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

GENERADOR DE COMBS ÓPTICOS PARA UNA ARQUITECTURA DE RED WDM-PON CON REUSO DE SEÑALES DOWNSTREAM

Autor:

Daniela Jiménez Gómez

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 DE FEBRERO DE 2016

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

RESUMEN

En la construcción de redes WDM-PON se evidencia un alto costo debido a la cantidad de laser que se utilizan en esta, un gran problema cuando la implementación de estas redes se hace cada vez más importante gracias a las altas velocidades que entregan, es por esto que se estudió un dispositivo capaz de generar múltiples portadoras a partir de uno o dos laser en el lado de la OLT, para este caso se esperaba generar 6 longitudes de onda o portadoras diferentes con el fin de usar 4 para la transmisión de datos y 2 para generar una señal de microondas. Se diseñó un generador de combs ópticos mediante un modulador Mach Zehnder con reuso de señales downstream e inyección de fuentes ópticas para alimentar un conversor de longitud de onda. Inicialmente se determinó la estructura básica del generador y posteriormente se evaluaron los valores correctos de los parámetros de cada uno de los elementos del modelo, especialmente del MZM. Luego de la simulación final, se obtuvieron en total 7 portadoras con amplitudes de aproximadamente 7.20 dBm, una potencia óptima para la transmisión de información. En base a lo anterior se puede concluir que los resultados obtenidos en el programa Optisystem son óptimos e incluso mejores de los resultados esperados, debido a que se lograron obtener 7 portadoras, una más que lo esperado para utilizarse bien sea en la trasmisión de la información o en la generación de la señal que alimenta el conversor de longitud de onda.

Palabras clave: Portadora, modulador Mach Zehnder, red WDM-PON, combs ópticos, conversor de onda, reuso de señal.

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

RECONOCIMIENTOS

Al finalizar una etapa tan importante en mi vida, es inevitable sentir un gran egocentrismo por el logro alcanzado, sin embargo, al detenerme y mirar atrás aparecen una cantidad de personas que han contribuido directa e indirectamente con el desarrollo de este proyecto de vida.

En primer lugar quiero agradecer al Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM), por haberme brindado un entorno adecuado para recibir mi formación profesional con instalaciones y personal calificado y comprometido con la enseñanza.

Debo agradecer de manera muy especial al profesor Andrés Felipe Betancur Pérez por aceptarme en la elaboración de este proyecto, su apoyo, confianza, tiempo y su capacidad de guiarme han sido fundamentales para el desarrollo del trabajo realizado.

A aquellos compañeros, amigos y ahora colegas que han compartidos conmigo momentos de alegrías y frustraciones a lo largo de nuestra carrera, me llevo grandes enseñanzas de cada uno y espero seguir contando con ustedes en mi vida.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo es para mi familia; padre, madre, hermana y pareja, sin su apoyo moral y económico habría sido imposible lograr esta meta, han estado a mi lado compartiendo mis mejores y peores momentos. En mi familia encontré las fuerzas y razones necesarias para culminar mis estudios de manera satisfactoria.

“Haz de tu vida un sueño, y de tu sueño una realidad” Antoine de Saint-Exupéry

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

ACRÓNIMOS

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

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

ONU: Unidad de red óptica (*Optical network units*)

OSA: Analizador de espectro óptico (*Optical Spectrum Analyzer*)

Demux: Demultiplexor

MZM: Modulador Mach Zehnder (*Mach Zehnder Modulator*)

ODN: Red de distribución óptica (*Optical Distribution Network*)

OCSM: Módulo de suministro de portadora óptica (*Optical Carrier Supply Module*)

OFCG: Generador de combs óptico (*Optical Combs Generator*)

 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.	Objetivos Específicos	7
1.3.	Organización de la Tesis.....	7
2.	MARCO TEÓRICO	9
2.1.	Redes WDM-PON.....	9
2.2.	Combs de frecuencia Ópticos	12
2.2.1.	Técnicas para generar combs ópticos.....	14
2.3.	Modulación electro-óptica	17
2.4.	Modulador Mach Zehnder.....	18
3.	METODOLOGÍA.....	21
3.1.	Meta 1.....	21
3.2.	Meta 2.....	22
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	28
5.1.	CONCLUSIONES.....	28
5.2.	RECOMENDACIONES.....	29
5.3.	TRABAJOS FURUTOS	29
	REFERENCIAS	30

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

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente demanda que están presentando las redes cableadas, se ha visto la necesidad de buscar nuevos medios de transmisión capaces de soportar grandes distancias y altas velocidades, es por esto que las redes en fibra óptica han tenido gran acogida desde hace algunos años y su implementación cada vez es mayor. Las redes WDM-PON (Red óptica pasiva por multiplexación de longitud de onda) son una alternativa muy eficiente en los sistemas actuales debido a que la multiplexación se realiza por división de longitud de onda y no por división de tiempo, lo que permite lograr un mayor ancho de banda y un bajo consumo de energía, brindando así servicio a diferentes usuarios usando el mismo filamento de fibra óptica. Básicamente las redes WDM-PON están compuestas por el punto de interfaz entre la red de alimentación y la red de distribución, llamado OLT (terminal de línea óptica), uno o varios nodos de usuario, llamados ONU (unidades de red óptica) y la ODN (red de distribución óptica).

Sin embargo la implementación de estas redes es compleja debido a que los equipos que componen el sistema son costosos, en especial los lasers que están presente en la OLT debido a que deben generar diferentes conjuntos de longitudes de onda. Es por eso que en este proyecto, por medio de la herramienta Optisystem, se simula un generador de combs óptico en base a un modulador Mach Zehnder para redes WDM-PON con capacidad de hacer reuso de señales downstream e inyección de fuentes ópticas para la conversión de longitud de onda, con el fin de estudiar la posibilidad de obtener múltiples subportadoras partiendo únicamente de dos lasers, logrando así tener una OLT mucho más eficiente y a un menor costo. El generador de combs óptico básicamente se va a utilizar para generar 6 portadoras o longitudes de onda, de las cuales 4 se usaran para transmitir la información y las 2 restantes llegarán libres al otro extremo de la ODN para generar una señal de microondas que se va a utilizar para alimentar un conversor de longitud de onda.

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

1.1. Objetivo General

Simular por medio de la herramienta Optisystem el modelo de un generador de combs ópticos a través de un modulador Mach Zehnder para una arquitectura de redes WDM-PON con reuso de señales downstream e inyección de fuentes ópticas para conversión de longitud de onda.

1.2. Objetivos Específicos

- Determinar la estructura inicial del sistema correspondiente al generador de combs ópticos, para el correcto reuso de señales downstream e inyección de fuentes ópticas para conversión de longitud de onda presentes en la OLT.
- Identificar los correctos valores de los parámetros propios de cada uno de los elementos que hacen parte del generador de combs ópticos con el fin de lograr generar múltiples subportadoras a partir de una sola señal.

1.3. Organización de la Tesis

- **Marco teórico:** Se definen los conceptos más importantes del trabajo, como lo es la modulación electro-óptica y el modulador Mach Zehnder siendo el centro del generador de combs ópticos.
- **Metodología:** Se describen las fases necesarias que se deben desarrollar para la obtención del resultado planteado en el trabajo.

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

- Resultados y discusiones:** Se analizan y discuten los resultados obtenidos en el software de simulación Optisystem para la creación del generador de combs ópticos.
- Conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro:** Se plantean las conclusiones arrojadas por el trabajo, las recomendaciones encontradas y los trabajos futuros con el fin de seguir mejorando la arquitectura de las redes WDM-PON.

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

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Redes WDM-PON

Una red óptica pasiva (PON) es una red basada en fibra óptica que puede proporcionar mucho más alto ancho de banda en la red de acceso en comparación con las redes a base de cobre tradicionales (Sawasakade, Tiwari, Singh, & Rathor, 2011). En una típica PON, los servicios se originan de la OLT en un extremo principal u oficina central (CO) y son llevados a lo largo de un alimentador de fibra óptica por unos 10-15 km, antes de que la potencia óptica se divida en múltiples fibras de distribución de salida, a través de un divisor de potencia óptica ubicado en el nodo remoto. Cada fibra de distribución, generalmente menos de 5 km de longitud, envía los servicios hacia la unidad de red óptica (ONU), donde se termina la señal óptica antes de ser distribuida a todos los abonados conectados a esta unidad ONU a través de otros medios, como alambre de cobre, etc (Lam, 2007).

Las redes PON son una de las más exitosas arquitecturas de acceso de banda ancha que se están desplegando en todo el mundo, debido a que proporcionan alta capacidad, mayor alcance y bajo consumo de energía a un costo muy razonable, que se puede comparar con el costo de las implementaciones de tecnologías DSL de hoy en día (Kramer, Marilet, Roy, & Chowdhury, 2011).

Con la reciente disponibilidad de componentes ópticos de bajo costo, las PON usando la técnica de multiplexión por división de longitud de onda (WDM) han ido surgiendo como las redes de acceso óptico de próxima generación. El concepto básico de la tecnología de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) es la habilidad de transmitir simultáneamente datos en múltiples longitudes de onda sobre una única fibra. WDM proporciona una solución práctica al problema de desajuste de velocidad opto-electrónico.

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

Con WDM, varios canales independientes cada uno operando a unos Gbps se crean (Sivalingam & Suresh, 2000).

En una WDM-PON, cada ONU se sirve de un conjunto dedicado de canales de longitud de onda para comunicarse con la OLT. Cada ONU individualmente puede disfrutar de un ancho de banda dedicado, que también es escalable según su propia necesidad. Por lo tanto, la capacidad del sistema y la flexibilidad de la red se podrían mejorar en gran medida (Lam, 2007). Debido a que WDM-PON facilitan la comunicación punto a punto entre la OLT y las unidades ONU, es en ocasiones llamado sistema "virtual punto a punto".

De manera general se pueden mencionar dos métodos para la implementación de redes WDM-PON: un es utilizar routers de longitud de onda y el otro es el uso de divisores de potencia en las redes de distribución ópticas (ODNs). La WDM-PON basada en router de longitud de onda, como se observa en la figura 1, donde la asignación de longitud de onda es básicamente estática, es aplicable al acceso de corto alcance para zonas rurales y el acceso a largo alcance (integración metros/acceso) debido a los bajos presupuestos de pérdida de los routers de longitud de onda. La WDM-PON basada en divisores de potencia, como se observa en la figura 2, es aplicable a al acceso de corto alcance para escenarios de migración de PONs obsoleta, ya que utilizan los mismos ODNs como la infraestructura existente. Aquí, la asignación de longitud de onda dinámica es posible, porque los divisores de potencia son transparentes a la longitud de onda. El problema técnico común en ambos tipos de WDM-PON es la ONU "descolorida" o "incolora", es decir, una ONU independiente de la longitud de onda, para reducir los costos de operación, administración y mantenimiento, así como el coste de producción, ya que la producción en masa se hace posible con una sola especificación, para esto se necesita una unidad óptica terminal de línea (OLT) y un módulo de suministro de portadora óptica (OCSM) en el nodo central; el OCSM es un generador de combs de frecuencia óptica que suministra varias portadoras de múltiples longitudes de onda a la OLT (Iwatsuki, 2010).

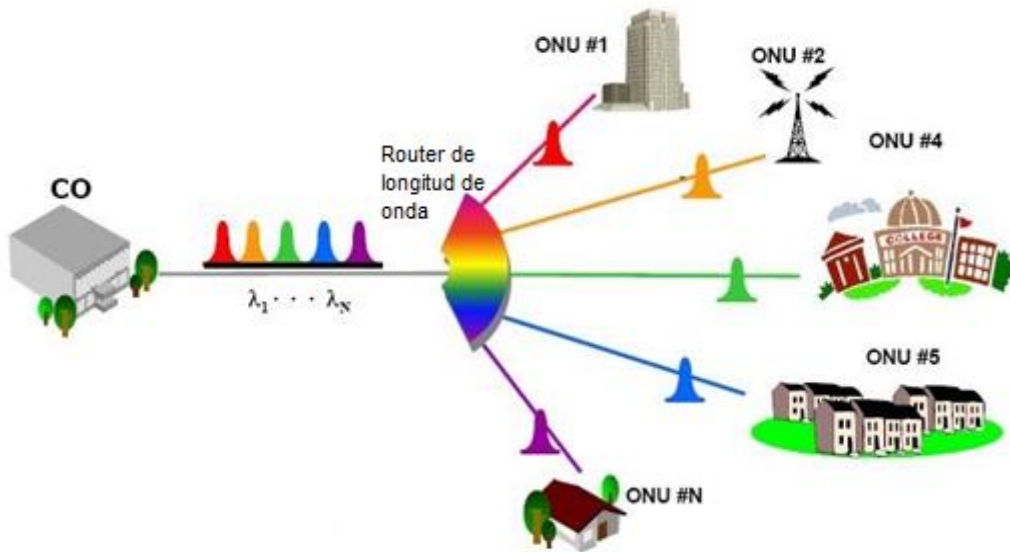


Figura 1. WDM-PON basada en router de longitud de onda. Tomado de (Acehyuk's Home, 2015).

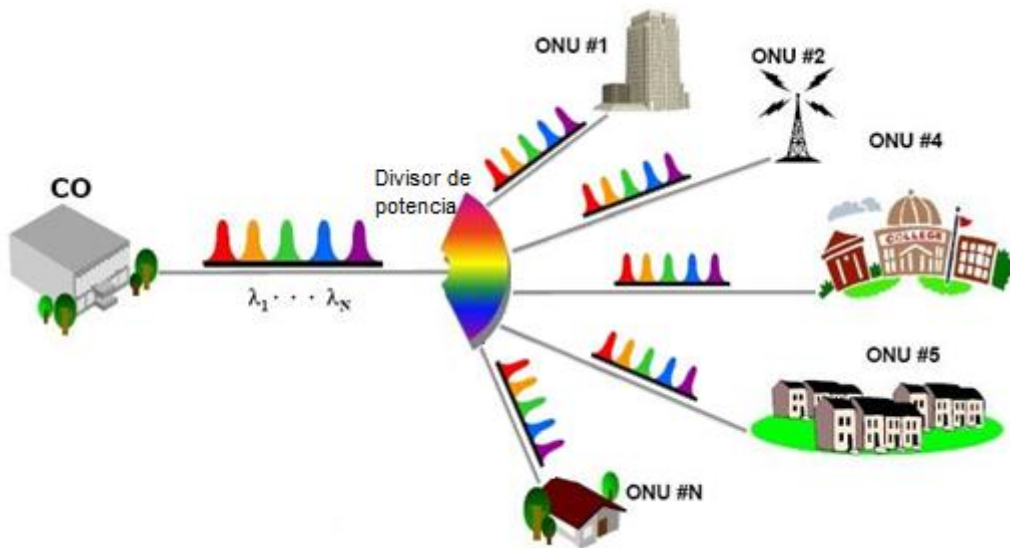


Figura 2. WDM-PON basada en divisores de potencia. Tomado y editado de (Acehyuk's Home, 2015).

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

2.2. Combs de frecuencia Ópticos

Un Comb óptico es el resultado en frecuencia de una fuente óptica (habitualmente un láser) que proporciona mediciones precisas de la luz, se crean pulsos de luz ultracortos, idénticos y espaciados a intervalos muy regulares. A diferencia de un pulso único, su espectro está formado por picos regularmente espaciados. Los combs ópticos pueden ser generados a través de diversos mecanismos, tales como la modulación externa de un láser de onda continua o a través de la generación de un tren de pulsos ultrarrápidos mediante un láser operando en modos de operación pulsados. Al sistema completo capaz de generar estos combs es a lo que conocemos como generador de combs ópticos (Jerez, 2013).

Como se ha dicho anteriormente, es posible hacer trabajar a un láser en regímenes de operación pulsados capaces de producir una serie de pulsos ópticos ultrarrápidos, los cuales están separados un cierto lapso de tiempo que vendrá dado por parámetros relacionados con las características y el punto de funcionamiento del láser. En la figura 2 se puede observar la apariencia de un pulso óptico en el tiempo, en el que la amplitud del mismo sigue una cierta distribución, habitualmente gaussiana, encerrando dentro de sí una señal sinusoidal que corresponde con la señal portadora óptica del láser, cuya frecuencia corresponde con la frecuencia natural de la radiación electromagnética emitida por el láser.

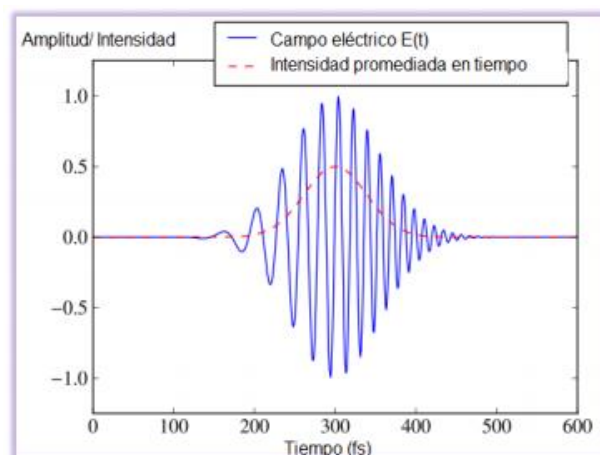


Figura 3. Apariencia de un pulso ultrarrápido en el dominio temporal. Tomado de (Jerez, 2013)

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

Si se aplica la Transformada de Fourier sobre una serie de pulsos como el anterior, se puede observar como resultado en el dominio de la frecuencia un conjunto de frecuencias equiespaciadas. Un combs óptico ideal queda representado en el dominio de la frecuencia por una serie de funciones delta de igual amplitud distribuidas en el espacio de acuerdo a la siguiente expresión:

$$f(n) = f_0 + nf_T$$

Donde:

- n es un número entero
- f_T es la frecuencia entre modos longitudinales del láser (que viene determinado en función de parámetros propios del láser)
- f_0 es la frecuencia de offset, un parámetro calculado de manera teórica a partir del cual se puede medir el valor absoluto de cada una de las frecuencias del combs.

Los combs ópticos ideales generan es su espectro de frecuencias unos pulsos que presentan igual amplitud, sin embargo, en la realidad la amplitud de los pulsos no es la misma como se puede observar en la figura 3

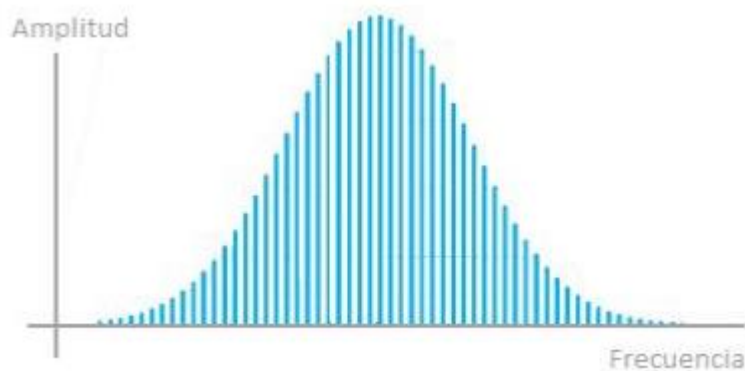


Figura 4. Espectro real de combs ópticos. Tomado de (Jerez, 2013)

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

2.2.1. Técnicas para generar combs ópticos

Entre lo estudiado hasta la actualidad, básicamente se pueden identificar dos grandes técnicas para implementar generadores de combs ópticos, una de ellas es la implementación directa de una fuente óptica pulsada y la otra es la utilización de un láser monomodo como origen previo a una etapa de expansión, a través de distintas técnicas.

2.2.1.1. Técnicas de implementación directa de un generador de combs ópticos

Las técnicas de generación directa de un combs óptico hacen trabajar a un láser en un modo de operación pulsado, ya sea externamente o internamente. Las cuatro técnicas más conocidas para ello son:

- **Superradiancia:** Emisión espontánea colectiva de un conjunto de átomos.
- **Q-Switching:** Es una técnica para obtener pulsos cortos desde un láser mediante la modulación de las pérdidas intracavitarios y por lo tanto del factor Q del resonador láser. La técnica se aplica principalmente para la generación de pulsos del orden de nanosegundos.
- **Mode-Locking:** Es una de las técnicas más importantes para la generación de fuentes pulsadas. Es un método para obtener pulsos ultrarrápidos por parte de un láser (del orden de los picosegundos o femtosegundos) basándonos en la coherencia entre los modos de la cavidad de la estructura de un láser.
- **Gain Switching:** Esta técnica no depende de los modos de la cavidad: se basa en el cambio de la ganancia del medio del láser, el cual es forzado a entrar y salir de la emisión estimulada en cada período.

Las dos últimas técnicas son las más importantes y las más empleadas en los últimos tiempos. Haciendo una comparativa entre ambos modos de operación, en el Mode-Locking, la frecuencia de repetición (en el método pasivo) depende exclusivamente de la longitud

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

de la cavidad, mientras que en el método activo se incluye una referencia a dicha frecuencia. Esto es un importante inconveniente, puesto que impide modificar la frecuencia de repetición, o al menos de forma muy limitada, siendo ésta totalmente dependiente de las características propias de fabricación del láser. Por su parte, con Gain Switching es posible generar pulsos del orden de picosegundos, quedando limitados únicamente por el ancho de banda del dispositivo y la corriente aplicada. De este modo, al contrario que con Mode-Locking, no se requiere ningún diseño ni estructura previa del láser, puesto que en este método la frecuencia de repetición es independiente de ello: al usar modulación, la frecuencia de repetición es sintonizable (Jerez, 2013).

2.2.1.2. Técnicas de expansión del espectro óptico

Otra técnica para generar combs ópticos en la expansión del espectro óptico generado por un láser monomodo o a partir de una fuente pulsada, a través de distintas técnicas como se observa en la figura 4.

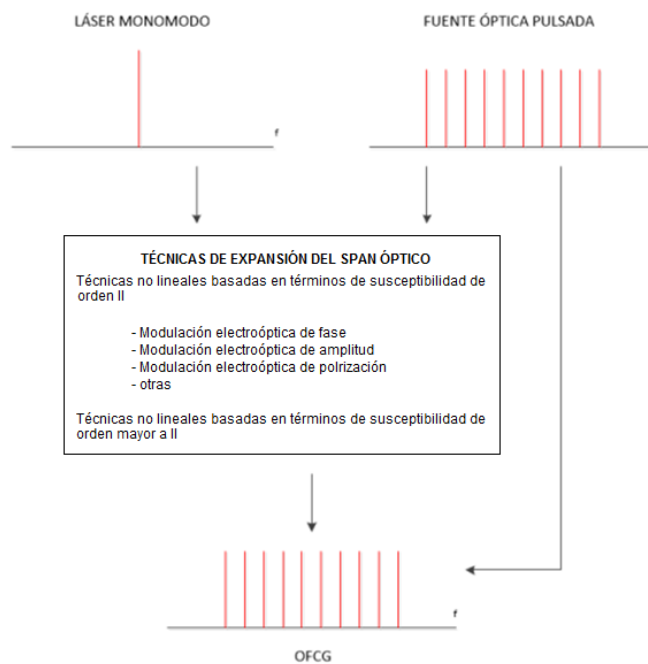


Figura 5. Técnicas de expansión del espectro óptico. Tomado de (Jerez, 2013)

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

En la figura 4 la sigla OFCG corresponde a generador de combs óptico y como se puede observar, se enumeran las técnicas de expansión que se utilizan para generar combs ópticos, las cuales son:

- Técnicas no lineales basadas en términos de susceptibilidad de orden II, entre las cuales se pueden mencionar:
 - ✓ Modulación electro-óptica de fase, esta técnica es la que se utiliza en este trabajo con el modulador Mach Zehnder del cual se hablará más adelante.
 - ✓ Modulación electro-óptica de amplitud
 - ✓ Modulación electro-óptica de la polarización
- Técnicas no lineales basadas en términos de susceptibilidad de orden mayor a II

Las técnicas de expansión del span óptico están basadas en procesos ópticos no lineales. Por esta razón, hay que definir cuáles son las características de un medio óptico lineal, para así saber poder entender cuáles son los medios ópticos no lineales.

Un medio óptico lineal se caracteriza principalmente por la independencia de las propiedades ópticas de la intensidad lumínica (por ejemplo, el índice de refracción), así como el cumplimiento del principio de superposición, la no alteración de la frecuencia de la luz al cambiar de medio o la imposibilidad de que dos rayos de luz interactúen entre ellos. Entonces se puede decir que un medio óptico no lineal es aquel que incumple una o varias de estas características propias de un medio lineal (Jerez, 2013).

Siguiendo con lo anterior, las técnicas no lineales de expansión del span vienen dadas por términos de susceptibilidad de orden dos, los cuales aparecen básicamente en cristales, aunque cabe mencionar la existencia de efectos de tercer orden de susceptibilidad que aparecen en fibras ópticas no lineales y que también son empleados en las técnicas de expansión. Dentro de la variedad de técnicas existentes para el segundo orden de

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

susceptibilidad, la más importante es el efecto electroóptico lineal, también conocido como efecto Pockels, que es el fenómeno asociado a los moduladores electroópticos. Estos moduladores son capaces de modular fase, amplitud o incluso polarización.

2.3. Modulación electro-óptica

Modular básicamente consiste en variar o modificar algún parámetro característico de la señal portadora (generalmente una señal senoidal) de acuerdo a otra señal moduladora o de información, dando lugar así a una nueva señal, llamada señal modulada. En general se pueden definir tres tipos de modulación:

- Modulación de amplitud: como su nombre la indica varia la amplitud de la señal portadora.
- Modulación de fase: en este tipo de modulación se varía la fase de la señal mientras la amplitud se mantiene constante.
- Modulación de frecuencia: y por ultimo esta modulación al igual que la anterior, mantiene constante la amplitud pero varía la frecuencia de la señal portadora.

La modulación como técnica de expansión de un generador de combs óptico es de carácter electroóptico, puesto que consiste en la modulación de un campo óptico proveniente de un láser (señal portadora) con una señal eléctrica moduladora. Los moduladores electroópticos utilizados contienen cristales no lineales cuyo índice de refracción es modificado en función del campo eléctrico de la señal moduladora. Así, una señal moduladora aplicada al cristal es capaz de cambiar su índice de refracción proporcionalmente a su campo eléctrico. De este modo, la propagación del campo óptico que atraviesa el cristal se ve alterado, generándose nuevas frecuencias debidas a modulación de fase o amplitud. Estos cristales suelen estar fabricados de materiales como borato de bario (BBO), niobato de litio (LiNbO₃), tantalato de litio (LiTaO₃) o fosfato monoamónico (NH₄H₂PO₄), entre otros, además de existir otros polímeros especiales para dichos moduladores (Jerez, 2013).

Así mismo, se puede decir que los moduladores de fase son uno de los elementos más utilizados en la técnica de expansión del espectro óptico debido a que modifica la fase del campo óptico dando como resultado más modos en el espectro lo que produce un ensanchamiento del span.

2.4. Modulador Mach Zehnder

El modulador Mach Zehnder (MZM) es un dispositivo de modulación externa que se basa en el efecto Pockels (electroóptico) para efectuar cambios de fase en una portadora óptica en función de una señal moduladora. Su construcción está basada en el interferómetro Mach Zehnder que es usado principalmente para habilitar la modulación de intensidad a partir de la modulación de fase y esto se logra mediante la interferencia constructiva y destructiva de la portadora óptica (Betancur, 2014). Un modulador MZM se compone de un separador que divide la luz incidente en una guía de onda en dos brazos de modulador y un “combinador” que combina la luz de los dos brazos en un modo de salida como se puede observar en la figura 5

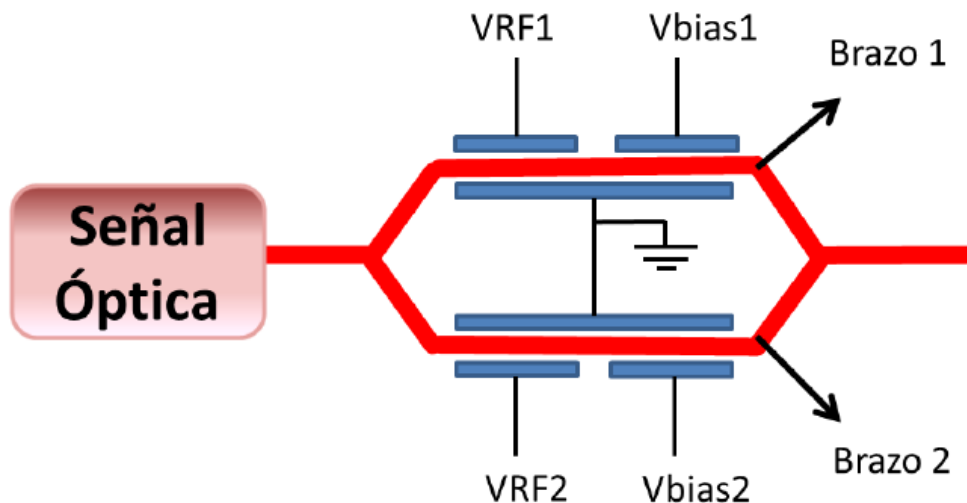


Figura 6. Estructura interna de un modulador MZM. Tomado de (Betancur, 2014)

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

En un modulador Mach Zehnder la señal laser de luz incidente se divide para pasar a través de dos guías de onda ópticas o brazos, cada una guía de onda óptica tiene una estructura de pozo cuántico múltiple (denominado "MQW"). Cuando se aplica una tensión de modulación positiva a la MQW de una de las guías de onda y una tensión de modulación negativa a la MQW de la otra guía de onda, los índices de refracción de las dos guías de onda ópticas cambian en sentidos opuestos debido al efecto Stark de confinamiento cuántico. Es decir, aumenta el índice de refracción de una de las guías de onda óptica y disminuye en la otra guía de ondas (a esto se le conoce como modo Push-Pull). Como resultado, la fase de la luz de la señal transmitida en las guías de onda ópticas, ganancias en una guía de onda y retrasos en la otra guía de ondas, y la intensidad de la luz de señal de salida puede ser modulada mediante la síntesis, es decir, la combinación de estas luces de señal (Estados Unidos Patente nº US6198854B1, 1999).

La función característica del modulado MZM hace referencia a una función periódica, indicando que el modulador opera de la misma forma en varios puntos, lo que se puede observar en la figura 6.

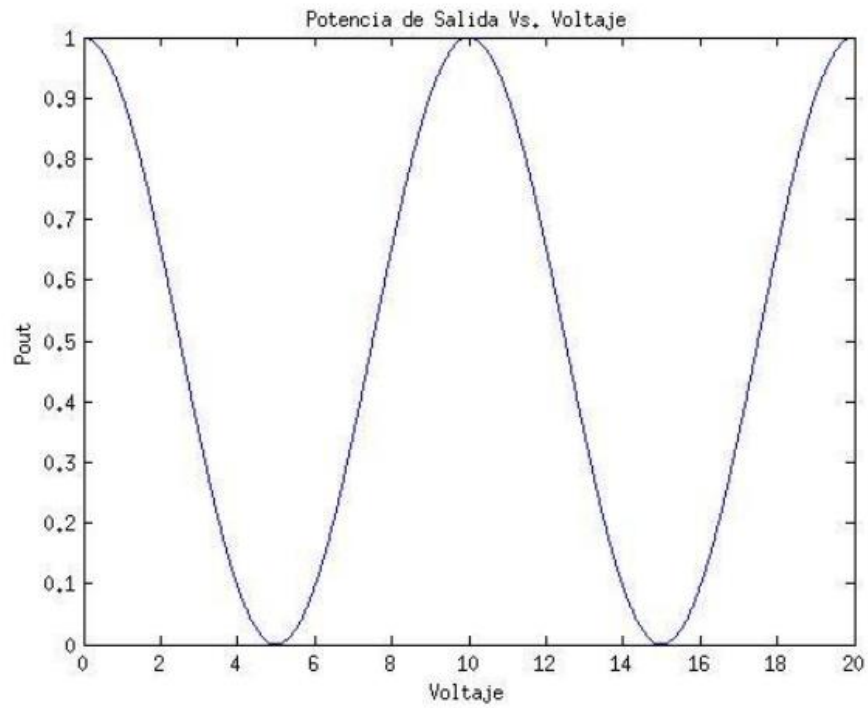


Figura 7. Función característica del modulador MZM. Tomado de (Betancur, 2014)

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

3. METODOLOGÍA

Este proyecto está enfocado en un generador con reuso de señales downstream e inyección de fuentes ópticas para conversión de longitud de onda, esto se basa en el principio del modulador Mach Zehnder para realizar modulaciones electro-ópticas de fase, así mismo en la creación de combs ópticos. El desarrollo del generador de combs se realiza bajo el software de simulación Optisystem; este software de diseño integral permite a los usuarios planificar, probar y simular enlaces ópticos en la capa de transmisión de las redes ópticas modernas. Usando Optisystem se pueden modificar fácilmente los diferentes parámetros de la simulación, lo que permite llegar a construir un modelo muy preciso.

El proyecto se realiza en tres etapas principales las cuales a su vez se subdividen en diferentes fases con el fin dar cumplimiento a los objetivos planteados anteriormente y poder obtener de manera satisfactoria el modelo del generador de combs para tener una fuente óptica capaz de obtener múltiples subportadoras.

3.1. Meta 1: Determinar la estructura inicial del sistema correspondiente al generador de combs ópticos, para el correcto reuso de señales downstream e inyección de fuentes ópticas para conversión de longitud de onda presentes en la OLT.

Actividad 1.1: De manera inicial se dibuja un esquema en papel con los componentes básicos que componen una OLT con el fin de tener una idea de la estructura del modelo en el simulador.

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

Actividad 1.2: Con el esquema básico se inicia la construcción del modelo de sistema en el software Optisystem, el cual está disponible en el laboratorio de fibra óptica del ITM.

3.2. Meta 2: Identificar los correctos valores de los parámetros propios de cada uno de los elementos que hacen parte del generador de combos ópticos con el fin de lograr generar múltiples subportadoras a partir de una sola señal.

Actividad 2.1: Se realizan las primeras simulaciones y se utiliza un OSA (analizador de espectro óptico) con el fin de observar y estudiar las señales que salen en la parte final del sistema.

Actividad 2.2: Con los análisis obtenidos de las gráficas se empiezan a variar los parámetros de los elementos presentes hasta el momento en el generado para ir acoplándolo a los resultados esperados, como frecuencias, potencias, atenuaciones, entre otros.

Actividad 2.3: A medida que se modifican parámetros en los elementos inicialmente contemplados en el diseño, se comienzan a agregar, eliminar o modificar elementos como amplificadores ópticos y filtros gaussianos.

Actividad 2.4: Se realizan las últimas simulaciones con el fin de comprobar que el generador de combos ópticos funciona correctamente y entrega los resultados esperados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo de este proyecto consistía en simular por medio de la herramienta Optisystem el modelo de un generador de combs ópticos mediante un modulador Mach Zehnder para una arquitectura de redes WDM-PON con reuso de señales downstream e inyección de fuentes ópticas para conversión de longitud de onda, para lo cual se diseñó el modelo que se puede apreciar en la figura 7, está compuesto por dos fuentes laser, un fotodiodo, un amplificador eléctrico, un filtro pasabanda gaussiano, un atenuador eléctrico, un inversor de fase, un modulador Mach Zehnder de puerto doble, un amplificador óptico, un demux y un atenuador óptico por cada salida del demux con el fin de observar la amplitud de las portadoras que salen y poderlas manipular de una manera más sencilla para lograr que se asemejaran lo más posible.

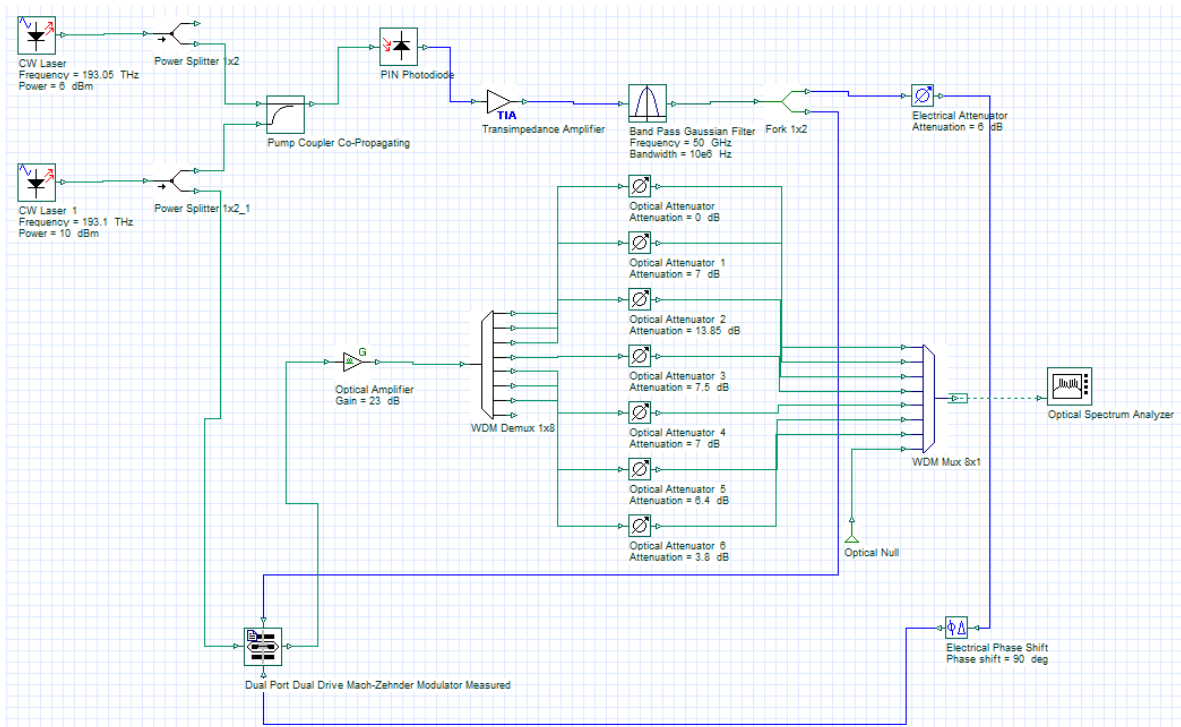


Figura 8. Modelo del generador de combs ópticos. Tomado del programa Optisystem

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

A la simulación se añadieron equipos de mediciones como un osciloscopio para ver la señal eléctrica y varios OSA a lo largo del modelo para ir observando la transformación de la señal óptica. Adicionalmente se agregó, al final del modelo, un multiplexor con el fin de observar las diferentes portadoras unidas en un solo espectro y poder medir la diferencia entre las amplitudes de cada una.

Tener presente que la frecuencia referencia de un sistema WDM es de 193.1 THz, (dentro de la banda C de la fibra óptica), por lo tanto un láser trabajo a una frecuencia de 193.05 THz y una potencia de 6 dBm, y el otro a una de 193.1 THz y potencia de 10 dBm, el linewidth o ancho de línea para ambos laser's fue de 10MHz.

El filtro eléctrico pasabanda Gaussiano operó a una frecuencia central de 50 GHz, un ancho de banda de 10 MHz, una pérdida de inserción de 0 dB, una profundidad de 100 dB y fue de orden 1. Para el amplificador de transimpedancia en las características de amplificador se seleccionó usar los cálculos definidos, por tanto solo se debió variar el parámetro de transimpedancia el cual quedo en 26.02059991327693 dB.

El fotodiodo operó con los parámetros por defecto, es decir, tipo de responsabilidad contante de 1 A/W, corriente oscura de 10 nA, distribución de ruido de disparo Gaussiano, capacitancia de unión de 3pF y ancho de banda de modulación de 2GHz.

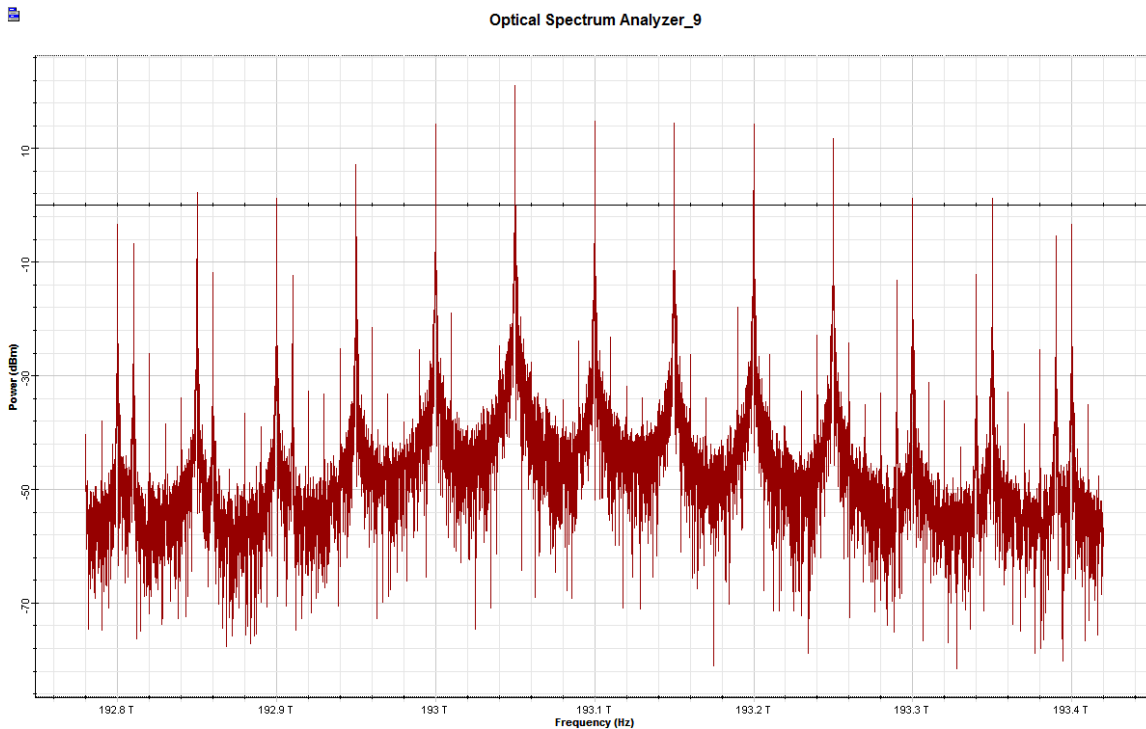


Figura 9. Señal a la salida del MZM antes del demux. Tomado del programa Optisystem

Como se puede observar en la figura 8, el espectro de frecuencia de la señal óptica luego de pasar por todo el modelo, incluyendo el modulador Mach Zehnder y un amplificador óptico, arroja múltiples portadoras de diferentes amplitudes, sin embargo se logró que fueran los más semejantes posibles gracias a la variación de parámetros como los Vbias del modulador, que sirven para localizar el punto de trabajo de la función característica del modulador, para este caso se realizaron 100 iteraciones con el fin de evaluar cuáles serían los Vbias más adecuados, se encontró que tanto el Vbias1 como el Vbias2 debían estar en -4.6V, adicionalmente se varió el splitting ratio o relación de división del 1.3 a 1 y no se normalizó la señal eléctrica, luego de obtener la señal con suficientes portadoras, se conectó un demux óptico con el fin de separar cada portadora. El demux utilizado fue de 1X8, es decir, 1 entrada y 8 salidas debido a que se observó que las primeras 7 portadoras tenían una potencia suficiente para transmitir datos. Las frecuencias centrales del multiplexor y demultiplexor ópticos se especifican con una separación de 0.05 THz. En cada salida del demux se conectó un atenuador para lograr equalizar el espectro para que cada

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

portadora tuviera la misma amplitud por lo cual se escogió la portadora con menor amplitud y se atenuaron las otras, las frecuencias de cada salida del demux y las atenuaciones aplicadas a cada portadora se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1. Frecuencias de cada canal del demux y atenuaciones

Canal del demux	Frecuencia (THz)	Atenuación (dB)
1	192.95	0
2	193	7
3	193.05	13.85
4	193.1	7.5
5	193.15	7
6	193.2	6.4
7	193.25	3.8
8	193.3	Se conectó a tierra

Luego de que cada portadora pasara por el atenuador para lograr una amplitud similar entre las 7, se conectaron a un multiplexor con el fin de poder observar el espectro de frecuencia de todas las portadoras unidas nuevamente y poder analizar el resultado obtenido, la amplitud de las portadoras fue aproximadamente de 7.20 dBm, una potencia adecuada para la transmisión de información.

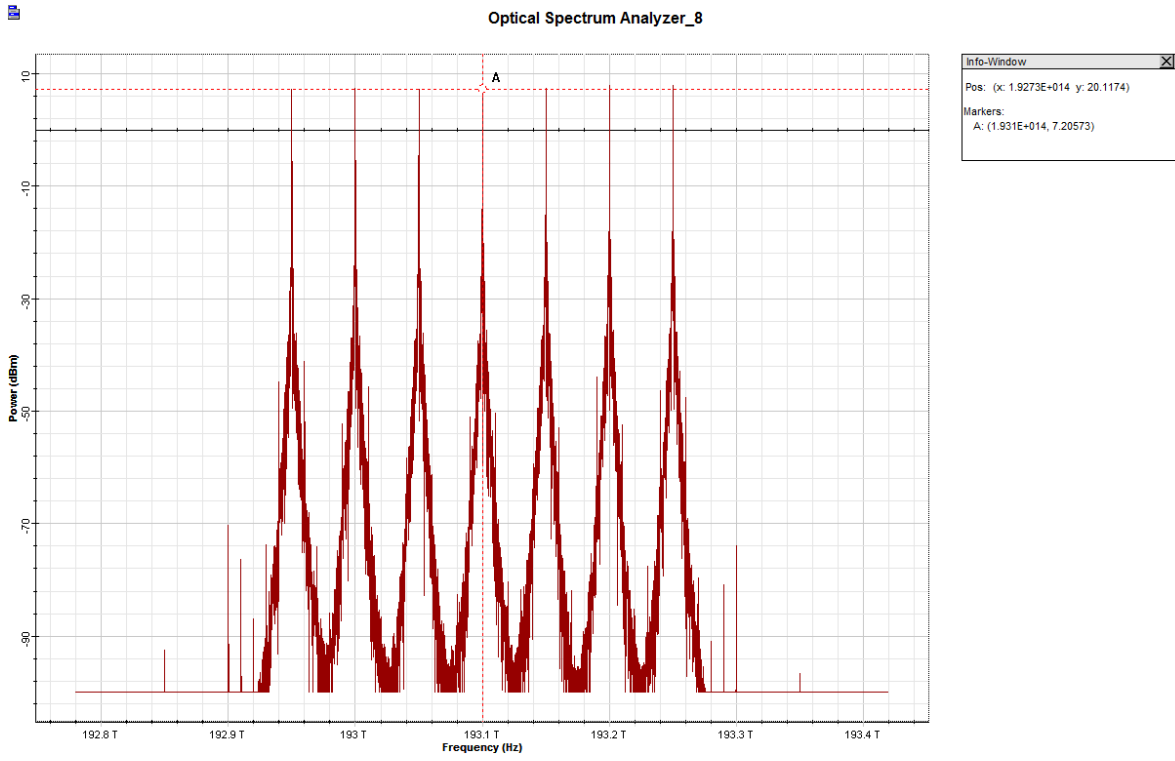


Figura 10. Portadoras obtenidas luego del MZM y del demux

En la figura 9 se puede observar como las 7 portadoras obtenidas quedaron con una amplitud similar concluyendo así que se obtuvieron los resultados esperados en la simulación, logrando obtener de dos fuentes laser múltiples portadoras haciendo un reuso de la señal para mejorar la arquitectura actual de las redes WDM-PON y poder realizar más transmisiones a un menor costo. Es importante mencionar que al inicio del proyecto, se planteó el modelo para obtener 6 longitudes de onda o portadoras sin embargo con el modelo construido se logró obtener un total de 7 portadoras, la cual se puede sumar para transmitir más información, siendo 5 en vez de 4 longitudes de ondas destinadas para esto, o para la generación de la señal microondas que alimenta el conversor de longitud de onda, siendo 3 en vez de 2 portadoras para este caso.

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

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1. CONCLUSIONES

A partir del objetivo general planteado, el cual consiste en realizar un modelo para un generador de combos ópticos mediante un modulador Mach Zehnder que se utiliza para el reuso de señales downstream e inyección de fuentes ópticas para conversión de longitud de onda en redes WDM-PON con el fin de mitigar el uso de laser en las OLT, se puede concluir que los resultados obtenidos en el programa Optisystem son positivos debido a que se lograron obtener 7 portadoras cuando en un inicio se planteaban obtener 6 longitudes de onda, lo que se traduce en una portadora más para utilizar bien sea en la trasmisión de la información o en la generación de la señal que alimenta el conversor de longitud de onda.

Partiendo de la arquitectura básica de una OLT en una red WDM-PON con longitudes de onda dinámicas, se plantea el modelo inicial del generador de combos óptico, el cual se traslada al simulador utilizado, sin embargo, al modelo base se le debieron anexar elementos no contemplados inicialmente como lo fueron el atenuador eléctrico, el conversor de fase eléctrico, en amplificadores óptico y los atenuadores ópticos a la salida del demux con el fin de poder tener un control de la amplitud de las portadoras.

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

5.2. RECOMENDACIONES

Cuando se opera con generadores de combs que emplean moduladores Mach Zehnder es necesario tener en cuenta la sensibilidad que estos poseen con la señal RF, pues este debe ser lo suficientemente puro, es decir, sin ruido, para evitar que en el espectro varíe la potencia de cada portadora óptica.

5.3. TRABAJOS FURUTOS

Para un siguiente trabajo se espera que este diseño sea empleado en el diseño de redes WDM-PON para la prueba de distintas arquitecturas en aras de acelerar investigaciones que apunten a la reducción de costos de implementación de estas redes.


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

REFERENCIAS

- Acehyuk's Home. (12 de Octubre de 2015). *Acehyuk's Home*. Obtenido de <http://acehyuk.tistory.com/category/Technical%20Data/Packet%20Optical%20Transfer%20Network?page=2>
- Betancur, A. F. (2014). *Investigación y diseño de un conversor de longitud de onda de banda ancha totalmente óptico para la siguiente generación de supercanales reconfigurables (Tesis de Maestría)*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Iwatsuki, K. (2010). Application and Technical Issues of WDM-PON. *SPIE*.
- Jerez, B. (Junio de 2013). *Estudio de técnicas de modulación para implementación eficiente de fuentes ópticas*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. Obtenido de Universidad Carlos III de Madrid.
- Kani, J.-i. (2010). Enabling Technologies for Future Scalable and Flexible WDM-PON and WDM/TDM-PON Systems. *IEEE*, 1290-1297.
- Kramer, G., Marilet, D. A., Roy, R., & Chowdhury, P. (2011). Evolution of Optical Access Networks: Architectures and Capacity Upgrades. *IEEE*.
- Lam, C. (2007). *Passive Optical Networks: Principles and Practice*. Nueva York: Elsevier.
- 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.
- Sivalingam, K., & Suresh, S. (2000). *Optical WDM Networks: Principles and Practice*. New York : Springer.
- Takagi, K. (1999). *Estados Unidos Patente nº US6198854B1*.

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

FDE 026 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: 14 de Agosto de 2015

Nombres y apellidos: Daniela Jiménez Gómez
Cédula: 1 152 443 023 **Carné:** 13221035
Teléfonos: 265 0414 – 318 290 3747
Programa: Ingeniería en Telecomunicaciones
Fecha de iniciación del producto (aaaa/mm/dd): 5 de Agosto de 2015
Fecha de terminación del producto (aaaa/mm/dd): 14 de Noviembre de 2015
Docencia: ___ o **Investigación:** X
Nombre del Taller o Laboratorio: Laboratorio de óptica, fotonica y visión artificial
Campus: Fraternidad
Nombre del docente asesor: Andres Felipe Betancur **Cargo:** Docente de Investigación
E - Mail: andresbetancur@itm.edu.co

Diligencie el siguiente campo:

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).


El proyecto consiste en diseñar un generador de combs ópticos mediante un modulador Mach Zehnder con reuso de señales downstream e inyección de fuentes ópticas para alimentar un conversor de longitud de onda para una arquitectura de red WDM-PON, con el fin de reducir los altos costos de implementación de estos sistemas debido a la cantidad de laser's que se emplean en la OLT. Se espera conseguir la generación de 6 longitudes de onda o portadoras diferentes con el fin de usar 4 para la transmisión de datos y 2 para generar una señal de microondas.

B. Detalle claramente las evidencias o anexos a entregar al finalizar el Trabajo de Grado:
 Archivo con el diseño con el sistema de generación de combs ópticos e informe de resultados obtenidos.

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

FDE 146 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					
			6:00 pm	8:30 pm	2:30	Andres	Daniela
15	8	6					
			6:00 pm	8:30 pm	2:30	Andres	Daniela
15	8	11					
			6:00 pm	8:30 pm	2:30	Andres	Daniela
15	8	13					
			6:00 pm	8:30 pm	2:30	Andres	Daniela
15	8	18					
			6:00 pm	8:30 pm	2:30	Andres	Daniela
15	8	20					
			6:00 pm	8:30 pm	2:30	Andres	Daniela
15	8	25					
			6:00 pm	8:30 pm	2:30	Andres	Daniela
15	8	27					
			6:00 pm	8:30 pm	2:30	Andres	Daniela
15	9	1					
			6:00 pm	8:30 pm	2:30	Andres	Daniela
15	9	3					
			8:00 pm	9:30 pm	1:30	Andres	Daniela
15	9	8					
			6:00 pm	8:30 pm	2:30	Andres	Daniela

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

15	9	10	Con un OSA (Analizador de espectro óptico) para observar y analizar las señales finales	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	Daniel
15	9	16	Analizar las señales en compañía del docente	6:00pm	9:30pm	3:30	Andrés	Daniel
15	9	17	Reunión de revisión y retroalimentación del docente	8:00pm	9:30pm	1:30	Andrés	Daniel
15	9	22	Variar parámetros en los diferentes componentes del sistema para ir ajustando los resultados esperados	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	Daniel
15	9	24	Variar parámetros en los componentes para ir ajustando los resultados esperados	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	Daniel
15	9	27	Variar más parámetros en los elementos iniciales	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	Daniel
15	10	1	Reunión de revisión y retroalimentación con el docente	8:00pm	9:30pm	1:30	Andrés	Daniel
15	10	6	Agregar, eliminar o modificar elementos al sistema como amplificadores y filtros	6:00pm	9:00pm	3:00	Andrés	Daniel
15	10	8	Agregar, eliminar o modificar elementos al sistema	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	Daniel
15	10	13	Agregar, eliminar o modificar elementos al sistema	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	Daniel
15	10	15	Agregar, eliminar o modificar elementos al sistema	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	Daniel
15	10	20	Reunión de revisión y retroalimentación con el docente	8:00pm	9:30pm	1:30	Andrés	Daniel
15	10	22	Variar los valores en los nuevos elementos de acuerdo a la asesoría con el docente	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	Daniel
15	10	27	Variar los valores en los nuevos elementos	6:00pm	8:30pm	2:30	Andrés	Daniel
15	10	29	Agregar a la salida del demux amplificadores o atenuadores para controlar la potencia de la señal	6:00pm	9:00pm	3:00	Andrés	Daniel
15	11	3	Seguir variando los atenuadores para obtener las portadoras de similar amplitud	6:00pm	9:00pm	3:00	Andrés	Daniel
15	11	5	Reunión de revisión y retroalimentación con el docente	8:00pm	10:00pm	2:00	Andrés	Daniel
15	11	10	Simulaciones finales y afinaciones finales	6:00pm	9:00pm	3:00	Andrés	Daniel
15	11	12	Simulaciones finales y análisis de gráficos	6:00pm	9:30pm	3:30	Andrés	Daniel

15	11	14	Entrega de producto al docente, revisión y retroalimentación final	6:00pm	7:30pm	3:30	Andrés	Daniel	
16	11	14	Simulación y entrega final con los resultados esperados	6:00pm	10:00pm	4:00	Andrés	Daniel	
TOTAL HORAS							8h		

Daniel
Firma Estudiante

Andrés
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

FGB 019 CARTA DE AUTORIZACIÓN DE DIVULGACIÓN DEL 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 Generador de combos ópticos para una arquitectura de red WDM-PON con reuso de señales downstream

_____, 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: _____

Programa: Ingeniería en Telecomunicaciones

Nivel: Pregrado Especialización _____ Maestría _____ Doctorado _____

Modalidad de trabajo de grado: _____

Título del trabajo de grado: Generador de Combos Ópticos para una arquitectura de red WDM-PON con reuso de señales downstream

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. Si ___ No
- d. Cesiones totales o parciales realizadas con terceros. Si ___ No
- e. Contratos de edición o producción celebrados con terceros. Si ___ No
- f. ¿Ha publicado la obra o sometido la obra para aprobación en publicaciones científicas o académicas? Si ___ 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? Si ___ No
- g. ¿La obra ha sido o está siendo evaluada actualmente por la Oficina o encargados de Transferencia Tecnológica del ITM? Si ___ No
- h. La obra ha sido o está siendo evaluada por la Oficina o encargados de Emprendimiento del ITM? Si ___ No

Nombre(s) y Apellidos: <u>Daniela Jiménez Gómez</u>	Firmas:  <u>C.C. # 7.152 443 023</u>
_____	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

FDE 090 EVALUACIÓN DE MODALIDAD TRABAJO DE GRADO Y PRÁCTICAS PROFESIONALES

 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:

GENERADOR DE COMBS ÓPTICOS PARA UNA ARQUITECTURA DE RED WDM-PON CON REUSO DE SEÑALES DOWNSTREAM

Programa Académico:	Tecnología	Ingeniería	X
---------------------	------------	------------	---

2. Modalidad Trabajo de Grado:

Proyecto de Grado	Práctica Profesional	Emprendimiento
Producto de Investigación	Producto obtenido en Talleres o Laboratorios ITM	X Pasantías
Certificación	Reconocimiento Laboral	Cursos de Posgrado
Ingeniería para la Gente		
Grupo de investigación: Grupo de Investigación de automática, electrónica y ciencias computacionales		Código proyecto
Tipo de Informe	Propuesta de Proyecto de Grado	Informe Final de Proyecto de Grado X

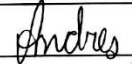
3. Información estudiante(s):

Nombre	Cédula	Correo electrónico
Daniela Jiménez Gómez	1.152.443.023	d4nn1jg@gmail.com

4. Información asesor:

Nombre	Institución	Correo electrónico
Andres Felipe Betancur	ITM	andresbetancur@itm.edu.co

CONCEPTO DEL JURADO EVALUADOR

Concepto inicial sobre el trabajo de grado			
Aprobado sin modificaciones	X	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 P.		
Firma	 FECHA: 23 de Febrero / 2016		

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

FDE 071 HOJA DE VIDA ESTUDIANTE DE PRÁCTICAS V01

DATOS PERSONALES

Nombre y Apellidos Daniela Jiménez Gómez
Lugar y Fecha de Nacimiento Medellín, 02/10/1992
Estado Civil Soltera
Cédula de Ciudadanía 1.152.443.023
Dirección y Barrio Cll 27 #65-B-56, Trinidad
Teléfonos, celular 265 04 14, 318 290 3747
E-mail d4nn1jg@gmail.com



INFORMACIÓN ACADÉMICA

Terminé Estudios de Secundario en: INEM José Félix de Restrepo
Estudiante de Ingeniería en Telecomunicaciones Nivel: X **Jornada:** Noche
Ha firmado Contrato de Aprendizaje anteriormente? Si X No ___

EXPERIENCIA LABORAL

EMPRESA	CARGO	TELÉFONO	TIEMPO LABORADO	JEFE INMEDIATO
Divix	Comercial	3152707078	11 meses	Gilson Montoya
Coinsi	Soporte técnico	3136504841	Actualmente	Juan Martínez

REFERENCIAS PERSONALES Y/O FAMILIARES

NOMBRE Y APELLIDOS	DIRECCIÓN	TELÉFONOS	PARENTESCO	LABORA EN
Juan David Calderón	Cr 80 # 20a-108	3124846416	Novio	Home Care Technology
Gabriel Jiménez Campillo	Cll 27 # 65B-56	3163214917	Padre	Pensionado
Juan David Martínez	C 55 # 29D-33	3136504841	Amigo	Coinsi

FORMACIÓN Y COMPETENCIAS

Describa conocimientos y habilidades en los siguientes aspectos. ¿Cuáles? En informática: Manejo medio-alto de herramientas ofimáticas y de gestión de redes
Competencias en segunda lengua: (Marque E - excelente, B - bueno, R - regular) Idioma: Inglés Lee: B Escribe B Habla R
Otros estudios realizados (Cursos, Seminarios, Diplomados, etc.):
Perfil personal (cualidades y valores) y/o experiencias laborales significativas: Soy una mujer responsable, puntual, solidaria, respetuosa, con una gran disposición para el aprendizaje y gran capacidad investigativa. Reconozco que el conocimiento teórico es la base para resolver cualquier problema cotidiano de la mejor manera alcanzando así un gran desempeño social y laboral. Actualmente manejo sistemas como telefonía IP, CCTV, redes LAN y WLAN y seguridad perimetral

	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

PROGRAMA INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

1. OBJETO DE FORMACION DE LA INGENIERIA.

El Ingeniero de Telecomunicaciones interviene los equipos, sistemas y redes de comunicaciones en el contexto de las organizaciones y los usuarios de servicios de telecomunicaciones, con el objeto de satisfacer necesidades en materia de transporte de información desde las perspectivas del diseño, implementación y gestión tecnológica de los sistemas de comunicaciones, las redes de comunicaciones y los sistemas y redes de radiocomunicaciones

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

Diseño, implementación y gestión tecnológica de los sistemas y redes de radiocomunicaciones.

- 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

Diseño, implementación y gestión tecnológica de los sistemas y redes de comunicaciones.

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

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

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

Firma del Estudiante

Fecha de elaboración