

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

AMPLIFICADOR ÓPTICO SEMICONDUCTOR DE ONDA VIAJERA PARA UNA ARQUITECTURA DE REDES WDM - PON

Autor:

Natacha Castrillón Carmona

Programa Académico:

Ingeniería en Telecomunicaciones

Director(es) del trabajo de grado:

Andrés Felipe Betancur Pérez

Ingeniero en Electrónica

Profesor de T.C

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

23-02-2016

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

Las redes basadas en la arquitectura WDM-PON prometen una evolución a lo que hay disponible en el campo hoy en día, ya que dan a los usuarios coberturas amplias, mayor alcance y bajo consumo de energía, toda la transmisión se brindará a través de la fibra óptica según la demanda de cada cliente. Un aspecto muy importante a tener en cuenta en la implementación de esta nueva tecnología radica en el costo que principalmente está asociado a los láseres que se deben colocar en la OLT y en las ONU. El objetivo de este trabajo está en la construcción de un amplificador óptico semiconductor que pueda reutilizar las señales downstream con una transmisión correcta entre la OLT y la ONU, donde el diseño del amplificador se realiza a través de la herramienta OptiSystem simulando una red óptica de aproximadamente 40km y obteniendo un Factor Q en la señal del receptor de 7.

Palabras clave: Redes WDM-PON, Amplificador SOA, Unidad de red Óptico (ONU)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

“No hemos sido los primeros, pero seremos los mejores” Steve Jobs

Siempre que termina una etapa tan importante en tu vida es inevitable no sentir cierta nostalgia por todo lo que queda atrás, aquella película que protagonizaste y que está en la escena final; mi historia está llena de pequeños triunfos y derrotas que son necesarios para que hoy en día merezca el título de Ingeniera.

Ingeniera!!! Y no solo gracias a mí y a lo que luché, este triunfo en mi vida profesional no lo logré sola, estuve acompañada de grandes personas que ahora son mis colegas y mis grandes amigos. También debo dar un agradecimiento al ITM por haberme otorgado excelentes espacios y docentes para desarrollar mi profesión y en especial al profesor Andrés Felipe Betancur quien me acompañó en el desarrollo de este proyecto que sellaría mi vida académica como estudiante de Ingeniería en Telecomunicaciones.

El apoyo más significativo siempre lo encontré en mi familia, aquellos que tuvieron su fe y esperanza puestas en mí, que me motivaron y me dieron siempre lo que necesité para salir adelante, en especial a ti Elizabeth Castrillón porque luchare por que sigas estando muy orgullosa de mi.

“Considero más valiente al que conquista sus deseos que al que conquista a sus enemigos, ya que la victoria más dura es la victoria sobre uno mismo” Aristóteles

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

Redes WDM-PON: Red óptica pasiva por multiplexación de longitud de onda (Wavelength division Multiplexing Passive Optical Network)

OLT: Unidad óptica terminal de línea (Optical line termination)

ONU: Unidad de red óptica (Optical network unit)

OSA: Analizador de espectro óptico (Optical Spectrum Analyzer – OSA).

Amplificador SOA: Amplificador óptico de semiconductor (Semiconductor Optical Amplifier)

ODN: Red de distribución óptica

TDM: Multiplexación por División de Tiempo

OFDM: La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales

CO: Oficina Central

P2P: Punto a punto

FP-LD: Diodo Laser - Fabry–Perot

AWG: Arrayed waveguide gratings

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	6
1.1	Objetivo General.....	7
1.2	Objetivo Específicos	7
1.3	Organización de la tesis	8
2.	MARCO TEÓRICO	9
2.1	Redes PON	9
2.2	WDM-PON	10
2.3.	Amplificadores Ópticos	13
3.	METODOLOGÍA.....	16
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
5.	CONCLUSIONES	22
	REFERENCIAS	23

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las comunicaciones son cada vez más exigentes y necesarias para la vida humana, tanto así que para suplir las demandas de mercado se ha incurrido en la utilización de sistemas de comunicaciones ópticas donde las redes WDM-PON (Red Óptica Pasiva de multiplexación por división de longitud de onda) están encaminadas a generar transmisiones de datos con altas velocidades y usar eficientemente el ancho de banda de la fibra óptica, el objetivo principal de estas redes es dar servicio a varios usuarios sin impactar la infraestructura actualmente desplegada. Las redes están divididas en tres partes fundamentales tales como el nodo de oficina central u OLT, los nodos de usuarios u ONU y la red de distribución óptica u ODN.

La implementación de las redes WDM-PON son sumamente costosas debido a que los diferentes equipos que se necesitan para el funcionamiento óptimo de la infraestructura de redes son de alta gama y muy costosos; por lo anterior es necesario realizar un diseño que pueda tener las mismas funcionalidades de estas redes pero que permita administrar eficientemente el ancho de banda sin impactar de manera notoria los costos de implementación.

Con el fin de cumplir lo mencionado previamente se pretende realizar el diseño de una ONU en el que a través de un amplificador óptico semiconductor de onda viajera (Amplificador SOA) se reusen las señales down-stream y después de recorrer grandes distancias esta pueda llegar de forma correcta al usuario final a través de un multiplexor reconfigurable que permite compartir las longitudes de onda entre los diferentes usuarios, esto evita el uso de láseres en las ONU y conlleva al ahorro de costos en la implementación de redes WDM-PON.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El modelo de la ONU se realizará por medio de la herramienta OptiSystem, donde se diseñará, probará y optimizarán estos enlaces ópticos acercándonos a la realidad.

1.1 Objetivo General

Simular a través de la herramienta OptiSystem el modelo de un amplificador óptico semiconductor de onda viajera para una arquitectura de red WDM-POM con re-uso de señales downstream.

1.2 Objetivo Específicos

- Diseñar un sistema de ONU para la reutilización de señales sin el uso de láseres.
- Modelar el amplificador con los valores correctos de reflectividad para que la señal pueda reusarse sin necesidad de una fuente óptica.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1.3 Organización de la tesis.

Marco Teórico: En este apartado se presenta la base teórica y conceptual para el desarrollo de los objetivos de este trabajo, también el comportamiento general de los amplificadores SOA.

Metodología: En esta parte se presentan las fases y actividades del presente proyecto, que son necesarias para el cumplimiento de los objetivos del trabajo.

Resultados y discusiones: Se presentan los resultados y análisis obtenidos a partir de la simulación de OptiSystem, el cual nos permite variar los diferentes parámetros hasta llegar a cumplir el objetivo principal.

Conclusiones: Se dan las conclusiones a partir de lo realizado en este trabajo y los resultados obtenidos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Redes PON

Las redes de acceso basadas en fibra óptica, han demostrado la capacidad de satisfacer las demandas de los consumidores, así como un potencial para acomodar el crecimiento futuro. La flexibilidad de PON radica en su aplicación sencilla, topología de punto a multipunto, de bajo costo, y la relativa facilidad de despliegue. Un factor importante en el éxito de PON es su capacidad para compartir entre sus suscriptores los recursos de red subyacentes, tales como planta de fibra física, capacidad de canal de comunicación, los puertos en el CO (Oficina Central), espectro de frecuencia, etc. Mediante el empleo de multiplexación por división de tiempo (TDM), un único canal de longitud de onda, y por lo tanto un solo puerto óptico, pueden servir a muchos abonados de banda ancha de una manera rentable. Mientras las PON basadas en TDM son más maduros y se están desplegando activamente en todo el mundo, otras arquitecturas PON, como la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) PON, PON híbrido, y multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) PON, se están explorando. (Kramer, De Andrade, Roy, & Chowdhury, 2011)

Dichas redes tienen un plan básico de longitud de onda y utilizan los 1.490 nm para el tráfico de bajada (downstream) y 1310 nm de longitud de onda para el tráfico en sentido ascendente (upstream). Las redes PON constan de un nodo de la oficina central, llamado un terminal de línea óptica (OLT), uno o más nodos de usuario, llamado unidades de red óptica (unidades ONU) o terminales de red óptica (ONT), y las fibras y divisores entre ellos, llamado la red de distribución óptica (ODN). (Sawasakade, Tiwari, Singh, & Rathor, 2011)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.2 WDM-PON

WDM es el esquema en el que múltiples portadoras ópticas en diferentes longitudes de onda se modulan mediante el uso de flujos de bits eléctrica independientes y se transmiten luego sobre la misma fibra como se puede observar en la Figura1. La señal óptica en el receptor se demultiplexa en canales separados mediante el uso de una técnica óptica. WDM tiene el potencial para la explotación del gran ancho de banda ofrecido por las fibras ópticas. (Agrawal, 2002)

La primera vez que se habló de redes WDM-PON fue en la década de los 90 y la característica fundamental es la facilidad que permite esta arquitectura para la conectividad P2P entre las OLT y las ONU. (Kramer, De Andrade, Roy, & Chowdhury, 2011)

Las redes WDM-PON presentan dos enfoques, uno estático y otro dinámico, que se muestran a continuación. La diferencia en los dos sistemas es que en el estático, que se observa en la figura 1, es utilizado un Arrayed Wave guide Grating o AWG que distribuye a las ONUs respectivas las longitudes de onda correspondientes, mientras que en el enfoque dinámico expuesto en la figura 2 se hace uso del Splitter de potencia pero estos no dependen de la longitud de onda ya que la red es configurable. (Iwatsuki, 2010).

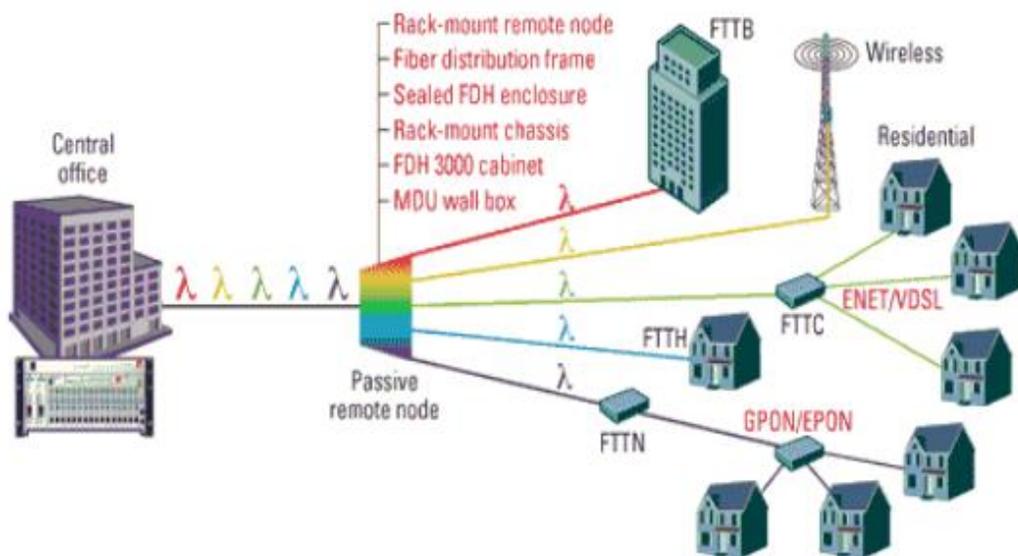


Figura 1. Arquitectura WDM-PON - Estático (Sawasakade, Tiwari, Singh, & Rathor, 2011)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

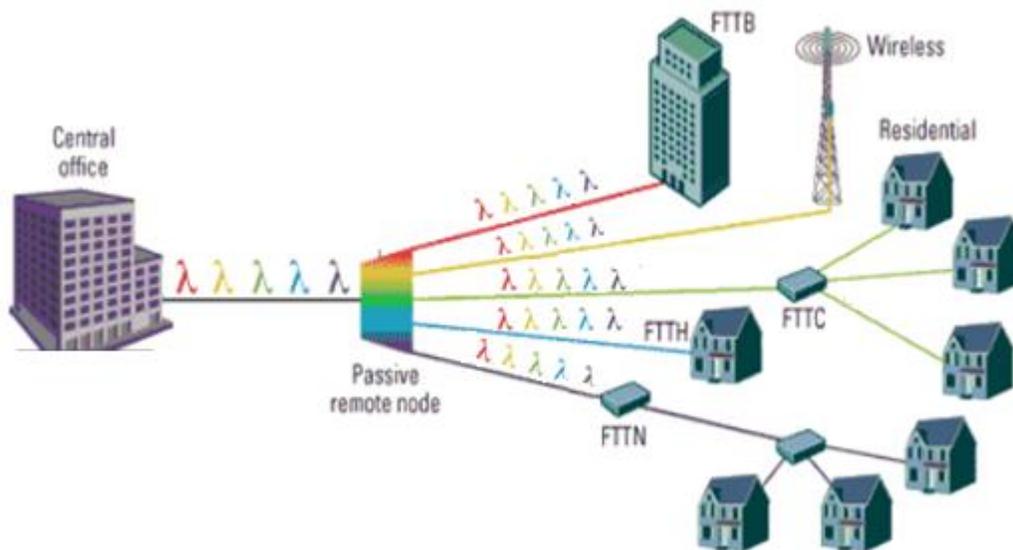


Figura 2. Arquitectura WDM-PON - Dinámico.

2.2.1 WDM-PON Dinámico

La forma más sencilla de realizar la WDM-PON, es el empleo de un láser en cada ONU con longitudes de onda diferentes para evitar el solapamiento en dirección upstream. Sin embargo, esto aumenta en gran medida la carga de la operación y mantenimiento de la red. Por lo tanto, muchos investigadores se han centrado en la forma de realizar la ONU ‘Colorless’, es decir, una unidad ONU independiente de la longitud de onda. (Kani, 2010).

Entre los métodos explorados para el diseño de ONUs Colorless se pueden encontrar: Los esquemas denominados Inyección-Enganche (Injection-Locking) y los de sembrado de longitud de onda (Wavelength Seeding Schemes).

En el esquema de inyección-enganche, un diodo laser Fabry-Perot (FP-LD) es usado como el transmisor de cada ONU. La onda de luz rebanada es inyectada en el FP-LD, de este modo la longitud de onda del láser se engancha a la longitud de onda de la onda de luz inyectada que puede ser alguna de las diversas longitudes de onda emitidas desde la OLT. Al modular

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

directamente el FP-LD, cada ONU puede enviar una señal upstream con longitud de onda apropiada, y esto hace que en la ONU se prescindan de LDs (Laser Diodes) específicos en longitud de onda. En el esquema de siembra de longitud de onda, un amplificador óptico semiconductor reflectante (R-SOA) es usado como el transmisor de cada ONU. La onda de luz segmentada se alimenta del R-SOA, así que esa onda de luz es amplificada y modulada por la señal de upstream, y es enviada de nuevo al multiplexor/demultiplexador sobre la misma fibra. (Kani, 2010)

Otras investigaciones se han centrado en eliminar las fuentes ópticas en la ONU, debido a que es arriesgado y costoso para cada una gestionar la longitud de onda de transmisión. Si uno de ellos se desvía de la longitud de onda asignada, el canal desviado puede degradarse no sólo en sí, sino también sus canales adyacentes. Como solución, se propone que todas las fuentes ópticas deben estar proporcionadas desde la OLT, y la unidad ONU solamente modula la proporción no modulada de la fuente óptica. A veces, incluso un canal de longitud de onda se puede utilizar en ambas direcciones (downstream - upstream), lo que lleva a la solución llamada fuente-compartida (shared-source) mediante la modulación de solamente una región temporal o parcial de downstream y dejando sin modular la región restante de upstream. Dos tipos de moduladores se han utilizado para este propósito: modulador externo (modulator—external) y amplificador óptico semiconductor (SOA). (Banerjee, y otros, 2005)

Cuando la señal óptica de downstream se divide en la unidad ONU y parte de ella se proporciona a un modulador externo, a continuación, esta señal puede ser modulada a alta velocidad para transmisión en sentido upstream. Una propuesta utiliza un láser sintonizable en la OLT, que puede alcanzar cada ONU a su vez por el cambio de la longitud de onda del LD (Laser-Diode). Sólo la mitad de las veces se emplea en el sentido downstream y la otra mitad en sentido upstream mediante el modulador externo. Cuando la unidad ONU se opera en este modo, el margen de potencia y la polarización, es decir, la dirección del campo

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

eléctrico puede variar de forma aleatoria en la fibra óptica, por esto la señal óptica debe ser considerada, ya que la fuente compartida experimentaría una pérdida de señal de ida y vuelta y la salida de un modulador externo por lo general varía con la polarización de las señales de entrada. Al mismo tiempo, el costo del modulador en cada unidad ONU puede ser un obstáculo para su uso práctico. (Banerjee, y otros, 2005)

Un SOA tipo reflectante, puede compensar la pérdida de señal de ida y vuelta, se ha propuesto para su uso como una fuente común. El espectro en rodajas no polarizado (The unpolarized spectrum-sliced) y la fuente ASE (emisión espontánea amplificada - amplified spontaneous emission) son proporcionadas a la unidad ONU y allí es amplificada y modulada por la SOA y se refleja de vuelta a la OLT. (Banerjee, y otros, 2005)

En la próxima sección se explicara más a fondo el funcionamiento de los amplificadores ópticos, haciendo un énfasis en los SOA que son los que se utilizan para tener un ONU 'colorless'.

2.3. Amplificadores Ópticos

Cuando una señal se propaga por la fibra óptica se necesitan emplear regeneradores para amplificar la señal debido a los efectos de la atenuación y la dispersión, así como de la longitud máxima permitida para la fibra entre transmisor y receptor, que no alcanza para cubrir todo la distancia del enlace. Los amplificadores ópticos tienen la estructura similar a un láser óptico, como se observa en el figura 3. Una fuente de bombeo inyecta una energía en la zona activa del amplificador. Esta energía es absorbida por los electrones que incrementan sus niveles de energía produciéndose la inversión de población. Al ser alcanzados estos electrones por los fotones de la señal óptica de entrada caen a unos niveles energéticos más bajos dando lugar a un nuevo fotón, esto es el proceso de emisión estimulada, produciéndose así la amplificación de la señal, dicha amplificación se produce

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

dentro de un rango de frecuencias que dependen del material, así como su estructura (Ópticas, 2015).

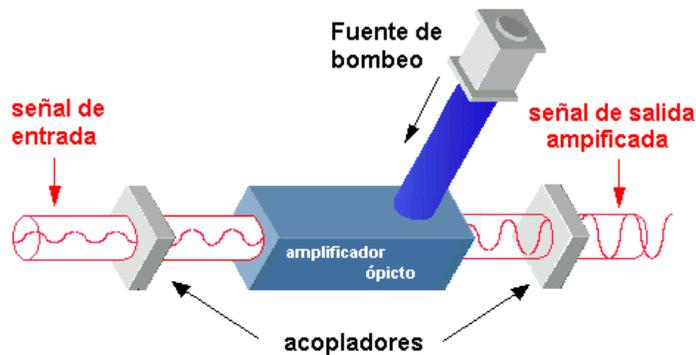


Figura 3. Funcionamiento de un amplificador óptico (Ópticas, 2015)

2.3.1. Amplificadores Ópticos de Semiconductor (SOA)

La estructura de un SOA Semiconductor Optical Amplifiers, es muy similar a la de un láser semiconductor pero sin la realimentación que hace que éste oscile. Según como se evite esta oscilación se tienen tres subtipos de amplificadores. (Ópticas, 2015)

- Amplificadores de enganche por inyección: Son los menos empleados y consisten en láseres de semiconductor polarizados por encima del umbral que se emplea para amplificar una señal óptica de entrada.
- Amplificador Fabry-Perot (FP): Su estructura es básicamente como la de un láser de Fabry-Perot pero polarizado por debajo del umbral impidiendo así su oscilación. Su principal inconveniente es su respuesta en frecuencia, que al igual que un filtro de Fabry-Perot consiste en una serie de bandas de paso espaciadas periódicamente.
- Amplificador de onda viajera (TWSLA, Travelling Wave SLA): En él se eliminan las reflectividades de los espejos de salida de la cavidad, evitando así la realimentación de la señal, por lo que la amplificación se produce por el paso de la señal una sola

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

vez por el dispositivo. Este amplificador se suele alargar con respecto a los diodos láseres convencionales para aumentar la ganancia.

Su estructura consiste en una unión pn polarizada en directa con los extremos de la zona activa recubiertos con un material antirreflectante, como se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Estructura de un SOA de onda viajera

Funcionamiento General de los Amplificadores SOA:

El SOA opera las regiones de ganancia óptica fuertemente saturadas, sus tiempos de respuesta haciendo un transporte efectivo se pueden reducir a valores de un orden de menos de 50 ps. El ancho de banda de modulación SOA son proporcionales a la inversa de su tiempo de transporte, por lo tanto, SOA puede tener anchos de banda de modulación de tan grande como 20 GHz. (J. L. Wei, 2009)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

Para la construcción y configuración del amplificador SOA que permita reusar las señales se utilizara el software OptiSystem, dicha herramienta permite el análisis y el diseño de comunicaciones ópticas que cada día se vuelven más comunes y necesarias en la sociedad. Este software contiene todos los componentes necesarios y una amplia librería para realizar una simulación real de una arquitectura de redes WDM-PON y de cualquier enlace óptico, en este caso este trabajo se enfocara en la simulación de la ONU.

La metodología que se realizará para alcanzar el objetivo general de este trabajo está dividida de dos fases la primera consiste en el diseño de una ONU y la segunda está enfocada en la configuración necesaria del amplificador SOA.

Etapas 1: Diseñar un sistema de ONU que permita la reutilización de señales sin la utilización de láseres

Act. 1.1. Realizar diseño de la ONU con los parámetros ideales, seleccionado los componentes necesarios para la correcta simulación.

Act. 1.2 implementación del esquema de ONU en el software OptiSystem con sus respectivas configuraciones iniciales.

Etapas 2: Modelar el amplificador con los valores correctos de reflectividad que permitan que la señal pueda reusarse sin necesidad de una fuente óptica.

Act. 2.1 Se realizan los ajustes en el amplificador para que en la salida del mismo, tengamos una correcta amplificación en una de las salidas.

Act. 2.2 Adecuación de la ONU con fibras ópticas que permitan probar la solución propuesta en grandes distancias. Pruebas generales de la simulación y análisis de los resultados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diseño general de ONU a través de OptiSystem.

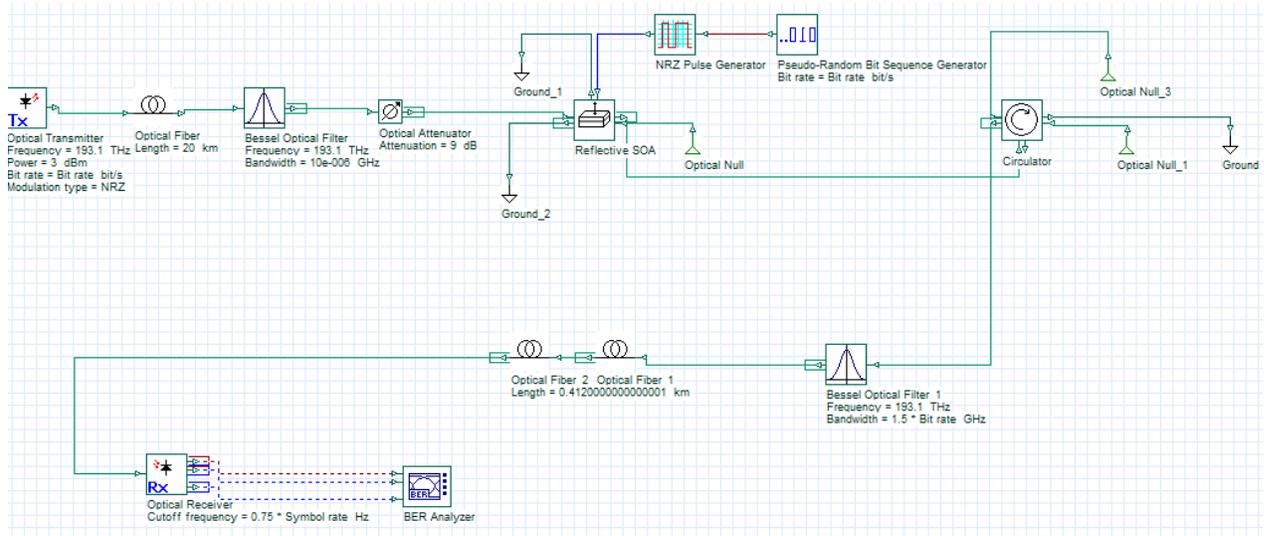


Figura 5. Diseño General ONU

En la figura 5. Se puede observar el diseño de la ONU con sus diferentes componentes para la simulación, adicional es importante anotar que el diseño se realizó con enlaces de aproximadamente 40 km.

A continuación en la tabla 1., se indicaran los elementos utilizados en el esquema propuesto con las diferentes configuraciones relevantes.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

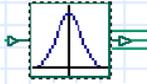
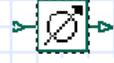
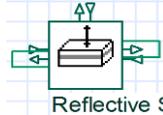
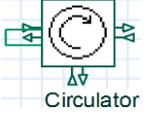
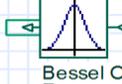
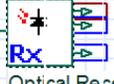
Componente	Representación	Características o Información Importante
Transmisor	 Optical Transmitter Frequency = 193.1 THz Power = 3 dBm Bit rate = Bit rate bit/s Modulation type = NRZ	Frecuencia: 193.1 THz Potencia: 3dBm Extinction ratio: 10dB Linewidth: 10 MHz Tasa de Bit: 10 Gbit/s La codificación de los pulsos de la red es NRZ
Fibra óptica	 Optical Fiber Length = 20 km	Los parámetros de la fibra óptica son los empleados en una monomodo estándar.
Filtros pasa banda Bessel	 Bessel Optical Filter Frequency = 193.1 THz Bandwidth = 10e-006 GHz	Ancho de banda: 10 KHz Frecuencia central: 193.1 THz Orden: 1
Atenuador Óptico	 Optical Attenuator Attenuation = 9 dB	Atenuación de 9 dB.
Amplificador SOA	 Reflective SOA	Recubrimientos antireflejantes para el de entrada fue utilizado un valor de $40 e^{-6}$ y para el de salida $1e^{-6}$
Circulador	 Circulator	Perdida de retorno: 60 dB Capacidad de alistamiento: 60 dB
Filtros pasa banda Bessel	 Bessel Optical Filter Frequency = 193.1 THz Bandwidth = 1.5 * Bit rate GHz	Ancho de banda: 10 KHz Frecuencia central: 193.1 THz Orden: 1
Receptor	 Optical Receiver 1 Cutoff frequency = 0.75 * Symbol rate Hz	Fotodiodo empleado: PIN Responsividad: 1A/W Corriente de oscuridad 10nA El Filtro pasa-baja eléctrico que emplea el receptor tiene frecuencia de corte de 7,5GHz y un orden de 4 Se tomó en cuenta una densidad de potencia térmica de 100×10^{-24} W/Hz.

Tabla 1. Componentes en la ONU

Viaje de la señal

La señal se envía desde el transmisor pasa a través de la fibra óptica y llega directamente al filtro de Bessel pasa banda el cual permite pasar una portadora con ancho de banda de $10e^{-6}$ GHz, luego se utiliza un atenuador de 9 dB con el propósito de simular la atenuación debido a la división de potencia que se presenta en los splitters y así llega la señal a una entrada del amplificador, y el SOA puede amplificarla y modularla al mismo tiempo. Por otra parte en la otra entrada de este amplificador simulamos la información que ingresa al SOA, y podemos ver a la salida del amplificador por medio de un analizador OSA de la siguiente manera:

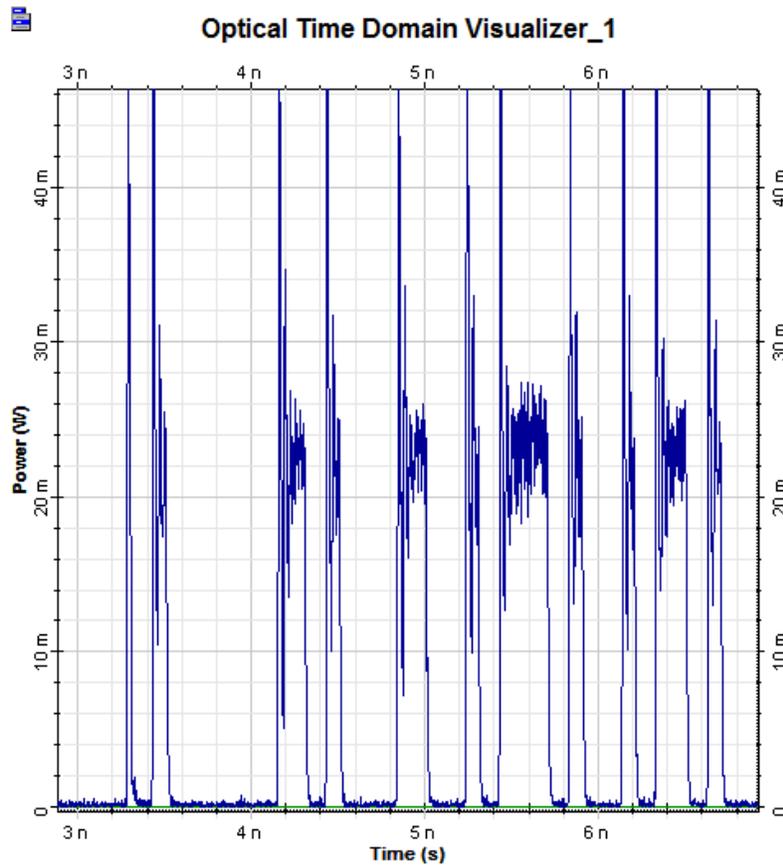


Figura 6. Señal de salida del Amplificadores SOA

En la figura 6. Se pueden observar la señal reflejada y con la información luego de interactuar en el amplificador SOA en la cual vemos que la potencia de la señal es de aproximadamente 20mW lo que equivale a 13dBm.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Parámetros del Amplificador SOA: Los únicos parámetros que fueron modificados en el amplificador fueron sus recubrimientos antireflejantes, para el de entrada fue utilizado un valor de 40×10^{-6} y para el de salida 1×10^{-6} estos valores permiten una amplificación adecuada de la señal como se pudo observar en la figura 6.

A la salida del amplificador se coloca un circulador que es un elemento pasivo que permite que la señal pase de un puerto a otro de manera secuencial y en una sola dirección. (Castrejón, 2005). Se expone nuevamente la señal a un filtro óptico pasa banda que permite el paso de una portadora, en este caso usó el filtro con de 1.5GHz Bit Rate.

Adicional la señal pasa por otra fibra de 20km; en la simulación se utilizan una adicional con el fin de compensar los fenómenos de dispersión que se presentan en la fibra óptica, después de todo parte de la señal tiene que recorrer un total de 40Km de distancia dada la naturaleza de la arquitectura en donde la fuente de luz es la misma que incide sobre la ONU. La señal upstream llega al receptor y para validar su estado final es utilizado un analizador de BER validando por medio de este la tasa de error binario (BER), es decir, el promedio de errores transcurridos en la transmisión, además de las validaciones del Factor Q que me permite realizar un diagnóstico de la calidad del enlace y que está ligado con la relación Señal a Ruido (S/N). El factor Q obtenido en la señal está expuesto en la figura 7.

Se tuvo variaciones en los resultados del Factor Q que varían de 6 hasta 20, lo que se debe a la naturaleza de la arquitectura propuesta de ONU y al reuso de las señales downstream ya que esta señal viaja con una modulación de intensidad y estas variaciones influyen en la captación de potencia en la OLT.

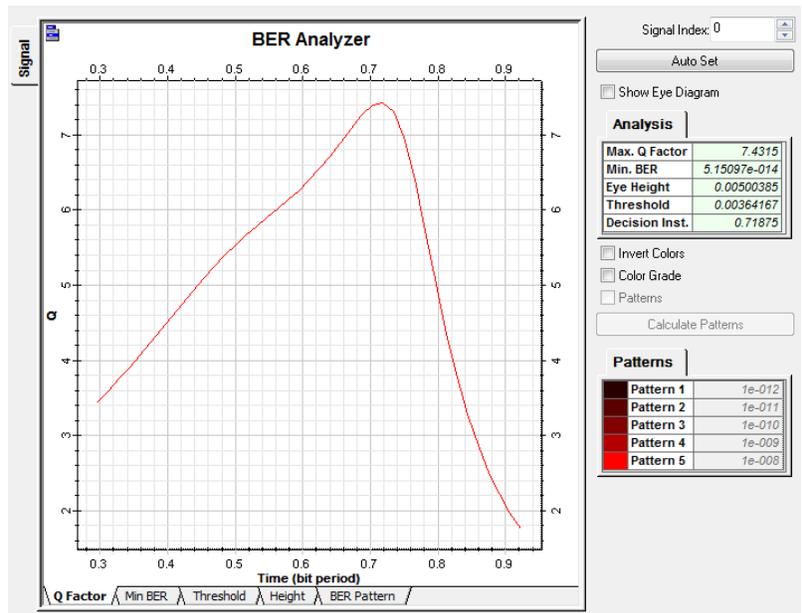


Figura 7. Factor Q señal de salida

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES

- Como resultado de la ejecución de este proyecto es posible concluir que haciendo uso de un amplificador SOA se puede reusar las señales downstream en una ONU, con el fin de ahorrar costos en la implementación de una arquitectura WDM-PON.
- En el desarrollo de este trabajo se demostró que al utilizar ciertos valores en los recubrimientos antirreflejantes de un amplificador SOA se puede obtener una señal con una potencia promedio de 20 mW.
- Después de analizar los distintos comportamientos de la señal en las diferentes fases dentro de la ONU, se concluye que para el éxito de la simulación fue indispensable el uso de filtros ópticos besel pasabanda y elementos pasivos como atenuadores y circuladores con el propósito de limitar los efectos ruidosos del procedimiento ejecutado para reutilizar las señales downstream.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- Agrawal, G. P. (2002). *Fiber-Optic Communication System*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Banerjee, A., Park, Y., Clarke, F., Song, H., Yang, S., Kramer, G., . . . Mukherjee, B. (2005). Wavelength-division-multiplexed passive optical network (WDM-PON) technologies for broadband access: a review [Invited]. *Optical Society of America*, 737-758.
- Castrejón, R. G. (2005). *Hacia un sistema de telecomunicaciones completamente óptico*. México : Universidad Nacional Autónoma de México.
- Iwatsuki, K. (2010). Application and Technical Issues of WDM-PON. *SPIE*.
- J. L. Wei, A. H. (2009). Semiconductor Optical Amplifier-Enabled Intensity Modulation of Adaptively Modulated Optical OFDM Signals in SMF-Based IMDD Systems. *JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY*, 3678-3688.
- Kani, J.-i. (2010). Enabling Technologies for Future Scalable and. *IEEE*, 1290-1297.
- Kramer, G., De Andrade, M., Roy, R., & Chowdhury, P. (2011). Evolution of Optical Access Networks: Architectures and Capacity Upgrades. *IEEE*.
- Ópticas, G. C. (12 de 10 de 2015). *Tutorial de Comunicaciones Ópticas*. Obtenido de Tutorial de Comunicaciones Ópticas:
http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_8_2.htm
- Sawasakade, A., Tiwari, M., Singh, J. K., & Rathor, S. (2011). DESIGN AND ANALYSIS OF FWM AND XPM EFFECTS IN 2 × 10 GB/S BIDIRECTIONAL WDM-PON. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Research* , 59-63.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Hoja de Vida – Entregada a prácticas profesionales

DATOS PERSONALES

Nombre y Apellidos Natacha Castrillón Carmona
Lugar y Fecha de Nacimiento Medellín, 7 de Julio de 1993
Estado Civil Soltero
Cédula de Ciudadanía 1037627762
Dirección y Barrio CRA 59 # 21- 29
Teléfonos, celular 4416391 - 3104058304
E-mail natacastri@gmail.com



INFORMACIÓN ACADÉMICA

Terminé Estudios de Secundaria en: Centro Formativo de Antioquia CEFA
Estudiante de Ingeniería en Telecomunicaciones Nivel 10 Jornada Noche
Ha firmado Contrato de Aprendizaje anteriormente? Si _X_ No _____

EXPERIENCIA LABORAL

EMPRESA	CARGO	TELÉFONO	TIEMPO LABORADO	JEFE INMEDIATO
Emtelco	Practicante de Plataforma	3897000	6 Meses	Juan Fernando Sánchez
Emtelco	Analista de Procesos TI	3897000 Ext 6501	Actualmente	Juan Fernando Sánchez

REFERENCIAS PERSONALES Y/O FAMILIARES

NOMBRE Y APELLIDOS	DIRECCIÓN	TELÉFONOS	PARENTESCO	LABORA EN
Fabio Rusingue	Clle 79D # 68-32	2572617	Primo	PepeGanga
Verónica Alzate		3043583795	Amiga	Compuredes
Sara Jaramillo		3166997266	Amiga	Emtelco

FORMACIÓN Y COMPETENCIAS

Describa conocimientos y habilidades en los siguientes aspectos. ¿Cuáles?				
En informática: <ul style="list-style-type: none"> - Manejo de todas las herramientas Ofimáticas - Conocimiento avanzado en manejo de herramienta OTRS 				
Competencias en segunda lengua: (Marque E - excelente, B - bueno, R - regular)				
Idioma	Ingles	Lee <u> </u> B <u> </u>	Escribe <u> </u> B <u> </u>	Habla <u> </u> R <u> </u>
Otros estudios realizados (Cursos, Seminarios, Diplomados, etc.): <ul style="list-style-type: none"> - ITIL Foundation Certificate in IT Service Management 				
Perfil personal (cualidades y valores) y/o experiencias laborales significativas: Capaz de adquirir nuevos conocimientos en el campo laboral en diferentes áreas funcionales, soy una persona con excelentes valores como la honestidad, responsabilidad respeto por las personas, disciplinada, trabajadora, cumplida, ordenada, con capacidad de trabajo en equipo				

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Estudiante

Prácticas Profesionales

Nota: Señor empresario, recuerde que el objeto de las Prácticas es que éstas se conviertan en un espacio de aprendizaje en el que el estudiante pueda realizar actividades que permitan la aplicación de los conocimientos teóricos adquiridos durante el proceso de formación académica en la tecnología

FORMACION POR COMPETENCIAS

INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

1. OBJETO DE FORMACION DE LA TECNOLOGIA.

Para intervenir el campo de conocimiento, se toma como referente la Iniciativa CDIO9 del Massachusetts Institute of Technology (MIT), desarrollada en la década de los 90 y convertida en el 2000 en una propuesta de colaboración para universidades de todo el mundo que adopten el mismo marco metodológico. Se sustenta en que las metas educativas en ingeniería se sintetizan en formar estudiantes que comprendan cómo “concebir, diseñar, implementar y operar sistemas de ingeniería complejos”, incorporando un valor agregado, en un entorno moderno de ingeniería, trabajando sinérgicamente en equipo y logrando que sean individuos maduros y reflexivos.

Para el programa de Telecomunicaciones, el componente CDIO orientado al enfoque por competencias por el que se propende institucionalmente resulta particularmente interesante, porque sistematiza fácilmente el trabajo por ciclos propedéuticos, permitiendo identificar el ciclo tecnológico con las actividades de Implementación y Operación, mientras el ciclo profesional desarrollaría fuertemente las actividades de Concepción y Diseño, enfocados ambos en sistemas de telecomunicaciones complejos.

2. Descripción de las competencias del saber o conocimientos básicos de la ingeniería:

- Implementar, gestionar y administrar enlaces inalámbricos de sistemas y redes de telecomunicaciones en las organizaciones.
- Adaptar, implementar e integrar plataformas tecnológicas para ofrecer servicios de telecomunicaciones ajustados a las necesidades de las empresas, mediante la incursión de sistemas inalámbricos y dispositivos móviles.
- Gestionar, diseñar e implementar proyectos en el área de las telecomunicaciones, pertinentes socialmente y en coherencia con los requerimientos del sector, en el contexto de la globalización y el desarrollo sostenible.

3. Descripción de las competencias del hacer profesional o las habilidades para desempeñarse en una empresa:

- Diseñar, implementar, supervisar y mantener en operación los sistemas y servicios de comunicaciones en las organizaciones.
- Diseñar e implementar soluciones de comunicaciones electrónicas, basadas en la integración de equipos y servicios de telecomunicaciones por medio de estándares y protocolos vigentes.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Implementar, gestionar y administrar los equipos y sistemas de telecomunicaciones y la seguridad de las redes informáticas de una organización.

Nota: Certifico que la información contenida en este formato único de Hoja de Vida es cierta

Firma del Estudiante

Fecha de elaboración

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FORMATO PARA LA FORMALIZACIÓN DEL PRODUCTO OBTENIDO EN TALLERES O LABORATORIOS DEL ITM

 Institución Universitaria	FORMATO PARA LA FORMALIZACIÓN DEL PRODUCTO OBTENIDO EN TALLERES O LABORATORIOS DEL ITM	Código	FDE 026
		Versión	01
		Fecha	2015-09-30

Fecha: 23-02-2016

Nombres y apellidos: <u>NATASHA CASTELLÓN CARMONA</u> Cédula: <u>1039627762</u> Carné: <u>13221034</u> Teléfonos: <u>2653100 - 3104058304</u> Programa: <u>TELECOMUNICACIONES</u> Fecha de iniciación del producto (aaaa/mm/dd): <u>05-08-2013</u> Fecha de terminación del producto (aaaa/mm/dd): <u>26-11-2015</u> Docencia: <input type="checkbox"/> o Investigación <input checked="" type="checkbox"/> Nombre del Taller o Laboratorio: <u>LABORATORIO DE ÓPTICA, FOTÓNICA Y VISIÓN ARTIFICIAL</u> Campus: <u>FRATERNIDAD</u> Nombre del docente asesor: <u>ANDRÉS BETANCUR</u> Cargo: <u>DOCENTE TIEMPO COMPLETO</u> E - Mail: <u>andres.betancur@itm.edu.co</u>
--

Diligencie el siguiente campo:

<p>A. Descripción del producto a desarrollar: Resumen ejecutivo: (es un breve análisis de los aspectos más importantes del Trabajo de Grado, el cual describe el producto y sus beneficiarios, el contexto, los resultados esperados, las necesidades de financiamiento y las conclusiones generales).</p> <p><u>SIMULAR A TRAVÉS DE LA HERRAMIENTA OPTISYSTEM EL MODELO DE UN AMPLIFICADOR ÓPTICO SEMICONDUCTOR DE ONDA VIAJERA PARA UNA ARQUITECTURA DE RED WDM-PDM CON REUSO DE SEÑALES DOWNSTREAM</u></p> <p>B. Detalle claramente las evidencias o anexos a entregar al finalizar el Trabajo de Grado:</p> <p><u>INFORME ESCRITO CON DETALLES DEL MODELO DEL AMPLIFICADOR. SIMULACIÓN ONU A TRAVÉS DE OPTISYSTEM.</u></p>

Nota: Entregar a los ocho (8) días de su aprobación, en el Departamento Académico al cual se encuentra adscrito.

Firmas:



 Estudiante



 Docente Asesor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REGISTRO DE ACTIVIDADES Y CUMPLIMIENTO DE HORAS

Fecha		Actividad desempeñada por el estudiante	Hora ingreso	Hora salida	Total horas	Firma Laboratorista	Firma Estudiante
A	M						
15	8	5	6:00pm	8:30pm	2:30	Andres	[Firma]
15	8	6	6:00pm	8:30pm	2:30	Andres	[Firma]
15	8	11	6:00pm	8:30pm	2:30	Andres	[Firma]
15	8	13	6:00pm	8:30pm	2:30	Andres	[Firma]
15	8	18	6:00pm	8:30pm	2:30	Andres	[Firma]
15	8	20	6:00pm	8:30pm	2:30	Andres	[Firma]
15	8	25	6:00pm	8:30pm	2:30	Andres	[Firma]
15	8	27	6:00pm	8:30pm	2:30	Andres	[Firma]
15	9	1	6:00pm	8:30pm	2:30	Andres	[Firma]
15	9	3	6:00pm	8:30pm	2:30	Andres	[Firma]



15	9	8	SIMULACIÓN CON LOS PARAMETROS DE SOA	6:00pm	08:30pm	02:30	Andrés	[Firma]	
15	9	10	VARIACIÓN PARAMETROS REFLECTIVOS SOA	6:00pm	08:30pm	2:30	Andrés	[Firma]	
15	9	15	"	6:00pm	08:30pm	2:30	Andrés	[Firma]	
15	9	17	SIMULACIÓN MODELO COMPLETO DE ONU	6:00pm	08:30pm	2:30	Andrés	[Firma]	
15	9	22	"	6:00pm	08:30pm	2:30	Andrés	[Firma]	
15	9	24	VALIDACIONES DE FACTOR Q	6:00pm	08:30pm	2:30	Andrés	[Firma]	
15	9	29	ANÁLISIS DEL BER.	6:00pm	08:30pm	2:30	Andrés	[Firma]	
15	10	1	MODIFICACIONES MODELO DE ONU (SE AÑADEN OTRA FIBRA).	6:00pm	08:30pm	2:30	Andrés	[Firma]	
15	10	6	SIMULACIÓN NUEVAMENTE DE LA ONU.	6:00pm	08:30pm	2:30	Andrés	[Firma]	
15	10	8	ANÁLISIS VARIACIONES DEL FACTOR Q.	6:00pm	08:30pm	2:30	Andrés	[Firma]	
15	10	13	"	6:00pm	08:30pm	2:30	Andrés	[Firma]	
15	10	15	REVISIÓN CON DOCENTE DEL PRODUCTO.	6:00pm	08:30pm	2:30	Andrés	[Firma]	
15	10	20	MEJORAS PROPUESTAS POR EL DOCENTE.	6:00pm	08:30pm	2:30	Andrés	[Firma]	
15	10	22	ENTREGA PRODUCTO (SIMULACIÓN) COMPLETA.	6:00pm	08:30pm	2:30	Andrés	[Firma]	
TOTAL HORAS									[Firma]

Firma Estudiante: [Firma]
 Nombre y firma Laboratorista: [Firma]

Nombre y firma Profesional Universitario - Centro de Laboratorios



Institución Universitaria

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO

Código	FDE 089
Versión	03
Fecha	2015-01-22

15	10	24	COMIENZO INFORME ESCRITO.	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	
15	10	24	FUENTES DE INVESTIGACIÓN-CONSULTA	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	
15	11	3	"	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	
15	11	5	REALIZACIÓN INFORME ESCRITO.	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	
15	11	10	REVISIONES CON EL DOCENTE	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	
15	11	12	APLICAR CORRECCIONES.	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	
15	11	17	VALIDACIONES CON EL DOCENTE	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	
15	11	19	APLICAR CORRECCIONES.	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	
15	11	24	ENTREGA FINAL DEL PROYECTO.	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	
15	11	26						
TOTAL HORAS								83 HORAS

 Nombre y firma Laboratorista

 Nombre y firma Profesional Universitario - Centro de Laboratorios

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE DIVULGACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

 Institución Universitaria	CARTA DE AUTORIZACIÓN DE DIVULGACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	Código	FGB 019
		Versión	02
		Fecha	2014-08-13

Carta de Autorización de Reproducción y Publicación de Trabajos de Grado

El (los) abajo firmante(s), autores del trabajo de grado SOA DE ONDA VIAJERA PARA UNA ARQUITECTURA DE RED WDM-POM

autorizo (mos) al INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO –Institución Universitaria, para que almacene, reproduzca, comunique públicamente, publique, permita la reproducción y descarga de la obra, la divulgue o dé a conocer, por cualquier medio conocido o por conocer, sin restricción de tiempo, modo, lugar, número de ejemplares y medio, incluyendo pero no limitándose a su reproducción, comunicación y divulgación, en el Repositorio Institucional o en cualquier otra plataforma gestora de contenidos conocida o por conocerse y adoptada por la Institución, facilitando así que la totalidad de la obra sea conocida y permitiéndole al público en general su consulta, descarga e impresión gratuita, con fines académicos pero aclarando que pese a lo anterior -y en cualquier caso- se respetarán sus derechos morales de autor y nadie podrá usar la obra o explotarla para fines diferentes a la consulta o investigación sin fines de lucro, ni alterarla o transformarla generando una obra derivada, sin la autorización expresa y previa de sus autores.

El(los) abajo firmante(s) declara(n) que la obra es original y fue realizada por él/ella/ellos/ellas de forma individual, sin violar o usurpar derechos de propiedad intelectual o derechos legales o contractuales de terceros. En caso de presentarse cualquier tipo de reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de Propiedad Intelectual que recaigan sobre la obra, el/los firmante(s) asumirá(n) toda la responsabilidad legal y patrimonial y saldrá(n) en defensa del ITM. Por lo tanto, para todos los efectos legales, disciplinarios, administrativos y patrimoniales, el ITM actúa como tercero de buena fe.

Facultad: INGENIERIAS

Programa: TELECOMUNICACIONES.

Nivel: Pregrado Especialización _____ Maestría _____ Doctorado _____

Modalidad de trabajo de grado: PRODUCTO OBTENIDO EN TALLERES O LABORATORIOS DEL ITM.

Título del trabajo de grado: SOA DE ONDA VIAJERA PARA UNA ARQUITECTURA DE RED WDM-POM

Restricciones a la publicación de la Obra:

- a. Derechos de propiedad intelectual pertenecientes a terceros. Sí _____ No
- b. Acuerdos, contratos o cláusulas de confidencialidad suscritas con el ITM y/o con terceros. Sí _____ No ¿Con quiénes? _____

Fecha _____

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

 Institución Universitaria	CARTA DE AUTORIZACIÓN DE DIVULGACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	Código	FGB 019
		Versión	02
		Fecha	2014-08-13

Lugar donde reposa el acuerdo, contrato o cláusula

- c. Licencias exclusivas concedidas a terceros. Sí ___ No
- d. Cesiones totales o parciales realizadas con terceros. Sí ___ No
- e. Contratos de edición o producción celebrados con terceros. Sí ___ No
- f. ¿Ha publicado la obra o sometido la obra para aprobación en publicaciones científicas o académicas? Sí ___ No Nombre de la(s) publicación (es) _____
- Fecha en la que se sometió la obra para su publicación _____
- Si ya fue publicada fecha en la que fue publicada _____
- ¿Los términos de referencia de la publicación exigen la cesión de los derechos patrimoniales de autor o la licencia exclusiva? Sí ___ No
- g. ¿La obra ha sido o está siendo evaluada actualmente por la Oficina o encargados de Transferencia Tecnológica del ITM? Sí ___ No
- h. La obra ha sido o está siendo evaluada por la Oficina o encargados de Emprendimiento del ITM? Sí ___ No

Nombre(s) y Apellidos:

NATACHA CASTELLÓN CARMONA

Firmas:

C.C. # 1039629762

C.C. #

C.C. #

C.C. #

C.C. #

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

EVALUACION DE MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO

 Institución Universitaria	EVALUACIÓN DE MODALIDAD TRABAJO DE GRADO Y PRÁCTICAS PROFESIONALES	Código	FDE 090
		Versión	04
		Fecha	2015-10-05

INFORMACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

1. Título:
 ESCENA DE ONDA VIAJERA PARA UNA ARQUITECTURA DE RED WDM-POM

Programa Académico: TELECOMUNICACIONES Tecnología Ingeniería

2. Modalidad Trabajo de Grado:

Proyecto de Grado	Práctica Profesional	Emprendimiento
Producto de Investigación	Producto obtenido en Talleres o Laboratorios ITM	<input checked="" type="checkbox"/> Pasantías
Certificación	Reconocimiento Laboral	Cursos de Posgrado
Ingeniería para la Gente		
Grupo de investigación: Automática, electrónica y ciencias computacionales	Código proyecto	
Tipo de Informe	Propuesta de Proyecto de Grado	Informe Final de Proyecto de Grado <input checked="" type="checkbox"/>

3. Información estudiante(s):

Nombre	Cédula	Correo electrónico
NATACHA CASTRILLÓN CARMONA	1032627762	natacha.castrillon@emk.com.co

4. Información asesor:

Nombre	Institución	Correo electrónico
Andrés Felipe Betancur	ITM	andres.belancur@itm.edu.co

CONCEPTO DEL JURADO EVALUADOR

Concepto inicial sobre el trabajo de grado			
Aprobado sin modificaciones	<input checked="" type="checkbox"/>	Se requieren modificaciones	Mención honorífica
Observaciones			
Se puede anexar hojas adicionales para una descripción más amplia de las observaciones. Justificar en esta parte porqué otorgar mención honorífica.			
Nombre jurados evaluadores	Andrés Felipe Betancur Pérez		
Firma	 FECHA: 23 de Febrero / 2016		