



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN TESIS DE GRADO

**AUTORES:**

**NOMBRES:** JAVIER

**APELLIDOS:** MELLENDEZ ANGARITA

**NOMBRES:** FARLEY VIVIANA

**APELLIDOS:** GARCIA ROZO

**FACULTAD:** FACULTAD DE INGENIERÍAS

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**DIRECTOR:**

**NOMBRES:** FABIO ELISEO

**APELLIDOS:** VILLAMIZAR JAIMES

**CODIRECTOR:**

**NOMBRES:** DIANA LORENA

**APELLIDOS:** PABON

**TÍTULO DE LA TESIS:** DISEÑO Y CÁLCULO DE REDES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN E INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA URBANIZACIÓN ALTOS DE SAN ANTONIO DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER

### RESUMEN

El presente trabajo de grado modalidad trabajo dirigido se realizó en Ocaña, Norte de Santander, se realizaron los estudios necesarios para obtener los diseños eléctricos y mecánicos que permitieron elegir el transformador, la postería, los conductores y los restantes elementos que abarca el diseño. Incluye la propuesta del diseño de la subestación, justificado bajo las normas NTC 2050 y el RETIE, incluyendo cuadros de carga, cálculos de regulación de tensión, porcentaje de pérdidas de potencia y protecciones. Finalmente se lista los materiales requeridos por el usuario con el respectivo presupuesto.

**PALABRAS CLAVES:** Diseño, Subestación, Redes, Transformador, Potencia.

### CARACTERÍSTICAS:

**PAGINAS:** 104

**PLANOS:** 2

**ILUSTRACIONES:**

**CD-ROM:** 1

**DISEÑO Y CALCULO DE REDES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN E  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA URBANIZACION ALTOS DE SAN  
ANTONIO DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, DEPARTAMENTO DE NORTE DE  
SANTANDER**

**JAVIER MELENDEZ ANGARITA  
FARLEY VIVIANA GARCIA ROZO**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA ELECTROMECHANICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2011**

**DISEÑO Y CALCULO DE REDES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN E  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA URBANIZACION ALTOS DE SAN  
ANTONIO DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, DEPARTAMENTO DE NORTE DE  
SANTANDER**

**JAVIER MELENDEZ ANGARITA**

**FARLEY VIVIANA GARCIA ROZO**

**Trabajo de grado presentado bajo la modalidad de trabajo dirigido como requisito  
para obtener el título de Ingeniero Electromecánico**

**Director  
FABIO ELISEO VILLAMIZAR JAIMES  
Lic. Electromecánico**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA ELECTROMECHANICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2011**



## ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 1 DE DICIEMBRE DE 2011 HORA : 8:30 a. m.

LUGAR: SALA 4 – TERCER PISO EDIFICIO CREAD - UFPS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA ELECTROMECHANICA

TITULO DE LA TESIS: "DISEÑO Y CALCULO DE REDES DE MEDIA Y BAJA TENSION E INSTALACIONES ELECTRICAS DE LA URBANIZACION ALTOS DE SAN ANTONIO DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER".

JURADOS: ING. JORGE ALBERTO RUIZ GARCIA  
ING. LUIS RODOLFO DAVILA MARQUEZ

DIRECTOR: LIC. FABIO ELISEO VILLAMIZAR JAIMES

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
FARLEY VIVIANA GARCIA ROZO	0090827	4,4	CUATRO, CUATRO

## APROBADA

FIRMA DE LOS JURADOS:

ING. JORGE ALBERTO RUIZ GARCIA

ING. LUIS RODOLFO DAVILA MARQUEZ

Vo. Bo.

IE. PhD FRANCISCO ERNESTO MORENO GARCIA  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

Queremos dedicar este trabajo a Dios, a nuestros padres

Por brindarnos su apoyo y colaboración

Constante, por darnos la oportunidad

De cumplir una meta más en nuestra

Vida, de ser profesionales.

A nuestros amigos y

Demás familiares

Por su apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar a Dios por permitirnos cumplir tan importante triunfo en nuestras vidas y brindarnos fuerzas para continuar adelante luchando por alcanzar todas nuestras metas.

A nuestra familia por su colaboración y compañía en todo este tiempo.

Al Ingeniero Francisco Ernesto Moreno García, Director del plan de Estudios, por su colaboración y apoyo desinteresado.

Agradecemos al Lic. Fabio Eliseo Villamizar Jaimes, Director del proyecto por su apoyo y colaboración.

A los Ing. Luis Rodolfo Dávila Márquez y Jorge Alberto Ruiz García, nuestros jurados, por brindarnos su conocimiento y darnos su apoyo en nuestro proyecto de grado.

A la Universidad Francisco de Paula Santander, por ser nuestra Alma máter y darnos la oportunidad de formarnos como profesionales.

Agradezco a Dios por permitirme cumplir una meta más en mi vida y por llenarme de sabiduría; por darme la fortaleza de seguir siempre adelante, y enviarme ángeles en el camino.

A mi madre Luz Mariela Rozo y a mi hermana Miyerlande García Rozo por brindarme su apoyo incondicional, por estar en todos los momentos sobre todo en los más difíciles, por sus palabras de aliento y su amor constante, por creer en mí y tenerme paciencia durante toda la etapa de mi formación como profesional.

A mis amigos por su grata compañía y los momentos de estudio, depositando cada uno de ellos en mí su amistad, positivismo y consejos, los cuales sirvieron de gran ayuda para lograr culminar con gran satisfacción esta etapa de mi vida.

**Farley**

A Dios, a mis padres por brindarme todo su apoyo, confianza, y compromiso.

A mis hermanos por darme una voz de aliento para poder cumplir siempre mis metas propuestas.

A todos aquellos amigos y conocidos que confiaron en mí de modo desinteresado.

**Javier**



## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	13
1. GENERALIDADES	14
1.1 ANTECEDENTES	14
1.2 ACOMETIDAS DE MEDIA TENSION	17
1.2.1 Elementos del sistema de distribución de media tensión.	17
1.2.1.1 Conductores.	18
1.2.1.2 Aisladores.	19
1.2.1.3 Apoyos o postes.	21
1.2.1.4 Crucetas, herrajes y accesorios.	22
1.3 PROTECCIONES DE MEDIA TENSIÓN.	23
1.4 REGULACIÓN DE VOLTAJE.	25
1.5 PÉRDIDAS DE POTENCIA.	26
1.6 SUBESTACIONES.	27
1.6.1.1 Subestación aérea.	27
1.6.1.2 Subestaciones de pedestal.	28
1.6.1.3 Subestaciones tipo interior.	29
1.6.1.4 Tipo jardín – pad mounted.	29
1.7 ACOMETIDAS DE BAJA TENSION.	30
1.7.1 Cable trenzado.	30

1.8 SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD.	32
1.8.1 Código de colores para conductores.	32
1.8.2 Distancias de seguridad.	33
1.9 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.	34
1.9.1 Medida de la resistividad del suelo.	35
1.9.1.1 Metodología para medir la resistividad del suelo.	37
1.9.1.2 Equipos y materiales para medir la resistividad del suelo.	37
1.9.2 Diseño del sistema de puesta a tierra.	38
1.9.3 Requisitos Generales de las puestas a tierra.	39
1.9.4 Cálculo del tamaño del conductor.	40
1.9.5 Tensiones de paso y de contacto permisibles.	40
1.9.5.1 Tensión de paso.	40
1.9.5.2 Tensión de contacto.	41
1.9.5.3 Medición de tensiones de paso y contacto.	41
1.10 ANÁLISIS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.	43
1.10.1 Diseño e implementación de un sistema de protección contra rayos.	43
1.10.2 Componentes del sistema de protección contra rayos.	44
1.10.2.1 Terminales de captación o pararrayos.	44
1.10.2.2 Bajantes.	44
1.10.2.3 Puesta a tierra para protección contra rayos.	44
1.11 CÁLCULOS MECÁNICOS DEL CONDUCTOR.	45
1.11.1 Condición inicial o de tendido.	45
1.11.2 Condición extrema de trabajo mecánico.	45

1.11.3 Condición extrema de flecha.	45
1.11.4 Distancia de Aislamiento.	45
1.11.5 Parámetros del conductor.	45
1.11.6 Diseño topográfico.	46
1.12 INSTALACIONES ELECTRICAS INTERNAS.	47
2. DISEÑO METODOLÓGICO.	47
2.1 ALCANCES Y LIMITACIONES.	47
2.2 ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA.	48
2.2.1 Tipo de investigación.	48
2.2.2 Población.	48
2.2.3 Muestra.	48
2.2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información.	48
2.3 METAS.	48
3. RESULTADOS.	49
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.	49
3.1.1 Objetivo.	49
3.1.2 Características de la carga.	49
3.1.3 Subestación.	49
3.1.4 Acometida de media tensión.	50
3.1.5 Acometida de baja tensión.	51
3.1.6 Alumbrado público.	52

3.1.7 Instalaciones internas.	52
3.1.8 Localización.	53
4. MEMORIAS DE CÁLCULO.	55
4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO.	55
4.2 FACTOR DE DEMANDA.	55
4.3 PERIODO DE PROYECCIÓN.	55
4.4 DEMANDA MÁXIMA POR USUARIO.	55
4.5 CARGA INSTALADA.	56
4.6 DEMANDA MÁXIMA.	56
4.7 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA.	56
4.8 CÁLCULO DEL TRANSFORMADOR.	57
4.8.1 Factor de diversidad para viviendas.	57
4.8.2 Demanda máxima diversificada.	57
4.8.3 Demanda del alumbrado público.	58
4.9 CALCULO DE PROTECCIONES.	59
4.9.1 Terminal de captación (pararrayos).	59
4.9.2 Cortacircuitos.	61
4.9.3 Fusibles para acometidas de Media Tensión.	61
4.10 CALCULO DE RED DE MEDIA TENSIÓN.	62
4.10.1 Selección del conductor.	62
4.10.2 Aislamiento.	62
4.10.3 Características del conductor escogido.	63

4.10.4 Diseño mecánico.	63
4.11 CALCULO DE RED DE BAJA TENSIÓN.	64
4.11.1 Calculo de conductor y regulación de voltaje.	65
4.11.2 Pérdidas máximas de potencia.	68
4.12 SELECCIÓN DEL MEDIDOR.	71
4.12.1 Medidores clase 2.	72
4.13 ESTUDIO DE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO.	73
4.14 CALCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.	74
4.14.1 Calculo del tamaño del conductor.	75
4.14.2 Tensiones de paso y contacto permisibles.	77
4.14.3 ANÁLISIS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.	79
5. CONCLUSIONES.	82
6. RECOMENDACIONES.	83
BIBLIOGRAFIA	84
ANEXOS	85

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Protecciones de acometidas aéreas en media tensión.	24
Cuadro 2. Criterios según tipo de vía.	52
Cuadro 3. Nivel de aislamiento.	62
Cuadro 4. Constantes de la curva de demanda máxima diversificada.	66
Cuadro 5. Promedio de resistividad del suelo.	73
Cuadro 6. Perfil de resistividad.	74
Cuadro 7. Valores máximos de resistencia de puesta a tierra.	74
Cuadro 8. Requisitos para alambres de cobre.	76
Cuadro 9. Índice de riesgo por rayos.	79
Cuadro 10. Índice relacionado con el uso de la estructura.	79
Cuadro 11. Índice relacionado con el tipo de estructura.	80
Cuadro 12. Índice relacionado con la altura y el área de la estructura.	80
Cuadro 13. Niveles de gravedad.	80
Cuadro 14. Factor de riesgo.	80

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura tipo retención disposición horizontal con circuito en 13.8 kV.	18
Figura 2. Conductores de Aluminio y ACSR.	19
Figura 3. Aislador tipo pin.	20
Figura 4. Aislador Tipo Line Post.	21
Figura 5. Aislador Tipo suspensión.	21
Figura 6. Poste de concreto soportando estructura tipo retención disposición horizontal circuito en 13.8 kV.	22
Figura 7. Diagonal en V de 48".	22
Figura 8. Collarines.	22
Figura 9. Amortiguadores.	23
Figura 10. Herrajes más utilizados.	23
Figura 11. Montajes de los DPS	24
Figura 12. Redes secundarias en Cable Trenzado y su Caja de Distribución.	30
Figura 13. Configuración geométrica del cable trenzado.	31
Figura 14. Distancias de seguridad en zonas de construcciones.	34
Figura 15. Variación de la resistividad del suelo con la humedad.	36
Figura 16. Variación de la resistividad del suelo con la temperatura.	36
Figura 17. Metodología de medición.	37
Figura 18. Zonas de tiempo vs corriente de los efectos de las corrientes alternas de 15 Hz a 100 Hz.	42
Figura 19. Subestación aérea proyectada.	50

Figura 20. Punto de arranque.	51
Figura 21. Red de baja tensión proyectada.	52
Figura 22. Localización del proyecto urbanización altos de San Antonio.	54
Figura 23. Red de media tensión existente (Cortesía CENS sistema Spard).	54
Figura 24. Fusibles.	61
Figura 25. Medidor monofásico.	73
Figura 26. Resistividad del suelo.	74
Figura 27. Elección de la malla.	77



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Constantes de regulación KG para cables de aluminio aislado.	25
Tabla 2. Factor de corrección.	26
Tabla 3. Colores de las señales y su significado.	32
Tabla 4. Código de colores para conductores.	33
Tabla 5. Distancias de seguridad.	34
Tabla 6. Resistividades típicas de acuerdo al terreno.	36
Tabla 7. Tabla de valores máximos de tensión de contactos aplicados a un ser humano.	42
Tabla 8. Distancia de aislamiento.	45
Tabla 9. Cargas de Casa Tipo.	55
Tabla 10. Protección para media tensión.	60
Tabla 11. Regulación de tensión.	70
Tabla 12. Tipo de medidor de acuerdo a la corriente.	71
Tabla 13. Características de los medidores clase 2.	72
Tabla 14. Constantes de materiales.	75

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Fotografías del lote.	86
Anexo B. Vivienda tipo con sus instalaciones eléctricas.	87
Anexo C. Diagrama unifilar vivienda tipo.	88
Anexo D. Detalle Acometida vivienda tipo.	89
Anexo E. Topología redes de media y baja tensión.	90
Anexo F. Formato de solicitud de factibilidad del servicio de energía eléctrica.	91
Anexo G. Formato de energización de proyectos.	92
Anexo H. Formato de disponibilidad del servicio.	93
Anexo I. Cuadro resumen.	94
Anexo J. Diagrama unifilar subestación Ocaña.	95
Anexo K. Perdidas en transformadores monofásicos.	96
Anexo L. Capacidades de Corriente (A) permisibles para conductores aislados baja tensión.	97
Anexo M. Requisitos para cables de cobre.	98
Anexo N. Presupuesto y cantidades de obra.	99