

|   |  |        |             |
|---|--|--------|-------------|
|  | GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | Código | FO-SB-12/v0 |
|   | HOJA DE RESUMEN                                | Página | 1/105       |

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR:

NOMBRE: ANGEL DAVID      APELLIDOS: TORRES PALENCIA

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR:

NOMBRE: KARLA CECILIA      APELLIDOS: PUERTO LÓPEZ

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): SISTEMA DE RADIO SOBRE FIBRA ÓPTICA EMPLEANDO LA TECNOLOGÍA MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN EN LONGITUD DE ONDA.

RESUMEN:

En los últimos años las empresas de telecomunicaciones se han visto obligadas a modernizar su infraestructura para realizar la implementación de nuevas tecnologías emergentes que permitan satisfacer las principales necesidades requeridas por el usuario final de la red de acceso, las cuales son: el ancho de banda y la flexibilidad de entrar a la red en cualquier momento o lugar. Una de estas tecnologías emergentes son los sistemas RoF, que implementan la fibra óptica como medio de transmisión, causando la aparición de errores de origen lineal y no lineal que modifican la señal de información transmitida por el canal óptico al realizar una transmisión de datos. Por tanto, la presente investigación está enfocada en analizar, modelar y validar una herramienta de simulación enfocada a la evaluación de los efectos dispersivos de origen lineal, como lo son, la atenuación y dispersión para un sistema de radio sobre fibra óptica basado en la técnica multiplexación por división en longitud de onda en la herramienta computacional Matlab.

PALABRAS CLAVE: SISTEMAS DE RADIO SOBRE FIBRA (RoF), MULTIPLEXACION POR DIVISIÓN EN LONGITUD DE ONDA (WDM), TECNICAS DE MODULACIÓN, FIBRA ÓPTICA.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 105      PLANOS: 0      ILUSTRACIONES: 24      CD ROOM: 1

SISTEMA DE RADIO SOBRE FIBRA ÓPTICA EMPLEANDO LA TECNOLOGÍA  
MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN EN LONGITUD DE ONDA

ANGEL DAVID TORRES PALENCIA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

CÚCUTA

2016

SISTEMA DE RADIO SOBRE FIBRA ÓPTICA EMPLEANDO LA TECNOLOGÍA  
MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN EN LONGITUD DE ONDA

ANGEL DAVID TORRES PALENCIA

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico

Director:

KARLA CECILIA PUERTO LÓPEZ

M.Sc. Ingeniería en telecomunicaciones.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

CÚCUTA

2016

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

Fecha: SAN JOSÉ DE CÚCUTA, 8 DE NOVIEMBRE DE 2016  
Hora: 14:00  
Lugar: SALA 1, EDIFICIO CREAD  
Plan de Estudios: INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
Título de la Tesis: "SISTEMA DE RADIO SOBRE FIBRA ÓPTICA EMPLEANDO LA TECNOLOGÍA MULTIPLEXACION POR DIVISIÓN EN LONGITUD DE ONDA."  
Jurados: IE PhD DINAEL GUEVARA IBARRA  
IE Esp. ÁNGELO JOSEPH SOTO VERGEL  
Director: IE MSc KARLA CECILIA PUERTO LÓPEZ

| Nombre de los Estudiantes   | Código  | Calificación      |
|-----------------------------|---------|-------------------|
| ÁNGEL DAVID TORRES PALENCIA | 1160681 | CINCO, CERO (5,0) |

### LAUREADA



IE PhD DINAEL GUEVARA IBARRA



IE Esp. ÁNGELO JOSEPH SOTO VERGEL



Vo.Bo. BYRON MEDINA DELGADO, IE MSc  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Electrónica

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por orientarme y darme la sabiduría, salud, fortaleza y paciencia necesarias para afrontar cada dificultad presentada en cada etapa de mi vida. “Dios no te hubiera dado la capacidad de soñar, sin darte también la posibilidad de convertir tus sueños en realidad”.*

*A mi madre, Carmen Emile Palencia Suarez, por haberme enseñado e inculcado todos los valores que me convierten en el hombre que soy hoy. Gracias por todo tu amor, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Gracias por ser mi motivación e impulsarme cada día a ser mejor, muchas gracias mamá. Para ti, van dedicados todos mis triunfos y metas logrados a lo largo de mi vida, GRACIAS.*

**Angel David Torres Palencia**

## AGRADECIMIENTOS

El autor del presente proyecto de grado expresa sus agradecimientos:

A M.Sc. Karla Cecilia Puerto López, por su dedicación, apoyo, motivación y enseñanzas sobre el tema en investigación, las cuales fueron claves para el desarrollo de este proyecto de grado.

A mi madre, por depositar toda su confianza en mí y apoyarme siempre en el camino que recorro para lograr mis objetivos propuestos.

A los integrantes del Grupo de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones, por su ayuda, cooperación y enseñanzas, las cuales fueron pieza clave para llevar a cabo esta investigación y me han permitido crecer como profesional y joven investigador.

A mis compañeros de estudio a lo largo de mi vida universitaria, quienes estuvieron allí para fortalecer mis debilidades cuando lo necesite y fueron un sustento para seguir adelante cuando pensé que no podía con la carrera, de corazón gracias a todos ustedes por impulsarme a fortalecer mis debilidades que hoy se han convertido en mis mayores virtudes. “Solo trabajo con los mejores, no se trata de los que tengan mejores resultados, sino la actitud correcta” – Donald Trump.

A todas esas personas que aportaron un granito de arena en mi proyecto de vida y gracias a ellos me estoy convirtiendo en la persona que desde pequeño he querido ser.

# CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN                            | 1  |
| 1. Descripción del problema             | 4  |
| 1.1 Planteamiento del Problema          | 4  |
| 1.2 Justificación                       | 5  |
| 1.3 Alcances                            | 7  |
| 1.4 Objetivos                           | 7  |
| 1.4.1 Objetivo General                  | 7  |
| 1.4.2 Objetivos Específicos             | 7  |
| 1.5 Limitaciones y Delimitaciones       | 8  |
| 1.5.1 Limitaciones                      | 8  |
| 1.5.2 Delimitaciones                    | 8  |
| 1.6 Marco Referencial                   | 9  |
| 1.7 Marco Teórico                       | 11 |
| 1.7.1 Etapa de Transmisión y Generación | 11 |
| 1.7.2 Canal de Transmisión              | 20 |
| 1.7.3 Etapa Receptora                   | 33 |
| 1.7.4 Software de Simulación Matlab     | 36 |
| 1.7.5 Simulink                          | 37 |
| 1.8 Marco Legal                         | 38 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.8.1 | Normas UIT   | 38 |
| 2.    | Diseño Metodológico  | 41 |
| 2.1   | Tipo de proyecto   | 41 |
| 2.2   | Diseño metodológico  | 41 |
| 2.2.1 | Recopilar y analizar información sobre los sistemas de transmisión por fibra óptica, sistemas de transmisión de radio y la multiplexación por división de longitud de onda                         | 41 |
| 2.2.2 | Realizar el modelado de la etapa inicial del sistema de radio sobre fibra óptica empleando la técnica por multiplexación de división en longitud de onda a través de una herramienta computacional | 42 |
| 2.2.3 | Modelar el canal óptico considerando los efectos producidos en la fibra óptica que degradan la señal por medio de una herramienta computacional  | 43 |
| 2.2.4 | Realizar el modelo matemático para la etapa final del sistema realizando las respectivas adecuaciones con el canal de transmisión  | 43 |
| 3.    | Simulación   | 44 |
| 3.1   | Etapa Inicial o Etapa de Generación de Señal   | 44 |
| 3.1.1 | Modulación de Doble banda Lateral (DBL)  | 45 |
| 3.1.2 | Modulador Mach- Zehnder  | 46 |
| 3.1.3 | Técnica de Multiplexación por División en longitud de onda (WDM)   | 49 |
| 3.2   | Canal de Transmisión   | 50 |
| 3.2.1 | Fibra óptica como medio de transmisión   | 51 |



|       |                                    |    |
|-------|------------------------------------|----|
| 3.3   | Modulo Receptor                    | 54 |
| 3.3.1 | Fotodetector                       | 54 |
| 4.    | Resultados Obtenidos               | 58 |
| 4.1   | Generación de Señal WDM            | 58 |
| 4.2   | Canal de Transmisión               | 61 |
| 4.3   | Modulo Receptor                    | 64 |
| 4.4   | Evaluación de la Señal transmitida | 68 |
| 5.    | Conclusiones                       | 69 |
| 6.    | Publicaciones                      | 70 |
|       | BIBLIOGRAFIA                       | 71 |
|       | ANEXOS                             | 77 |