

Estudio de factibilidad para la migración de tecnologías en enlaces microonda para el BACKBONE de telecomunicaciones de EP - PETROECUADOR

Solórzano, Miguel Ángel
miguelsolorzanoz@gmail.com

Escuela Politécnica del Ejército, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

RESUMEN

En el presente proyecto se realizó el estudio, diseño y factibilidad en enlaces de microonda, presentando una solución a la necesidad de unificar el sistema de radio entre las filiales de Petroecuador, debido a la reestructura organizacional que está sufriendo la empresa.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó varias herramientas necesarias para el diseño de los distintos radioenlaces propuestos como: la utilización de las pertinentes ecuaciones para los cálculos de todos los factores que afectan a los radioenlaces y para su verificación el software StarLink 4 de Aviant, el uso del programa Radio Mobile 10.7.2 para simular el perfil topográfico y comprobar los parámetros de diseño. Además se utilizó catálogos de equipos existentes en el mercado, para la utilización de las distintas especificaciones técnicas.

Este proyecto está enfocado a mejorar las comunicaciones de voz y datos para la empresa así como optimizar recursos y reducir costos, permitiendo migrar gradualmente de tecnología mediante radios híbridos transportando en primera instancia tráfico de El's en G703 y XMbps en Ethernet, con el objetivo de cambiar en base a las nuevas necesidades todo el tráfico a IP.

Finalmente se analiza la rentabilidad del proyecto garantizando una propuesta eficiente con respecto a los equipos comerciales disponibles en el mercado.

El presente proyecto contempla el estudio y los diferentes análisis oportunos que permitan garantizar la optimización del uso del ancho de banda asignado por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL), mediante la actualización (UPGRADE) y/o reemplazo de equipos de comunicación con tecnología de punta dentro de la red de microonda correspondiente al BACKBONE de EP-PETROECUADOR con el fin de disponer de un medio idóneo para el flujo de la información, lo que se obtiene por consecuencia un mejoramiento en los tiempos de retardo en la comunicación a nivel corporativo, ahorro sustancial en capacitación del personal y optimización del stock de repuestos en bodega.

BACKBONE EP PETROECUADOR

Las distintas estaciones repetidoras como estaciones terminales que pertenecen al BACKBONE de EP PETROECUADOR son las siguientes Balao Tanque 1, Repetidor Atacazo, Campamento Guajaló, Cerro Guamaní, Cerro Pichincha, Cerro Condijua, Cerro Tres Cruces, Repetidor Reventador, Campamento Lago Agrio, Repetidor Lumbaqui.

Las cuales se puede visualizar a continuación en la figura.

INTRODUCCIÓN

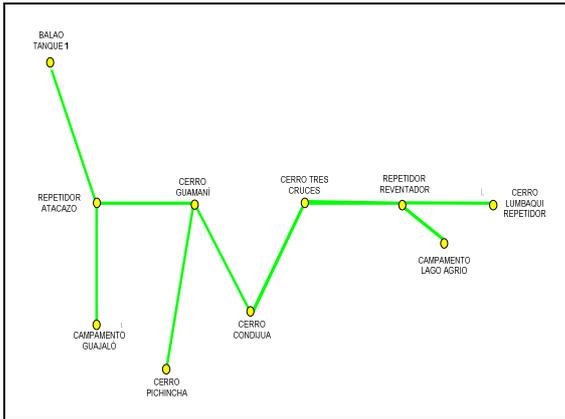


Figura. 1 BACKBONE Ep Petroecuador.

Los cuales se encuentran perfectamente ubicados a lo largo de todo el territorio ecuatoriano.

ENLACES BACKBONE EP PETROECUADOR

- Balao Tanque 1 - Repetidor Atacazo

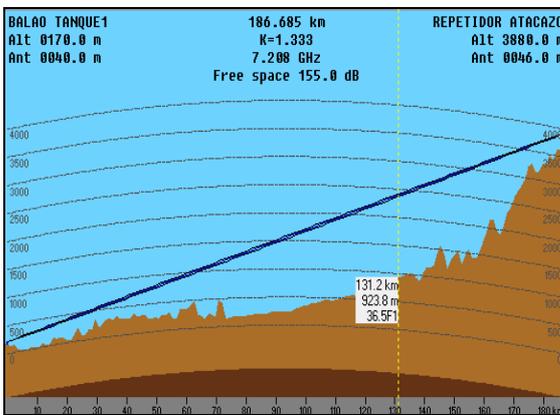


Figura. 2 Perfil Topográfico BLO – ATZ.

- Características de operación del enlace:

| | Actual | Propuesto |
|---------------------------------|--------|-------------------------|
| Capacidad | 16 E1 | (16 E1), (103-148 Mbps) |
| AB (MHz) | 29.5 | 28 |
| Frecuencia (GHz) | 6.315 | 6.063 |
| Modulación | QPSK | 32 QAM |
| PRx (dBm) | | -47.59 |
| Sensibilidad del Receptor (dBm) | | -79 |
| Margen de | | 31.41 |

| Desvanecimiento | Confiabilidad (SD) |
|-----------------|--------------------|
| | 99.993% |

Tabla. 1 Características de operación BLO – ATZ.

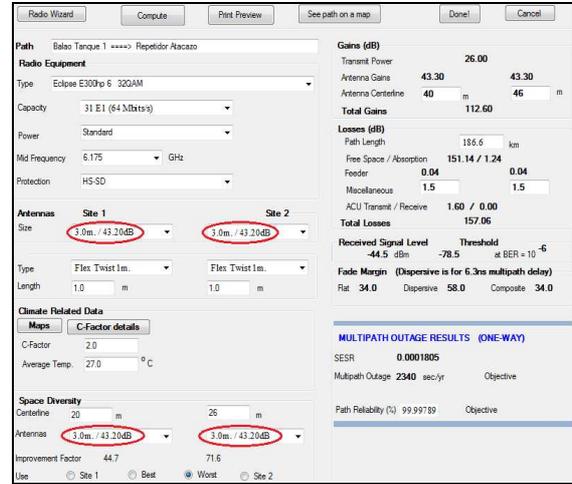


Figura. 3 Path Loss BLO – ATZ.

- Repetidor Atacazo – Campamento Guajaló

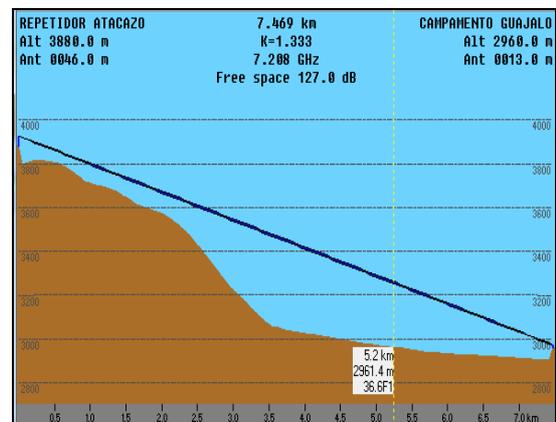


Figura. 4 Perfil Topográfico ATZ – GJO.

- Características de operación del enlace:

| | Actual | Propuesto |
|---------------------------------|--------|-----------------------|
| Capacidad | 16 E1 | (16 E1), (57-82 Mbps) |
| AB (MHz) | 14 | 14 |
| Frecuencia (GHz) | 7.205 | 7.366 |
| Modulación | 16 QAM | 64 QAM |
| PRx (dBm) | | -44.81 |
| Sensibilidad del Receptor (dBm) | | -80 |
| Margen de | | 35.19 |

| | |
|-----------------|------|
| Desvanecimiento | |
| Confiabilidad | 100% |

Tabla 2 Características de operación ATZ - GJO.

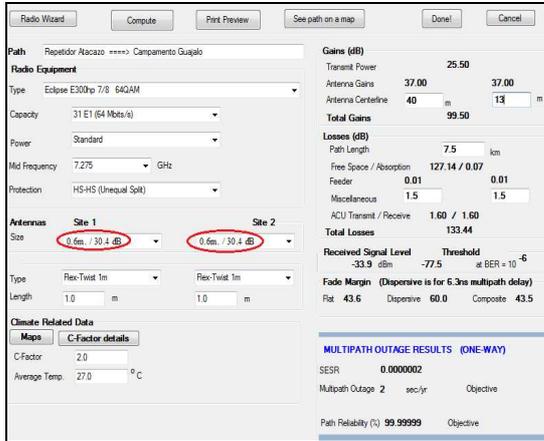


Figura. 5 Path Loss ATZ – GJO.

- Repetidor Atacazo – Cerro Guamaní

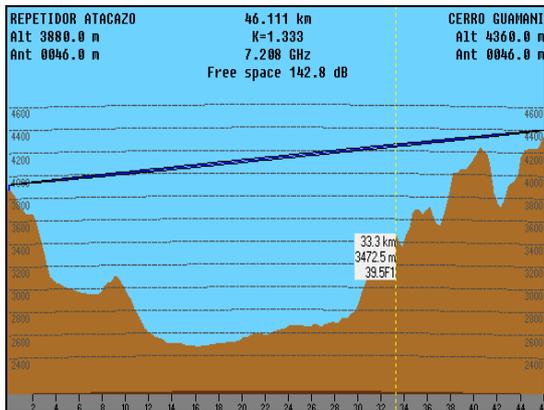


Figura. 6 Perfil Topográfico ATZ – GMI

- Características de operación del enlace:

| | Actual | Propuesto |
|---------------------------------|--------|-----------------------|
| Capacidad | 16 E1 | (16 E1), (57-82 Mbps) |
| AB (MHz) | 29.650 | 14 |
| Frecuencia (GHz) | 7.886 | 8.177 |
| Modulación | 16 QAM | 64 QAM |
| PRx (dBm) | | -39.33 |
| Sensibilidad del Receptor (dBm) | | -80 |
| Margen de Desvanecimiento | | 40.67 |
| Confiabilidad | | 99.998% |

Tabla 3 Características de operación ATZ - GMI.

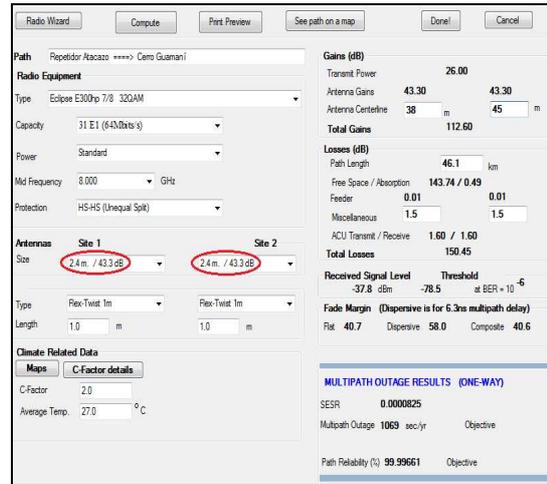


Figura. 7 Path Loss ATZ – GMI.

- Cerro Guamaní – Cerro Pichincha

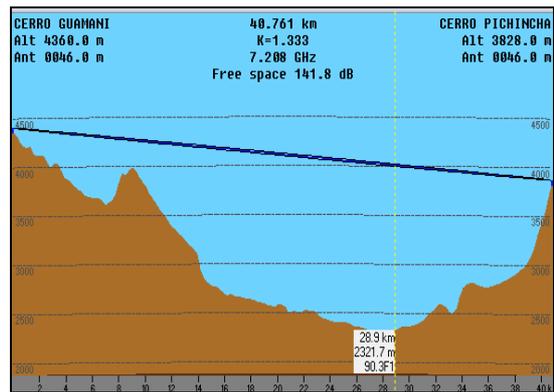


Figura. 8. Perfil Topográfico GMI – PCH.

- Características de operación del enlace:

| | Actual | Propuesto |
|---------------------------------|--------|-----------------------|
| Capacidad | 16 E1 | (16 E1), (57-82 Mbps) |
| AB (MHz) | 14 | 14 |
| Frecuencia (GHz) | 7.177 | 7.338 |
| Modulación | 16 QAM | 64 QAM |
| PRx (dBm) | | -49.96 |
| Sensibilidad del Receptor (dBm) | | -80 |
| Margen de Desvanecimiento | | 37.04 |
| Confiabilidad | | 99.996% |

Tabla 4 Características de operación GMI – PCH.

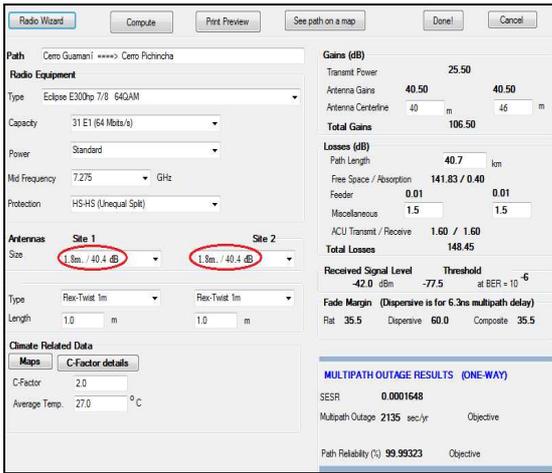


Figura. 9 Path Loss GMI – PCH.

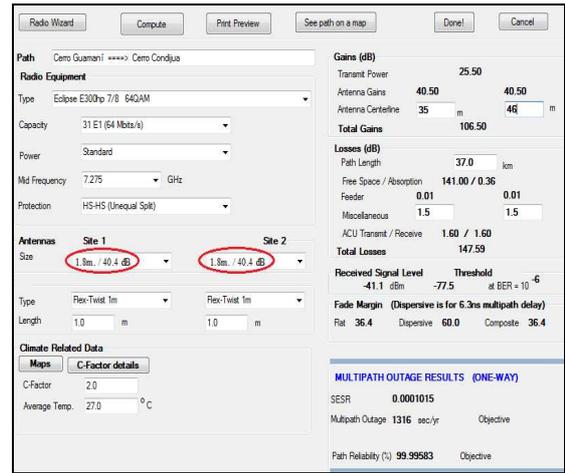


Figura. 11 Path Loss GMI – CDJ.

- Cerro Guamaní – Cerro Condijua

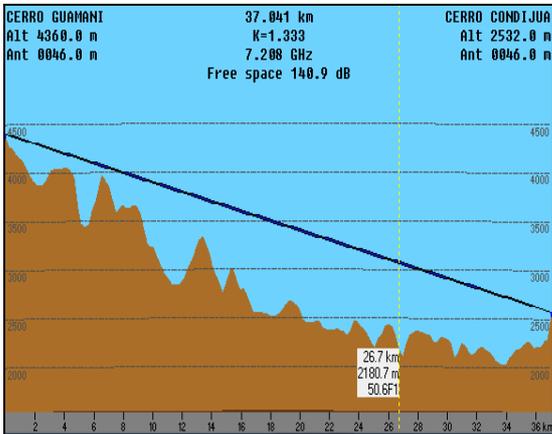


Figura. 10 Perfil Topográfico GMI – CDJ.

- Características de operación del enlace:

| | Actual | Propuesto |
|---------------------------------|--------|-----------------------|
| Capacidad | 16 E1 | (16 E1), (57-82 Mbps) |
| AB (MHz) | 14 | 14 |
| Frecuencia (GHz) | 7.219 | 7.380 |
| Modulación | 16 QAM | 64 QAM |
| PRx (dBm) | | -42.00 |
| Sensibilidad del Receptor (dBm) | | -80 |
| Margen de Desvanecimiento | | 38.00 |
| Confiabilidad | | 99.998% |

Tabla 5 Características de operación GMI – CDJ.

- Cerro Condijua – Cerro Tres Cruces

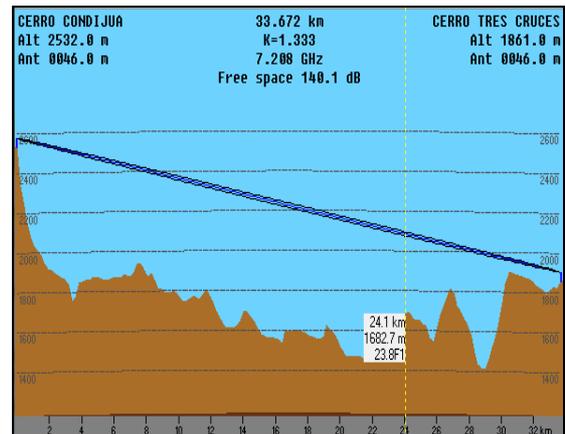


Figura. 12 Perfil Topográfico CDJ - TCZ.

- Características de operación del enlace:

| | Actual | Propuesto |
|---------------------------------|--------|-----------------------|
| Capacidad | 16 E1 | (16 E1), (57-82 Mbps) |
| AB (MHz) | 14 | 14 |
| Frecuencia (GHz) | 7.184 | 7.345 |
| Modulación | 16 QAM | 64 QAM |
| PRx (dBm) | | -40.94 |
| Sensibilidad del Receptor (dBm) | | -80 |
| Margen de Desvanecimiento | | 39.06 |
| Confiabilidad | | 99.999% |

Tabla 6 Características de operación CDJ – TCZ.

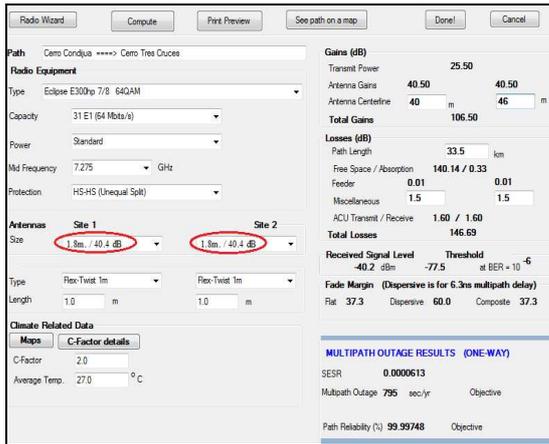


Figura. 13 Path Loss CDJ – TCZ.

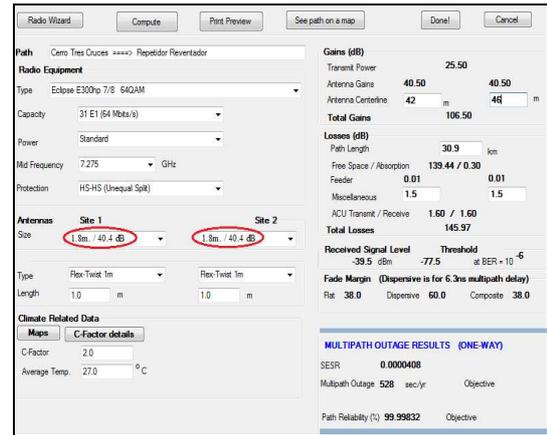


Figura. 15 Path Loss TCZ – RVN.

• Cerro Tres Cruces – Reventador

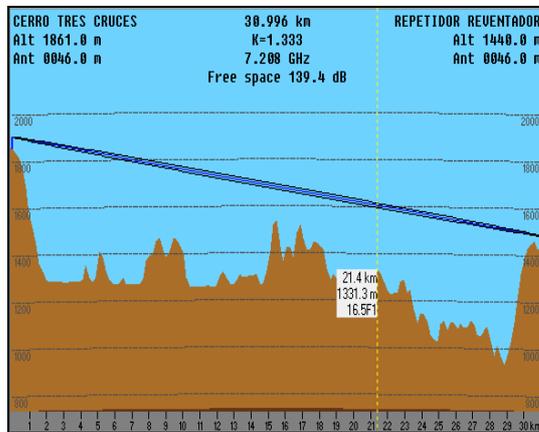


Figura. 14 Perfil Topográfico TCZ - RVN.

• Reventador – Campamento Lago Agrio

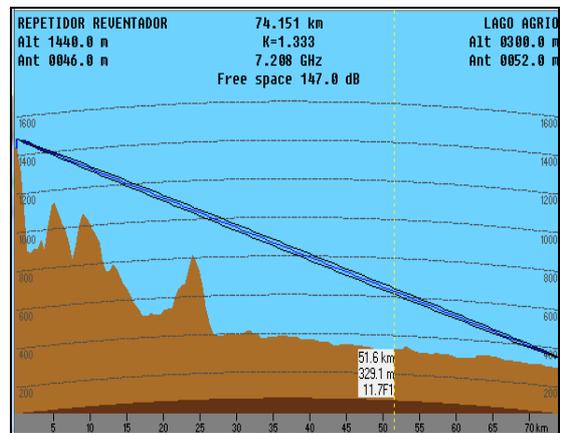


Figura. 16 Perfil Topográfico RVN - LGO.

• Características de operación del enlace:

| | Actual | Propuesto |
|---------------------------------|--------|-----------------------|
| Capacidad | 16 E1 | (16 E1), (57-82 Mbps) |
| AB (MHz) | 14 | 14 |
| Frecuencia (GHz) | 7.212 | 7.373 |
| Modulación | 16 QAM | 64 QAM |
| PRx (dBm) | | -40.09 |
| Sensibilidad del Receptor (dBm) | | -80 |
| Margen de Desvanecimiento | | 39.91 |
| Confiabilidad | | 99.999% |

Tabla 7 Características de operación TCZ – RVN.

• Características de operación del enlace:

| | Actual | Propuesto |
|---------------------------------|--------|-----------------------|
| Capacidad | 16 E1 | (16 E1), (57-82 Mbps) |
| AB (MHz) | 14 | 14 |
| Frecuencia (GHz) | 7.345 | 7.184 |
| Modulación | 16 QAM | 64 QAM |
| PRx (dBm) | | -44.29 |
| Sensibilidad del Receptor (dBm) | | -80 |
| Margen de Desvanecimiento | | 39.71 |
| Confiabilidad (SD) | | 100% |

Tabla 8 Características de operación RVN – LGO.

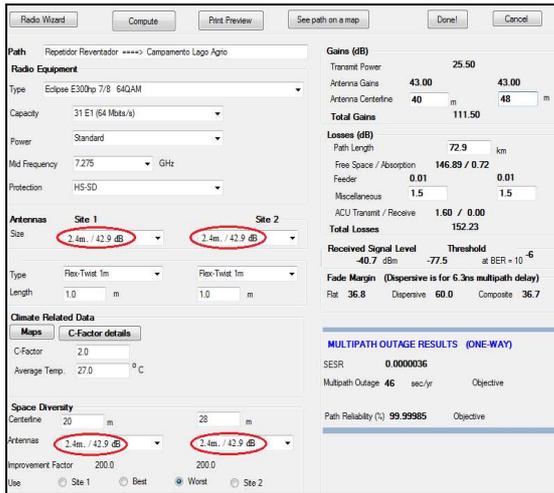


Figura. 17 Path Loss RVN – LGO.

- **Reventador - Cerro Lumbaqui repetidor**

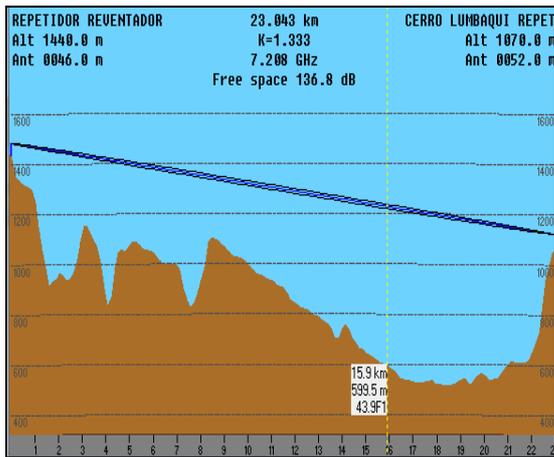


Figura. 18 Perfil Topográfico RVN - LBQ.

- **Características de operación del enlace:**

| | Actual | Propuesto |
|---------------------------------|--------|-----------------------|
| Capacidad | 16 E1 | (16 E1), (57-82 Mbps) |
| AB (MHz) | 14 | 14 |
| Frecuencia (GHz) | 7.317 | 7.156 |
| Modulación | 16 QAM | 64 QAM |
| PRx (dBm) | | -44.44 |
| Sensibilidad del Receptor (dBm) | | -80 |
| Margen de Desvanecimiento | | 35.56 |
| Confiabilidad | | 99.999% |

Tabla 9 Características de operación RVN – LBQ.

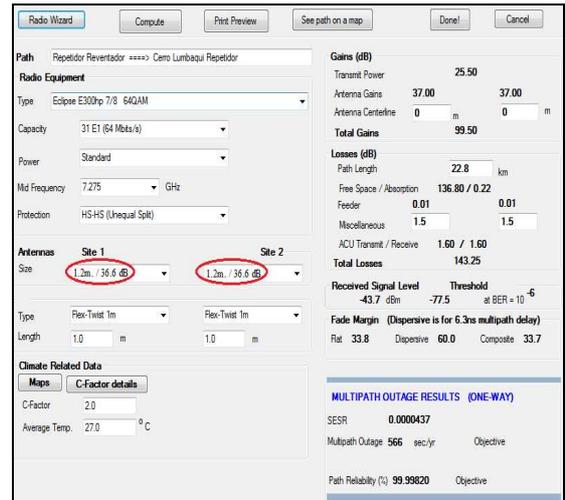


Figura. 19 Path Loss RVN – LBQ.

TECNOLOGÍA ACTUAL

PDH nace con la idea de transportar señales de canales digitales sobre un mismo enlace, usando técnicas de multiplexación por división de tiempo y equipos digitales de transmisión.

El sistema principal (que se denomina BACKBONE) usa la jerarquía PDH europea E1.

La trama PDH contiene 32 slots de tiempo TS (*Time Slots*) numerados de 0 a 31, cada E1 contiene 30 canales de voz y/o datos y 2 canales para alineación y señalización de la trama. Cada canal es de 64 kbit/s por tal motivo cada E1 tiene la capacidad de 2048 kbit/s.

Como se puede observar en la siguiente figura:

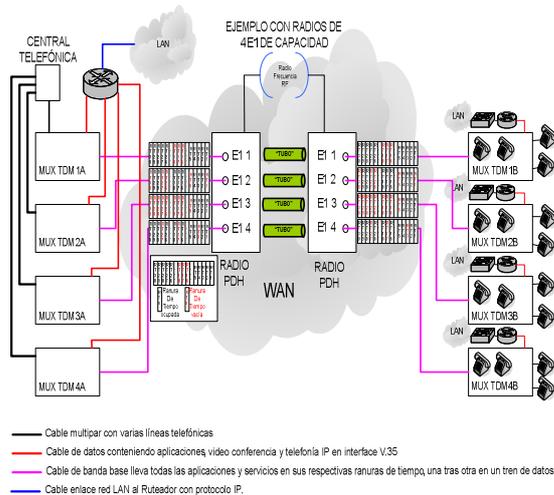


Figura. 20 Tecnología Actual.

Todas las aplicaciones y servicios que entran en el multiplexor 1A son transportados en un “tubo” de radio frecuencia y salen directamente al multiplexor 1B. Este mismo procedimiento se realiza en los otros E1s.

Con este esquema se ve la imposibilidad de sumar E1s, para hacer un “tubo más ancho de radio frecuencia”, además se puede visualizar el uso de las asignaciones estáticas de ranuras de tiempo, para cada una de las aplicaciones y servicios, que se encuentran presentes en la trama de datos que se transporta, se use o no.

Ejemplo Se necesita enviar la línea telefónica 2236160 perteneciente al sote a lago agrio. Se programa un *time slot* (TS) dentro del E1. Se programa el mismo TS en el multiplexor de Lago Agrio y el servicio es recibido. Lo que significa que ninguna aplicación o servicio puede hacer uso de esta ranura de tiempo.

TECNOLOGÍA NUEVA

El Protocolo de Internet es un protocolo de capa 3 usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de

datos a través de una red de paquetes conmutados. Los datos en una red basada en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o datagramas, IP posee la particular característica que no se necesita ninguna configuración antes de que un equipo intente enviar paquetes a otro con el que no se había comunicado antes.

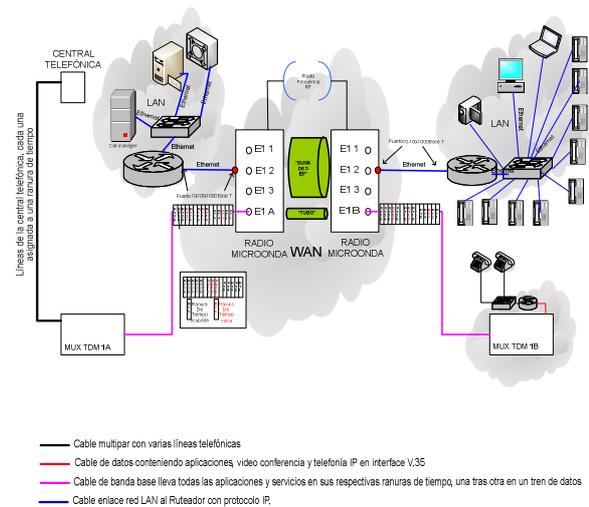


Figura. 21 Tecnología Nueva.

Se puede observar que las aplicaciones y servicios que entran en el multiplexor 1A son transportados en un “tubo” de radio frecuencia y salen directamente al multiplexor 1B (esquema antiguo).

Pero además se nota la posibilidad de sumar el número de E1 que convenga para hacer un “tubo más ancho” de radio frecuencia, con protocolo IP nativo, manteniendo el esquema anterior bajo G.703 lo que posibilita la migración paulatina.

Ya no existe asignaciones estáticas de ranuras de tiempo a cada aplicación y servicio, sino que se usa ranuras libres en el tiempo, optimizándose el uso de ellas en todos los E1’s sumarizados.

PLAN MULTIANUAL

Se pretende implementar radios microonda con la facilidad de transportar tráfico en canales TDM como Ethernet, con la característica de poseer la ventaja de operar como full IP y mediante software permite la posibilidad de su conversión para operar como un radio híbrido. La capacidad del equipo es dimensionada en un determinado número de E1 y XMbps del puerto Ethernet.

- **Plan 2011**

Consiste en el cambio de enlaces obsoletos que están en riesgo ya que se hallan en condición 1+ 0 ó ya no tienen repuestos, y afectarían directamente a la parte operativa de EP PETROECUADOR.

Cambio estimado: 5 enlaces.

- **Plan 2012**

Consiste en el cambio del resto de enlaces obsoletos que se encuentran formando el BACKBONE.

Cambio estimado: 4 enlaces.

- **Plan 2013**

Migración total de G.703 a IP.

AHORRO POR CORTES DE COMUNICACIÓN

Si se considera el escenario en el cual se para de bombear el número de barriles de petróleo por hora debido al corte de las comunicaciones por diferentes fallas en los equipos de radio microonda.

Se tiene que recurrir a los siguientes parámetros.

- **T.R.E.S.**

Tiempo de Respuesta Esperado: Se define como la transición de tiempo en la cual mediante el cambio de los equipos de radio microonda se soluciona el inconveniente presentado. Con los nuevos equipos se pretende llegar a dos horas como máximo y se lo puede calcular con la siguiente fórmula.

$$TRES_{ANUAL} = (FREO)(TREQ) + (FREN)(TREN)$$

- **F.R.E.O.**

Factor de Riesgo del Equipo Obsoleto: Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$\frac{\# \text{Enlaces Obsoletos}}{\# \text{Enlaces Totales}}$$

- **T.R.E.O.**

Tiempo de Respuesta del Equipo Obsoleto: Se considera como el tiempo que se necesita para el reemplazo total del enlace con un enlace operativo.

TIEMPO ESTIMADO DE CAMBIO 8 HORAS

- **F.R.E.N.**

Factor de Riesgo del Equipo Nuevo: Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$\frac{\# \text{Enlaces Nuevos}}{\# \text{Enlaces Totales}}$$

- **T.R.E.N.**

Tiempo de Respuesta del Equipo Nuevo: Se define como el tiempo que se necesita para reparar el daño y poner operativo el enlace.

TIEMPO ESTIMADO DE PARA NORMALIZACIÓN 2 HORAS

• COSTO POR HORAS DE FALLA

El cálculo del valor de hora de falla se realiza multiplicando el número de barriles que se dejan de bombear por hora (6.250) multiplicado por un costo promedio del barril de US\$ 50.

$$[(6.250*50)] = \text{US\$ } 312.500,00$$

| | Enlaces Instalados | T.R.E.S. (Horas) | Costo por hora de falla | Ahorro Total US\$ |
|------|--------------------|------------------|-------------------------|-------------------|
| 2011 | 0 | 8 | 312.500,00 | 2.500.000,00 |
| 2012 | 5 | 4.62 | 312.500,00 | 1.443.750,00 |
| 2013 | 9 | 2 | 312.500,00 | 625.000,00 |

Tabla 10 Ahorro por corte de comunicación.

CONCLUSIONES

- Se puede apreciar en este proyecto que con la adquisición de los nuevos equipos el uso del ancho de banda asignado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) es optimizado, debido que se puede duplicar ó hasta triplicar el tráfico según sea el caso sin la necesidad de contratar un incremento del ancho de banda.

- Con el uso de los nuevos radios de microonda se puede observar que las aplicaciones y servicios que son transportados mediante este medio, no hacen uso de asignaciones estáticas de ranuras de tiempo debido a que se omiten todos los multiplexores que contiene el esquema no escalable actual, sino que

esas ranuras son libres optimizando el uso de ellas con la posibilidad de sumar el tráfico que convenga y el objetivo de que no pertenezca a ninguna aplicación en particular logrando un uso dinámico del ancho de banda.

- Para establecer el procedimiento que se requiere con el objetivo de poner a punto los enlaces de microonda es necesario realizar la planificación pertinente de los radioenlaces, la misma que considera dimensionar la capacidad de los enlaces, establecer la frecuencia y anchos de banda necesarios para su operación, escoger el tipo de polarización y características de las antenas, seleccionar el tipo de modulación de acuerdo a la eficiencia espectral necesaria, elegir el tipo de protección en los radioenlaces y realizar los cálculos correspondientes garantizando la mayor disponibilidad y confiabilidad posible.

BIBLIOGRAFÍA

[1] HERNADO, José María, *Transmisión por radio*, sexta edición, Editorial universitaria Ramón Areces, España, 2008.

[2] WAYNE, Tomasi, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, segunda edición, Editorial Prentice Hall, México 1996.

[3] USBECK, Carlos, *Nuevos equipos y tecnologías para pruebas de microonda digital*, Ecuador, 2002.

[4] WHITE, Robert, *Engineering Considerations for Microwave Communications Systems*, segunda edición, Lenkurt Electric Co, California, June 1990.

[5] Unión Internacional de Telecomunicaciones, Recomendaciones sector ITU-R, <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=information&rlink=rhome&lang=en>, 17-04-2011.

[6] Tipos de Transmisores, http://www.gr.ssr.upm.es/docencia/grado/elcm/actual/pdf/BN_EC0911-Transmisores.pdf, 17-04-2011.

[7] Teoría de radioenlaces, <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/radiocomunicacion/contenidos/presentaciones/radioenlaces-07.pdf>, 18-04-2011.

[8] Protocolo Internet, <http://www.rfc-es.org/rfc/rfc0791-es.txt>, 18-04-2011.

BIOGRAFÍA



Miguel Ángel Solórzano Zurita nace en la ciudad de Quito el 14 de Junio de 1987. Realizó sus estudios primarios en el colegio La Salle. En el año 2005 se graduó del Colegio San Luis Gonzaga donde obtuvo su bachillerato en la especialidad Físico-Matemático, actualmente es egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica aspirando a obtener el título de Ingeniero Electrónico en Telecomunicaciones.