

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE ÓPTICO PARA LOS DEPARTAMENTOS DE
SANTANDER Y NORTE DE SANTANDER**

YURY DANIELA ÁLVAREZ BECERRA

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
BOGOTÁ DC
2015**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE ÓPTICO PARA LOS DEPARTAMENTOS DE
SANTANDER Y NORTE DE SANTANDER**

Presentado Por:

**YURY DANIELA ÁLVAREZ BECERRA
CODIGO: 2082881**

Monografía para optar el Título de Ingeniero de Telecomunicaciones

Dirigido por:

**Mg. CARLOS ENRIQUE MONTENEGRO NARVÁEZ
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ
2015**

RECTOR GENERAL

Padre Carlos Mario Álzate Montes, O.P

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO GENERAL

Padre Jaime Monsalve Trujillo O.P.

VICERRECTOR ACADÉMICO GENERAL

Fray Eduardo González Gil

SECRETARIO GENERAL

Doctor Héctor Fabio Jaramillo Santamaría

DECANO DIVISIÓN DE INGENIERÍAS

Padre Pedro José Díaz Camacho, O.P.

SECRETARIA DE DIVISIÓN

E. C. Myriam Gómez Colmenares

DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

Ingeniero Miguel Eugenio Arias Flórez

ADVERTENCIA

La Universidad Santo Tomás no se hace responsable de las opiniones y conceptos expresados por el autor (es) del trabajo de grado, solo velará por qué no se publique nada contrario al dogma ni a la moral católica y porque el trabajo no tenga ataques personales y únicamente se vea el anhelo de buscar la verdad científica.

Capítulo III –Art. 46 del Reglamento de la Universidad Santo Tomás.

Nota de aceptación.

Firma Ingeniero. Carlos Enrique Montenegro Narváez
Tutor Asignado

Firma del Jurado

Bogotá DC, _____

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi guía en el camino de la vida y bendecirme cada día con salud, felicidad, familia, amigos y oportunidades.

A mi padre, a mi madre y a mis hermanos, por su apoyo incondicional, consejos y paciencia. Por todos sus esfuerzos para ayudarme a construir mi sueño.

A mi estimado Jair Obando, por ser mi amigo, compañero y guía. Mil gracias por todos los consejos y todo el apoyo.

Al Ing. Carlos Montenegro por su orientación. Este es un trabajo que sin su ayuda no hubiera sido posible, mil gracias.

A mis amigos, quienes estuvieron en la lucha conmigo.

Y a todos aquellos que hicieron parte de mi crecimiento.

Gracias...

TABLA DE CONTENIDO

PARTE 1	15
1 INTRODUCCIÓN.....	16
2 JUSTIFICACIÓN	23
3 PROBLEMÁTICA.....	24
4 OBJETIVO GENERAL.....	27
OBJETIVOS ESPECIFICOS	27
PARTE 2	28
5 MARCO TEÓRICO	28
5.1 ALCATEL LUCENT	29
5.1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE ALCATEL LUCENT	29
5.1.2 MISIÓN Y VISIÓN ALCATEL LUCENT	30
5.2 EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES	31
5.3 REDES ÓPTICAS	33
5.3.1 Fuentes ópticas	33
5.3.2 Fotodetectores.....	33
5.3.3 OLTs.....	33
5.3.4 Amplificadores	33
5.3.5 OADM.....	33
5.3.6 OXC.....	33
5.3.7 Medio de transmisión	33
5.4 TOPOLOGÍAS DE RED	34
5.4.1 Topología en Malla:.....	34
5.4.2 Topología en Estrella.....	34
5.4.3 Topología en Bus.....	35
5.4.4 Topología en Anillo	35
5.5 FIBRA ÓPTICA	35
5.5.1 Funcionamiento de la Fibra Óptica	36

5.5.2	Tipos de Fibra	37
5.5.3	Pérdidas.....	38
5.6	EMISORES DE LUZ	39
5.7	CONVERSORES O FOTODETECTORES	40
5.8	RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA	40
PARTE 3		41
6	ASPECTOS SOCIODEMOGRÁFICOS DEPARTAMENTO DE SANTANDER Y NORTE DE SANTANDER 41	
PARTE 4		45
7	ESTADO ACTUAL DE LAS COMUNICACIONES EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER Y NORTE DE SANTANDER	45
PARTE 5		49
8	REQUERIMIENTOS DEL OPERADOR	49
PARTE 6		51
9	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN	51
9.1	CONSIDERACIONES PARA LA PROPUESTA:	53
9.2	TOPOLOGÍA DE LA RED DWDM.....	54
9.3	DESCRIPCIÓN DE LAS LAMDAS (λ).....	56
9.3.1	RED SANTANDERES	57
9.4	REQUERIMIENTOS DE ESPACIO.....	60
9.5	COMPOSICIÓN NODOS	60
9.6	CALCULOS ÓPTICOS	64
9.7	CONSUMO DE POTENCIA	66
9.7.1	Consumo de Potencia por Tarjeta	66
9.7.2	Consumo de Potencia por nodo DWDM.....	67
9.8	CONFIABILIDAD	67
9.9	CALCULO DE REPUESTOS.	69
9.10	ORGANIGRAMA DEL PROYECTO	70
9.11	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	71
9.11.1	Descripción de las Actividades	71
9.11.2	Descripción de Actividades Adicionales en el Cronograma con Inconvenientes:.....	76

9.12	Matriz de Riesgos	76
9.13	COSTOS	78
10	CONCLUSIONES	80
11	BIBLIOGRAFÍA.....	82

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla comparativa de Fibra Óptica vs Cobre.....	38
Tabla 2. Tabla comparativa Laser vs LED.....	41
Tabla 3. Sub-bastidores y Racks ETSI de equipos DWDM.....	60
Tabla 4. Lista de hardware a instalar por nodo.	61
Tabla 5. Descripción general de los elementos a instalar	61
Tabla 6. Lista de material a instalar por nodo.....	63
Tabla 7. Atributos de la Fibra Óptica 652.B.....	64
Tabla 8. Cálculos de pérdidas de las fibras ópticas.....	65
Tabla 9. Consumos de potencia tarjetas DWDM.....	66
Tabla 10. Consumo de potencia nodos DWDM.....	67
Tabla 11. MTBF de los componentes de un nodo 1830PSS-32.....	68
Tabla 12. Stock de repuestos DWDM.....	69
Tabla 13. Tabla de ponderación.....	76
Tabla 14. Matriz de riesgos.....	77
Tabla 15. Costos del Proyecto.....	78
Tabla 16. Costos del Proyecto con imprevistos.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de las TICs en el mundo.....	16
Figura 2. Mapa de Cable Submarino Intercontinental.....	18
Figura 3. Unión de fibra óptica submarina entre Lisboa (Portugal), Fortaleza (Brazil) y Angola.....	19
Figura 4. Fibras ópticas submarinas en Colombia.....	20
Figura 5. Abonados Telefonía Móvil e Internet y Penetración en Colombia.....	22
Figura 6. Necesidades Básicas Insatisfechas. Municipios de Santander y Norte de Santander año 2005.....	25
Figura 7. Población con educación y sin educación en los departamentos de Santander y norte de Santander.....	26
Figura 8. Penetración de Internet en Municipios de Norte de Santander Involucrados.	26
Figura 9. Penetración de Internet en Municipios de Santander Involucrados.....	27
Figura 10. Tipos básicos de topología.....	35
Figura 11. Cantidad de población en edad para trabajar Departamento de Santander y norte de Santander.....	43
Figura 12. Promedio de personas desocupadas, inactivas y ocupados en Norte de Santander y Santander.....	44
Figura 13. Cantidad de personas que tienen educación – por zonas	44
Figura 14. Porcentaje de penetración de internet en los departamentos de Santander y Norte de Santander.....	46
Figura 15. Porcentaje de penetración de internet en los municipios de Bucaramanga, Cúcuta, Pamplona, Aguachica, Sabana de Torres, Barranca y Sardinata.....	47
Figura 16. Diagrama de descripción de la solución.....	52
Figura 17. Bosquejo de topología de red con las distancias y nodos implicados.....	54
Figura 18. Topología de la red Santander y Norte de Santander.....	55
Figura 19. Distribución de Topología de λ en la red Santander y Norte de Santander.	56
Figura 20. Matriz de tráfico para Santanderes.....	57
Figura 21. Esquema de implementación sub lambda 1.....	58

Figura 22. Esquema de implementación sub lambda 2.....	59
Figura 23. Organigrama funcional de Alcatel Lucent.....	70
Figura 24. Cronograma de ejecución del proyecto.....	74
Figura 25. Cronograma de ejecución del proyecto con imprevistos.....	75

LISTA DE ANEXOS

Equipo 1830PSS

- 1830_PSS-4_R5.0_EN_DataSheet
- I-Lucent 1830 Photonic Service Switch 32 16 (PSS-32 PSS-16)

“La tecnología es sólo una herramienta. La gente usa las herramientas para mejorar sus vidas.”
Tom Clancy

PARTE 1
INTRODUCCIÓN A LA MONOGRAFÍA

1 INTRODUCCIÓN

Con base al ideal de acceder a la información en todo momento y en cualquier lugar se han desarrollado e implementado diversos tipos de tecnologías a lo largo del tiempo. Sin embargo, a inicios del siglo XXI se destacan dos actores principales que han revolucionado el mundo, la Internet y la telefonía móvil celular. La internet es un conjunto de redes de comunicación enlazadas entre si y expandidas a nivel mundial. Del mismo modo, la telefonía móvil celular está compuesta por una red de comunicaciones y un terminal que accede a la misma. Ambos permiten la interactividad y el acceso a la información que demandan el uso de herramientas llamadas aplicaciones. Actualmente, existe una gran facilidad para acceder a estas herramientas que en conjunto con la gran diversidad de servicios que pueden prestar, ya sean de entretenimiento o servicios de consulta, han generado un crecimiento exponencial en su uso.

De acuerdo a la gráfica 1, tomada del reporte Medidas de la Información en la sociedad en el año 2013 por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU) ¹, la evolución de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) a nivel mundial es creciente, constante y con pendientes acentuadas en las tecnologías móviles e internet.

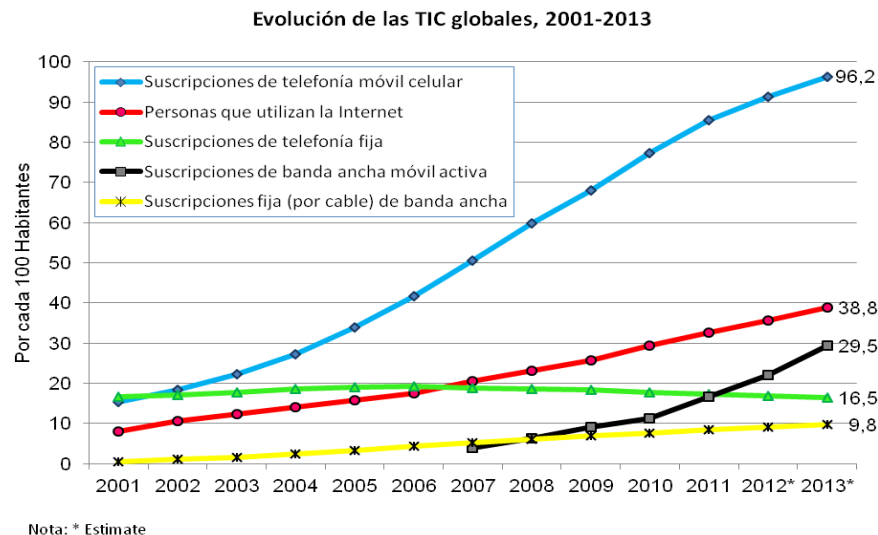


Figura 1. Evolución de las TICs en el mundo.²

¹ Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU). Medidas de la Información en la sociedad en el año 2013 por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones. 1era Ed. [online]. Publicado: 2013 <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/mis2013/MIS2013-exec-sum_S.pdf>

² Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU). Medidas de la Información en la sociedad en el año 2013 por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones. 1era Ed. [online]. Publicado: 2013. Citado: Página 1. <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/mis2013/MIS2013-exec-sum_S.pdf>

Con la evidente alta demanda en servicios de internet y telefonía móvil y con el objetivo de mejorar la calidad de los servicios de voz y datos prestados a los clientes y ciudadanos, todos los operadores y el Gobierno han y siguen desarrollando planes de expansión para sus redes de transporte y acceso.

Por sus características físicas (versatilidad, tamaño, peso, etc) y gran capacidad para transmitir información sin mayores pérdidas, las redes de fibra óptica son las más óptimas para el tráfico masivo de la información demandada por los servicios.³

Las experiencias internacionales relacionadas al despliegue de infraestructura de redes de fibra óptica, involucra a países como Finlandia, Suecia, Francia, Alemania, Brasil, Perú, Argentina y Colombia.

El caso de Finlandia como primer país que definió como derecho fundamental la banda ancha, implementó el Plan Nacional de Acción para Mejorar la Infraestructura de la Sociedad de la Información y lograr en 2015 redes de alta velocidad con conexiones de 100 Mbps al 99% de hogares, empresas y entidades administrativas.⁴

En Estados Unidos, a nivel interno, con el Plan Nacional de Banda Ancha, el gobierno ha planteado una estrategia para que los ciudadanos de bajos recursos puedan acceder a internet y así poder agregar servicios como educación pública, asistencia médica y operaciones gubernamentales.⁵

A nivel externo y fundamentado en la figura 2, Mapa de cable Submarino Intercontinental, Estados Unidos cuenta actualmente con una infraestructura en sus redes de transporte externas bastante robusta. En este caso, es pertinente precisar que la mayor parte de la información que viaja por internet entre países Latinoamericanos y continentes, pasa a través de Estados Unidos, sobreponiéndolo ventajosamente al uso y acceso de la información frente al resto de países americanos.⁶

³ Fibre Mex. Ventajas de las Comunicaciones por Fibra óptica. <http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=contenido&id=3&t=3&st=2>

⁴ Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Estudios Previos Proyecto Nacional de Fibra Óptica. Antecedentes Plan Nacional de Fibra óptica. 1era Edición. Antecedentes. Finlandia. Página 5. <http://archivo.mintic.gov.co/mincom/documents/portal/documents/root/Compartel/Proyecto%20Nacional%20de%20Fibra%20Optica/Prepliegos/DocumentodeEstudiosPreviosFibraOptica.pdf>

⁵ Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Estudios Previos Proyecto Nacional de Fibra Óptica. Antecedentes Plan Nacional de Fibra óptica. 1era Edición. Antecedentes. Estados Unidos. Página 8. <<http://archivo.mintic.gov.co/mincom/documents/portal/documents/root/Compartel/Proyecto%20Nacional%20de%20Fibra%20Optica/Prepliegos/DocumentodeEstudiosPreviosFibraOptica.pdf>>.

⁶ La República. Perera destacó importancia de Anillo de Fibra óptica de Unasur. Publicado el 03 de Septiembre de 2013. Párrafo 1,2 y 4. <<http://www.republica.com.uy/perera-destaco-importancia-de-anillo-de-fibra-optica-de-unasur/>>

Por tal motivo y como medida para que las comunicaciones latinoamericanas internas no tengan como única opción pasar por los Estados Unidos, la UNASUR (Unión de Naciones Suramericanas) aprobó en el año 2013 la creación de un anillo de fibra óptica independiente de 10 mil Kilómetros aproximadamente que interconectará a países como Uruguay, Bolivia, Colombia, Chile y Brasil. La gestión se realizará por las empresas estatales de cada país.⁷

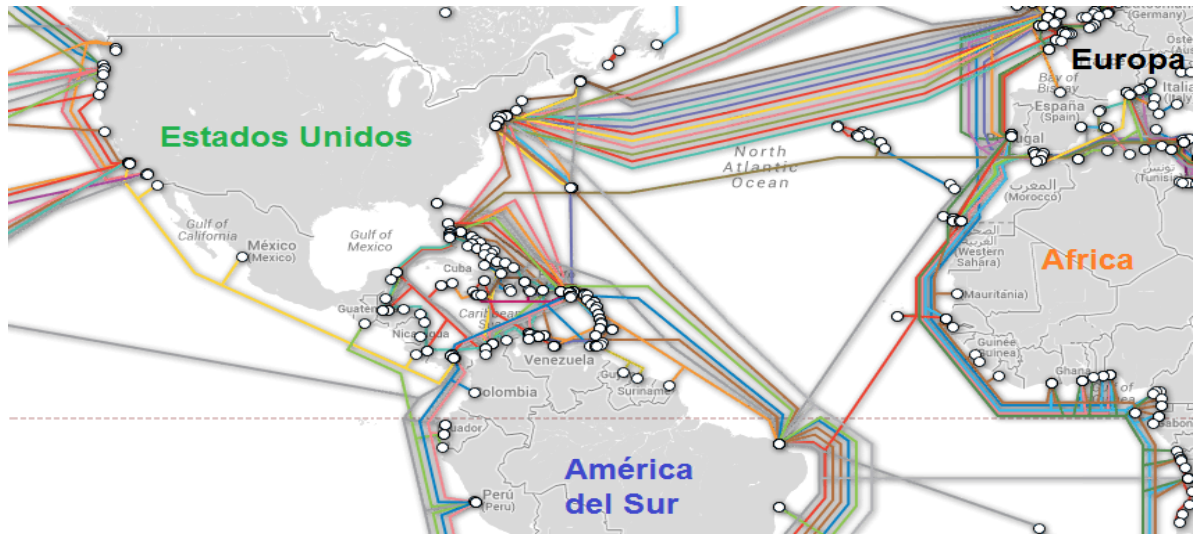


Figura. 2. Mapa de Cable Submarino Intercontinental⁸

Actualmente, la presidenta de Brasil Dilma Rousseff y el presidente de la Comisión Europea José Manuel Durao Barroso, han planteado un acuerdo para unir a Lisboa (Portugal) y a Fortaleza (Brasil) a través de una fibra submarina que medirá 5.600 km y atravesará el Océano Atlántico.⁹ Adicionalmente, Brasil y Angola tiene en proceso un proyecto para conectar a África y a Brasil por medio de una fibra trasatlántica que medirá 6500 Km aproximadamente y que estará lista a finales del 2015 o principios del 2016.¹⁰

⁷ La República. Perera destacó importancia de Anillo de Fibra óptica de Unasur. Publicado el 03 de Septiembre de 2013. Párrafo 1,2 y 4. <<http://www.republica.com.uy/perera-destaco-importancia-de-anillo-de-fibra-optica-de-unasur/>> Agencia Popular de Comunicación Suramericana APCCS. Unasur desarrolla un Mega Anillo de Fibra óptica que pondrá fin a la dependencia Internet con EEUU. Publicado el 14 de Enero de 2013. <<http://www.apc-suramerica.net/?p=6055>>

⁸ Mapa de Cable Submarino. <<http://www.submarinecablemap.com/>>

⁹ La Vanguardia. La UE y Brasil construirán un cable de fibra óptica transoceánico para evitar a EE.UU. Publicado el 24 de Septiembre de 2014. <http://www.lavanguardia.com/internacional/20140224/54402520616/ue-brasil-cable-fibra-optica-transoceanico-ee-uu.html>

¹⁰ Folgoso. Un cable submarino de fibra óptica entre Angola y Brasil entrará en funcionamiento en 2016. Publicado 06 de febrero de 2015. <<https://folgoso.wordpress.com/2015/02/06/un-cable-submarino-de-fibra-optica-entre-angola-y-brasil-entrara-en-funcionamiento-en-2016/>>



Figura 3. Unión de fibra óptica submarina entre Lisboa (Portugal), Fortaleza (Brasil) y Angola ¹¹

En Argentina por medio del Plan Nacional Conectada ha implementado infraestructura, equipamiento y espacios de inclusión para el desarrollo social, cultural y económico de las personas y mejorar la comunicación entre las áreas de gobierno. Adicionalmente, con la ayuda de las nuevas tecnologías se planea el desarrollo de contenidos, habilidades y herramientas para las comunidades.

Argentina Soluciones Satelitales (ARSAT S.A.) es la empresa con capital estatal que transversalmente a los operadores, sectores tecnológicos y productivos de la industria desarrolla e implementa el proyecto. El principal objetivo es extender una red Federal y Provincial de Fibra Óptica de 55 mil Km aproximadamente, unificar 48 estaciones de TV digital y ofrecer servicios de conectividad. ¹²

Para el caso de Colombia, por su ubicación estratégica limitada por dos mares, cuenta con 8 fibras ópticas submarinas ubicadas en el mar Caribe y una adicional ubicada en el Océano Pacífico que

¹¹ Google Maps. Fortaleza Brasil - Lisboa Portugal y Fortaleza Brasil - Angola.

<<https://www.google.es/maps/dir/Fortaleza,+Cear%C3%A1,+Brasil/Lisboa,+Portugal/@18.8219774,-35.0705413,4z/data=!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0x7c74c3f464c783f:0x4661c60a0c6b37ca!2m2!1d-38.5267393!2d-3.7319029!1m5!1m1!1s0xd19331a61e4f33b:0x400ebbde49036d0!2m2!1d-9.1393366!2d38.7222524>>

¹² Argentina Conectada. Red Provincial de Fibra Óptica. Red Federal de Fibra Óptica de Red Provincial de Fibra Óptica. http://www.argentinaconectada.gob.ar/contenidos/redes_provinciales.html

estará en operación a mediados del 2015.¹³ De acuerdo a la información suministrada por el Ministro de Comunicaciones Diego Molano, la infraestructura de redes ópticas submarinas que posee Colombia la ubica como un punto importante en redes de comunicaciones para el Continente¹⁴

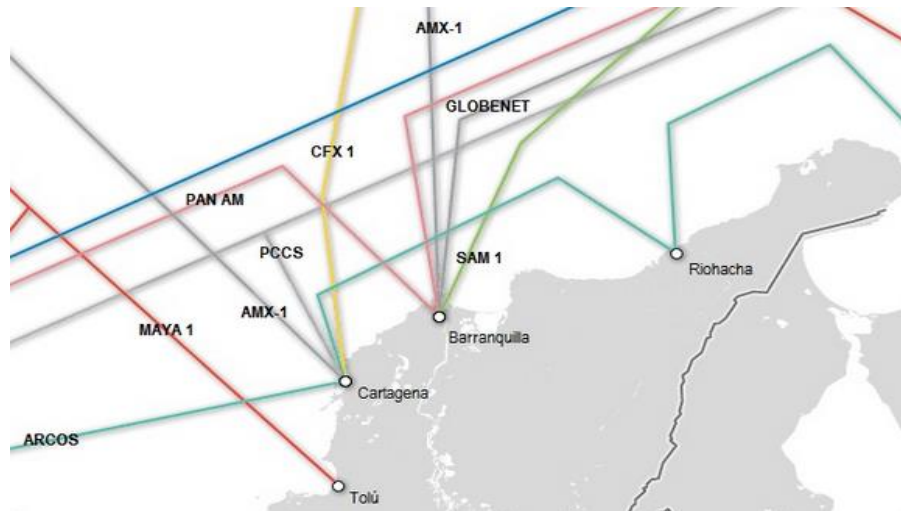


Figura 4. Fibras ópticas submarinas en Colombia

Al interior de Colombia, el Ministerio de la Tecnología, Información y la Comunicaciones (Min TIC) está desarrollando el Plan Vive Digital a fin de masificar el uso de la Internet para reducir la pobreza y generar empleo; su principal inversión está en la implementación de una red nacional de fibra óptica. El ministro Diego Molano Vega ha puntualizado: “Con este proyecto estamos llevando más teleeducación, telemedicina, acceso a Internet, oportunidades de trabajo”¹⁵

En adición al plan Vive Digital del Min TIC, el Departamento de Planeación Nacional (DNP) bajo los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) ha desarrollado el documento CONPES Social 140 de 2011 “Metas y Estrategias para el Logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio 2015” con un

¹³ Los cables submarinos que conectan al país. <http://www.elcolombiano.com/los-cables-submarinos-que-conectan-al-pais-CD1746260>
Dinero. <http://www.dinero.com/imprimir/206135>

¹⁴ RCN la Radio. Colombia ya tiene nueve cables submarinos de fibra óptica y es modelo en América Latina. Publicado el 17 de Abril de 2015. <http://www.rcnradio.com/noticias/colombia-ya-tiene-nueve-cables-submarinos-de-fibra-optica-y-es-modelo-en-america-latina>

¹⁵ El Universal. Municipios del país tendrán servicio de fibra óptica. Publicado el 5 de Noviembre de 2011. <http://www.eluniversal.com.co/cartagena/tecnologia/municipios-del-pais-tendran-servicio-de-fibra-optica-51880>

enfoque en lograr el acceso universal a las tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs). Dentro de las metas e indicadores propuestos se plantea:

- Alcanzar por cada 100 habitantes, 100 abonados móviles y 60 abonados de internet.¹⁶

Teniendo en cuenta que este documento fue modificado en el año 2011, a finales del mismo año la cifra de abonados para la telefonía móvil propuesta ya había superado la meta, el porcentaje de penetración era del 100,3 %. Por otra parte, aunque la tendencia sigue apuntando hacia el crecimiento de usuarios de internet móvil y fijo, en el cuarto trimestre del año 2013, por cada 100 habitantes solo existen 19,2 abonados, cifra aún muy inferior a la propuesta para el año 2015 (60 abonados).¹⁷ De acuerdo a la información suministrada en los boletines de los años anteriores, la figura 3, representa el aumento en las cifras de abonados y penetración de la telefonía móvil e internet en Colombia.

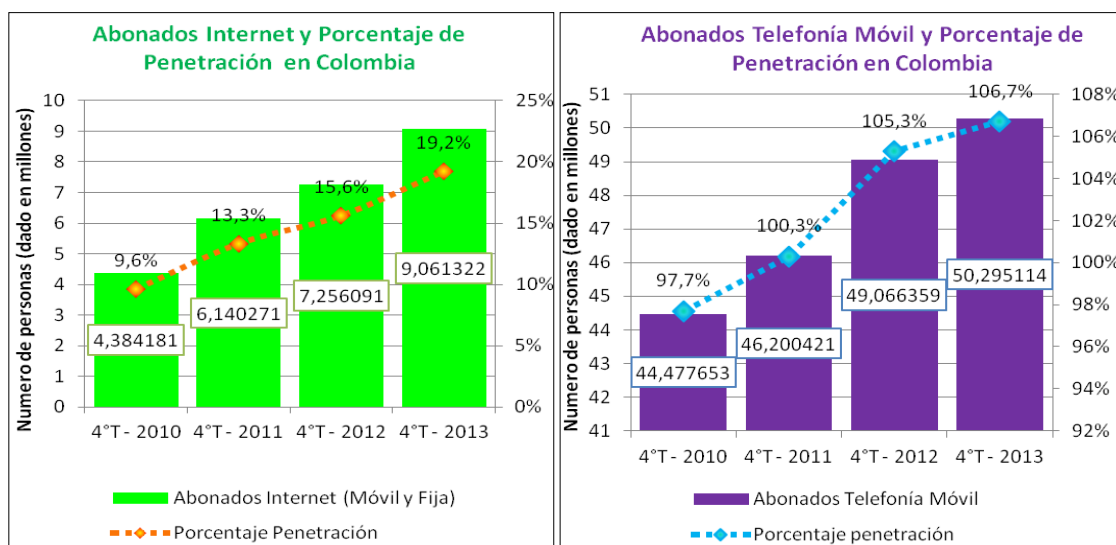


Figura. 5. Abonados Telefonía Móvil e Internet y Porcentaje de Penetración en Colombia¹⁸

¹⁶ Departamento Nacional de Planeación. Documento CONPES Social 140 de 2011 "Metas y Estrategias de Colombia para el Logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio 2015". Modificación al CONPES Social 91 del 14 de Junio de 2005. Objetivo 8 Indicadores y metas. Página 28.

<<https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=rSQAQZqBj0Y%3D&tabid=1235>>

¹⁷ Ministerio de las Tecnologías y Comunicaciones. Boletín Trimestral. Cifras cuarto Trimestre de 2013. Publicado 2014. Telefonía Móvil. Página 13. Suscriptores Internet Fijo Dedicado y Móvil. Página 17.

<<http://colombiatic.mintic.gov.co/602/w3-propertyvalue-715.html>>

¹⁸ Ministerio de las Tecnologías y Comunicaciones. Boletín Trimestral. Cifras cuarto Trimestre de 2013. Publicado 2014. Telefonía Móvil. Página 13. Suscriptores Internet Fijo Dedicado y Móvil. Página 18.

<<http://colombiatic.mintic.gov.co/602/w3-propertyvalue-715.html>>

Los departamentos de Santander y Norte de Santander son puentes para interconectar y brindar más conexiones a los departamentos adyacentes e integrar a futuro una red con redundancia. De acuerdo al objetivo principal del plan Vive Digital, se plantea interconectar al menos 700 de los 1127 municipios que tiene Colombia a fin de brindar acceso y a la vez conformar una red compuesta.¹⁹ Para los municipios involucrados, es importante tener acceso a la red nacional de comunicaciones de Colombia para poder acceder a la información y beneficios que brinda el mundo digital.

De esta manera, no solo en Colombia, sino que también en cada uno de los países en vía de desarrollo le apuntan al crecimiento de las redes y datos para abonados de telefonía fija e internet a través de las redes ópticas.

Con la necesidad del crecimiento de las redes de telecomunicaciones en Colombia, se ha desarrollado el siguiente documento, el cual tiene en cuenta las necesidades una población de los departamentos de Santander y Norte de Santander y las redes actuales de un operador. De ésta manera, se cuenta con herramientas que permiten realizar un diseño y así atender los aspectos a tener en cuenta durante este desarrollo.

Esta monografía presenta las especificaciones de una propuesta técnica y la implementación de un anillo de fibra óptica que concentra los departamentos de Santander y Norte de Santander según los requerimientos de las partes interesadas (operador y Alcatel Lucent). Se realiza una exposición de los aspectos socio demográficos y una observación del estado actual de las comunicaciones en los municipios implicados con el objetivo de determinar cuáles son los beneficios que puede tener la sociedad.

Este documento cuenta con 7 capítulos:

Capítulo 1: se expone la justificación y problemática de la monografía. El capítulo 2 se trata del marco teórico, en donde se hace una breve reseña histórica del Alcatel Lucent y conceptos básicos de la redes de comunicaciones ópticas. El capítulo 3 presenta los aspectos sociodemográficos de los departamentos implicados del departamento de Santander y Norte de Santander. El capítulo 4 expone el estado actual de las comunicaciones en los departamentos de Santander y Norte de Santander. El capítulo 5 comprende los requerimientos del cliente para tener en cuenta en la propuesta de diseño. El capítulo 6 describe la propuesta de diseño, el cual abarca la descripción lógica y física de la red. Adicionalmente, se describe un cronograma de actividades, una matriz de riesgos durante el proyecto y valor total del proyecto. Finalmente en el capitulo 7 se describen las conclusiones de la monografía.

¹⁹ Ministerios de las Tecnologías e Información. Objetivos y Aspiraciones del Plan Vive Digital. Publicado el <http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-1511.html>

2 JUSTIFICACIÓN

En Colombia a fin de impulsar el uso y utilización de las TIC, el Gobierno Nacional a través del Ministerio de la Tecnología, Información y la Comunicaciones - Min TIC y el Departamento de Planeación Nacional – DNP con los planes y documentos “CONPES Social 140 de 2011 - Metas y Estrategias para el Logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio 2015” y el “Plan Vive Digital” respectivamente, ha planteado inversiones y mejoramientos en infraestructura de todo el país y continuidad a la implementación de redes de fibra óptica principalmente en 700 municipios.

En Colombia es evidente la inversión para el crecimiento tecnológico. La demanda de servicios de voz y datos es y será cada vez más alta y en la necesidad principal de tener la información cada vez más rápida, sencilla y económica, los operadores deben ampliar y actualizar constantemente la capacidad de sus redes de telecomunicaciones sin generar mayores sobre costos.

Los departamentos de Santander y Norte Santander son departamentos que se están integrando a la sociedad tecnológica para impulsar el desarrollo económico, educativo, salud y social de la población. De ésta manera, la estrategia del gobierno para aumentar el crecimiento del uso de la tecnología y disminuir la brecha de pobreza, estimula la demanda de los servicios de datos y llamadas ofrecidas por los operadores, como resultado, estos deben diseñar un plan que mejore y aumente la capacidad de tráfico en sus redes de transporte.

Según la información del Ministro de las TICs, “el departamento de Norte de Santander ha tenido su economía supeditada a los altibajos de las relaciones económicas y políticas con Venezuela. Las TIC son la herramienta apropiada para que los empresarios, comerciantes y toda la gente de la región rompan esas ataduras y puedan construir, una economía sólida, estable y próspera”.²⁰

El Ministerio, a través del plan Vive Digital, le apunta a mejorar algunos aspectos de las condiciones de vida por medio de las ventajas de acceso a la información que ofrece la tecnología. Este impulsa el gran salto tecnológico a través de la masificación del uso Internet con el fin de reducir la pobreza y generar empleo. Para lograrlo el Plan impulsa el ecosistema digital del país conformado por 4 grandes componentes: Infraestructura, Servicios, Aplicaciones y Usuarios.²¹

²⁰ Ministerio de la Tecnología y la Información. La tecnología dará una economía estable y con proyección a Norte de Santander: Ministerio TIC. Publicado el 30 de Abril de 2014. <<http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-6025.html>>

²¹ Ministerio de la Tecnología y la Información. Ejes del Ecosistema. Estamos construyendo un país moderno. <http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-channel.html>

3 PROBLEMÁTICA

De acuerdo a la información suministrada por el DANE, los municipios involucrados presentan altos porcentajes de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). En el 2005 la mayoría de los municipios tienen porcentajes superiores al nacional (27,6%), impactando en las oportunidades para el desarrollo de empleo, decremento de la población sin educación y calidad de vida.

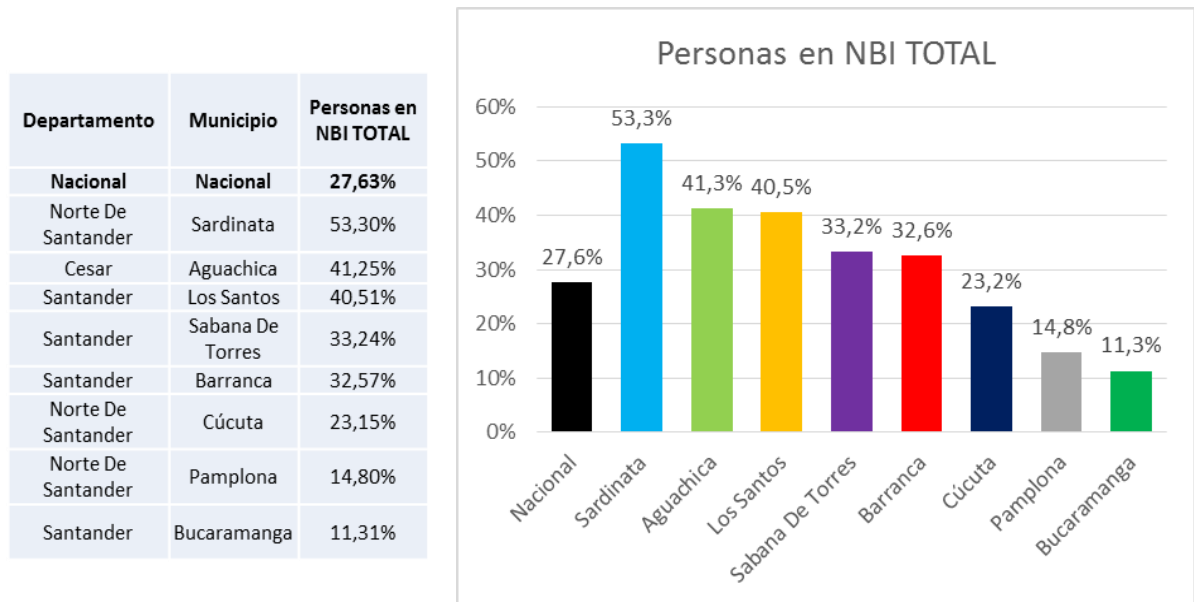


Figura. 6. Necesidades Básicas Insatisfechas. Municipios de Santander y Norte de Santander año 2005.

El NBI es una medida de pobreza que considera varias dimensiones, relaciona el bienestar de un hogar en términos de algunos elementos de los servicios de vivienda o servicios educativos.²²

²² Icesi. Necesidades Básicas Insatisfechas. <http://www.icesi.edu.co/cienfi/images/stories/pdf/glosario/necesidades-basicas-insatisfechas.pdf>

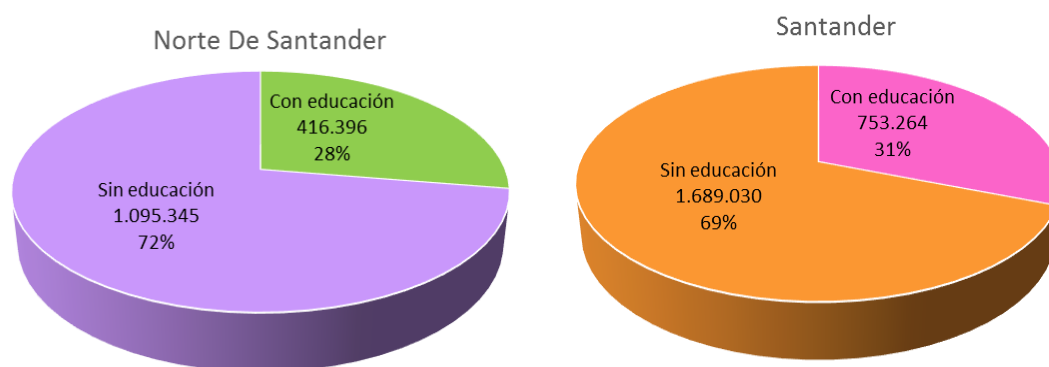


Figura. 7. Población con educación y sin educación en los departamentos de Santander y Norte de Santander.

De acuerdo la información suministrada por el DANE, los departamentos de Santander y Norte de Santander presentar un bajo porcentaje de personas con educación respecto a la población total de cada departamento. Este porcentaje implica que la población, presenta dificultades para acceder a la educación.

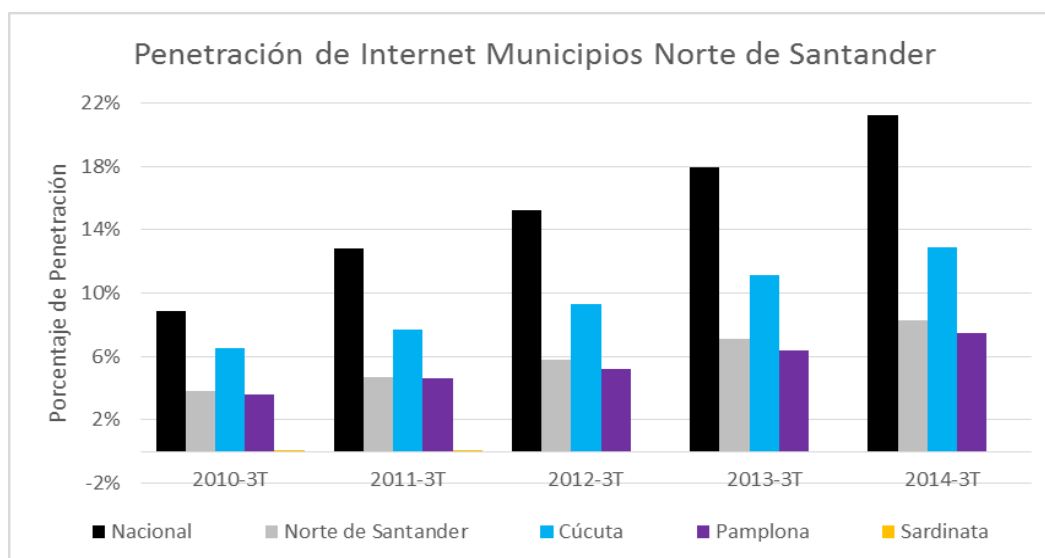


Figura. 8. Penetración de Internet en Municipios de Norte de Santander Involucrados.

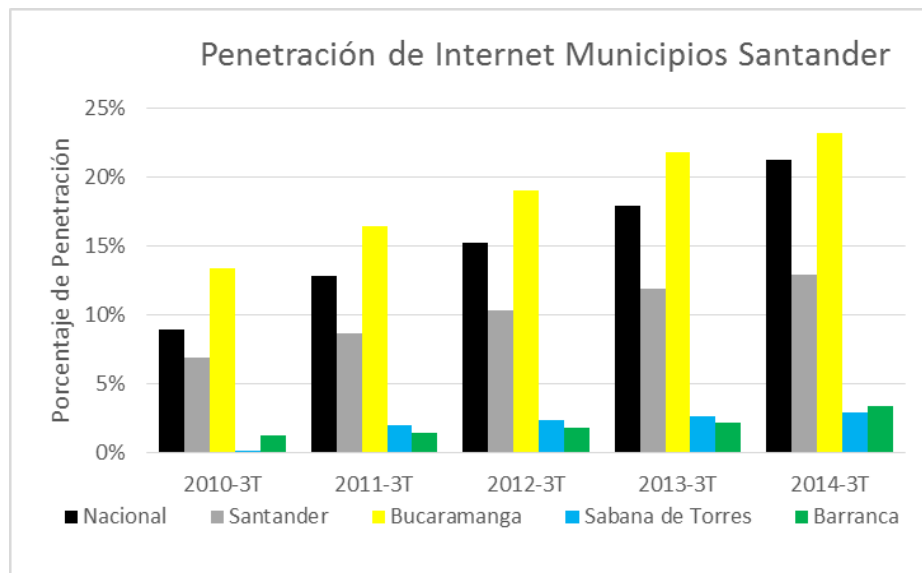


Figura. 9. Penetración de Internet en Municipios de Santander Involucrados.

De acuerdo a la gráfica 8 y 9, la penetración de internet en cada uno de los municipios implicados, están muy por debajo del nivel nacional (excepto Bucaramanga, capital que tiene buena infraestructura). Existen municipios como Sardinata, Barranca y Sabana de Torres, donde la penetración aunque haya aumentado en los últimos 4 años, es inferior al 4%. Es importante resaltar que la penetración relaciona el porcentaje de la población que tiene acceso a internet.

De esta manera, la red de telecomunicaciones que existe actualmente no ofrece la mejor cobertura para el acceso a la información; y con el fin de atender la necesidad, se presenta una propuesta de diseño para implementar una red de transporte de información en los Departamentos de Santander y Norte de Santander.

Con base al problema planteado, vale la pena preguntarse:

Cuál es la solución de transmisión que permite aumentar la inclusión social de las poblaciones adscritas a los departamentos de Santander y Norte de Santander, de tal forma que propicie la ampliación de servicios que mejore la calidad de vida de sus habitantes?

4 OBJETIVO GENERAL

Presentar propuesta técnica de una red transporte óptico de interconexión entre las estaciones base de un operador ubicados en los municipios de Bucaramanga, Sabana de Torres, Sardinata, Cúcuta y Pamplona de los Departamentos de Santander y Norte de Santander respectivamente, empleando como fuente los equipos de la empresa Alcatel Lucent y teniendo como punto de interconexión el municipio de Aguachica - Cesar, con el fin de enlazarlos y brindar mejor capacidad para el tráfico de la información entre dichos municipios y así aportar al crecimiento social de la población.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar los aspectos socio demográficos de los municipios Bucaramanga, Barrancabermeja, Sabana de Torres; Sardinata, Cúcuta y Pamplona con el fin de establecer cuáles son los beneficios que puede tener la sociedad con esta red de acceso.
- Analizar el estado actual de las comunicaciones en los municipios de los departamentos del Santander y Norte de Santander, teniendo como referencia los avances realizados en otros sectores en Colombia.
- Identificar los requerimientos de las partes interesadas de la red de transporte para relacionarlos a las capacidades ofrecidas por Alcatel.
- Generar una propuesta técnica de una red de transporte óptico que enlace a los municipios de Aguachica, Sardinata, Barranca, Bucaramanga, Sabana de Torres, Cúcuta y Pamplona.

PARTE 2

5 MARCO TEÓRICO

5.1 ALCATEL LUCENT

5.1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE ALCATEL LUCENT

La historia de Alcatel Lucent inicia en 1869 con la fundación de la empresa Gray y Barton, que luego de tres años cambia su nombre a Western Electric.

En 1881 Western Electric se posiciona como un gran fabricante de equipos para las compañías Telefónicas Bell y este adquiere la mayor parte de la empresa.

Hacia el año 1925, a partir del área Research Western Electric y Americana de Bells se conforma Bell Telephone Laboratories (Bell Laboratories) quienes en el mismo año forman parte de departamento de Ingeniería de AT&T.

En los años consecutivos, se realizan grandes desarrollos en el área de las comunicaciones. Muchos de ellos desarrollados por Laboratorios Bells, como por ejemplo, la batería solar, el laser, el primer satélite en órbita, el chip procesador de señal digital, el sistema operativo Unix y el lenguaje de programación C++.

En 1985 se realiza la fusión de las empresas CIT Alcatel y Thomson Telecomunicaciones y adoptan el nombre de Alcatel NV. Un año más tarde se añade como filiar la empresa Cables Lyon. Posteriormente, en 1991 Alcatel vende sus actividades a la Compagnie Generale d'Electricité y cambia su nombre a Alcatel Alsthom, pero en 1998 nuevamente cambia el nombre a Alcatel.

En el año 1989, AT&T Technologies ramifica la empresa en diversas unidades de negocio, entre ellas AT&T Productos de Consumo. Esta es fusionada con Bells Labs y acoge el nombre de Lucent Technologies, sin embargo, siete años más tarde, Lucent Technologies se separa de AT&T.

En los años venideros, en búsqueda de un mayor mercado, Alcatel vende y adquiere participación en diversas empresas como proveedoras de productos y servicios de Televisión digital (iMagicTV), fabricantes de routers (Timetra), líderes en redes ATM (Newbridge) y nexans; entre otras. Como resultado de los grandes movimientos en el año 2005, las cifras representaron un gran crecimiento para la empresa.

Finalmente, el 30 de Noviembre de 2006, Alcatel y Lucent Technologies se fusionan y adoptan el nombre de Alcatel Lucent como unión de las dos empresas.

En Colombia, Alcatel Lucent hace presencia desde el año 1963 con la empresa Internacional Stand Electric que en 1987 cambia su nombre a Alcatel de Colombia. De la misma manera, en el año 1999 la compañía AT&T en Colombia, crea Lucent Technologies.²³

En la actualidad, Alcatel Lucent es una empresa proveedora de servicios y equipos de Telecomunicaciones, con grandes sedes en Estados Unidos, México, Colombia, Venezuela, Chile, Ecuador, España, Francia, Portugal entre otras. Con más de 50 años con presencia en Colombia, Alcatel se posiciona como una empresa líder en proveer equipos de Telecomunicaciones para tecnologías IP, Acceso, Wireless y Transporte.

5.1.2 MISIÓN Y VISIÓN ALCATEL LUCENT

Alcatel-Lucent es un proveedor de equipos de telecomunicaciones especialista en redes IP, redes ópticas, acceso de banda ultra ancha y tecnología en la nube. Las redes son la base del mundo ultra-conectado. Para ayudar a construir ese mundo y alcanzar un alto potencial, Alcatel Lucent ha basado sus políticas en tres valores principales: flexibilidad, velocidad y confianza. La misión de Alcatel Lucent es la de inventar y ofrecer redes fiables para ayudar a los clientes a dar rienda suelta a su valor.²⁴

La misión es un actor corporativo de confianza y responsabilidad en la industria de las telecomunicaciones mediante el refuerzo de una política de tolerancia cero en las violaciones de cumplimiento de los empleados, contratistas y subcontratistas, y la incorporación de la sostenibilidad en toda la cadena de suministro²⁵

La visión de Alcatel Lucent es hacer las comunicaciones más sostenibles, más accesibles en línea con el enfoque industrial de nuestra empresa en el Shift Plan. Esto significa utilizar la innovación para incrustar los conceptos de eco-sostenibilidad y la inclusión digital en las soluciones de acceso de banda ultra ancha, redes IP y de nube. El objetivo es aumentar la capacidad y el alcance de la tecnología de las comunicaciones, por lo que es más accesible y asequible para los usuarios de todo el mundo.

De esta manera, Alcatel Lucent, basado en los valores empresariales e impulsador de las redes ultra conectadas demuestra ser una empresa apta para la oferta solicitada por el operador.

²³ Alcatel Lucent. Alcatel-Lucent History. <<http://www.alcatel-lucent.com/about/history>>

²⁴ Alcatel Lucent. <http://www.alcatel-lucent.com/sustainability/our-values>

²⁵ Alcatel Lucent. La visión de sostenibilidad de Alcatel Lucent. <http://www.alcatel-lucent.com/sustainability/overview>

5.2 EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES

En 1666, Isaac Newton realizó experimentos y desarrollos sobre la luz, contribuyendo a la teoría general de la naturaleza de la luz (corpuscular) y demostrando que a través de un prisma, la luz blanca está compuesta por una mezcla de colores. Su obra representativa "Optiks" fué escrita 1704 y sirvió como fuente para varios investigadores que continuaron con investigaciones acerca de la naturaleza de la luz.²⁶

En el año 1798 el astrónomo Sir Frederick William Herschel concluyó que existía una parte de espectro de luz con temperaturas más elevadas e invisible al ojo humano, actualmente llamados rayos infrarrojos y utilizados en las comunicaciones ópticas. En nombre a éste descubrimiento fué bautizado el telescopio espacial de infrarrojos.²⁷

En 1841, Daniel Colladon y Jacques Babinet, haciendo uso de la reflexión interna total, justificaron que era posible guiar la luz a través del agua a pesar de las pérdidas elevadas. También realizaron pruebas sobre varillas de vidrio y fibras de cuarzo. (4) Esta nueva idea, estimuló el estudio de guiar la luz a través de un medio con atenuaciones mínimas. En consecuencia, en 1956 el físico Narinder Singh Kapany también conocido como el padre de la fibra, realizó investigaciones para poder crear un material que pudiera guiar la luz y desarrolló la primera fibra que transportaba la información a una distancia no mayor a 9 metros y en 1965, el físico Manfred Börner, desarrolló una fibra a base de cristal de silicio de alta pureza (material base de la fibra de hoy en día) con pérdidas inferiores a 20 dB por Kilómetro.²⁸

Después de aproximadamente un siglo, los Laboratorios Bell (hoy laboratorios de la empresa Alcatel Lucent) desarrolló el láser de semiconductores y los métodos de fabricación de fibras ópticas. Completando así con los elementos básicos para las primeras comunicaciones por fibra óptica.²⁹

²⁶ Consejo Superior de Investigaciones Científicas - CSIS. Museo Virtual de la Ciencia. Isaac Newton. Publicado en el año 2006. <<http://museovirtual.csic.es/salas/luz/luz26.htm>>

²⁷ Astromia. El arcoíris de Newton. <<http://www.astromia.com/astronomia/newtonluz.htm>>

²⁸ Tevelec. History. <http://www.tevelec.com/history>

Think Big. Hacemos un repaso a fondo de los personajes e hitos que hicieron posible que, a día de hoy, podamos disfrutar de Internet de alta velocidad. Publicado el 18 de Junio de 2013. <<http://blogthinkbig.com/fibra-optica-origen/>>

²⁹ El blog de Promax. HISTORIA DE LA FIBRA ÓPTICA (I): Orígenes. Publicado el 20 de Diciembre de 2013. <https://blogdepromax.wordpress.com/2013/12/20/historia-de-la-fibra-optica-i-origenes/>

A partir del año 1975 se inició la comunicación por fibra de manera comercial. El Mando Norteamericano de Defensa Aeroespacial conectó su sistema informático a través de fibra.³⁰

Posteriormente Bell Labs instaló cables subterráneos de 2,4 kilómetros interconectando dos oficinas de conmutación en la ciudad de Chicago; las fibras transportaban información de voz, datos y video y cada fibra tenía la capacidad de transportar el correspondiente a 672 canales de voz y pérdidas aproximadas de 2 dB por kilómetro.³¹

Con los avances en nuevos láseres, las pérdidas se redujeron has en 0,5 dB por kilómetro, lo que permitió, como a Estados Unidos, extender fibra a nivel nacional y comunicar a todo el país.

Nuevamente, en 1988 la idea de mejorar el material que guía la luz y transmitir la señal en la ventana de 1550 logró que las pérdidas fueran mínimas y aumentar velocidad de datos para no necesitar amplificar la señal hasta en 128 km. De ésta menara se pudo interconectar por primera vez a través de fibra dos continentes: Europa y América.³²

Laboratorios Bells, otra vez con sus grandes aportes, transmite en 1990 una señal de 2,5 GGb/s a través de 7500 km sin un regenerador, y en 1998 gracias a multiplexación por división de longitud de onda (WDM) alcanzó una velocidad ed transmisión de 100 Gb por segundo.³³

³⁰ El blog de Promax. HISTORIA DE LA FIBRA ÓPTICA (I): Orígenes. Publicado el 20 de Diciembre de 2013. <https://blogdepromax.wordpress.com/2013/12/20/historia-de-la-fibra-optica-i-origenes/>

³¹ El blog de Promax. HISTORIA DE LA FIBRA ÓPTICA (I): Orígenes. Publicado el 20 de Diciembre de 2013. <https://blogdepromax.wordpress.com/2013/12/20/historia-de-la-fibra-optica-i-origenes/>

³² El blog de Promax. HISTORIA DE LA FIBRA ÓPTICA (I): Orígenes. Publicado el 20 de Diciembre de 2013. <https://blogdepromax.wordpress.com/2013/12/20/historia-de-la-fibra-optica-i-origenes/>

³³ El blog de Promax. HISTORIA DE LA FIBRA ÓPTICA (I): Orígenes. Publicado el 20 de Diciembre de 2013. <https://blogdepromax.wordpress.com/2013/12/20/historia-de-la-fibra-optica-i-origenes/>

5.3 REDES ÓPTICAS

La red óptica es una red interconectada por fibra que permite transmitir datos entre nodos por medio de canales ópticos a velocidades más altas que las redes por cable. Las antiguas redes eran eléctricas, lo cual para la integración de una red óptica conlleva a realizar conversiones óptico – eléctrica y viceversa.

Los principales componentes de una red óptica son:

5.3.1 Fuentes ópticas

Convierten señal eléctrica en señales ópticas y las emite.

5.3.2 Fotodetectores

Convierten las señales ópticas en eléctricas.

5.3.3 OLTs

Multiplexan varias longitudes de onda en una sola fibra. Demultiplexan una señal WDM en longitudes de onda individuales. Se necesitan en cada extremo de un enlace punto a punto.

5.3.4 Amplificadores

Debido a que la señal sufre pérdida por los diferentes componentes y propiedades de la fibra, los amplificadores son los encargados de mejorar la potencia de la señal degradada.

5.3.5 OADM

Es un elemento de la capa óptica encargada de extraer y/o insertar fracciones de longitudes de onda mientras otras son reencaminadas a otros destinos.

5.3.6 OXC

Realizar una función similar a los OADM pero a mayor escala. Tienen conversores de longitud de onda y filtros.

5.3.7 Medio de transmisión

Fibra óptica, la cual se explicará en el ítem

5.4 TOPOLOGÍAS DE RED

La topología de una red es la estructura como está formada una red, puede ser de manera lógica o física. Está compuesta por nodos que se enlazan entre si y dependiendo de su forma se pueden clasificar en 4 tipos básicos: malla, bus, anillo y estrella.

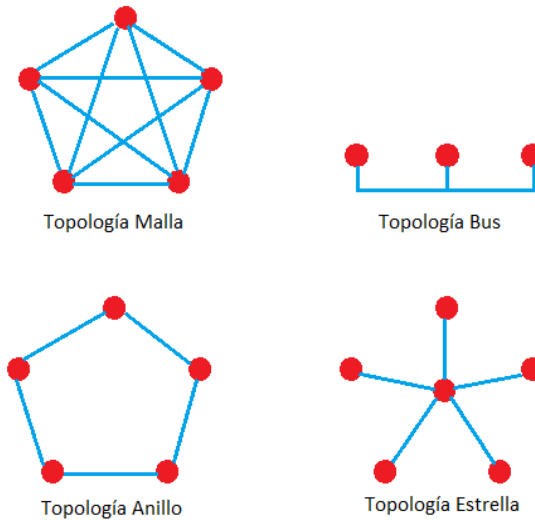


Figura 10. Tipos básicos de topología.

5.4.1 Topología en Malla:

En esta topología todos los nodos se encuentran interconectados entre sí, formando un enlace punto a punto dedicado, permitiendo el tráfico solo entre los dos puntos que conecta, como ejemplo está la figura 10. Una de las ventajas que presenta esta topología es que el tráfico solo maneja la carga propia de los dispositivos conectados, evitando el sobrecargo por conexiones de uso compartido. Otras de las ventajas que ofrece la red, es que la falla de un enlace no afecta a toda la red y es una red con más seguridad. Cuando un mensaje viaja a través de una línea dedicada, solamente lo ve el receptor, sin intermedios.

5.4.2 Topología en Estrella

En la topología en estrella todos los dispositivos se conectan a uno solo punto llamado concentrador, por lo tanto no permite el tráfico directo entre dispositivos si no que todo pasa a través de él. Cada dispositivo necesita solo un enlace de entrada y uno de salida. Las ventajas que presenta esta topología son el precio porque requiere menos cableado y la instalación y configuración son más fáciles. Si un enlace falla, no inhabilita todo el sistema.

5.4.3 Topología en Bus

Una topología de bus es multipunto. Un cable largo actúa como una red troncal que conecta todos los dispositivos en la red. Una de las ventajas es la sencillez de la instalación. El cable troncal puede tenderse por el camino más eficiente y todos los nodos se conectan al mismo. De esta forma se puede conseguir que un bus use menos cable que una malla o una estrella.

5.4.4 Topología en Anillo

En una topología de anillo cada dispositivo tiene dos conexiones, cada uno con su dispositivo adyacente formando al final un anillo como se puede apreciar en la figura 10. La señal pasa a lo largo del anillo en una dirección, de dispositivo en dispositivo, hasta que alcanza su destino.³⁴

De acuerdo a la información suministrada por el cliente, el tipo de topología para aplicar a la red es de Anillo.

5.5 FIBRA ÓPTICA

Es un filamento compuesto por polímeros acrílicos como el vidrio que posee diámetro en decímetros. A través de dicho filamento, se transmiten haces de luz de un extremo a otro que en el campo de las telecomunicaciones representan los datos a transmitir. Su principal función es permitir el paso de la información por medio de los impulsos de luz sin mayores pérdidas, a altas velocidades y a largas distancias. Para cumplir con dichos requerimientos, la fibra óptica es el compuesto de hacer uso de las propiedades de la refracción y reflexión y a través de los materiales (vidrio).³⁵

El haz de luz, viaja a través de la fibra óptica adecuada para que gracias las leyes de la óptica geométrica (refracción y reflexión) y la ley de Snell a través del medio llegue al otro extremo con las menores pérdidas.³⁶

³⁴ Definición de. Definición de Topología. <<http://definicion.de/topologia/>>

Blog Informático. Topología de red: malla, estrella, árbol, bus y anillo. Publicado el 06 de Mayo de 2007. <<http://www.bloginformatico.com/topologia-de-red.php>>

³⁵ Ministerio de la Información y las Comunicaciones. El plan Vive Digital. El ABC de la Fibra Óptica. <<http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-5342.html>>

³⁶ Ministerio de la Información y las Comunicaciones. El plan Vive Digital. El ABC de la Fibra Óptica. <<http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-5342.html>>

Cada hilo de fibra óptica está compuesto por un núcleo, un revestimiento y un recubrimiento, uno adentro del otro.³⁷

La fibra tiene tres partes principales, núcleo que es medio principal por el cual rebota y viaja el impulso de luz a lo largo de la fibra, El revestimiento que está compuesto de un material diferente al núcleo para poder cumplir su función de barrea para el impulso de luz y finalmente está el recubrimiento con la función de proteger y cubrir la fibra de los medios externos. También posee otros revestimientos encargados de proteger a la fibra de golpes, factores climáticos y otras exposiciones que puedan alterar las propiedades del núcleo y en consecuencia de la información.³⁸

Sin embargo, aunque la fibra óptica ofrece diversos beneficios como medio de transmisión, para una red de transporte óptico se necesitan elementos como conversores eléctricos-ópticos-eléctricos.

5.5.1 Funcionamiento de la Fibra Óptica

El principio de funcionamiento es que el haz de luz se transmita a través del núcleo sin pasar el revestimiento reflejándose en las paredes. Es posible teniendo en cuenta que el ángulo de incidencia del emisor de luz sea mayor que el ángulo límite y que el índice de refracción del núcleo sea mayor que la del revestimiento.³⁹

Las ventajas al utilizar la fibra óptica son considerables. Para tener un punto de comparación se tomarán como muestra el cobre (mayor medio de transmisión). Las diferencias se pueden apreciar en la siguiente tabla:

³⁷ Ministerio de la Información y las Comunicaciones. El plan Vive Digital. El ABC de la Fibra Óptica. <<http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-5342.html>>

³⁸ Ministerio de la Información y las Comunicaciones. El plan Vive Digital. El ABC de la Fibra Óptica. <<http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-5342.html>>

³⁹ Ministerio de la Información y las Comunicaciones. El plan Vive Digital. El ABC de la Fibra Óptica. <<http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-5342.html>>

Cobre	FIBRA	Observación
El cobre está en un entorno electromagnético y las señales sufren interferencias que se ven reflejadas en pérdida de información.	El entorno electromagnético no afecta los haces de luz debido a que son de naturaleza diferente.	
Velocidad máxima de Transmisión alcanzada 100Mbps	Velocidad máxima de Transmisión alcanzada 1,4 Tbps ⁴⁰	Actualmente se están desarrollando métodos de fabricación más óptimos con materiales mejorados a fin de aumentar la velocidad.
El cobre sufre de grandes pérdidas por interferencia, sin embargo puede ser resuelto con regeneradores. Aunque éstos, aumentan el costo de la red	Al tener menores pérdidas por longitud que el cobre, la fibra permite tramos de millas sin pérdidas de la información.	Actualmente el tramo más largo de fibra óptica es de 118 km (entre Mallorca e Ibiza)
Posee alta resistencia al medio ambiente	Aunque cuenta con un recubrimiento que lo cubre del medio externo, las fibras son frágiles.	
Los empalmes de cobre son fáciles de hacer.	Los empalmes de fibra requieren de un procedimiento minucioso, lo que lo hace difícil en campo y por consiguiente las reparaciones	
El cobre por ser un metal, con una masa atómica 63.54; posee la desventaja que en grandes longitudes pesa demasiado.	Es menos pesada que el cobre, y esto a gran escala, marca una diferencia notable.	
Tiene un mayor costo de adquisición en el mercado	Tiene un costo menor que el del cobre	

Tabla1. Tabla comparativa de Fibra Óptica vs Cobre.

5.5.2 Tipos de Fibra

Como se ha mencionado anteriormente, un haz de luz viaja a través de la fibra óptica. De acuerdo a la trayectoria (modo de propagación) se puede realizar la siguiente clasificación:

5.5.2.1 Monomodo

⁴⁰ Telesemana. Alcatel-Lucent y BT alcanzan velocidades de 1,4 Tbps sobre fibra óptica. Publicado el 23 de Enero de 2014. <http://www.telesemana.com/blog/2014/01/23/alcatel-lucent-y-bt-alcanzan-velocidades-de-14-tbps-sobre-fibra-optica/>

Se construye con un núcleo muy pequeño (en el orden de los micrones) con el fin de que exista un solo modo de propagación. De ésta manera y a diferencia de las fibras multimodo, se pueden conseguir grandes distancias de fibra (hasta 400km)

5.5.2.2 **Multimodo**

La característica esencial de las fibras multimodo es el grosor de su diámetro. Su índice de refracción en el núcleo es mayor que el de una fibra Monomodo y a su vez, el índice del núcleo y el revestimiento es el mismo. Los haces de luz tienen más de un modo de propagación. Usualmente se utilizan para distancias cortas a 2 km.

De acuerdo a los índices de refracción del núcleo, las fibras multimodo se puedan clasificar en dos tipos: índice escalonado e índice gradual.

Índice escalonado: El índice de refracción a lo largo y ancho del núcleo es la misma. Presenta alta dispersión modal

Índice gradual: A medida que se acerca al centro del núcleo, el índice de refracción varía.

41

5.5.3 Pérdidas

5.5.3.1 **Pérdidas por absorción:**

Se dan por la impureza de los materiales que absorben la luz y las convierten en energía calorífica. Están en el orden de 1 a 1000 db/km

5.5.3.2 **Pérdida de Rayleigh:**

Durante la fabricación de la fibra óptica, quedan huecos por donde la luz se dispersa y crea pérdidas.

⁴¹ Ministerio de la Información y las Comunicaciones. El plan Vive Digital. El ABC de la Fibra Óptica.
<<http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-5342.html>>

5.5.3.3 Dispersión cromática:

Son únicas de las fibras Monomodo y ocurre cuando los haces de luz llegan a destiempo al otro extremo.

5.5.3.4 Pérdidas por radiación:

Se presentan cuando la fibra tiene dobleces

5.5.3.5 Dispersión modal:

Es cuando los rayos de luz llegan en tiempos diferentes justificados por las diferentes trayectorias que toman los haces de luz

5.5.3.6 Pérdidas por acoplamiento:

Son pérdidas causadas por los empalmes de fibra óptica.

42

5.6 EMISORES DE LUZ

Son dispositivos que convierten una señal eléctrica en una señal una señal luminosa y la emiten. Existen dos tipos de emisores de luz.

Tipo Emisor	Ventajas	Desventajas	Observaciones
LASER	* Son más rápidos que los leds * Tiene un tiempo de vida útil más larga. * Se emplean en Fibra multimodo y Monomodo.	* Su uso no es tan fácil como los LEDs * Son más costosos que los LEDs	Trabaja con una corriente de 5 a 40 ma
LED	* Tienen bien tiempo de vida. * El costo es bajo	* Emplean velocidades más lentas. * Solo se utilizan en fibras Monomodo	Trabaja con una corriente de 50 a 100 ma

Tabla 2. Tabla comparativa Laser vs LED ⁴³

⁴² Zurimitzagui. Pérdida en los cables de Fibra Óptica. Publicado el lunes 15 de Marzo de 2012.

<<http://zurimitzagui.blogspot.com/2012/03/perdida-en-los-cables-de-fibra-optica.html>>

5.7 CONVERSORES O FOTODETECTORES

Recibe y convierten las señales ópticas en señales eléctricas. Existe el PIN y APD.

5.8 RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Son ondas de energía producidas por la vibración de las partículas cargadas que tienen propiedades eléctricas y magnéticas y viajan a través del vacío. Las ondas son distribuidas en un espectro y va desde los rayos gamma hasta las ondas de radio.

Las ondas tienen crestas y depresiones y la distancia entre las crestas se le denomina longitud de onda. La cantidad de crestas que pasan durante un segundo, es la frecuencia de onda (Hertz). Si la frecuencia es más baja, mayor es la energía.

Las ondas electromagnéticas interactúan con las partículas y los datos de múltiples de longitudes de onda ayudan a los científicos a estudiar todo tipo de fenómenos. Todo lo que nos rodea, emite, refleja y absorbe la radiación electromagnética de manera diferente de acuerdo a la composición del material.⁴⁴

⁴³ Emisores y Detectores. < http://www.info-ab.uclm.es/labeledec/solar/Comunicacion/Fibra_optica/emisores.htm>

⁴⁴ Teleformación. Ondas Electromagnéticas.
<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Ondasbachillerato/ondasEM/ondasEleMag_indice.htm>

PARTE 3

6 ASPECTOS SOCIODEMOGRÁFICOS DEPARTAMENTO DE SANTANDER Y NORTE DE SANTANDER

De acuerdo a la información suministrada por el DANE, en el 2013 el departamento de Santander tenía 1654 personas en edad para trabajar equivalentes al 81% del total de la población y de los cuales 1061 están empleados.

Para el departamento del Norte de Santander tenía 1038 personas en edad para trabajar correspondiente al 77,9% de la población total y 556 personas con empleo que equivale al 53% de la población en edad para trabajar.

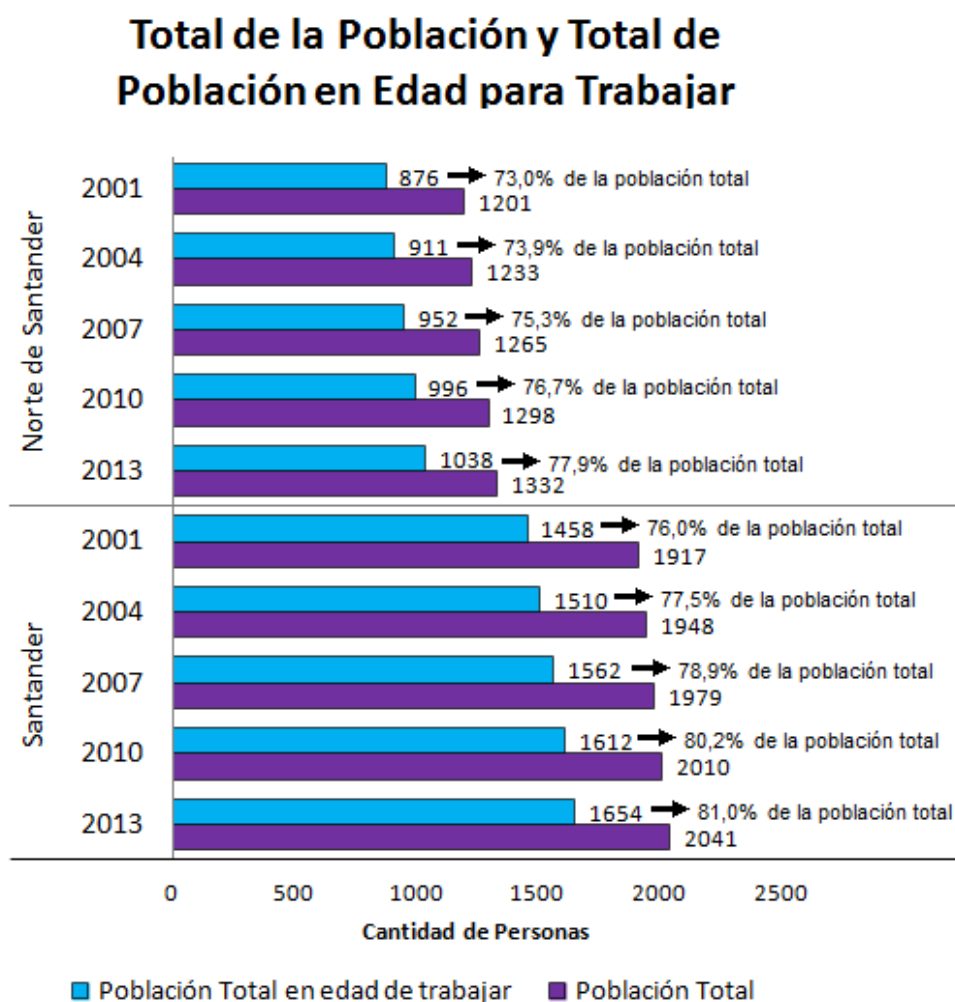


Figura 11. Cantidad de población en edad para trabajar Departamento de Santander y norte de Santander.

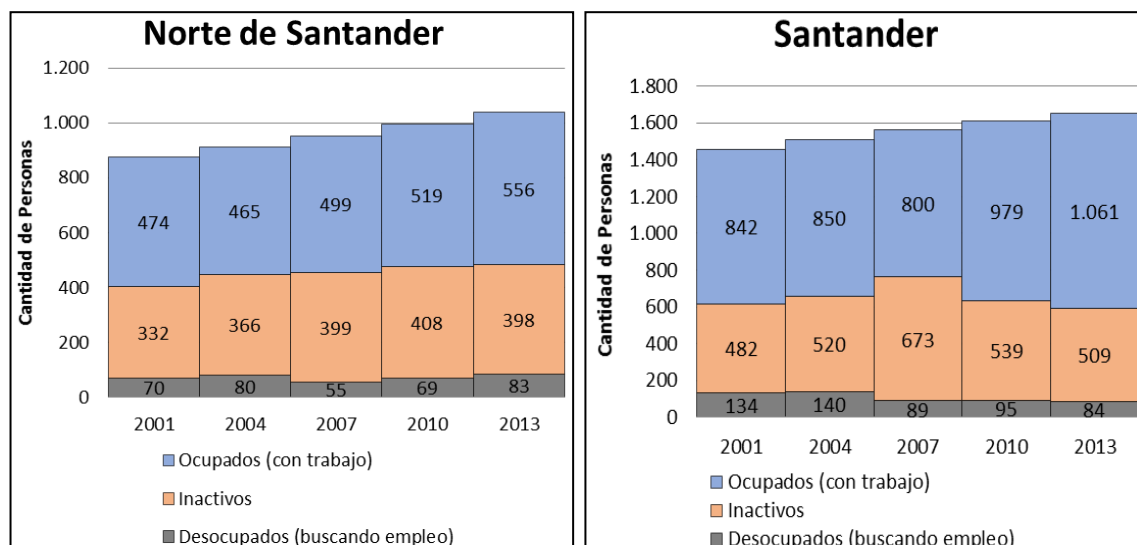


Figura 12. Promedio de personas desocupadas, inactivas y ocupados en Norte de Santander y Santander.

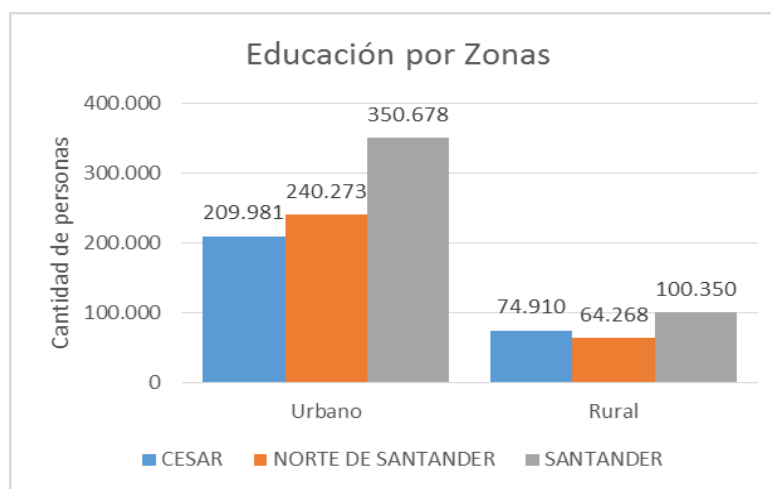


Figura 13. Cantidad de personas que tienen educación – por zonas.

Teniendo en cuenta las estadísticas tomadas por el DANE, en los departamentos de Cesar, Santander y Norte de Santander, en promedio el 23 % de la población estudia en zonas rurales y el resto en zona urbana. ⁴⁵

⁴⁵ DANE. Estadísticas de educación.

http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/MProyeccionesMunicipalesedadsexo.pdf

En este sentido, la solución objeto de estudio en esta monografía permitirá ampliar las oportunidades para las personas con sientto en las poblaciones de los departamentos objeto de estudio, mediante una infraestructura tecnológica que facilite el acceso a la información y, de tal forma que propicie el desarrollo de la región. A pesar que la monografía se limita al diseño y puesta en marcha de una topología de red, desde el punto de vista de transmisión, esta servirá como punto de partida para el despliegue de un sin número de servicios que impactarán positivamente a la población.

PARTE 4

7 ESTADO ACTUAL DE LAS COMUNICACIONES EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER Y NORTE DE SANTANDER

La evolución de la sociedad hacia un nuevo mundo de tecnología, investigación y desarrollo, ha llevado a las TIC a establecer una serie de beneficios que en primera instancia ubican a las comunidades marginales como base de estudio para lograr gestionar en todo el mundo la flexibilidad y diversidad de información.⁴⁶

De acuerdo a la información suministrada por el Ministerio de la Tecnología de la información y las Comunicaciones, el porcentaje de penetración a nivel nacional ha tenido un crecimiento del 3% en el último año y sigue con tendencia al alta. El crecimiento se debe a los grandes esfuerzos del Ministerio por llevar conexión de fibra óptica todos los municipios de Colombia y al de los operadores por ampliar su infraestructura y así mismo sus abonados.

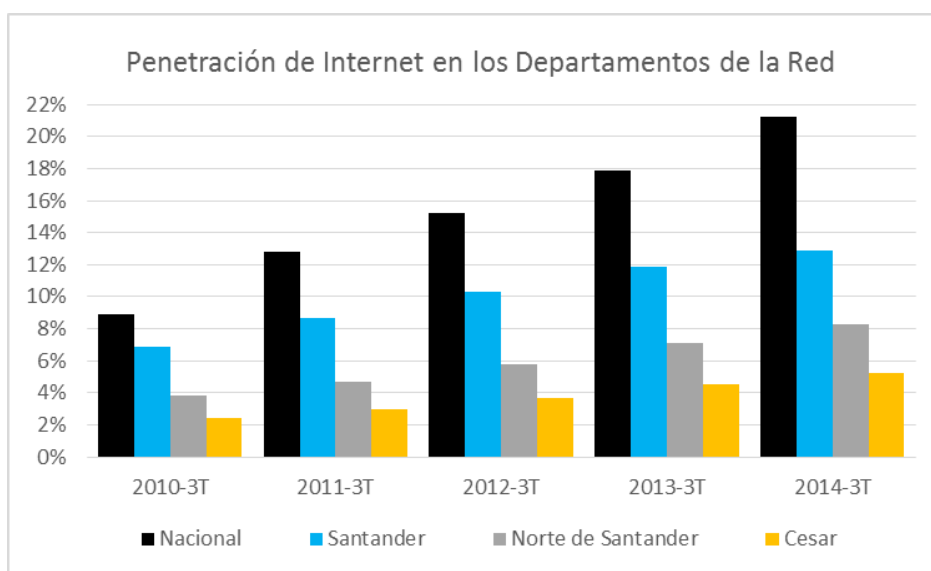


Figura 14. Porcentaje de penetración de internet en los departamentos de Santander y Norte de Santander.
Gráfica generada con los datos suministrados por el Min Tic.

Aunque el porcentaje de penetración va en crecimiento, el nivel nacional aún no ha llegado al 25% de la población. El departamento de Santander con 13% de penetración, es el departamento con mayor porcentaje, seguido de Norte de Santander y finalmente Cesar, los tres, por debajo del porcentaje nacional.

⁴⁶ A History of the Society on Social Implications of Technology 1981-2009: Some Themes and Activities.pdf

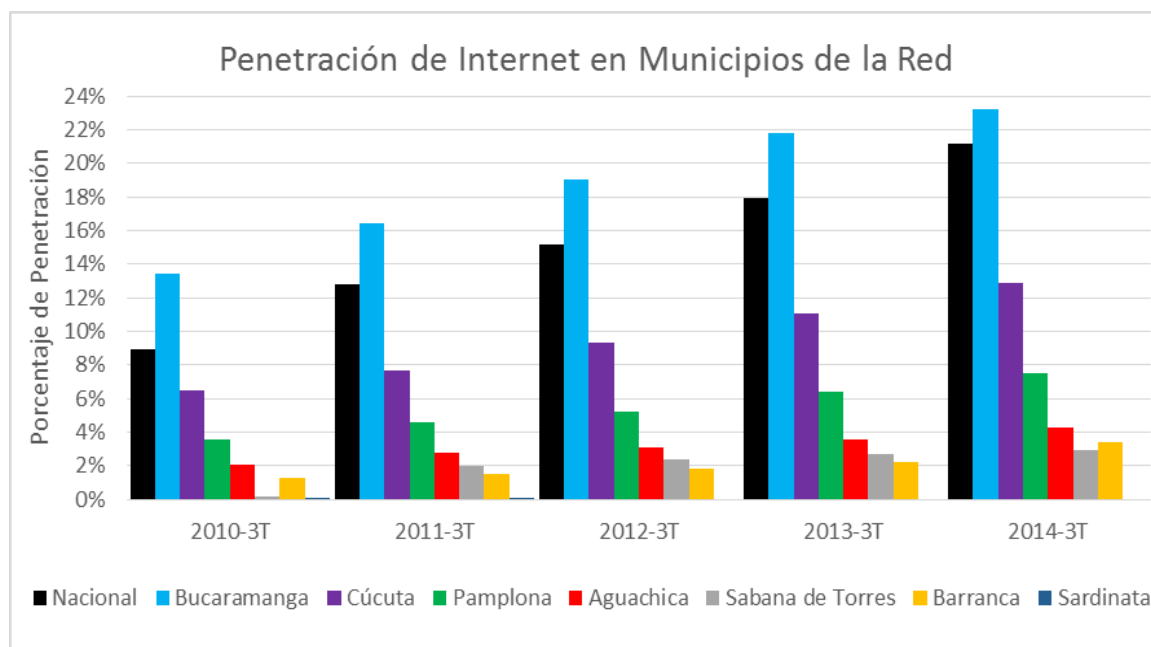


Figura 15. Porcentaje de penetración de internet en los municipios de Bucaramanga, Cúcuta, Pamplona, Aguachica, Sabana de Torres, Barranca y Sardinata.
Gráfica generada con los datos suministrados por el Min Tic.

Los niveles municipales están aún más por debajo que el nivel Nacional, excepto el caso de Bucaramanga que por ser ciudad capital, tiene gran inversión de infraestructura por parte de los operadores y el gobierno.

De acuerdo al Informe Encrucijadas # 48 de la Universidad de Buenos Aires, resume el impacto de las TIC como factor de inclusión de zonas rurales marginales. En la actualidad Existe una estrecha relación entre el acceso a la información y la mejora de la calidad de vida. Por ejemplo, un campesino que se dedica a la siembra de arroz, si tuviera acceso a internet, podría consultar el valor del arroz en diversas tiendas y adquirir la mejor según su interés. Las bibliotecas virtuales, cursos online y videoconferencias son herramientas que ayudan a la educación en las zonas campesinas. En el aspecto comercial, el acceso libre a la información que propone Internet mejora la capacidad de negociación de las personas geográficamente aisladas al vender y adquirir productos.⁴⁷

⁴⁷ Universidad de Buenos Aires. Encrucijadas. Las TIC como factor de inclusión de zonas rurales marginales.
<http://www.uba.ar/encrucijadas/48/sumario/enc48-lastic.php>

Un número cada vez mayor de países están explorando la Información y la comunicación (TIC), como motor para el desarrollo comunitario, que se apoya en las actividades socioeconómicas y la capacidad de desarrollo y participación de estas comunidades. Se adiciona, que las TIC buscan la reducción de la brecha digital entre quienes participan activamente en la economía global del conocimiento y aquellos que han sido marginados y excluidos de la participación.

La presencia de las TIC en las comunidades marginadas por lo tanto conduce a una mayor inclusión digital y la participación en la economía global del conocimiento.

PARTE 5

8 REQUERIMIENTOS DEL OPERADOR

El proveedor está interesado en recibir propuestas para contratar el diseño, la fabricación, el transporte, la nacionalización, la instalación y la puesta en funcionamiento de una red DWDM que opere sobre pares de fibra óptica Monomodo estándar G-652 que el mismo posee en la ruta Bucaramanga – Pamplona - Cúcuta – Aguachica - Barranca - Bucaramanga.

El proveedor de servicios de Telecomunicaciones ha realizado una solicitud para ampliar las redes de transporte y brindar mayor cobertura en los departamentos de Santander y Norte de Santander.

Los requerimientos comprenden:

- Suministrar redes de transporte con la capacidad indicada en la matriz de tráfico
- Indicar un cronograma para la ejecución del proyecto en donde se discrimine claramente los tiempos de fabricación de los equipos, transporte y nacionalización, instalación de los equipos, Comisionamiento de los equipos, de tal manera que toda la operación se realice en 110 días.
- En la solicitud, el operador suministra la topología de la red, la distancia entre nodos, la matriz de tráfico y el tipo de fibra (G.652)

Para el operador, el desarrollo de infraestructura en los municipios es clave para el crecimiento de la red y mejorar la calidad del servicio de los usuarios. Es importante resaltar que de acuerdo a lo establecido en la Ley 1341 de 2009, los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones deben ejecutar planes y proyectos para garantizar el buen servicio a los clientes.

PARTE 6

9 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

En la descripción de la solución se presenta las consideraciones para tener en cuenta en el proyecto, la propuesta de diseño, el cronograma de actividades que permite visualizar la planeación del proyecto, la matriz de riesgos y una comparación de los costos normales vs costos con contingencias. En la figura 16 se presenta un diagrama descriptivo de la solución propuesta, en su fase de inicio.

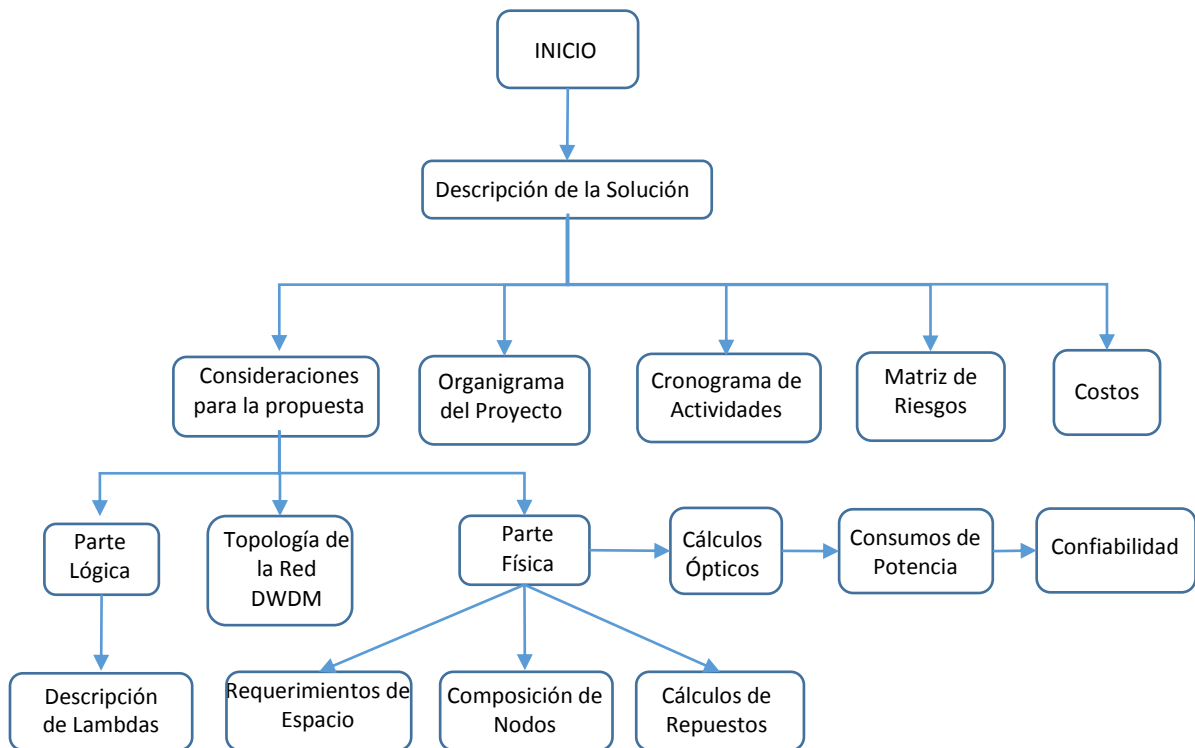


Figura 16. Diagrama de descripción de la solución

La solución WDM es una propuesta de diseño para las redes de Santander y Norte de Santander pertenecientes a un operador de servicios de telecomunicaciones y alta capacidad para atender la demanda de nuevos servicios. La propuesta describe las especificaciones en la topología, dimensionamiento y arquitectura.

La solución propuesta ha sido dimensionada teniendo en cuenta las matrices de interés de tráfico, la topología de la red y los requerimientos mínimos del equipamiento DWDM de cada central, para satisfacer los requerimientos de tráfico iniciales.

La solución ha sido diseñada para soportar 80 longitudes de onda de 40G incluyendo los amplificadores, multiplexores e interleavers requeridos.

El dimensionamiento del sistema ha sido realizado con base a la topología y matrices de tráfico provistas por el proveedor.

Todos los nodos han sido equipados con las partes comunes redundantes (Matrices, controladores, fuentes de potencia, etc).

La solución está basada en la plataforma Alcatel-Lucent 1830PSS-32 de última generación.

9.1 CONSIDERACIONES PARA LA PROPUESTA:

Para la propuesta se ha tenido en cuenta las siguientes consideraciones que van de acuerdo a los productos de Alcatel Lucent y a lo indicado por el cliente:

- Módulos con capacidad de 80λ (lambdas) cada una de 40 G. Sin embargo, como valor agregado, la red está preparada para soportar λ de hasta 100 G.
- Basado en la plataforma de WDM Alcatel-Lucent 1830PSS-32 de última generación.

Se utiliza un margen de potencia de 3dB justificado por pérdidas (de empalmes adicionales de fibra óptica, degradación de los equipos, etc.)

- La fibra óptica es instalada por el operador. La fibra a utilizar cumple con el estándar G.652B.
- La topología de red y matriz de tráfico la suministra el cliente.
- Para ésta propuesta de diseño, el proveedor suministra en el nodo, los puntos de conexión para energización, acometidas eléctricas y puntos de aterrizaje de los equipos.
- Las Obras civiles como canalizaciones para los equipos, acometida Eléctrica, instalación de sistema de tierra, fibra óptica y otros bienes y servicios no especificados explícitamente en el alcance no son responsabilidad de Alcatel Lucent.

9.2 TOPOLOGÍA DE LA RED DWDM

La propuesta de diseño para la red DWDM está basada en la topología suministrada por el operador, la cual comprende:

- Distancias entre nodos. (indicadas en la figura 18)
- Tipo de fibra (G.652)
- Nodos involucrados:
 - CES.AGUACHICA-1
 - NOR.SARDINATA-2
 - CUC.BARRIO.BOGOTA
 - RES.CUCUTA
 - NOR.PAMPLONA-2
 - BUC.BULEVARD
 - RES.BUCARAMANGA
 - RES.BARRANCA
 - SND.SABANA TORRES-1

Figura 17. Ubicación geográfica de los nodos involucrados en la propuesta de diseño (Santander y Norte de Santander)

La topología física es tipo anillo y se observa en la figura 18.



Figura 17. Bosquejo de topología de red con las distancias y nodos implicados.

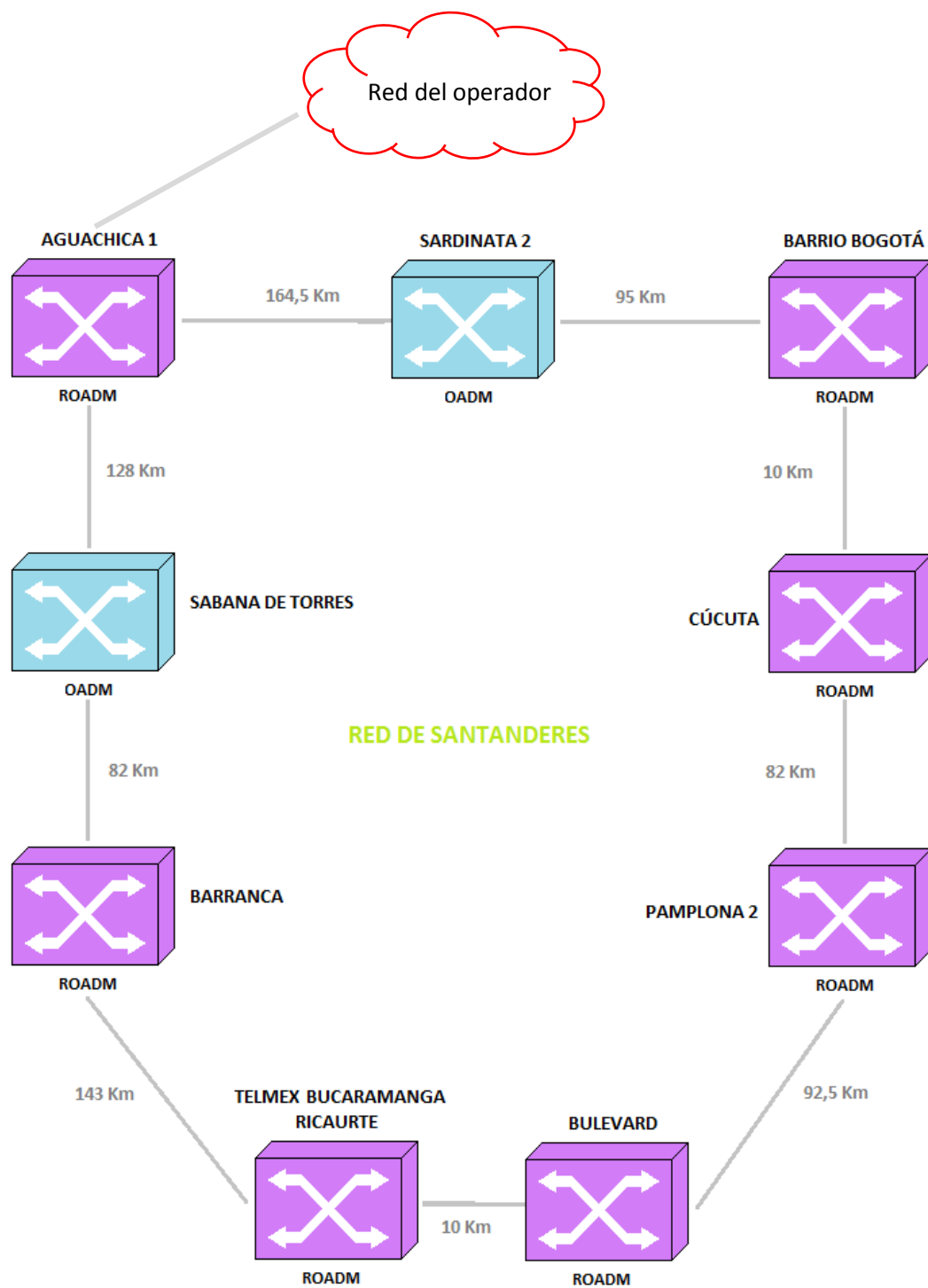


Figura 18. Topología de la red Santander y Norte de Santander

9.3 DESCRIPCIÓN DE LAS LAMDAS (λ)

De acuerdo a la topología de red, a la matriz de tráfico del operador y lo comprendido por los equipos Alcatel-Lucent 1830PSS-32, se proponen las siguientes asignaciones para las longitudes de onda.

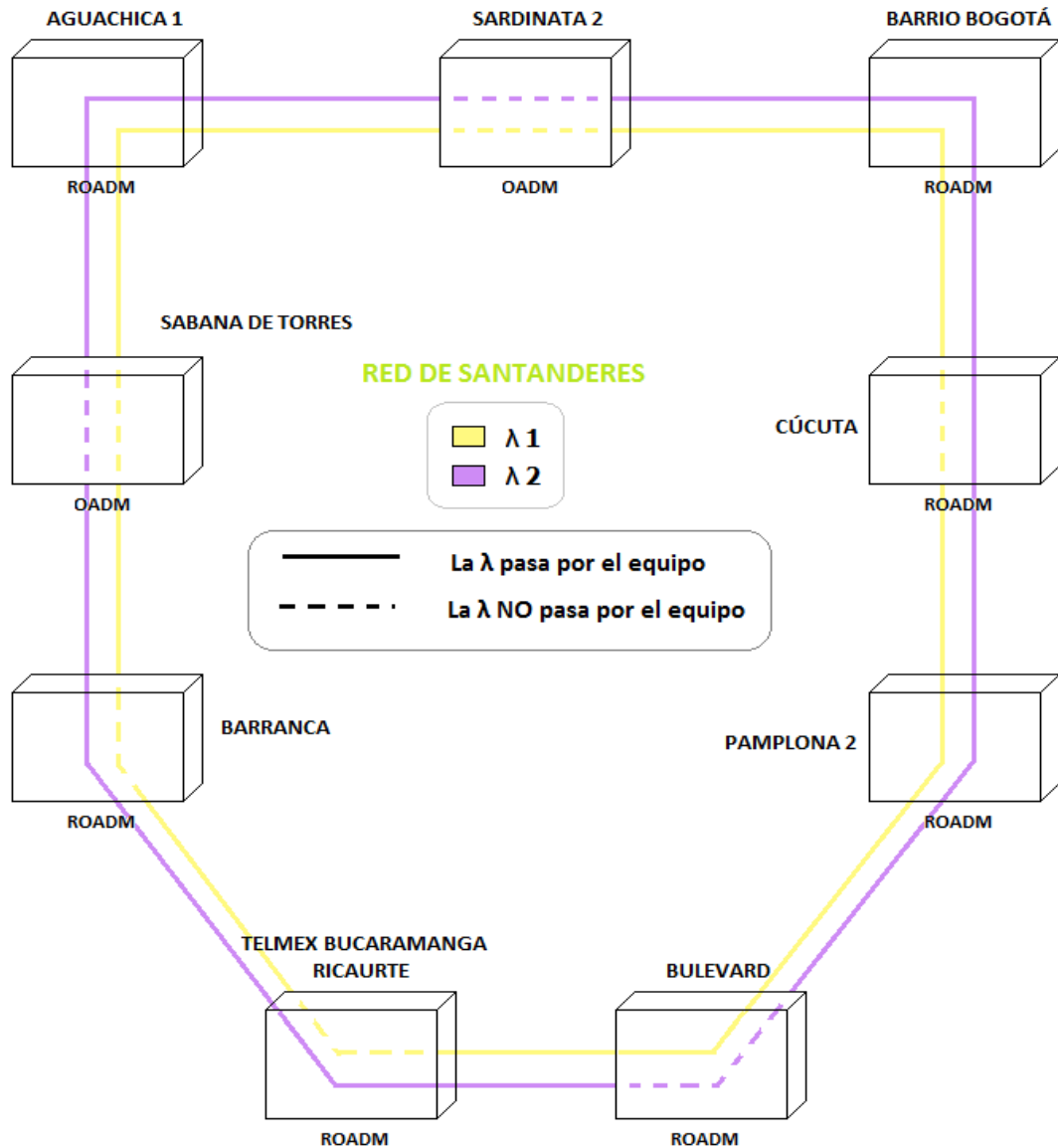


Figura 19. Distribución de Topología de λ en la red Santander y Norte de Santander
La implementación y diseño de las lambdas solicitadas se describen a continuación.

9.3.1 RED SANTANDERES

La figura 3 muestra la matriz de tráfico indicada por el operador para la red Santanderes.

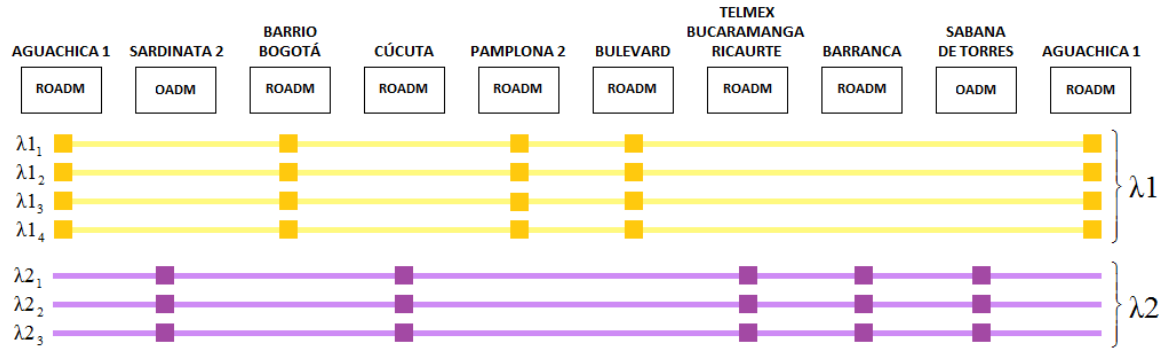


Figura 20. Matriz de tráfico para Santanderes.

Descripción de Lambdas

- **Lambda 1 de 40G**

$$\lambda 1: 40 \text{ G} \left\{ \begin{array}{l} \lambda 1_1 : 8 \times 1 \text{ G} \rightarrow 10 \text{ G} \\ \lambda 1_2 : 4 \times \text{STM } 16 \rightarrow 10 \text{ G} \\ \lambda 1_3 : 10 \text{ G} \\ \lambda 1_4 : 10 \text{ G} \end{array} \right\}$$

La lambda 1 de 40G que agrega las lambdas 1 – 4 hace add/drop en los nodos:

- BUC.Bulevard
- NOR.Pamplona-2
- CUC.Barrio Bogotá
- CES.Aguachica-1

- **Sub-lambda λ_{1_1} y λ_{1_2}**

La sub-lambda 1 de 8xGE y la sub-lambda 2 de 4xSTM-16 han sido agregadas en una lambda de 40G transportadas en el sistema. La lambda de 40G se ha implementado mediante el muxponder de 40G 4x10G Mux, Coherent .

Las interfaces de cliente de menor capacidad se han implementado mediante una doble multiplexación de muxponder de 12xAny 11DPM12 11G Dual Port Pluggable Multirate Mux (12 universal clients) y muxponder de 40G 43SCX4 4x10G Mux, Coherent el cual soporta diversos tipos de tráfico, entre ellos STM-16 y 1GbE para cumplir con el requerimiento dado por el operador.

Cada uno de estos transponders se conecta a uno de los 4 puertos de 10G del muxponder de 40G para transportar el tráfico en la red.

- **Sub-lambda λ_{1_3} y λ_{1_4}**

Las sub-lambdas 3-4 transportan servicios de 10G con interfaces cliente 10GE. La lambda se implementa agregando los XFP de 10GE al muxponder de 40G 43SCX4 4x10G Mux, Coherent, completando de esta forma la capacidad de transporte de la lambda de 40G

- **Esquema de implementación.**

El esquema de implementación de las Sub-lambdas se indica en la figura 16.

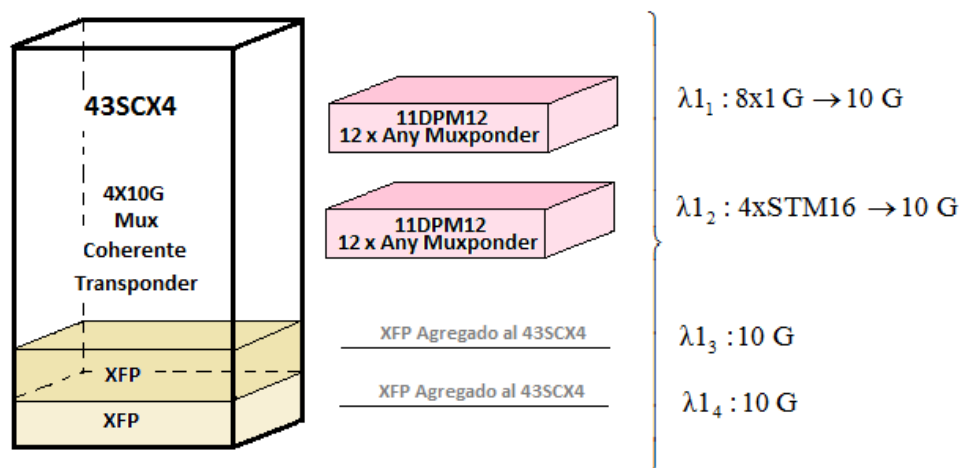


Figura 21. Esquema de implementación sub lambda 1.

- **Lambda 2 de 40G**

$$\lambda 2 : 40 \text{ G} \left\{ \begin{array}{l} \lambda 2_1 : 2 \times 10 \text{ G} \rightarrow 10 \text{ G} \\ \lambda 2_2 : 2 \times 10 \text{ G} \rightarrow 10 \text{ G} \\ \lambda 2_3 : 8 \times 1 \text{ G} \rightarrow 10 \text{ G} \end{array} \right\}$$

La lambda 2 hace add/drop en los nodos:

- Sardinata
- RES.Cúcuta
- RES.Barranca
- Bucaramanga Ricaurte
- Sabana de Torres

Adicionalmente la lambda 2 se regenera únicamente en el nodo CES-Aguachica-1.

- **Sub-lambda** $\lambda 2_1$, $\lambda 2_2$ y $\lambda 2_3$

La lambda 2 es una lambda de 40G que transportan 2 servicios de 10G y un servicio de 10G con interfaces 8xGE. La lambda se implementa mediante el muxponder de 40G 43SCX4 4x10G Mux, Coherent.

- **Esquema de implementación.**

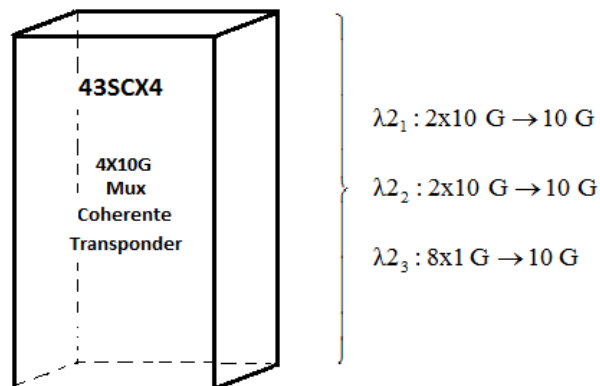


Figura 22. Esquema de implementación sub lambda 2.

9.4 REQUERIMIENTOS DE ESPACIO

La cantidad de sub-bastidores y racks ETSI utilizados para los equipos DWDM se indican a continuación

NODO	SUB-BASTIDORES	RACKS ETSI
BUC.Bulevard	2	2
NOR.Pamplona-2	3	2
RES. Cúcuta	2	2
CUC.Barrio Bogotá	2	2
NOR.Sardinata-2	2	2
CES.Aguachica-1	3	2
SDN. Sabana torres-1	2	2
RES.Barranca	3	2
RES.Bucaramanga	2	2

Tabla 3. Sub-bastidores y Racks ETSI de equipos DWDM

9.5 COMPOSICIÓN NODOS

Cada nodo está compuesto por los siguientes elementos y sus accesorios. La tabla 12 describe el listado total de materiales consumibles y hardware a implementar por cada nodo.

1830PSS-32 Shelf para Lambda 1:

- Controladora
- Amplificadores
- WSS ROADM
- Fuente de Potencia
- Transponders 100G/40G/10G

Código	Material	UMB	CUC.Barrio Bogota	BUC.Bulevar	NOR.Sardinata-2	RES.Bucaramanga Ricaurte	RES.Barranca	RES.Cúcuta	CES.Aguachica-2	NOR.Pamplona-2	SND.Sabana Torres-1	Total
8DG59605AB	Main Shelf Kit PSS-32, High Capacity Fan (incl. COSHF, USRPNL, FAN32H, TIBNKx2)	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
8DG59606AB	Extension Shelf Kit PSS-32, High Capacity Fan (incl COSHF, UPBNK, FAN32H, TIBN	U	1	1	1	1	1	1	2	1	1	10
3AN44816AA	ETSI 300 x 600 mm Rack	U	1	1	1	1	1	1	2	1	1	10
8DG59604AC	CO Shelf Installation Kit (ETSI Rack)	U	2	2	2	2	2	2	3	2	2	19
1AD151940001	Attenuation Drawer (1U)	U	1	1	0	1	0	1	1	0	0	5
8DG59417AB	DCM Shelf (ETSI/ANSI)	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
8DG59603AA	OMD Installation Kit (EIA, ANSI, or ETSI)	U	4	4	3	4	4	4	6	4	2	35
1AD151930001	Fiber Storage Tray Kit	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
8DG60129AA	PSS32 ETSI COVER KIT	U	2	2	2	2	2	2	3	2	2	19
8DG60130AC	OMD Cover Kit (ETSI)	U	4	4	3	4	4	4	6	4	2	35
8DG60131AC	DCM Cover kit (ETSI)	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
8DG59241AD	Equipment Controller (16GB)	U	4	4	4	4	4	4	6	4	4	38
8DG59242BB	DC Power Filter (50A) w/ V Monitoring	U	4	4	4	4	4	4	6	4	4	38
1AF17443AAAA	Power Distribution Unit - ETSI (2 input, 6 output)	U	1	1	1	1	1	1	2	1	1	10
1AD094650001	Breaker Toggle	U	4	4	4	4	4	4	6	4	4	38
1AB017500078	Breaker, 63A	U	4	4	4	4	4	4	6	4	4	38
8DG60323AA	Wavelength Tracker Enhanced w/ OCM	U	1	1	1	1	1	1	2	1	1	10
8DG59418AA	Full Slot Blank - PSS32, PSS-16, PSS-4	U	13	13	12	16	16	17	13	13	13	126
8DG59419AA	Half Slot Blank	U	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
8DG59443AA	Half Slot Adapter	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
8DG59613AA	1830 Tool Kit (incl SFPTL, LCTL, HSLADTL, HSLADDRV)	U	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
8DG59827AB	8 channel wavelength router - Add side	U	2	2	2	2	2	2	3	2	2	19
8DG59248AA	44 Channel Optical Mux/Demux	U	2	2	2	2	2	2	3	2	2	19
8DG59857AA	44 Channel Optical Mux/Demux - 50GHz offset	U	2	2	1	2	2	2	3	2	0	16
8DG59841AB	88 Channel Interleaver (unidirectional)	U	2	2	2	2	2	2	3	2	2	19
8DG60242AA	Amplifier, 23dB	U	0	2	2	0	0	0	2	2	2	10
8DG60567AA	Long Haul - 2 pump Raman, no mid-stage access	U	0	0	0	1	1	0	1	0	0	3
8DG60912AA	Medium Variable Gain AMP w/o DCM access	U	4	2	2	4	4	4	4	2	2	28
1AC043850003	Cable Multicore 2 pares	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1AC016760003	Cable Multicore 4 pares	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1AB215120056	Duplex Jumper (3.5m) - ETSI (SM for internal connections)	U	3	5	5	3	3	3	7	5	5	39
1AB215120078	Simplex Jumper (3.5m) - ETSI	U	22	18	17	23	23	22	37	18	14	194
1AB215120076	JUMPER (155MM)	U	0	2	2	0	0	0	2	2	2	10
8DG60320AA	43G Single Port Tunable Mux Coherent (4 client)	U	2	2	2	2	2	2	4	2	2	20
8DG59828AA**	11G Dual Port Pluggable Multirate Mux (12 universal clients)	U	4	4	0	0	0	0	6	4	0	26
1AB375380002	XFP I-64.1/10GBE BASE-LX (B&W Multirate 11G (STM64/OC-192/OTU-2/10GBASE-L	U	8	8	8	8	8	8	16	8	8	80
1AB373120001	OC3/STM1 APD SFP (1510nm) with DDM	U	1	1	0	1	1	2	1	1	1	9
1AB373120002	OC3/STM1 APD ULHSFP (1510nm)	U	1	1	1	1	1	0	0	1	0	6
1AB373120004	OC3/STM1 APD XLHSFP (1510nm)	U	0	0	1	0	0	0	2	0	1	4
1AB376370005	SFP S-16.1 ANY RATE -40/+85 (B&W STM-16/OC-48 Multirate (< 2.7G) DDM 1310nm	U	8	8	0	0	0	0	12	8	0	49
1AB376370003	SFP L-16.1 -5/+85 (B&W STM-16/OC-48 DDM 1310nm (L-16.1/LR-1))	U	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
1AB196370009	SFP L-16.2 -5/+85 (B&W STM-16/OC-48 DDM 1550nm (L-16.2/LR-2))	U	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1AB376720002	SFP GBE LX -40/+85 (B&W 1GbE DDM 1310nm (1000BASE-LX))	U	16	16	16	0	0	0	24	16	16	104
1AB252030001	10dB Attenuator	U	1	3	2	1	0	1	2	2	2	14
1AB371250007	3dB Attenuator	U	1	1	0	1	0	1	0	0	0	4
1AB371250008	5dB Attenuator	U	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
8DG61311AAAA	1830 PSS R3.6.50 CDROM	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
8DG60207AAAA	1830 PSS Wavelength Tracker Software License Fee	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9

Tabla 4. Lista de hardware a instalar por nodo.

Código	Material	Descripción
8DG59605AB	Main Shelf Kit PSS-32, High Capacity Fan (incl. COSHF, USRPNL, FAN32H, TIBNKx2)	Kit para Shelf de 32 Slots
8DG59606AB	Extension Shelf Kit PSS-32, High Capacity Fan (incl COSHF, UPBNK, FAN32H, TIBNKx2)	Extensión Kit para Shelf de 32 Slots
3AN44816AA	ETSI 300 x 600 mm Rack	Rack de 300x600 milímetros
8DG59604AC	CO Shelf Installation Kit (ETSI Rack)	Kit de Instalación del Shelf CO - Recomendado por la ETSI
1AD151940001	Attenuation Drawer (1U)	Caja del atenuador
8DG59417AB	DCM Shelf (ETSI/ANSI)	Shelf DCM
8DG59603AA	OMD Installation Kit (EIA, ANSI, or ETSI)	Kit de instalación OMD
1AD151930001	Fiber Storage Tray Kit	Kit de la Bandeja de Almacenamiento de la Fibra óptica
8DG60129AA	PSS32 ETSI COVER KIT	Kit de Cubiertas para el
8DG60130AC	OMD Cover Kit (ETSI)	Kit de Cubierta para OMD (Recomendado por la ETSI)
8DG60131AC	DCM Cover kit (ETSI)	Kit de Cubierta para DCM (Recomendado por la ETSI)
8DG59241AD	Equipment Controller (16GB)	Controlador de Equipo (16GB)
8DG59242BB	DC Power Filter (50A) w/ V Monitoring	Filtro de la potencia DC (50A) w / V Monitoreo
1AF17443AAAA	Power Distribution Unit - ETSI (2 input, 6 output)	Unidad de Distribución de Potencia - 2 entradas, 6 salidas - Recomendado por la Etsi
1AD094650001	Breaker Toggle	Breaker Toggle
1AB017500078	Breaker, 63A	Breaker, 63A
8DG60323AA	Wavelength Tracker Enhanced w/ OCM	Rastreador - Perseguidor de Longitud de Onda Mejorado w/OCM
8DG59418AA	Full Slot Blank - PSS32, PSS-16, PSS-4	Slot Completo para PSS32, PSS-16, PSS-4
8DG59419AA	Half Slot Blank	Medio Slot
8DG59443AA	Half Slot Adapter	Adaptador Medio de Slot
8DG59613AA	1830 Tool Kit (incl SFPTL, LCTL, HSLADTL, HSLADDRV)	Kit de herramientas para 1830
8DG59827AB	8 channel wavelength router - Add side	Enrutador de longitud de onda de 8 canales - Añadir lateral
8DG59248AA	44 Channel Optical Mux/Demux	Multiplexor - Demultiplexor de 44 Canales Ópticos
8DG59857AA	44 Channel Optical Mux/Demux - 50GHz offset	Multiplexor - Demultiplexor de 44 Canales Ópticos - 50GHz offset
8DG59841AB	88 Channel Interleaver (unidirectional)	intercalador de Canales ópticos (pares - impares) Unidireccional
8DG60242AA	Amplifier, 23dB	Amplificador de 23 Db
1AC043850003	Cable Multicore 2 pares	Cable Multicore 2 pares
1AC016760003	Cable Multicore 4 pares	Cable Multicore 4 pares
1AB215120056	Duplex Jumper (3.5m) - ETSI (SM for internal connections)	Jumper duplex 3,5 milímetros
1AB215120078	Simplex Jumper (3.5m) - ETSI	Jumper simple 3,5 milímetros
1AB215120076	JUMPER (155MM)	Jumper de 155 milímetros
1AB375380002	XFP I-64.1/10GBE BASE-LX (B&W Multirate 11G (STM64/OC-192/OTU-2/10GBASE-LX) DDM (1310nm)	Tarjeta XFP - 10 Gb - Multirate - DDM (1310nm)
1AB376370005	SFP S-16.1 ANY RATE -40/+85 (B&W STM-16/OC-48 Multirate (< 2.7G) DDM 1310nm (S-16.1/IR-1))	SFP S-16.1 Any ra -40/+85 (B&W STM-16/OC-48 Multirate (< 2.7G) DDM 1310nm)
1AB376370003	SFP L-16.1 -5/+85 (B&W STM-16/OC-48 DDM 1310nm (L-16.1/LR-1))	SFP L-16.1 -5/+85 (B&W STM-16/OC-48 DDM 1310nm (L-16.1/LR-1))
1AB196370009	SFP L-16.2 -5/+85 (B&W STM-16/OC-48 DDM 1550nm (L-16.2/LR-2))	SFP L-16.2 -5/+85 (B&W STM-16/OC-48 DDM 1550nm (L-16.2/LR-2))
1AB376720002	SFP GBE LX -40/+85 (B&W 1GbE DDM 1310nm (1000BASE-LX))	SFP GBE LX -40/+85 (B&W 1GbE DDM 1310nm (1000BASE-LX))
1AB252030001	10dB Attenuator	Atenuador de 10dB
1AB371250007	3dB Attenuator	Atenuador de 3dB
1AB371250008	5dB Attenuator	Atenuador de 5dB
8DG61311AAAA	1830 PSS R3.6.50 CDROM	CD con Software para la instalación de 1830 Versión R3.6.50
8DG60207AAAA	1830 PSS Wavelength Tracker Software License Fee	licencia de software de seguimiento de la longitud de onda - 1830 PSS

Tabla 5. Descripción general de los elementos a instalar

Código	Material	UMB	CUC.Barrio Bogota	BUC.Bulevar	NOR.Sardinata-2	RES.Bucaramanga Ricaurte	RES.Barranca	RES.Cúcuta	CES.Aguachica-2	NOR.Pamplona-2	SND.Sabana Torres-1	Total
1AD000100022	Amarre plástico de 10 cm (bolsa x 100)	U	1	2	1	1	1	1	1	1	1	10
1AD002380007	Amarre plástico de 30 cm (bolsa x 100)	U	1	2	1	1	1	1	1	1	1	10
1AD145900001	ANGULO EXTERNO CANALETA 100X45MMX2MTRS	U	3		2				2	3	3	13
1AC035660001	Cable soldador AWG 6 azul	M	32	94	82	32	11	22	20	31	29	353
1AC008740015	Cable soldador AWG 6 negro	M	32	94	82	32	11	22	20	31	29	353
1AC000740011	Cable soldador AWG 6 verde	M	30	45	23	19	9	14	10	29	19	198
1AC009200006	Cable UTP categoría 6	M	30	30								60
1AD010480095	CANAleta PLASTICA 100X45MMX2MTRS	U	7		1				1	3	2	14
1AB323160001	Capuchon para RJ45	U	4	4								8
1AB364600001	Chazo y tornillo tirafondo galvanizado 5/16 * 2,5	U	10	20	10	6	4	4	20	10	10	94
1AD112350001	Conector recto para coraza de 1"1/2	U			2							2
1AB364120001	Conector RJ45 macho categoría 6	U	4	4								8
1AD112340001	Coraza americana de 1" 1/2	M			16							16
1AF26374ABAA	CURVA HORIZONTAL MECANO 40 CM	U							4			4
1AD187750001	PLATINA EN L MECANO M21145 5x5	U			4				2	12	12	30
1AF18724AAAA	ESCALERILLA MECANO 40 CM X 2,4 M B8AG40	U							4			4
1AD155100001	Espiral plástico de 3/8"	M	5	10	5				1	5	5	31
1AD187640001	PLATINA DE UNION MECANO PUSAG	U			4				3	4	4	15
1AD186480001	SOPORTE TIPO REPISA MECANO SR426	U							8			8
1AB385400001	Velcro doble faz Panduit (rollo X 6 m.)	U	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	4,5
1AD145910001	ANGULO PLANO CANALETA DEXSON 100X45MM	U	2									2
1AC053650001	Bases Adhesivas Dexson 3BABL Para Fijación de Cables (100 Und)	U	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9
1AD055210002	CHAZOS DE EXPANSION 3/8x2" MACHO	U		10					8			18
1AD055210001	Chazos de expansión 3/8x3" macho	U	8	4	8	4	4	4		8	8	48
1AD108900001	Chazos plásticos de 1/2"	U	4	4	4	4	4	4		4	4	32
1AF22241AAAA	Conector Mini Siemens DIN 1.0/2.3 Macho Amphenol 102-79934-75	U	4									4
1AB401540001	Coupling kits de 4" marca TELECT --- 027-2000-4099	U	7									7
1AF20295AAAA	Drop attachments Cover de 4" marca TELECT -- 027-2000-4078	U	2									2
1AF20294AAAA	Drop attachments de 4" marca TELECT -- 027-2000-4077	U	2									2
1AD187620001	ESCALERILLA MECANO 10 CM X 2,4 M B8AG10	U							1			1
1AD187630001	ESCALERILLA MECANO 20 CM X 2,4 M B8AG20	U			1					1	2	4
1AF20354AAAA	Flexible tube adapters dual Cover de 4" marca TELECT -- 027-2000-4018	U	2									2
1AF20353AAAA	Flexible tube adapters dual de 4" marca TELECT -- 027-2000-4016	U	2									2
1AF20600AAAA	Flexible tube de 2" marca TELECT -- 027-2902-0020	U	6									6
1AC039450001	Grease, no-ox-id(a), rust prev, 1 pt	U	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,8
1AD121410001	NYLON O CAÑAMO ENCERADO (ROLLO X 500 M)	U	0,25	0,25	0,25				0,25	0,25	0,25	1,5
1AB198630012	PATCHCORD*SM*LC/PC<=>SC/PC*2.4mm*L= 13m	U	5									5
1AB198630020	PATCHCORD*SM*LC/PC<=>SC/PC*2.4mm*L= 21m	U		2		3						5
1AB198630021	PATCHCORD*SM*LC/PC<=>SC/PC*2.4mm*L= 22m	U		3								3
1AB198630004	PATCHCORD*SM*LC/PC<=>SC/PC*2.4mm*L= 5m	U							3			3
1AB198630004	PATCHCORD*SM*LC/PC<=>SC/PC*2.4mm*L= 5m	U									2	2
1AB205450005	PATCHCORD*SM*LC/PC<=>SC/PC*2.4mm*L= 6m	U			2					2	3	7
1AB198630006	PATCHCORD*SM*LC/PC<=>SC/PC*2.4mm*L= 7m	U			5		3	3		3		14
1AD187740001	PLATINA EN L MECANO M21037 10x5 CM	U			2					4	4	10
1AD187770001	RIEL O PERFIL RANURADO 4X4 CM X 3M MECANO M311A300	U		4	1	2				1	1	9
1AD187700001	SUJETADOR BANDEJA MECANO SBAG	U							16			16
1AF20293AAAA	T Transitions Cover de 4" marca TELECT -- 027-2000-4011	U	2									2
1AF20292AAAA	T Transitions de 4" marca TELECT --- 027-2000-4010	U	2									2
1AF21179AAAA	Threaded rod brackets de 4" marca TELECT -- 027-1000-4051	U	4									4
1AF20352AAAA	Troughs de 1.80 m 4" marca TELECT -- 027-2000-4001	U	2									2
1AD003300001	TUERCA MORDAZA CON RESORTE MECANO 3/8X25	U		12	6	6				6	6	36
1AD146320001	UNION PLASTICA CANALETA DEXSON 100X45MMX2MT	U	4							1	1	6
1AD187760001	VARILLA ROSCADA O ESPARRAGO DE 3/8 X 100 CM MECANO 21E38100	U		14		4						18
1AD120330001	PLATINA DE UNION 10"10 GALVANIZADA	U	18		10					10	10	48
1AD116130001	ANGULO 90 P/SOPORTE CANALETA	U	12		8					8	8	36
1AD149740001	DERIVACION EN T PARA CANALETA 100X45MM	U	1		1					1	1	4
EN CREACIÓN	TRUMPET ATTACHMENT 4" marca TELECT -- 027-2000-4075	U		2								2
1AF10454AAAA	Troughs de 1.80 m Cover 4" marca TELECT -- 027-2000-4002	U		2								2
1AC005630001	CABLE MINICOAXIAL FLEX-3	M		40								40
1AB321600001	CONECTOR BNC M FLEX 3 (81121FLEX3)	U		4								4

Tabla 6. Lista de material a instalar por nodo.

9.6 CALCULOS ÓPTICOS

Características de la Fibra Óptica G.652.B

La Fibra es suministrada por el operador. El tipo de fibra corresponde a la referencia G.652B

De acuerdo a las recomendaciones realizadas por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT), la fibra óptica G.652 presenta las siguientes características:

- Fibra Monomodo
- Optimizada para funcionar en una longitud de onda de 1310 nm. Sin embargo, también puede trabajar en la longitud de onda de 1550 (sin optimización).

PROPIEDADES GEOMÉTRICAS / MECÁNICAS	G.652.B	G.652.D
Diámetro Revestimiento	125 ± 1.0 μm	125 ± 0.7 μm
Concentricidad Núcleo /Revestimiento	≤ 0.6 μm	≤ 0.5 μm
No Circularidad Revestimiento	≤ 1.0 %	≤ 0.7 %
Diámetro Recubrimiento Primario	242 ± 7 μm	
No Circularidad Recubrimiento Primario	≤ 5 %	
Concentricidad Recubrimiento Primario / Revestimiento	≤ 12 μm	
Proof Test	≥ 8.8 N / ≥ 1 % / ≥ 100 Kpsi	

PROPIEDADES ÓPTICAS		G.652.B	G.652.D
Diámetro Campo Modal (μm)	1310 nm	9.0 ± 0.4	9.0 ± 0.4
	1550 nm	10.1 ± 0.5	10.1 ± 0.5
Coeficiente Atenuación (dB/Km)	1310 nm	≤ 0.35	≤ 0.35
	1383 nm	≤ 1.0	≤ 0.35
	1460 nm	----	≤ 0.25
	1550 nm	≤ 0.23	≤ 0.21
	1625 nm	< 0.24	< 0.23
Dispersión Cromática (ps/nm.Km)	1285 – 1330 nm	≤ 3	≤ 3
	1550 nm	≤ 18	≤ 18
	1625 nm	≤ 22	≤ 22
Longitud Onda Cero Dispersión (nm)		1300 - 1322	1300 - 1322
Pendiente Dispersion Cero (ps / nm ² Km)		≤ 0.092	≤ 0.090
Índice Refracción	1310 nm	1.467	1.467
	1550 nm	1.468	1.468
Longitud Onda Corte Cable (nm)	Cableado	≤ 1260	≤ 1260
PMD (ps / (ps/√Km)	1550 nm	< 0.2	< 0.1

Propiedades conforme a ITU-T G.652.B, G.652.C & D, IEC 60793-2-50 B.1.3, ISO/IEC 11801, ISO/IEC 24702, EN 50173, Telcordia GR-20-CORE, ANSI/CEA S-87-640 y RUS 7CFR 1755.900.

Tabla 7. Atributos de la Fibra Óptica 652.B. ⁴⁸

⁴⁸ Radioenlace. Tipos de núcleo Fibra Óptica MONOMODO SM 9/125 G652, G655, G656, G657. Publicado el 11 de Enero de 2015. <<http://www.radio-enlace.com/tipos-de-nucleo-fibra-optica-monomodo-sm-9125/>>

Los cálculos ópticos han sido realizados mediante la herramienta de diseño de redes ópticas de Alcatel-Lucent que permite evaluar la viabilidad de la red, teniendo en cuenta las potencias, atenuaciones, pérdidas de transmisión y efectos no lineales, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de la red.

De acuerdo a la información suministrada por el Ing. Sergio Echeverry - TPM (Technical Project Manager de Alcatel Lucent), para la propuesta de diseño del sistema se ha considerado un valor de atenuación en la fibra de 0,2dB/km, así como también un valor de empalmes de 0,1dB por cada 6km, una pérdida de 0.5 dB por conectores y un margen de potencia óptica de 3dB para compensar la degradación del sistema, tales como: aumento de pérdidas de la trayectoria de fibra, degradación de la potencia del amplificador, pérdida de sensibilidad, pérdidas adicionales por empalmes.

Los cálculos ópticos se han realizado con base en los parámetros indicados en la siguiente tabla.

Enlace		Tipo de Fibra	Longitud (Km)	Coeficiente de atenuación (dB/km)	Pérdida por conectores (dB)		Pérdidas por Empalmes	Margen de pérdida (dB)	Pérdida máxima (dB)	Pérdida mínima (dB)
Inicio	Fin				En el punto de inicio	En el punto final				
CES.Aguachica-1	NOR.Sardinata-2	SSMF	184	0,2	0,6	0,5	3,68	3	45,08	39,08
NOR.Sardinata-2	CUC.Barrio Bogota	SSMF	95	0,2	0,6	0,5	1,9	3	25,5	19,5
CUC.Barrio Bogota	RES Cucuta	SSMF	10	0,2	0,6	0,5	0,2	3	6,8	0,8
RES Cucuta	NOR.Pamplona-2	SSMF	82	0,2	0,6	0,5	1,64	3	22,64	16,64
NOR.Pamplona-2	BUC.Bulevard	SSMF	94,5	0,2	0,6	0,5	1,89	3	25,39	19,39
BUC.Bulevard	Bucaramanga	SSMF	10	0,2	0,6	0,5	0,2	3	6,8	0,8
Bucaramanga	RES.Barranca	SSMF	135	0,2	0,6	0,5	2,7	3	34,3	28,3
RES.Barranca	SND.Sabana de Torres	SSMF	82	0,2	0,6	0,5	1,64	3	22,64	16,64
SND.Sabana de Torres	CES.Aguachica-1	SSMF	128	0,2	0,6	0,5	2,56	3	32,76	26,76

Tabla 8. Cálculos de pérdidas de las fibras ópticas.

9.7 CONSUMO DE POTENCIA

9.7.1 Consumo de Potencia por Tarjeta

Es importante calcular el consumo de potencia de cada tarjeta y módulos para que el cliente adecue previamente las estaciones de energía en cada uno de los nodos.

El consumo de potencia de las tarjetas y módulos del equipo 1830PSS-32 se indica en la tabla 9.

Código	Descripción	Potencia [W] (max)
8DG59605AB	Main Shelf Kit PSS-32, High Capacity Fan (incl. COSHF, USRPNL, FAN32H, TIBNKx2)	0
8DG59606AB	Extension Shelf Kit PSS-32, High Capacity Fan (incl COSHF, UPBNK, FAN32H, TIBNKx2)	0
8DG59241AD	Equipment Controller (16GB)	43
8DG59242BB	DC Power Filter (50A) w/ V Monitoring	10
1AF17443AAAA	Power Distribution Unit - ETSI (2 input, 6 output)	0
1AB017500078	Breaker, 63A	0
8DG60323AA	Wavelength Tracker Enhanced w/ OCM	26
8DG59827AB	8 channel wavelength router - Add side	23
8DG60568AA	Mesh Extension Pack (External coupler card)	50
8DG59248AA	44 Channel Optical Mux/Demux	0
8DG59857AA	44 Channel Optical Mux/Demux - 50GHz offset	0
8DG59841AB	88 Channel Interleaver (unidirectional)	0
8DG59245AA	High Power High Gain DWDM Amplifier	50
8DG60242AA	Amplifier, 23dB	50
8DG60565AA	Low Variable Gain Amplifier, no mid-stage access	50
8DG60912AA	Medium Variable Gain AMP w/o DCM access	50
8DG60320AA	43G Single Port Tunable Mux Coherent (4 client)	160
8DG59828AA	11G Dual Port Pluggable Multirate Mux (12 universal clients)	100
1AB375380002	XFP I-64.1/10GBE BASE-LX (B&W Multirate 11G (STM64/OC-192/OTU-2/10GBASE-LX) DDM (1310nm)	2,5
1AB373120002	OC3/STM1 APD ULHSFP (1510nm)	1,1
1AB373120001	OC3/STM1 APD SFP (1510nm) with DDM	1,1
1AB373120004	OC3/STM1 APD XLHSFP (1510nm)	0,8
1AB373110001	OC3/STM1 PIN SFP (1510nm) with DDM	1,1
1AB376370005	SFP S-16.1 ANY RATE -40/+85 (B&W STM-16/OC-48 Multirate (< 2.7G) DDM 1310nm (S-16.1/IR-1))	0,8
1AB376720002	SFP GBE LX -40/+85 (B&W 1GbE DDM 1310nm (1000BASE-LX))	0,8
1AB252030001	10dB Attenuator	0
1AB371250001	4dB Attenuator	0
1AB371250007	3dB Attenuator	0
1AB371250003	6dB Attenuator	0
1AB371250008	5dB Attenuator	0
1AB371250002	2dB Attenuator	0

Tabla 9. Consumos de potencia tarjetas DWDM.

9.7.2 Consumo de Potencia por nodo DWDM.

El consumo implica la suma de potencia de todos los equipos a instalar en cada nodo de acuerdo a la tabla 10. Descripción general de los elementos a instalar. La importancia de calcular la potencia radica en el consumo máximo que requiere una estación.

El consumo de potencia en cada nodo DWDM se indica en la tabla 9.

Nodo	Consumo (Watts)
CES.Aguachica-1	2.123,5 W
SND.Sabana Torres-1	1.201,6 W
RES.Barranca	881,0 W
RES.Bucaramanga	881,0 W
BUK.Bulevard	1.201,6 W
NOR.Pamplona-2	1.201,6 W
CUC.Barrio.Bogota	1.201,6 W
RES.Cucuta	844,0 W
NOR.Sardinata-2	1.201,6 W

Tabla 10. Consumo de potencia nodos DWDM

9.8 CONFIABILIDAD

La confiabilidad para este proyecto está dada en el tiempo de vida operacional en la red de cada equipo. El MTBF por sus siglas en inglés (Mean time between failures) es el valor medio del tiempo de vida de un elemento. El MTBF de cada uno de los componentes del equipo 1830PSS-32 ofertados en al presente propuesta se indican en la tabla 10. ⁴⁹

Código	Descripción	MTBF (años)
8DG59605AB	Main Shelf Kit PSS-32, High Capacity Fan (incl. COSHF, USRPNL, FAN32H, TIBNKx2)	25
8DG59606AB	Extension Shelf Kit PSS-32, High Capacity Fan (incl COSHF, UPBNK, FAN32H, TIBNKx2)	34
8DG59241AD	Equipment Controller (16GB)	43
8DG59242BB	DC Power Filter (50A) w/ V Monitoring	97
1AF17443AAAA	Power Distribution Unit - ETSI (2 input, 6 output)	56

⁴⁹ Siledhare. <http://es.slideshare.net/saoryy/tiempos-medios-para-entre-y-reparar-fallas-mtbf-mttf-mttr/>>

1AB017500078	Breaker, 63A	500
8DG60323AA	Wavelength Tracker Enhanced w/ OCM	47
8DG59827AB	8 channel wavelength router - Add side	25
8DG60568AA	Mesh Extension Pack (External coupler card)	34
8DG59248AA	44 Channel Optical Mux/Demux	204
8DG59857AA	44 Channel Optical Mux/Demux - 50GHz offset	204
8DG59841AB	88 Channel Interleaver (unidirectional)	369
8DG59245AA	High Power High Gain DWDM Amplifier	31
8DG60242AA	Amplifier, 23dB	35
8DG60565AA	Low Variable Gain Amplifier, no mid-stage access	36
8DG60912AA	Medium Variable Gain AMP w/o DCM access	35
8DG60320AA	43G Single Port Tunable Mux Coherent (4 client)	15
8DG59828AA	11G Dual Port Pluggable Multirate Mux (12 universal clients)	36
1AB375380002	XFP I-64.1/10GBE BASE-LX (B&W Multirate 11G (STM64/OC-192/OTU-2/10GBASE-LX) DDM (1310nm)	152
1AB373120002	OC3/STM1 APD ULHSFP (1510nm)	544
1AB373120001	OC3/STM1 APD SFP (1510nm) with DDM	544
1AB373120004	OC3/STM1 APD XLHSFP (1510nm)	457
1AB373110001	OC3/STM1 PIN SFP (1510nm) with DDM	544
1AB376370005	SFP S-16.1 ANY RATE -40/+85 (B&W STM-16/OC-48 Multirate (< 2.7G) DDM 1310nm (S-16.1/IR-1))	457
1AB376720002	SFP GBE LX -40/+85 (B&W 1GbE DDM 1310nm (1000BASE-LX))	457
1AB252030001	10dB Attenuator	800
1AB371250001	4dB Attenuator	800
1AB371250007	3dB Attenuator	800
1AB371250003	6dB Attenuator	800
1AB371250008	5dB Attenuator	800
1AB371250002	2dB Attenuator	800

Tabla 11. MTBF de los componentes de un nodo 1830PSS-32

9.9 CALCULO DE REPUESTOS.

El cálculo de repuestos implica la cantidad de hardware y material dedicados para reponer los equipos que se han dañado a lo largo del funcionamiento de la red. El cálculo de los repuestos se ha realizado teniendo en cuenta una disponibilidad de 99,99% para un periodo de 2 años. El stock de repuestos sugerido para los equipos DWDM 1830PSS-32 se indica en la tabla 12.

Código	Descripción	Repuestos
8DG59605AB	Main Shelf Kit PSS-32, High Capacity Fan (incl. COSHF, USRPNL, FAN32H, TIBNKx2)	1
8DG59606AB	Extension Shelf Kit PSS-32, High Capacity Fan (incl COSHF, UPBNK, FAN32H, TIBNKx2)	1
8DG59967AB	Raman Pre-Amplifier (3 PUMP) (With Connector Cover) (With Shutter)	1
8DG59966AA	EDFA Booster Amplifier	1
8DG59241AD	Equipment Controller (16GB)	4
8DG59242BB	DC Power Filter (50A) w/ V Monitoring	3
1AF17443AAAA	Power Distribution Unit - ETSI (2 input, 6 output)	2
1AB017500065	Breaker, 2A	1
1AB017500078	Breaker, 63A	1
8DG59827AB	8 channel wavelength router - Add side	2
8DG59248AA	44 Channel Optical Mux/Demux	2
8DG59857AA	44 Channel Optical Mux/Demux - 50GHz offset	2
8DG59841AB	88 Channel Interleaver (unidirectional)	2
8DG59945AA	High Power Low Gain DWDM Amplifier	2
8DG60242AA	Amplifier, 23dB	3
8DG60567AA	Long Haul - 2 pump Raman, no mid-stage access	1
8DG60320AA	43G Single Port Tunable Mux Coherent (4 client)	2
8DG59828AA	11G Dual Port Pluggable Multirate Mux (12 universal clients)	2
1AB375380002	XFP I-64.1/10GBE BASE-LX (B&W Multirate 11G (STM64/OC-192/OTU-2/10GBASE-LX) DDM (1310nm)	4
1AB376720002	SFP GBE LX -40/+85 (B&W 1GbE DDM 1310nm (1000BASE-LX))	4
1AB376370001	SFP I-16.1 -40/+85 (B&W STM-16/OC-48 DDM 1310nm (I-16.1/SR-1))	4
1AB373110001	OC3/STM1 PIN SFP (1510nm) with DDM	1
1AB373120002	OC3/STM1 APD ULHSFP (1510nm)	1
1AB373120001	OC3/STM1 APD SFP (1510nm) with DDM	1
1AB371250007	3dB Attenuator	1
1AB252030001	10dB Attenuator	1
3AL75117AAAA	WDM Blade License Point Fee	360
3AL75118AAAA	TDM Blade License Point Fee	40

Tabla 12. Stock de repuestos DWDM

9.10 ORGANIGRAMA DEL PROYECTO

El siguiente es el esquema organizacional del proyecto. La estructura relaciona cada área a lo largo de las actividades del proyecto.

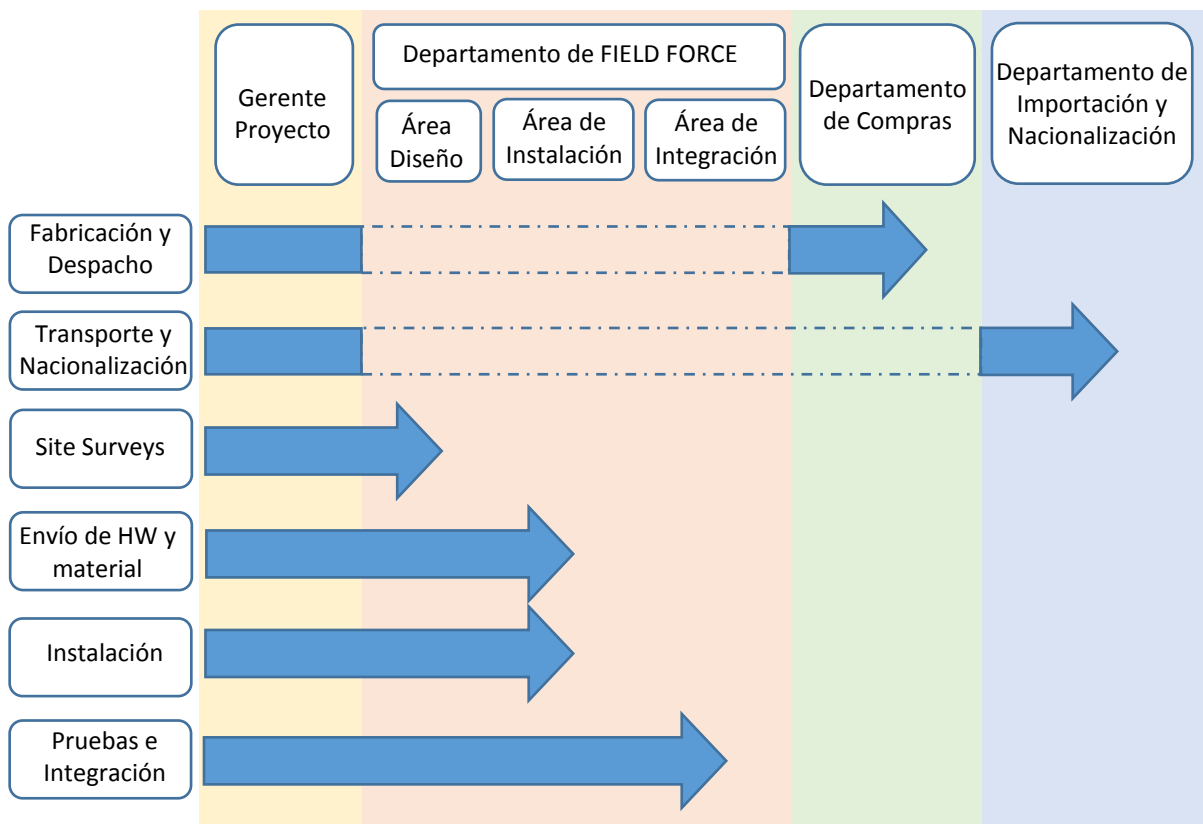


Figura 23. Organigrama funcional de Alcatel Lucent.

El Gerente del Proyecto es el encargado de dirigir y gestionar cada una de las actividades del proyecto. Está involucrado en todas las etapas del proyecto.

El Departamento de Field Force se encarga de la implementación del proyecto, desde momento en el que le material se encuentra Nacionalizado en Bodega hasta la puesta en marcha. Dentro del departamento se encuentra el área de diseño que determina si se requiere material adicional para llevar a cabo los servicios descritos en la licitación. También hace parte l área de Instalaciones que es el encargado de llevar el material y hardware a sitio y la instalación. Por último, el área de integración es el encargado de realizar pruebas al sistema y ponerlo en servicio.

El departamento de compras es el encargado de generar las órdenes de compra, contactar a cada proveedor y acordar con ellos los datos de entrega y la forma de pago.

Finalmente el Departamento de Importación y Nacionalización es quien gestiona la legalización de los equipos importados y la logística para el envío a la bodega de Alcatel Lucent.

9.11 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

De acuerdo al requerimiento del cliente, se ha planteado un cronograma de actividades para la ejecución del proyecto y control de las actividades.

Con el fin de cumplir con los tiempos solicitados por el cliente, se ha conformado dos cuadrillas de instalación y dos adicionales para pruebas y puesta en servicio, las cuales estarán en terreno de acuerdo al cronograma planteado.

9.11.1 Descripción de las Actividades

9.11.1.1 *Fabricación y Despacho*

Una vez aprobada la licitación en donde se define el consolidado final de materiales, se realiza la solicitud al área de compras para generar las órdenes y realizar el requerimiento de compra a cada proveedor. El hardware es solicitado a Alcatel Lucent Francia, el cual fabrica y despacha el material.

- Input: Licitación adjudicada
- Output: Orden de Compra

9.11.1.2 *Transporte y Nacionalización*

Los equipos provenientes de Alcatel Lucent, son embarcados y despachados hacia Colombia. Una vez en el puerto, el área de importación se encarga de nacionalizar los equipos y darle viabilidad

para que sigan su destino hacia la bodega Repremundo ubicada en la ciudad de Bogotá D.C. Mientras tanto, cada proveedor de material consumible hace entrega de su pedido en Bodega de Alcatel Lucent.

- Input: Orden de Compra
- Output: Documento de Nacionalización y continuidad del transporte a nivel Nacional.

9.11.1.3 Site Survey

Encargada del área de Field Force, es la etapa del proyecto que de acuerdo a los requerimientos del sitio y a la propuesta en el diseño, es el encargado de:

- Realizar el listado de materiales consumibles para la instalación.
 - Identificar cualquier requerimiento de baterías, breakers, rectificadores y las posiciones disponibles e identificar los posibles problemas de espacio del piso y compatibilidad de los equipos problemas para la energización.
 - Determinar la distancia y la ruta para cables como el de energía, tierra, alarmas, patchcord y cables de la señal.
-
- Input: Licitación adjudicada
 - Output: Documento de Diseño sobre el sitio (Technical Site Survey - TSS)

9.11.1.4 Envío de hardware y material consumible a los sitios

Todos los equipos y materiales se encuentran almacenados en la ciudad de Bogotá, una vez finalizados los Site Surveys, se inicia el proceso de despacho de los elementos para instalación en cada nodo. La logística es coordinada por el área de Field Force de acuerdo a los tiempos de transporte.

- Input: Technical Site Survey - TSS
- Output: Despacho de material a sitios.

9.11.1.5 Instalación

Con los elementos en sitio y los permisos para iniciar con la actividad, se aterrizan los equipos, se procede instalar el hardware, se realiza el tendido de cable necesario y se marquilla. Con ayuda del supervisor de campo, se realiza la verificación para que la instalación cumpla con lo requerido por el cliente y por la norma de calidad de Alcatel Lucent. En sitio, el supervisor realiza dos documentos que contiene registro fotográfico, observaciones de las prácticas empleadas y de los elementos instalados denominados Reporte de Instalación y Check list.

- Input: Technical Site Survey - TSS
- Outout: Reporte de Instalación y Check list

9.11.1.6 Pruebas e Integración

Una vez finalizada la instalación, se procede a realizar pruebas de conectividad y de potencia. En el caso de que presentar fallas se realiza el cambio de la parte y se continúa con las pruebas. Finalmente, en conjunto con el operador, se realiza la puesta en servicio. Cada uno de los pasos mencionados anteriormente se realiza sobre cada nodo. Finalmente se realiza un documento entregable al cliente con el cual se formaliza la entrega del sitio comisionado (Protocolo de entrega).

- Input: Reporte de Instalación
- Output: Protocolo de entrega

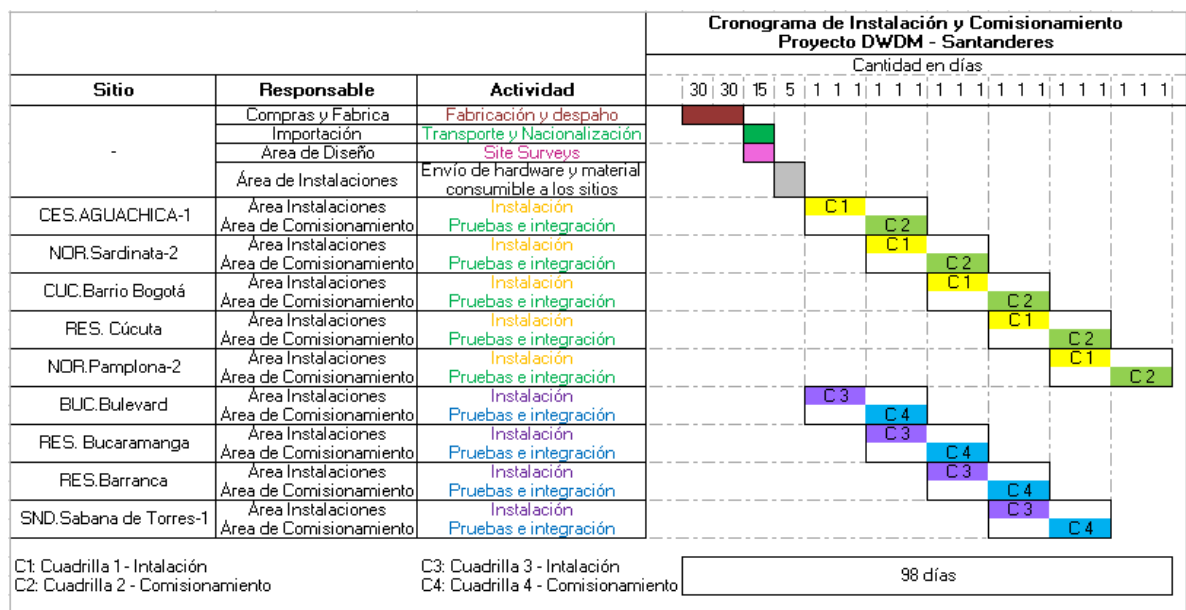


Figura. 24. Cronograma de ejecución del proyecto.

La figura 24, presenta el cronograma de actividades para la ejecución del proyecto. Se tiene un tiempo de ejecución de 98 días hábiles, inferior a los 110 días solicitados por el operador.

El cronograma de actividades permite visualizar cada una de las etapas del proyecto. La etapa inicia en la adquisición del hardware y material consumible encargadas de área comercial, posteriormente pasa por la importación y nacionalización del producto con el objetivo de legalizarlos, seguido de la realización del diseño sobre sitio donde se detalla el material faltante, envío de material al nodo, instalación, pruebas y puesta en servicio a cargo del área de Field Force.

La figura 25, corresponde a un cronograma de actividades con múltiples imprevistos a fin de evidenciar su impacto en costos y tiempo. El cronograma tiene en cuenta la siguiente matriz de riesgos presentada en la tabla 12. Este cronograma implica las siguientes contingencias:

- Solicitud de modificación del diseño a cargo del cliente.
- Actividad incompleta del Site Surveys por falta de detalle.
- Error en el despacho de materiales
- Elementos defectuosos de fábrica o por mala manipulación.

9.11.2 Descripción de Actividades Adicionales en el Cronograma con Inconvenientes:

9.11.2.1 Rediseño

Es una actividad que se presenta para brindar solución a un Site Survey mal diseñado, un requerimiento adicional por parte del cliente o cambios en el terreno. En este punto, se realizan los ajustes necesarios para cumplir con las condiciones y se genera un nuevo documento.

- Input: TSS mal realizado o solicitud de cliente
- Output: Technical Site Survey Modificado.

9.11.2.2 Redespacho de Material y/o hardware.

Se presenta a raíz del rediseño, omisión de información por parte del área de instalaciones en el primer despacho o material/hardware en malas condiciones. Con el fin de minimizar el impacto, se realiza un despacho adicional para cubrir los materiales y/o hardware faltante para la instalación y se escala el inconveniente para dejar registro de la situación.

- Input: Rediseño u omisión información primer despacho
- Output: Despacho de Material a Sitios

9.12 Matriz de Riesgos

La matriz de riesgos permite determinar cuáles de las actividades son las más críticas en la ejecución del proyecto. Para cuantificar el impacto, se ha planteado la siguiente ponderación:

Rango	Riesgo
10 - 8	Alto
8 - 5	Medio
1 - 4	Bajo

Tabla 13. Tabla de ponderación.

- Riesgo Alto: Son actividades que tienen alto impacto en la ejecución y pueden poner en riesgo la continuación del proyecto.
- Riesgo Medio: Son actividades que tienen un impacto medio en la ejecución del proyecto.
- Riesgo Bajo: Son actividades que tienen un bajo impacto, afectan la operación del proyecto.

Responsable	Riesgo	Rango (1 - 10)	Frecuencia	Estrategia
Cliente	Cambios del terreno o diseño de la instalación	7	20%	Minimizar costos y tiempos logísticos para la adecuación de la instalación.
Área Diseño	Errores en el documento Technical Site Survey	8	10%	Realizar capacitación al personal encargada de la creación de los Site Survey a fin de evitar errores en la creación del documento.
Área de Instalaciones	Errores en el despacho de material	5	10%	Realizar capacitación para conocer a detalle el proceso logístico de despacho de material.
Instalación y Fábrica	Malas condiciones del hardware y material consumible	3	5%	Capacitar al personal de instalaciones acerca del buen uso de los elementos, manipulación de equipos y material consumible. Realizar la verificación en bodega del hardware y material de instalación.

Tabla 14. Matriz de riesgos.

9.13 COSTOS

La tabla 21 presenta los costos del proyecto para una ejecución normal del proyecto de acuerdo al cronograma de la figura. 15. La tabla contempla el hardware y equipos instalados, stock de repuestos, mano de obra, gastos logísticos, viáticos y otros.

Tipos de Recursos	Cantidad	Costo x Unidad	Costo Total
Equipos/Hardware	9	\$ 70.000.000	\$ 630.000.000
Material Consumible	9	\$ 15.000.000	\$ 135.000.000
Repuestos	1	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000
Mano de Obra x Actividad - Site Surveys	9	\$ 2.000.000	\$ 18.000.000
Mano de Obra x Actividad - Instalación	9	\$ 2.000.000	\$ 18.000.000
Mano de Obra x Actividad - Comisionamiento	9	\$ 2.000.000	\$ 18.000.000
Mano de Obra x Actividad - Logística	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Despacho de material a Sitio	9	\$ 300.000	\$ 2.700.000
Equipos de Medición	3	\$ 5.000.000	\$ 15.000.000
licencias de software (Microsoft)	3	\$ 300.000	\$ 900.000
Viajes	27	\$ 300.000	\$ 8.100.000
Viáticos	98	\$ 400.000	\$ 39.200.000
telefonía celular	16	\$ 80.000	\$ 1.280.000
Otros Gastos	1	\$ 2.700.000	\$ 2.700.000
VALOR TOTAL			\$ 919.880.000

Tabla 15. Costos del Proyecto.

La tabla 15 relaciona los costos para la ejecución del proyecto con diversos tipos de imprevistos contemplados en la tabla 14 y de acuerdo a la figura 25.

Valores Afectados con imprevistos			
Tipos de Recursos	Cantidad	Costo x Unidad	Costo Total
Equipos/Hardware	9	\$ 70.000.000	\$ 630.000.000
Material Consumible	9	\$ 15.000.000	\$ 135.000.000
Repuestos	1	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000
Mano de Obra x Actividad – Site Surveys	18	\$ 2.000.000	\$ 36.000.000
Mano de Obra x Actividad – Instalación	18	\$ 2.000.000	\$ 36.000.000
Mano de Obra x Actividad – Comisionamiento	9	\$ 2.000.000	\$ 18.000.000
Mano de Obra x Actividad – Logística	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Despacho de material a Sitio	18	\$ 300.000	\$ 5.400.000
Equipos de Medición	3	\$ 5.000.000	\$ 15.000.000
Licencias de software (Microsoft)	3	\$ 300.000	\$ 900.000
Viajes	45	\$ 300.000	\$ 13.500.000
Viáticos	100	\$ 400.000	\$ 40.000.000
telefonía celular	16	\$ 80.000	\$ 1.280.000
Otros Gastos	1	\$ 2.700.000	\$ 2.700.000
VALOR TOTAL			\$ 964.780.000

Tabla 16. Costos del Proyecto con imprevistos

La diferencia entre los costos normales de ejecución y los costos con imprevistos es de \$44.900.000, representando un incremento del 4,88% en relación al costo normal.

10 CONCLUSIONES

- Alcatel Lucent como empresa proveedora de servicios y equipos de Telecomunicaciones, basada en una amplia experiencia y con el personal calificado, propone soluciones integrales para brindar soluciones a los operadores especialmente en redes de transporte.
- Una estructura funcional permite que el personal de cada departamento sea especializado en su área y que en conjunto de una buena comunicación y una buena gestión de los líderes, se realice un excelente trabajo en equipo para así cumplir con las metas funcionales.
- La figura 24 representa un cronograma de actividades ideal en donde cada proceso se realiza sin ningún percance, mientras tanto, la figura 25 representa un cronograma con diversos inconvenientes. Sin embargo, ajustando la redistribución de las cuadrillas es posible cumplir con las actividades en un tiempo adicional de dos días. Lo cual demuestra que una buena gestión del personal permiten amortiguar (en tiempo) las diferentes contingencias que se pueden presentar durante el desarrollo del proyecto. El cumplimiento de los tiempos es de vital importancia debido a que es un compromiso adquirido con el cliente.
- Teniendo en cuenta el Plan Nacional de Fibra Óptica impulsada por el Gobierno, actualmente existen municipios que cuentan con poca infraestructura para tener acceso a internet y así poder aprovechar las ventajas que esta brinda. Los aspectos sociodemográficos de los departamentos de Santander y Norte de Santander, demuestran que la población no tienen mayor desarrollo en educación e infraestructura de telecomunicaciones y presenta abundancia en necesidades básicas insatisfechas. Con el presente diseño y por medio de los servicios que ofrece un operador, dichos municipios pueden tener puntos de acceso y así ser parte del mundo digital.
- La implementación del proyecto es de aproximadamente mil millones de pesos. La inversión en infraestructura de redes de transporte, ayuda a la inclusión de la tecnología en los municipios más alejados y así contribuye a que la población acceda a las diversas ventajas que ofrece el internet. De esta manera el proyecto favorece un desarrollo social.

- La constante evolución de las tecnologías ha permitido a los operadores y suscriptores aprovechar al máximo las redes de transporte, por ello los operadores por medio de licitaciones a empresa proveedoras de esta solución y el gobierno a través del Ministerio de las Tecnología y las Comunicaciones están realizando inversiones en infraestructura para ampliación de dichas redes.
- Durante el desarrollo se ha visto reflejado que no existen fuentes de información en las cuales se concentre todos estos aspectos, por el contrario la información para presentar una propuesta de diseño de red de transporte para un operador es muy limitada. con la creación de la siguiente monografía se espera aportar un documento que pueda ser utilizado de consulta para los interesados en el tema, tomando como ejemplo la situación de varios países de la región en los cuales la situación es similar a la del territorio nacional.
- Las restricciones puestas en la licitación del operador, por tema de confidencialidad de la información, han sido expuestas con modificaciones. Sin embargo, la descripción de la solución sigue la misma estructura básica.

11 BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Capmany Francoy José. Redes Ópticas.** Limusa, Fecha publicación 2007.
- [2] **Ministerio de la Tecnología y la Información.** Antecedentes Plan Vive Digital.
- [3] **Ministerio de la Tecnología y la Información.** Boletín de Prensa.
- [4] **Ministerio de la Tecnología y la Información.** Informe Sectorial por TIC - 2014
- [5] **Empresa Argentina de Soluciones Satelitales S.A.** El proyecto Red Federal de Fibra óptica.
- [6]. **Campos, Hugo.** *Redes Móviles.* Bogotá DC : USTA, 2009. ISBN 9789586316057.
- [7] **Comisión de Regulación de Comunicaciones.** Análisis del Sector TIC en Colombia – 2010
- [8] **Comisión de Regulación de Comunicaciones.** Cifras Conectividad Internet – 2014
- [9] **Unión Internacional de las Telecomunicaciones.** Las TICs – 2013
- [10] **Departamento Administrativo Nacional de Estadística.** Boletín de Prensa. Indicadores Básicos de Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC
- [11] **Departamento Administrativo Nacional de Estadística.** IndicadoresDemograficos1985-2020
- [12] **Departamento Administrativo Nacional de Estadística.** Boletín de Prensa. Indicadores Básicos de Educación por departamento. – 2014
- [12] **Departamento Administrativo Nacional de Estadística.** Boletín de Prensa
NBI_total_cab_resto_mpio_nal 2014
- [13] **Alcatel Lucent.** 1830_PSS-4_R5.0_EN_DataSheet.