

# Tabla de contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Hipótesis . . . . .	5
1.3. Objetivos . . . . .	5
1.3.1. Objetivo general . . . . .	5
1.3.2. Objetivos específicos . . . . .	5
1.4. Alcance . . . . .	5
<b>2. Marco teórico</b>	<b>7</b>
2.1. Introducción a los PMU ( <i>Phasor Measurement Units</i> ) . . . . .	7
2.2. Funcionamiento de los PMU . . . . .	9
2.2.1. Filtro analógico . . . . .	11
2.2.2. Estimador de frecuencia . . . . .	11
2.2.3. Estimador fasorial . . . . .	13
2.2.4. Reloj de muestreo . . . . .	14
2.2.5. Concentrador de datos fasoriales ( <i>Phasor data concentrator</i> ) . . . . .	15
2.3. Conexión a la red . . . . .	15
2.4. Operación de PMUs a nivel SEP . . . . .	16
2.5. Aplicaciones de los PMUs . . . . .	18
2.5.1. Monitoreo de barras . . . . .	19

2.5.2.	Monitoreo de líneas de transmisión . . . . .	28
2.5.3.	Conclusiones . . . . .	37
<b>3.</b>	<b>Situación actual del sistema de monitoreo del sistema eléctrico chileno</b>	<b>43</b>
3.1.	Sistema de monitoreo del SEN . . . . .	43
3.2.	Estudio de restricciones en el sistema de transmisión . . . . .	46
3.2.1.	Resultados del Estudio de restricciones de transmisión del año 2019	50
3.2.2.	Limitaciones del estudio de restricciones de transmisión . . . . .	51
<b>4.</b>	<b>Metodología</b>	<b>52</b>
4.1.	Despacho de generadores . . . . .	53
4.2.	Clusterización de puntos de operación . . . . .	55
4.3.	Flujos de potencia . . . . .	58
4.4.	Detección de horas críticas . . . . .	59
4.5.	Validación dinámica . . . . .	60
<b>5.</b>	<b>Resultados</b>	<b>61</b>
5.1.	Caso de estudio . . . . .	61
5.2.	Índices de estabilidad . . . . .	63
5.2.1.	Resumen de indicadores . . . . .	63
5.2.2.	Resultados índice <i>SDI</i> . . . . .	65
5.2.3.	Resultados índice <i>VSI</i> . . . . .	66
5.2.4.	Resultados índice <i>LSI</i> . . . . .	67
5.2.5.	Resultados índice <i>FVSI</i> . . . . .	68
5.2.6.	Resultados índice <i>ICPVP</i> . . . . .	69
5.2.7.	Resumen de horas críticas por indicador . . . . .	70
5.3.	Validación dinámica . . . . .	71

5.3.1. Resultados horas no críticas . . . . .	71
5.3.2. Resultados horas críticas . . . . .	74
5.3.3. Conclusiones . . . . .	78
<b>6. Conclusiones</b>	<b>80</b>
6.1. Trabajo futuro . . . . .	81
<b>Bibliografía</b>	<b>82</b>
<b>Anexos</b>	<b>93</b>
6.2. Resultados validación dinámica - Horas no críticas . . . . .	93
6.2.1. Hora 1 . . . . .	93
6.2.2. Hora 2 . . . . .	95
6.2.3. Hora 3 . . . . .	97
6.2.4. Hora 4 . . . . .	99
6.3. Resultados validación dinámica - Horas críticas . . . . .	101
6.3.1. Hora 2 . . . . .	101
6.3.2. Hora 3 . . . . .	103
6.3.3. Hora 4 . . . . .	105