

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

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR:

NOMBRE: FABIÁN APELLIDOS: GÓMEZ LÓPEZ

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR:

NOMBRE: KARLA CECILIA APELLIDOS: PUERTO LÓPEZ

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): EFFECTO NO LINEAL MEZCLA DE CUARTA ONDA EN TRANSMISIÓN POR FIBRA ÓPTICA

RESUMEN:

En el trabajo de grado se realizó un estudio, simulación y evaluación del fenómeno óptico no lineal mezcla de cuarta onda (Four Wave Mixing, FWM), presente en una transmisión por fibra óptica. Para ello se realizó el modelado del canal óptico y el fenómeno no lineal en la herramienta computacional MatLab, para determinar las degradaciones producidas en la transmisión de información, cuando se opera a una velocidad de transmisión de 10 Gbps, con potencias de entrada de 10 mW, 30 mW y 50 mW, un enlace de fibra óptica de 20 Km, 40 Km y 60 Km y utilizando técnicas de multiplexación por división de longitud de onda (Wavelength Division Multiplexing, WDM). En los resultados se evidencio que la incidencia de este fenómeno no lineal es directamente proporcional a la potencia óptica que adquiere la señal a la entrada del canal, e inversamente proporcional a la relación señal a ruido óptica.

PALABRAS CLAVE: Diafonía, modulación, multiplexación, relación señal a ruido.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 126 PLANOS: 0 ILUSTRACIONES: 56 CD ROOM: 1

EFFECTO NO LINEAL MEZCLA DE CUARTA ONDA EN TRANSMISIÓN POR FIBRA  
ÓPTICA

FABIÁN GÓMEZ LÓPEZ

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

2015

EFFECTO NO LINEAL MEZCLA DE CUARTA ONDA EN TRANSMISIÓN POR FIBRA  
ÓPTICA

FABIÁN GÓMEZ LÓPEZ

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

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2015

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: SAN JOSÉ DE CÚCUTA, 09 DE NOVIEMBRE DE 2015

HORA: 4:00 P.M.

LUGAR: SALA 3 - CREAD

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Título de la Tesis: "EFECTO NO LINEAL MEZCLA DE CUARTA ONDA EN TRANSMISIÓN POR FIBRA ÓPTICA".

Jurados: IE. M.Sc. BYRON MEDINA DELGADO  
IE. MARCO AURELIO GARCÍA BERMÚDEZ

Director: IE. M.Sc. KARLA CECILIA PUERTO LÓPEZ

Nombre de los Estudiantes	Código	Calificación
FABIÁN GÓMEZ LÓPEZ	1160386	Cinco, cero 5.0

### LAUREADA



IE. M.Sc. BYRON MEDINA DELGADO



IE. MARCO AURELIO GARCÍA BERMÚDEZ



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

## **Dedicatoria**

A Dios por todas las bendiciones recibidas y a mi familia, mi madre Ana Leticia López Quintero, mi padre Pablo Emilio Gómez y mi hermana Madelin Yurley Gómez López, por ser los motores de mi vida, por estar siempre a mi lado, por brindarme todo su apoyo en los momentos difíciles y dar su vida en cuerpo y alma para ayudarme a salir adelante. A ellos infinitas gracias, los amo con todas las fuerzas de mi corazón y son mi fuente de inspiración para superarme cada día más.

Fabián Gómez López

## **Agradecimientos**

El autor expresa sus agradecimientos a:

A todos los profesores y amigos que hicieron parte de este proceso de aprendizaje y a los miembros del grupo de investigación y desarrollo en telecomunicaciones G.I.D.T, especialmente a los M.Sc. Karla Cecilia Puerto López y Byron Medina Delgado por su confianza, orientación y apoyo en todo este proceso de formación profesional. A todos ellos infinitas gracias.

## Tabla de contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	16
1. Planteamiento del problema.....	18
2. Justificación .....	20
3. Alcances.....	21
4. Objetivos.....	22
4.1 Objetivo general. ....	22
4.2 Objetivos específicos.....	22
5. Limitaciones y delimitaciones .....	23
6. Marco referencial.....	24
7. Marco teórico.....	26
7.1 Perspectiva histórica de las comunicaciones ópticas.....	26
7.2 Fibra óptica.....	27
7.3 Ventajas y desventajas de la fibra óptica.....	28
7.4 Tipos de fibra óptica.....	29
7.4.1 Fibra óptica monomodo. ....	29
7.4.2 Fibra óptica multimodo.....	30
7.5 Principios de propagación de la luz en la fibra óptica .....	31
7.5.1 Reflexión y refracción de la luz. ....	31
7.5.2 Ángulo crítico y reflexión total.....	32
7.5.3 Apertura numérica. ....	32
7.6 Sistema de comunicación óptico .....	33

7.6.1	Transmisor óptico. ....	34
7.6.2	Canal óptico. ....	35
7.6.3	Receptor óptico. ....	35
7.7	Pérdidas en un sistema de comunicación óptico.....	37
7.7.1	Atenuación. ....	38
7.7.2	Dispersión. ....	39
7.7.3	Ruido.....	40
7.7.4	Fenómenos no lineales.....	42
7.8	Software de simulación MatLab.....	43
8.	Marco legal .....	45
8.1	Red de acceso a servicios hasta el hogar FTTH .....	45
8.2	Red de acceso óptica pasiva XGPON.....	46
8.3	Normas ITU.....	47
9.	Diseño metodológico .....	49
10.	Resultados obtenidos .....	51
10.1	Funcionamiento del sistema de comunicación por fibra óptica y el software utilizado ....	51
10.1.1	Fibra óptica como canal de transmisión.....	51
10.1.2	Fenómeno no lineal mezcla de cuarta onda FWM.....	55
10.1.3	Herramienta de simulación MatLab.....	61
10.2	Modelado del canal óptico y el fenómeno no lineal FWM en el software MatLab .....	63
10.2.1	Modelado del canal de fibra óptica en MatLab.....	70
10.2.2	Modelado del fenómeno no lineal FWM en MatLab.....	77
10.3	Evaluación del medio de transmisión modelado.....	81
10.3.1	Cálculo de los parámetros de no linealidad. ....	85
10.3.2	Calculo de la estimación de pérdidas en el enlace de fibra óptica. ....	88

10.3.3	Análisis del fenómeno no lineal FWM para una potencia de 10 mW.....	90
10.3.4	Análisis del fenómeno no lineal FWM para una potencia de 30 mW.....	100
10.3.5	Análisis del fenómeno no lineal FWM para una potencia de 50 mW.....	108
10.3.6	Análisis de la potencia de entrada versus la relación señal a ruido. ....	115
10.3.7	Análisis de la potencia de entrada versus la potencia de ruido FWM. ....	117
11.	Conclusiones .....	117
12.	Publicaciones .....	120
	Bibliografía .....	121
	Anexos .....	124