

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	HOJA DE RESUMEN		Página

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR:

NOMBRE: DIEGO ANDRÉS      APELLIDOS: ESCALANTE PINEDA

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR:

NOMBRE: DINAEI      APELLIDOS: GUEVARA IBARRA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISPERSIÓN TEMPORAL DEL CANAL RADIO EN UN ESCENARIO INTERIOR PARA LA BANDA DE 3.6GHZ.

RESUMEN:

En la presente investigación se utilizan los motores de juegos en conjunto con las potencialidades de procesamiento y alto rendimiento disponibles por parte de las tecnologías basadas en el desarrollo de gráficos, para estimar los parámetros dispersivos del canal radio en condiciones de gran complejidad geométrica aplicando las técnicas y algoritmos del trazado de rayos en 3D. Estos métodos y algoritmos son empleados con el fin de obtener un modelo preciso en simulación basado en medidas, para la estimación de los parámetros de dispersión temporal del canal radio, además de lograr una optimización en el tiempo de respuesta en la caracterización de dichos parámetros. Los resultados obtenidos de esta investigación, demuestran que este método permite estimar con precisión las estadísticas de error de la dispersión temporal comparadas con medidas realizadas en un escenario interior en la banda de 3.6GHz.

PALABRAS CLAVE: PROPAGACIÓN MULTICAMINO, DISPERSIÓN TEMPORAL, TRAZADO DE RAYOS 3D, MOTOR DE JUEGOS, GPU'S.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 100      PLANOS: 0      ILUSTRACIONES: 27      CD ROOM: 1

ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISPERSIÓN TEMPORAL DEL CANAL  
RADIO EN UN ESCENARIO INTERIOR PARA LA BANDA DE 3.6 GHZ

DIEGO ANDRÉS ESCALANTE PINEDA

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

2016

ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISPERSIÓN TEMPORAL DEL CANAL  
RADIO EN UN ESCENARIO INTERIOR PARA LA BANDA DE 3.6 GHZ

DIEGO ANDRÉS ESCALANTE PINEDA

Trabajo de grado presentado para optar por el título de Ingeniero Electrónico

Director:

DINAEL GUEVARA IBARRA

Ph.D. en ingeniería

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2016

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: San José de Cúcuta, 01 de Febrero de 2016

HORA: 4:00 p.m.

LUGAR: AULA LG 112

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Título de la Tesis: "ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISPERSIÓN TEMPORAL DEL CANAL RADIO EN UN ESCENARIO INTERIOR PARA LA BANDA DE 3.6 GHz".

Jurados: IE. M.Sc. BYRON MEDINA DELGADO  
IE. M.Sc. KARLA CECILIA PUERTO LÓPEZ

Director: IE. Ph.D. DINAEL GUEVARA IBARRA

Nombre de los Estudiantes	Código	Calificación
DIEGO ANDRÉS ESCALANTE PINEDA	1160668	Cinco, cero 5.0

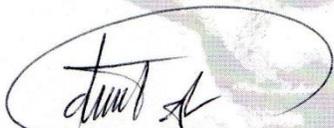
### LAUREADA



IE. M.Sc. BYRON MEDINA DELGADO



IE. M.Sc. KARLA CECILIA PUERTO LÓPEZ



Vo.Bo. IE. DINAEL GUEVARA IBARRA, Ph.D.  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Electrónica

## **Dedicatoria**

*A Dios, por ser el centro de referencia quien me ha orientado en cada decisión y me ha dado la sabiduría, salud y paciencia necesarias para afrontar cada reto en mi vida. “Todo lo puedo en cristo que me fortalece”- Filipenses 4:13.*

*A mi mamá, Marta Lucía Escalante Pineda, por habérmelo dado todo desde el día que nací. Gracias por todo su amor, comprensión y apoyo siempre. Para ella van dedicados todos mis triunfos y sueños. Le debo una vida entera. Muchas gracias mamá, GRACIAS.*

*A mi abuelo, por sus enseñanzas a lo largo de mi vida, por su eterna paciencia y por ayudarme a ser la persona que hoy soy.*

***Diego Andrés Escalante Pineda***

## **Agradecimientos**

El autor del presente proyecto de grado expresa sus agradecimientos:

Al Ph.D. Dinael Guevara Ibarra, por su dedicación, colaboración, motivación y por sus enseñanzas sobre investigación, las cuales fueron claves para el desarrollo de este proyecto de grado.

A mi mamá, por darme ese apoyo que necesitaba para dar inicio a una nueva etapa en mi vida como lo ha sido la investigación.

A los integrantes del Grupo de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones, por su respaldo, cooperación y enseñanzas, las cuales fueron pieza clave para llevar a cabo esta investigación.

A mis compañeros de estudio a lo largo de mi vida universitaria. Se dice que: “Un buen grupo de estudio puede llegar muy lejos” y efectivamente se logró la meta.

A todas esas personas que aportaron un granito de arena en mi proyecto de vida y gracias a ellos soy la persona que desde pequeño quería ser.

## Tabla de contenido

	Pág.
Introducción .....	12
1. Descripción del problema.....	15
1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2. Justificación.....	17
1.3. Delimitaciones.....	20
1.4. Objetivos .....	20
1.4.1. Objetivo general.....	21
1.4.2. Objetivos específicos. ....	21
1.5. Estado del arte de la investigación .....	21
1.6. Marco teórico .....	25
1.6.1. Trazado de rayos. ....	25
1.6.2. Pérdidas en el espacio libre.....	28
1.6.3. La matriz polarimétrica. ....	28
1.6.4. Coeficiente de reflexión de Fresnel. ....	29
1.6.5. Teoría de la difracción uniforme.....	31
1.6.6. Propagación multicamino. ....	34
1.6.7. Perfil Potencia Retardo (Power Delay Profile, PDP).....	35
1.6.8. Parámetros de la dispersión temporal. ....	36
1.6.9. Banda de 3.6GHz. ....	39
1.6.10. Motores de juegos. ....	40
1.6.11. Unidad de Procesamiento Gráfico. ....	41
1.7. Marco legal.....	42

2. Diseño metodológico.....	43
2.1. Tipo de proyecto.....	43
2.2. Metodología .....	43
3. Simulación.....	52
3.1. Campaña de medidas.....	52
3.2. Modelo del escenario interior en 3D .....	57
3.3. Aplicación del trazado de rayos en el motor de juegos.....	61
3.4. Parámetros de dispersión temporal y estadísticas de error.....	64
3.5. Algoritmo de calibración.....	68
4. Resultados.....	71
4.1. Verificación del modelo de propagación .....	71
4.2. Parámetros dispersivos del canal radio sin calibración.....	73
4.3. Aplicación del método de calibración.....	75
4.4. Resultados finales aplicando el método de calibración.....	80
Conclusiones.....	84
Trabajos futuros .....	86
Producción .....	87
Referencias.....	88
Anexo 1 .....	92
Anexo 2.....	97
Anexo 3.....	99