

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (INGENIERÍA DE DETALLE) DE LA EXPANSIÓN DEL BACKBONE DE LA RED SDH DE MOVISTAR EXISTENTE ENTRE MTSO SAN CRISTÓBAL Y SOCOPÓ (ESTACIONES: MTSO SAN CRISTOBAL – LOS COLORADOS – PISCURÍ – CERRO AZUL – SOCOPÓ)

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Landaeta S. Channiel J.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2008

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (INGENIERÍA DE DETALLE) DE LA EXPANSIÓN DEL BACKBONE DE LA RED SDH DE MOVISTAR EXISTENTE ENTRE MTSO SAN CRISTÓBAL Y SOCOPÓ (ESTACIONES: MTSO SAN CRISTOBAL – LOS COLORADOS – PISCURÍ – CERRO AZUL – SOCOPÓ)

Profesor Guía: Zeldivar Bruzual.

Tutor Industrial: Ing. Jorge Zambrano.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Landaeta S. Channiel J.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2008

DEDICATORIA

Al Señor Jesucristo. El cual vino a esta tierra hace 2000 años para anunciar que el reino de Dios se ha acercado a los hombres. Él es el camino, la verdad y la vida. Él es el Hijo de Dios. Él es el alfa y el omega, el principio y el fin. Él es el puente entre Dios y los hombres, nadie llega al Padre sino es por Él. Él es el pan de vida. Él murió en la cruz voluntariamente por los pecados del mundo, para que todo aquel que en él crea no se pierda, sino que tenga vida eterna. Él resucitó de entre los muertos al tercer día y hoy vive. Él es mi Señor y Salvador.

Landaeta S., Channiel J.

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (INGENIERÍA DE DETALLE) DE LA
EXPANSIÓN DEL BACKBONE DE LA RED SDH DE MOVISTAR
EXISTENTE ENTRE MTSO SAN CRISTÓBAL Y SOCOPO.
(ESTACIONES: MTSO SAN CRISTOBAL – LOS COLORADOS –
PISCURÍ – CERRO AZUL – SOCOPO)**

**Prof. Guía: Zeldivar Bruzual. Tutor Industrial: Ing. Jorge Zambrano. Tesis.
Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.
Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: LINKLINE C.A.
2008. 100h. + anexos.**

Palabras Claves: Ingeniería de detalle. Estudio de factibilidad. SDH (Synchronous Digital Hierarchy). Backbone.

Resumen. Se plantea la elaboración de la ingeniería de detalle para la expansión del backbone de la red SDH de Movistar existente entre MtsO San Cristóbal y Socopó. Dicha red está constituida por cinco estaciones las cuales son: MtsO San Cristóbal, Los Colorados, Piscurí, Cerro Azul y Socopó, las cuales serán visitadas para elaborar el estudio. Con la ingeniería de detalle se logrará anticipar las adecuaciones necesarias de infraestructura, energía y reservar los espacios necesarios para la instalación. Se determinará la disponibilidad de los canales en las bandas de frecuencia en las cuales se pretende establecer dichos enlaces. Además se realizará un estudio de propagación para cada enlace. El estudio determinará la factibilidad de la expansión y arrojará las recomendaciones para su implementación.

INDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Resumen.....	iii
Índice.....	iv
Lista de tablas.....	xi
Lista de figuras.....	xii
Lista de gráficos.....	xiii
Lista de acrónimos.....	xiv
Introducción.....	1
Planteamiento del problema.....	2
Objetivos.....	3

CAPITULO I. Fundamentos de la Jerarquía SDH

1.1 Características principales de la jerarquía	6
1.2 Conceptos básicos	7
1.3 Estructura de multiplexación	9
1.4 Segmentos de una red SDH	12
1.4.1 Ruta	12
1.4.2 Sección de multiplexaje	13
1.4.3 Sección de regeneración	14
1.5 Estructura de la trama STM 1	14

1.5.1	Características de la tara global	17
1.6	Elementos básicos de la red SDH.....	18
1.7	Sincronización en SDH.....	20
1.7.1	Método de sincronización maestro – esclavo.....	21
1.7.2	Arquitectura de sincronización.....	22
1.7.2.1	Distribución intranodal.....	22
1.7.2.2	Distribución intermodal.....	23
1.7.3	Modos de sincronización.....	24
1.7.4	Cadena de referencia de sincronización de red.....	25
1.8	Señales de mantenimiento de servicio.....	26
1.9	Ventajas y desventajas de la jerarquía síncrona SDH.....	28
1.9.1	Ventajas.....	28
1.9.2	Desventajas.....	29

CAPITULO II. Calidad de transmisión de un radioenlace.

2.1	Nivel de señal en el receptor.....	30
2.1.1	Perdidas de espacio libre.....	31
2.1.2	Atenuación producida por los gases de la atmósfera.....	31
2.1.3	Pérdidas básicas en el enlace y nivel de recepción nominal	33
2.2	Desvanecimiento.....	35
2.2.1	Margen de desvanecimiento.....	36
2.2.2	Desvanecimiento por difracción.....	36
2.2.2.1	Reglas para el despeje.....	38
2.2.3	Desvanecimiento por multitrayectoria.....	41
2.2.4	Desvanecimiento plano.....	42
2.2.5	Metodo Kazuo Morita.....	43
2.2.6	Método de Vigants – Barnett.....	43
2.2.7	Método del ITU-R recomendación P.530.....	45

2.2.8	Desvanecimiento selectivo de frecuencia.....	47
2.3	Diversidad.....	50
2.3.1	Diversidad de espacio.....	52
2.3.2	Diversidad de frecuencia.....	54
2.4	Confiabilidad de los radioenlaces.....	55
2.4.1	Circuito hipotético de referencia.....	56
2.4.2	Objetivos de la recomendación G.821.....	57
2.4.2.1	Grado alto.....	58
2.4.2.2	Grado medio.....	59
2.4.2.3	Grado local.....	59
2.4.3	Objetivos de la recomendación G.826.....	60
2.4.3.1	Porción internacional.....	62
2.4.3.2	Porción nacional.....	64
2.5	Atenuación y dispersión por lluvias.....	65
2.5.1	Indisponibilidad debido a la lluvia.....	68
2.6	Interferencias.....	69
2.6.1	Causas de interferencias.....	70
2.6.1.1	Causas internas.....	70
2.6.1.2	Causas externas.....	71
2.6.2	Interferencia en receptores digitales.....	71
2.6.2.1	Interferencia co-canal.....	71
2.6.2.2	Interferencia de canal adyacente.....	72
2.7	Fuentes de energía.....	73

CAPITULO III. Ingeniería de detalle para un radioenlace.

3.1	Estudio de campo de las estaciones (surveys).....	75
3.1.1	Datos de la estación.....	75
3.1.2	Ubicación de equipos.....	77

3.1.3	Energía.....	78
3.1.4	Puesta a tierra.....	79
3.1.5	Datos de la torre.....	79
3.1.6	Instrumentos y equipos necesarios.....	81
3.2	Barridos de frecuencias en la banda correspondiente.....	82
3.2.1	Esquema de ocupación de canales.....	86
3.3	Corroboración de línea de vista.....	87
3.4	Determinación del comportamiento del enlace y perfil del trayecto.....	88
3.5	Elaboración de planos de las estaciones.....	89
3.6	Ingeniería de detalle para una celda nueva.....	90
3.7	Elaboración de informe final.....	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		94
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		97
BIBLIOGRAFIA.....		99
ANEXOS.....		102

ANEXO 1	Ingeniería de Detalle Mtso San Cristóbal – Los Colorados
ANEXO 2	Ingeniería de Detalle Los Colorados – Piscurí
ANEXO 3	Ingeniería de Detalle Piscurí – Cerro Azul
ANEXO 4	Ingeniería de Detalle Cerro Azul – Socopó
ANEXO 5	Planimetría
ANEXO 6	Indisponibilidad debido a la lluvia
ANEXO 7	Radio ALCATEL 9600 LSY
ANEXO 8	Canalización de Bandas de Frecuencia (8GHz , 5GHz)

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Velocidades normalizadas de flujos binarios	8
Tabla 2.1. Parámetro del clima	44
Tabla 2.2 Objetivos de calidad y disponibilidad (grado medio)	59
Tabla 2.3 Objetivos recomendación G.286	61
Tabla 2.4 Objetivo para la porción internacional según Rec. G.826	63
Tabla 2.5 Factor de otorgamiento de bloques según Rec. G.826	63
Tabla 2.6 Objetivos de radio enlace para la porción nacional	64
Tabla 2.7 Intensidad de lluvia excedida (0,01%) para las 15 zonas hidrometeorológicas.....	66
Tabla 2.8 Valores de K y α	67

LISTA DE FIGURAS

1.1 Contenedor	8
1.2 Contenedor virtual	8
1.3 Estructura de multiplexación del sistema europeo (modelo 1)	11
1.4 Estructura de multiplexación del sistema europeo (modelo 2)	11
1.5 Segmentos de una red SDH	12
1.6 Trama STM-1	15
1.7 Estructura de la trama STM-1	16
1.8 Estructura detallada de la trama STM-1	17
1.9 Elementos básicos de la red SDH	20
1.10 Distribución intranodal	23
1.11 Distribución internodal	24
1.12 Cadena de referencia de sincronización	26
2.1 Principio de la diversidad de espacio	52
2.2 Principio de diversidad de frecuencia	54
2.3 Circuito hipotético de referencia	56
2.4 Ruta hipotética de referencia G.826	62
3.1 Conexión de los instrumentos de medición y ganancia del sistema	83
3.2 Ejemplo de los plots generados para polarizaciones verticales y horizontales	85
3.3 Ejemplo de tabla de portadoras	86
3.4 Perfil del trayecto generado por computadora	89

LISTA DE GRAFICOS

2.1 Atenuación por gases atmosféricos en función de la frecuencia	32
2.2 Atenuación versus despeje del trayecto	38
2.3 Valor de k_e excedido aproximadamente durante el 99,9% del mes más desfavorable	39
2.4 Atenuación específica para distintas intensidades de lluvia.	62

LISTA DE ACRONIMOS

ADM	Add Drop Multiplexer
BER	Bit Error Rate
BIP	Bit de Paridad Concatenada
DxC	Digital Cross conect multiplexer
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FAS	Frame Aligment Signal
GPS	Global Positioning System
LOF	Lost of Frame
LOP	Lost of Pointer
Mbits/s	Mega bits por segundo
MMU	MODEM Unit
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
POH	Path Overhead
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SONET	Synchronous Optical Network

STM-1	Synchronous Transport Module Level 1
TRU	Traffic Unit
UIT	Unión Internacional de las Telecomunicaciones
VC	Virtual Container
WDM	Warelength Division Multiplexing

00

INTRODUCCION

La ingeniería de detalle es la encargada de proporcionar cantidades, descripción y ubicación de los elementos de cada proyecto. Cada proyecto requiere de un levantamiento en campo, el cual nos ofrece la información necesaria para determinar cómo se va a realizar cada detalle que forma parte de un sistema a implementar. Toda esta información unida a tiempo originará un cronograma de trabajo adecuado para cumplir hitos, determinar los elementos y materiales necesarios, y costos de ejecución.

El estudio a realizar deberá establecer la factibilidad de la expansión del Backbone la red SDH de Movistar existente entre Mtso San Cristóbal y Socopó. Con la ingeniería de detalle se logrará anticipar las adecuaciones necesarias de infraestructura, energía y reservar los espacios necesarios para la instalación. Se determinará la disponibilidad de los canales en las bandas de frecuencia en las cuales se pretende establecer dichos enlaces. Además se realizará un estudio de propagación para cada enlace a fin de presentar datos de interés como: nivel de señal recibida, margen de desvanecimiento, confiabilidad del enlace.

El trabajo expone como aspectos teóricos los fundamentos de la tecnología SDH y propagación de radiofrecuencias. Luego se describen los métodos y técnicas utilizados para realizar la ingeniería de detalle para un radioenlace, y por último se presenta la ingeniería de detalle de cada radioenlace.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El auge que ha experimentado el sector de las telecomunicaciones en los últimos años ha sorprendido a propios y extraños del medio. Los analistas se han quedado cortos en sus predicciones sobre el crecimiento del sector y las empresas que brindan estos servicios tanto como los proveedores de tecnologías se han visto en la necesidad de generar rápidas soluciones que permitan cubrir las necesidades de los clientes.

La demanda de servicios móviles sigue creciendo vertiginosamente, es por ello que se deben ofrecer mejores servicios de comunicación, de tal manera que cumplan con las expectativas de los clientes. Para satisfacer las necesidades de los usuarios generalmente las empresas de telecomunicaciones se ven en la necesidad de crear nuevas redes o en su defecto expandir las ya existentes.

La empresa de telecomunicaciones MOVISTAR, desde su incursión en el mercado venezolano hasta la actualidad, se ha esforzado por incorporar un mayor número de usuarios, usuarios que cada vez requieren más servicios y de mayor calidad, por lo cual se ha visto en la necesidad de aumentar el número y tipo de equipos en su plataforma y de expandir sus redes, a fin de mejorar la calidad de su operación y servicio. De esta manera la empresa prevee un crecimiento en la demanda de servicios, en la zona en estudio, de tal manera que en un corto plazo dicha red se vea saturada, por lo cual es necesario comenzar los estudios para lograr la expansión de esta red.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Determinar la factibilidad de la expansión del backbone de la red SDH de MOVISTAR existente entre Mtso san Cristóbal y Socopó (estaciones: Mtso San Cristóbal – Los Colorados – Piscurí – Cerro Azul – Socopó).

Objetivos específicos:

- Obtener todos los datos necesarios de cada estación: Identificación, revisión y verificación de escalerillas instaladas y/o escalerillas a instalar. Identificación, revisión y verificación de pasamuros existentes y/o a instalar. Identificación de ductos disponibles. Determinar posibles adecuaciones.
- Obtener todos los datos necesarios de cada torre: Identificación, revisión y verificación de antenas existentes. Determinar la ubicación específica de antenas a implementar (aristas, alturas).
- Realizar un barrido de frecuencia a fin de determinar la disponibilidad de los canales en la banda a utilizar en cada enlace (San Cristóbal: 8Ghz, Los colorados: 8Ghz, Piscurí: 5Ghz y 8Ghz, Cerro Azul: 5Ghz y 8Ghz, Socopó: 8Ghz)

- Determinar las condiciones de alimentación de energía de cada estación: Identificación, revisión y verificación de los PDB existentes en cada estación. Determinación de la carga actual (AMP) y carga máxima de cada PDB (AMP) Verificar desde donde se realizará la conexión de puesta a tierra de los bastidores a instalar. Revisión de las características de la barra de puesta a tierra.
- Realizar un estudio de propagación y línea de vista en cada enlace mediante el software Pathloss.
- Obtener los cálculos de confiabilidad de cada enlace, para luego presentar los resultados de propagación, como los son: Nivel de Señal Recibida, Margen de desvanecimiento, Confiabilidad del enlace. Comparación de los resultados con respecto a los Objetivos de ITU-R.
- Determinar detalladamente la ubicación de nuevos equipos en cada estación.
- Determinar recorrido y longitud de cables y guías de ondas.
- Establecer las recomendaciones para la implementación de la expansión.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS DE LA JERARQUIA SDH

En 1988 el CCITT, basado en la primera parte de la norma SONET, elaboró la llamada Jerarquía Digital Sincrónica SDH (Synchoronous Digital Hierarchy) con el mismo principio de de multiplexado sincrónico y capacidad de reserva. La primera jerarquía de velocidad sincrónica fue definida como STM-1 (Synchonous Transport Module) de 155,52 Mbits/seg. Este valor coincide con el triple de STS-1 de la red SONET. Los siguientes niveles fueron definidos como $N \times STM 1$, con N hasta 255.

SDH es un sistema de transporte digital sincrónico diseñado para proveer una infraestructura más sencilla, económica y flexible para redes de telecomunicaciones. Esencialmente, SDH es un protocolo de transporte (primera capa en el modelo **OSI**) basado en la existencia de una referencia temporal común (Reloj primario), que multiplexa diferentes señales dentro de una jerarquía común flexible, y gestiona su transmisión de forma eficiente a través de fibra óptica, con mecanismos internos de protección.

SDH permite el transporte de muchos tipos de tráfico tales como voz, video, multimedia, y paquetes de datos tales como PDH, ATM o IP. Para ello, su papel es, esencialmente, el mismo: gestionar la utilización de la infraestructura de fibra. Esto significa gestionar el ancho de banda eficientemente mientras porta varios tipos de

tráfico, detectar fallos y recuperar de ellos la transmisión de forma transparente para las capas superiores.

1.1 Características principales de la jerarquía SDH

- Multiplexación Digital: el tráfico digital puede ser trabajado de manera mucho más eficiente y permite monitorización de errores para propósitos de calidad. A partir de la velocidad básica se obtienen velocidades superiores multiplexando byte a byte varias señales STM-1.
- La velocidad básica de la trama SDH es 155,52 Mbits/seg.
- A diferencia de la jerarquía PDH se puede extraer un canal dentro de una trama de mayor capacidad sin necesidad de demultiplexar toda la trama, esto es posible debido a la utilización de punteros.
- La jerarquía brinda fácil adaptación con la tecnología plesiócrona ya existente, transportando dentro de la trama tráfico PDH, así como también tráfico IP y ATM.
- Esquemas de protección: estos han sido estandarizados para asegurar la disponibilidad del tráfico. Si ocurriera una falla, el tráfico podría ser

conmutado a una ruta alterna, de modo que el usuario final no sufriera interrupción alguna en el servicio.

- Topologías de anillo: las topologías en anillo están siendo desplegadas cada vez en mayor número. Esto ofrece un camino de tráfico alternativo en caso de pérdida del enlace.
- Gestión de red: La gestión de estas redes desde un único lugar remoto es una prestación importante para los operadores. Se han desarrollado software que permiten gestionar todos los nodos y caminos de tráfico desde un único computador.
- Sincronización: la jerarquía facilita la sincronización de todos los elementos que conforman la red, evitando así la pérdida de información en el camino y facilitando los procesos de multiplexión.

1.2 Conceptos básicos

1.2.1. Contenedores (Cn): entidad cuya capacidad esta dimensionada para asegurar el transporte de los flujos binarios normalizados a nivel mundial.

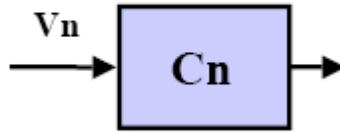


Figura 1.1 Contenedor

Tabla 1.1 Velocidades normalizadas de flujos binarios

Vn (Velocidad)	Europa-América Latina	USA	Cn (Contenedor)
V4	139,264 Mb/s-ATM	ATM	C4
V3	34,368 Mb/s	44,736	C3
V12	2,048 Mb/s		C12
V11		1,544	C11

1.2.2. Contenedores virtuales (VCn): se obtiene agregando un encabezado (tara) de transporte POH (Path Over Head) al contenedor para su gestión.

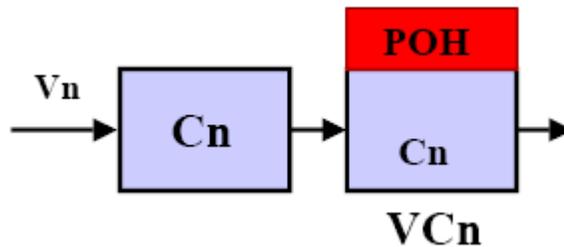


Figura 1.2 Contenedor virtual.

1.2.3. Unidad de tributario (TUn): se obtiene agregando al contenedor virtual un puntero (PTR) que indica la ubicación del contenedor virtual en la trama de transporte utilizada.

1.2.4. Unidad de grupos tributarios (TUGn): Constituye una agrupación de unidades de tributarios en un espacio reservado en una entidad superior.

1.2.5. Unidad administrativa (AU4): esta conformada por el contenedor virtual de orden 4 (VC4) y su puntero (PTR) asociado. El puntero indica el lugar donde comienza el VC4 en la trama de transporte a utilizar.

1.2.6 Grupo de unidades administrativas (AUG): indica el lugar que debe ocupar la unidad administrativa (AU4) en la trama de transporte utilizada.

1.3 Estructura de multiplexación

La estructura de multiplexación se define en la manera como la información es estructurada para construir un marco STM-1. Este modo de mapeo de contenedores en una señal STM-N es definido por las recomendaciones de la ITU-I G.709 [4].

Los tributarios se acomodan en un contenedor que será distinto para cada velocidad. A cada contenedor se le agrega un encabezado o sobrecapacidad llamado tara de trayecto o POH (Path Over Head) para operación, administración y mantenimiento, y un puntero PTR, formándose lo que se conoce como unidad tributaria. Finalmente las unidades tributarias son multiplexadas byte a byte (cada uno equivale a 64kb/s) y con el agregado de información adicional de administración de la red, se forma el modulo STM 1. Si se desea niveles superiores basta con volver a multiplexar byte a byte N módulos STM 1 para obtener STM-N.

Siguiendo las reglas de multiplexación, una señal STM-1 puede ser constituida de diferentes modos. Los VC4 que forman la carga útil de la estructura STM pueden contener una señal PDH de 140Mb/s, tres señales PDH de 34Mb/s, y 63 señales PDH de 2Mb/s, o combinaciones de ellas de modo que la capacidad total no sea excedida.

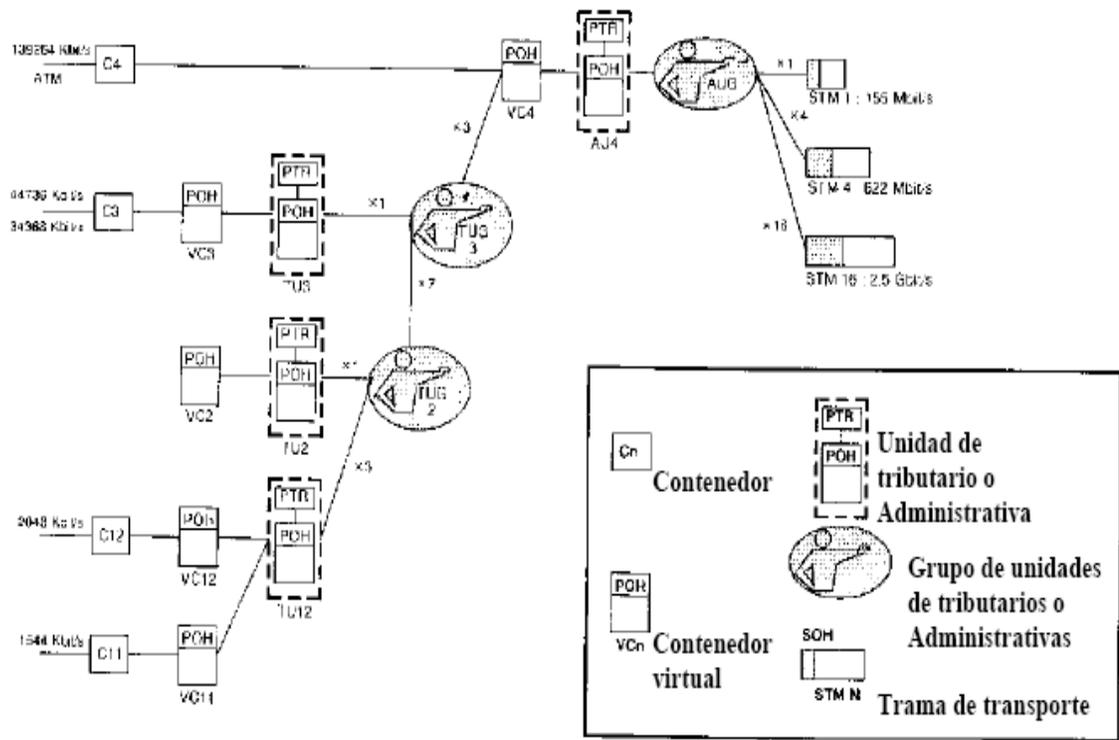


Figura 1.3 Estructura de multiplexación del sistema europeo (modelo 1). Fuente: "Synchronous Digital Hierarchy" Ing. Pedro Echenique.

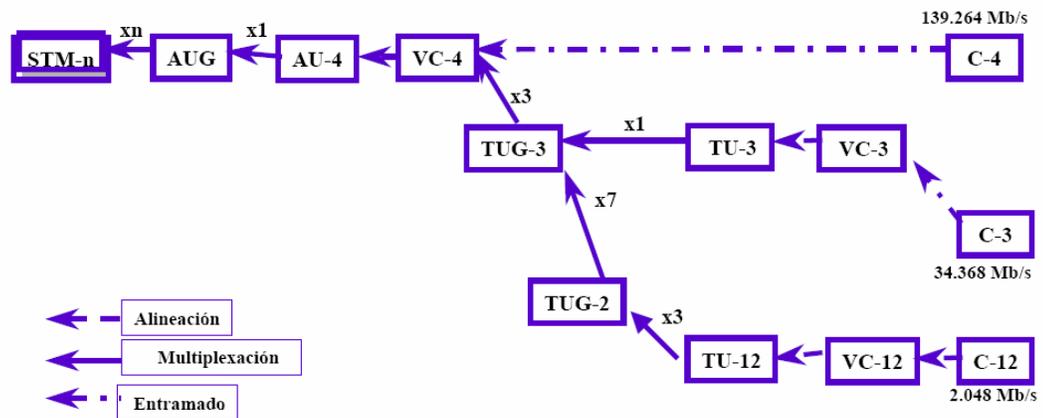


Figura 1.4 Estructura de multiplexación del sistema europeo (modelo 2). Fuente: "Synchronous Digital Hierarchy" Ing. Pedro Echenique

1.4 Segmentos de una red SDH

Existen tres segmentos en una red SDH. Cada segmento tiene su propio encabezado o tara. Cada encabezado proporciona la información de soporte y mantenimiento asociada a la transmisión en dicho segmento.

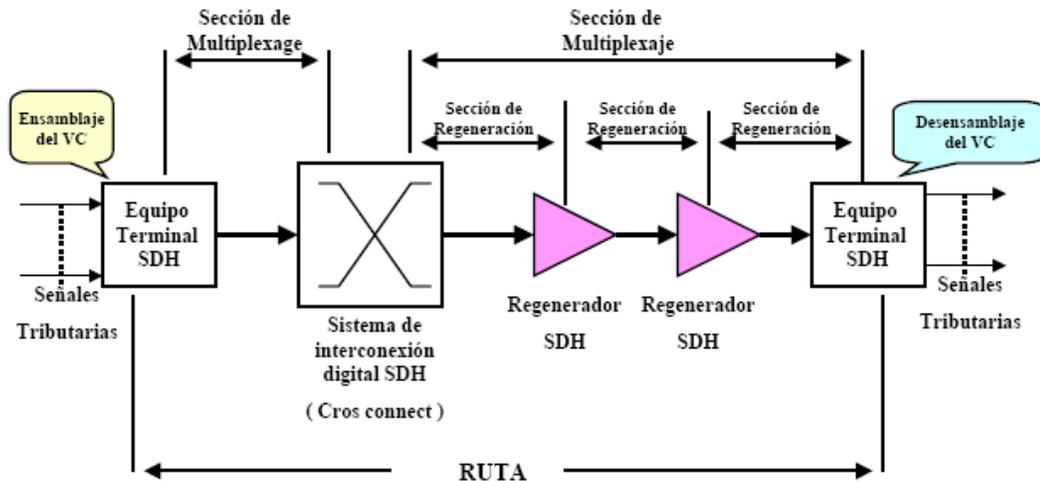


Figura 1.5 Segmentos de una red SDH. Fuente: "Synchronous Digital Hierarchy"

Ing. Pedro Echenique.

1.4.1 Ruta

La ruta es la conexión lógica entre el punto donde se ensambla una señal tributaria y el punto donde se desensambla. El encabezado de ruta se denomina POH (Path Over Head). Dos tipos de encabezados son definidos: un encabezado de orden superior asociado con los niveles V3 y V4, y un encabezado de orden inferior

asociado con los niveles V2 y V12. El encabezado de orden superior esta compuesto de 9 bytes u octetos, los cuales están ubicados todos en la primera columna del contenedor virtual (VC). Para la velocidad V12 el encabezado de ruta estará compuesto de 4 octetos.

Funciones del encabezado:

- Información de estructura del contenedor virtual.
- Verificación de paridad dentro del contenedor virtual.
- Indicación de trayectoria.

1.4.2. Sección de multiplexaje

Tramo conformado por el soporte de transmisión y los equipos asociados (incluidos los regeneradores) utilizados para transportar la información entre nodos consecutivos de la red (multiplexores, equipos de inserción y extracción SDH, conmutadores de interconexión). Esta sección tiene particular importancia ya que en caso de detectarse una anomalía la red SDH conmuta los VCs asociados a un circuito de transmisión auxiliar. El canal auxiliar se denomina canal de protección y la acción se denomina protección de la sección multiplexora.

El encabezado de la sección se denomina MSOH y sus funciones son:

- Verificación de paridad (BIP 24) de los bits de toda la trama con excepción de los del encabezado de la sección de regeneración.
- Conmutación automática de protección.
- Canal de comunicación de datos.
- Canal de servicio de voz.

1.4.3 Sección de regeneración

Tramo conformado por el soporte de transmisión y los equipos asociados entre un nodo y un regenerador o entre dos regeneradores. Posee un encabezado denominado RSOH el cual tiene por funciones básicas, establecer el patrón de alineación de tramas y realizar la verificación de paridad (BIP8).

1.5 Estructura de la trama STM 1.

La trama SDH tiene una duración de $125\mu\text{s}$, lo cual resulta en una tasa de repetición de 8000 tramas por segundo. Cada trama esta conformada por 2430 octetos, para un total de 19440 bits, lo cual resulta en una velocidad binaria total de 155,520 Mbits/s.

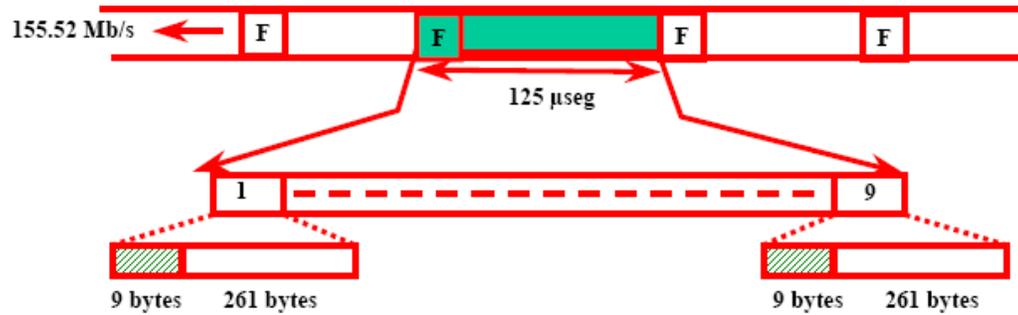
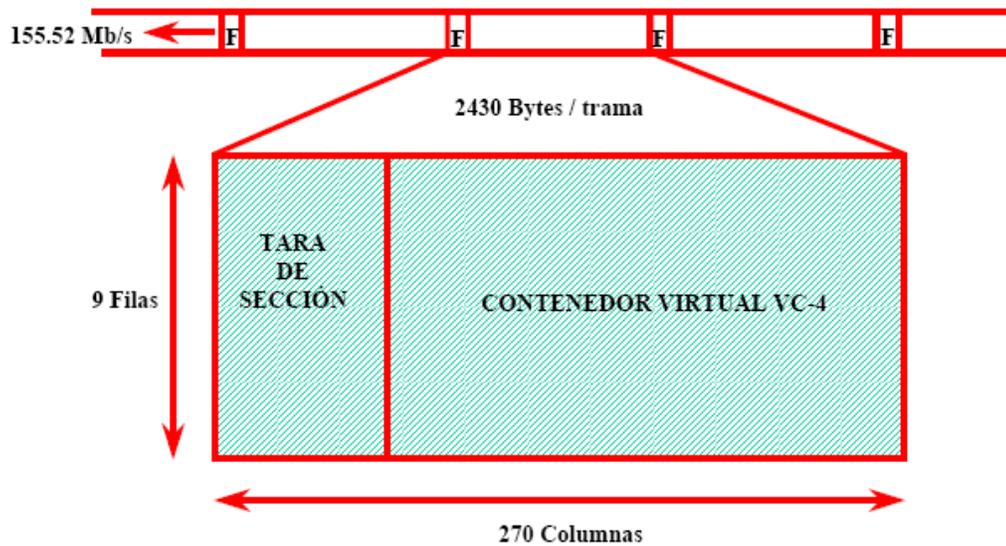


Figura 1.6 Trama STM-1. Fuente: “Synchronous Digital Hierarchy” Ing. Pedro Echenique.

Una trama de flujo de señales serie puede representarse mediante un mapa bidimensional que consta de N filas y M columnas. La trama STM-1 se puede representar entonces como una matriz de 9 filas y 270 columnas.



*Figura 1.7 Estructura de la trama STM-1. Fuente: "Synchronous Digital Hierarchy"
Ing. Pedro Echenique.*

La secuencia de transmisión se inicia en el byte 1 de la fila 1 hasta el byte 270 de la misma fila, luego el byte 1 de la fila 2 y así sucesivamente hasta el byte 270 de la fila 9.

La tara de sección se encuentra conformada por los encabezados de la sección de regeneración y de multiplexaje (RSOH y MSOH) y por el puntero PTR. En el contenedor virtual se encuentra la carga útil y el encabezado POH.

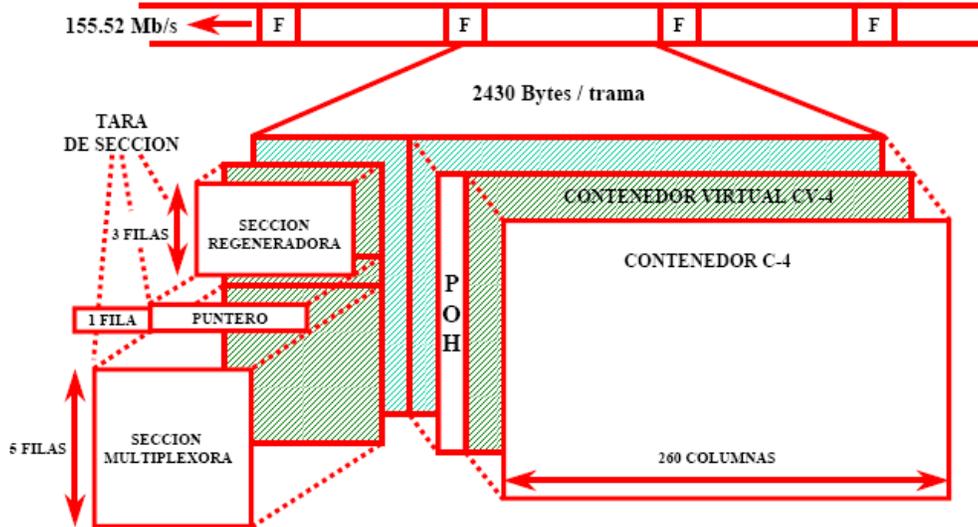


Figura 1.8 Estructura detallada de la trama STM-1. Fuente: “Synchronous Digital Hierarchy” Ing. Pedro Echenique.

1.5.1. Características de la tara global.

Conformada por:

- Tara de sección regeneradora (3 filas): solo puede ser examinada y modificada por estaciones terminales de una sección múltiplex y por los regeneradores de línea.
- Tara de punteros (1fila): identifica el byte de comienzo del contenedor de orden 4 (VC4).

- Tara de sección multiplexora: contiene la supervisión de errores de la sección múltiplex, canales de control de la conmutación de protección, canales de servicio y canales reservados para usos futuros (aun sin determinar). Solo pueden ser accedidas por los nodos de red (terminales de sección múltiplex).

1.6 Elementos básicos de la red SDH

La jerarquía SDH genera una serie de nuevos productos, desde los multiplexores necesarios para las nuevas transiciones de nivel, equipos de línea para fibra óptica para 155.52 Mb/s y 622.08 Mb/s, sistemas de radio, “cross – connect” (conexión cruzada) programables, “drop insert” (derivación y agregado) también programables en cualquier nivel, y todas las combinaciones posibles integradas, como por ejemplo multiplexores con drop insert ADM (Add Drop Multiplexer).

La recomendación de la ITU-T G.782 identifica ejemplos de equipos **SDH** a través de combinaciones de funciones **SDH**. Están clasificados en multiplexores (de los cuales hay siete variantes) y cross-conectores (donde hay tres variantes). Para simplificar, solamente se considerarán tres tipos de elementos de red SDH: Terminales de línea, multiplexores add-drop (ADM) y cross-conectores digitales.

- **Terminales de línea:** En una dirección la señal digital tributaria es multiplexada y transmitida en una señal de mayor velocidad. En la dirección opuesta, la señal de mayor tasa de transmisión es demultiplexada y es

reconstruida la señal digital tributaria. Esta es la tarea de los terminales de línea. Su utilización es típica en configuraciones punto a punto.

- **Multiplexores Add-Drop (ADM):** estos equipos ofrecen la función de “cross-conexión” junto con la de terminal de línea y multiplexación. Permiten derivar señales e insertar nuevas de menor capacidad en una línea principal. En SDH es posible extraer (Drop) un contenedor virtual e insertar en sentido contrario (Add) otro contenedor virtual a la señal STM. En un **ADM** circuitos de tráfico individuales pueden ser llevados fuera del flujo agregado mientras que el resto del tráfico continúa pasando a lo largo de la cadena de elementos. Esto crea una estructura en bus, en la cual una señal puede bajar o mantenerse en el bus en cada punto **ADM**.

- **Cross – conectores (DXC):** Los cross-conectores digitales son los más complejos y costosos equipamientos **SDH**. Permiten reordenar, derivar e insertar señales, sobre todo si las mismas son de niveles bajos, por ejemplo 2Mb/s en 620Mb/s ya que en SDH no es necesaria la demultiplexación como en la transmisión asincrónica. La característica distintiva de un **DXC** es su capacidad de proporcionar supervisión de las conexiones. Los equipos “cross-connect” se definen por su nivel de acceso y su nivel de conmutación.

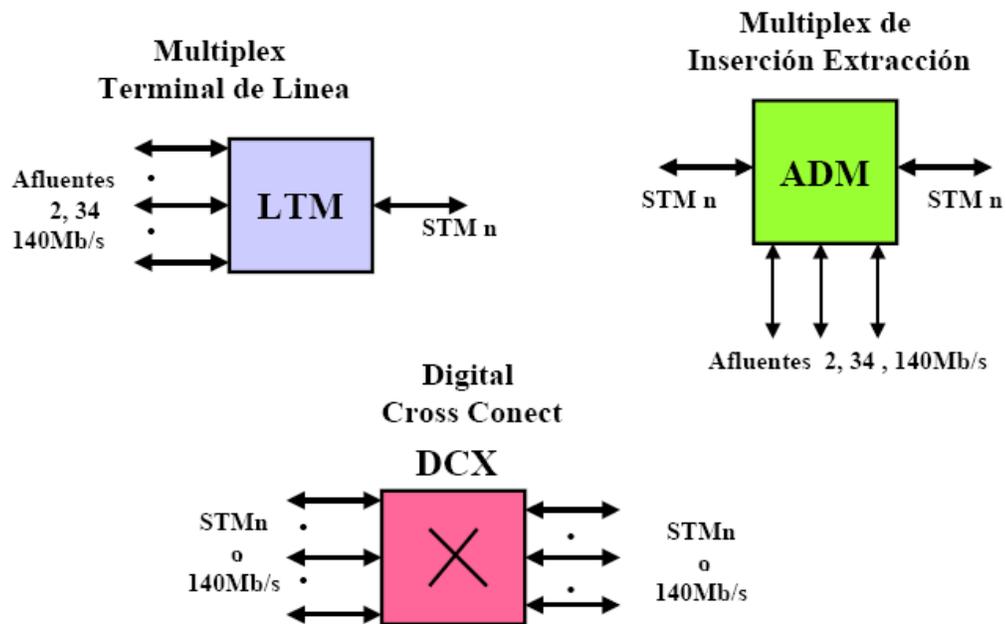


Figura 1.9 Elementos básicos de la red SDH. Fuente: “Synchronous Digital Hierarchy” Ing. Pedro Echenique.

1.7 Sincronización en SDH

Una red SDH está constituida por equipos que operan de forma sincrónica. Cada equipo posee un reloj interno que debe, directa o indirectamente, ser sincronizado con un reloj de alta estabilidad, es decir, un reloj primario de referencia. El objetivo de la sincronización es suministrar a todos los elementos de red un “timing” que asegure que la integridad de la información transmitida entre dos puntos no se pierda ni se corrompa.

1.7.1 Método de sincronización maestro – esclavo

El método de sincronización más apropiado para una red SDH es el “maestro – esclavo”. Este método de sincronismo esta basado en la siguiente jerarquía de relojes:

- Reloj de Referencia Primaria (PRC).
- Reloj de nodo de tránsito (TNC).
- Reloj de nodo local (LNC).
- Reloj de elemento de red.

Un nodo de la red que contiene el reloj más estable transmite su frecuencia a los nodos cuya estabilidad sea igual o menor que la suya. El oscilador local de cada nodo se sincroniza con la señal de referencia que recibe. El reloj esclavo también tiene por función mantener la estabilidad de la frecuencia cuando la señal de referencia falla.

Modos de operación de relojes esclavos:

- Real: refleja el desempeño del reloj esclavo considerando los impactos de las condiciones reales de operación, donde están presentes los efectos de “jitter”, conmutación de protección, etc. (Jitter: Variaciones significativas y generalmente rápidas mayores a 10 Hz del “timing” de un elemento de Red).

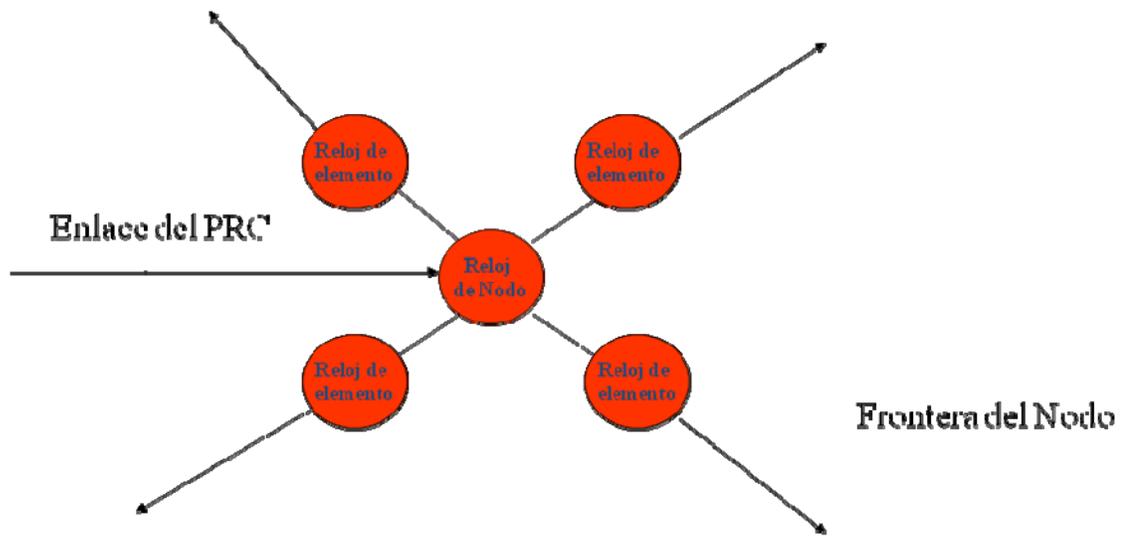
- Autónomo (“Holdover”): refleja el desempeño del reloj esclavo cuando el oscilador local pierde la señal de referencia y pasa a reloj interno, el cual mantiene la calidad del reloj de referencia por 24 horas.
- Libre (“free running”): cuando el oscilador pierde la referencia externa y no utiliza alguna técnica de almacenamiento de fase para mantener su precisión.

1.7.2 Arquitectura de sincronización

La arquitectura utilizada en SDH requiere que todos los elementos de red estén sincronizados por un reloj de referencia primaria (PRC). La distribución de sincronización para estaciones con relojes TNC o LNC puede clasificarse en distribución intranodal y distribución internodal.

1.7.2.1 Distribución intranodal.

La distribución intranodal se caracteriza por su topología tipo estrella, donde todos los relojes de los elementos del nodo obtienen su referencia de un elemento de jerarquía superior. El reloj de mayor jerarquía es el único que tiene sincronización desde otro nodo o PRC.

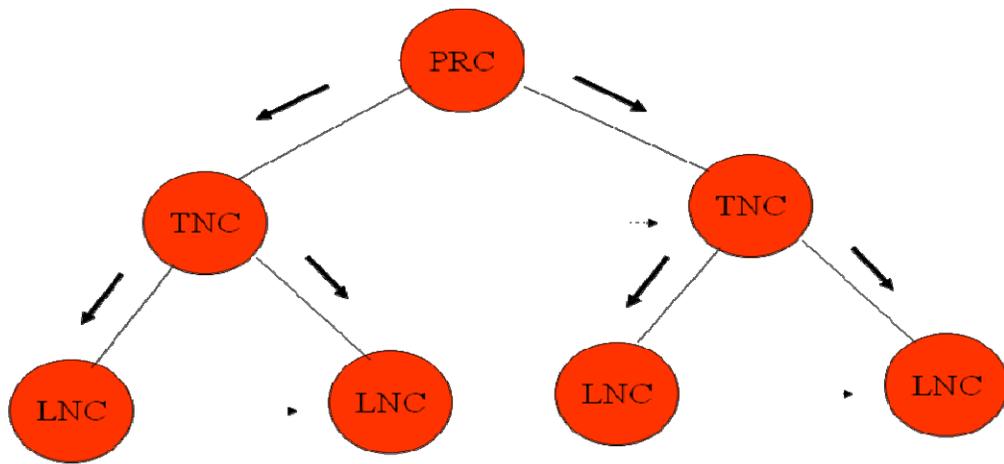


DISTRIBUCION INTRANODAL

Figura 1.10 Distribución intranodal. Fuente: Inatel. Instituto nacional de telecomunicacoes (Brasil).

1.7.2.2 Distribución internodal.

La distribución internodal se caracteriza por ser una distribución jerárquica en la cual los niveles jerárquicos inferiores solo aceptan sincronización de un nivel jerárquico igual o superior. La jerarquización se debe de mantener en caso de falla de la red.



DISTRIBUCION INTERNODAL

Figura 1.11 Distribución internodal. Fuente: Inatel. Instituto nacional de telecomunicacoes (Brasil).

1.7.3 Modos de sincronización

Existen cuatro modos de sincronización.

- **Modo Síncrono:** Es el método de operación dentro de una región con un único reloj de referencia primaria PRC. Todos los relojes de la red reciben, directa o indirectamente, la referencia del sincronismo del PRC.

- **Modo Seudosíncrono:** modo de operación para sistemas nacionales o internacionales donde existen regiones con distintos operadores y varios PRC. No todos los relojes usan el mismo PRC pero los PRC usados tienen el mismo nivel.

- **Modo Plesiócrono:** Situación donde el nodo pierde toda referencia externa de reloj y pasa a operar de forma libre. Esto ocasiona grandes movimientos de puntero.
- **Modo Asíncrono:** En este modo de sincronización se producen grandes variaciones de frecuencia. No es preciso que la red se ajuste a la recomendación.

1.7.4 Cadena de referencia de sincronización de red

Los relojes de nodo se conectan por intermedio de N elementos de red. La cadena más larga no debe exceder más de K relojes subordinados. Para el caso más desfavorable $K = 10$ y $N = 20$ con un máximo de 60 elementos de red.

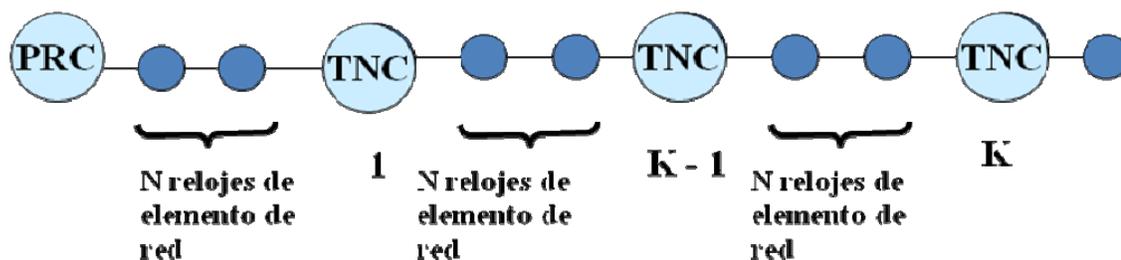


Figura 1.12 Cadena de referencia de sincronización. Fuente: Inatel. Instituto nacional de telecomunicacoes (Brasil).

Para tener una red robusta, desde el punto de vista de la sincronización, es recomendable que los elementos de red y relojes de nodo sean capaces de recuperar su sincronización por lo menos de dos caminos distintos. Los elementos de red, una vez bloqueada la distribución del reloj, deben buscar la mejor fuente alternativa.

1.8 Señales de mantenimiento de servicio.

La extensa gama de señales de alarma y comprobación de paridad incorporadas en la estructura de señales SDH permite realizar con eficacia pruebas en servicio. Las principales condiciones de alarma, tales como pérdidas de señal (LOS), pérdidas de trama (LOF) y pérdida de puntero (LOP), provocan la transmisión de señales de indicación de alarma (AIS) a la siguiente etapa de proceso.

Se generan distintas AIS, dependiendo del nivel de la jerarquía de mantenimiento que se vea afectada. En respuesta a las diferentes señales AIS y a la detección de graves condiciones de alarma de receptor, se envían otras señales de alarma a las anteriores etapas del proceso para advertir de los problemas detectados en las siguientes etapas. Estas señales son llamadas “fallo de recepción en extremo remoto” (FERF), se envían a etapas anteriores en el SOH de la sección multiplexora que haya detectado una condición de alarma.

Una condición de alarma remota (RAI) para un trayecto de orden superior se eleva después de que un equipo que termina un trayecto haya detectado una condición AIS o LOP de trayecto; de forma similar, una condición de alarma remota (RAI) para un trayecto de orden inferior se eleva después de que un equipo que termina un trayecto de orden inferior haya detectado una condición AIS o LOP de trayecto de orden inferior.

El monitoreo del rendimiento en cada nivel de la jerarquía de mantenimiento se basa en comprobaciones de paridad mediante entrelazado de bits (BIP) calculadas en cada trama. Estas comprobaciones BIP se insertan en los SOHs asociados a la sección de regeneración, la sección multiplexora y los tramos de mantenimiento de trayecto. Asimismo, los equipos que terminan tramos de trayecto HO (orden superior) y LO (orden inferior) producen señales de error en bloque en extremo remoto (FEBE) en función de errores detectados en los BIPs de trayecto HO y LO, respectivamente, las señales FEBE se elevan hasta el extremo de origen del trayecto.

1.9 Ventajas y desventajas de la jerarquía sincrónica SDH

1.9.1 Ventajas

- El proceso de multiplexación es mucho más directo. La utilización de punteros permite una localización sencilla y rápida de las señales tributarias de la información y de esta manera extraer e insertar circuitos sin tener que desmontar la señal.
- Las cabeceras permiten mejorar los procedimientos de operación, administración y mantenimiento de la red (OAM).
- Las tramas tributarias de las señales de línea pueden ser subdivididas para acomodar cargas plesiócronas, tráfico ATM o unidades de menor orden. Esto supone mezclar tráfico de distintos tipos dando lugar a redes flexibles.
- Permite compatibilidad eléctrica y óptica entre los equipos de los distintos suministradores debido a los estándares internacionales sobre interfaces eléctricos y óptimos.

1.9.2 Desventajas.

- La relación “bits enviados / carga útil” (“traffic – carrying”) de la tecnología SDH es reducida comparada con PDH, debido al gran ancho de banda requerido para la administración (overhead). Más de 5 Mbits/s son destinados para la cabecera en una señal STM-1.

- Necesidad de sincronismo entre los nodos de la red SDH. Se requiere que todos los servicios trabajen bajo una misma referencia de temporización.
- El costo y complejidad del los equipos SDH es significativa, sobre todo cuando se toma en cuenta el equipo de sincronización extra requerido.

CAPITULO II

CALIDAD DE TRANSMISIÓN DE UN RADIO ENLACE

Para los ingenieros en telecomunicaciones es fundamental, en el diseño de un radioenlace, poder predecir o estimar el comportamiento de mismo. Dicha estimación generalmente se hace en la fase inicial del diseño. No obstante, debe tenerse en cuenta que se trata de un cálculo teórico, y que por lo tanto está sujeto a variaciones debidas a múltiples factores, por lo cual habrá que realizar las oportunas comprobaciones, medidas y ajustes durante la posterior fase de instalación para asegurar el buen funcionamiento del sistema.

En los últimos años muchos investigadores han propuesto relaciones para expresar el comportamiento de las ondas a frecuencias milimétricas a través de los gases atmosféricos, lluvias, vegetación, etc. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) se encarga de recoger dichos estudios y los presenta como estándares de cálculos y predicción para la unificación de criterios.

2.1 Nivel de señal en el receptor

El nivel de señal obtenida en el receptor nos proporciona información acerca del correcto funcionamiento del sistema desde un punto de vista teórico. Este apartado se basará en conceptos y fórmulas para la determinación de factores que afectan el nivel de señal recibida en un radioenlace.

2.1.1 Pérdidas de espacio libre

Se trata de las pérdidas de propagación que sufre la señal radioeléctrica en condiciones de espacio libre, sin ningún obstáculo en el camino, es decir, visión

directa entre las antenas. En esta magnitud no suelen incluirse otras pérdidas adicionales debidas a lluvia, absorción atmosférica, etc. Estas pérdidas están relacionadas directamente con la distancia del radioenlace y la frecuencia de funcionamiento mediante la siguiente expresión:

$$L_{el}(dB) = 92,44 + 20 \log_{10} f + 20 \log_{10} d \quad (\text{ec. 2.1})$$

d: Longitud del enlace en Km

f: Frecuencia en GHz

2.1.2 Atenuación producida por los gases de la atmósfera

El vapor de agua y el oxígeno no condensado poseen líneas de absorción en la banda de frecuencias de microondas y de ondas milimétricas. Por ello existen frecuencias donde se produce gran atenuación, separadas por ventanas de transmisión donde la atenuación es mucho menor. La figura 2.1 muestra la atenuación en dB/km producida por el oxígeno y el vapor de agua a 20 °C. El contenido en moléculas de agua es del 1%, el cual es típico en climas templados.

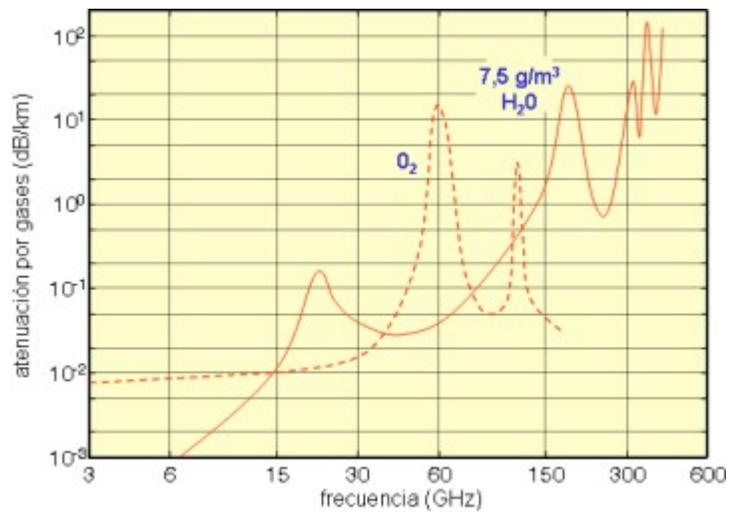


Gráfico 2.1 Atenuación por gases atmosféricos en función de la frecuencia. Fuente: Fenómenos de propagación a frecuencias de microondas y ondas milimétricas. Francisco Ramos Pascual.

Según la recomendación ITU-R P.676, las pérdidas producidas por los gases atmosféricos se obtienen por la siguiente relación:

$$L_{at} = (\gamma_o + \gamma_w) \cdot d \quad (\text{ec. 2.2})$$

d: Longitud del enlace en Km

γ_o : Atenuación específica para el aire seco (dB/Km)

γ_w : Atenuación específica para el vapor de agua (dB/Km)

Donde

$$\gamma_o = \left[\frac{7.27 \cdot r_t}{f^2 + 0.351 \cdot r_p^2 \cdot r_t^2} + \frac{7.5}{(f - 57)^2 + 2.44 \cdot r_p^2 \cdot r_t^5} \right] f^2 \cdot r_p^2 \cdot r_t^2 \cdot 10^{-3} \quad (\text{ec. 2.3})$$

$$\gamma_w = \left[\begin{aligned} & 3.27 \cdot 10^{-2} \cdot r_t + 1.67 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\rho \cdot r_t^7}{r_p} + 7.7 \cdot 10^{-4} + \frac{3.79}{(f - 22235)^2 + 9.81 \cdot r_p^2 \cdot r_t^2} \\ & + \frac{11.73 \cdot r_t}{(f - 183.31)^2 + 11.85 \cdot r_p^2 \cdot r_t} + \frac{4.01 \cdot r_t}{(f - 325.153)^2 + 10.44 \cdot r_p^2 \cdot r_t} \end{aligned} \right] f^2 \cdot r_p^2 \cdot r_t^2 \cdot 10^{-3} \quad (\text{ec. 2.4})$$

f: Frecuencia en GHz

r_p : p/1013

p: presión establecida en 1013 hPa

r_t : 288/(273+t)

t: temperatura en °C

ρ : densidad de vapor de agua en g/m³.

2.1.3 Pérdidas básicas en el enlace y nivel de recepción nominal.

Pérdidas básicas de propagación:

$$L_b(dB) = L_{el} + L_{at} + L_d + L_p + L_{dif} \quad (\text{ec. 2.5})$$

Donde

L_{el} : pérdidas de espacio libre.

L_{at} : pérdidas producidas por los gases de la atmósfera.

L_d : pérdidas por desvanecimiento.

L_p : pérdidas por precipitación.

L_{dif} : pérdidas por difracción.

El nivel de recepción nominal puede ser calculado mediante la siguiente ecuación:

$$P_r = P_t - L_{TT} + G_T - L_b + G_R - L_{TR} \quad (\text{ec. 2.6})$$

Donde

P_r : Potencia recibida en dBm

P_t : Potencia transmitida en dBm

L_b : pérdidas básicas de propagación (dB)

G_t, G_r : Ganancia de las antenas (dB)

L_{TT}, L_{TR} : Pérdidas en los terminales (dB):

- Pérdidas en los duplexores, circuladores y filtros (L_{DFT}, L_{DFR} en dB)
- Pérdida en los alimentadores de la antena (α_t, α_r en dB/m)

$$L_{TT} = L_{DFT}(\text{dB}) + \alpha_t(\text{dB} / \text{m}) \cdot l_t(\text{m}) \quad (\text{ec. 2.7})$$

$$L_{TR} = L_{DFR}(dB) + \alpha_r(dB/m) \cdot l_r(m) \quad (\text{ec. 2.8})$$

2.2 Desvanecimiento

Un radio enlace, debido a anomalías atmosféricas y en diferentes periodos de tiempo, podría experimentar una disminución en el nivel de su señal recibida y/o distorsión en su espectro, e incluso se podría crear un evento de interrupción. Por esto el desempeño del sistema está condicionado a la probabilidad de que el nivel de señal recibida no caiga por debajo del nivel mínimo que reconoce el equipo receptor.

El desvanecimiento se debe normalmente a los cambios atmosféricos y a las reflexiones del trayecto de propagación al encontrar superficies terrestres o acuáticas. La intensidad del desvanecimiento aumenta en general con la frecuencia y la longitud de trayecto. Con excepción del desvanecimiento por efecto de trayectos múltiples, los desvanecimientos son fácilmente superables mediante los métodos de diversidad.

2.2.1 Margen de desvanecimiento

La diferencia entre el nivel de recepción nominal y el nivel de umbral del receptor se dispone como un margen seguro en contra del desvanecimiento. Por esta razón esto es conocido como el margen de desvanecimiento (o margen de fading). En los sistemas digitales, cada salto puede ser diseñado con diferente margen de desvanecimiento, a diferencia de los sistemas analógicos que son diseñados con un margen de desvanecimiento específico (usualmente 40 dB). El margen de desvanecimiento a ser considerado deberá conseguir los objetivos de rendimiento y disponibilidad propuestos.

El margen de desvanecimiento se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$M(\text{dB}) = P_r - T_h(\text{dBm}) - L_{Th} \quad (\text{ec. 2.9})$$

T_h : Valor de la potencia de recepción correspondiente a una tasa de errores (BER) determinada.

L_{Th} : Degradación del nivel de umbral de receptor debido a interferencias (dB)

2.2.2 Desvanecimiento por difracción

Las variaciones de las condiciones de refracción de la atmósfera pueden modificar el radio efectivo de la Tierra, es decir el factor k , con respecto a su valor mediano que

es aproximadamente de $4/3$ para una atmósfera normal. Cuando la atmósfera es suficientemente subrefractiva (grandes valores positivos del gradiente del índice de refracción, valores reducidos del factor k), los rayos se curvan de forma que la Tierra obstruye el trayecto directo entre el transmisor y el receptor, lo que da lugar a un tipo de desvanecimiento llamado desvanecimiento por difracción. Este desvanecimiento es el factor que determina la altura de las antenas.

La pérdida por difracción dependerá del tipo de terreno y de la vegetación. Para un determinado despejamiento del trayecto del rayo, la pérdida por difracción variará desde un valor mínimo en el caso de un obstáculo único en arista hasta un valor máximo en el caso de una tierra esférica lisa. Las pérdidas por difracción en un terreno medio pueden aproximarse, para pérdidas mayores de unos 15 dB, mediante la fórmula:

$$A_d = -20 h / F_1 + 10 \quad \text{dB} \quad (\text{ec 2.10})$$

en la que h es la altura (m) del obstáculo más importante del trayecto por encima de la trayectoria de éste (h es negativa si la parte superior del obstáculo en cuestión está por encima de la línea de visibilidad directa), y F_1 es el radio del primer elipsoide de Fresnel, indicado por:

$$F_1 = 17,3 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{f d}} \quad \text{m} \quad (\text{ec 2.11})$$

donde:

f : frecuencia (GHz)

d : longitud del trayecto (km)

d_1 y d_2 : distancias (km) entre los terminales y la obstrucción del trayecto.

2.2.2.1 Reglas para el despeje.

Es importante posicionar las antenas a una apropiada altura que protegerá la señal de las pérdidas de difracción bajo todos los posibles valores de k . Ha sido demostrado que si las antenas están muy altas hay riesgo de despeje de la segunda zona de Fresnel de espacio libre, la cual podría resultar en muy alta atenuación de la señal, como lo muestra la figura 2.2. Esto también aumentaría la demanda de torres más altas, lo cual incrementaría el costo dramáticamente. A fin de asegurar pequeñas pérdidas de difracción bajo cambios de k , es tradicional usar reglas para el despeje. Una regla comúnmente usada es tener completo despeje de la zona de Fresnel a un valor medio de $k = 4/3$ y 60% de despeje de zona de Fresnel aun valor mínimo de $k = 2/3$.

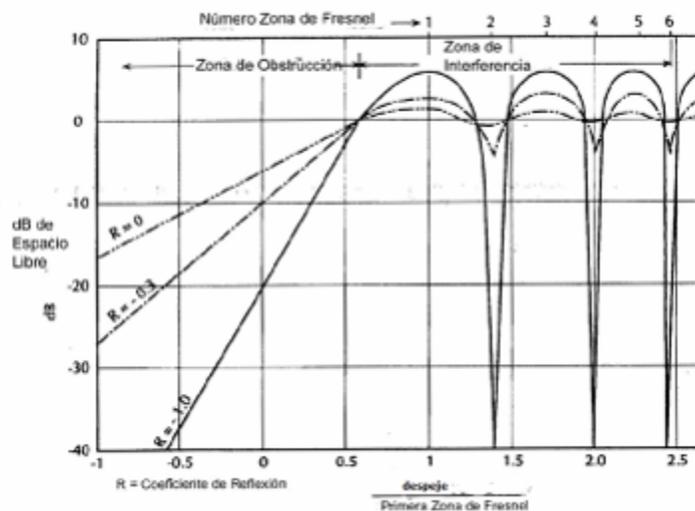


Gráfico 2.2 Atenuación versus despeje del trayecto. Fuente: *Sistemas de comunicaciones por microondas. UNI-FIEE (Peru)*

La recomendación de la ITU-R para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa (ITU-R 530[12]) describe el siguiente método:

Configuraciones de antena sin diversidad

Paso 1: Se determinan las alturas de antenas necesarias para el valor mediano apropiado del factor k en el lugar (en ausencia de datos utilícese $k = 4/3$) y un despeje de $1,0 F_1$ por encima del obstáculo más alto (en climas templados y tropicales).

Paso 2: Se obtiene el valor de k_e (99,9%) a partir de la Fig. 2.2, para la longitud del trayecto en cuestión. (k_e : Valor efectivo de K correspondiente a la longitud del trayecto en cuestión)

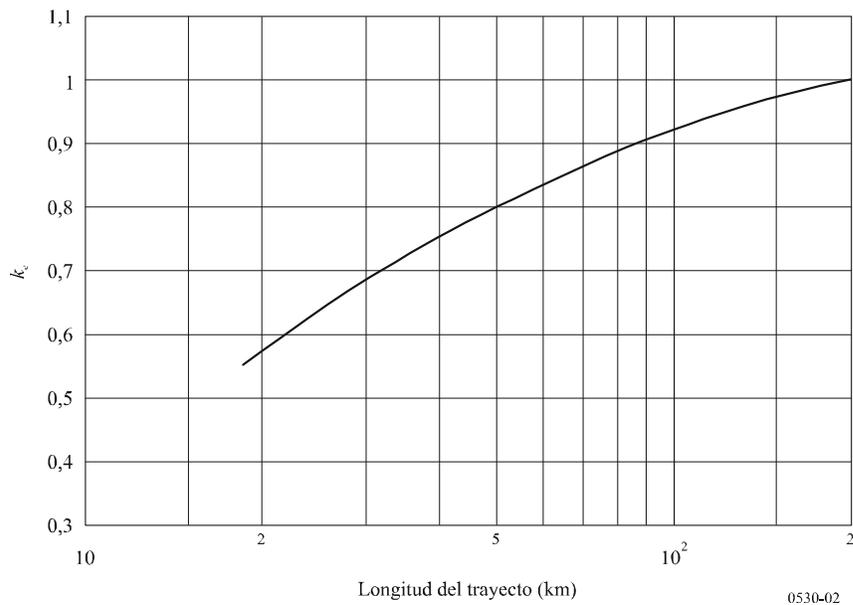


Gráfico 2.3 Valor de k_e excedido aproximadamente durante el 99,9% del mes más desfavorable. Fuente: Rec ITU-R 530

Paso 3: Se calculan las alturas de antena necesarias para el valor de k_e obtenido en el Paso 2 y los siguientes radios de despejamiento de la zona de Fresnel:

Clima templado	Clima tropical
<p>0,0 F_1 (es decir, incidencia rasante) si sólo existe una obstrucción aislada del trayecto</p> <p>0,3 F_1 si la obstrucción del trayecto se extiende a lo largo de una parte de éste</p>	<p>0,6 F_1 para longitudes de trayecto superiores a unos 30 km</p>

Paso 4: Utilícense las mayores alturas de antena obtenidas en los Pasos 1 y 3.

En los casos de incertidumbre sobre el tipo de clima, debe seguirse la regla de despeje más conservadora, al menos, una regla basada en el valor medio de despeje para climas templados y tropicales.

En general, los diseñadores de redes microondas tienden a ser conservadores cuando trabajan con las reglas de despeje, debido al temor de una interrupción total por desvanecimiento por difracción. La pérdida por difracción es un evento de desvanecimiento lento, lo cual significa que si el margen de desvanecimiento fuese excedido, el enlace podría interrumpirse por algunos minutos si no horas.

2.2.3 Desvanecimiento por multitrayectoria

Los desvanecimientos por multitrayectoria se originan por la aparición de varios caminos de propagación entre el transmisor y el receptor, pueden producirse por reflexión en el suelo o en capas atmosféricas, de forma tal que se produce una interferencia entre el rayo directo y los diferentes rayos que alcanzan la antena receptora con diversos ángulos tras recorrer diversos trayectos de propagación, los cuales producen un campo en el receptor cuya amplitud es variable y su fase es aleatoria. Son generalmente selectivos y producen una importante atenuación y distorsión de la señal recibida. Pueden arrojar atenuaciones de hasta 30dB en un instante de tiempo específico. Este tipo de desvanecimiento se observan generalmente en condiciones de calma, sin vientos, noches con neblina, cuando ocurre una inversión térmica cerca de la superficie y no hay suficiente turbulencia para mezclar el aire. Entonces se forman capas estratificadas tanto elevadas como superficiales. Este tipo de desvanecimiento también ocurren durante el día sobre trayectos de agua o sobre terrenos altamente reflectivos.

Los desvanecimientos se caracterizan por:

- Profundidad de desvanecimiento (dB): Diferencia entre el nivel nominal y el nivel recibido.
- Duración del desvanecimiento: intervalo de tiempo que media entre la disminución y la recuperación del nivel nominal

Se pueden dividir en:

- Desvanecimiento plano
- Desvanecimiento selectivo de frecuencia

2.2.4 Desvanecimiento plano

Es el tipo de desvanecimiento que ataca todo el espectro de frecuencia de la señal recibida. Según la recomendación 530 del ITU-R, la probabilidad de que la señal recibida se desvanezca en F dB es:

$$P_{plano} = P_o \cdot 10^{-F/10} \quad (\text{ec. 2.10})$$

Donde P_o es el factor de aparición de desvanecimiento, el cual depende de la longitud del enlace, frecuencia, rugosidad del terreno y del clima.

Existen varios métodos para evaluar el factor de aparición de desvanecimiento:

- Método de Kazuo Morita.
- Método de Vigants – Barnett
- Método del ITU-R recomendación P.530

2.2.5 Método de Kazuo Morita

Este método permite calcular el factor de aparición de desvanecimiento de la siguiente forma:

$$P_o = (f / 4)^{1,2} \cdot Q \cdot d^{3,5} \quad (\text{ec. 2.11})$$

f: frecuencia en GHz

d: longitud del enlace (Km)

Q factor dado por:

$$Q = 2,0 \cdot 10^{-9} \quad \text{para condiciones montañosas}$$

$$Q = 5,1 \cdot 10^{-9} \quad \text{para terrenos planos}$$

$Q = 3,7 \cdot 10^{-7} \cdot h^{-0,5}$ para terrenos sobre agua. h altura promedio sobre el terreno en metros.

2.2.6 Método Vigants – Barnett

El método indica el valor de P_o para el peor mes del año:

$$P_o = 0,3 \cdot a \cdot b \cdot (f/4) \cdot (d/50)^3 \quad (\text{ec. 2.12})$$

d: longitud del enlace (Km)

f: frecuencia en GHz

b: Parámetro de influencia del terreno:

$$b = (s/15)^{-1.3} \quad (\text{ec. 2.13})$$

s: desviación típica de las alturas del terreno para los puntos del perfil excluyendo a los terminales.

a: parámetro del clima dado por la siguiente tabla:

Tabla 2.1. Parámetro del clima

A	Región climática
4.0	Ecuatorial, regiones con alta temperatura y humedad
3.0	Desértica, fuertes variaciones térmicas desde el día y hasta la noche
2.0	Marítima, regiones de clima bastante seco.
1.5	Templados, veranos lluviosos e inviernos secos.
1.0	Templados, fuerte variación de temperatura durante el día
0.5	Regiones altas, bastantes secas
0.25	Montañosas y secas
0.05	Polar. Bajas temperaturas y poca precipitación

2.2.7 Método del ITU-R recomendación P.530

Se usa para calcular la probabilidad de grandes profundidades de desvanecimiento durante pequeños porcentajes de tiempo para el peor mes en cualquier parte del mundo, y sin ningún tipo de información del perfil de la trayectoria. El método está basado en análisis estadísticos de enlaces situados en diferentes partes del mundo, de longitudes de hasta 95 Km y frecuencias de hasta 45 GHz. Es muy útil en la planificación inicial y en la solicitud de la licencia de operación del radioenlace.

El método especifica la siguiente fórmula para aplicaciones de diseño detallado del enlace. Calcúlese el porcentaje de tiempo, $P(F)$, durante el que se rebasa la profundidad de desvanecimiento F (dB) en el mes más desfavorable medio a partir de:

$$P(F) = Kd^{3,2} (1 + |\epsilon_p|)^{-0,97} \times 10^{0,032f - 0,00085h_L - F/10} \% \quad (\text{ec. 2.14})$$

Para aplicaciones de planificación rápida, calcúlese el porcentaje de tiempo, $P(F)$, en el que se rebasa la profundidad de desvanecimiento F (dB) en el mes más desfavorable a partir de:

$$P(F) = Kd^{3,0} (1 + |\epsilon_p|)^{-1,2} \times 10^{0,033f - 0,001h_L - F/10} \% \quad (\text{ec. 2.15})$$

Donde:

f: Frecuencia (GHz)

K: factor geoclimático

h_L : altura de la antena inferior [min (h_1 , h_2)]

ϵ_p : inclinación del terreno (mrad) dado por la relación:

$$|\epsilon_p| = \frac{h_1 - h_2}{d(Km)} \quad (\text{ec. 2.16})$$

Si no se dispone de datos medidos para K , y se está efectuando un diseño detallado del enlace, se puede estimar el factor geoclimático para el mes más desfavorable a partir de la expresión:

$$K = 10^{-3,9 - 0,003dN_1 s_a^{-0,42}} \quad (\text{ec. 2.17})$$

En la que dN_1 es el gradiente de refractividad puntual en los 65 m inferiores de la atmósfera que no se rebasa durante el 1% de un año medio, y s_a es la rugosidad del terreno en la zona. La Recomendación UIT-R P.453 da el valor de dN_1 para cualquier zona del mundo en una cuadrícula de $1,5^\circ$ en latitud y longitud.

Si se necesita un cálculo rápido de K para aplicaciones de planificación, puede obtenerse una estimación bastante precisa a partir de la fórmula:

$$K = 10^{-4,2-0,0029dN_1} \quad (\text{ec. 2.18})$$

Para el cálculo del factor de aparición de desvanecimiento P_0 , para el caso del diseño detallado del enlace.

$$P_0 = Kd^{3,2} (1 + |\varepsilon_p|)^{-0,97} \times 10^{0,032f - 0,00085h_L} \quad \% \quad (\text{ec. 2.19})$$

Para aplicaciones de planificación rápida se puede calcular P_0 de la siguiente manera:

$$P_0 = Kd^{3,0} (1 + |\varepsilon_p|)^{-1,2} \times 10^{0,033f - 0,001h_L} \quad \% \quad (\text{ec. 2.20})$$

Véase que las ecuaciones (2.19) y (2.20) son equivalentes a las ecuaciones (2.14) y (2.15), respectivamente, con $F = 0$.

2.2.8 Desvanecimiento selectivo de frecuencia

En los sistemas de banda ancha, el efecto de multitrayecto causa no solamente reducción en la amplitud de la señal recibida, sino también distorsión dentro de la

banda de trabajo, lo cual resulta en errores que no son dependientes de la amplitud. Este fenómeno es llamado desvanecimiento selectivo de frecuencia.

La signatura del receptor es la característica que indica la medida en la que el equipo introducirá errores cuando reciba una señal con distorsión debida a desvanecimiento selectivo. Se define la curva de signatura para una BER dada (BER_0) y un equipo determinado, con una cierta modulación. En la recomendación de la ITU-R P.530 se describe un método en el cual se emplean las curvas de signatura de los equipos de radio para calcular la probabilidad de interrupción selectiva. El método se describe a continuación:

Paso 1: Calcúlese el retardo temporal medio, como sigue:

$$\tau_m = 0,7 \left(\frac{d}{50} \right)^{1,3} \quad (\text{ns}) \quad (\text{ec. 2.21})$$

donde d es la longitud del trayecto (km).

Paso 2: Calcúlese el parámetro de actividad del multitrayecto η

$$\eta = 1 - e^{-0,2(P_0)^{0,75}} \quad (\text{ec. 2.22})$$

donde P_0 ($P_0 = P(F) / 100$) es el factor de ocurrencia del multitrayecto correspondiente al porcentaje de tiempo $P(F)$ (%) en que se excede $F = 0$ dB en el mes más desfavorable, calculado a partir de la ecuación (2.14) o la (2.15), según el caso.

Paso 3: Calcúlese la probabilidad de interrupción selectiva de la transmisión como sigue:

$$P_s = 2,15\eta \left(W_M \times 10^{-B_M / 20} \frac{\tau_m^2}{|\tau_{r,M}|} + W_{NM} \times 10^{-B_{NM} / 20} \frac{\tau_m^2}{|\tau_{r,NM}|} \right) \quad (\text{ec. 2.23})$$

donde:

W_x : anchura de la signatura (GHz)

B_x : profundidad de la signatura (dB)

$\tau_{r,x}$: retardo de referencia (ns) utilizado para obtener la signatura, mientras que x indica ya sea el desvanecimiento de fase mínima (M) o el de fase no mínima (NM).

Generalmente se usa $\tau_{r,x} = \tau_0 = 6.3$ ns.

La probabilidad de interrupción selectiva también se puede expresar de la siguiente forma:

$$P_s = 4.3 \cdot \eta \cdot sf \cdot \frac{\tau_m^2}{\tau_0} \quad (\text{ec. 2.24})$$

donde

$$sf = \frac{1}{2} \left(W_M \times 10^{-B_M / 20} + W_{NM} \times 10^{-B_{NM} / 20} \right) \quad (\text{ec. 2.25})$$

El factor de signatura es suministrado por el fabricante.

Si únicamente se dispone del parámetro de sistema K_n normalizado, puede calcularse la probabilidad de interrupción selectiva de la siguiente manera:

$$P_s = 2,15\eta (K_{n,M} + K_{n,NM}) \frac{\tau_m^2}{T^2} \quad (\text{ec. 2.26})$$

donde:

T : periodo de símbolos del sistema (ns)

$K_{n,x}$: parámetro del sistema normalizado, siendo x el desvanecimiento de fase mínima (M) o el de fase no mínima (NM).

2.3 Diversidad

El método principal para superar los efectos de desvanecimiento por multitrayectoria es el empleo de las técnicas de diversidad en la transmisión y/o recepción de la señal. Consiste en la transmisión de la misma información por dos rutas radioeléctricas diferentes, que se ven afectadas de forma independiente por el desvanecimiento, de tal manera que el receptor pueda estar en la capacidad de elegir la mejor señal de las dos rutas en todo momento por medio de la conmutación o

combinación de las señales. Dicha conmutación o combinación de diferentes canales con la misma señal hace posible obtener un factor de mejora con respecto a un enlace sin diversidad. Este factor se determina con la siguiente relación:

$$I = \frac{P(F)}{P_d(F)} \quad (\text{ec. 2.27})$$

$P(F)$ es la probabilidad de que se supere una profundidad de desvanecimiento F en trayecto sin diversidad y $P_d(F)$ es la probabilidad de que se supere una profundidad de desvanecimiento F en trayecto con diversidad.

En radioenlaces digitales también se puede expresar el factor de mejora como el cociente entre los tiempos en que se rebasa un BER específico con y sin protección

Las técnicas de diversidad se pueden clasificar de las siguientes maneras:

- Según los parámetros del camino radioeléctrico:
 - Diversidad de espacio
 - Diversidad de frecuencia
 - Diversidad de ángulo
 - Diversidad de polarización

- Según el tipo de tratamiento de la señal
 - Diversidad de conmutación
 - Diversidad de combinación

2.3.1 Diversidad de espacio

El desempeño de un radioenlace puede mejorar significativamente con el uso de esta técnica en la cual los dos caminos radioeléctricos se consiguen separando verticalmente dos antenas varias decenas de longitudes de onda. La señal emitida por un único transmisor se recibe por dos caminos distintos en dos receptores separados. Siempre habrá una señal útil en alguna de las dos salidas. Una separación conveniente entre antenas viene dada por la siguiente relación:

$$\Delta h = \frac{\lambda \cdot d}{4 \cdot h_1} \geq 150 \cdot \lambda \quad (\text{ec. 2.28})$$

Donde d es la longitud del enlace y h la altura de la antena transmisora. Generalmente se elige la mayor separación posible entre las antenas, teniendo en cuenta la altura máxima de las torres y otros factores mecánicos o limitaciones de orden económico. Esta solución empírica se basa en la probabilidad de que el rendimiento del sistema aumentará en relación con la separación entre antenas.

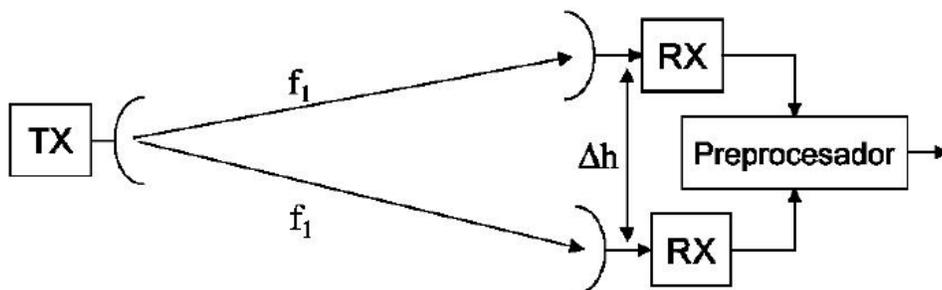


Figura 2.1 Principio de la diversidad de espacio. Fuente: Radiación y Radiocomunicación. Universidad de Sevilla.

El factor de mejora empleando la técnica de diversidad de espacio puede ser determinado por:

$$I_{sd} = \frac{P(F)}{P_D(F)} = \left[1 - \exp(-0.04 \cdot S^{0.87} \cdot f^{-0.12} \cdot d^{0.48} \cdot P_0^{-1.04}) \right] \cdot 10^{(F-V)/10} \quad (\text{ec. 2.29})$$

donde: $P_0 = P(F) \cdot 10^{F/10}$ Nota: P(F) en tanto por uno (ec. 2.30)

d: Longitud del trayecto (Km) ($43 \leq d \leq 240$)

F: Margen de desvanecimiento (dB) sin diversidad.

f: frecuencia (GHz) ($2 \leq f \leq 11$)

V: $|G1-G2|$ con $G1$ y $G2$ (dB) ganancias de antenas terminales

s: separación vertical entre los centros de antenas (m) ($3 \leq s \leq 23$)

La recomendación ITU-R 530 indica que el factor I_{SD} puede ser calculado en casos donde se ha excedido de manera razonable los límites anteriores. Para esto se toma el valor evaluado en el límite, es decir, para enlaces de 15 GHz, puede usarse el factor de mejora para 11 GHz.

2.3.2 Diversidad de frecuencia

Para emplear esta técnica se debe transmitir la información en más de una portadora, de modo tal que las señales con frecuencias distintas no experimenten el mismo desvanecimiento. La técnica es más costosa dado que se necesitan por lo menos dos transmisores y dos receptores que envíen y reciban las mismas señales por frecuencias distintas.

La eficiencia de la diversidad de frecuencia depende de la diferencia de longitud de onda entre las frecuencias utilizadas. La separación Δf deberá ser del 3-5% para conseguir una buena decorrelación, dado que el período de desvanecimiento difiere para frecuencias separadas en estos ordenes, aunque en la práctica se suelen ver radioenlaces empleando Δf entre 1% y 2%. Esta técnica tiene la ventaja no solo de proteger al sistema de desvanecimiento por multitrayectoria, sino que además permite una redundancia en los equipos, como se puede notar en la siguiente figura donde se presenta una configuración tipo 1+1.

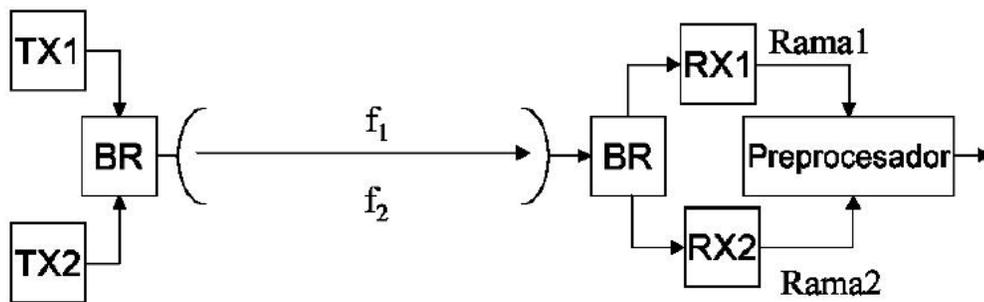


Figura 2.2 Principio de diversidad de frecuencia. Fuente: Radiación y Radiocomunicación. Universidad de Sevilla.

El factor de mejora empleando la técnica de diversidad de frecuencia puede ser determinado de la siguiente manera, para un sistema 1+1:

$$\Delta_{fd} = \frac{0.8}{f \cdot d} \left(\frac{\Delta f}{f} \right) 10^{F/10} \quad (\text{ec. 2.31})$$

Donde

f : frecuencia central de la banda (GHz) ($2 \leq f \leq 11$)

d : longitud del trayecto (km) ($30 \leq d \leq 70$)

$\Delta f/f$: separación relativa de frecuencias (%) ($\Delta f/f \leq 5\%$)

Válida para $I \geq 5$ y si no hay reflexiones superficiales intensas.

2.4 Confiabilidad de los radioenlaces

Conseguir que una señal de radio sea recibida en un punto distante no es difícil, de hecho, las señales de interferencia indeseables pueden ser recibidas desde varias decenas de kilómetros de distancia, bajo ciertas condiciones de propagación. La ciencia e ingeniería en el diseño de un radioenlace va hacia las predicciones de calidad que pueden ser esperadas para un determinado diseño.

Para estimar la confiabilidad de un radioenlace, se debe calcular el porcentaje de interrupción o error en el desempeño del sistema a implementar. Sabemos que la señal a transmitir se verá afectada por diversos fenómenos de propagación que reducirán la potencia de la señal en la estación receptora. A medida que la potencia recibida decrezca, las posibilidades de interpretación en el receptor disminuirán, aumentando así la probabilidad de errores en la transmisión de información.

2.4.1 Circuito hipotético de referencia (CHR)

Uno de los más difíciles aspectos en la determinación de objetivos de calidad es el hecho de que cada circuito real de conexión será diferente del siguiente circuito. La manera en la que la ITU maneja esta complejidad es proporcionando consejos para un circuito típico de conexión que puede ser luego aplicado a una conexión real. Estos escenarios típicos son llamados “circuitos hipotéticos de referencia”.

La ITU-T especifica que el circuito hipotético de referencia internacional es de 27500 Km de longitud, y es dividido en tres grados de calidad. De aquí parten las recomendaciones ITU-T G.821 y G.826 para definir los objetivos de calidad y disponibilidad según el grado (alto, medio o local).

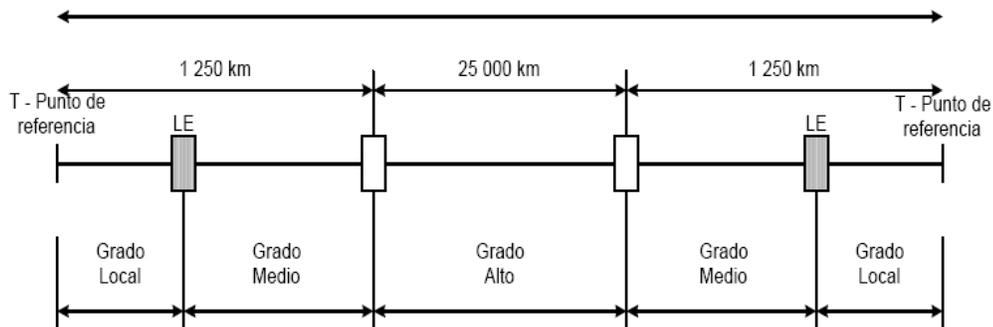


Figura 2.3 Circuito hipotético de referencia. Fuente: Sistemas de comunicaciones por microondas. UNI-FIEE (Peru)

Los principales objetivos de la ITU están basados en las recomendaciones G.821 y G.826.

2.4.2 Objetivos de la recomendación G.821

Los objetivos de la recomendación están referidos a las siguientes definiciones:

- Segundos con error (ES): cualquier periodo de un segundo en el cual ocurre al menos un error.

- Segundo con muchos errores (SES): un periodo de un segundo en el cual el BER es mucho mayor que 10^{-3} .

- Minutos degradados (DM): 60 periodos de un segundo, excluyendo cualquier SES, en el cual el BER es mayor a 10^{-6} . Este periodo no es necesariamente continuo.

La recomendación especifica que debe haber menos de 0.2% de intervalos de un segundo que tienen un BER peor que 10^{-3} . Menos del 10% de intervalos de un minuto que tiene un BER peor que 10^{-6} y menos de 8% de intervalos de un segundo que tienen cualquier error.

2.4.2.1 Grado alto

En la práctica, normalmente se asume que la parte de la columna vertebral (backbone) de la red debe ser diseñada con consideraciones de grado alto. Los objetivos de disponibilidad para un radioenlace real que forma parte de un circuito de alto grado son especificados por la ITU. Los estándares especifican que la disponibilidad (A) para un circuito de alto grado con una longitud de enlace comprendida entre 280 y 2500 Km debería ser:

$$A = 100 - \left(\frac{0.3 \cdot L}{2500} \right) \quad (\text{ec. 2.32})$$

Donde A es % de tiempo.

La tasa de error BER (Bit Error Ratio) no debe ser mayor de:

- 10^{-3} durante más del (L/2500). 0,054 % del peor mes.
- 10^{-6} durante más del (L/2500). 0,04 % del peor mes.
- ES no más de (L/2500). 0.32% del peor mes.

2.4.2.2 Grado medio

Los objetivos de grado medio y grado local están pensados para redes nacionales. Corresponde a gran parte del enlace nacional, desde el centro local hasta probablemente el centro internacional. La división entre grado medio y alto no se

encuentra claramente identificado como un punto de red. Los objetivos de grado medio tienen cuatro clasificaciones en cuanto a calidad. Estos objetivos están dados en la tabla 2.2. Todas las cantidades están en porcentaje para cualquier mes.

Tabla 2.2 Objetivos de calidad y disponibilidad (grado medio).

Parámetro de calidad	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
	280 Km	280 Km	50 Km	50 Km
BER>10 ⁻³	0.006	0.0075	0.002	0.005
BER>10 ⁻⁶	0.045	0.2	0.2	0.5
Indisponibilidad	0.033	0.05	0.05	0.1
ES	0.036	0.16	0.16	0.4

2.4.2.3 Grado local

El grado local especificado por la ITU es empleado para definir el nivel de calidad para un circuito abonado, en otras palabras, la conexión desde la central local al equipo terminal del abonado. Podría decirse que el tipo de servicio usado para la última milla, por ejemplo, topologías punto – multipunto de baja capacidad pueden ser diseñadas para grado local. Los sistemas celulares generalmente son diseñados para grado local. Los objetivos de rendimiento son definidos por la ITU-R de la siguiente manera:

- BER>10⁻³ para no más del 0,015 % del tiempo total de cualquier mes.
- BER>10⁻⁶ para no más del 1,5 % del tiempo total de cualquier mes.
- ES para no más del 1,2% del peor mes.

Los objetivos de disponibilidad no han sido establecidos por la ITU-R.

2.4.3 Objetivos de la recomendación G.826

La recomendación G.821 es inadecuada para servicios de alta capacidad dado que esta basada en dividir el periodo de prueba de periodos en un segundo para análisis. Considerando que la tasa mínima para una señal SDH tiene 155 millones de bits en un segundo, se requeriría que sólo uno de estos bits sea errado para generar un ES. Claramente el periodo de un segundo es muy grande para tales sistemas. G.826 especifica un bloque de bits para análisis que pueden ser significativamente menores que un segundo, también especifica los objetivos del tipo de sistema en lugar del tipo de circuito.

Esta recomendación se basa en un concepto de medición basada en bloques que utiliza códigos de detección de errores inherentes al trayecto de prueba. La recomendación hace las siguientes definiciones:

- Bloques con error (EB): un bloque en el cual uno a más bits están errados.

- Tasa de segundos errados (ESR Errored Second Ratio): un periodo de un segundo que contiene uno o más bloques errados.

- Tasa de segundos con muchos errores (SESR Severely Errored Second Ratio): periodo de un segundo que contiene más del 30% de bloques errados o al menos un periodo severamente perturbado.
- Errores de fondo de bloque (BBE Background Block Error): un bloque errado que no ocurre como parte de un SES.

La siguiente tabla especifica los objetivos de extremo a extremo para un circuito hipotético de referencia de 27500 Km. Si algunos de estos objetivos no se cumplen, el trayecto no satisfará el requisito de característica de error. El periodo de evaluación sugerido es un mes.

Tabla 2.3 Objetivos recomendación G.286

Tasa (Mbits/s)	1.5 – 5	5 - 15	15 - 55	55 – 160
Bits/bloque	800-5000	2000-8000	4000-20000	15000-30000
ESR	0,04	0,05	0,075	0,16
SESR	0,002	0,002	0,002	0,002
BBE	$3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	10^{-4}

La metodología de distribución mostrada en la recomendación divide el circuito total en porciones nacional e internacional como se muestra en la siguiente figura:

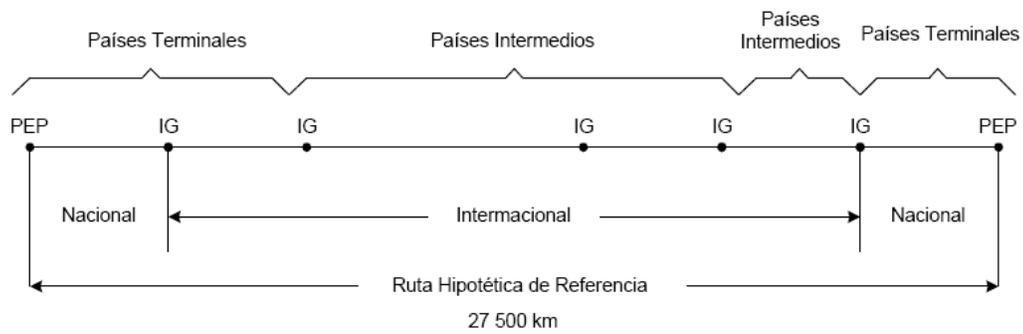


Figura 2.4 Ruta hipotética de referencia G.826. Fuente: Sistemas de comunicaciones por microondas. UNI-FIEE (Peru)

El trayecto definido como país terminal es aquel que va desde la cabecera internacional hasta el borde del país.

2.4.3.1 Porción internacional

Los objetivos para la porción internacional están dados en la tabla 2.4:

Tabla 2.4 Objetivo para la porción internacional según Rec. G.826

Tasa (Mbits/s)	1.5 – 5	5 - 15	15 – 55	55 – 160
ESR	0.04 (FL+BL)	0.05 (FL+BL)	0.075 (FL+BL)	0.16 (FL+BL)
SESR	0.002.(FL+BL)	0.002.(FL+BL)	0.002.(FL+BL)	0.002.(FL+BL)
BBER	$3 \cdot 10^4$.(FL+BL)	$2 \cdot 10^4$.(FL+BL)	$2 \cdot 10^4$.(FL+BL)	10^4 .(FL+BL)

Donde FL es el factor de distribución de la distancia y su valor esta dado por la siguiente relación:

$$FL = \frac{0.01 \cdot L}{500} \quad (\text{ec. 2.33})$$

Donde L es la longitud del trayecto. La decisión de operar como país terminal o intermedio esta bajo el control del operador, lo que a su vez determina el factor de otorgamiento de bloques BL.

Tabla 2.5 Factor de otorgamiento de bloques según Rec. G.826

País	L<Lref	L>Lref
Terminales	0.01(L/Lref)	0.01
Intermedio	0.02(L/Lref)	0.02

Donde Lref =1000 Km

2.4.3.2 Porción nacional

En la porción nacional de la red, los objetivos son especificados para recorridos largos, recorridos cortos, y redes de acceso. El recorrido largo abarca las interconexiones de redes locales incluyendo las interconexiones entre las centrales

primarias, secundarias o terciarias y la cabecera internacional. El recorrido corto abarca las interconexiones entre centrales locales y las centrales primarias, secundarias o terciarias. Finalmente las redes de acceso abarcan la conexión del punto final del trayecto y su correspondiente conmutador de acceso o central local.

Tabla 2.6 Objetivos de radio enlace para la porción nacional

SESR	1.5 – 5	5 - 15	15 - 55	55 – 160
Recorrido largo	0,002.A	0,002.A	0,002.A	0,002.A
Recorrido corto	0,002.B	0,002.B	0,002.B	0,002.B
Acceso	0,002.C	0,002.C	0,002.C	0,002.C

Donde:

$$A=A_1 + 0,01.L/500 \quad (\text{ec. 2.34})$$

$$y \quad 0,01 < A_1 < 0,02$$

L: longitud del trayecto redondeado al próximo múltiplo de 500 Km

B y C son constantes; $0,075 < B < 0,085$; $0,075 < C < 0,085$

La suma porcentual de la suma de las tres constantes no debe exceder 17,5%

Los valores dados para la suma porcentual de B+C deben estar entre 15,5% y 16,5%

Los ingenieros de diseño a menudo esperan diseñar redes de acuerdo a las recomendaciones G.821 o G.826, no obstante las reglas para dividir el porcentaje de error entre las principales causas de fallo o el rango de parámetros dentro de esas

reglas raramente son especificados, por lo tanto es necesario hacer razonables presunciones. El diseñador de radio enlaces necesita considerar el tipo de servicio que será proporcionado y la calidad esperada, este es el aspecto clave a considerar cuando se escoja un estándar para aplicar. Si el “backbone” del sistema de radio transportará tráfico que podría ser transportado sobre fibra, debería escogerse el estándar de calidad más alto. Si no hay medio de transmisión alternativo y el servicio no es crítico, tal como un servicio de voz para un área rural, podría emplearse el estándar de más baja calidad.

2.5 Atenuación y dispersión por lluvias.

Las ondas de radio que se propagan a través de una región de lluvia se atenúan como consecuencia de la absorción de potencia que se produce en un medio dieléctrico con pérdidas como es el agua. Para frecuencias debajo de 5 GHz, el efecto es despreciable, hasta los 10 GHz, la atenuación por lluvia es normalmente insignificante comparada con la atenuación causada por efectos de refracción.

Por lo general, solo es necesario evaluar la atenuación producida por la intensidad de lluvia excedida durante porcentajes de tiempo pequeños. Las variaciones estadísticas de esta atenuación a lo largo del trayecto dependen de manera compleja de diversas variables. No existe una base teórica para calcular la estadística de la lluvia, es un dato que se debe obtener empíricamente.

Una estimación de los índices de lluvia son proporcionados por la ITU (ITU-R P.837) en términos de diferentes zonas, definido como índice de lluvia, el cual es solamente excedido para 0.01% del tiempo. La ITU divide la tierra en 15 regiones hidrometeorológicas, denominadas desde la “A” hasta la “Q”. Venezuela pertenece a la región N.

Tabla 2.7 Intensidad de lluvia excedida (0,01%) para las 15 zonas hidrometeorológicas.

Zona climática	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q
R (mm/h) (0.01%)	8	12	15	19	22	28	30	32	35	42	60	63	95	145	115

Desde el punto de vista de un ingeniero de comunicaciones que va a diseñar un radioenlace, lo que se necesita es una fórmula sencilla para relacionar la atenuación específica con parámetros tales como la tasa de lluvia, la frecuencia o la temperatura. La atenuación se calcula según la siguiente fórmula (Rec ITU-R P.530):

$$A(R) = \gamma(R) \cdot L_{ef} \quad (\text{ec. 2.35})$$

Donde:

$$\gamma(R) = k \cdot R^\alpha \quad (\text{ec. 2.36})$$

$\gamma(R)$: atenuación específica (dB/Km) para la intensidad de lluvia.

R (mm/h): intensidad de lluvia en mm/h excedida durante un % de tiempo.

k, α : constantes que dependen de la frecuencia y de la polarización.

L_{ef} : Longitud efectiva.

Tabla 2.8 Valores de K y α

Frecuencia (GHz)	k_H	k_V	α_H	α_V
1	0,0000387	0,0000352	0,912	0,880
2	0,000154	0,000138	0,963	0,923
4	0,000650	0,000591	1,121	1,075
8	0,00454	0,00395	1,327	1,310
10	0,0101	0,00887	1,276	1,264
12	0,0188	0,0168	1,217	1,200
15	0,0367	0,0335	1,154	1,128
20	0,0751	0,0691	1,099	1,065
30	0,187	0,167	1,021	1,000
40	0,350	0,310	0,939	0,929
60	0,707	0,642	0,826	0,824

La longitud efectiva L_{ef} se obtiene mediante las siguientes relaciones:

$$L_{ef} = \frac{d}{1 + d/d_0} \quad (\text{ec. 2.37})$$

$$d_0 = 35 \cdot \exp(-0,015 \cdot R_{0,01\%}) \quad (\text{ec. 2.38})$$

Nota: para $R_{0,01} > 100 \text{ mm/h}$ se toma el valor de 100 mm/h .

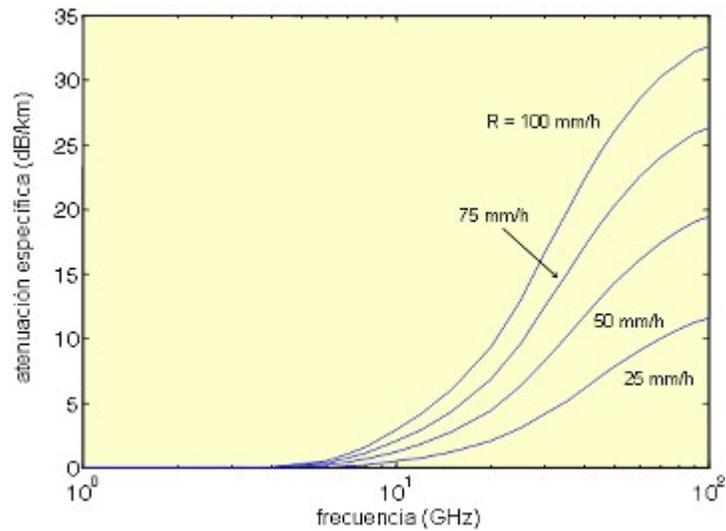


Gráfico 2.4 Atenuación específica para distintas intensidades de lluvia. Fuente: *Fenómenos de propagación a frecuencias de microondas y ondas milimétricas.* Francisco Ramos Pascual.

2.5.1 Indisponibilidad debido a la lluvia.

Para obtener la indisponibilidad debido a la lluvia en porcentaje se sigue el siguiente procedimiento:

- Calcular la atenuación para el p% del tiempo:

$$A_p = A_{0,01} \cdot 0.07 \cdot p^{-(0.855+0.139 \cdot \log p)} \quad (\text{ec. 2.39})$$

p: indisponibilidad en porcentaje

- Igualar esta ecuación al margen de desvanecimiento M en dB.

$$M = A_{0,01} \cdot 0.07 \cdot p^{-(0.855+0.139 \cdot \log p)} \quad (\text{ec. 2.40})$$

- Resolver esta ecuación, obteniendo $p\%$ mediante aproximaciones sucesivas o algún otro método numérico.

Este método es considerado válido en todas partes del mundo para frecuencias menores a 40 GHz.

2.6 Interferencias

La recepción de señales en los sistemas de telecomunicaciones puede ser interferida por el ruido. Una interferencia es cualquier señal no deseada que estaría presente en la sección de recepción de un enlace para demodulación, puede ser una copia retardada de la propia señal del enlace, una señal de un canal adyacente que viaja sobre el mismo enlace o una señal desde otro enlace microondas o fuente de RF. Se puede decir que uno de los parámetros más importantes del comportamiento de un medio de transmisión cualquiera, es el ruido que este agrega a la señal transmitida.

2.6.1 Causas de interferencia

Se puede dividir las causas de interferencias en dos categorías: interna y externa.

2.6.1.1 Causas internas

Las causas internas son aquellas que se relacionan al propio equipamiento. Esto incluye los parámetros de equipos microondas, tales como los osciladores locales de transmisión y recepción y selectividades de los filtros. Se debe mencionar que el propio equipo es una fuente fundamental de ruido dependiendo directamente de su diseño. El movimiento aleatorio de electrones en un conductor debido a la energía térmica permite una potencia de ruido, esta potencia depende de la temperatura de la fuente de ruido y el ancho de banda del espectro de ruido, este tipo de ruido es denominado ruido térmico. Entre otras causas internas se pueden mencionar las reflexiones del sistema antena/alimentación, el espaciamiento transmisor/receptor, la relación F/B de las antenas de una estación repetidora e interferencia co-canal y de canal adyacente desde el propio sistema. Estos factores están básicamente bajo el control del diseñador del sistema. Se requiere buen equipamiento con osciladores estables y buena respuesta de los filtros. Además se debe escoger planes de canalización de frecuencia que incorporen limitaciones estrictas para evitar la interferencia. Finalmente se debe escoger antenas que cumplan los requerimientos contra la interferencia..

2.6.1.2 Causas externas

Las causas externas son resultado de fuentes que raramente están bajo el control de los diseñadores. Estas incluyen la interferencia desde otros sistemas que ya están instalados e interferencia desde otros servicios tales como los satélites. También incluye interferencia de un sitio distante que forma parte de la misma ruta, este último aspecto puede ser controlado por el diseñador del sistema.

2.6.2 Interferencia en receptores digitales

En una condición libre de desvanecimientos, los receptores digitales son muy robustos frente a los mecanismos de interferencia. Sin embargo el principal problema de interferencia ocurre en una condición de desvanecimiento en la cual los niveles de señal se acercan a los valores de umbral del receptor (threshold). Niveles de señal por debajo del límite de umbral del receptor pueden causar problemas al proceso de demodulación. El termino de interferencia por tanto, no esta en términos de amplitud de señal absoluta sino en términos de la relación entre la señal deseada (portadora) y la señal no deseada (interferencia) expresada como C/I .

2.6.2.1 Interferencia co-canal

En los sistemas digitales debido, al efecto de umbral de los receptores digitales, la interferencia de bajo nivel tiene poco o ningún efecto en la calidad de la señal en condición de no-desvanecimiento. El efecto en la BER es despreciable para pequeñas variaciones alrededor del nivel nominal de recepción. Solo al acercarnos al punto de inflexión del área del umbral, las variaciones en el nivel de recepción tienen un efecto dramático en la calidad.

En un sistema digital hay una cierta relación C/I mínima sobre el cual el BER es constante y debajo del cual el rendimiento se hace rápidamente inaceptable. Esto depende mucho del sistema de modulación: un sistema simple 4 PSK requiere solo de 15 dB, mientras que un sistema 128 QAM requiere al menos 30 dB. La señal digital debe mantener esta relación incluso en una condición de desvanecimiento esto significa que la relación C/I debe ser mayor que la C/I mínima más el margen de desvanecimiento mínimo calculado para cumplir el objetivo de rendimiento.

2.6.2.2 Interferencia de canal adyacente

Para simplificar el análisis, la discriminación del filtro, denominada discriminación neta del filtro (NFD), se utiliza para convertir la interferencia de canal adyacente en un valor equivalente de interferencia cocanal. Este valor es una función de la selectividad del propio receptor y, por lo tanto, debe obtenerse de las especificaciones del fabricante para cada tipo de equipo receptor. La ecuación puede expresarse como:

$$C/I_{COCANAL} = C/I_{ADYACENTE} + NFD \quad (\text{ec. 2.41})$$

2.7 Fuentes de energía

La fuente más práctica para un sitio de un repetidos de microondas es la media tensión (varía de país en país, por ejemplo, 110v, 120v, 220v) que proporciona la red del concesionario eléctrico local. Un transformador de 50 KVA es suficiente para las aplicaciones más comunes. Para algunos equipos de microondas, se puede usar energía solar, sin embargo, con rutas de alta capacidad que usan equipos modernos muy sensibles a la temperatura, los cuales requieren por obligatoriedad aire acondicionado, la carga de corriente resultante puede resultar impracticable para los sistemas solares.

La mayoría de los equipos de telecomunicaciones de microondas operan con -48 VDC, sin embargo muchos sitios todavía tienen fuentes de poder de +24 VDC. Algunos equipos de radio tienen un amplio rango de entrada que aceptan fuentes de 24 o 48 V en ambas polaridades. Sin embargo, un convertidor externo de energía

puede ser requerido para el equipo que no cubre este rango. Siempre se debe proveer a las estaciones con baterías de reserva para casos en que ocurran cortes de energía.

La configuración más sencilla del sistema DC típicamente utilizado en la alimentación de cargas críticas consiste de rectificador – cargador y baterías, en conexión en paralelo con las cargas. En condición normal el rectificador – cargador alimenta a los equipos y mantiene las baterías en óptimo estado de carga. En el caso de un corte de energía AC, las baterías suministrarán la energía DC requerida por las cargas. Al retornar la condición de normalidad, el rectificador – cargador reanuda la alimentación de las cargas e inicia el proceso de recarga de las baterías.

CAPITULO III

INGENIERÍA DE DETALLE PARA UN RADIOENLACE

La ingeniería de detalle es la encargada de proporcionar cantidades, descripción y ubicación de los elementos de cada proyecto. Cada proyecto requiere de un levantamiento en campo, el cual nos ofrece la información necesaria para determinar cómo se va a realizar cada detalle que forma parte de un sistema a implementar. Así la ingeniería de detalle logra interpretar lo que sería en un inicio los costos, los requerimientos en tiempo, los elementos y materiales necesarios. Toda esta información unida a tiempo originará un cronograma de trabajo adecuado para cumplir hitos y determinar costos de ejecución. Los planos, el conexionado, la tabla de materiales, el cronograma son algunos elementos que son parte de esta labor.

La Ingeniería de detalle es parte fundamental en el diseño de un nuevo radioenlace, dado que es en esta fase en donde se obtiene toda la información de las estaciones o sitios en donde se desea establecer dicho enlace. Con la ingeniería de detalle se logra anticipar las adecuaciones necesarias de infraestructura y energía, y además reservar los espacios necesarios para la instalación.

Es necesario aclarar que para el momento de hacer las inspecciones de las estaciones para la elaboración de la ingeniería de detalle de algún radioenlace, el proyectista ya ha definido ciertos parámetros, entre ellos: tráfico, nivel de calidad requerido, ubicaciones, capacidad, ruta de los enlaces, tipo de repetidores, radios y

antenas a utilizar. Por lo tanto los ingenieros de campo cuentan con toda esta información al momento de realizar las inspecciones.

Limitaciones

Se debe acotar que este tipo de trabajo conlleva ciertas limitaciones, algunas de ellas estarían totalmente fuera del control de los encargados del proyecto. Dichas limitaciones se mencionan a continuación:

- Permisos de acceso a las estaciones: La empresa dueña de las estaciones de telecomunicaciones a visitar debe gestionar un permiso de acceso a dichas estaciones. En este permiso deben estar claramente identificados el personal autorizado para entrar a la estación, el trabajo a realizar y el periodo de tiempo por el cual estará vigente dicha autorización. Este trámite, podría tardar semanas, manteniendo de esta manera paralizado el proyecto.

- Llaves de la estación: No todas las estaciones poseen un personal de vigilancia, por lo tanto, cuando fuere este el caso, es necesario obtener las llaves de acceso de la estación. Esta labor puede significar horas de retraso dado que no siempre el lugar donde se encuentran estas llaves es cercano al lugar de la estación. Estos lugares podrían estar distanciados por horas de carretera.

- Acceso a las estaciones: El acceso a algunas estaciones puede llegar a ser bastante complicado. Por lo general las estaciones repetidoras se encuentran ubicadas en cerros o montañas de difícil acceso. Se debe prever esta situación y utilizar un vehículo adecuado para acceder al sitio en cuestión.
- Condiciones climáticas: el clima también puede representar una limitación para este tipo de trabajo, sobre todo en lo que respecta al levantamiento de información de planta externa (el cual se describe más adelante), esto consiste en el levantamiento de planos, verificación de línea de vista y los barridos de frecuencias. Es un riesgo realizar esta labor en momentos de lluvia o mal clima, por lo tanto un clima adverso podría retrasar el trabajo.

La ingeniería de detalle para la instalación de un nuevo radioenlace se puede dividir en las siguientes etapas:

3.1 - Estudio de campo de las estaciones (surveys).

Es indispensable cuando se planifica una red de radioenlaces, una vez que el trabajo de mapa esta completo, realizar una inspección física. El propósito de la visita al sitio es establecer la exactitud de las presunciones hechas sobre la lectura del sitio y para preparar un alcance del trabajo. En esta etapa se obtiene toda la información de cada estación. Se deben anticipar las adecuaciones necesarias de infraestructura y energía, y además reservar los espacios previstos para la instalación. La información debe ir soportada con un registro fotográfico.

3.1.1. Datos de la estación

Se deben tomar en cuenta los siguientes tópicos en el momento de realizar la visita:

(a) Identificación, revisión y verificación de escalerillas instaladas en la caseta. Indicar alturas de las mismas.

(b) Verificación de escalerillas a instalar (de ser necesario) y altura de dichas escalerillas.

(c) Identificación, revisión de pasamuros existentes y/o a instalar. Identificación de ductos disponibles.

(d) Se deben indicar adecuaciones necesarias con los detalles claros y precisos.

(e) Tomar en cuenta la altura entre los equipos a utilizar y las escalerillas o techo.

(f) Indicar posibles recorridos de cableados en escalerillas existentes.

(g) Tomar las coordenadas geográficas de la torre de la estación con la ayuda de sistemas GPS (Generalmente se utiliza WGS 84 o PSAM 56 como datum), altura con respecto al nivel del mar y el tipo de acceso de la estación.

(h) Se debe dar todos los detalles posibles acerca del acceso al sitio, persona de contacto y el acceso a las llaves de la estación.

Se debe tener mucho cuidado a la hora de obtener las coordenadas de los sitios en cuestión, un detallado análisis del perfil del trayecto no tendría sentido si las coordenadas de los lugares fueran inexactas. La elevación del sitio también es un elemento importante a verificar, sobretodo en trayectos donde exista una obstrucción dominante.

Se debe tomar en cuenta la altura de la caseta a utilizar. Se deben tomar todas las cantidades de fotos necesarias. En caso que se requiera instalar un pasamuros, barra de tierra, sistema de alimentación de energía o algún otro equipo, se debe indicar la mejor opción posible.

Además se deben tomar todas las medidas necesarias para levantar planos detallados de la estación (planta interna y planta externa).

3.1.2 Ubicación de equipos

Se debe tomar en cuenta los siguientes tópicos en el momento de realizar la visita:

- (a) Identificación de los espacios físicos disponibles en la caseta.

- (b) Identificación de los equipos instalados en los bastidores (racks) a utilizar.

- (c) Identificación, revisión y verificación de los interruptores a utilizar en la fusiblera.

- (d) Identificación de equipos de presurización en la sala y disponibilidad de los mismos. Se debe verificar nuevo espacio para la instalación de un nuevo presurizador de ser necesario.

- (e) Indicar la existencia de multiplexores.

- (f) La ubicación de los nuevos equipos debe ir indicada en los planos de la estación.

- (g) Se deben indicar adecuaciones necesarias con los detalles claros y precisos.

De existir disponibilidad, se debe reservar espacio en la caseta para los nuevos equipos. La reservación se debe hacer de manera clara y visible, comúnmente se utiliza tirro para reservar el espacio físico y se identifica con la fecha de la visita y el nombre del proyecto. Se puede reservar un espacio físico en el piso de la caseta, en

un bastidor (rack), en el pasamuros, en una fusiblera y en el panel de breakers y en cualquier otro lugar de ser necesario.

3.1.3. Energía

En cada estación se debe identificar las condiciones de energía existentes. Se debe especificar el tipo de corriente alterna y continua disponible, así como también la marca y modelo del sistema de energía (PDB) disponible, además se debe verificar la carga actual de cada P.D.B y su carga máxima, la cantidad de interruptores disponibles y el recorrido de cableado desde el P.D.B hasta el bastidor a instalar. También es necesario verificar la existencia de un sistema auxiliar de alimentación (banco de baterías).

3.1.4. Puesta a tierra

Se debe verificar el lugar en donde se realizará la conexión de puesta a tierra de los bastidores a instalar. En el caso de utilizar un bastidor ya existente en la sala se debe verificar la disponibilidad de la barra de puesta a tierra de dicho bastidor. Verificar las características de la barra de puesta a tierra existente en la sala (MGB) (altura con respecto al piso, disponibilidad para la inclusión de nuevas conexiones), asimismo con la barra de puesta a tierra externa (EGB) y las barras de puesta a tierra de la torre (TGB).

3.1.5. Datos de la torre

Se deben obtener todos los datos necesarios de la torre a utilizar existente en la estación, entre ellos: Tipo de torre, altura (en metros), números de caras, cantidad de descansos y sus respectivas alturas, tipo de arista y dimensiones, cantidad de barras de puesta a tierra, sus alturas y ubicación.

Además se deben tomar en cuenta los siguientes tópicos:

- (a) Indicar alturas, arista y diámetro de antenas existentes.
- (b) Identificar espacios disponibles en la torre para la instalación de nuevas antenas.
- (c) Verificar la altura y disponibilidad de antenas a reutilizar (en caso de una expansión).
- (d) Identificación y revisión de escalerillas instaladas. Indicar estado de escalerillas, para paso de nuevas guías de onda.
- (e) Se deben indicar los recorridos de cableados de guías de ondas a instalar.

- (f) Elaborar un diagrama de aristas en donde se observe claramente la ubicación de todas las antenas existente en la torre. .

- (g) Se deben indicar adecuaciones necesarias con los detalles claros y precisos.

Una vez obtenida la altura desde la cual se obtiene línea de vista con la otra estación, se debe verificar los posibles lugares donde se puedan ubicar las nuevas antenas a instalar. Se deben tomar en cuenta las condiciones de la torre como los descansos y las barras de tierra. Habrá mayor comodidad al momento de la instalación si las antenas se ubican cerca de un descanso. También es aconsejable ubicar las antenas cerca de las barras de tierra, todo esto siempre y cuando las condiciones de despeje lo permitan.

En caso que se requiera reorganizar y/o desinstalar guías o coaxiales se deben indicar recorrido, diámetro, longitud y características del cable o guías de onda. Las fotos deben ser claras y detalladas. En caso que se requiera instalación de escalerillas verticales y/o Horizontales se debe indicar con fotos y especificar cuál sería la cara de descenso y su posible longitud. Otro dato importante a considerar al momento de la visita es el tipo de aristas de la torre, se debe tomar nota de su longitud o diámetro y de ser aristas especiales, debe indicarse claramente.

3.1.6 Instrumentos y equipos necesarios

Para poder realizar esta etapa del trabajo satisfactoriamente se requerirá de los siguientes instrumentos o equipos:

- Cámara fotográfica digital.
- Computadora portátil.
- Equipo portátil GPS.
- Tirro y marcador.
- Cinta métrica.

3.2 - Barridos de frecuencias en la banda correspondiente.

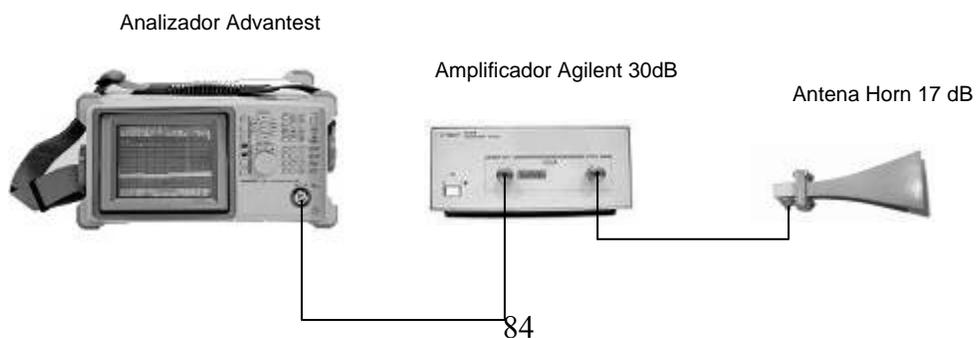
Se debe realizar un barrido de frecuencias en la banda donde se desea instalar el enlace, para ello es necesario estimar la altura mínima a la cual se deben realizar dichos barridos de tal forma que se garantice obtener todas las señales que inciden en la estación, esta estimación se puede obtener con un software de propagación adecuado y las coordenadas geográficas de las estaciones del enlace.

El barrido de frecuencias por lo general se debe realizar desde la torre. Lo primero que se debe hacer, aun antes de subir a la torre, es ubicar la misma con respecto al norte magnético. Es muy importante tener esto en cuenta dado que la brújula arroja

resultados falsos si se usa cuando se esta en la torre, y por otro lado, la información que se obtiene de los barridos pierde todo sentido si no se puede determinar la dirección de donde provienen las señales.

Para realizar el estudio de interferencia se requiere una medición del tipo barrido 360°. Para realizar el barrido de 360 grados en sitio, se deben tener los siguientes instrumentos:

1. Preamplificador de bajo ruido (LNA)
2. Antena tipo Horn (adecuada a la banda de frecuencia en estudio, apertura del haz de 30° aprox)
3. Analizador de espectro.
4. Transiciones adecuadas para la conexión del cableado respectivo.
5. Cables de baja perdida (Antena – LNA - Analizador de Espectro) no mayor a 3 m.
6. Brújula.
7. Transportador.
8. Tarjeta PCMCIA o Diskettes 3½.
9. Extensión eléctrica.
10. Equipo de seguridad (arnés, guantes, casco, lentes).



Ganancia del Amplificador = 30 dB

Ganancia de Antena "Horn" = 17 dB

Atenuación de cables y transiciones = 3 dB.

Figura 3.1 Conexión de los instrumentos de medición y ganancia del sistema

Los instrumentos deben tener las siguientes características:

- a) La ganancia del LNA debe ser mayor o igual a 30 dB.
- b) El analizador de espectro debe ser capaz de captar señales desde 9KHz hasta 26GHz.

La configuración del analizador debe ser la siguiente:

1. Atenuación = 0dB
2. Nivel de Referencia = -10dBm
3. Resolución de Ancho de Banda, RBW = 1MHz
4. Ancho de Banda de video, VBW = 100kHz.

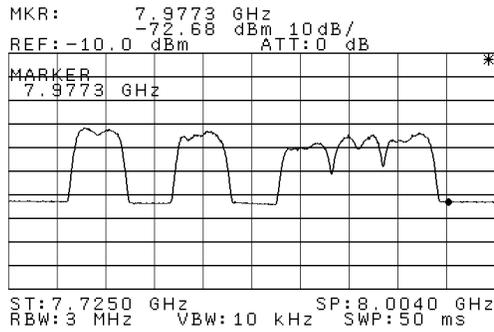
Se debe decir que la mejor configuración de la resolución de ancho de banda (RBW) y la resolución de video (VBW) puede cambiar dependiendo de la banda a medir. Configurar el equipo de la forma recomendada, por general, arroja buenos resultados.

Se debe configurar en el analizador de espectro las frecuencias de inicio y de parada (F Start y F Stop), de modo que se pueda visualizar la sub-banda del plan de frecuencias en estudio. El barrido en 360° consiste en captar en una misma pantalla del analizador de espectro, todas las señales incidentes en el lugar de medición. Para ello es necesario activar el modo “captura” (Hold) en el analizador de espectro y luego girar la antena de medición 360°. Este procedimiento se realiza en polarización vertical y horizontal.

La siguiente parte del procedimiento corresponde a la determinación del ángulo de incidencia de las señales medidas, con referencia al norte magnético. Se debe determinar el centro de frecuencia y la procedencia cada una de las señales detectadas en el barrido. Para determinar el centro de frecuencia de cada señal se utiliza la función “Marker” y para determinar su procedencia se debe activar el modo “normal” y buscar la dirección en la cual la potencia de la señal detectada sea máxima. En general, si una portadora se ha detectado en la misma frecuencia en polarización vertical y horizontal, el ángulo de incidencia debería ser el mismo, ya que se asume que es la misma señal, que se ha degradado.

Las mediciones a tomar en campo, se deben realizar en condiciones climáticas favorables, es decir, sin lluvia en la estación. Las incidencias de frecuencias se deben presentar en tablas, en donde se indique la procedencia de cada una de las señales encontradas, potencia medida, polarización y ancho de banda. Por medio de dichos resultados se puede establecer y/o verificar las frecuencias a utilizar en el enlace.

POLARIZACIÓN VERTICAL



POLARIZACIÓN HORIZONTAL

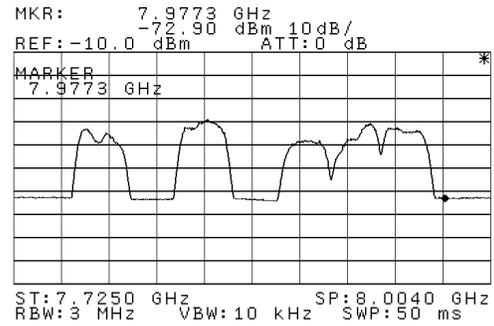


Figura 3.2 Ejemplo de los plots generados para polarizaciones verticales y horizontales.

LOS COLORADOS - PISCURI										
ESTACIÓN: PISCURI					FECHA: Jueves, 13 de Septiembre de 2007					
Lugar: 22m AGL										
Banda: 8GHz (L) 7,725 - 8,004GHz					Rec. ITU: 386-4					
Antena: Narda - 612A					Ganancia: 17 dBi					
Cables: 1,5 m					Pérdidas: 3 dB					
Amplificador LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de espectro: Anritsu 9KHz - 40GHz					Ancho de Banda de Res.: 3MHz					
N°	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal isotrópico [dBm]		Comentarios
				Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	7777	2	330	-42	-43	34,02	34,02	-86	-87	
2	7836	4	330	-43	-40	32,67	32,67	-87	-84	
3	7895	6	330	-49	-49	29,94	29,94	-93	-93	
4	7925	7	330	-45	-41	29,94	29,94	-89	-85	
5	7955	8	330	-45	-43	27,22	27,22	-89	-87	

Figura 3.3 Ejemplo de tabla de portadoras

3.2.1 Esquema de ocupación de canales

Con la información obtenida mediante los barridos de frecuencia se debe presentar un esquema de ocupación de canales, en el cual se pueda observar de manera clara y detallada la disponibilidad de canales de la banda en estudio. Se deben mostrar los canales disponibles, los canales ocupados y los canales que presenten ocupación parcial. En general un radiocanal estará ocupado si alguna señal ocupa su centro de frecuencia, un radiocanal tendrá ocupación parcial si alguna señal ocupa parte de su ancho de banda pero no su centro de frecuencia.

3.3 - Corroboración de línea de vista.

Debido a las características de propagación de la señal microondas, es fundamental que el trayecto no esté obstruido, es decir, que exista línea de vista entre las estaciones involucradas. Desde un escritorio, el ingeniero proyectista propone un enlace microondas entre ciertas estaciones o lugares basándose en información que puede provenir de registros cartográficos (mapas) o de algún software especializado. Las obstrucciones que no son mostradas en el mapa, como árboles, edificios, y grandes silos pueden bloquear la línea de vista y ser un inconveniente que puede paralizar la ruta planeada.

Con la visita a las estaciones, se debe verificar la existencia de línea de vista entre las estaciones o lugares en los cuales se desea implementar el radioenlace en el momento de la visita de campo, también se debe especificar la altura a partir de la cual se obtiene línea de vista. Esta información se obtiene por inspección con la

ayuda de algunos equipos como cámaras digitales, espejos, binoculares entre otros. Se deben tomar fotos de la línea de vista en modo normal y con acercamiento (zoom) en dirección al azimut del enlace.

En el caso de existir obstrucciones críticas en el perfil de la trayectoria, estas deben chequearse con mayor precisión en campo. Una técnica muy utilizada para probar condiciones de línea de vista, es la técnica de espejos con los cuales se busca reflejar los rayos solares hacia el azimut del enlace. Este destello puede ser visto en distancias de hasta varias decenas de kilómetros si las condiciones climáticas lo permiten. Para distancias más cortas se puede usar el método de los globos. Este consiste en suspender los globos hasta que estos puedan ser vistos desde la estación contra la cual se desea realizar el enlace. Esta información también se puede corroborar con la ayuda de algún software especializado, como por ejemplo el software PATH LOSS.

3.4 - Determinación del comportamiento del enlace y perfil del trayecto.

Los programas de software modernos incorporan mapas digitales o permiten su importación de otras fuentes o librerías electrónicas que se pueden comprar o conseguir en Internet y permiten calcular el perfil del trayecto evitando la tarea manual de pegar los mapas, lo cual puede ser muy engorroso. Con la ayuda de uno de estos softwares especializado y con la información de las alturas a partir de las cuales se obtiene línea vista, se puede predecir el comportamiento del enlace, obteniendo así datos como el nivel de señal recibida, margen de desvanecimiento, confiabilidad del enlace y cualquier otro de interés.

Una vez dibujado el perfil del trayecto, la información precedente puede usarse para ajustar el perfil para la protuberancia de la tierra y variaciones del factor K. Se debe tener especial cuidado en tener claridad de la primera zona de Fresnel bajo distintos valores de K, normalmente el proyectista se asegura de obtener despeje para $k=4/3$ y para $k=2/3$. En el pasado se usaba un papel especial que reflejaba los diferentes valores del factor K, pero hoy en día se usan los programas de computación para dibujar los perfiles modificados. Un ejemplo típico de un perfil del trayecto con el factor K modificado se muestra en la figura 3.4.

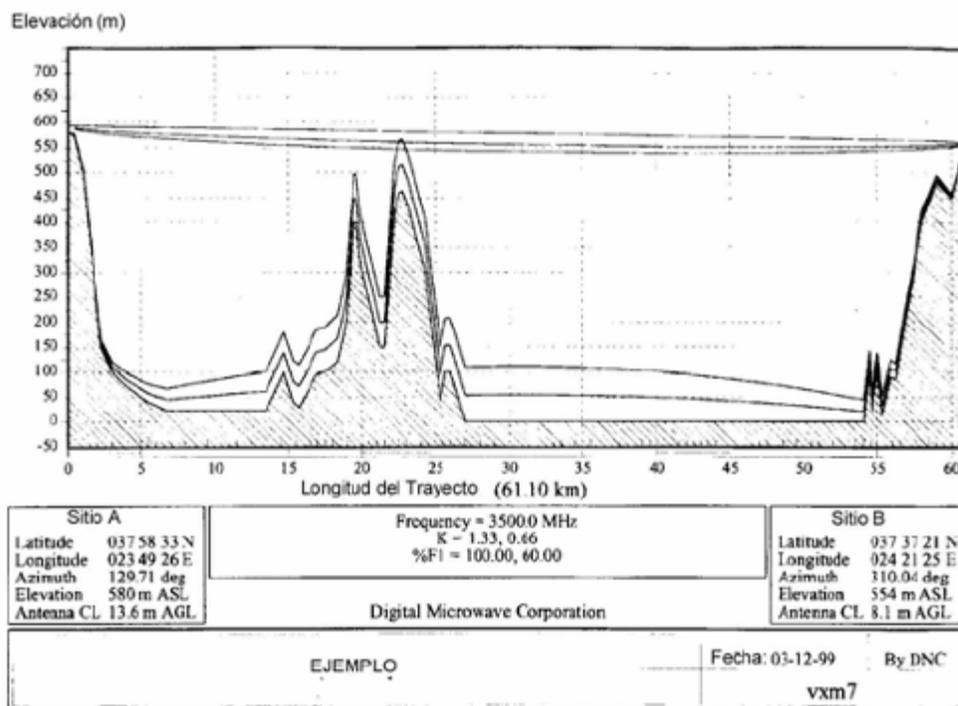


Figura 3.4 Perfil del trayecto generado por computadora. Fuente: Sistemas de comunicaciones por microondas. UNI-FIEE (Peru)

3.5 - Elaboración de planos de las estaciones.

Se deben elaborar planos de cada estación donde se muestre detalladamente la ubicación propuesta de los nuevos equipos a instalar. Los planos se deben levantar con un software adecuado y con las cotas correspondientes. Las medidas deben ser las reales, ya que de esto dependerá las futuras ubicaciones de equipos en la sala. No se deben resumir varios equipos en un mismo ítem.

Por cada estación se deberán elaborar tres planos:

- Plano de planta externa: Debe contener las medidas reales de la estación y la ubicación de casetas, torres, equipos de refrigeración (de ser necesario), equipos de energía (de ser necesario). Debe estar referenciado al norte magnético.

- Plano de planta interna: es el plano de la caseta a utilizar. Se debe indicar la ubicación de los equipos existentes, el acceso a la caseta y la ubicación propuesta de los nuevos equipos a instalar. El plano debe contener las medidas reales de la caseta y equipos.

- Diagrama de aristas: muestra la ocupación actual de todas las aristas de la torre a utilizar. Se deben señalar las alturas, diámetros de cada antena existente en la torre. Las aristas deben estar debidamente identificadas.

3.6 - Ingeniería de detalle para una celda nueva.

Para el caso en el cual se desea construir una nueva estación (celda nueva), la ingeniería de detalle provee la información necesaria para asegurar la adecuada selección del lugar para la nueva celda. Se debe aclarar que para esta etapa ya se debe tener la información acerca de los lugares elegibles para construir la nueva celda, entre ellos, dirección y coordenadas aproximadas del lugar.

La ingeniería de detalle debe proveer la siguiente información:

- Dirección exacta del terreno o lugar propuesto.
- Puntos de referencia para llegar al terreno o lugar.
- Coordenadas del lugar. (Generalmente se utiliza WGS 84 o PSAM 56 como datum).
- Altura sobre el nivel del mar del sitio.
- Altura del edificio y números de pisos (en el caso que aplique).
- Se debe especificar si la condición de línea de vista es franca, obstruida o si requiere análisis de perfil.

- Altura de árboles cerca del sitio.
- Distancia más cercana de fuente AC.
- Fecha de la visita.

Toda la información debe ir soportada con su respectivo registro fotográfico. Además se deben tomar fotos en el sitio propuesto para la torre en 360° con pasos de 30° en cada foto (foto horizontal y vertical del área alrededor), en donde se puedan apreciar las posibles obstrucciones existentes para el enlace.

3.7 Elaboración de informe final

Con toda la información obtenida se debe elaborar un informe final en donde se establezca la factibilidad del proyecto, las recomendaciones y posibles adecuaciones necesarias para llevar a cabo el mismo. El informe debe poseer toda la información de cada estación en cuestión y debe ir soportado con un registro fotográfico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La visita a las estaciones permitió realizar el estudio de factibilidad de la expansión de la red SDH de Movistar existente entre Mtso San Cristóbal y Socopó. Las estaciones visitadas fueron: Mtso San Cristóbal, Los Colorados, Piscurí, Cerro Azul y Socopó.

Se encontró que la expansión es totalmente factible en cuanto a infraestructura se refiere. Todas las estaciones presentan espacio disponible para la instalación de nuevos equipos y antenas, tanto en sus casetas como en sus torres, aunque es necesario realizar ciertas adecuaciones en las estaciones Piscurí y Socopó (Ver anexos 2, 3 y 4); particularmente en la estación Piscurí, es necesario desubicar un Bay analógico que actualmente se encuentra fuera de servicio. Esta adecuación fue aprobada por el personal de Movistar. Los espacios disponibles para los equipos fueron reservados en todas las estaciones (Ver anexos 1, 2, 3, 4 y 5).

En cuanto a espacio radioeléctrico se refiere y luego de determinar la disponibilidad de canales para la banda a utilizar en cada enlace, se pueden establecer las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda utilizar la banda 8 GHz(L) para el enlace Mtso San Cristóbal – Los Colorados, reutilizando los canales 2, 2', 4, 4', 6 y 6'. O en su defecto asignar otra banda para la implementación del mismo.

- Se recomienda utilizar la banda 8 GHz(L) para el enlace Los Colorados - Piscurí, reutilizando los canales 1, 1', 3, 3', 5, 5'. O en su defecto asignar otra banda para la implementación del mismo.

- Se recomienda utilizar la banda 5 GHz para el enlace Piscurí – Cerro Azul, utilizando los canales 2, 4, 6. Para ello se debe reutilizar el canal 6' en el lado de Cerro Azul. O en su defecto asignar otra banda para la implementación del mismo.

- Se recomienda utilizar la banda 8 GHz(L) para el enlace Cerro Azul – Socopó, utilizando los canales 2, 4, 6. Para ello se debe reutilizar los canales 2 y 2' en el lado de Cerro Azul. O en su defecto asignar otra banda para la implementación del mismo.

En cuanto a propagación se refiere, el uso del programa PATH LOSS versión 4.0, permitió simular bajo distintas condiciones, todos los enlaces propuestos (Ver anexos 1, 2, 3 y 4). Los resultados obtenidos en las simulaciones cumplen con las exigencias de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Aun incluyendo la indisponibilidad que pueda causar los efectos de la lluvia (Ver Anexo 6), los enlaces cumplen con los objetivos de disponibilidad de la recomendación ITU-R F.695.

En lo que a energía se refiere no se necesitan adecuaciones. En todas las estaciones, exceptuando la Estación Cerro Azul, en la cual no se pudo obtener el consumo actual del PDB, se encontró holgura en cuanto a porcentaje de energía

disponible a -48V (Ver Anexos 1, 2, 3 y 4). Para el caso de la estación Cerro Azul será necesaria la intervención del personal de energía de Movistar.

El estudio demuestra la importancia de la ingeniería de detalle para la implementación de un radioenlace, ya que con esta se logra anticipar las adecuaciones necesarias de infraestructura y energía. No anticipar dichas adecuaciones podría ocasionar retrasos o, en el peor de los casos, la cancelación del trabajo al momento de la instalación, lo cual a su vez causaría grandes pérdidas económicas. El estudio también determina la disponibilidad del espectro radioeléctrico a usar, sin lo cual se podría incurrir en el error de instalar un radioenlace sin tomar en cuenta las posibles interferencias en el canal o los canales a usar, un error de este tipo puede ser la causa de que el enlace nunca funcione, ocasionando también grandes pérdidas económicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Recomendación UIT-R P.676-7. Atenuación debida a los gases atmosféricos. Unión internacional de Telecomunicaciones, 2005.

Recomendación UIT-R P.530-6. Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa. Unión internacional de Telecomunicaciones, 1995.

Recomendación UIT-R P.530-12. Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa. Unión internacional de Telecomunicaciones, 2007.

Recomendación UIT-R P.838-3. Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción. Unión internacional de Telecomunicaciones, 2003.

Recomendación UIT-R F.695. Objetivos de disponibilidad para enlaces de relevadores radioeléctricos digitales reales que forman parte de un circuito de grado alto de calidad dentro de un red digital de servicios integrados. Unión internacional de Telecomunicaciones, 1990.

Recomendación UIT-T G821. Característica de error de una conexión digital internacional que funciona a una velocidad binaria inferior a la velocidad primaria y forma parte de una red digital de servicios integrados. Unión internacional de Telecomunicaciones, 2003.

Recomendación UIT-T G.826. Parámetros y objetivos de las características de error de extremo a extremo para conexiones y trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante. Unión internacional de Telecomunicaciones, 2002.

BIBLIOGRAFÍAS

De Abreu F. Alejandro A. Planificación, diseño de una red de transporte SDH con sistema de protección de tráfico en la región Nor-Oriente de Venezuela. / De Abreu F. Alejandro A. (Tesis).-- Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2006.

Rodríguez D. Ricardo J. Ingeniería de detalle de nodos en conmutación en la red de transporte CANTV para servicio MPLS sobre Metro Ethernet. / Rodríguez D. Ricardo J.(Tesis).-- Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2006.

Rodríguez D. Vicente E. Desarrollo de la ingeniería de detalle de la red backbone SDH región centro y occidente de Nera Telecommunications. / Rodríguez Díaz Vicente E (Tesis).-- Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2000.

Williams C. Jakes Jr. Microwave Mobile Communications, New York: Wiley Interscience, 1974.

GTE Lenkurt. Engineering considerations for microwave communications system, GTE Lenkurt: California, 1972.

Pedro Echenique. Synchronous Digital Hierarchy, Caracas, Instituto Universitario Técnico Dr. Federico Rivero Palacios, 2000.

Carlos J. Fuenmayor T. Sistemas de banda ancha, Caracas. Universidad Central de Venezuela, 2006.

Universidad Nacional de Ingeniería del Perú, UNI-FIEE [en línea]. Sistemas de microondas. <<http://fiee.uni.edu.pe>>
<http://aniak.uni.edu.pe/sdemicro/sistemas_de_mic.htm>

Universidad de Sevilla [en línea]. Radiación y Radiocomunicación. Prof. Juan José Murillo Fuentes.
<<http://www.personal.us.es/murillo/docente/radio/RadioPrincipal.htm>> <<http://www.personal.us.es/murillo/docente/radio/documentos/tema8.pdf>>

Francisco Ramos Pascual. Fenómenos de propagación a frecuencias de microondas y ondas milimétricas.
<http://www.radiooptica.com/radio/propagación_milimetricas.asp?pag=5>
<http://www.radiooptica.com/Radio/propagacion_milimetricas.asp?pag=2>

Alcatel-Lucent [en línea]. Radio Digital 9600 LSY. <http://www1.alcatel-lucent.com/doctypes/opgdatasheet/pdfa4/WLS7526070912_ds_9600LSY.pdf>

Instituto Nacional de Telecomunicacoes. Sincronizacao na SDH. <http://www.inforede.net/Technical/Layer_3_and_4/Network_Optics/sincronismo_sdh.pdf>

ANEXOS

[ANEXO 1]

INGENIERÍA DE DETALLE

ENLACE SDH

MTSO SAN CRISTÓBAL - LOS COLORADOS

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe describe los estudios de ingeniería realizados por Alcatel – Lucent de Venezuela en el mes de Septiembre de 2007 para la instalación del enlace MTSO San Cristóbal – Los Colorados de la empresa MOVISTAR.

Este enlace constituirá un sistema SDH utilizando un radio Alcatel modelo 9681 LSY (STM-1), configuración 2+1 en la banda 8 GHz, utilizando la canalización de la recomendación ITU-R 386-4 (8 Baja) ó ITU-R 386-4. Anexo 3 (8 Alta), la cual es avalada por CONATEL.

Los estudios de campo realizados están compuestos por los Barridos de Frecuencia (Espectrometría): para verificar la disponibilidad de los canales en la banda a utilizar; el Site Survey: para chequear las condiciones de propagación y línea de vista; y la Ingeniería de Detalles: para anticipar las adecuaciones necesarias de infraestructura y energía y además reservar los espacios previstos para la instalación.

Las visitas a las estaciones fueron realizadas por Channiel Landaeta y Luis Manuel Blanco por Alcatel – Lucent. Esta visita se realizó sin la presencia de personal de MOVISTAR.

2 BARRIDOS DE FRECUENCIA

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los barridos de frecuencias o estudios de espectrometría que se realizaron en cada una de las estaciones.

Las mediciones tomadas en campo, se realizaron en cada una de las estaciones durante condiciones climáticas de cielo despejado y sin lluvia en ambas estaciones.

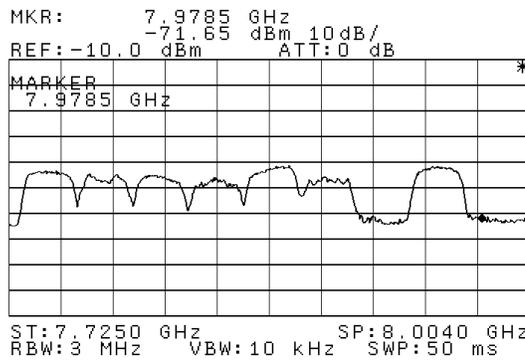
Las incidencias de frecuencias se presentan en tablas, las cuales indican la procedencia de cada una de las señales encontradas, potencia medida, polarización, etc., y en las mismas se calcula la potencia isotrópica de cada una de las señales.

Por medio de dichos resultados se puede establecer y/o verificar las frecuencias a utilizar en el enlace.

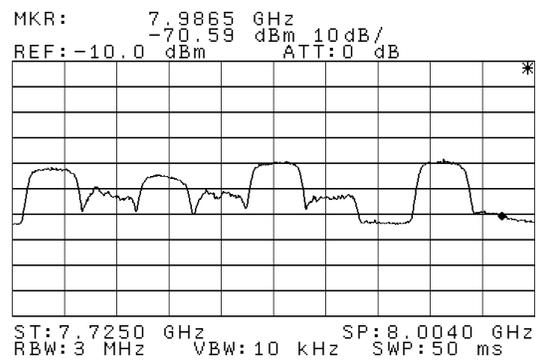
2.1 PLOTS DE LOS BARRIDOS

MTSO SAN CRISTÓBAL 8 GHz

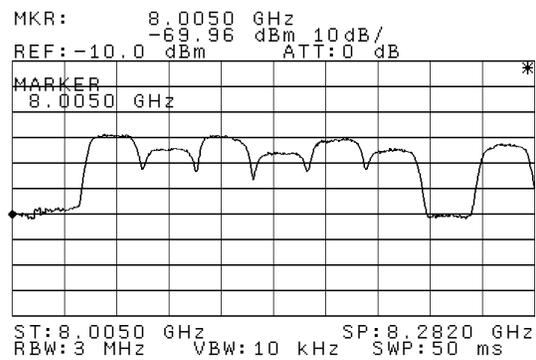
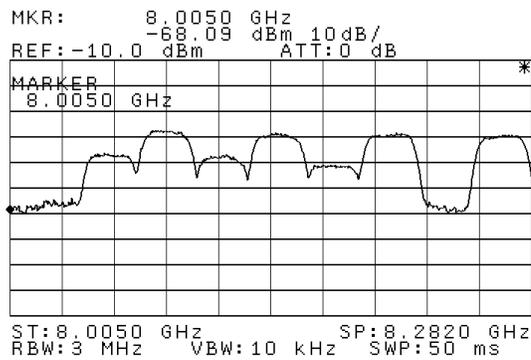
POLARIZACIÓN VERTICAL



POLARIZACIÓN HORIZONTAL



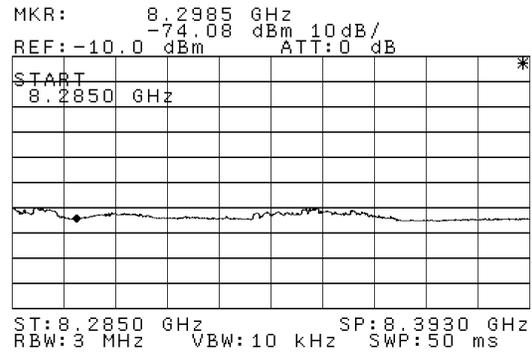
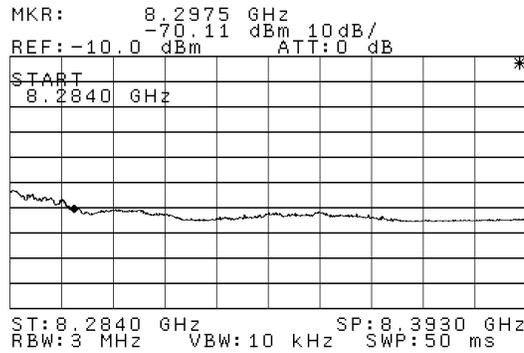
Barrido 1: 360°. Banda 8 (BAJA) GHz, VISTA DE LOS CANALES DEL 1 AL 8



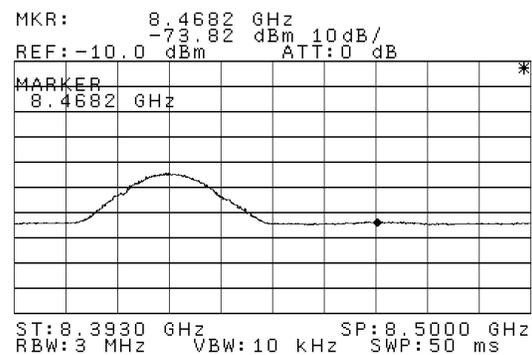
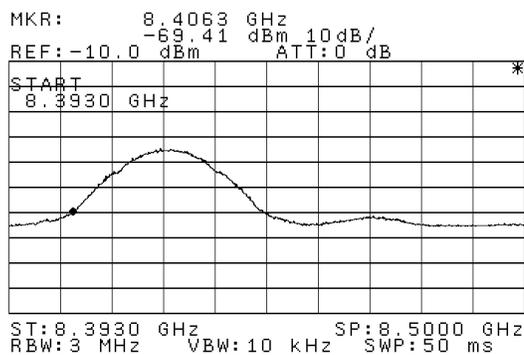
Barrido 2: 360°. Banda 8 (BAJA) GHz, VISTA DE LOS CANALES DEL 1' AL 8'

POLARIZACIÓN VERTICAL

POLARIZACIÓN HORIZONTAL



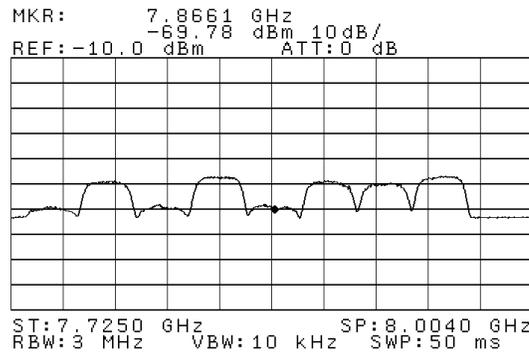
Barrido 3: 360°. Banda 8 (ALTA) GHz, VISTA DE LOS CANALES DEL 1 AL 6



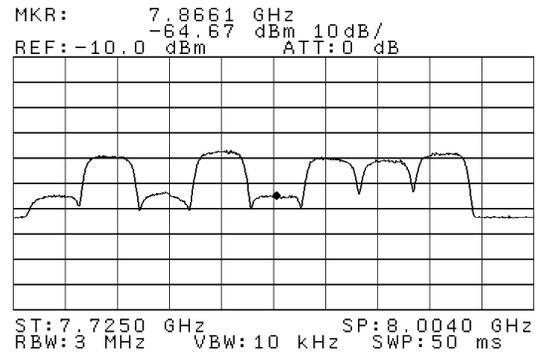
Barrido 4: 360°. Banda 8 (ALTA) GHz, VISTA DE LOS CANALES DEL 1' AL 6'

LOS COLORADOS, 8 GHz

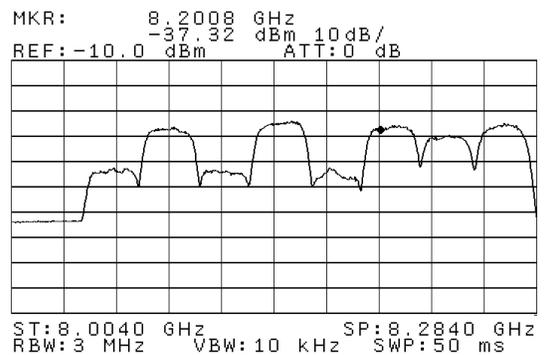
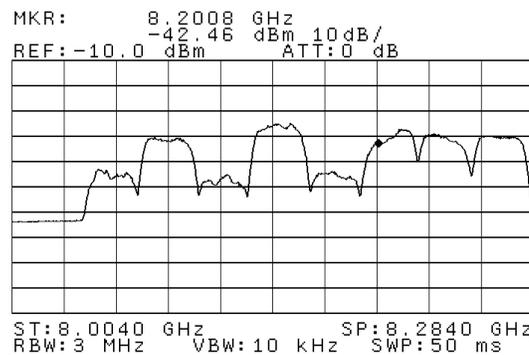
POLARIZACIÓN VERTICAL



POLARIZACIÓN HORIZONTAL

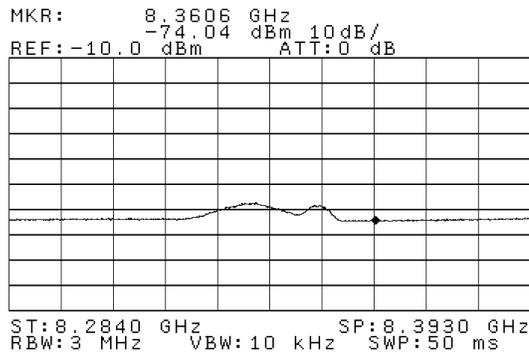


Barrido 1: 360°. Banda 8 GHz (BAJA), VISTA DE LOS CANALES DEL 1 AL 8

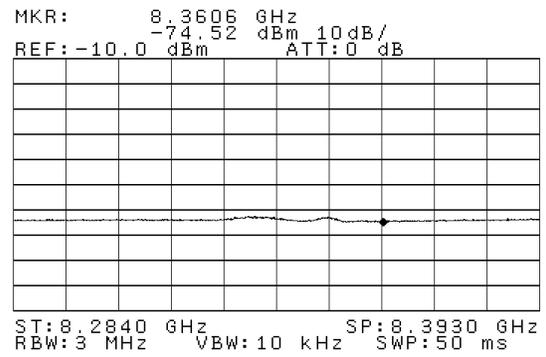


Barrido 2: 360°. Banda 8 GHz (BAJA), VISTA DE LOS CANALES DEL 1' AL 8'

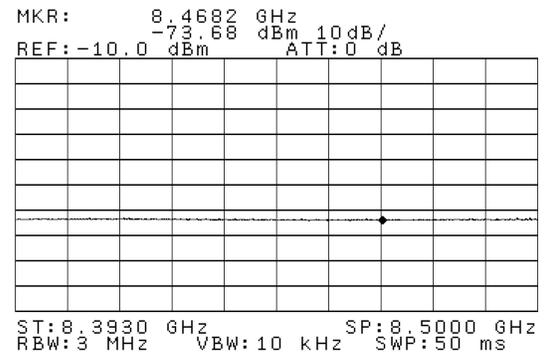
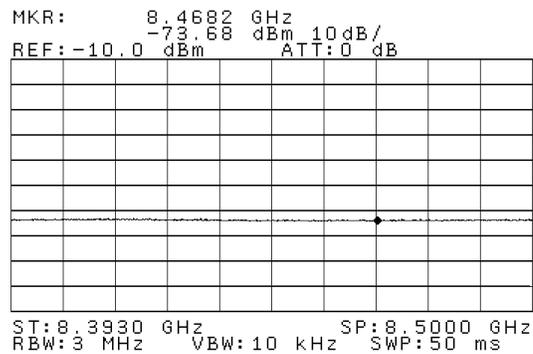
POLARIZACIÓN VERTICAL



POLARIZACIÓN HORIZONTAL



Barrido 3: 360°. Banda 8 GHz (ALTA), VISTA DE LOS CANALES DEL 1 AL 6



Barrido 4: 360°. Banda 8 GHz (ALTA) VISTA DE LOS CANALES DEL 1' AL 6'

2.2 TABLAS RESUMEN BANDA 8 GHz

2.2.1 MTSO SAN CRISTOBAL

Tabla 1.1: Tabla resumen MTSO SC 8GHz (L)

MTSO SAN CRISTOBAL - LOS COLORADOS										
ESTACIÓN: MTSO SC					FECHA: lunes, 10 de septiembre de 2007					
Lugar: 26m ARL										
Banda: 8GHz (L) 7,725 - 8,275GHz					Rec. ITU: 386-4					
Antena: Narda - 612A					Ganancia: 17 dBi					
Cables: 1,5 m					Pérdidas: 3 dB					
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de espectro: Anritsu 9KHz - 40GHz					Ancho de Banda de Res.: 300Khz					

N°	Señales			Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal isotrópico [dBm]		Comentarios
	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	7747	1	49°	-55	-53	28	28	-99	-97	
2	7777	2	350°	-55	-60	28	28	-99	-104	
3	7807	3	49°	-56	-55	28	28	-100	-99	
4	7836,6	4	350°	-58	-61	28	28	-102	-105	
5	7866	5	49°	-51	-50	28	28	-95	-94	
6	7895	6	350°	-57	-64	28	28	-101	-108	
7	7955	8	49°	-52	-50	28	28	-96	-94	
8	8059	1'	49°	-48	-40	28	28	-92	-84	
9	8089	2'	350°	-39	-45	28	28	-83	-89	
10	8118	3'	49°	-48	-40	28	28	-92	-84	
11	8147	4'	350°	-39	-45	28	28	-83	-89	
12	8177	5'	49°	-51	-40	28	28	-95	-84	
13	8207	6'	350°	-39	-45	28	28	-83	-89	
14	8267	8'	49°	-40	-43	28	28	-84	-87	

Tabla 1.2: Tabla resumen MTSO SC 8GHz (H)

MTSO SAN CRISTOBAL - LOS COLORADOS										
ESTACIÓN: MTSO SC					FECHA: Lunes, 10 de Septiembre de 2007					
Lugar: 26m ARL										
Banda: 8GHz (H) 8,275 - 8500GHz					Rec. ITU: 386-4					
Antena: Narda - 612A					Ganancia: 17 dBi					
Cables: 1,5 m					Pérdidas: 3 dB					
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de espectro: Anritsu 9KHz - 40GHz					Ancho de Banda de Res.: 300Khz					

N°	Señales			Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal isotrópico [dBm]		Comentarios
	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	8293	1	20	-64	-70	16	8	-108	-114	
2	8307	2	350	-70	-73	19	11	-114	-117	
3	8349	5	350	-72	-70	36	28	-116	-114	
4	8307	2'	350	-46	-56	45	35	-90	-100	
5	8468	5'	350	-72	-	17	-	-116	-	

2.2.2 LOS COLORADOS

Tabla 1.3: Tabla resumen LOS COLORADOS 8GHz (L)

MTSO SAN CRISTOBAL - LOS COLORADOS										
ESTACIÓN: LOS COLORADOS					FECHA: Martes, 11 de Septiembre de 2007					
Lugar: 20m AGL										
Banda: 8GHz (L) 7,725 - 8,275GHz					Rec. ITU: 386-4					
Antena: Narda - 612A					Ganancia: 17 dBi					
Cables: 1,5 m					Pérdidas: 3 dB					
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de espectro: Anritsu 9KHz - 40GHz					Ancho de Banda de Res.: 300KHz					
N°	Señales			Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal isotrópico [dBm]		Comentarios
	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	7747	1	229°	-70	-66	27	28	-114	-110	
2	7777	2	150°	-60	-50	28	28	-104	-94	
3	7807	3	229°	-69	-66	27	28	-113	-110	
4	7836,6	4	150°	-58	-48	28	28	-102	-92	
5	7866	5	229°	-69	-65	28	28	-113	-109	
6	7895	6	150°	-59	-50	28	28	-103	-94	
7	7925	7	150°	-60	-50	28	28	-104	-94	
8	7955	8	150°; 229°	-58	-49	28	28	-102	-93	
9	8059	1'	229°	-65	-65	27	28	-109	-109	
10	8089	2'	150°	-40	-38	28	28	-84	-82	
11	8118	3'	229°	-67	-64	27	28	-111	-108	
12	8147	4'	150°	-38	-37	28	28	-82	-81	
13	8177	5'	229°	-65	-64	28	28	-109	-108	
14	8207	6'	150°	-39	-37	28	28	-83	-81	
15	8236	7'	150°	-40	-40	28	28	-84	-84	
16	8266	8'	150°; 229°	-40	-36	28	28	-84	-80	

Tabla 1.4: Tabla resumen LOS COLORADOS 8GHz

MTSO SAN CRISTOBAL - LOS COLORADOS										
ESTACIÓN: LOS COLORADOS					FECHA: Martes, 11 de Septiembre de 2007					
Lugar: 20m AGL										
Banda: 8GHz (H) 8,275 - 8500 MHz					Rec. ITU: 386-4 Anexo 3					
Antena: Narda - 612A					Ganancia: 17 dBi					
Cables: 1,5 m					Pérdidas: 3 dB					
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de espectro: Anritsu 9KHz - 40GHz					Ancho de Banda de Res.: 300KHz					
N°	Barrido 360°			Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal isotrópico [dBm]		Comentarios
	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	8335	4	250°	-68	-73	19	7	-112	-117	
2	8349	5	250°	-68	-73	7	3	-112	-117	

2.3 DIAGRAMAS AZIMUTALES DE INCIDENCIAS

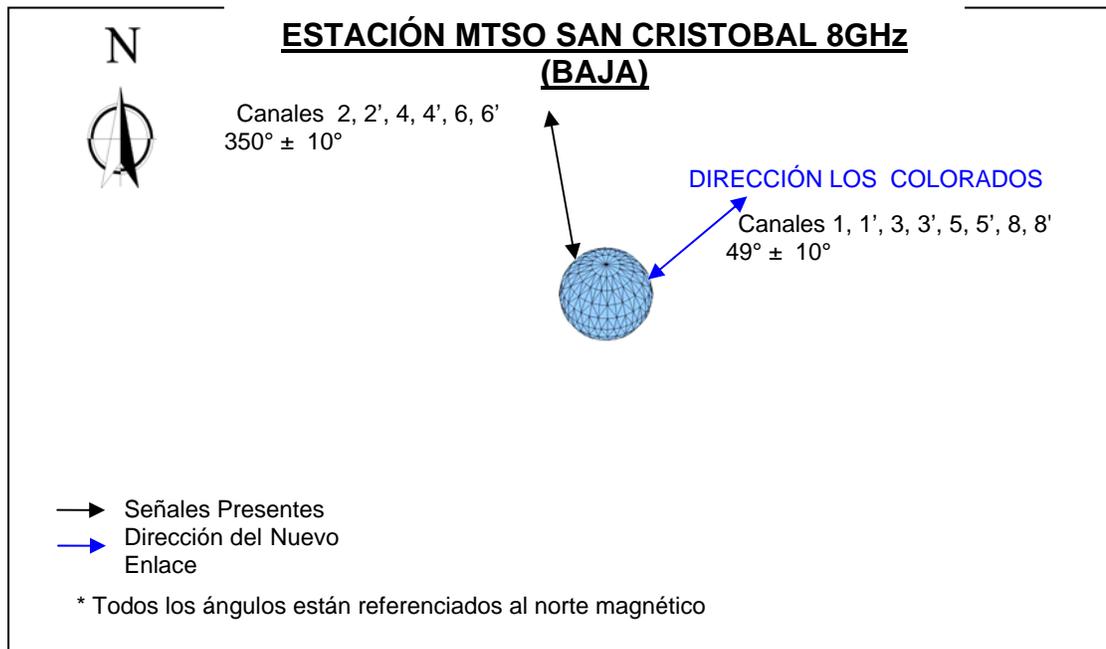


Figura 1.1: Diagrama de incidencia estación MTSO SC 8GHz (baja)

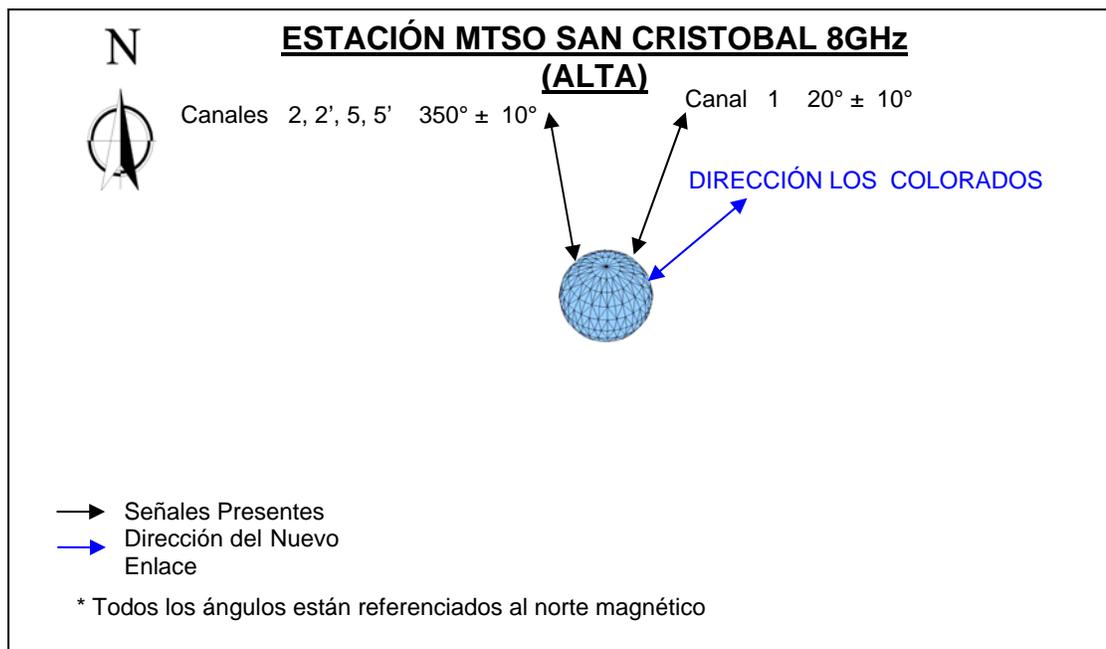


Figura 1.2: Diagrama de incidencia estación MTSO SC 8GHz (alta)

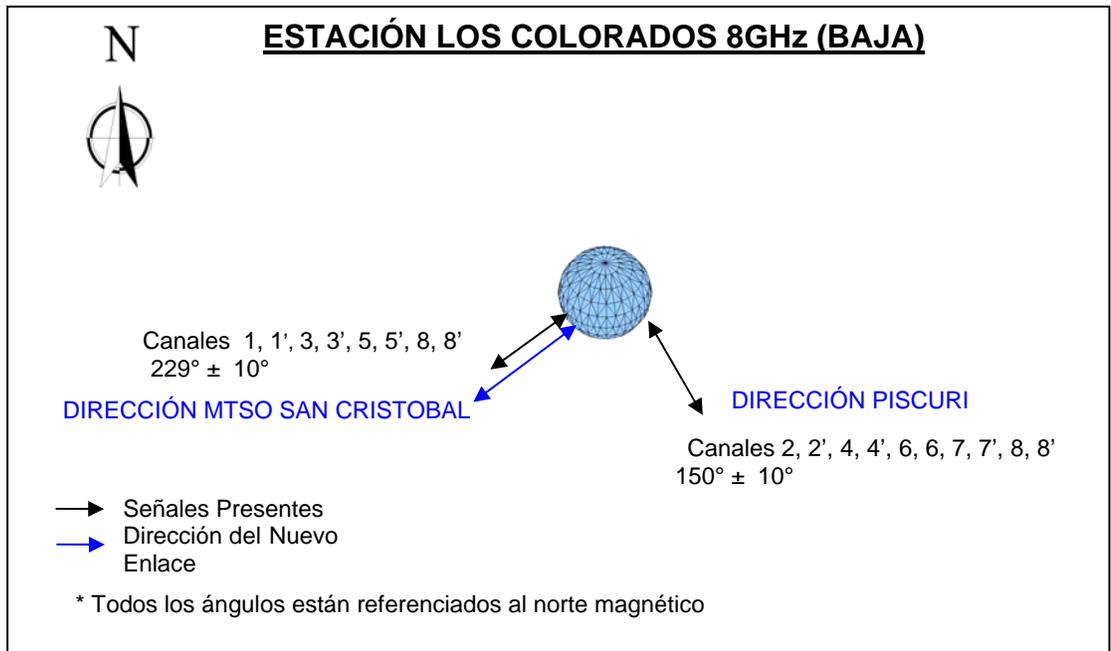


Figura 1.3: Diagrama de incidencia estación LOS COLORADOS 8GHz (baja)

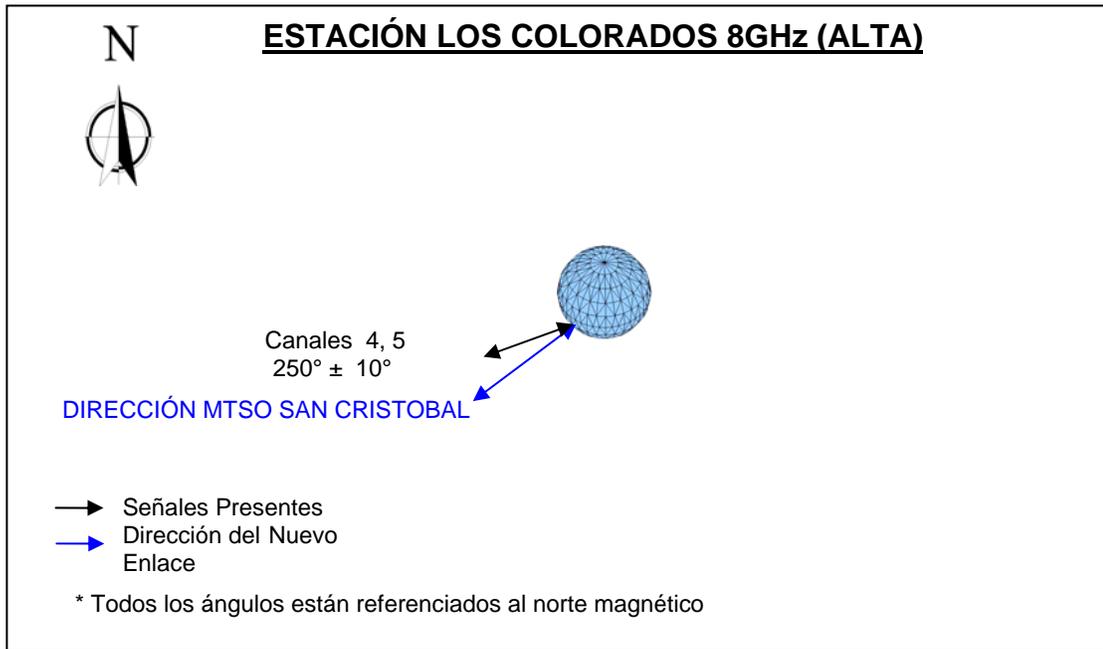


Figura 1.4: Diagrama de incidencia estación LOS COLORADOS 8GHz (alta)

2.4 ESQUEMA DE OCUPACION DE CANALES

Tabla 1.5: Ocupación de canales del 1 al 8 y 1' al 8' MTSO SC 8GHz (Baja)

MTSO SAN CRISTOBAL

8GHz (L) ITU 386-4	1	2	3	4	5	6	7	8
	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H		V/H
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H		V/H

Tabla 1.6: Ocupación de canales del 1 al 6 y 1' al 6' MTSO SC 8GHz (alta)

MTSO SAN CRISTOBAL

8GHz (H) ITU 384-6 ANEXO 3	1	2	3	4	5	6
	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H
	1'	2'	3'	4'	5'	6'
	V/H	V/H	V/H	V/H		V/H

Tabla 1.7: Ocupación de canales del 1 al 8 y 1' al 8' LOS COLORADOS 8GHz (baja)

LOS COLORADOS

8GHz (L) ITU 384-6	1	2	3	4	5	6	7	8
	V/H							
	11	12	13	14	15	16	17	18
	V/H							

Tabla 1.8: Ocupación de canales del 1 al 6 y 1' al 6' LOS COLORADOS 8GHz (alta)

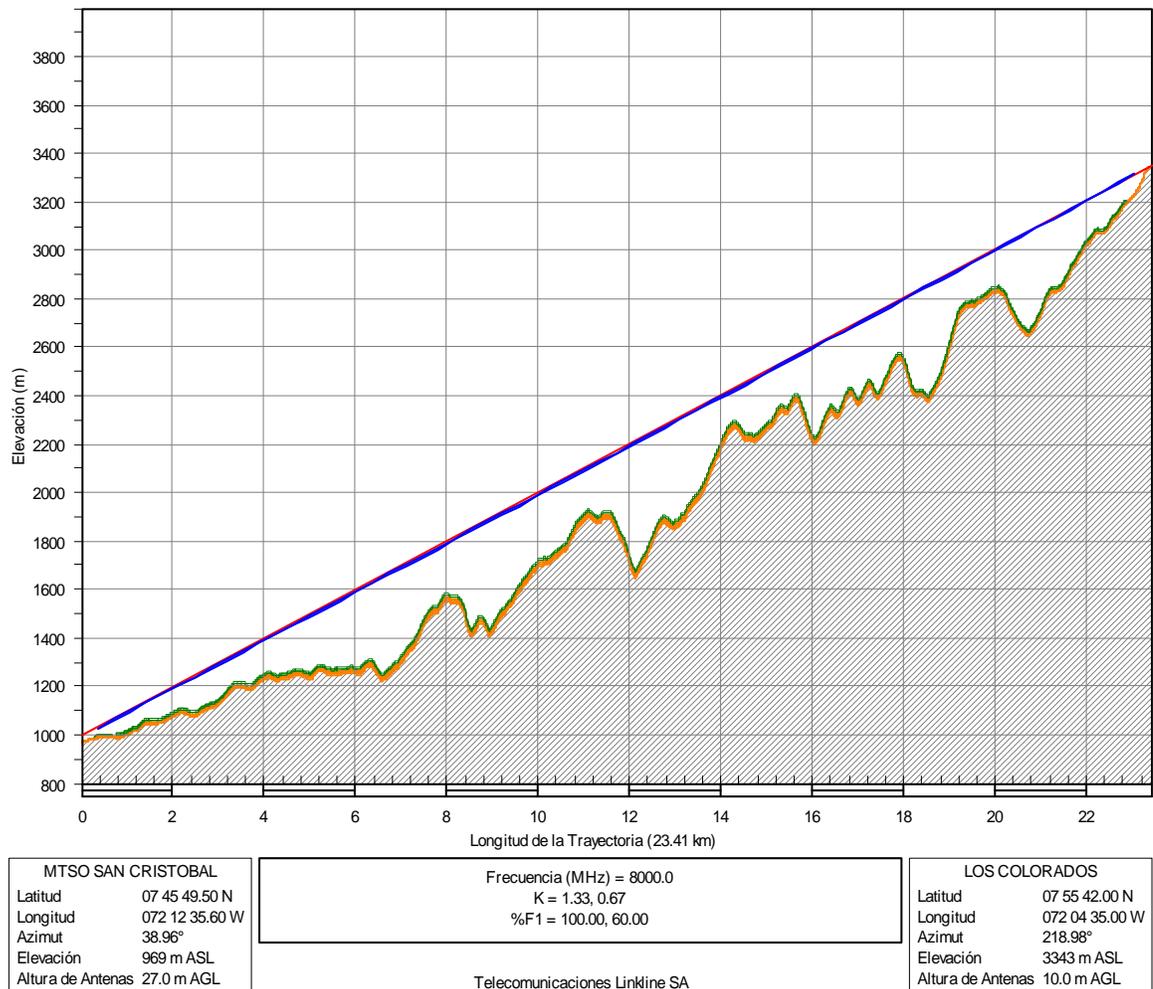
LOS COLORADOS

8GHz (H) ITU 386-4	1	2	3	4	5	6
				V/H	V	
	1'	2'	3'	4'	5'	6'

	Canal Disponible
V, H ó V/H	Canal Ocupado
V, H ó V/H	Ocupación Parcial

3 PERFIL TOPOGRÁFICO

A continuación se presenta el perfil topográfico del enlace del presente proyecto. En el mismo se muestra la altura de cada una de las estaciones, altura de las antenas, Zona de Fresnel, índice *K* utilizado, distancia del enlace, entre otros.



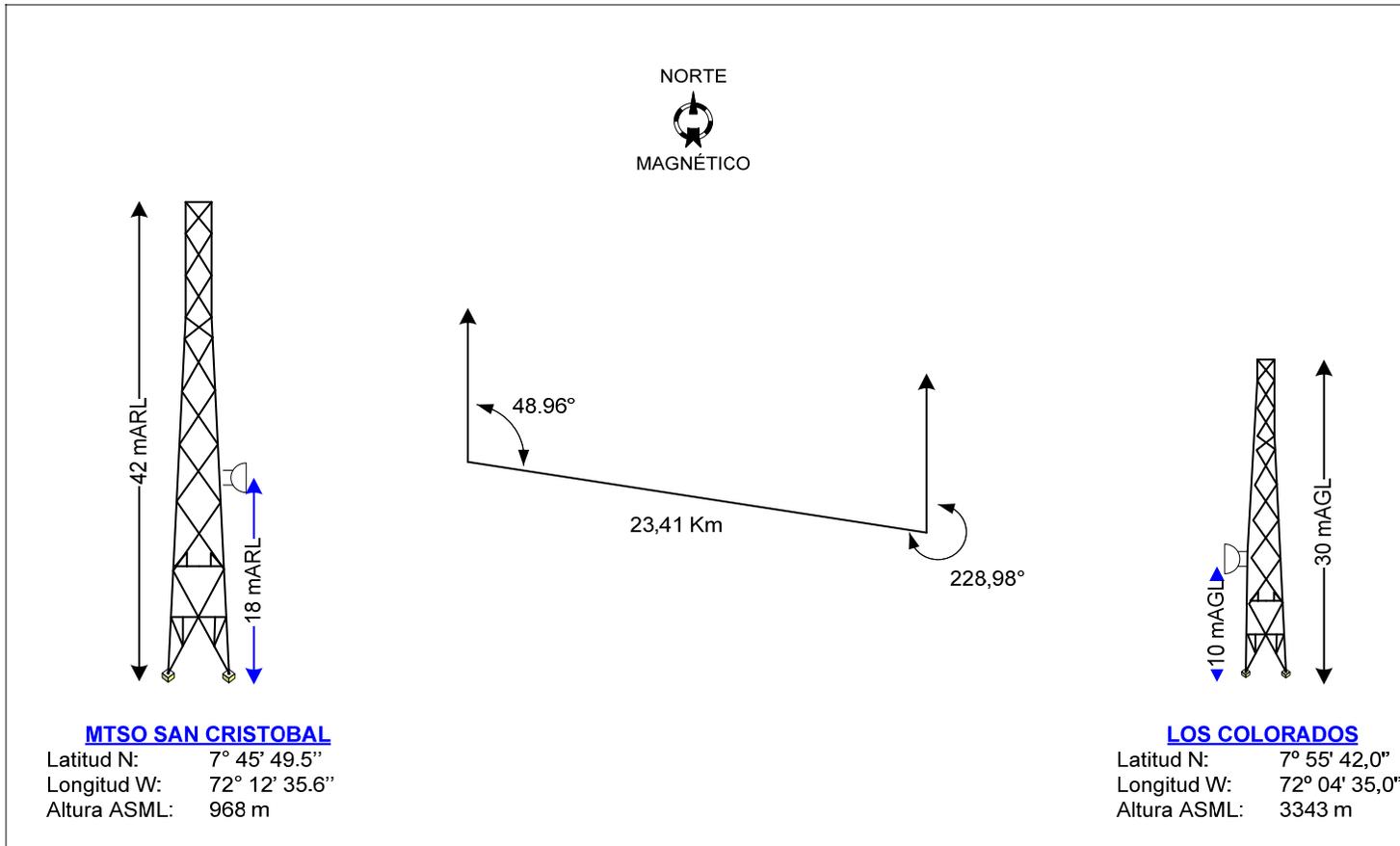
4 CÁLCULOS DE CONFIABILIDAD

A continuación se presentan los cálculos de confiabilidad del enlace. Se indican los datos de los radios y antenas a utilizar. Se presentan los resultados de propagación. Objetivo disponibilidad: 99,9664 %

	MTSO SAN CRISTOBAL	LOS COLORADOS
Elevation (m)	968.58	3343.11
Latitude	07 45 49.50 N	07 55 42.00 N
Longitude	072 12 35.60 W	072 04 35.00 W
True azimuth (°)	38.96	218.98
Vertical angle (°)	5.67	-5.83
Antenna model	UXA 6 - 77B	UXA 6 - 77B
Antenna height (m)	27.00	10.00
Antenna gain (dBi)	40.80	40.80
Miscellaneous loss (dB)	2.50	2.50
Frequency (MHz)	8000.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	23.41	
Free space loss (dB)	137.92	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.25	
Net path loss (dB)	61.57	61.57
Radio model	9681 LSY	9681 LSY
TX power (watts)	1.58	1.58
TX power (dBm)	32.00	32.00
EIRP (dBm)	70.30	70.30
RX threshold criteria	BER 10-6	BER 10-6
RX threshold level (dBm)	-72.20	-72.20
RX signal (dBm)	-29.57	-29.57
Thermal fade margin (dB)	42.63	42.63
Dispersive fade margin (dB)	74.00	74.00
Dispersive fade occurrence factor	1.00	
Effective fade margin (dB)	42.63	42.63
Geoclimatic factor	5.60E-06	
Grazing angle (mr)	22.80	
Path inclination (mr)	100.36	
Fade occurrence factor (Po)	1.87E-06	
Average annual temperature (°C)	24.00	
Worst month - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	2.68e-04	2.68e-04
Annual - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	1.21e-03	1.21e-03
(% - sec)	100.00000 - 0.00	

vie, abr 18 2008
 MTSO SAN CRISTOBAL-LOS COLORADOS.p14
 Reliability Method - ITU-R P.530-6

5 DIAGRAMA DE ANTENAS



6 ESTACION MTSO SAN CRISTÓBAL

6.1 DATOS DE LA ESTACION

Fecha de la visita	10 de Septiembre de 2007
Dirección	Centro Comercia del Este, último piso. San Cristóbal
Edificio / Caseta	Caseta de concreto que forma parte del Centro Comercial.
Pasamuros	Existen 4 pasamuros: (1) 4x4 ductos, sin disponibilidad. (2) 3x4, con 5 ductos libres. (3) 4x4 ductos, totalmente libre. (4) 4x4 ductos, totalmente libre.
Barras de Tierra	MGB: con 40 posiciones libres.
Escalerillas	Escalerillas internas con disponibilidad para instalación.
Descripción de la Estación	Esta estación se encuentra sobre la azotea del Centro Comercial, a una altura de 9m AGL. Además de la caseta existen dos Shelter de Fibra para terceras operadoras.
Tipo de acceso	Totalmente urbano y de fácil acceso con cualquier vehículo.

DATOS DE LA TORRE

Torre / Monopolo	Torre tipo autosoportada, base cuadradas y de 42 m ARL.
Escalerilla Vertical:	Con espacio suficiente para instalación.
Barras de tierra en la torre	Hay 3 barras de tierra en la cara Sur de la Torre, ubicadas a: 4, 23 y 25 m de altura. Todas presentan disponibilidad.
Barra EGB	Existe una Barra con espacio suficiente ubicada debajo de los pasamuros.
Bajantes de Pararrayos	Baja por las arista SE.
Cableado de Balizaje	La Torre no presenta luz de Balizaje
Escalerilla Torre – Caseta	Con espacio suficiente para la instalación.

LÍNEA DE VISTA

Línea de vista	Línea de vista franca hacia la estación Los Colorados a partir de los 19 mAGL.
----------------	--

ENERGÍA

Corriente Alterna Disponible	110V / 220V
Corriente Continua Disponible	-48VDC
Marca y Modelo del Sistema de Energía	Lorain 1231A2
Módulos Rectificadores @24VDC	N/A
Total Operativo @ 24VDC	N/A
Consumo actual @ 24 VDC	N/A
Porcentaje Disponible @ 24VDC	N/A
Espacios Disponibles para Módulos @ 24VDC	N/A
Módulos Rectificadores o Conversores @ -48VDC	5 rectificadores RL200D50 @ 200A c/u
Total Operativo @ -48VDC	1000 A
Consumo actual @ -48VDC	620 A
Porcentaje Disponible @ -48VDC	22 % (Manteniendo una protección del 20% de su capacidad máxima)
Espacios Disponibles para Módulos @ -48VDC	Ninguno.
Breakers Disponibles en el PDB @48VDC	Ninguno.
Espacios Disponibles para Instalar Nuevos Breakers	Existen 14 espacios disponibles
Cantidad de Breakers Necesarios	2 breakers de 30 amp @ -48 Vdc a ser instalados en las posiciones 21-22
Consumo de los Nuevos Equipos	350W @ -48VDC

EQUIPOS A INSTALAR

Radio	9681 LSY configuración 2+1
-------	----------------------------

Antenas	Antena de 1,8m de diámetro en la arista Noreste, a 18 m ARL.
MUX	No requiere, ya existe y con disponibilidad.
Racks	N/A
Otros Equipos	2 breakers de 30 amp @ -48vdc del panel de distribución de breakers.

6.2 CABLEADO Y CONECTORIZACIÓN

Cableado	Tipo de Cable	Recorrido	Conectores
Guía de Onda	EWP77	55 m	ANDREW 117SCM
Cableado Coaxial	Coaxial ¼	N/A	
Cableado Tierra Guía de onda – Barra de tierra.	# 6 AWG (Verde)	20 m	1 Terminal de un ojo #6 1 Terminal doble ojo #6
PDB – Radio	# 14 AWG (Rojo y Negro)	20 m	4 Terminales de un ojo #14
Cableado Tierra MGB – barra en rack	# 14 AWG (Verde)	18 m	
Cableado STM-1	Multicoaxial 1x 8 4.4mm	12 m	Microsiemens 4,4 mm de 45° (lado Radio)
Manguera de presurización		3m	

6.3 FOTOS MTSO SAN CRISTÓBAL



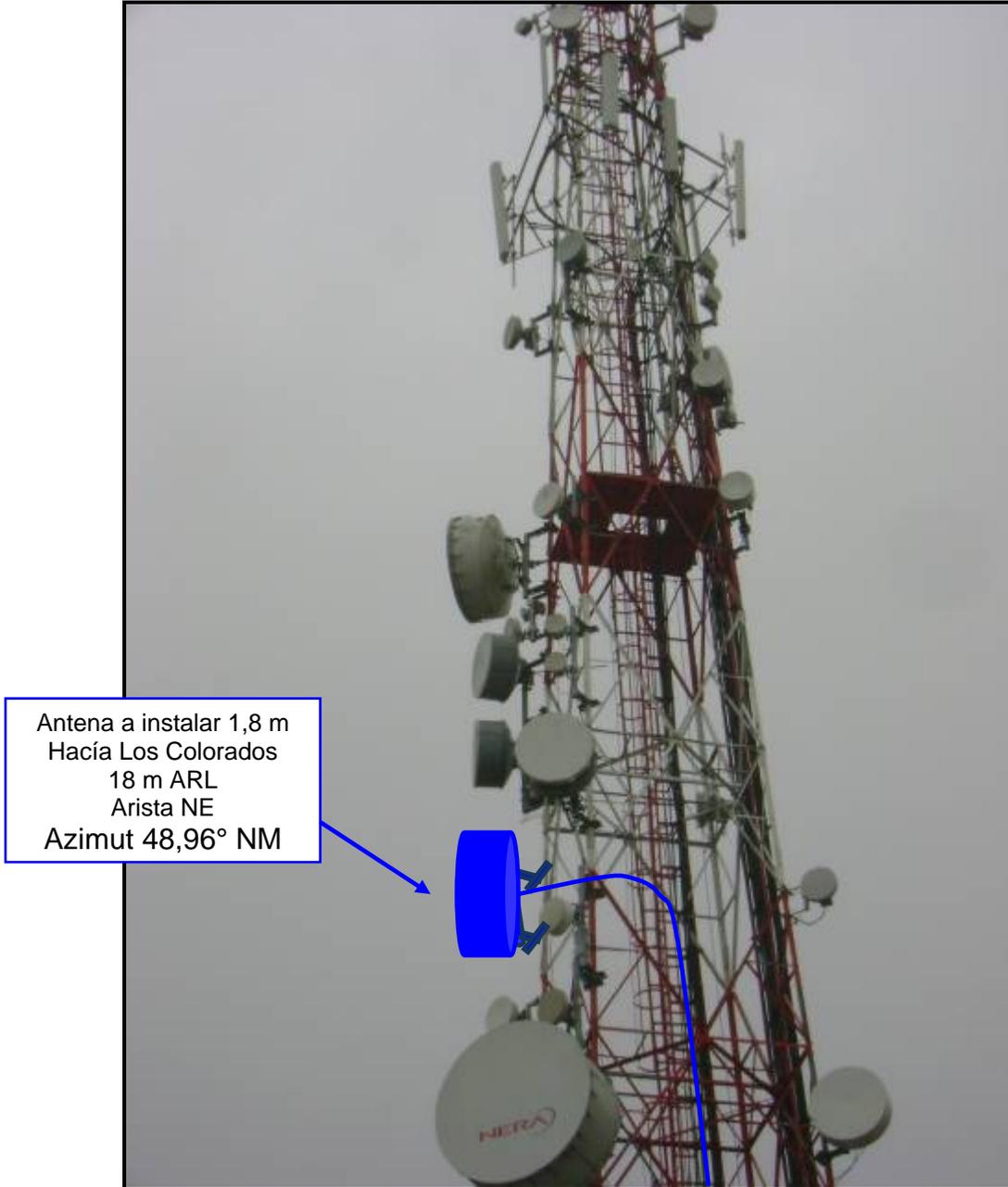
Línea de Vista dirección Los Colorados



Línea de Vista dirección Los Colorados (Zoo)



Vista de la Torre a Utilizar.



Antena a instalar 1,8 m
Hacia Los Colorados
18 m ARL
Arista NE
Azimut 48,96° NM

Zoom de la torre, lugar propuesto para antena a instalar y recorrido de guía de onda



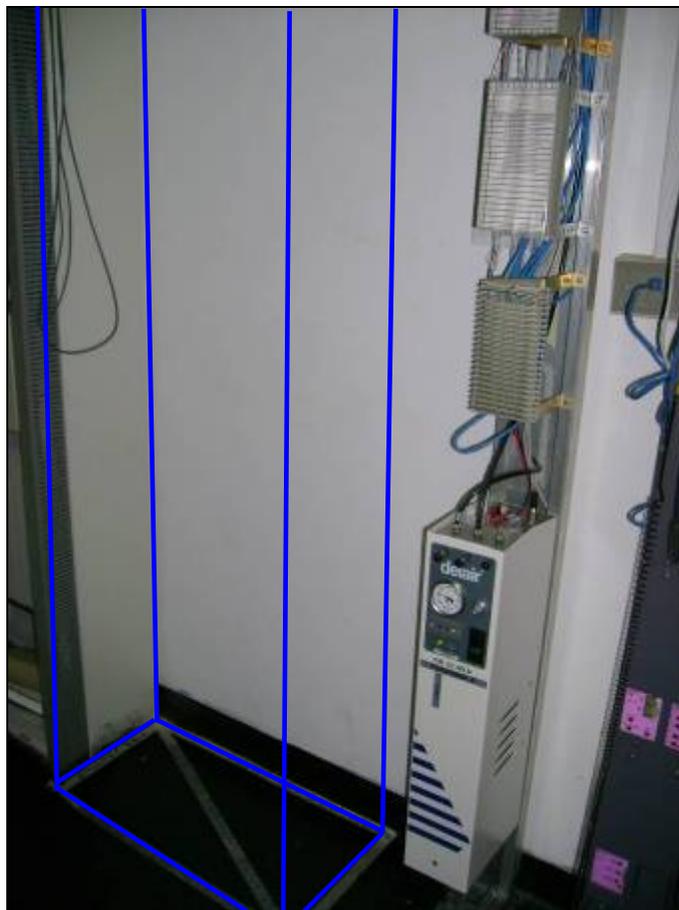
Vista de escalerilla vertical con disponibilidad y recorrido de Guía de onda.



Vista de la escalerilla Torre-caseta / Recorrido de Guía de onda



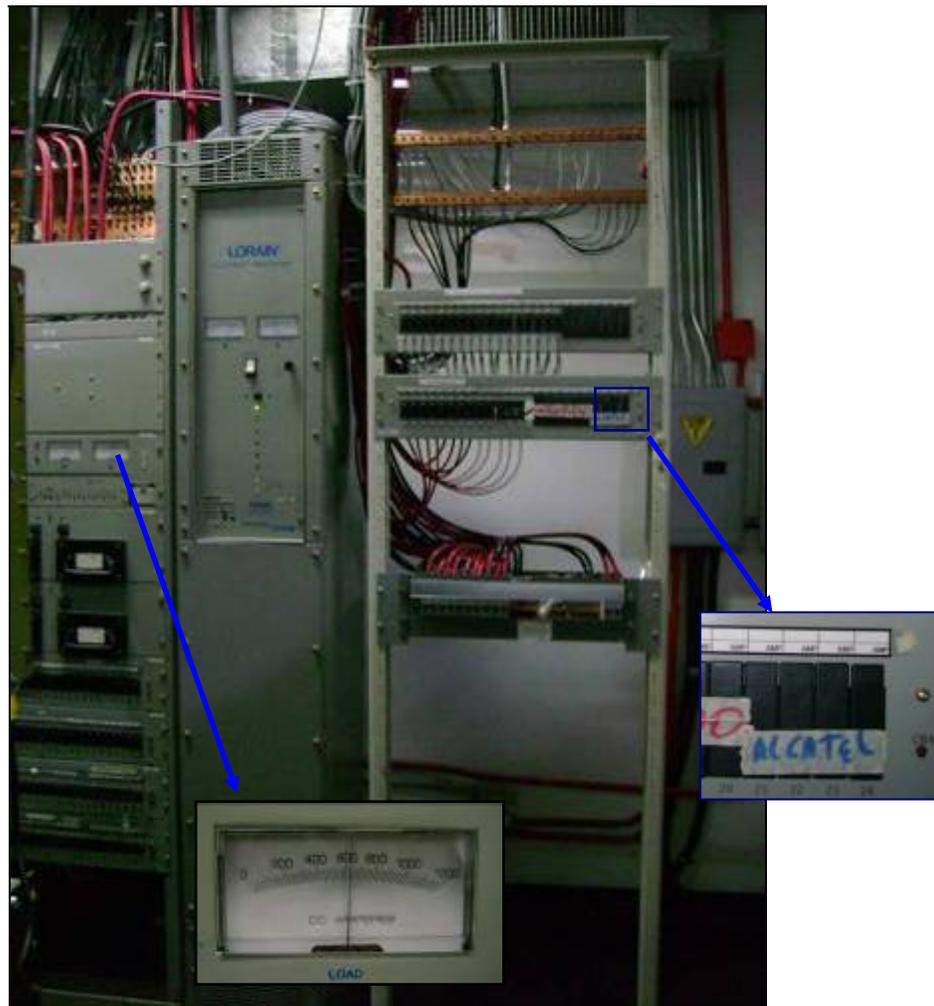
Vista interna del pasamuros a utilizar con disponibilidad



Sitio propuesto para instalar nuevo radio



Sistema de Energía de la Estación



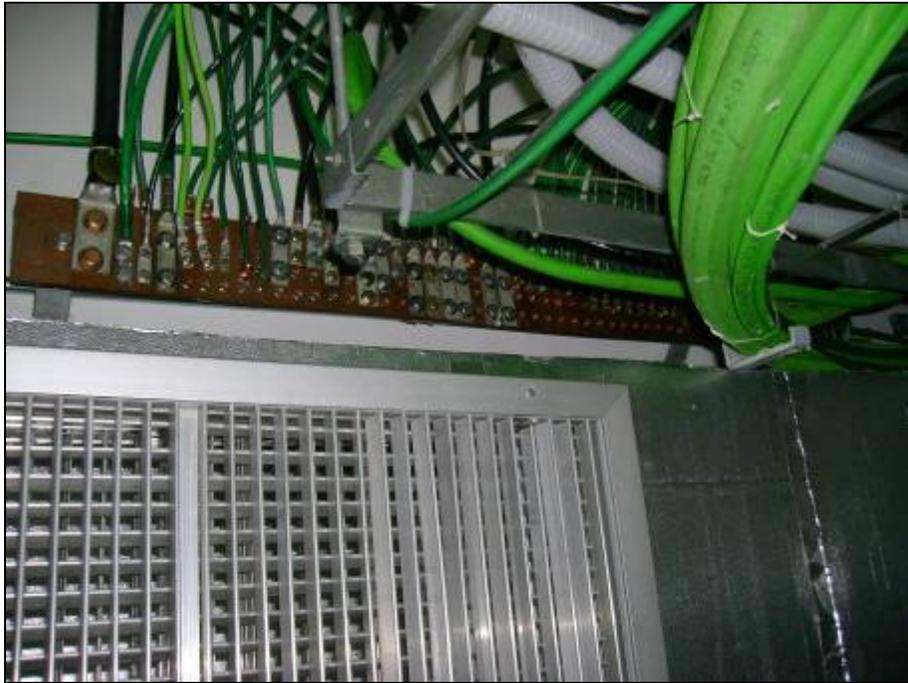
PDB a utilizar, zoom de espacio reservado para breakers y zoom de display de amperaje.



Presurizador Delair con una boquilla disponible



XDM - 1000 existente en la Estación



Barra MGB a utilizar



Vista General de la Sala

7 ESTACIÓN LOS COLORADOS

7.1 DATOS DE LA ESTACION

Fecha de la visita	10 de Septiembre de 2007
Dirección	Cerro Los Colorados, llegar al pueblo El Zumbador y cruzar a la derecha.
Edificio / Caseta	En la Estación existe un shelter de 5,3 x 2,5 m.
Pasamuros	Existen 1 pasamuros de 4x3 con 6 ductos libres.
Barras de Tierra	Existe MGB con suficiente disponibilidad.
Escalerillas	Las escalerillas existentes poseen suficiente espacio para nuevas instalaciones.
Descripción la Estación	Estación con equipos digitales. Existen diferentes tipos de radios hacia varios puntos en Los Andes. Sólo existe El Shelter y la Torre autosoportada en la Estación.
Tipo de acceso	Se requiere vehículo 4x4 en buenas condiciones. La Estación está ubicada en una Montaña con vías de acceso de tierra.

DATOS DE LA TORRE

Torre / Monopolo	Torre tipo auto soportada de 30m AGL sin descanso, de base cuadrada.
Escalerilla Vertical:	Hay 1 existente la cual posee disponibilidad para la instalación.
Barras de tierra en la torre	Hay dos barras de tierra en la base de la escalerilla, a 2,5 m AGL. Tienen espacio suficiente.
Barra EGB	Existe una con espacio suficiente.
Bajantes de Pararrayos	Desciende por el exterior de la arista Norte.
Cableado de Balizaje	Bajan por la arista Este.
Escalerilla Torre – Caseta	Con suficiente espacio para la instalación.

LÍNEA DE VISTA

Línea de vista	Línea de vista franca por encima de la ciudad, no se observan estructuras de gran altura en el trayecto.
-----------------------	--

ENERGÍA

Corriente Alterna Disponible	110V / 220V
Corriente Continua Disponible	Solo -48VDC
Marca y Modelo del Sistema de Energía	Intergy
Módulos Rectificadores @24VDC	No existen
Total Operativo @ 24VDC	N/A
Consumo actual @ 24 VDC	N/A
Porcentaje disponible @ 24VDC	N/A
Espacios Disponibles para Módulos @ 24VDC	Ninguno
Módulos Rectificadores o Conversores @ -48VDC	4 módulos R1248 de 24A @-48 Vdc
Total Operativo @ -48VDC	96 A
Consumo actual @ -48 VDC	20 A
Porcentaje Disponible @ -48VDC	74 % (Manteniendo una protección del 20% de su capacidad máxima)
Espacios Disponibles para Módulos @ -48VDC	1 espacio disponible para módulo R1248
Breakers Disponibles en el PDB @ -48VDC	8
Espacios Disponibles para Instalar Nuevos Breakers	2
Cantidad de Breakers Necesarios	2 breakers de 30 amp @ -48 Vdc
Consumo de los Nuevos Equipos	350W @ -48VDC

EQUIPOS A INSTALAR

Radio	9681 LSY configuración 2+1
Antenas	Antena de 1.8m de diámetro en la arista Sur, a 10m

	AGL.
Racks	N/A
Fusiblera	N/A
Otros Equipos	2 breakers de 30 amp @ -48vdc del panel de distribución de breakers a instalar en el PDB Intergy.

7.2 CABLEADO Y CONECTORIZACIÓN

Cableado	Tipo de Cable	Recorrido	Conectores
Guía de Onda	EWP77	25 m	ANDREW 117SCM
Cableado Coaxial	Coaxial ¼	N/A	-
Cableado Tierra Guía de onda – Barra de tierra.	# 6 AWG (Verde)	10 m	1 Terminal de un ojo #6 1 Terminal doble ojo #6
PDB – Radio	# 14 AWG (Rojo y Negro)	10 m	4 Terminales de un ojo #14
Cableado Tierra MGB – barra en rack	# 14 AWG (Verde)	8 m	
Cableado STM-1	Multicoaxial 1x 8 4.4mm	7 m	Microsiemens 4,4 mm de 45° (lado Radio)
Manguera de presurización		8m	

7.3 FOTOS LOS COLORADOS



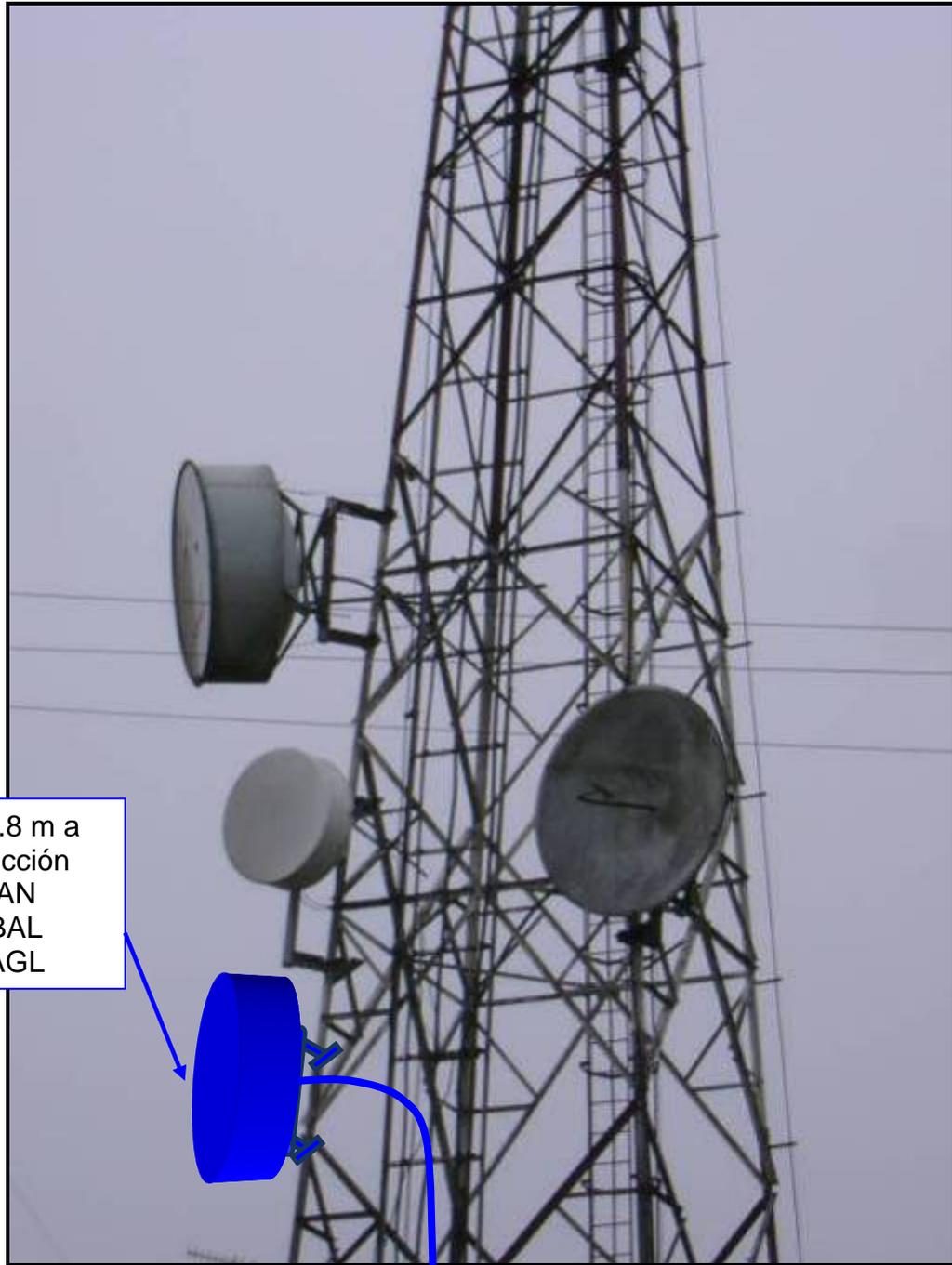
Vista General de la Estación



Línea de Vista desde 12 mAGL hacia MTSO LOS COLORADOS



Vista general de la torre a utilizar



Antena de 1.8 m a
instalar dirección
MTSO SAN
CRISTOBAL
H =10 mAGL

Espacio Propuesto para la antena dirección MTSO SC Arista SUR



Escalerilla vertical con disponibilidad



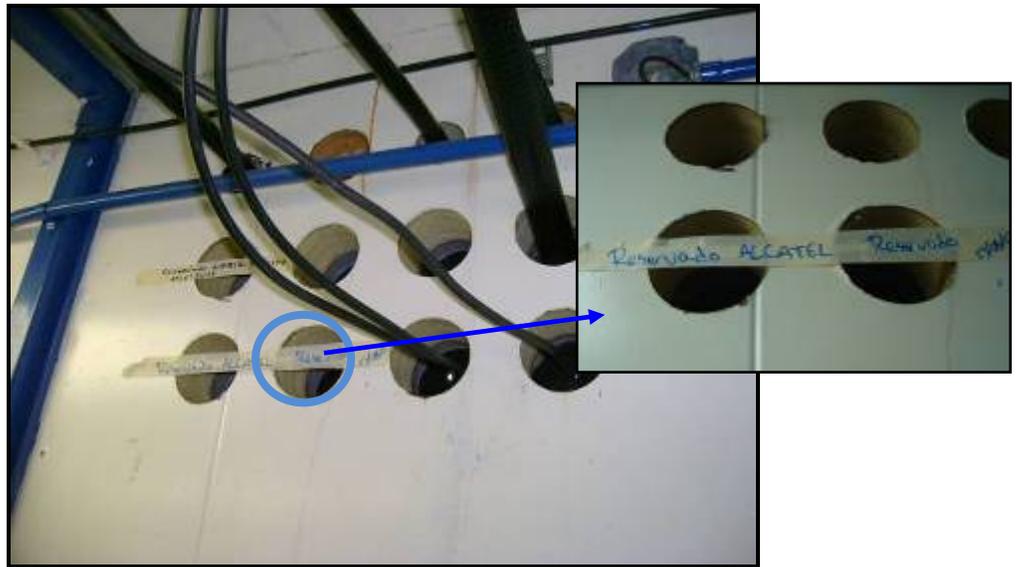
Recorrido de guía de onda.



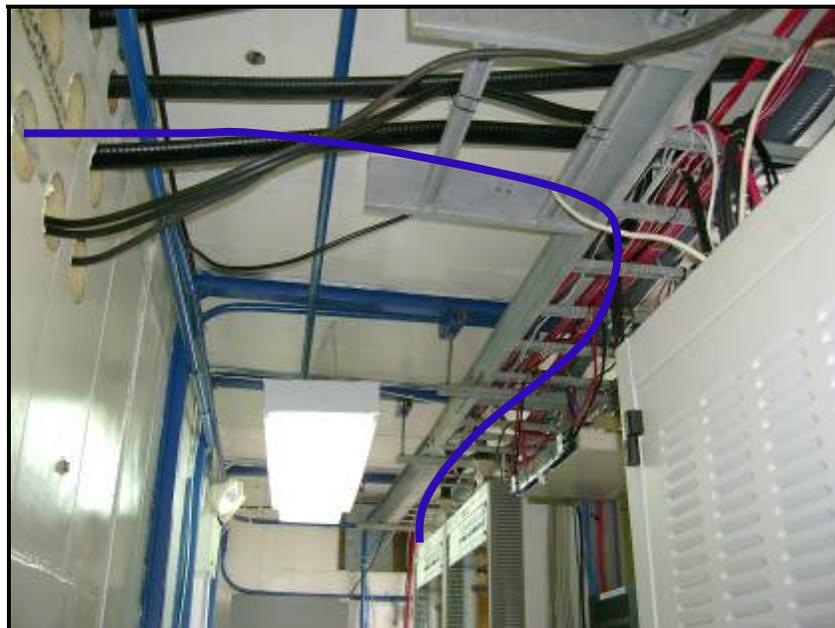
Escalerilla horizontal con disponibilidad



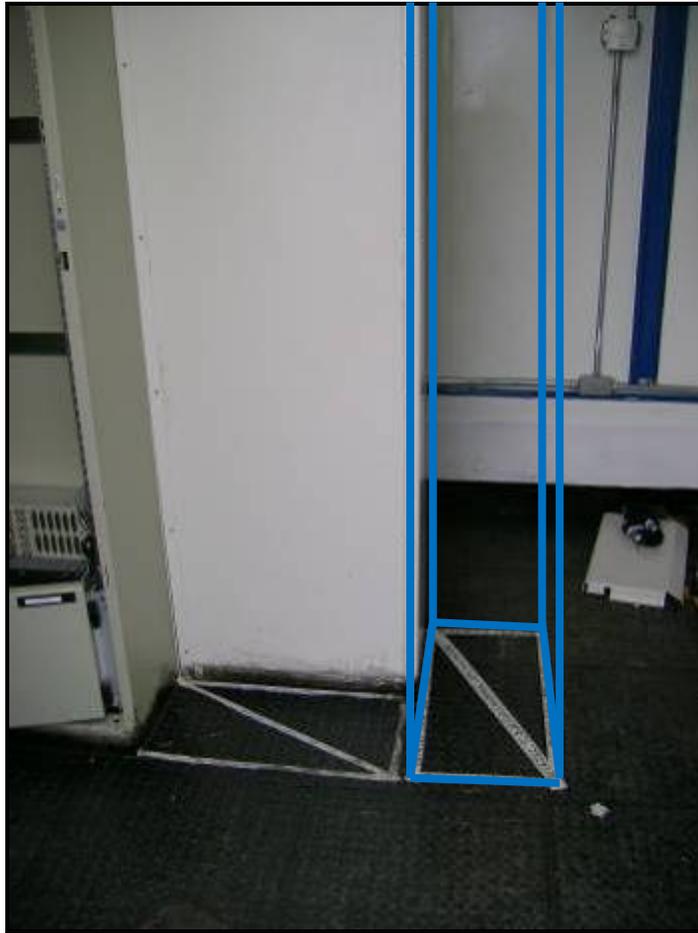
Vista exterior del pasamuros, barra EGB y ducto propuesto.



Vista interna de pasamuros y ducto reservado.



Recorrido interno de guía de onda.



Sitio reservado para radio LSY dirección MTSO SC



PDB INTERGY -48 Vdc y consumo actual



Panel de distribución de breakers y espacio propuesto para alimentar radio LSJ.



Presurizador ANDREW existente en la sala con una boquilla disponible.



SDM 1 existente en la sala.



Barra de tierra



Vista general de la sala.

8 TABLA RESUMEN DEL SISTEMA

	MTSO SAN CRISTÓBAL	LOS COLORADOS
COORDENADAS	Centro Comercial del Este. San Cristóbal	Cerro Los Colorados, llegar al pueblo El Zumbador y cruzar a la derecha.
LATITUD	7° 45' 49,5"	7° 55' 42,0"
LONGITUD	72° 12' 35,6"	72° 04' 35,0"
ALTURA (msnm)	968 m	3343 m
EQUIPOS		
FABRICANTE	Alcatel	Alcatel
MODELO	9681 LSY	9681 LSY
CONFIGURACION	2+1	2+1
POTENCIA (dBm)	32	32
ANTENAS		
FABRICANTE	RFS	RFS
MODELO	UXA 6 – 77B	UXA 6 – 77B
DIAMETRO (metros)	1.8	1.8
GANANCIA (dBi)	40.8	40.8
ALTURA (metros)	18 mARL	10 mAGL
ARISTA	Nor-Este	Sur
AZIMUT	48.96°	228,98°
POLARIZACION A UTILIZAR	V	V
ALIMENTADORES		
FABRICANTE	Andrew	Andrew
MODELO	EWP77	EWP77
LONGITUD DE GUIA DE ONDA (m)	55	25
FRECUENCIAS		
ANCHO DE BANDA	29,65 Mhz	29,65 Mhz
REC. ITU-R, BANDA	Rec.386-4 8 GHz	Rec.386-4 8 GHz

Datum de coordenadas: Provisional South Americam 1956

[ANEXO 2]

**INGENIERÍA DE DETALLE
ENLACE SDH
LOS COLORADOS - PISCURÍ**

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe describe los estudios de ingeniería realizados por Alcatel – Lucent de Venezuela entre el 13 y 20 de Septiembre de 2007 para la instalación del enlace Los Colorados – Piscurí de la empresa MOVISTAR.

Este enlace constituirá un sistema SDH utilizando un radio Alcatel modelo 9681 LSY (STM-1), configuración 2+1 en la banda 8 GHz, utilizando la canalización de la recomendación ITU-R 386-4 (8 Baja) ó ITU-R 386-4. Anexo 3 (8 Alta), la cual es avalada por CONATEL.

Los estudios de campo realizados están compuestos por los Barridos de Frecuencia (Espectrometría): para verificar la disponibilidad de los canales en la banda a utilizar; el Site Survey: para chequear las condiciones de propagación y línea de vista; y la Ingeniería de Detalles: para anticipar las adecuaciones necesarias de infraestructura y energía y además reservar los espacios previstos para la instalación.

Las visitas a las estaciones fueron realizadas por Channiel Landaeta y Luis Manuel Blanco Y Francisco Gonzales por Alcatel – Lucent. Esta visita se realizó sin la presencia de personal de MOVISTAR.

2. BARRIDOS DE FRECUENCIAS

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los barridos de frecuencias o estudios de espectrometría que se realizaron en cada una de las estaciones.

Las mediciones tomadas en campo, se realizaron en cada una de las estaciones durante condiciones climáticas de cielo despejado y sin lluvia en ambas estaciones.

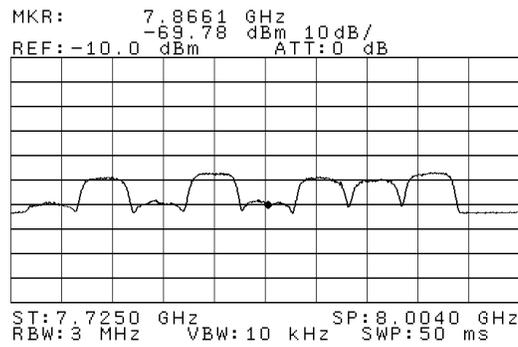
Las incidencias de frecuencias se presentan en tablas, las cuales indican la procedencia de cada una de las señales encontradas, potencia medida, polarización, etc., y en las mismas se calcula la potencia isotrópica de cada una de las señales.

Por medio de dichos resultados se puede establecer y/o verificar las frecuencias a utilizar en el enlace.

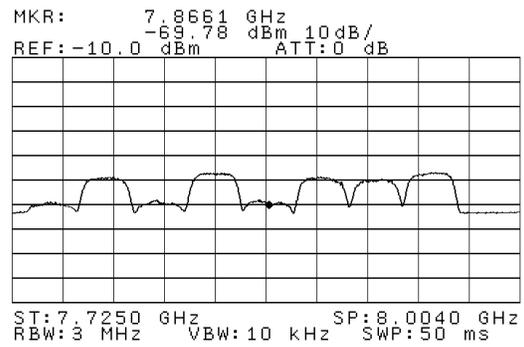
2.1 PLOTS DE LOS BARRIDOS

LOS COLORADOS 8 GHz

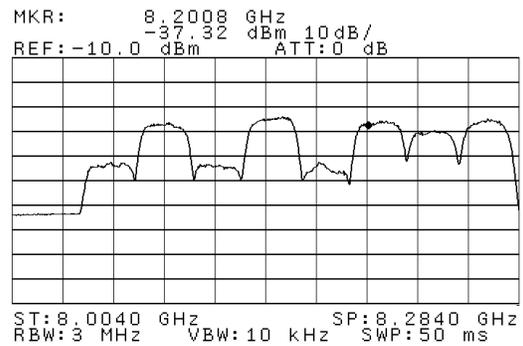
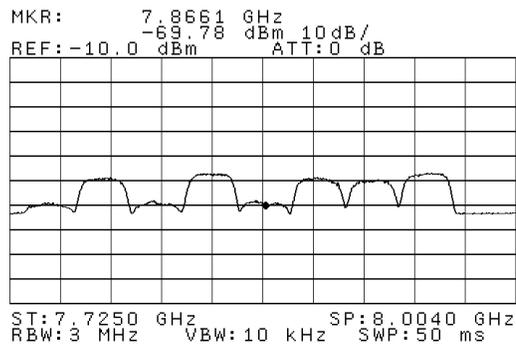
POLARIZACIÓN VERTICAL



POLARIZACIÓN HORIZONTAL

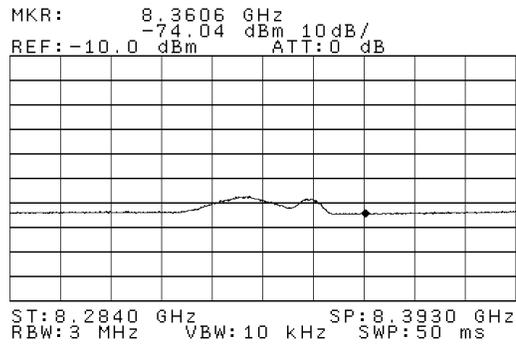


Barrido 1: 360°. Banda 8 (BAJA) GHz, Vista de los canales del 1 AL 8

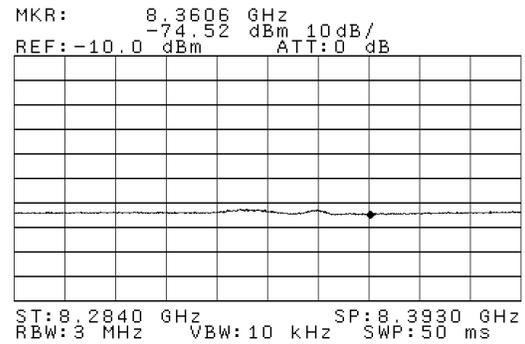


Barrido 2: 360°. Banda 8 (BAJA) GHz, Vista de los canales del 1' AL 8'

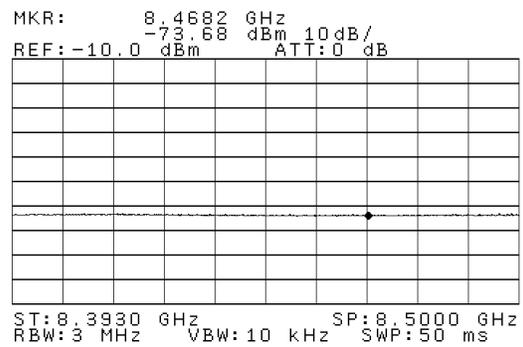
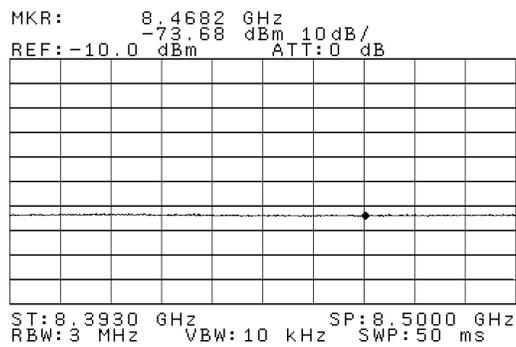
POLARIZACIÓN VERTICAL



POLARIZACIÓN HORIZONTAL



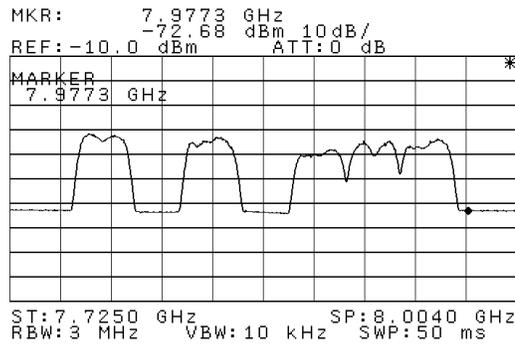
Barrido 3: 360°. Banda 8 GHz (ALTA), Vista de los canales del 1 AL 6



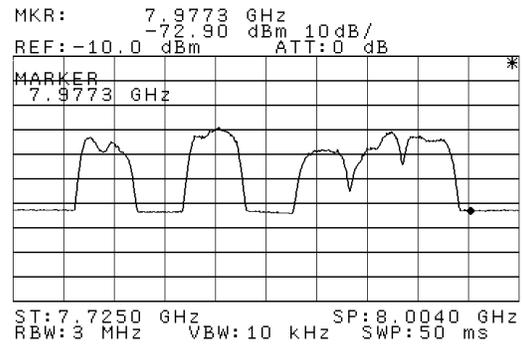
Barrido 4: 360°. Banda 8 GHz (ALTA) , Vista de los canales del 1' AL 6'

ESTACIÓN PISCURÍ, 8 GHz

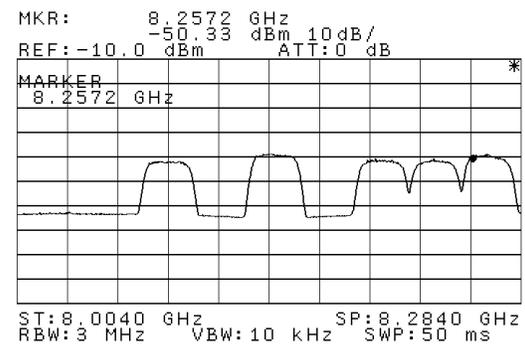
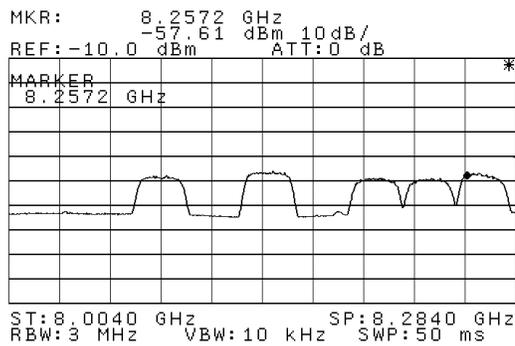
POLARIZACIÓN VERTICAL



POLARIZACIÓN HORIZONTAL



Barrido 1: 360°. Banda 8 (BAJA), Vista de los canales del 1 AL 8



Barrido 2: 360°. Banda 8 (BAJA), Vista de los canales del 1' AL 8'

2.2 TABLAS RESUMEN BANDA 8 GHz

LOS COLORADOS

Tabla 1.1: Tabla resumen LOS COLORADOS 8GHz (L)

LOS COLORADOS - PISCURI	
--------------------------------	--

ESTACIÓN:	LOS COLORADOS	FECHA:	Martes, 11 de Septiembre de 2007
Lugar:	20m AGL		
Banda:	8GHz (L) 7,725 - 8,275GHz	Rec. ITU:	386-4
Antena:	Narda - 612A	Ganancia:	17 dBi
Cables:	1,5 m	Pérdidas:	3 dB
Amplificador:	LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz	Ganancia:	30 dB
Analizador de espectro:	Anritsu 9KHz - 40GHz	Ancho de Banda de Res.:	300Khz

N°	Señales			Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal isotrópico [dBm]		Comentarios
	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	7747	1	229°	-70	-66	27	28	-114	-110	
2	7777	2	150°	-60	-50	28	28	-104	-94	
3	7807	3	229°	-69	-66	27	28	-113	-110	
4	7836,6	4	150°	-58	-48	28	28	-102	-92	
5	7866	5	229°	-69	-65	28	28	-113	-109	
6	7895	6	150°	-59	-50	28	28	-103	-94	
7	7925	7	150°	-60	-50	28	28	-104	-94	
8	7955	8	150°; 229°	-58	-49	28	28	-102	-93	
9	8059	1'	229°	-65	-65	27	28	-109	-109	
10	8089	2'	150°	-40	-38	28	28	-84	-82	
11	8118	3'	229°	-67	-64	27	28	-111	-108	
12	8147	4'	150°	-38	-37	28	28	-82	-81	
13	8177	5'	229°	-65	-64	28	28	-109	-108	
14	8207	6'	150°	-39	-37	28	28	-83	-81	
15	8236	7'	150°	-40	-40	28	28	-84	-84	
16	8266	8'	150°; 229°	-40	-36	28	28	-84	-80	

Tabla 1.2: Tabla resumen LOS COLORADOS 8GHz (H)

LOS COLORADOS - PISCURI	
--------------------------------	--

ESTACIÓN:	LOS COLORADOS	FECHA:	Martes, 11 de Septiembre de 2007
Lugar:	20m AGL		
Banda:	8GHz (H) 8,275 - 8500 MHz	Rec. ITU:	386-4 Anexo 3
Antena:	Narda - 612A	Ganancia:	17 dBi
Cables:	1,5 m	Pérdidas:	3 dB
Amplificador:	LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz	Ganancia:	30 dB
Analizador de espectro:	Anritsu 9KHz - 40GHz	Ancho de Banda de Res.:	300Khz

N°	Barrido 360°			Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal isotrópico [dBm]		Comentarios
	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	8335	4	250°	-68	-73	19	7	-112	-117	
2	8349	5	250°	-68	-73	7	3	-112	-117	

PISCURI

Tabla 1.3: Tabla resumen PISCURI 8GHz (L)

LOS COLORADOS - PISCURI

ESTACIÓN: PISCURI **FECHA:** Jueves, 13 de Septiembre de 2007
Lugar: 22m AGL
Banda: 8GHz (L) 7,725 - 8,275GHz **Rec. ITU:** 386-4
Antena: Narda - 612A **Ganancia:** 17 dBi
Cables: 1,5 m **Pérdidas:** 3 dB
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz **Ganancia:** 30 dB
Analizador de espectro: Anritsu 9KHz - 40GHz **Ancho de Banda de Res.:** 3MHz

N°	Señales			Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal isotrópico [dBm]		Comentarios
	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	7777	2	330	-42	-43	30	30	-86	-87	
2	7836	4	330	-42	-40	30	30	-86	-84	
3	7895	6	330	-49	-49	30	30	-93	-93	
4	7925	7	330	-45	-41	30	30	-89	-85	
5	7955	8	330	-45	-43	30	30	-89	-87	
6	8088	2'	330	-59	-52	30	30	-103	-96	
7	8147	4'	330	-57	-49	30	30	-101	-93	
8	8209	6'	330	-60	-51	30	30	-104	-95	
9	8236	7'	330	-60	-51	30	30	-104	-95	
10	8266	8'	330	-57	-50	30	30	-101	-94	

Tabla 1.4: Tabla resumen PISCURI 8GHz (H)

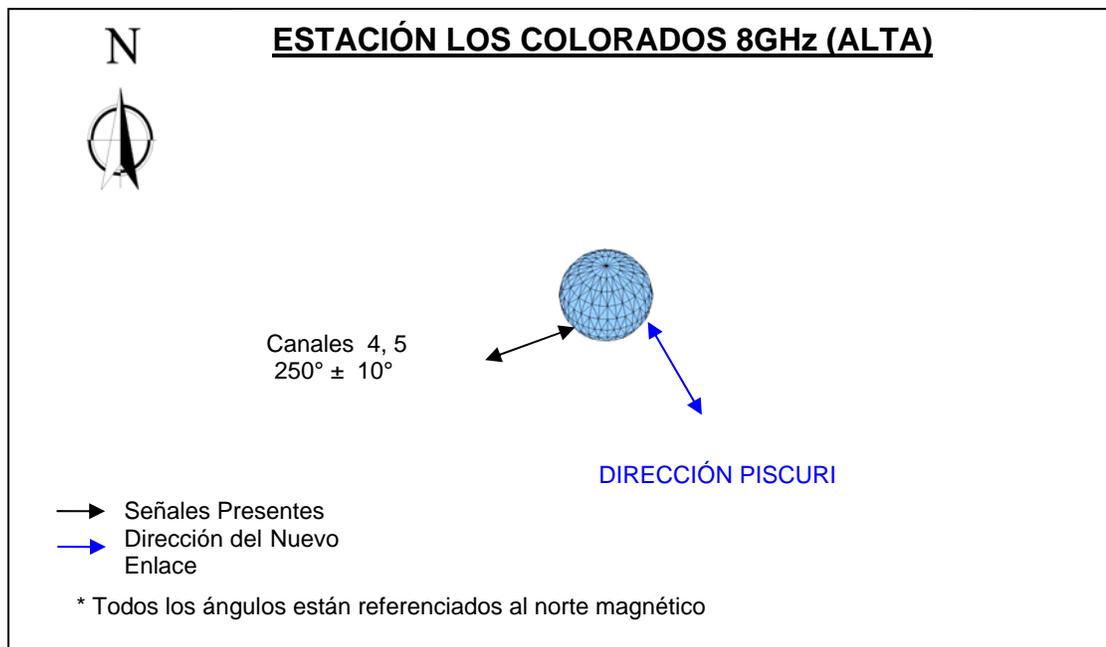
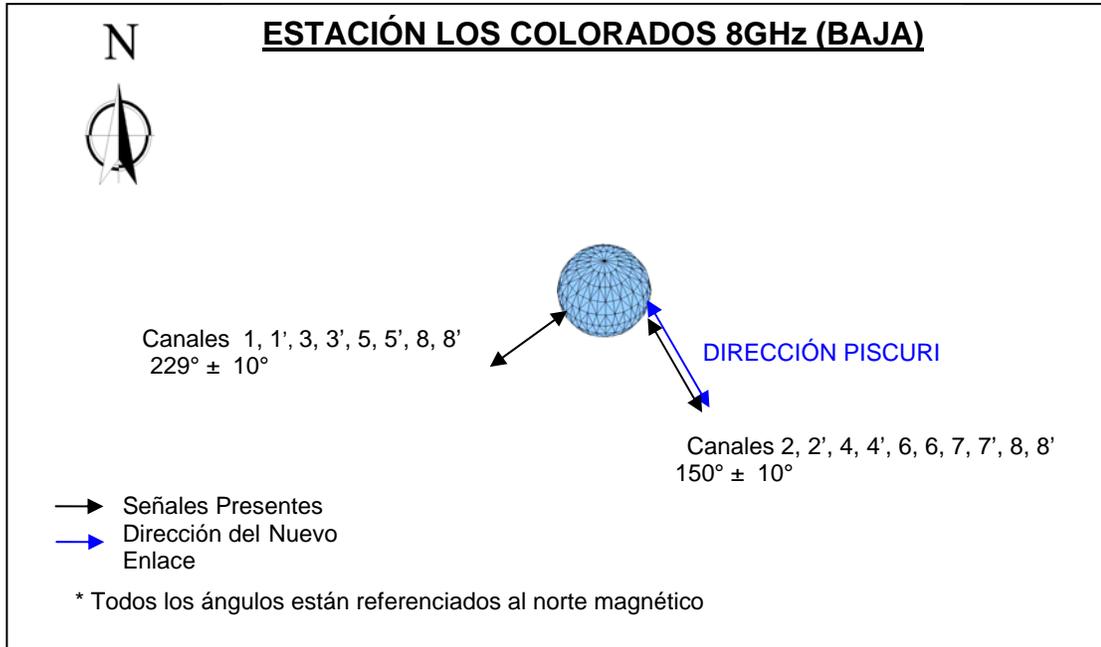
LOS COLORADOS - PISCURI

ESTACIÓN: PISCURI **FECHA:** jueves, 13 de septiembre de 2007
Lugar: 22m AGL
Banda: 8GHz (L) 8,275 - 8,500GHz **Rec. ITU:** 386-4
Antena: Narda - 612A **Ganancia:** 17 dBi
Cables: 1,5 m **Pérdidas:** 3 dB
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz **Ganancia:** 30 dB
Analizador de espectro: Anritsu 9KHz - 40GHz **Ancho de Banda de Res.:** 3MHz

N°	Barrido 360°			Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal isotrópico [dBm]		Comentarios
	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	

NO SE REGISTRARON PORTADORAS EN ESTA SUB-BANDA

2.3 DIAGRAMAS AZIMUTALES DE INCIDENCIAS



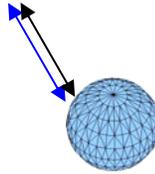
N

ESTACIÓN PISCURÍ 8GHz (BAJA)



Canales 2, 2', 4, 4', 6, 6', 7, 7', 8, 8'
 $330,55^\circ \pm 10^\circ$

DIRECCIÓN LOS COLORADOS



- Señales Presentes
- Dirección del Nuevo Enlace

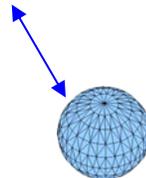
* Todos los ángulos están referenciados al norte magnético

N

ESTACIÓN PISCURÍ 8GHz (ALTA)



DIRECCIÓN LOS COLORADOS



- Señales Presentes
- Dirección del Nuevo Enlace

* Todos los ángulos están referenciados al norte magnético

2.4 ESQUEMA DE OCUPACION DE CANALES

Tabla 1.5: Ocupación de canales del 1 al 8 y 1' al 8' LOS COLORADOS 8GHz (L)

LOS COLORADOS

8GHz (L) ITU 384-6	1	2	3	4	5	6	7	8
	V/H							
	11	12	13	14	15	16	17	18
	V/H							

Tabla 1.6: Ocupación de canales del 1 al 6 y 1' al 6' LOS COLORADOS 8GHz (alta)

LOS COLORADOS

8GHz (H) ITU 386-4	1	2	3	4	5	6
				V/H	V	
	1'	2'	3'	4'	5'	6'

Tabla 1.5: Ocupación de canales del 1 al 8 y 1' al 8' PISCURI 8GHz (L)

PISCURÍ

8GHz (L) ITU 386-4	1	2	3	4	5	6	7	8
		V/H		V/H		V/H	V/H	V/H
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
		V/H		V/H		V/H	V/H	V/H

Tabla 1.6: Ocupación de canales del 1 al 6 y 1' al 6' PISCURI 8GHz (alta)

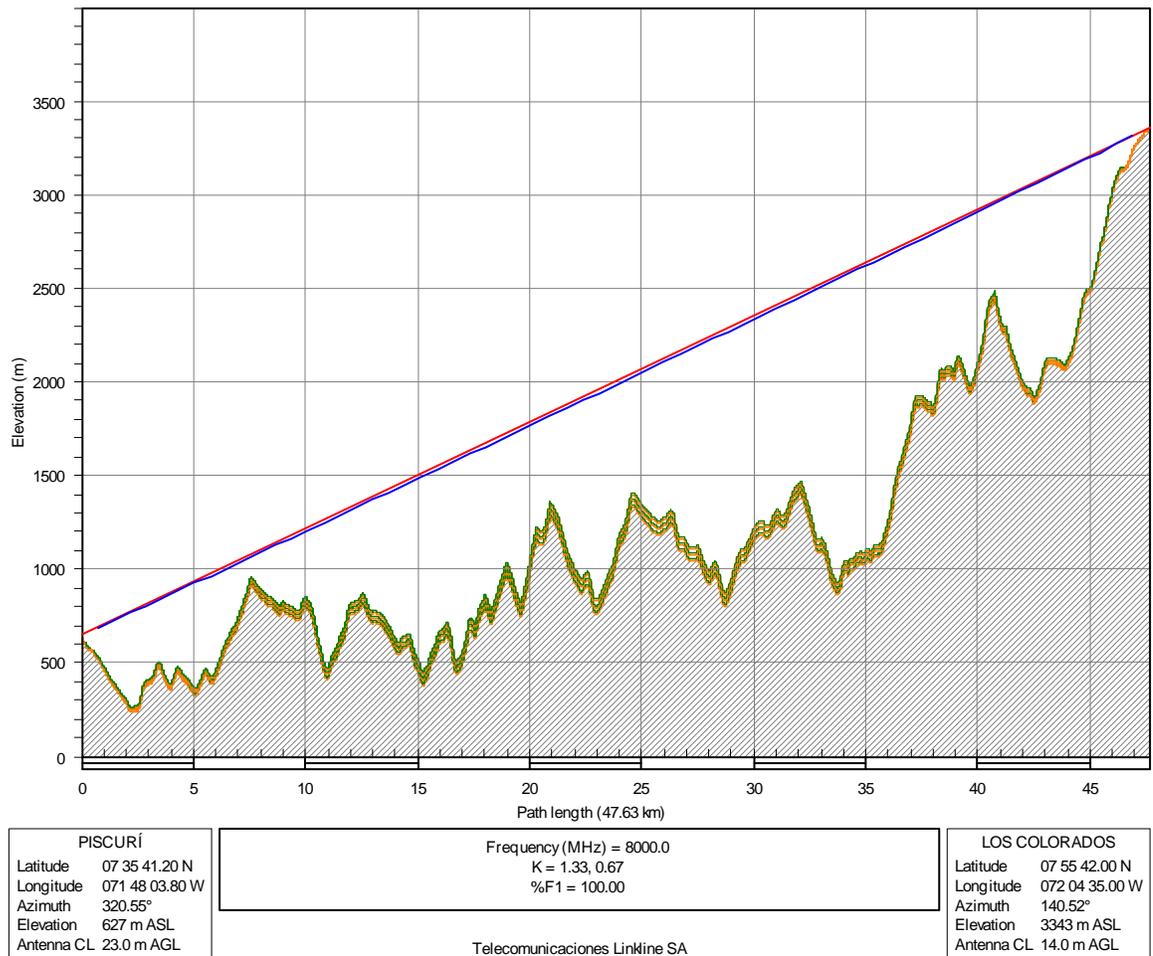
PISCURÍ

8GHz (H) ITU 386-4	1	2	3	4	5	6
	1'	2'	3'	4'	5'	6'

	Canal Disponible
V, H ó V/H	Canal Ocupado
V, H ó V/H	Ocupación Parcial

3. PERFIL TOPOGRÁFICO

A continuación se presenta el perfil topográfico del enlace del presente proyecto. En el mismo se muestra la altura de cada una de las estaciones, altura de las antenas, Zona de Fresnel, índice K utilizado, distancia del enlace, entre otros.



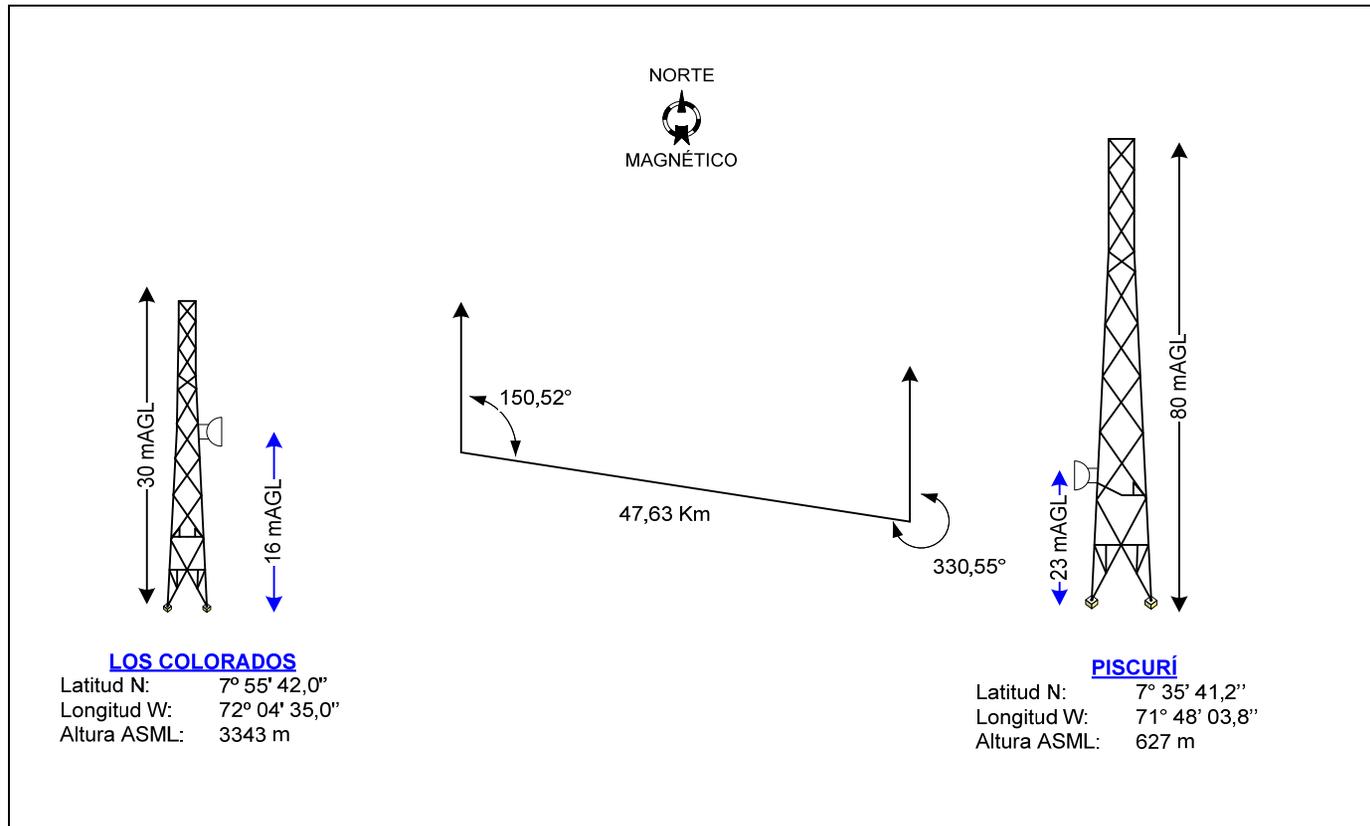
4. CÁLCULOS DE CONFIABILIDAD

A continuación se presentan los cálculos de confiabilidad del enlace. Se indican los datos de los radios y antenas a utilizar. Se presentan los resultados de propagación. Objetivo disponibilidad: 99,9664 %

	PISCURÍ	LOS COLORADOS
Elevation (m)	627.07	3343.20
Latitude	07 35 41.20 N	07 55 42.00 N
Longitude	071 48 03.80 W	072 04 35.00 W
True azimuth (°)	320.55	140.52
Vertical angle (°)	3.09	-3.42
Antenna model	UXA 10 - 77A	UXA 10-77A
Antenna height (m)	23.00	16.00
Antenna gain (dBi)	45.20	45.20
Miscellaneous loss (dB)	2.75	2.75
Frequency (MHz)	8000.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	47.63	
Free space loss (dB)	144.09	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.50	
Net path loss (dB)	59.69	59.69
Radio model	9681 LSY	9681 LSY
TX power (watts)	1.58	1.58
TX power (dBm)	32.00	32.00
EIRP (dBm)	74.45	74.45
RX threshold criteria	BER 10-6	BER 10-6
RX threshold level (dBm)	-72.20	-722.00
RX signal (dBm)	-27.69	-27.69
Thermal fade margin (dB)	44.51	694.31
Dispersive fade margin (dB)	74.00	74.00
Dispersive fade occurrence factor	1.00	
Effective fade margin (dB)	44.50	74.00
Geoclimatic factor	5.60E-06	
Grazing angle (mr)	33.49	
Path inclination (mr)	56.81	
Fade occurrence factor (Po)	2.28E-05	
Average annual temperature (°C)	24.00	
Worst month - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	2.12e-03	2.38e-06
Annual - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	9.55e-03	1.07e-05
(% - sec)	100.00000 - 0.01	

vie, abr 18 2008
PISCURI-LOS COLORADOS.pl4
Reliability Method - ITU-R P.530-6

5 DIAGRAMA DE ANTENAS



6. ESTACIÓN LOS COLORADOS

6.1 DATOS DE LA ESTACIÓN

Fecha de la visita	13 de Septiembre de 2007
Dirección	Cerro Los Colorados, llegar al pueblo El Zumbador y cruzar a la derecha.
Edificio / Caseta	En la Estación existe un shelter de 5,3 x 2,5 m
Pasamuros	Existen 1 pasamuros de 4x3 con 6 ductos libres.
Barras de Tierra	Existe MGB con suficiente disponibilidad.
Escalerillas	Las escalerillas existentes poseen suficiente espacio para nuevas instalaciones.
Descripción de la Estación	Estación con equipos digitales. Existen diferentes tipos de radios hacia varios puntos en Los Andes. Sólo existe El Shelter y la Torre autosoportada en la Estación.
Tipo de acceso	SE REQUIERE VEHÍCULO 4x4 EN BUENAS CONDICIONES. LA ESTACIÓN ESTÁ UBICADA EN UNA MONTAÑA CON VÍAS DE ACCESO DE TIERRA.

DATOS DE LA TORRE

Torre / Monopolo	Torre tipo auto soportada de 30 m AGL sin descanso, de base cuadrada.
Escalerilla Vertical:	Hay 1 existente la cual posee disponibilidad para la instalación.
Barras de tierra en la torre	Hay dos barras de tierra en la base de la escalerilla, a 2,5 m AGL. Tienen espacio suficiente.
Barra EGB	Existe una con espacio suficiente.
Bajantes de Pararrayos	Desciende por el exterior de la arista Norte.
Cableado de Balizaje	Bajan por la arista Este.
Escalerilla Torre – Caseta	Con suficiente espacio para la instalación.

LINEA DE VISTA

Línea de vista	Línea de vista franca a partir de los 6 mAGL.
-----------------------	---

ENERGÍA

Corriente Alterna Disponible	110V / 220V
Corriente Continua Disponible	Solo -48VDC
Marca y Modelo del Sistema de Energía	Intergy
Módulos Rectificadores @24VDC	No existen
Total Operativo @ 24VDC	N/A
Consumo actual @ 24 VDC	N/A
Porcentaje disponible @ 24VDC	N/A
Espacios Disponibles para Módulos @ 24VDC	Ninguno
Módulos Rectificadores o Convertidores @ -48VDC	4 módulos R1248 de 24A @-48 Vdc
Total Operativo @ -48VDC	96 A
Consumo actual @ -48 VDC	20 A
Porcentaje Disponible @ -48VDC	74 % (Manteniendo una protección del 20% de su capacidad máxima)
Espacios Disponibles para Módulos @ -48VDC	1 espacio disponible para módulo R1248
Breakers Disponibles en el PDB @ -48VDC	10
Espacios Disponibles para Instalar Nuevos Breakers	2
Cantidad de Breakers Necesarios	2 breakers de 30 amp @ -48 Vdc
Consumo de los Nuevos Equipos	350W @ -48VDC

EQUIPOS A INSTALAR

Radio	9681 LSY configuración 2+1
Antenas	Antena de 3 m de diámetro en la arista Sur, a 16 m AGL.
Racks	N/A
Fusiblera	N/A
Otros Equipos	2 breakers de 30 amp @ -48vdc.

6.2 CABLEADO Y CONECTORIZACIÓN

Cableado	Tipo de Cable	Recorrido	Conectores
Guía de Onda	EWP77	35 m	ANDREW 117SCM
Cableado Coaxial	Coaxial ¼	N/A	
Cableado Tierra Guía de onda – Barra de tierra.	# 6 AWG (Verde)	15 m	1 Terminal de un ojo #6 1 Terminal doble ojo #6
PDB – Radio	# 14 AWG (Rojo y Negro)	10 m	4 Terminales de un ojo #14
Cableado Tierra MGB – barra en rack	# 14 AWG (Verde)	7m	
Cableado STM-1	Multicoaxial 1x 8 4.4mm	7m	Microsiemens 4,4 mm de 45° (lado Radio)
Manguera de presurización		8m	

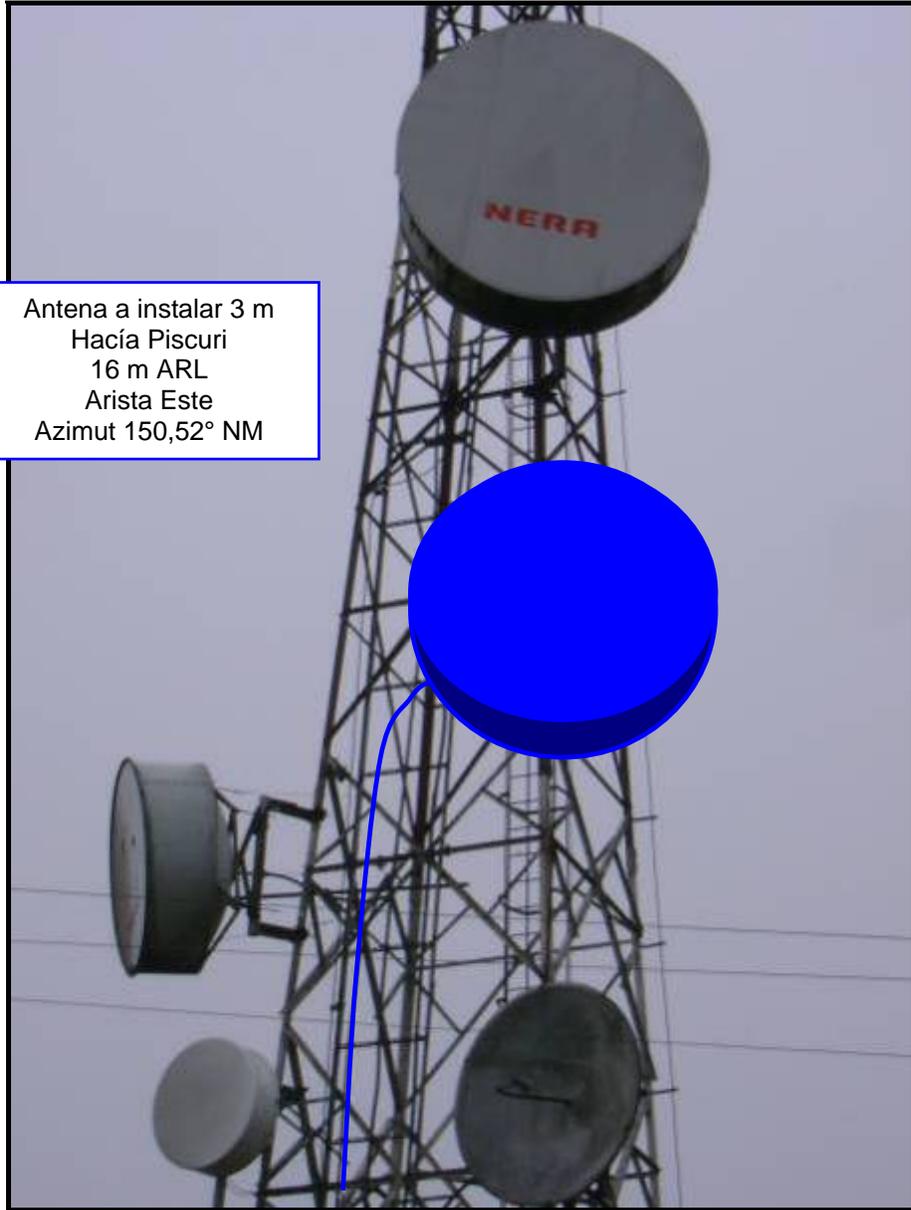
6.3 FOTOS LOS COLORADOS



Línea de Vista dirección Piscurí

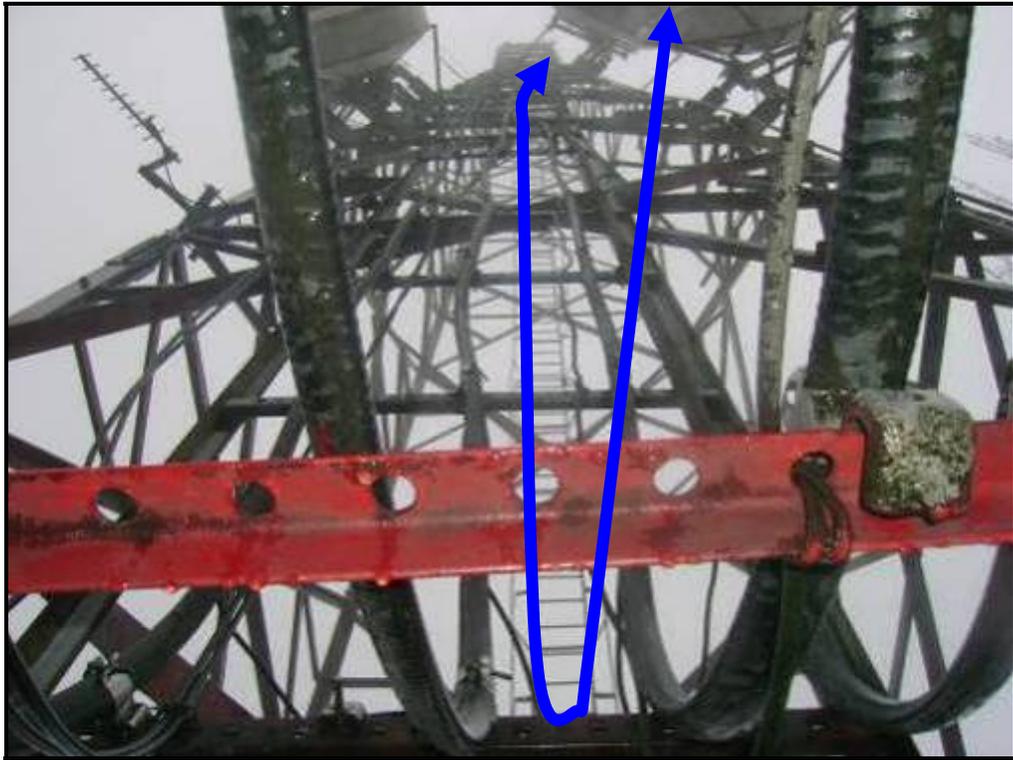


Vista de Torre a utilizar



Antena a instalar 3 m
Hacia Piscuri
16 m ARL
Arista Este
Azimut $150,52^\circ$ NM

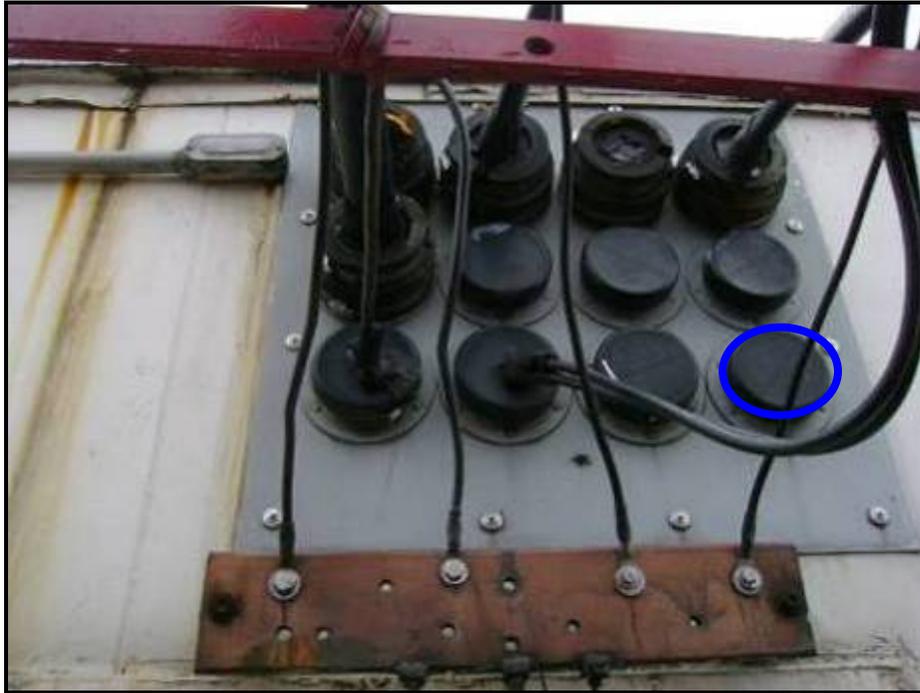
Zoom de la torre, lugar propuesto para antena a utilizar y recorrido de guía de onda



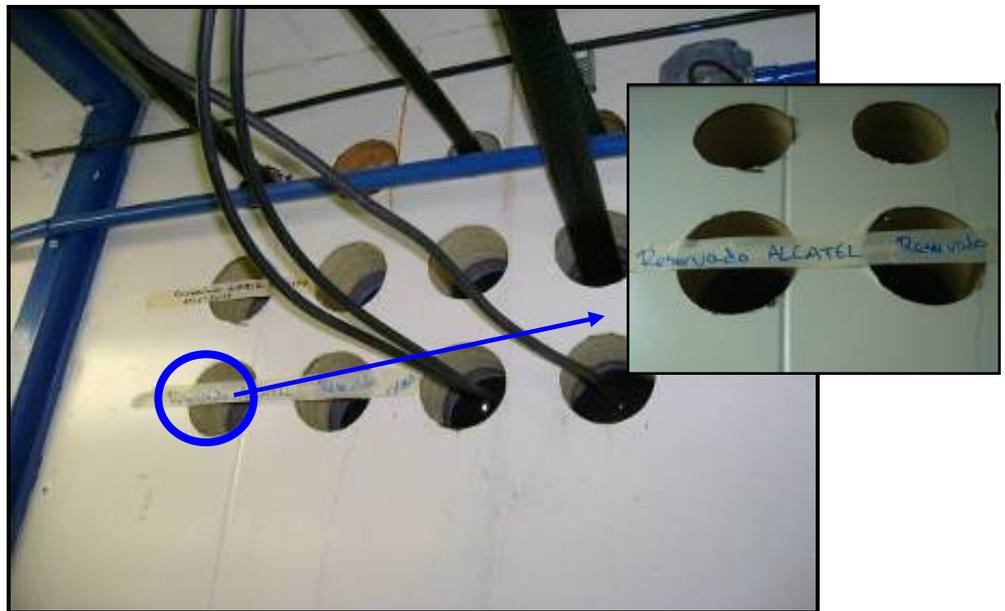
Escalerilla vertical con disponibilidad



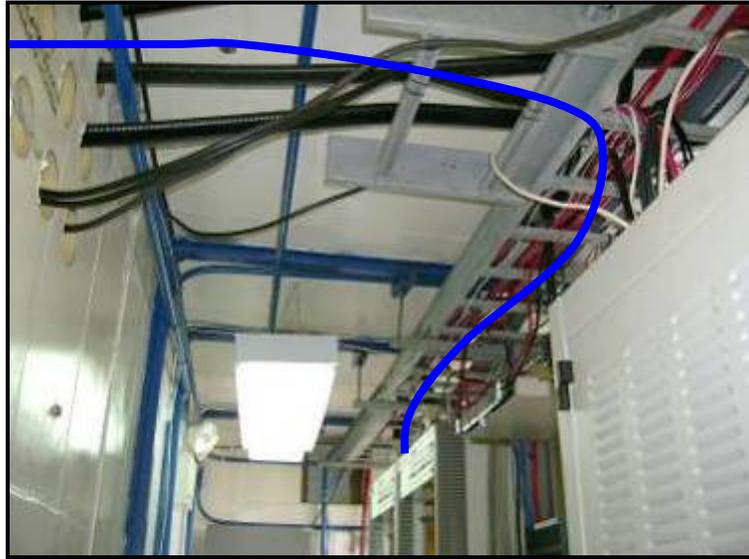
Recorrido de guía de onda.



Vista exterior del pasamuros, barra EGB y ducto propuesto.



Vista interna de pasamuros y ducto reservado.



Recorrido interno de guía de onda.



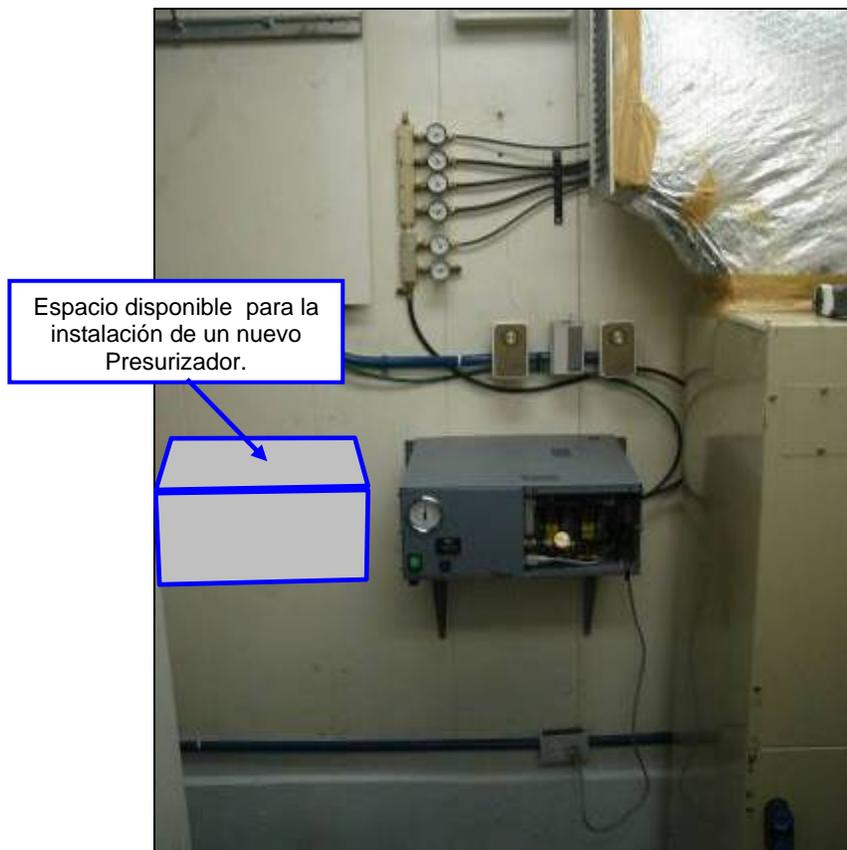
Espacio propuesto para radio



PDB INTERGY -48 Vdc y consumo actual



Panel de distribución de breakers y espacio propuesto para alimentar radio
LSY.



Vista del presurizador existente en la sala. Se debe expandir dicho presurizador o instalar uno nuevo. Se muestra el espacio propuesto para la instalación de un nuevo Presurizador.



SDM 1 existente en la Estación



Barra de tierra



Vista general de la sala.

7 ESTACION PISCURÍ

7.1 DATOS DE LA ESTACION

Fecha de la visita	15 de Septiembre de 2007
Dirección	Fundo Agropecuario Palermo, ubicado en la aldea de San Joaquín de Navay. Carretera Piscurí, municipio Fernandez Feo.
Edificio / Caseta	En la Estación existe un shelter de 5,6 x 3,5 m
Pasamuros	Existen 2 pasamuros ambos sin disponibilidad: (1) 3x4 ductos. (2) 4x3.
Barras de Tierra	Barra MGB con suficiente disponibilidad.
Escalerillas	Las escalerillas internas con suficiente espacio para nuevas instalaciones.
Descripción de la Estación	Existe un Shelter, una Caseta de concreto y una Torre autosoportada.
Tipo de acceso	SE REQUIERE EL USO VEHÍCULO 4X4 PARA ACCEDER A LA ESTACIÓN, YA QUE LA MISMA POSEE VÍAS DE ACCESO DE TIERRA.

DATOS DE LA TORRE

Torre / Monopolo	Torre tipo autosoportada de 80 mAGL sin descansos, de base cuadrada y estructura angular simple.
Escalerilla Vertical:	Hay una existente la cual posee disponibilidad para la instalación.
Barras de tierra en la torre	Una Barra de tierra ubicada a 4 mAGL en la cara Oeste de la torre. Presenta disponibilidad para instalación.
Barra EGB	Existe una con espacio suficiente.
Bajantes de Pararrayos	Desciende por la arista Noroeste y Sureste.
Cableado de Balizaje	Baja por la arista Noreste.
Escalerilla Torre - Caseta	Existen dos escalerillas con suficiente espacio para la instalación.

LÍNEA DE VISTA

Línea de vista	Línea de vista franca hacia la estación Los Colorados a partir de los 15 mAGL
-----------------------	---

ENERGÍA

Corriente Alterna Disponible	110V / 220V
Corriente Continua Disponible	-48VDC y +24VDC
Marca y Modelo del Sistema de Energía	LORAIN
Módulos Rectificadores @24VDC	4 módulos Lorain A100F25 @+24VDC
Total Operativo @24VDC	400 A
Consumo actual @24 VDC	62 A
Porcentaje disponible @24VDC	80% (Manteniendo una protección del 20% de su capacidad máxima)
Espacios Disponibles para Módulos @24VDC	Un espacio disponible.
Módulos Rectificadores o Convertidores @ -48VDC	13 módulos MZHSA3B @-48VDC; 3 A c/u
Total Operativo @ -48VDC	39 A
Consumo actual @ -48 VDC	25 A.
Porcentaje Disponible @ -48VDC	20% (Manteniendo una protección del 20% de su capacidad máxima).
Espacios Disponibles para Módulos @ -48VDC	2 espacios disponibles para módulos MZHSA3B
Breakers Disponibles en el PDB @ -48VDC	8 Breakers disponibles de 1A de capacidad
Espacios Disponibles para Instalar Nuevos Breakers	Un espacio disponible
Cantidad de Breakers Necesarios	2 breakers de 30 amp @-48 Vdc
Consumo de los Nuevos Equipos	350W @ -48VDC

EQUIPOS A INSTALAR

Radio	9681 LSY configuración 2+1
--------------	----------------------------

Antenas	Antena de 3m de diámetro en la arista Noreste, a 23 mAGL
Racks	N/A
Fusiblera	N/A
Otros Equipos	2 breakers de 30 amp @-48VDC

7.2 CABLEADO Y CONECTORIZACIÓN

Cableado	Tipo de Cable	Recorrido	Conectores
Guía de Onda	EWP77	55 m	ANDREW 117SCM
Cableado Coaxial	Coaxial ¼	N/A	
Cableado Tierra Guía de onda – Barra de tierra.	# 6 AWG (Verde)	30 m	1 Terminal de un ojo #6 1 Terminal doble ojo #6
PDB – Radio	# 14 AWG (Rojo y Negro)	7 m	4 Terminales de un ojo #14
Cableado Tierra MGB – barra en rack	# 14 AWG (Verde)	12 m	
Cableado STM-1	Multicoaxial 1x 8 4.4mm	12 m	Microsiemens 4,4 mm de 45° (lado Radio)
Manguera de presurización		8m	

7.3 FOTOS PISCURÍ



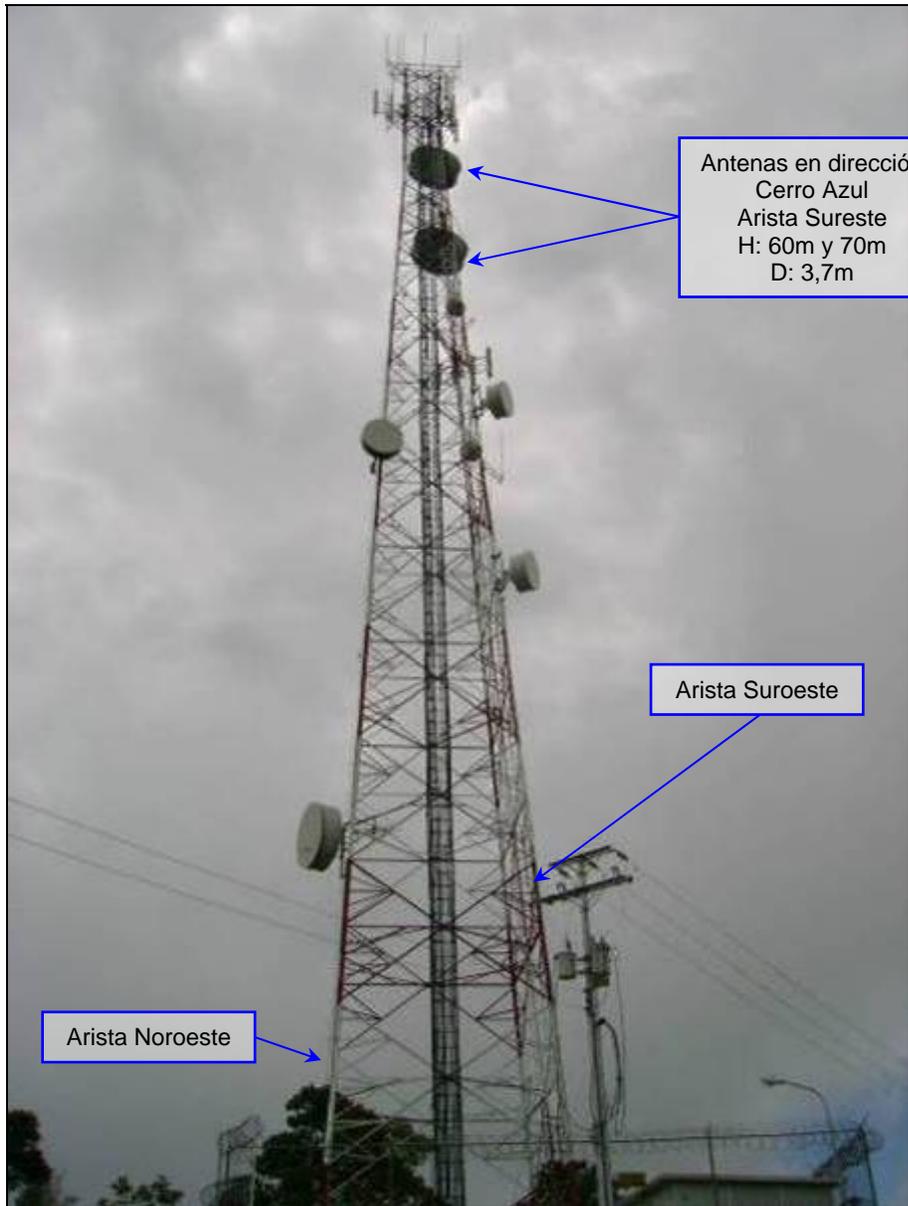
Vista General de la Estación



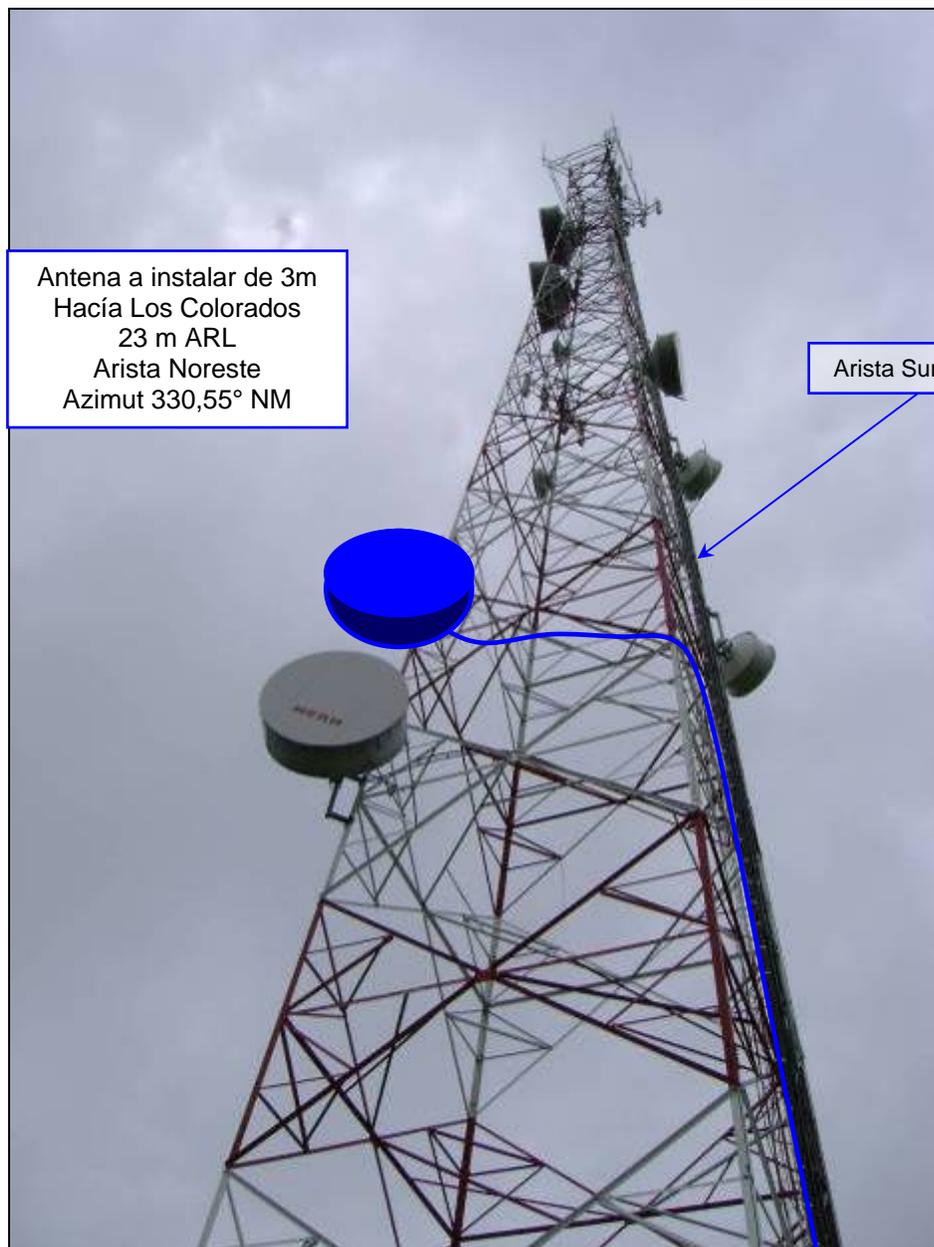
Línea de Vista dirección Los Colorados



Línea de Vista dirección Los Colorados (Zoom)



Vista de Torre a utilizar (*Ángulo 1*)



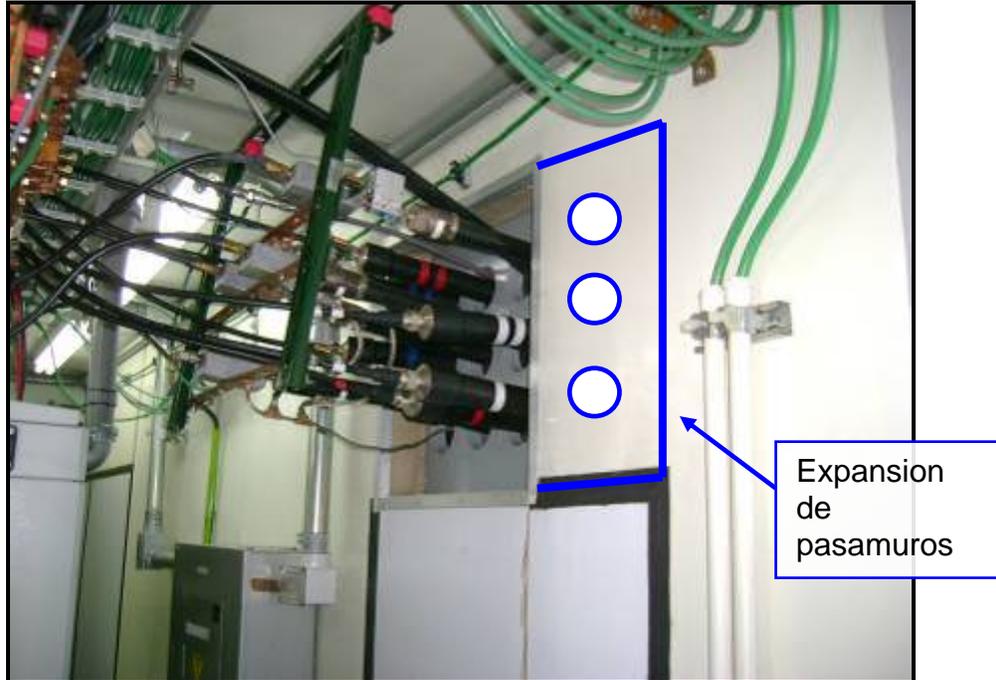
Lugar propuesto para antena a utilizar y recorrido de guía de onda



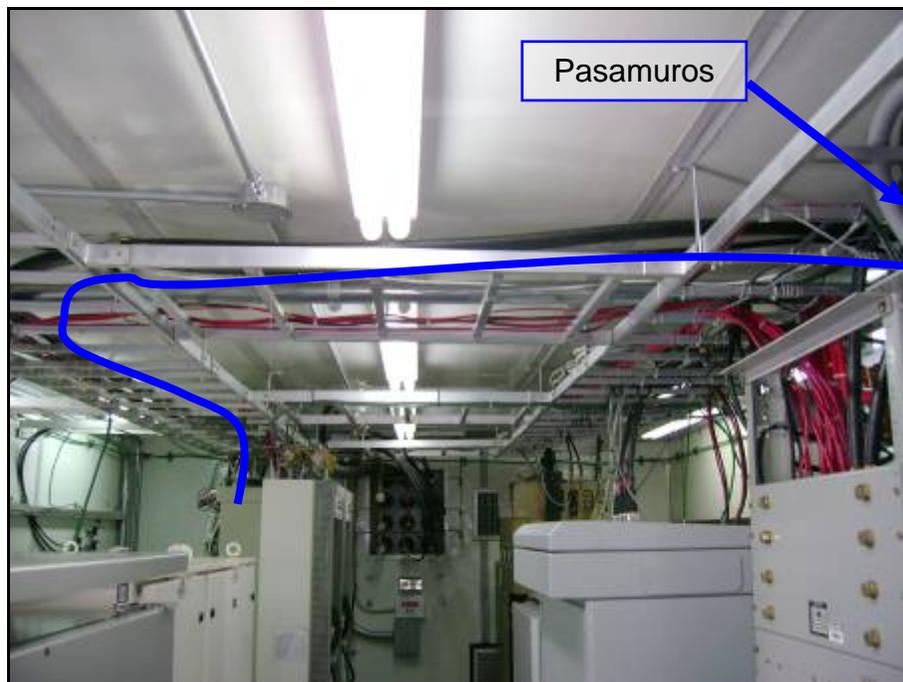
Recorrido de Guía de onda



Vista exterior y Zoom de pasamuros sin disponibilidad. Se requiere una adecuación



Vista interna de pasamuros sin disponibilidad. Se propone expandir dicho pasamuros.



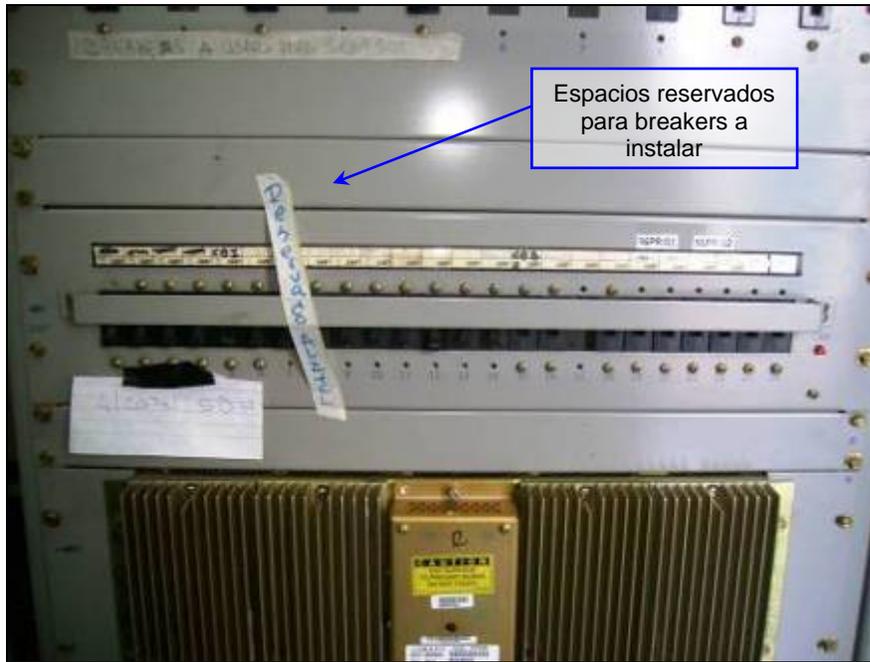
Recorrido interno de Guía de onda.



Espacio reservado para radio. El espacio se encuentra justo al lado del SDM 1 existente en la estación.

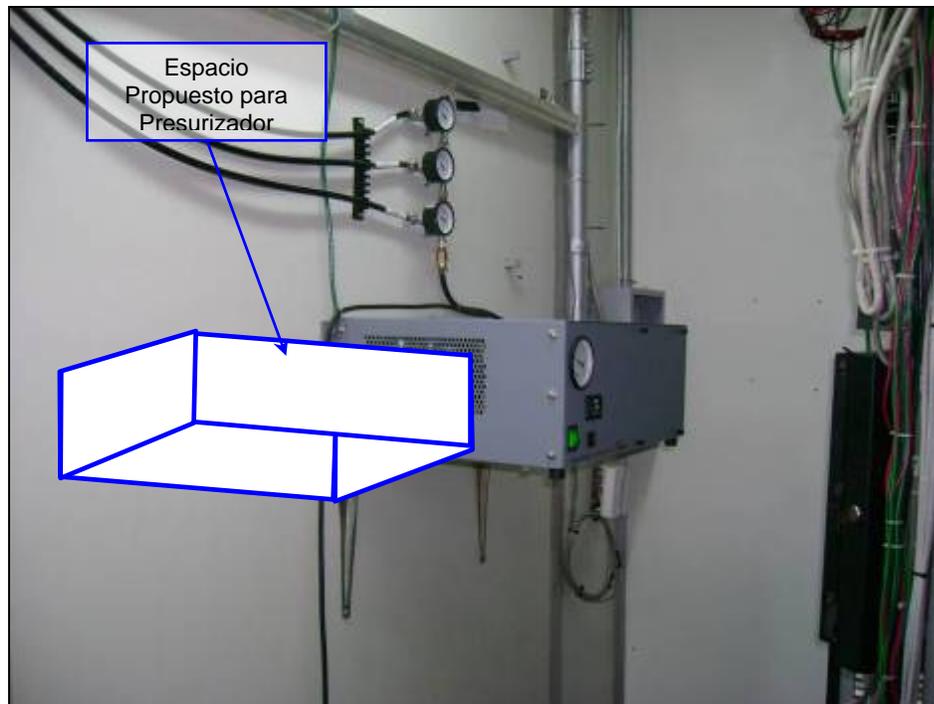


PDB LORAIN @ -48Vdc y +24Vdc. Zoom display de amperaje.



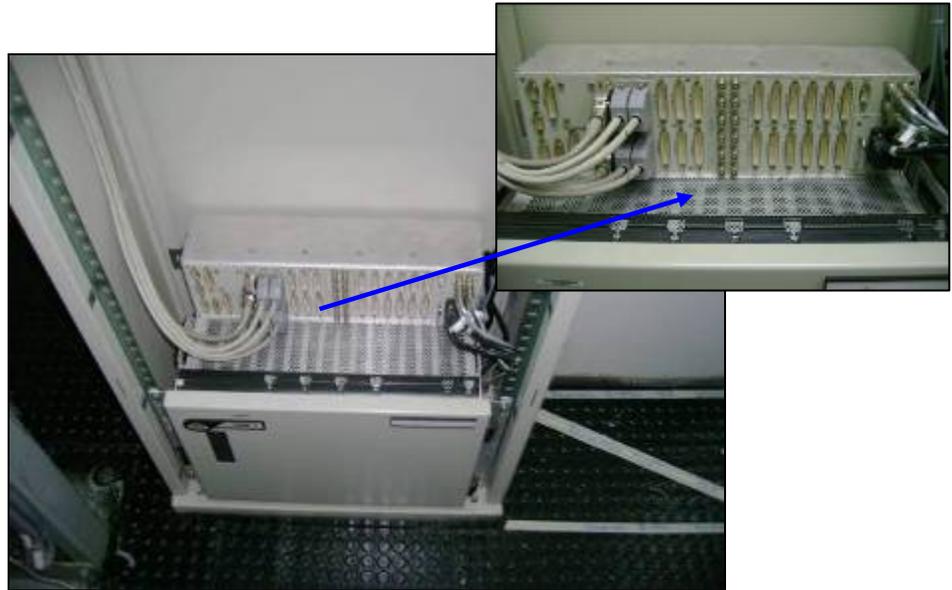
Espacios reservados para breakers a instalar

Panel de Breakers @-48Vdc

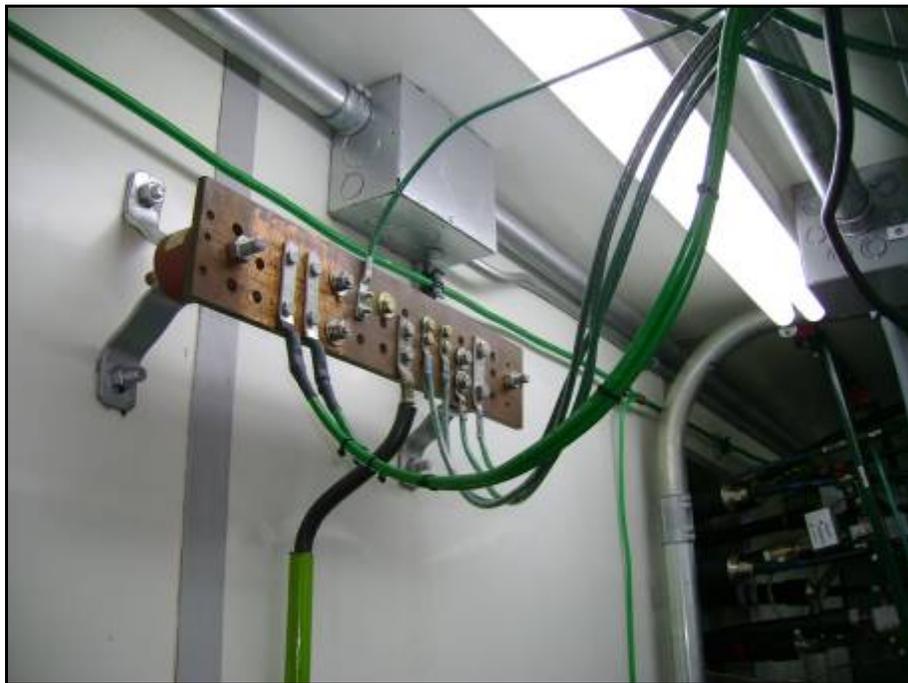


Espacio Propuesto para Presurizador

Espacio propuesto para la instalación de presurizador RFS



SDM 1 existente en la Estación



Barra de puesta a tierra con disponibilidad.



Vista general de la sala.

8 TABLA RESUMEN DEL SISTEMA

	LOS COLORADOS	PISCURÍ
COORDENADAS	Cerro Los Colorados, llegar al pueblo El Zumbador y cruzar a la derecha.	Fundo Agropecuario Palermo, ubicado en la aldea de San Joaquín de Navay. Carretera Piscurí, municipio Fdez Feo.
LATITUD	7° 55' 42,0"	7° 35' 41,2"
LONGITUD	72° 04' 35,0"	71° 48' 03,8"
ALTURA (msnm)	3343 m	627 m
EQUIPOS		
FABRICANTE	Alcatel	Alcatel
MODELO	9681 LSY	9681 LSY
CONFIGURACION	2+1	2+1
POTENCIA (dBm)	32	32
ANTENAS		
FABRICANTE	RFS	RFS
MODELO	UXA 10 – 77 A	UXA 10 – 77 A
DIAMETRO (metros)	3,0 m	3,0 m
GANANCIA (dBi)	45,3	45,3
ALTURA (metros)	16 mAGL	23mAGL
ARISTA	Este	Noreste
AZIMUT	150,52°	330,03°
POLARIZACION A UTILIZAR	V	V
ALIMENTADORES		
FABRICANTE	Andrew	Andrew
MODELO	EWP77	EWP77
LONGITUD DE GUÍA DE ONDA (m)	35	55
FRECUENCIAS		
ANCHO DE BANDA	28 Mhz	28 Mhz
REC. ITU-R, BANDA	Rec.386-4 8 GHz	Rec.386-4 8 GHz

Datum de coordenadas: Provisional South Americam 1956

[ANEXO 3]

INGENIERÍA DE DETALLE
ENLACE SDH
PISCURI – CERRO AZUL

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe describe los estudios de ingeniería realizados por Alcatel – Lucent de Venezuela entre en el mes de septiembre de 2007 para la instalación del enlace Piscurí – Cerro Azul de la empresa MOVISTAR.

Este enlace constituirá un sistema SDH utilizando un radio Alcatel modelo 9681 LSY (STM-1), configuración 2+1 en la banda 5 GHz, utilizando la canalización de la recomendación ITU-R 1099, la cual es avalada por CONATEL.

Los estudios de campo realizados están compuestos por los Barridos de Frecuencia (Espectrometría): para verificar la disponibilidad de los canales en la banda a utilizar; el Site Survey: para chequear las condiciones de propagación y línea de vista; y la Ingeniería de Detalles: para anticipar las adecuaciones necesarias de infraestructura y energía y además reservar los espacios previstos para la instalación.

Las visitas a las estaciones fueron realizadas por Channiel Landaeta, Miguel Aguilar, Francisco González y Luis Manuel Blanco por Alcatel – Lucent. Esta visita se realizó sin la presencia de personal de MOVISTAR.

2. BARRIDOS DE FRECUENCIA

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los barridos de frecuencias o estudios de espectrometría que se realizaron en cada una de las estaciones.

Las mediciones tomadas en campo, se realizaron en cada una de las estaciones durante condiciones climáticas de cielo despejado y sin lluvia en ambas estaciones.

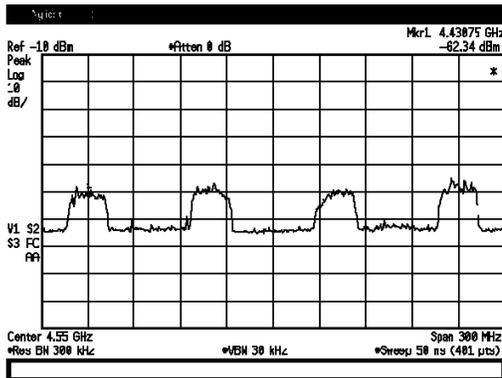
Las incidencias de frecuencias se presentan en tablas, las cuales indican la procedencia de cada una de las señales encontradas, potencia medida, polarización, etc., y en las mismas se calcula la potencia isotrópica de cada una de las señales.

Por medio de dichos resultados se puede establecer y/o verificar las frecuencias a utilizar en el enlace.

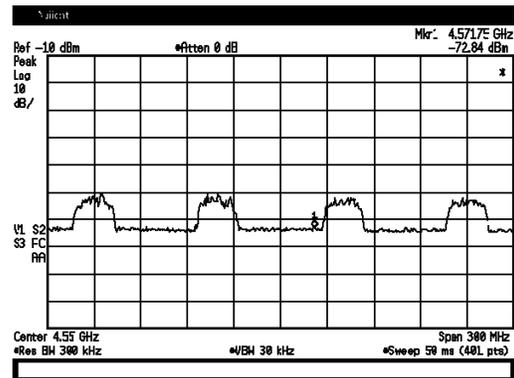
2.1 PLOTS DE LOS BARRIDOS

ESTACIÓN PISCURÍ, 5 GHz

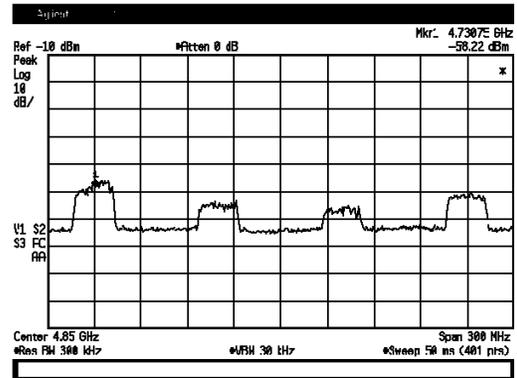
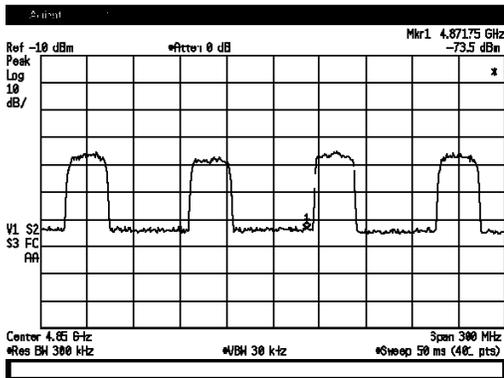
POLARIZACIÓN VERTICAL



POLARIZACIÓN HORIZONTAL



Barrido 1: 360°. Banda 5 GHz. VISTA DE LOS CANALES DEL 1 AL 7

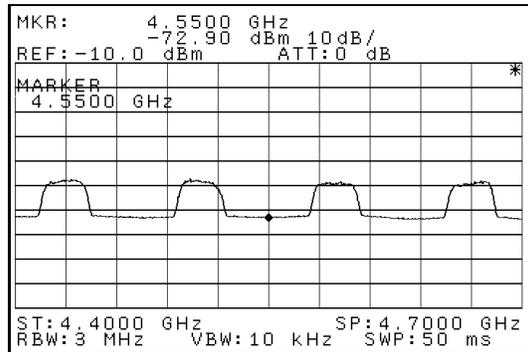
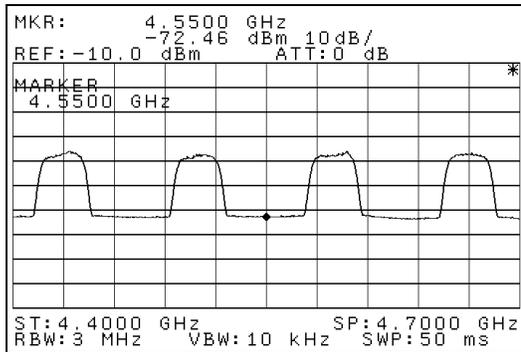


Barrido 2: 360°. Banda 5 GHz. VISTA DE LOS CANALES DEL 1' AL 7'

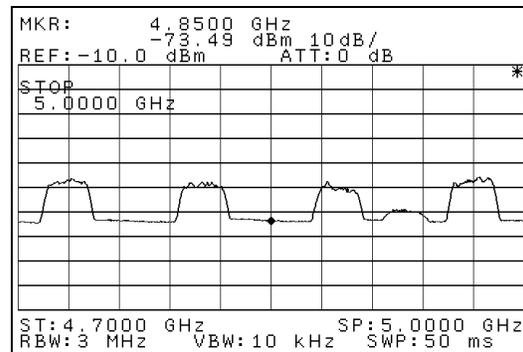
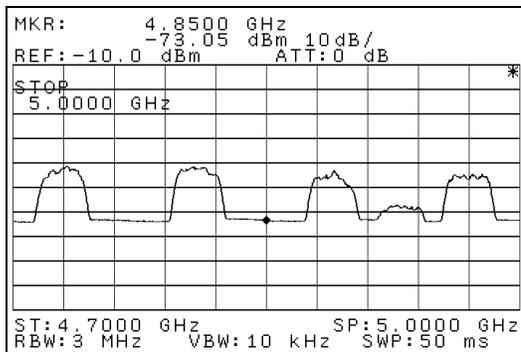
ESTACIÓN CERRO AZUL, 5 GHz

POLARIZACIÓN VERTICAL

POLARIZACIÓN HORIZONTAL



Barrido 1: 360°. Banda 5 GHz. VISTA DE LOS CANALES DEL 1 AL 7



Barrido 2: 360°. Banda 5 GHz. VISTA DE LOS CANALES DEL 1' AL 7'

2.2 TABLAS RESUMEN BANDA 5 GHz

2.2.1 PISCURI

Tabla 1.1: Tabla resumen Piscurí 5GHz

PISCURÍ - CERRO AZUL										
ESTACIÓN: PISCURÍ					FECHA: Viernes, 14 de Septiembre de 2007					
Lugar: 65 m AGL										
Banda: 5GHz 4400MHz - 5000MHz					Rec. ITU: 1099 Anexo 1					
Antena: Narda - 612A					Ganancia: 17 dBi					
Cables: 1,5 m					Pérdidas: 3 dB					
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de espectro: Agilent 9KHz - 40GHz					Ancho de Banda de Res.: 3MHz					
N°	Señales			Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal isotrópico [dBm]		Comentarios
	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	4430	1	72°	-60	-63	27	27	-104	-107	
2	4510	3	72°	-60	-63	27	27	-104	-107	
3	4590	5	72°	-60	-63	27	27	-104	-107	
4	4670	7	72°	-58	-63	27	27	-102	-107	
5	4730	1'	72°	-48	-58	27	27	-92	-102	
6	4810	3'	72°	-48	-64	27	27	-92	-108	
7	4890	5'	72°	-48	-64	27	27	-92	-108	
8	4970	7'	72°	-48	-60	27	27	-92	-104	

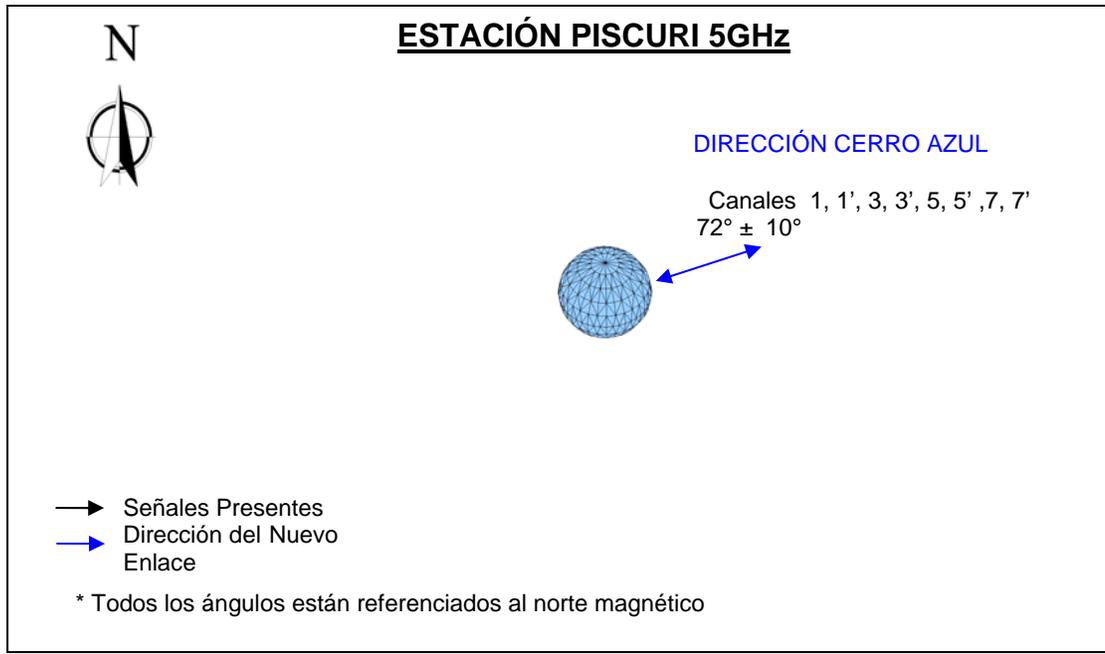
2.2.2 CERRO AZUL

Tabla 1.2: Tabla resumen Cerro Azul 5GHz

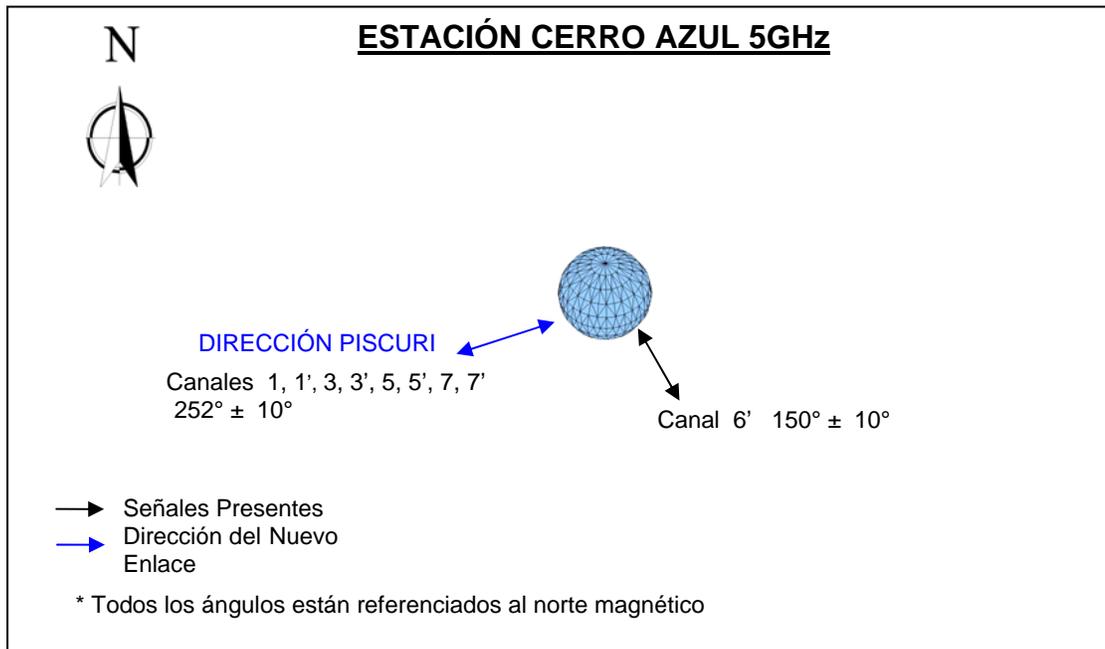
PISCURÍ - CERRO AZUL										
ESTACIÓN: CERRO AZUL					FECHA: Martes, 18 de Septiembre de 2007					
Lugar: 46 m AGL										
Banda: 5GHz 4400MHz - 5000MHz					Rec. ITU: 1099 Anexo 1					
Antena: Narda - 612A					Ganancia: 17 dBi					
Cables: 1,5 m					Pérdidas: 3 dB					
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de espectro: Anritsu 9KHz - 40GHz					Ancho de Banda de Res.: 3MHz					
N°	Barrido 360°			Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal isotrópico [dBm]		Comentarios
	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	4430	1	252°	-48	-58	30	27	-92	-102	
2	4510	3	252°	-48	-58	30	27	-92	-102	
3	4590	5	252°	-48	-60	30	27	-92	-104	
4	4670	7	252°	-48	-58	30	27	-92	-102	
5	4730	1'	252°	-52	-58	30	27	-96	-102	
6	4818	3'	252°	-52	-58	30	27	-96	-102	
7	4890	5'	252°	-54	-58	30	27	-98	-102	
8	4931	6'	150°	-68	-70	27	22	-112	-114	
9	4970	7'	252°	-54	-58	30	27	-98	-102	

2.3 DIAGRAMAS AZIMUTALES DE INCIDENCIAS

2.3.1 ESTACION PISCURI



2.3.2 ESTACION CERRO AZUL



2.4 ESQUEMA DE OCUPACION DE CANALES

Tabla 1.3: Ocupación de canales del 1 al 7 y 1' al 7' PISCURI 5GHz

PISCURÍ

5GHz ITU	1	2	3	4	5	6	7
1099 ANEXO	V/H		V/H		V/H		V/H
1	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
	V/H		V/H		V/H		V/H

Tabla 1.4: Ocupación de canales del 1 al 7 y 1' al 7' CERRO AZUL 5GHz

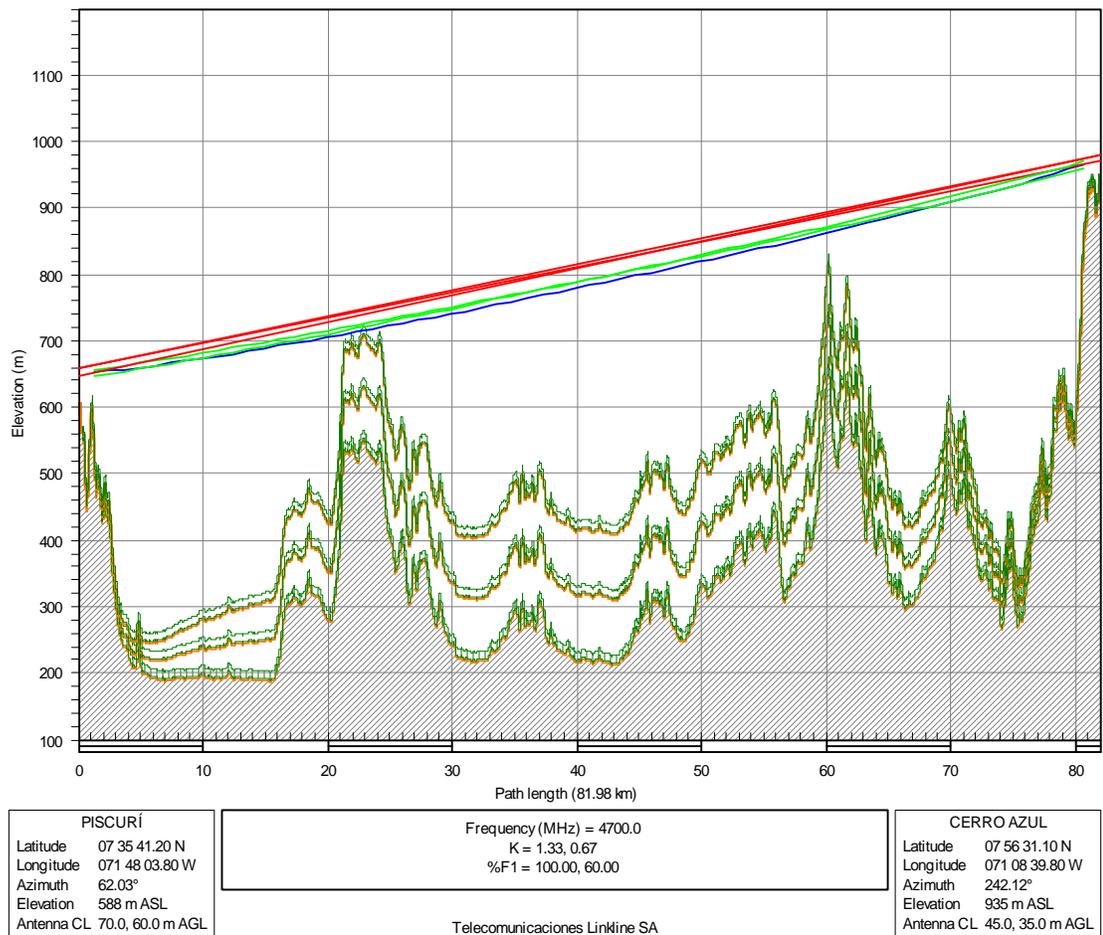
CERRO AZUL

5GHz ITU	1	2	3	4	5	6	7
1099 ANEXO	V/H		V/H		V/H		V/H
1	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
	V/H		V/H		V/H	V/H	V/H

	Canal Disponible
V, H ó V/H	Canal Ocupado
V, H ó V/H	Ocupación Parcial

3. PERFIL TOPOGRÁFICO

A continuación se presenta el perfil topográfico del enlace del presente proyecto. En el mismo se muestra la altura de cada una de las estaciones, altura de las antenas, Zona de Fresnel, índice K utilizado, distancia del enlace, entre otros.



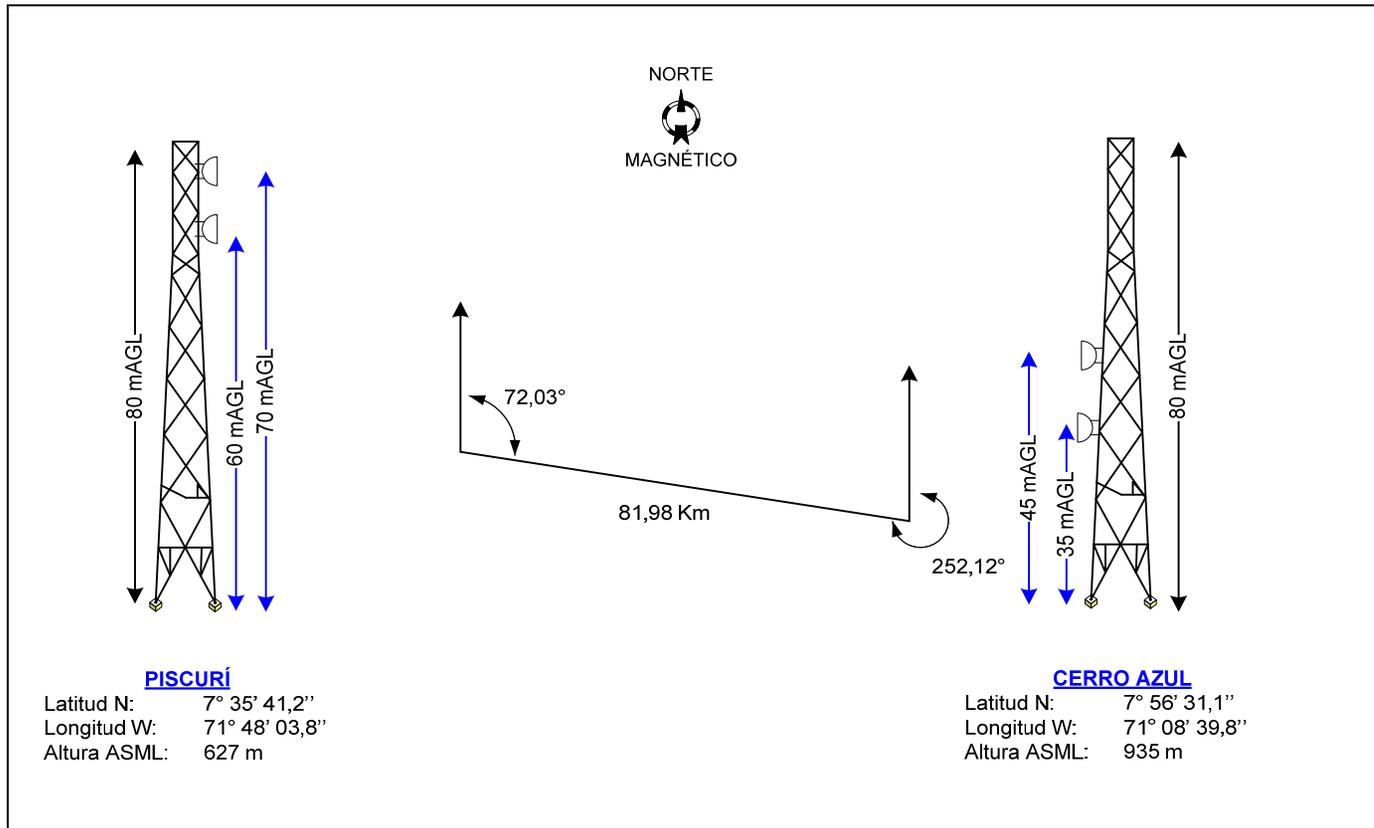
4 CÁLCULOS DE CONFIABILIDAD

A continuación se presentan los cálculos de confiabilidad del enlace. Se indican los datos de los radios y antenas a utilizar. Se presentan los resultados de propagación. Objetivo disponibilidad: 99,9664 %

	PISCURÍ	CERRO AZUL
Elevation (m)	587.64	935.27
Latitude	07 35 41.20 N	07 56 31.10 N
Longitude	071 48 03.80 W	071 08 39.80 W
True azimuth (°)	62.03	242.12
Vertical angle (°)	-0.05	-0.50
Antenna model	HPX 12-44 D1M	HPX 12-44 D1M
Antenna height (m)	70.00	45.00
Antenna gain (dBi)	42.50	42.50
Miscellaneous loss (dB)	2.75	2.75
Antenna model	XPD 12-44 D1M	XPD 12-44 D1M
Antenna height (m)	60.00	35.00
Antenna gain (dBi)	42.50	42.50
Div RX circulator loss (dB)	2.75	2.75
Frequency (MHz)	4700.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	81.98	
Free space loss (dB)	144.18	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.61	
Main net path loss (dB)	65.30	65.30
Diversity net path loss (dB)	65.30	65.30
Radio model	9681 LSY	9681 LSY
TX power (watts)	1.58	1.58
TX power (dBm)	32.00	32.00
EIRP (dBm)	71.75	71.75
RX threshold criteria	BER 10-6	BER 10-6
RX threshold level (dBm)	-72.20	-72.20
Main RX signal (dBm)	-33.30	-33.30
Diversity RX signal (dBm)	-33.30	-33.30
Thermal fade margin (dB)	38.90	38.90
Dispersive fade margin (dB)	74.00	74.00
Dispersive fade occurrence factor	1.00	
Effective fade margin (dB)	38.90	38.90
Geoclimatic factor	5.60E-06	
Grazing angle (mr)	34.89	
Path inclination (mr)	3.94	
Fade occurrence factor (Po)	1.19E-03	
Average annual temperature (°C)	24.00	
SD improvement factor	53.96	53.96
Worst month - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	7.45e-03	7.45e-03
Annual - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.03	0.03
(% - sec)	100.00000 - 0.07	

lun, abr 21 2008
PISCURI-CERRO AZUL.pl4
Reliability Method - ITU-R P.530-6
Space Diversity Method Nortel Baseband Switching

5. DIAGRAMA DE ANTENAS



6. ESTACIÓN PISCURÍ

6.1 DATOS DE LA ESTACIÓN

Fecha de la visita	20 de Septiembre de 2007
Dirección	Fundo Agropecuario Palermo, ubicado en la aldea de San Joaquín de Navay. Carretera Piscurí, municipio Fernandez Feo.
Edificio / Caseta	En la Estación existe un shelter de 5,6 x 3,5 m
Pasamuros	Existen 2 pasamuros: (1) 3x4 ductos, sin disponibilidad. (2) 4x3 ductos, sin disponibilidad.
Barras de Tierra	Barra MGB con disponibilidad.
Escalerillas	Las escalerillas internas con suficiente espacio para nuevas instalaciones.
Descripción de la Estación	Existe un Shelter de fibra de vidrio, una Caseta de concreto y una Torre autosoportada.
Tipo de acceso	Carretera de tierra. Se requiere el uso de vehículo 4x4.

DATOS DE LA TORRE

Torre / Monopolo	Torre tipo autosoportada de 80 mAGL sin descansos, de base cuadrada y estructura angular simple.
Escalerilla Vertical:	Hay una existente en la cara Oeste, la cual posee disponibilidad para la instalación.
Barras de tierra en la torre	Barras de tierra ubicadas a 4 y 30 mAGL en la cara Oeste de la torre. Presenta disponibilidad para instalación.
Barra EGB	Existe una debajo del pasamuros con disponibilidad.
Bajantes de Pararrayos	Desciende internamente por la arista Noroeste y Sureste.
Cableado de Balizaje	Baja por la arista Noreste.
Escalerilla Torre - Caseta	Existen dos escalerillas. La escalerilla a usar posee espacio para la instalación.

LINEA DE VISTA

Línea de vista	Línea de vista hacia la estación Cerro Azul a partir de los 55 mAGL
-----------------------	---

ENERGÍA

Corriente Alterna Disponible	110V / 220V
Corriente Continua Disponible	-48VDC y +24VDC
Marca y Modelo del Sistema de Energía	LORAIN
Módulos Rectificadores @24VDC	4 módulos Lorain A100F25 @ 24VDC
Total Operativo @24VDC	400 A
Consumo actual @24 VDC	62 A
Porcentaje disponible @24VDC	80% (Manteniendo una protección del 20% de su capacidad máxima)
Espacios Disponibles para Módulos @24VDC	Un espacio disponible.
Módulos Rectificadores o Conversores @ -48VDC	13 módulos MZHS3B @-48VDC; 3A c/u
Total Operativo @ -48VDC	39 A
Consumo actual @ -48 VDC	25 A.
Porcentaje Disponible @ -48VDC	20% (Manteniendo una protección del 20% de su capacidad máxima).
Espacios Disponibles para Módulos @ -48VDC	2 espacios disponibles para módulos @ -48VDC
Breakers Disponibles en el PDB @ -48VDC	8 Breakers disponibles de 1A de capacidad
Espacios Disponibles para Instalar Nuevos Breakers	Un espacio disponible
Cantidad de Breakers Necesarios	2 breakers de 30 amp @-48 Vdc
Consumo de los Nuevos Equipos	350W @ -48VDC

EQUIPOS A INSTALAR

Radio	9647 LSY configuración 2+1
Antenas	Se reutilizaran las antenas en diversidad de espacio de 3,7 m de diámetro en la arista Sureste, a 60 y 70 mAGL.

Racks	N/A
Fusiblera	N/A
Otros Equipos	2 breakers de 30 amp @-48VDC

6.2 CABLEADO Y CONECTORIZACIÓN

Cableado	Tipo de Cable	Recorrido	Conectores
Guía de Onda	Andrew EWP43	Ppal 100 m SD 90 m	ANDREW 143SEM
Cableado Coaxial	No Aplica	No Aplica	-
Cableado Tierra Guía de onda – Barra de tierra.	# 6 AWG (Verde)	45m Ppal 35m para SD	1 Terminal doble ojo #6
Alimentación DC PDB - Radio	# 14 AWG (Rojo y Negro)	8m	4 Terminal de un ojo #14
Cableado Tierra MGB – barra en rack	# 14 AWG (Verde)	8 m	
Cableado STM-1	Multicoaxial 1x 8 4.4mm	10m	4 Microsiemens 4,4 mm de 45° (lado Radio)
Manguera de presurización		8m	

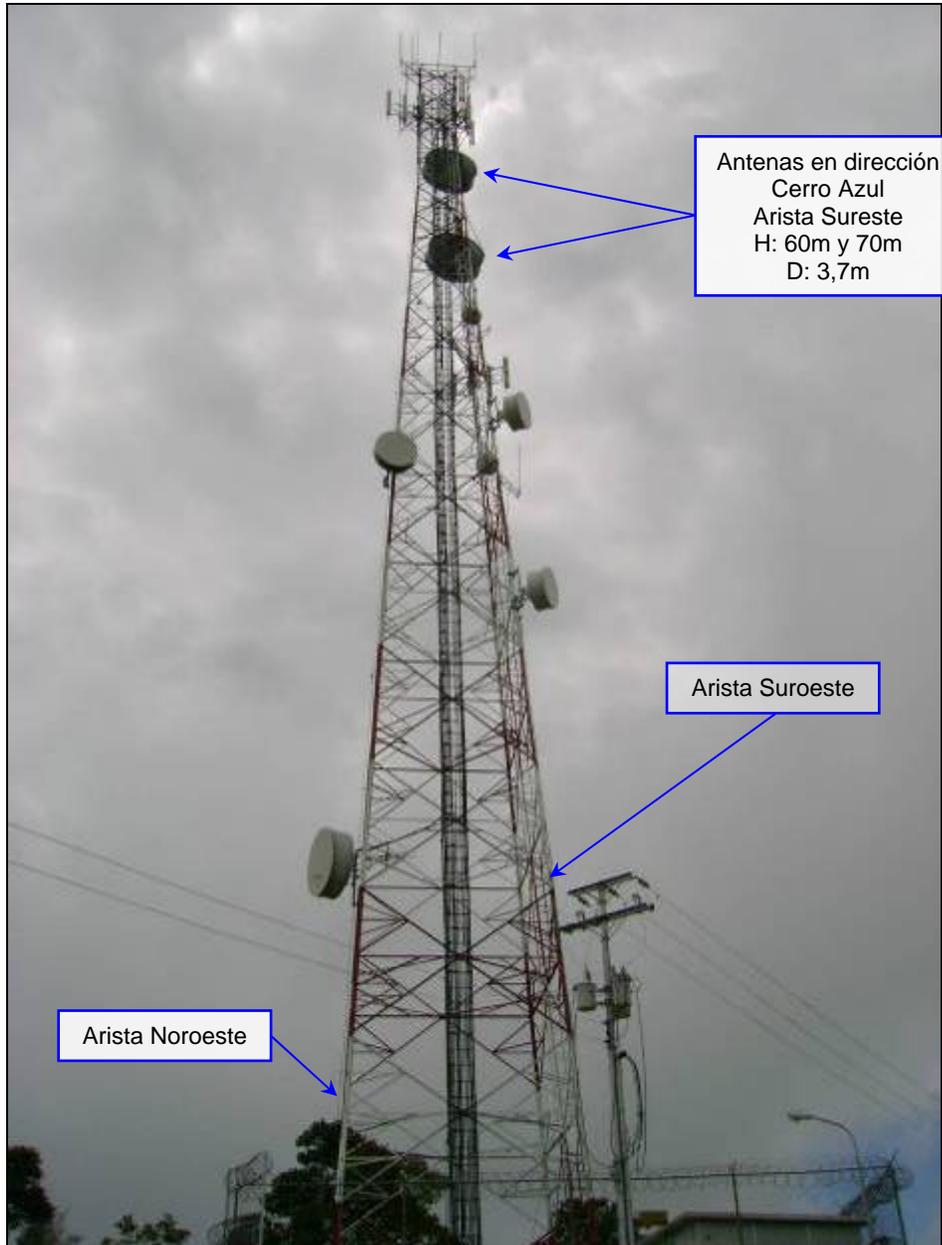
6.3 FOTOS PISCURÍ



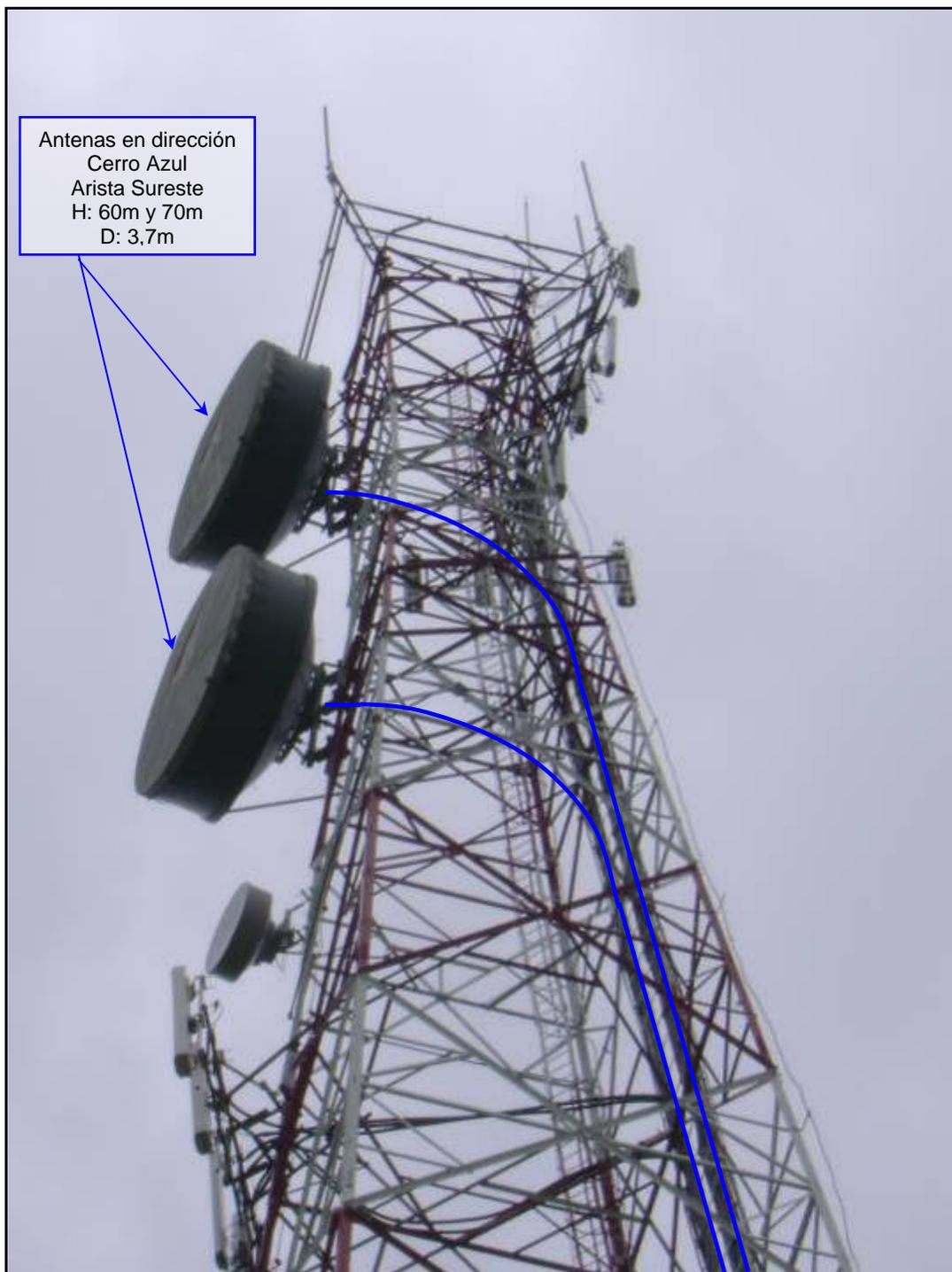
Línea de Vista desde 58mAGL dirección Cerro Azul



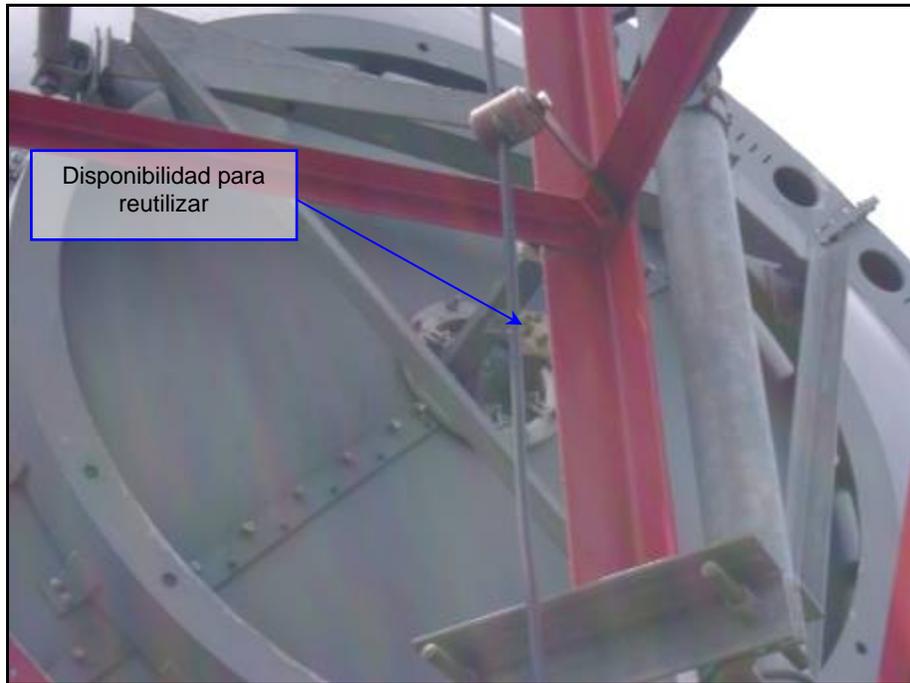
Línea de Vista dirección Cerro Azul (Zoom)



Vista de Torre a utilizar (Ángulo 1)



Vista de antenas a reutilizar dirección Cerro Azul y recorrido de guías de onda.



Vista posterior de una de las antenas a reutilizar.



Recorrido de guía de onda.



Vista exterior y Zoom de pasamuros sin disponibilidad. Se requiere una adecuación.

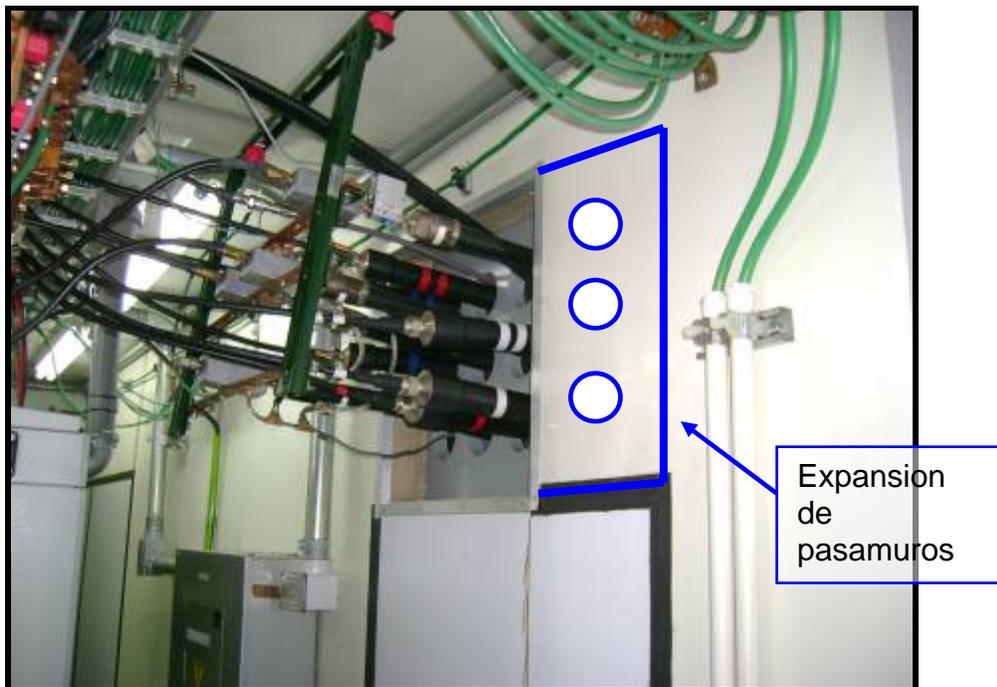
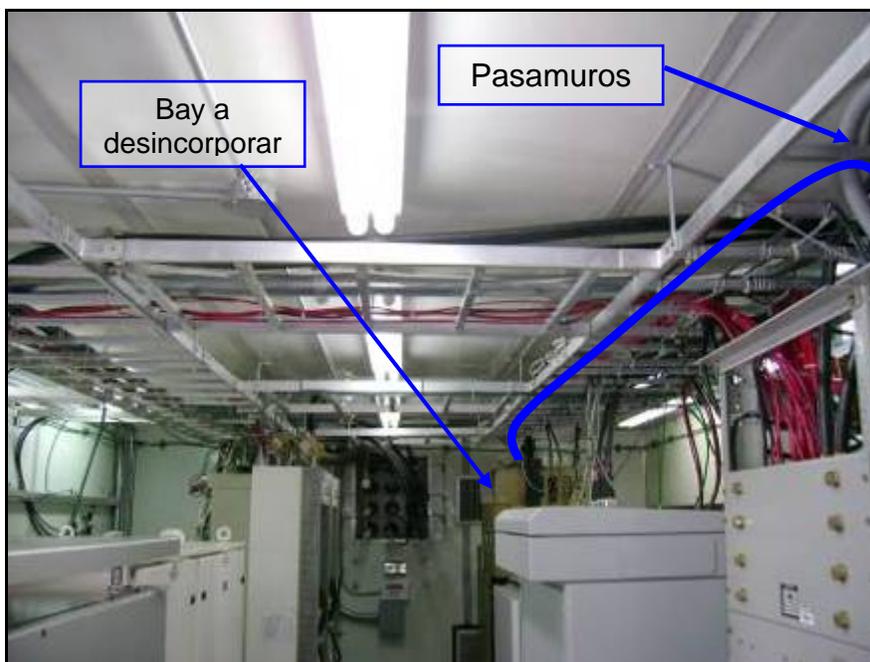


Foto 10: Vista interna de pasamuros sin disponibilidad. Se propone expandir dicho pasamuros.



Bay a desincorporar (fuera de servicio). Lugar propuesto para la instalación de radio LSY dirección PISCURI.



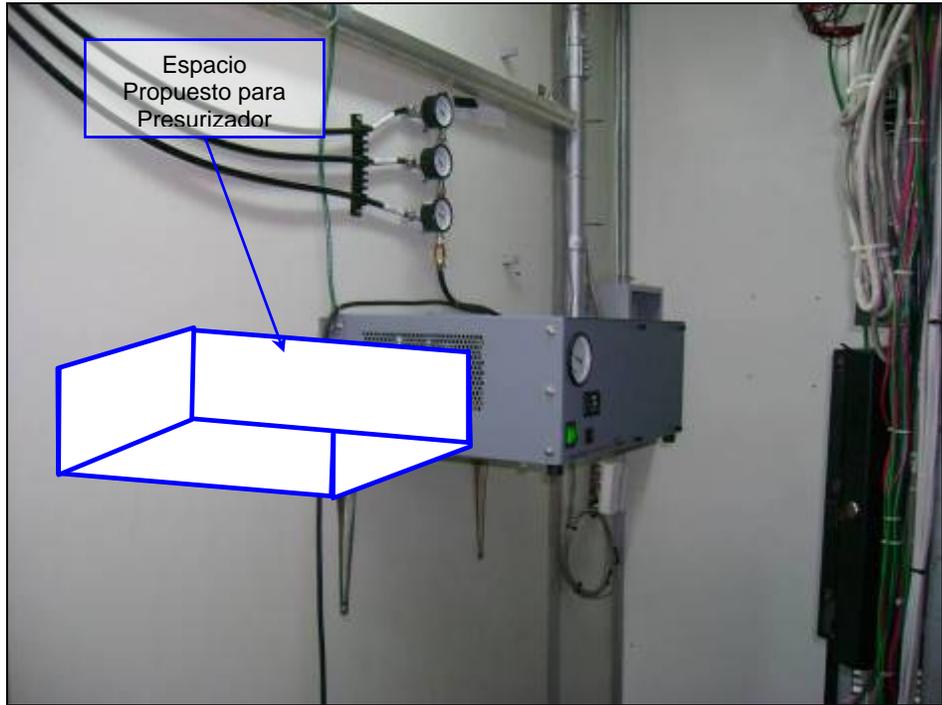
Recorrido interno de Guía de onda.



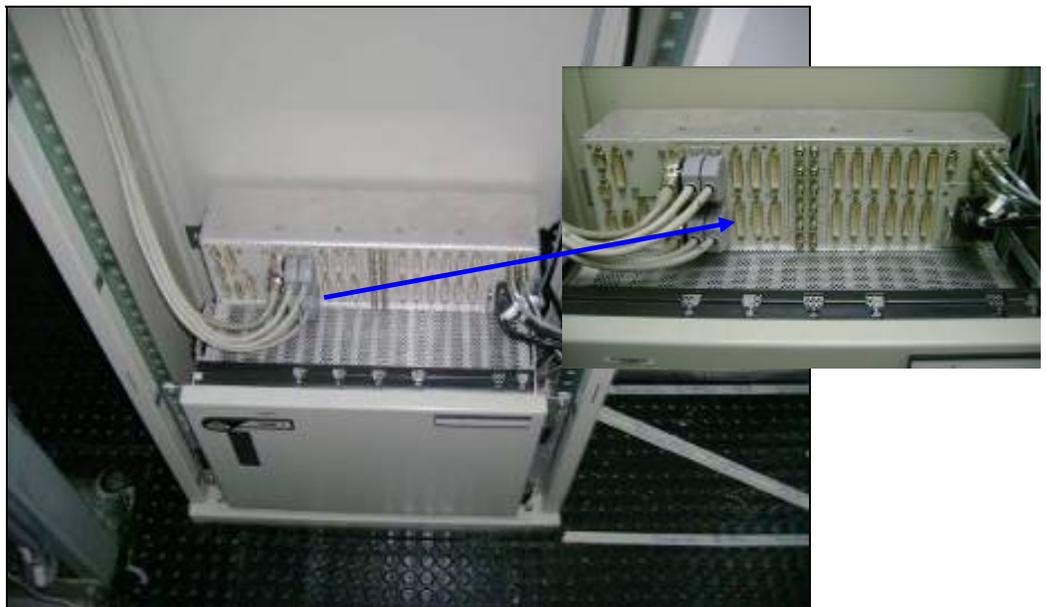
PDB LORAIN @ -48Vdc y +24Vdc. Consumo actual.



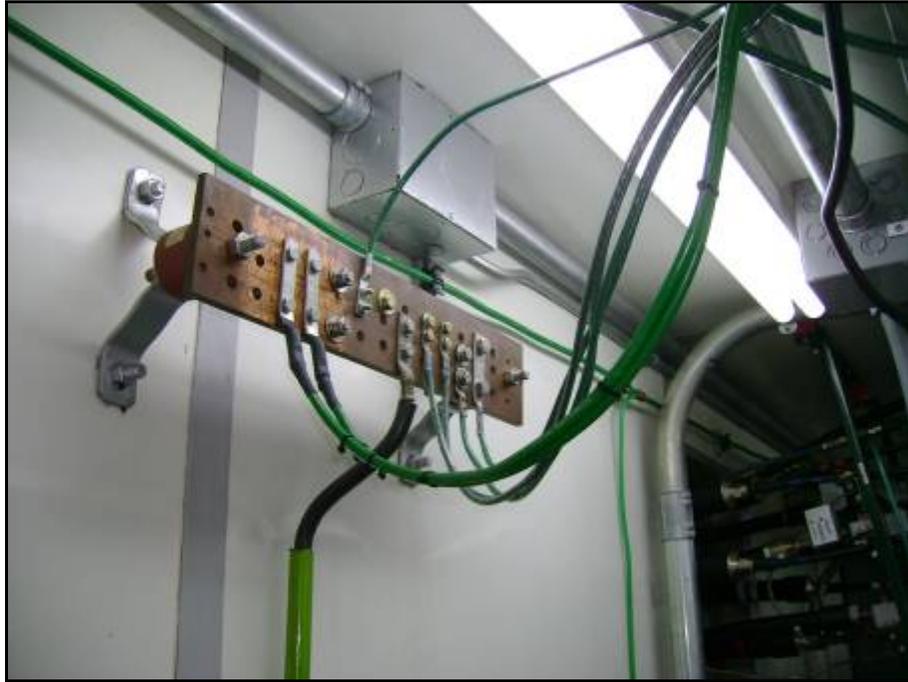
Panel de Breakers @-48Vdc



Espacio propuesto para la instalación de presurizador.



SDM 1 existente en la Estación



Barra de puesta a tierra con disponibilidad.



Vista general de la sala.

7. ESTACIÓN CERRO AZUL

7.1 DATOS DE LA ESTACIÓN

Fecha de la visita	22 de junio de 2007
Dirección	Entrada al Parque Nacional, a 500 m después del Cambur. Sector Cerro Azul.
Edificio / Caseta	Es una caseta de concreto con Motogenerador.
Pasamuros	Existen 3 pasamuros: (1) 4x3 ductos, 12 ocupado, 0 disponibles, 2 reservados (1) 4x5 ductos, 5 ocupado, 4 disponibles, 0 reservados
Barras de Tierra	2 MGB: una con 2 posiciones libres y otra con 26 posiciones libres.
Escalerillas	La escalerilla tiene suficiente espacio.
Descripción de la Estación	Esta estación tiene una sala de radios, una Sala de Motogenerador y una torre autosoportada.
Tipo de acceso	Carretera de Tierra. Se requiere el uso de vehículo 4 x 4.

DATOS DE LA TORRE

Torre / Monopolo	Torre tipo autosoportada, de 80 mAGL, de base cuadrada y estructura angular simple.
Escalerilla Vertical:	Una escalerilla con disponibilidad, ubicada en la cara este de la torre.
Barras de tierra en la torre	Hay 2 barras de tierra, una a 6 mAGL y otra a 45 mAGL, ubicadas en cara este de la torre. Ambas tienen espacio suficiente.
Barra EGB	Existe una debajo de cada pasamuros, presentan disponibilidad para la instalación.
Bajantes de Pararrayos	Descienden por las aristas Sureste y Noroeste.
Cableado de Balizaje	Desciende por la arista Noreste.
Escalerilla Torre – Caseta	Existen una con espacio suficiente para la instalación.

LINEA DE VISTA

Línea de vista	Línea de Vista hacia la Estación Piscurí a partir de 29 mAGL.
-----------------------	---

ENERGÍA

Corriente Alterna Disponible	110V / 220V
Corriente Continua Disponible	+24VDC y -48VDC
Marca y Modelo del Sistema de Energía	Lorain 1211A2
Módulos Rectificadores @24VDC	Lorain: 6 módulos @+24VDC (2 fuera de uso)
Total Operativo @ 24VDC	Lorain: 400 A
Consumo actual @ 24 VDC	Lorain 110 A
Porcentaje Disponible @ 24VDC	Lorain: 65 % (Manteniendo una protección del 20% de su capacidad máxima)
Espacios Disponibles para Módulos @ 24VDC	Dos espacios, ya que existen 2 módulos fuera de uso.
Módulos Rectificadores o Conversores @ -48VDC	15 rectificadores MZH5A3B @ 3 A
Total Operativo @ -48VDC	45 A
Consumo actual @ -48VDC	PDB no indica ese consumo. Display dañado.
Porcentaje Disponible @ -48VDC	-
Espacios Disponibles para Módulos @-48VDC	Ningún espacio disponible
Breakers Disponibles en el PDB @-48VDC	9 Brakers disponibles
Espacios Disponibles para Instalar Nuevos Breakers	Ningún espacio disponible
Cantidad de Breakers Necesarios	2 breakers de 30 amp @ -48 Vdc
Consumo de los Nuevos Equipos	350W @ -48VDC

EQUIPOS A INSTALAR

Radio	9647 LSY configuración 2+1
Antenas	Antenas a reutilizar instaladas en la arista SO, ubicadas a 35 y 45 mAGL en dirección Cerro Azul.
Racks	N/A
MUX	N/A
Fusiblera	N/A

Otros Equipos	2 breakers de 30 A @ -48vdc del panel de distribución de breakers.
---------------	--

7.2 CABLEADO Y CONECTORIZACIÓN

Cableado	Tipo de Cable	Recorrido	Conectores
Guía de Onda	Andrew EWP43	Ppal 75 m SD 65 m	ANDREW 143SEM
Cableado Coaxial	Coaxial ¼	N/A	N/A
Cableado Tierra Guía de onda – Barra de tierra.	# 6 AWG (Verde)	8m Ppal 35m para SD	1 Terminal de un ojo #6 1 Terminal doble ojo #6
PDB - Radio	# 14 AWG (Rojo y Negro)	10m	4 Terminales de un ojo #14
Cableado Tierra MGB – barra en rack	# 14 AWG (Verde)	12m	
Cableado STM-1	Multicoaxial 1x 8 4.4mm	7m	Microsiemens 4,4 mm de 45° (lado Radio)
Manguera de Presurización		8m	

7.3 FOTOS CERRO AZUL



Vista general de la estación CERRO AZUL.



Línea de Vista dirección PISCURI



Línea de Vista dirección PISCURI (Zoom)

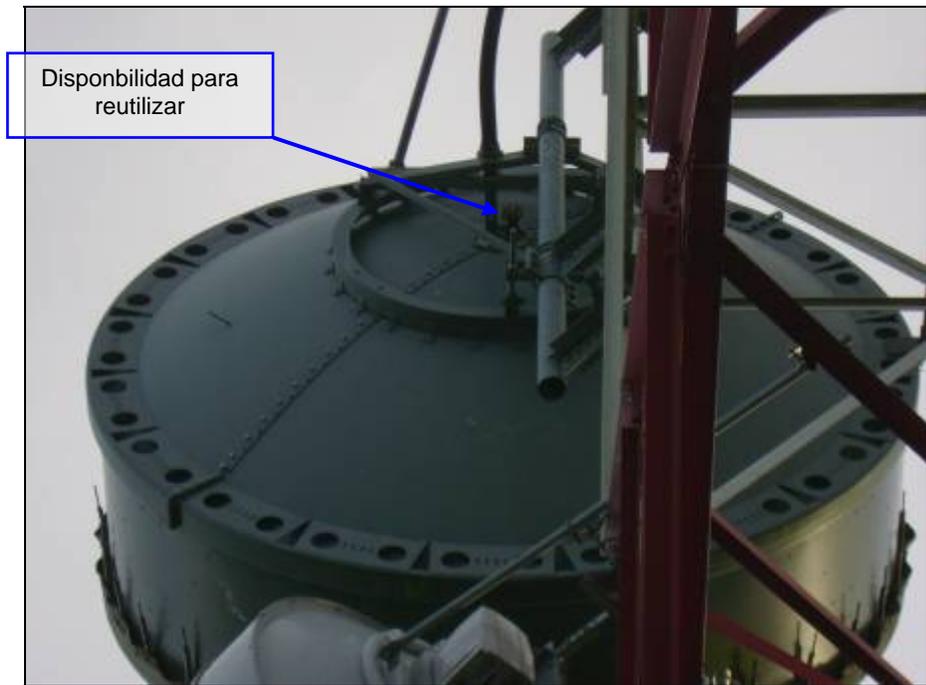


Antenas en dirección
Piscurí
Arista Suroeste
H: 35m y 45m
D: 3,7m

Vista de la torre y antenas existentes hacia Piscurí.

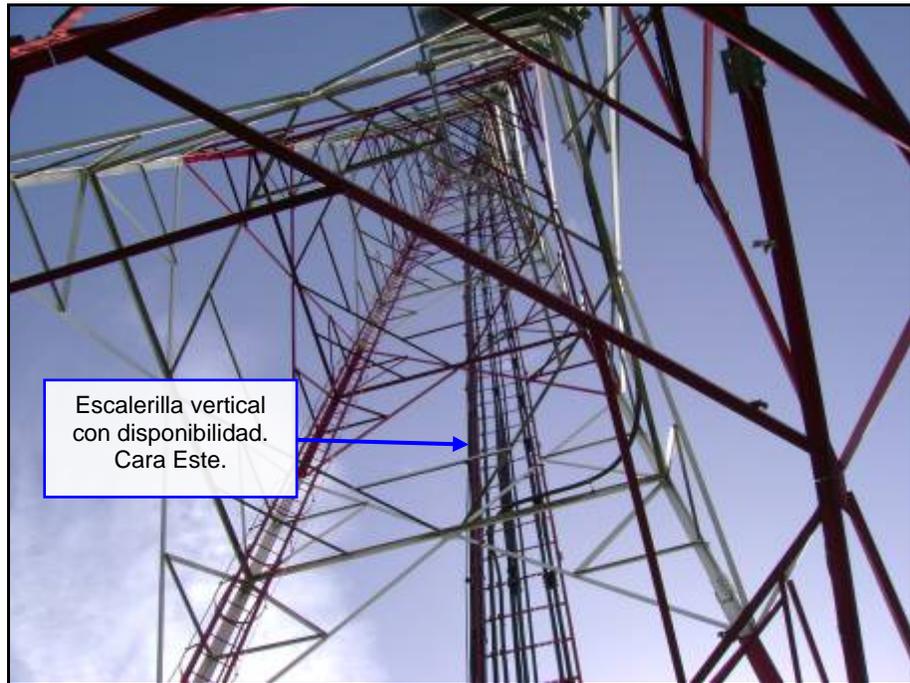


Vista de antenas existentes hacia Piscurí (Zoom)



Disponibilidad para reutilizar

Vista posterior de una de las antenas instaladas hacia Piscurí

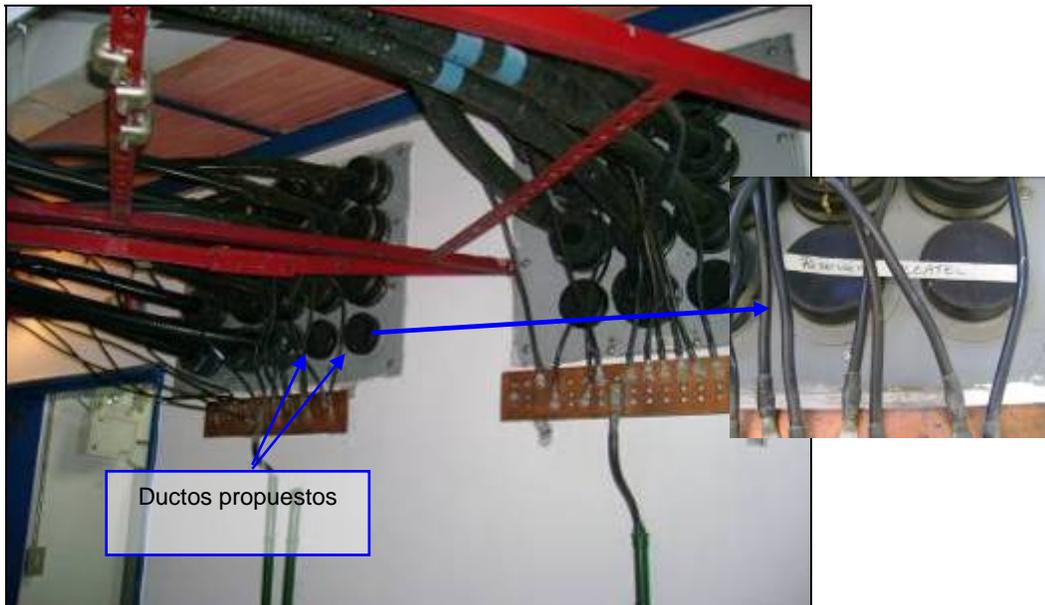


Escalerilla vertical con disponibilidad. Cara Este.

Vista posterior de la escalerilla vertical de la torre.



Vista de la escalerilla Torre-caseta / Recorrido de Guía de Onda



Vista exterior de pasamuros y barras EGB. Zoom ductos propuestos.



Foto 30: Espacio reservado para radio LSY dirección Piscuri.



Vista general de PDB Lorain a utilizar, vista de display dañado y módulos @-48Vdc.



Vista general de panel de breakers.



Presurizador existente en la sala. Se deben agregar 2 nuevas boquillas para la instalación.



Barra MGB en la sala



Vista general de la sala.

8. TABLA RESUMEN DEL SISTEMA

	PISCURÍ	CERRO AZUL
COORDENADAS	Fundo Agropecuario Palermo, ubicado en la aldea de San Joaquín de Navay. Carretera Piscurí, municipio Fdez Feo	Entrada al Parque Nacional, a 500 m después del Cambur. Sector Cerro Azul.
LATITUD	7° 35' 41,2"	7° 56' 31,1"
LONGITUD	71° 48' 03,8"	71° 08' 39,8"
ALTURA (msnm)	627 m	935 m
EQUIPOS		
FABRICANTE	Alcatel	Alcatel
MODELO	9647 LSY	9647 LSY
CONFIGURACION	2+1	2+1
POTENCIA (dBm)	32	32
ANTENAS		
FABRICANTE	ANDREW	ANDREW
MODELO	HPX 12-44 D1M	HPX 12-44 D1M
DIAMETRO (metros)	3,7 m	3,7 m
GANANCIA (dBi)	42,5	42,5
ALTURA (metros)	Ppal: 70 mAGL SD: 60Magl	Ppal: 45 mAGL SD: 35 mAGL
ARISTA	Sureste	Suroeste
AZIMUT	72,03°	252,12°
POLARIZACION A UTILIZAR	V	V
ALIMENTADORES		
FABRICANTE	Andrew	Andrew
MODELO	EWP43	EWP43
GUIA DE ONDA PRINCIPAL (m)	100	75
GUIA DE ONDA DIVERSIDAD (m)	90	65
FRECUENCIAS		
ANCHO DE BANDA	40 Mhz	40 Mhz
REC. ITU-R, BANDA	Rec.1099 Anexo	Rec.1099 Anexo 1

Datum de coordenadas: Provisional South Americam 1956

[ANEXO 4]

INGENIERÍA DE DETALLE
ENLACE SDH
CERRO AZUL – SOCOPO

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe describe los estudios de ingeniería realizados por Alcatel – Lucent de Venezuela en el mes de septiembre del 2007 para la instalación del enlace Cerro Azul - Socopó de la empresa MOVISTAR.

Este enlace constituirá un sistema SDH utilizando un radio Alcatel modelo 9681 LSY (STM-1), configuración 2+1 en la banda 8 GHz, utilizando la canalización de la recomendación ITU-R 386-4 (8 Baja) ó ITU-R 386-4. Anexo 3 (8 Alta), la cual es avalada por CONATEL.

Los estudios de campo realizados están compuestos por los Barridos de Frecuencia (Espectrometría): para verificar la disponibilidad de los canales en la banda a utilizar; el Site Survey: para chequear las condiciones de propagación y línea de vista; y la Ingeniería de Detalles: para anticipar las adecuaciones necesarias de infraestructura y energía y además reservar los espacios previstos para la instalación.

Las visitas a las estaciones fueron realizadas por Channiel Landaeta, Francisco González y Luis Manuel Blanco por Alcatel – Lucent. Esta visita se realizó sin la presencia de personal de MOVISTAR.

2. BARRIDOS DE FRECUENCIA

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los barridos de frecuencias o estudios de espectrometría que se realizaron en cada una de las estaciones.

Las mediciones tomadas en campo, se realizaron en cada una de las estaciones durante condiciones climáticas de cielo despejado y sin lluvia en ambas estaciones.

Las incidencias de frecuencias se presentan en tablas, las cuales indican la procedencia de cada una de las señales encontradas, potencia medida, polarización, etc., y en las mismas se calcula la potencia isotrópica de cada una de las señales.

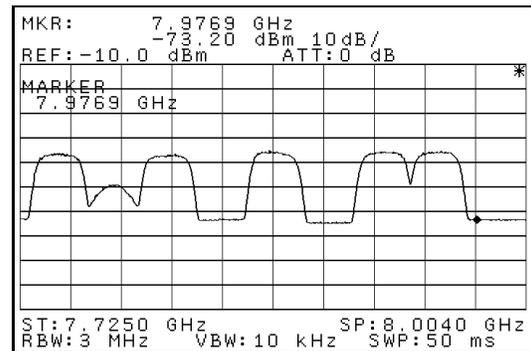
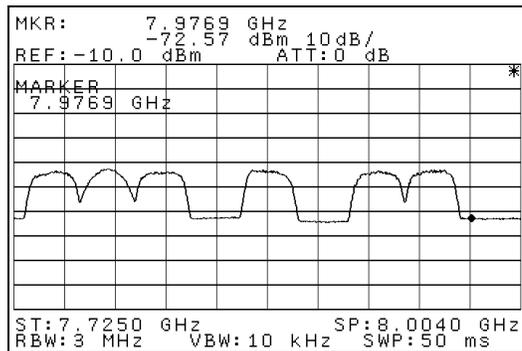
Por medio de dichos resultados se puede establecer y/o verificar las frecuencias a utilizar en el enlace.

2.1 PLOTS DE LOS BARRIDOS

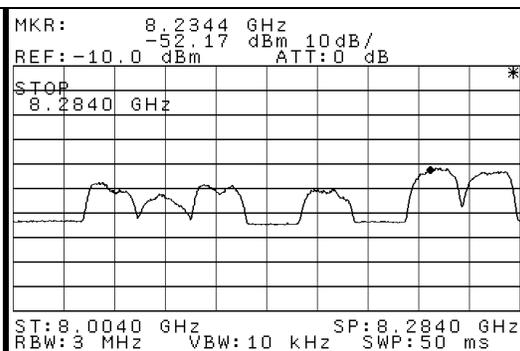
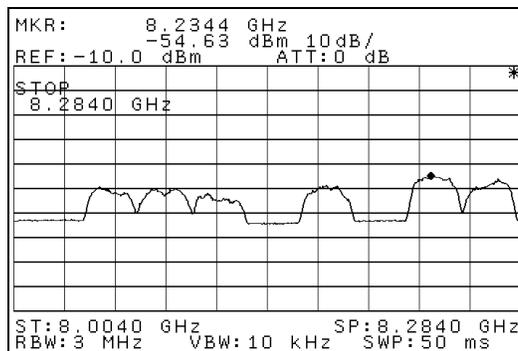
ESTACIÓN CERRO AZUL, 8 GHz

POLARIZACIÓN VERTICAL

POLARIZACIÓN HORIZONTAL



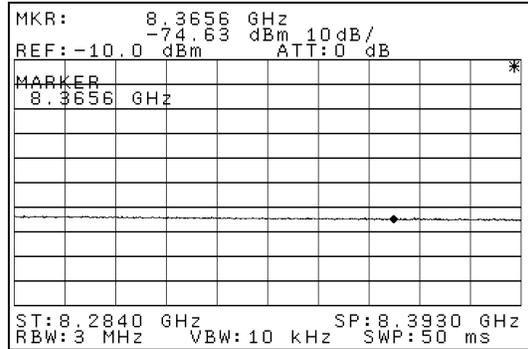
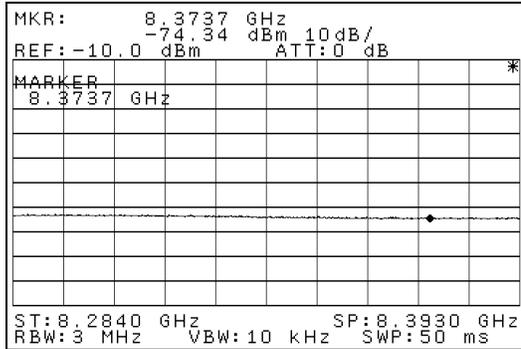
Barrido 1: 360°. Banda 8 (BAJA), VISTA DE LOS CANALES DEL 1 AL 8



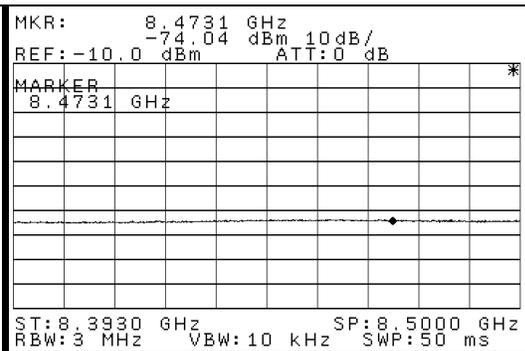
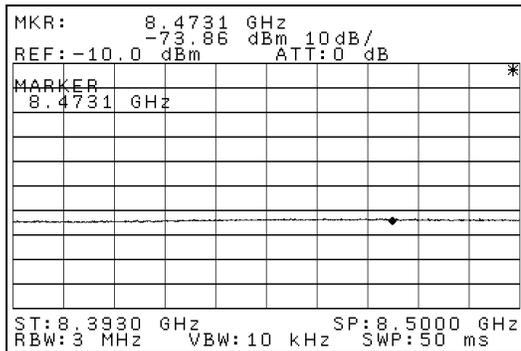
Barrido 2: 360°. Banda 8 (BAJA), VISTA DE LOS CANALES DEL 1' AL 8'

POLARIZACIÓN VERTICAL

POLARIZACIÓN HORIZONTAL



Barrido 3: 360°. Banda 8 (ALTA) GHz, VISTA DE LOS CANALES DEL 1 AL 6

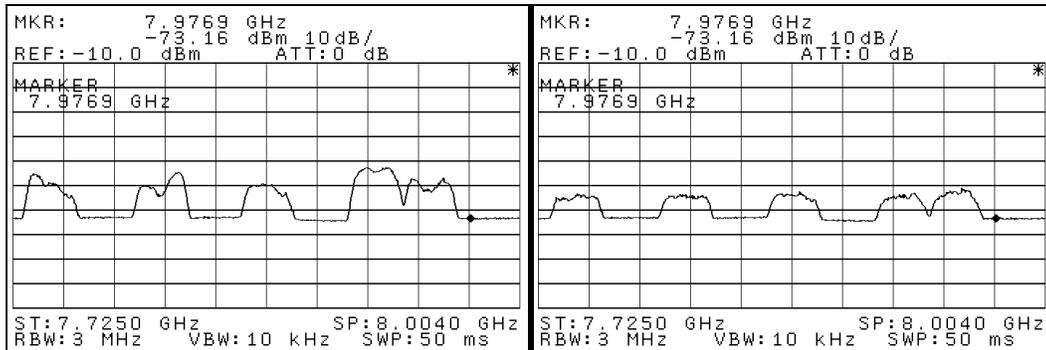


Barrido 4: 360°. Banda 8 (ALTA) GHz, VISTA DE LOS CANALES DEL 1' AL 6'

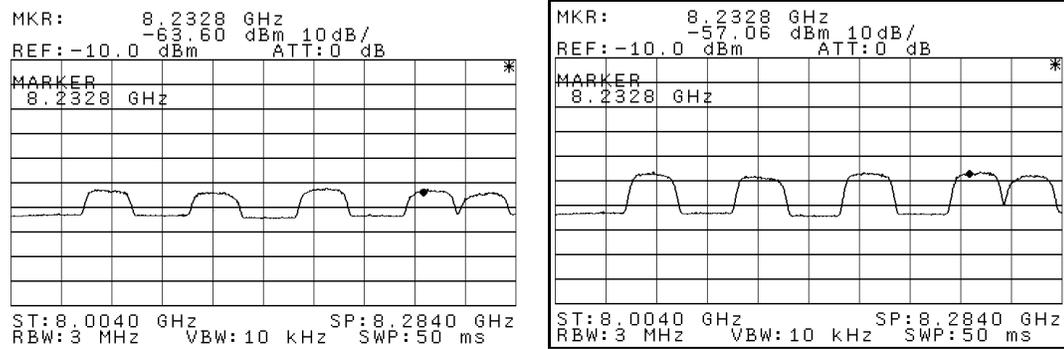
ESTACIÓN SOCOPÓ, 8 GHz

POLARIZACIÓN VERTICAL

POLARIZACIÓN HORIZONTAL



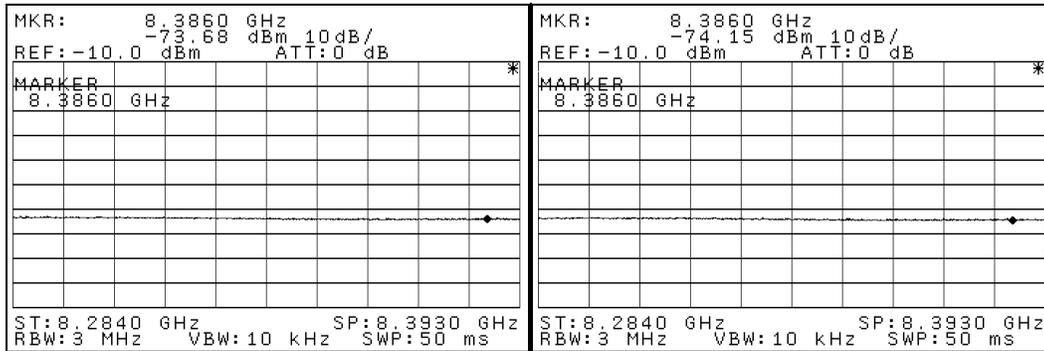
Barrido 1: 360°. Banda 8 (BAJA), VISTA DE LOS CANALES DEL 1 AL 8



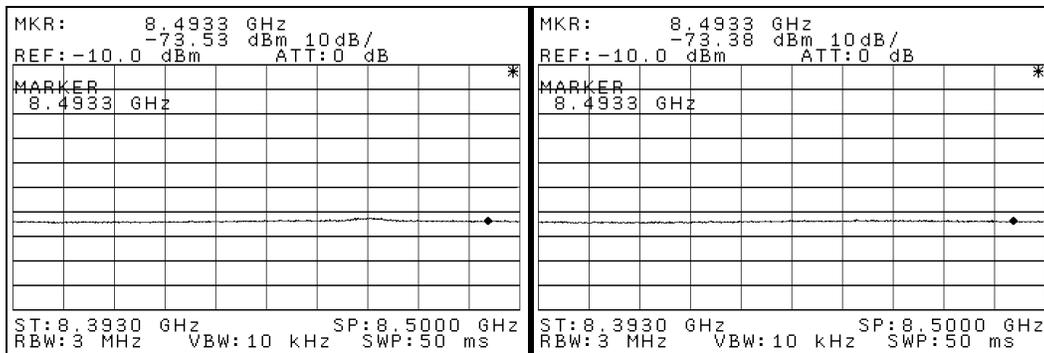
Barrido 2: 360°. Banda 8 (BAJA), VISTA DE LOS CANALES DEL 1' AL 8'

POLARIZACIÓN VERTICAL

POLARIZACIÓN HORIZONTAL



Barrido 3: 360°. Banda 8 (ALTA) GHz, VISTA DE LOS CANALES DEL 1 AL 6



Barrido 4: 360°. Banda 8 (ALTA) GHz, VISTA DE LOS CANALES DEL 1' AL 6'

2.2 TABLAS RESUMEN BANDA 8 GHz

2.2.1 CERRO AZUL

Tabla 1.1: Tabla resumen Cerro Azul 8 GHz

CERRO AZUL - SOCOPO										
ESTACIÓN: CERRO AZUL					FECHA: Martes, 18 de Septiembre de 2007					
Lugar: 46m AGL										
Banda: 8GHz (L) 7,725 - 8,275GHz					Rec. ITU: 386-4					
Antena: Narda - 612A					Ganancia: 17 dBi					
Cables: 1,5 m					Pérdidas: 3 dB					
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de espectro: Anritsu 9KHz - 40GHz					Ancho de Banda de Res.: 300KHz					

N°	Señales			Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal isotrópico [dBm]		Comentarios
	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	7747	1	70°	-54	-48	30	30	-98	-92	
2	7777	2	120°	-54	-60	30	30	-98	-104	
3	7807	3	70°	-54	-48	30	30	-98	-92	
4	7866	5	70°	-54	-47	30	30	-98	-91	
5	7925	7	70°	-54	-47	30	30	-98	-91	
6	7955	8	70°	-54	-47	30	30	-98	-91	
7	8059	1'	70°	-60	-58	30	30	-104	-102	
8	8089	2'	120°	-60	-62	30	30	-104	-106	
9	8118	3'	70°	-63	-59	30	30	-107	-103	
10	8177	5'	70°	-60	-60	30	30	-104	-104	
11	8236	7'	70°	-54	-52	30	30	-98	-96	
12	8266	8'	70°	-53	-52	30	30	-97	-96	

Tabla 1.2: Tabla resumen Cerro Azul 8 GHz (alta)

CERRO AZUL - SOCOPO										
ESTACIÓN: CERRO AZUL					FECHA: Martes, 18 de Septiembre de 2007					
Lugar: 46m AGL										
Banda: 8GHz (H) 8,275 - 8,500 GHz					Rec. ITU: 386-4					
Antena: Narda - 612A					Ganancia: 17 dBi					
Cables: 1,5 m					Pérdidas: 3 dB					
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de espectro: Anritsu 9KHz - 40GHz					Ancho de Banda de Res.: 300KHz					

N°	Señales			Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal	
	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. V

NO SE ENCONTRARON PORTADORAS EN ESTA SUB-BANDA

2.2.2 SOCOPO

Tabla 1.3: Tabla resumen Socopó 8 GHz (baja)

CERRO AZUL - SOCOPO										
ESTACIÓN: SOCOPO					FECHA: Miércoles, 19 de Septiembre de 2007					
Lugar: 30m AGL										
Banda: 8GHz (L) 7,725 - 8,275GHz					Rec. ITU: 386-4					
Antena: Narda - 612A					Ganancia: 17 dBi					
Cables: 1,5 m					Pérdidas: 3 dB					
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de espectro: Anritsu 9KHz - 40GHz					Ancho de Banda de Res.: 300Khz					

N°	Señales			Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal isotrópico [dBm]		Comentarios
	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	7747	1	250°	-56	-64	30	28	-100	-108	
2	7807	3	250°	-56	-64	30	28	-100	-108	
3	7866	5	250°	-60	-64	30	28	-104	-108	
4	7925	7	250°	-53	-64	30	28	-97	-108	
5	7955	8	250°	-58	-62	30	28	-102	-106	
6	8059	1'	250°	-63	-57	28	30	-107	-101	
7	8118	3'	250°	-63	-57	28	30	-107	-101	
8	8177	5'	250°	-63	-57	28	30	-107	-101	
9	8236	7'	250°	-63	-57	28	30	-107	-101	
10	8266	8'	250°	-63	-57	28	30	-107	-101	

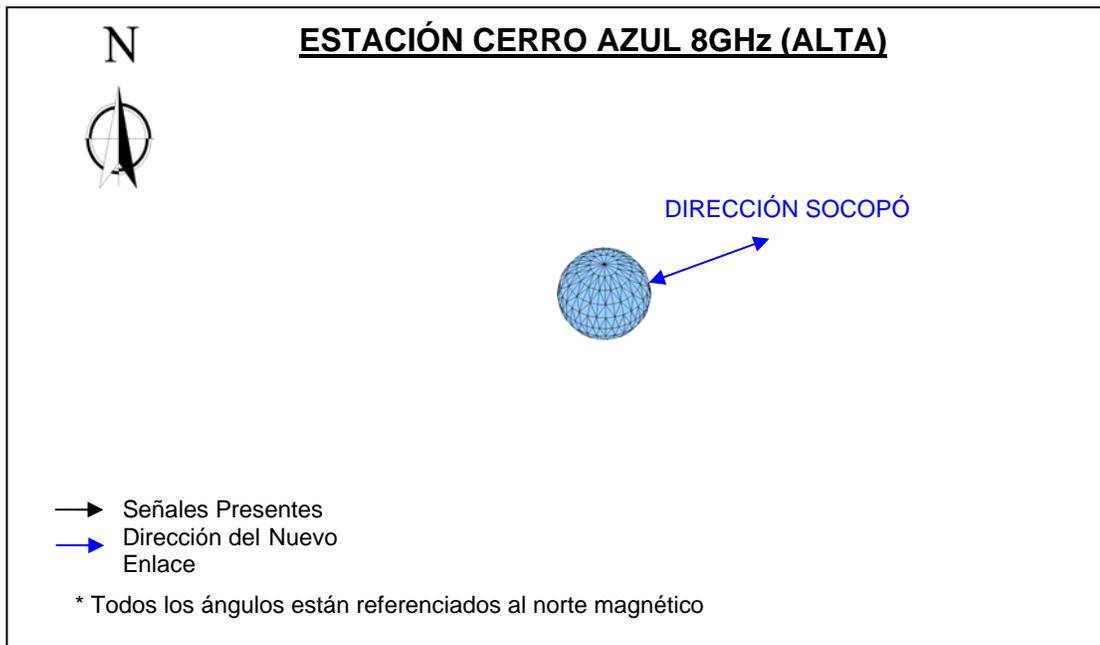
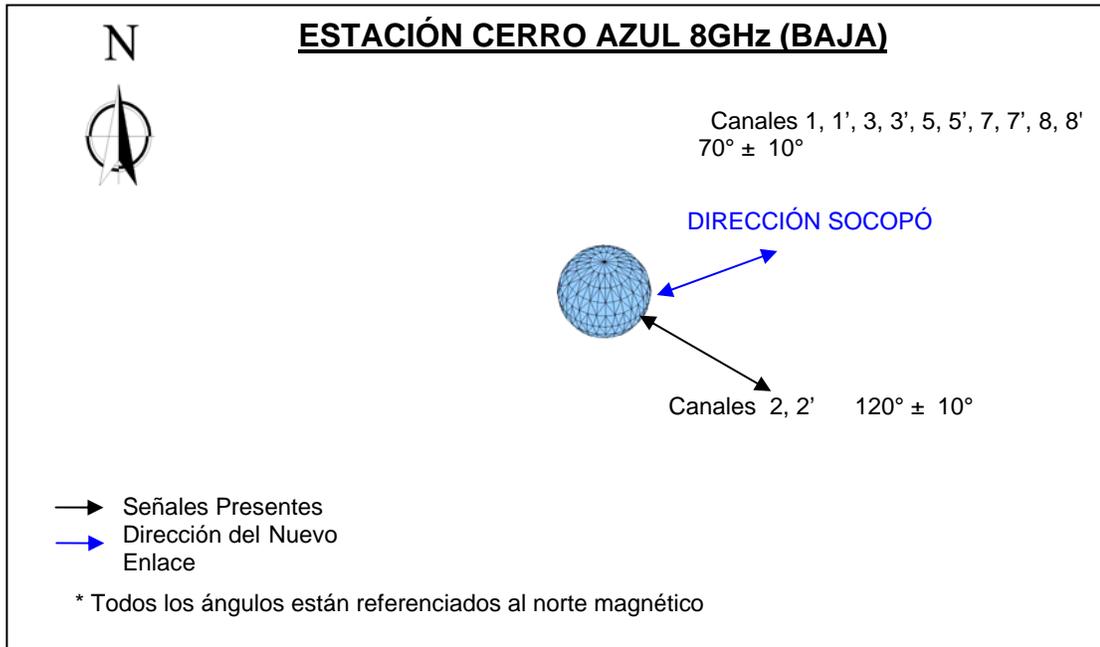
Tabla 1.4: Tabla resumen Socopó 8 GHz (alta)

CERRO AZUL - SOCOPO										
ESTACIÓN: SOCOPO					FECHA: Miércoles, 19 de Septiembre de 2007					
Lugar: 30m AGL										
Banda: 8GHz (H) 8,275 - 8,500 GHz					Rec. ITU: 386-4					
Antena: Narda - 612A					Ganancia: 17 dBi					
Cables: 1,5 m					Pérdidas: 3 dB					
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de espectro: Anritsu 9KHz - 40GHz					Ancho de Banda de Res.: 300Khz					

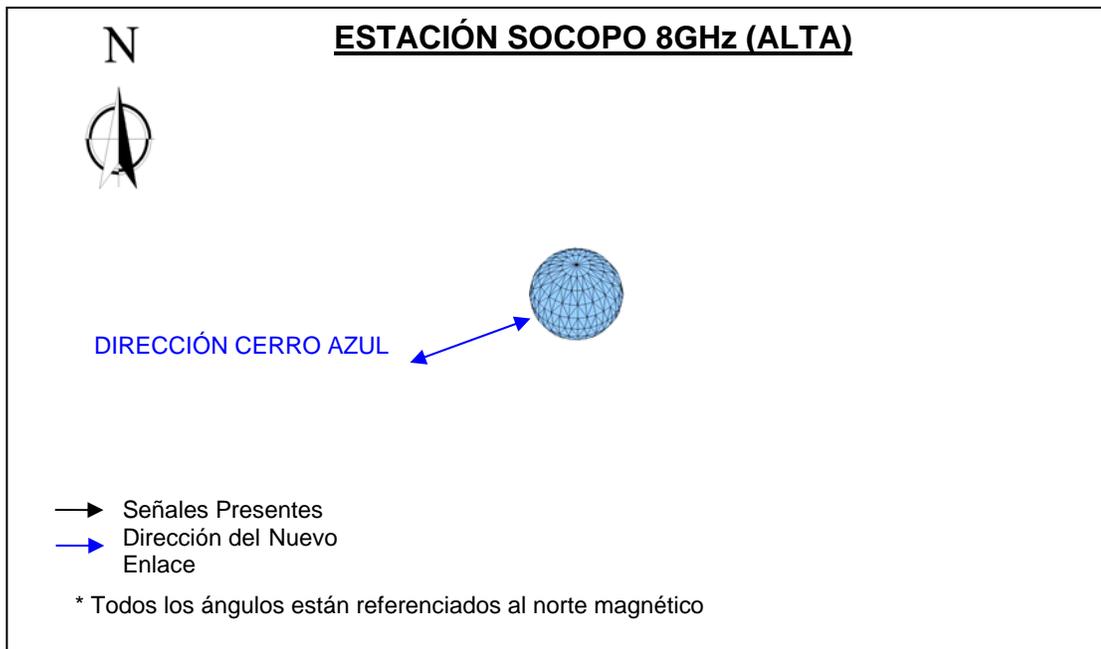
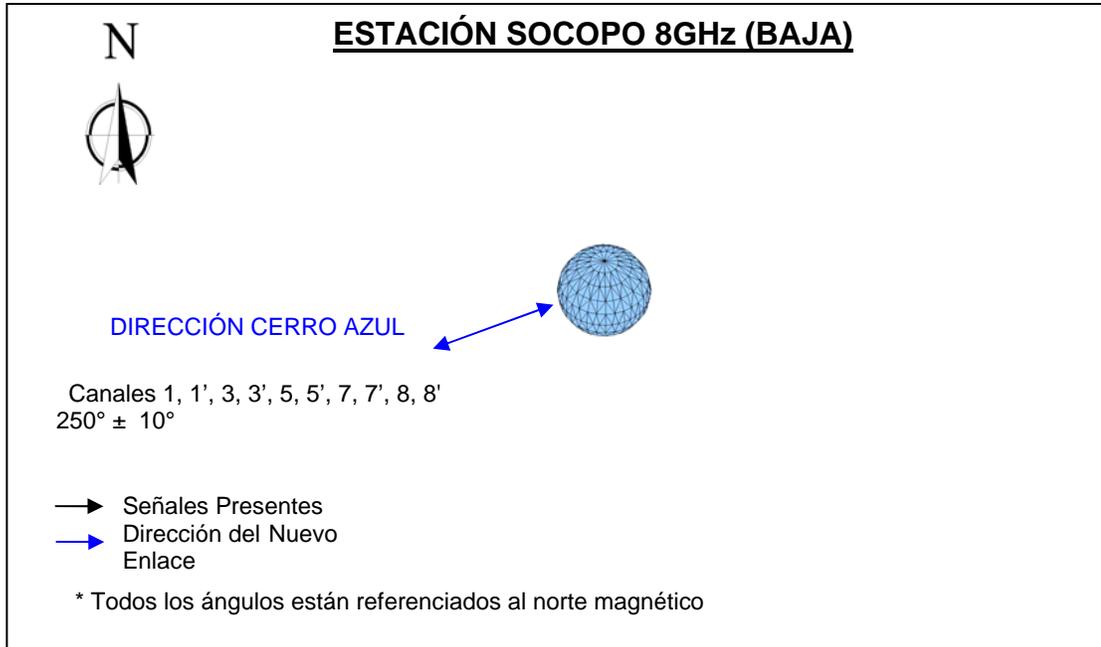
N°	Señales			Nivel de señal medido [dBm]		BW de la señal [MHz]		Nivel de señal	
	Frec. [MHz]	Canal	Azimuth	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. V
NO SE ENCONTRARON PORTADORAS EN ESTA SUB-BANDA									

2.3 DIAGRAMAS AZIMUTALES DE INCIDENCIAS

2.3.1 Estación Cerro Azul



2.3.2 ESTACION SOCOPO



2. 4 ESQUEMA DE OCUPACION DE CANALES

Tabla 1.5: Ocupación de canales 1 al 8 y 1' al 8' CERRO AZUL 8GHz (L)

CERRO AZUL

8GHz (L) ITU 386-4	1	2	3	4	5	6	7	8
	V/H	V/H	V/H		V/H		V/H	V/H
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
	V/H	V/H	V/H		V/H		V/H	V/H

Tabla 1.6: Ocupación de canales 1 al 6 y 1' al 6' CERRO AZUL 8GHz (H)

CERRO AZUL

8GHz (H) ITU 386-4	1	2	3	4	5	6
	1'	2'	3'	4'	5'	6'

Tabla 1.7: Ocupación de canales 1 al 8 y 1' al 8' SOCOPO 8GHz (L)

SOCOPO

8GHz (L) ITU 386-4	1	2	3	4	5	6	7	8
	V/H		V/H		V/H		V/H	V/H
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
	V/H		V/H		V/H		V/H	V/H

Tabla 1.8: Ocupación de canales 1 al 6 y 1' al 6' SOCOPO 8GHz (H)

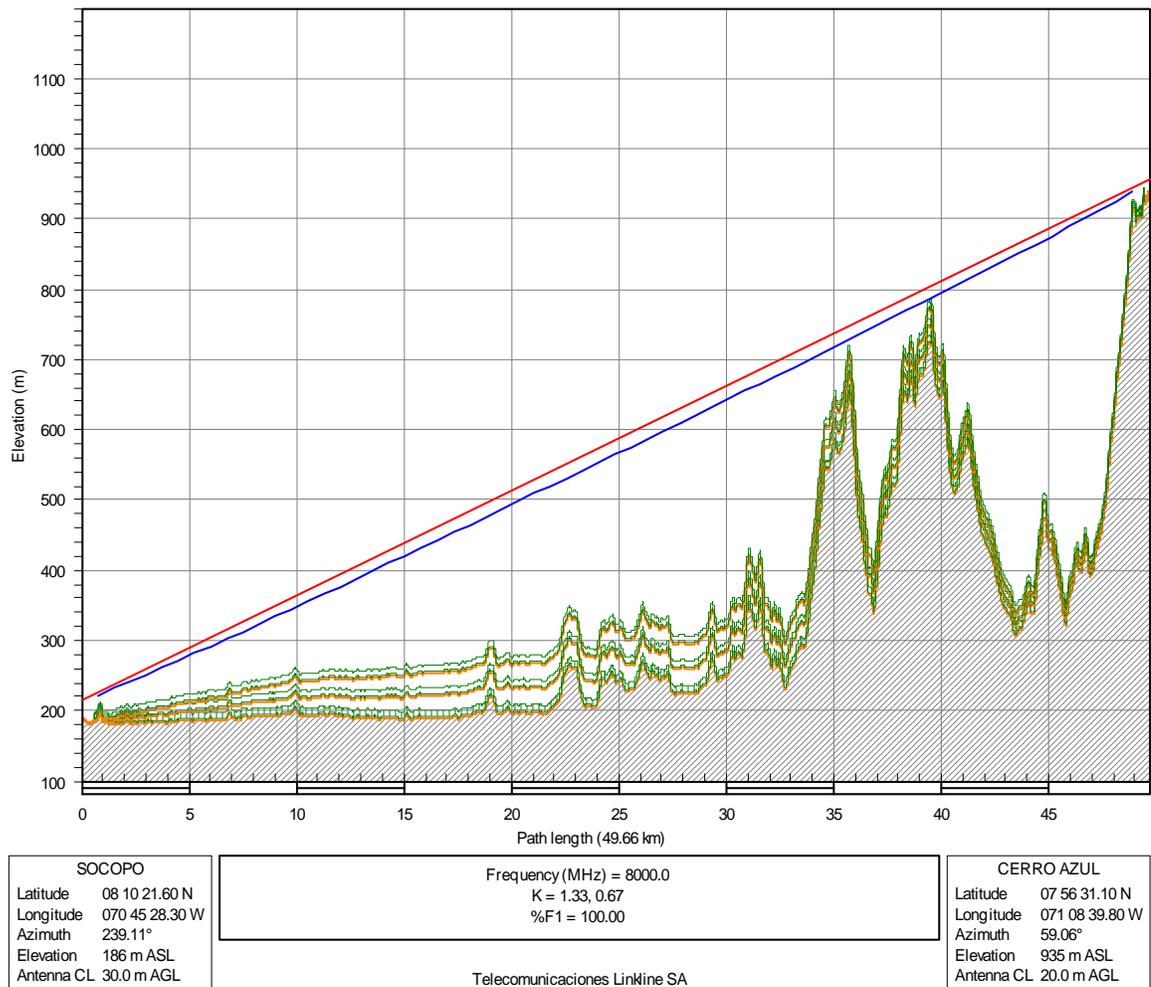
SOCOPO

8GHz (H) ITU 386-4	1	2	3	4	5	6
	1'	2'	3'	4'	5'	6'

	Canal Disponible
V, H ó V/H	Canal Ocupado
V, H ó V/H	Ocupación Parcial

3. PERFIL TOPOGRÁFICO

A continuación se presenta el perfil topográfico del enlace del presente proyecto. En el mismo se muestra la altura de cada una de las estaciones, altura de las antenas, Zona de Fresnel, índice K utilizado, distancia del enlace, entre otros.



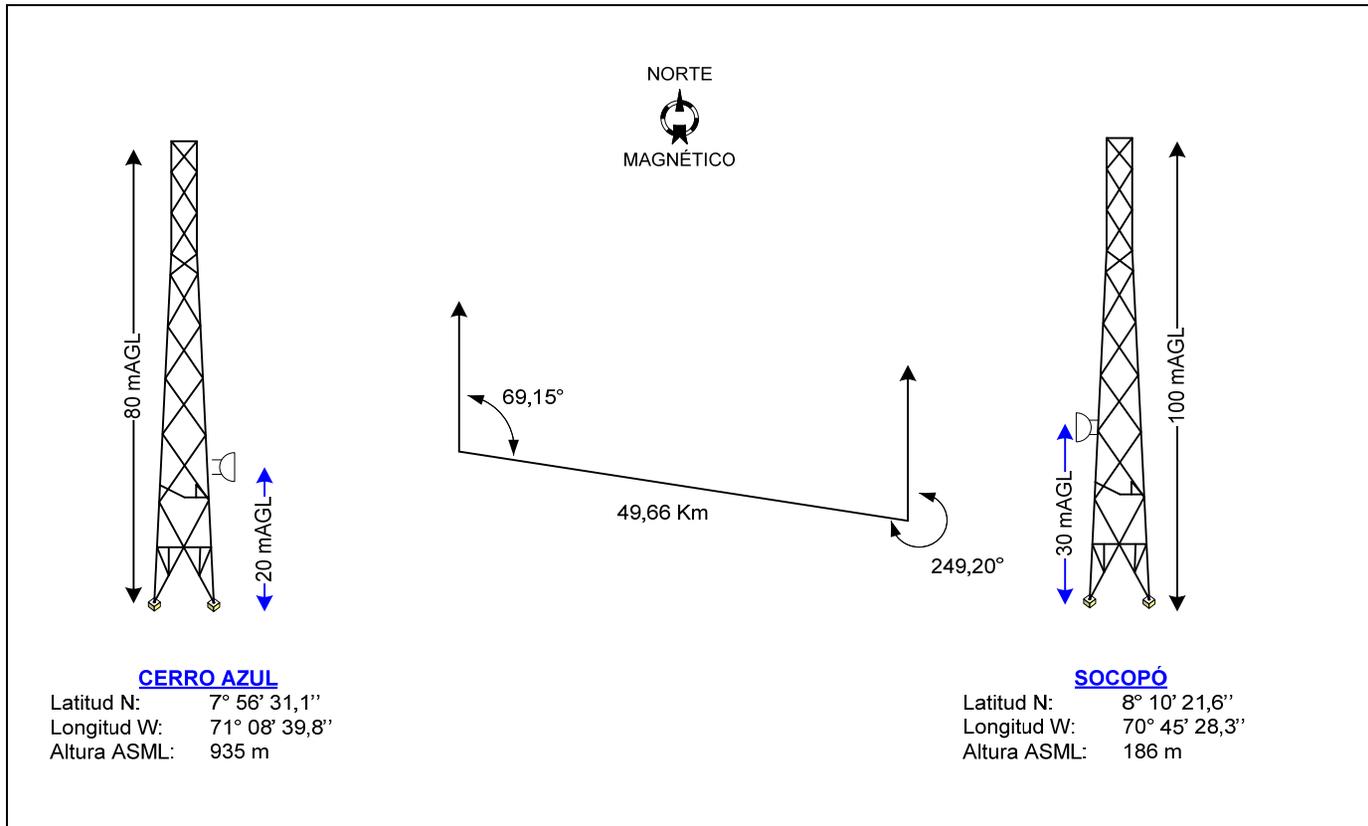
4. CÁLCULOS DE CONFIABILIDAD

A continuación se presentan los cálculos de confiabilidad del enlace. Se indican los datos de los radios y antenas a utilizar. Se presentan los resultados de propagación. Objetivo disponibilidad: 99,9664 %

	SOCOPO	CERRO AZUL
Elevation (m)	186.35	935.35
Latitude	08 10 21.60 N	07 56 31.10 N
Longitude	070 45 28.30 W	071 08 39.80 W
True azimuth (°)	239.11	59.06
Vertical angle (°)	0.68	-1.02
Antenna model	UXA 10 - 77 A	UXA 10 - 77 A
Antenna height (m)	30.00	20.00
Antenna gain (dBi)	44.50	44.50
Miscellaneous loss (dB)	2.75	2.75
Frequency (MHz)	8000.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	49.66	
Free space loss (dB)	144.45	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.52	
Net path loss (dB)	61.47	61.47
Radio model	9681 LSY	9681 LSY
TX power (watts)	1.58	1.58
TX power (dBm)	32.00	32.00
EIRP (dBm)	73.75	73.75
RX threshold criteria	BER 10-6	BER 10-6
RX threshold level (dBm)	-72.20	-72.20
RX signal (dBm)	-29.47	-29.47
Thermal fade margin (dB)	42.73	42.73
Geoclimatic factor	5.60E-06	
Grazing angle (mr)	12.73	
Path inclination (mr)	14.88	
Fade occurrence factor (Po)	3.45E-04	
Average annual temperature (°C)	24.00	
Worst month - multipath (%)	99.99991	99.99991
(sec)	2.38	2.38
Annual - multipath (%)	99.99997	99.99997
(sec)	10.72	10.72
(% - sec)	99.99993 - 21.44	

lun, abr 21 2008
 SOCOPO-CERRO AZUL.pl4
 Reliability Method - ITU-R P.530-6

5. DIAGRAMA DE ANTENAS



6. ESTACIÓN CERRO AZUL

DATOS DE LA ESTACIÓN

Fecha de la visita	22 de junio de 2007
Dirección	Entrada al Parque Nacional, a 500 m después del Cambur. Sector Cerro Azul.
Edificio / Caseta	Es una caseta de concreto con Motogenerador.
Pasamuros	Existen 3 pasamuros: (1) 4x3 ductos, 12 ocupado, 0 disponibles, 2 reservados (1) 4x5 ductos, 5 ocupado, 4 disponibles, 0 reservados
Barras de Tierra	2 MGB: una con 2 posiciones libres y otra con 26 posiciones libres.
Escalerillas	La escalerilla tiene suficiente espacio.
Descripción de la Estación	Esta estación tiene una sala de radios, una Sala de Motogenerador y una torre autosoportada.
Tipo de acceso	Carretera de Tierra. Se requiere el uso de vehículo 4 x 4.

DATOS DE LA TORRE

Torre / Monopolo	Torre tipo autosoportada, de 80 mAGL, de base cuadrada y estructura angular simple.
Escalerilla Vertical:	Una escalerilla con disponibilidad, ubicada en la cara este de la torre.
Barras de tierra en la torre	Hay 2 barras de tierra, una a 6 mAGL y otra a 46 mAGL, ubicadas en cara este de la torre. Ambas tienen espacio suficiente.
Barra EGB	Existe una debajo de cada pasamuros, presentan disponibilidad para la instalación.
Bajantes de Pararrayos	Descienden por las aristas Sureste y Noroeste.
Cableado de Balizaje	Desciende por la arista Noreste.
Escalerilla Torre - Caseta	Existen una con espacio suficiente para la instalación.

LINEA DE VISTA

Línea de vista	Línea de Vista hacia Socopó a partir de 12 mAGL.
-----------------------	--

ENERGÍA

Corriente Alterna Disponible	110V / 220V
Corriente Continua Disponible	+24VDC y -48VDC
Marca y Modelo del Sistema de Energía	Lorain 1211A2
Módulos Rectificadores @24VDC	Lorain: 6 módulos @+24VDC (2 fuera de uso)
Total Operativo @ 24VDC	400 A
Consumo actual @ 24 VDC	110 A
Porcentaje Disponible @ 24VDC	Lorain: 65 %
Espacios Disponibles para Módulos @ 24VDC	Dos espacios, ya que existen 2 módulos fuera de uso.
Módulos Rectificadores o Conversores @ -48VDC	15 rectificadores MZH5A3B @ 3 A
Total Operativo @ -48VDC	45 A
Consumo actual @ -48VDC	PDB no indica ese consumo. Display dañado.
Porcentaje Disponible @ -48VDC	-
Espacios Disponibles para Módulos @-48VDC	Ningún espacio disponible
Breakers Disponibles en el PDB @-48VDC	9 Brakers disponibles
Espacios Disponibles para Instalar Nuevos Breakers	Ningún espacio disponible
Cantidad de Breakers Necesarios	2 breakers de 30 amp @ -48 Vdc
Consumo de los Nuevos Equipos	350W @ -48VDC

EQUIPOS A INSTALAR

Radio	9681 LSY configuración 2+1
Antenas	Antenas a instalar en la arista SE, ubicada a 20 mAGL

	en dirección Socopó.
Racks	N/A
MUX	N/A
Fusiblera	N/A
Otros Equipos	2 breakers de 30 A @ -48vdc del panel de distribución de breakers.

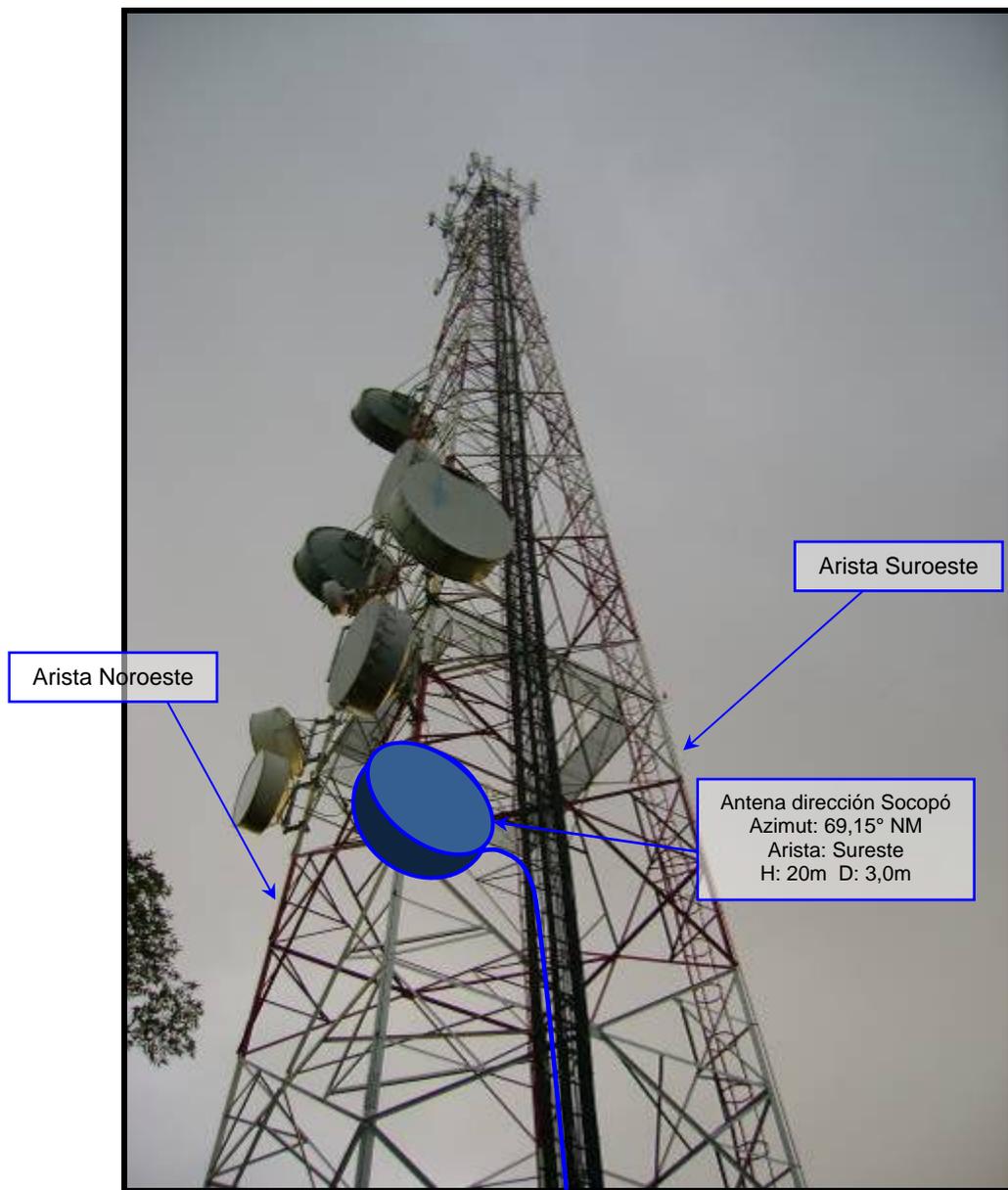
6.2 CABLEADO Y CONECTORIZACIÓN

Cableado	Tipo de Cable	Recorrido	Conectores
Guía de Onda	Andrew EWP77	50 m	ANDREW 117SCM
Cableado Coaxial	Coaxial ¼	N/A	N/A
Cableado Tierra Guía de onda – Barra de tierra.	# 6 AWG (Verde)	20m	1 Terminal de un ojo #6 1 Terminal doble ojo #6
PDB - Radio	# 14 AWG (Rojo y Negro)	10m	4 Terminales de un ojo #14
Cableado Tierra MGB – barra en rack	# 14 AWG (Verde)	12m	
Cableado STM-1	Multicoaxial 1x 8 4.4mm	7m	Microsiemens 4,4 mm
Manguera de presurización		8m	

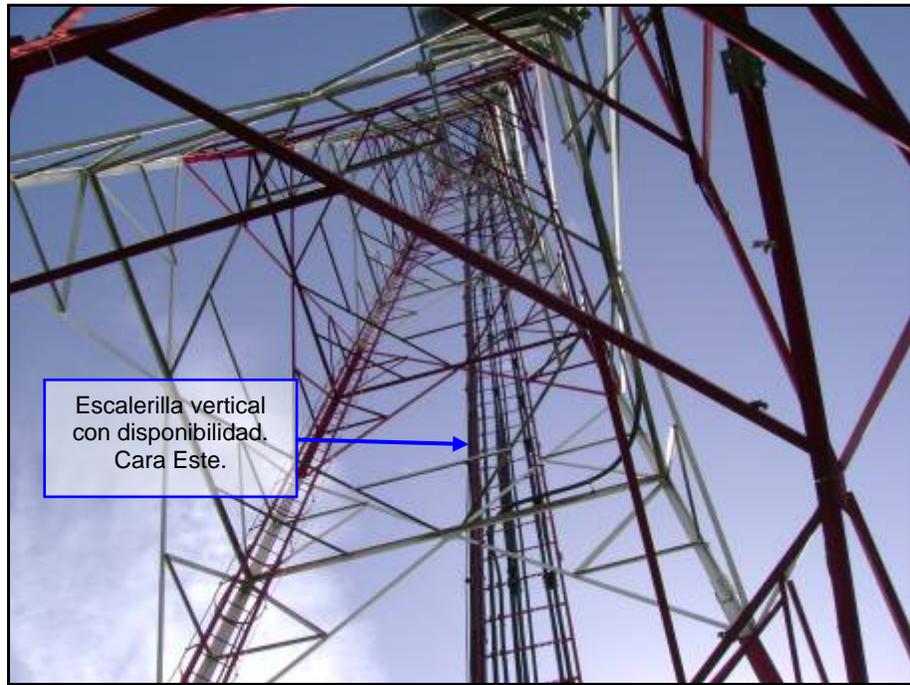
6.3 FOTOS CERRO AZUL



Línea de Vista dirección SOCOPO



Vista de la torre a utilizar, ubicación propuesta para la antena y recorrido de guía de onda.

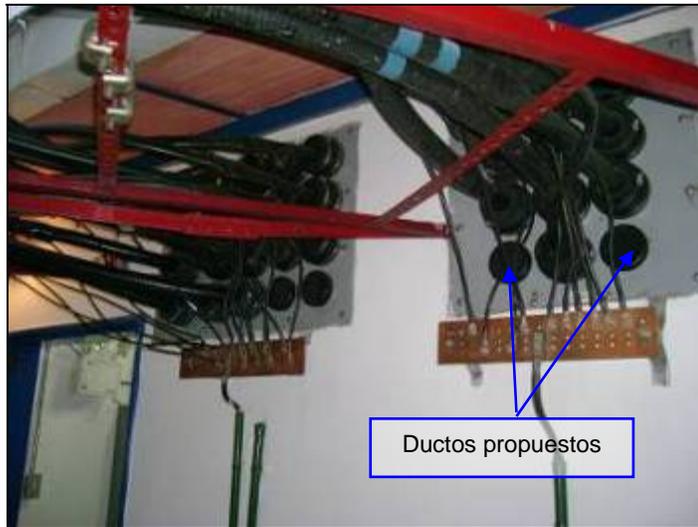


Escalerilla vertical
con disponibilidad.
Cara Este.

Vista posterior de la escalerilla vertical de la torre.



Vista de la escalerilla Torre-caseta / Recorrido de Guía de Onda



Vista exterior de pasamuros y barras EGB. Zoom ductos propuestos.



Espacio reservado para radio LSY dirección Piscuri.



Vista general de PDB Lorain a utilizar, vista de display dañado y módulos @-48Vdc.



Vista general de panel de breakers.



Presurizador existente en la sala. Se debe agregar una nueva boquilla para la instalación.



Barra MGB existente en la sala.



Vista general de la sala.

7. ESTACIÓN SOCOPO

DATOS DE LA ESTACIÓN

Fecha de la visita	22 de junio de 2007
Dirección	Fondo agropecuario La Palmita, parcela s/n asentamiento campesino Ticoporo, Sector Ticoporo I.
Edificio / Caseta	Shelter de fibra de vidrio.
Pasamuros	Existen 2 pasamuros: (1) 4x5 ductos, 0 disponibles (1) 3x3 ductos, 0 disponibles
Barras de Tierra	Una MGB con disponibilidad suficiente para instalación
Esclerillas	Las esclerillas internas presentan suficiente espacio
Descripción de la Estación	La estación posee un Shelter de fibra de vidrio y una Torre autoportada de 100 mAGL base cuadrada
Tipo de acceso	VIALIDAD TOTALMENTE ASFALTADA

DATOS DE LA TORRE

Torre / Monopolo	Torre tipo autoportada de 100 mAGL, base cuadrada y estructura angular simple.
Esclerilla Vertical:	Una esclerilla existente, ubicada en la Noreste de la Torre
Barras de tierra en la torre	Hay 2 barra TGB: (1) a una altura de 5 m, ubicadas en la cara NE (2) a una altura de 38 m, ubicadas en la cara NE. Ambas presentan disponibilidad
Barra EGB	Existe una ubicada debajo del pasamuros con disponibilidad
Bajantes de Pararrayos	Bajan por las aristas N y E
Cableado de Balizaje	Bajan por las aristas N y S
Esclerilla Torre – Caseta	Existe 2, con suficiente espacio para la instalación.

LINEA DE VISTA

Línea de vista	No se observan estructuras de gran altura en el trayecto. Línea de vista hacia Cerro Azul a partir de 15m
-----------------------	---

ENERGÍA

Corriente Alterna Disponible	110V / 220V
Corriente Continua Disponible	+24 y -48VDC
Marca y Modelo del Sistema de Energía	Lorain 1211A2
Módulos Rectificadores @24VDC	6 módulos, 100 A c/u
Total Operativo @ 24VDC	600 A
Consumo actual @ 24 VDC	93 A
Porcentaje disponible @ 24VDC	LORAIN: 83 % (Manteniendo una protección del 20% de su capacidad máxima)
Espacios Disponibles para Módulos @ 24VDC	Ninguno
Módulos Rectificadores o Convertidores @ -48VDC	20 módulos MZHSA3B de 3A @-48 Vdc
Total Operativo @ -48VDC	60 A
Consumo actual @ -48 VDC	2,22 A
Porcentaje Disponible @ -48VDC	95 % (Manteniendo una protección del 20% de su capacidad máxima)
Espacios Disponibles para Módulos @ -48VDC	Ningún espacio disponible
Breakers Disponibles en el PDB @ -48VDC	0
Espacios Disponibles para Instalar Nuevos Breakers	10 espacios disponibles
Cantidad de Breakers Necesarios	2 breakers de 30 amp @ -48 Vdc
Consumo de los Nuevos Equipos	350W @ -48VDC

EQUIPOS A INSTALAR

Radio	9681 LSY configuración 2+1
Antenas	Antena de 3 m de diámetro, para ser instaladas en la arista Oeste y ubicada a 30 mAGL
Racks	N/A
MUX	No requiere, existe un SDM – 1 en la Sala
Fusiblera	N/A
Otros Equipos	2 breakers de 30 A @ -48VDC del panel de distribución de breakers.

7.2 CABLEADO Y CONECTORIZACIÓN

Cableado	Tipo de Cable	Recorrido	Conectores
Guía de Onda	Andrew EWP77	60m	ANDREW 117SCM
Cableado Coaxial	Coaxial ¼	N/A	-
Cableado Tierra Guía de onda – Barra de tierra.	# 6 AWG (Verde)	35 m	1 Terminal de un ojo #6 1 Terminal doble ojo #6
PDB – Radio	# 14 AWG (Rojo y Negro)	13 m	4 Terminales de un ojo #14
Cableado Tierra MGB – barra en rack	# 14 AWG (Verde)	12 m	
Cableado STM-1	Multicoaxial 1x 8 4.4mm	7m	4 Microsiemens 4,4 mm de 45° (lado Radio)
Manguera de presurización		8m	

7.3 FOTOS SOCOPO



Línea de Vista desde 30m AGL dirección Cerro Azul



Línea de Vista dirección Cerro Azul (Zoom)



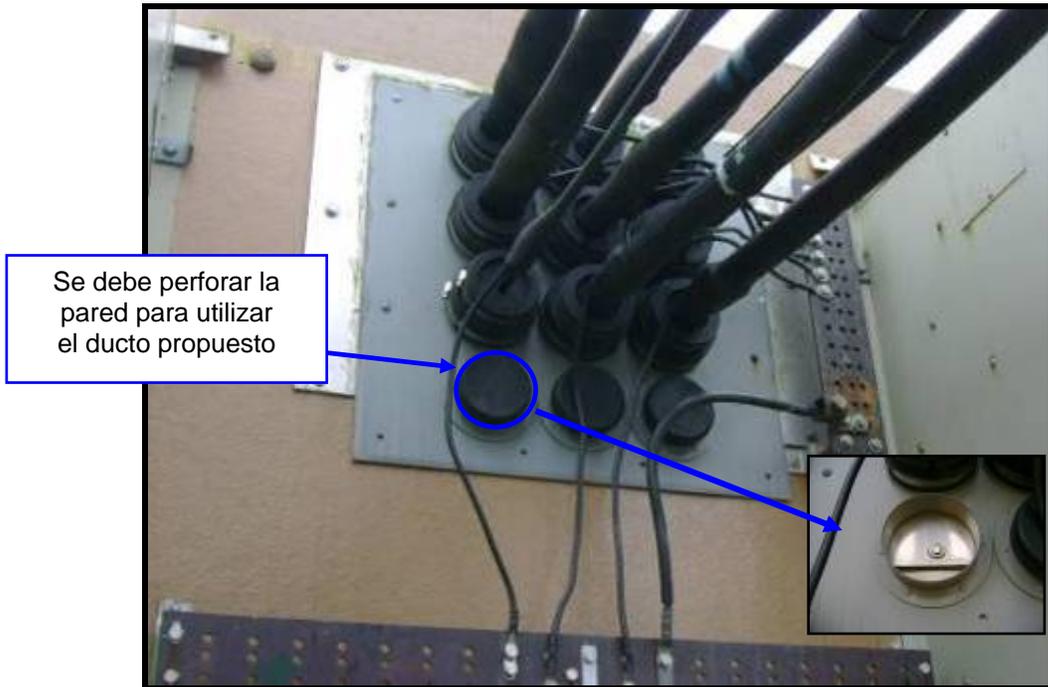
Vista general de Torre a utilizar



Vista de Torre a utilizar y posición sugerida para la antena.



Recorrido vertical y horizontal de Guía de Onda



Vista exterior de pasamuros, barra EGB y zoom de ducto a perforar.

Se sugiere expandir pasamuros



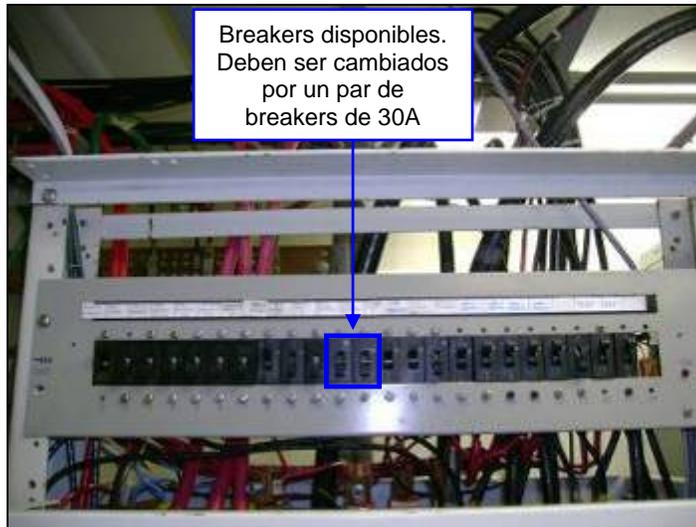
Vista interna de pasamuros que requiere expansión.



Sitio propuesto para la instalación del Radio



Vista general del PDB Lorain. Consumo actual.



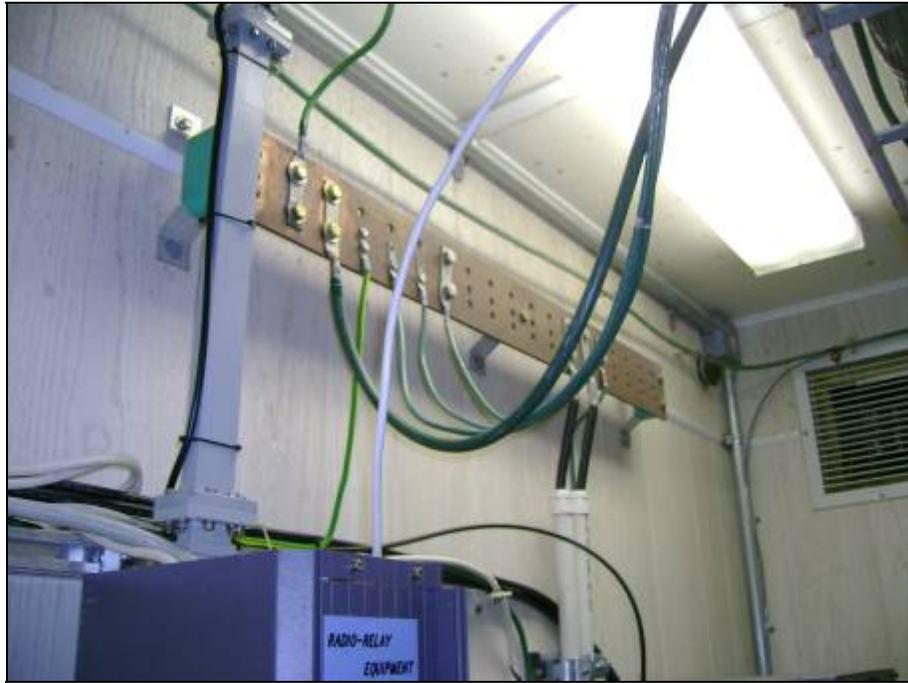
Vista de panel de breakers @-48VDC.



Vista de presurizador existente en la sala y zoom de boquillas. Se debe agregar nueva boquilla para la instalación.



Vista de SDM - 1 existente en la sala



Barra MGB



Vista general de la sala

8. TABLA RESUMEN DEL SISTEMA

	CERRO AZUL	SOCOPO
COORDENADAS	Entrada al Parque Nacional, a 500 m después del Cambur. Sector Cerro Azul.	Fondo agropecuario La Palmita, parcela s/n asentamiento campesino Ticoporo, Sector Ticoporo
LATITUD	7° 56' 31,1"	8° 10' 21,6"
LONGITUD	71° 08' 39,8"	70° 45' 28,3"
ALTURA (msnm)	935 m	186 m
EQUIPOS		
FABRICANTE	Alcatel	Alcatel
MODELO	9681 LSY	9681 LSY
CONFIGURACION	2+1	2+1
POTENCIA (dBm)	32	32
ANTENAS		
FABRICANTE	RFS	RFS
MODELO	UXA 10-77 A	UXA 10-77 A
DIAMETRO (metros)	3,0 m	3,0 m
GANANCIA (dBi)	44,5	44,5
ALTURA (metros)	20 mAGL	30 mAGL
ARISTA	Sureste	Oeste
AZIMUT	69,15°	249,20°
POLARIZACION A UTILIZAR	V	V
ALIMENTADORES		
FABRICANTE	Andrew	Andrew
MODELO	EWP77	EWP77
LONGITUD DE GUIA DE ONDA (m)	50	60
FRECUENCIAS		
ANCHO DE BANDA	29,65 Mhz	29,65 Mhz
REC. ITU-R, BANDA	Rec.386-4 8 GHz	Rec.386-4 8 GHz

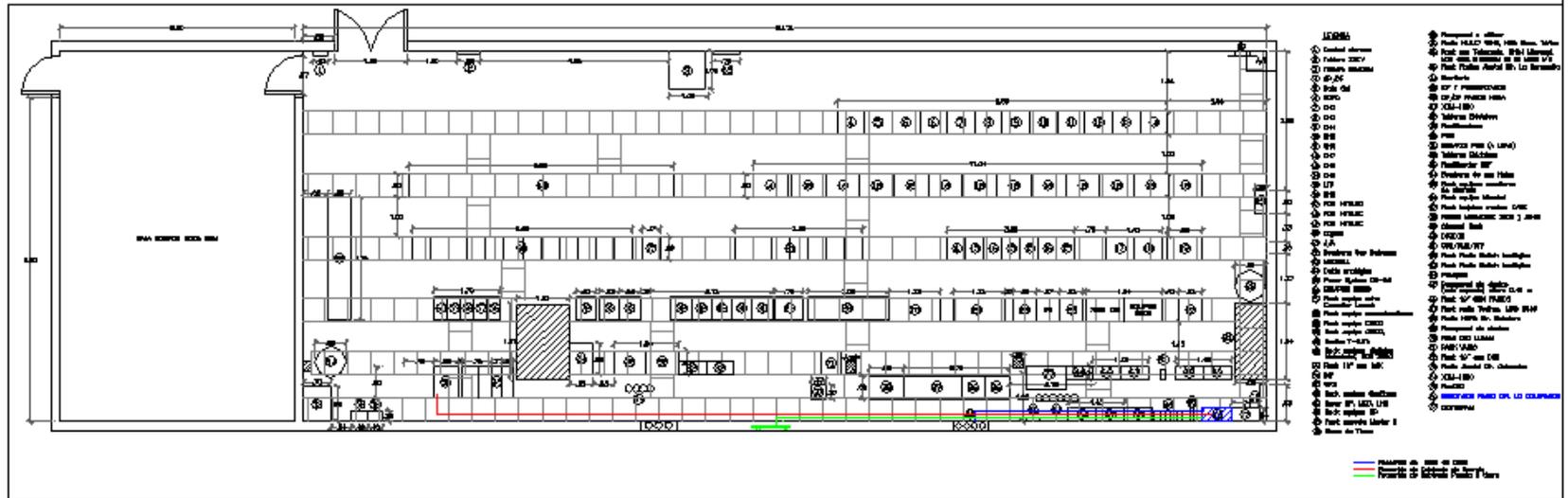
Datum de coordenadas: Provisional South Americam 1956

[ANEXO 5]

PLANIMETRIA

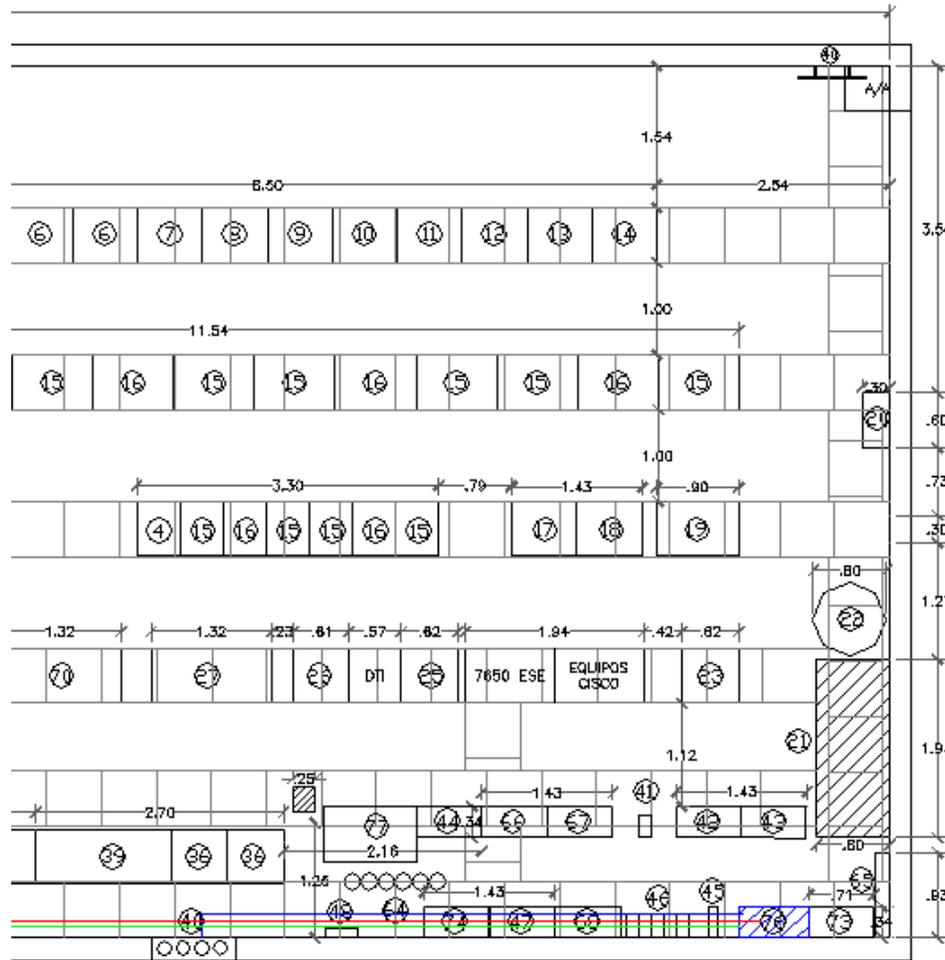
PLANOS MTSO SAN CRISTOBAL

PLANTA INTERNA



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROTECNICA
 TRABAJO ESPECIAL DE GRUPO
 JOAQUIN CHAVEZ, J. LINDO, S.
 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (INGENIERIA DE DETALLE) DE LA
 EXPANSION DEL SISTEMA DE LA RED SON DE MONTAÑA
 EXISTENTE ENTRE MISO SAN CRISTOBAL Y BOCAPO
 ESTACION MISO SAN CRISTOBAL
 PLANTA INTERNA

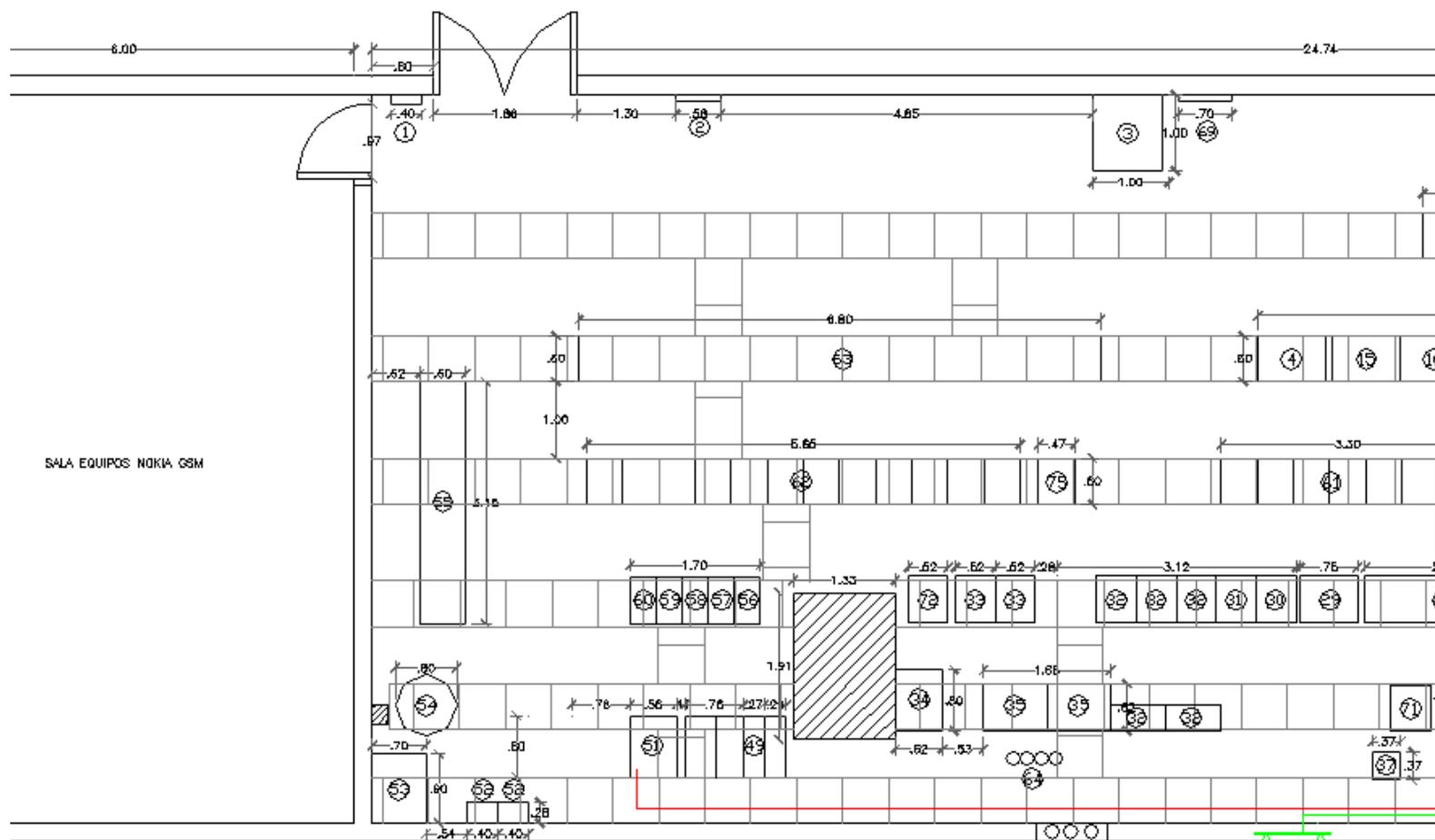
PLANTA INTERNA



LEYENDA

- | | |
|---|---|
| ① Control alarmas | ④⑤ Pasapared a utilizar |
| ② Tablero 220V | ④⑥ Radio NL247 1Ex2, HSB Direc. Tárifa |
| ③ Tablero Eléctrico | ④⑦ Rack con Telecoda, NK64 Micronet MOD 4348, 3 módulos de 32 balun s/u |
| ④ CP/DF | ④⑧ Rack Radios Alcatel Dir. La Concordia |
| ⑤ Data Set | ④⑨ Escritorio |
| ⑥ ECPO | ④⑩ IDF Y PRESURIZADOR |
| ⑦ CH2 | ④⑪ CP/DF RADIOS NERA |
| ⑧ CH3 | ④⑫ XDM-1000 |
| ⑨ CH4 | ④⑬ Tableros Eléctricos |
| ⑩ CH5 | ④⑭ Rectificadoras |
| ⑪ CH6 | ④⑮ PDB |
| ⑫ CH7 | ④⑯ BREAKER PDB (A USAR) |
| ⑬ CH8 | ④⑰ Tableros Eléctricos |
| ⑭ CH9 | ④⑱ Rectificador DDF |
| ⑮ LTP | ④⑲ Bombona de gas Halon |
| ⑯ SHC | ④⑳ Rack equipos monitoreo de alarmas |
| ⑰ PDB INTELEC | ④㉑ Rack equipo Microtel |
| ⑱ PDB INTELEC | ④㉒ Rack tarjetas modem CAGE |
| ⑲ PDB INTELEC | ④㉓ Radios Mainstreet 3800 y 3845 |
| ⑳ Cajetas | ④㉔ Channel Bank |
| ㉑ A/A | ④㉕ CP3000 |
| ㉒ Bombona Gas Halogeno | ④㉖ CSC/DMX/DIF |
| ㉓ MODOCELL | ④㉗ Rack Radio Switch Analógico |
| ㉔ Calda analógica | ④㉘ Rack Radio Switch Analógico |
| ㉕ Power System DC-23 | ④㉙ Pasapico |
| ㉖ EQUIPOS CISCO | ④㉚ Pasapared sin ductos (solo espacio) altura 0.40 m |
| ㉗ Rack equipo echo Canceller Lucent | ④㉛ Rack 19" CON RADIOS |
| ㉘ Rack equipo comunicaciones | ④㉜ Rack radio Tadiran, MOD 5040 |
| ㉙ Rack equipo CISCO | ④㉝ Radio NERA Dir. Batadera |
| ㉚ Rack equipo CISCO, | ④㉞ Pasapared sin ductos |
| ㉛ Radios T-DATA | ④㉟ Rack DSX Lucent |
| ㉜ Rack equipos digitales Mainstreet, MOD 3600 | ④㊱ RACK VACÍO |
| ㉝ Rack 19" con DSX | ④㊲ Rack 19" con DSX |
| ㉞ INV | ④㊳ Radio Alcatel Dir. Colorado |
| ㉟ GPS | ④㊴ XDM-1000 |
| ㊱ Rack equipos Centigran | ④㊵ FlexDSX |
| ㊲ Sever HP, MOD. LH3 | ④㊶ RESERVADO RADIO DIR. LO COLORADOS |
| ㊳ Rack equipos HP | ④㊷ CENTIGRAM |
| ㊴ Rack consola Master II | |
| ㊵ Barra de Tierra | |

PLANTA INTERNA



PLANTA EXTERNA

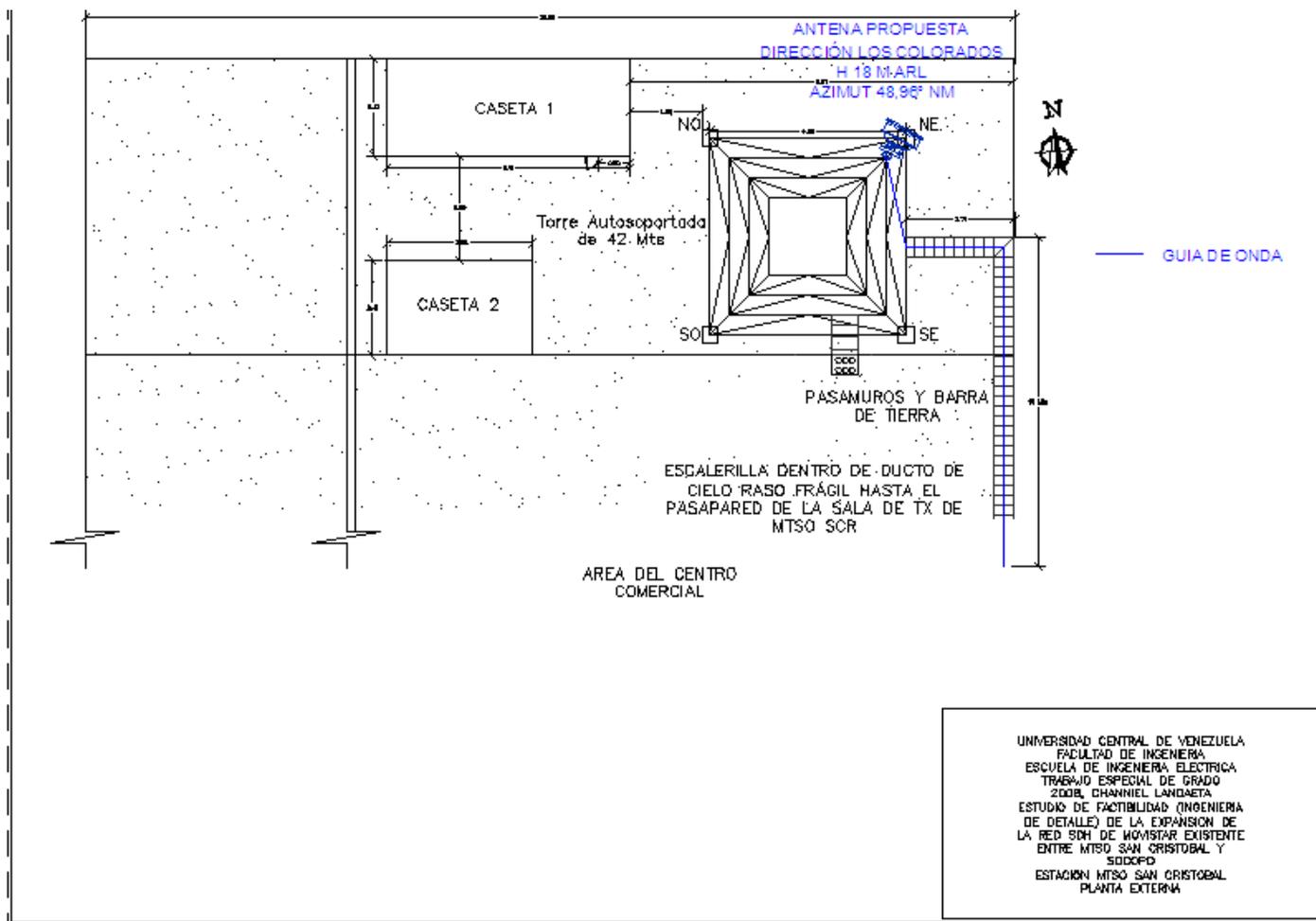
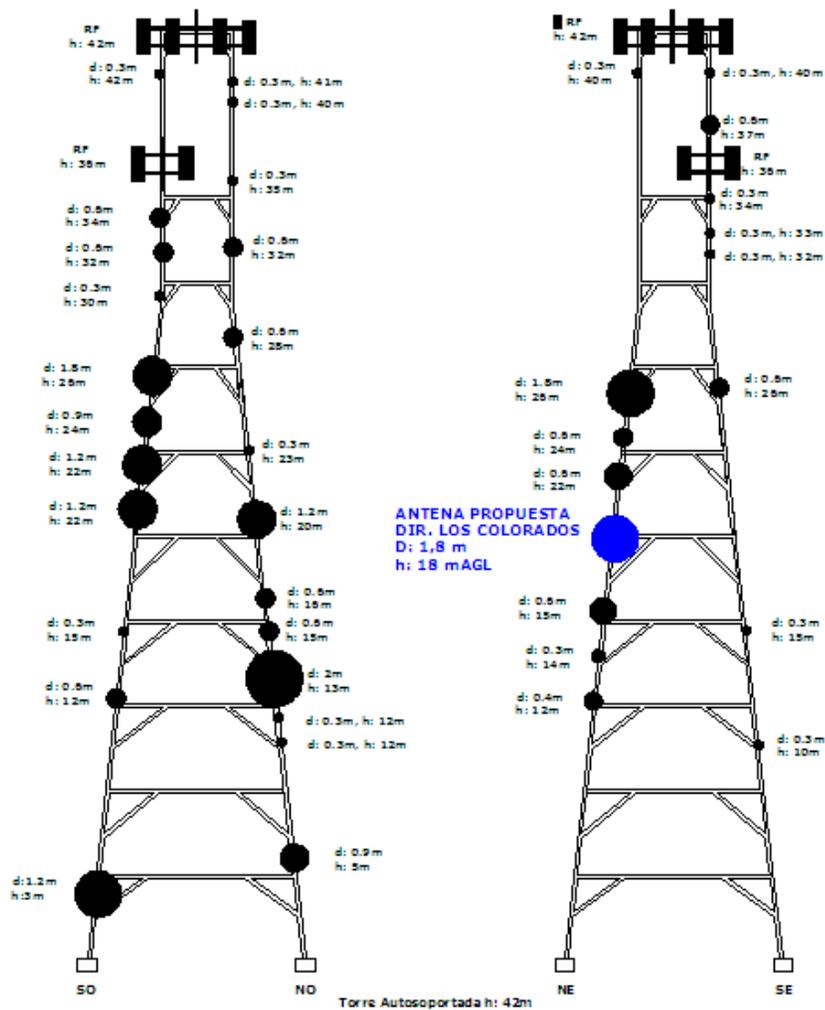
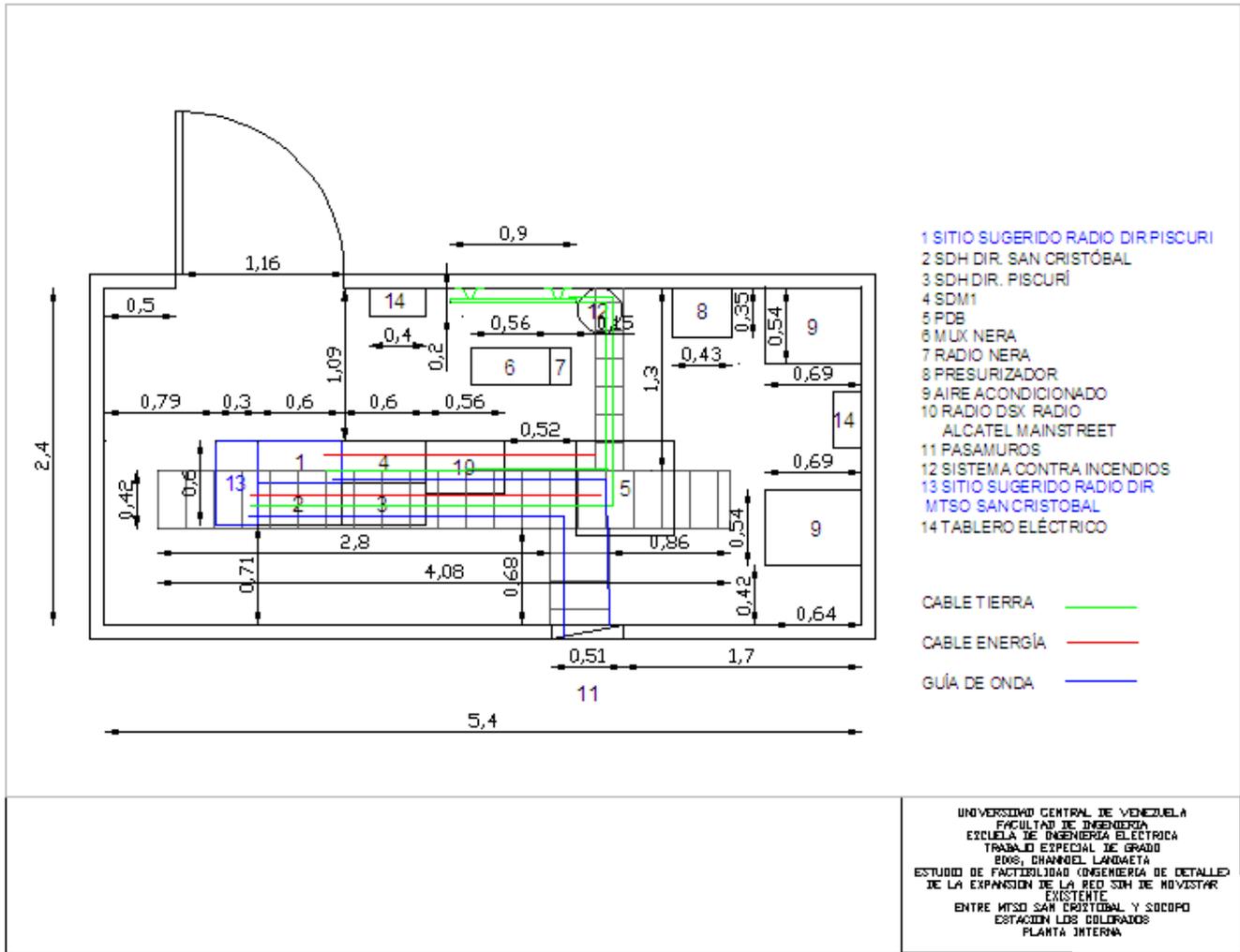


DIAGRAMA DE ARISTAS



PLANOS LOS COLORADOS

PLANTA INTERNA



PLANTA EXTERNA

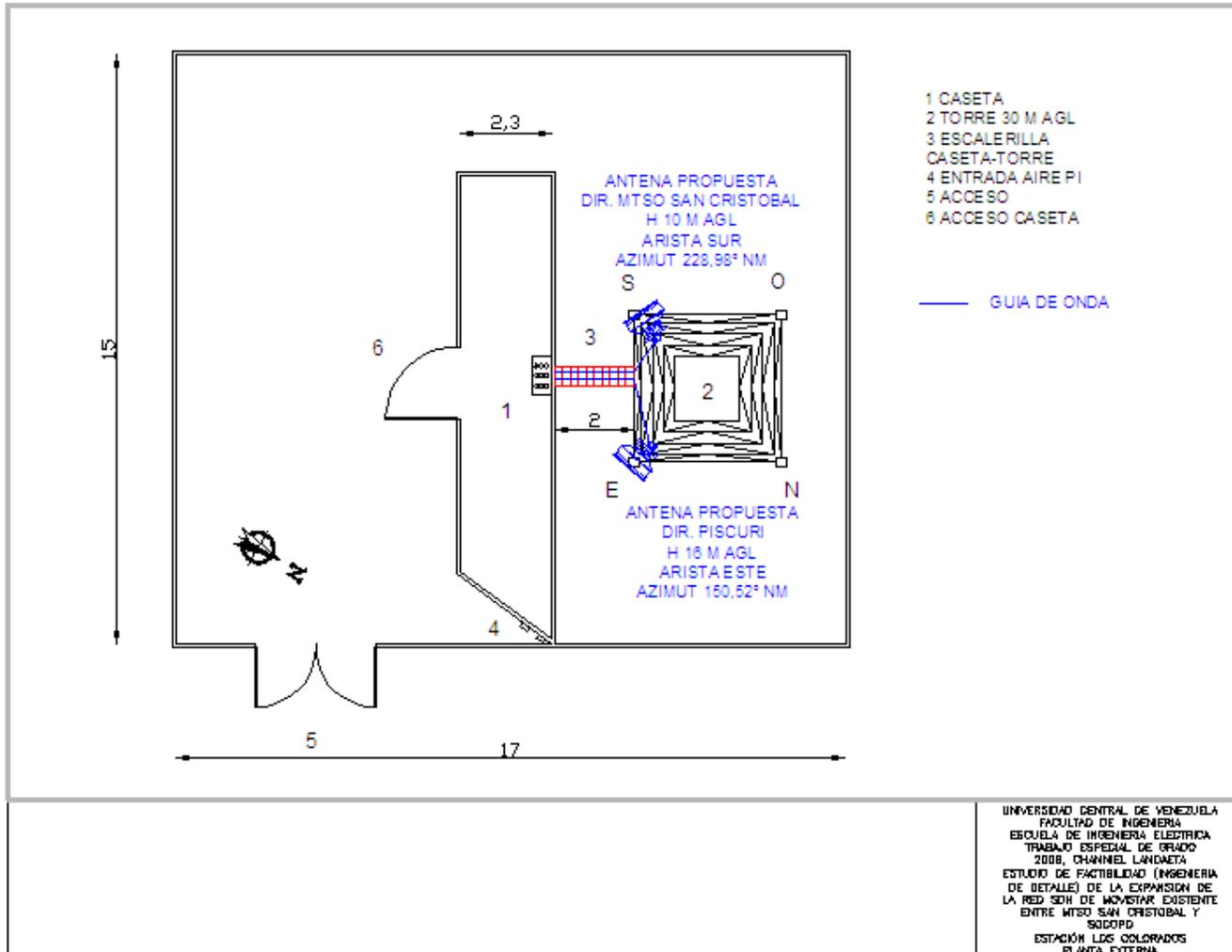
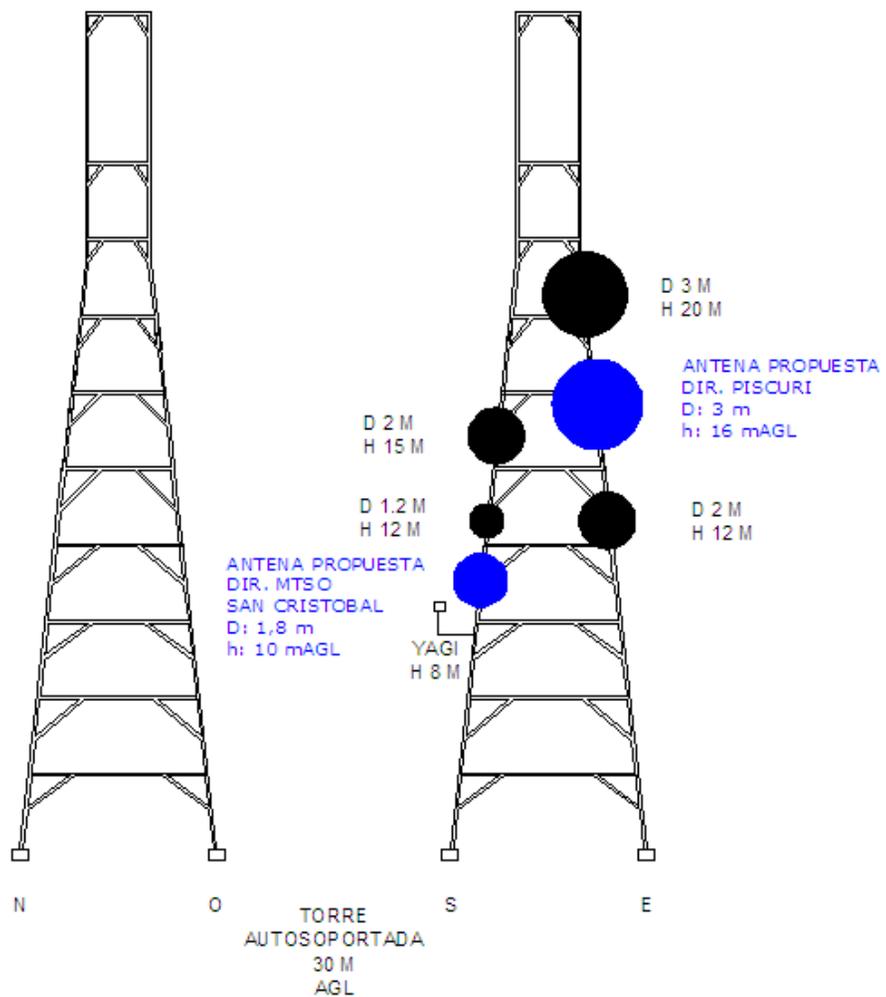
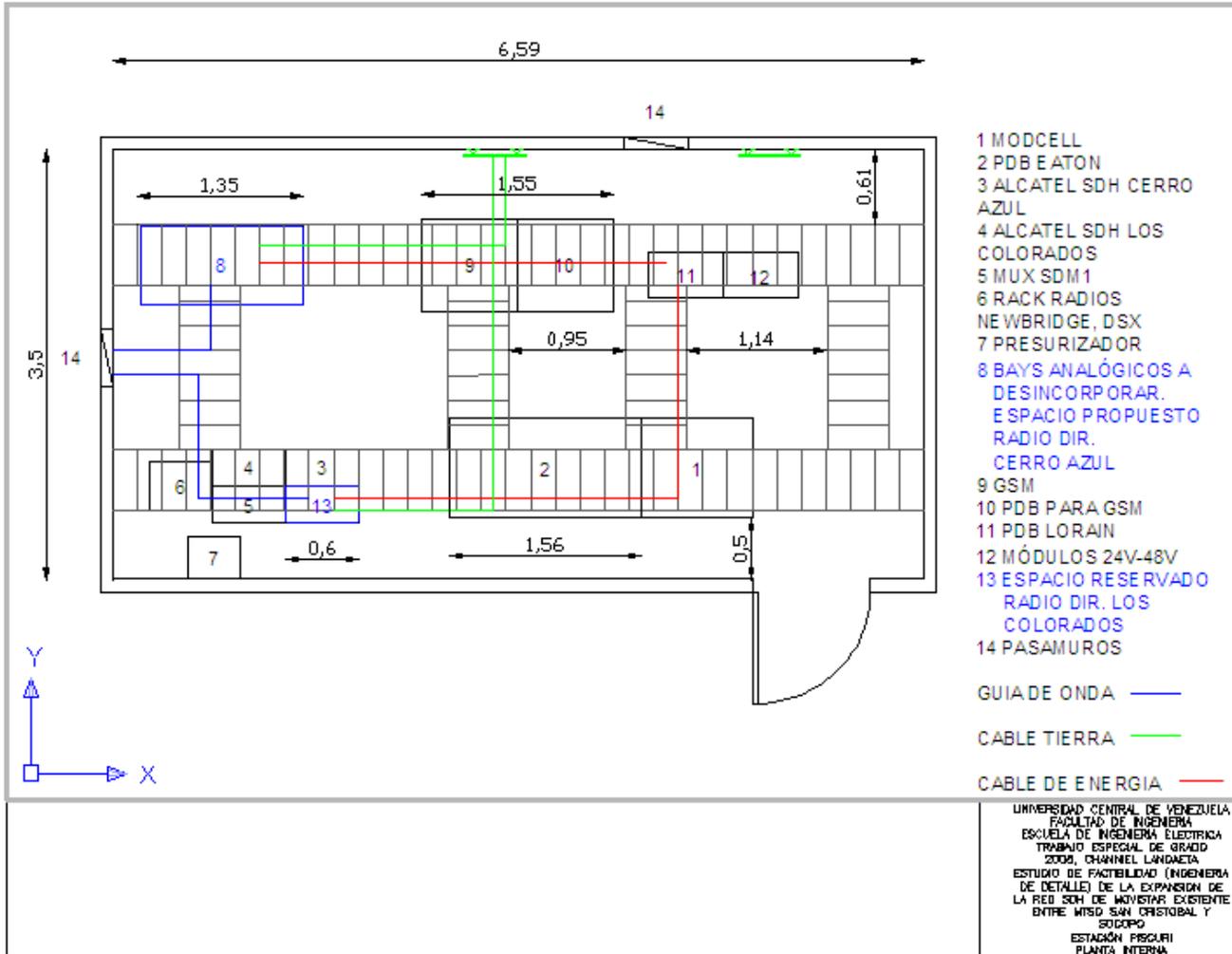


DIAGRAMA DE ARISTAS



PLANOS PISCURI

PLANTA INTERNA



PLANTA EXTERNA

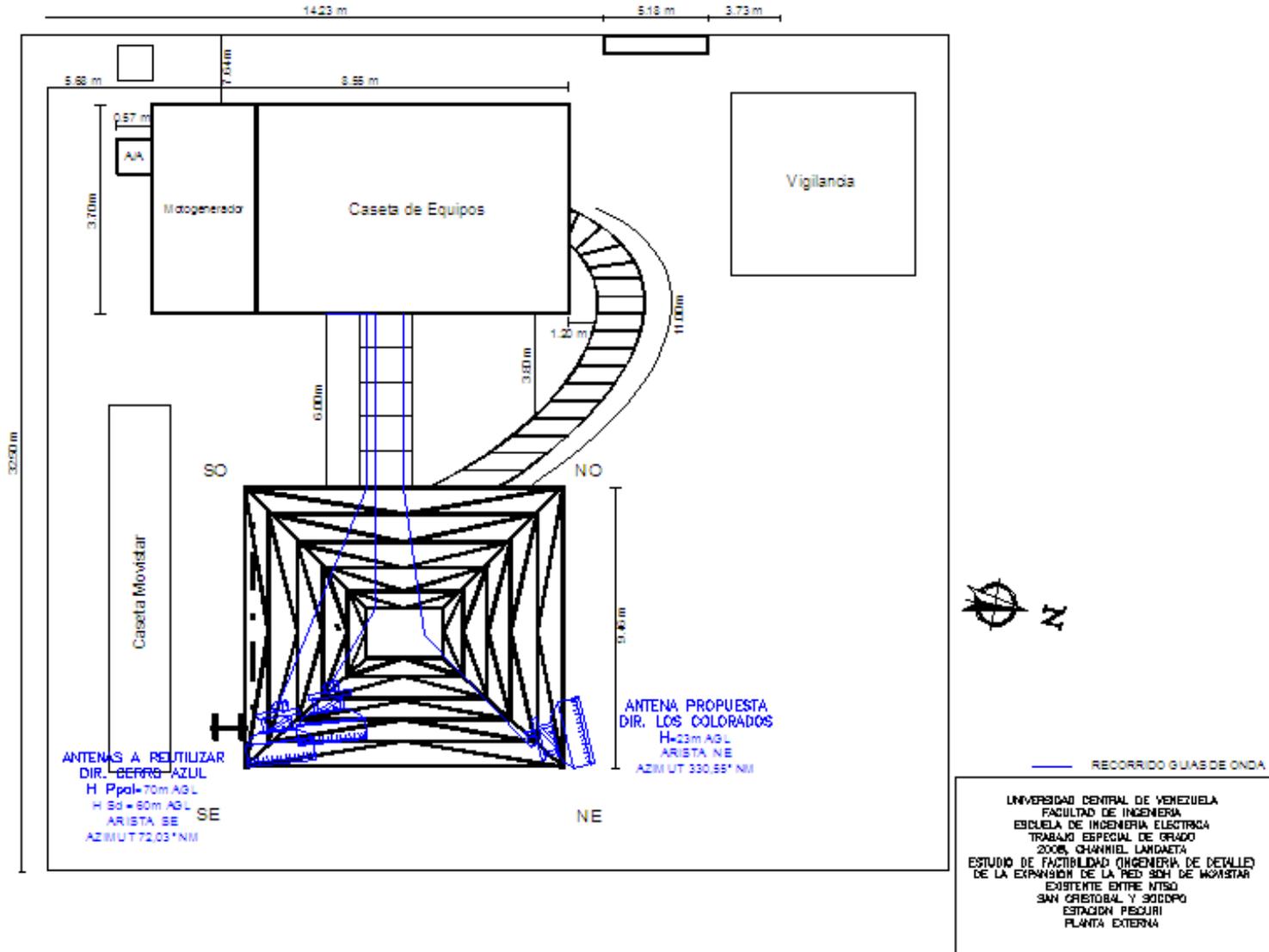
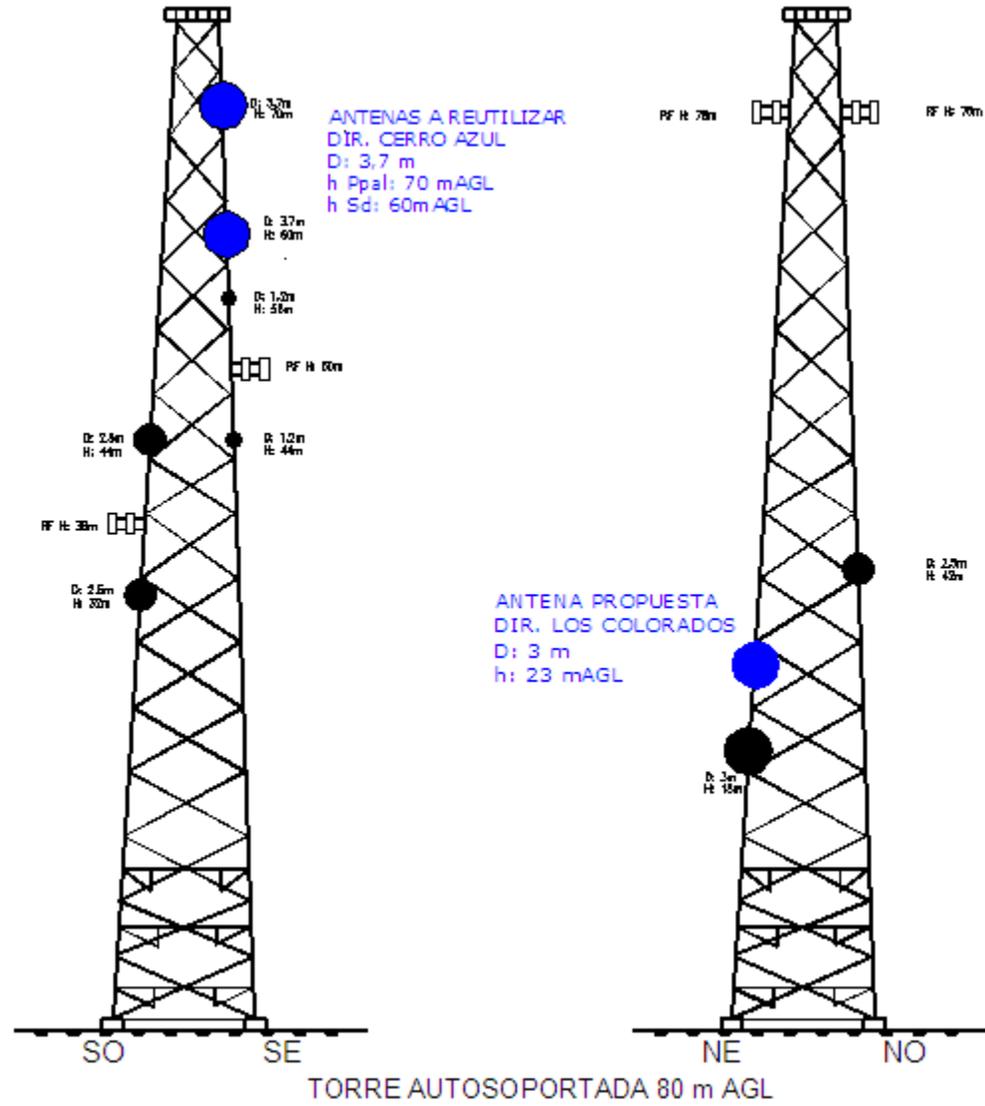
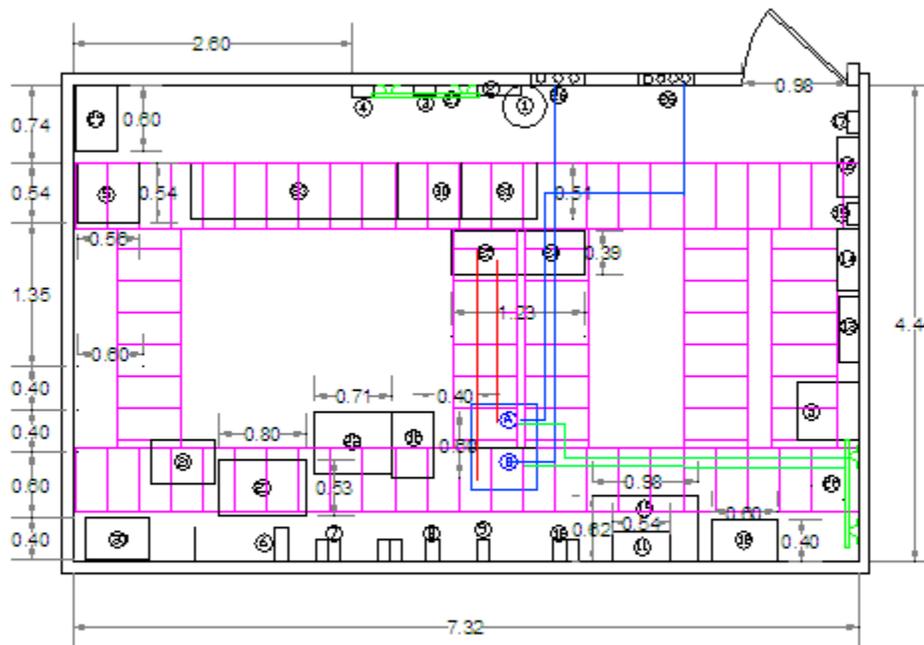


DIAGRAMA ARISTAS



PLANOS CERRO AZUL

PLANTA INTERNA



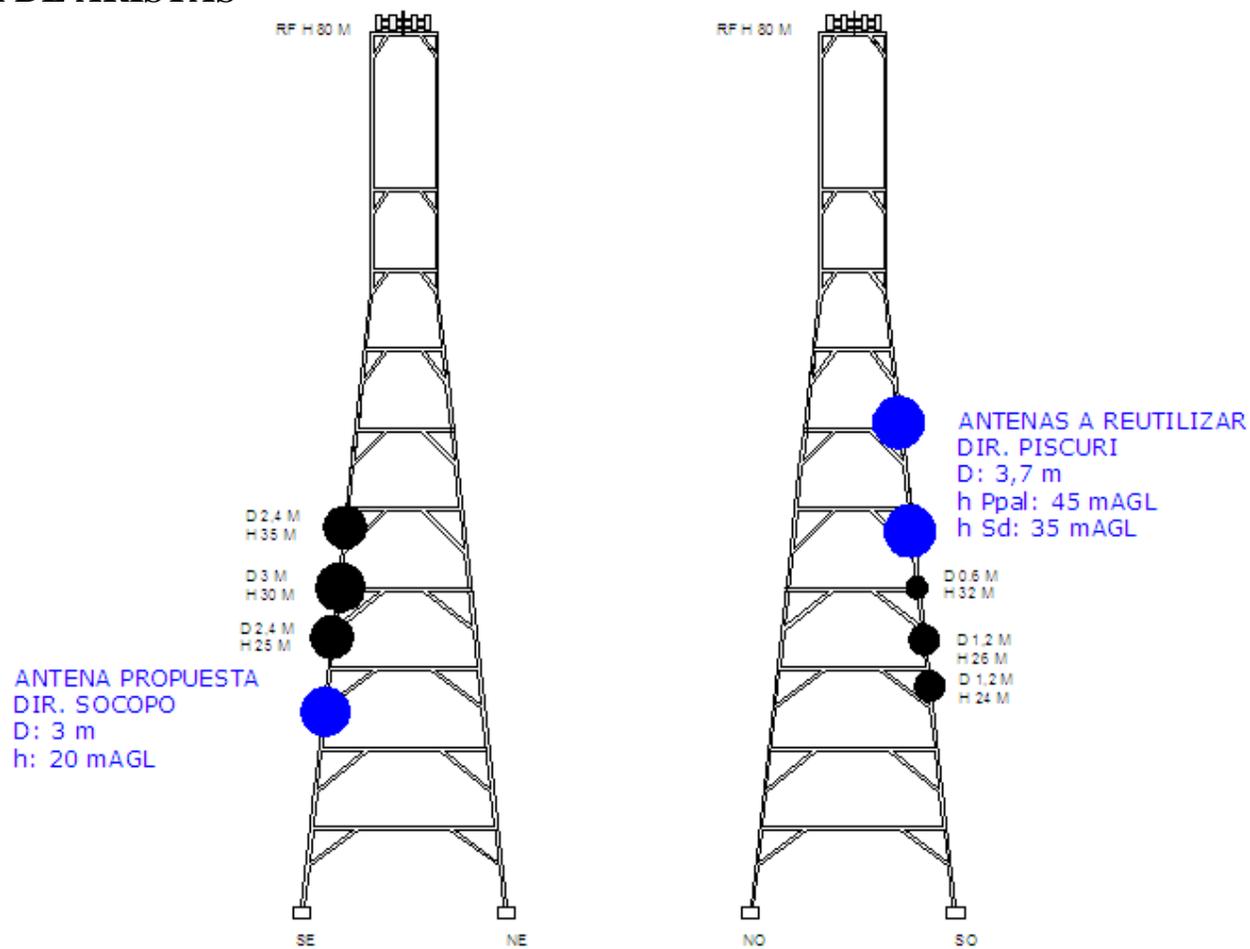
LEYENDA:

- ① BOMBINA GAS HALON
- ② TUBERO ALARMA INCENDIO
- ③ CAJA (12x4) SUPERVISOR TRIFÁSICO
- ④ CAJA (15x10) EMPALMES
- ⑤ AIRE ACONDICIONADO
- ⑥ CAJA (26x10) CONTROL ELÉCTRICO AIRE ACONDICIONADO
- ⑦ PRESURIZADOR DELAIR CO-11 3 BOCAS
- ⑧ RADIO NL145 34Mb/s 1+1 FD, DIRECCIÓN GUASDALÚO
- ⑨ RADIO NL145 34Mb/s 1+1 FD+HF, DIRECCIÓN SANTA BARBARA
- ⑩ TABLERO ELECTRICO SWITCH PRINCIPAL
- ⑪ CONTROL AIRE ACONDICIONADO (30x15)
- ⑫ PANEL A/C
- ⑬ TABLERO BREAKERS SECUNDARIO
- ⑭ SUPRESOR DE Picos TRIFÁSICO ETI
- ⑮ TABLERO BREAKERS PRIMARIO
- ⑯ LAMPARA DE EMERGENCIA
- ⑰ DDF 3 BLOQUES
- ⑱ BANCO DE BATERIAS 1.04x0.57x0.07 GNB
- ⑲ RACK 19"
- ⑳ ESPACIO RESERVADO RADIO DIR. PISCURU
- ㉑ ESPACIO RESERVADO RADIO DIR. SOCOPO
- ㉒ RACK SISTEMA DE POTENCIA LUCENT
- ㉓ RACK CHANNEL FRAME LUCENT
- ㉔ RACK'S BAY MOTOROLA
- ㉕ RACK RECTIFICADORES LDRAIN
- ㉖ POB LDRAIN
- ㉗ PASAMUROS
- ㉘ BARRA DE TIERRA PRINC. A 2.49mts. DEL PISO
- ㉙ BARRA DE TIERRA 2DA. A 2.30mts. DEL PISO
- ㉚ PRESURIZADOR
- ㉛ NOKIA GSM
- ㉜ POB FLACTPACK
- ㉝ RACK ERICSSON
- ㉞ MUX SDH1

- GUIAS DE ONDA
- CABLE DE ENERGIA
- CABLE DE TIERRA

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
 2008, CHANNEL J. LANDAETA S.
 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (INGENIERIA
 DE DETALLE) DE LA EXPANSION DEL
 BACKBONE LA RED SDH DE
 MOVISTAR EXISTENTE ENTRE MISO
 SAN CRISTOBAL Y SOCOPO
 ESTACION CERRO AZUL
 PLANTA INTERNA

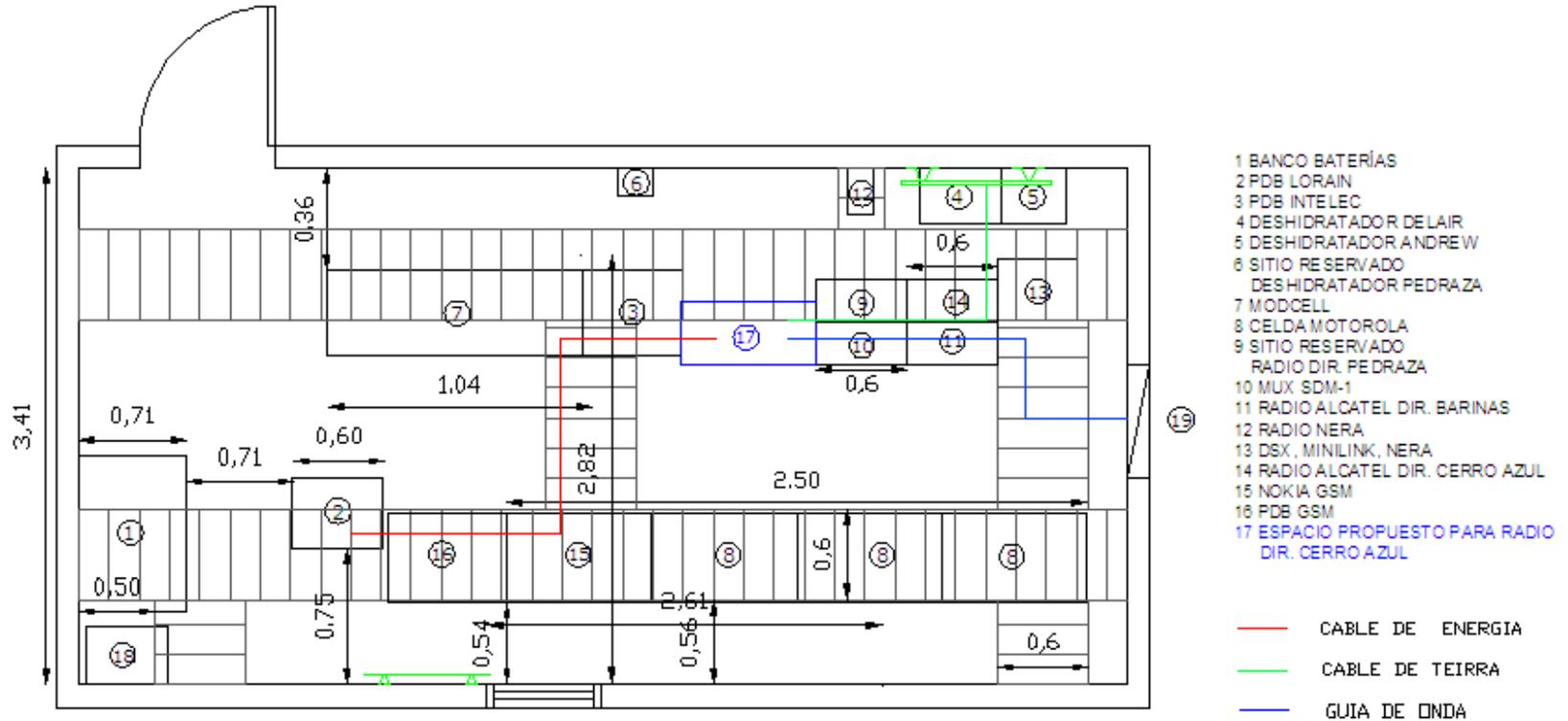
DIAGRAMA DE ARISTAS



TORRE AUTOSOPORTADA
80 M AGL

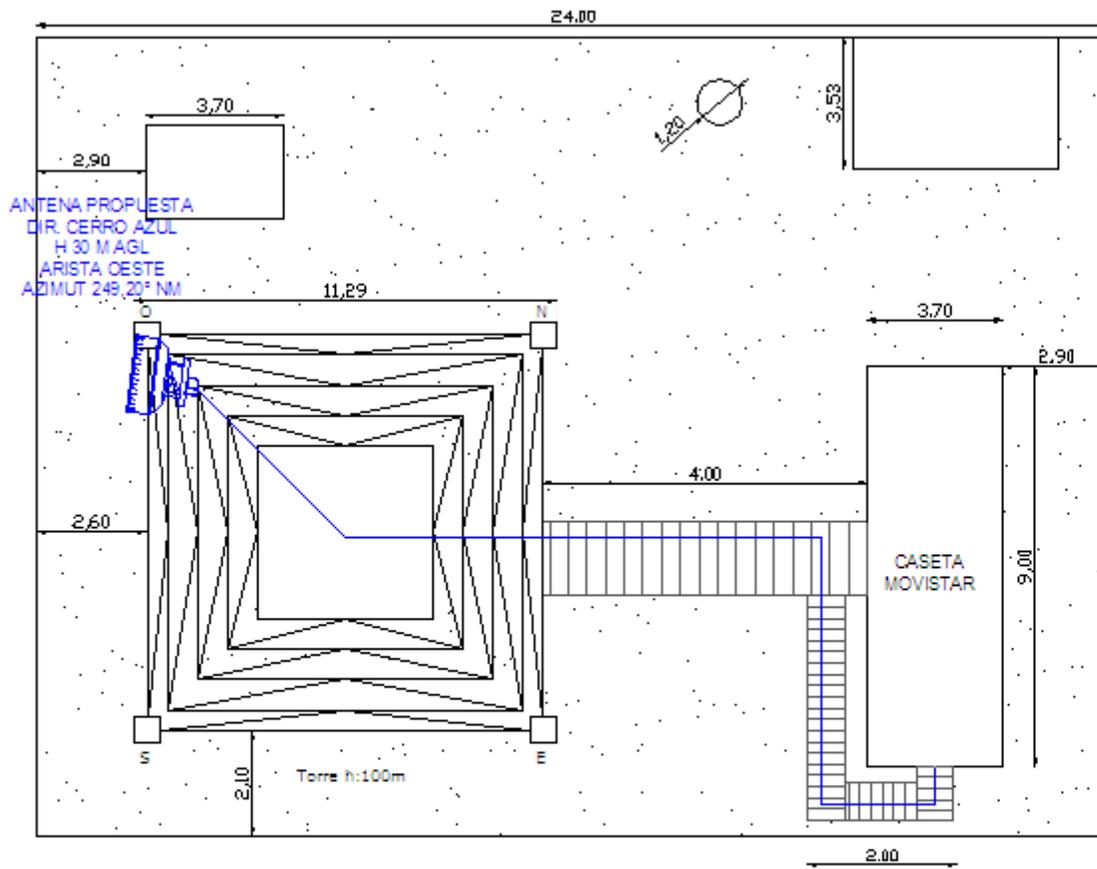
PLANOS SOCOPO

PLANTA INTERNA



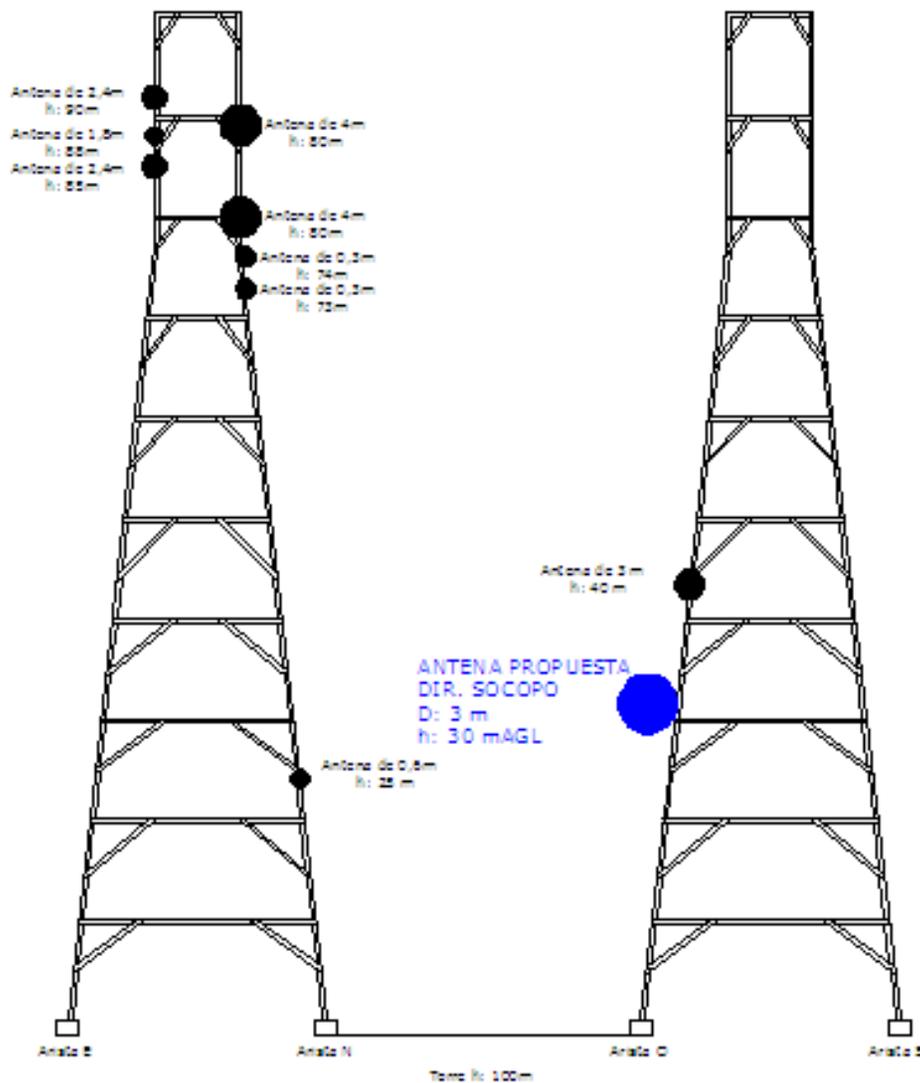
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
 2008, CHANNIEL J. LANDAETA S.
 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (INGENIERIA
 DE DETALLE) DE LA EXPANSION DEL
 BACKBONE DE LA RED SDH DE
 MOVISTAR EXISTENTE ENTRE MISO SAN
 CRISTOBAL Y SOCOPO
 ESTACION SUCOPO
 PLANTA INTERNA

PLANTA EXTERNA



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
 2008, CHANNEL J. LANDRETA S.
 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (INGENIERIA
 DE DETALLE) DE LA EXPANSION DEL
 BACKBONE DE LA RED SDH DE
 MOVISTAR EXISTENTE ENTRE NITRO BAN
 CRISTIAN Y SOCORRO
 ESTACION SOCORRO
 PLANTA EXTERNA.

DIAGRAMA DE ARISTAS



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
 2006, GABRIEL J. LANDAETA S.
 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (INGENIERIA
 DE DETALLE) DE LA EXPANSION DE
 LA RED SDH DE MOVSTAR EXISTENTE
 ENTRE MISO SAN CRISTOBAL Y
 SOCOPO
 ESTACION SOCOPO
 DIAGRAMA DE ARISTAS

[ANEXO 6]

Indisponibilidad debido a la lluvia

Se desea calcular la indisponibilidad debido a la lluvia para los siguientes enlaces:

Mtso San Cristóbal – Los Colorados

Los Colorados – Piscurí

Cerro Azul – Socopó

No se hará el cálculo para el enlace Piscurí – Cerro Azul dado a que este operaría en la banda de 5 GHz para la cual los efectos de atenuación por lluvia son despreciables. Se desea verificar cuan apreciable son los efectos de la atenuación por lluvia para la banda de 8GHz y como influye en la disponibilidad de los enlaces.

Se utilizarán los datos proporcionados por la ITU en la recomendación P.837, en donde la intensidad de lluvia excedida (0,01%) para Venezuela es: $R_{0,01\%} = 95$ mm/h.

1 Mtso San Cristóbal – Los colorados.

Distancia = 23,41Km

Margen de desvanecimiento = 42,63 dB

$$A(R) = \gamma(R) \cdot L_{ef} \quad (\text{ec. 2.35})$$

$$\gamma(R) = k \cdot R^\alpha \quad (\text{ec. 2.36})$$

Para 8GHz y polarización horizontal (peor caso):

$$k_H = 0,00454$$

$$\alpha_H = 1,327$$

$$\gamma(R) = 0,0054 \cdot 95^{1,327} = 1,91 \text{ dB/Km}$$

Luego:

$$L_{ef} = \frac{d}{1 + d/d_0} \quad (\text{ec. 2.37})$$

Donde:

$$d_0 = 35 \cdot \exp(-0,015 \cdot R_{0,01\%}) \quad (\text{ec. 2.38})$$

Resolviendo

$$d_0 = 8,41 \text{ Km} \quad \text{y} \quad L_{ef} = 6,18 \text{ Km}$$

Sustituyendo en la ecuación 2.35

$$A(R) = 11,81 \text{ dB}$$

Igualando la atenuación por lluvia y margen de desvanecimiento mediante la ecuación 2.39 y resolviendo.

$$42,63 = 11,81 \cdot 0,07 \cdot p^{-(0,855 + 0,139 \cdot \log p)}$$

$$p = 0,00084\%$$

Donde p es el porcentaje de indisponibilidad debido a la lluvia.

2. Los Colorados – Piscuri

$$\text{Distancia} = 47,63 \text{ Km}$$

$$\text{Margen de desvanecimiento} = 44,5 \text{ dB}$$

Siguiendo el mismo procedimiento se obtiene:

$$d_0 = 8,41Km \quad y \quad L_{ef} = 7,15Km$$

$$A(R) = 13,65dB$$

Mediante la ecuación 2.39 se obtiene:

$$p = 0,00084\%$$

3. Cerro Azul – Socopó

Distancia = 49,66Km

Margen de desvanecimiento = 42,73dB

$$d_0 = 8,41Km \quad y \quad L_{ef} = 7,19Km$$

$$A(R) = 13,73dB$$

$$p = 0,00084\%$$

El peor de los resultados obtenidos en cuanto a disponibilidad, se encontró en el enlace Cerro Azul – Socopó (99,9991%). Usando este dato y la indisponibilidad debido a la lluvia.

$$d = 99,9991 - 0,00084 = 99,9907\%$$

Objetivo de disponibilidad según ITU .695: $d=99,9664$

Por lo tanto los enlaces analizados cumplen con el objetivo de disponibilidad.

[ANEXO 7]

**RADIO SDH ALCATEL – LUCENT
LSY 9600**

Alcatel-Lucent 9600 LSY Long-Haul Digital Radio Links

By combining high-quality microwave transmission with a cost-cutting modular design, the Alcatel-Lucent 9600 LSY enables flexible, reliable, cost-effective microwave systems for a wide range of long-distance, high-capacity applications. This advanced generation of SDH radio systems is fast and easy to deploy and offers wide interoperability with other synchronous network elements. Its compact, modular design reduces power consumption, simplifies maintenance and allows easy expansion that leverages network investment. Applications include up to NxSTM-1 backbone links, STM-1/STM-4/STM-16 ring closure, backup for fiber optic systems, radio spurs of STM-N backbones or rings, regional links in synchronous networks and efficient support for ATM/IP networks and LAN/WAN connections.



Features

- Advanced radio solution for synchronous networks — in a compact indoor structure
- ITU-R frequency plan utilization
- 128/64 QAM modulation for excellent spectrum efficiency
- Configurable for STM-1 and STM-0 transmission capacity
- Radio link support for regenerator station or WMSN
- Electrical/optical 155 Mb/s, 140 Mb/s PDH, 3x34 Mb/s, 3x45 Mb/s and 63x2 Mb/s access
- Frequency reuse option available for all supported frequency bands
- 2 Mb/s way side traffic transmitted in RFCOH as service traffic for every RF channel
- Network management system fully integrated in the Alcatel-Lucent TMN platform
- STM-1 up to 8 channels in one rack

Benefits

- Flexible support for diverse applications
- High-quality, reliable microwave transmissions
- Fast and easy implementation
- Low power consumption
- Simplified maintenance with wide band tuning
- Scalability and easy expansion that leverages original investment
- Band cost optimization
- 1+1 Line Protection and n+1 Radio Protection

Technical Specifications

RADIO SYSTEM	9640 LSY	9647 LSY	9662 LSY	9667 LSY	9674 LSY	9681 LSY	9690 LSY	9611 LSY	9612 LSY
RF Freq. Band (GHz)	3.6-4.2	4.4-5.0	5.9-6.4	6.4-7.1	7.1-7.7	7.7-8.3	10.0-10.7	10.7-11.7	12.75-13.25
	3.8-4.2				7.1-7.9	8.275-8.5			
RF Channel Arrangements (ITU-R)	F.635	F.1009	F.383	F.384	F.385	F.396	–	F.397	F.407
	F.382	F.746							
RF Channel Spacing (MHz)									
STM-1	28/29/40	28/40	29.65	40	28	28/29.65	28	40	28
STM-0	–	–	–	–	14	14		–	14
Transmission Capacity (Per RF Channel)	1 x STM-1	1 x STM-1	1 x STM-1	1 x STM-1	1 x STM-1	1 x STM-1	1 x STM-1	1 x STM-1	1 x STM-1
	or	or	or	or	or	or	or	or	or
	2 x STM-1	2 x STM-1	2 x STM-1	2 x STM-1	2 x STM-1	2 x STM-1	2 x STM-1	2 x STM-1	2 x STM-1
					or	or			or
					1 x STM-0	1 x STM-0			1 x STM-0
Modulation	128/64 QAM								
Demodulation	Coherent								
Adaptive Equalizer	19 TAPS								
Spectrum Shaping	Raised Cosine								
Coding Type	MLC								
Frequency Reuse	YES								
Transmitted Power (*)									
ATPC (Max.) (dBm)	32	32	32	32	32	32	30	30	28
ATPC Range (dB)	17	17	17	17	17	17	15	15	13
AGC Dynamic Range (dB)	60								
Receiver Threshold STM1/128 QAM @ BER = 1x10 ⁻³ (**) (dBm)	-73	-73	-73	-73	-72.5	-72.5	-72.5	-72.5	-72
Receiver Threshold STM1/128 QAM @ BER = 1x10 ⁻⁶ (***) (dBm)	-71	-71	-71	-71	-70.5	-70.5	-70.5	-70.5	-70
Receiver Threshold STM1/64 QAM @ BER = 1x10 ⁻³ (***) (dBm)	-76.7	-76.7	–	-76.5	–	–	–	-76	–
Receiver Threshold STM1/64 QAM @ BER = 1x10 ⁻⁶ (***) (dBm)	-74.9	-74.9	–	-74.7	–	–	–	-74.2	–
Branching Losses T+R (dB)									
1+1 single polar (STM-1)	6.5	7.0	4.5	4	6.5	5.5	7	5.5	8
3+1 single polar (STM-1)	7.5	8.0	5.5	4.5	7.5	6.5	8	6	8.5
NET SYSTEM GAIN (Point C-C') @ BER = 1x10 ⁻³ (dB)									
1+1 single polar (STM-1/128 QAM)	98.5	98.0	100.5	101	98	99	95.5	97	92
3+1 single polar (STM-1/128 QAM)	97.5	97	99.5	100.5	97	98	94.5	96.5	91.5
Net System Gain (Point C-C') at BER = 1x10 ⁻³ (dB)									
1+1 single polar (STM-1/64 QAM)	102.2	101.7	–	104.5	–	–	–	100.5	–
3+1 single polar (STM-1/64 QAM)	101.2	100.7	–	104.0	–	–	–	100.0	–
System Standard (ETSI)	EN 300 234 - EN 301 127 - EN 301 669 - EN 301 461 - EN 301489								
Switching Configuration	N+DN+1								
Switching Type	Hitless								
Station Configuration	Regenerator Term. – Wireless Multiservice Node								
Max. Power Cons. (W)									
1+1Q+0 Regenerator Terminal	≤ 200								
3+1N+0 Regenerator Terminal	≤ 360								
7+1B+0 Regenerator Terminal	≤ 700								

Applications

- Backbone NxSTM-1 links in trunk network in difficult environments
- Closure of STM-1 and STM-4 fiber optic rings
- Backup for fiber optic trunk links
- Radio spurs of fiber/radio STM-N backbones or rings
- Regional links in synchronous networks
- Radio infrastructure for cellular operators entering the telecommunication market
- Support of ATM/IP networks and LAN/WAN connections
- Cost-effective replacement of existing PDH systems

Transmission Capacity

- Maximum capacity per RF channel spacing:
 - 2 x STM-1 (311.04 Mb/s)
 - STM-0 (51.840 Mb/s)
- Access:
 - STM-1 electrical/optical
 - PDH 139.264 Mb/s
 - 3 x 34/3 x 45 Mb/s
 - 63 x 2 Mb/s

Physical Dimensions

- Rack: 2200 mm x 600 mm x 300 mm (HxWxD)
- Terminal up to 7+1/8+0 in one rack

Auxiliary Channels

- Service channel
 - Omnibus voice channel (E1)
 - Express order wire (E2)
 - 3 x 64 Kb/s G.703
 - 3 x 64 Kb/s V11
 - 1 x 9.6 Kb/s RS 232
 - 1 x 64/128 Kb/s V11
 - TMN channel (D1+D3, D4+D12)
- 2 Mb/s WST
 - STM-1: 1 stream
 - STM-0: not available

Power

- -48 to -60 V dc

Network Management

- F. interface RS 232 C
- QB3 interface: Ethernet AUI
- QECC interface : D1+D3, D4+D12

Environment

- Environmental conditions: ETSI ETS 300 119
- Temperature: -5 to +55 C
- EMI-EMC:
 - EN 301489-1
 - EN 301489-4
 - EN55022

[ANEXO 8]

BANDAS DE FRECUENCIA



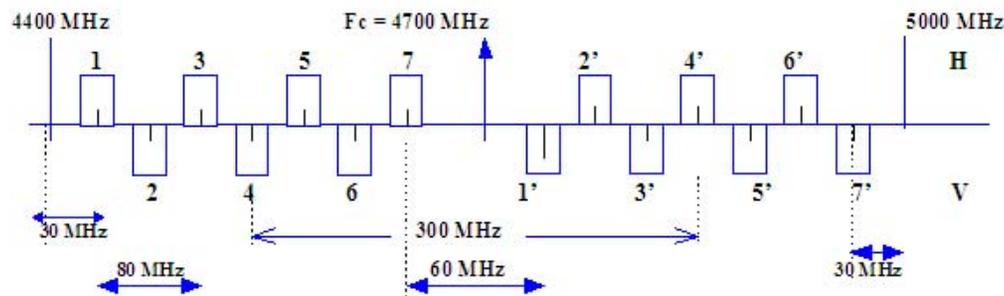
Banda de 5 GHz. Sub-banda de 4,400 a 5,000 GHz. Rec. 1099, Anexo 1

PORTADORA DE TX	FRECUENCIA (MHz)	PORTADORA DE RX	FRECUENCIA (MHz)
1	4430	1'	4730
2	4470	2'	4770
3	4510	3'	4810
4	4550	4'	4850
5	4590	5'	4890
6	4630	6'	4930
7	4670	7'	4970

OBSERVACIONES:

Capacidad de los Sistemas: 2x155 Mbps
AB = 40 MHz
Separación Tx-Rx: 300 MHz.

En esta banda la porción del espectro que va de 4,5 GHz a 4,8 GHz debe dejarse reservada para el enlace espacio-tierra del servicio FIJO POR SATÉLITE, el cual tiene prioridad sobre los sistemas del servicio fijo que puedan establecerse a nivel nacional.



Disposición Gráfica de Radiocanales

Se deben usar diferentes polarizaciones para los radiocanales:
 los radiocanales 1, 3, 5, 7, 2', 4', 6' una polarización (H)
 los radiocanales 2, 4, 6, 1', 3', 5', 7' otra polarización (V)



Banda de 8 GHz . Sub-banda de 7,725 a 8,275 GHz. Rec. 386-4

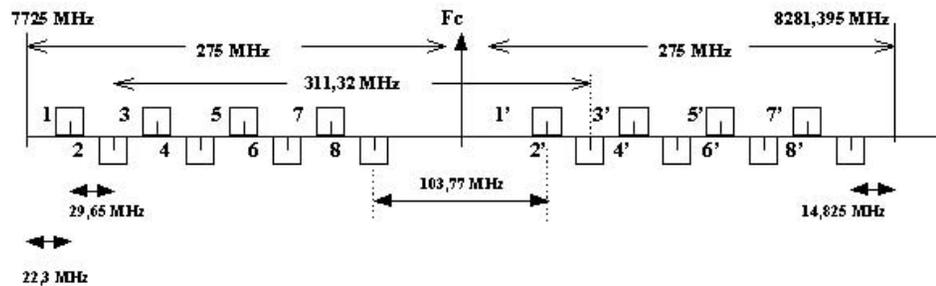
Portadora de Tx	Frecuencia (MHz)	Portadora de Rx	Frecuencia (MHz)
1	7747,70	1'	8059,02
2	7777,35	2'	8088,67
3	7807,00	3'	8118,32
4	7836,65	4'	8147,97
5	7866,30	5'	8177,62
6	7895,95	6'	8207,27
7	7925,60	7'	8236,92
8	7955,25	8'	8266,57

OBSERVACIONES:

Capacidad de los Sistemas: 1800 ctf

AB = 29,65 MHz

Separación Tx-Rx: 311,32 MHz.



Se utiliza polarización cruzada para evitar interferencias entre radiocanales de la misma semibanda.

Los radiocanales impares usan una polarización y los pares otra polarización H (V) ó V(H).

Disposición Gráfica de Radiocanales



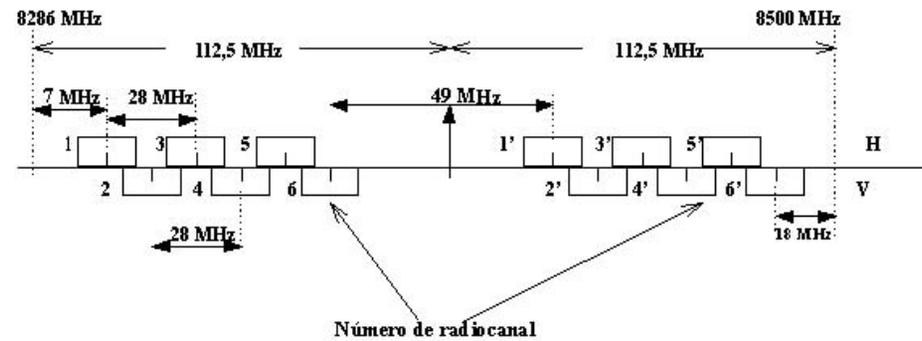
Banda de 8 GHz . Sub-banda de 8,275 a 8,500 GHz. Rec. 386-4. Anexo 3

Portadora de Tx	Frecuencia (MHz)	Portadora de Rx	Frecuencia (MHz)
1	8293	1'	8412
2	8307	2'	8426
3	8321	3'	8440
4	8335	4'	8454
5	8349	5'	8468
6	8363	6'	8482

OBSERVACIONES:

Capacidad de los Sistemas: 34 Mbps
 Separación entre canales adyacentes: 14 MHz
 Separación entre canales con el mismo plano de polarización: 28 MHz
 Separación Tx-Rx: 119 MHz.

Valores de las Portadoras.



Disposición Gráfica de Radiocanales