

# Evaluación técnica de la red de fibra óptica de CELEC EP - TRANSELECTRIC a través de la cual la empresa TRANSNEXA S.A. E.M.A. presta sus servicios de telecomunicaciones a nivel nacional e internacional

Pablo Betancourt, Alexandra Cevallos, Darwin Aguilar y Fabián Sáenz

**Resumen**—El presente proyecto está enfocado a la evaluación técnica de la red de fibra óptica de CELEC EP - TRANSELECTRIC a través de la cual TRANSNEXA S.A. E.M.A. presta sus servicios de Telecomunicaciones a nivel nacional e internacional, en el cual se realiza un análisis y se plantea soluciones a los factores de riesgo en la red, arquitectura e infraestructura instalada en donde se analizan varios factores y se plantean varias propuestas de mejora, entre las cuales se describen planes de reducción de criticidad, reducción de probabilidad de ocurrencia y planes de contingencia. Todo esto se realiza en base a la situación actual de la red de fibra óptica, equipamiento, sistema de alimentación AC y DC, sistemas de aire acondicionado y factores ambientales.

**Index Terms**—Evaluación técnica, Fibra Óptica, SDH, DWDM, IP/MPLS.

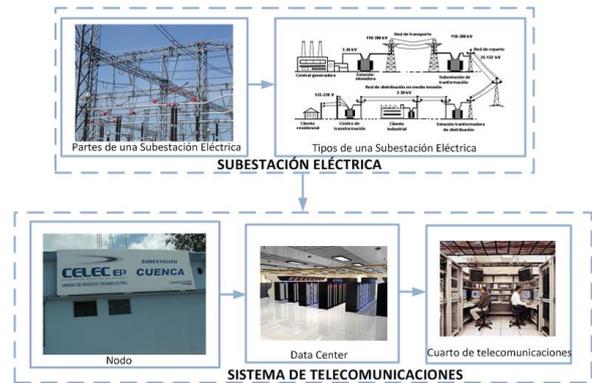


Figura 1: Estructura física de la red de Telecomunicaciones

## I. INTRODUCCIÓN

EL 14 de de enero de 2010, a través del decreto 220, se creó la EMPRESA PÚBLICA ESTRATÉGICA, CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR, CELEC conformada por la transmisora TRANSELECTRIC junto con empresas de generación hidroeléctricas, térmicas constituyendo la Empresa Única encargada de generación y transmisión eléctrica a nivel nacional.

TRANSNEXA S.A. E.M.A. nació de la alianza estratégica entre TRANSELECTRIC S.A, ahora Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP e INTERNEXA S.A. E.S.P. compañía de telecomunicaciones regional. TRANSNEXA es una empresa de Telecomunicaciones que presta servicios de transporte y conectividad internacional sobre los que sus clientes soportan tráfico de voz, enlaces corporativos y datos IP, a través de fibra ópticas terrestres, complementadas con salidas internacionales hacia Colombia y Perú y acceso a cables submarinos.

## II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### II-A. Estructura Física de la Red de Telecomunicaciones

La estructura física de la red de Telecomunicaciones esta conformada principalmente por las Subestaciones Eléctricas y el Sistema de Telecomunicaciones.

Pablo Andrés Betancourt Fonseca, Alexandra Elizabeth Cevallos Egas. Carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes y Comunicación de Datos Departamento de Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejercito ESPE, Sangolquí - Ecuador. E-mails: pabetancourt1@espe.edu.ec, alexandra150105@hotmail.es.

Las Subestaciones eléctricas son nodos básicos dentro de una red de transporte de energía eléctrica, destinada a modificar los parámetros de la potencia eléctrica para facilitar el transporte y la distribución.

El Sistema de Telecomunicaciones es la infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino.

Un nodo es la parte fundamental en una red de telecomunicaciones, donde se cuenta con equipos encargados de realizar diversas funciones de procesamiento que requieren cada una de las señales o mensajes que circulan o transitan a través de los enlaces de la red.

Los nodos pueden ser considerados como cuarto de Telecomunicaciones o Data Center. El cuarto de Telecomunicaciones se define como el área física normalmente dentro de una infraestructura civil utilizada para el uso exclusivo de equipo asociado con el sistema de cableado, aquí se alberga equipos de telecomunicaciones, terminaciones de cable y cableado de interconexión asociado. Un Data Center es un área centralizada para el almacenamiento, manejo y distribución de los datos e información organizada alrededor de un área de conocimiento o un negocio particular.

### II-B. Data Center

Para la construcción de un Data Center se debe considerar la norma ANSI/TIA-942 que describe los Tier existentes. Un Tier indica el nivel de fiabilidad de un centro de Datos asociados a cuatro niveles de disponibilidad definidos.

Cada Tier presenta diferentes características el Tier I es considerado como un Data Center básico, Tier II un Data

TIPOS DE TIER			
Tier	% Disponibilidad	% Indisponibilidad	Tiempo de indisponibilidad al año (Horas)
Tier I	99.671	0.329	28.82
Tier II	99.741	0.251	22.68
Tier III	99.982	0.018	1.57
Tier IV	99.995	0.005	0.876

Figura 2: Tipos de Tier

Center con componentes redundantes, Tier III un Data Center con mantenimiento concurrente y el Tier IV como un Data Center tolerante a fallas.

Para la construcción de un Data Center y de un Cuarto de Telecomunicaciones existen diferentes estándares de diseño y funcionamiento:

- ANSI/TIA/EIA 568-B.1: Normas de cableado y relacionadas.
- ANSI/TIA/EIA 568-B.2: Componentes para el cableado UTP.
- ANSI/TIA/EIA 568-B.3: Componentes de cableado con fibra óptica.
- ITU-T G.805: Arquitectura funcional de las redes de transporte de una forma independiente de la tecnología.
- ITU-T G.783: Componentes y la metodología que deben emplearse para especificar la funcionalidad de elementos de red en la jerarquía digital síncrona (SDH).
- ITU-T M.3010: conceptos de las arquitecturas de la red de gestión de las telecomunicaciones (RGT).

### II-C. Fibra Óptica

Para el transporte de las tecnologías de transmisión se usa el cable de fibra óptica que es considerado como el medio de transmisión por excelencia debido a las características que presenta:

- Ancho de banda mayor a cualquier otro tipo de cable.
- Existe poca pérdida de señal.
- Inmunidad a interferencias electromagnéticas.
- Flexibilidad y ligereza
- Inmunidad a condiciones ambientales.

Existen 4 tipos de cable de fibra óptica:

1. **ADSS:** Cable con fibra óptica que contiene elementos metálicos no conductivos. Es utilizado por compañías eléctricas como medio de comunicación, instalado a lo largo de las líneas aéreas de transmisión existentes, con frecuencia comparten las mismas estructuras de apoyo que los conductores eléctricos.
2. **OPGW:** Cable óptico de guarda que se ubica en la parte superior de las líneas de alta tensión, el cual permite equipar al sistema eléctrico con un cable de guarda, capaz de conducir corrientes de corto circuito producto de fallas del sistema o de descargas eléctricas

atmosféricas, además alberga los cables de fibra óptica, protegiéndolos de condiciones ambientales extremas.

3. **SUBMARINO:** Ofrecen grandes capacidades de transmisión, de varios Terabits por segundo por cable, buena calidad de transmisión, y una vida útil de hasta 25 años.
4. **ARMADO:** Posee una resistencia ante aplastamiento siete veces superior a la de la fibra estándar además protege a la fibra de mordeduras de roedores.

### II-D. Tecnologías de Transmisión

Las tecnologías de transmisión son las encargadas del envío y multicanalización de diversos tipos de información en diferentes formatos tanto analógicos como digitales. Las más usadas son PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) , SDH (Synchronous Digital Hierarchy) y DWDM.

**PDH:** Basada en el transporte de diferentes canales digitales sobre un mismo enlace. Define un conjunto de sistemas de transmisión que utiliza un par de cables (uno para transmitir, otro para recibir) y un método de multiplexación por división de tiempo (TDM) para interpolar múltiples canales de voz y datos digitales.

**SDH:** Diseñado para proveer una infraestructura sencilla, económica y flexible para redes de telecomunicaciones. Es una tecnología dominante en la capa física de transporte de las redes ópticas que permite el transporte de tráfico de voz, video y paquetes de datos como los que utilizan el protocolo IP.

**DWDM:** Transportar información sobre una única fibra óptica monomodo utilizando normalmente una fibra para transmisión y otra para recepción de hasta 160 canales o longitudes de onda correspondiente a la tercera ventana (bandas C y L de comunicaciones ópticas).

### II-E. Sistemas y Protocolos de Gestión

Mediante sistemas y protocolos de gestión se puede monitorizar las diferentes tecnologías de transmisión mediante la utilización de STACK TCP/IP y STACK OSI.

U2000, SNMP y TNMS-M utilizan el STACK TCP/IP y se caracterizan porque permiten tener la gestión de la red de manera sencilla y rápida, permitiendo el monitoreo y la configuración de la misma mediante el acceso a la red.

TNMS-CORE/CDM utiliza el STACK OSI y es usado para medianas y grandes redes adaptados para los requerimientos específicos de los clientes. Esta aplicación usa el protocolo de enrutamiento IS-IS basado en direcciones NSAP configuradas en cada uno de los elementos de red. Provee una serie de funcionalidades de gestión que abarcan todos los aspectos necesarios para un eficiente control de las redes de transporte como son: configuración, fallas, performance y seguridad.

## III. SITUACIÓN ACTUAL

CELEC EP - TRANSELECTRIC constituye el pilar fundamental en donde se soportan servicios de teleprotección, canales de voz y datos en tiempo real para el Sistema Nacional Interconectado (SNI), para esto hace 29 años se ha operado un

sistema de telecomunicaciones utilizando onda portadora PLC a través de las líneas de alta tensión. Debido a requerimientos de alta disponibilidad y la necesidad de conexiones de mayor velocidad y fidelidad se adquirió una nueva red de transporte SDH y DWDM posteriormente las cuales hacen uso de cables de fibra óptica instalados en la estructura eléctrica ya disponible. Actualmente se dispone de 3282 Km de cable de fibra óptica OPGW y ADSS de 48 hilos en la región costa y de 24 en la sierra.

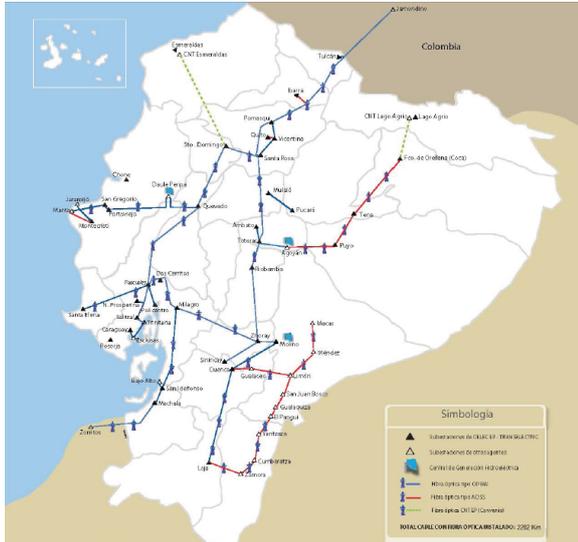


Figura 3: Red de Fibra Óptica

La red de fibra óptica esta formada por el *Backbone* y los enlaces *radiales*, que permiten la comunicación de sus 49 nodos, de los cuales 40 nodos secundarios, 8 PDP's y un nodo Matriz.

### III-A. RED SDH

El equipamiento SDH utilizado en la red de *backbone* se encuentra instalado en las diferentes subestaciones de energía distribuidas sobre el anillo del Sistema Nacional de Transmisión (SNT) de 230 KV, en donde se incluye principalmente equipos Add/Drop Multiplexer (ADM), que proveen interfaces eléctricas a niveles de E1s, E3s, DS3s, STM-1s y FastEthernet e interfaces ópticas a niveles de STM-N y GigabitEthernet.

TRANSNEXA S.A. E.M.A. cuenta con equipamiento propio en Pomasqui, Tulcán y Jamondino (Pasto), mientras que en los demás sitios, utiliza los equipos multiplexores de TRANSELECTRIC para transportar el tráfico de sus clientes a través de canales TDM dedicados. Además, utiliza esta red para conexiones troncales Quito-Medellin y Guayaquil-Lima para su red IP/MPLS.

La capacidad de la red SDH de *backbone* desde Quito hasta Machala en promedio es de 7.5 Gbps expandible a un STM-64 (10 Gbps), mientras que hacia Colombia y Perú se cuenta con una capacidad a nivel de STM-64 (10 Gbps).

Con respecto a la sincronización de la red SDH, CELEC EP - TRANSELECTRIC utiliza una fuente de reloj externa de

estrato 1 del tipo GPS(Global Positioning System), instalado en el nodo Edificio Transelectric en Quito, el cual entrega su referencia (señal de 2MHz) a un equipo SSU(Synchronization Supply Unit) que distribuye la señal de sincronismo a los diferentes multiplexores SDH ubicados en dicho nodo, y que a través de las diferentes conexiones STM-N de la red SDH sincroniza a los demás elementos remotos de la red.

### III-B. RED DWDM

El equipamiento utilizado en la red de backbone DWDM incluye multiplexores OADM y amplificadores OLA, con transponders que ofrecen interfaces ópticas a nivel STM-16, STM-64, GigabitEthernet y 10 GigabitEthernet.

La capa óptica de la red DWDM desde Tulcán hasta Machala fue diseñada para permitir el transporte de 40 lambdas de 10 Gbps cada una (con un espaciado de 100GHz), dando una capacidad total de 400 Gbps, que con los equipos actuales podría ampliarse a futuro hasta 800Gbps.

La red DWDM incluye principalmente OADMs en Quito, Tulcán, Policentro, Milagro y Machala, y equipos OLA correspondientes a amplificadores tipo EDFA en los demás sitios, excepto en los tramos de Quevedo - Policentro y Quito - Tulcán con longitudes de aproximadamente 150 km y 170 km respectivamente, donde se cuenta con amplificadores tipo RAMAN. Cabe indicar además que en cada enlace se tienen compensadores de dispersión cromática.

En DWDM existe protección a nivel de lambda, permitiendo su conmutación automática, mediante el uso de tarjetas pasivas que dividen la señal óptica en dos partes iguales para transportarlos a través de las dos conexiones existentes en los tramos Quito - Tulcán, Quito - Guayaquil, Quito - Milagro y Quito - Machala.

### III-C. RED IP/MPLS

TRANSNEXA S.A. E.M.A. cuenta con una plataforma IP/MPLS que incluye principalmente dos enrutadores instalados en los nodos principales de Quito y Guayaquil, junto con switches de acceso "Carrier Class" integrando de esta manera al Ecuador a la red MPLS Regional Latinoamericana con la que cuenta junto con su socio estratégico la empresa INTERNEXA E.S.P., que conecta actualmente los países de Ecuador, Colombia, Perú, Venezuela, Chile, Argentina, Brasil y próximamente Centroamérica.

La plataforma IP/MPLS es soportada a través de las tecnologías de transporte SDH y DWDM. Esta plataforma provee el producto TRANSNEXA SWITCHING INTERNACIONAL, que corresponde un servicio transparente que puede interconectar diferentes sedes de clientes ubicadas dentro de la Región Latinoamericana. Además, esta red que inicialmente transportaba información a nivel de capa 2, se la ha promovido a nivel de capa 3 para soportar el enrutamiento de paquetes, de manera que cada uno de los equipos funciona como un enrutador de borde manejando el protocolo BGP(Border Gateway Protocol), y entre otras cosas ha permitido también adecuar la red para la nueva versión del protocolo de Internet IPv6, que constituye el futuro de la red mundial de información.



Figura 4: Red MPLS

Se realizó visitas técnicas a varios nodos para comprobar su situación actual, de cada uno se especifica el equipamiento disponible, los sistemas de alimentación AC y DC y sistemas de aire acondicionado [1].

IV. ANÁLISIS

Para el análisis se utilizaron Matrices de Riesgo, la cual nos permite identificar los escenarios más críticos. Para esto se realizó una división debido a las características en común que presentan los nodos. El análisis realizado en los nodos de backbone y radiales y el segundo en los PDP's. Obteniendo así las matrices de riesgo de la figura 5 para el primer análisis de los primeros nodos, para los PDP's se obtuvo la matriz de riesgo de la figura 6.

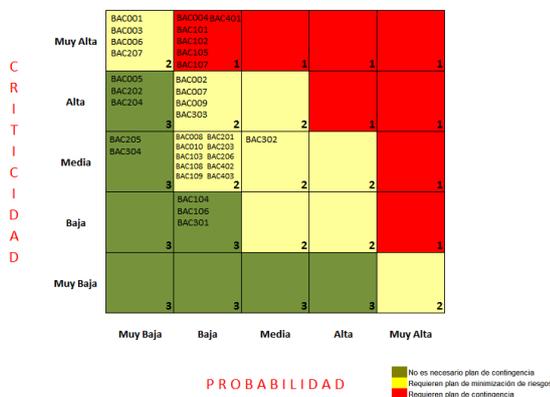


Figura 5: Matriz de riesgo nodos backbone y radiales

Cada matriz nos indica cuales son los escenarios que necesitan planes de contingencia o planes de minimización de riesgos.

Existen diversos factores que debemos analizarlos por varias razones como el cumplimiento de normas, seguridad, organización, accesibilidad y por la imagen que reflejan las empresas a los clientes. Estos factores no influyen directamente en el porcentaje de disponibilidad que ofrece CELEC EP - TRANSELECTRIC y TRANSNEXA S.A. E.M.A., sin embargo si son totalmente desatendidos pueden llegar a afectar la red.

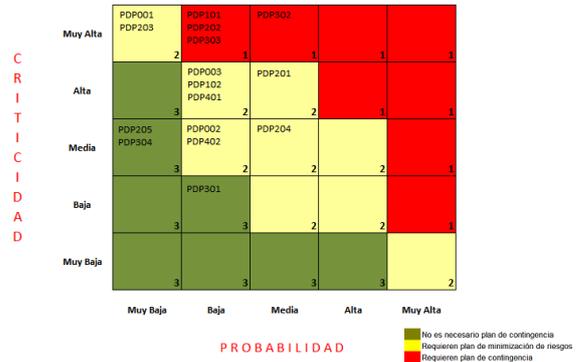


Figura 6: Matriz de riesgo PDP's

Los datos recopilados en las visitas técnicas a los diferentes nodos, nos permiten determinar varias deficiencias, que se detallarán a continuación:

**Ubicación inadecuada de los equipos de telecomunicaciones y de los equipos de aire acondicionado:** En los nodos visitados se pudo constatar que los racks se encuentran instalados al contorno de la sala de comunicaciones, es decir paralelos a las paredes con una separación que varía entre 25 - 30 cm en subestaciones, en otros nodos como el matriz la separación es de 10 - 15 cm y en PDP's las separaciones tiene gran variación. Estas distancias junto con la ubicación de los equipos de aire acondicionado pueden afectar la correcta circulación de aire, afectando a ciertas áreas de la sala más que a otras, impidiendo así mantener una adecuada temperatura en los racks, la cual debe permanecer entre 18°C y 24°C con una humedad entre el 30% y 55%. En los nodos en donde el aire acondicionado es centralizado se pudo constatar que la temperatura de la sala no era la adecuada, las rejillas de ventilación no proveían la cantidad de aire necesario para mantener la sala en una temperatura óptima. (Ver figura 7)



Figura 7: Ubicación racks

**Poca organización en los patch cords instalados:** Uno de los principales problemas que se ha observado en los patch cords instalados en los nodos es que muchos de éstos no están instalados de forma organizada. No se puede generalizar, pero en muchos de los racks se encuentra este problema. Existe carencia de organizadores por falta de espacio en los racks, además de que la longitud de los patch cords en especial los de fibra óptica dificultan este fin, siendo colgados o colocados

sobre equipos. (Ver figura 8)



Figura 8: Patch cords instalados

#### Problemas en la alimentación de equipos de clientes:

La alimentación 110V<sub>AC</sub> en los racks es uno de los puntos más vulnerables en los nodos. En la mayoría de racks existen multitomas para proveer de alimentación AC, sin embargo donde existen gran cantidad de equipos, se hace uso de cortapicos, que en muchos casos se encuentran mal instalados, ubicados sobre o junto a equipos, sujetos con amarras a los parantes de los racks o en algunos casos colgantes. En ciertos racks en donde la alimentación AC no está protegida, existen UPS instalados por los propios clientes en la parte inferior de los racks. (Ver figura 9)



Figura 9: Multitoma Horizontal

**Falta de escalerillas:** En la mayoría de nodos se encuentran instaladas escalerillas, sin embargo existen casos, como en la S/E Cuenca que no cuentan con éstas. Las escalerillas son indispensables ya que permiten una adecuada instalación, seguridad y organización de los Patch Cords y cableado eléctrico. (Ver figura 10)



Figura 10: Falta de escalerillas

**Bajo control y supervisión en los trabajos realizados por clientes en los PDP's:** Los PDP's al ser cuartos arrendados, no disponen de la misma seguridad con la que se cuenta en los demás nodos como las subestaciones o el edificio TRANSELECTRIC. El acceso a éstos se realiza de forma manual, dependiendo del PDP las llaves de ingreso son administradas por personal de la misma edificación o en algunos casos en nodos cercanos, en donde de acuerdo a requerimientos u

órdenes de trabajo, las cuales son por determinado tiempo, se permite ingresar al PDP. Una vez que se ha ingresado al PDP se dispone de poca supervisión de los trabajos realizados.

**Ubicación inadecuada del Data Center:** Al no ser las telecomunicaciones la función principal de CELEC EP - TRANSELECTRIC, el crecimiento de ésta área se fue dando conforme la demanda de servicios. Se destinó un área determinada dentro de las oficinas para la instalación de equipamiento, con adecuaciones físicas como instalaciones eléctricas, instalación de escalerillas, entre otras. La cantidad de equipamiento que se dispone en la actualidad puede comprometer la estructura física del edificio.

## V. PROPUESTAS

### V-A. Planes de Acción

Se plantean diferentes planes de acción que ayudarían a mejorar el desempeño de la red:

1. **Reducción de criticidad:** Permitiría mejorar los tiempos de respuesta frente a vulnerabilidad como la ruptura de la fibra óptica, fallas críticas en equipos y fallas en sistemas auxiliares.

Actividad	Responsable	Comentario
Revisar disponibilidad del stock de repuestos que se tiene en CELEC EP - TRANSELECTRIC y TRANSNEXA S.A. E.M.A., y mantener actualizado el contrato con el proveedor de los equipos y repuestos de internetworking y la disponibilidad de personal y atención de fallas.	NOC/Ingenieros de disponibilidad	Revisión del contrato actual, para verificar capacidad y disponibilidad de repuestos, los cuales deben ser almacenados en dos bodegas calientes ubicadas en Quito y Guayaquil para stock.
Tener dispuesto un Shelter de servicios auxiliares en Quito y Guayaquil, preparados con planta diesel, rectificador y banco de baterías, para contingencias en el sitio afectado ó potenciar el sistema de servicios auxiliares en los sitios más prioritarios.	Sección de mantenimiento	Verificar la posibilidad de usar los equipos disponibles en CELEC EP - TRANSELECTRIC/TRANSNEXA S.A. E.M.A. o la posibilidad de arrendamiento. Mantenimientos preventivos para sistemas auxiliares.
Transporte aéreo. Tener toda la información de horarios y vuelos comerciales y de los contratistas particulares que trabajen en la zona.	NOC/Secretaría	Contar con esta información semanalmente y ponerla junto a los planes de contingencia.
Transporte terrestre. Tener disponible un vehículo apropiado para movilización del personal y equipos.	NOC/Secretaría	Contar con vehículos propios y choferes, disponibles para el personal en casos de emergencia. En caso de no disponer de lo anteriormente mencionado, se debe tener dispuesta la logística: empresas que presten el servicio de transporte terrestre y aéreo y sus contactos.
Proveer de patchcord de repuesto en los sitios del backbone.	Sección de mantenimiento	Se debe disponer de bodegas locales que cuenten con un sistema versátil de registro, el cual permita mantener una base de datos actualizada de los repuestos disponibles en los nodos.
Rutas alternas para minimizar vulnerabilidades ante fallas.	NOC/Ingenieros de disponibilidad	Se realizará un análisis de las posibles rutas alternas en la propia red para respaldar el tráfico.
Adelantar actividades para la consecución de capacidad con otros proveedores hacia otras rutas.	NOC/Ingenieros de disponibilidad	Analizar la factibilidad de la suscripción de convenios o contratos directos con proveedores para la protección de los puntos más vulnerables de la red. Generar listado de los proveedores de capacidad en reserva y números de contacto.

Figura 11: CRITICIDAD

2. **Reducción de probabilidad:** Mediante ejecución y verificación de los planes de mantenimiento en componente de la red de fibra óptica y sistemas auxiliares se podría reducir notablemente la ponderación de probabilidad en los posibles escenarios.

Se detallará a continuación el plan de contingencia para el escenario BAC004

Actividad	Responsable	Comentario
Ejecutar el plan de mantenimiento preventivo programado sobre los componentes de la red de fibra óptica, que incluye mediciones de los hilos de fibra, limpieza de conectores, equipos, tarjetas y ventiladores, y verificación de enlaces de protección.	Sección de operación y mantenimiento	Se debe realizar un registro de todas las mediciones realizadas, con el fin de mantener un mejor control sobre los componentes. Se debe realizar un seguimiento sobre la corrección de las novedades encontradas en el mantenimiento.
Dar seguimiento a las pruebas y mantenimientos programados por parte del área eléctrica sobre los sistemas auxiliares.	Sección de operación y mantenimiento	Llevar un registro de todas las pruebas realizadas en los diferentes nodos de la red. Se debe realizar un seguimiento sobre la corrección de las novedades encontradas en el mantenimiento.
Ejecutar el plan de mantenimiento programado sobre los equipos en los sistemas de alimentación AC y DC	Sección de operación y mantenimiento	Se debe realizar un registro de todas las mediciones realizadas, con el fin de mantener un mejor control sobre los componentes. Se debe realizar un seguimiento sobre la corrección de las novedades encontradas en el mantenimiento.
Estar pendiente del mantenimiento que requieren los sistemas de AACC.	Sección de operación y mantenimiento	Dar mantenimiento periódico a todos los equipos de aire acondicionado además de llevar un control para prevenir las fallas de los mismos.

Figura 12: PROBABILIDAD

3. **Planes de contingencia:** Los escenarios con ponderación 1 necesitan un plan de contingencia en el cual se detallan las actividades que se deberían seguir para solucionarlo el inconveniente en el menor tiempo posible.

Se detallará a continuación el plan de contingencia para el escenario BAC004.

#### ESCENARIO BAC004

**Evento Disparador:** Ruptura simple de fibra Frontera Norte - Jamondino, caída de todos los servicios a Colombia con largos tiempos de atención.

**Identificación de riesgos:** Salida del 100 % de los servicios procedentes de Perú y Ecuador hacia y desde Colombia a través de este ramal. Contingencia para normalización completa de servicios solo a través de una ruta alterna.

**Consecuencias y efectos del riesgo:** Pérdida de los servicios con salida internacional por Colombia hacia y desde Ecuador y Perú. Clientes sin servicios, pérdida de la red corporativa del NOC de Ecuador y Colombia a través de las extensiones internas. Pérdida de teleprotección, canales de datos e intercambio de energía eléctrica.

**Periodo de vulnerabilidad:** > 48 horas.

**Tiempo de restablecimiento:** < 24 horas.

**Procedimientos Generales:** Realizar la verificación del inconveniente para encontrar el punto del problema y la solución del mismo. El tráfico IP será respaldado como máximo en un 60 % por la salida internacional a través de Perú con el incremento de capacidad que se tiene disponible para esta emergencia. Se priorizará el tráfico a respaldar en base a las capacidades contratadas por los clientes y a la disponibilidad existente.

**Respuesta a la emergencia:**

Actividad	Responsable	Comentario
Confirmación de apertura de la fibra.	NOC	Confirmar con el NOC de INTERNEXA la apertura de la fibra y el posible punto del problema.
Traslado de personal y materiales al sitio del evento para la solución por parte de INTERNEXA.	Gerencia Técnica de TRANSNEXA S.A E.M.A/Sección de Operación y Mantenimiento	Confirmación de que el traslado al lugar del evento por parte de INTERNEXA sea lo antes posible.
Generar TKT en bitácora para los clientes afectados.	NOC	
Dimensionar y priorizar el tráfico afectado por el evento.	NOC	Verificar la lista de redes prioritarias y capacidades afectadas por cliente para poder respaldarlas de acuerdo a la disponibilidad existente de respaldo por Perú.
Control de SLAs por parte de INTERNEXA.	NOC/Ingeniero de Servicios	Llamada periódica cada hora para la verificación de evolución del caso a INTERNEXA.
Verificación de la calidad del servicio.	NOC	Verificación de potencias y estado de los enlaces por medio de los sistemas de gestión.
Información a los clientes.	Ingeniero de Servicios	

Figura 13: Procedimientos Generales

Actividad	Responsable	Comentario
Respaldo de tráfico IP a través de la salida por Perú.	NOC	Protección del tráfico IP a través de la salida internacional por Perú de acuerdo a la capacidad contratada y considerando las redes prioritarias.
Gestionar la reparación de la FO con el personal responsable de este trabajo.	Ingeniero Disponible	

Figura 14: Respuesta a la emergencia

#### V-B. Propuestas de Mejora

Se da propuestas de mejora para algunos inconvenientes existentes en los nodos.

**Ubicación inadecuada de los equipos de telecomunicaciones y de los equipos de aire acondicionado:** Los equipos se deberían colocar en la pared más larga para que la ventilación sea uniforme, también se puede optar por poner dos equipos de aire acondicionado, de la mitad de capacidad cada uno y uno en cada extremo, para que la distribución del aire sea más uniforme. Uno de los procedimientos más adecuados y recomendados es tener una distribución hot aisle/cold aisle (pasillo caliente/pasillo frío). En esta configuración los racks se disponen en filas alternas de pasillos calientes y fríos. En el pasillo frío, los racks se ubican frente a frente, mientras que en el pasillo caliente, están dorso contra dorso. (Ver figura 15)

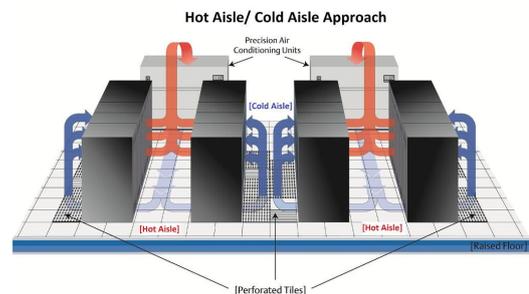


Figura 15: pasillo caliente/pasillo frío

**Poca organización de los patch cords:** La administración de los cables en el centro de datos y en un cuarto de telecomunicaciones óptimo permite tener un servicio muy confiable

y flexible al que se puede conectar cualquier aplicación nueva. La administración de los cables comienza con los racks y gabinetes, que deben brindar un amplio control de cables horizontales y verticales. (Ver figura 16)



Figura 16: Organización de los patch cords

**Problemas en la alimentación de equipos de clientes:** Se pueden instalar cada ciertas unidades de rack (RU) multi-tomas horizontales que cubran dicha demanda, y disponer de una multi-toma horizontal o vertical como proyección a futuro. (Ver figura 17)



Figura 17: Alimentación de equipos de clientes

**Falta de escalerillas:** La instalación de escalerillas es indispensable en las salas de comunicaciones ya que permite la organización de los cables, tanto de alimentación como patch cords de cable UTP, STP, coaxial y de fibra óptica. (Ver figura 18)

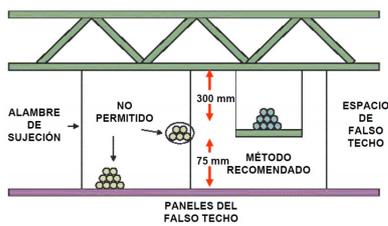


Figura 18: Escalerrillas

**Bajo control y supervisión en los trabajos realizados por clientes en los PDP's:** Para el control de acceso en los PDP's es aconsejable la colocación de cerraduras TCP/IP, que permitan la monitorización y gestión desde el edificio TRANSELECTRIC. (Ver figura 19)

**Ubicación inadecuada del Data Center:** Se plantean algunas alternativas para los problemas existentes actualmente en los demás nodos, puesto que todos los servicios se encuentran centralizados en Quito. (Ver figura 20)

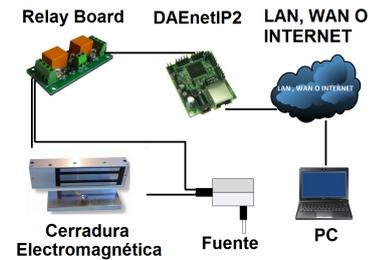


Figura 19: Cerradura TCP/IP

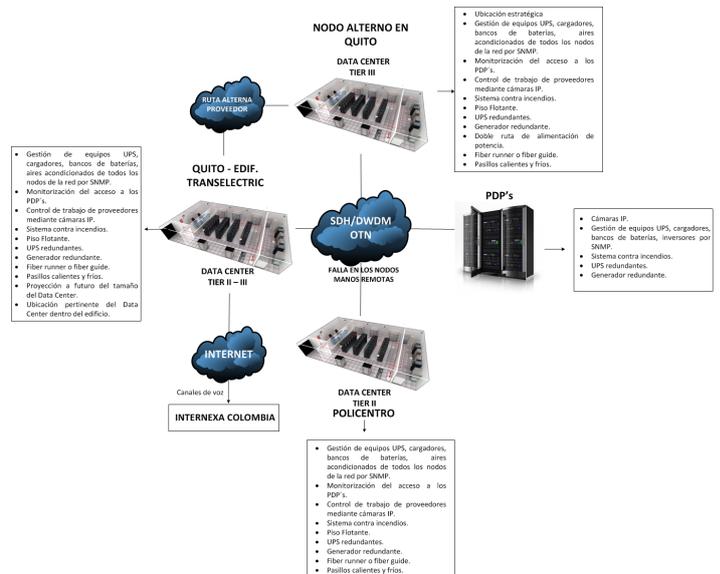


Figura 20: Alternativas de mejora

*V-C. Propuestas para los inconvenientes en la arquitectura de la red*

### RED SDH

La red SDH de CELEC EP - TRANSELECTRIC cuenta con protecciones MSP en algunos tramos, sin embargo a corto plazo es necesario proteger todos los tramos de la red mediante una topología en anillo robusta.

Tomando en cuenta que los nodos del anillo de la red de CELEC EP - TRANSELECTRIC no son más de 16, existen diferentes protecciones que se detallarán a continuación:

- **MS-SPRING:** Es aplicable para este tipo de topología en donde se emplea la mitad de la capacidad en cada sentido.
- **MS-DPRING:** Utiliza un camino distinto siguiendo un sentido del anillo para cada conexión bidireccional. El sentido contrario es el de backup.

### RED DWDM

En la red DWDM las lambdas que ingresan a cada OADM lo hacen mediante tarjetas OTU (Optical Transport Unit), si estas llegan a fallar no existe redundancia en las mismas y se perdería la información, por lo que es aconsejable la instalación de un segundo OTU en cada OADM, para que de esta manera sea más eficaz la protección que se tiene

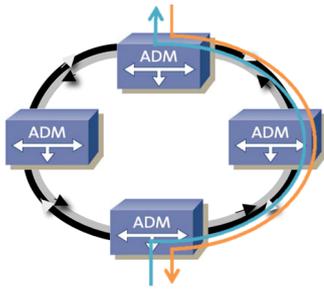


Figura 21: MS-SPRING

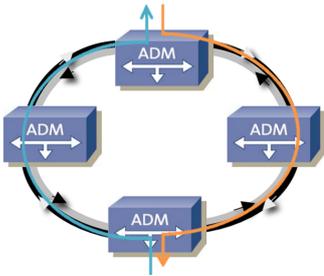


Figura 22: MS-DPRING

configurado en el anillo de la red.

Para este fin existen diferentes configuraciones, una de estas consiste en la utilización de tarjetas OLP en las cuales se conecta el cliente con el fin de obtener una señal redundante. Conectado al OLP se encuentran las tarjetas OTU's uno de *working* y otro de *protection*, instaladas en diferentes subracks, cada una conectada a su tarjeta multiplexora/demultiplexora o amplificadora de acuerdo al esquema que se desee plantear.

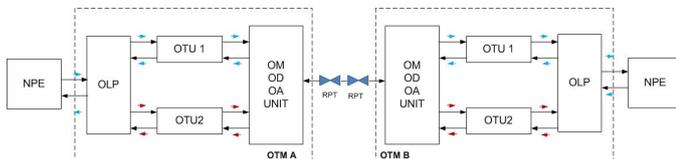


Figura 23: Canal óptico 1+1 Inter-Subrack

## VI. DISCUSIÓN

### VI-A. Conclusiones

CELEC EP - TRANSELECTRIC cuenta con una red de transporte muy robusta, cuya característica principal es el disponer de cable con fibra óptica tipo OPGW y ADSS instalado sobre las estructuras de transmisión y subtransmisión de energía eléctrica, ofreciendo de esta manera enlaces menos susceptibles a afectaciones por ruptura del cable.

CELEC EP - TRANSELECTRIC y TRANSNEXA S.A. E.M.A. cuentan con un amplio portafolio de servicios, entre estos, CLEAR CHANNEL, IP ACCESS, CARRIER ETHERNET, ULTIMOS KILOMETROS y COLLOCATION. El servicio IP ACCESS abarca la mayoría de clientes principalmente en la ciudad de Quito y Guayaquil, las cuales concentran la mayor cantidad del tráfico brindado.

CELEC EP - TRANSELECTRIC ofrece a sus clientes una disponibilidad del 99.8% y TRANSNEXA S.A. E.M.A. del 99.8% en el servicio POP TO POP INTERNACIONAL y CARRIER ETHERNET y del 99.6% en el servicio IP ACCESS, los cuales son de suma importancia, ya que estos parámetros son utilizados para la realización de reportes de los servicios para entes de control y para la facturación a los clientes.

El Data Center de CELEC EP - TRANSELECTRIC / TRANSNEXA S.A. E.M.A. no cumple con varias características básicas, como la presencia de piso falso, sistema contra incendios, aire acondicionado de precisión para poder categorizarle dentro de los niveles de TIER. Con lo que se demuestra la deficiencia existente en el equipamiento presente.

Las subestaciones se encuentran generalmente alejadas de las ciudades lo cual es un gran impedimento para algunos clientes llegar con su infraestructura hacia ésta, para solventar este inconveniente CELEC EP - TRANSELECTRIC tuvo la necesidad de arrendar cuartos ubicados en el centro de las ciudades denominados Puntos de Presencia o PDP's, los cuales no poseen de suficiente espacio físico para un crecimiento a futuro y es un inconveniente para la correcta realización de mantenimientos preventivos y correctivos.

Las soluciones planteadas en este proyecto de tesis permitirán minimizar los riesgos y reducir vulnerabilidades frente a fallas ocurridas en la red, sistema de alimentación, sistema de aire acondicionado o por factores ambientales, permitiendo que la red se vuelva mucho más robusta, eficaz y permita aumentar la disponibilidad de los servicios ofrecidos a los clientes, convirtiendo así a CELEC EP - TRANSELECTRIC y TRANSNEXA S.A. E.M.A. en empresas líderes en Telecomunicaciones en el Ecuador.

### VI-B. Recomendaciones

Los nodos con mayor importancia en la red son los del backbone puesto que forman parte del anillo, permiten la salida de los servicios hacia Colombia y Perú y permiten conexiones directas a los nodos radiales y PDP's, es por este motivo que deberían contar con excelentes estructuras físicas para evitar cualquier vulnerabilidad frente a fallas, por que es aconsejable que se tenga un buen sistema de aire acondicionado, sistema contra incendios/humo, que se disponga de las escalerillas necesarias para la instalación de nuevos servicios y que su uso sea exclusivo para equipos de telecomunicaciones.

Llevar a cabo los planes de contingencia, prevención y minimización de riesgos, puesto que en cada uno de ellos se detalla cuales serian las posibles soluciones frente a los diferentes eventos que puedan ser ocasiones por fallas en la red de fibra óptica, sistema de alimentación, sistemas de aire acondicionado y factores ambientales en los nodos de backbone, radiales y PDP's.

Los servicios ofrecidos a los clientes no se deberían centralizar en el Data Center existente en Quito, es aconsejable construir un segundo Data Center Tier II ubicado en la ciudad de Guayaquil, puesto que es la segunda ciudad con gran demanda de servicio IP ACCESS.

Es aconsejable recurrir a la asesoría profesional para la readecuación del Data Center actual, y en el caso de que se implementen los Data Center contemplados en las soluciones planteadas en este proyecto de tesis.

#### REFERENCIAS

- [1] Betancourt, P. y Cevallos, A. (2013). *Evaluación técnica de la red de fibra óptica de CELEC EP - TRANSELECTRIC a través de la cual la empresa TRANSNEXA S.A. E.M.A. presta sus servicios de telecomunicaciones a nivel nacional e internacional.* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.
- [2] Documentación interna de CELEC EP-TRANSELECTRIC
- [3] Documentación interna de TRANSNEXA S.A. E.M.A.
- [4] Fuentes Moreno, J. A. (2012) *Sistemas eléctricos de potencia*. Recuperado de [http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/9563/mod\\_resource/content/1/Tema\\_1\\_sistemas\\_electricos\\_potencia.pdf](http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/9563/mod_resource/content/1/Tema_1_sistemas_electricos_potencia.pdf).
- [5] Capmany Francoy, J y Ortega Tamarit, B. (2006). *Redes Ópticas*. Valencia: UPV.
- [6] Gumaste, A y Antony, T. (2003). *DWDM Network Designs and Engineering Solutions*. Indianapolis: Cisco Press.