuesta de la tensión

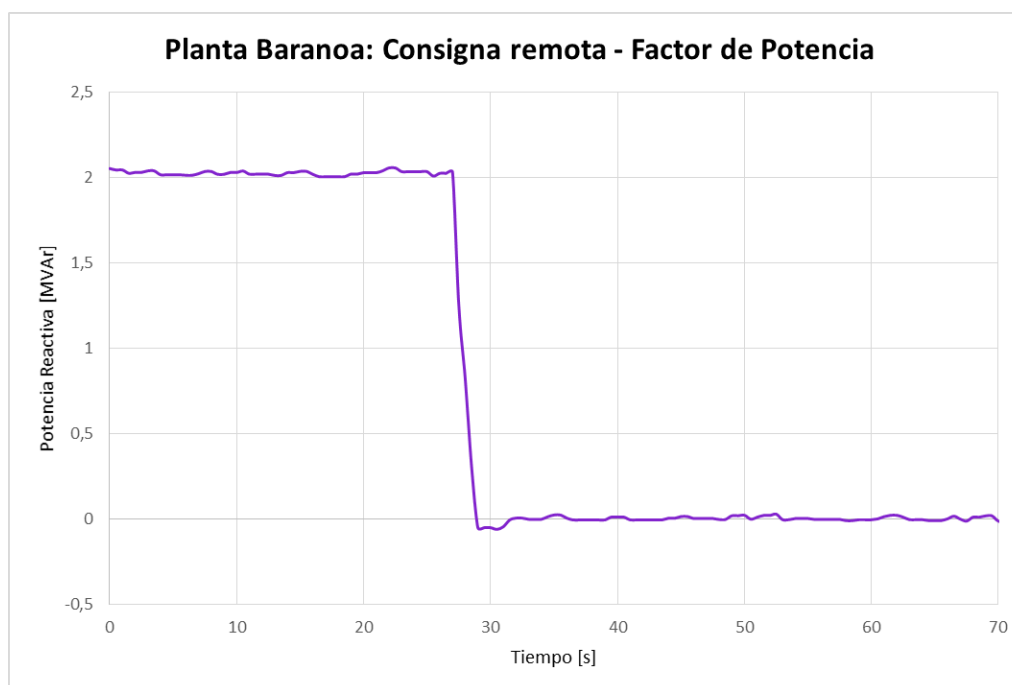


Figura 33. Consigna remota de factor de potencia - Escalón ascendente – Respuesta de la potencia reactiva

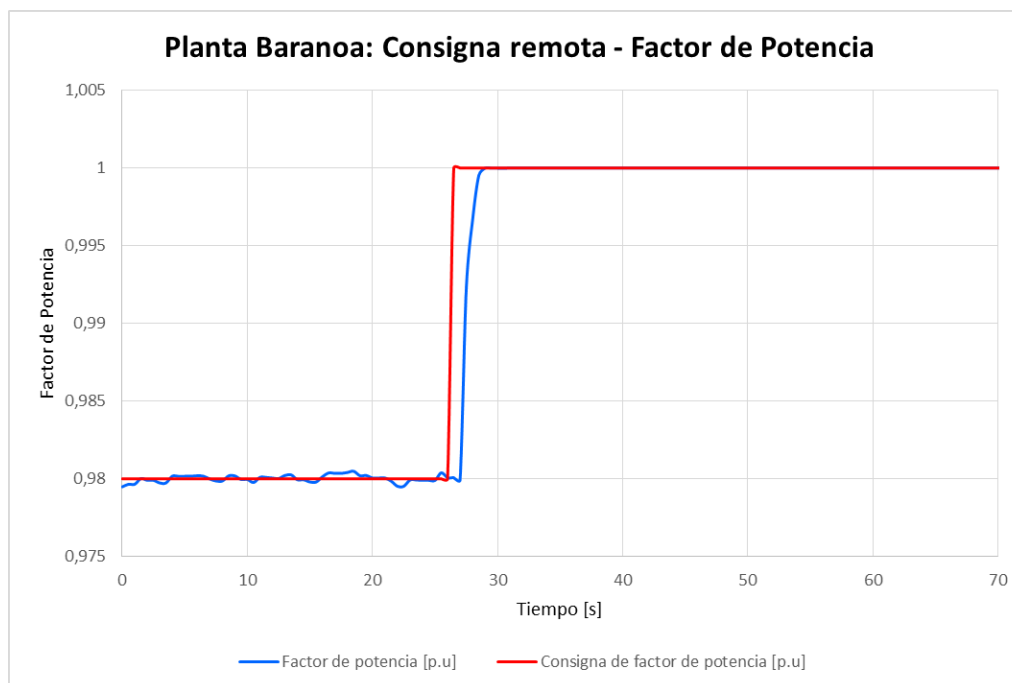


Figura 34. Consigna remota de factor de potencia - Escalón ascendente – Respuesta del factor de potencia

Consigna remota descendente en el factor de potencia

De la Figura 35 a la Figura 37, se muestran los resultados obtenidos a partir de la consigna remota descendente en el factor de potencia.

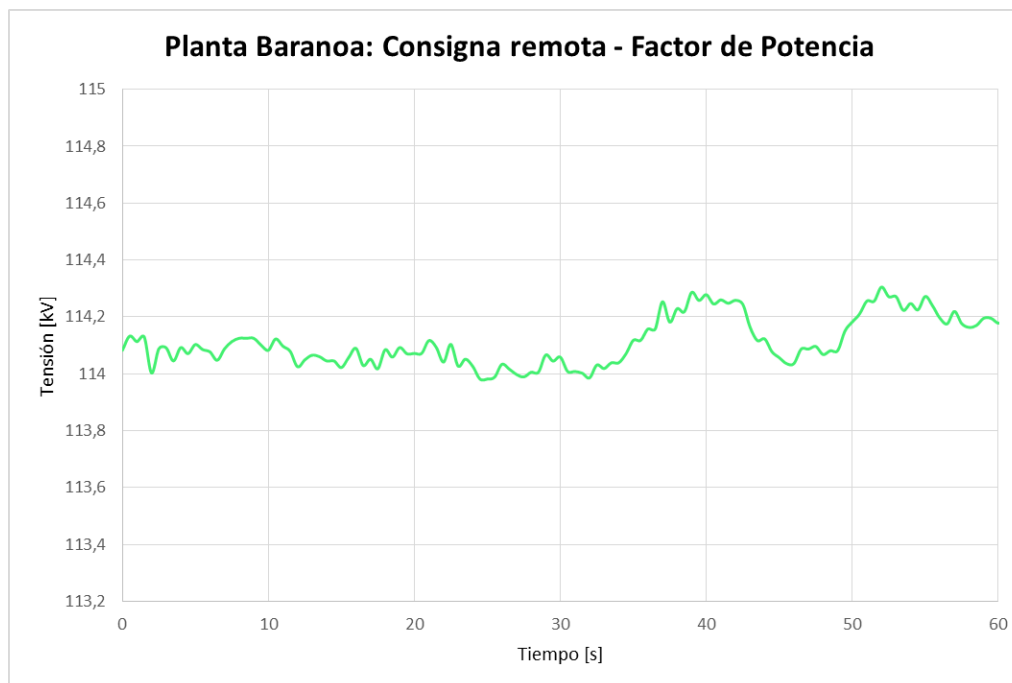


Figura 35. Consigna remota de factor de potencia - Escalón descendente – Respuesta de la tensión

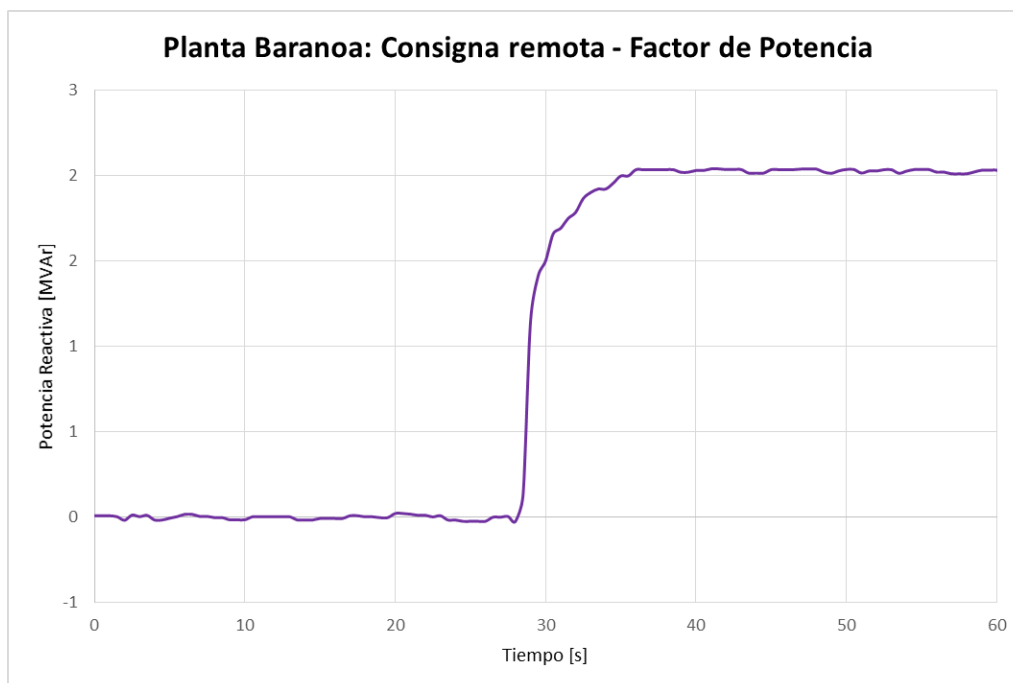


Figura 36. Consigna remota de factor de potencia - Escalón descendente – Respuesta de la potencia reactiva

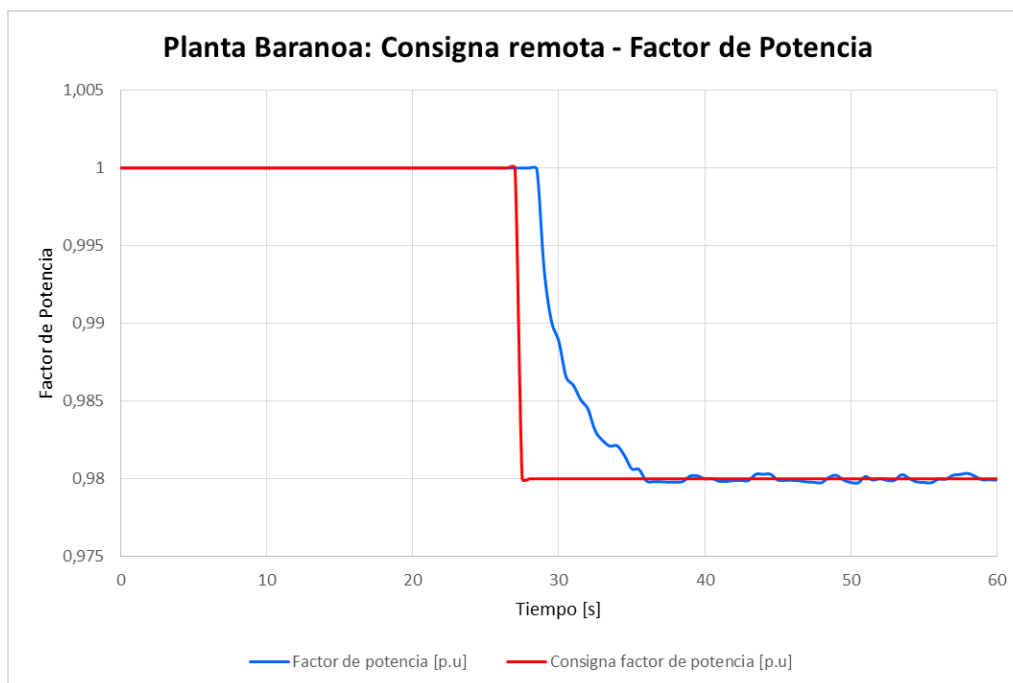


Figura 37. Consigna remota de factor de potencia - Escalón descendente – Respuesta del factor de potencia

En la Tabla 7 se presentan los valores iniciales y finales de la potencia activa, potencia reactiva, tensión, factor de potencia y la consigna indicada.

Tabla 7. Parámetros de potencia activa, reactiva, tensión y factor de potencia debido a la consigna

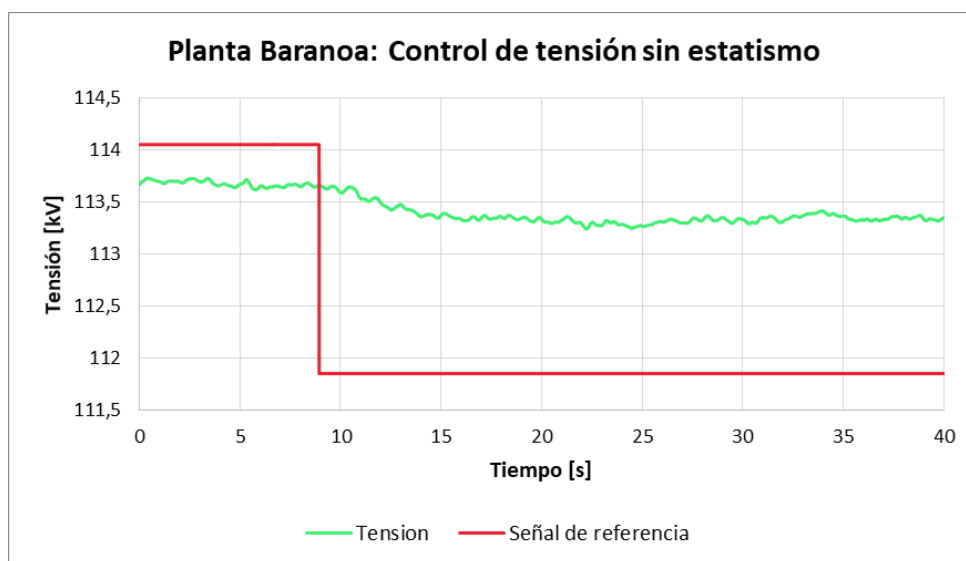
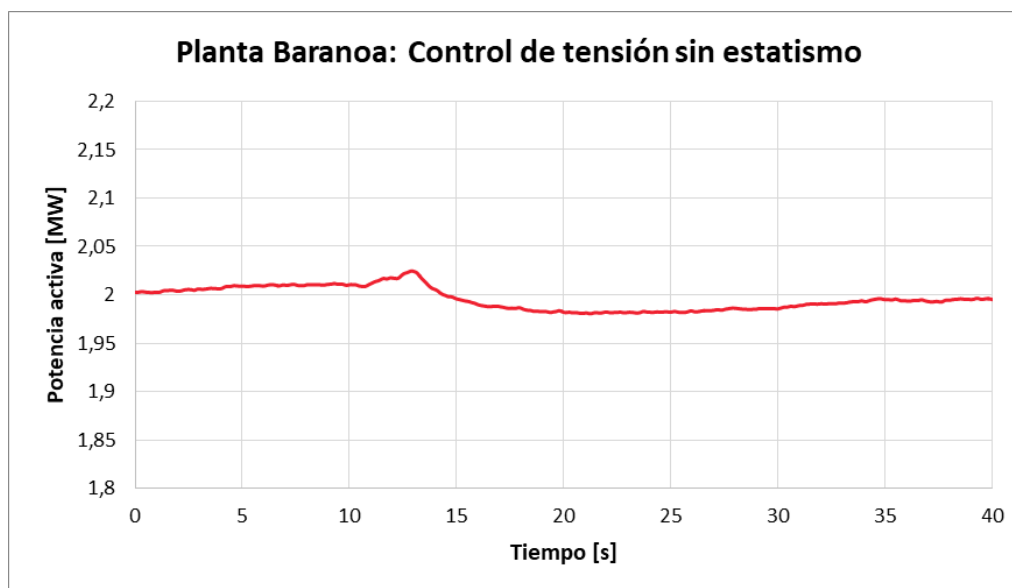
Tipo de consigna	Parámetro – Tipo de escalón	Consigna Indicada	Pinicial [MW]	Pfinal [MW]	Qinicial [MVar]	Qfinal [MVar]	Vinicial [kV]	Vfinal [kV]	F.P inicial	F.P final
Remota	F.P - Ascendente	2%	9,984	10,016	2,054	0,005	114,238	114,015	0,979	0,999
	F.P - Descendente	2%	9,980	9,983	0,0081	2,054	114,082	114,238	0,999	0,979

5.2. Verificación de los modos de control de tensión

A continuación, se presentan la verificación de los modos de control de tensión con los que cuenta el parque solar Baranoa: Modo Q, Modo VT, Modo VT-Estatismo y Modo FP. Para lo anterior, se aplicaron escalones en la señal de referencia y se validó el cumplimiento de los tiempos de respuesta y establecimiento en señal de potencia reactiva.

Control de tensión sin estatismo

De la Figura 38 a la Figura 45 se muestran los resultados de la prueba de control de tensión sin estatismo. En todos los casos se cumplió con el tiempo de respuesta y establecimiento exigidos por la CREG 060, esto se muestra en la Tabla 8.

Escalón descendente a Pmin (1,99 MW)**Figura 38. Control de tensión sin estatismo – Escalón descendente – Respuesta de tensión****Figura 39. Control de tensión sin estatismo – Escalón descendente – Respuesta de potencia activa**

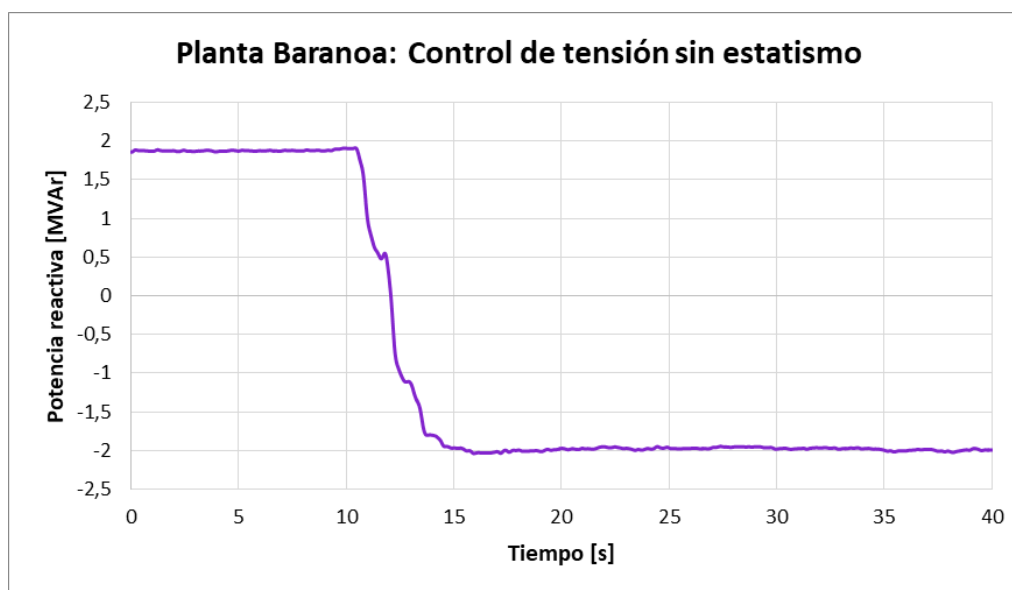


Figura 40. Control de tensión sin estatismo – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva

Escalón ascendente a Pmax disponible $\geq 80\%$ Pn (16,9 MW)

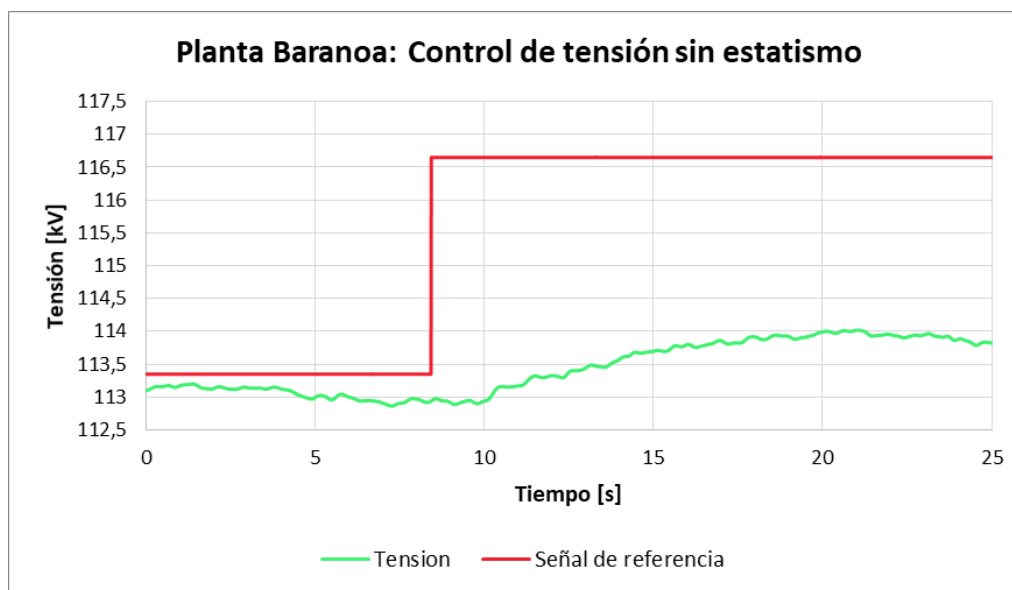


Figura 41. Control de tensión sin estatismo – Escalón ascendente – Respuesta de tensión

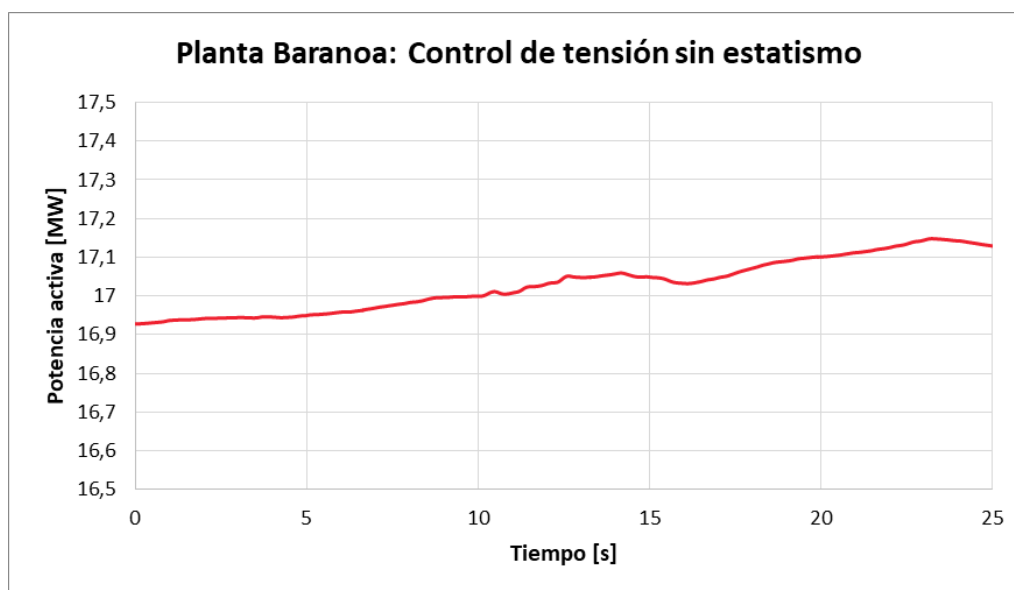


Figura 42. Control de tensión sin estatismo – Escalón ascendente – Respuesta de potencia activa

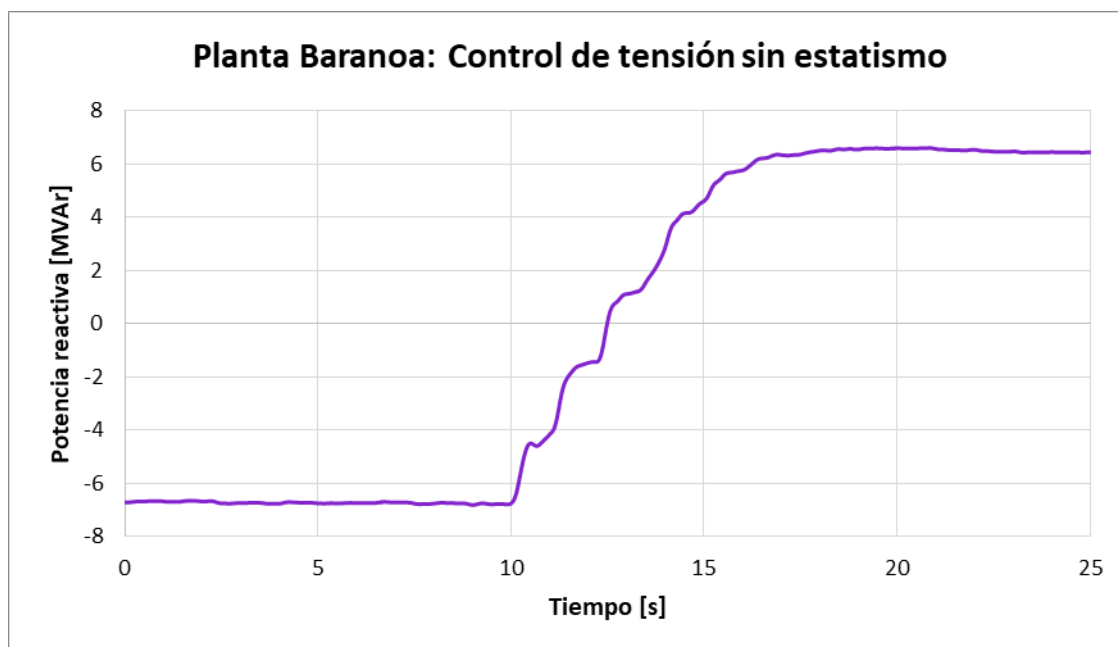


Figura 43. Control de tensión sin estatismo – Escalón ascendente – Respuesta de potencia reactiva

A continuación, se muestran las gráficas de los tiempos de respuesta y establecimiento en la señal de potencia reactiva.

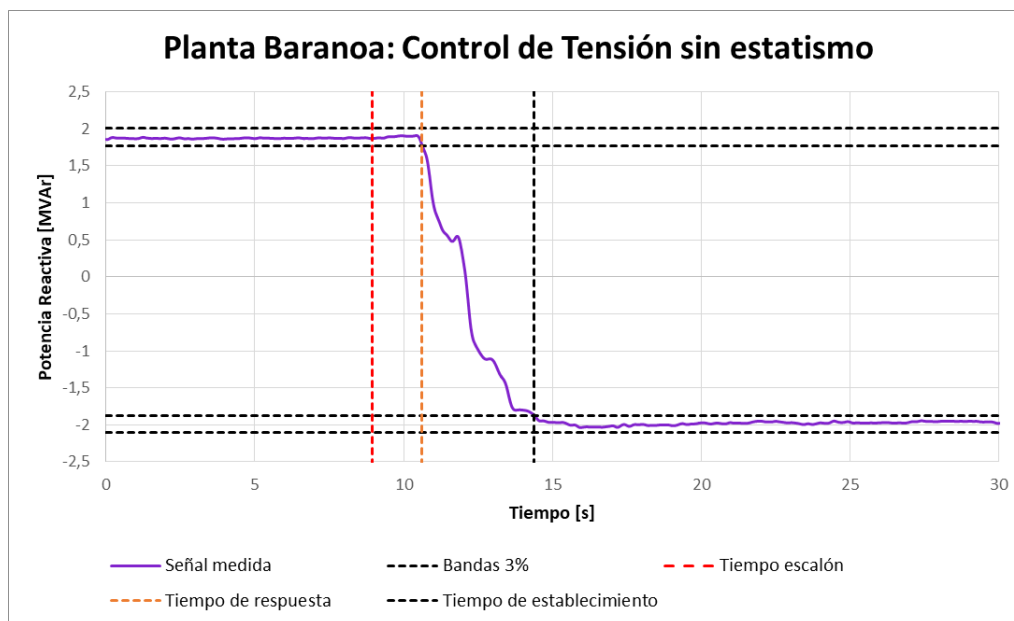


Figura 44. Consigna de tensión sin estatismo – Escalón descendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (1,99 MW)

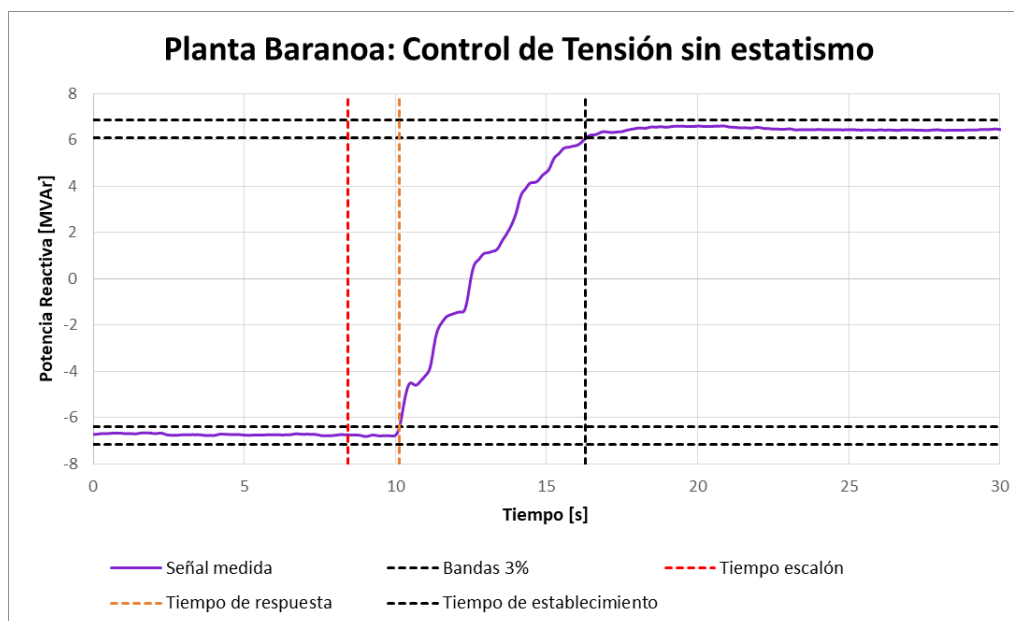


Figura 45. Consigna de tensión sin estatismo – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (16,9 MW)

Tabla 8. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de tensión sin estatismo

Tipo de escalón	Parámetro	Tiempo (s)	Referencia CREG 060 (s)
Descendente 1,99 MW	Tiempo de respuesta inicial	1,68	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	5,45	< 10,0
Ascendente 16.9 MW	Tiempo de respuesta inicial	1,70	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	7,86	< 10,0

Control de tensión con estatismo del 4%

De la Figura 46 a la Figura 55, se muestran los resultados de la prueba de control de tensión con estatismo del 4%. En todos los casos se cumplió con el tiempo de respuesta y establecimiento exigidos por la CREG 060, esto se muestra en la Tabla 9.

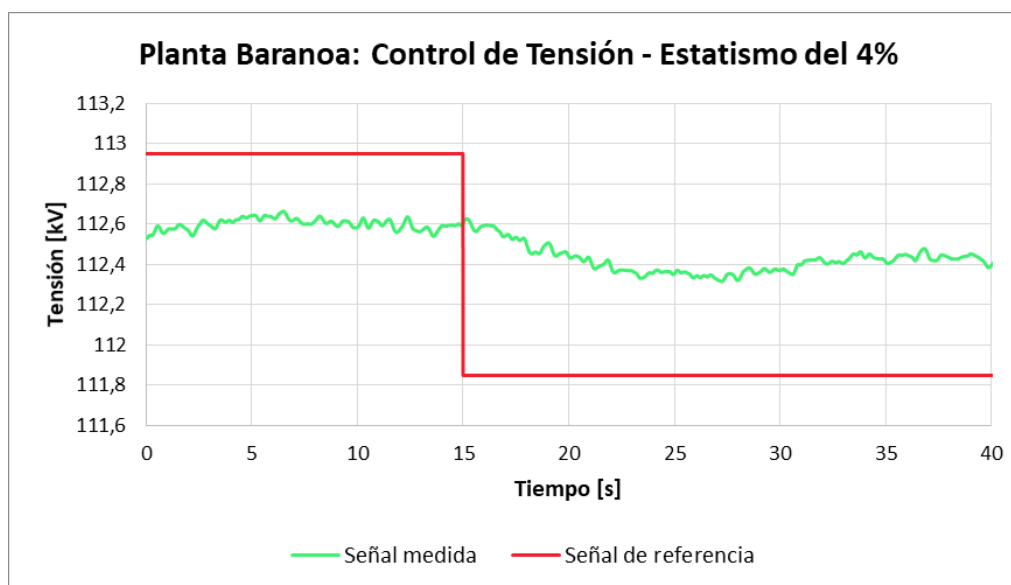
Escalón descendente a Pmin (1,99 MW)

Figura 46. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón descendente – Respuesta de tensión

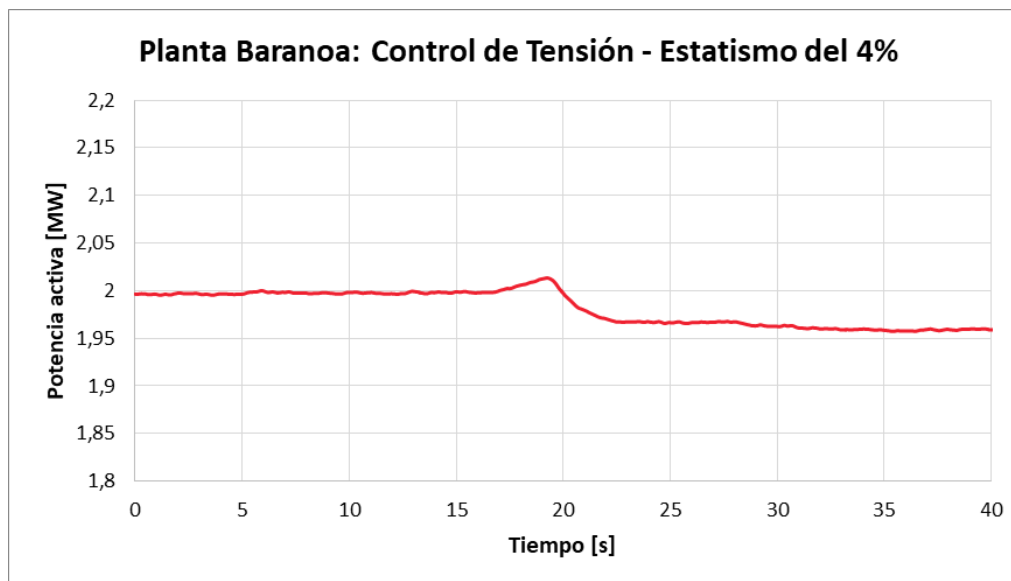


Figura 47. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón descendente – Respuesta de potencia activa

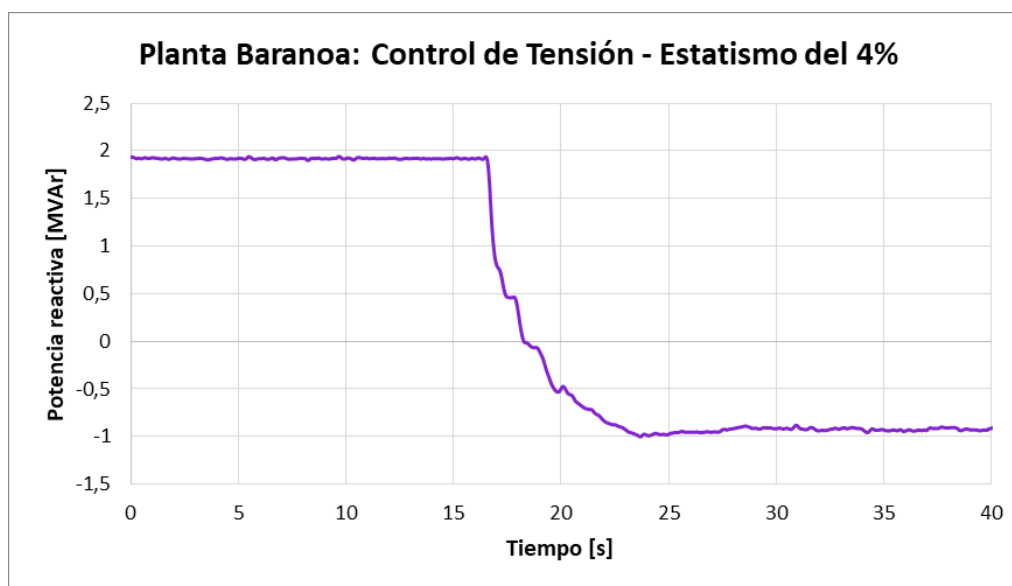


Figura 48. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva

Escalón ascendente a $P_{\max}$ disponible $\geq P_n$ (17 MW)

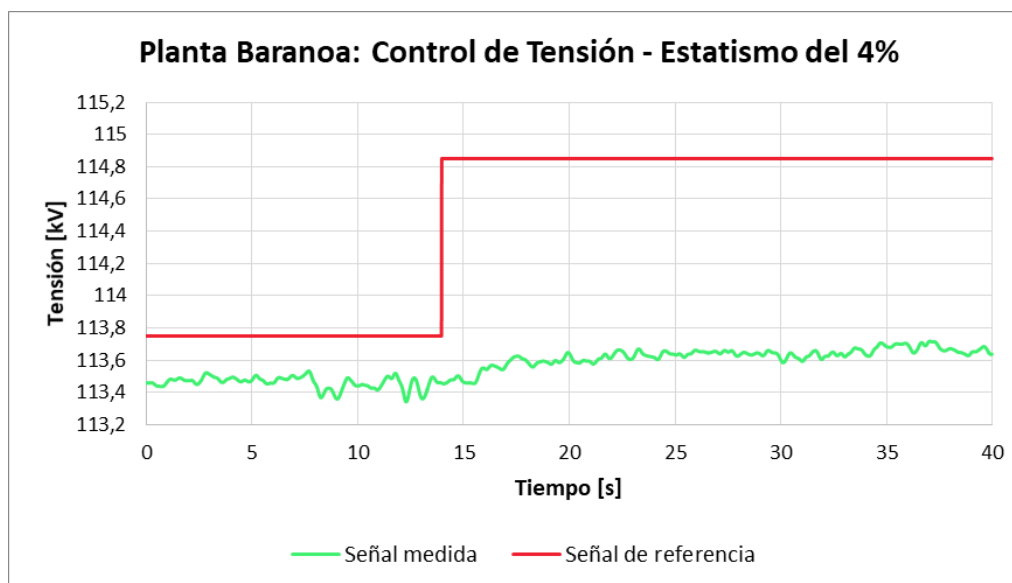


Figura 49. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón ascendente – Respuesta de tensión

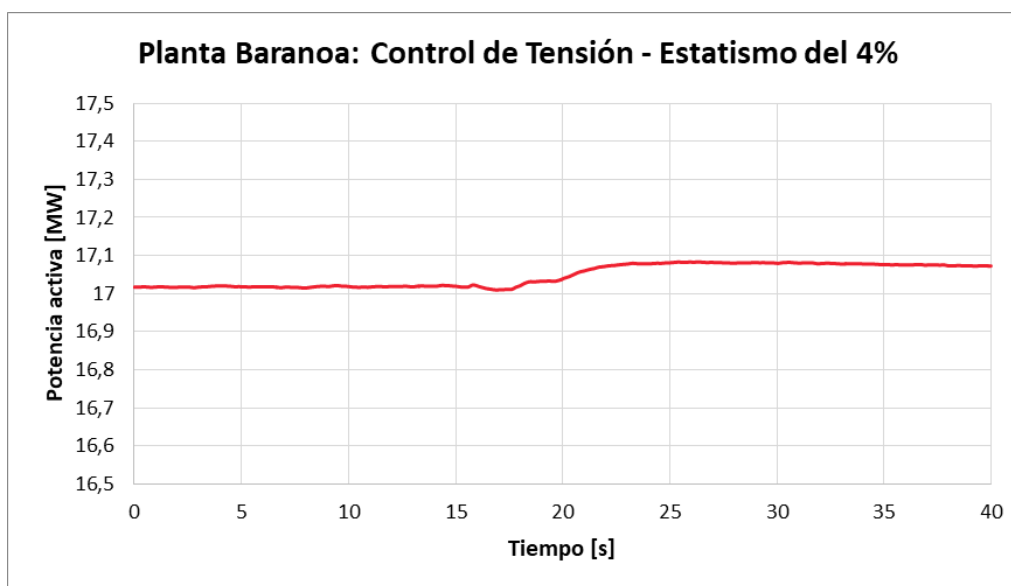


Figura 50. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón ascendente – Respuesta de potencia activa

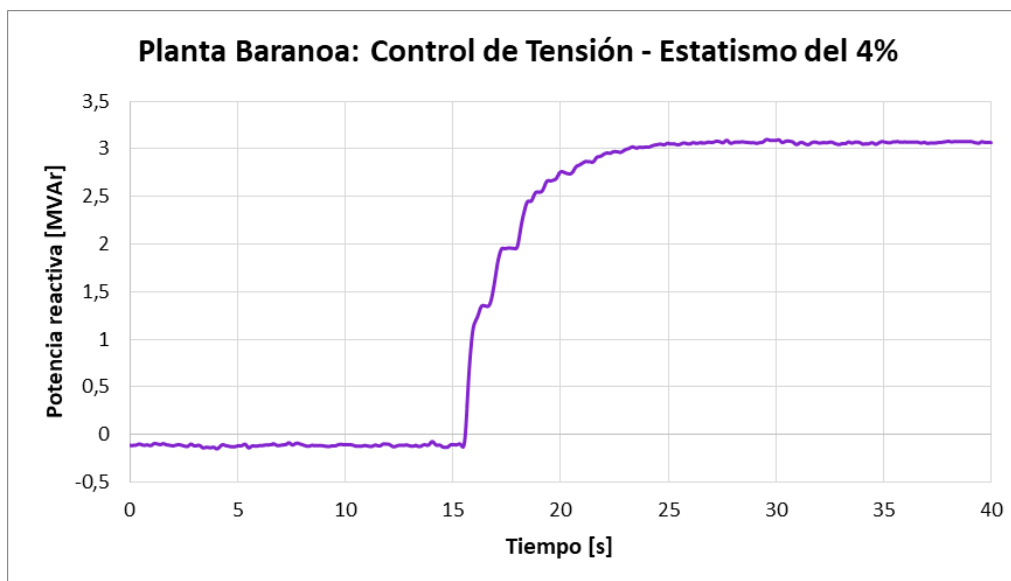


Figura 51. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón ascendente – Respuesta de potencia reactiva

A continuación, se muestran las gráficas de Potencia reactiva vs Tensión y los tiempos de respuesta y establecimiento en la señal de la potencia reactiva.

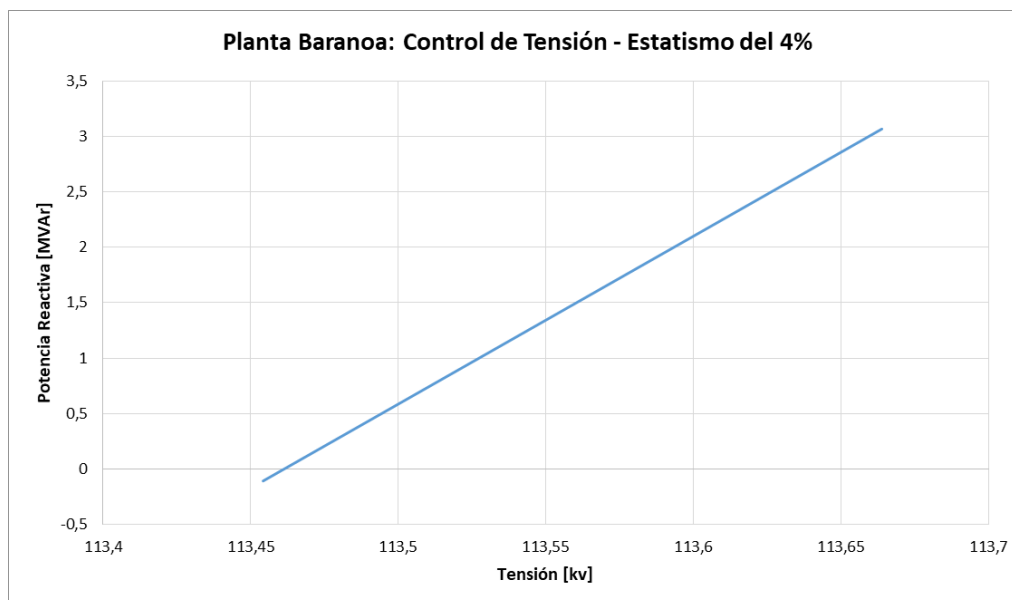


Figura 52. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón ascendente – Grafica de Potencia Reactiva vs Tensión (17 MW)

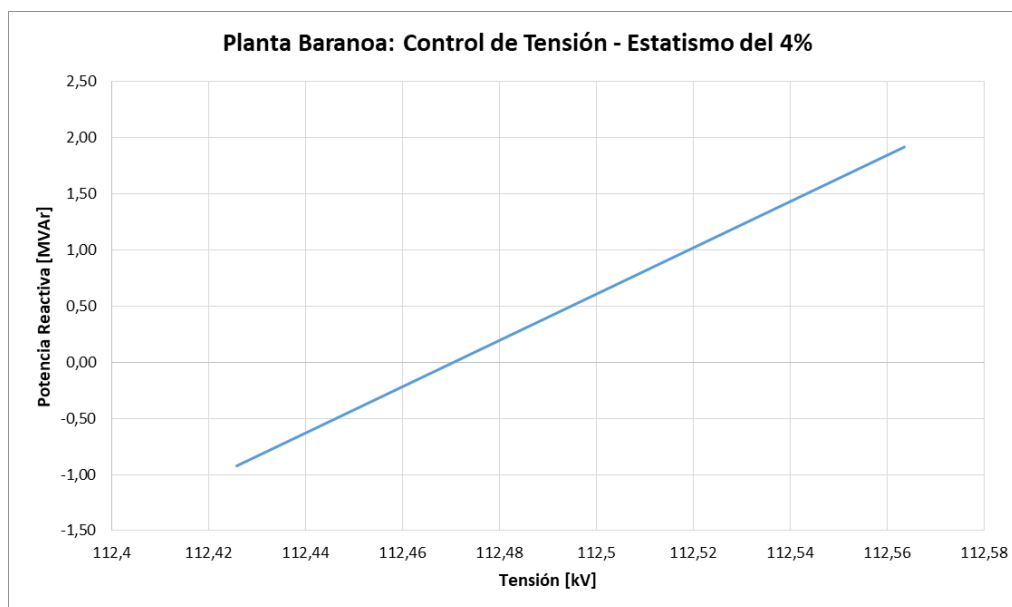


Figura 53. Control de tensión con estatismo del 4% – Escalón descendente – Grafica de Potencia Reactiva vs Tensión (1,99 MW)

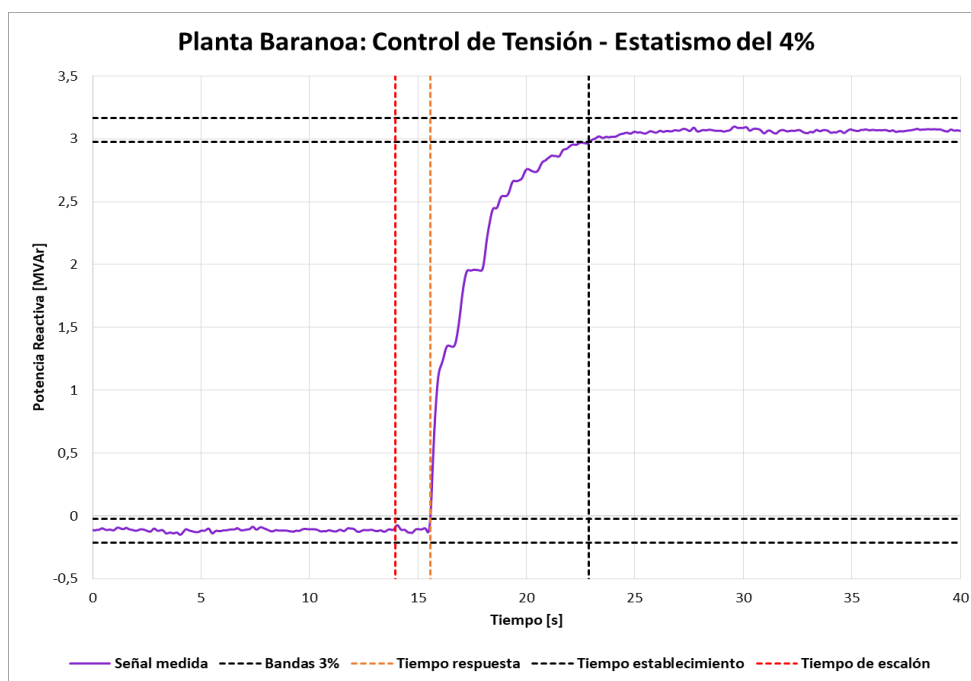


Figura 54. Control de tensión con estadismo del 4% – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (17 MW)

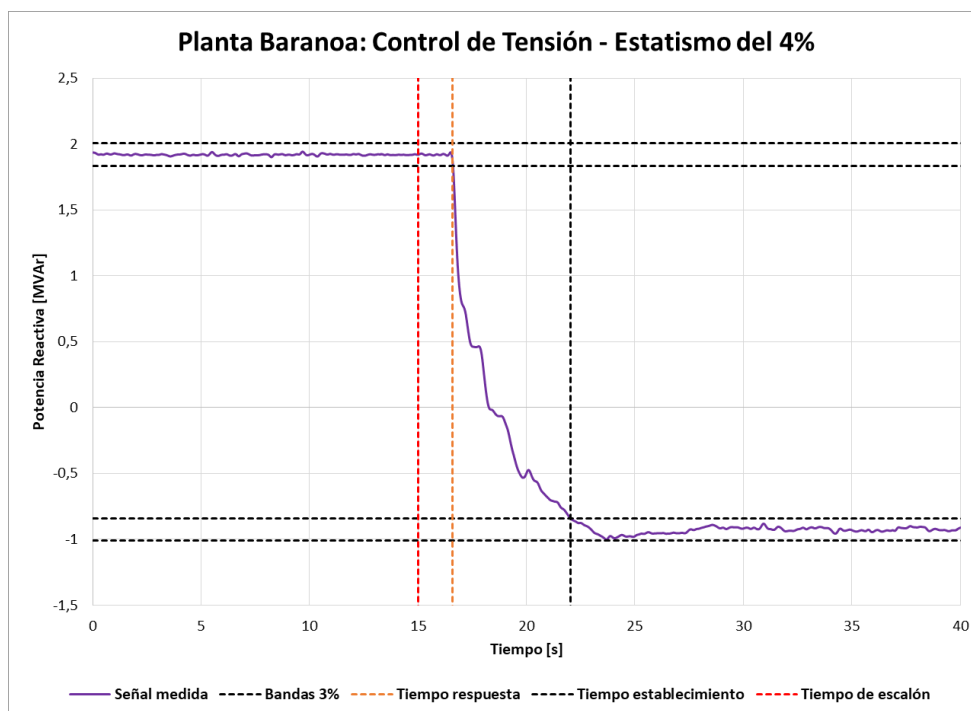


Figura 55. Control de tensión con estadismo del 4% – Escalón descendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (1,99 MW)

Tabla 9. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de tensión con estatismo del 4%

Tipo de escalón	Parámetro	Tiempo (s)	Referencia CREG 060 (s)
Ascendente	Tiempo de respuesta inicial	1,59	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	8,92	< 10,0
Descendente	Tiempo de respuesta inicial	1,61	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	7,03	< 10,0

Control de tensión con estatismo del 2%

De la Figura 56 a la Figura 65, se muestran los resultados de la prueba de control de tensión con estatismo del 2%. En todos los casos se cumplió con el tiempo de respuesta y establecimiento exigidos por la CREG 060, esto se muestra en la Tabla 10.

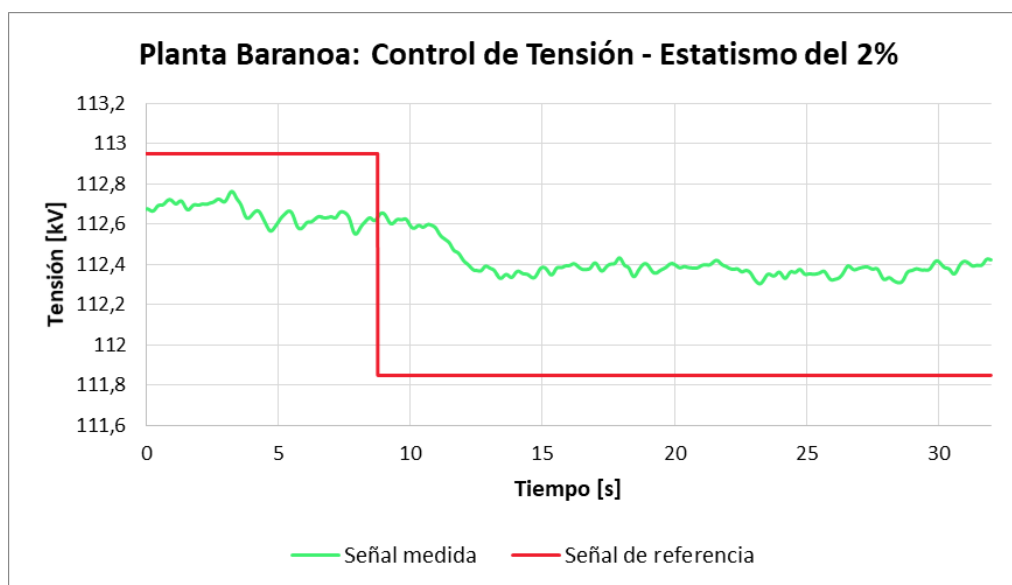
Escalón descendente a Pmin (1,99 MW)

Figura 56. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón descendente – Respuesta de tensión

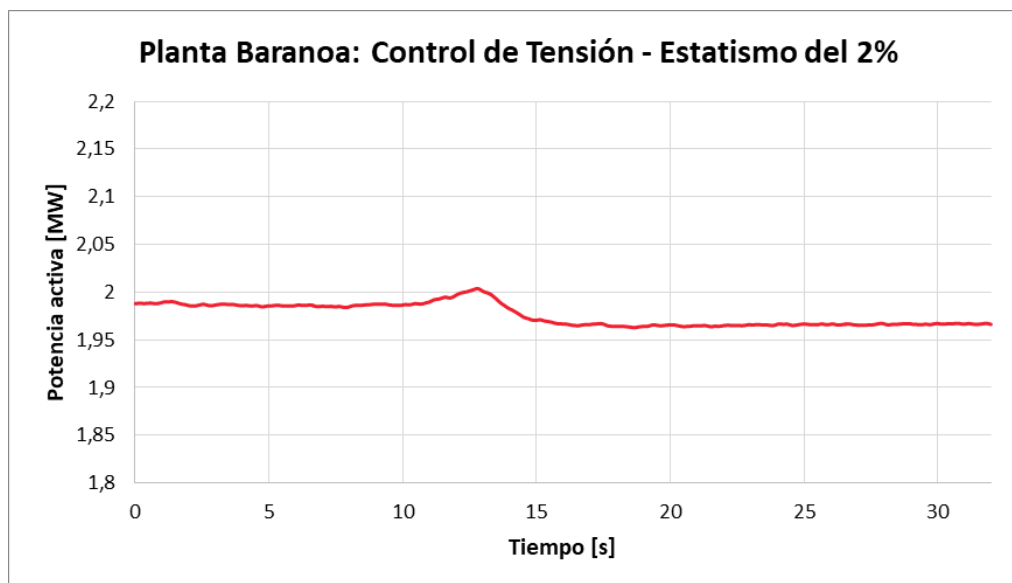


Figura 57. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón descendente – Respuesta de potencia activa

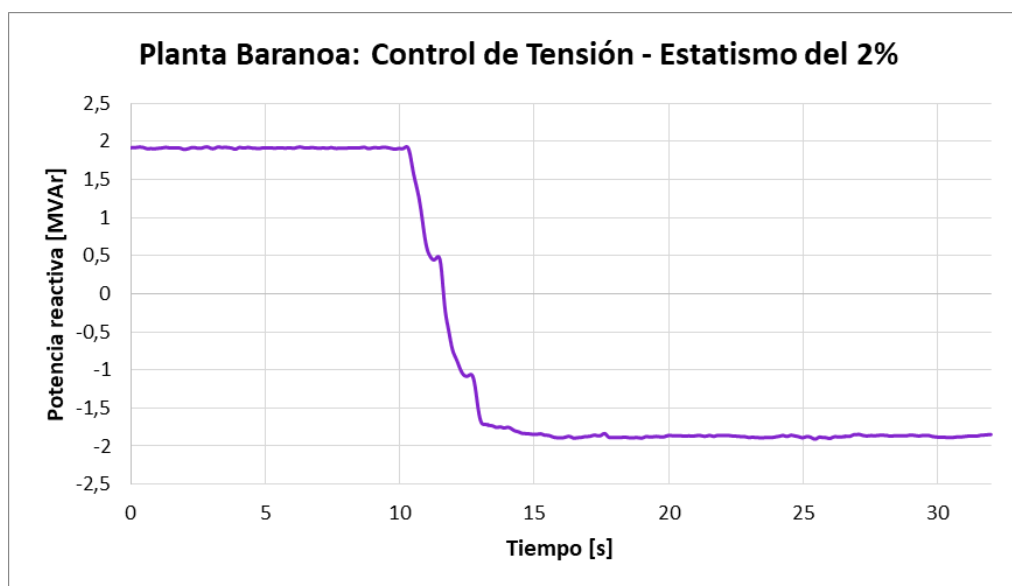


Figura 58. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva

Escalón ascendente Pmax disponible $\geq 80\%P_n$ (17 MW)

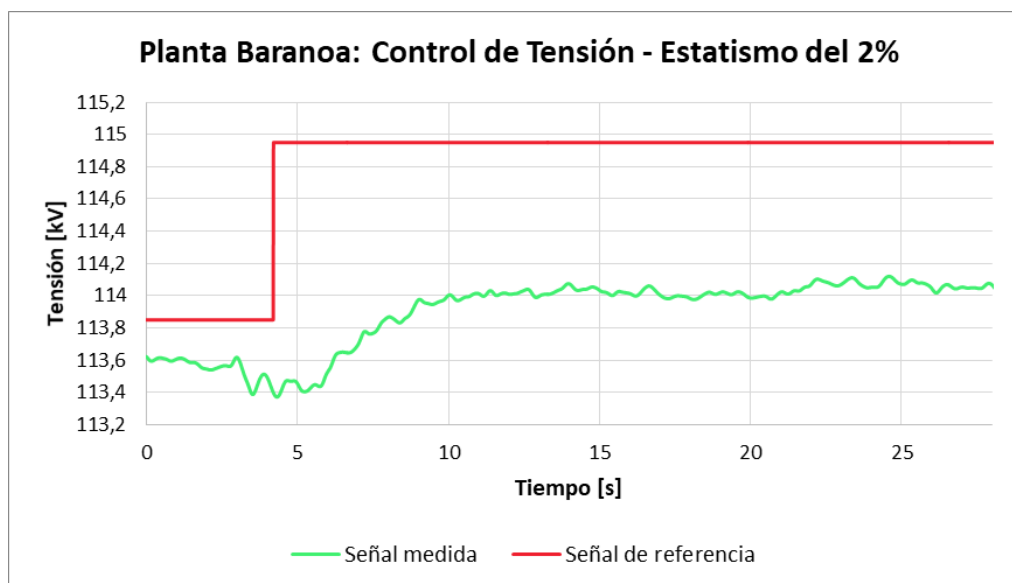


Figura 59. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón ascendente – Respuesta de tensión

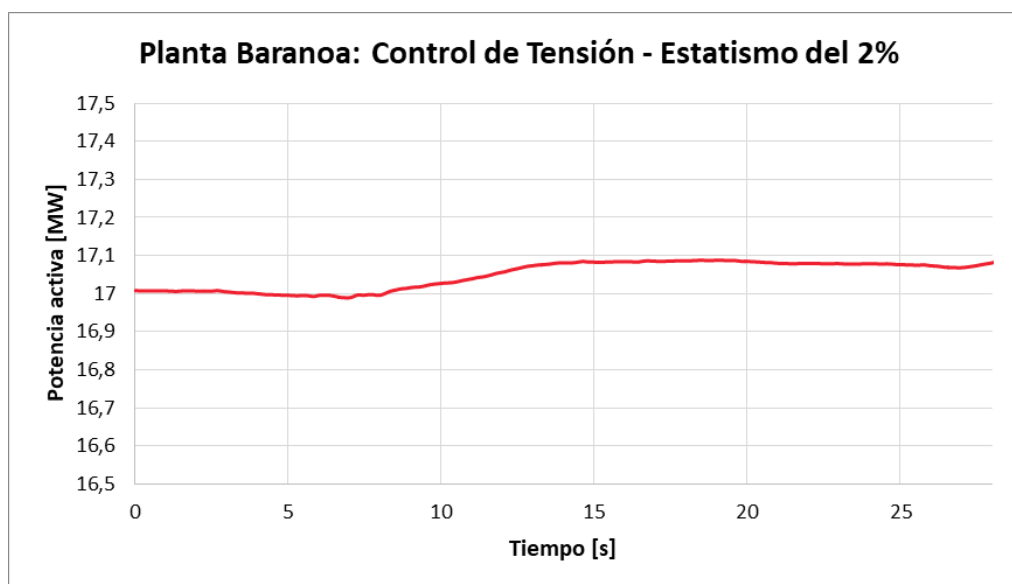


Figura 60. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón ascendente – Respuesta de potencia activa

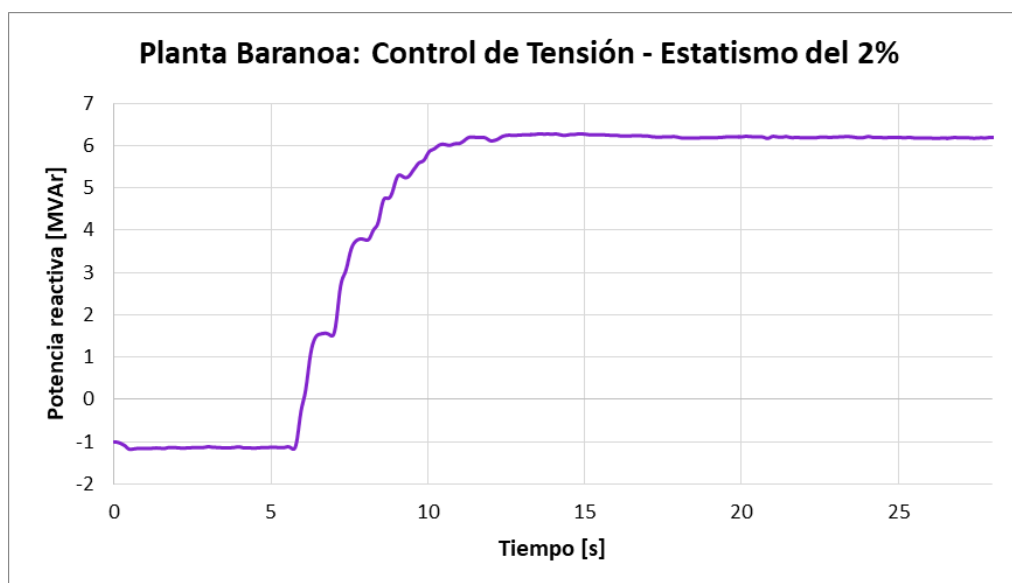


Figura 61. Control de tensión con estatismo del 2% – Escalón ascendente – Respuesta de potencia reactiva

A continuación, se muestran las gráficas de Potencia reactiva vs Tensión y los tiempos de respuesta y establecimiento en la señal de la potencia reactiva.

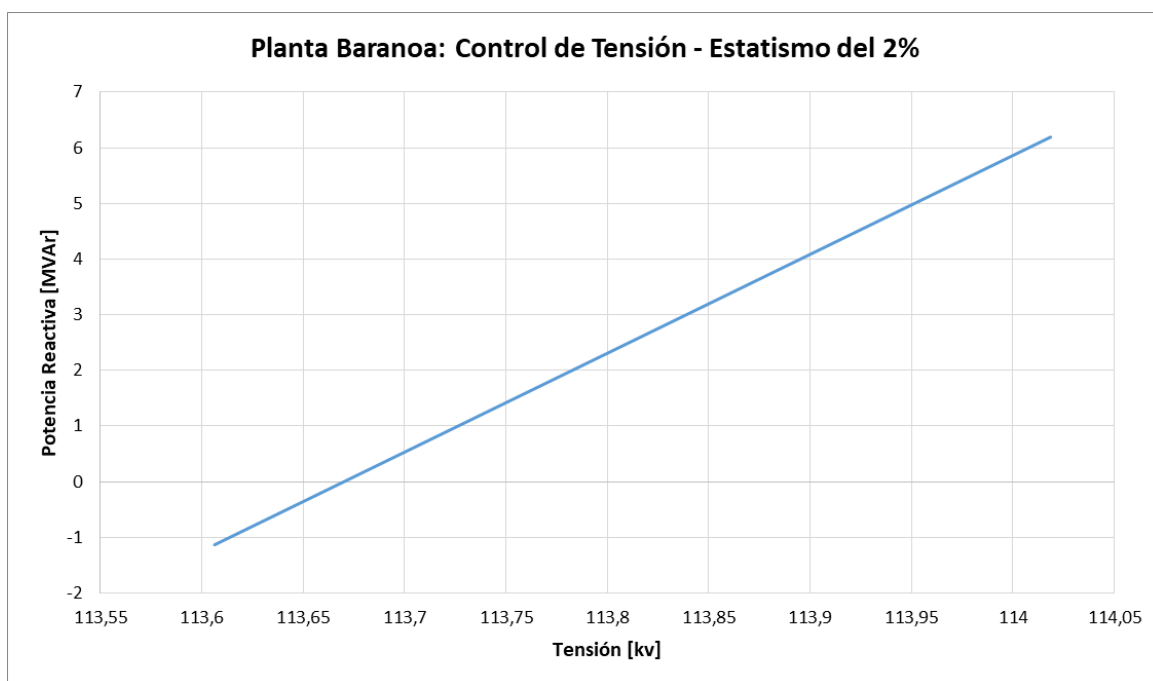


Figura 62. Control de tensión con estadismo del 2% – Escalón ascendente – Grafica de Potencia Reactiva vs Tensión (17 MW)

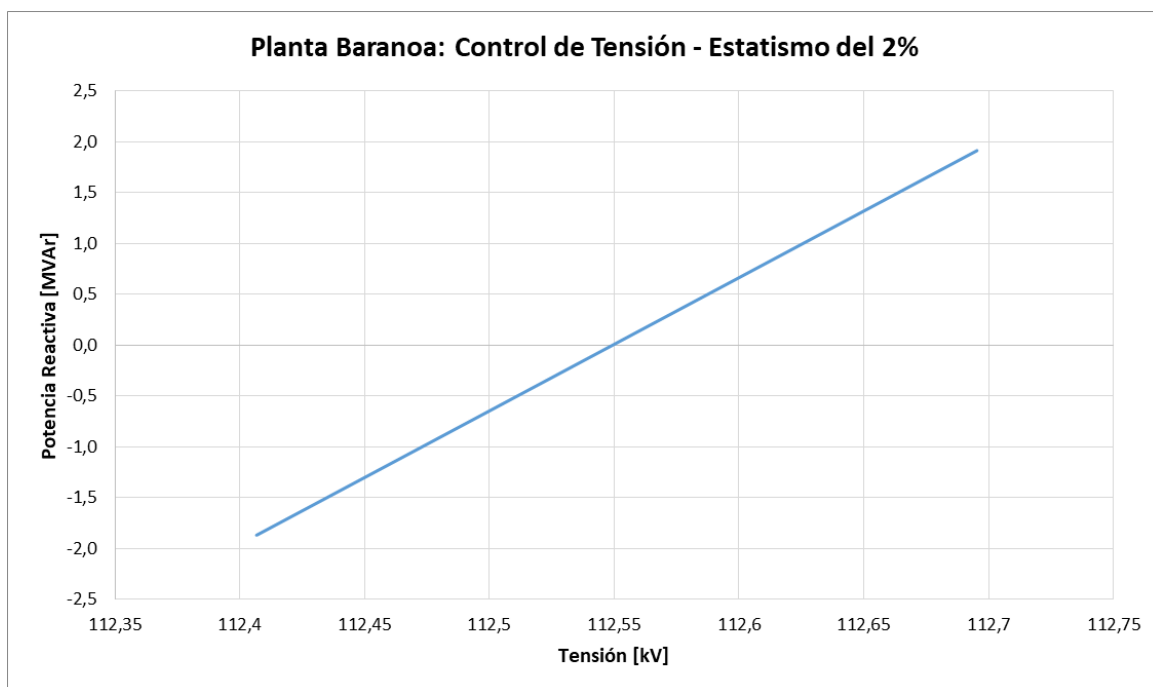


Figura 63. Control de tensión con estadismo del 2% – Escalón descendente – Grafica de Potencia Reactiva vs Tensión (1,99 MW)

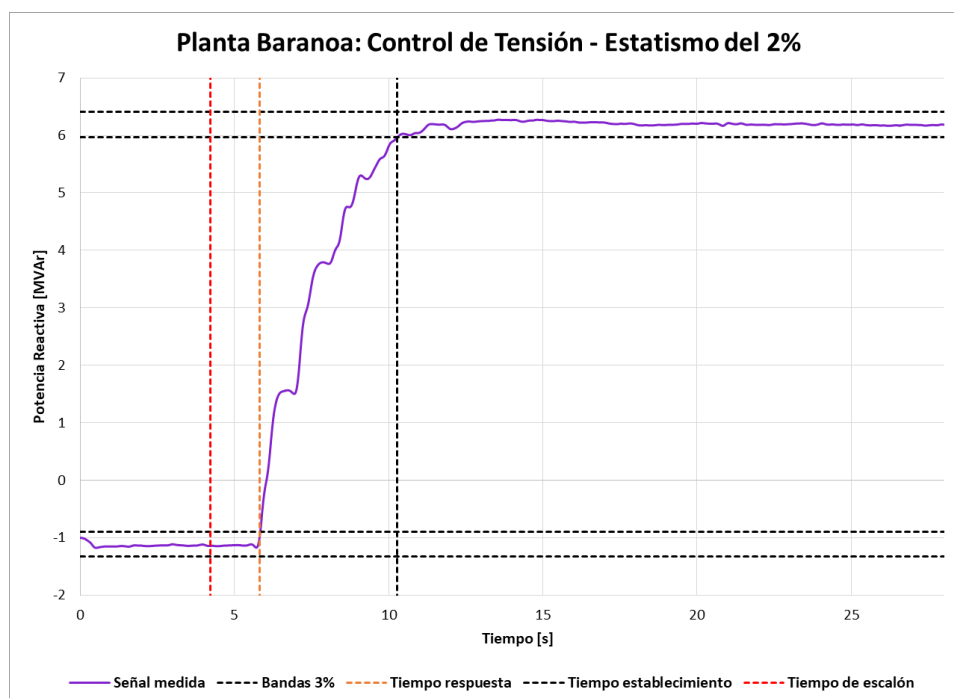


Figura 64. Control de tensión con estadismo del 2% – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (17 MW)

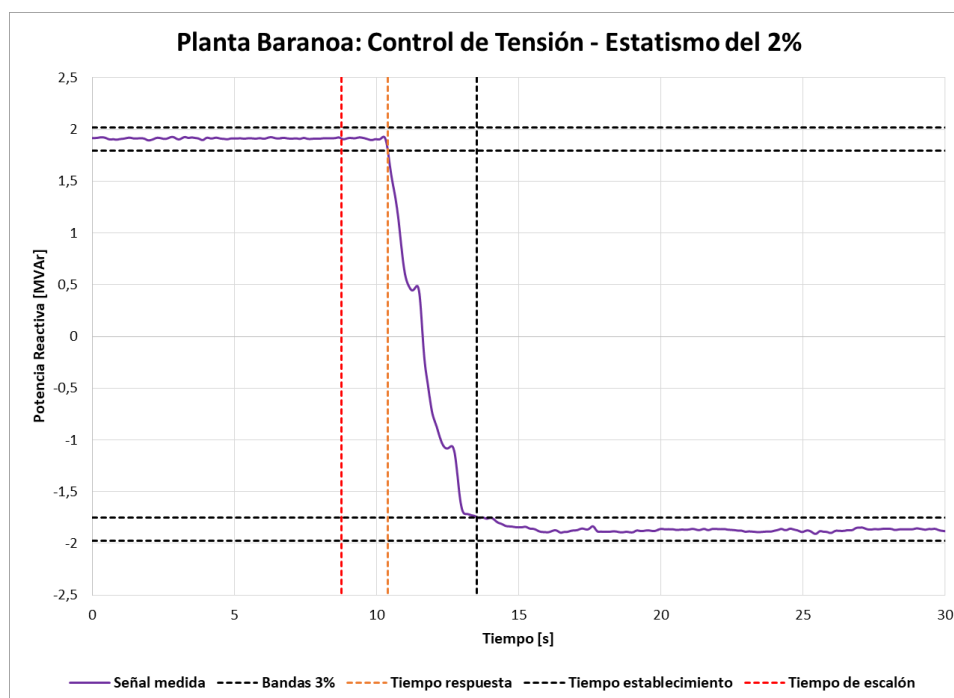


Figura 65. Control de tensión con estadismo del 2% – Escalón descendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (1,99 MW)

Tabla 10. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de tensión con estatismo del 2%

Tipo de escalón	Parámetro	Tiempo (s)	Referencia CREG 060 (s)
Ascendente	Tiempo de respuesta inicial	1,62	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	6,07	< 10,0
Descendente	Tiempo de respuesta inicial	1,63	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	4,78	< 10,0

Control de tensión con estatismo del 6%

De la Figura 66 a la Figura 75, se muestran los resultados de la prueba de control de tensión con estatismo del 6%. En todos los casos se cumplió el tiempo de respuesta y establecimiento exigido por la CREG 060, esto se muestra en la Tabla 11.

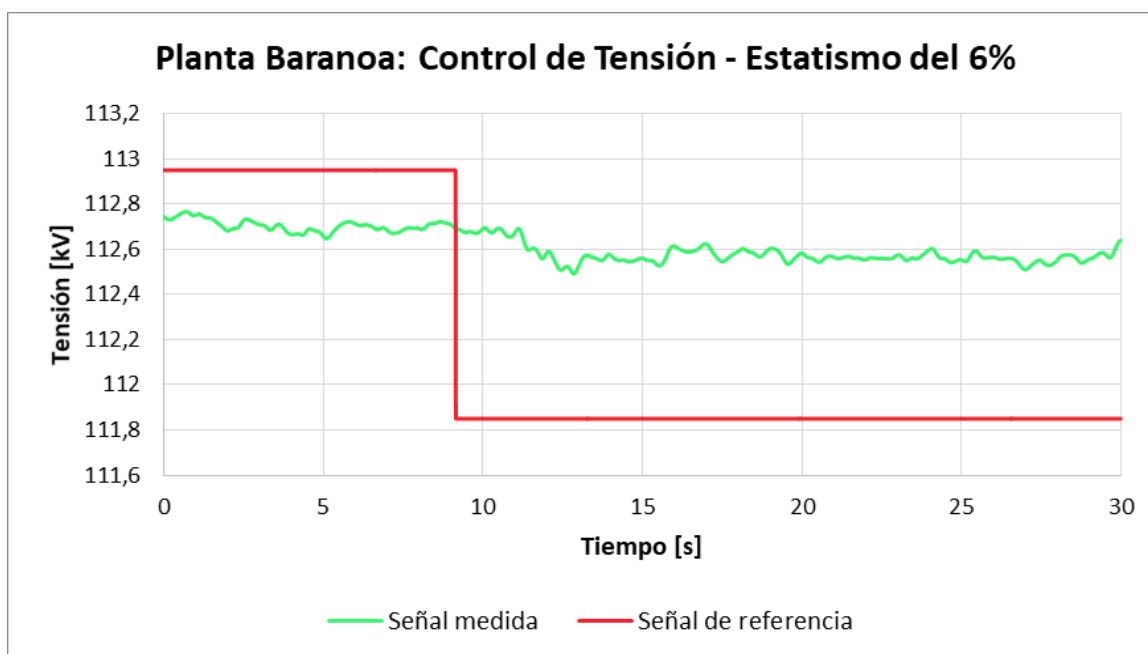
Escalón descendente Pmin (1,99 MW)

Figura 66. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón descendente – Respuesta de tensión

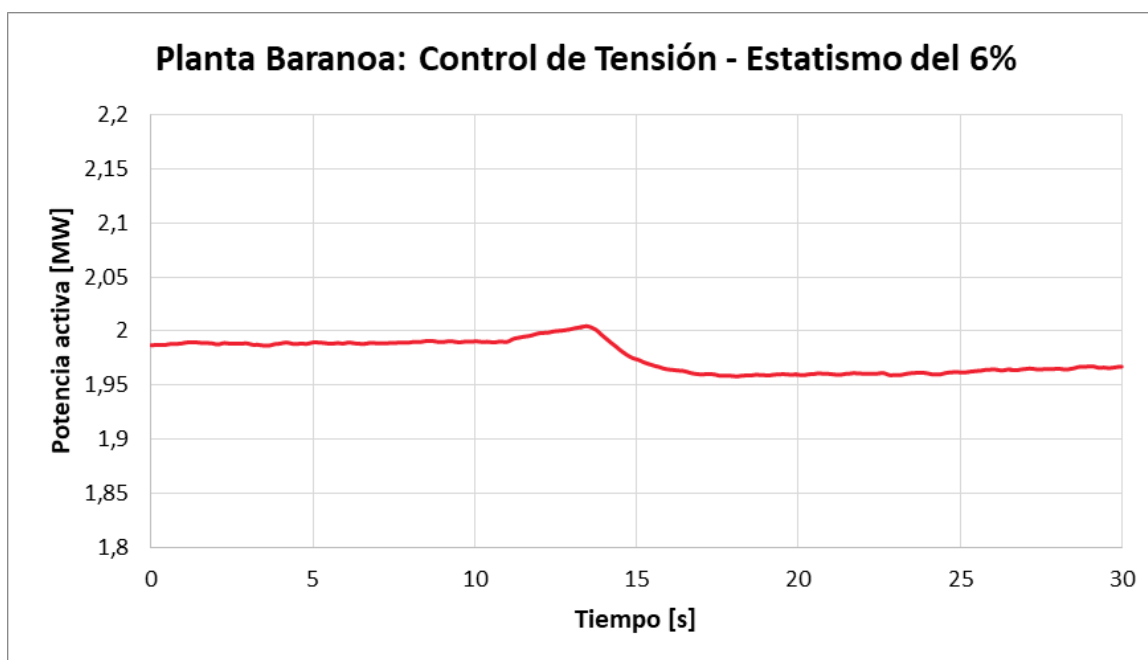


Figura 67. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón descendente – Respuesta de potencia activa

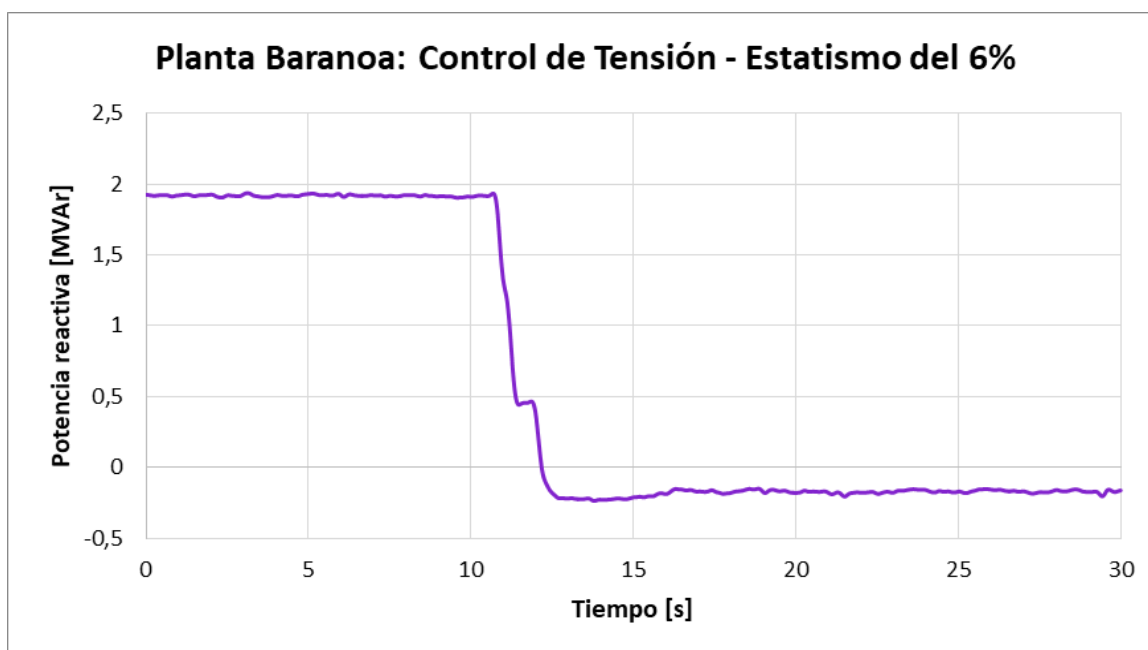


Figura 68. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva

Escalón ascendente a Pmax disponible $\geq 80\%P_n$ (17 MW)

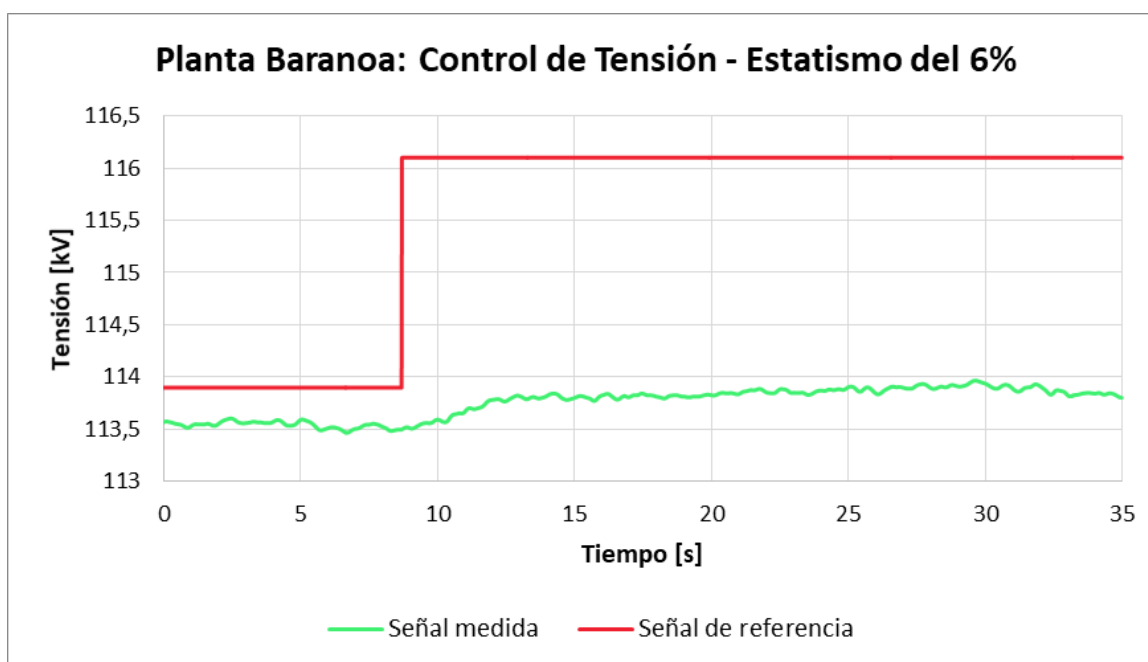


Figura 69. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón ascendente – Respuesta de tensión

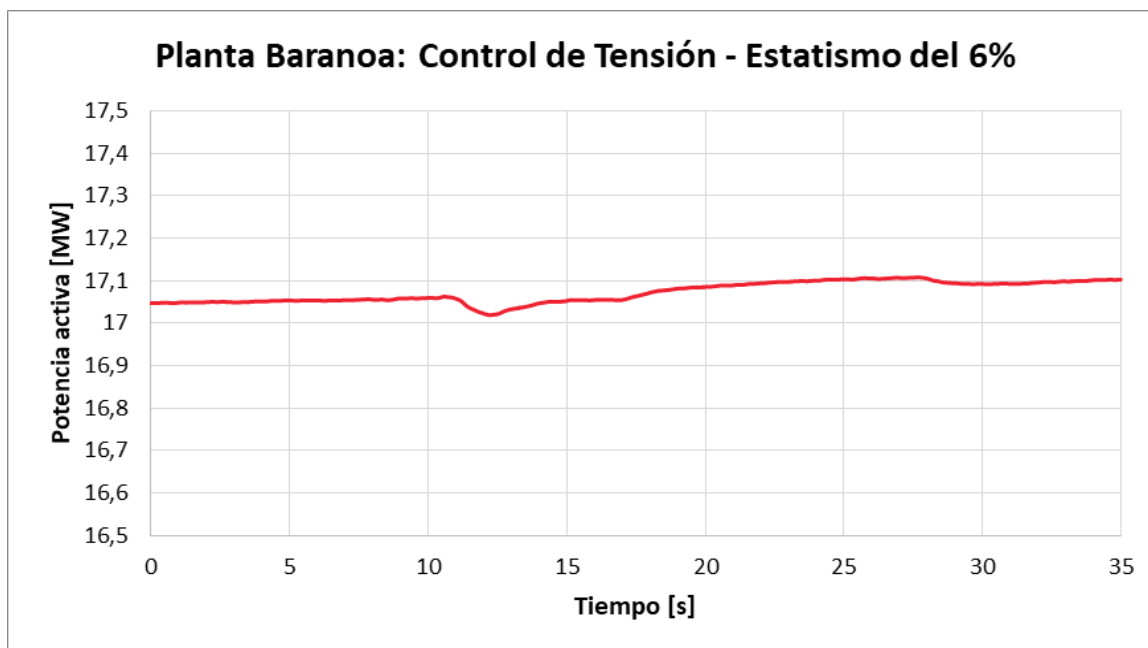


Figura 70. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón ascendente – Respuesta de potencia activa

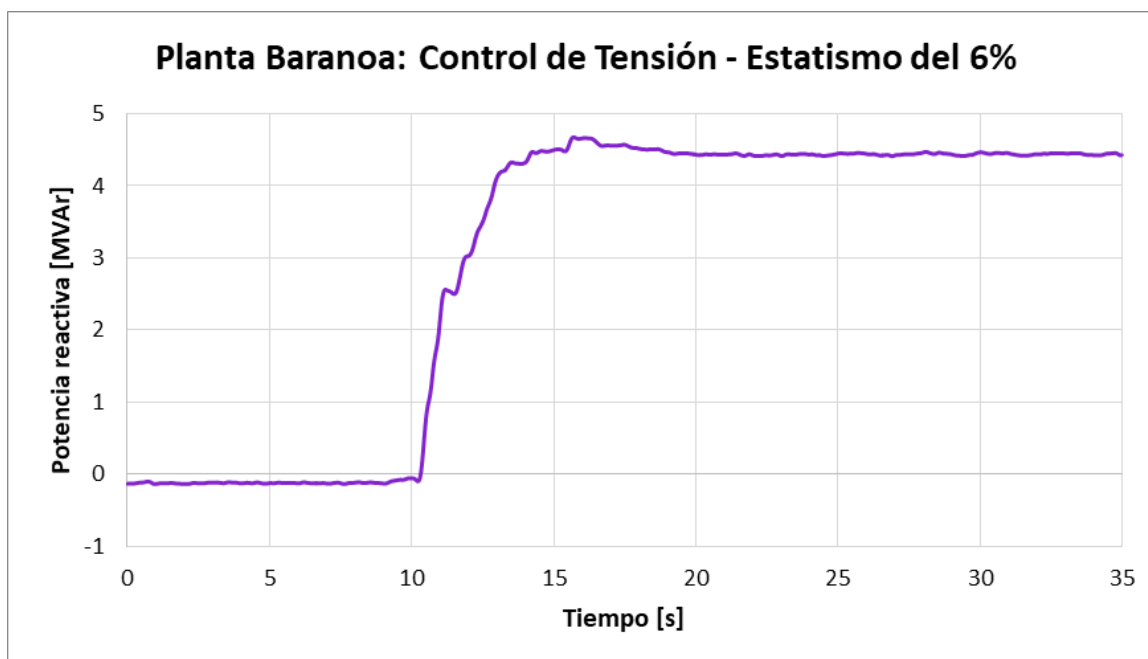


Figura 71. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón ascendente – Respuesta de potencia reactiva

A continuación, se muestran las gráficas de Potencia reactiva vs Tensión y los tiempos de respuesta y establecimiento en la señal de la potencia reactiva.

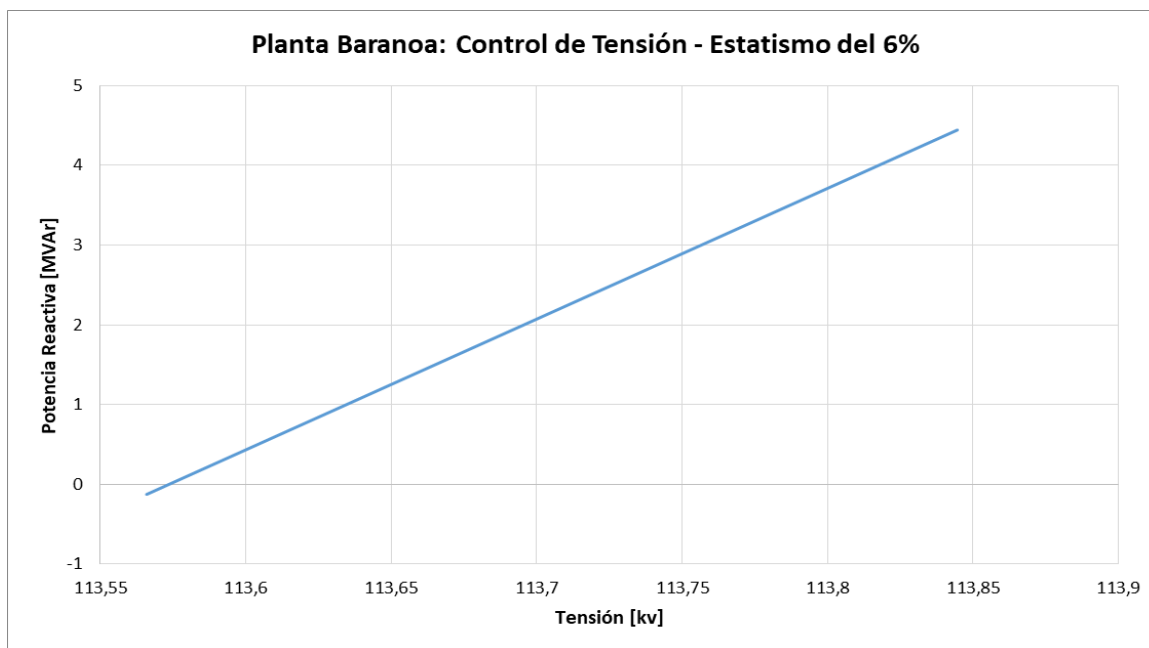


Figura 72. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón ascendente – Grafica de Potencia Reactiva vs Tensión

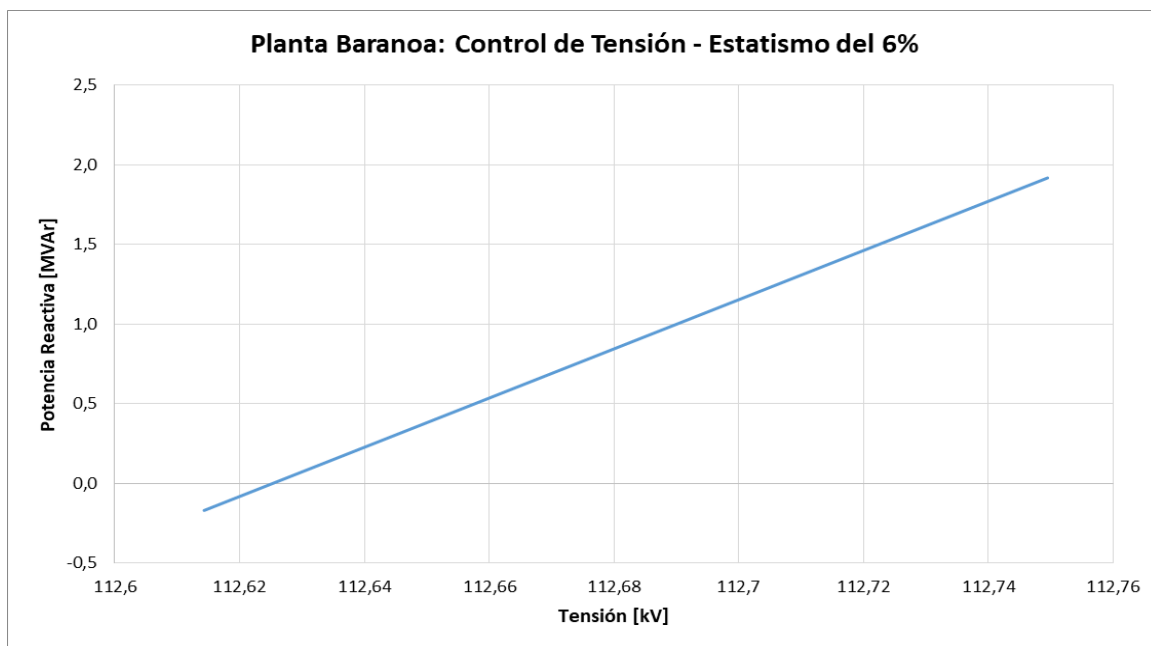


Figura 73. Control de tensión con estatismo del 6% – Escalón descendente – Grafica de Potencia Reactiva vs Tensión

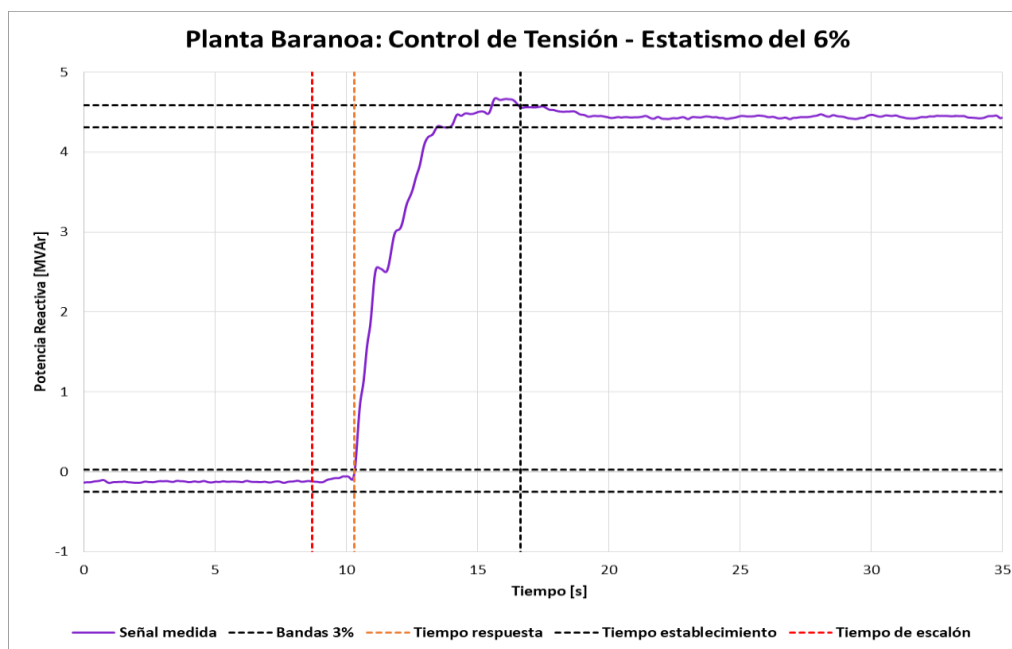


Figura 74. Control de tensión con estatismo del 8% – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (17 MW)

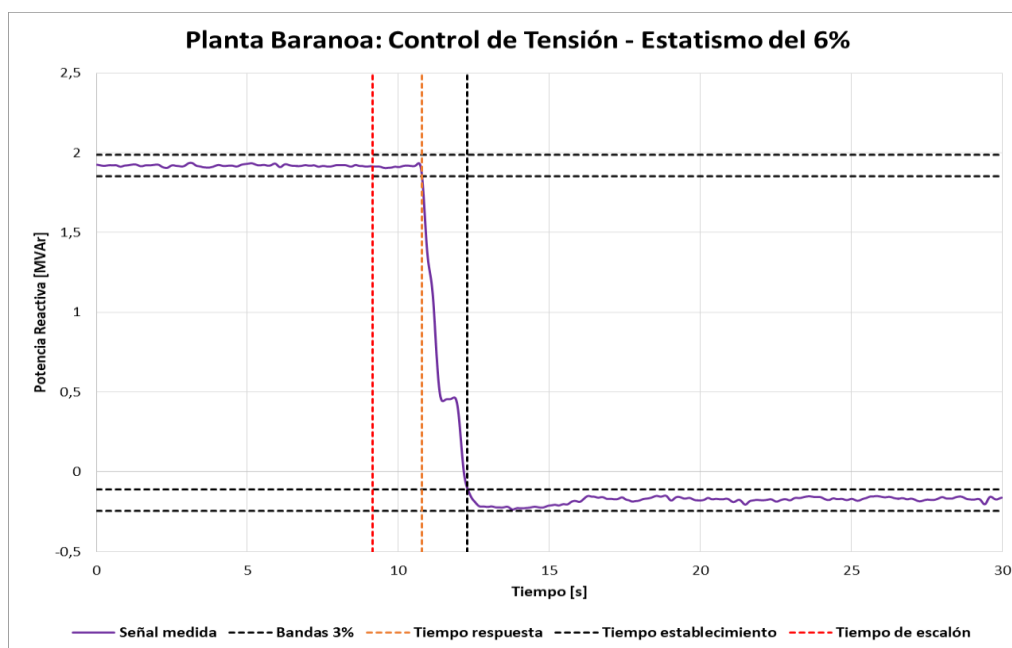


Figura 75. Control de tensión con estadismo del 6% – Escalón descendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (1,99 MW)

Tabla 11. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de tensión con estadismo del 6%

Tipo de escalón	Parámetro	Tiempo (s)	Referencia CREG 060 (s)
Ascendente	Tiempo de respuesta inicial	1,62	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	7,95	< 10,0
Descendente	Tiempo de respuesta inicial	1,62	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	3,14	< 10,0

Control de potencia reactiva en región inductiva

De la Figura 76 a la Figura 83, se muestran los resultados de la prueba de control de potencia reactiva en la región inductiva. En todos los casos se cumplió con el tiempo de respuesta y establecimiento exigido por la CREG 060, esto se muestra en la Tabla 12.

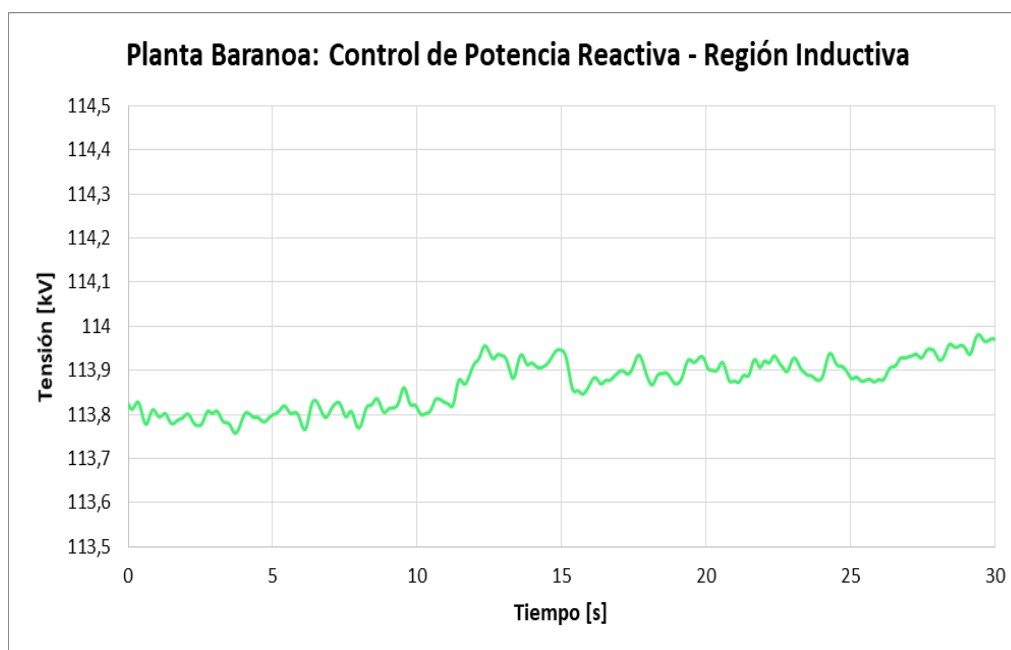
Escalón ascendente a Pmin (1,99 MW)

Figura 76. Control de potencia reactiva en región inductiva – Escalón ascendente – Respuesta de tensión

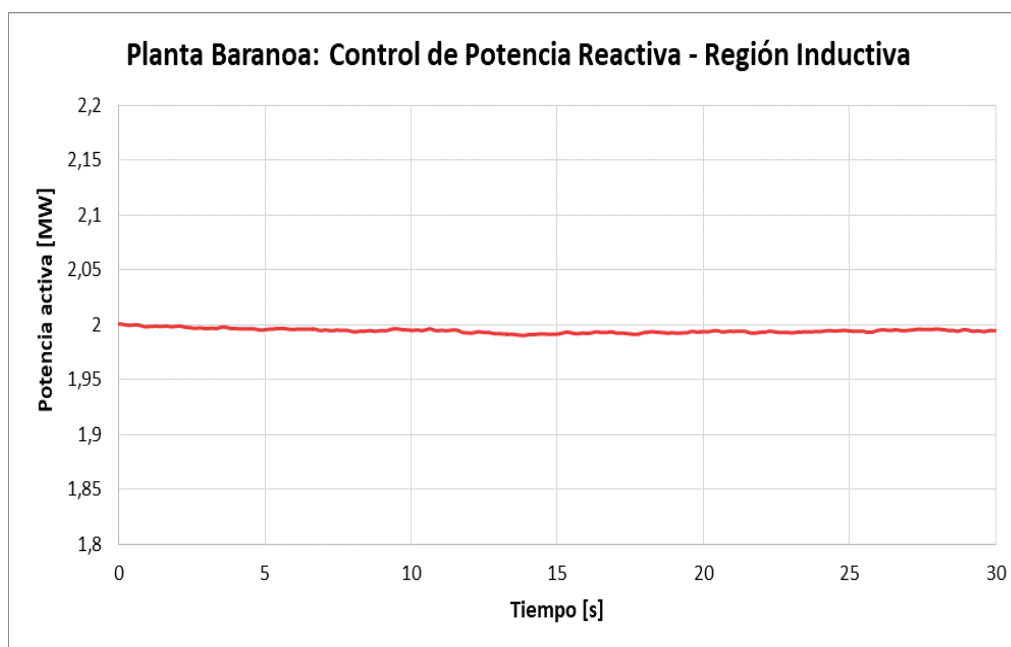


Figura 77. Control de potencia reactiva en región inductiva – Escalón ascendente – Respuesta de potencia activa

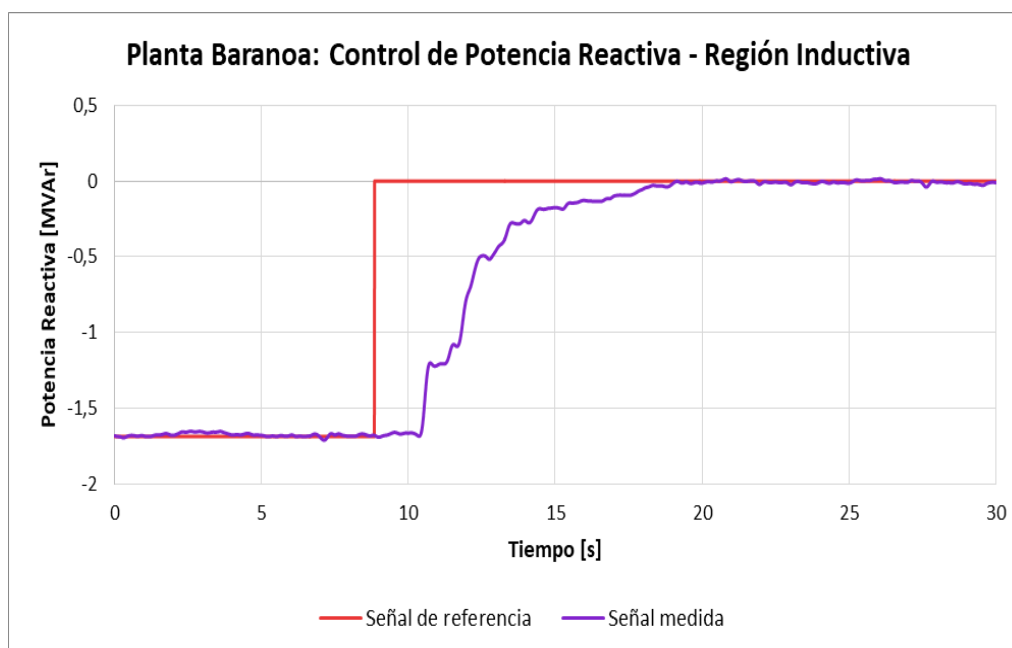


Figura 78. Control de potencia reactiva en región inductiva – Escalón ascendente – Respuesta de potencia reactiva

Escalón descendente a Pmax disponible $\geq 80\%P_n$ (17 MW)

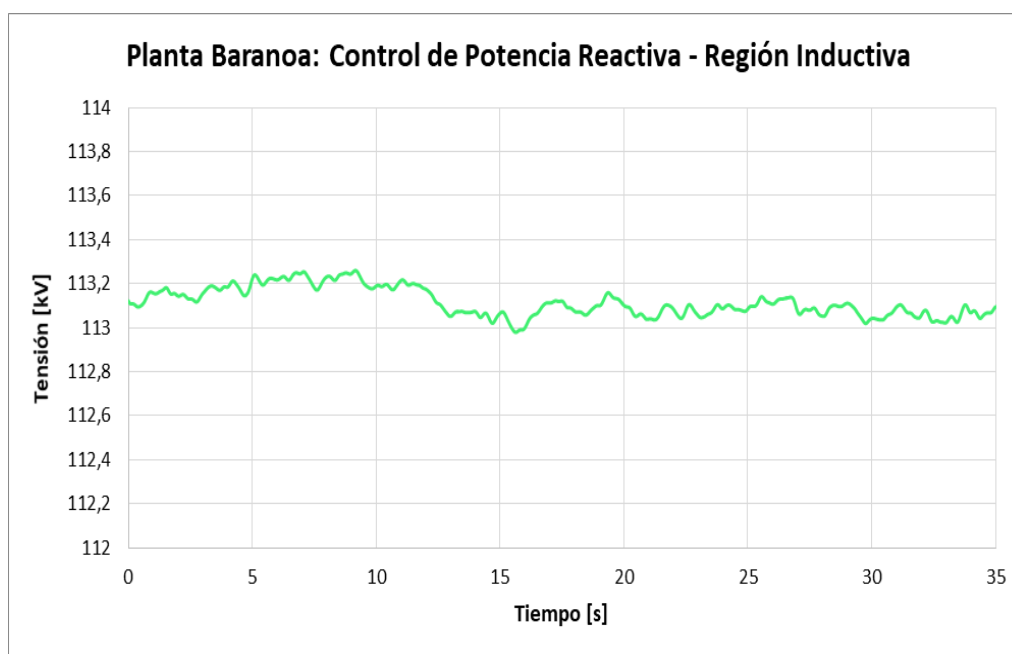


Figura 79. Control de potencia reactiva en región inductiva – Escalón descendente – Respuesta de tensión

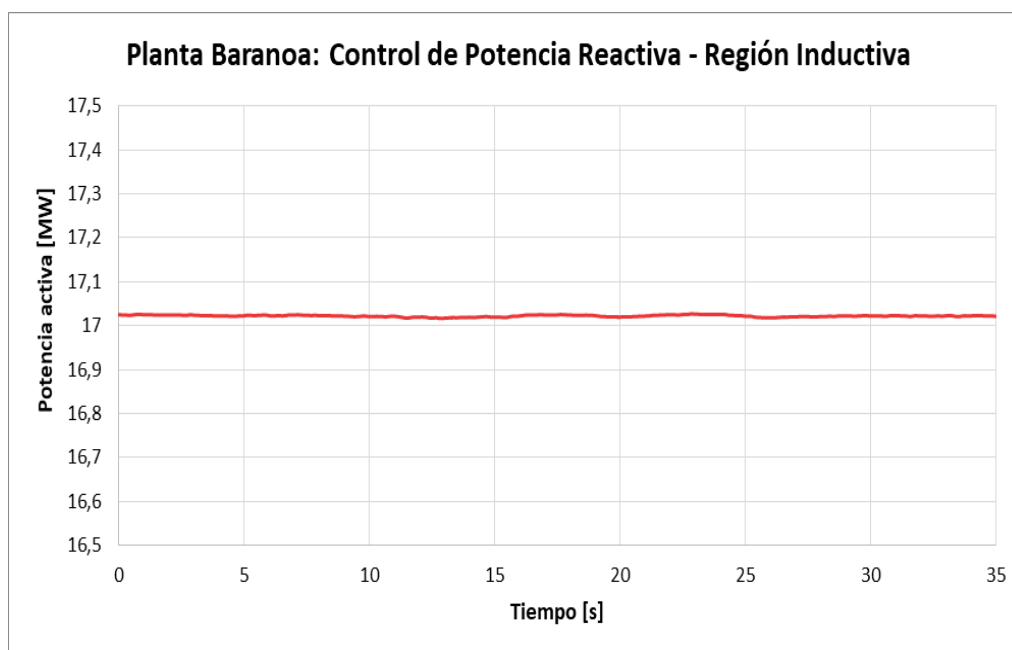


Figura 80. Control de potencia reactiva en región inductiva – Escalón descendente – Respuesta de potencia activa

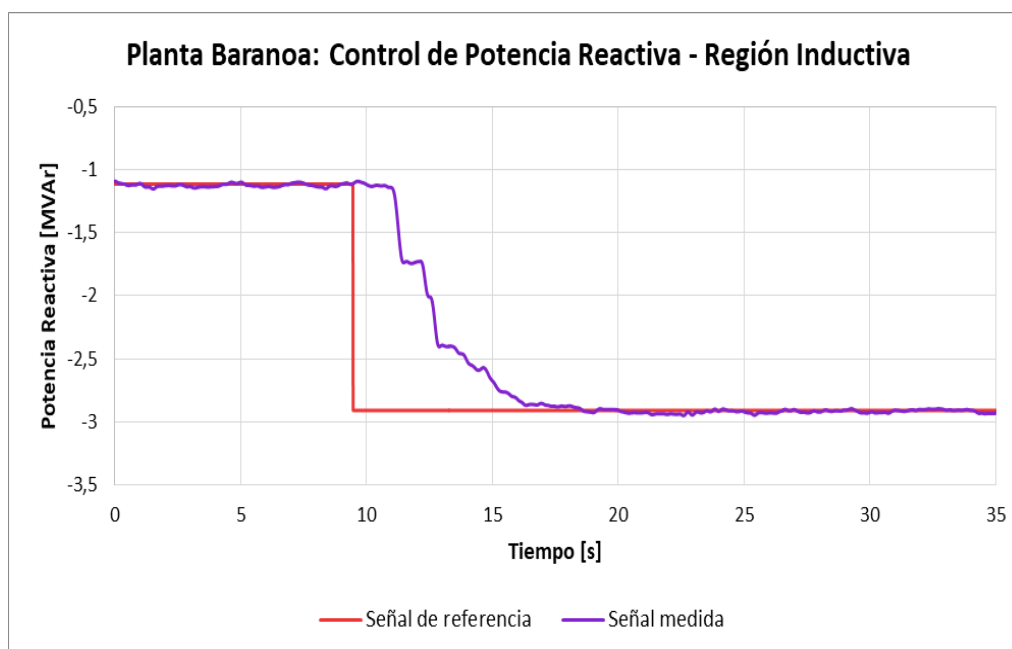


Figura 81. Control de potencia reactiva en región inductiva – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva

A continuación, se muestran las gráficas de los tiempos de respuesta y establecimiento en la señal de la potencia reactiva.

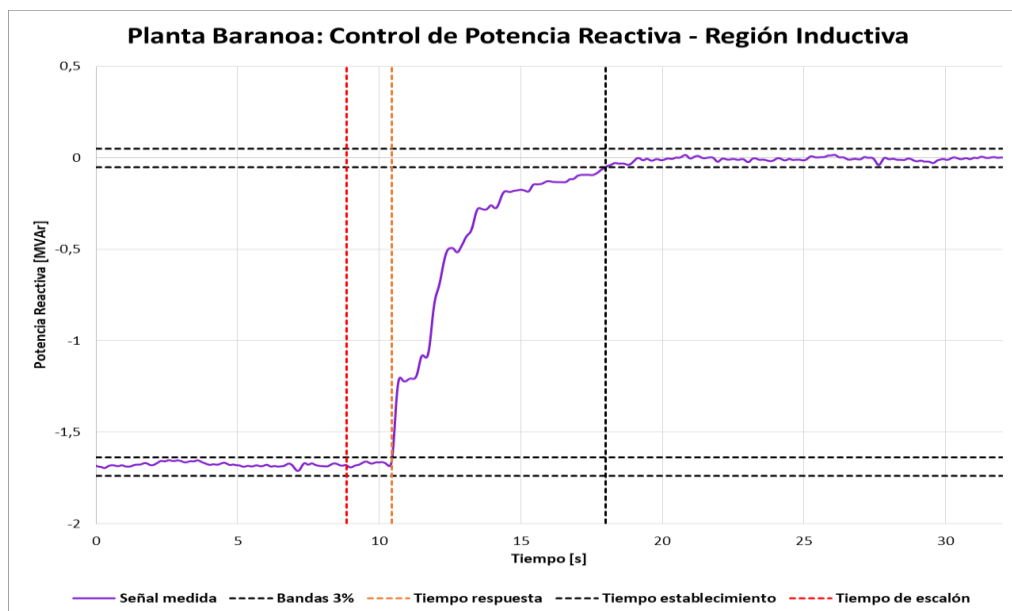


Figura 82. Control de potencia reactiva en la región inductiva – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento

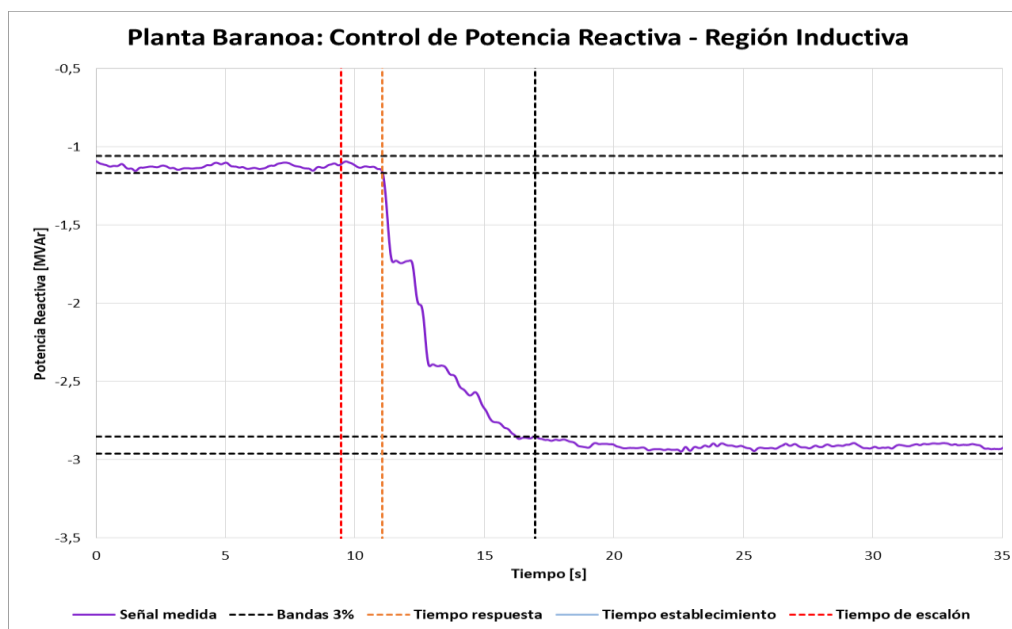


Figura 83. Control de potencia reactiva en la región inductiva– Escalón descendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento

Tabla 12. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de potencia reactiva en la región inductiva

Tipo de escalón	Parámetro	Tiempo (s)	Referencia CREG 060 (s)
Ascendente	Tiempo de respuesta inicial	1,61	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	9,16	< 10,0
Descendente	Tiempo de respuesta inicial	1,60	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	7,51	< 10,0

Control de potencia reactiva en región capacitiva

De la Figura 84 a la Figura 91 se muestran los resultados de la prueba de control de potencia reactiva en la región capacitiva. En todos los casos se cumplió con el tiempo de respuesta y establecimiento exigido por la CREG 060, esto se muestra en la Tabla 13.

Escalón descendente a Pmin (1,99 MW)

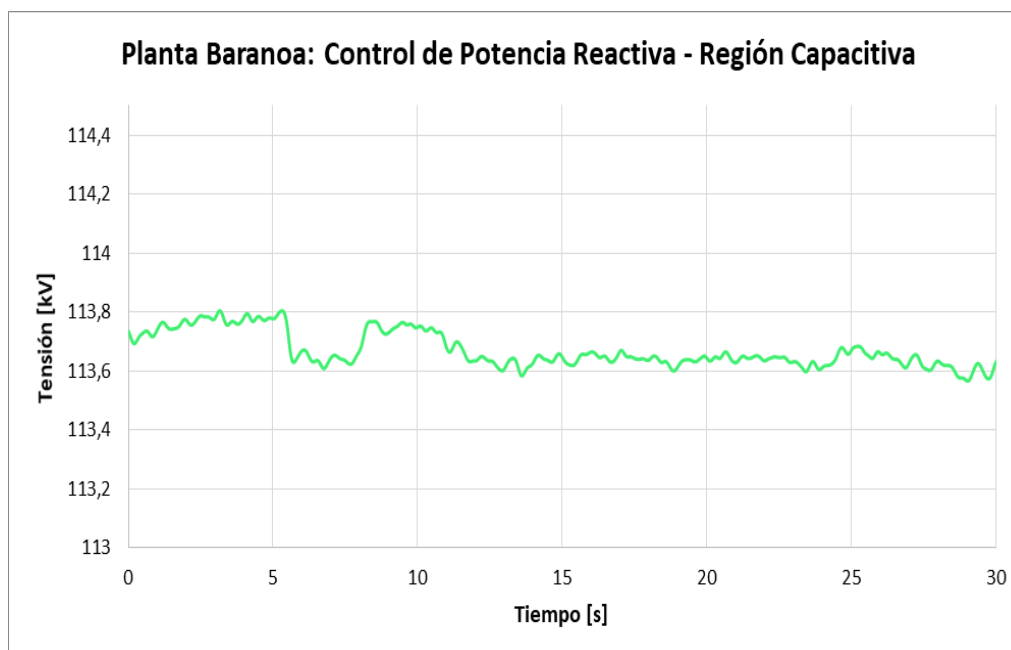


Figura 84. Control de potencia reactiva en región capacitiva – Escalón descendente – Respuesta de tensión.

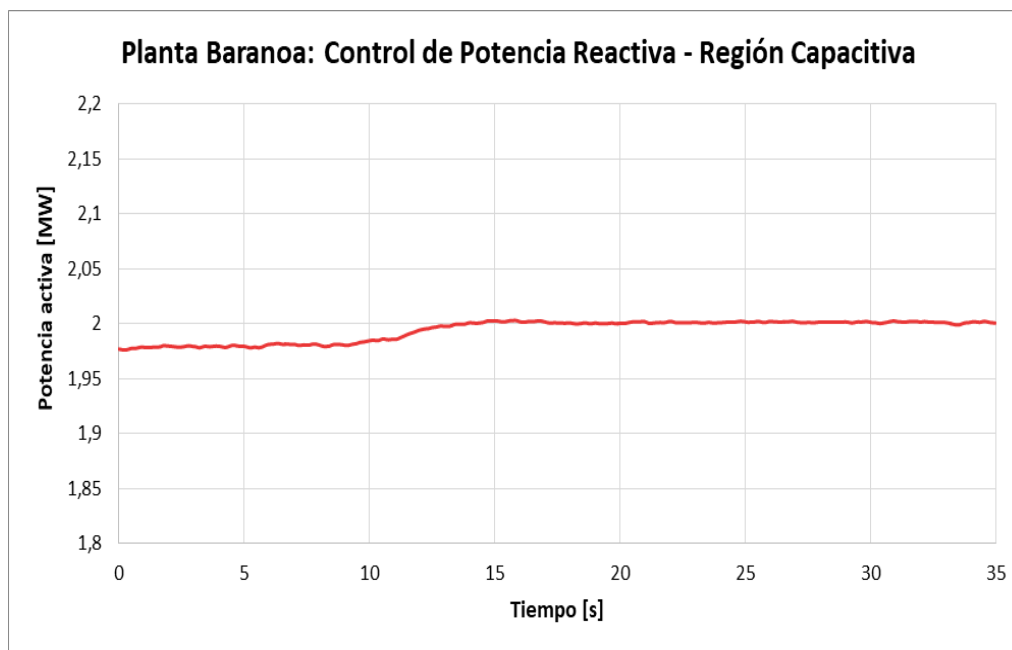


Figura 85. Control de potencia reactiva en región capacitiva – Escalón descendente – Respuesta de potencia activa

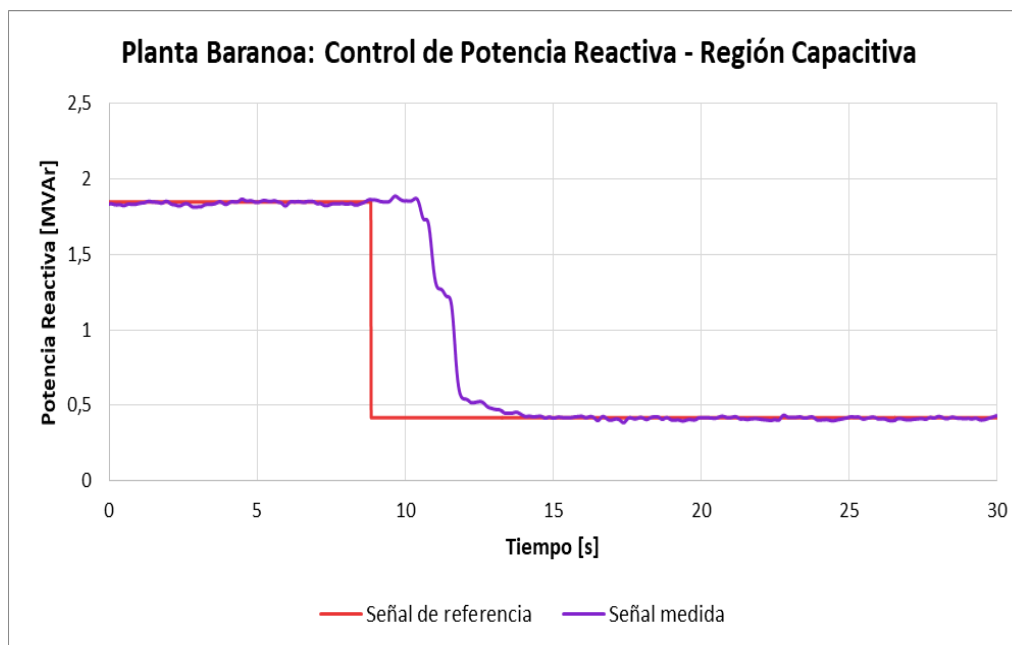


Figura 86. Control de potencia reactiva en región capacitiva – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva

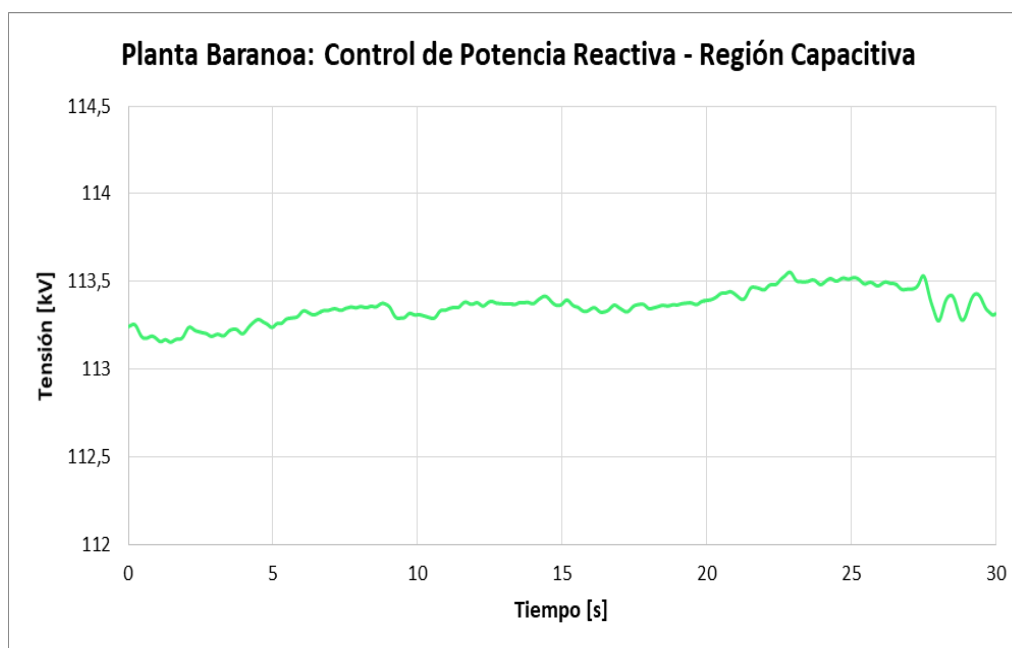
Escalón ascendente a Pmax disponible $\geq 80\%P_n$ (17 MW)

Figura 87. Control de potencia reactiva en región capacitiva – Escalón ascendente – Respuesta de tensión

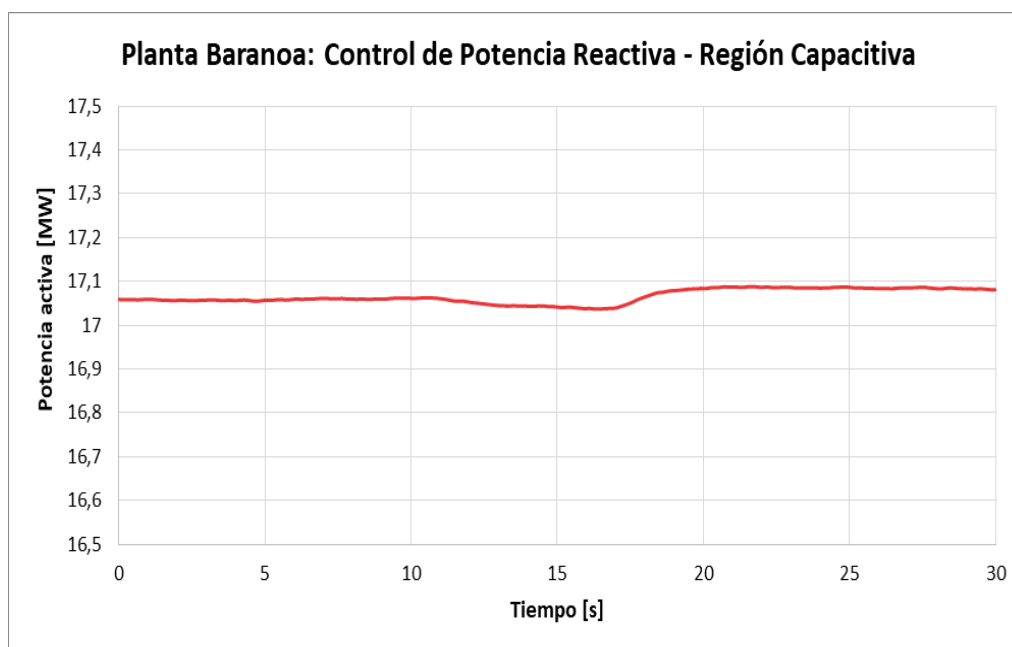


Figura 88. Control de potencia reactiva en región capacitiva – Escalón ascendente – Respuesta de potencia activa

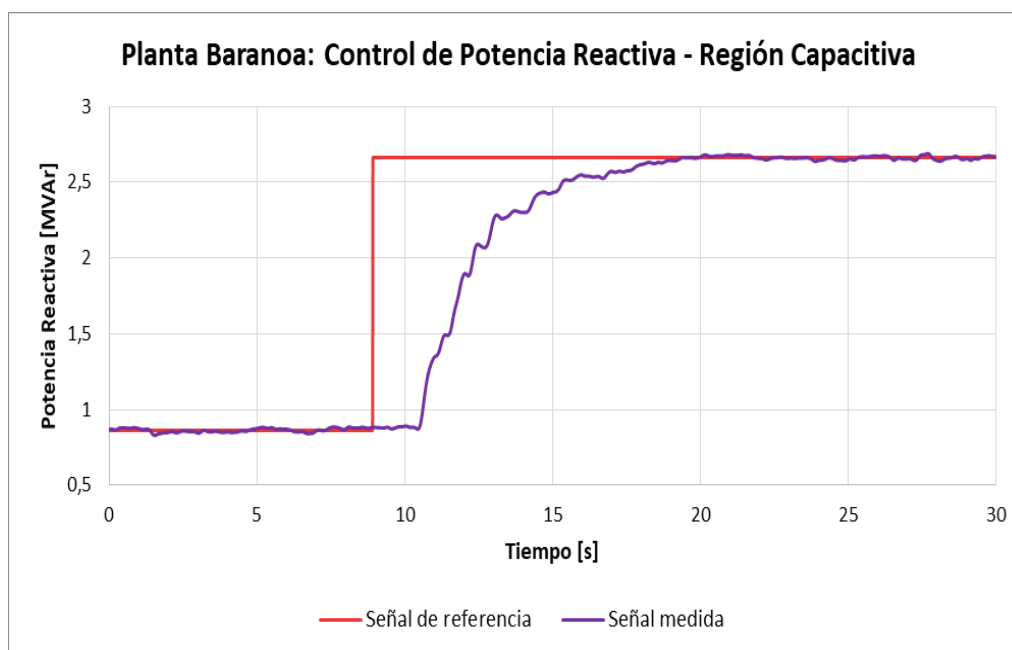


Figura 89. Control de potencia reactiva en región capacitiva – Escalón ascendente – Respuesta de potencia reactiva

A continuación, se muestran las gráficas de los tiempos de respuesta y establecimiento en la señal de la potencia reactiva.

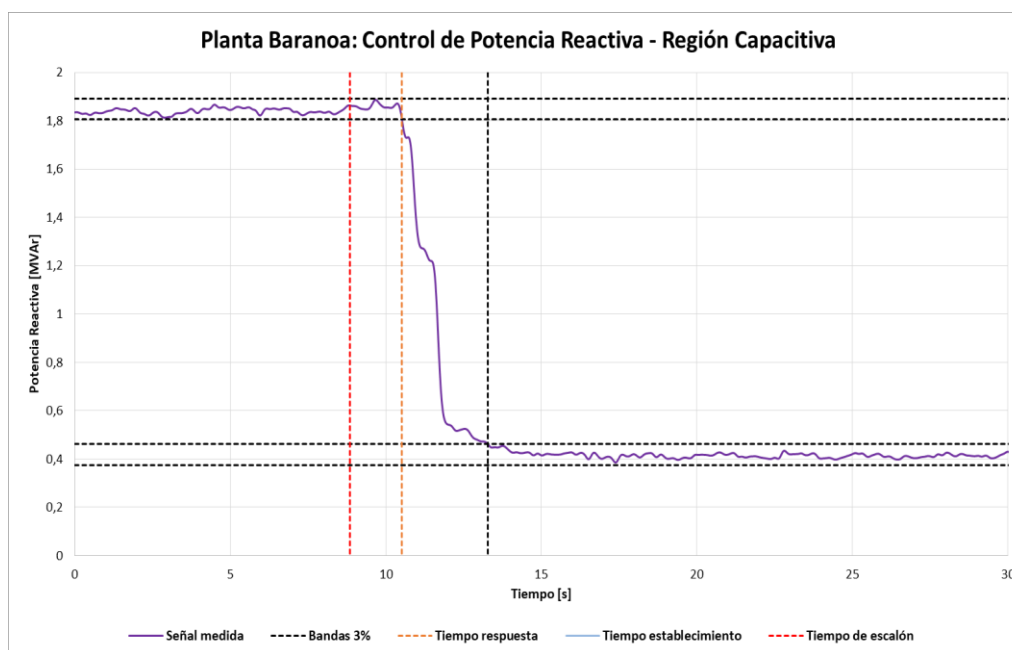


Figura 90. Control de potencia reactiva – Escalón descendente – Región capacitiva - Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento

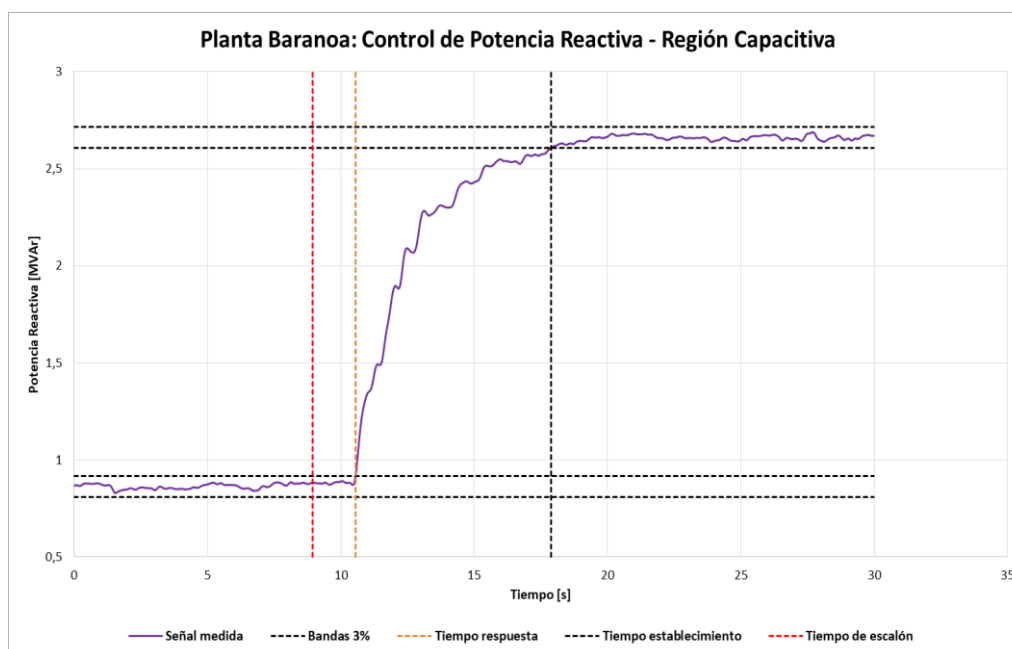


Figura 91. Control de potencia reactiva en región capacitiva – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento

Tabla 13. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de potencia reactiva en la región capacitiva.

Tipo de escalón	Parámetro	Tiempo (s)	Referencia CREG 060 (s)
Descendente	Tiempo de respuesta inicial	1,66	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	4,42	< 10,0
Ascendente	Tiempo de respuesta inicial	1,62	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	8,95	< 10,0

Control de factor de potencia - Región inductiva

De la Figura 92 a la Figura 101 se muestran los resultados de la prueba de control de factor de potencia en la región inductiva. En todos los casos se cumplió con el tiempo de respuesta y establecimiento exigido por la CREG 060, esto se muestra en la Tabla 14.

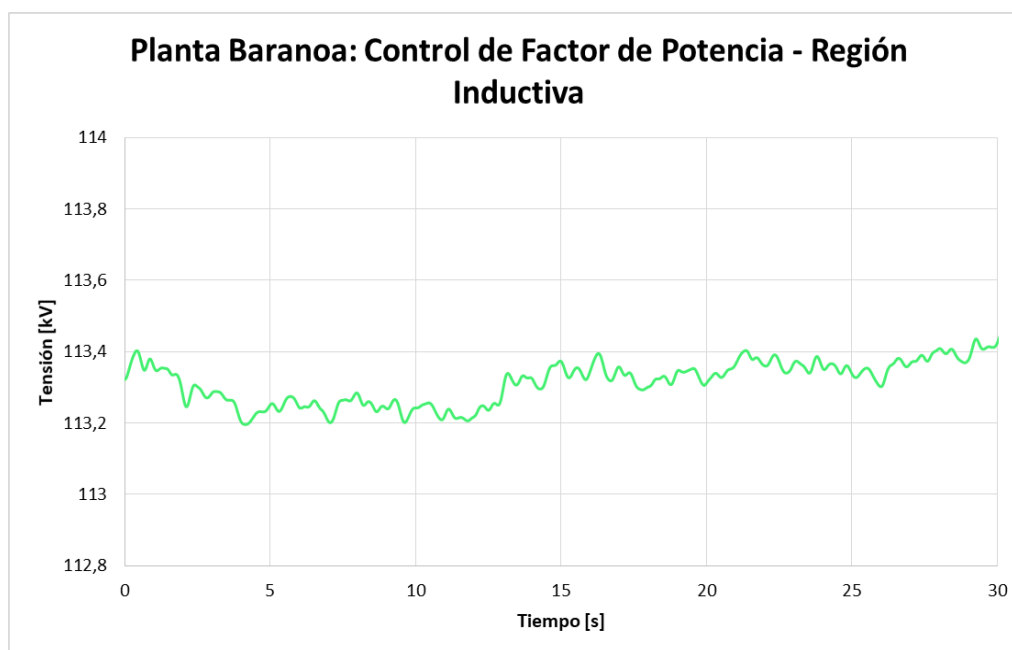
Escalón ascendente a Pmin (1,99 MW)

Figura 92. Control de factor de potencia en la región inductiva – Escalón ascendente – respuesta de tensión

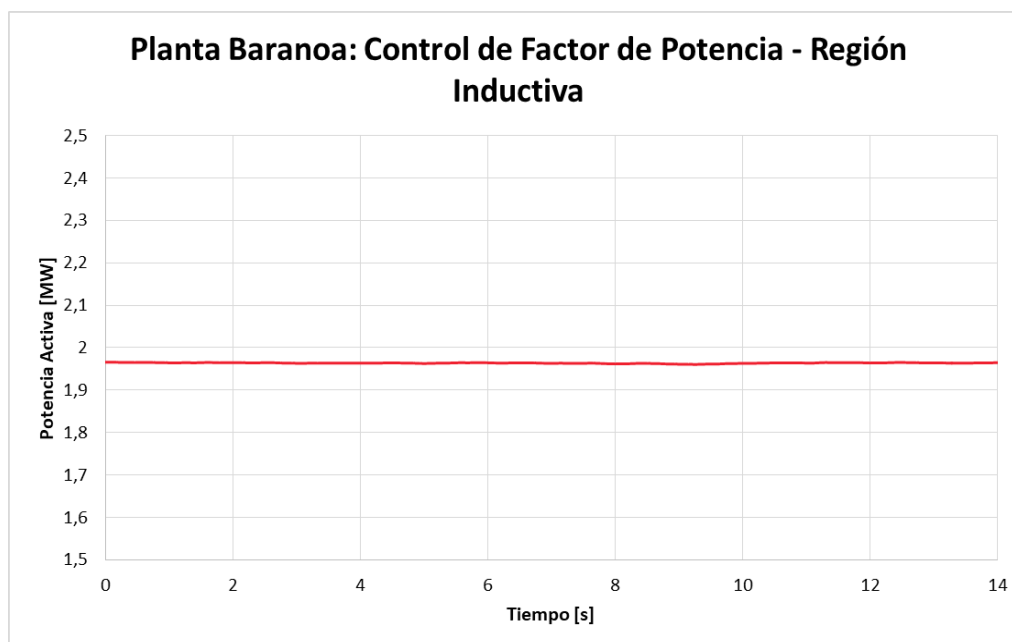


Figura 93. Control de factor de potencia en la región inductiva – Escalón ascendente – respuesta de potencia activa

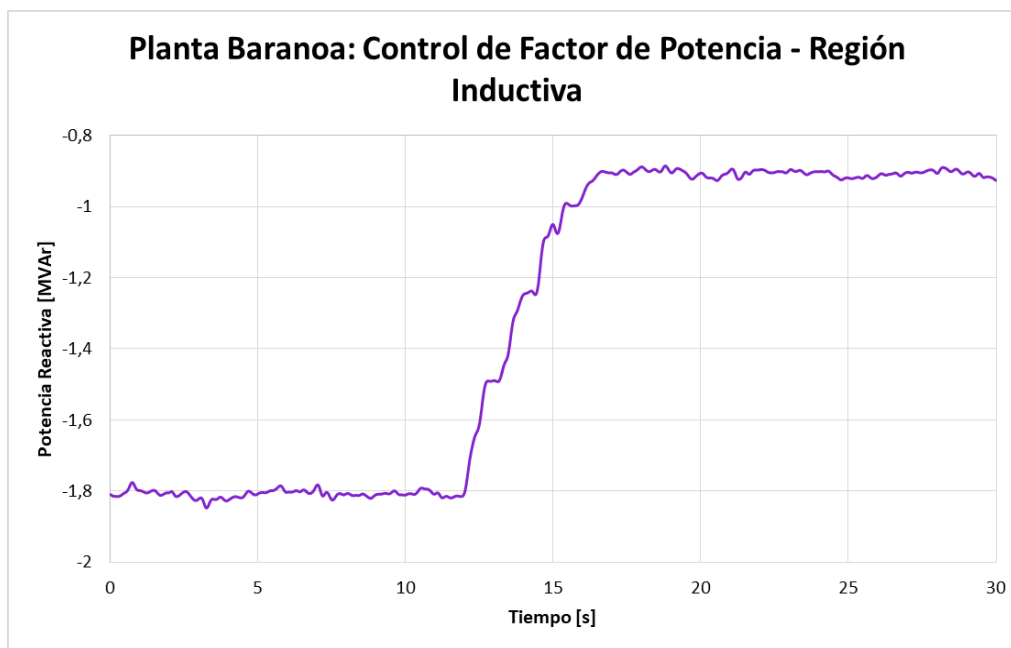


Figura 94. Control de factor de potencia en la región inductiva - Escalón ascendente - Respuesta de potencia reactiva

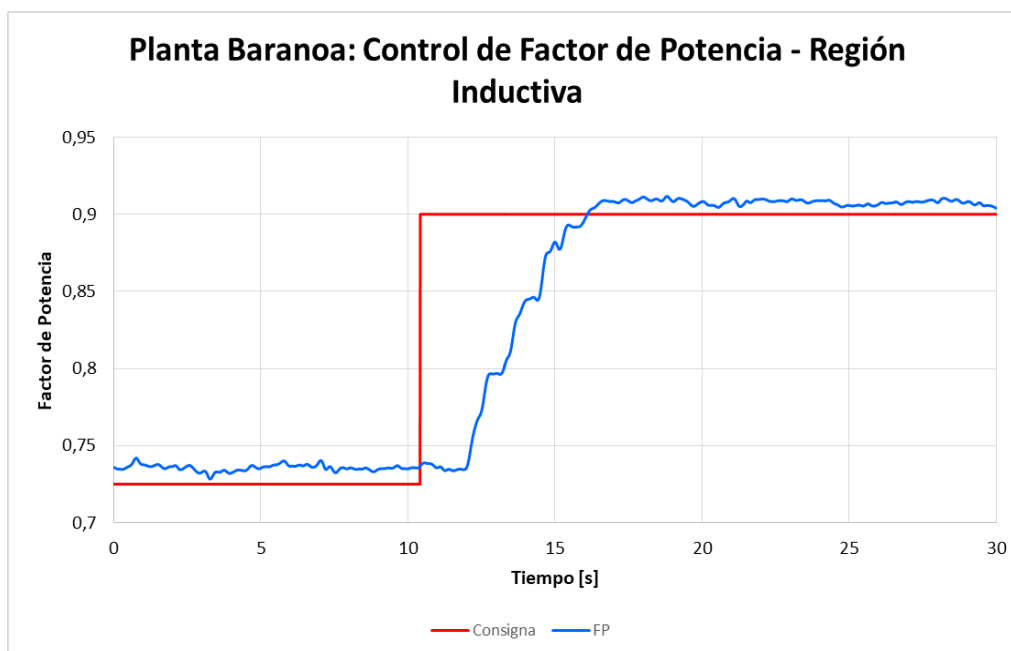


Figura 95. Control de factor de potencia en la región inductiva - Escalón ascendente – Respuesta de factor de potencia

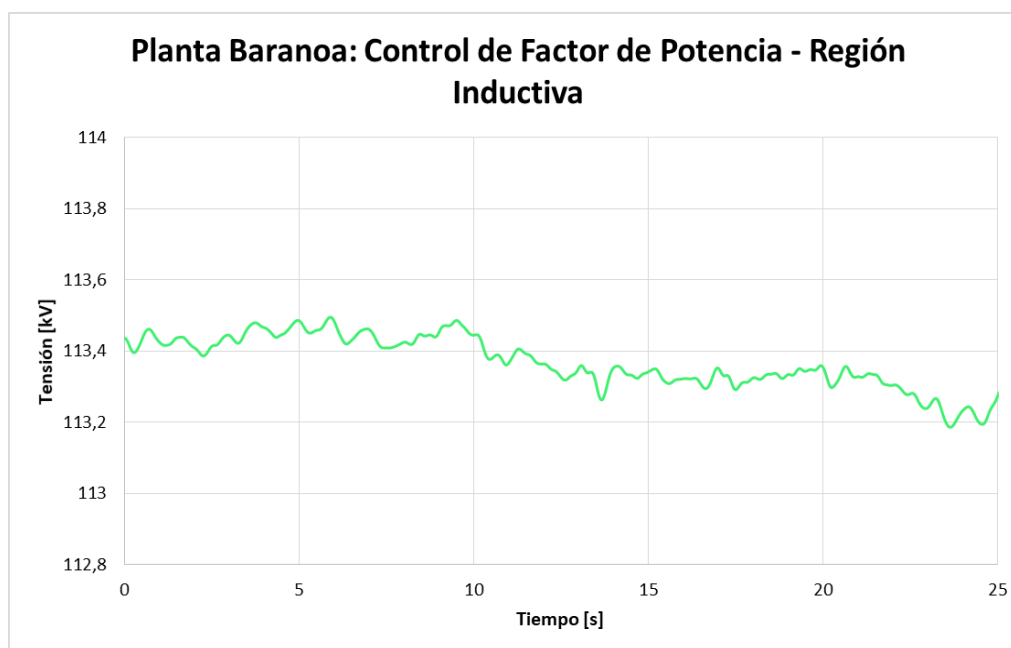
Escalón descendente a Pmax disponible $\geq 80\%P_n$ (17 MW)

Figura 96. Control de factor de potencia en la región inductiva - Escalón descendente – Respuesta de tensión

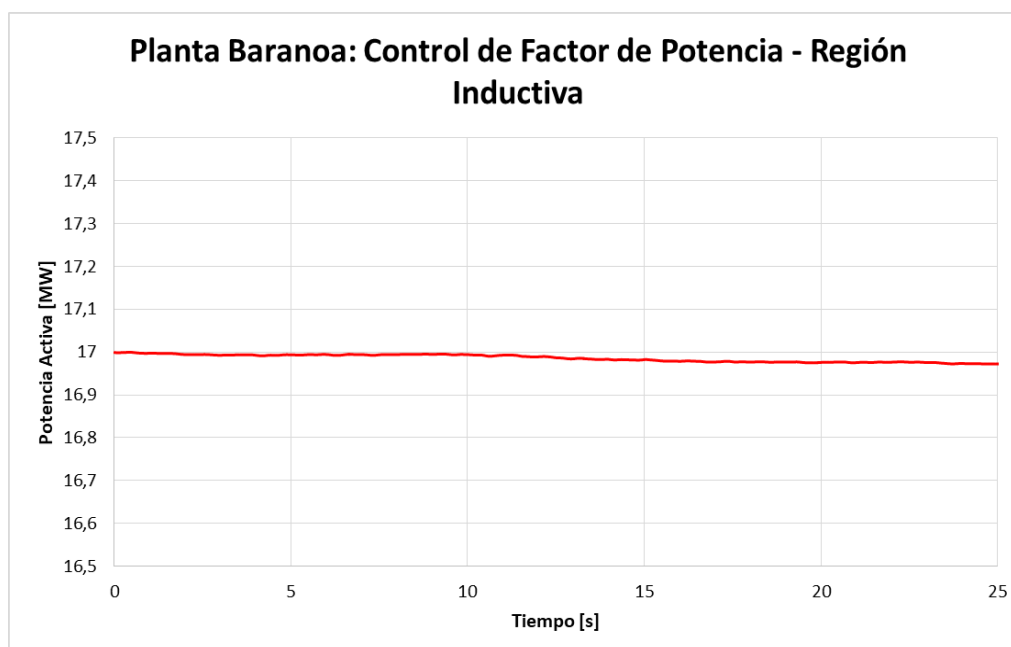


Figura 97. Control de factor de potencia en la región inductiva - Escalón descendente – Respuesta de potencia activa

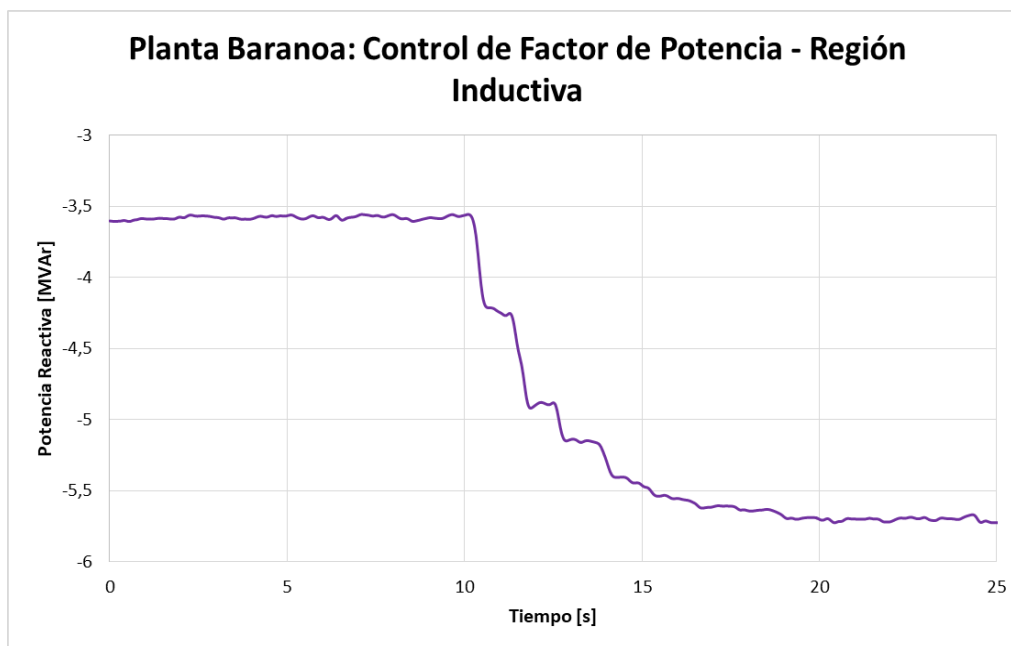


Figura 98. Control de factor de potencia en la región inductiva – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva

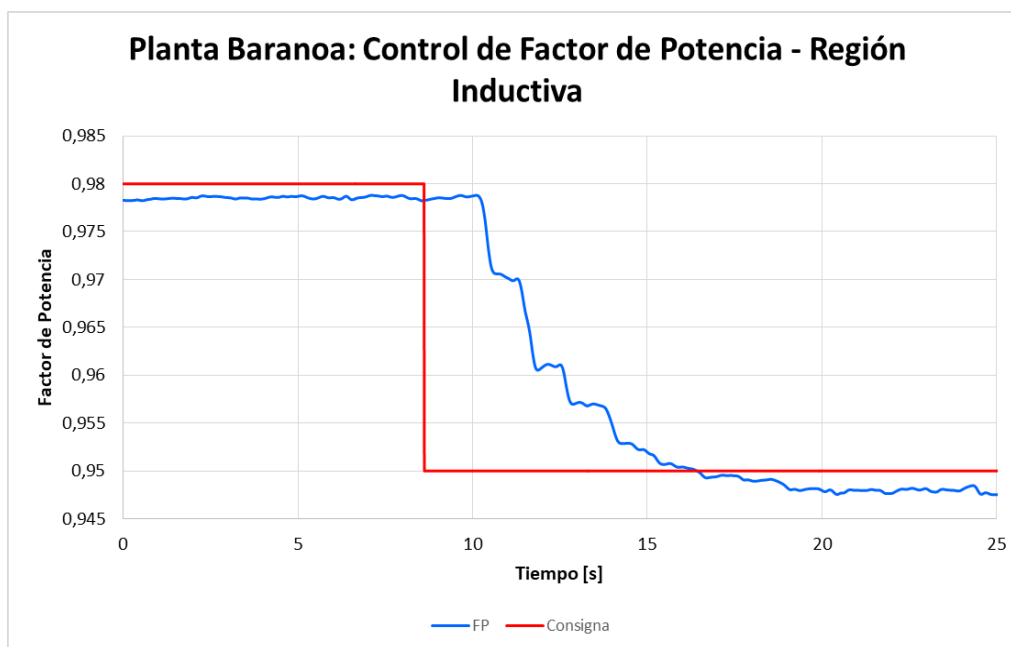


Figura 99. Control de factor de potencia en la región inductiva – Escalón descendente – Respuesta de factor de potencia

A continuación, se muestran las gráficas de los tiempos de respuesta y establecimiento en la señal de la potencia reactiva.

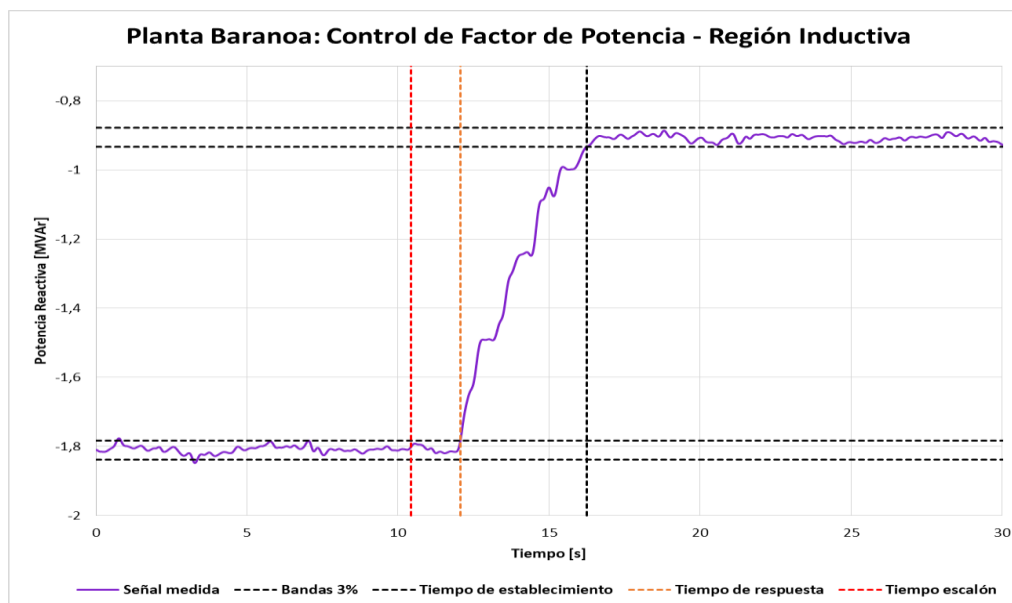


Figura 100. Control de factor de potencia en la región inductiva – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (1,99 MW)

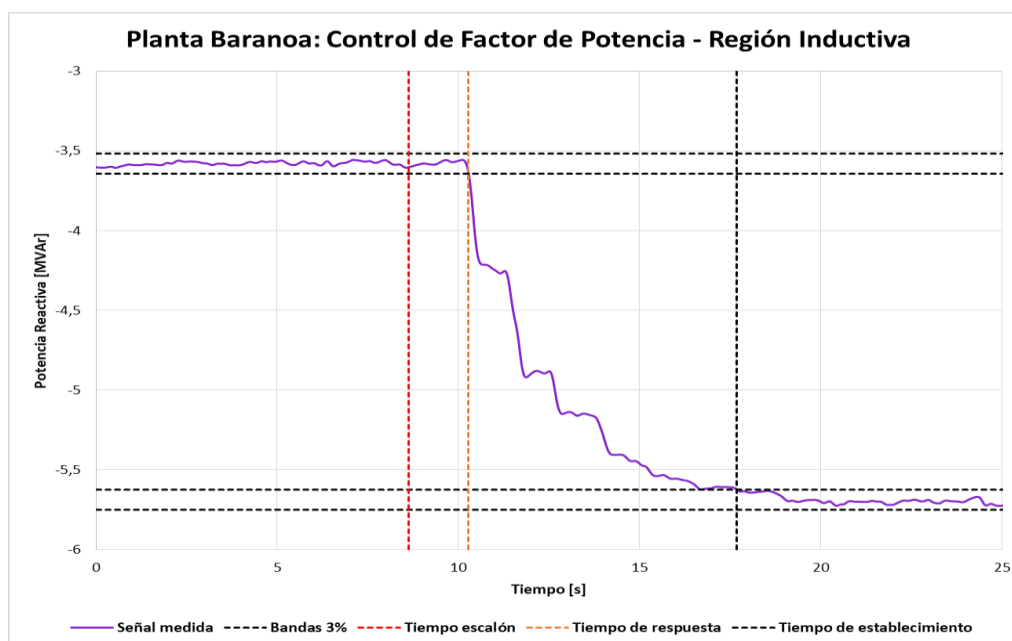


Figura 101. Control de factor de potencia en la región inductiva – Escalón descendente – Región inductiva – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (17 MW)

Tabla 14. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de factor de potencia en la región inductiva

Tipo de escalón	Parámetro	Tiempo (s)	Referencia CREG 060 (s)
Ascendente	Tiempo de respuesta inicial	1,64	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	5,82	< 10,0
Descendente	Tiempo de respuesta inicial	1,66	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	9,06	< 10,0

Control de factor de potencia - Región capacitiva

De la Figura 102 a la Figura 111 se muestran los resultados de la prueba de control de factor de potencia en la región capacitiva. En todos los casos se cumplió con el tiempo de respuesta y establecimiento exigidos por la CREG 060, esto se muestra en la Tabla 15.

Escalón descendente a Pmin (1,99 MW)

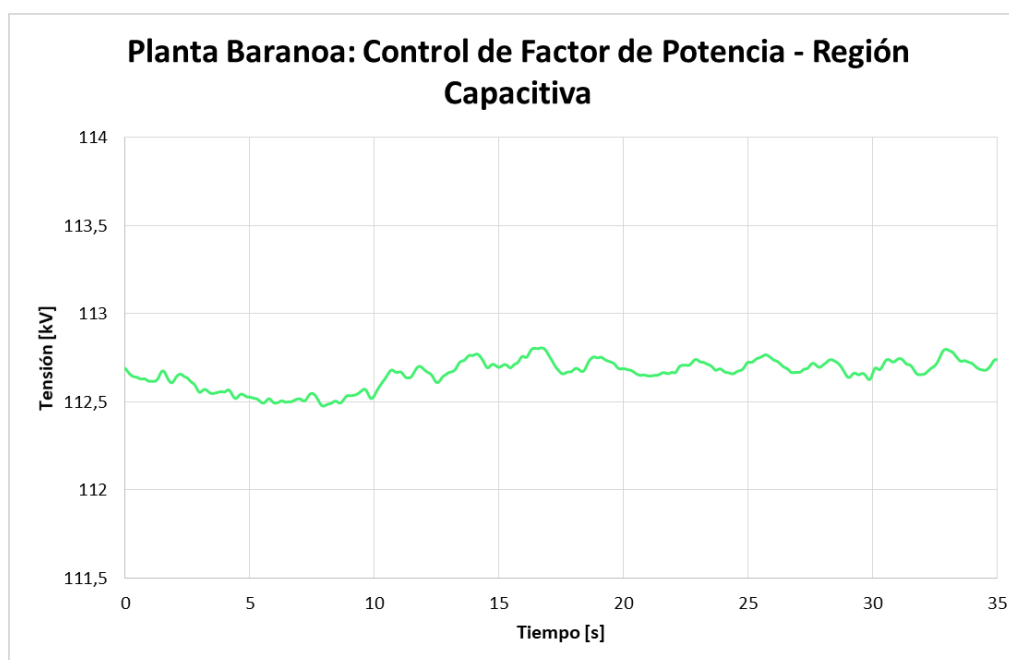


Figura 102. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón descendente – Respuesta de tensión

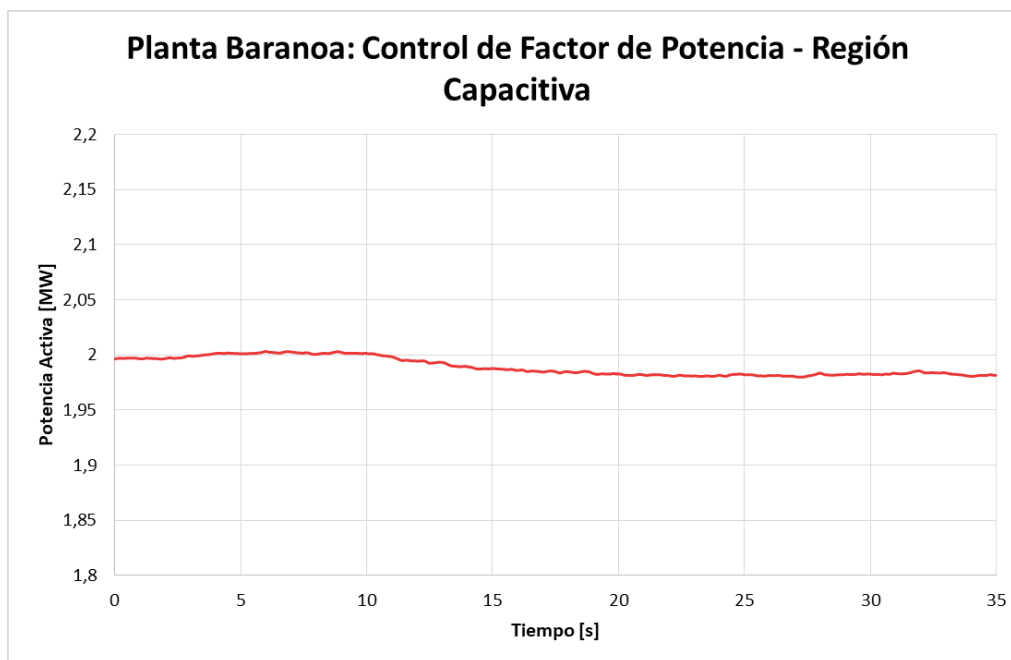


Figura 103. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón descendente – Respuesta de potencia activa

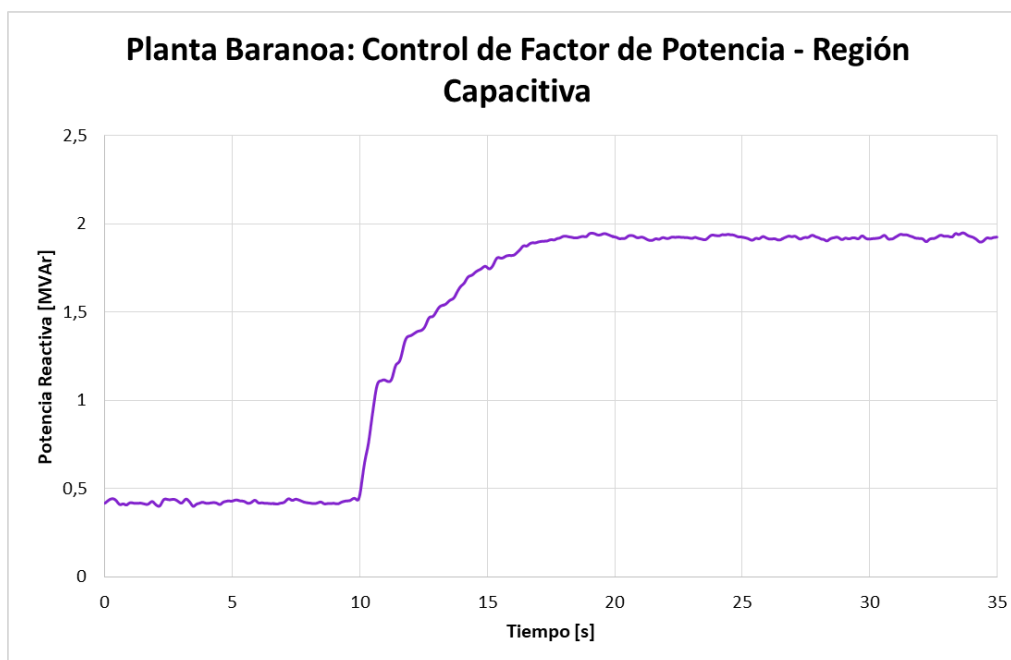


Figura 104. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón descendente – Respuesta de potencia reactiva

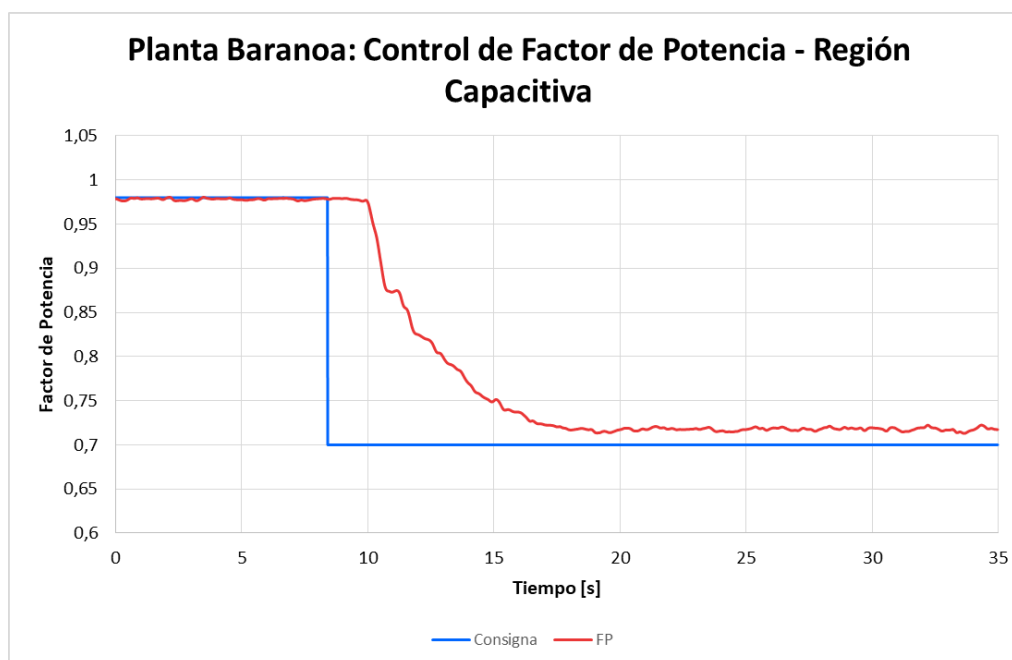


Figura 105. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón descendente – Respuesta de factor de potencia

Escalón ascendente a Pmax disponible $\geq 80\%P_n$ (17 MW)

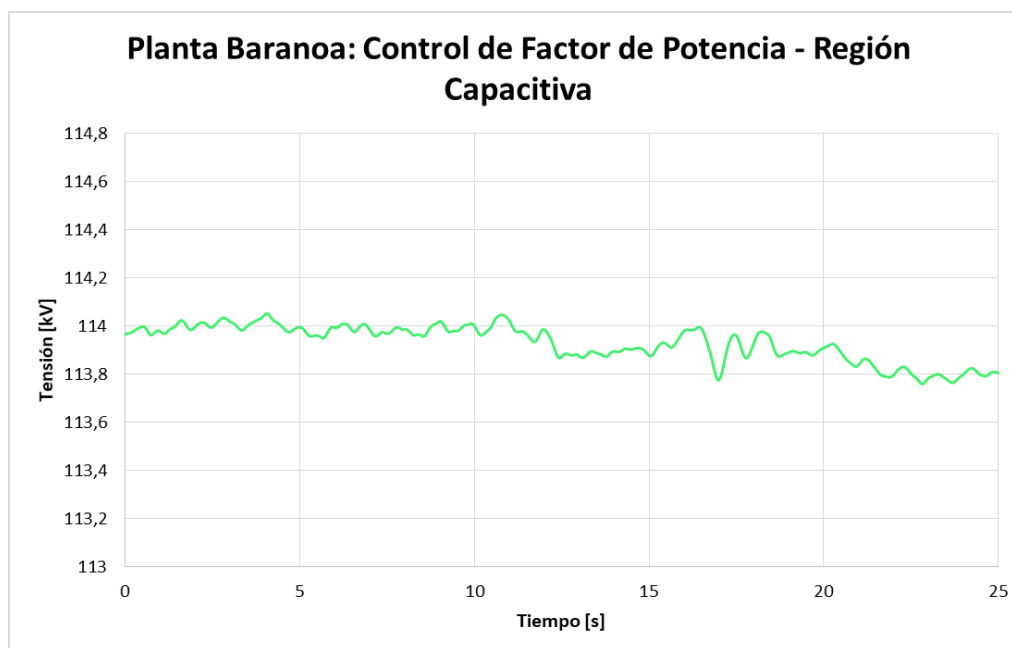


Figura 106. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón ascendente – Respuesta de tensión

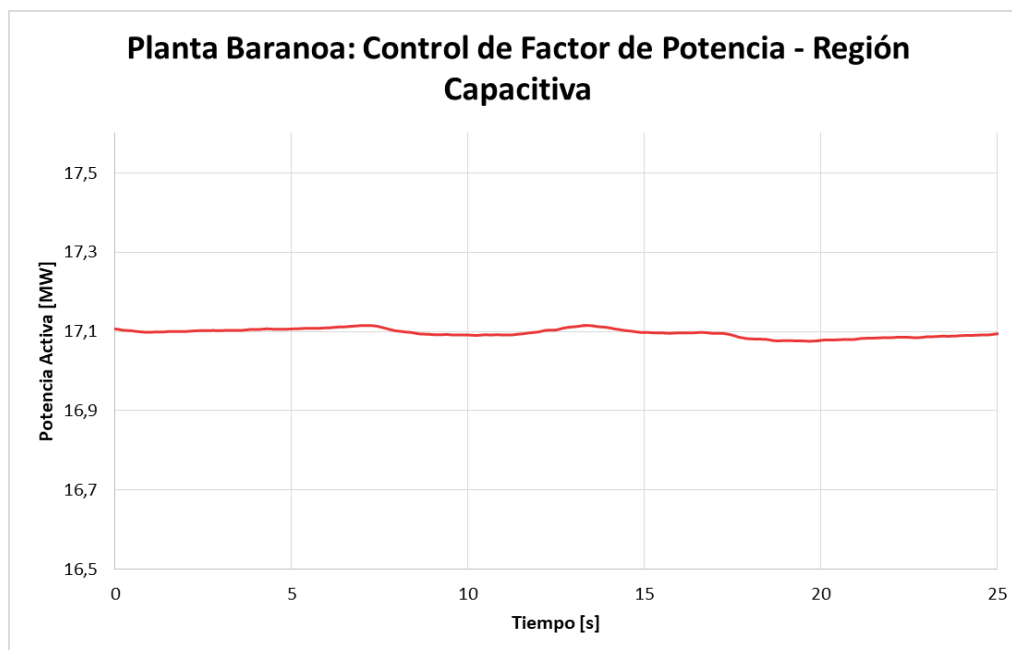


Figura 107. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón ascendente – Respuesta de potencia activa

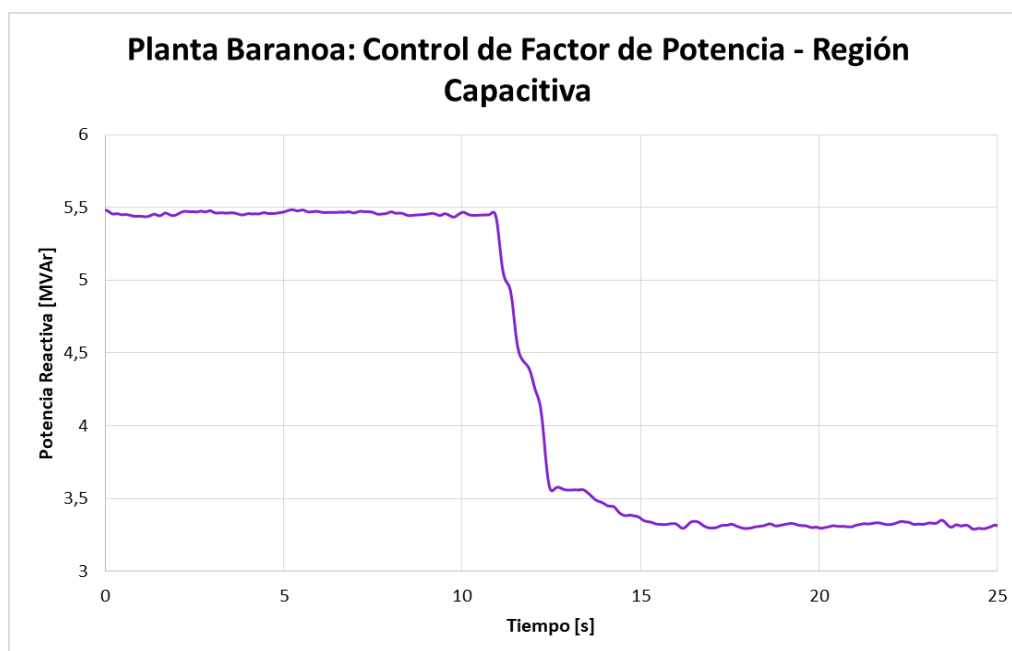


Figura 108. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón ascendente – Respuesta de potencia reactiva

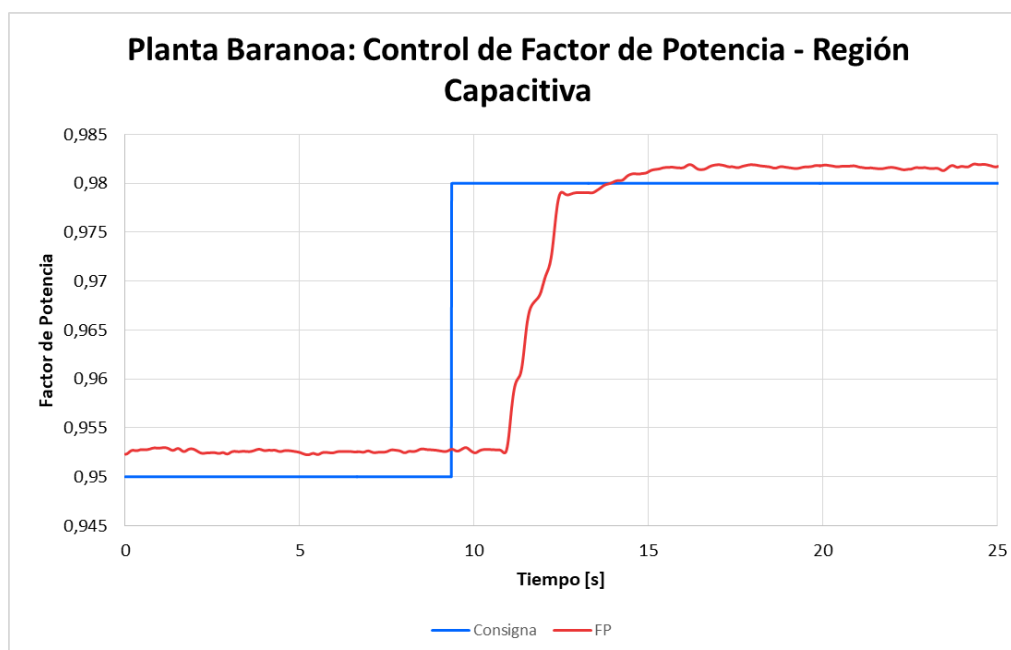


Figura 109. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón ascendente – Respuesta de factor de potencia

A continuación, se muestran las gráficas de los tiempos de respuesta y establecimiento en la señal de la potencia reactiva.

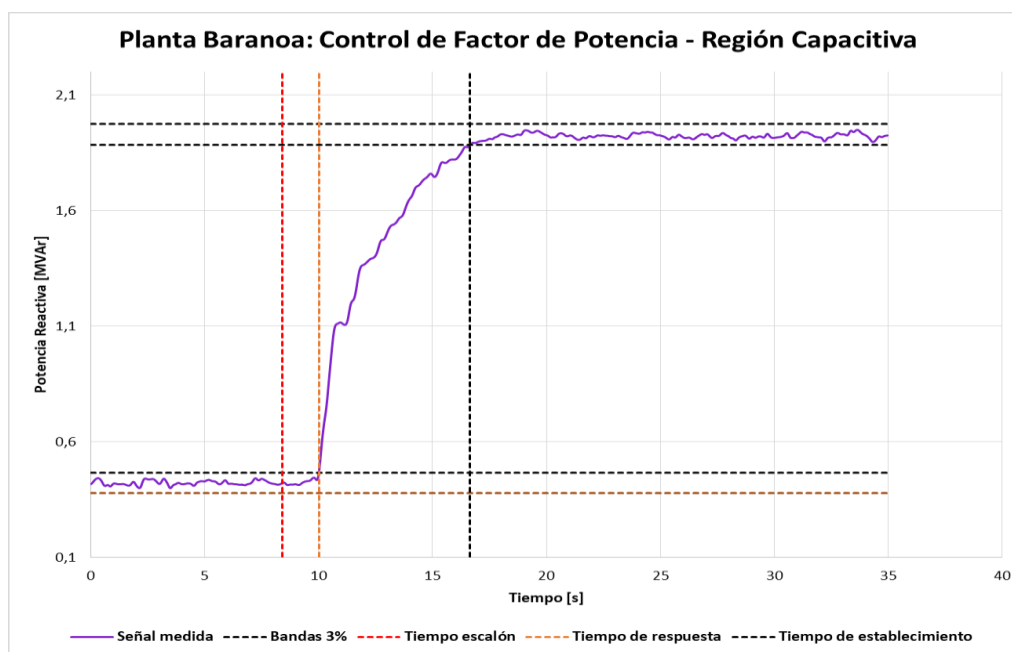


Figura 110. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón descendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (1,99 MW)

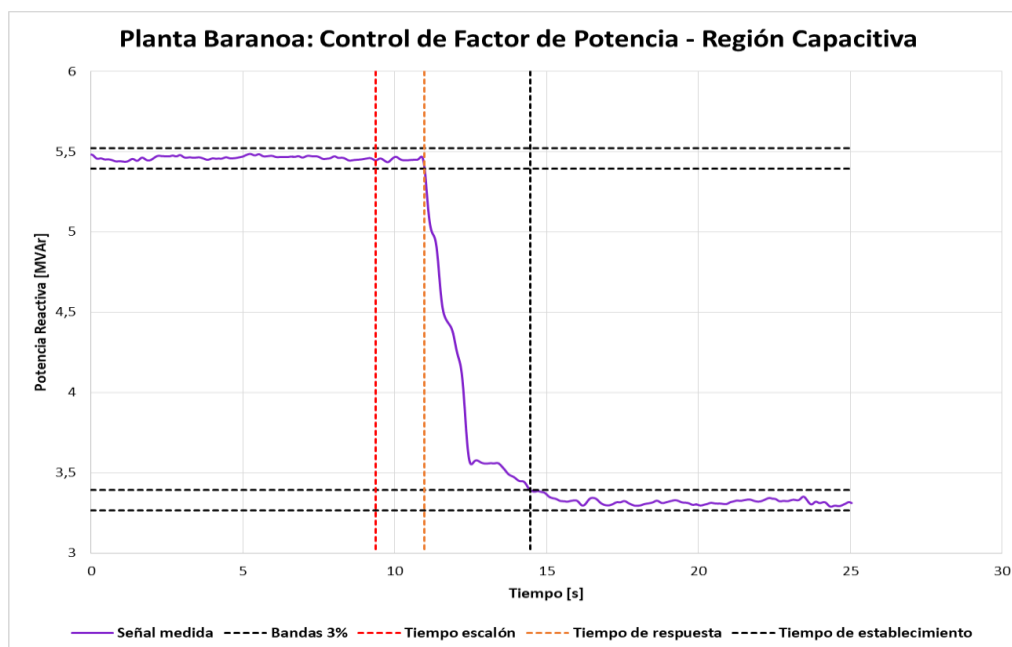


Figura 111. Control de factor de potencia en la región capacitiva – Escalón ascendente – Cálculos de tiempos de respuesta y establecimiento (17 MW)

Tabla 15. Parámetros de tiempo de la potencia reactiva en el modo de control de factor de potencia en la región capacitiva

Tipo de escalón	Parámetro	Tiempo (s)	Referencia CREG 060 (s)
Descendente	Tiempo de respuesta inicial	1,60	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	8,22	< 10,0
Ascendente	Tiempo de respuesta inicial	1,61	< 2,0
	Tiempo de establecimiento	5,11	< 10,0

6. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, es posible observar que los tiempos de respuesta y establecimiento de la potencia reactiva para cada modo de control cumplen a cabalidad con lo exigido en el Acuerdo 1830 del CNO. Además, se puede evidenciar que la planta alcanza las consignas que se realizaron de manera local y remota.

7. REFERENCIAS

[1]. Consejo Nacional de Operación – CNO. Acuerdo 1830. Colombia, mayo 2024.

8. ANEXOS

1. Anexo 2 acuerdo CNO 1223 de 2019 – Pruebas de consignas remotas y locales
2. Anexo 3 acuerdo CNO 1223 de 2019 – Pruebas de verificación del controlador de tensión.
- 3.