



**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS**



**RESUMEN – TESIS DE GRADO**

AUTORES: LUIS ALBERTO PARODI ALCENDRA  
FREDDY ORLANDO ESPINEL RODRIGUEZ

FACULTAD: INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA ELECTRÓNICA

DIRECTOR: GABRIEL SÁNCHEZ SUÁREZ

TITULO DE LA TESIS: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA ENERGÉTICO SOLAR QUE ALIMENTA LA ESTACIÓN REPETIDORA DE MICROONDAS DE ECOPETROL S.A, UBICADA EN TASAJERO.

**RESUMEN:**

La primera parte contiene la situación problemática, justificación, alcances y objetivos planteados; la segunda contiene las teorías y conceptos tenidos en cuenta para el desarrollo del proyecto; la tercera muestra las actividades y metodología empleadas; la cuarta explica los diseños de hardware y las aplicaciones en software realizadas; la quinta parte presenta las pruebas de hardware y software realizadas; en la sexta y la séptima parte se muestran los recursos y el presupuesto; finalmente se mencionan las recomendaciones y conclusiones obtenidas en el proyecto.

**CARACTERISTICAS:**

PAGINAS: 153

PLANOS:

ILUSTRACIONES:

CD-ROM: 1

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL  
DEL SISTEMA ENERGÉTICO SOLAR QUE ALIMENTA LA ESTACION  
REPETIDORA DE MICROONDAS DE ECOPETROL S.A, UBICADA EN TASAJERO

LUIS ALBERTO PARODI ALCENDRA

FREDDY ORLANDO ESPINEL RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2004

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL  
DEL SISTEMA ENERGÉTICO SOLAR QUE ALIMENTA LA ESTACIÓN  
REPETIDORA DE MICROONDAS DE ECOPETROL S.A, UBICADA EN TASAJERO.

LUIS ALBERTO PARODI ALCENDRA

FREDDY ORLANDO ESPINEL RODRIGUEZ

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO ELECTRÓNICO

Director  
GABRIEL SÁNCHEZ SUÁREZ  
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2004



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: Cúcuta, 10 de noviembre de 2004  
HORA: 16:40  
LUGAR: Laboratorio de Electrónica  
Plan de estudio: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

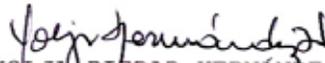
Título de la tesis: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA ENERGÉTICO SOLAR QUE ALIMENTA LA ESTACIÓN REPETIDORA DE MICROONDAS DE ECOPETROL, S.A. UBICADA EN TASAJERO"

Jurados: YOLJA PIEDAD HERNÁNDEZ WALDO  
JOSÉ RICARDO BERMUDEZ SANTAELLA  
DINAEL GUEVARA IBARRA

Director: GABRIEL SÁNCHEZ SUÁREZ

Nombre de los estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
LUIS ALBERTO PARODI ALCENDRA	160176	Cuatro, dos	4,2
FREDDY ORLANDO ESPINEL RODRIGUEZ	160309	Cuatro, dos	4,2

A P R O B A D A

  
YOLJA PIEDAD HERNÁNDEZ WALDO

  
JOSÉ RICARDO BERMUDEZ SANTAELLA

  
DINAEL GUEVARA IBARRA

  
Vo.Bo. SANDRA MILENA GRIMALDO CASTRO  
Coordinadora Comité Curricular  
Ingeniería Electrónica

Jeannette C.

A mi madre linda Ana, por brindarme su apoyo incondicional y por ser lo mas especial en mi vida.

A mi padre "Lucho Parodi", por confiar en mí y apoyarme en todo momento.

**Luis Alberto**

A Dios, quien fue mi gran apoyo en los momentos difíciles en los que creí estar derrotado, quien me ayudó a cumplir con éxito todas mis metas; a María Auxiliadora que fue mi gran guía por el camino del bien y siempre me orientó para tomar las decisiones correctas.

A mi padre Antonio y mi madre Ludy, por su apoyo moral, espiritual y económico incondicional para el logro de mis metas; su paciencia y amor para guiarme en los momentos felices y tristes.

A mis hermanos Paola y Jesús, por su compañía y apoyo moral para llevar a cabo el desarrollo fiel de mi profesión.

A familiares y amigos, por su respaldo moral y espiritual desinteresado, con el cual gozo del triunfo obtenido.

A quienes con sus actos aportaron un granito de arena para edificar este gran logro en mi vida.

A mis compañeros de grandes batallas: Diego, Edwin, Richar, Andres, Carlos M., Fabian, Jhosman, Wilder, Asdrubal, Mauricio, Aldo, Carlos F.; quienes estuvieron conmigo en la búsqueda del conocimiento.

**Freddy Orlando**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores del proyecto agradecen la valiosa colaboración a las siguientes personas y entidades:

De Ecopetrol S.A.:

A los señores William Álvarez Chavez y Pedro Nel Vargas, coordinadores del departamento de telemática del oleoducto Caño limón Coveñas, por su desempeño como asesores del proyecto, por sus valiosos consejos y por la oportunidad que nos brindaron para el desarrollo de nuestra tesis.

Al ingeniero Jairo Villamizar, coordinador del mantenimiento de las estaciones, por su apoyo logístico y administrativo.

Al señor Edgar Espinosa M; coordinador del área de controles del oleoducto Caño Limón Coveñas por su aporte técnico para el desarrollo del proyecto.

De la Universidad Francisco de Paula Santander:

Al Ing. Gabriel Sánchez Suárez, director del proyecto, por su invaluable colaboración.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. PRELIMINARES	20
1.1 TÍTULO	20
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.3 JUSTIFICACIÓN	22
1.4 OBJETIVOS	23
1.4.1 Objetivo general	23
1.4.2 Objetivos específicos	24
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	25
1.5.1 Alcances	25
1.5.2 Limitaciones	26
2. MARCO TEORICO	28
2.1 MARCO CONCEPTUAL	28

2.1.1 Sistema SCADA	28
2.1.2 Niveles del sistema SCADA	28
2.1.3 Definición Microondas	32
2.1.4 Características de las señales de microondas	32
2.1.5 Descripción general de un sistema de comunicación vía microondas	33
2.1.6 Definición Estación repetidora de microondas	33
2.1.7 Estructura General de una Estación Repetidora de Microondas	34
2.1.8 Sistemas de control retroalimentados	37
2.1.9 Antecedentes	38
2.1.10 Transductores	39
2.1.11 Acondicionadores de señal	44
2.1.12 Módem	44
2.1.13 Tipos de líneas de comunicación	45
2.1.14 Tipos de transmisión de datos	45
2.1.15 Modos de transmisión de datos	46
2.2 MARCO REFERENCIAL	47

2.2.1 Distribución red de microondas	47
2.2.2 Software SCADA PARAGON TNT 4.0	47
2.2.3 Selección del hardware de transmisión a través del sistema de microondas	51
2.2.4 Módem Racal ALM 3223	52
2.2.5 Microcontrolador	53
2.2.6 Conversión análoga/digital	55
2.2.7 Comunicación serial	57
3. METODOLOGÍA IMPLEMENTADA	59
3.1 TIPO DE PROYECTO	59
3.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	59
3.2.1 Fuentes primarias	59
3.2.2 Fuentes secundarias	59
3.3 ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA	59
4. DISEÑO	65
4.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO	65
4.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL	69

4.3 DISEÑOS DE HARDWARE	71
4.3.1 Diseño del circuito acondicionador de la señal proveniente del sensor de temperatura LM35DZ	71
4.3.2 Diseño del circuito acondicionador de la señal proveniente del transductor de temperatura ( pt100 )	72
4.3.3 Diseño del circuito acondicionador de la señal entregada por el panel solar (siemens M55)	75
4.3.4 Diseño de los circuitos de conexión/ desconexión de los arreglos de paneles solares	76
4.3.5 Diseño del circuito encargado de activar la alarma sonora	78
4.3.6 Diseño de las rutinas de programación en el microcontrolador PIC 16F877	79
4.3.7 Tarjeta de adquisición de datos	80
4.4 DISEÑO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSMISIÓN, RECEPCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN PROVENIENTE DE LA ESTACIÓN TASAJERO	84
4.4.1 Diseño de la estrategia de transmisión de datos	84
4.4.2 Diseño de la estrategia de recepción de la trama en el software scada PARAGON TNT 4.0.	86
4.4.3 Diseño de la interfaz gráfica con software scada Paragón TNT 4.0.	91
5. PRUEBAS PREVIAS	96

5.1 PRUEBAS DE HARDWARE	96
5.1.1 Prueba de comunicación entre 2 módems local y remoto del tipo ALM. 3223	96
5.2 PRUEBAS DE SOFTWARE	97
5.2.1 Prueba de comunicación serial entre el computador y el microcontrolador PIC 16f877	97
5.3 PRUEBAS GENERALES	98
5.3.1 Pruebas de laboratorio	98
5.3.2 Pruebas de campo	98
6. RECURSOS	100
6.1 RECURSOS HUMANOS	100
6.3 RECURSOS FISICOS	101
6.4 RECURSOS INSTITUCIONALES	101
7. PRESUPUESTO	103
7.1 INVERSIÓN FIJA	103
7.1.1 Materiales y suministros	103
7.1.2 Equipos	103

7.2 INVERSION DIFERIDA	104
7.2.1 Servicios de Personal	104
8. CONCLUSIONES	106
9. RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFÍA	109
ANEXOS	110