



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN TESIS DE GRADO

AUTOR:

NOMBRES: JORGE LUIS

APELLIDOS: MANJARRÉS REY

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA ELECTROMECANICA

DIRECTOR:

NOMBRES: JORGE EDUARDO

APELLIDOS: GRANADOS GRANADOS

CODIRECTOR:

NOMBRES: JOSÉ MARIO

APELLIDOS: APARICIO DÍAZ

TITULO DE LA TESIS: REDISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE DE LUBRICACIÓN DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD DE BOMBAS TORNILLO EN ESTACIÓN PRIMARIA DE TERMOTASAJERO S.A. E.S.P.

RESUMEN:

El rediseño del sistema de enfriamiento de aceite de lubricación, tiene como objetivo reducir el elevado consumo de agua por parte del actual sistema de enfriamiento, logrando definir los gastos generados y las condiciones del proceso para con ello realizar el planteamiento de alternativas de rediseño, de las cuales se realiza una descripción detallada de su funcionamiento, control, mantenimiento y costo de implementación con el fin de seleccionar el sistema idóneo partiendo de su estudio que garantiza el adecuado funcionamiento del proceso de captación de agua, indispensable para la generación de energía eléctrica.

Palabras clave: Reductor, lubricación, enfriamiento, sistema, alternativa.

CARACTERÍSTICAS:

PAGINAS: 141

PLANOS: 1

ILUSTRACIONES:           

CD-ROM: 1

REDISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE DE LUBRICACIÓN  
DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD DE BOMBAS TORNILLO EN  
ESTACIÓN PRIMARIA DE TERMOTASAJERO S.A. E.S.P.

JORGE LUIS MANJARRES REY

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2012

REDISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE DE LUBRICACIÓN  
DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD DE BOMBAS TORNILLO EN  
ESTACIÓN PRIMARIA DE TERMOTASAJERO S.A ESP

JORGE LUIS MANJARRES REY

Cod: 0090750

Proyecto presentado para obtener el título de  
Ingeniero Electromecánico

Director

ING. JORGE EDUARDO GRANADOS GRANADOS

Ing. Mecánico docente U.F.P.S

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA DE ELECTROMECAÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2012



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

## ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 18 DE OCTUBRE DE 2012 HORA: 2:00 p. m.  
LUGAR: SALA 3, TERCER PISO EDIFICIO CREAD - UFPS  
PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULO DE LA TESIS: "REDISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE DE LUBRICACIÓN DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD DE BOMBAS TORNILLO EN ESTACIÓN PRIMARIA DE TERMOTASAJERO S.A. E.S.P.

JURADOS: ING. ALBERTO FALLA ARIAS  
ING. JESÚS BETHSAID PEDROZA ROJAS

DIRECTOR: ING. JORGE EDUARDO GRANADOS GRANADOS

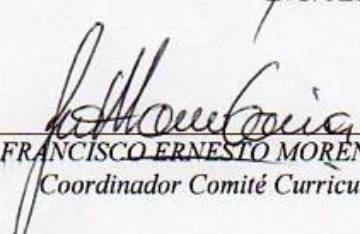
NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
JORGE LUIS MANJARRÉS REY	0090750	4,3	CUATRO, TRES

# APROBADA

FIRMA DE LOS JURADOS:

  
\_\_\_\_\_  
ING. ALBERTO FALLA ARIAS.

  
\_\_\_\_\_  
ING. JESÚS BETHSAID PEDROZA ROJAS

Vo. Bo.   
\_\_\_\_\_  
ING. FRANCISCO ERNESTO MORENO GARCIA  
Coordinador Comité Curricular

Yorley A.

*Doy gracias a Dios por su eterna e incondicional compañía, por darme las ganas y energías para dar cada paso de mi vida, por darme la luz y la vida.*

*Doy gracias a mi familia, a ti Mamá por siempre inculcarme valores, tu espíritu guerrero que aun hoy no baja los brazos para cumplir tu sueño, a ti Padre por apoyarme incondicionalmente, a mis hermanos quienes marcaron el buen camino a seguir y a mis tíos, tías, primos y demás que siempre dan la mano cuando se necesita.*

*Doy gracias a ti mi Hermosa Princesa, por tu Amor, Sinceridad y Respeto, por estar a mi lado brindándome tu apoyo y creer en mí, siendo la inspiración del éxito.*

*A todos ustedes dedico este triunfo el cual es importante en mi vida, solo queda decirles muchas gracias.*

JORGE MANJARRÉS

*“todos los días se aprende algo nuevo  
solo ten la mente abierta”*

## AGRADECIMIENTOS

Mi reconocimiento a:

JORGE EDUARDO GRANADOS, director del proyecto, por su colaboración incondicional durante el desarrollo del mismo.

JOSE MARIO APARICIO, codirector del proyecto, su gran experiencia fue indispensable en la consecución del proyecto.

ALBERTO FALLA Y JESÚS PEDROZA, jurados del proyecto, por su disposición en la lectura, recomendaciones y evaluación del proyecto.

GERSON RODRÍGUEZ, colaborador incansable e incondicional.

TERMOTASAJERO S.A E.S.P, por la oportunidad brindada y permitir ser parte de la empresa líder de la región y a todas las personas quienes aportaron en el desarrollo del proyecto.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. PROBLEMA	20
1.1 TITULO	20
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.3 FORMULACIÓN	21
1.4 JUSTIFICACIÓN	21
1.4.1 Beneficios Económicos.	21
1.4.2 Beneficios Tecnológicos.	22
1.4.3 Beneficios Empresariales.	22
1.5 OBJETIVOS	22
1.5.1 Objetivo General.	22
1.5.2 Objetivos Específicos.	22
1.6 DELIMITACIONES	23
1.6.1 Delimitaciones Espaciales.	23
1.6.2 Delimitación Temporal.	23
1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES	23
1.7.1 Alcances.	23
1.7.2 Limitaciones	24
2. MARCO REFERENCIAL	25
2.1 ANTECEDENTES	25

2.2 MARCO TEÓRICO	26
2.2.1 Generación De Energía Eléctrica.	26
2.2.2 Bomba tornillo.	26
2.2.3 Reductor de velocidad.	27
2.2.4 Desgaste y Lubricación.	28
2.2.5 Sistemas de Lubricación.	30
2.2.6 Lubricación por circulación.	30
2.2.6.1 Lubricación forzada.	30
2.2.7 Sistemas de enfriamiento de aceite.	32
2.2.7.1 Intercambiadores de Calor.	32
2.2.7.2 Torres De Enfriamiento.	39
2.3 MARCO CONCEPTUAL	47
2.3.1 Captación de agua.	47
2.3.2 Lubricación.	48
2.3.3 Lubricación forzada.	48
2.3.4 Enfriador de aceite.	48
2.3.5 Intercambiadores de calor.	48
2.3.6 Torres de enfriamiento.	49
2.4 MARCO CONTEXTUAL	49
2.4.1 Reseña Histórica.	49
2.4.2 Generalidades.	50
2.4.3 Aspectos Organizacionales.	50
2.4.4 Proceso Productivo. Central generadora.	51
2.5 MARCO LEGAL	52



2.5.1 Reglamento Del Proyecto.	52
2.5.2 Listado Significativo De Normas.	53
3. DISEÑO METODOLÓGICO	54
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	54
3.2 FUENTES DE INFORMACIÓN	54
3.2.1 Fuentes de información primaria.	54
3.2.2 Fuentes de información secundaria.	54
3.3 ACTIVIDADES METODOLÓGICAS	54
4 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD DE BOMBAS TORNILLO.	57
4.1 BOMBAS TORNILLO	57
4.1.1 Accionamiento de bombas tornillo.	57
4.2.1 Reductor de velocidad.	58
4.2.1.1 Generalidades del reductor.	59
4.3 ENFRIAMIENTO DEL ACEITE DE LUBRICACIÓN	63
4.3.1 Análisis cualitativo.	64
4.3.1.1 Condiciones de operación.	64
4.3.1.2 Recolección de información.	65
4.3.1.3 Cálculo de calor cedido por el aceite de lubricación.	65
4.3.2 Análisis cuantitativo.	72
4.3.2.1 Recolección de información.	72
4.3.2.2 Cálculo de costo por consumo de energía por equipos.	74
4.3.2.3 Cálculo de costo por insumos.	75
4.3.2.4 Cálculo de costo de operación planta de agua.	76

4.3.2.5 Cálculo de costo de producción de agua filtrada.	76
4.3.2.5 Cálculo del valor m <sup>3</sup> de agua filtrada.	77
4.3.2.6 Cálculo de costos generados por el sistema de enfriamiento.	78
4.4 PARAMETROS DE REDISEÑO.	79
4.4.1 Calor a disipar por el sistema de enfriamiento	79
4.4.2 Caudal mínimo de agua de enfriamiento.	79
4.4.3 consumo de agua filtrada	79
4.4.4 consumo de energía.	79
5 REDISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL ACEITE DE LUBRICACIÓN DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD DE BOMBAS TORNILLO	80
5.1 PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE REDISEÑO	80
5.2 ALTERNATIVA 1: “CONTROL DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO CON USO DE VÁLVULAS SOLENOIDES”	80
5.2.1 Descripción.	80
5.2.2 Funcionamiento.	81
5.2.3 Características	81
5.2.3.1 Arreglo de instalación hidráulica del sistema de agua de enfriamiento.	81
5.2.3.2 Selección válvula solenoide.	83
5.2.3.3 Control y accionamiento de la válvula.	84
5.2.4 Listado de materiales y costo implementación.	85
5.2.5 Consumos y costos de operación alternativa 1.	87
5.2.5.1 Consumo y costo de agua de enfriamiento.	87
5.2.5.2 Consumo y costo de energía.	87
5.2.5.3 Mantenimiento de alternativa 1	88

5.3 ALTERNATIVA 2: “REFRIGERACIÓN DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO CON USO DE TORRE DE ENFRIAMIENTO”.	88
5.3.1 Descripción.	88
5.3.2 Funcionamiento.	89
5.3.3 Características.	91
5.3.3.1 Selección torre de enfriamiento.	91
5.3.3.2 Arreglo Instalación hidráulica.	94
5.3.3.3 Bombeo del sistema	96
5.3.3.4 Tanque de agua de reposición.	99
5.3.3.5 Control y accionamiento de motores.	99
5.3.3.6 Sistema alternativo de enfriamiento.	100
5.3.4 Listado de materiales y costo de implementación.	101
5.3.5 Consumos y costos de operación alternativa 2.	103
5.3.5.1 Consumo y costo de agua de enfriamiento.	103
5.3.5.2 Consumo y costo de energía.	103
5.3.5.3 Costo de mantenimiento alternativa 2	104
5.4 ALTERNATIVA 3: REFRIGERACIÓN DE AGUA DE ENFRIAMIENTO POR MEDIO DE ENFRIADOR DE AGUA TIPO SERPENTÍN SUMERGIDO.	105
5.4.1 Descripción.	105
5.4.2 funcionamiento.	105
5.4.3 Características.	107
5.4.3.1 Enfriador de agua	107
5.4.3.2 Instalación hidráulica de agua de enfriamiento.	112
5.4.3.3 Bombeo del sistema de enfriamiento.	114
5.4.3.4 Circuito de control y potencia para el accionamiento de los motores.	115

5.4.3.4.1 Instalación eléctrica.	115
5.4.3.5 Sistema alternativo de enfriamiento.	116
5.4.4 Listado de materiales y costo de implementación.	116
5.4.5 Consumos y costos de operación alternativa 3.	118
5.4.5.1 Consumo y costo de agua de enfriamiento.	118
5.4.5.2 Consumo y costo de energía.	118
5.4.5.3 Costos por mantenimiento del sistema.	118
5.5 ALTERNATIVA 4: REFRIGERACIÓN DEL ACEITE DE LUBRICACIÓN CON USO DE ENFRIADOR DE ACEITE TIPO RADIADOR CON VENTILACIÓN FORZADA.	119
5.5.1 Descripción.	119
5.5.2 Funcionamiento.	119
5.5.3 Características.	120
5.5.3.1 Enfriador de aceite con ventilación forzada	120
5.5.3.2 Oferta enfriador de aceite.	122
5.5.3.3 Accionamiento de enfriadores de aceite.	122
5.5.3.4 Acople del enfriador al sistema de lubricación.	123
5.5.3.5 Válvulas y accesorios para control y mantenimiento del sistema.	123
5.5.3.6 Sistema de alterno de enfriamiento	123
5.5.4 Listado de materiales y costo de implementación.	123
5.5.5 Consumos y costos de operación alternativa 4.	125
5.5.5.1 Consumo y costo de agua de enfriamiento.	125
5.5.5.2 Ahorro de energía.	125
5.5.5.3 Costos por mantenimiento del sistema.	125

6 PARÁMETROS DE SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE.	127
6.1 EVALUACIÓN DE BENEFICIOS OBTENIDOS.	127
6.2 EVALUACIÓN TÉCNICA Y OPERACIÓN.	128
6.2.1 Medición de índices de confiabilidad y disponibilidad	128
6.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS DE REDISEÑO	129
7 REDISEÑO FINAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE DE LUBRICACIÓN DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD DE BOMBAS TORNILLO.	132
7. 1 FUNDAMENTOS DE SELECCIÓN.	132
8 CONCLUSIONES	133
9 RECOMENDACIONES	134
10 BIBLIOGRAFÍA	135
ANEXO A	137