

Índice

1.- Antecedentes y motivación	9
1.2.- Descripción del problema.....	9
1.3.- Solución propuesta	9
1.3.- Objetivos y alcances del proyecto	10
1.3.1.- Objetivo general	10
1.3.2.- Objetivos específicos.	10
1.3.3.- Alcances.....	10
1.4.- Metodología de solución	11
1.5.- Resultados esperados	11
2.- Fundamentos teóricos.....	13
2.1.- Bombas hidráulicas.....	13
2.1.1.- Bomba centrífuga.....	13
2.2.- Leyes de semejanza	14
2.3.- Motores eléctricos	16
2.4.- Características de un motor trifásico tipo jaula ardilla	18
2.4.1.- Par ejercido	18
2.4.2.- Energía y potencia eléctrica.....	18
2.4.3.- Velocidad nominal.....	18
2.4.4.- Corriente nominal.....	18
2.4.5.- Rendimiento.	18
2.5.- Variadores de frecuencia	19
2.5.1.- Principio de funcionamiento de un variador de frecuencia	19
2.6.- Operación de conjunto motor-bomba con variadores de frecuencia.	20
2.7.- Rango de velocidad en la cual pueden operar los equipo de bombeo con variador de frecuencia.	22
3.- Situación actual.....	24
3.1.- Descripción general de empresas CMPC S.A.	24
3.2.- Proceso de fabricación de la cartulina	24

3.3.- Áreas presentes en el proceso de fabricación de la cartulina en CMPC “Planta Maule”	27
3.3.1.- Área preparación maderas.....	27
3.3.2.- Área planta de pulpa	27
3.3.3.- Área preparación pasta.....	27
3.3.4.- Área cocina	27
3.3.5.- Área máquina	27
3.3.6.- Etapa de conversión	28
3.4.- Ámbito hidráulico en el proceso de fabricación de la cartulina.....	30
3.4.1.- Sistema de bombeo	30
4.- Desarrollo del tema	32
4.1.- Equipos de bombeo determinados para el estudio	32
4.1.1.- Función y ubicación de los equipos de bombeo.....	32
4.1.2.- Parámetros de servicios y características técnicas de los equipos de bombeo.....	34
4.2.- Consumo y costos del sistema actual de bombeo	36
4.2.1.- Cálculo del consumo energético y costo mensual de operación de los equipos de bombeo	36
4.3.- Tipos de variadores de frecuencia existentes en el mercado.....	40
4.3.1.- Estructura de selección de proveedor de los variadores de frecuencia.....	40
4.3.2.- Hoja técnica para la selección de los variadores de frecuencia elaborada por el proveedor ..	43
4.3.3.- Modelo de variador de frecuencia seleccionado para los equipos de bombeo.....	43
4.3.4.- Modelos variadores de frecuencia CFW11 seleccionados para cada equipo de bombeo.	44
4.4.- Ahorro económico y energético obtenido con los variadores de frecuencia en los equipos de bombeo.....	45
4.5.- Factibilidad y beneficios de implementar los variadores de frecuencia.....	48
4.5.1.- Operación de los equipos.	48
4.5.2.- Mantenimiento de los equipos	49
4.5.3.- Ahorro en costos operacionales	49
4.5.4.- Beneficios energéticos obtenidos	49
5.- Evaluación económica	52
5.1.- Plan financiero	52

5.2.- Curva de ahorro.....	52
5.3.- Inversión	52
Bibliografía.....	58
Anexos.....	60
Anexo A: Cálculo para el consumo de los equipos de bombeos.....	60
Anexo B: Estructura y hoja técnica para la selección de los variadores de frecuencia	64
Anexo C: Base de datos de donde fueron extraídos los modelos de variadores de frecuencia CFW11, para cada equipo de bombeo:.....	69
Anexo D: Cotizaciones de los variadores de frecuencia, dispositivo de maniobra y programación.....	70
Anexo E: Ahorro energético obtenido con los variadores de frecuencia.	82
Anexo F: Evaluación económica.....	89

Índice de Figuras

Figura 1: Partes de una bomba centrífuga.....	14
Figura 2: Leyes de afinidad.....	15
Figura 3: Comportamiento de la corriente alterna trifásica.....	17
Figura 4: Motor asíncrono de rotor jaula ardilla.....	17
Figura 5: Etapas de un variador de frecuencia.....	19
Figura 6: Diagrama de funcionamiento de un variador de frecuencia en una bomba centrífuga.....	21
Figura 7: Proceso y fabricación de la cartulina	26
Figura 8: Área de preparación de pasta para la fabricación de cartulina.....	29
Figura 9: Modelo de variador de frecuencia seleccionado	44

Índice de Tablas.

Tabla 1: Características técnicas y parámetros de servicio para cada equipo de bombeo.....	34
Tabla 2: Consumo y costo energético mensual para cada equipo de bombeo horario bajo.....	38
Tabla 3: Consumo y costo energético mensual para cada equipo de bombeo horario alto.....	39
Tabla 4: Consumo y costo energético global del sistema actual de bombeo.....	39
Tabla 5: Modelos de variadores de frecuencia para cada equipo de bombeo.....	45
Tabla 6: Consumo y costos de energía variadores de frecuencia.....	47
Tabla 7: Consumo y costo energético del sistema actual.....	47
Tabla 8: Ahorro energético obtenido con variadores de frecuencia.....	48
Tabla 9: Inversión inicial.....	53
Tabla 10: Variables para obtener el consumo y costo energético del sistema actual en horario alto ..	63