

Tabla de contenido

1.	Introducción.....	1
1.1.	Motivación.....	1
1.2.	Objetivos.....	2
1.2.1.	Objetivo general	2
1.2.2.	Objetivos específicos	2
1.3.	Alcances.....	3
1.4.	Estructura del trabajo.....	4
2.	Marco Teórico	5
2.1.	Sector eléctrico nacional.....	5
2.2.	Redes de distribución	6
2.2.1.	Generalidades	6
2.2.2.	Tarificación de la distribución.....	6
2.2.3.	Topología y rangos de operación	7
2.2.4.	Marco regulatorio para la generación distribuida (Ley 20.571).....	9
2.2.5.	Escenario de Generación Distribuida en Chile.....	11
2.2.6.	Redes inteligentes.....	15
2.3.	Sistemas de almacenamiento: Baterías.....	15
2.3.1.	Generalidades	15
2.3.2.	Baterías de ion litio.....	15
2.3.3.	Baterías Tesla de ion litio: Tesla Powerwall y Tesla Powerpack.....	17
2.4.	Control de tensión en sistemas de potencia.....	19
2.4.1.	Generalidades	19
2.4.2.	Transmisión radial sin admitancias	19
2.5.	Flujos de Potencia.....	20
2.5.1.	Ecuaciones nodales y de líneas de transmisión	20
2.5.2.	Modelo de cargas.....	22
2.5.3.	Modelo de generación distribuida conectada vía inversor	23
2.5.4.	Modelo general de transformadores en sistemas de potencia.....	24
2.5.5.	Modelo de transformador con cambiador de derivación bajo carga (OLTC)	26
2.5.6.	Restricción de límite de uso para el cambiador de derivación	29
2.5.7.	Modelo de baterías.....	30
2.6.	Calidad de suministro	31

2.6.1. Métricas de voltaje.....	32
2.7. Sobrecarga de conductores	33
2.7.1. Aspectos generales	33
2.7.2. Métricas para evaluar la sobrecarga de conductores	33
2.8. Estado del arte	33
2.8.1. Cálculo de máxima penetración de generación distribuida o Hosting Capacity	33
2.8.2. Coordinación de elementos activos en redes de media tensión.....	38
2.8.3. Síntesis del estado del arte.....	40
3. Metodología.....	42
3.1. Herramientas computacionales.....	42
3.1.1. Python.....	42
3.1.2. OpenDSS	42
3.1.3. Gurobi.....	43
3.2. Validación del flujo de potencia del modelo de optimización	43
3.2.1. Aspectos generales	43
3.2.2. Metodología para la validación del modelo de optimización.....	44
3.2.3. Caracterización del sistema de pruebas	46
3.3. Esquema general de la metodología para red de distribución real	46
3.3.1. Procesar base de datos de entrada.....	47
3.3.2. Escenarios de simulación sujetos a optimización.....	50
3.4. Formulación del problema de optimización	51
3.4.1. Nomenclatura utilizada para las ecuaciones	51
3.4.2. Función Objetivo (ver en sección 2.5.1).....	51
3.4.3. Restricciones nodales (ver en sección 2.5.1).....	51
3.4.4. Restricciones de tramos (ver en sección 2.5.1)	52
3.4.5. Restricciones para GD conectada mediante inversor (ver en sección 2.5.3).....	52
3.4.6. Restricciones Transformador AT/MT con cambiador de tap (ver en secciones 2.5.5 y 2.5.6).....	52
3.4.7. Restricciones batería (ver en sección 2.5.7)	53
3.5. Fase post-optimización: OpenDSS	53
3.6. Definición de escenarios para red MT realista	54
3.6.1. Caso base teórico o escenario de máxima generación posible	54
3.6.2. Escenarios sujetos a optimización en la red MT basada en red MT de Diego de Almagro	55
3.7. Perfiles de entrada	55
3.7.1. Generación distribuida solar PV	55

3.7.2. Demanda.....	56
3.8. Cálculo de Hosting Capacity para red de distribución de media tensión	57
3.8.1. Problemas de tensión y de corriente del caso base.....	57
4. Desarrollo	59
4.1. Caso de estudio: Red de Media Tensión de 3 barras	59
4.2. Caso de estudio: Red basada en red MT de Diego de Almagro	59
4.2.1. Aspectos generales	59
4.2.2. Caracterización del sistema MT basado en la red MT de Diego de Almagro.....	62
5. Resultados y análisis.....	64
5.1. Red de Media Tensión de 3 barras	64
5.1.1. Caso de estudio sin vertimientos en red MT de 3 barras.....	64
5.1.2. Caso de estudio con vertimientos de generación distribuida en red MT de 3 barras ..	67
5.1.3. Exactitud del cálculo de la operación de la red	72
5.2. Red MT basada en red MT de Diego de Almagro	73
5.2.1. Máxima adopción de generación distribuida de la red	73
5.2.2. Primer escenario con problemas: 90% de adopción de generación distribuida	77
5.2.3. Escenario con 120% de adopción de generación distribuida	81
5.2.4. Escenario con 200% de adopción de generación distribuida	85
6. Conclusiones.....	92
6.1. Discusión de resultados	93
6.2. Trabajo futuro	94
7. Bibliografía.....	96
 Anexo A. Datos de red MT de Diego de Almagro.....	 100