

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.2. Alcances	2
1.3. Estructura del documento	3
<b>2. Antecedentes generales</b>	<b>5</b>
2.1. Tipos de configuraciones en HVDC	8
2.1.1. Tipos de conexiones	8
2.1.1.1. Back to back	8
2.1.1.2. Punto a punto	8
2.1.1.3. Conexión multiterminal	9
2.1.2. Tipos de tecnología de conversión	9
2.1.2.1. Conmutación natural o por línea (LCC)	9
2.1.2.2. Conmutación forzada (VSC)	10
2.1.3. Modos de operación	11
2.1.3.1. Sistema Monopolar	11
2.1.3.2. Sistema Bipolar	11
2.1.3.3. Sistema Homopolar	14
2.2. Componentes de un sistema de transmisión HVDC	15
2.2.1. Barra AC	16
2.2.2. Filtros AC y compensación de reactivos	16
2.2.3. Reactor de alisamiento	17
2.2.4. Filtros DC	17
2.2.5. Conversores	17
2.2.6. Sala de válvulas	18
2.2.7. Retorno metálico dedicado	19
2.3. Corredores híbridos	20
2.4. Efectos producidos por los sistemas de transmisión HVDC	21
2.4.1. Ambiente electromagnético de un sistema de transmisión HVDC	21
2.4.1.1. Efecto corona en líneas de transmisión HVDC	22
2.4.1.2. Campo eléctrico generado en líneas de transmisión HVDC	22
2.4.1.3. Campo magnético generado en líneas de transmisión HVDC	24
2.4.2. Interacción electromagnética en corredores híbridos AC/DC	25
2.4.2.1. Acoplamiento resistivo	26
2.4.2.2. Acoplamiento capacitivo	26

2.4.2.3.	Acoplamiento inductivo . . . . .	29
2.4.2.4.	Corriente AC inducida en conductores DC . . . . .	31
2.4.3.	Factores que afectan el acoplamiento AC/DC . . . . .	33
2.4.3.1.	Impacto en el sistema HVDC y HVAC . . . . .	33
2.5.	Marco Legal para corredores híbridos . . . . .	35
2.5.1.	Normativa Nacional aplicable ante cruces y paralelismos con otras líneas. . . . .	35
2.5.1.1.	Ministerio del Interior, Decreto 1261: Reglamento de cruces y paralelismos de líneas eléctricas. . . . .	35
2.5.2.	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) . . . . .	36
2.5.2.1.	Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la Línea Ancoa-Alto Jahuel 2x500kV en AC . . . . .	37
<b>3.</b>	<b>Estado del Arte</b>	<b>39</b>
3.1.	Modelación . . . . .	39
3.1.1.	Modelo Sistema eléctrico AC . . . . .	39
3.1.1.1.	Clasificación de los fenómenos dinámicos en un sistema eléctrico de potencia . . . . .	39
3.1.1.2.	Reducción de un sistema eléctrico . . . . .	41
3.1.1.3.	Teoría Reducción Dinámica . . . . .	41
3.1.2.	Modelo Sistema DC . . . . .	43
3.1.2.1.	Modelo sistema HVDC CIGRÉ . . . . .	43
3.1.2.2.	Diseño de líneas HVDC CIGRÉ . . . . .	45
3.2.	Herramienta de análisis: EMTP-RV . . . . .	52
3.2.1.	Línea de Transmisión . . . . .	54
3.2.2.	Sistemas HVDC . . . . .	54
3.2.2.1.	Filtros AC . . . . .	55
3.2.2.2.	Transformador convertidor . . . . .	56
3.2.2.2.1.	Control de tap . . . . .	58
3.2.2.3.	Válvula de tiristores . . . . .	59
3.2.2.4.	Sistema de control del rectificador . . . . .	60
3.2.2.4.1.	Transformación unidades físicas a p.u. . . . .	61
3.2.2.4.2.	Protecciones del rectificador . . . . .	62
3.2.2.4.3.	Controlador rectificador . . . . .	62
3.2.2.4.4.	Lazo de seguimiento de fase y generador de pulsos . . . . .	64
3.2.2.5.	Control Maestro . . . . .	65
3.2.2.6.	Sistema de control del inversor . . . . .	66
<b>4.</b>	<b>Metología</b>	<b>67</b>
4.1.	Caso de estudio . . . . .	67
4.1.1.	Caso Chileno modelo HVDC . . . . .	68
4.1.1.1.	Diseño torre DC y disposición de conductores . . . . .	69
4.1.1.1.1.	Modelo de línea en EMTP-RV . . . . .	71
4.1.1.2.	Sistema AC . . . . .	72
4.1.1.2.1.	Reducción dinámica/estática del sistema . . . . .	73
4.2.	Estudios y casos . . . . .	74
4.2.1.	Comparación del modelo . . . . .	77
4.2.2.	Entrada en operación enlace HVDC . . . . .	78

<b>5. Interacción en corredor híbrido AC/DC</b>	<b>80</b>
5.1. Comportamiento en régimen permanente . . . . .	80
5.1.1. Conexión del sistema HVDC . . . . .	80
5.1.1.1. Acoplamiento capacitivo . . . . .	84
5.1.1.2. Acoplamiento inductivo . . . . .	87
5.2. Comportamiento dinámico . . . . .	89
5.2.1. Contingencias en el sistema AC . . . . .	89
5.2.1.1. Acoplamiento capacitivo . . . . .	90
5.2.1.2. Acoplamiento inductivo . . . . .	91
5.2.2. Contingencias en el sistema DC . . . . .	93
5.2.2.1. Acoplamiento capacitivo . . . . .	98
5.3. Análisis de resultados . . . . .	101
5.4. Recomendaciones de diseño . . . . .	103
<b>6. Conclusiones</b>	<b>106</b>
6.1. Trabajo Futuro . . . . .	107
<b>Bibliografía</b>	<b>109</b>
<b>Anexo A. Herramienta de Reducción en DigSilent PF</b>	<b>113</b>
<b>Anexo B. Gráficos en el tiempo, resultados acoplamiento</b>	<b>115</b>
B.1. Comportamiento en régimen permanente . . . . .	115
B.A.1. Conexión del sistema HVDC . . . . .	115
B.A.1.1. Acoplamiento capacitivo . . . . .	115
B.A.1.2. Acoplamiento inductivo . . . . .	118
B.2. Comportamiento dinámico . . . . .	119
B.B.1. Contingencias en el sistema AC . . . . .	119
B.B.1.1. Acoplamiento capacitivo . . . . .	120
B.B.1.2. Acoplamiento inductivo . . . . .	121
B.B.2. Contingencias en el sistema DC . . . . .	122
B.B.2.1. Acoplamiento capacitivo . . . . .	123