

Tabla de Contenido

Agradecimientos.....	ii
Contenido.....	iii
Tabla de figuras	v
1. Introducción.....	1
1.1. Motivación.....	1
1.2. Objetivos.....	1
1.2.1. Objetivo general	1
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.2.3. Estructura del trabajo.....	2
2. Marco Teórico.....	3
2.1. Generación distribuida	3
2.2. Micro-red	5
2.3. Tipos de tecnología para generación	6
2.3.1. Generación basada en energías renovables	7
2.3.2. Generación basada en energías no renovables	10
2.4. Grupo electrógeno o genset.....	11
2.4.1. Motor	11
2.4.2. Generador	12
2.4.3. Sistema de enfriamiento.....	13
2.4.4. Sistema de extracción de gases	13
2.4.5. Sistema de abastecimiento de combustible	13
2.4.6. Sistema eléctrico del motor.....	14
2.4.7. Sistema de control de velocidad.....	14
2.4.8. Regulador automático de tensión	15
3. Modelo	17
4. Marco metodológico	22
4.1. Metodología de trabajo.....	22
4.2. Equipos e instrumentos.....	23
4.2.1. Grupo Electrógeno	24
4.2.2. Control general del generador	26
4.2.3. Regulador de tensión AVR.....	26
4.2.4. Sistema de control de velocidad.....	27
4.2.5. Actuador.....	29
4.2.6. Batería	29
4.2.7. Cargas.....	30
4.3. Procedimiento de los ensayos	30
4.3.1. Simulación	31
4.3.2. Pruebas experimentales.....	33
5. Resultados y Análisis	35

5.1. Controlador de velocidad	35
5.2. Simulaciones	39
5.2.1. Controladores con carga	39
5.2.2. Consumo diésel	41
5.2.3. Discusión	48
6. Conclusiones y trabajo futuro	51
7. Bibliografía.....	53
Anexo A. Código de Arduino para el controlador de velocidad.....	56
Anexo B. Datasheets de los elementos del controlador de velocidad	59
Anexo C. Datasheet del AVR SX440	94
Anexo D. Datasheet del actuador EPG modelo 1724.....	101
Anexo E. Código archivo switchtime.m.....	105
Anexo F. Código archivo simulaciones_tee.m.....	107
Anexo G. Código archivo simulaciones_tee_base	109

Tabla de Figuras

Figura 1: Estilo tradicional de un sistema eléctrico de potencia [4].	3
Figura 2: Evolución de curvas de plantas generadoras frente a potencia en centrales térmicas desde 1930 a 1990 [4].	4
Figura 3: Nuevo esquema de los sistemas eléctricos de potencia [3].	4
Figura 4: Paneles fotovoltaicos en generación distribuida.	8
Figura 5: Generación fotovoltaica para un día nublado de invierno (izquierda) y un día soleado de verano (derecha) [11].	8
Figura 6: Disco Stirling para uso distribuido [13].	9
Figura 7: Micro turbinas eólicas.	10
Figura 8: Estimación de potencia para un aerogenerador Enair 160 a 46 m del suelo para el mismo día de la semana del mes de junio del 2010 en las cercanías de Chillán según datos del explorador eólico [18].	10
Figura 9: Micro turbina de biogás en Wisconsin.	11
Figura 10: Diagrama de bloques de un sistema de control de velocidad digital.	15
Figura 11: Generador autoexcitado.	16
Figura 12: Generador excitado con imanes permanentes (PMG) [20].	16
Figura 13: Modelo del controlador de velocidad y del motor diésel.	17
Figura 14: Modelo del controlador de tensión.	18
Figura 15: Modelo del control de velocidad, control de tensión y del motor diésel.	19
Figura 16: Modelo del grupo electrógeno.	20
Figura 17: Red de simulación.	21
Figura 18: Metodología de estudio.	22
Figura 19: Parte trasera del grupo electrógeno.	24
Figura 20: Motor 3.152 4 G (CM30171).	25
Figura 21: Alternador UC Stamford.	25
Figura 22: Bornes exteriores del generador síncrono.	26
Figura 23: easYgen 3200: parte frontal (izquierda) y trasera (derecha).	26
Figura 24: AVR SX440: real (izquierda) y esquemático (derecha).	27
Figura 25: EFC Governor marca Cummins Engine.	28
Figura 26: Controlador diseñado en Arduino.	29
Figura 27: Actuador EPG modelo 1724.	29
Figura 28: Batería Cyclon TF120D.	30
Figura 29: Cargas resistivas. A la izquierda un reóstato con interruptores y a la derecha un arreglo de ampolletas.	30
Figura 30: Controlador de velocidad diseñado.	36
Figura 31: Controlador de velocidad. Arduino UNO R3 (izquierda) y circuito implementado en la Shield (derecha).	37
Figura 32: Gráfico de la frecuencia para tres casos del controlador: experimental en Arduino Uno, modelado y experimental ajustada.	38

Figura 33: Tensión de armadura del generador diésel en vacío que está controlada por el regulador modelado.	39
Figura 34: Frecuencia medida en la barra y la velocidad mecánica del rotor para 4 escalones de 5 kW por 4,5 s.	40
Figura 35: Tensión de excitación y módulo de la tensión en bornes del generador para 4 escalones de 5 kW por 4,5 s.	41
Figura 36: Consumo final de combustible con Pesc vs Ne para cada tee con los casos bases.	42
Figura 37: Consumo final de combustible con Pesc vs Ne para cada tee sin los casos bases.	43
Figura 38: Consumo final de combustible con Pesc vs tee para cada Ne sin los casos bases.	44
Figura 39: Consumo final de combustible con tee vs Ne para cada Pesc sin los casos bases.	45
Figura 40: Consumo final de combustible con tee vs Ne para $P_{esc} \leq 3$ kW sin los casos bases.	45
Figura 41: Consumo final de combustible con tee vs Ne para Pesc de 10 kW sin su caso base.	47
Figura 42: Consumo final de combustible para cada Ne con tee de 4 s y Pesc de 1,5 y 2 kW sin los casos bases.	47
Figura 43: Procedimiento para adaptar el modelo de corto plazo a uno de mediano y largo plazo.	50