



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL RADIOENLACE DIGITAL
FRACCIONAL ENTRE LA REPETIDORA DEL ATACAZO Y LA
VÁLVULA DE BLOQUEO No10 DEL SOTE, UBICADA EN VICHE.”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

ASTUDILLO ORELLANA FÁTIMA VERÓNICA
verio91083@hotmail.com

DIRECTOR: ING. ADRIÁN ZAMBRANO
jadrianzam@yahoo.es

Quito, Septiembre 2009



DECLARACIÓN

Yo, ASTUDILLO ORELLANA FÁTIMA VERÓNICA, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Fátima Verónica Astudillo Orellana

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por ASTUDILLO ORELLANA FÁTIMA VERÓNICA bajo mi supervisión.

ING.ADRÍAN ZAMBRANO
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

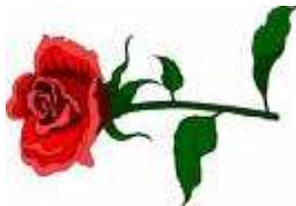
Principalmente a Dios por darme la sabiduría, inteligencia y fuerza necesaria para culminar lo que un día comenzó como un sueño.

A mi madre por ser pilar fundamental en mi vida y nunca dejarme desfallecer en los momentos más difíciles, por brindarme su cariño y apoyo en todo momento, por ser mi ejemplo a seguir, también a mi padre por mostrarme que la vida no es fácil y a mis hermanos (Fredy y Adita) que me robaron algunas noches de sueño, pero también supieron brindarle a mi vida momentos de infinita satisfacción con sus logros y permitiéndome ser parte de ellos.

A Fabián por estar en mi vida apoyándome incondicionalmente con mucho cariño y amor, dándome ánimos, fuerzas y su tiempo para culminar mi proyecto y una etapa más de mi vida con mucho éxito.

A mis amigos que siempre han estado en cada etapa de mi vida brindándome un sabio consejo.

A mi director de proyecto (Ing. Adrián Zambrano), por su gran apoyo para que esto haya sido posible, al personal de Petroecuador Gerencia de Oleoducto por su gran aporte de conocimientos y por haberme dado la oportunidad de realizar mi proyecto de titulación. Al Ing. Javier Cabrera que siempre estuvo al tanto de mis avances aportando sus enseñanzas y amplia experiencia, a su esposa Doris quien también aportó sus conocimientos. Al Ing. Raúl Pazmiño, Víctor Dávila, Rolney Salgado, David Andino, Oscar Enriquez y a todos quienes me ayudaron incondicionalmente con mi proyecto.



DEDICATORIA

A todas aquellas mujeres valiosas que luchan por alcanzar sus sueños, objetivos y metas y no desfallecen en el intento. A mi madre, mi tía Chabela, Xime A y Paty por ser parte de ellas.

A mi madre y mis hermanos por estar siempre presentes en vida con su amor y apoyo incondicional.

A mi mejor amiga Patita (alias mamá Pata para algunos), que me enseñó que lo más importante no es saber caer, sino saber levantarse, que siempre ha sido mi apoyo, que ha estado conmigo en las buenas, en las malas y en las peores, que más que una amiga es una hermana para mí y quién soporta mis ocurrencias. A la familia de Paty por brindarme gran acogida en su hogar y hacerme sentir en familia.

A Fabián, por ser lo más importante en mi vida, por brindarme su apoyo y su amor incondicional, por enseñarme el significado del amor puro y sincero y a quien amo tanto.

A Fer (alias mono) quién me dio grandes lecciones de vida y a quién mató de iras de vez en cuando, a su mamá (Doña Cuty) a quien respeto mucho y agradezco sus sabios consejos, a Enrique por ser un gran amigo.

A mis amigos Juan (mi diablito), Panchito, Jenny, Edu, Jessy (la comadrina de Paty), a mis Diegos (Diego Ibarra y Diego Gallo), Cris (mejor conocido como Profeshor), Wilson (mijo), May, Jotta, Cinty (trompito), Charito, Xime, Dayssi Ch, Gaby Acu, Sr. Pérez, Paito, Cris M (Viejito), Verito J, Julio T, Giss, Jorge (Bochito), Jorge, Angy, Nicolás, Elías, Jorge Y, Pavitori, Dany U, Jonathan V, Fa (negrito) y a todos aquellos a los que talvez olvidé mencionar, pero que guardo con mucho cariño en mi corazón.

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| MISIÓN:..... | 5 |
| VISIÓN:..... | 5 |
| INSTRUMENTACIÓN..... | 6 |
| TELECOMUNICACIONES..... | 8 |
| SISTEMAS | 9 |
| | |
| CAPÍTULO 2 | 13 |
| 2 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ENLACES Y REQUERIMIENTOS DEL RADIOENLACE VICHE-ATACAZO | 13 |
| 2.1 SITUACIÓN ACTUAL..... | 13 |
| 2.2 OPERACION DEL SISTEMA | 16 |
| 2.2.1 CENTRAL GUAJALO | 16 |
| 2.2.2 REPETIDORA ATACAZO..... | 20 |
| 2.2.3 REPETIDORA GUAMANI..... | 21 |
| 2.2.4 REPETIDORA CONDIJUA | 21 |
| 2.2.5 REPETIDORA TRES CRUCES..... | 22 |
| 2.2.6 REPETIDORA EL REVENTADOR..... | 22 |
| 2.2.7 REPETIDORA LUMBAQUI ALTO | 23 |
| 2.2.8 ESTACIONES DE BOMBEO, REDUCTORAS DE PRESION, CAMPAMENTOS DE MANTENIMIENTO..... | 24 |
| 2.3 SISTEMA SCADA | 24 |
| 2.4 REQUERIMIENTOS DEL RADIOENLACE VICHE - ATACAZO..... | 26 |
| | |
| CAPÍTULO 3 | 28 |
| 3 DISEÑO DEL RADIOENLACE DIGITAL FRACCIONAL | 28 |
| 3.1 PASOS PARA ESTABLECER UN RADIOENLACE..... | 28 |
| 3.1.1 DETERMINACIÓN DE LOS POSIBLES SITIOS PARA UBICACIÓN DE ANTENAS | 28 |
| 3.1.2 LEVANTAMIENTO DEL PERFIL EN BASE A CARTAS TOPOGRÁFICAS..... | 29 |
| 3.1.3 UTILIZACIÓN DEL EXCEL PARA REPRESENTAR LOS DATOS OBTENIDOS | 31 |
| 3.1.4 DETERMINACIÓN DE POSIBLES OBSTÁCULOS | 31 |
| 3.1.5 DETERMINACIÓN DE LA ALTURA A LA QUE SE COLOCARÁ LAS ANTENAS..... | 32 |
| 3.1.6 OBSTRUCCIÓN POR OBSTÁCULO | 38 |
| 3.1.7 PÉRDIDAS POR TRAYECTORIA DE ESPACIO LIBRE (L_p)..... | 40 |
| 3.1.8 PÉRDIDAS EN CABLE COAXIAL (L_f)..... | 41 |
| 3.1.9 MARGEN DE DESVANECIMIENTO (FM)..... | 42 |
| 3.1.10 UMBRAL O SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR (S) | 44 |
| 3.1.11 POTENCIA DE RECEPCIÓN (P_{RX})..... | 44 |
| 3.1.12 POTENCIA DE TRANSMISIÓN | 45 |
| 3.1.13 SELECCIÓN DE ANTENAS..... | 45 |
| 3.1.14 CÁLCULO DE ANGULO DE AZIMUT Y ELEVACIÓN | 50 |
| 3.1.15 INDISPONIBILIDAD DE UN ENLACE (U)..... | 52 |
| 3.1.16 MEJORAMIENTO DE UN ENLACE POR HOT-STANDBY..... | 52 |
| 3.2 POSIBLES ENLACES..... | 54 |
| 3.2.1 CONSIDERACIÓN 1: Enlace Válvula No 10 VICHE- QUININDÉ | 56 |

| | | |
|------------------------|---|------------|
| 3.2.2 | CONSIDERACIÓN 2: Enlace Válvula No 10 VICHE- BALAO TORRE | 58 |
| 3.2.3 | CONSIDERACIÓN 3: Enlace Válvula No 10 VICHE- CERRO ZAPALLO- BALAO TORRE | 61 |
| 3.2.4 | CONSIDERACIÓN 4: Enlace Válvula No 10 VICHE- CERRO ATACAZO | 89 |
| 3.2.5 | CONSIDERACIÓN 5: Enlace Válvula No 10 VICHE- CERRO ATACAZO (Con antena de 26 m en Viche y 30 m en Atacazo)..... | 110 |
| CÁPITULO 4..... | | 125 |
| 4 | EQUIPO Y DETERMINACIÓN DE COSTOS REFERENCIALES DEL RADIOENLACE FRACCIONAL | 125 |
| 4.1 | REQUERIMIENTOS DE LOS EQUIPOS Y ACCESORIOS A UTILIZAR EN EL RADIOENLACE VÁLVULA DE BLOQUEO No10 (VICHE)-ATACAZO | 125 |
| 4.1.1 | RADIOS DIGITALES FRACCIONALES | 125 |
| 4.1.2 | ANTENA PARA RADIO FRACCIONAL CON ACCESORIOS ESTANDAR PARA MONTAJE EN TORRE | 126 |
| 4.1.3 | CABLE COAXIAL ESTANDAR FOAM HELIAX DE ½" LDF4-50 A | 126 |
| 4.1.4 | ABRAZADERAS DE TORRE PARA CABLE COAXIAL DE ½ " | 126 |
| 4.1.5 | RACK DE ALUMINIO Y BANDEJA..... | 126 |
| 4.1.6 | TORRE AUTO SOPORTADA..... | 126 |
| 4.2 | DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS | 128 |
| 4.2.1 | RADIOS DIGITALES FRACCIONALES | 128 |
| 4.2.2 | ANTENA PARA RADIO FRACCIONAL CON ACCESORIOS ESTANDAR PARA MONTAJE EN TORRE. | 137 |
| 4.2.3 | CABLE COAXIAL ESTANDAR FOAM HELIAX DE ½" LDF4-50A. | 140 |
| 4.2.4 | ABRAZADERAS DE TORRE PARA CABLE COAXIAL DE ½ " | 141 |
| 4.2.5 | RACK DE ALUMINIO..... | 141 |
| 4.2.6 | TORRE AUTO SOPORTADA..... | 142 |
| 4.3 | VALOR ESTIMADO DEL RADIO ENLACE VÁLVULA DE BLOQUEO No10 (VICHE)-ATACAZO | 150 |
| | ESTADO ACTUAL | 150 |
| 4.3.1 | CONSIDERACIÓN 4: Enlace Válvula No 10 VICHE- CERRO ATACAZO | 152 |
| 4.3.2 | CONSIDERACIÓN 5: Enlace Válvula No 10 VICHE- CERRO ATACAZO (Con antena de 26 m en Viche y 30 m en Atacazo)..... | 154 |
| CÁPITULO 5..... | | 156 |
| 5 | IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL RADIOENLACE | 156 |
| 5.1 | RADIO 4RF APRISA XE..... | 156 |
| 5.1.1 | KIT DE ACCESORIOS ADICIONALES AL EQUIPO..... | 156 |
| 5.1.2 | REQUERIMIENTOS DEL SITIO..... | 157 |
| 5.1.3 | ENFRIAMIENTO DEL EQUIPO..... | 158 |
| 5.1.4 | TIERRAS Y PROTECCIÓN CONTRA RAYOS | 159 |
| 5.1.5 | ACERCA DEL EQUIPO..... | 160 |
| 5.1.6 | MONTAJE E INSTALACIÓN DEL EQUIPO | 161 |
| 5.1.7 | CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO | 167 |
| 5.1.8 | ADMINISTRACIÓN DEL EQUIPO..... | 176 |
| 5.1.9 | CONFIGURACIÓN DE FRECUENCIA MEDIANTE SUPERVISOR..... | 183 |
| 5.1.10 | CONFIGURACIÓN DE DIRECCIONAMIENTO IP MEDIANTE SUPERVISOR..... | 183 |
| 5.1.11 | PROTECCIÓN DE EQUIPOS | 184 |
| 5.1.12 | CROSS CONNECTION..... | 192 |
| 5.1.13 | CONFIGURACIÓN ACTUAL EN LOS RADIOS 4RF APRISA XE | 198 |
| 5.1.14 | PRUEBAS EN LABORATORIO..... | 203 |
| 5.2 | MONTAJE E INSTALACIÓN DE LA ANTENA..... | 207 |
| 5.2.1 | CARACTERÍSTICAS | 207 |
| 5.2.2 | LISTA DE PARTES..... | 207 |
| 5.2.3 | DETALLE DEL ARMADO DE LA PARÁBOLA | 209 |

| | | |
|---------------------|---|------------|
| 5.2.4 | INSTALACIÓN DE LA ANTENA EN LA TORRE..... | 212 |
| CÁPITULO 6 | | 215 |
| 6 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 215 |
| 6.1 | CONCLUSIONES..... | 215 |
| 6.2 | RECOMENDACIONES..... | 218 |
| BIBLIOGRAFIA | | 221 |

CONTENIDO DE FIGURAS

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figura 1.1 | Estación de Bombeo No.3 “El Salado” | 2 |
| Figura 1.2 | Estación reductora de presión “La Palma” | 2 |
| Figura 1.3 | Terminal Marítimo Balao | 3 |
| Figura 1.4 | Ducto entre Salado y Baeza | 4 |
| Figura 1.5 | Tubería del OLEODUCTO | 5 |
| Figura 1.6 | Estándar 4-20 mA | 7 |
| Figura 1.7 | Sistema de Comunicaciones de Petroecuador Oleoducto integrando el Sistema SCADA a futuro (VER ANEXO 1) | 10 |
| Figura 2.1 | Sistema de Telecomunicaciones Enlaces Actuales | 14 |
| Figura 2.2 | Campamento de Guajaló | 16 |
| Figura 2.3 | Cable multipar telefónico | 17 |
| Figura 2.4 | MDF (Distribuidor Central) | 18 |
| Figura 2.5 | Repetidora del Atacazo (Cuarto de radio y torre) | 20 |
| Figura 2.6 | Repetidora de Guamani (Cuarto de radios y torres) | 21 |
| Figura 2.7 | Repetidora Condijua (Cuarto de radios y torre) | 21 |
| Figura 2.8 | Repetidora de Tres Cruces (Cuarto de radio y torres) | 22 |
| Figura 2.9 | Repetidora el Reventador (Cuarto de radios y torre) | 22 |
| Figura 2.10 | Repetidora Lumbaqui Alto (torre) | 23 |
| Figura 2.11 | (a) Estación Chiriboga (b) Estación Papallacta (c) Estación Lago Agrio | 24 |
| Figura 2.12 | Ruptura en el tubo | 25 |
| Figura 2.13 | Torres ubicadas en Viche y Atacazo | 27 |
| Figura 3.1 | Curvas de nivel | 30 |
| Figura 3.2 | Línea de Vista | 32 |
| Figura 3.3 | Línea de Vista Perfil topográfico sin considerar la curvatura de la tierra | 33 |
| Figura 3.4 | Abultamiento de la tierra | 34 |
| Figura 3.5 | Primera Zona de Fresnel considerando que existe un obstáculo entre los sitios a establecer el enlace | 35 |
| Figura 3.6 | La zona de Fresnel es bloqueada parcialmente en este enlace, aunque la línea visual no está obstruida | 38 |
| Figura 3.7 | Pérdidas en el espacio libre | 40 |
| Figura 3.8 | Tipos de cable coaxial | 41 |
| Figura 3.9 | Geographic Propagation Conditions (factor geográfico utilizando | 43 |
| Figura 3.10 | Potencia vs Tiempo | 44 |
| Figura 3.11 | (a) Ancho del haz para dos tamaños de antena parabólica, (b) Ancho de haz | 47 |
| Figura 3.12 | (a) Patrón de radiación; (b) Patrón de radiación tridimensional; (c) Patrón de radiación en coordenadas polares | 48 |
| Figura 3.13 | Relación Frente espalda | 48 |
| Figura 3.14 | La onda senoidal eléctrica se mueve perpendicular a la onda | 49 |
| Figura 3.15 | Ángulo de Azimut | 50 |
| Figura 3.16 | Ángulo de elevación | 51 |
| Figura 3.17 | Determinación del ángulo de elevación | 51 |
| Figura 3.18 | Hot-Standby | 53 |
| Figura 3.19 | Posibles enlaces | 55 |
| Figura 3.20 | Mapa de la Zona (Enlace Viche –Quininde) | 56 |
| Figura 3.21 | Representación en Excel del perfil topográfico del Enlace Viche –Quininde. | 57 |
| Figura 3.22 | Mapa de la Zona (Enlace Viche-Balao Torre) | 59 |
| Figura 3.23 | Representación en Excel del perfil topográfico del enlace Viche-Balao Torre. | 60 |
| Figura 3.24 | Mapa de la Zona (Enlace Viche-Cerro Zapallo-Balao Torre) | 61 |
| Figura 3.25 | Representación en Excel del perfil topográfico del enlace Viche-Cerro Zapallo. | 63 |
| Figura 3.26 | Representación en Excel del perfil topográfico del enlace Cerro Zapallo-Balao Torre | 72 |
| Figura 3.27 | Enlace Viche-Cerro Zapallo | 78 |
| Figura 3.28 | Cerro Zapallo-Balao Torre | 79 |
| Figura 3.29 | Enlace Viche-Cerro Zapallo- Balao torre | 82 |
| Figura 3.30 | Mapa de la Zona (Enlace Viche-Atacazo) | 89 |
| Figura 3.31 | Representación en Excel del perfil topográfico del enlace Viche-Atacazo. | 91 |
| Figura 3.32 | Representación en Excel del perfil topográfico del enlace Viche-Atacazo. | 92 |
| Figura 3.33 | Enlace Viche-Atacazo considerando la altura a la que se debe colocar las antenas | 103 |
| Figura 3.34 | Enlace Viche-Atacazo considerando la altura a la que se debe colocar las antenas (Primeros 30 Km) | 103 |
| Figura 3.35 | Perfil topográfico del enlace VICHE-ATACAZO considerando alturas indicadas por PETROECUADOR OLEODUCTO | 110 |
| Figura 3.36 | Visualización de obstáculos en el perfil del enlace Viche-Atacazo | 116 |
| Figura 4.1 | Exterior e interior del Radio 4RF APRISA XE | 129 |
| Figura 4.2 | Posible enlace a 100 Km | 131 |
| Figura 4.3 | Arquitectura interna del Radio 4RF APRISA XE | 131 |
| Figura 4.4 | Partes del Radio 4RF APRISA XE | 131 |
| Figura 4.5 | Panel Frontal de conexiones e indicadores | 133 |
| Figura 4.6 | Antena marca Radiatel modelo KPAG13 | 138 |
| Figura 4.7 | Antena marca Andrew modelo KP13F-403C | 139 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figura 4.8 | Cable coaxial LDF4-50 A de ½ pulgada | 140 |
| Figura 4.9 | Abrazaderas | 141 |
| Figura 4.10 | Rack de 7 pies de alto y 19 pulgadas de ancho | 142 |
| Figura 4.11 | Torre autosoportada tipo Rohn | 142 |
| Figura 4.12 | Modelo de torre Rohn | 143 |
| Figura 4.13 | Sistema de apartarayos | 148 |
| Figura 4.14 | Luz de baliza | 148 |
| Figura 4.15 | (a) Torre Válvula de Bloqueo No 10 (VICHE), (b) Apartarayos, (c) Detalle de la bajada de cable desde el apartarayos | 150 |
| Figura 4.16 | (a) Torre Atacazo (b) Apartarayos, (c) Cuarto de radios | 151 |
| Figura 5.1 | Cable para instalación RJ45 y adaptado | 156 |
| Figura 5.2 | Soportes de montaje y tornillos | 156 |
| Figura 5.3 | Kit de Hardware | 157 |
| Figura 5.4 | Cable de alarma | 157 |
| Figura 5.5 | Cable de tierra | 157 |
| Figura 5.6 | Cable de poder de DC | 157 |
| Figura 5.7 | Cable de poder AC | 157 |
| Figura 5.8 | Requerimientos mínimos de tierras y protección contra rayos. | 159 |
| Figura 5.9 | Radio 4RF Aprisa XE | 160 |
| Figura 5.10 | Módulos del que están dentro del radio Aprisa XE | 160 |
| Figura 5.11 | Interrelación entre los módulos | 161 |
| Figura 5.12 | Soportes de Montaje | 161 |
| Figura 5.13 | Protección a tierra | 165 |
| Figura 5.14 | Conexión del cable de tierra | 165 |
| Figura 5.15 | Configuración del equipo en laboratorio | 166 |
| Figura 5.16 | Configuración del equipo en laboratorio | 167 |
| Figura 5.17 | Puerto de configuración | 168 |
| Figura 5.18 | Nombre de la conexión | 169 |
| Figura 5.19 | Puerto COM seleccionado | 169 |
| Figura 5.20 | Ingreso de parámetros de configuración | 170 |
| Figura 5.21 | Menú de configuración | 170 |
| Figura 5.22 | Conexión de la PC a un interface Ethernet | 171 |
| Figura 5.23 | Pantalla de configuración de | 173 |
| Figura 5.24 | Pantalla de configuración del tipo de conexión | 174 |
| Figura 5.25 | Equipo local y equipo remoto | 176 |
| Figura 5.26 | Resultado de seleccionar la opción 3 del menú principal | 178 |
| Figura 5.27 | Pantalla de 4RF Supervisor | 180 |
| Figura 5.28 | Ingreso de dirección IP del equipo a supervisar | 181 |
| Figura 5.29 | Ingreso del nombre de usuario | 181 |
| Figura 5.30 | Resultado de usar la opción SUMMARY | 182 |
| Figura 5.31 | LOGOUT (SALIDA) | 182 |
| Figura 5.32 | Configuración de Frecuencias para el radioenlace | 183 |
| Figura 5.33 | Configuración de Direccionamiento IP | 184 |
| Figura 5.34 | Panel frontal del switch de tributarios | 185 |
| Figura 5.35 | Panel Frontal del Switch de RF | 186 |
| Figura 5.36 | Radios en modo MHSB | 188 |
| Figura 5.37 | Configuración de direccionamiento IP presentado como ejemplo | 189 |
| Figura 5.38 | Montaje de los radios | 189 |
| Figura 5.39 | Configuración Ethernet | 190 |
| Figura 5.40 | Configuración mediante SUPERVISOR | 191 |
| Figura 5.41 | Borrando configuración MHSB | 192 |
| Figura 5.42 | Pantalla de la aplicación de cross connection | 194 |
| Figura 5.43 | Introducción | 195 |
| Figura 5.44 | Direccionamiento | 195 |
| Figura 5.45 | Ancho de Banda | 196 |
| Figura 5.46 | Tarjetas dentro de los slots | 196 |
| Figura 5.47 | Configuración Ethernet | 197 |
| Figura 5.48 | Resumen | 197 |
| Figura 5.49 | Información configurada en los equipos activos | 199 |
| Figura 5.50 | Resumen de alarmas | 200 |
| Figura 5.51 | Configuración MHSB | 200 |
| Figura 5.52 | Información configurada en los equipos en stand by LOCAL y REMOTO | 201 |
| Figura 5.53 | Resumen de alarmas (la tarjeta FXO se halla alarmada por que no tiene línea telefónica) | 201 |
| Figura 5.54 | Información de la alarma presente | 202 |
| Figura 5.55 | Configuración realizada en laboratorio. | 203 |
| Figura 5.56 | Configuración de IPs en las PCs | 203 |
| Figura 5.57 | Verificación de la IP en la PC colocada al Lado A | 204 |

| | |
|---|-----|
| Figura 5.58 Verificación de la IP en la PC colocada al Lado B | 204 |
| Figura 5.59 Prueba de conectividad entre PCs | 205 |
| Figura 5.60 Información del rendimiento de los equipos activos | 206 |
| Figura 5.61 Información del rendimiento de los equipos en | 206 |
| Figura 5.62 Antena Radiatel de 4m de diámetro | 207 |
| Figura 5.63 Sectores de antena antes de armar | 207 |
| Figura 5.64 Accesorios de la antena | 208 |
| Figura 5.65 Fit de la antena | 208 |
| Figura 5.66 Fit de la antena embalada | 208 |
| Figura 5.67 Grampas U y pernos de regulación | 209 |
| Figura 5.68 Sectores de la antena a armar | 209 |
| Figura 5.69 Unión de los sectores de la antena | 210 |
| Figura 5.70 Colocación del puente de montaje | 211 |
| Figura 5.71 Tensores de regulación vertical | 211 |
| Figura 5.72 Unión de los sectores de la antena | 211 |
| Figura 5.73 Armado de los sectores de la antena | 211 |
| Figura 5.74 Sectores de la antena unidos | 211 |
| Figura 5.75 Colocación del soporte de montaje | 211 |
| Figura 5.76 Antena armada | 212 |
| Figura 5.77 Torre en la que se monta la antena | 212 |
| Figura 5.78 Antena colocada a una distancia desde donde se la va a montar en la torre | 213 |
| Figura 5.79 Aseguramiento de la antena para proceder a subirla | 213 |
| Figura 5.80 Montaje de la antena en la torre con la ayuda de poleas | 214 |
| Figura 5.81 Aseguramiento de la antena en la torre | 214 |

CONTENIDO DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1.1 Estaciones de bombeo | 1 |
| Tabla 1.2 Estaciones Reductoras | 2 |
| Tabla 3.1 Confiabilidad y porcentajes de interrupción | 43 |
| Tabla 3.2 Posibles enlaces | 54 |
| Tabla 3.3 Distancias a las que se presentan obstáculos | 68 |
| Tabla 3.4 Cálculo de altura de torres a las que se debe poner la antena para el enlace Viche-Cerro Zapallo. | 70 |
| Tabla 3.5 Cálculo de altura de torres a las que se debe poner la antena para el enlace Viche-Cerro Zapallo | 71 |
| Tabla 3.6 Distancia a la que se presenta el obstáculo | 76 |
| Tabla 3.7 Cálculo de altura de torres a las que se debe poner la antena para el enlace Cerro Zapallo-Balao Torre | 77 |
| Tabla 3.8 Distancias a las que se presentan obstáculos | 97 |
| Tabla 3.9 Cálculo de altura de torres a las que se debe poner la antena para el enlace Viche-Atacazo. | 98 |
| Tabla 3.10 Cálculo de altura de torres a las que se debe poner la antena para el enlace Viche-Atacazo | 100 |
| Tabla 4.1 Valores estimados del Enlace Válvula de Bloqueo No 10 (VICHE)-ATACAZO (Consideración 4) | 153 |
| Tabla 4.2 Valores estimados del Enlace Válvula de Bloqueo No 10 (VICHE)-ATACAZO (Consideración 5) | 155 |
| Tabla 5.1 Fuentes de DC | 164 |
| Tabla 5.2 Fuentes de Voltaje AC | 164 |
| Tabla 5.3 Terminales | 165 |
| Tabla 5.4 Parámetros a configurar | 168 |
| Tabla 5.5 Menú principal al utilizar la configuración por el puerto SETUP | 177 |
| Tabla 5.6 Descripción del Panel frontal del switch de tributarios | 185 |
| Tabla 5.7 Descripción de leds en el panel frontal del switch de tributarios | 186 |
| Tabla 5.8 Descripción del panel frontal de RF | 187 |
| Tabla 5.9 Descripción de Leds en el switch de RF | 187 |
| Tabla 5.10 Explicación de las opciones presentes en | 194 |
| Tabla 5.11 Direccionamiento activo en los equipos | 198 |
| Tabla 5.12 Distribución de la capacidad del enlace | 198 |

CONTENIDO DE NOMOGRAMAS

| | |
|--|-----|
| Nomograma 3.1 Obstrucción por obstáculo ó Atenuación de sombra debido a una cumbre L_s | 39 |
| Nomograma 3.2 Enlace Viche-Atacazo: Atenuación de sombra debido a una cumbre a 3,5 Km. | 117 |
| Nomograma 3.3 Enlace Viche-Atacazo: Atenuación de sombra debido a una cumbre a 13 Km. | 118 |

CONTENIDO DE ANEXOS

| | |
|----------|-----|
| ANEXO 1 | 222 |
| ANEXO 2 | 223 |
| ANEXO 3 | 225 |
| ANEXO 4 | 227 |
| ANEXO 5 | 228 |
| ANEXO 6 | 229 |
| ANEXO 7 | 230 |
| ANEXO 8 | 231 |
| ANEXO 9 | 234 |
| ANEXO 10 | 236 |

RESUMEN

El presente trabajo trata del diseño e implementación del radioenlace digital entre la repetidora del Atacazo y la válvula de bloqueo No 10 del SOTE, ubicada en Viche. Para ello se ha estructurado el presente trabajo de la siguiente manera:

La primera parte es una breve descripción de lo que es el SOTE (Sistema de Oleoducto Transecuatoriano) y de cómo surge la necesidad de realizar este enlace. A continuación se expone, mediante un diagrama unifilar el estado actual de los enlaces existentes que la Unidad de Comunicaciones tiene en marcha para servir al SOTE y que guardan relación con el sistema SCADA, así como de las repetidoras que hay y su estado actual.

Luego considerando que los requerimientos para establecer éste enlace son una frecuencia de operación de 400 MHz y una velocidad de transmisión de 408 kbps, se evalúa los posibles lugares y rutas más accesibles, considerando la existencia de línea de vista, para ello se tiene presente que cuando se planea enlaces inalámbricos, se debe asegurar que la primera zona de Fresnel se hallé libre de obstáculos, aunque en la práctica, en redes inalámbricas es suficiente con que el 60% de dicha zona se halle libre, también se realiza el cálculo de alturas a las que deben ser colocadas las antenas y en base a los equipos que existen en el mercado se realiza los cálculos respectivos para que exista el enlace.

Después de realizado el diseño se evalúan costos referenciales de antenas y equipos y se presenta la mejor opción que es la que se utiliza para posteriormente comprar el equipo y accesorios necesarios para la implementación de dicho enlace en campo, que es explicada posteriormente en conjunto con la configuración de los equipos y puesta en funcionamiento previamente en laboratorio.

Una vez que se ha puesto en marcha el enlace, se exponen conclusiones y recomendaciones resultado de la fase de diseño e implementación que han sido de utilidad para conseguir un correcto funcionamiento.

PRESENTACIÓN

Para garantizar el transporte confiable del petróleo (crudo) y reducir los impactos ambientales por derrame de éste, el SOTE está implementando un nuevo sistema de control y monitoreo de parámetros operacionales a lo largo de los aproximadamente 504 Km de recorrido, es decir desde la estación de Bombeo Lago Agrio, pasando por las estaciones de Lumbaqui, Salado, Baeza, Papallacta, San Juan, Chiriboga, La Palma, Santo Domingo, Quinindé, hasta llegar al Terminal Marítimo de Balao.

En este recorrido, el SOTE posee 11 válvulas de CIERRE-APERTURA para control de derrames, operadas en el sitio actualmente de manera manual.

Debido a la implementación del nuevo sistema SCADA (Sistema de Control y Adquisición de Datos), el SOTE necesita poner en funcionamiento enlaces de radio frecuencia entre cada válvula y el ruteador central ubicado en la repetidora del Atacazo, para transportar los datos de telemetría a los centros de control y monitoreo ubicados en Guajaló y Lago Agrio.

El radioenlace entre el ruteador central ubicado en la repetidora del Atacazo y la válvula de bloqueo No. 10 situada en Viche es desarrollado en este proyecto de titulación.

Mediante este radioenlace se realiza el control de la válvula de bloqueo No. 10 situada en Viche en tiempo real, sin la necesidad de que alguna persona esté físicamente presente en dicho lugar, con lo cual se consigue tiempos de respuesta inmediatos. Los equipos empleados para este radioenlace son MHSB (Monitor Hot Stand By), lo cual significa que en caso de fallo del equipo principal entra inmediatamente en funcionamiento el equipo que se encuentra como backup, garantizando que el enlace se encuentre siempre activo.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE), ha cumplido 36 años de funcionamiento desde su inauguración ocurrida el 26 de junio de 1972.

La capacidad de transporte en esa época fue de 250.000 **Barriles Por Día** (BPD), para una viscosidad de crudo de 30° API¹.

El SOTE ha tenido algunas ampliaciones, que fueron realizadas para actualizarlo a las condiciones cambiantes de producción y calidad de crudo. Así tenemos:

1. Primera, mayo de 1985: 300.000 BPD 29.0° API
2. Segunda, mayo de 1992: 325.000 BPD 28.5° API
3. Tercera, junio del 2000: 365.000 BPD 24.0° API

El SOTE consta de 6 estaciones de bombeo:

Tabla 1.1 Estaciones de bombeo

| Estación | Unidades de bombeo | Ubicación (Km) | Altitud (m.s.n.m) | Potencia (HP) |
|------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------|
| Lago Agrio | 8 | 0 | 297 | 20000 |
| Lumbaqui | 7 | 66,57 | 850 | 17500 |
| Salado | 7 | 111,72 | 1289 | 12950 |
| Baeza | 7 | 164,08 | 2002 | 20300 |
| Papallacta | 7 | 182,29 | 3009 | 20300 |
| Quinindé | 3 | 420,25 | 97 | 12600 |

Fuente: Petroecuador Oleoducto

¹ Grados API es una medida de cuánto pesa un producto de petróleo en relación al agua. Si el producto de petróleo es más liviano que el agua y flota sobre el agua, su grado API es mayor de 10. Los productos de petróleo que tienen un grado API menor que 10 son más pesados que el agua y se asientan en el fondo.

Figura 1.1 Estación de Bombeo No.3 “El Salado”



Fuente: Petroecuador Oleoducto (El Salado)

Cuatro estaciones reductoras de presión:

Tabla 1.2 Estaciones Reductoras

| Estación | Ubicación (Km) | Altitud (m.s.n.m) |
|---------------|----------------|-------------------|
| San Juan | 261,68 | 3497 |
| Chiriboga | 273,62 | 1998 |
| La Palma | 295,96 | 1613 |
| Santo Domingo | 329,87 | 566 |

Fuente: Petroecuador Oleoducto

Figura 1.2 Estación reductora de presión “La Palma”



Fuente: Petroecuador Oleoducto (La Palma)

Y el Terminal Marítimo de Balao con: área de tanques, dos líneas de carga de 36” y 42” de aproximadamente 5 Km. hasta la playa y 7.2 Km. de líneas submarinas;

dos monoboyas² capaces de cargar simultáneamente buques de hasta 100000 toneladas de peso.

Figura 1.3 Terminal Marítimo Balao



Fuente: Petroecuador Oleoducto (Balao)

Todas estas localidades se hallan unidas gracias al sistema de telecomunicaciones, el cual es fundamental para la coordinación de las operaciones del SOTE, por cuanto proporciona el teléfono rojo que proporciona multiconferencia entre todas las 10 estaciones y el Terminal marítimo.

El sistema de Telecomunicaciones consta de varios enlaces de microonda digital con capacidad de 16 E1³ en el Backbone⁴ y de 4 E1 en los enlaces secundarios.

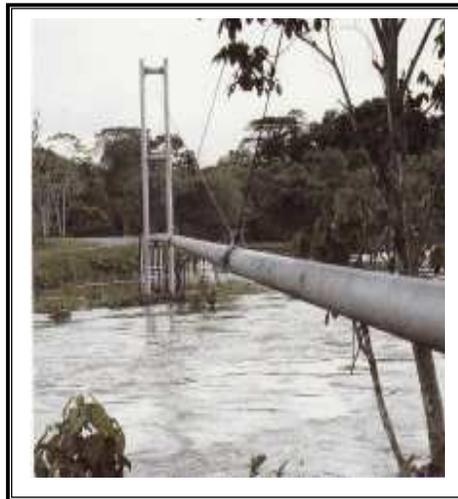
² Las monoboyas son boyas metálicas, ancladas al fondo, que se utilizan para la transferencia de hidrocarburos. Es el extremo de un oleoducto desde donde se toma el crudo que está en los tanques de almacenamiento próximos a la costa, dado que los buques, por el porte, no pueden arrimarse a la playa. Se las utiliza en zonas de poca profundidad, o para ampliar las instalaciones de recepción de crudo desde un puerto petrolero.

³ El formato de la señal E1 lleva datos en una tasa de 2,048 millones de bits por segundo y puede llevar 32 canales de 64 Kbps cada uno, de los cuales 31 son canales activos simultáneos para voz o datos en SS7 (Sistema de Señalización Número 7). En R2 el canal 16 se usa para señalización por lo que están disponibles 30 canales para voz o datos.

También posee una red de repetidoras en VHF, que da cobertura a lo largo del trayecto del Oleoducto.

El ducto atraviesa las tres regiones naturales del Ecuador (muchas zonas sensibles, como reservas ecológicas), cruzando la cordillera de los Andes a una altura de 4064 metros, cerca de la Virgen en Papallacta.

Figura 1.4 Ducto entre Salado y Baeza



Fuente: Petroecuador Oleoducto

La tubería del SOTE tiene aproximadamente 497,7 Km., que se inicia en Lago Agrio hasta el Terminal Marítimo de Balao, de los cuales: 429,4 kilómetros con tubería de 26" de diámetro, desde Lago Agrio hasta la estación reductora de presión San Juan y entre Santo Domingo de los Colorados y el Terminal Marítimo de Balao; y, 68,5 kilómetros con tubería de 20" de diámetro, entre las estaciones reductoras de presión en San Juan y Santo Domingo de los Colorados.

⁴ Se puede definir como un enlace de gran caudal o un mecanismo de conectividad primario en un sistema distribuido. Todos los sistemas que tengan conexión al backbone (columna vertebral) pueden interconectarse entre sí, aunque también puedan hacerlo directamente o mediante enlaces alternativos.

Figura 1.5 Tubería del OLEODUCTO



Fuente: Petroecuador Oleoducto

En sitios estratégicos se ubican 11 válvulas de bloqueo operadas manualmente. Para entender la tarea que desarrolla la Unidad de Comunicaciones es importante indicar tanto la MISIÓN como la VISIÓN, por lo que se describe a continuación:

MISIÓN:

“Transportar eficientemente el petróleo crudo por sistemas de oleoductos, asegurando la entrega oportuna para la exportación y refinación, con un verdadero compromiso de preservación de los ecosistemas”.

VISIÓN:

“Ser la primera empresa en la transportación de petróleo por Oleoducto y líderes en la entrega oportuna de volúmenes programados, con calidad en el servicio; optimizando costos, trabajando con seguridad, protegiendo el medio ambiente y la salud ocupacional”.

Para cumplir con la MISIÓN Y VISIÓN, el SOTE se ha visto en la necesidad de cambiar varias tecnologías, así como también algunos procesos de control y monitoreo para enmarcarse en las tendencias globales de calidad total.

Los cambios más importantes se han dado en los sistemas de instrumentación, telecomunicaciones y sistemas.

INSTRUMENTACIÓN

En lo que respecta a instrumentación el Fieldbus⁵ forma parte de la infraestructura de comunicación en el nivel de campo. El prerequisite de cualquier sistema de comunicación es el uso de un estándar o protocolo que defina todas las reglas para el intercambio de datos entre equipos haciendo más fácil la comunicación entre equipos e instrumentos de diferentes compañías. Pero desgraciadamente este no es el caso al presentarse los sistemas de comunicación digital. Hay también cuatro fases que caracterizan la evolución de las tecnologías de comunicación de Fieldbuses:

- Neumática: El SOTE en su comienzo tenía instrumentación neumática⁶, con las limitaciones que ello implica: los datos eran locales, sin posibilidad de enviarlos a ningún lado. La transmisión de esos datos se la realiza por medio del operador que los recoge de los instrumentos de medición, anota en un papel y mediante la multiconferencia los hace conocer a las restantes estaciones involucradas en la operación, con lo que se puede tomar decisiones.
- Eléctricas: El Fieldbus analógico de 4 – 20 mA es la única señal estándar disponible la cual tiene la principal ventaja de simultáneamente ahorrar energía en los dispositivos y transmitir los valores de las mediciones en los mismos dos alambres de conexión (lazo de energía).

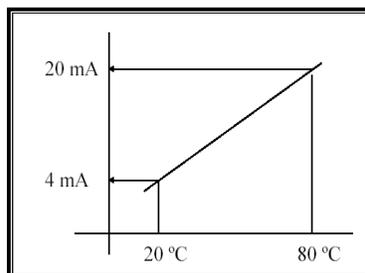
Ha sido usado a pesar de sus obvias desventajas: No puede comunicar toda la información adicional en formato digital como los sensores

⁵ Sistema de dispositivos de campo y/o dispositivos de control que utilizan un medio físico común para intercambiar datos.

⁶ Consistía en instrumentos que traducían las variables de los procesos, caudal, presión, etc. En señales neumáticas. Para ello se estandarizó como rango para las señales neumáticas de control 3-15 psi. 3 psi valor inferior del rango de medida (0%) y 15 psi valor superior (100%)

modernos que lo procesan y lo hacen disponible; el alto costo del cableado (cableado paralelo, es decir por cada señal un par de cables); la guía de información es unidireccional (simplex); adición innecesaria de convertidores A/D y D/A. Las interfaces seriales RS-232 y RS-422 posibilitan la transmisión de datos a sitios remotos.

Figura 1.6 Estándar 4-20 mA



Fuente: Petroecuador Oleoducto

Sin embargo el problema es como transmitir toda esta información al controlador del proceso, porque con la señal convencional de 4 – 20 mA solo puede transmitir la información de un parámetro del proceso a la vez.

- Eléctricas + digitales: transmite dos tipos de señales: el estándar 4 – 20 mA y la señal digital de comunicación transmitida por superposición en la señal de 4-20 mA. Aunque en forma restringida ofrece comunicación digital.
- Digitales: Existen diferentes sistemas de Fieldbus de diferentes compañías y organizaciones que tenía la limitación de no comunicarse entre ellas, de modo que existían dificultades en escoger un bus adecuado para su aplicación y para la integración del sistema. Actualmente ya es posible utilizar dichos sistemas de diferentes fabricantes.

La transmisión de datos digitales ofrece las siguientes ventajas: es bidireccional, ofrece información de alto nivel, descripción virtual del dispositivo de campo, compensación en temperatura, el estado de los dispositivos de campo, diagnóstico de error, lazo de energía, alta precisión y resolución (tres veces más precisión que los dispositivos convencionales

y diez veces más resolución en el nivel del sistema); alta flexibilidad (rápida reconfiguración de parámetros de los dispositivos de campo); chequeo en tiempo real del estado y el diagnóstico; fácil identificación del dispositivo, eliminación de la conversión de señales; por cada proceso elegido se extrae al máximo la información; fácil ingeniería; incremento de seguridad.

TELECOMUNICACIONES

Por otra parte el sistema de telecomunicaciones cambia de radios analógicos multiplexados en frecuencia a radios digitales multiplexados en tiempo, para mediante tarjetas de datos transportar dicha información a Lago Agrio.

Un primer sistema electrónico de supervisión y adquisición automático de datos (SCADA) es implementado. Al poco tiempo el sistema colapsa por saturación del disco duro.

Aparecen muchos sistemas de medición donde los sensores son reemplazados por transmisores. Posteriormente se desarrollan paquetes de software que posibilitan personalizar los sistemas SCADA. El SOTE proyecta la utilización de SCADA a largo plazo.

La planeación divide el proyecto en tres fases:

1. Fase I.- Consiste en el cambio total de instrumentación en cada unidad de bombeo de todas las estaciones.
2. Fase II.- Integración de todos los datos de la estación en su respectivo cuarto de control mediante el software DELTAV.
3. Fase III.- Integración de los datos de cada estación en un solo cuarto de control ubicado en Lago Agrio con posibilidad de uno en Guajaló. En esta fase también se debe incluir el monitoreo y control remoto del área de tanques del terminal Marítimo de Balao, así como de las 11 válvulas de bloqueo.

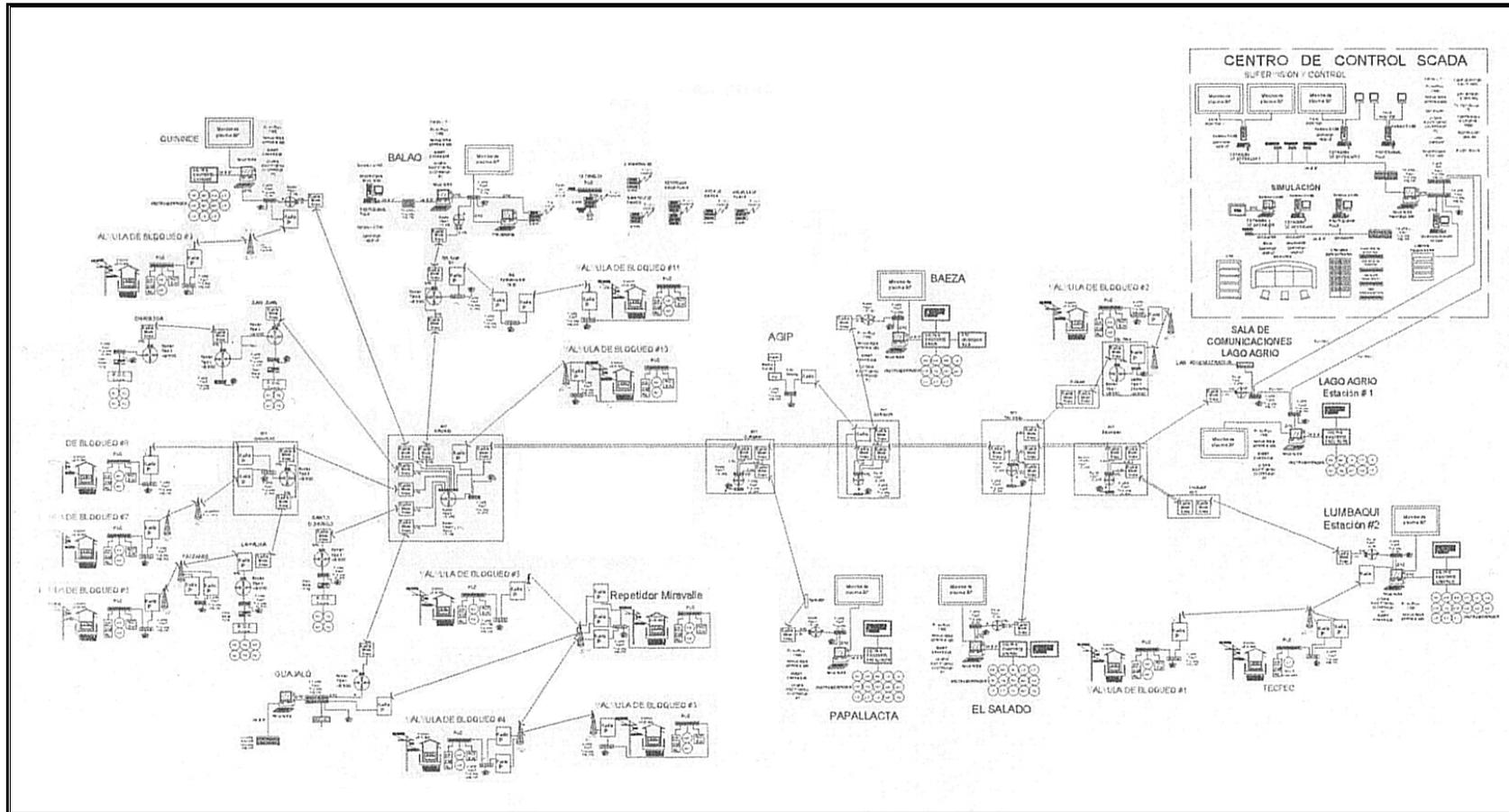
El control y monitoreo remoto de las válvulas de bloqueo es una necesidad imperiosa, ya que en los sucesos de ruptura del tubo que se han dado en el SOTE, el tiempo de viaje hacia la válvula más cercana toma mucho tiempo, permitiendo impactos ambientales fuertes.

Paralelamente a la ejecución de las fases I y II, el sistema de comunicaciones reestructura la topología para dedicar en el Backbone tributarios E1 dedicados solamente a los datos del SCADA, así como E1 dedicados a cada estación.

SISTEMAS

La Unidad de Sistemas diseña la red SCADA para dar mayor seguridad: incluye ruteadores con y sin respaldo en cada repetidora de TELECOMUNICACIONES como se aprecia en la *Figura 1.7* y que para mejor visualización se la puede observar en el Anexo 1.

Figura 1.7 Sistema de Comunicaciones de Petroecuador Oleoducto integrando el Sistema SCADA a futuro (VER ANEXO 1)



Fuente: Petroecuador Oleoducto

Actualmente se halla en ejecución la Fase III. Todos los datos de las estaciones se hallan ya dentro de la red SCADA, así como los del área de tanques.

Las válvulas de bloqueo todavía no tienen ningún tipo de instrumentación, y no poseen ningún equipo de comunicación.

Los estudios para realizar los enlaces desde las repetidoras de microonda a cada una de ellas se están realizando.

A continuación se presentan los posibles enlaces a establecer:

- La válvula N° 1 está ubicada en el cruce del río Aguarico. Se podría enlazar a la repetidora de Lumbaqui o la estación del mismo nombre.
-
- La válvula N° 2 está ubicada en Santa Rosa y se enlazará a la bodega de Santa Rosa debido a la línea de vista existente y a la cercanía.
- La válvula N° 3, ubicada en el sector el Tablón, se puede enlazar a la repetidora del Atacazo, Miravalles.
- La válvula N° 4, ubicada en el sector el Inga Alto, se puede enlazar a la repetidora del Atacazo, Miravalles.
- La válvula N° 5, ubicada en San Rafael, se puede enlazar a la repetidora de Miravalles.
- La válvula N° 6 ubicada en Dos Ríos, podría tener un radioenlace hacia Atacazo, Santo Domingo, la Palma.
- Las válvulas N° 7 y 8, ubicadas en Alluriquín y Tinalandia respectivamente podrían comunicarse con la repetidora de Chiguilpe.
- La válvula N° 9 tendría posibilidades de salir hacia el Atacazo o hacia la estación de bombeo de Quinindé.

- La válvula N°10, ubicada en Viche puede ser comunicada hacia Balao, Quinindé ó Atacazo.
- La válvula N° 11 ubicada en la recta de Winchele, cerca de Esmeraldas debe enlazarse con el área de tanques de Balao.

Este proyecto de titulación busca resolver la trayectoria del enlace para dotar de comunicaciones a la válvula N° 10, contribuyendo así a lograr los objetivos de la planeación estratégica del SOTE.

CAPÍTULO 2

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ENLACES Y REQUERIMIENTOS DEL RADIOENLACE VICHE- ATACAZO

2.1 SITUACIÓN ACTUAL

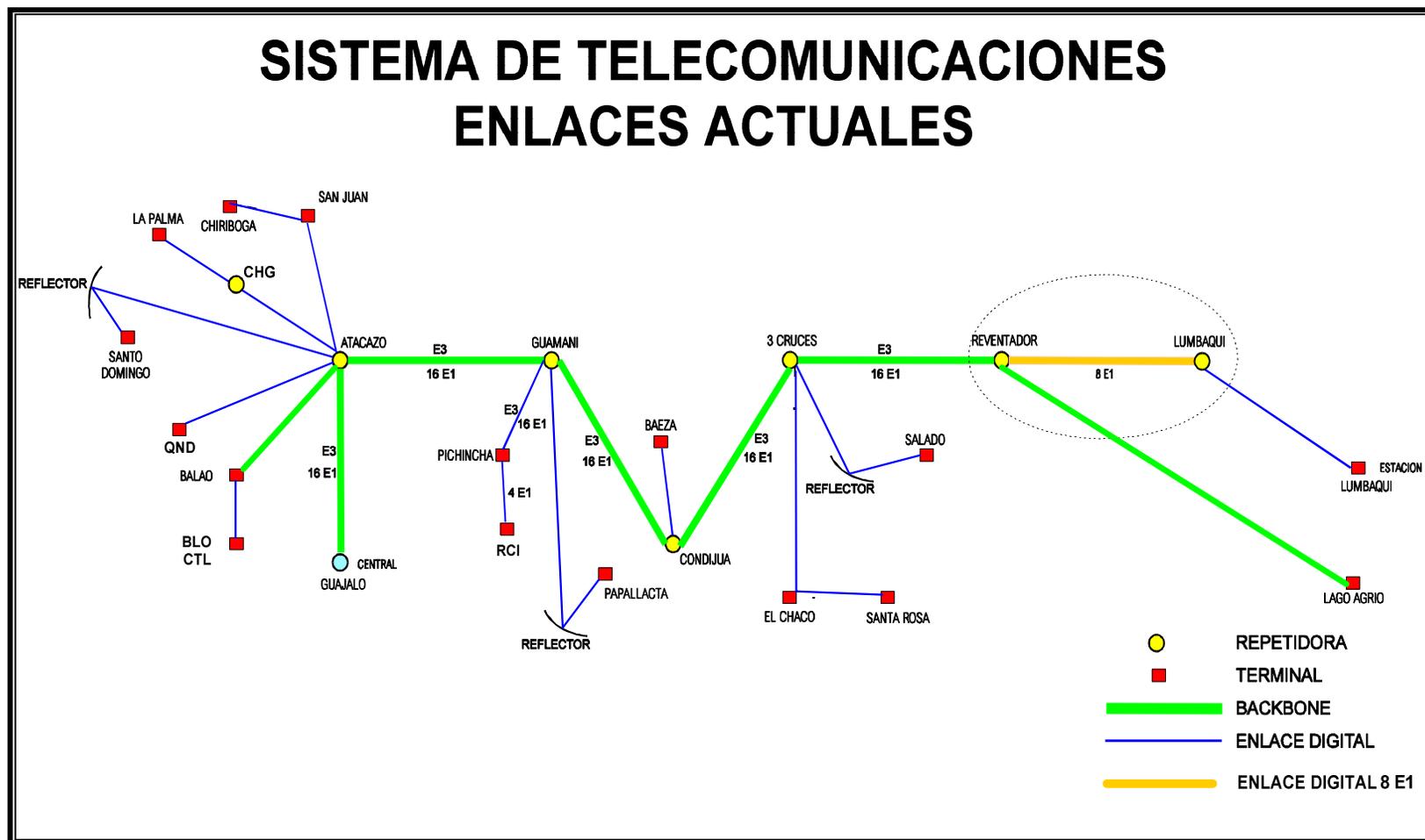
El Sistema de Comunicaciones funciona con tecnología digital.

El sistema principal (denominado **BACKBONE**) tiene capacidad de 16 E1, cada E1 con capacidad de 30 canales de voz o datos.

El **BACKBONE** comienza en la Central de Comunicaciones situada en Guajaló, continuando con un enlace de 16 E1 hasta la repetidora⁷ de ATACAZO (Ver *Figura 2.1*).

⁷ La función de los repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por obstáculos, así como también debido a la curvatura de la tierra y conseguir de esta manera enlaces superiores al horizonte óptico.

Figura 2.1 Sistema de Telecomunicaciones Enlaces Actuales



Fuente: Petroecuador Oleoducto

Desde este lugar, nacen los enlaces digitales E1 hacia San Juan, Chigüilpe-La Palma, Santo Domingo, Quinindé y Balao.

Desde San Juan, se enlaza la Torre ubicada en el cerro Brujorumi mediante fibra óptica, y desde este punto y mediante enlace de microonda digital E1 se une a Chiriboga.

El BACKBONE continúa hacia la repetidora GUAMANI, desde donde se enlaza la estación PAPALLACTA mediante un radio digital E1.

El BACKBONE se dirige ahora hacia la repetidora de CONDIJUA a través de la cual se enlaza la estación de BAEZA mediante enlace E1

El BACKBONE va hacia la repetidora de TRES CRUCES de donde se enlazan digitalmente dos puntos: el campamento de mantenimiento de EL CHACO y la estación de EL SALADO mediante radios E1

La señal llega a la repetidora de EL REVENTADOR, desde donde se enlaza la estación de LAGO AGRIO. Desde aquí, disminuyendo su capacidad a 8 E1 va a la repetidora de LUMBAQUI ALTO.

Desde la repetidora de LUMBAQUI ALTO, se enlaza la estación de LUMBAQUI.

Los enlaces de microonda digital se realizan usando radios:

- ♣ Modelo TRUEPOINT marca HARRIS,
- ♣ Modelo SRAL y SRAL-XD marca SIEMENS y
- ♣ Modelo AWY 9400 marca ALCATEL.

2.2 OPERACION DEL SISTEMA

2.2.1 CENTRAL GUAJALO

Figura 2.2 Campamento de Guajaló



Fuente: Petroecuador Oleoducto

El Sistema de Comunicaciones nace en la Central GUAJALO, 68 líneas telefónicas de ANDINATEL (COs) llegan hasta el campamento de GUAJALO por planta externa de cobre.

Estas líneas ingresan a la central telefónica HARRIS 20 – 20, para su distribución como líneas directas ó troncales hacia toda la estructura administrativa, operativa y de mantenimiento del OLEODUCTO TRANSECUATORIANO, a través del SISTEMA DE COMUNICACIONES.

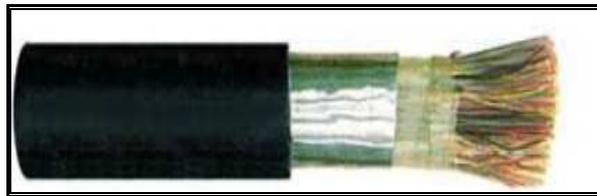
El plan de numeración implementado consta de tres dígitos. Dentro de este plan se usan las series:

- ~ 1XX para dar servicio a todo el Campamento Guajaló, con teléfonos OPTISET de Harris (Propietarios).
- ~ 5XX para dar servicio a todo el campamento Guajaló, con teléfonos estándar.

~ 6XX y 7XX para dar servicio a todas las estaciones de bombeo, reductoras de presión, repetidoras de Comunicaciones y a los campamentos de mantenimiento con teléfonos estándar.

Todas las líneas de la central HARRIS 20 – 20 están conectadas a distribuidores mediante cable multipar⁸ telefónico. Las líneas de las series 1XX, 5XX y 7XX se reparten mediante cable telefónico en el campamento Guajaló; las líneas 6XX y 7XX son multiplexadas⁹ en tiempo y enviadas a las diferentes localidades del SOTE (Sistema de Oleoducto Transecuatoriano) vía microonda digital.

Figura 2.3 Cable multipar telefónico



Para la multiplexación en tiempo se usan los multiplexores OMNIPLEXER que están cableados a MDF¹⁰ (Main Distribution Frames) con el siguiente orden dentro de los 16 E1 disponibles:

⁸ Están constituidos por hilos conductores (de cobre y con aislamiento) que se agrupan en pares, para formar un circuito. Los cables que reparten el servicio telefónico se denominan cables de abonado. Los cables que tienen centrales se denominan troncales o enlaces.

⁹ Multiplexación es cuando se usan dispositivos que permite que 2 o más señales transiten por una vía común de transmisión.

¹⁰ Repartidor de una Oficina Central en donde llegan por un lado vertical, los pares de los cables locales y de enlace y por otro lado horizontal los circuitos de la central local. Está diseñado de forma que cualquier par de los cables locales, se conectan por medio de puentes con cualquiera de los circuitos de la Oficina Local.

Figura 2.4 MDF (Distribuidor Central)



Fuente: Petroecuador Oleoducto

1. Lago Agrio 1
2. Lago Agrio 2
3. Lumbaqui – Lumbaqui Repetidora
4. El Salado
5. Baeza - Condijsua
6. Papallacta
7. San Juan – Chiriboga
8. Chigüilpe - La Palma
9. Santo Domingo
10. Quinindé
11. Balao
12. Chaco – Santa Rosa
13. Atacazo – Guamaní – Tres Cruces – Reventador
14. El Rocío
15. Sin uso
16. Sistema SCADA

Además del servicio telefónico, el SOTE necesita de otros que son:

- Correo Electrónico
- Internet
- Sistema de bodegas
- Teléfono de operación del SOTE, llamado "TELEFONO ROJO". Este sistema consiste en una conferencia de voz entre las 11 estaciones de Bombeo y Reductoras, en la que se informa a todas simultáneamente, las presiones de entrada y descarga, flujo y temperatura en cada una de ellas, así como instrucciones especiales para mantener el transporte de crudo por el Oleoducto bajo parámetros establecidos y seguros.

Para satisfacer toda esta variedad de necesidades (transmisión de voz y datos), en cada multiplexor Bayly se encuentran instaladas, según las necesidades las siguientes tarjetas:

1. FXO – FXS para enviar – recibir líneas de teléfono y señalización Loop Star.
2. 4 W E&M para interconectar centrales telefónicas, servicio teléfono rojo.
3. LSDCM para enviar datos a baja velocidad con interface RS-232C.
4. DC64N para enviar datos a velocidades variables (64 kbps – 1920 kbps) con interface V.35

Cada OMNIPLEXER está conectado mediante un DDF¹¹ (Digital Distribution Frame) a un puerto E1 del radio microonda digital SRAL-XD, donde modula a una portadora en la banda de 7 GHz, enlazando vía RF¹² a la repetidora de Atacazo.

¹¹Conocido también como bastidor de distribución digital posee conectores BNC para cable coaxial de 75 ohmios desbalanceados. El punto de acceso tendrá la velocidad de 2,048 Mbps equivalente a un E1.

¹² El término **radiofrecuencia**, también denominado **espectro de radiofrecuencia** o **RF**, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz.

2.2.2 REPETIDORA ATACAZO

Figura 2.5 Repetidora del Atacazo (Cuarto de radio y torre)



Fuente: Petroecuador Oleoducto (Atacazo)

En esta repetidora, usando un radio digital, la RF es demodulada a nivel de banda base, obteniéndose 16 E1 independientes.

Los E1 que corresponden a localidades de San Juan – Chiriboga, La Palma, Santo Domingo, Quinindé y Balao, son insertados en sendos radios digitales por los cuales se direccionan a sus respectivas localidades. En las estaciones se recibe esta señal mediante radio digital, y con multiplexores de primer orden se tienen disponibles los canales de voz (teléfonos estándar y rojos) y de datos.

Los E1 pertenecientes a las localidades de Papallacta, Baeza, El Salado, Lumbaqui y Lago Agrio, más los que corresponden a las Repetidoras de Guamaní, Condijua, Tres Cruces, Reventador, y Lumbaqui Alto, son modulados en un radio digital y enviados hacia la Repetidora de Guamaní.

2.2.3 REPETIDORA GUAMANI

Figura 2.6 Repetidora de Guamaní (Cuarto de radios y torres)



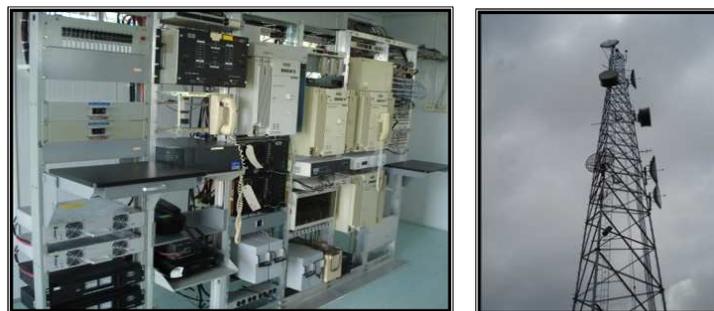
Fuente: Petroecuador Oleoducto (Guamaní)

En Guamaní, el proceso se repite: la señal se recibe en un radio digital, se demodula, se demultiplexa, obteniéndose tramas E1.

Desde aquí se enruta el E1 correspondiente a Papallacta por un radio digital de baja capacidad, mientras que los E1 restantes y los que se reciben desde el Pichincha (pertenecientes a Petroproducción, Petrocomercial, Petroindustrial, y la Matriz de Petroecuador) son enviadas por radio digital hacia la repetidora Condijsua.

2.2.4 REPETIDORA CONDIJUA

Figura 2.7 Repetidora Condijsua (Cuarto de radios y torre)



Fuente: Petroecuador Oleoducto (Condijsua)

En Condijua, la señal recibida es sometida a un procedimiento similar. El E1 perteneciente a Baeza es direccionado hacia ese sitio por radio digital de baja capacidad; los restantes E1 son enviados hacia la Repetidora Tres Cruces.

2.2.5 REPETIDORA TRES CRUCES

Figura 2.8 Repetidora de Tres Cruces (Cuarto de radio y torres)

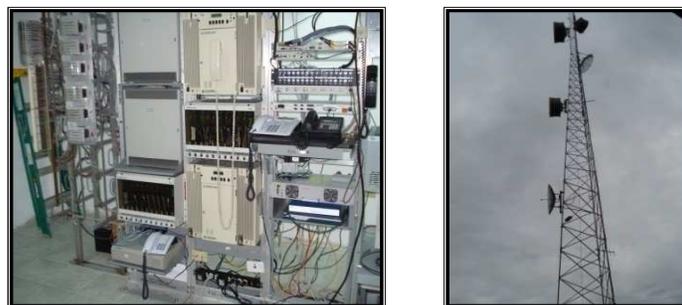


Fuente: Petroecuador Oleoducto (Tres cruces)

En Tres Cruces, la señal del Backbone es descompuesta en E1s. El E1 correspondiente al campamento de El Chaco y la Bodega de Santa Rosa, es enviado a esos sitios vía radio digital, y el E1 perteneciente a la estación de El Salado es también direccionado mediante radio digital hacia esa estación. Los demás E1 se direccionan hacia la repetidora de El Reventador.

2.2.6 REPETIDORA EL REVENTADOR

Figura 2.9 Repetidora el Reventador (Cuarto de radios y torre)



Fuente: Petroecuador Oleoducto (Reventador)

En el Reventador, el E1 que contiene los servicios para la estación de Lumbaqui es enviado hacia la repetidora de Lumbaqui Alto, al igual que el E1 propiedad de Petrocomercial. Los E1 restantes son enviados hacia Lago Agrio vía RF.

En Lago Agrio, los E1 Pertencientes a Petroproducción se enrumban mediante enlace digital hacia la Unidad de Telecomunicaciones perteneciente a esa filial.

2.2.7 REPETIDORA LUMBAQUI ALTO

Figura 2.10 Repetidora Lumbaqui Alto (torre)

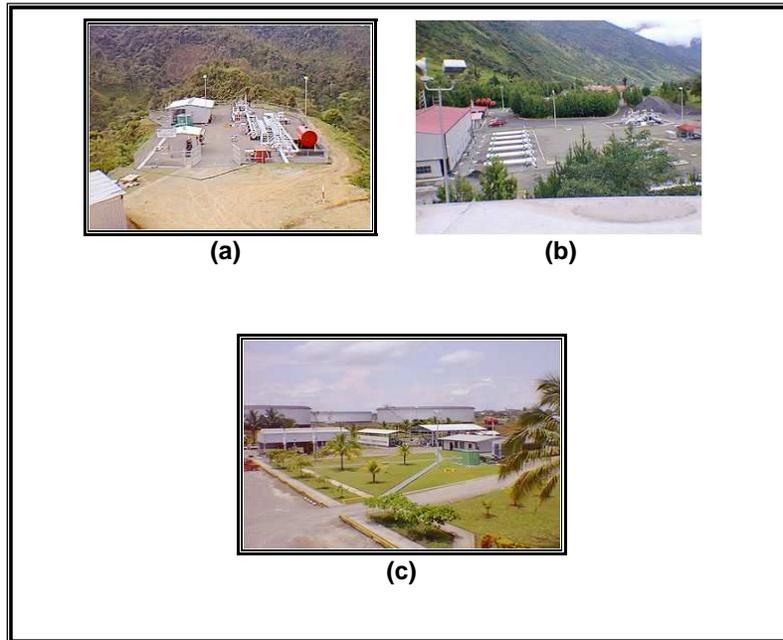


Fuente: Petroecuador Oleoducto (Lumbaqui Alto)

La señal RF es receptada por radio digital, demultiplexada a nivel de E1, y es inyectada a un radio digital de baja capacidad para ser enviada a la estación de Lumbaqui. Mediante otro radio digital el E1 perteneciente a Petrocomercial se enlaza el sitio Shushufindi.

2.2.8 ESTACIONES DE BOMBEO, REDUCTORAS DE PRESION, CAMPAMENTOS DE MANTENIMIENTO.

Figura 2.11 (a) Estación Chiriboga (b) Estación Papallacta (c) Estación Lago Agrio



Fuente: Petroecuador Oleoducto (Chiriboga)

En cada uno de estos sitios, existe un radio digital de baja capacidad, que recibe la señal de la Repetidora correspondiente. Una vez demodulada, y con formato G.703¹³ ingresa en el multiplexor OMNIPLEXER, en donde es demultiplexada y puesta en uso mediante la red de cable multipar propia de cada uno de esos sitios.

2.3 SISTEMA SCADA

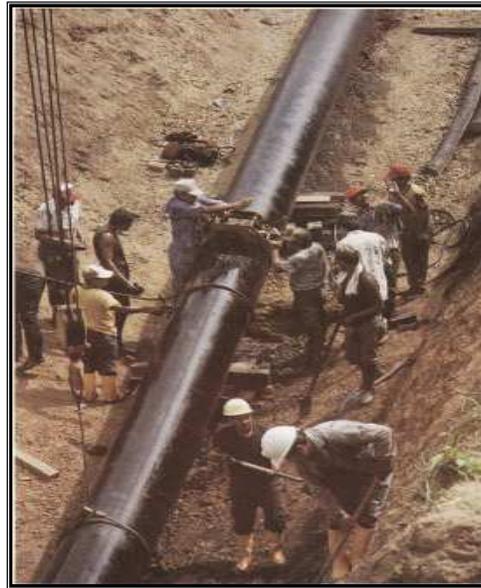
El sistema de TELEFONO ROJO sirve para coordinar las operaciones del OLEODUCTO TRANSECUTORIANO; por este medio el Operador de la estación

¹³ G.703 es un estándar de la UIT-T que define las características físicas y eléctricas de la interfaz para transmitir voz o datos sobre canales digitales tales como los E1 (hasta 2048 Kbit/s) ó T1 (equivalente US de 1544 Kbit/s). Las interfaces G.703 son utilizadas, por ejemplo, para la interconexión de routers y multiplexores.

LAGO AGRIO decide, basándose en la información que le proporcionan las otras 10 estaciones mediante la conferencia de voz, las acciones para mantener las presiones en niveles seguros a lo largo de los casi 500 kilómetros de longitud del SOTE.

Si ocurre algún percance, el tiempo para toma de decisiones es amplio.

Figura 2.12 Ruptura en el tubo



Fuente: Petroecuador Oleoducto

No se dispone de las variables de proceso en tiempo real; la válvula de bloqueo debe cerrarse manualmente aumentando considerablemente el tiempo de respuesta por el viaje del personal al sitio en el que ella se encuentra.

En respuesta a todos estos inconvenientes del actual sistema de operaciones, nace el proyecto del sistema SCADA, que permitirá:

- * Disponer de las variables de proceso en tiempo real en todas las 10 estaciones del SOTE, así como en el Terminal Marítimo de Balao. Los centros de control estarán en Lago Agrio el principal y en Guajaló el secundario.

- * El monitoreo y control remoto de las 11 válvulas de bloqueo, con la transmisión de variables de proceso y señales on-off en tiempo real hacia los cuartos de control.
- * Una simulación en tiempo real del comportamiento hidráulico del Oleoducto, para control de derrames.
- * Minimizar tiempo de respuesta en caso de alguna perturbación o catástrofe natural.

Para apoyar a este proyecto, la Unidad de Comunicaciones del SOTE, necesita implementar nuevos enlaces, desde las 11 válvulas de bloque existentes (VBE) hasta alguna estación de bombeo o reducción de presión, campamento o repetidora dentro del sistema de telecomunicaciones del SOTE; además proveerá un E1 completo desde cada estación hacia el BACKBONE, y la misma capacidad dentro de este.

2.4 REQUERIMIENTOS DEL RADIOENLACE VICHE - ATACAZO

Situándose específicamente en el enlace Viche - Atacazo cabe decir que actualmente existe en la Válvula de bloqueo No 10 ubicada en Viche una torre cuya altura es de 30 m, se la implementó hace unos años al igual que se lo hizo en algunas de las válvulas sin existir un previo estudio de ingeniería, no posee antena alguna, y en caso de requerir una torre de mayor altura, será sustituida ya que la existente no permite agregar tramos de torre.

En la repetidora de Atacazo en cambio se observa gran cantidad de equipos, de los cuales solo un ruteador pertenece al Sistema SCADA y no está en funcionamiento, se aclara que el sistema mencionado es un proyecto a futuro y aún no se tiene ninguna señal, la torre levantada en este lugar es de 42 m de altura y posee antenas pertenecientes a otros radioenlaces.

Tanto en Viche como en Atacazo se cuenta con un sistema de puesta a tierra, así como también con aparta rayos que sirven para proteger los equipos de graves daños por descargas eléctricas debidas a tormentas.

Figura 2.13 Torres ubicadas en Viche y Atacazo



Fuente: Petroecuador Oleoducto

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL RADIOENLACE DIGITAL FRACCIONAL

3.1 PASOS PARA ESTABLECER UN RADIOENLACE

3.1.1 DETERMINACIÓN DE LOS POSIBLES SITIOS PARA UBICACIÓN DE ANTENAS

Algunos factores de importancia a tomar en cuenta para determinar los posibles lugares en los que se puede ubicar antenas son los siguientes:

- Condiciones de clima en el sitio (temperatura, nivel de lluvias, descargas eléctricas, humedad).
- Tipo de terreno (arena, suelo, piedras).
- Población (escasa o densamente poblada).
- Acceso a vías de transporte.
- Punto de alimentación/energía más cercano al sitio.
- Infraestructura existente.

Es muy importante determinar si existe cualquier tipo de infraestructura, como torres, acometidas eléctricas, enlaces puestos en marcha, etc. en los sitios donde se desea implementar el radioenlace, ya que esto podría reducir considerablemente los costos.

Un radioenlace puede ser diseñado tanto en una o varias trayectorias. Todo depende de las condiciones de terreno entre los puntos a enlazar y de costos; en

caso de necesitar un nuevo sitio a consideración para un back to back¹⁴ de antenas (en caso de dos trayectorias o más), debido a la presencia de obstáculos en el camino, se deberá ir hasta dicho lugar para establecer que tan fácil resulta llegar, así como también que tan cerca están los puntos de alimentación y si dicho lugar tiene algún propietario.

Por supuesto, el acceso a electricidad en el sitio es vital. Para asegurar la estabilidad de su servicio, la fuente de electricidad también debe ser confiable. Si existiesen cortes de energía y fluctuaciones de frecuencia, el uso de baterías más cargadores es una excelente opción.

Si la distancia a la red eléctrica más cercana no es muy grande y la red es razonablemente confiable, se debería solicitar permiso a la compañía de energía para vincular el sistema a la red utilizando un cable de extensión. Si la distancia a la red es demasiado larga, o por alguna razón no es posible colocar un cable de extensión, se podría considerar otra fuente de energía como el viento o paneles solares. Si la red nacional de energía aún no está presente en el lugar de la implementación, la electricidad por viento o solar son posibles opciones.

En cualquier ubicación cercana a la línea ecuatorial, los paneles solares son ideales para equipos inalámbricos en torres. Los costos iniciales son relativamente altos, pero la solución estable, requiere bajo mantenimiento y tiene un largo tiempo de vida (más de 20 años).

3.1.2 LEVANTAMIENTO DEL PERFIL EN BASE A CARTAS TOPOGRÁFICAS

Para levantar un perfil del terreno se utiliza mapas adquiridos en el IGM a escalas 1:50.000; una vez unidos dichos mapas se debe seguir los siguientes pasos:

- ◆ Localización sobre el mapa de los puntos donde se encuentran las estaciones de transmisión y recepción a partir de las coordenadas.
- ◆ Unir ambos puntos con una recta sobre el mapa topográfico.

¹⁴ Un back to back de antenas es conocido también como un repetidor pasivo con antenas espalda-espalda, este no dispone de elementos activos y el cable coaxial o guía de ondas desde una antena se une a la otra con unos pocos metros de distancia.

- ♦ Tomar medidas cada 500 metros o cada intersección de la recta trazada con las curvas de nivel del plano que se considere importante. Esto se puede hacer con una regla o un escalímetro, considerando la escala del mapa.

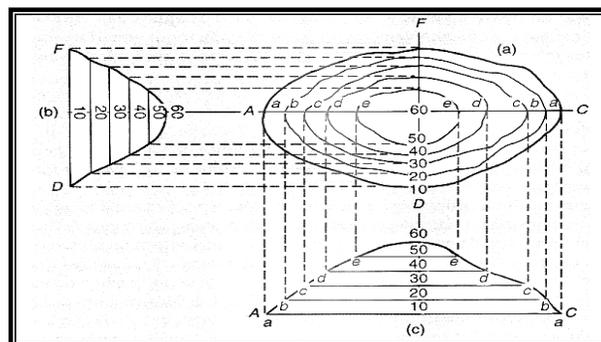
Las curvas de nivel constituyen el mejor método para representar gráfica y cuantitativamente la forma de la superficie del terreno en un plano.

Una curva de nivel es una línea cerrada (o contorno) que une puntos de igual altura. Las curvas de nivel pueden ser visibles, como la orilla de un lago, pero por lo general en los terrenos se define solamente las alturas de unos cuantos puntos y se dibujan las curvas de nivel entre estos puntos de control.

Depende de la escala del mapa que se esté usando se obtendrán los valores tanto de las curvas de nivel resaltadas como de las simples, esto se puede visualizar en la parte inferior de dicho mapa.

Por ejemplo, en un mapa cuya escala es 1:50.000 se encontrarán las curvas de nivel resaltadas cada 200 metros y las simples cada 40 metros.

Figura 3.1 Curvas de nivel



En la *Figura 3.1* se observa un grupo de curvas de nivel que indican que la altura del terreno va aumentando de 10m en 10m a medida que se acerca a la curva de

nivel interior, (a) son las curvas de nivel y tanto (b) como (c) simulan el terreno y las diferentes alturas que tomarían.

3.1.3 UTILIZACIÓN DEL EXCEL PARA REPRESENTAR LOS DATOS OBTENIDOS.

Una vez obtenidos los puntos que relacionan distancia con altura, debe utilizarse herramientas como Excel para poder obtener la gráfica respectiva.

Excel es una herramienta muy valiosa, por cuanto no solo permite obtener la gráfica del perfil y sino también valiéndose de fórmulas y cálculos matemáticos se puede obtener a la vez dicho perfil considerando la curvatura de la tierra, así como también el gráfico de la primera zona de Fresnel o de un porcentaje de esta.

Con esta herramienta, considerando la curvatura de la tierra se obtendrá una idea de las posibles obstrucciones, lo cual servirá para cálculos posteriores de las alturas de las torres en las que se deberá colocar las antenas, para garantizar la existencia de línea de vista, así como también para descartar aquellos posibles sitios que se consideraron en un inicio y entre los que no es posible realizar el enlace.

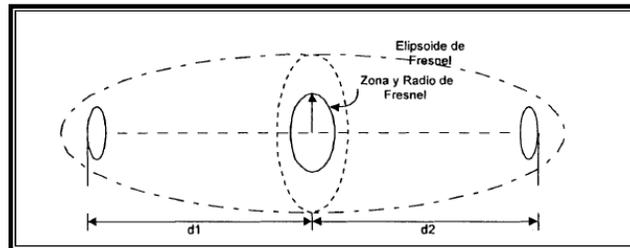
3.1.4 DETERMINACIÓN DE POSIBLES OBSTÁCULOS

Consiste en identificar las posibles obstrucciones y determinar aquellas que muestren una mayor altura considerando el factor de curvatura de la tierra.

3.1.5 DETERMINACIÓN DE LA ALTURA A LA QUE SE COLOCARÁ LAS ANTENAS

3.1.5.1 Efecto de refracción

Figura 3.2 Línea de Vista



El término línea de vista (LOS Line of Sight) no significa una línea de transmisión en línea recta, ya que la estructura de la atmósfera terrestre es tal que su índice de refracción varía con la altura, lo que causa un efecto de curvatura en la trayectoria de transmisión. El término LOS se refiere a que la onda es captada por el receptor directamente desde el transmisor. Este tipo de onda solo se recibe dentro del horizonte visual, como se ilustra en la *Figura 3.2*. En un enlace debe existir línea de vista, esto es que no existan obstrucciones.

El valor de K^{15} a utilizar es de $4/3$ y corresponde a una región de clima tropical templado.

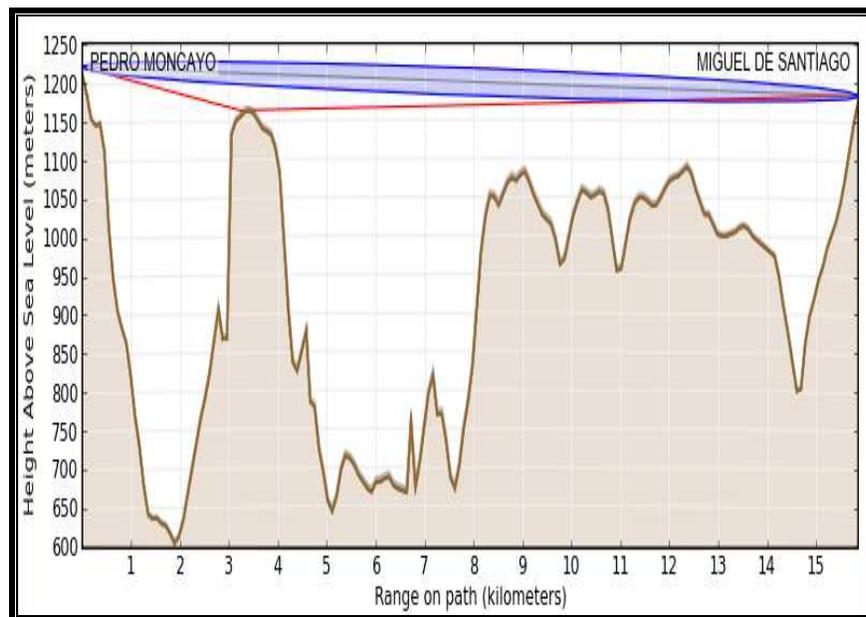
3.1.5.2 Cálculo del abultamiento (c)

Una vez ubicados los sitios entre los cuales se va a establecer el enlace en las cartas topográficas y luego de obtener un perfil topográfico (ver *Figura 3.3*), se debe tomar en cuenta que no se ha considerado la curvatura de la tierra y por lo

¹⁵ Factor de corrección de la curvatura terrestre.- En los perfiles obtenidos de las cartas topográficas no se considera la curvatura de la tierra, que se divide con mayor claridad a medida que hay mayor distancia entre los sitios a enlazarse, por lo que se utiliza un factor de corrección denominado de la curvatura terrestre para obtener el perfil real.

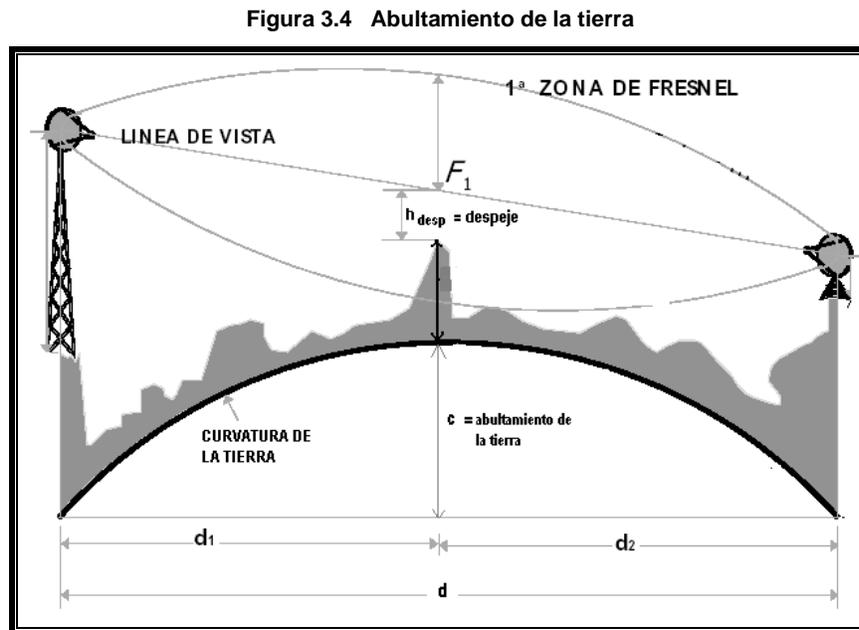
tanto no se ha obtenido un perfil real topográfico, es por ello que utilizamos la *Ecuación 3.1*, que es aplicada en función directa de la distancia (descritas en la parte inferior de dicha ecuación), en función inversa del valor del radio de la tierra (a) y el factor de corrección de curvatura terrestre (k), este valor es sumado a los valores de alturas de terreno obtenidos para describir el perfil topográfico, de este modo se tiene un perfil corregido, lo cual se podrá observar en los *Anexos 2, 3, 4,5,6,7,8,9 y 10*, en la columna que lleva por nombre *PERFIL CORREGIDO CON $K=4/3$* .

Figura 3.3 Línea de Vista Perfil topográfico sin considerar la curvatura de la tierra



En cada una de las consideraciones tomadas en cuenta en este capítulo se ha aplicado la *Ecuación 3.1* en el/los obstáculo/os más evidente/es, ya que son de interés para poder determinar cuál es la pérdida que causa si se estableciera el enlace.

En la *Figura 3.4* denotada por la letra **c**, se observa el abultamiento de la tierra.



La ecuación a aplicar es la siguiente:

$$C = \frac{d_1 [Km] \times d_2 [Km]}{2K a [Km]} \times \frac{1000 [mts]}{1 [Km]} \quad [mts] \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Donde:

- a: Radio de la tierra y equivale a 6.378,137 [Km].
- K: Factor de corrección de curvatura terrestre equivalente a 4/3.
- d1: Distancia desde un sitio cercano hasta donde está el obstáculo o altura considerada [Km].
- d2: Distancia total menos d1 [Km].

3.1.5.3 Zonas de Fresnel

Para el desarrollo de este capítulo se ha calculado el radio de la primera zona del elipsoide de Fresnel (F_1) en el obstáculo más evidente. F_1 depende de la distancia y en forma inversa de la frecuencia.

En la *Figura 3.5* se puede observar la primera zona de Fresnel (F_1)

La ecuación a utilizar es la siguiente:

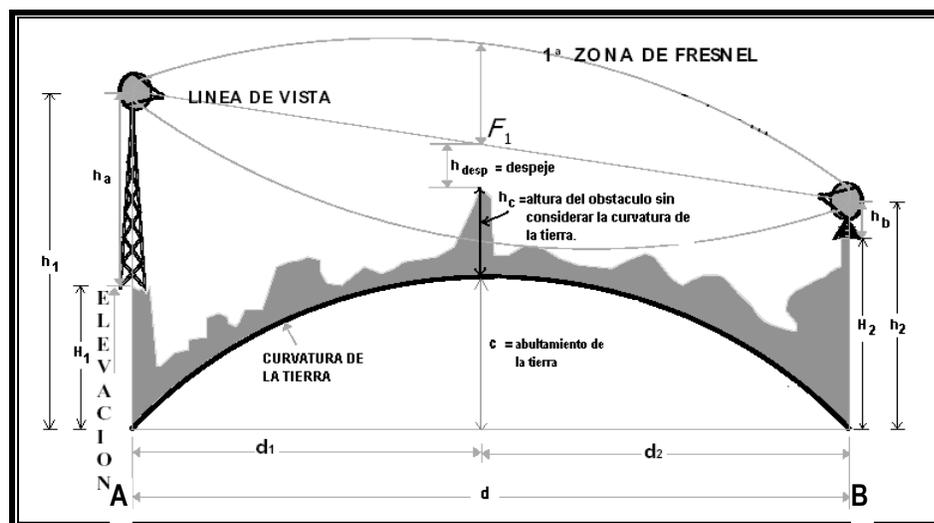
$$F_1 = 547,533066 \sqrt{\frac{d_1 [Km] d_2 [Km]}{d [Km] f [MHz]}} \quad [mts]$$

Ecuación 3.2

Donde:

- F_1 = Radio de la primera zona de Fresnel. [mts]
- f = frecuencia en [MHz].
- d_1 = distancia desde la antena de transmisión hasta el obstáculo [Km].
- d_2 = distancia desde el obstáculo en la trayectoria hasta la antena de recepción [Km].
- $d = d_1 + d_2$ [Km]

Figura 3.5 Primera Zona de Fresnel considerando que existe un obstáculo entre los sitios a establecer el enlace



3.1.5.4 Cálculo del valor de despeje (h_{desp})

En la *Figura 3.5* se puede observar el valor de despeje (h_{desp})

Los obstrucciones deben permitir una claridad de al menos el 60% de la primera zona de Fresnel. Esta es la región que encierra el primer elipsoide que rodea la trayectoria entre el transmisor y el receptor. Es una fracción del radio F_1 .

La ecuación a usar es:

$$h_{desp} = \left(h_1 [mts] + \frac{(h_2 [mts] - h_1 [mts]) d_1 [km]}{d [km]} - h_c [mts] - \frac{d_1 [km] d_2 [km]}{2Ka [km]} \times \frac{1000 [mts]}{1 [km]} \right) [mts]$$

Ecuación 3.3

Donde:

| | |
|--------------|---|
| h_{desp} = | Valor de despeje [mts]. |
| h_1 = | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo más la altura de la antena en la estación A [mts]. |
| h_2 = | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto más la altura de la antena en la estación B [mts]. |
| h_c = | Altura de la cumbre u obstáculo [mts]. |
| d_1, d_2 = | Son las longitudes desde las estaciones A y B hasta el obstáculo. $d_1 < d_2$ [km]. |
| d = | Distancia entre las estaciones A y B [km]. |
| a = | Radio de la tierra y equivale a 6.378,137 [Km]. |
| K = | Factor de corrección de curvatura terrestre equivalente a 4/3. |

Margen de despeje (MD%) donde: $h_{des} > 0$ y MD > 60%

Si $h_{des} < 0$ (negativo) ó MD < 60% hay obstrucción por cumbre u obstáculo

La ecuación a usar es:

$$MD = \frac{h_{desp} [mts]}{F_1 [mts]} \times 100 \%$$

Ecuación 3.4

Donde:

| | |
|---------------------|--|
| h_{desp} = | Valor de despeje [mts]. |
| F_1 = | Radio de la primera zona de Fresnel. [mts] |
| MD= | Margen de despeje [%] |

3.1.5.5 Consideraciones para determinar altura a la que se colocará las antenas

Se debe seleccionar entre los varios criterios existentes. Posteriormente se considera el enlace "despejado" y solo se tiene en cuenta la atenuación del espacio libre.

En la *Figura 3.5* se puede observar las alturas consideradas y demás parámetros tomados en cuenta para el cálculo de las alturas a las que se debe colocar las antenas.

$$h_b \geq \left((h_c [mts] + F_1 [mts] + c [mts]) \frac{d [km]}{d_1 [km]} + (H_1 [mts] + h_a [mts]) \left(1 - \frac{d [km]}{d_1 [km]} \right) - H_2 [mts] \right) [mts]$$

Ecuación 3.5

Donde:

| | |
|--------------|---|
| h_1 = | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo más la altura de la antena en la estación A [mts]. |
| h_2 = | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto más la altura de la antena en la estación B [mts]. |
| h_a = | Altura de la antena en la estación A [mts]. |
| h_b = | Altura de la antena en la estación B [mts]. |
| H_1 = | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo [mts]. |
| H_2 = | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto [mts]. |
| h_c = | Altura de la cumbre u obstáculo [mts]. |
| d_1, d_2 = | Son las longitudes desde las estaciones A y B hasta el obstáculo. $d_1 < d_2$ [km]. |
| d = | Distancia entre las estaciones A y B [km]. |
| a = | Radio de la tierra y equivale a 6.378,137 [Km]. |
| K = | Factor de corrección de curvatura terrestre equivalente a 4/3. |
| F_1 = | Radio de la primera Zona de Fresnel [mts]. |
| c = | Abultamiento de la tierra sobre el obstáculo [mts]. |

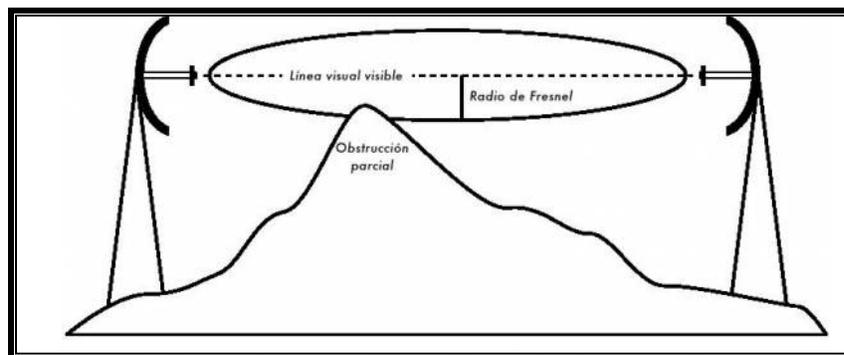
Es recomendable dicha fórmula ingresarla en Excel para sacar valores de las posibles alturas a las que se podría colocar las antenas y luego determinar la más óptima.

3.1.6 OBSTRUCCIÓN POR OBSTÁCULO

K (factor de corrección de la curvatura terrestre) toma el valor de $4/3$ cuando se trata de una atmósfera estándar. Cuando el valor de K es inferior a $4/3$ el rayo se curva hacia la Tierra y la obstrucción aumenta. Un horizonte representado por una esfera homogénea produce mayor atenuación por difracción que una arista (filo de cuchillo).

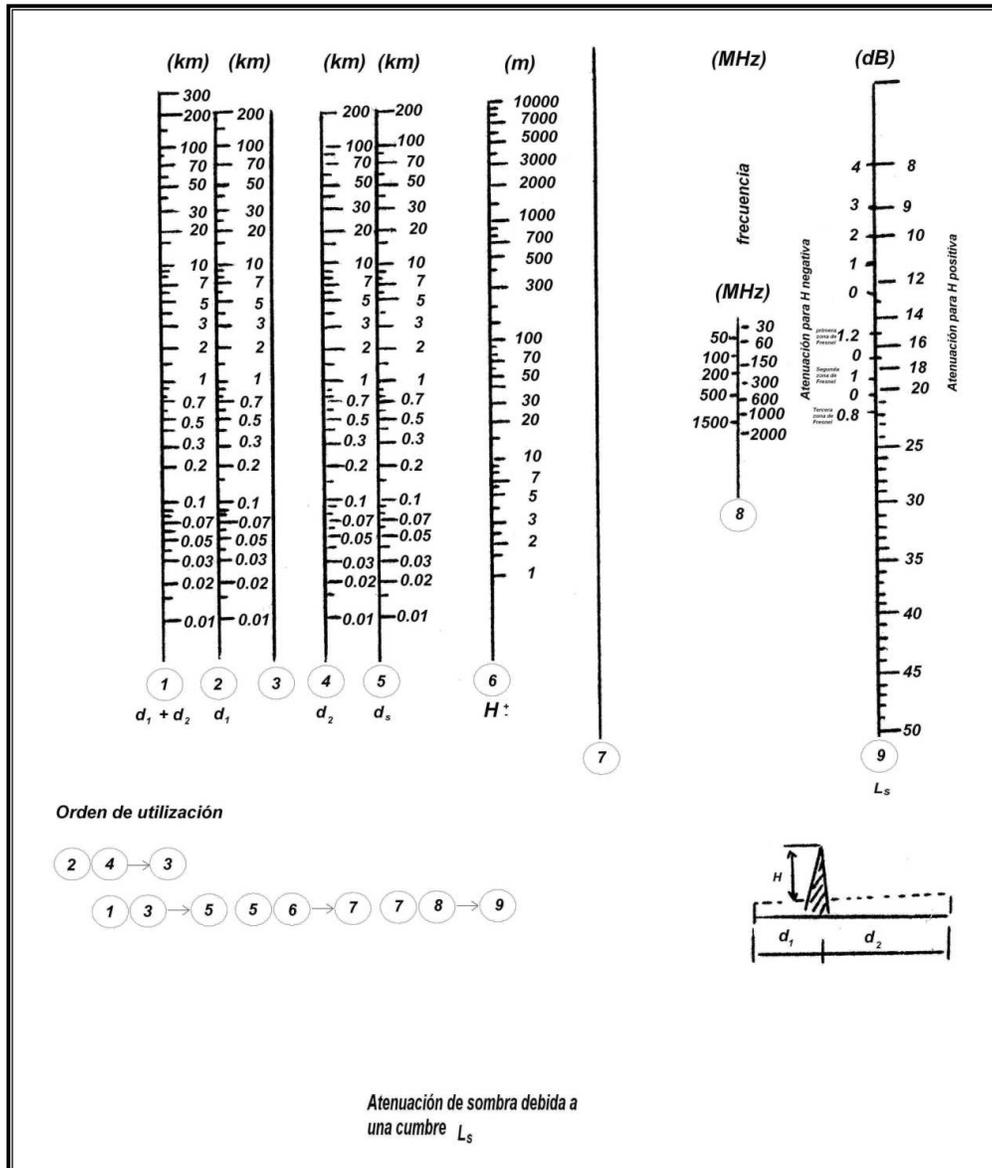
En la *Figura 3.6* se observa la presencia de un obstáculo en la primera Zona de Fresnel.

Figura 3.6 La zona de Fresnel es bloqueada parcialmente en este enlace, aunque la línea visual no está obstruida



Para el cálculo de pérdidas por obstrucción por obstáculo, se puede utilizar el siguiente nomograma, en el cual se observa el parte inferior izquierda el orden de utilización, considerando que los parámetros necesarios para aplicarlo son los indicados en la *Figura 3.5*:

Nomograma 3.1 Obstrucción por obstáculo ó Atenuación de sombra debido a una cumbre L_s

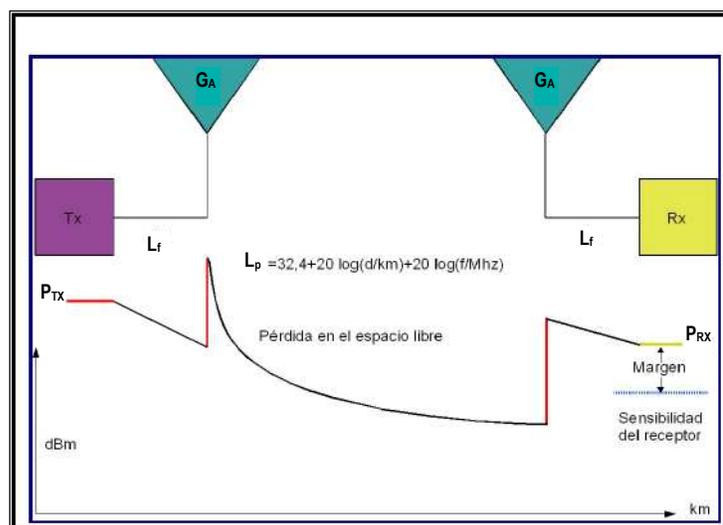


En la **CONSIDERACIÓN 5 Enlace Válvula No 10 VICHE- CERRO ATACAZO** (Con antena de 26 m en Viche y 30 m en Atacazo) que se encuentra más adelante en este capítulo se observa la aplicación de este nomograma.

3.1.7 PÉRDIDAS POR TRAYECTORIA DE ESPACIO LIBRE (L_p)

La propagación en el espacio libre se refiere a un modelo que no existe en la realidad, es decir un modelo ideal considerando condiciones de propagación en el vacío (un medio dieléctrico homogéneo, isótropo y alejado de cualquier obstáculo).

Figura 3.7 Pérdidas en el espacio libre



La mayor parte de la potencia de la señal de radio se perderá en el aire. Aún en el vacío, una onda de radio pierde energía (de acuerdo con los principios de Huygens) que se irradia en direcciones diferentes a la que puede capturar la antena receptora. Esto no tiene nada que ver con el aire, la niebla, la lluvia o cualquier otra cosa que puede adicionar pérdidas. La Pérdida en el Espacio libre, mide la potencia que se pierde en el mismo sin ninguna clase de obstáculo. La señal de radio se debilita en el aire debido a la expansión dentro de una superficie esférica.

Cuando se trata de un enlace punto a punto, es preferible calcular la atenuación en el espacio libre entre antenas isótropas, denominada también pérdida básica de transmisión en el espacio libre.

La pérdida en el espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia. Aplicando decibeles, resulta la siguiente ecuación:

$$L_p = (32,45 + 20 \log f \text{ [MHz]} + 20 \log d \text{ [Km]}) \text{ [dB]} \quad \text{Ecuación 3.6}$$

Donde:

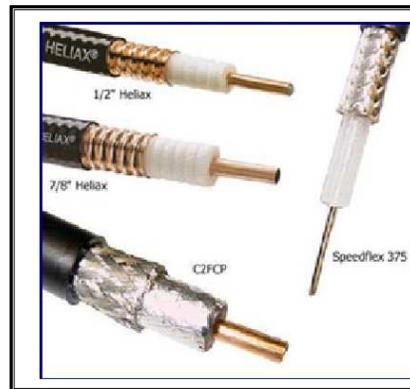
L_p = Pérdida por espacio libre [dB].

f = frecuencia a utilizar [MHz].

d = distancia entre transmisor y receptor [Km].

3.1.8 PÉRDIDAS EN CABLE COAXIAL (L_f)

Figura 3.8 Tipos de cable coaxial



Un cable coaxial de baja pérdida se usa para conectar el transmisor de radio a una antena. Cuando un cable coaxial es usado como un conductor de ondas de radio frecuencias RF, actúa de la misma manera que una línea de transmisión, y en tales circunstancias la transferencia máxima de la energía entre el transmisor y la antena solamente tiene lugar cuando todos los elementos de circuito corresponden a la misma impedancia.

Si colocamos un cable de otra impedancia, parte de la señal de radio (la energía) se reflejará hacia el transmisor introduciendo pérdidas adicionales.

Para determinar pérdidas por cable, es recomendable hacerlo en base a las especificaciones de los fabricantes.

3.1.9 MARGEN DE DESVANECIMIENTO (FM)

Es obtenido como diferencia entre la potencia de recepción y la potencia de umbral del receptor. Determina un rango de valores que restados de la potencia de recepción permitirían que el receptor reciba la señal. Si el valor resultante es menor al umbral, simplemente el receptor no recibe la señal.

$$FM = (P_{RX} [dBm] - S [dBm]) [dB]$$

Ecuación 3.7

Donde:

| | |
|-----------------|----------------------------------|
| FM | = Margen de desvanecimiento [dB] |
| P _{RX} | = Potencia de recepción [dBm] |
| S | = Umbral o Sensibilidad [dBm] |

De acuerdo a Barnett-Vignant la fórmula para determinar la disponibilidad anual de un sistema no protegido, se obtiene al aplicar la siguiente ecuación:

$$FM = (30 \log d [Km] + 10 \log (6 A B f [GHz]) - 10 \log (1 - R) - 70) [dB]$$

Ecuación 3.8

Donde:

| | |
|----------------------|--|
| FM | = margen de desvanecimiento (dB) |
| 30 log (d) | = efecto de trayectoria múltiple |
| d | = distancia entre los sitios a establecer el enlace [Km] |
| 10 log (6ABf) | = sensibilidad del terreno |
| f | = frecuencia de operación [GHz] |
| A | = factor geográfico o de aspereza |
| 4 | = sobre agua o un terreno muy liso |
| 1 | = sobre terreno promedio |
| 0.25 | = sobre un terreno muy áspero y montañoso |
| B | = factor climático |
| 0.5 | = para áreas cálidas o húmedas |

0.25 = para áreas continentales promedio

0.125 = para áreas muy secas o montañosas

10 log (1-R) = objetivos de confiabilidad

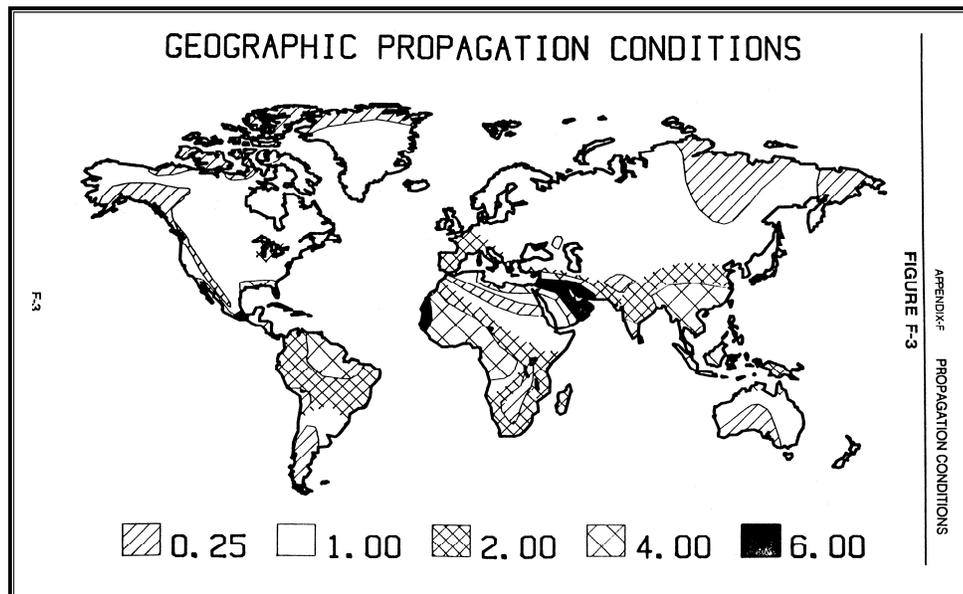
R = confiabilidad¹⁶ en decimales

1-R = objetivo de confianza.

Tabla 3.1 Confiabilidad y porcentajes de interrupción

| CONFIABILIDAD (%) | TIEMPO DE INTERRUPCIÓN (%) | HORAS/ AÑO | TIEMPO DE INTERRUPCIÓN POR HORAS/MES | HORAS/ DÍA |
|-------------------|----------------------------|------------|--------------------------------------|------------|
| 95 | 5 | 438 | 36 | 1.2 |
| 98 | 2 | 175 | 14 | 29 min |
| 99 | 1 | 88 | 7 | 14.4 min |
| 99.9 | 0.1 | 8.8 | 43 min | 1.44 min |
| 99.99 | 0.01 | 53 min | 4.3 min | 8.6 seg |
| 99.999 | 0.001 | 5.3 min | 26 seg | 0.86 seg |
| 99.9999 | 0.0001 | 32 seg. | 2.6 seg | 0.086 seg |

Figura 3.9 Geographic Propagation Conditions (factor geográfico utilizando mapa del mundo en el que se indica las condiciones de propagación geográficas) de acuerdo a la UIT-T para Ecuador A= 2



¹⁶ La confiabilidad se define como la capacidad de un componente, equipo o sistema de no fallar durante un determinado período de tiempo.

3.1.10 UMBRAL O SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR (S)

El equipo receptor necesita un mínimo nivel de señal para conseguir un funcionamiento aceptable (nivel de calidad), lo que se conoce habitualmente como sensibilidad.

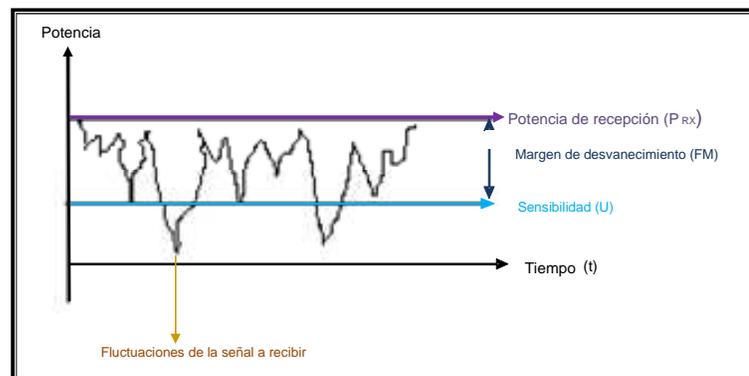
La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer “bits lógicos” y alcanzar una cierta tasa de bits. Es el valor de potencia recibida que asegura una tasa de error BER¹⁷ de 10^{-3} y 10^{-6} . No se considera degradación por interferencias, al menos inicialmente.

Este valor esta dado por los fabricantes en las especificaciones de los equipos.

3.1.11 POTENCIA DE RECEPCIÓN (P_{RX})

Se determina la potencia de recepción como diferencia entre la potencia del transmisor y las atenuaciones (branching, guía de ondas o cable coaxial y espacio libre), sumadas las ganancias de antenas (en la dirección de máxima directividad). Matemáticamente esta expresada como:

Figura 3.10 Potencia vs Tiempo



¹⁷ BER es el número de bits incorrectamente recibidos, con respecto al total de bits enviados durante un intervalo especificado de tiempo. Con el propósito de evaluar la calidad de la señal degradada con BER comprendida entre los umbrales de 10^{-6} y 10^{-3} se definen los Minutos Degradados. Consiste en un período de 60 segundos cuya BER es mayor a 10^{-6} .

$$P_{Rx} = (P_{Tx} [dBm] + G_A [dB] - L_p [dB] - L_f [dB] - L_S [dB]) [dBm]$$

Ecuación 3.9

Donde:

| | |
|----------|--|
| P_{RX} | = Potencia de recepción [dBm]. |
| P_{TX} | = Potencia de transmisión [dBm]. |
| G_A | = Ganancia de antenas T_x y R_x [dB]. |
| L_p | = Pérdidas por espacio libre [dB]. |
| L_f | = Pérdidas por cable coaxial [dB]. |
| L_S | = Pérdidas por atenuación de sombra debido a cumbre. [dB]. |

3.1.12 POTENCIA DE TRANSMISIÓN

La potencia de transmisión es la potencia de salida del transmisor. En general, los radios con mayor potencia de salida son más costosos.

La potencia de transmisión del radio, normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del vendedor. Se debe tener en cuenta que las especificaciones técnicas dan valores ideales, los valores reales pueden variar con factores como la temperatura y la tensión de alimentación.

A mayor potencia de transmisión, se puede alcanzar con mayor facilidad el receptor, pero se debe tomar en consideración las condiciones existentes de la trayectoria que los une.

La potencia máxima debe ser calculada considerando la ganancia de la antena a utilizar. La suma de la potencia de salida en dBm y la ganancia de la antena en dBi es lo que se conoce como PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente).

3.1.13 SELECCIÓN DE ANTENAS

Es importante tomar en cuenta las siguientes consideraciones para la selección de antenas:

Frecuencia: Es el rango del espectro en el que la antena puede operar. Las antenas son diseñadas para trabajar en un rango específico y se

deben seleccionar basados en la frecuencia de operación del radio; la frecuencia está relacionada con la longitud de onda de la señal, a mayor frecuencia menor longitud de onda.

La ganancia en dBi de una antena es referida a la ganancia de una antena isotrópica.

Ganancia: Efecto de amplificación atribuido a una reducción del ancho del haz de una antena. Esta reducción es el resultado de la concentración de la señal en el área más útil. Se logra mayor ganancia mediante:

- El incremento en el diámetro del reflector en el caso de una antena parabólica.
- En una antena omnidireccional reduciendo el ancho del haz vertical.

Antena Parabólica: Un reflector parabólico enfoca la señal hacia y desde el punto de alimentación, tiene un haz angosto y por lo tanto alta ganancia, ideales para aplicaciones punto a punto.

Una antena de rejilla reduce la carga al viento en un 40%, presenta patrones de radiación no tan buenos como las parabólicas sólidas. Para cambiar la polarización se requiere rotar la rejilla completa.

Dependiendo de la antena que se use, sucede lo siguiente:

- ♣ Concentrando la energía radiada en una dirección en particular se incrementa la ganancia.
- ♣ Concentrando la energía radiada utilizando antenas más grandes se incrementa la señal deseada y minimizan las interferencias desde los ángulos extremos.
- ♣ La energía puede ser concentrada tanto en el plano horizontal (azimut) como en el vertical (elevación).

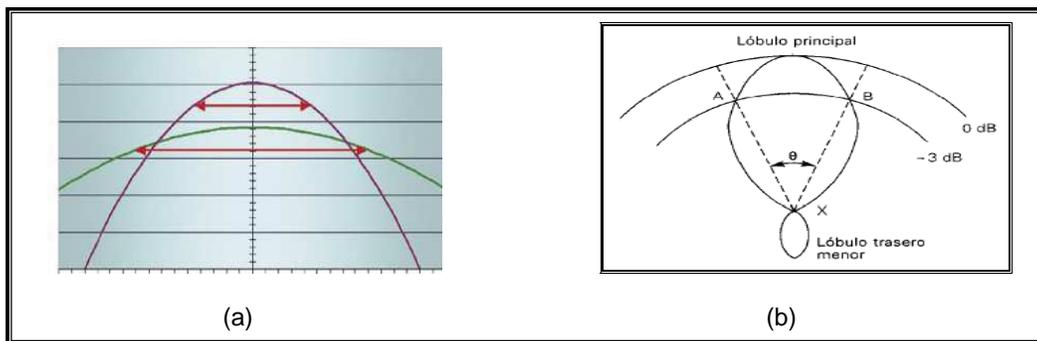
Ancho del haz: El ancho de haz es la distancia angular medida desde los puntos de media potencia de la antena (puntos a -3 dB de la ganancia máxima)

Un ancho de haz angosto reduce interferencias porque es menos probable recibir señales de radio frecuencia no deseada. Una ganancia más alta suministra una mejora en la señal de recepción al incrementar en nivel de la señal deseada.

El uso de antenas con menor ancho del haz y mayor ganancia proporciona los siguientes beneficios:

- Incremento en la intensidad de la señal radiada en la dirección útil.
- Incremento en la intensidad de la señal en recepción.
- Reducción de interferencias desde afuera del ángulo principal de la antena.

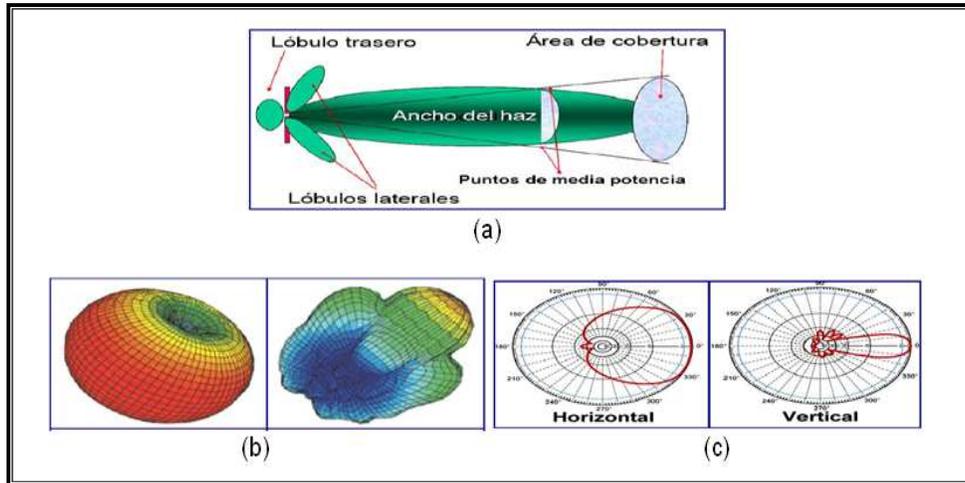
Figura 3.11 (a) Ancho del haz para dos tamaños de antena parabólica, (b) Ancho de haz



Patrón de radiación: Describen la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones desde la antena a una distancia constante. El patrón de radiación es también de recepción, porque describe las propiedades de recepción de la antena. Los patrones de radiación son obtenidos de realizar mediciones para diferentes frecuencias en el rango de operación de la antena. Los archivos de datos se crean en el formato estandarizado

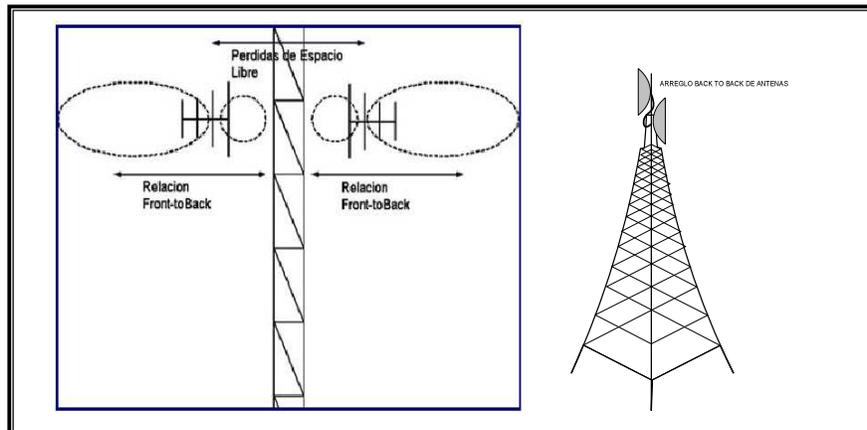
definido por la NSMA (National Spectrum Manager's Association), dichos archivos son útiles para la predicción de coberturas y análisis de interferencias.

Figura 3.12 (a) Patrón de radiación; (b) Patrón de radiación tridimensional; (c) Patrón de radiación en coordenadas polares



Relación Frente – Espalda (Front to Back): Para antenas parabólicas se especifica como la diferencia en dB entre la ganancia en el lóbulo principal y el punto del peor caso en la dirección $180^\circ \pm 40^\circ$

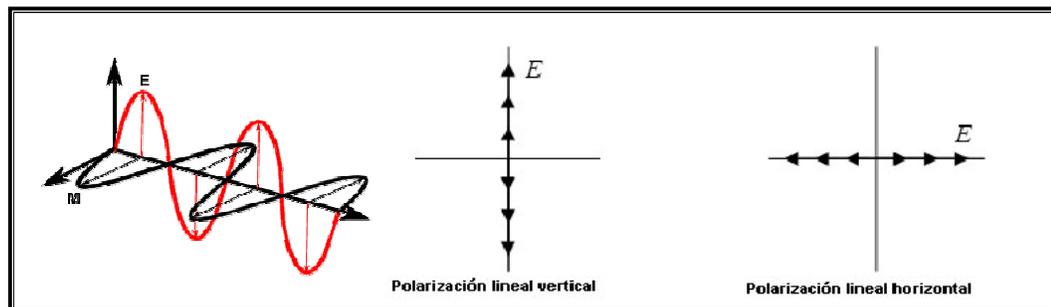
Figura 3.13 Relación Frente espalda



Polarización: Las ondas de radio están constituidas por dos campos: el eléctrico y el magnético. Estos dos campos son perpendiculares entre si. La combinación de los dos campos es el campo Electromagnético. La polarización de una onda propagada es definida como la orientación de su campo eléctrico una vez que abandona la antena, dicho de otra manera la posición y dirección del campo eléctrico con referencia a la superficie de la tierra determina la polarización de la onda.

- Polarización vertical: el campo eléctrico es perpendicular a la tierra
- Polarización horizontal: el campo eléctrico es paralelo a la tierra

Figura 3.14 La onda senoidal eléctrica se mueve perpendicular a la onda magnética en la dirección de propagación.



Pérdida por retorno: Es la relación entre la potencia reflejada por un dispositivo y la potencia aplicada al mismo, medida en dB. La potencia reflejada es causada por desacoplamiento.

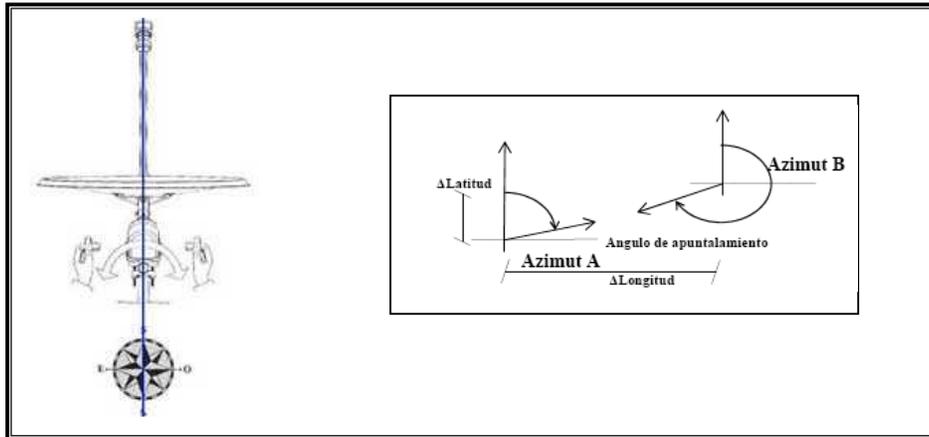
Eficiencia de la antena: Eficiencia de la antena se refiere a la cantidad de energía radiada por una antena con relación a la potencia de entrada.

Carga al viento: Carga al viento es la resistencia que una antena presenta al viento. Entre mayor es la superficie de una antena, mayor es la carga al viento. En una antena parabólica estándar se puede reducir la carga al viento instalando radomos cónicos.

3.1.14 CÁLCULO DE ANGULO DE AZIMUT Y ELEVACIÓN

Azimet: El valor del Azimet indicará el punto exacto en el que debemos fijar la antena en el plano horizontal.

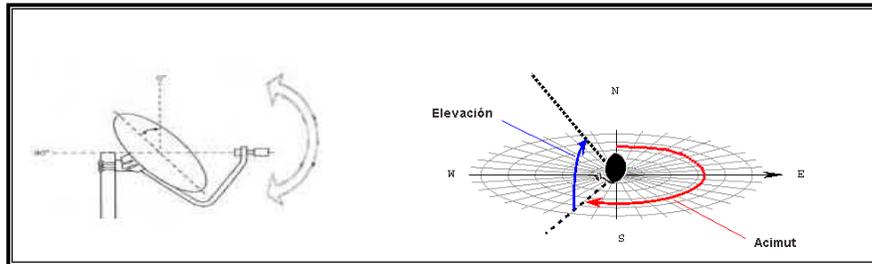
Figura 3.15 Ángulo de Azimet



Para el cálculo de los valores de azimet se utilizará el programa PathCalc.

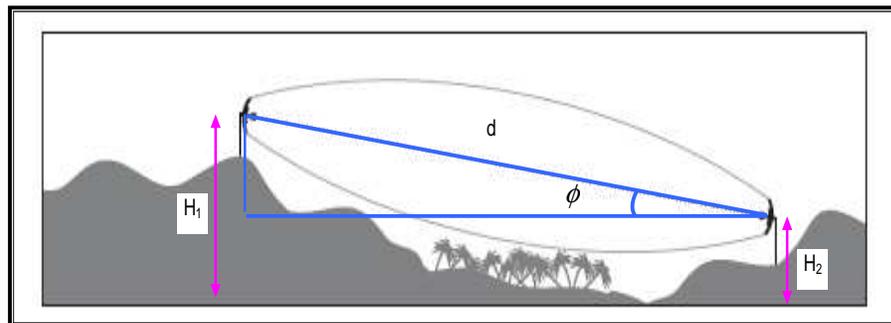
Elevación: El ángulo de elevación nos indicará la inclinación que le debemos dar a la antena en el punto A con respecto al plano horizontal para orientarla hacia el punto B.

Figura 3.16 Ángulo de elevación



Para el cálculo del ángulo de elevación se tiene los siguientes datos:

Figura 3.17 Determinación del ángulo de elevación



$$\phi = \text{Tg}^{-1} \left(\frac{(H_1 [\text{mts}] - H_2 [\text{mts}]) \times \frac{1 [\text{Km}]}{1000 [\text{mts}]}}{d [\text{Km}]} \right)$$

Ecuación 3.10

Donde:

H_1 = altura del punto A considerando la altura a la que está colocada la antena [mts].

H_2 = altura del punto B considerando la altura a la que está colocada la antena [mts].

$H_1 - H_2$ = considerar con un valor positivo. $H_1 > H_2$ [mts].

d = distancia entre los sitios a establecer el enlace [Km].

3.1.15 INDISPONIBILIDAD DE UN ENLACE (U)

Es el complemento de la confiabilidad y corresponde al tiempo probable que el enlace no estará disponible en un año y se calcula aplicando la siguiente fórmula de Barnett-Vignant:

$$U = 0,39 \times A \times B \times 10^{-6} \times f \text{ [GHz]} \times (d \text{ [Km]})^3 \times 10^{\frac{-FM \text{ [dB]}}{10}} \times 657.000 \text{ (min/año)}$$

Ecuación 3.11

Donde:

| | |
|-----------|--|
| FM | = margen de desvanecimiento [dB] |
| d | = distancia entre los sitios a establecer el enlace [Km] |
| f | = frecuencia [GHz] |
| A | = factor geográfico o de aspereza |
| 4 | = sobre agua o un terreno muy liso |
| 1 | = sobre terreno promedio |
| 0.25 | = sobre un terreno muy áspero y montañoso |
| B | = factor climático |
| 0.5 | = para áreas cálidas o húmedas |
| 0.25 | = para áreas continentales promedio |
| 0.125 | = para áreas muy secas o montañosas |

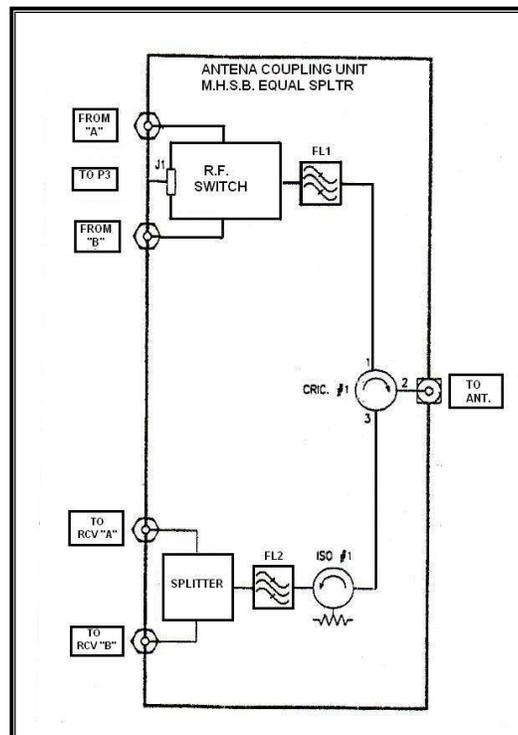
3.1.16 MEJORAMIENTO DE UN ENLACE POR HOT-STANDBY

En la Unidad de Comunicaciones para mejorar la disponibilidad de un enlace se utiliza hot-standby.

En una configuración de hot-standby sólo un par de frecuencias se usa para los dos sistemas de radio. Entonces no es posible transmitir simultáneamente por ambos sistemas. Un conmutador de transmisión se requiere para transmitir una u otra señal. Realmente ambos transmisores transmiten una señal, pero sólo uno está conmutado hacia la antena. La otra señal es transmitida a una carga ficticia. Esto podría reducir la señal de transmisión por encima de 0,5 dB. En la dirección de recepción, la señal es fraccionada en dos trayectos y ambas señales son

demoduladas con la mejor señal que ha sido seleccionada. Dividir la señal en dos trayectos significa que cada señal es reducida por 3 dB, sin embargo, en la práctica esta pérdida es típicamente de 3,5 dB a 4 dB.

Figura 3.18 Hot-Standby

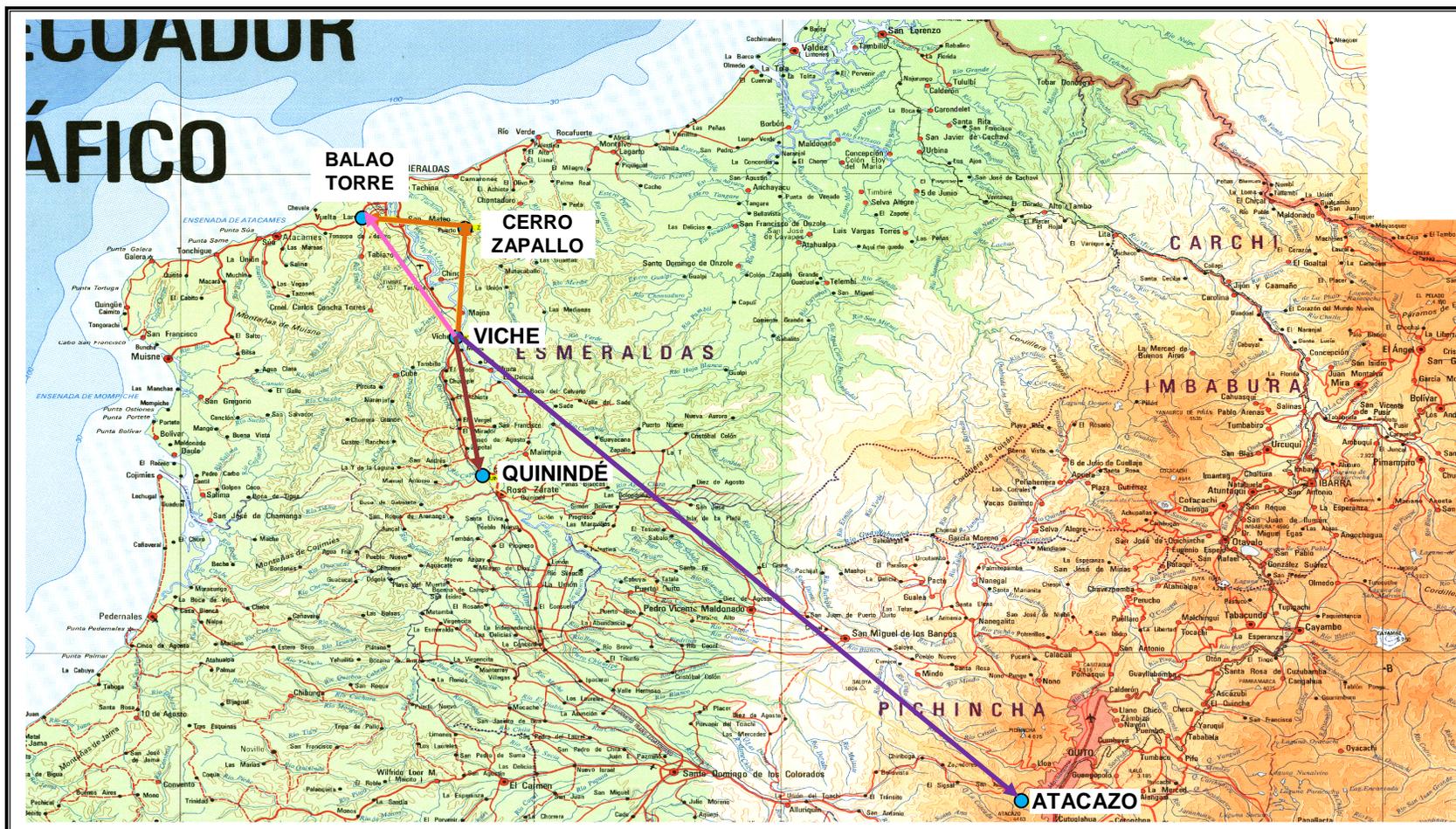


3.2 POSIBLES ENLACES

Tabla 3.2 Posibles enlaces

| SITIO 1 | | SITIO 2 | | DISTANCIA (Km) |
|--------------------|---------------|----------------|-----------------|--|
| Válvula No10 VICHE | | Quinindé | | 32.5 |
| Longitud | 79° 32' 40" W | Longitud | 79° 30' 1,2" W | Se lo observa en la <i>Figura 3.19</i> con una línea en marrón |
| Latitud | 00° 39' 30" N | Latitud | 00° 21' 52,5" N | |
| Altura (s.n.m) | 42 m | Altura (s.n.m) | 101 m | |
| Válvula No10 VICHE | | Balao Torre | | 37.35 |
| Longitud | 79° 32' 40" W | Longitud | 79° 41' 13" W | Se lo observa en la <i>Figura 3.19</i> con una línea en rosado |
| Latitud | 00° 39' 30" N | Latitud | 00° 57' 57,4" N | |
| Altura (s.n.m) | 42 m | Altura (s.n.m) | 155 | |
| Válvula No10 VICHE | | Cerro Zapallo | | 25.4 |
| Longitud | 79° 32' 40" W | Longitud | 79° 31' 45" W | Es parte del enlace en 2 saltos: Válvula No10 VICHE - Cerro Zapallo - Balao Torre. Se lo observa en la <i>Figura 3.19</i> con una línea en tomate |
| Latitud | 00° 39' 30" N | Latitud | 00° 53' 16" N | |
| Altura (s.n.m) | 42 m | Altura (s.n.m) | 600 | |
| Cerro Zapallo | | Balao Torre | | 19.5 |
| Longitud | 79° 31' 45" W | Longitud | 79° 41' 13" W | Es parte del enlace en 3 saltos: Válvula No10 VICHE - Cerro Zapallo - Balao Torre. Se lo observa en la <i>Figura 3.19</i> con una línea en tomate |
| Latitud | 00° 53' 16" N | Latitud | 00° 57' 57,4" N | |
| Altura (s.n.m) | 600 | Altura (s.n.m) | 155 | |
| Válvula No10 VICHE | | Cerro Atacazo | | 150.2 |
| Longitud | 79° 32' 40" W | Longitud | 78° 36' 14" W | Se lo observa en la <i>Figura 3.19</i> con una línea en morado |
| Latitud | 00° 39' 30" N | Latitud | 00° 18' 52 S | |
| Altura (s.n.m) | 42 m | Altura (s.n.m) | 3880 | |

Figura 3.19 Posibles enlaces



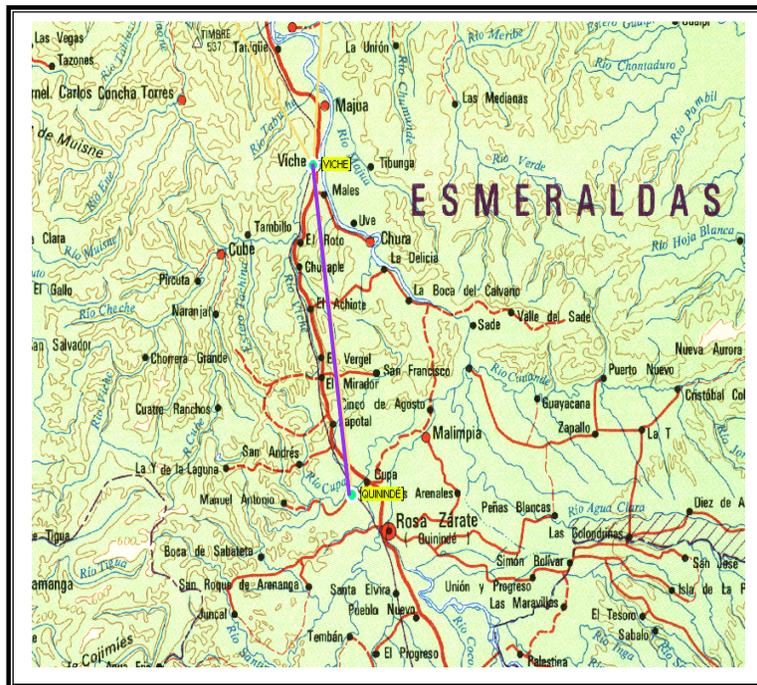
3.2.1 CONSIDERACIÓN 1: Enlace Válvula No 10 VICHE- QUININDÉ

COORDENADAS

| | | |
|---------------------|-----------|-----------------|
| Válvula No10 VICHE: | Latitud: | 00° 39' 30" N |
| | Longitud: | 79° 32' 40" W |
| | Altura: | 42 m MNM. |
| | | |
| Quinindé : | Latitud: | 00° 21' 52,5" N |
| | Longitud: | 79° 30' 1,2" W |
| | Altura: | 101 MNM. |

ASPECTOS FÍSICOS DE LA ZONA

Figura 3.20 Mapa de la Zona (Enlace Viche –Quininde)



Quinindé es un cantón que pertenece a la provincia de Esmeraldas en Ecuador, se halla en un lugar intermedio sobre la carretera que une Esmeraldas con Quito y Santo Domingo de los Tsáchilas. El clima es tropical lluvioso, con dos

temporadas climáticas: sequía y lluvias. La temperatura promedio es 23 grados centígrados.

Quinindé está ubicado en un terreno sumamente llano, siendo las elevaciones más relevantes las de Cupa y Cojimíes. Del paraje conocido como El Mirador hacia Viche el terreno es alto e irregular.

RESULTADO DEL LEVANTAMIENTO DE PERFIL

Para el diseño del enlace se tienen las siguientes especificaciones:

Frecuencia de trabajo: 400 MHz.

Distancia: 32.5 Km.

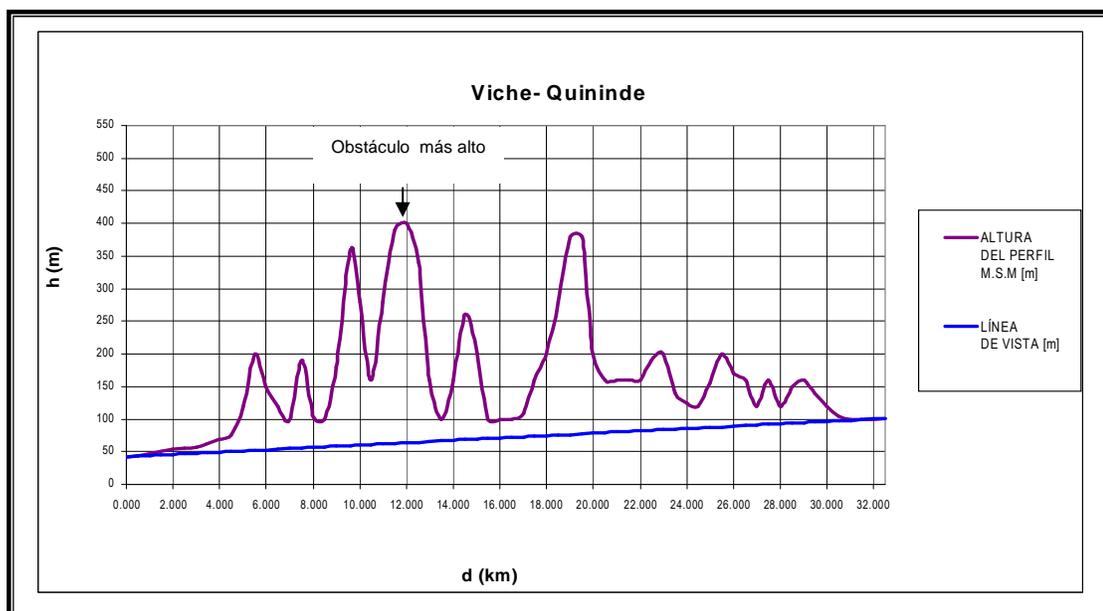
Factor de corrección curvatura terrestre: 1.33.

Altura Transmisor: 42 m

Altura Receptor: 101 m

En el Anexo 2 columnas 1 y 4 se puede observar los datos tomados de los mapas sin considerar la curvatura de la tierra.

Figura 3.21 Representación en Excel del perfil topográfico del Enlace Viche –Quininde.



Sin considerar el valor por curvatura de la tierra en el detalle del perfil de la *Figura 3.21* se observa que el obstáculo más evidente se halla a 12 km de Viche. Lo que indica que este enlace no es viable.

3.2.2 CONSIDERACIÓN 2: Enlace Válvula No 10 VICHE- BALAO TORRE

COORDENADAS

| | | |
|---------------------|-----------|----------------|
| Válvula No10 VICHE: | Latitud: | 00°39' 30" N |
| | Longitud: | 79°32' 40" W |
| | Altura: | 42 m MNM. |
| Balao : | Latitud: | 00°57' 57,4" N |
| | Longitud: | 79°41' 13" W |
| | Altura: | 155 m MNM. |

ASPECTOS FÍSICOS DE LA ZONA



Figura 3.22 Mapa de la Zona (Enlace Viche-Balao Torre)

Balao está ubicado al sur de la ciudad de Esmeraldas, es sede de la refinera estatal, en donde el Oleoducto Transecuatoriano termina su recorrido y el crudo es refinado y exportado a diversos lugares del mundo.

En Esmeraldas existen dos climas definidos "tropical monzón", con una temperatura promedio de 21 °C. y "tropical húmedo", en las cuencas centrales y costa externa septentrional, cuya temperatura promedio es de 25°C. Esta provincia septentrional se sitúa en tierras bajas, en donde las mayores altitudes no sobrepasan los 600 m.n.m; está atravesada por varias estribaciones que son prolongaciones de la cordillera occidental de los Andes; al este se encuentran las cordilleras de Cayapas y Toisán; y al oeste las montañas de Muisne, Atacames y Cojimíes Desde Balao hacia Viche el terreno es alto e irregular.

RESULTADO DEL LEVANTAMIENTO DE PERFIL

Para el diseño del enlace se tienen las siguientes especificaciones:

Frecuencia de trabajo: 400 MHz.

Distancia: 37.35 Km.

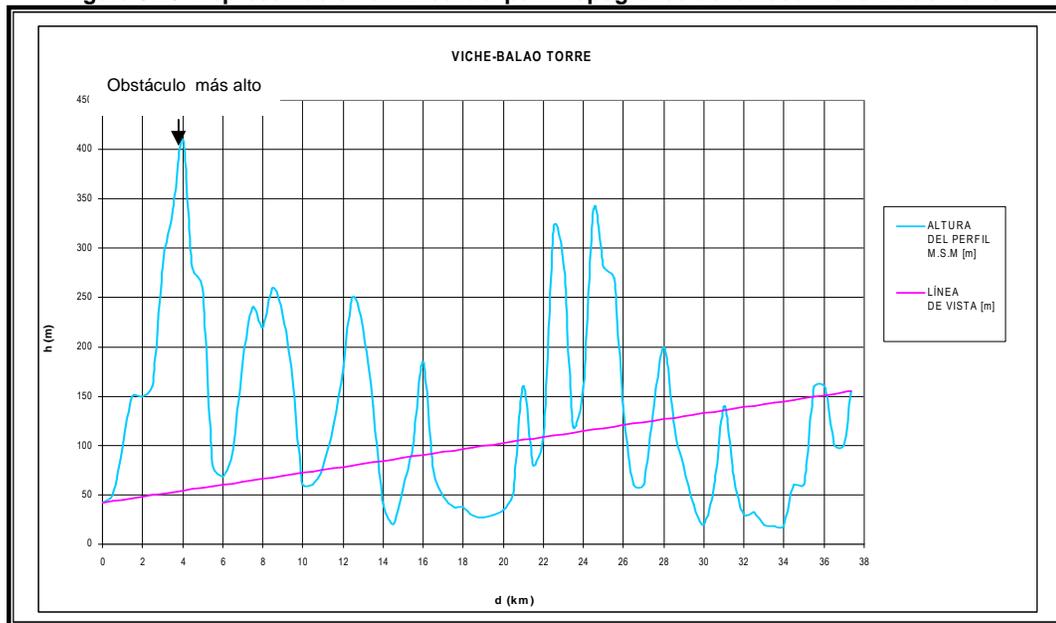
Factor de corrección curvatura terrestre: 1.33.

Altura Transmisor: 42 m

Altura Receptor: 155 m

En el Anexo 3 columnas 1 y 4 se puede observar los datos tomados de los mapas sin considerar la curvatura de la tierra.

Figura 3.23 Representación en Excel del perfil topográfico del enlace Viche-Balao Torre.



Sin considerar el valor por curvatura de la tierra en el detalle del perfil de la *Figura 3.23* se observa que el obstáculo más evidente se halla a 4 km de Viche. Como consecuencia este enlace tampoco es viable.

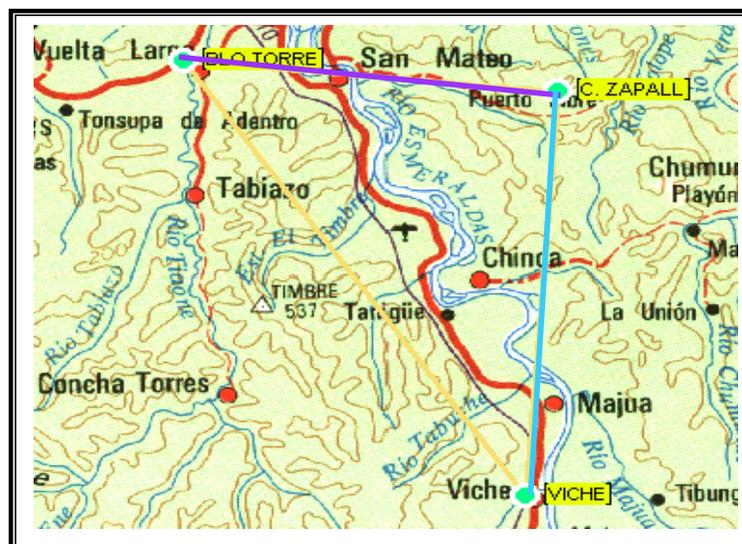
3.2.3 CONSIDERACIÓN 3: Enlace Válvula No 10 VICHE- CERRO ZAPALLO- BALAO TORRE

COORDENADAS

| | | |
|---------------------|-----------|-----------------|
| Válvula No10 VICHE: | Latitud: | 00° 39' 30" N |
| | Longitud: | 79° 32' 40" W |
| | Altura: | 42 m MNM. |
| Cerro Zapallo: | Latitud: | 00° 53' 16" N |
| | Longitud: | 79° 31' 45" W |
| | Altura: | 600 m MNM. |
| Balao: | Latitud: | 00° 57' 57,4" N |
| | Longitud: | 79° 41' 13" W |
| | Altura: | 155 m MNM. |

ASPECTOS FÍSICOS DE LA ZONA

Figura 3.24 Mapa de la Zona (Enlace Viche-Cerro Zapallo-Balao Torre)



Balao está ubicado al sur de la ciudad de Esmeraldas, es sede de la refinería estatal, en donde el Oleoducto Transecuatoriano termina su recorrido y el crudo es refinado y exportado a diversos lugares del mundo.

En Esmeraldas existen dos climas definidos "tropical monzón", con una temperatura promedio de 21 °C. y "tropical húmedo", en las cuencas centrales y costa externa septentrional, cuya temperatura promedio es de 25 °C. Esta provincia septentrional se sitúa en tierras bajas, en donde las mayores altitudes no sobrepasan los 600 m.n.m; está atravesada por varias estribaciones que son prolongaciones de la cordillera occidental de los Andes; al este se encuentran las cordilleras de Cayapas y Toisán; y al oeste las montañas de Muisne, Atacames y Cojimíes. Desde Balao hacia Viche el terreno es alto e irregular.

El Cerro Zapallo, se halla ubicado en la parroquia San Mateo, en el cantón Esmeraldas, es la más alta elevación que hay en la provincia, aquí están situadas las antenas repetidoras del Ejército, la Policía, de telefonía celular y varias emisoras en FM.

RESULTADO DEL LEVANTAMIENTO DE PERFIL

Para el diseño del enlace se tienen las siguientes especificaciones:

Frecuencia de trabajo: 400 MHz.

Distancia: 37.35 Km.

Factor de corrección curvatura terrestre: 1.33.

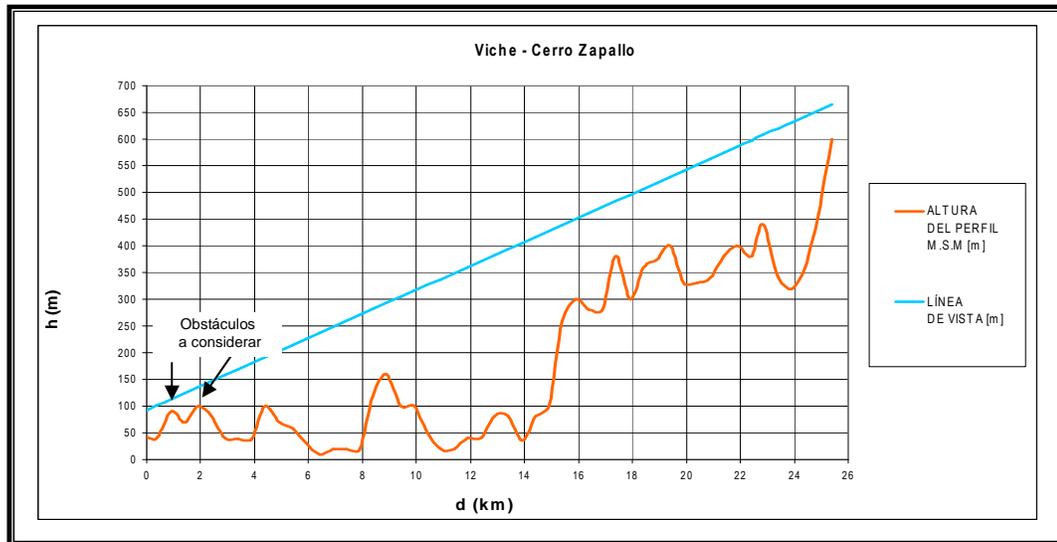
Altura Transmisor: 42 m

Altura Repetidor: 600 m

Altura Receptor: 155 m

3.2.3.1 Tramo Válvula de Bloqueo No 10 Viche- Cerro Zapallo

Figura 3.25 Representación en Excel del perfil topográfico del enlace Viche-Cerro Zapallo.



En el Anexo 4 columnas 1 y 4 se puede observar los datos tomados de los mapas sin considerar la curvatura de la tierra.

Sin considerar el valor por curvatura de la tierra en el detalle del perfil de la FIGURA 3.25 se observa que los obstáculos a considerar se hallan a 0,9 km y 1,9 km de Viche.

CÁLCULO DEL ABULTAMIENTO (c)

A continuación se calcula este parámetro para los dos obstáculos existentes, ya que de este valor depende el cálculo de las alturas a las que se debe colocar las antenas:

En el Anexo 4 columna 9 se puede observar los valores de las alturas corregidas considerando el factor de curvatura de la tierra para cada distancia en la que se tomaron los datos.

Ecuación a aplicar:

La ecuación a aplicar es la siguiente:

$$C = \frac{d_1 [Km] \times d_2 [Km]}{2K a [Km]} \times \frac{1000 [m]}{1 [Km]} [mts]$$

Ecuación 3.12

Donde:

- a*: Radio de la tierra y equivale a 6.378,137 [Km].
- K*: Factor de corrección de curvatura terrestre equivalente a 4/3.
- d1*: Distancia desde un sitio cercano hasta donde está el obstáculo o altura considerada [Km].
- d2*: Distancia total menos *d1* [Km].

- **PRIMER OBSTÁCULO A 0,9 Km**

Considerando el obstáculo que se halla a 0,9 km de Viche, se determina cuál es el valor por abultamiento, aplicando la *Ecuación 3.1*, con lo cual se tiene:

Datos:

$$d1 = 0,9 \text{ [Km].}$$

$$d2 = 24,5 \text{ [Km].}$$

Solución:

$$C = \frac{0,9 \text{ [Km]} \times 24,5 \text{ [Km]}}{2 (4/3) 6.378,137 \text{ [Km]}} \times \frac{1000 \text{ [mts]}}{1 \text{ [Km]}} \text{ [mts]}$$

$$C = 1,296421 \text{ mts}$$

- **SEGUNDO OBSTÁCULO A 1,9 Km**

Considerando el obstáculo que se halla a 1.9 km de Viche, se determina cuál es el por abultamiento, aplicando la *Ecuación 3.1*, con lo cual se tiene:

Datos:

$$d1 = 1,9 \text{ [Km].}$$

$$d2 = 23,5 \text{ [Km].}$$

Solución:

$$C = \frac{1,9 \text{ [Km]} \times 23,5 \text{ [Km]}}{2 (4/3) 6.378,137 \text{ [Km]}} \times \frac{1000 \text{ [mts]}}{1 \text{ [Km]}} \text{ [mts]}$$

$$C = 2,6252 \text{ mts}$$

ZONAS DE FRESNEL

A continuación se calcula este parámetro para los dos obstáculos existentes ya que de igual manera que en el cálculo del abultamiento, de este valor depende el cálculo de las alturas a las que deberían ser colocadas las antenas:

Ecuación a aplicar:

La ecuación a aplicar es la siguiente:

$$F_1 = 547,533066 \sqrt{\frac{d_1 [Km] d_2 [Km]}{d [Km] f [MHz]}} \quad [mts] \quad \text{Ecuación 3.13}$$

Donde:

- F_1 = Radio de la primera zona de Fresnel. [mts]
- f = frecuencia en [MHz].
- d_1 = distancia desde la antena de transmisión hasta el obstáculo [Km].
- d_2 = distancia desde el obstáculo en la trayectoria hasta la antena de recepción [Km].
- d = $d_1 + d_2$ [Km]

▪ **PRIMER OBSTÁCULO A 0,9 Km**

Considerando el obstáculo que se halla a 0,9 km de Viche, se determina cuál es el valor del radio de la primera zona de Fresnel (F_1), aplicando la *Ecuación 3.2*, con lo cual se tiene:

Datos:

- d_1 = 0,9 [Km].
- d_2 = 24,5 [Km].
- f = 400 [MHz].
- d = 25,4 [Km].

Solución:

$$F_1 = 547,533066 \sqrt{\frac{(0,9 [Km])(24,5 [Km])}{(25,4 [Km]) (400 [MHz])}} \quad [mts]$$

$$F_1 = 25,5075 \quad [mts]$$

- **SEGUNDO OBSTÁCULO A 1,9 Km**

Considerando el obstáculo que se halla a 1.9 km de Viche, se determina cuál es el valor del radio de la primera zona de Fresnel (F_1), aplicando la Ecuación 3.2, con lo cual se tiene:

Datos:

$$d1 = 1,9 \quad [Km].$$

$$d2 = 23,5 \quad [Km].$$

$$f = 400 \quad [MHz].$$

$$d = 25,4 \quad [Km].$$

Solución:

$$F_1 = 547,533066 \sqrt{\frac{(1,9 [Km])(23,5 [Km])}{(25,4 [Km]) (400 [MHz])}} \quad [mts]$$

$$F_1 = 36,2973 \quad [mts]$$

CÁLCULO DE LA ALTURA A LA QUE SE COLOCARÁ LAS ANTENAS.

A continuación se calcula este parámetro para los dos obstáculos existentes, ya que se pretende determinar cual de los dos obstáculos genera mayor altura para colocar las antenas:

Ecuación a aplicar:

La ecuación a aplicar es la siguiente:

$$h_b \geq \left((h_c [\text{mts}] + F_1 [\text{mts}] + c [\text{mts}]) \frac{d [\text{km}]}{d_1 [\text{km}]} + (H_1 [\text{mts}] + h_a [\text{mts}]) \left(1 - \frac{d [\text{km}]}{d_1 [\text{km}]} \right) - H_2 [\text{mts}] \right) [\text{mts}]$$

Ecuación 3.14

Donde:

| | |
|--------------|---|
| $h_1 =$ | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo más la altura de la antena en la estación A [mts]. |
| $h_2 =$ | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto más la altura de la antena en la estación B [mts]. |
| $h_a =$ | Altura de la antena en la estación A [mts]. |
| $h_b =$ | Altura de la antena en la estación B [mts]. |
| $H_1 =$ | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo [mts]. |
| $H_2 =$ | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto [mts]. |
| $h_c =$ | Altura de la cumbre u obstáculo [mts]. |
| $d_1, d_2 =$ | Son las longitudes desde las estaciones A y B hasta el obstáculo. $d_1 < d_2$ [km]. |
| $d =$ | Distancia entre las estaciones A y B [km]. |
| $a =$ | Radio de la tierra y equivale a 6.378,137 [Km]. |
| $K =$ | Factor de corrección de curvatura terrestre equivalente a 4/3. |
| $F_1 =$ | Radio de la primera Zona de Fresnel [mts]. |
| $c =$ | Abultamiento de la tierra sobre el obstáculo [mts]. |

Las columnas comparadas para determinar obstáculos son **LÍNEA DE VISTA Y PERFIL CORREGIDO CON $K=4/3$** , siendo que los valores de perfil corregido deben ser menores que los indicados en la columna de línea de vista para que no haya obstrucción (Ver **TABLA 3.3**).

En el Anexo 5 se puede observar valores para el perfil topográfico considerando el abultamiento y las alturas a las que deben ser colocadas las antenas

Tabla 3.3 Distancias a las que se presentan obstáculos

| VICHE - CERRO ZAPALLO 25,4 KMS | | | | | | |
|--------------------------------|--------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|--------------------------------------|
| Frec. MHz | | 400 | | h punto 1 | | 42 |
| Lamda | | 0.750 | | h punto 2 | | 600 |
| Pendiente T | | 21.9685 | | h Ant 1 | | 0 |
| Dist. en Km. | | 25.4 | | h Ant 2 | | 0 |
| Div. Dist | | 0.5 | | | | |
| D1 [Km] | D2[Km] | ABULTAMIENTO CON K = 4/3 [m] | ALTURA DEL PERFIL M.S.M [m] | LÍNEA DE VISTA [m] | 60% DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL | PERFIL CORREGIDO CON k=4/3 [m] |
| 0.00 | 25.40 | 0.000 | 42 | 42.000 | 0.000 | 42.000 |
| 0.40 | 25.00 | 0.588 | 41 | 50.787 | 10.307 | 41.588 |
| 0.90 | 24.50 | 1.296 | 90 | 61.772 | 15.304 | 91.296 |
| 1.40 | 24.00 | 1.975 | 70 | 72.756 | 18.892 | 71.975 |
| 1.90 | 23.50 | 2.625 | 100 | 83.740 | 21.778 | 102.625 |
| 2.40 | 23.00 | 3.245 | 80 | 94.724 | 24.215 | 83.245 |

▪ **PRIMER OBSTÁCULO A 0,9 Km**

Considerando el obstáculo que se halla a 0,9 km de Viche, se determina cuál es la altura a la que se debería colocar las antenas para garantizar el enlace. Aplicando la *Ecuación 3.5* se tiene:

Datos:

| | |
|---------|---|
| $h_c =$ | 90 [mts]. (Ver este valor en la TABLA 3.3 columna ALTURA DEL PERFIL). |
| $H_1 =$ | 42 mts]. |
| $H_2 =$ | 600 [mts]. |
| $d_1 =$ | 0,9 [Km]. |
| $d_2 =$ | 24,5 [km]. |
| $d =$ | 25,4 [km]. |
| $F_1 =$ | 25,5075 [mts]. |
| $c =$ | 1,296421[mts]. |

Solución:

$$h_b \geq \left((90[mts] + 25,5075[mts] + 1,29642[mts]) \frac{25,40[km]}{0,9[km]} + (42[mts] + h_a [mts]) \left(1 - \frac{25,40[km]}{0,9[km]} \right) - 600[mts] \right)$$

Utilizando Excel se tiene los siguientes valores de alturas:

Tabla 3.4 Cálculo de altura de torres a las que se debe poner la antena para el enlace Viche-Cerro Zapallo.

| ha | hb |
|------|------------|
| 10 | 992,959222 |
| 20 | 720,737 |
| 30 | 448,514778 |
| 35 | 312,403667 |
| 40 | 176,292556 |
| 40,5 | 162,681445 |
| 42 | 121,848111 |
| 43 | 94,625889 |
| 44 | 67,4036668 |
| 44,5 | 53,7925557 |
| 44,6 | 51,0703334 |
| 44,7 | 48,3481112 |
| 45 | 40,1814446 |
| 46 | 12,9592223 |

Considerando este obstáculo, las alturas a las que deberían ser colocadas las antenas son: a 45 mts para la estación A (VICHE) y 41 mts para la estación B (Cerro Zapallo)

▪ **SEGUNDO OBSTÁCULO A 1,9 Km**

Considerando el obstáculo que se halla a 1,9 km de Viche, se determina cuál es la altura a la que se debería colocar las antenas para garantizar el enlace. Aplicando la *Ecuación 3.5* se tiene:

Datos:

| | |
|---------|---|
| h_c = | 100 [mts] (Ver este valor en la TABLA 3.3 columna ALTURA DEL PERFIL). |
| H_1 = | 42 mts]. |
| H_2 = | 600 [mts]. |
| d_1 = | 1,9 [Km]. |
| d_2 = | 23,5 [km]. |
| d = | 25, 4 [km]. |
| F_1 = | 21, 77838 [mts]. |
| c = | 2, 6252 [mts]. |

Solución:

$$h_b \geq \left((100[mts] + 21,7783[mts] + 2,6252[mts]) \frac{25,40[km]}{1,9[km]} + (42[mts] + h_a[mts]) \left(1 - \frac{25,40[km]}{1,9[km]} \right) - 600[mts] \right)$$

Utilizando Excel se tiene los siguientes valores de alturas:

Tabla 3.5 Cálculo de altura de torres a las que se debe poner la antena para el enlace Viche-Cerro Zapallo

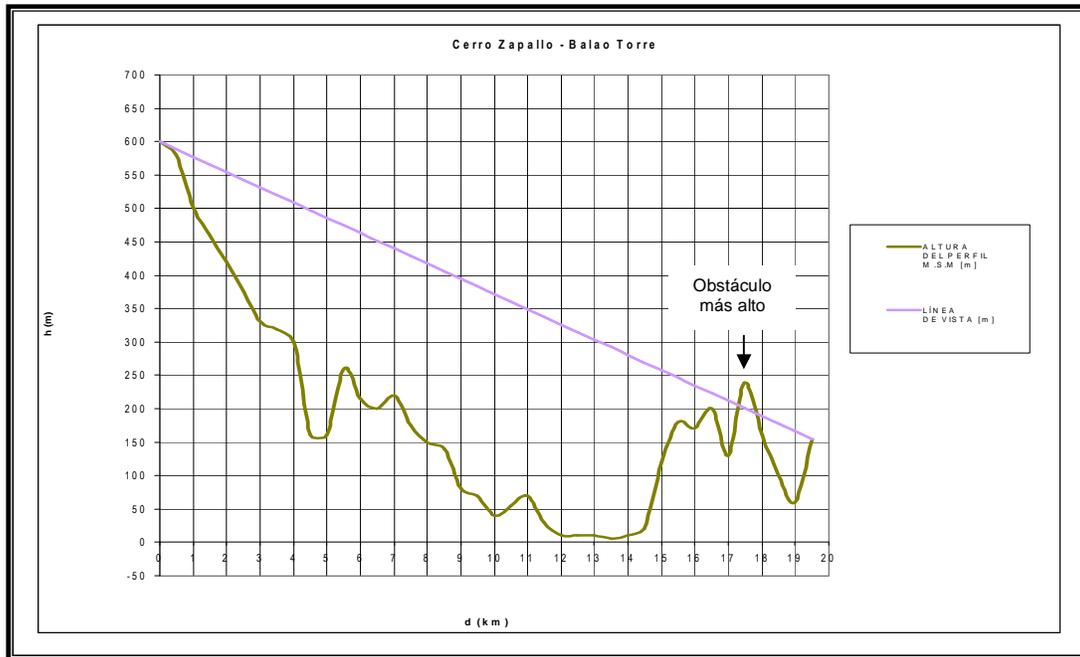
| ha | hb |
|------|------------|
| 10 | 419,921198 |
| 20 | 296,236988 |
| 30 | 172,552777 |
| 35 | 110,710672 |
| 38 | 73,6054086 |
| 39 | 61,2369876 |
| 40 | 48,8685665 |
| 40,5 | 42,684356 |
| 40,7 | 40,2106718 |
| 40,8 | 38,9738297 |
| 41 | 36,5001455 |
| 41,5 | 30,315935 |
| 42 | 24,1317244 |
| 42,5 | 17,9475139 |

Considerando este obstáculo, las alturas a las que deberían ser colocadas las antenas son: a 41 mts para la estación A (VICHE) y 41 mts para la estación B (Cerro Zapallo)

Como se puede observar una mayor altura a la que debieren ser colocadas las antenas para que exista línea de vista, lo presenta el primer obstáculo. Esto significa que usando esta opción, garantizaríamos a la vez evitar el segundo obstáculo. Para nuestro diseño por cualquier situación adicional que pudiera presentarse se recomienda que en ves de colocar la antena en el lado A, a 45 mts (ver el resultado de considerar el primer obstáculo), se lo haga a 50 mts. Para determinar la altura a la que será colocada la antena en el lado B previo se debe calcular la alturas para el otro tramo del enlace (**CERRO ZAPALLO – BALAO TORRE**), ya que el Cerro Zapallo es el sitio común para los dos enlaces y es aquí donde se deberá establecer un back to back de antenas y es recomendable que la separación entre dichas antenas no sea muy grande porque implicaría usar cable extra, lo cual significaría mayores pérdidas en el enlace debido a la extensión del cable.

3.2.3.2 Tramo Cerro Zapallo-Balao Torre

Figura 3.26 Representación en Excel del perfil topográfico del enlace Cerro Zapallo-Balao Torre



En el Anexo 6 columnas 1 y 4 se puede observar los datos tomados de los mapas sin considerar la curvatura de la tierra.

Sin considerar el valor por curvatura de la tierra en el detalle del perfil se observa que el obstáculo más evidente se halla a 17,5 km de Viche.

CÁLCULO DEL ABULTAMIENTO (c)

A continuación se calcula este parámetro para el obstáculo existente, ya que de este valor depende el cálculo de las alturas a las que se debe colocar las antenas:

En el Anexo 6 columna 9 se puede observar los valores de las alturas corregidas considerando el factor de curvatura de la tierra para cada distancia en la que se tomaron los datos.

La ecuación a aplicar es la siguiente:

$$C = \frac{d_1 [Km] \times d_2 [Km]}{2K a [Km]} \times \frac{1000 [m]}{1 [Km]} [mts]$$

Ecuación 3.15

Donde:

- a: Radio de la tierra y equivale a 6.378,137 [Km].
- K: Factor de corrección de curvatura terrestre equivalente a 4/3.
- d1: Distancia desde un sitio cercano hasta donde está el obstáculo o altura considerada [Km].
- d2: Distancia total menos d1 [Km].

▪ **OBSTÁCULO A 17,50 Km**

Considerando el obstáculo que se halla a 17,50 km del Cerro Zapallo, se determina cuál es el valor por abultamiento, aplicando la *Ecuación 3.1*, con lo cual se tiene:

Datos:

$$d1 = 17,50 \text{ [Km].}$$

$$d2 = 2 \text{ [Km].}$$

Solución:

$$C = \frac{17,50 [Km] \times 2 [Km]}{2 (4/3) 6.378,137 [Km]} \times \frac{1000 [mts]}{1 [Km]} [mts]$$

$$C = 2,0578 \text{ mts}$$

ZONAS DE FRESNEL

A continuación se calcula este parámetro para los dos obstáculos existentes ya que de igual manera que en el cálculo del abultamiento, de este valor depende el cálculo de las alturas a las que deberían ser colocadas las antenas:

Ecuación a aplicar:

La ecuación a aplicar es la siguiente:

$$F_1 = 547,533066 \sqrt{\frac{d_1 [\text{Km}] d_2 [\text{Km}]}{d [\text{Km}] f [\text{MHz}]}} \quad [\text{mts}] \quad \text{Ecuación 3.16}$$

Donde:

- F_1 = Radio de la primera zona de Fresnel. [mts]
- f = frecuencia en [MHz].
- d_1 = distancia desde la antena de transmisión hasta el obstáculo [Km].
- d_2 = distancia desde el obstáculo en la trayectoria hasta la antena de recepción [Km].
- d = $d_1 + d_2$ [Km]

▪ **OBSTÁCULO A 17,50 Km**

Considerando el obstáculo que se halla a 17,5 km de Cerro Zapallo, se determina cuál es el valor del radio de la primera zona de Fresnel (F_1), aplicando la *Ecuación 3.2*, con lo cual se tiene:

Datos:

- d_1 = 17,5 [Km].
- d_2 = 2 [Km].
- f = 400 [MHz].
- d = 19,5 [Km].

Solución:

$$F_1 = 547,533066 \sqrt{\frac{(17,5 [Km])(2 [Km])}{(19,5 [Km]) (400 [MHz])}} \quad [mts]$$

$$F_1 = 36,6773 \quad [mts]$$

CÁLCULO DEL LA ALTURA A LA QUE SE COLOCARÁ LAS ANTENAS.

A continuación se calcula este parámetro para el obstáculo existente:

Ecuación a aplicar:

La ecuación a aplicar es la siguiente:

$$h_b \geq \left((h_c [mts] + F_1 [mts] + c [mts]) \frac{d [km]}{d_1 [km]} + (H_1 [mts] + h_a [mts]) \left(1 - \frac{d [km]}{d_1 [km]} \right) - H_2 [mts] \right) [mts]$$

Ecuación 3.17

Donde:

- $h_1 =$ Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo más la altura de la antena en la estación A [mts].
- $h_2 =$ Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto más la altura de la antena en la estación B [mts].
- $h_a =$ Altura de la antena en la estación A [mts].
- $h_b =$ Altura de la antena en la estación B [mts].
- $H_1 =$ Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo [mts].
- $H_2 =$ Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto [mts].
- $h_c =$ Altura de la cumbre u obstáculo [mts].
- $d_1, d_2 =$ Son las longitudes desde las estaciones A y B hasta el obstáculo. $d_1 < d_2$ [km].
- $d =$ Distancia entre las estaciones A y B [km].
- $a =$ Radio de la tierra y equivale a 6.378,137 [Km].
- $K =$ Factor de corrección de curvatura terrestre equivalente a 4/3.
- $F_1 =$ Radio de la primera Zona de Fresnel [mts].
- $c =$ Abultamiento de la tierra sobre el obstáculo [mts].

Las columnas comparadas para determinar obstáculos son **LÍNEA DE VISTA Y PERFIL CORREGIDO CON $K=4/3$** , siendo que los valores de perfil corregido deben ser menores que los indicados en la columna de línea de vista para que no haya obstrucción (Ver TABLA 3.6).

Tabla 3.6 Distancia a la que se presenta el obstáculo

| CERRO ZAPALLO - BALAO TORRE 19,5 KMS | | | | | | |
|--------------------------------------|---------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|--|
| Frec. MHz | 400 | | h punto 1 | 600 | | |
| Lamda | 0.750 | | h punto 2 | 155 | | |
| Pendiente T | 21.9685 | | h Ant 1 | 0 | | |
| Dist. en Km. | 19.5 | | h Ant 2 | 0 | | |
| Div. Dist | 0.5 | | | | | |
| D1 [Km] | D2[Km] | ABULTAMIENTO CON $K = 4/3$ [m] | ALTURA DEL PERFIL M.S.M [m] | LÍNEA DE VISTA [m] | 60% DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL | PERFIL CORREGIDO CON $k=4/3$ [m] |
| 15.5 | 4 | 3.645 | 180 | 246.282 | 29.289 | 275.571 |
| 16 | 3.5 | 3.292 | 170 | 234.872 | 27.836 | 262.708 |
| 16.5 | 3 | 2.910 | 200 | 223.462 | 26.171 | 249.632 |
| 17 | 2.5 | 2.499 | 130 | 212.051 | 24.250 | 236.301 |
| 17.5 | 2 | 2.058 | 240 | 200.641 | 22.006 | 222.647 |
| 18 | 1.5 | 1.587 | 160 | 189.231 | 19.328 | 208.559 |
| 18.5 | 1 | 1.088 | 100 | 177.821 | 15.999 | 193.820 |
| 19 | 0.5 | 0.559 | 60 | 166.410 | 11.465 | 177.875 |
| 19.5 | 0 | 0.000 | 155 | 155.000 | 0.000 | 155.000 |

▪ **OBSTÁCULO A 17,50 Km**

Para emplear esta ecuación d_1 debe ser menor que d_2 , y como d_1 es 17,5 km, lo que hacemos, es considerar como si se estuviera viendo el enlace BALAO TORRE-CERRO ZAPALLO. Donde d_1 sería 2 km.

Considerando el obstáculo que se halla a 17,50 km de Cerro Zapallo ó lo que equivale a decir a 2 km de Balao Torre se determina cuál es la altura a la que se debería colocar las antenas para garantizar el enlace. Aplicando la Ecuación 3.5 se tiene:

Datos:

| | |
|---------|--|
| $h_c =$ | 240 [mts]. (Ver este valor en la TABLA 3.6 columna ALTURA DEL PERFIL). |
| $H_1 =$ | 155 [mts]. |
| $H_2 =$ | 600 [mts]. |
| $d_1 =$ | 2 [Km]. |
| $d_2 =$ | 17,5 [km]. |
| $d =$ | 19,5 [km]. |
| $F_1 =$ | 22,00638 [mts]. |
| $c =$ | 2,0578 [mts]. |

Solución:

$$h_b \geq \left((240[mts] + 22,00638[mts] + 2,0578[mts]) \frac{19,5[km]}{2[km]} + (155[mts] + h_a[mts]) \left(1 - \frac{19,5[km]}{2[km]} \right) - 600[mts] \right)$$

Utilizando Excel se tiene los siguientes valores de alturas:

Tabla 3.7 Cálculo de altura de torres a las que se debe poner la antena para el enlace Cerro Zapallo-Balao Torre

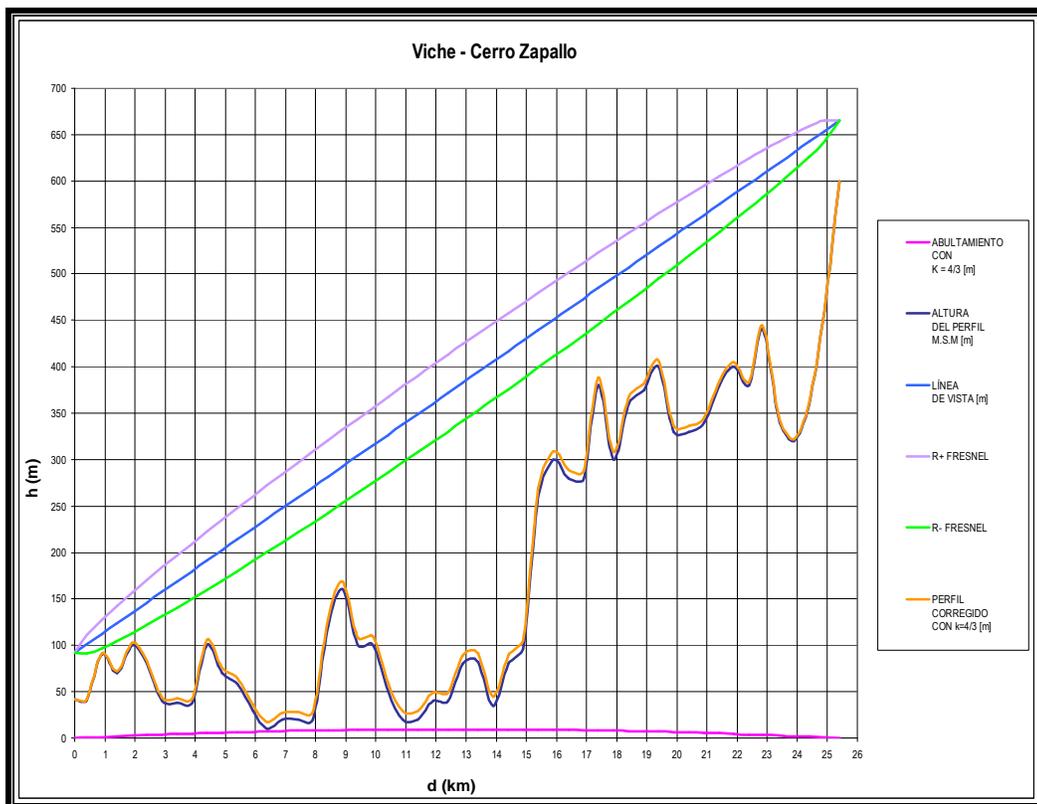
| hb | ha |
|-----------|------------|
| 10 | 69,5288538 |
| 20 | 68,3857966 |
| 30 | 67,2429395 |
| 35 | 66,6715109 |
| 38 | 66,3288538 |
| 39 | 66,2143681 |
| 40 | 66,1000824 |
| 50 | 64,9572252 |
| 55 | 64,3857966 |
| 60 | 63,8143681 |
| 61 | 63,7000824 |
| 62 | 63,5857966 |
| 62,5 | 63,5288538 |
| 63 | 63,4715109 |

Considerando este obstáculo, las alturas a las que deberían ser colocadas las antenas son: a 63 mts para la estación A (Balao Torre) y 64 mts para la estación B (Cerro Zapallo). Por cualquier situación que podría presentarse se recomienda colocar las antenas a 65 mts

Considerando lo obtenido anteriormente, para el enlace *VICHE-CERRO ZAPALLO*, se estableció con cálculos que la altura a la que debe ser colocada la antena es a 41 mts en el Cerro Zapallo y para el tramo Cerro Zapallo-Balao Torre se determino que es de 65 mts, esto implica 24 metros de cable para unir las antenas por lo que se recomienda elevar la antena del Cerro Zapallo del tramo Viche- Cerro Zapallo a 65 mts.

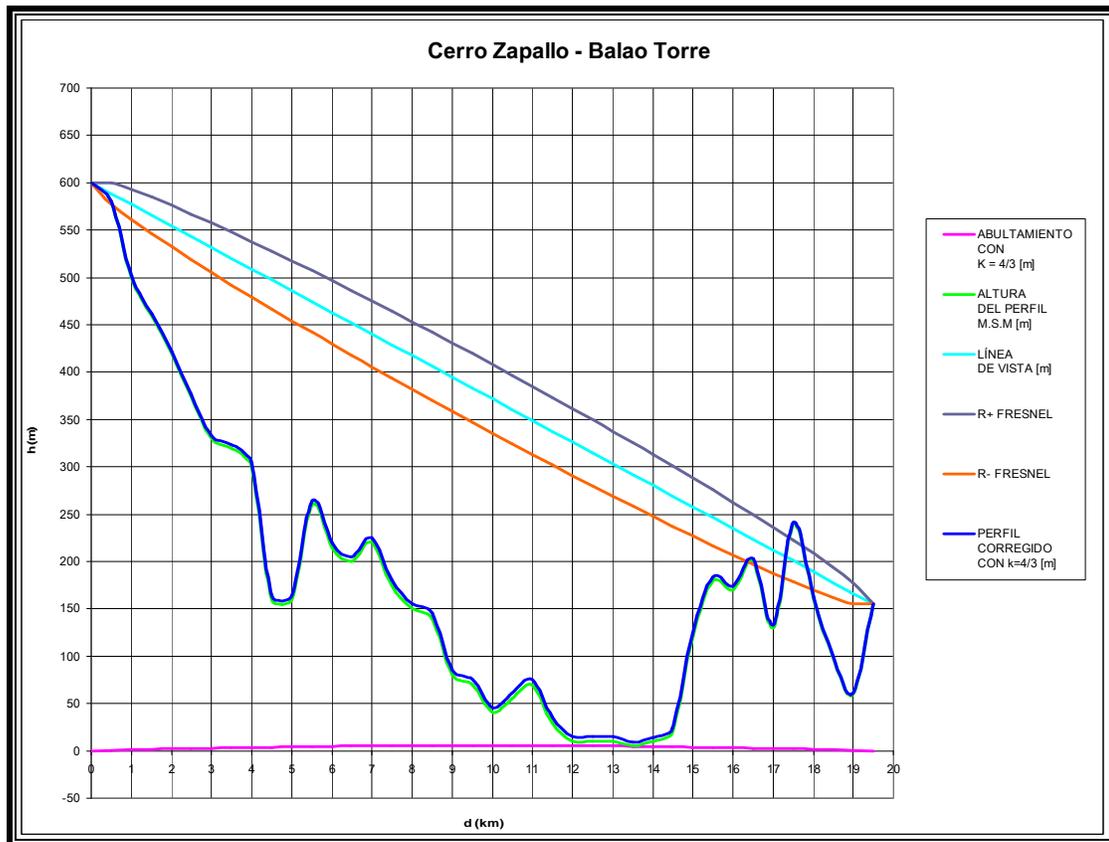
La **Figura 3.27** ilustra el enlace *VICHE-CERRO ZAPALLO* considerando todos los factores calculados anteriormente.

Figura 3.27 Enlace Viche-Cerro Zapallo



La **Figura 3.28** ilustra el enlace *CERRO ZAPALLO- BALAO TORRE* considerando todos los factores calculados anteriormente. En el Anexo 7 se hallan los valores considerados para este enlace.

Figura 3.28 Cerro Zapallo-Balao Torre



CÁLCULO DEL VALOR DE DESPEJE (h_{desp})

Ecuación a aplicar:

La ecuación a usar es:

$$h_{\text{desp}} = \left(h_1 \text{ [mts]} + \frac{(h_2 \text{ [mts]} - h_1 \text{ [mts]}) d_1 \text{ [km]}}{d \text{ [km]}} - h_c \text{ [mts]} - \frac{d_1 \text{ [km]} d_2 \text{ [km]}}{2Ka \text{ [km]}} \times \frac{1000 \text{ [mts]}}{1 \text{ [km]}} \right) \text{ [mts]}$$

Ecuación 3.18

Donde:

h_{desp} = Valor de despeje [mts].

| | |
|--------------|---|
| $h_1 =$ | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo más la altura de la antena en la estación A [mts]. |
| $h_2 =$ | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto más la altura de la antena en la estación B [mts]. |
| $h_c =$ | Altura de la cumbre u obstáculo [mts]. |
| $d_1, d_2 =$ | Son las longitudes desde las estaciones A y B hasta el obstáculo. $d_1 < d_2$ [km]. |
| $d =$ | Distancia entre las estaciones A y B [km]. |
| $a =$ | Radio de la tierra y equivale a 6.378,137 [Km]. |
| $K =$ | Factor de corrección de curvatura terrestre equivalente a 4/3. |

Margen de despeje (MD%) donde: $h_{des} > 0$ y $MD > 60\%$

Si $h_{des} < 0$ (negativo) ó $MD < 60\%$ hay obstrucción por cumbre u obstáculo

La ecuación a usar es:

$$MD = \frac{h_{desp} \text{ [mts]}}{F_1 \text{ [mts]}} \times 100 \% \quad \text{Ecuación 3.19}$$

Donde:

| | |
|--------------|--|
| $h_{desp} =$ | Valor de despeje [mts]. |
| $F_1 =$ | Radio de la primera zona de Fresnel. [mts] |
| $MD =$ | Margen de despeje [%] |

- **TRAMO VICHE-CERRO ZAPALLO**

Solo se considera para el primer obstáculo ya que es el que mayores efectos causa en el enlace.

Datos:

| | |
|---------|-----------------|
| $h_1 =$ | 92 [mts]. |
| $h_2 =$ | 665 [mts]. |
| $h_c =$ | 90 [mts]. |
| $d_1 =$ | 0,9 [Km] |
| $d_2 =$ | 24,5 [km]. |
| $d =$ | 25,4 [km]. |
| $a =$ | 6.378,137 [Km]. |

$$K = 4/3.$$

$$F_1 = 25,5075 \text{ [mts]}$$

Solución:

Utilizando la **Ecuación 3.3** se tiene:

$$h_{desp} = \left(92 \text{ [mts]} + \frac{(665 \text{ [mts]} - 92 \text{ [mts]}) 0,9 \text{ [km]}}{25,4 \text{ [km]}} - 90 \text{ [mts]} - \frac{0,9 \text{ [km]} 24,5 \text{ [km]}}{2(4/3)(6.378,137) \text{ [km]}} \times \frac{1000 \text{ [mts]}}{1 \text{ [km]}} \right) \text{ [mts]}$$

$$h_{desp} = 27,001 \text{ [mts]}$$

Utilizando la **Ecuación 3.4** para calcular el Margen de despeje se tiene:

$$MD = \frac{27,001 \text{ [mts]}}{25,5075 \text{ [mts]}} \times 100 \%$$

$$MD = 105,86 \%$$

$h_{des} > 0$ y $MD > 60\%$, esto implica que no hay obstrucción por cumbre y el Margen de despeje es mayor al 100%, lo cual implica que el enlace es perfecto.

- **TRAMO CERRO ZAPALLO-BALAO TORRE**

Datos:

$$h_1 = 220 \text{ [mts].}$$

$$h_2 = 665 \text{ [mts].}$$

$$h_c = 240 \text{ [mts].}$$

$$d_1 = 2 \text{ [Km]}$$

$$d_2 = 17,5 \text{ [km].}$$

$$d = 19,5 \text{ [km].}$$

$$a = 6.378,137 \text{ [Km].}$$

$$K = 4/3.$$

$$F_1 = 36,6773 \text{ [mts]}$$

Solución:

Utilizando la **Ecuación 3.3** se tiene:

$$h_{desp} = \left(220 \text{ [mts]} + \frac{(665 \text{ [mts]} - 220 \text{ [mts]}) d_1 \text{ [km]}}{19,5 \text{ [km]}} - 240 \text{ [mts]} - \frac{2 \text{ [km]} 17,5 \text{ [km]}}{2(4/3)(6.378,137) \text{ [km]}} \times \frac{1000 \text{ [mts]}}{1 \text{ [km]}} \right) \text{ [mts]}$$

$$h_{desp} = 36,68 \text{ [mts]}$$

Utilizando la **Ecuación 3.4** para calcular el Margen de despeje se tiene:

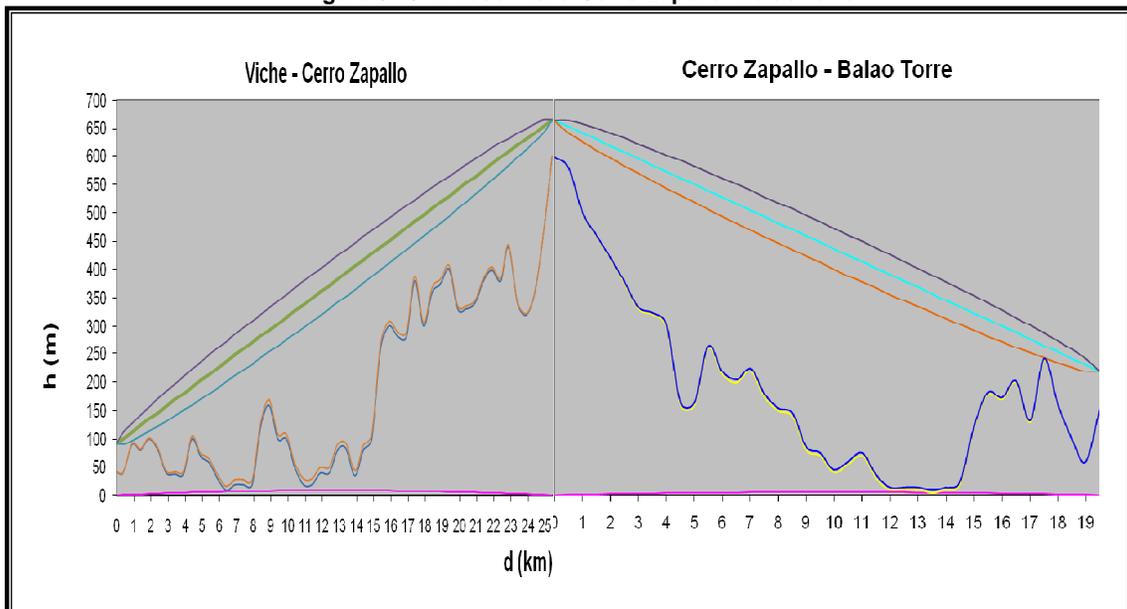
$$MD = \frac{36,68 \text{ [mts]}}{36,673 \text{ [mts]}} \times 100 \%$$

$$MD = 100 \%$$

$h_{des} > 0$ y $MD > 60\%$, esto implica que no hay obstrucción por cumbre y el Margen de despeje es igual al 100%, lo cual implica que el enlace es perfecto.

RESUMEN DEL ENLACE VICHE-CERRO ZAPALLO-BALAO TORRE

Figura 3.29 Enlace Viche-Cerro Zapallo- Balao torre



PÉRDIDAS POR TRAYECTORIA DE ESPACIO LIBRE:

Ecuación a aplicar:

$$L_p = (32,45 + 20 \log f \text{ [MHz]} + 20 \log d \text{ [Km]}) \text{ [dB]}$$

Ecuación 3.20

Donde:

L_p = Pérdida por espacio libre [dB].

f = frecuencia a utilizar [MHz].

d = distancia entre transmisor y receptor [Km].

TRAMO VICHE-CERRO ZAPALLO

Datos:

$f = 400$ [MHz].

$d = 25,4$ [Km].

Solución:

$$L_p = (32,45 + 20 \log 400 \text{ [MHz]} + 20 \log 25,4 \text{ [Km]}) \text{ [dB]}$$

$$L_p = 112,54 \text{ [dB]}$$

TRAMO CERRO ZAPALLO-BALAO TORRE

Datos:

$f = 400$ [MHz].

$d = 19,5$ [Km].

Solución:

$$L_p = (32,45 + 20 \log 400 [MHz] + 20 \log 19,5 [Km]) [dB]$$

$$L_p = 110,24 [dB]$$

TOTAL PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE

$$L_p = (110,24 + 112,54) dB$$

$$L_p = 222,782 dB$$

LAS PÉRDIDAS EN EL CABLE COAXIAL SON:

Como línea de transmisión se escogió el cable coaxial Heliax LDF4-50A, fabricado por ANDREW, el cual es apropiado para transmisión en el rango de frecuencias de 150-6000 MHz. Este tiene pérdidas de 4,96 dB/100m.

La cantidad de cable necesaria es:

| TRAMOS | DISTANCIA |
|---|--------------|
| Antena de transmisión -cuarto de equipos- equipo transmisor | 53 m |
| Antena de recepción- cuarto de equipos- equipo receptor | 68 m |
| Back to back de antenas | 2 m |
| TOTAL | 123 m |

Por regla de tres se tiene que las pérdidas son:

$$L_f = 6,1dB$$

MARGEN DE DESVANECIMIENTO:**Ecuación a usar:**

La ecuación a usar es la **Ecuación 3.8:**

$$FM = (30 \log d [Km] + 10 \log (6 A B f [GHz])) - 10 \log (1 - R) - 70) [dB]$$

Ecuación 3.21

Donde:

| | |
|-----------------------|--|
| FM | = margen de desvanecimiento (dB) |
| 30 log (d) | = efecto de trayectoria múltiple |
| d | = distancia entre los sitios a establecer el enlace [Km] |
| 10 log (6ABf)= | sensibilidad del terreno |
| f | = frecuencia de operación [GHz] |
| A | = factor geográfico o de aspereza |
| 4 | = sobre agua o un terreno muy liso |
| 1 | = sobre terreno promedio |
| 0.25 | = sobre un terreno muy áspero y montañoso |
| B | = factor climático |
| 0.5 | = para áreas cálidas o húmedas |
| 0.25 | = para áreas continentales promedio |
| 0.125 | = para áreas muy secas o montañosas |
| 10 log (1-R) | = objetivos de confiabilidad |
| R | = confiabilidad en decimales |
| 1-R | = objetivo de confianza. |

Datos:

$$d = (25,4+19,5) \text{ Km} = 44.9 \text{ km}$$

$$A = 2$$

$$B = \frac{1}{4}$$

$$f = 0,4 \text{ GHz}$$

$$R = 0,9999$$

Solución:

$$FM = 30\log(44,9) + 10\log\left(6(2)\left(\frac{1}{4}\right)(0,4)\right) - 10\log(1 - 0,9999) - 70$$

$$FM = 20,36 \text{ dB}$$

UMBRAL DEL RECEPTOR:

Considerando valores típicos entre -99 y -101 dBm, de los equipos existentes en el mercado, y la distancia a la que se desea transmitir los datos, se estima un umbral de recepción (sensibilidad) de:

$$S = -101 \text{ dBm}$$

POTENCIA DEL RECEPTOR:

Partiendo de la **Ecuación 3.7**, que se indica a continuación:

$$FM = (P_{RX} [\text{dBm}] - S [\text{dBm}]) [\text{dB}]$$

Ecuación 3.22

Donde:

| | |
|-----------------|----------------------------------|
| FM | = Margen de desvanecimiento [dB] |
| P _{RX} | = Potencia de recepción [dBm] |
| S | = Umbral o Sensibilidad [dBm] |

Y Despejando P_{RX} se tiene:

$$P_{RX} [\text{dBm}] = (FM [\text{dB}] + S [\text{dBm}])$$

$$P_{RX} = 20,36 \text{ dB} - 101 \text{ dBm}$$

$$P_{RX} = -80,64 \text{ dBm}$$

POTENCIA DE TRANSMISIÓN Y GANANCIA DE ANTENAS:

$$L_T = L_p + L_f$$

Donde:

| | |
|-------|-----------------------------------|
| L_T | = Pérdidas totales [dB]. |
| L_p | = Pérdidas por espacio libre [dB] |
| L_f | = Pérdidas por cable coaxial [dB] |

$$L_T = (6,1 + 222,782) dB$$

$$L_T = 228,882 dB$$

$$P_{TX} + G_A = -P_{RX} + L_T$$

Donde:

| | |
|----------|---------------------------------|
| G_A | = Ganancia de antenas [dBi] |
| P_{RX} | = Potencia de recepción [dBm] |
| P_{TX} | = Potencia de transmisión [dBm] |
| L_T | = Pérdidas totales [dB] |

$$P_{TX} + G_A = -80,64 dBm + 228,882 dB$$

$$P_{TX} + G_A = 148,24 dBm$$

Para la frecuencia de 400 MHz la antena de mayor ganancia que se tiene de acuerdo a catálogos de Andrew y Radiatel es de 22,2 dBi, la misma que tiene 4m de diámetro, con lo que se obtiene los siguientes valores:

$$G_A = G_{TX} [dBi] + G_{RX} [dBi] + 2G_B [dBi]$$

Donde:

| | |
|----------|---|
| G_A | = Ganancia de Antenas [dBi] |
| G_{RX} | = Ganancia de Antena de transmisión [dBi] |
| G_{TX} | = Ganancia de Antenas de recepción [dBi] |
| G_B | = Ganancia de Antenas del back to back [dBi]. |

$$G_A = 4(22,2) \text{ dBi}$$

$$G_A = 88,8 \text{ dBi}$$

$$P_{TX} = 148,24 \text{ dBm} - 88,8 \text{ dBi}$$

$$P_{TX} = 59,44 \text{ dBm}$$

De acuerdo a equipos disponibles en el mercado se ha encontrado valores mínimos para potencia de transmisión equivalentes a 21 dBm y máximos de 35 dBm, por lo que si se toma en cuenta este último valor se debe obtener la potencia de recepción que se tendría.

Utilizando la **Ecuación 3.9**:

$$P_{Rx} = (P_{Tx} [\text{dBm}] + G_A [\text{dB}] - L_p [\text{dB}] - L_f [\text{dB}] - L_s [\text{dB}]) [\text{dBm}]$$

Donde:

| | |
|----------|--|
| P_{RX} | = Potencia de recepción [dBm]. |
| P_{TX} | = Potencia de transmisión [dBm]. |
| G_A | = Ganancia de antenas T_x y R_x [dB]. |
| L_p | = Pérdidas por espacio libre [dB]. |
| L_f | = Pérdidas por cable coaxial [dB]. |
| L_s | = Pérdidas por atenuación de sombra debido a cumbre. [dB]. |

Resolviendo esta ecuación se tiene:

$$P_{Rx} = 35 \text{ dBm} + 88,8 \text{ dBi} - 6,1 \text{ dB} - 222,782 \text{ dB}$$

$$P_{Rx} = -105,082 \text{ dBm}$$

Con lo que se descarta este enlace por cuanto no es posible ya que el valor máximo de umbral de recepción es -101 dBm.

3.2.4 CONSIDERACIÓN 4: Enlace Válvula No 10 VICHE- CERRO ATACAZO

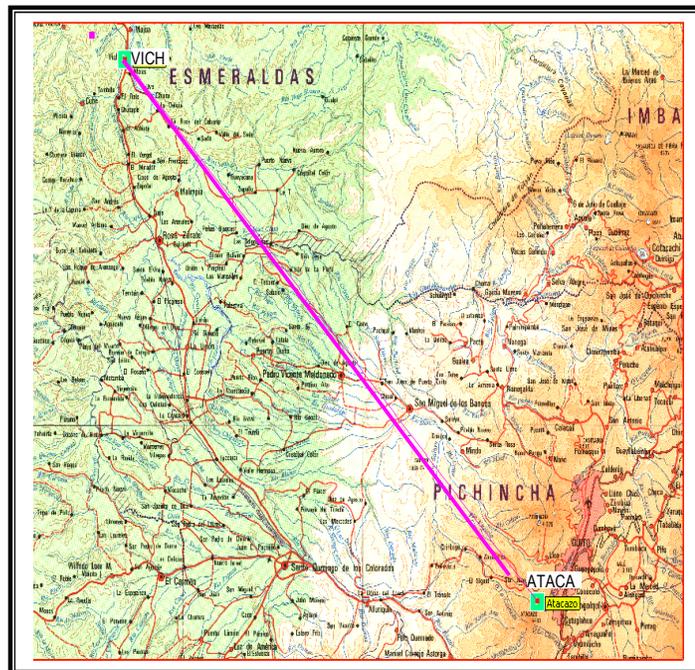
COORDENADAS

Válvula No10 VICHE: Latitud: 00° 39' 30" N
 Longitud: 79° 32' 40" W
 Altura: 42 m MNM.

Cerro Atacazo : Latitud: 00° 18' 52" S
 Longitud: 78° 36' 14" W
 Altura: 3880 m MNM.

ASPECTOS FÍSICOS DE LA ZONA

Figura 3.30 Mapa de la Zona (Enlace Viche-Atacazo)



El Atacazo se localiza aproximadamente 30 km al suroeste del centro de Quito y 30 km al sur del volcán Pichincha. Actualmente, la región sur de la ciudad de

Quito alcanza y se extiende hacia las faldas del Atacazo. En las quebradas y zonas de difícil acceso todavía se encuentra vegetación natural remanente, que corresponde al bosque y matorral altoandinos. Sobre los 3.500 mts de altitud existen páramos de pajonal, también alterados, donde se mantiene ganado de lidia, mientras que en las faldas hay cultivos (papa y maíz principalmente) y pastos para ganado. Además, el agua de las cuencas hídricas se canaliza para consumo de la población de Quito.

El Atacazo presenta dos zonas de vida que son: el bosque húmedo Montano presente en la zona baja. Y el bosque muy húmedo Montano representado por pajonales. Posee una temperatura media anual de 11.9° C. Invierno: Noviembre-Febrero y Verano: Marzo-Octubre

En Esmeraldas existen dos climas definidos "tropical monzón", con una temperatura promedio de 21 °C. y "tropical húmedo", en las cuencas centrales y costa externa septentrional, cuya temperatura promedio es de 25 °C. Esta provincia septentrional se sitúa en tierras bajas, en donde las mayores altitudes no sobrepasan los 600 m.n.m; está atravesada por varias estribaciones que son prolongaciones de la cordillera occidental de los Andes; al este se encuentran las cordilleras de Cayapas y Toisán; y al oeste las montañas de Muisne, Atacames y Cojimíes Desde Balao hacia Viche el terreno es alto e irregular.

RESULTADO DEL LEVANTAMIENTO DE PERFIL

Para el diseño del enlace se tienen las siguientes especificaciones:

Frecuencia de trabajo: 400 MHz.

Distancia: 150,20 Km.

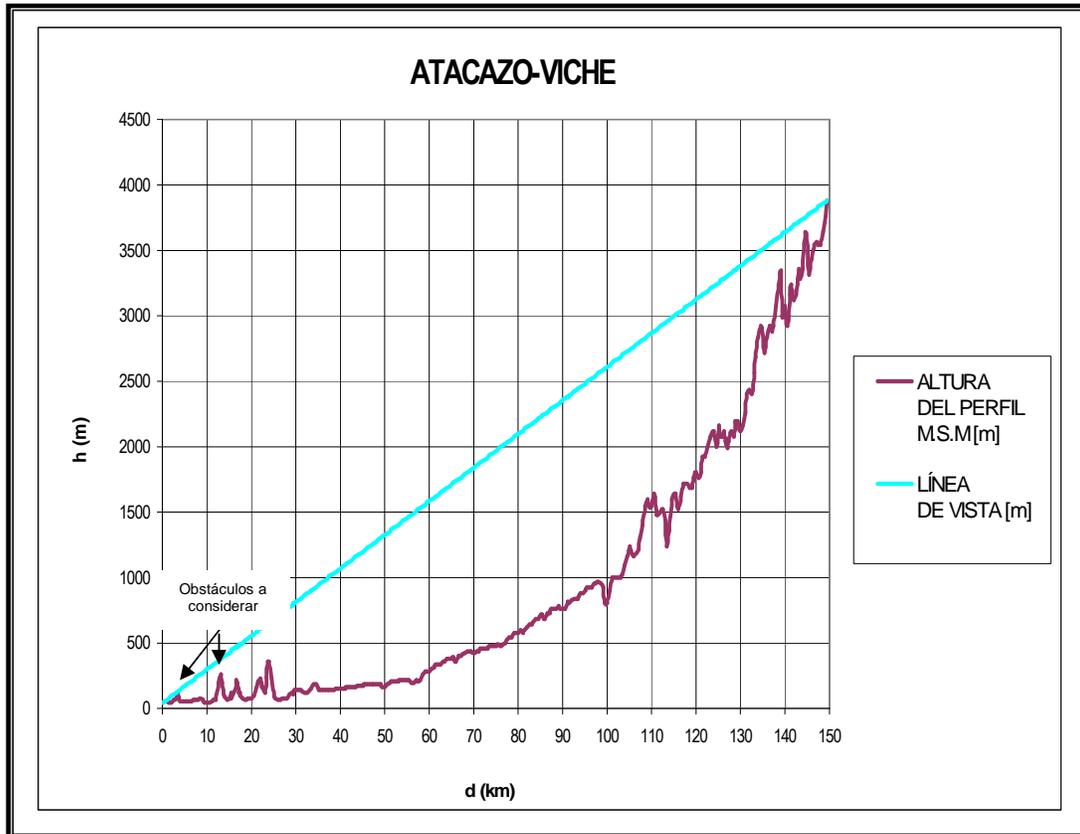
Factor de corrección curvatura terrestre: 1.33.

Altura Transmisor: 42 m

Altura Receptor: 3880 m

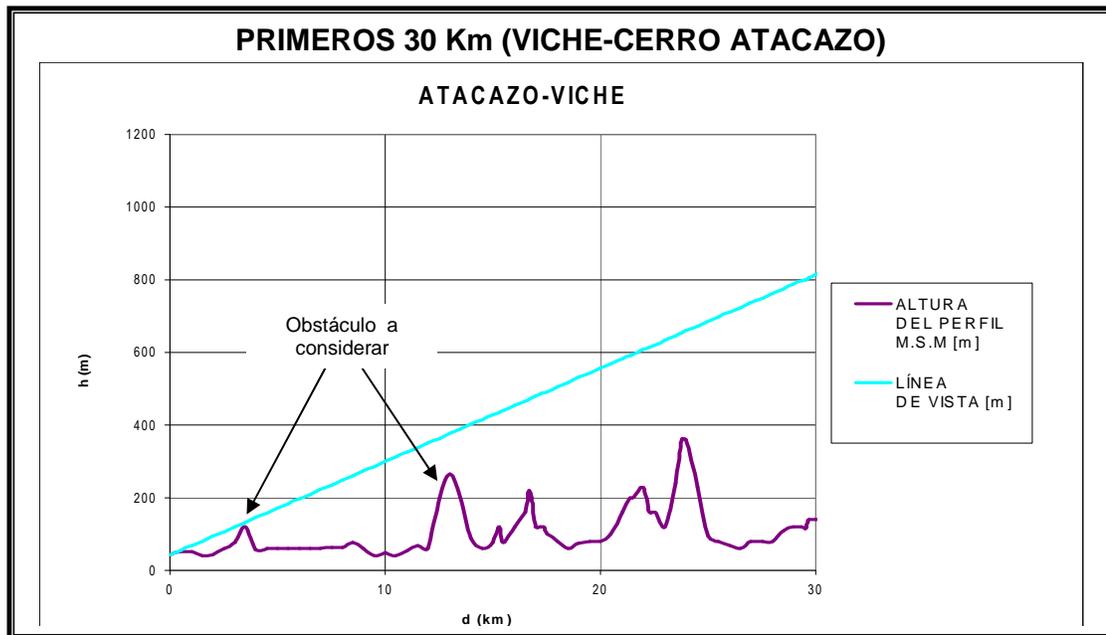
En el Anexo 8 columnas 1 y 4 se puede observar los datos tomados de los mapas sin considerar la curvatura de la tierra.

Figura 3.31 Representación en Excel del perfil topográfico del enlace Viche-Atacazo.



Sin considerar el valor por curvatura de la tierra en el detalle del perfil se observa que los obstáculos más evidentes se hallan a 3,5 y 13 km de Viche.

Figura 3.32 Representación en Excel del perfil topográfico del enlace Viche-Atacazo.



CÁLCULO DE LA CURVATURA DE LA TIERRA

A continuación se calcula este parámetro para los dos obstáculos existentes, ya que de este valor depende el cálculo de las alturas a las que se debe colocar las antenas:

En el Anexo 8 columna 9 se puede observar los valores de las alturas corregidas considerando el factor de curvatura de la tierra para cada distancia en la que se tomaron los datos.

Ecuación a aplicar:

La ecuación a aplicar es la siguiente:

$$C = \frac{d_1 [Km] \times d_2 [Km]}{2K a [Km]} \times \frac{1000 [m]}{1 [Km]} [mts]$$

Ecuación 3.23

Donde:

- a: Radio de la tierra y equivale a 6.378,137 [Km].
- K: Factor de corrección de curvatura terrestre equivalente a 4/3.
- d1: Distancia desde un sitio cercano hasta donde está el obstáculo o altura considerada [Km].
- d2: Distancia total menos d1 [Km].

▪ **PRIMER OBSTÁCULO A 3,5 Km**

Considerando el obstáculo que se halla a 3,5 km de Viche, se determina cuál es el valor por abultamiento, aplicando la *Ecuación 3.1*, con lo cual se tiene:

Datos:

- d1 = 3,5 [Km].
- d2 = 146,7 [Km].

Solución:

$$C = \frac{3,5 [Km] \times 146,70 [Km]}{2 (4/3) 6.378,137 [Km]} \times \frac{1000 [mts]}{1 [Km]} [mts]$$

$$C = 30,1881 mts$$

▪ **SEGUNDO OBSTÁCULO A 13 Km**

Considerando el obstáculo que se halla a 13 km de Viche, se determina cuál es el por abultamiento, aplicando la *Ecuación 3.1*, con lo cual se tiene:

Datos:

$$d1 = 13 \text{ [Km].}$$

$$d2 = 137,2 \text{ [Km].}$$

Solución:

$$C = \frac{13 \text{ [Km]} \times 137,20 \text{ [Km]}}{2^{(4/3)} \cdot 6,378,137 \text{ [Km]}} \times \frac{1000 \text{ [mts]}}{1 \text{ [Km]}} \text{ [mts]}$$

$$C = 104,866 \text{ mts}$$

ZONAS DE FRESNEL

A continuación se calcula este parámetro para los dos obstáculos existentes ya que de igual manera que en el cálculo del abultamiento, de este valor depende el cálculo de las alturas a las que deberían ser colocadas las antenas:

Ecuación a aplicar:

La ecuación a aplicar es la siguiente:

$$F_1 = 547,533066 \sqrt{\frac{d_1 \text{ [Km]} \cdot d_2 \text{ [Km]}}{d \text{ [Km]} \cdot f \text{ [MHz]}}} \text{ [mts]}$$

Ecuación 3.24

Donde:

F_1 = Radio de la primera zona de Fresnel. [mts]

f = frecuencia en [MHz].

$d1$ = distancia desde la antena de transmisión hasta el obstáculo [Km].

$d2$ = distancia desde el obstáculo en la trayectoria hasta la antena de recepción [Km].

d = $d1 + d2$ [Km]

▪ **PRIMER OBSTÁCULO A 3,5 Km**

Considerando el obstáculo que se halla a 3,5 km de Viche, se determina cuál es el valor del radio de la primera zona de Fresnel (F_1), aplicando la Ecuación 3.2, con lo cual se tiene:

Datos:

$$\begin{aligned} d1 &= 3,5 \quad [\text{Km}]. \\ d2 &= 146,70 \quad [\text{Km}]. \\ f &= 400 \quad [\text{MHz}]. \\ d &= 150,2 \quad [\text{Km}]. \end{aligned}$$

Solución:

$$F_1 = 547,533066 \sqrt{\frac{(3,5 [\text{Km}])(146,7 [\text{Km}])}{(150,2 [\text{Km}]) (400 [\text{MHz}])}} \quad [\text{mts}]$$

$$F_1 = 50,617 \quad [\text{mts}]$$

▪ **SEGUNDO OBSTÁCULO A 13 Km**

Considerando el obstáculo que se halla a 13 km de Viche, se determina cuál es el valor del radio de la primera zona de Fresnel (F_1), aplicando la Ecuación 3.2, con lo cual se tiene:

Datos:

$$\begin{aligned} d1 &= 13 \quad [\text{Km}]. \\ d2 &= 137,2 \quad [\text{Km}]. \\ f &= 400 \quad [\text{MHz}]. \\ d &= 150,2 \quad [\text{Km}]. \end{aligned}$$

Solución:

$$F_1 = 547,533066 \sqrt{\frac{(13 [\text{Km}])(137,20 [\text{Km}])}{(150,2 [\text{Km}]) (400 [\text{MHz}])}} \quad [\text{mts}]$$

$$F_1 = 94,3396 \text{ [mts]}$$

CÁLCULO DE LA ALTURA A LA QUE SE COLOCARÁ LAS ANTENAS.

A continuación se calcula este parámetro para los dos obstáculos existentes, ya que se pretende determinar cual de los dos obstáculos genera mayor altura para colocar las antenas:

Ecuación a aplicar:

La ecuación a aplicar es la siguiente:

$$h_b \geq \left((h_c \text{ [mts]} + F_1 \text{ [mts]} + c \text{ [mts]}) \frac{d \text{ [km]}}{d_1 \text{ [km]}} + (H_1 \text{ [mts]} + h_a \text{ [mts]}) \left(1 - \frac{d \text{ [km]}}{d_1 \text{ [km]}} \right) - H_2 \text{ [mts]} \right) \text{ [mts]}$$

Ecuación 3.25

Donde:

| | |
|--------------|---|
| $h_1 =$ | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo más la altura de la antena en la estación A [mts]. |
| $h_2 =$ | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto más la altura de la antena en la estación B [mts]. |
| $h_a =$ | Altura de la antena en la estación A [mts]. |
| $h_b =$ | Altura de la antena en la estación B [mts]. |
| $H_1 =$ | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo [mts]. |
| $H_2 =$ | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto [mts]. |
| $h_c =$ | Altura de la cumbre u obstáculo [mts]. |
| $d_1, d_2 =$ | Son las longitudes desde las estaciones A y B hasta el obstáculo. $d_1 < d_2$ [km]. |
| $d =$ | Distancia entre las estaciones A y B [km]. |
| $a =$ | Radio de la tierra y equivale a 6.378,137 [Km]. |
| $K =$ | Factor de corrección de curvatura terrestre equivalente a 4/3. |
| $F_1 =$ | Radio de la primera Zona de Fresnel [mts]. |
| $c =$ | Abultamiento de la tierra sobre el obstáculo [mts]. |

Las columnas comparadas para determinar obstáculos son **LÍNEA DE VISTA Y PERFIL CORREGIDO CON K=4/3**, siendo que los valores de perfil corregido deben ser menores que los indicados en la columna de línea de vista para que no haya obstrucción (Ver TABLA 3.8).

Tabla 3.8 Distancias a las que se presentan obstáculos

| ATACAZO- VICHE 150.200 kms | | | | | | |
|----------------------------|---------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|--------------------------------------|
| Frec. MHz | 400 | | | | h punto 1 | 42 |
| Lamda | 0.750 | | | | h punto2 | 3880 |
| Pendiente T | 25.5526 | | | | h Ant 1 | 0 |
| Dist. en Km. | 150.2 | | | | h Ant 2 | 0 |
| Div. Dist | 0.5 | | | | | |
| D1 [Km] | D2[Km] | ABULTAMIENTO CON K = 4/3 [m] | ALTURA DEL PERFIL M.S.M [m] | LÍNEA DE VISTA [m] | 60% DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL | PERFIL CORREGIDO CON k=4/3 [m] |
| 0 | 150.2 | 0.000 | 42 | 42.000 | 0.000 | 42.000 |
| 0.5 | 149.7 | 4.401 | 50 | 54.776 | 11.596 | 54.401 |
| 1 | 149.2 | 8.772 | 51 | 67.553 | 16.371 | 59.772 |
| 1.5 | 148.7 | 13.114 | 40 | 80.329 | 20.017 | 53.114 |
| 2 | 148.2 | 17.427 | 43 | 93.105 | 23.075 | 60.427 |
| 2.5 | 147.7 | 21.710 | 60 | 105.881 | 25.755 | 81.710 |
| 3 | 147.2 | 25.964 | 78 | 118.658 | 28.165 | 103.964 |
| 3.5 | 146.7 | 30.188 | 120 | 131.434 | 30.370 | 150.188 |
| 4 | 146.2 | 34.383 | 58 | 144.210 | 32.412 | 92.383 |
| 4.5 | 145.7 | 38.549 | 59 | 156.987 | 34.319 | 97.549 |
| 5 | 145.2 | 42.685 | 59 | 169.763 | 36.113 | 101.685 |
| 5.5 | 144.7 | 46.792 | 59 | 182.539 | 37.810 | 105.792 |
| 6 | 144.2 | 50.869 | 59 | 195.316 | 39.423 | 109.869 |
| 6.5 | 143.7 | 54.917 | 59 | 208.092 | 40.962 | 113.917 |
| 7 | 143.2 | 58.936 | 61 | 220.868 | 42.434 | 119.936 |
| 7.5 | 142.7 | 62.925 | 62 | 233.644 | 43.847 | 124.925 |
| 8 | 142.2 | 66.885 | 62 | 246.421 | 45.206 | 128.885 |
| 8.5 | 141.7 | 70.815 | 77 | 259.197 | 46.515 | 147.815 |
| 9 | 141.2 | 74.716 | 60 | 271.973 | 47.779 | 134.716 |
| 9.5 | 140.7 | 78.588 | 40 | 284.750 | 49.001 | 118.588 |
| 10 | 140.2 | 82.430 | 48 | 297.526 | 50.185 | 130.430 |
| 10.5 | 139.7 | 86.243 | 40 | 310.302 | 51.332 | 126.243 |
| 11 | 139.2 | 90.026 | 54 | 323.079 | 52.446 | 144.026 |
| 11.5 | 138.7 | 93.780 | 70 | 335.855 | 53.528 | 163.780 |
| 12 | 138.2 | 97.505 | 60 | 348.631 | 54.581 | 157.505 |
| 12.5 | 137.7 | 101.200 | 200 | 361.407 | 55.606 | 301.200 |
| 13 | 137.2 | 104.866 | 265 | 374.184 | 56.604 | 369.866 |
| 13.5 | 136.7 | 108.502 | 200 | 386.960 | 57.577 | 308.502 |

▪ **PRIMER OBSTÁCULO A 3,5 Km**

Considerando el obstáculo que se halla a 3,5 km de Viche, se determina cuál es la altura a la que se debería colocar las antenas para garantizar el enlace. Aplicando la *Ecuación 3.5* se tiene:

Datos:

| | |
|---------|---|
| $h_c =$ | 120 [mts]. (Ver este valor en la <i>TABLA 3.8</i> columna <i>ALTURA DEL PERFIL</i>). |
| $H_1 =$ | 42 mts]. |
| $H_2 =$ | 3880 [mts]. |
| $d_1 =$ | 3,5 [Km]. |
| $d_2 =$ | 146,70 [km]. |
| $d =$ | 150,2 [km]. |
| $F_1 =$ | 50,617 [mts]. |
| $c =$ | 30,1881 [mts]. |

Solución:

$$h_b \geq \left((120 \text{ [mts]} + 50,617 \text{ [mts]} + 30,1881 \text{ [mts]}) \frac{150,2 \text{ [km]}}{3,5 \text{ [km]}} + (42 \text{ [mts]} + h_a \text{ [mts]}) \left(1 - \frac{150,2 \text{ [km]}}{3,5 \text{ [km]}} \right) - 3880 \text{ [mts]} \right)$$

Utilizando Excel se tiene los siguientes valores de alturas:

Tabla 3.9 Cálculo de altura de torres a las que se debe poner la antena para el enlace Viche-Atacazo.

| ha | hb |
|------|-------------|
| 10 | 1914.150291 |
| 30 | 1075.864577 |
| 50 | 237.5788629 |
| 53 | 111.8360057 |
| 53.5 | 90.87886286 |
| 54 | 69.92172 |
| 54.5 | 48.96457714 |
| 55 | 28.00743429 |
| 55.5 | 7.050291429 |

Considerando este obstáculo, las alturas a las que deberían ser colocadas las antenas son: a 55 mts para la estación A (VICHE) y 28 mts para la estación B (Atacazo)

▪ **SEGUNDO OBSTÁCULO A 13 Km**

Considerando el obstáculo que se halla a 13 km de Viche, se determina cuál es la altura a la que se debería colocar las antenas para garantizar el enlace. Aplicando la *Ecuación 3.5* se tiene:

Datos:

| | |
|---------|---|
| $h_c =$ | 265 [mts] (Ver este valor en la TABLA 3.8 columna ALTURA DEL PERFIL). |
| $H_1 =$ | 42 mts]. |
| $H_2 =$ | 3880 [mts]. |
| $d_1 =$ | 13 [Km]. |
| $d_2 =$ | 137,2 [km]. |
| $d =$ | 150,2 [km]. |
| $F_1 =$ | 94,3396 [mts]. |
| $c =$ | 104,866 [mts]. |

Solución:

$$h_b \geq \left((265[\text{mts}] + 94,3396[\text{mts}] + 2,6252[\text{mts}]) \frac{150,20[\text{km}]}{13[\text{km}]} + (42[\text{mts}] + h_a[\text{mts}]) \left(1 - \frac{150,2[\text{km}]}{13[\text{km}]} \right) - 3880[\text{mts}] \right)$$

Utilizando Excel se tiene los siguientes valores de alturas:

Tabla 3.10 Cálculo de altura de torres a las que se debe poner la antena para el enlace Viche-Atacazo

| ha | hb |
|----|-------------|
| 10 | 530.1754708 |
| 30 | 319.0985477 |
| 50 | 108.0216246 |
| 52 | 86.91393231 |
| 53 | 76.36008615 |
| 54 | 65.80624 |
| 55 | 55.25239385 |
| 56 | 44.69854769 |
| 57 | 34.14470154 |

Considerando este obstáculo, las alturas a las que deberían ser colocadas las antenas son: a 57 mts para la estación A (VICHE) y 35 mts para la estación B (Atacazo).

Como se puede observar, mayores alturas para colocar las antenas las presenta el segundo obstáculo por lo que se recomienda utilizar esta opción.

CÁLCULO DEL VALOR DE DESPEJE (h_{desp})

Ecuación a aplicar:

La ecuación a usar es:

$$h_{desp} = \left(h_1 [mts] + \frac{(h_2 [mts] - h_1 [mts]) d_1 [km]}{d [km]} - h_c [mts] - \frac{d_1 [km] d_2 [km]}{2 K a [km]} \times \frac{1000 [mts]}{1 [km]} \right) [mts]$$

Ecuación 3.26

Donde:

- h_{desp} = Valor de despeje [mts].
- h_1 = Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo más la altura de la antena en la estación A [mts].
- h_2 = Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto más la altura de la antena en la estación B [mts].

| | |
|--------------|---|
| $h_c =$ | Altura de la cumbre u obstáculo [mts]. |
| $d_1, d_2 =$ | Son las longitudes desde las estaciones A y B hasta el obstáculo. $d_1 < d_2$ [km]. |
| $d =$ | Distancia entre las estaciones A y B [km]. |
| $a =$ | Radio de la tierra y equivale a 6.378,137 [Km]. |
| $K =$ | Factor de corrección de curvatura terrestre equivalente a 4/3. |

Margen de despeje (MD%) donde: $h_{des} > 0$ y $MD > 60\%$

Si $h_{des} < 0$ (negativo) ó $MD < 60\%$ hay obstrucción por cumbre u obstáculo

La ecuación a usar es:

$$MD = \frac{h_{desp} \text{ [mts]}}{F_1 \text{ [mts]}} \times 100 \% \quad \text{Ecuación 3.27}$$

Donde:

| | |
|--------------|--|
| $h_{desp} =$ | Valor de despeje [mts]. |
| $F_1 =$ | Radio de la primera zona de Fresnel. [mts] |
| $MD =$ | Margen de despeje [%] |

Solo se considera para el segundo obstáculo ya que es el que mayores efectos causa en el enlace.

Datos:

| | |
|---------|-----------------|
| $h_1 =$ | 99 [mts]. |
| $h_2 =$ | 3915 [mts]. |
| $h_c =$ | 265 [mts]. |
| $d_1 =$ | 13 [Km] |
| $d_2 =$ | 137,20 [km]. |
| $d =$ | 150,20 [km]. |
| $a =$ | 6.378,137 [Km]. |
| $K =$ | 4/3. |
| $F_1 =$ | 94,3396 [mts] |

Solución:

Utilizando la **Ecuación 3.3** se tiene:

$$h_{desp} = \left(99 [mts] + \frac{(3915 [mts] - 99 [mts]) 13 [km]}{150,2 [km]} - 265 [mts] - \frac{13 [km] 137,20 [km]}{2(4/3)(6.378,137) [km]} \times \frac{1000 [mts]}{1 [km]} \right) [mts]$$

$$h_{desp} = 94,41 [mts]$$

Utilizando la **Ecuación 3.4** para calcular el Margen de despeje se tiene:

$$MD = \frac{94,41 [mts]}{94,3396 [mts]} \times 100 \%$$

$$MD = 100,07 \%$$

$h_{des} > 0$ y $MD > 60\%$, esto implica que no hay obstrucción por cumbre y el Margen de despeje es mayor al 100%, lo cual implica que el enlace es perfecto.

En el Anexo 9 se puede observar los valores para este enlace considerando los valores de las alturas calculadas a las que se va a colocar las antenas.

En la **Figura 3.33 y 3.34** se observa el detalle del perfil topográfico del enlace considerando la primera zona de Fresnel y las alturas a las que se deben colocar las antenas.

Figura 3.33 Enlace Viche-Atacazo considerando la altura a la que se debe colocar las antenas

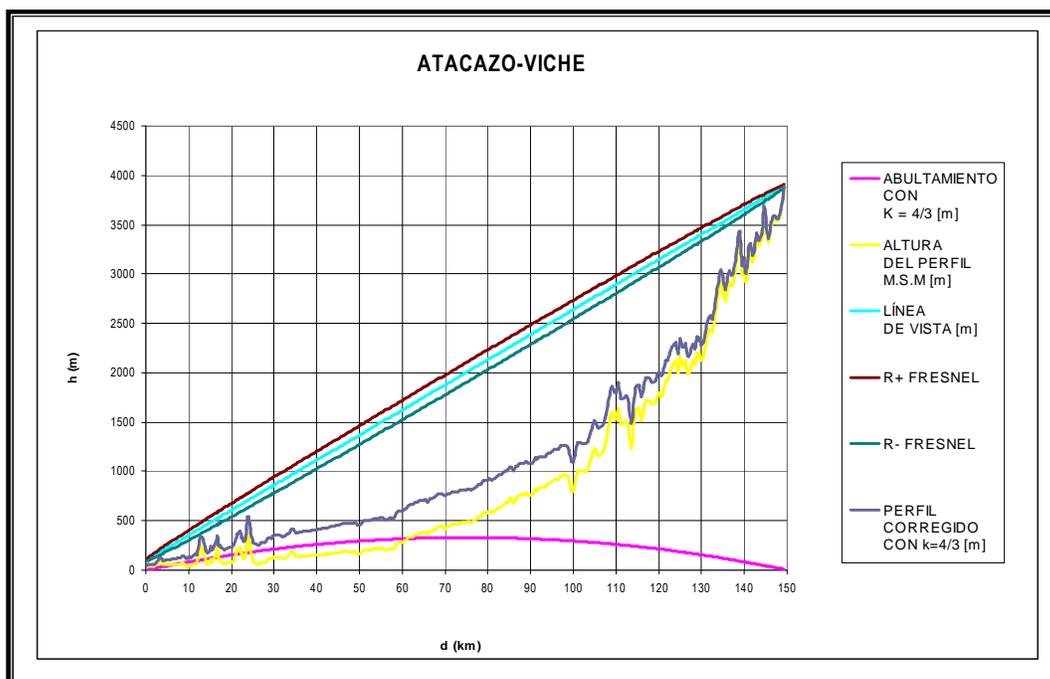
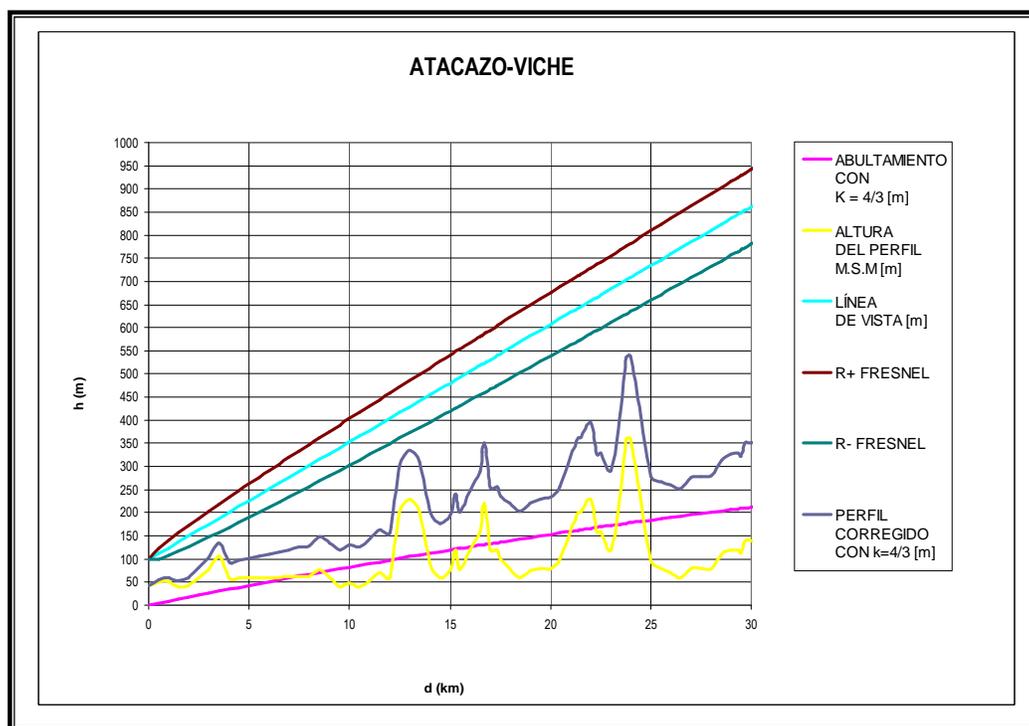


Figura 3.34 Enlace Viche-Atacazo considerando la altura a la que se debe colocar las antenas (Primeros 30 Km)



PÉRDIDAS POR TRAYECTORIA DE ESPACIO LIBRE:

Ecuación a aplicar:

$$L_p = (32,45 + 20 \log f \text{ [MHz]} + 20 \log d \text{ [Km]}) \text{ [dB]}$$

Ecuación 3.28

Donde:

L_p = Pérdida por espacio libre [dB].

f = frecuencia a utilizar [MHz].

d = distancia entre transmisor y receptor [Km].

Datos:

$f = 400$ [MHz].

$d = 150,2$ [Km].

Solución:

$$L_p = (32,4 + 20 \log 400 \text{ (MHz)} + 20 \log 150,2 \text{ (km)}) \text{ [dB]}$$

$$L_p = 127,975 \text{ [dB]}$$

LAS PÉRDIDAS EN EL CABLE COAXIAL SON:

Como línea de transmisión se escogió el cable coaxial Heliac LDF4-50A, fabricado por ANDREW, el cual es apropiado para transmisión en el rango de frecuencias de 150-6000 MHz. Este tiene pérdidas de 4,96 dB/100m.

La cantidad de cable necesaria es:

| TRAMOS | DISTANCIA |
|---|--------------|
| Antena de transmisión -cuarto de equipos- equipo transmisor | 60 m |
| Antena de recepción- cuarto de equipos- equipo receptor | 40 m |
| TOTAL | 100 m |

Por regla de tres se tiene que las pérdidas son:

$$L_f = 4,712\text{dB}$$

MARGEN DE DESVANECIMIENTO:

Ecuación a usar:

La ecuación a usar es la **Ecuación 3.8**:

$$FM = (30 \log d [Km] + 10 \log (6 A B f [GHz]) - 10 \log (1 - R) - 70) [dB]$$

Ecuación 3.29

Donde:

- FM** = margen de desvanecimiento (dB)
- 30 log (d)** = efecto de trayectoria múltiple
d = distancia entre los sitios a establecer el enlace [Km]
- 10 log (6ABf)= sensibilidad del terreno**
f = frecuencia de operación [GHz]
A = factor geográfico o de aspereza
4 = sobre agua o un terreno muy liso
1 = sobre terreno promedio
0.25 = sobre un terreno muy áspero y montañoso
- B** = factor climático
0.5 = para áreas cálidas o húmedas
0.25 = para áreas continentales promedio
0.125 = para áreas muy secas o montañosas
- 10 log (1-R)** = objetivos de confiabilidad
R = confiabilidad en decimales
1-R = objetivo de confianza.

Datos:

$$d = 150,20 \text{ km}$$

$$A = 2$$

$$B = \frac{1}{4}$$

$$f = 0,4 \text{ GHz}$$

$$R = 0,9999$$

Solución:

$$FM = 30 \log(150,20) + 10 \log \left(6(2) \left(\frac{1}{4} \right) (0,4) \right) - 10 \log(1 - 0,9999) - 70$$

$$FM = 36,094 \text{ dB}$$

UMBRAL DEL RECEPTOR:

Considerando valores típicos entre -99 y -101 dBm, de los equipos existentes en el mercado, y la distancia a la que se desea transmitir los datos, se estima un umbral de recepción (sensibilidad) de:

$$S = -100 \text{ dBm}$$

POTENCIA DEL RECEPTOR:

Partiendo de la **Ecuación 3.7**, que se indica a continuación:

$$FM = (P_{RX} [dBm] - S [dBm]) [dB]$$

Ecuación 3.30

Donde:

FM = Margen de desvanecimiento [dB]

P_{RX} = Potencia de recepción [dBm]

S = Umbral o Sensibilidad [dBm]

Y Despejando P_{RX} se tiene:

$$P_{RX} [dBm] = (FM [dB] + S [dBm])$$

$$P_{RX} = 36,094 \text{ dB} - 100 \text{ dBm}$$

$$P_{RX} = -63,906 \text{ dBm}$$

POTENCIA DE TRANSMISIÓN Y GANANCIA DE ANTENAS:

$$L_T = L_p + L_f$$

Donde:

- L_T = Pérdidas totales [dB].
- L_p = Pérdidas por espacio libre [dB].
- L_f = Pérdidas por cable coaxial [dB.]

$$L_T = (4,712 + 127,975) \text{ dB}$$

$$L_T = 132,687 \text{ dB}$$

$$P_{TX} + G_A = -P_{RX} + L_T$$

Donde:

- G_A = Ganancia de antenas [dBi]
- P_{RX} = Potencia de recepción [dBm]
- P_{TX} = Potencia de transmisión [dBm]
- L_T = Pérdidas totales [dB]

$$P_{TX} + G_A = -63,906 \text{ dBm} + 132,687 \text{ dB}$$

$$P_{TX} + G_A = 68,781 \text{ dBm}$$

Debido a la distancia a la que se desea colocar el enlace, se estima utilizar antenas de 4 metros de diámetro y una ganancia de 22,2 dBi, de acuerdo al

catálogo de Andrew, para una frecuencia de 400 MHz, por lo que la potencia de transmisión será:

$$G_A = G_{TX} [\text{dBi}] + G_{RX} [\text{dBi}] + 2G_B [\text{dBi}]$$

Donde:

- G_A = Ganancia de Antenas [dBi]
- G_{RX} = Ganancia de Antena de transmisión [dBi]
- G_{TX} = Ganancia de Antenas de recepción [dBi]

$$G_A = 44,40 \text{ dBi}$$

$$P_{TX} = 68,781 \text{ dBm} - 44,40 \text{ dBi}$$

$$P_{TX} = 24,381 \text{ dBm}$$

CÁLCULO DEL ÁNGULO AZIMUT

The screenshot shows the PathCalc software window with the following data:

| Parameter | VICHE | ATACAZO |
|-------------|----------------------|------------------|
| Path Name | ENLACE VICHE-ATACAZO | |
| Longitude | 0° 39' 30.00" N | 0° 18' 52.00" S |
| Latitude | 79° 32' 40.00" W | 78° 36' 14.00" W |
| Elevation | 42 m | 3880 m |
| Azimuth | 135.77° | 315.77° |
| Path Length | 150.10 km | |

CÁLCULO DEL ÁNGULO DE ELEVACIÓN

$$\phi = \operatorname{Tg}^{-1} \left(\frac{3813}{150,2 \times 10^3} \right) = 1,454207$$

$$\phi = 01^\circ 27' 15.15''$$

PÉRDIDAS Y GANANCIAS DEL ENLACE

| DATOS | | |
|-------------------------------|----------|----------------|
| DISTANCIA VICHE-CERRO ATACAZO | Km | 150,2 |
| FRECUENCIA | MHz | 400 |
| METROS CABLE COAXIAL EN TX | m | 60 |
| METROS CABLE COAXIAL EN RX | m | 35 |
| ATENUACIÓN CABLE COAXIAL | dB/100 m | 4,96 |
| FACTOR GEOGRÁFICO: A | | 2 |
| FACTOR DE CLIMA: B | | 1/4 |
| GANANCIA DEL SISTEMA | | |
| POTENCIA DE TRANSMISIÓN | dBm | 24,381 |
| GANANCIA DE ANTENAS | dBm | 44,4 |
| TOTAL | dBm | 68,781 |
| PÉRDIDAS DEL SISTEMA | | |
| PÉRDIDAS POR CABLE COAXIAL | dB | 4,712 |
| PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE | dB | 127,975 |
| TOTAL | | 132,687 |
| POTENCIA RECIBIDA | dBm | -63,906 |
| MARGEN DE DESVANECIMIENTO | dBm | 36,02 |
| CONFIABILIDAD | % | 99,99 |

3.2.5 CONSIDERACIÓN 5: Enlace Válvula No 10 VICHE- CERRO ATACAZO (Con antena de 26 m en Viche y 30 m en Atacazo)

Esta consideración nace de la curiosidad de querer establecer que sucedería con el enlace y si es posible establecerlo.

En el Anexo 10 se puede observar los valores para este enlace considerando los valores de las alturas a las que se va a colocar las antenas.

En las **Figuras 3.35 y 3.36** se observa los parámetros bajo los cuales trabajaría el enlace.

Figura 3.35 Perfil topográfico del enlace VICHE-ATACAZO considerando alturas indicadas por PETROEQUADOR OLEODUCTO

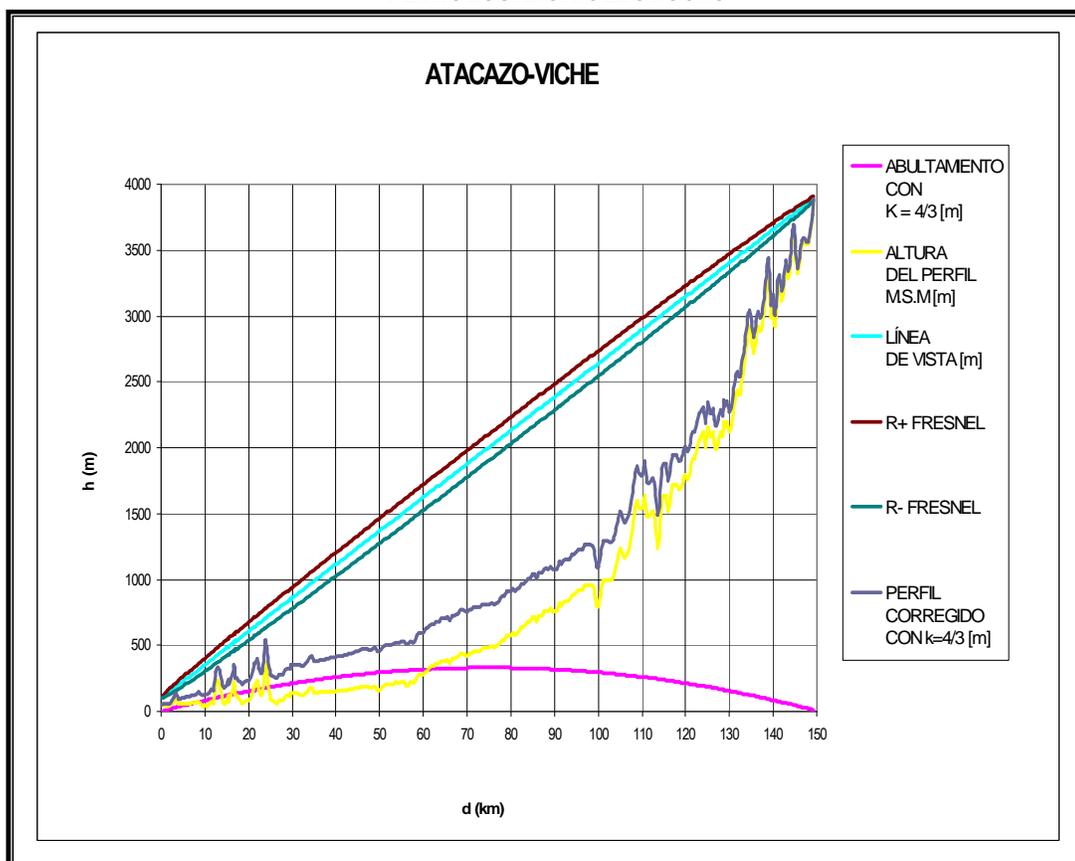
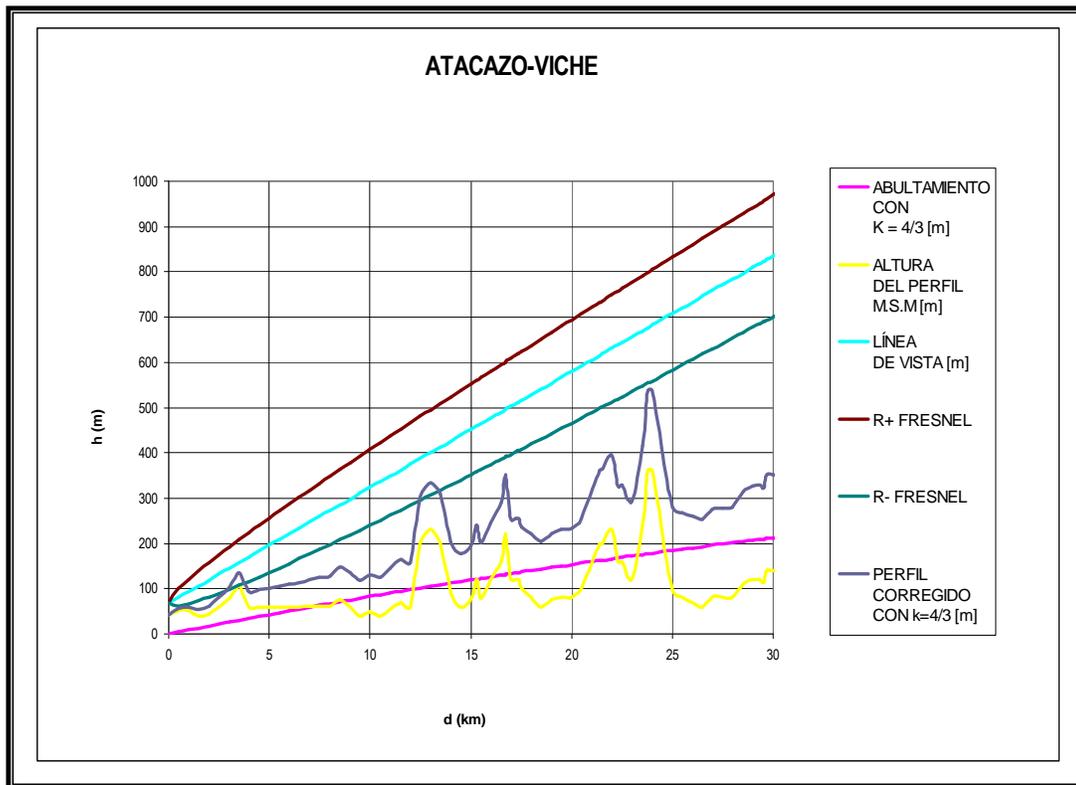


Figura 3.36 Perfil topográfico del enlace VICHE-ATACAZO considerando alturas indicadas por PETROECUADOR OLEODUCTO



CÁLCULO DEL VALOR DE DESPEJE (h_{desp})

Ecuación a aplicar:

La ecuación a usar es:

$$h_{desp} = \left(h_1 [mts] + \frac{(h_2 [mts] - h_1 [mts]) d_1 [km]}{d [km]} - h_c [mts] - \frac{d_1 [km] d_2 [km]}{2Ka [km]} \times \frac{1000 [mts]}{1 [km]} \right) [mts]$$

Ecuación 3.31

Donde:

h_{desp} = Valor de despeje [mts].

| | |
|--------------|---|
| $h_1 =$ | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo más la altura de la antena en la estación A [mts]. |
| $h_2 =$ | Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto más la altura de la antena en la estación B [mts]. |
| $h_c =$ | Altura de la cumbre u obstáculo [mts]. |
| $d_1, d_2 =$ | Son las longitudes desde las estaciones A y B hasta el obstáculo. $d_1 < d_2$ [km]. |
| $d =$ | Distancia entre las estaciones A y B [km]. |
| $a =$ | Radio de la tierra y equivale a 6.378,137 [Km]. |
| $K =$ | Factor de corrección de curvatura terrestre equivalente a 4/3. |

Margen de despeje (MD%) donde: $h_{des} > 0$ y $MD > 60\%$

Si $h_{des} < 0$ (negativo) ó $MD < 60\%$ hay obstrucción por cumbre u obstáculo

La ecuación a usar es:

Ecuación 3.32

Donde:

| | |
|--------------|--|
| $h_{desp} =$ | Valor de despeje [mts]. |
| $F_1 =$ | Radio de la primera zona de Fresnel. [mts] |
| $MD =$ | Margen de despeje [%] |

Solo se considera para el segundo obstáculo ya que es el que mayores efectos causa en el enlace.

- **PRIMER OBSTÁCULO A 3,5 Km**

Datos:

| | |
|---------|-------------|
| $h_1 =$ | 68 [mts]. |
| $h_2 =$ | 3910 [mts]. |
| $h_c =$ | 120 [mts]. |

| | |
|------------------|-----------------|
| d1= | 3,5 [Km] |
| d2 = | 146,7 [km]. |
| d = | 150,20 [km]. |
| a = | 6.378,137 [Km]. |
| K = | 4/3. |
| F ₁ = | 50,617 [mts] |

Solución:

Utilizando la **Ecuación 3.3** se tiene:

$$h_{desp} = \left(68 [mts] + \frac{(3910 [mts] - 68 [mts]) 3,5 [km]}{150,2 [km]} - 120 [mts] - \frac{13 [km] 137,20 [km]}{2(4/3)(6.378,137) [km]} \times \frac{1000 [mts]}{1 [km]} \right) [mts]$$

$$h_{desp} = 7,3392 [mts]$$

Utilizando la **Ecuación 3.4** para calcular el Margen de despeje se tiene:

$$MD = \frac{7,3392 [mts]}{30.1881 [mts]} \times 100 \%$$

$$MD = 24,31 \%$$

El Margen de despeje es menos del 60% por lo que significa que hay obstrucción de la primera zona de Fresnel la misma que es evaluada para determinar que pérdida genera en el enlace y que se verá en el ítem **OBSTRUCCIÓN POR OBSTÁCULO**.

- **SEGUNDO OBSTÁCULO A 13 Km**

Datos:

| | |
|---------|-----------------|
| $h_1 =$ | 68 [mts]. |
| $h_2 =$ | 3910 [mts]. |
| $h_c =$ | 265 [mts]. |
| $d_1 =$ | 13 [Km] |
| $d_2 =$ | 137,20 [km]. |
| $d =$ | 150,20 [km]. |
| $a =$ | 6.378,137 [Km]. |
| $K =$ | 4/3. |
| $F_1 =$ | 94,3396 [mts] |

Solución:

Utilizando la **Ecuación 3.3** se tiene:

$$h_{desp} = \left(68 [mts] + \frac{(3910 [mts] - 68 [mts]) 13 [km]}{150,2 [km]} - 265 [mts] - \frac{13 [km] 137,20 [km]}{2(4/3)(6.378,137) [km]} \times \frac{1000 [mts]}{1 [km]} \right) [mts]$$

$$h_{desp} = 30,6639 [mts]$$

Utilizando la **Ecuación 3.4** para calcular el Margen de despeje se tiene:

$$MD = \frac{30,6639 [mts]}{94,3396 [mts]} \times 100 \%$$

$$MD = 32,50 \%$$

El Margen de despeje es menos del 60% por lo que significa que hay obstrucción de la primera zona de Fresnel la misma que es evaluada para determinar que pérdida genera en el enlace y que se verá en el ítem **OBSTRUCCIÓN POR OBSTÁCULO**.

OBSTRUCCIÓN POR OBSTÁCULO

Para utilizar el siguiente nomograma seguimos los siguientes pasos:

- Cada una de las líneas verticales que conforman el nomograma tienen en la parte inferior un número dentro de un círculo, nos ubicamos en la que tiene el número 2 y 4, en esta parte se deberá colocar las distancias d_1 y d_2 respectivamente, de tal manera que al unir estos puntos se obtiene un valor en 3.
- Luego en 1 colocamos la distancia entre el transmisor y receptor, y unimos con una línea a lo obtenido en 3, dando como resultado un valor en 5 que no es más que un apoyo para seguir utilizando el nomograma.
- En 6 colocamos h_{des} o lo que es lo mismo H (negativo), es negativo por cuanto se halla el obstáculo bajo la línea de vista y es H (positivo) cuando el obstáculo supera la línea de vista.
- De unir 5 y 6 obtenemos un punto de ayuda en 7. Colocamos la frecuencia a la que vamos a trabajar en 8 y unimos 7 y 8, obteniendo en 9 la pérdida que causa el obstáculo.
- Como se observa en 9 se tiene valores tanto a la derecha como a la izquierda de la línea vertical, si hemos trabajado con una H (negativa), la pérdida a ser leída es la que se halla dentro de los valores que se encuentran a la izquierda, caso contrario si H (positiva), será leída a la derecha.

Utilizando el nomograma 3.1 y los siguientes datos que a continuación se presenta, el resultado obtenido es:

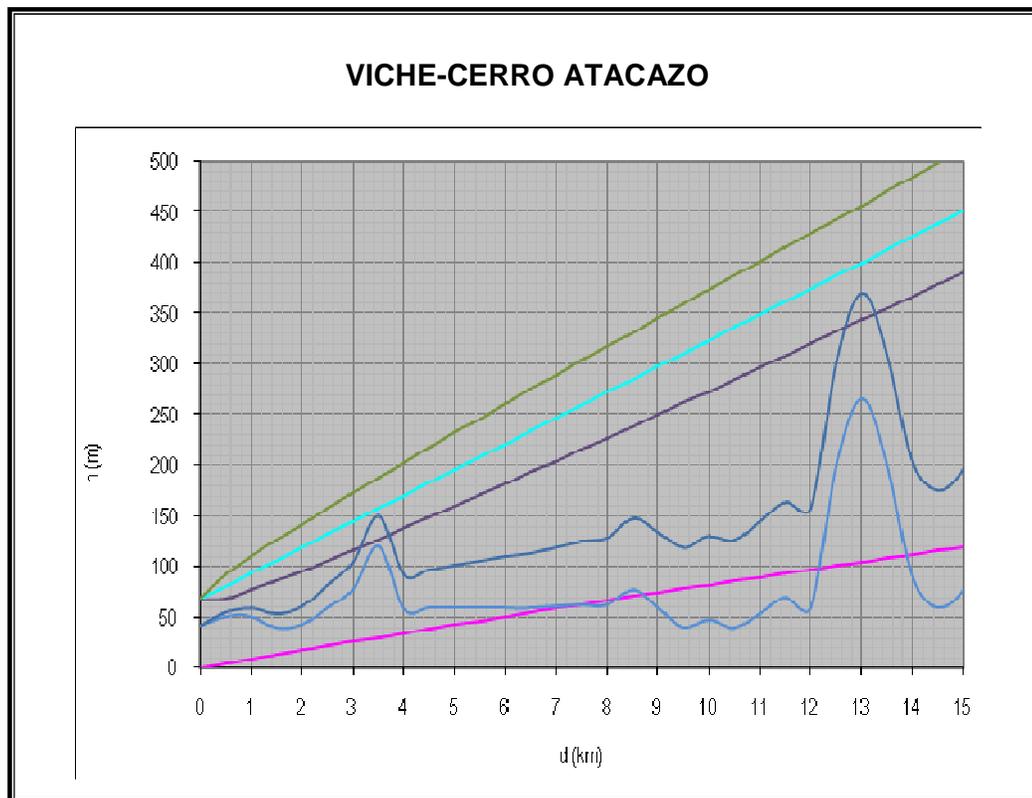
Datos:**OBSTÁCULO A 3,5 Km**

| | | |
|-------------------------------|-----|--------|
| d1 | Km | 3,50 |
| d2 | Km | 146,70 |
| d | Km | 150,20 |
| H (negativa)=h _{des} | m | 7,3392 |
| f | MHz | 400 |

OBSTÁCULO A 13 Km

| | | |
|-------------------------------|-----|---------|
| d1 | Km | 13 |
| d2 | Km | 137,20 |
| d | Km | 150,20 |
| H (negativa)=h _{des} | m | 30,6639 |
| f | MHz | 400 |

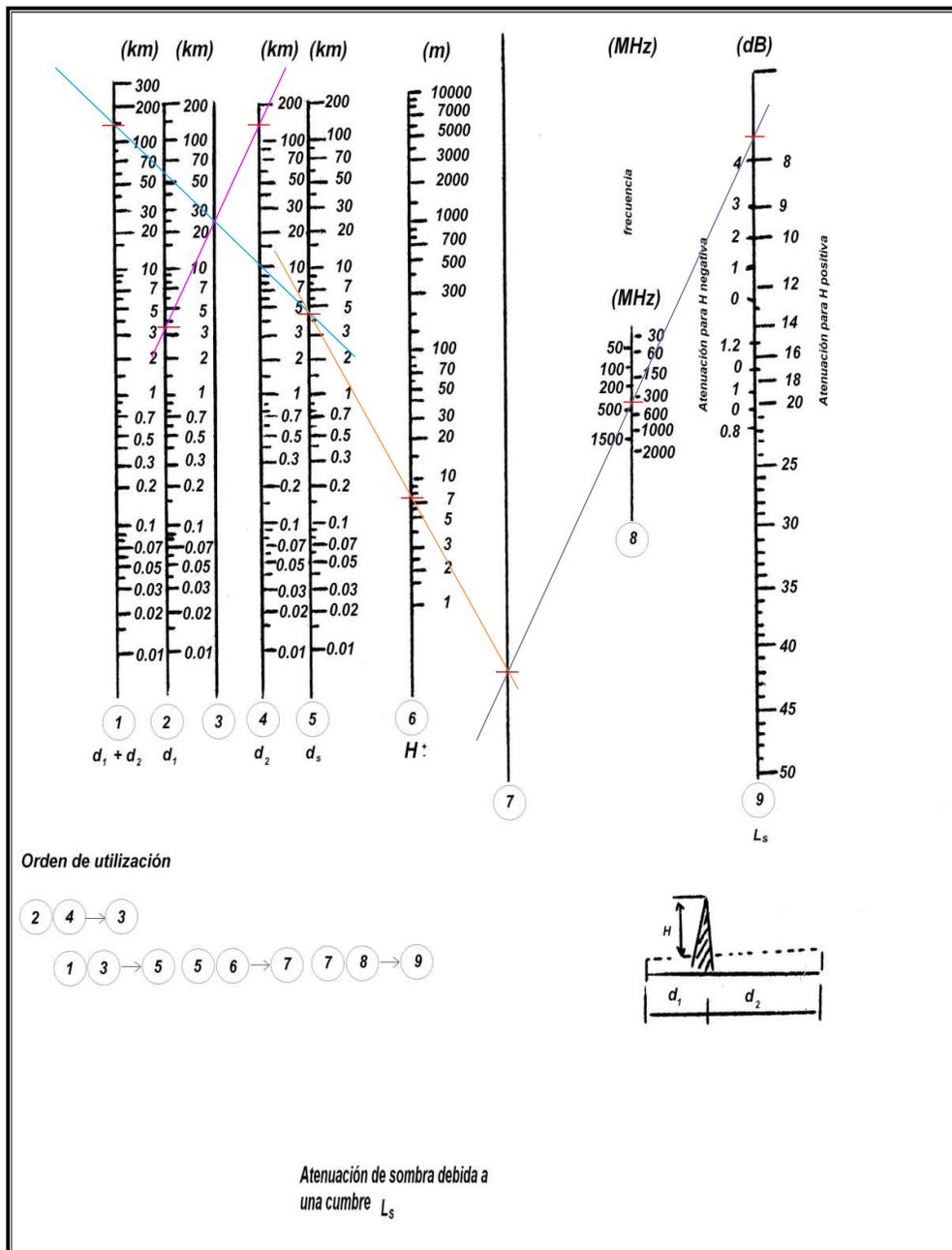
Figura 3.36 Visualización de obstáculos en el perfil del enlace Viche-Atacazo



Solución:

OBSTÁCULO A 3,5 Km

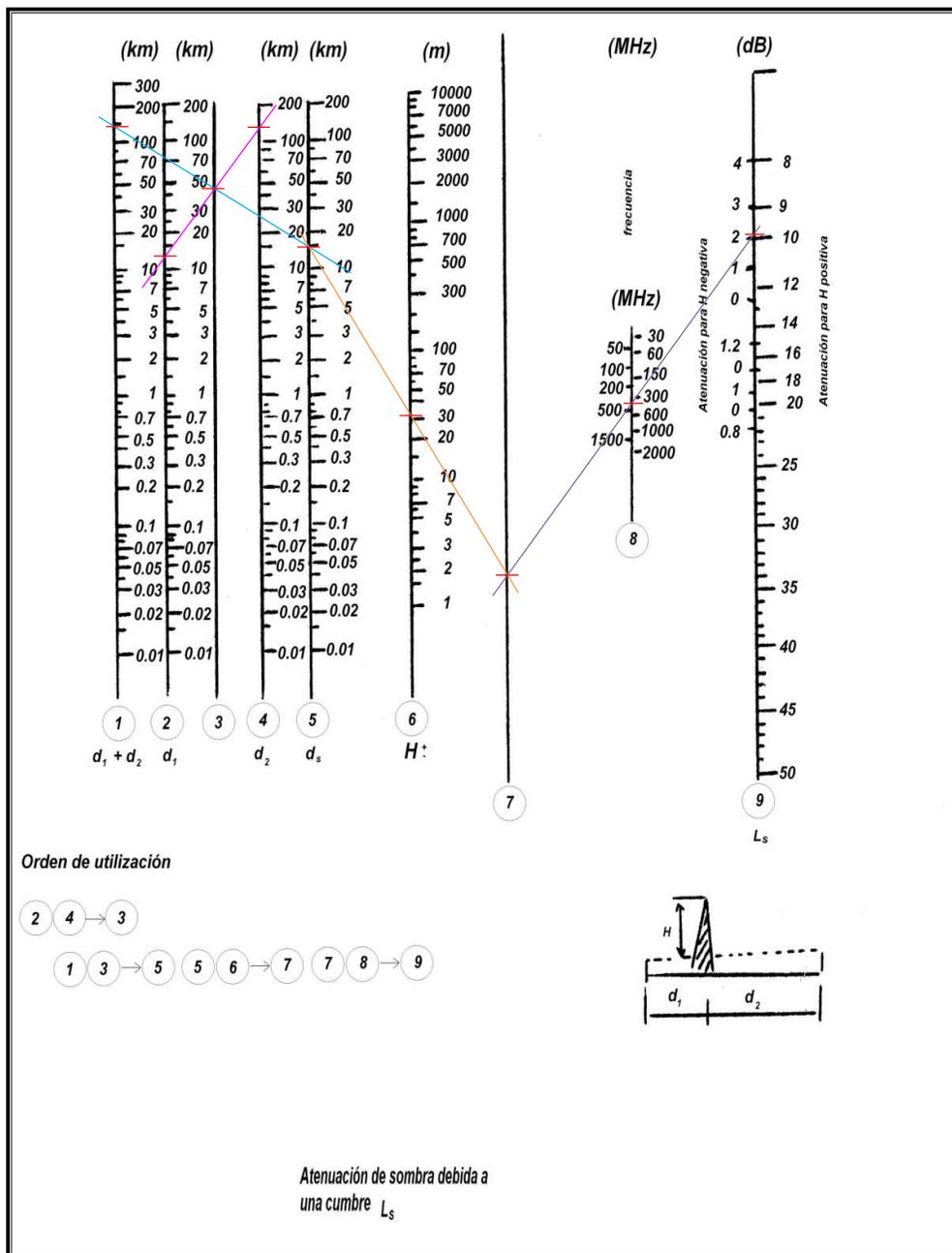
Nomograma 3.2 Enlace Viche-Atacazo: Atenuación de sombra debido a una cumbre a 3,5 Km.



Las pérdidas considerando una altura negativa son de $L_s = 4,3$ dB

OBSTÁCULO A 13 Km

Nomograma 3.3 Enlace Viche-Atacazo: Atenuación de sombra debido a una cumbre a 13 Km.



Las pérdidas considerando una altura negativa son de $L_s = 2,1$ dB

Para este enlace se calcularon las siguientes pérdidas:

PÉRDIDAS POR TRAYECTORIA DE ESPACIO LIBRE:

Ecuación a aplicar:

$$L_p = (32,45 + 20 \log f \text{ [MHz]} + 20 \log d \text{ [Km]}) \text{ [dB]}$$

Ecuación 3.33

Donde:

L_p = Pérdida por espacio libre [dB].

f = frecuencia a utilizar [MHz].

d = distancia entre transmisor y receptor [Km].

Datos:

$f = 400$ [MHz].

$d = 150,2$ [Km].

Solución:

$$L_p = (32,4 + 20 \log 400 \text{ (MHz)} + 20 \log 150,2 \text{ (km)}) \text{ [dB]}$$

$$L_p = 127,975 \text{ [dB]}$$

LAS PÉRDIDAS EN EL CABLE COAXIAL SON:

Como línea de transmisión se escogió el cable coaxial Helix LDF4-50A, fabricado por ANDREW, el cual es apropiado para transmisión en el rango de frecuencias de 150-6000 MHz. Este tiene pérdidas de 4,96 dB/100m.

La cantidad de cable necesaria es:

| TRAMOS | DISTANCIA |
|---|-------------|
| Antena de transmisión -cuarto de equipos- equipo transmisor | 31 m |
| Antena de recepción- cuarto de equipos- equipo receptor | 35 m |
| TOTAL | 66 m |

Por regla de tres se tiene que las pérdidas son:

$$L_f = 3,2736 \text{ dB}$$

MARGEN DE DESVANECIMIENTO:

La ecuación a usar es la **Ecuación 3.8**:

$$FM = (30 \log d [Km] + 10 \log (6 A B f [GHz]) - 10 \log (1 - R) - 70) [dB]$$

Ecuación 3.34

Datos:

$$d = 150,20 \text{ km}$$

$$A = 2$$

$$B = \frac{1}{4}$$

$$f = 0,4 \text{ GHz}$$

$$R = 0,9999$$

Solución:

$$FM = 30 \log(150,20) + 10 \log \left(6(2) \left(\frac{1}{4} \right) (0,4) \right) - 10 \log(1 - 0,9999) - 70$$

$$FM = 36,094 \text{ dB}$$

UMBRAL DEL RECEPTOR:

Considerando valores típicos entre -99 y -101 dBm, de los equipos existentes en el mercado, y la distancia a la que se desea transmitir los datos, se estima un umbral de recepción (sensibilidad) de:

$$S = -100 \text{ dBm}$$

POTENCIA DEL RECEPTOR:

Partiendo de la **Ecuación 3.7**, que se indica a continuación:

$$FM = (P_{RX} [\text{dBm}] - S [\text{dBm}]) [\text{dB}]$$

Ecuación 3.35

Donde:

- FM = Margen de desvanecimiento [dB]
- P_{RX} = Potencia de recepción [dBm]
- S = Umbral o Sensibilidad [dBm]

Y Despejando P_{RX} se tiene:

$$P_{RX} [\text{dBm}] = (FM [\text{dB}] + S [\text{dBm}])$$

$$P_{RX} = 36,094 \text{ dB} - 100 \text{ dBm}$$

$$P_{RX} = -63,906 \text{ dBm}$$

POTENCIA DE TRANSMISIÓN Y GANANCIA DE ANTENAS:

$$L_T = L_S + L_P + L_f$$

Donde:

- L_T = Pérdidas totales [dB].
- L_P = Pérdidas por espacio libre [dB]
- L_f = Pérdidas por cable coaxial [dB]
- L_S = Pérdidas por atenuación de sombra debido a cumbre [dB].

$$L_T = -(5,4 + 127,975 + 3,2736) dB$$

$$L_T = -136,6486 dB$$

$$P_{TX} + G_A = -P_{RX} + L_T$$

Donde:

- G_A = Ganancia de antenas [dBi]
- P_{RX} = Potencia de recepción [dBm]
- P_{TX} = Potencia de transmisión [dBm]
- L_T = Pérdidas totales [dB]

$$P_{TX} + G_A = -63,906 dBm + 136,6486 dB$$

$$P_{TX} + G_A = 72,7426 dBm$$

Debido a la distancia a la que se desea colocar el enlace, se estima utilizar antenas de 4 metros de diámetro y una ganancia de 22,2 dBi, de acuerdo al catálogo de Andrew, para una frecuencia de 400 MHz, por lo que la potencia de transmisión será:

$$G_A = G_{TX} + G_{RX}$$

Donde:

- G_A = Ganancia de Antenas [dBi]
- G_{RX} = Ganancia de Antena de transmisión [dBi]
- G_{TX} = Ganancia de Antenas de recepción [dBi]

$$G_A = 44,40 \text{ dBi}$$

$$P_{TX} = 72,7426 \text{ dBm} - 44,40 \text{ dBi}$$

$$P_{TX} = 28,3426 \text{ dBm}$$

CÁLCULO DEL ÁNGULO AZIMUT

The screenshot shows the PathCalc application window with the following data:

| Field | VICHE | ATACAZO |
|-------------|----------------------|------------------|
| Path Name | ENLACE VICHE-ATACAZO | |
| Longitude | 0° 39' 30.00" N | 0° 18' 52.00" S |
| Latitude | 79° 32' 40.00" W | 78° 36' 14.00" W |
| Elevation | 42 m | 3880 m |
| Azimuth | 135.77° | 315.77° |
| Path Length | 150.10 km | |

CÁLCULO DEL ÁNGULO DE ELEVACIÓN

$$\phi = \text{Tg}^{-1} \left(\frac{3842}{150,2 \times 10^3} \right) = 1.465262$$

$$\phi = 01^\circ 27' 54,94''$$

PÉRDIDAS Y GANANCIAS DEL ENLACE

| DATOS | | | |
|-------------------------------|----------|--|-----------------|
| DISTANCIA VICHE-CERRO ATACAZO | Km | | 150,2 |
| FRECUENCIA | MHz | | 400 |
| METROS CABLE COAXIAL EN TX | m | | 35 |
| METROS CABLE COAXIAL EN RX | m | | 35 |
| ATENUACIÓN CABLE COAXIAL | dB/100 m | | 4,96 |
| FACTOR GEOGRÁFICO: A | | | 2 |
| FACTOR DE CLIMA: B | | | 1/4 |
| GANANCIA DEL SISTEMA | | | |
| POTENCIA DE TRANSMISIÓN | dBm | | 28,3426 |
| GANANCIA DE ANTENAS | dBm | | 44,4 |
| TOTAL | dBm | | 72,7426 |
| PERDIDAS DEL SISTEMA | | | |
| PÉRDIDAS POR CABLE COAXIAL | dB | | 3,2736 |
| PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE | dB | | 127,975 |
| PÉRDIDAS POR OBSTRUCCIÓN | dB | | 5,4 |
| TOTAL | | | 136,6486 |
| POTENCIA RECIBIDA | dBm | | -63,906 |
| MARGEN DE DESVANECIMIENTO | dBm | | 36,094 |
| CONFIABILIDAD | % | | 99,99 |

CÁPITULO 4

EQUIPO Y DETERMINACIÓN DE COSTOS REFERENCIALES DEL RADIOENLACE FRACCIONAL

4.1 REQUERIMIENTOS DE LOS EQUIPOS Y ACCESORIOS A UTILIZAR EN EL RADIOENLACE VÁLVULA DE BLOQUEO N°10 (VICHE)-ATACAZO

4.1.1 RADIOS DIGITALES FRACCIONALES

- ◆ Capacidad de trabajo punto a punto exclusivamente
- ◆ Rango de frecuencias: 400 a 470 MHz.
- ◆ Diseño modular para rack de 19"
- ◆ Configuración: MHSB (Protegido 1+1).
- ◆ Modulación: QPSK¹⁸.
- ◆ Potencia: mínimo 21 dBm configurable por software.
- ◆ Umbral de recepción: \geq -99 dBm.
- ◆ Capacidad: 408 Kbps.
- ◆ Conector de antena: N hembra
- ◆ Impedancia: 50 Ohmios
- ◆ Interface para datos: Ethernet 10/100 base T
- ◆ Interface de telefonía: 2 hilos FXS/ 2 hilos FXO
- ◆ Conector de datos: RJ 45
- ◆ Conector para telefonía: RJ45

¹⁸ Codificación por cambio de fase en cuadratura. Entonces en QPSK los datos de entrada binarios están compuestos por grupos de 2 bits que reciben el nombre de dibits y que producen 4 posibles combinaciones: 00,01,10 y 11

4.1.2 ANTENA PARA RADIO FRACCIONAL CON ACCESORIOS ESTANDAR PARA MONTAJE EN TORRE

- ❖ Tipo parabólica.
- ❖ Diámetro: 13 pies (4 metros).
- ❖ Rango de frecuencia: de 403 a 470 MHz.
- ❖ Ganancia: 22,2 dBi.
- ❖ Ancho del haz vertical: 13 grados.
- ❖ Ancho del haz horizontal: 13 grados.
- ❖ Impedancia: 50 ohmios.
- ❖ Polarización: vertical.
- ❖ Conector: tipo N hembra.

4.1.3 CABLE COAXIAL ESTANDAR FOAM HELIAX DE ½" LDF4-50 A

- ♣ Impedancia: 50 ohmios
- ♣ Atenuación a 450 MHz: 4,96 dB / 100 metros

4.1.4 ABRAZADERAS DE TORRE PARA CABLE COAXIAL DE ½ "

4.1.5 RACK DE ALUMINIO Y BANDEJA

- ~ Rack con estándar EIA.
- ~ Rack: 7 pies de alto x 19 pulgadas de ancho.
- ~ Bandeja que soporte equipos de hasta 75 libras

4.1.6 TORRE AUTO SOPORTADA

Las especificaciones que se detallan a continuación son las que la Unidad de Comunicaciones toma en consideración para solicitar una

torre auto soportada que a la vez incluye el sistema de apartarayos¹⁹ y luz de baliza²⁰.

TORRE AUTO SOPORTADA

- ♣ Tipo Rohn, SSV-11, estándar,
- ♣ Tramos de 6 metros cada una,
- ♣ Base triangular,
- ♣ Galvanizado en caliente,
- ♣ Pintada en colores blanco – naranja,
- ♣ Escalera de trabajo colocada en el centro de una de las caras de la torre,
- ♣ Escalerilla de cables colocada al lado de la escalera de trabajo,
- ♣ Plantilla para las bases de hormigón,
- ♣ Pernos de anclaje de acuerdo a cálculo estructural,
- ♣ Sistema de tierra.

¹⁹ Dispositivo que permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de tipo atmosférico, se encuentra conectado permanentemente al sistema de tierra; opera cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra, La función del apartarayos no es eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante las descargas atmosféricas, sino limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales.

²⁰ Objeto expuesto sobre el nivel del terreno para indicar un obstáculo o trazar un límite.

SISTEMA DE APARTARAYO

- ❖ Tipo: ionizante²¹ (PREVENTOR o equivalente)
- ❖ Cable: terminado en varilla Cooperweld ²²
- ❖ Tierra: malla independiente con cable 1-0 AWG
- ❖ Soldas: Cadweld para todas las uniones

LUZ DE BALIZA

- ◆ Lámpara 110 VAC. (aeronavegación) en la punta de la torre.
- ◆ Accesorios de montaje
- ◆ Transporte e instalación

BASES DE HORMIGON DE 210 Kgf/cm2; 58 m3

4.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS

4.2.1 RADIOS DIGITALES FRACCIONALES

El único radio que ofrece la posibilidad de establecer radioenlaces digitales fraccionales y que cumple con los requerimientos detallados anteriormente es APRISA 4RF XE.

²¹ El rompimiento de las moléculas del aire o de un gas por un campo eléctrico intenso dando como resultado la formación de iones que se desplazan en forma de descarga.

²² Las varillas Cooperweld son generalmente de cobre, resistentes a la corrosión por las sales de la tierra, van enterradas a una profundidad de 3m sirviendo como elemento que disipara la corriente en la tierra en caso de alguna falla de la instalación o de alguna sobrecarga.

4.2.1.1 Radios Aprisa 4RF XE

APRISA XE es la respuesta flexible y funcional para desafíos de baja/mediana capacidad en redes inalámbricas actuales. Muy fácil de usar y configurable a las necesidades del cliente, Aprisa XE entrega soluciones en aplicaciones troncales simples para completar el diseño de redes complejas.

Figura 4.1 Exterior e interior del Radio 4RF APRISA XE



APRISA XE OFRECE

- Bandas licenciadas de 330 MHz – 2.7 GHz
- Desde 32 kbps hasta 17 Mbps (8 x E1)
- Canales de 25 kHz hasta 3.5 MHz
- 16, 32, 64 QAM y QPSK
- Switch Ethernet integrado de 4 puertos
- Multiplexor de 8 ranuras integrado
- Opción de protección para MHSB y diversidad

APLICACIONES

El equipo de radio digital de microondas Aprisa XE es una poderosa solución de acceso inalámbrico de punto a punto para establecer conectividad a través de propagación de radio en terrenos de características desafiantes y entre dos puntos fijos separados a una distancia de más o menos 150 kilómetros.

La construcción de APRISA XE es pequeña y poderosa, con ocho ranuras para la conexión de interfaces, de hasta 17 Mbps de capacidad para una transmisión robusta con un amplio rango de

servicios habilitados en banda ancha (incluyendo Internet, interconexión LAN, VPN, VoIP, video conferencia) y servicios integrados de voz y datos (incluyendo monitoreo remoto y control de datos, telefonía, PABX, radio móvil y fax).

RENDIMIENTO

Aprisa XE opera en las bandas licenciadas sub 3 GHz permitiendo una asignación de frecuencia exclusiva, minimizando interferencia y garantizando un alto rendimiento. Estas bandas de frecuencia ofrecen una transmisión de alta confiabilidad a través de largas distancias y terrenos difíciles, particularmente sobre agua y terrenos parcialmente obstruidos. El diseño de RF integra técnicas de procesamiento digital de alto rendimiento, las cuales minimizan la degradación de transmisión por interferencia²³ y efectos atmosféricos. Técnicas sofisticadas de modulación permiten una transmisión eficiente en canales de banda angosta²⁴, minimizando de esta forma el uso del espectro en situaciones donde este recurso es limitado y de alto costo.

INTEGRACIÓN Y CONFIGURACIÓN

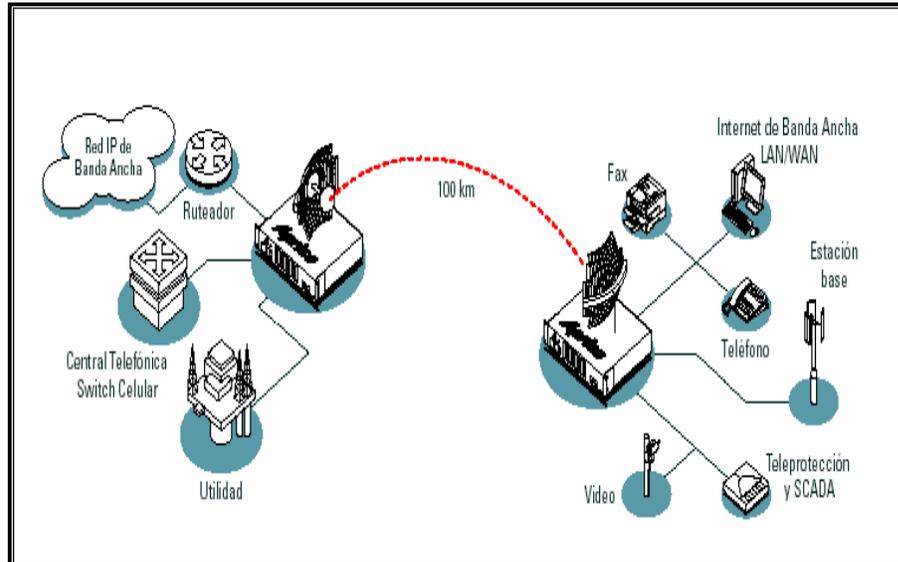
Una de las características de Aprisa XE es su multiplexor integrado de gestión de datos, voz y tráfico de IP (Internet Protocol) con interfaces configurables de acuerdo a las necesidades del cliente, permitiendo una integración directa con elementos de red ya establecidos y de próxima generación. Aprisa XE puede ser fácilmente configurado usando 4RF SuperVisor™, – su elemento de aplicación integrado de gestión basado en Web. SuperVisor no requiere entrenamiento y opera en cualquier navegador Web.

²³ Las señales que son externas a los cables, como las emisiones de los transmisores de radio y los radares, o los campos eléctricos que manan de los motores eléctricos y los accesorios de luz fluorescente, pueden interferir con las señales que están viajando por los cables. Este ruido se denomina Interferencia electromagnética (EMI) cuando se origina en fuentes eléctricas, o Interferencia de radiofrecuencia (RFI) cuando se origina en fuentes de radio, radar o microondas.

²⁴ La señal de radio de banda angosta trabaja bajo una señal de frecuencia cuyo ancho está limitado por la capacidad que debe tener para dejar pasar la información.

Aprisa XE también posee una interface standard SNMP (Sistema Simple de Gestión de Red) para una gestión remota²⁵ eficiente e integración NMS (Sistema de Gestión de Red).

Figura 4.2 Posible enlace a 100 Km



ARQUITECTURA

Figura 4.3 Arquitectura interna del Radio 4RF APRISA XE

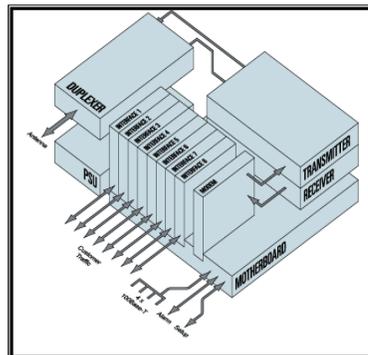
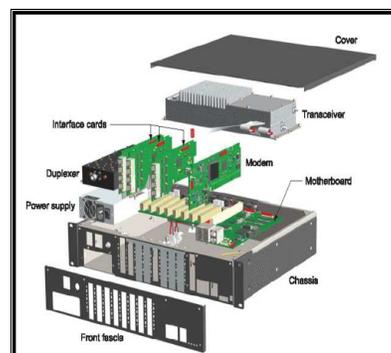


Figura 4.4 Partes del Radio 4RF APRISA XE



²⁵ Utilidad que permite a un usuario acceder desde su propio PC a otro PC u equipo administrable que esté ubicado en un lugar lejano, con la posibilidad de operar sobre él.

SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR

| Channel size | | QPSK | 16 QAM | 32 QAM | 64 QAM |
|--------------|-------|----------|----------|---------|---------|
| 75 kHz | Gross | -107 dBm | -101 dBm | -98 dBm | -95 dBm |
| 150 kHz | Gross | -104 dBm | -98 dBm | -95 dBm | -92 dBm |
| 200 kHz | Gross | -102 dBm | -95 dBm | -93 dBm | - |
| 250 kHz | Gross | -101 dBm | -95 dBm | -92 dBm | -89 dBm |
| 500 kHz | Gross | -99 dBm | -93 dBm | -90 dBm | -87 dBm |
| 1 MHz | Gross | -96 dBm | -90 dBm | -87 dBm | -84 dBm |
| 1.75/2 MHz | Gross | -94 dBm | -88 dBm | -85 dBm | -82 dBm |
| 3.5 MHz | Gross | -90 dBm | -84 dBm | -81 dBm | -78 dBm |

RENDIMIENTO DEL SISTEMA

| Capacity ¹ | | | | | |
|-----------------------|---------|-----------|------------|------------|------------|
| Channel size | | QPSK | 16 QAM | 32 QAM | 64 QAM |
| 75 kHz ¹ | Gross | 102 kbps | 248 kbps | 312 kbps | 376 kbps |
| | E1 | 1 DSO | 3 D80 | 4 D80 | 5 D80 |
| | Wayside | 38 kbps | 36 kbps | 56 kbps | 56 kbps |
| 150 kHz ¹ | Gross | 240 kbps | 488 kbps | 616 kbps | 736 kbps |
| | E1 | 3 DSO | 7 D80 | 9 D80 | 11 D80 |
| | Wayside | 48 kbps | 40 kbps | 40 kbps | 32 kbps |
| 200 kHz ¹ | Gross | 312 kbps | 632 kbps | 792 kbps | - |
| | E1 | 4 DSO | 9 D80 | 12 D80 | - |
| | Wayside | 58 kbps | 56 kbps | 24 kbps | - |
| 250 kHz | Gross | 408 kbps | 824 kbps | 1032 kbps | 1240 kbps |
| | E1 | 6 DSO | 12 D80 | 16 D80 | 19 D80 |
| | Wayside | 24 kbps | 56 kbps | 8 kbps | 24 kbps |
| 500 kHz | Gross | 824 kbps | 1656 kbps | 2072 kbps | 2488 kbps |
| | E1 | 12 DSO | 25 D80 | 1 E1 | 1 E1 |
| | Wayside | 56 kbps | 56 kbps | 24 kbps | 440 kbps |
| 1 MHz | Gross | 1624 kbps | 3256 kbps | 4072 kbps | 4888 kbps |
| | E1 | 25 DSO | 1 E1 | 1 E1 | 2 E1 |
| | Wayside | 24 kbps | 1478 kbps | 2024 kbps | 792 kbps |
| 1.75/2 MHz | Gross | 2872 kbps | 5752 kbps | 7192 kbps | 8632 kbps |
| | E1 | 1 E1 | 2 E1 | 3 E1 | 4 E1 |
| | Wayside | 824 kbps | 1656 kbps | 1048 kbps | 440 kbps |
| 3.5 MHz | Gross | 5720 kbps | 11448 kbps | 14312 kbps | 17176 kbps |
| | E1 | 2 E1 | 5 E1 | 6 E1 | 8 E1 |
| | Wayside | 1624 kbps | 1208 kbps | 2024 kbps | 792 kbps |

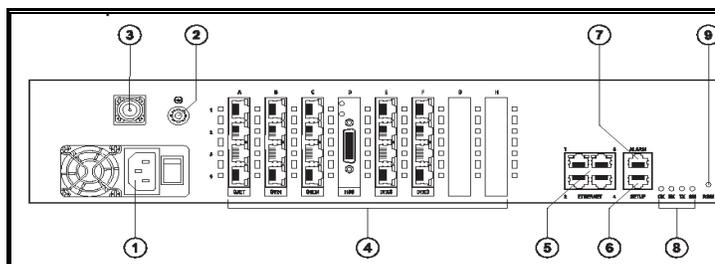
ESPECIFICACIONES GENERALES DEL RADIO

| General RF | |
|--|---|
| Frequency ranges ¹ | 300 MHz band 330-400 MHz 400 MHz band 400-470 MHz 700 MHz band 698-806 MHz 800 MHz band 805-890 MHz 900 MHz band 850-960 MHz 1400 MHz band 1350-1550 MHz 2000 MHz band 2000-2300 MHz 2500 MHz band 2300-2700 MHz |
| Modulation | 16/32/64 QAM and QPSK (software configurable) |
| Frequency selection | Synthesized 25 kHz steps |
| Frequency stability | ±3 ppm |
| Antenna connection | N-type female 50 Ω |
| ¹ Contact 4RF for other frequency options | |
| Transmitter | |
| Power output ² | +35 dBm (QPSK) 400, 700, 800, & 900 MHz bands +34 dBm (QPSK) 1400, 2000, 2500 MHz bands +31 dBm (16 QAM) all bands +30 dBm (32 QAM) all bands +29 dBm (64 QAM) all bands |
| Power control | 15 power levels (in 1 dB steps) |
| ² Performance specified at the antenna port for 10 ⁻² BER. Figures for 10 ⁻³ BER are typically 1 dB better. | |
| Receiver | |
| Maximum input level | -20 dBm |
| Dynamic range | 87-95 dB (10 ⁻³ BER) |
| C/I ratio | |
| Co-channel | > 16 dB (QPSK) > 20 dB (16 QAM) > 23 dB (32 QAM) > 27 dB (64 QAM) |
| 1st adjacent channel | > -5 dB |
| 2nd adjacent channel | > -30 dB |

PANEL FRONTAL DE CONEXIONES E INDICADORES

Todas las conexiones de radio son hechas en el panel frontal de la unidad.

Figura 4.5 Panel Frontal de conexiones e indicadores



| No | Etiqueta | Descripción |
|----|------------------------------|---|
| 1 | Entrada de poder AC o DC | Dos tipos de fuentes de poder están disponibles (Se muestra la fuente AC) |
| 2 | Protección a tierra | Un terminal M5 destinado para conexión exterior para la protección contra la descarga eléctrica en caso de un fallo. |
| 3 | Antena | Conector tipo N macho con impedancia de 50 ohmios |
| 4 | Ranuras de interfaz de A a H | Hay ocho ranuras de interfaz en la tarjeta madre en la que se puede encajar las tarjetas de interfaz |
| 5 | Ethernet | Integrada por 4 puertos de switch de capa 2 |
| 6 | Configuración | RJ45 para configuración inicial , conexión al PC |
| 7 | Alarma | Conector RJ 45 para 2 entradas y 4 conexiones de alarma de salida |
| 8 | LEDS indicadores | OK Indica operación normal y condiciones de alarma menor o mayor RX Indicador de estado de recepción de la señal incluye la operación normal y alarmas como BER, RSSI y pérdidas de sincronismo. TX Indicador de estado de transmisión de señal incluye la operación normal y alarmas como potencia reversa/ hacia delante y temperatura ON LED azul indica que hay alimentación a la terminal |

| | | |
|---|--|---|
| 9 | RSSI (Indicador de intensidad de señal recibida) | Puntos de prueba RSSI adecuados para multímetros con puntas de prueba hasta 2 mm de diámetro. |
|---|--|---|

MODULOS INTERNOS

Los cinco módulos principales alojados en el interior del chasis son:

- Transmisor/receptor,
- Modem,
- Placa madre,
- Fuente de poder y
- Duplexor.

Las tarjetas de interfaz son instaladas en las ocho ranuras de interfaz en la tarjeta madre. Los módulos son interconectados por medio de varios buses en la tarjeta madre. El duplexor puede ser montado dentro o fuera del chasis dependiendo del tipo y tamaño.

TRANSMISOR / RECEPTOR

- **Sistema de radiofrecuencia de alto rendimiento.-** provee una radio transmisión confiable.
- **Radiofrecuencia sintetizada.-** permite ajustes de frecuencia a lo largo de una banda completa.
- **Cumplimiento de las especificaciones ETSI.-** asegura excelentes rangos de señal a ruido, ideal para ambientes de radio congestionados.

TARJETA MADRE

- **Conmutador encapsulado de micro-conexión cruzada digital integrado.-** permite al usuario completo control del ancho de banda con una resolución de 64 Kbps.
- **Puertos hub a bordo.-** proveen transporte para redes Wan o Lan y Aprisa XE NMS (Sistema de Gestión de Red)

MODEM

- Máxima utilización de espectro en canales de 75 KHz – 3.5 MHz.

DUPLEXOR

La misma antena es usada para transmitir y recibir. Las señales son filtradas y combinadas sobre una antena. El filtrado de la señal de transmisión es realizado para asegurar que el espectro transmitido no cause interferencia en los canales adyacentes. Varios estándares limitan el espectro de transmisión permisible para cada banda de operación. En la dirección de recepción, la señal es filtrada para eliminar alguna señal parásita, siendo transferida luego a la circuitería de demodulación.

La combinación de las señales de transmisión y recepción sobre una misma antena es lograda por un dispositivo llamado circulador. La combinación del circulador y filtro es usualmente llamado duplexor o diplexer. Un circulador transfiere la señal deseada con muy baja pérdida, mientras que brinda un alto aislamiento para la señal no deseada

FUENTE DE PODER

Fuente de alimentación de AC

Hay una fuente de alimentación de AC para el equipo. Opera con un voltaje nominal de entrada de 115 Vrms o 230 Vrms.

Fuente de alimentación DC

Hay cuatro fuentes de alimentación DC para la terminal 12 VDC, 12 VDC baja potencia, 24 VDC y 48 VDC.

TARJETAS DE INTERFACE

Múltiples tarjetas de interface proveen conexiones de estándar industrial (analógicas o digitales) y ranuras de conexión disponibles por cada APRISA XE.

Tarjetas de interface que están a disposición del cliente:

- QJET: QUAD E1/T1
- DFXO: DUAL 2-HILOS FXO
- DFXS: DUAL 2-HILOS FXS
- Q4EM: QUAD 4-HILOS E & M
- QV24: QUAD V.24
- HSS: SERIAL SINCRONA DE ALTA VELOCIDAD
- LAN: 4-PUERTOS HUB 10/100 BASE-T

Las tarjetas mencionadas anteriormente no vienen con el equipo, son las opciones con las que se puede contar y que son incorporadas de acuerdo a las necesidades del cliente.

CHASIS

- ◆ Fuente de alimentación de 12, 24 ó 48 VDC ó 110/230 Vac.
- ◆ Su rack de baja altura es ideal para su instalación en sitios de red.
- ◆ Ventilador dual para una larga vida de operación y estabilidad térmica.

SOFTWARE

~ Sistema de configuración con servidor WEB enbebido, es fácil de usar e incluye SNMP (Protocolo simple de gestión de red) como standard.

~ Habilitado con aplicaciones JAVA, es intuitivo y no requiere entrenamiento.

OPCIONES DE PROTECCIÓN

- Opción de switch de protección inteligente, soporta M.H.S.B (Monitor Hot stand by) y una diversidad de configuraciones.
- Sin fallas y sin errores, el switch de recepción provee el más alto nivel de disponibilidad.

4.2.2 ANTENA PARA RADIO FRACCIONAL CON ACCESORIOS ESTANDAR PARA MONTAJE EN TORRE.

En el mercado se disponen de dos marcas de antenas que cumplen las características descritas anteriormente y estas son:

- ♣ Marca Radiatel
- ♣ Marca Andrew

4.2.2.1 Antena marca RADIATEL

Figura 4.6 Antena marca Radiatel modelo KPAG13



La antena está diseñada con reflector parabólico formado por elementos paralelos de aluminio soldados bajo atmósfera inerte de gas de argón, lográndose una estructura liviana y rígida con excelentes cualidades antioxidantes, permitiendo obtener mayor ganancia con menor peso y escasa resistencia al viento, reduciendo las exigencias en los mástiles de sustentación y facilitando la instalación.

CARACTERÍSTICAS

- ~ Facilidad de Instalación
- ~ Resistentes y Livianas
- ~ Alta Ganancia
- ~ 1 Año de Garantía

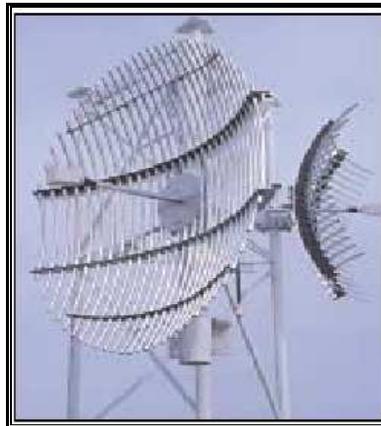
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

| | |
|--------------------------------|------|
| Ganancia dBi | 22,2 |
| Impedancia Ohms | 50 |
| Ancho de haz horizontal | 13 |

| | |
|---|-----------------------|
| Velocidad de viento Km/h | 160 |
| Peso aprox. Kg | 94 |
| Relación frente/espalda db | 32 |
| Polarización | Horizontal o vertical |
| Diámetro m | 4 |
| Área expuesta aproximada m² | 0,8 |
| Discriminación polarización cruzada dB | 30 |

4.2.2.2 Antena marca ANDREW.

Figura 4.7 Antena marca Andrew modelo KP13F-403C



CARACTERÍSTICAS

- ~ Facilidad de Instalación
- ~ Resistentes y Livianas
- ~ Alta Ganancia
- ~ 1 Año de Garantía

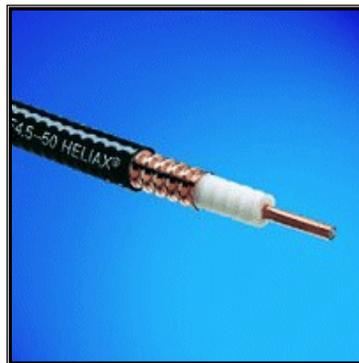
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

| | |
|--------------------------------|------|
| Ganancia dBi | 22,2 |
| Impedancia Ohms | 50 |
| Ancho de haz horizontal | 13 |

| | |
|---|-----------------------|
| Velocidad de viento Km/h | 160 |
| Peso aprox. Kg | 94 |
| Relación frente/espalda db | 32 |
| Polarización | Horizontal o vertical |
| Diámetro m | 4 |
| Área expuesta aproximada m² | 0,8 |
| Discriminación polarización cruzada dB | 30 |

4.2.3 CABLE COAXIAL ESTANDAR FOAM HELIAX DE ½" LDF4-50A.

Figura 4.8 Cable coaxial LDF4-50 A de ½ pulgada



El cable a utilizar en la implementación de este proyecto es HELIAX de tipo LDF4-50A de ½" con dieléctrico de espuma.

Este cable provee una combinación de fuerza, flexibilidad y eficiencia no disponible en otros cables.

Un conductor exterior angularmente corrugado en conjunción con los sellos "O" provee protección contra la humedad.

Las características son las siguientes:

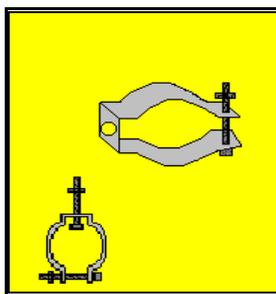
| | |
|--------------------|-------------------------------------|
| Tamaño nominal | ½ pulgada |
| Conductor exterior | Cobre |
| Conductor interior | Cobre con revestimiento de aluminio |
| Impedancia | 50 ohmios |
| Número de tipo | LDF4-50A |

| | |
|---|--------------|
| Pérdidas a una frecuencia equivalente a 450 MHz | 4,96 dB/100m |
|---|--------------|

4.2.4 ABRAZADERAS DE TORRE PARA CABLE COAXIAL DE 1/2"

En lo que respecta a la instalación del cable coaxial, esto se debe sujetar con abrazaderas que no lo aprieten.

Figura 4.9 Abrazaderas



4.2.5 RACK DE ALUMINIO.

A continuación se describe el rack a ser adquirido:

Ángulos Superiores



Ofrecen resistencia adicional al rack para evitar desajustes en los paraleles a causa del peso de los equipos.

Base Perforada

Ofrece la posibilidad de anclaje al piso y estabilidad a la estructura

Los racks son diseñados para montaje de equipos de telecomunicaciones y cómputo, son fabricados de



aluminio, en color negro, compuestos por soportes superiores y soportes preparados para poderse fijar al piso. Cumplen con la norma EIA.

Figura 4.10 Rack de 7 pies de alto y 19 pulgadas de ancho

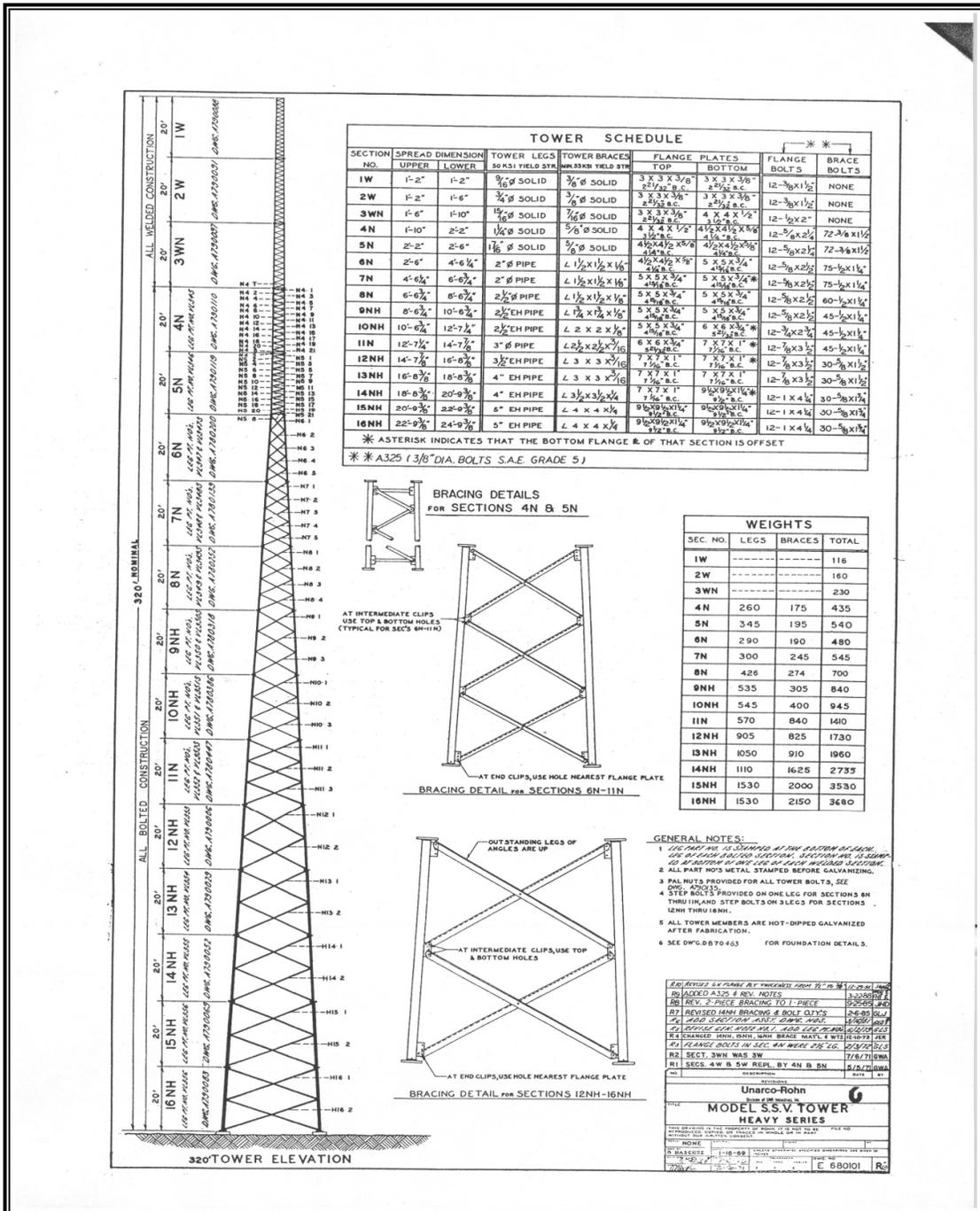


4.2.6 TORRE AUTO SOPORTADA.

Figura 4.11 Torre autosoportada tipo Rohn



Figura 4.12 Modelo de torre Rohn



Las normas y estándares que se mencionan en el documento son las indicadas por los torristas de la Unidad de Comunicaciones, y es con ayuda de ellos que se solicita la torre y accesorios en base a lo siguiente:

ANALISIS Y DISEÑO:

- 1.- Esta torre debe ser diseñada para soportar un peso aproximado de 210 Kg en cualquier punto debido a antenas y estructuras, mantener el enlace dentro de los límites de torsión y oscilación que las antenas tienen para no perder la señal además de mantener la oscilación y el desplazamiento dentro de los límites especificados por las normas TIA/EIA RS-222-E.
- 2.- La torre debe ser diseñada y construida para soportar vientos de 140 Km/h y una carga sísmica de zona 3²⁶ estando cargada totalmente con antenas, sus estructuras, guías de onda y otros aparatos.
- 3.- El diseño de la carga debe ser tomado del resultado combinado de la carga del viento, sísmica y la carga muerta²⁷.
- 4.- Bajo la presión del viento de hasta 140 Km/h, todos los componentes horizontales deben ser capaces de soportar una carga vertical de 120 Kg. en la mitad de su longitud además de todas las otras cargas del diseño.
- 5.- Los límites de deflexión de la torre deben ser mantenidos, tanto vertical como horizontal. La deflexión debe ser determinada en el punto de 55 mts sobre el suelo, punto en el que se colocará la antena de 12 ft.
- 6.- La estructura de la torre debe ser diseñada por o bajo la supervisión directa de un ingeniero estructural registrado, que tenga el carné de ejercicio profesional del colegio respectivo, con experiencia en el diseño de torres de comunicaciones. Todos los diagramas, planos y cálculos matemáticos deben ser certificados y firmados por el ingeniero estructural.
 - a. Las unidades de esfuerzo permitidas y las reales resultantes del diseño con las cargas especificadas no deben exceder aquellas dadas en las especificaciones AISC.

²⁶ Para levantar una estructura se debe considerar la zona sísmica del Ecuador (ver anexo II) donde se va a construir dicha estructura, las características del suelo del sitio de emplazamiento, el tipo de uso, destino e importancia de la estructura, y el tipo de sistema y configuración estructural a utilizarse.

²⁷ Se denomina carga muerta a antenas celulares, parábolas, feeders, guía de onda, escalera, plataforma Triangular y/o descanso. También se denominan cargas permanentes.

- b. Todas las partes de la estructura deben ser consideradas como miembros primarios con el propósito de establecer la tensión necesaria permitida por la norma AISC.
- c. El factor de seguridad de los pies de la torre para levantarla deberán ser como se describen en el estándar EIA RS-222-E última versión.

PARTES DE LA TORRE:

A. Fabricación:

1. Toda fabricación e identificación del acero estructural debe estar de acuerdo a las especificaciones AISC.
2. Todos los componentes de acero deben ser galvanizados al caliente.
3. Los materiales deben ser marcados apropiadamente para que sean ensamblados en el campo.
4. Todas las partes deben ser conectadas con pernos estructurales galvanizados que cumplan con las normas ASTM A-325 o A-449.
5. El contratista proveerá un 3% adicional de: pernos, tuercas, arandelas de presión y planas.
6. La torre deberá ser provista con el tamaño correcto y la longitud de los pernos de anclaje ASTM A36 necesarios para soportar las cargas de la torre.

B. Escaleras:

1. El máximo espaciamiento entre escalones horizontales deberá ser de 12 pulgadas. El diámetro mínimo del escalón será de $\frac{3}{4}$ de pulgada. El escalón deberá soportar en cualquier punto una carga concentrada de 120 Kg. En la escalerilla para cables; el mínimo espaciamiento permitido es el de 16 pulgadas entre barandillas.

2. La torre deberá tener una escalera de ascenso con aprobación OSHA, en la parte interna de una pata, todo el largo de la escalera de la torre que tenga un aparato protector anti-caídas o sea que cumpla con el requerimiento de ANSI 14.3.

C. Terminados:

1. Todas las partes de acero y aseguramientos deberán ser galvanizados al caliente de acuerdo a APL 7101.
2. La reparación de cualquier parte del galvanizado deberá ser hecho con pintura fría de galvanización según la norma APL 7101.
3. Tres (3) plataformas de descanso serán provistas por el contratista a: 25 mts, 45 mts y 60 mts.

D. Accesorios:

1. Sistema de apartarrayos tipo ionizante, conforme a la *Figura 4.13*.
2. La torre deberá contar con un sistema completo de aterramiento el cual cumple con los requerimientos mínimos del EIA RS-222-E, sección 12, Protección de tierra.
3. Todos los cables de tierra deben ser por lo menos AWG 1-0.
4. Cada pata de la torre deberá ser aterrizada, soldada con "cadweld" al sistema de tierra.
5. El contratista deberá proveer la luz de balizamiento (aeronavegación), lámpara para 110 VAC en la punta de la torre, mínimo que cumpla con las siguientes características (ver *Figura 4.14*):

Balizas:

LED's en grupos separados, ofreciendo seguridad contra una falla de LED aislado.

Peso ligero y resistente a la corrosión.

LED's de color rojo aviación de 10 candelas

LED's protegidos con una pantalla de vidrio transparente de alta durabilidad y cuerpo de aluminio anodizado con protección IP65.

Campo de visibilidad horizontal de 360° y 25° vertical.

Consumo máximo 12VDC a 140mA

Armario para baterías:

Gabinete apropiado para alojar la batería, regulador de carga y demás elementos que sean necesarios para el funcionamiento del sistema de balizamiento.

Regulador de carga:

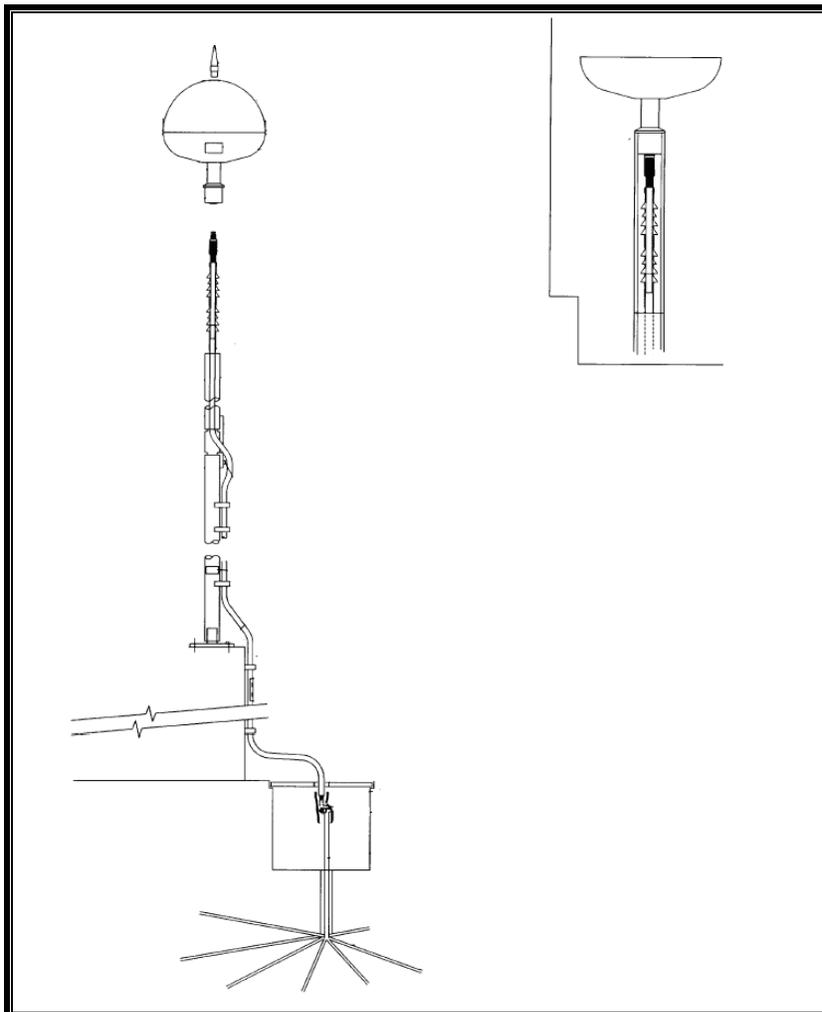
Regulador de carga controlado por microprocesador, compensación de temperatura y control automático de encendido en penumbra/obscuridad.

Control de encendido de la baliza:

El regulador de carga utilizará al panel solar como detector de luz y controlará el encendido/apagado de la baliza.

SISTEMA DE APARTARAYOS

Figura 4.13 Sistema de apartarayos



LUZ DE BALIZA

Figura 4.14 Luz de baliza



BASES DE LA TORRE:**Diseño:**

El diseño de las bases deberá estar basado en las condiciones del suelo. En ausencia del reporte del suelo, se asumirán condiciones de suelo normal como se describen en TIA/EIA-222-E sección 7 para el diseño de las bases. Se deberá tener el cálculo estructural de las bases de la torre así como sus planos firmados por un Ingeniero estructural y el Ingeniero civil a cargo de la obra.

La localización y orientación de la torre será determinada por personal de la unidad de comunicaciones del Oleoducto.

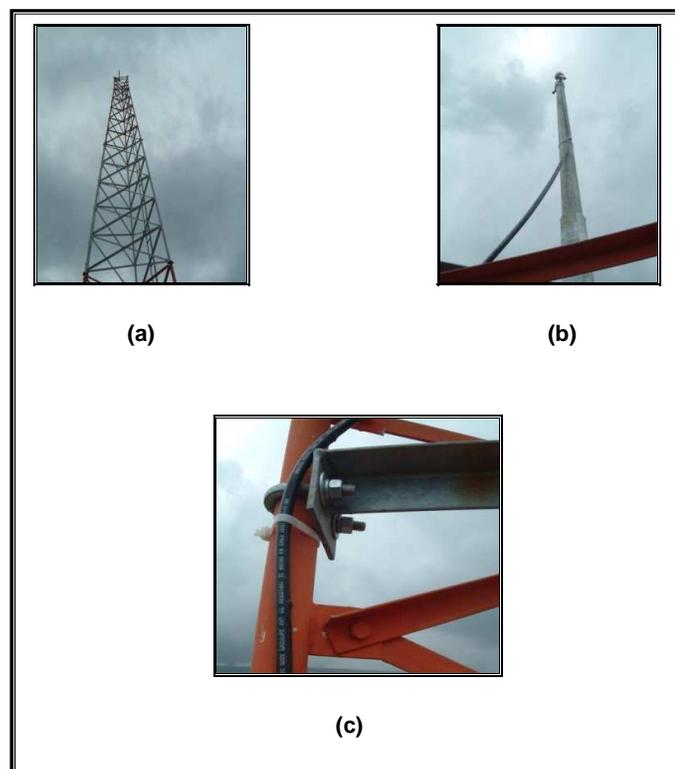
4.3 VALOR ESTIMADO DEL RADIO ENLACE VÁLVULA DE BLOQUEO No10 (VICHE)-ATACAZO

ESTADO ACTUAL

VICHE

Se dispone de una torre de 30 m de alto, no presenta la posibilidad de aumentar más de dos tramos de torre que equivale a 12 metros aproximadamente, debido a requerimientos que la empresa solicitó cuando mando a elaborarla, posee sistema de tierras, luz de baliza, por lo que no es necesario hacer ninguna instalación adicional, así como también en la torre no se tiene instalada ninguna antena. En este lugar no se cuenta con racks para la colocación de los equipos.

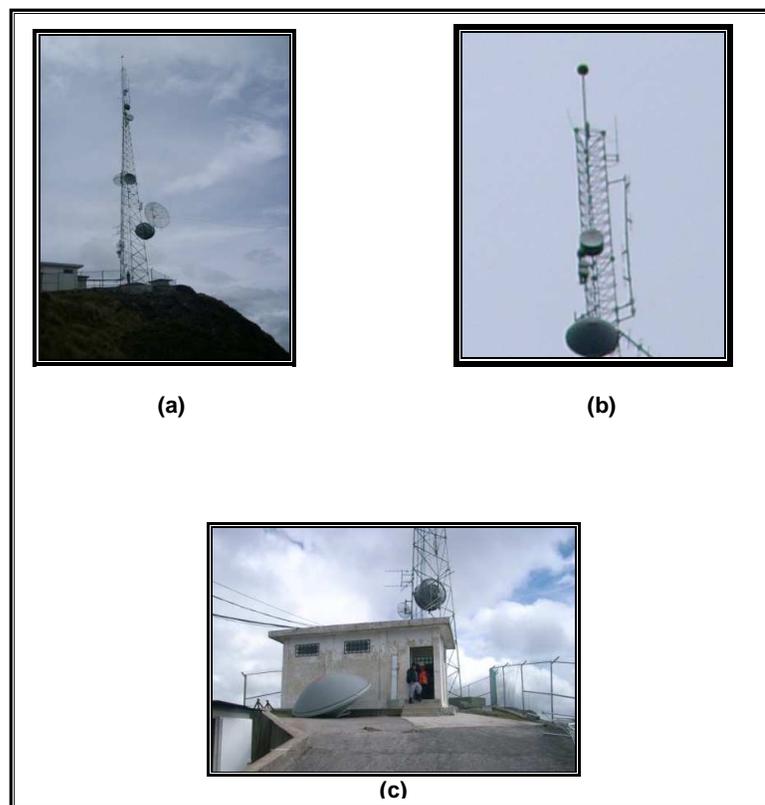
Figura 4.15 (a) Torre Válvula de Bloqueo No 10 (VICHE), (b) Apartarayos, (c) Detalle de la bajada de cable desde el apartarayos.



ATACAZO

Se dispone de una torre de 42 m, un sistema de tierras instalado, así como también la respectiva luz de baliza, en este caso se puede visualizar algunas antenas ya que de aquí salen otros enlaces, se dispone de un cuarto de radios en el cual se hallan instalados algunos equipos debidamente etiquetados, además se cuenta con racks, así como también el respectivo sistema de ventilación para evitar que se sobrecalienten los equipos.

Figura 4.16 (a) Torre Atacazo (b) Apartarayos, (c) Cuarto de radios



4.3.1 CONSIDERACIÓN 4: Enlace Válvula No 10 VICHE- CERRO ATACAZO

ANTECEDENTES

Debido al tipo de torre que se dispone en Viche, para poder utilizar esta consideración es necesario sustituir la torre actual por otra de 60 m, instalar un sistema de tierras y un apartarayos, por otra parte para la instalación de los equipos se deberá adquirir un rack.

A lo mencionado anteriormente se incluirá como costos las antenas, equipos y cable necesario para poner en funcionamiento el enlace, a continuación se detallan cuales son los valores estimados a considerar. Cabe resaltar que la instalación de sistema de tierras y el apartarayos lo hacen expertos de la Unidad de comunicaciones.

**Tabla 4.1 Valores estimados del Enlace Válvula de Bloqueo No 10 (VICHE)-ATACAZO
(Consideración 4)**

| ITEM | DETALLE | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR |
|----------|--|----------|------------------|------------------|
| 1 | TORRE AUTOSOPORTADA | 1 | | 37.980,00 |
| | TIPO ROHN, SSV-11,ESTANDAR | | | |
| | 60 METROS DE ALTURA TRIANGULAR PIRAMIDAL | | | |
| | 11 TRAMOS DE 6 METROS CADA UNO (N16,N15,...N6) | | | |
| | BASE TRIANGULAR | | | |
| | GALVANIZADO EN CALIENTE | | | |
| | PINTADA EN COLORES BLANCO Y NARANJA | | | |
| | ESCALERA DE TRABAJO COLOCADA EN EL CENTRO | | | |
| | DE UNA DE LAS CARAS DE LA TORRE | | | |
| | ESCALERILLA DE CABLES COLOCADA AL LADO DE | | | |
| | LA ESCALERA DE TRABAJO | | | |
| | PLANTILLA PARA BASES DE HORMIGON | | | |
| | PERNOS DE ANCLAJE DE ACUERDO A | | | |
| | CALCULO ESTRUCTURAL | | | |
| | SISTEMA DE TIERRA | | | |
| | TRANSPORTE | | | |
| 2 | SISTEMA DE APARTARAYO | 1 | | 7.603,00 |
| | TIPO: IONIZANTE (PREVENTOR O EQUIVALENTE) | | | |
| | CABLE: TERMINADO EN VARILLA COOPERWELD | | | |
| | TIERRA: MALLA INDEPENDIENTE CON CABLE 1-0 | | | |
| | SUELDAS: CADWELD PARA TODAS LAS UNIONES | | | |
| | TRANSPORTE,INSTALACIÓN,SOPORTE Y HERRAJES | | | |
| 3 | LUZ DE BALIZA | 1 | | 330,00 |
| | LAMPARA 110 VDC (AERONAVEGACIÓN) EN LA | | | |
| | PUNTA DE LA TORRE | | | |
| | ACCESORIOS DE MONTAJE | | | |
| | TRANSPORTE E INSTALACIÓN | | | |
| 4 | BASES DE HORMIGON DE 210 Kgf/cm²; 58 m³ | 1 | | 22.500,00 |
| 5 | RADIO DIGITAL FRACCIONAL | 2 | 23027,875 | 46.055,75 |
| | MARCA: 4RF | | | |
| | MODELO: APRISA XE | | | |
| | CONFIGURACIÓN: IDU-ODU | | | |
| | CAPACIDAD DE TRABAJO: PUNTO A PUNTO | | | |
| | RANGO DE FRECUENCIA: 400-470 MHz | | | |
| | DISEÑO MODULAR: PARA RACK DE 19" | | | |
| | CONFIGURACIÓN: MHSB (1+1) PROTEGIDO | | | |
| | MULTIPLEXOR INTEGRADO | | | |
| | MODULACIÓN: ROBUSTA PARA EL | | | |
| | DESVANECIMIENTO SELECTIVO | | | |
| | MODULACIÓN: QPSK | | | |
| | POTENCIA: ≥ 21 dBm CONFIGURABLE | | | |
| | POR SOFTWARE | | | |
| | UMBRAL DE RECEPCIÓN: 99 dBm. | | | |
| | CAPACIDAD: 408 KBPS | | | |
| | CONECTOR DE ANTENA: N HEMBRA | | | |
| | IMPEDANCIA: 50 OHMIOS | | | |
| | INTERFACE PARA DATOS: ETHERNET 10/100 | | | |
| | BASE T | | | |
| | INTERFACE DE TELEFONÍA: 2 HILOS FXS/ 2 HILOS FXO | | | |
| | CONECTOR DE DATOS: RJ45 | | | |
| | CONECTOR PARA TELEFONÍA: RJ45 | | | |
| | POLARIZACIÓN: 110 VAC-60 Hz | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | SUBTOTAL HOJA 1 | | | 114.468,75 |

| ITEM | DETALLE | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR |
|------|--|----------|----------------|-------------------|
| 6 | ANTENA PARA RADIO FRACCIONAL | 2 | 5.736,74 | 11.473,48 |
| | TIPO: PARABÓLICA DIAMETRO: 13 PIES RANGO DE FRECUENCIA: 403-470 MHz GANANCIA: 22,2 dBi ANCHO DEL HAZ VERTICAL: 13 GADOS ANCHO DEL HAZ HORIZONTAL: 13 GRADOS IMPEDANCIA: 50 OHMIOS POLARIZACIÓN: LINEAL (HORIZONTAL/VERTICAL) CONECTOR: TIPO N HEMBRA | | | |
| 7 | CABLE COAXIAL FOAM HELIAX DE 1/2" LDF4-50A POR METROS | 95 | 6,11 | 580,45 |
| | IMPEDANCIA: 50 OHMIOS ATENUACIÓN A 450 MHz: 4,96 Db /100 METROS | | | |
| 8 | ABRAZADERAS DE TORRE PARA CABLE COAXIAL DE 1/2" | 2 | 33,53 | 67,06 |
| 9 | RACK DE ALUMINIO Y BANDEJA | 1 | 502,96 | 502,96 |
| | RACK CON ESTÁNDAR EIA RACK: 7 PIES DE ALTO X 19 PULGADAS DE ANCHO BANDEJA QUE SOPORTE EQUIPOS DE HASTA 75 LIBRAS | | | |
| | SUBTOTAL HOJA 2 | | | 12.623,95 |
| | SUBTOTAL HOJA 1 | | | 114.468,75 |
| | SUBTOTAL | | | 127.092,70 |
| | IVA 12% | | | 15.251,12 |
| | TOTAL | | | 142.343,82 |

4.3.2 CONSIDERACIÓN 5: Enlace Válvula No 10 VICHE- CERRO ATACAZO (Con antena de 26 m en Viche y 30 m en Atacazo)

ANTECEDENTES

Con esta consideración, los requerimientos en Viche a parte de los equipos, la antena y los accesorios para establecer el enlace es necesaria la adquisición de un rack, en el caso del Atacazo solo se deberán instalar los equipos y la antena respectiva.

En la siguiente tabla se detallan los costos que se han considerado para el levantamiento del enlace bajo esta consideración:

Tabla 4.2 Valores estimados del Enlace Válvula de Bloqueo No 10 (VICHE)-ATACAZO (Consideración 5)

| ITEM | DETALLE | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR |
|------|---|----------|----------------|------------------|
| 1 | RADIO DIGITAL FRACCIONAL | 2 | 23027,875 | 46.055,75 |
| | MARCA: 4RF MODELO: APRISA XE CONFIGURACIÓN: IDU-ODU CAPACIDAD DE TRABAJO: PUNTO A PUNTO RANGO DE FRECUENCIA: 400-470 MHz DISEÑO MODULAR: PARA RACK DE 19" CONFIGURACIÓN: MHSB (1+1) PROTEGIDO MULTIPLEXOR INTEGRADO MODULACIÓN: ROBUSTA PARA EL DESVANECIMIENTO SELECTIVO MODULACIÓN: QPSK POTENCIA: \geq 21 dBm CONFIGURABLE POR SOFTWARE UMBRAL DE RECEPCIÓN: \leq -99 dBm. CAPACIDAD: 408 KBPS CONECTOR DE ANTENA: N HEMBRA IMPEDANCIA: 50 OHMIOS INTERFACE PARA DATOS: ETHERNET 10/100 BASE T INTERFACE DE TELEFONÍA: 2 HILOS FXS/ 2 HILOS FXO CONECTOR DE DATOS: RJ45 CONECTOR PARA TELEFONÍA: RJ45 POLARIZACIÓN: 110 VAC-60 Hz | | | |
| 6 | ANTENA PARA RADIO FRACCIONAL | 2 | 5.736,74 | 11.473,48 |
| | TIPO: PARABÓLICA DIAMETRO: 13 PIES RANGO DE FRECUENCIA: 403-470 MHz GANANCIA: 22,2 dBi ANCHO DEL HAZ VERTICAL: 13 GADOS ANCHO DEL HAZ HORIZONTAL: 13 GRADOS IMPEDANCIA: 50 OHMIOS POLARIZACIÓN: LINEAL (HORIZONTAL/VERTICAL) CONECTOR: TIPO N HEMBRA | | | |
| 7 | CABLE COAXIAL FOAM HELIAX DE 1/2" LDF4-50A POR METROS | 66 | 6,11 | 403,26 |
| | IMPEDANCIA: 50 OHMIOS ATENUACIÓN A 450 MHz: 4,96 Db /100 METROS | | | |
| 8 | ABRAZADERAS DE TORRE PARA CABLE COAXIAL DE 1/2" | 2 | 33,53 | 67,06 |
| 9 | RACK DE ALUMINIO Y BANDEJA | 1 | 502,96 | 502,96 |
| | RACK CON ESTÁNDAR EIA RACK: 7 PIES DE ALTO X 19 PULGADAS DE ANCHO BANDEJA QUE SOPORTE EQUIPOS DE HASTA 75 LIBRAS | | | |
| | SUBTOTAL HOJA 1 | | | 58.502,51 |
| | SUBTOTAL | | | 58.502,51 |
| | IVA 12% | | | 7.020,30 |
| | TOTAL | | | 65.522,81 |

La consideración a ser puesta en marcha es la que lleva por título **CONSIDERACIÓN 5: Enlace Válvula No 10 VICHE- CERRO ATACAZO (Con antena de 26 m en Viche y 30 m en Atacazo)**, por cuanto implica un costo inferior, a la vez que garantiza un enlace confiable.

CÁPITULO 5

IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL RADIOENLACE

A continuación, una breve información del radio utilizado en la implementación del enlace, así como también de los accesorios necesarios para su instalación y la configuración del mismo para satisfacer los parámetros requeridos, además las pruebas realizadas en laboratorio para demostrar que es correcto su funcionamiento.

También se indica acerca del armado de la antena y de la instalación de la misma en los sitios entre los cuales se establece el enlace.

5.1 RADIO 4RF APRISA XE

5.1.1 KIT DE ACCESORIOS ADICIONALES AL EQUIPO

- ❖ **Cable para instalación (RJ-45²⁸) , adaptador, soportes de montaje y tornillos**

Figura 5.1 Cable para instalación RJ45 y adaptado



Figura 5.2 Soportes de montaje y tornillos



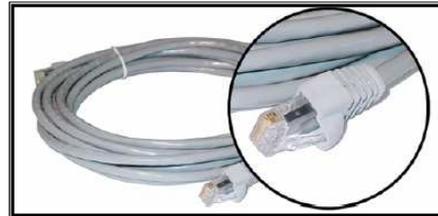
- ❖ **Kit de Hardware (incluye la llave Allen²⁹) y Cable de alarma (RJ-45)**

²⁸ La RJ-45 es una interfaz física comúnmente usada para conectar redes.

Figura 5.3 Kit de Hardware



Figura 5.4 Cable de alarma



- ❖ Cable de tierra y Cable de poder de DC (para usar con fuentes de poder de -48 VDC y -24 VDC)

Figura 5.5 Cable de tierra

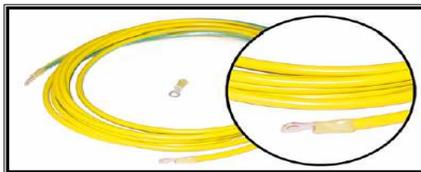
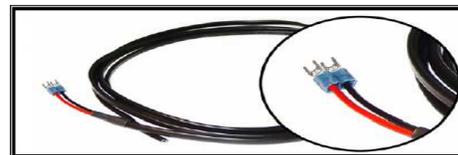


Figura 5.6 Cable de poder de DC



- ❖ Cable de poder AC (para usar con fuentes de poder de 110/230 VAC)

Figura 5.7 Cable de poder AC



5.1.2 REQUERIMIENTOS DEL SITIO

- Asegurarse que el suministro de poder correcto esté disponible para energizar el equipo.

²⁹ Llave Allen es la herramienta usada para atornillar/desatornillar tornillos, que tienen cabeza hexagonal interior

- El voltaje nominal³⁰ de entrada para una terminal es 12, 24 o 48 voltios DC o 120/240 voltios AC rms.
- El suministro de voltaje DC está preconfigurado de fábrica y no puede ser ajustada en el campo.
- El voltaje del terminal es indicado en la etiqueta del chasis para el conector de DC de entrada y en la etiqueta de especificación que se encuentra en el equipo.

Advertencia:

Antes conectar el equipo, poner a tierra el chasis usando el terminal de tierra de seguridad que se halla en el panel frontal.

5.1.3 ENFRIAMIENTO DEL EQUIPO

Montar el equipo a fin de que el aire pueda fluir a través de este. No obstruir el flujo libre de aire alrededor del equipo. Los dos ventiladores internos, controlados por velocidad, acomodados dentro del chasis proveen suficiente enfriamiento.

Los ventiladores funcionan para correr a la velocidad mínima requerida para mantener el equipo debajo de una temperatura preprogramada. Están todo el tiempo monitoreados y una alarma es activada cuando estos no funcionan de la forma adecuada.

Las condiciones de operación medioambientales son como a continuación se detalla:

| | |
|-------------------------------|---------------------------|
| Temperatura de operación | - 10 °C para +50 °C |
| Temperatura de almacenamiento | - 20 °C para +70 °C |
| Humedad | Máximo 95 % no condensado |
| Altitud | Hasta 5000 metros |

³⁰ Voltaje nominal.- rango de voltaje referido a un estándar convencional

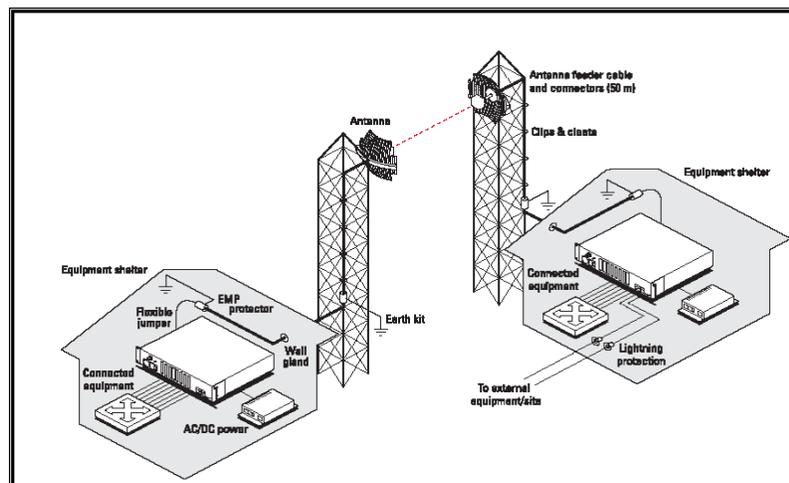
5.1.4 TIERRAS Y PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

Advertencia:

El relámpago fácilmente puede dañar equipo. Para evitar este riesgo, instalar dispositivos primarios de protección contra rayos

Para evitar este riesgo, instale dispositivos primarios de protección contra rayos.

Figura 5.8 Requerimientos mínimos de tierras y protección contra rayos.



Conectar a tierra la torre donde va a ser colocada la antena, los alimentadores y los dispositivos de protección para rayos de conformidad con los estándares locales y nacionales apropiados. El diagrama que se indica abajo muestra los requisitos mínimos.

Usar kits de tierra específicos o indicados por el fabricante del cable coaxial para poner correctamente las tierras o para adherir el cable exterior.

5.1.5 ACERCA DEL EQUIPO

Figura 5.9 Radio 4RF Aprisa XE

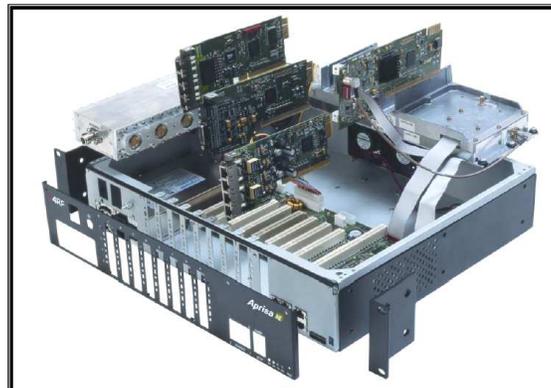


Las bandas de frecuencia en las cuales opera el equipo son: de 300 MHz hasta 2.7 GHz llevando tráfico Ethernet³¹, voz y datos sobre distancias superiores a 100 kilómetros.

El equipo de acceso digital es compacto y provee soluciones confiables para enlaces punto a punto sobre los 64 Mbit/s de capacidad del enlace y tiene también opciones de interfase configurable por el cliente integrado en la plataforma del radio.

MÓDULOS

Figura 5.10 Módulos del que están dentro del radio Aprisa XE



³¹ Ethernet es el protocolo por el cual se comunican las computadoras en un entorno de red

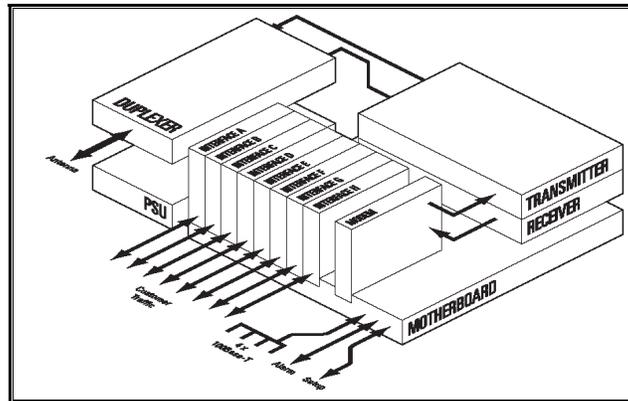
El equipo posee un diseño modular y es adaptable para un rack de 19 pulgadas.

Los cinco módulos principales alojados dentro del chasis son el transmisor/receptor, modem, tarjeta madre, suministro de potencia y duplexer. Las tarjetas de interfaz son acomodados dentro de las ocho ranuras de la interfaz en la tarjeta madre.

Los módulos están interconectados por varios buses en la tarjeta madre. Un duplexer puede ser montado interna o exteriormente.

Las interrelaciones entre los componentes son mostradas a continuación:

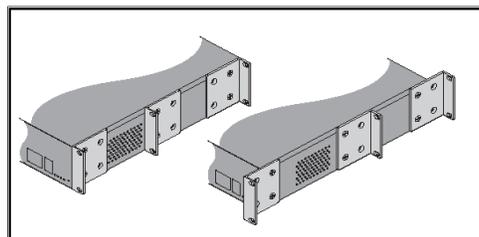
Figura 5.11 Interrelación entre los módulos



5.1.6 MONTAJE E INSTALACIÓN DEL EQUIPO

INSTALACIÓN DEL EQUIPO

Figura 5.12 Soportes de Montaje



El equipo está diseñado para montaje en un rack de 19 pulgadas y tiene incluido los soportes de montaje para rack.

Los soportes de montaje pueden ser frontales, medios o de montaje trasero como se muestra a continuación, de esta manera se puede lograr una instalación individual de acuerdo a los requerimientos. Una vez que los soportes estén colocados, muy cuidadosamente levantar el equipo a la posición en el rack, y asegurar con tornillos adecuados.

INSTALACION DE LA ANTENA Y CABLE DE ALIMENTACIÓN.

Cuidadosamente se debe montar la antena según las instrucciones del fabricante. Conectar el cable desde la antena hasta el lugar de instalación del equipo.

Advertencia:

Cuando la conexión este en funcionamiento, la antena emite Radio Frecuencia. No cruzarse, ni tocar la antena cuando esta este operando.

1. Colocar correctamente el conector tipo N macho o hembra del cable de alimentación a la parte final de la antena.
2. Cuidadosamente unir el cable de alimentación a la torre, usar sujetadores para cable por su seguridad.
3. Conectar la antena y el cable de alimentación. Asegurar fuertemente el conector tipo N. Impermeabilizar la conexión con un cobertor, cinta adhesiva o cualquier otro método seguro.
4. Colocar el apropiado conector tipo N macho del cable de alimentación de la antena al equipo (el equipo tiene un conector tipo N hembra).
5. Conectar el cable de alimentación al puerto de la antena en el equipo. Asegure fuertemente el conector tipo N.

CABLEADO DEL INTERFACE.

Todas las conexiones del interface están hechas con conectores tipo RJ 45 macho, las mismas que están conectadas dentro de la parte frontal de las tarjetas de interface.

El cableado de las tarjetas de interface DFXO³² Y DFXS³³ deben tener como tamaño mínimo de conductor un cable de diámetro 0.4 mm² (26 AWG).

SUMINISTRO DE ENERGIA.

Advertencia:

No conectar la fuente de energía del equipo sin antes haber terminado correctamente la instalación de las tarjetas de interfaz y de haber conectado la antena.

Antes de desconectar el cable de tierra de seguridad cuando se encuentre brindando mantenimiento al equipo, remueva la fuente proveedora de energía ya sea esta de AC o DC, así como también el cable de la antena, y todos los cables de interfaces del equipo.

SUMINISTRO DE DC.

Existen 4 fuentes de corriente continua para el equipo estos son: 12VDC, 12VDC de bajo poder, 24VDC Y 48VDC. Las entradas de corriente continua son de polaridad crítica por esta razón el voltaje DC debe ser aplicado con la correcta polaridad.

³² Los puertos FXO se comportan como terminales, necesitando del timbre que comportan las llamadas. Se conectan a ellos líneas analógicas de la vieja telefonía tradicional, también extensiones analógicas de centralita.

³³ Los puertos FXS tienen la capacidad de generar timbre en las llamadas, emulan líneas telefónicas analógicas, por lo que se conectan a ellos todo tipo de dispositivos que necesitan de ese timbre; teléfonos analógicos, faxes y líneas de enlace analógico de centralita

Tabla 5.1 Fuentes de DC

| VOLTAJE NOMINAL | RANGO DE VOLTAJE DE ENTRADA | POTENCIA MAXIMA DE ENTRADA | ENTRADA MAXIMA DE CORRIENTE | INTERRUPTOR DE CORTE DE DC RECOMENDADA |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--|
| +12VDC LP | 10.5 a 18 VDC | 53 W | 5 A | 8 A |
| ±12VDC | 10.5 a 18 VDC | 180 W | 18 A | 25 A |
| ± 24VDC | 20.5 a 30 VDC | 180 W | 8 A | 10 A |
| ± 24VDC | 40 a 60 VDC | 180 W | 4 A | 5 A |

Advertencia:

Todos los interruptores o breakers de DC que se muestran en la tabla anterior deben ser colocados entre la entrada de corriente continua del equipo y la fuente proveedora de energía.

Cada equipo o equipo MHSB debe tener su propio fusible o debe tener un Brecker de DC.

SUMINISTRO DE AC.

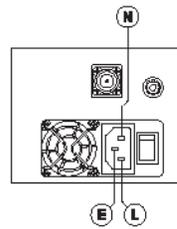
Existe una sola fuente de poder con corriente alterna para el equipo. Esta fuente de poder es auto sensible al operar con una entrada nominal de voltaje de 115 Vrms o 230 Vrms.

La fuente de entrada de poder está localizada en la parte frontal del panel y utiliza una conexión estándar. Además esta fuente de poder posee un interruptor de encendido ON y apagado OFF. También el kit de accesorios tiene un cable provisto para esta fuente de poder, dicho cable tiene preinstalado un conector de enchufe.

Tabla 5.2 Fuentes de Voltaje AC

| Voltaje nominal | Rango de voltaje de entrada | Potencia máxima de entrada | VA máximo | Frecuencia |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------|-----------|------------|
| 115 VAC | 103-127 Vrms | 180 W | 400VA | 47-63Hz |
| 230 VAC | 207-254 Vrms | 180 W | 400VA | 47-63Hz |

Tabla 5.3 Terminales



| TERMINAL | PODER DE ENTRADA | COLOR DE CABLE |
|----------|------------------|----------------|
| E | TIERRA | VERDE/AMARILLO |
| N | NEUTRO | AZUL |
| L | LÍNEA DE FASE | CAFÉ |

SEGURIDAD A TIERRA.

Figura 5.13 Protección a tierra

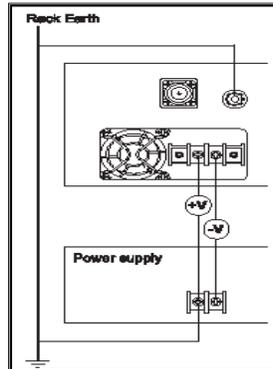
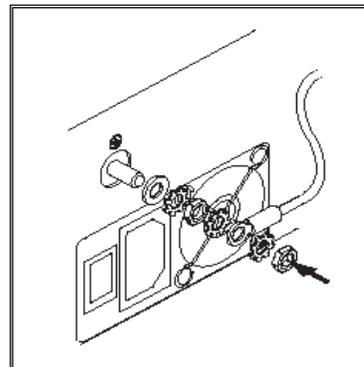


Figura 5.14 Conexión del cable de tierra



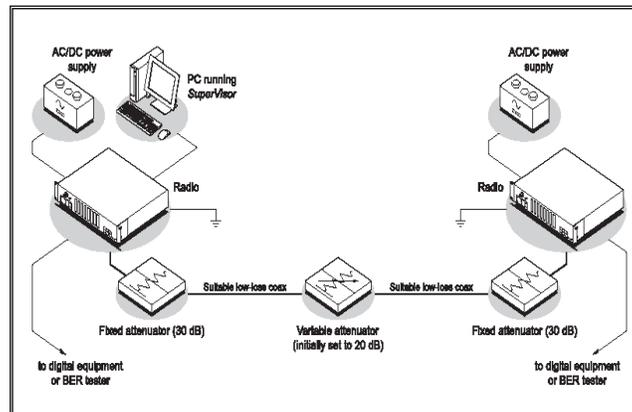
El chasis del equipo debe tener una protección a tierra conectada entre el montante de tierra del equipo y una conexión común de protección de tierra al rack. La fuente de poder de entrada DC puede ser tanto tierra positiva como negativa dependiendo de la fuente de poder disponible.

Conecte el chasis del equipo usando un cable de tierra conectado al panel frontal como se muestra en la **Figura 5.14**

CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN EN LABORATORIO

Antes de instalar la conexión en campo. Es muy recomendable que se realice una conexión de prueba como se muestra en la **Figura 5.15**

Figura 5.15 Configuración del equipo en laboratorio



Cuando configure el equipo para una prueba en laboratorio tomar en cuenta lo siguiente:

- ✓ Conexión a tierra: el equipo va a estar encendido todo el tiempo por lo que es necesario una adecuada conexión a tierra que evite que sobre voltajes dañen el equipo.
- ✓ Atenuadores: cuando se encuentre configurando en laboratorio, debe haber atenuadores cuyo valor en total sea de 60-80 dB a una frecuencia superior a 400 MHz que serán conectados a un cable coaxial de 50 Ohmios (capaz de llevar una potencia de transmisión de +34 dBm) entre los terminales tipo N de la antena.

Esto se puede lograr mediante 2 atenuadores de valores fijos y colocados a los terminales N de la antena y un atenuador variable de capacidad ≥ 60 dB. Se puede también usar atenuadores con otros valores con tal que consiga que el nivel de potencia de transmisión sea de máximo +33 dB y la potencia de recepción sea de máximo -20 dBm.

- ✓ Cables: es muy conveniente usar cables coaxiales con baja pérdida para frecuencias superiores a 400 MHz por 1 metro.

5.1.7 CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO

❖ CONEXIÓN HACIA EL PUERTO DEL EQUIPO.

Se puede configurar parámetros básicos del equipo conectándose a dicho equipo usando un cable para configuración. Esto es útil por ejemplo cuando se requiere confirmar direcciones IP³⁴ o de red puestas en el equipo.

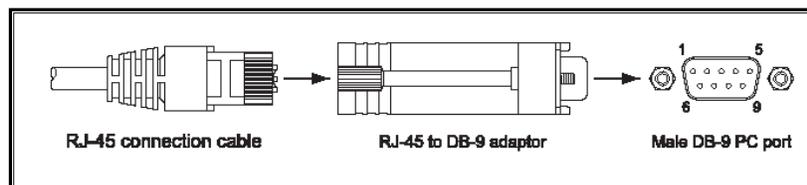
El equipo permite colocar contraseñas que eviten que personas ajenas ingresen a la configuración del equipo y consigan modificar algún parámetro configurado.

Un cable RJ-45 de conexión directa y un adaptador de conector RJ-45 a DB-9 es provisto en cada equipo.

1. Conectar el conector DB-9 en el puerto serial de la PC
2. Conectar el cable de conexión directa RJ-45 al adaptador requerido, tal como se muestra a continuación en la

Figura 5.16:

Figura 5.16 Configuración del equipo en laboratorio



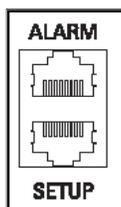
³⁴ Dirección IP.- Los equipos comunican a través de Internet mediante el protocolo IP (*Protocolo de Internet*). Este protocolo utiliza direcciones numéricas denominadas **direcciones IP** compuestas por cuatro números enteros (4 bytes) entre 0 y 255, y escritos en el formato xxx.xxx.xxx.xxx. Por ejemplo, 194.153.205.26 es una dirección IP en formato técnico.

3. Conectar el otro extremo del cable RJ-45 al puerto de configuración del equipo (SETUP)

Advertencia:

Conectar el puerto serial de la PC a la tarjeta de interfaz o al conector de alarma podría resultar dañino para la PC o para el equipo.

Figura 5.17 Puerto de configuración por HyperTerminal



CONFIGURACION DEL PUERTO PC COM

El software para la emulación usado en la computadora es el HyperTerminal y es usado para las configuraciones básicas del equipo.

Los parámetros configurados en los puertos PC COM son los mostrados a continuación:

Tabla 5.4 Parámetros a configurar en los puertos COM

| | |
|------------------|---------|
| Bits por segundo | 115200 |
| Bits para datos | 8 |
| Parada | Ninguno |
| Bits de parada | 1 |
| Control de flujo | ninguno |

EMPEZAR UNA SESIÓN EN EL HYPER TERMINAL.

1. Luego de encender el computador, debe dar un click en Inicio>programas>accesorios>comunicaciones>HYPERTERMINAL.
2. Digitar el nombre para una conexión y hacer un click en OK.

Figura 5.18 Nombre de la conexión



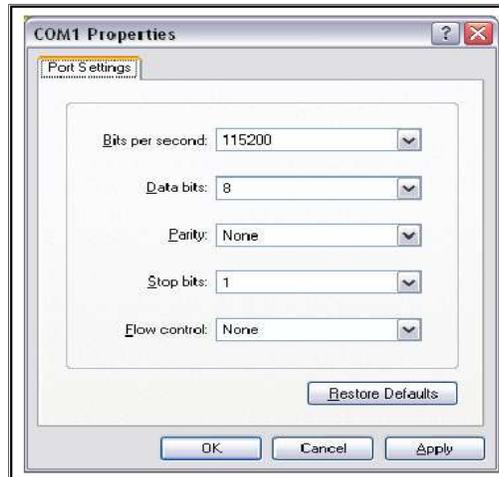
3. Seleccionar el puerto COM designado desde el icono en la parte inferior. Asegurarse que este puerto COM sea el mismo que se instalo anteriormente en el computador y hacer un click en OK.

Figura 5.19 Puerto COM seleccionado



- Introducir los datos como se muestra a continuación.

Figura 5.20 Ingreso de parámetros de configuración

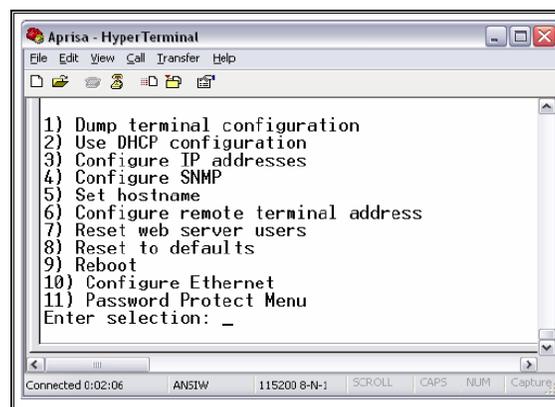


- Quando se ha completado las configuraciones, se hace un click en OK, el mismo que abrirá la ventana de HyperTerminal.
- Conectar el equipo.

NOTA: Si la energía fue conectada al terminal antes de iniciar una sesión HyperTerminal, presione la tecla Enter para iniciar la conexión.

Quando el terminal haya terminado exitosamente de ponerse en marcha, podremos acceder al menú de configuración.

Figura 5.21 Menú de configuración

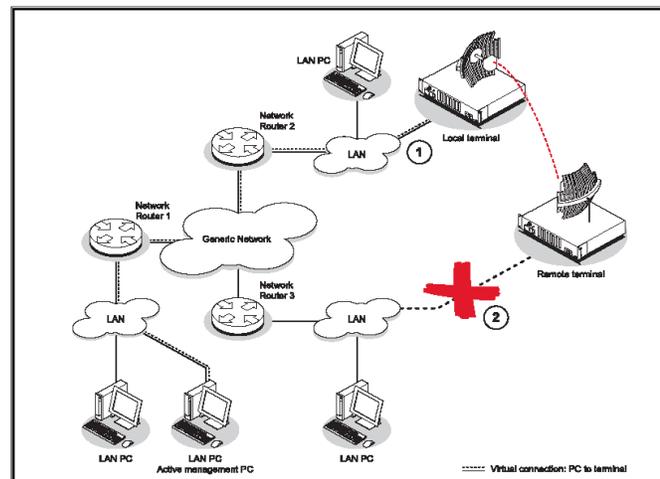


❖ CONEXIÓN AL INTERFACE ETHERNET DEL EQUIPO

El acceso principal a un equipo para administración es con una interfaz Ethernet usando estándares de red IP. Debería haber sólo una conexión de Ethernet del equipo a la red de administración.

El acceso principal a un equipo para administración es con una interfaz Ethernet usando estándares de red IP. Debería haber sólo una conexión de Ethernet del equipo a la red de administración.

Figura 5.22 Conexión de la PC a un interface Ethernet



Los equipos están pre-configurados para usar direccionamiento IP dentro de una misma red. Esto quiere decir que los equipos son usualmente reconocidos por su sistema operativo sin cualquier reconfiguración.

En el ejemplo mostrado, la PC administrativa activa sólo debe tener una conexión para el enlace como se muestra por el camino 1. No debe haber ningún camino alternativo que la PC administrativa activa pueda usar vía a un router alternativo o una LAN alterna ya que dejaría que el tráfico de administración esté en un lazo como se muestra por camino 2.

REQUERIMIENTOS DEL COMPUTADOR PARA SUPERVISOR.

SuperVisor necesita por lo menos las siguientes características de PC.

- ✓ Microsoft Windows 95/98, 2000 NT o XP.
- ✓ Computadora persona con 88 MHz Pentium 3.
- ✓ 128 MB de memoria RAM(se requiere la aplicación Java en no menos de 32MB de memoria física)
- ✓ 108 MB libres en el disco duro.
- ✓ Interfase Ethernet (Conexión de área local).
- ✓ Puerto COM.
- ✓ Navegador de red con aplicación Java tal como Mozilla Firefox (recomendado), Microsoft Internet Explorer 5.0 o Netscape Navigator 6.0, recuerde que SuperVisor soporta otros navegadores.
- ✓ Java JRE 1.5.

| |
|--|
| NOTA. Las aplicaciones Java, Mozilla Firefox, Microsoft Internet Explorer 5.0 están provistas en CD-ROM que viene adjunto con el equipo. |
|--|

CONFIGURACIÓN DE LA PC PARA QUE FUNCIONE SUPERVISOR.

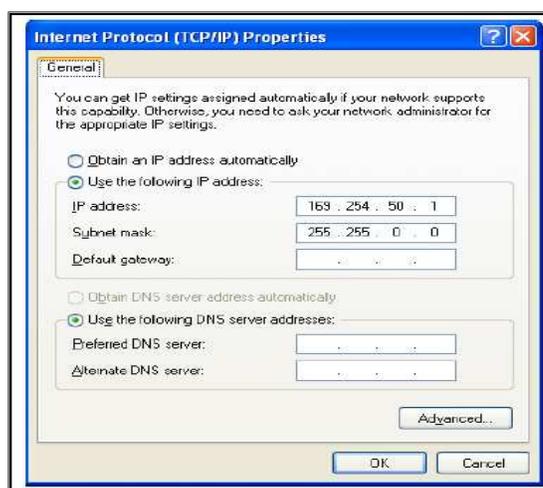
Cambiar la dirección ip del computador.

Si previamente el computador ha sido utilizado con otras aplicaciones, podría necesitar cambiar las Dirección IP y la máscara de subred. Previamente se necesitara los derechos y autorizaciones del administrador de red para cambiar la configuración. La dirección IP a utilizar debe estar dentro de la misma red del equipo.

Ejemplo para Windows XP: Configuración de la dirección IP

1. Abrir el panel de control.
2. Abrir el icono conexiones de red haga un click derecho sobre Conexión de área local y seleccione propiedades.
3. Hacer un click en la pestaña General.
4. Hacer un click en Protocolo de Internet (TPC/IP) y haga un click en propiedades.
5. Digitar la dirección IP y la máscara de sub red, como se muestra en el ejemplo.
6. Hacer un click en OK y luego cerrar el panel de control.

Figura 5.23 Pantalla de configuración de la dirección IP en la PC



Si el equipo está programado en una sub red diferente de la red del computador, configurar la dirección por defecto del gateway a la dirección del gateway de la red, la misma que es la que usa un router para conectar las sub redes.

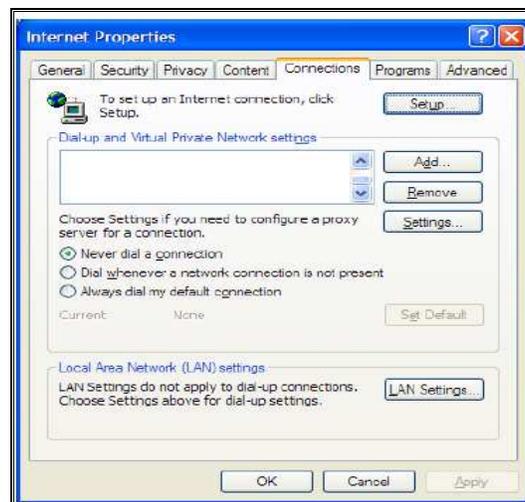
Como cambiar el tipo de conexión del computador.

Si el computador ha sido previamente utilizado con otras conexiones tales como dial-up (conexión a Internet utilizando línea telefónica). Es necesario cambiar la configuración de las conexiones de Internet en el computador a “nunca usar una conexión de marcado” o “never dial a connection” para conectarse.

Ejemplo para Windows XP.

1. Abrir el panel de control.
2. Abrir el icono de opciones de Internet y hacer click en la pestaña conexión.
3. Hacer click en Never dial conectaron (jamás usar una conexión de marcado)
4. Hacer click en OK y cerrar la ventana del panel de control.

Figura 5.24 Pantalla de configuración del tipo de conexión



DIRECCIONES IP DE LOS TERMINALES.

Cuando se está dentro de un enlace, es importante que entender la relación entre el equipo local y remoto y extremo cercano y lejano.

El equipo **extremo cercano** es el equipo que tiene su puerto de red físicamente conectado a la red IP.

El equipo **extremo lejano** es el equipo que está en el otro extremo del enlace desde el equipo extremo cercano, comunica a través de la conexión administrativa sobre el enlace de radio al equipo extremo cercano.

El **equipo local** es el equipo en el cual está activo SuperVisor y se muestra en la parte izquierda de la pantalla de SuperVisor. El equipo local puede ser un equipo extremo cercano o lejano.

El **equipo remoto** es el equipo que está al otro extremo del enlace desde el equipo local y se muestra en la parte derecha de la pantalla SuperVisor.

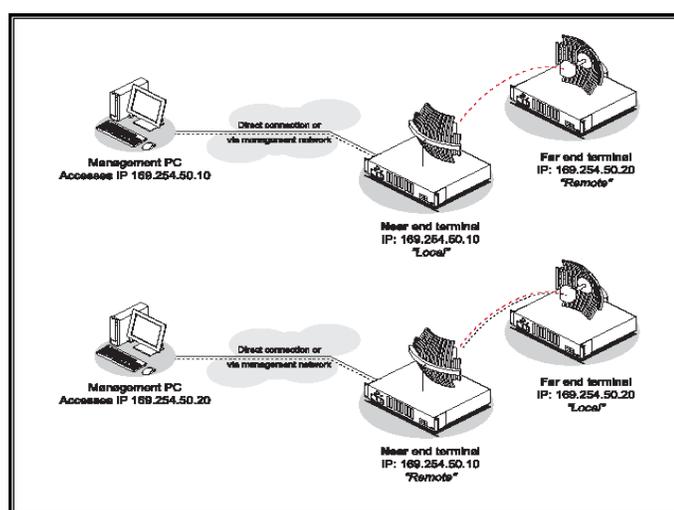
Para prevenir cualquier confusión cuando el SuperVisor está operando, determinar la dirección IP del extremo cercano y cargarla dentro de ese equipo. Este es ahora el equipo local.

La distinción es importante para:

- Algunas funciones pueden ser llevadas fuera de un equipo local.
- Cuando se tiene diferentes configuraciones en cada extremo del enlace, se alteraran las comunicaciones entre los equipos. En esas circunstancias es importante realizar los cambios en el equipo extremo lejano del primer enlace. El enlace se pierde luego sólo hasta que la configuración del equipo extremo cercano esté completada y la comunicación restaurada.

Si el equipo extremo cercano es modificado primero, el enlace se pierde por mucho más tiempo hasta que el personal vaya donde está el equipo extremo lejano a restaurar el enlace o se restaure el equipo extremo cercano para unirlo con el extremo lejano, re estableciendo el enlace, luego comience de nuevo el proceso, esta vez con el equipo del extremo lejano primero.

Figura 5.25 Equipo local y equipo remoto



5.1.8 ADMINISTRACIÓN DEL EQUIPO

El menú principal de comandos y órdenes puede ser utilizado para:

- Proveer accesos básicos al equipo y configurar direcciones IP.
- Revisar y guardar configuraciones básicas del equipo.

La aplicación SuperVisor 4RF es un instrumento de operación embebido especialmente diseñado para los equipos Aprisa XE, el mismo que puede ser utilizado para:

- Configurar el radio y los parámetros de interface.

- Configurar conexiones cruzadas (cross connection)³⁵ entre interfaces de tráfico.
- Supervisar el rendimiento, el estado de funcionamiento y los detalles de alarma.

OPCIONES PARA PROGRACI3N POR HYPERTERMINAL.

- Una vez que los equipos sean instalados y el enlace haya sido establecido y las sesiones del HyperTerminal est3n siendo ejecutadas, presione la tecla enter.
- Seg3n la siguiente descripci3n, seleccione la mejor opci3n:

Tabla 5.5 Men3 principal al utilizar la configuraci3n por el puerto SETUP

| Selecci3n | Explicaci3n |
|--|---|
| 1. Dejar la configuraci3n del equipo | Esta funci3n muestra datos b3sicos tales como ID, datos IP, frecuencia de TX (trasmisi3n) y RX (recepci3n) |
| 2. Uso de la configuraci3n DHCP. | Esta funci3n borra cualquier direcci3n IP presente y busca nuevas direcciones v3a DHCP. |
| 3. Configuraci3n de direcciones IP. | Utilizar esta funci3n si se quiere cambiar direcciones IP de los equipos locales |
| 4. Configuraci3n SNMP | Utilice esta funci3n para configurar una comunidad SNMP |
| 5. Configuraci3n de hostname. | Configura un nombre que puede ser usado en conjunto con DNS. |
| 6. Configuraci3n de la direcci3n del equipo remoto | Usada para cambiar la direcci3n IP del equipo remoto. |
| 7. Reiniciaci3n por defecto. | Reinicia la configuraci3n de todos los equipos como frecuencia, potencia, configuraciones IP y configuraciones SNMP, esto significa que cuando la terminal se reinicia el enlace se pierde. |
| 8. Reiniciaci3n de usuarios servidores de web | Restaura por defecto las programaciones de f3brica de los nombres de usuarios y contraseñas. |

³⁵ Cross-connect es similar a una conmutaci3n de circuito, pero hay diferencias fundamentales entre ellas. La principal diferencia es que una conmutaci3n trabaja como una conexi3n temporal la cual se realiza bajo el control de un usuario final, mientras que una cross-connect es una t3cnica de transmisi3n usada para establecer conexiones semi-permanentes bajo el control del operador, a trav3s de su sistema de gesti3n de red. El operador cambiar3 esta conexi3n semi-permanente seg3n cambie el patr3n del tr3fico.

| | |
|--|--|
| 9. Reinicio. | Reinicia el sistema. |
| 10. Configuración Ethernet. | Usar esta función para reiniciar la configuración Ethernet por defecto y exhibir la configuración Ethernet. |
| 11. Protección del menú por contraseña | Utilizar esta función para proteger mediante una contraseña para evitar el acceso de personal no autorizado. La contraseña es "SETUPXE". |

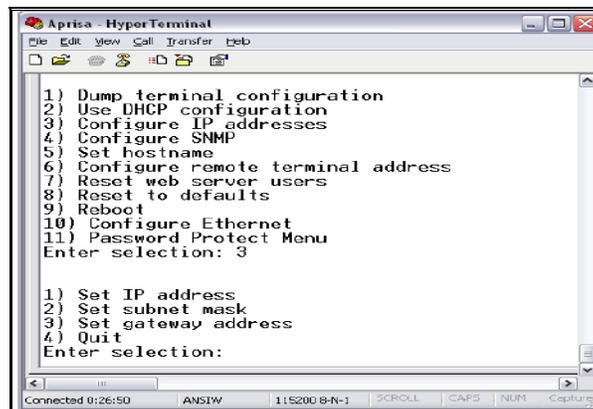
Conseguir o configurar la dirección IP usando el HyperTerminal.

1. Conseguir o configurar la dirección IP usando el HyperTerminal:

En la sugerencia que muestra la pantalla de la *Figura 5.27* como opción 1. Aparece la siguiente información:

- La dirección IP del equipo local
- La máscara de subred y el Gateway por defecto.
- La dirección del equipo remoto.
- Servidor TFTP
- Frecuencia de transmisión y recepción
- Modulación
- Canal

Figura 5.26 Resultado de seleccionar la opción 3 del menú principal



Configurando la dirección IP del equipo usando SETUP:

1. De las opciones que aparecen en la sesión de HyperTerminal seleccionar la opción 3.
2. Aparecerá un menú con las siguientes opciones:
 1. Dirección IP
 2. Máscara de subred
 3. Dirección de gateway.
 4. Salir
3. Para cambiar la dirección IP seleccionar la opción 1 del menú que aparece, se debe usar un formato estándar xxx.xxx.xxx.xxx y presionar enter.
4. Luego seleccionar la opción 2 para cambiar la máscara que tendrá un mismo formato que la dirección IP, presionar enter.
5. Configurar el Gateway usando la opción 3.
6. Presione 4 (salir) para retornar al menú principal.
7. Presione 6 para configurar la dirección IP del equipo remoto.

Importante:

Asegurarse que las direcciones IP del equipo local y remoto estén dentro de la misma subred como el computador que está siendo usado para configurar los

8. Del menú principal seleccionar 9 para confirmar lo configurado, saldrá como pregunta lo siguiente: ¿está seguro si/no?. Al poner que si, se reiniciará el sistema.

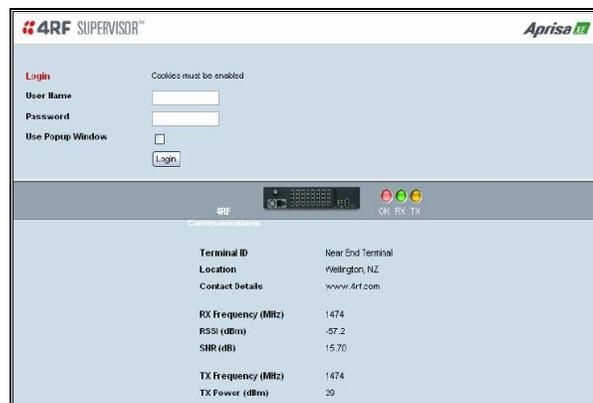
SuperVisor 4RF.

El software de administración está pre-cargado dentro de un servidor de web integrado con el equipo. El SuperVisor corre con una aplicación Java.

Se puede usar la SuperVisor para:

- Mostrar y configurar los parámetros del equipo.
- Mirar las alarmas del equipo.
- Monitorear el rendimiento y el estado del enlace.
- Controlar la utilización del terminal.
- Programar de mejor manera el software del equipo.
- Guardar y cargar archivos de configuración.
- Guardar en un archivo la información de rendimiento y error, si hubiese existido alguno.

Figura 5.27 Pantalla de 4RF Supervisor



INGRESO AL PROGRAMA SuperVisor.

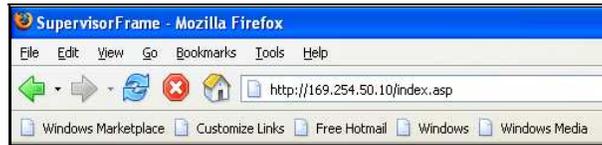
El número máximo de usuarios que pueden estar conectados al equipo son 5.

Si el SuperVisor está inactivo por un periodo de 30 minutos, el equipo automáticamente expulsara al usuario.

Para entrar al sistema con el SuperVisor.

- 1- Abrir el navegador de red y digitar la dirección IP del equipo.

Figura 5.28 Ingreso de dirección IP del equipo a supervisar



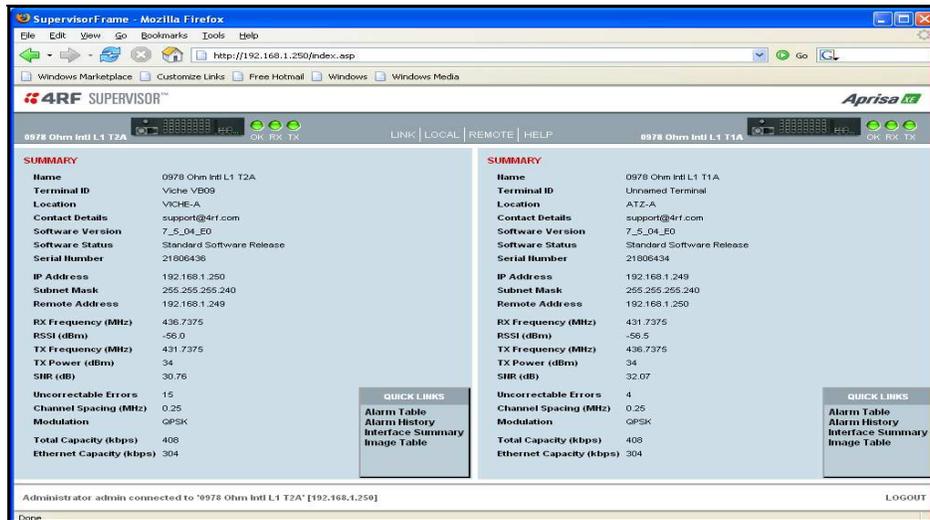
- 2- Conectarse utilizando el nombre de usuario y la dirección que ha sido asignada, en el caso de los equipos APRISA XE será **“admin”**.

Figura 5.29 Ingreso del nombre de usuario y contraseña (password)

| | |
|------------------|--------------------------------------|
| Login | Cookies must be enabled |
| User Name | <input type="text"/> |
| Password | <input type="password"/> |
| Use Popup Window | <input type="checkbox"/> |
| | <input type="button" value="Login"/> |

- 3- Si se desea una ventana de navegación separada para conectarse después de que haya guardado los cambios, seleccione la opción USE POPUP WINDOW. La pagina inicio de sesión permite mirar y configurar funciones en otra página. Esta función es muy útil si usted tiene más de una conexión para configurar. Por ejemplo protección de terminales.
- 4- Cuando se está dentro del equipo, en la opción **Summary** se observa el resumen de los parámetros configurados tanto en el equipo local como en el equipo remoto.

Figura 5.30 Resultado de usar la opción SUMMARY



SALIDA DEL PROGRAMA SuperVisor.

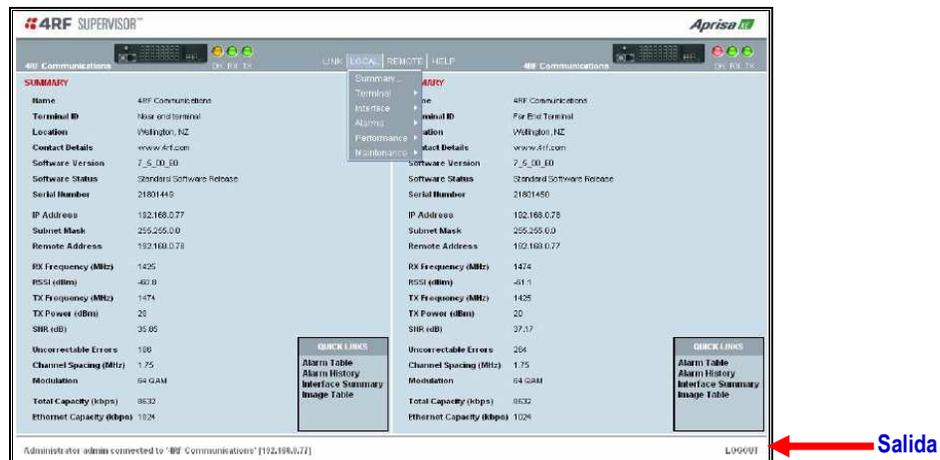
Si no se termina la comunicación correctamente puede restringirse el acceso a una terminal hasta después de periodo de restricción 30 minutos

Si el SuperVisor es cerrado sin previamente terminar la comunicación, el equipo terminara automáticamente la comunicación del usuario después de 30 minutos.

Para terminar la comunicación del SuperVisor.

1. Haga click en el botón LOGOUT- salida, en la barra de sumario-SUMMARY

Figura 5.31 LOGOUT (SALIDA)

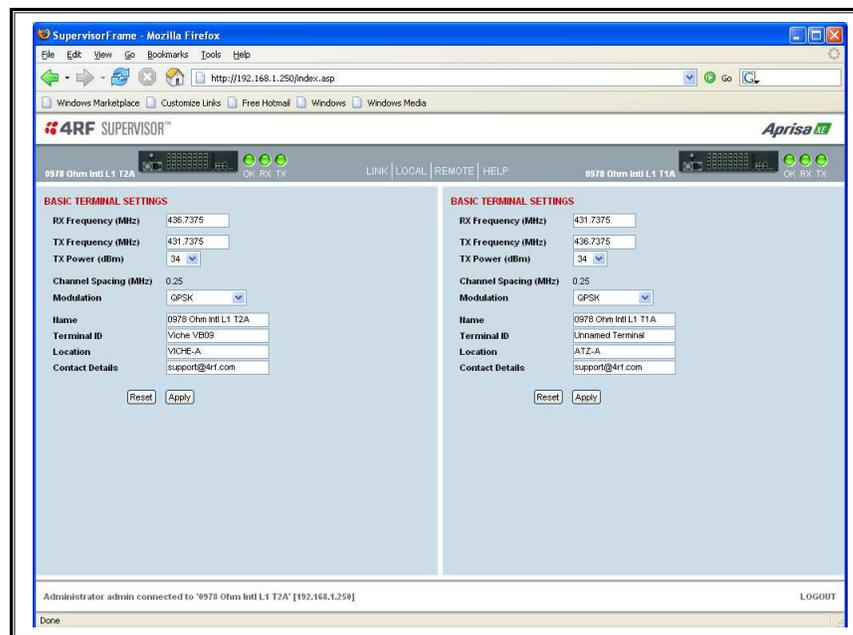


5.1.9 CONFIGURACIÓN DE FRECUENCIA MEDIANTE SUPERVISOR

Para configurar la frecuencia a ser utilizada en el enlace se siguen los siguientes pasos:

1. Seleccionar link, local o remote > Seleccionar Terminal> Seleccionar Basic
2. En La pantalla que aparece configurar los parámetros requeridos. Ver *Figura 5.22*
3. Seleccionar Apply.

Figura 5.32 Configuración de Frecuencias para el radioenlace

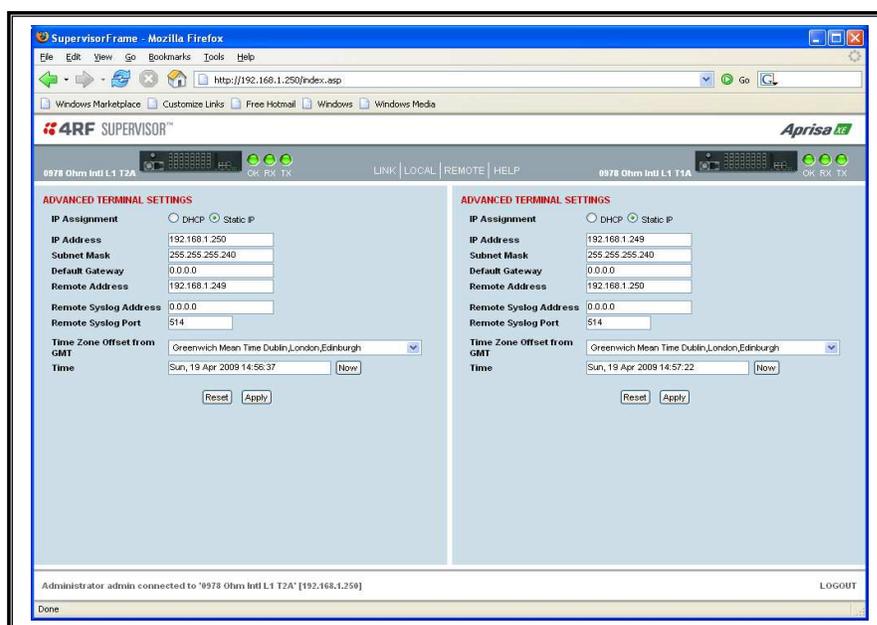


5.1.10 CONFIGURACIÓN DE DIRECCIONAMIENTO IP MEDIANTE SUPERVISOR

Para configurar la frecuencia a ser utilizada en el enlace se siguen los siguientes pasos:

1. Seleccionar link, local o remote> Seleccionar Terminal>Seleccionar Advanced
2. En la pantalla que aparece configurar los parámetros requeridos. Ver **Figura 5.34**
3. Seleccionar Apply

Figura 5.33 Configuración de Direccionamiento IP



5.1.11 PROTECCIÓN DE EQUIPOS

MONITOREO HOT STAND BY (MHSB)

Un equipo protegido consta de dos radios interconectados utilizando un switch de tributarios y de RF (Radio Frecuencia).

La conmutación MHSB protege los terminales contra cualquier falla simple en los radios, así como también los monitoreos de la alarma de salida de cada radio y la conmutación entre radios si aparecen alarmas en el enlace.

Los conmutadores MHSB usan un CPU para monitorear el estado de la alarma recibida desde los puertos de alarma de ambos radios que están conectados. Cuando se ha detectado una alarma mayor relevante en el equipo activo (eso es, en transmisión, recepción, fuente de alimentación y modem) el conmutador del CPU cambia a todo un banco de interruptores, que a su vez cambian todos los interfaces y la transmisión del puerto desde la radio principal a la función de radio Stand By. La radio Stand By ahora se convierte en la radio activa.

El switch de tributarios y el switch de RF están instalados en un rack de 19 pulgadas. El switch MHSB está disponible para las siguientes bandas, 300, 400, 700, 900, 1400, 2000 y 2500 MHz

PANEL FRONTAL DEL SWITCH DE TRIBUTARIOS

Figura 5.34 Panel frontal del switch de tributarios

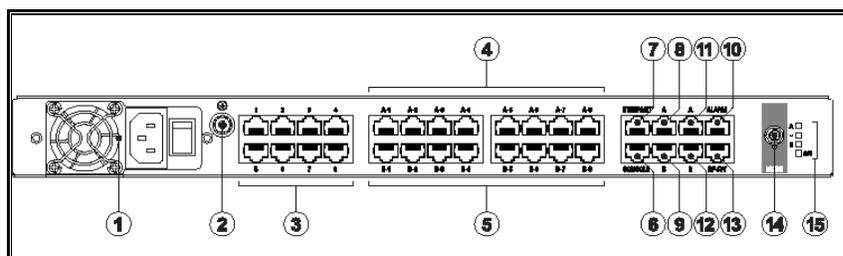


Tabla 5.6 Descripción del Panel frontal del switch de tributarios

| No | Descripción | Explicación |
|----|----------------------------|---|
| 1 | Entrada de fuente de poder | Entrada para AC o DC |
| 2 | Protección a tierra | El equipo M5 provee una protección del equipo ante descargas eléctricas |
| 3 | Puertos de interfaces | Puerto de conexión para las interfaces del equipo del usuario |
| 4 | Interfases de radio A | Estos se conectan a los puertos interfaces de radio A. |
| 5 | Interfases de radio B | Estos se conectan a los puertos interfaces de radio B. |
| 6 | Consola | Para el uso de la fábrica solamente. |
| 7 | Ethernet | Puerto de conexión de la red Ethernet del cliente. Este |

| | | |
|----|----------------------|--|
| | | puerto es también usado para configuración y manejo de los radios sobre remotamente sobre una red IP |
| 8 | Ethernet del radio A | Se conecta a los puertos Ethernet en el radio A |
| 9 | Ethernet de radio B | Se conecta a los puertos Ethernet en el radio B |
| 10 | Alarmas | Conexiones de entrada y salida para el equipo del usuario |
| 11 | Alarmas de radio A | Conectan a un puerto de alarma en la radio A, |
| 12 | Alarmas de radio B | Conectan a un puerto de alarma en la radio B. |
| 13 | RF SW | Provee energía y señalización al switch de RF |
| 14 | Modo switch | Hay tres posiciones de interruptor para configurar el modo MHSB dentro de la modalidad automática o dentro del modo de prueba del radio A / radio B. |
| 15 | Indicadores LEDs | LEDs indicadores del estado del enlace. |

LEDS EN PANEL FRONTAL DEL SWITCH DE TRIBUTARIOS

Tabla 5.7 Descripción de leds en el panel frontal del switch de tributarios

| LED | COLOR | APARIENCIA | EXPLICACIÓN |
|-----|-------|-------------|---|
| A | Verde | Encendido | El radio esta activo y todo en perfecto estado. |
| | Verde | Destellando | El radio esta en el modo Stand by |
| | Rojo | Encendido | El radio esta activo y existe una falla |
| | Rojo | Destellando | El radio esta en modo Stand By y existe una Falla. |
| B | Verde | Encendido | El radio esta activa y funcionando |
| | Verde | Destellando | El radio esta en modo Stand By y funcionando |
| | Rojo | Encendido | El radio esta activo y existe una falla. |
| | Rojo | Destellando | El radio esta en modo Stand By y existe una Falla. |
| ~ | Verde | Encendido | El switch de protección de tributarios esta en el modo automático. "auto" |
| | Rojo | Encendido | El switch de protección de tributarios esta en el modo manual (A/B) |
| On | azul | Encendido | Indican que existe energía hacia el switch de protección de tributarios. |

PANEL FRONTAL DEL SWITCH DE RF

Figura 5.35 Panel Frontal del Switch de RF

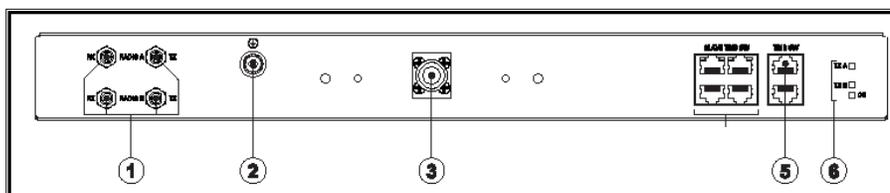


Tabla 5.8 Descripción del panel frontal de RF

| No. | DESCRIPCIÓN | EXPLICACIÓN |
|-----|-----------------------|--|
| 1 | Radio QMA | Conectores QMA para conectar los radios protegidos. |
| 2 | Protección a tierra. | El terminal M5 concentrado para una conexión hacia un conector de conexión externa contra descargar eléctricas |
| 3 | Puerto de antena. | El conector de tipo N hembra es para conectar el cable de alimentación de la antena. Si un duplexer externo es colocado, el puerto de la antena estará en el duplexer externo. |
| 5 | Switch de Tributarios | Conecta el switch de RF al switch de tributarios. |
| 6 | Indicadores LEDs | Indica el estado de los LEDs |

LEDS DEL SWITCH DE PROTECCIÓN DE RF

Tabla 5.9 Descripción de Leds en el switch de RF

| LED | COLOR | APARIENCIA | EXPLICACIÓN |
|------|-------|------------|---|
| Tx A | Verde | Encendido | RF está siendo recibida desde la radio A |
| Tx B | Verde | Encendido | RF está siendo recibida desde la radio B |
| ON | Azul | Encendido | Indica que hay energía hacia el switch de protección de RF. |

CABLEANDO MHSB

Los dos radios deben estar interconectados como se muestra a continuación.

Precaución:

No conecte el transmisor al receptor o el receptor al transmisor esto puede dañar el radio o el switch MSHB.

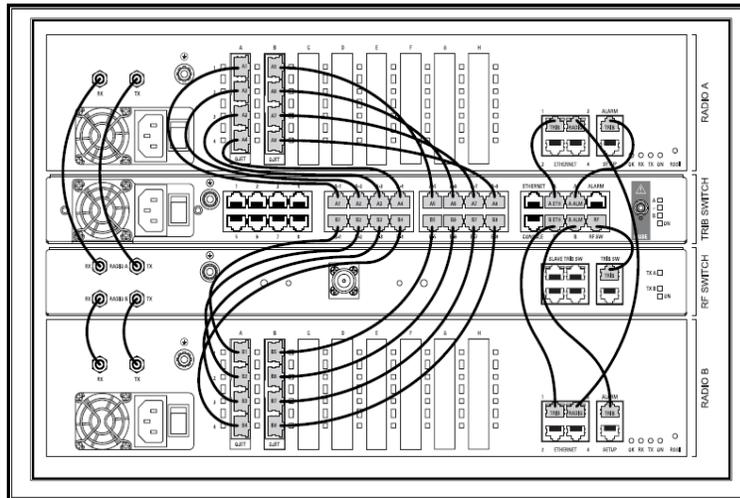
CABLES PROVISTOS CON MSHB.

Los siguientes cables están provistos con el terminal MSHB.

- Interface Ethernet: cables para puertos RJ-45 estándar TIA-568A.

- Interface de alarma: cables para puertos RJ-45 estándar TIA-568A.
- Puertos RF: dos cables de RF con conector QMA

Figura 5.36 Radios en modo MSHB



CONFIGURACIÓN DE RADIOS PARA MODO PROTEGIDO (MSHB).

El switch MSHB no requiere ningún software especial. Sin embargo, los radios conectados al switch MSHB deben ser programados para trabajar con el switch MSHB. Estas conexiones programan las salidas y entradas de alarma para funcionar bajo el modo MSHB.

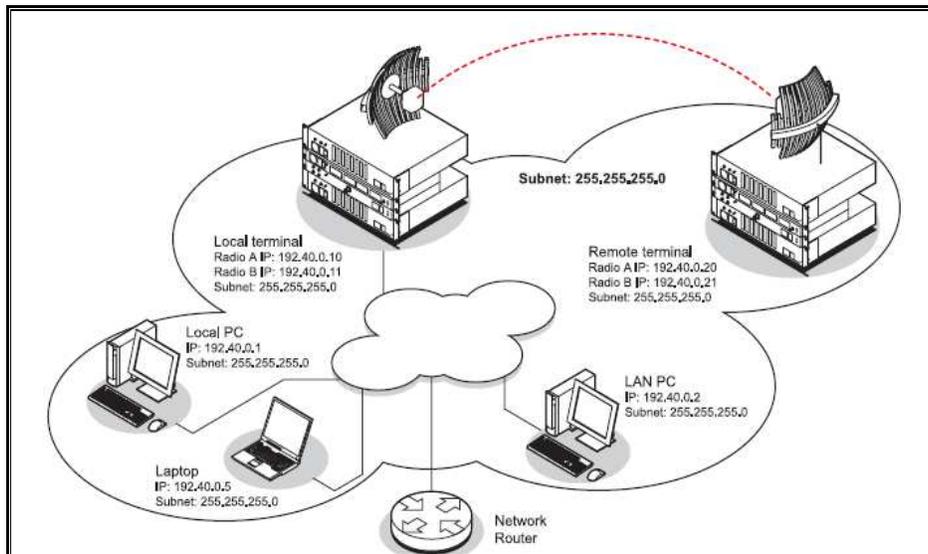
Se debe configurar las interfaces de ambos radios al switch MSHB de la misma manera. Para realizar esto se puede conectar directamente a la radio o usar el modo de prueba del switch MSHB.

CONFIGURACION DE DIRECCION IP.

Antes de configurar el enlace, hay que asegurarse que los dos enlaces independientes tengan correctamente configurado los detalles de las direcciones IP.

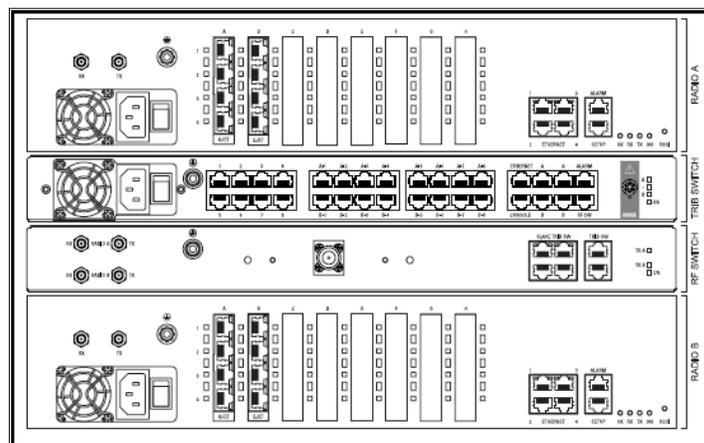
Todos los cuatro radios en enlace protegido deben estar en la misma subred, para nuestro caso se mantienen por defecto las direcciones asignadas por el fabricante.

Figura 5.37 Configuración de direccionamiento IP presentado como ejemplo



MONTAJE DE LOS RADIOS EN MODO MHSB Y DE SWITCH.

Figura 5.38 Montaje de los radios



Una vez que las direcciones IP han sido configuradas correctamente, es muy importante conectar los puertos Ethernet y de alarma de los

radios A y B correctamente. En general, montar un radio A encima del switch MSHB y el radio B por debajo del switch MSHB.

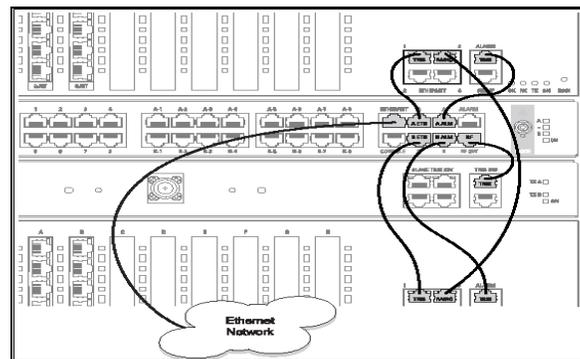
Hay una conexión Ethernet entre alguno de los cuatro puertos Ethernet en cada radio y el puerto Ethernet del switch de tributarios. También hay una conexión entre el radio A y el radio B, la cual asegura que el tráfico Ethernet se mantiene si uno de los radios pierde potencia.

El puerto Ethernet en el switch de protección puede ser conectada a un hub Ethernet o a un switch para permitir múltiples conexiones.

Importante:

La capacidad administrativa de Ethernet en cada uno de las cuatro radios en el equipo protegido debe ser idéntica para trabajar con comunicaciones remotas y sólo debería haber una conexión IP para la red administrativa (por el puerto Ethernet del switch de tributarios).

Figura 5.39 Configuración Ethernet



CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS POR MSHB

Es recomendable configurar primero el radio A y su respectivo radio remoto, luego el radio local B y su respectivo radio remoto. Ambos radios locales A y B deben ser configuradas idénticamente y ambos radios remotos A y B deben ser configuradas idénticamente.

Consejo:

Como se indica a continuación, se puede tener dos sesiones del navegador corriendo simultáneamente, con lo cual fácilmente se verá ambos lados, osea el lado A y el lado B del enlace protegido.

PARA CONFIGURAR LA OPERACIÓN MSHB

1. Seleccione Link > Maintenance > MHSB.

Figura 5.40 Configuración mediante SUPERVISOR



2. Enable (Habilitar) el modo MHSB.
3. Seleccionar que radio es, si es A o B.
 - Asegurarse que el radio conectado al lado A del switch de protección (normalmente por encima del switch MSHB) este configurado al radio A y que el radio conectado al lado B del switch de protección (normalmente por debajo del interruptor MSHB) este configurado al radio B.
 - En el caso de un corte de energía, los radios serán cambiados al lado A del switch de protección cuando la energía sea restablecida. el lado A es también el lado activo pre determinado por el fabricante.

4. Cuando usted haya realizado los cambios haga un click en Apply o apply changes o Reset para volver a la última configuración.
5. Repetir los pasos 2 al 4 para el otro lado del enlace protegido.

BORRANDO ALARMAS MHSB

Si un cambio de interruptor se produjera, el LED OK en el panel frontal así como también en el estado del equipo y en la barra de menú en el SuperVisor, cambia de color a naranja.

1. Seleccionar Clear Switched Alarm desde la lista desplegada en MSHB Command.

Figura 5.41 Borrando configuración MHSB

The screenshot shows the 'MHSB CONTROL' interface. It includes the following elements:

- MHSB Mode:** Radio buttons for 'No' and 'Yes' (selected).
- MHSB Radio Select:** Radio buttons for 'None', 'Radio A' (selected), and 'Radio B'.
- MHSB Status:** Text indicating 'Not Available'.
- MHSB Command:** A dropdown menu with 'None' selected. A 'Reset' button is located to the left of the dropdown. The dropdown menu is open, showing the following options: 'None', 'Clear Switched Alarm' (highlighted), and 'Force Switchover'.

2. Haga click en Apply Changes o en reset para reiniciar la página.

5.1.12 CROSS CONNECTION

SWITCH DE CROSS CONNECTION EMBEBIDO

El switch de cross connection embebido distribuye la capacidad a cada una de las interfaces.

El tráfico puede ser distribuido a cualquiera de los puertos de interfaces, así como también la interfaz integrada de Ethernet. Esto provee la flexibilidad para reconfigurar tráfico acorde a los cambios por demanda de la red.

APLICACIÓN CROSS CONNECTION

La aplicación Cross Connection es una aplicación de software que es usada para:

- ❖ Administrar los switches de cross connection dentro de las terminales.
- ❖ Crear cross connection entre los puertos de interface de tráfico dentro de una terminal.
- ❖ Crear cross connection entre los puertos de interface de tráfico de una manera simétrica.
- ❖ Enviar y activar la configuración de cross connection.
- ❖ Guardar y cargar los archivos de configuración

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

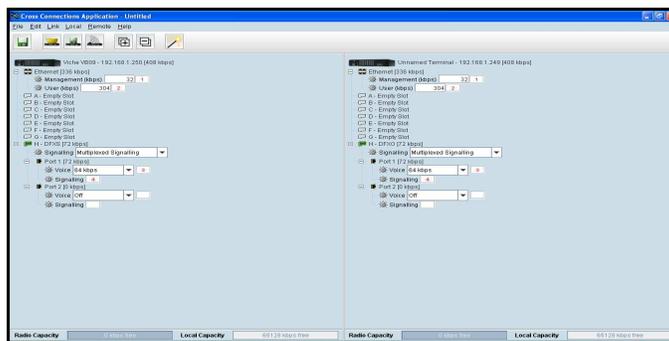
La aplicación Cross Connections requiere los siguientes requisitos mínimos de la PC:

- ❖ 1024 x 768 de resolución de pantalla
- ❖ Interfaz de Ethernet
- ❖ Máquina Virtual Java

CONFIGURACIÓN DE CROSS CONNECTION

1. Seleccionar link > Interface > Cross Connection
2. Una vez que se carga la aplicación de cross connection se puede ver la siguiente pantalla:

Figura 5.42 Pantalla de la aplicación de cross connection



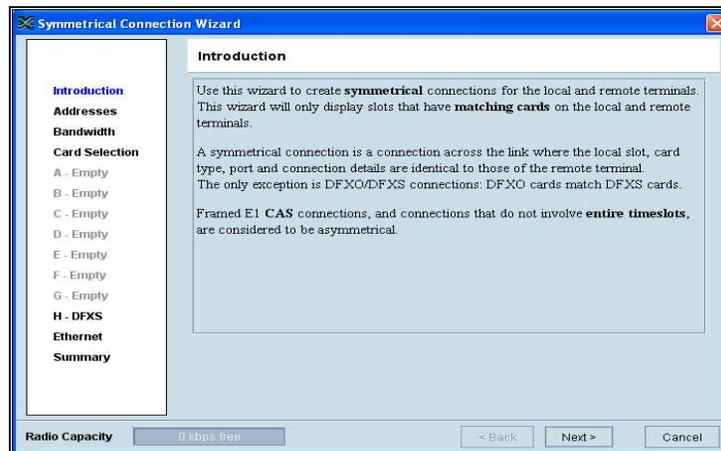
3. En la barra de herramientas se observa las siguientes opciones:

Tabla 5.10 Explicación de las opciones presentes en la aplicación de cross connection

| Botón | Explicación |
|---|---|
|  | Guarda el archivo de la configuración de cross connection en un diskette, el botón cambia a naranja cuando se ha hecho cambios que no han sido guardados todavía. |
|  | Obtiene la configuración de cross connection desde una terminal local o remota. |
|  | Guarda la configuración de cross connection en el equipo local o en el equipo remoto. El botón cambia a naranja cuando se han hecho cambios que no han sido enviados al equipo todavía. |
|  | Activa la cross connection en el equipo local o en el equipo remoto. Cambia a naranja cuando la cross connection que se tiene no ha sido activada todavía. |
|  | Expande todos los puertos para todas las tarjetas de interfaz. |
|  | Colapsa a todos los puertos por todas las tarjetas de interfaz |
|  | Abre una configuración simétrica. |

- Para una configuración simétrica tanto del equipo local como del equipo remoto seleccionar el botón que tiene como figura una varita.
- Aparecerá la siguiente ventana:

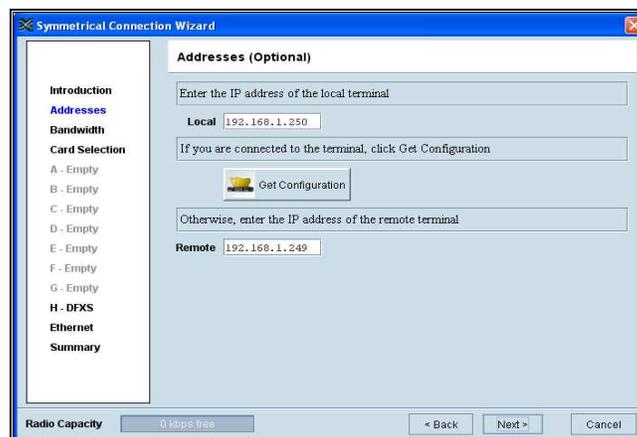
Figura 5.43 Introducción



Seleccionar next.

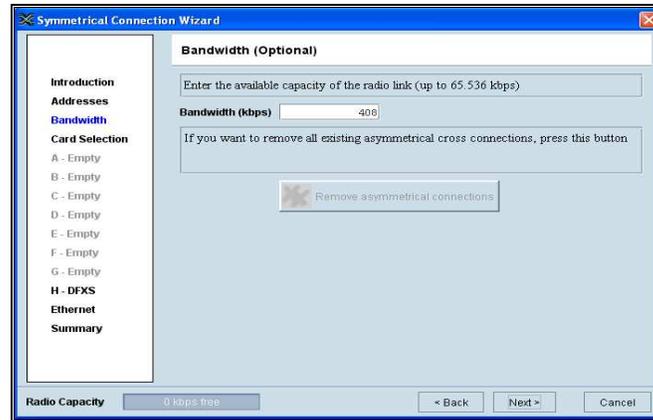
- En la pantalla que aparece configurar la dirección IP del equipo local y el equipo remoto.

Figura 5.44 Direccionamiento



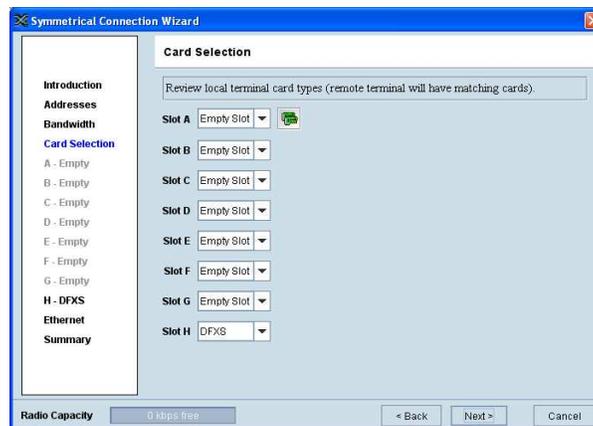
- De la siguiente pantalla que aparece, configurar el ancho de banda que requiere el enlace.

Figura 5.45 Ancho de Banda



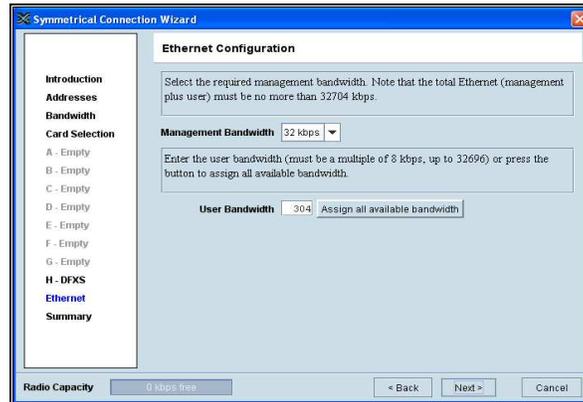
- Aparece las tarjetas que están en cada uno de los slots del radio APRISA XE, en nuestro caso se tendrá en un extremo FXO y en el otro FXS para establecer la llamada telefónica. Se tiene dedicado 72 kbps de los cuales 64 kbps son para establecer la llamada y 8 kbps de señalización.

Figura 5.46 Tarjetas dentro de los slots



9. Luego aparece la configuración Ethernet, de lo cual se tiene 32 kbps para administración y lo que sobra es lo asignado para tráfico.

Figura 5.47 Configuración Ethernet



10. Por último aparece el resumen de lo configurado

Figura 5.48 Resumen



5.1.13 CONFIGURACIÓN ACTUAL EN LOS RADIOS 4RF APRISA XE

CONFIGURACIÓN IP

Las direcciones que nos han sido asignadas son las siguientes:

Tabla 5.11 Direccionamiento activo en los equipos

| EQUIPO | DIRECCIONAMIENTO IP |
|------------------|---------------------|
| ATZ (ACTIVO) | 192.168.1.249 |
| ATZ (STAND BY) | 192.168.1.251 |
| VICHE (ACTIVO) | 192.168.1.250 |
| VICHE (STAND BY) | 192.168.1.252 |

La máscara asignada es 255.255.255.240 y el Gateway 0.0.0.0

CAPACIDAD

La distribución del ancho de banda está dada como se indica a continuación:

Tabla 5.12 Distribución de la capacidad del enlace

| Distribución | Capacidad |
|------------------|-----------|
| Teléfono | 64 kbps |
| Señalización | 8 kbps |
| Administración | 32 kbps |
| Tráfico Ethernet | 304 kbps |

CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS DEL ENLACE VICHE

VÁLVULA DE BLOQUEO 10 –ATACAZO

Las pantallas capturadas que se presentan a continuación permiten ver la supervisión de los equipos que se encuentran activos. Al lado izquierdo está el equipo **LOCAL** que en este caso es **VICHE** cuya **DIRECCIÓN IP** es **192.168.1.250**. Al lado derecho está el equipo **REMOTO** que en este caso es **ATACAZO** cuya **DIRECCIÓN IP** es **192.168.1.249**.

Figura 5.49 Información configurada en los equipos activos
LOCAL y REMOTO

The screenshot displays the 4RF Supervisor web interface in a Mozilla Firefox browser window. The page shows configuration details for two active equipment units, one labeled 'LOCAL' and one labeled 'REMOTO'. Both units are identified as '0978 Ohm Intl L1'.

LOCAL Unit (0978 Ohm Intl L1 T2A):

| SUMMARY | |
|--------------------------|---------------------------|
| Name | 0978 Ohm Intl L1 T2A |
| Terminal ID | Viche VB09 |
| Location | VICHE-A |
| Contact Details | support@4rf.com |
| Software Version | 7_5_04_E0 |
| Software Status | Standard Software Release |
| Serial Number | 21806436 |
| IP Address | 192.168.1.250 |
| Subnet Mask | 255.255.255.240 |
| Remote Address | 192.168.1.249 |
| RX Frequency (MHz) | 436.7375 |
| RSSI (dBm) | -56.0 |
| TX Frequency (MHz) | 431.7375 |
| TX Power (dBm) | 34 |
| SIR (dB) | 30.76 |
| Uncorrectable Errors | 15 |
| Channel Spacing (MHz) | 0.25 |
| Modulation | QPSK |
| Total Capacity (kbps) | 408 |
| Ethernet Capacity (kbps) | 304 |

REMOTO Unit (0978 Ohm Intl L1 T1A):

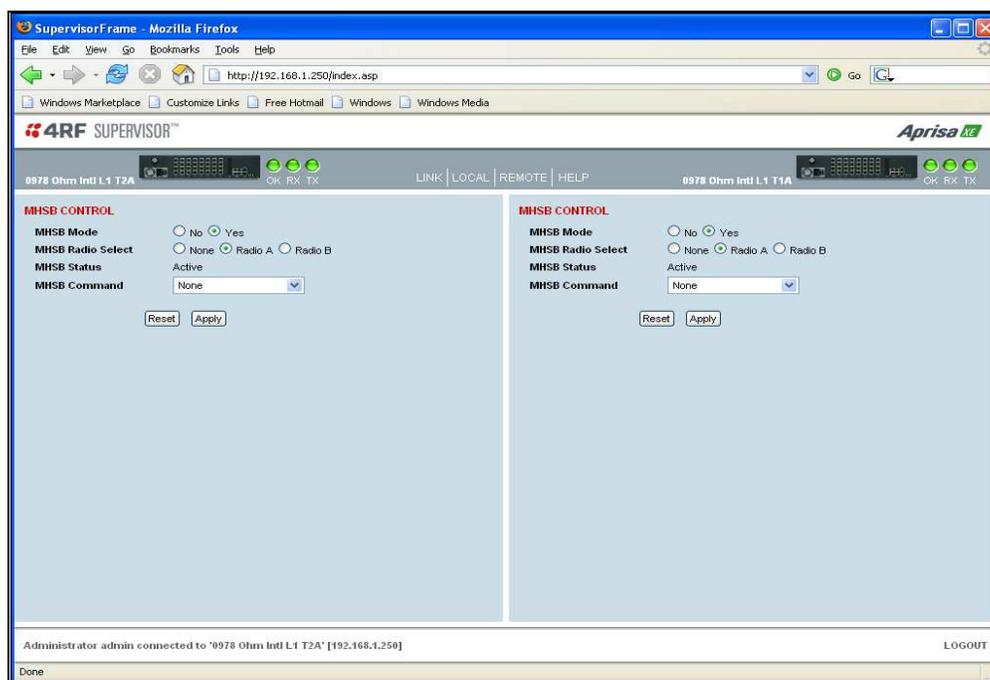
| SUMMARY | |
|--------------------------|---------------------------|
| Name | 0978 Ohm Intl L1 T1A |
| Terminal ID | Unnamed Terminal |
| Location | ATZ-A |
| Contact Details | support@4rf.com |
| Software Version | 7_5_04_E0 |
| Software Status | Standard Software Release |
| Serial Number | 21806434 |
| IP Address | 192.168.1.249 |
| Subnet Mask | 255.255.255.240 |
| Remote Address | 192.168.1.250 |
| RX Frequency (MHz) | 431.7375 |
| RSSI (dBm) | -56.5 |
| TX Frequency (MHz) | 436.7375 |
| TX Power (dBm) | 34 |
| SIR (dB) | 32.07 |
| Uncorrectable Errors | 4 |
| Channel Spacing (MHz) | 0.25 |
| Modulation | QPSK |
| Total Capacity (kbps) | 408 |
| Ethernet Capacity (kbps) | 304 |

At the bottom of the interface, a status bar indicates: "Administrator admin connected to '0978 Ohm Intl L1 T2A' [192.168.1.250]" and a "LOGOUT" button is visible on the right.

Figura 5.50 Resumen de alarmas



Figura 5.51 Configuración MHSB



Las pantallas capturadas que se presentan a continuación permiten ver la supervisión de los equipos que se encuentran en stand by. Al lado izquierdo está el equipo LOCAL que en este caso es ATACAZO cuya DIRECCIÓN IP es

192.168.1.251. Al lado derecho está el equipo REMOTO que en este caso es VICHE cuya DIRECCIÓN IP es 192.168.1.252.

Figura 5.52 Información configurada en los equipos en stand by LOCAL y REMOTO

The screenshot displays the 4RF Supervisor web interface in Mozilla Firefox. The interface is split into two columns for LOCAL and REMOTE equipment. Both columns show a 'SUMMARY' section with the following data:

| Parameter | LOCAL (T1B) | REMOTE (T2B) |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Name | 0978 Ohm Intl L1 T1B | 0978 Ohm Intl L1 T2B |
| Terminal ID | ATZ-B | VCH-B |
| Location | ATACAZO | VICHE VB09 |
| Contact Details | support@4rf.com | support@4rf.com |
| Software Version | 7_5_04_E0 | 7_5_04_E0 |
| Software Status | Standard Software Release | Standard Software Release |
| Serial Number | 21806435 | 21806437 |
| IP Address | 192.168.1.251 | 192.168.1.252 |
| Subnet Mask | 255.255.255.240 | 255.255.255.240 |
| Remote Address | 192.168.1.252 | 192.168.1.251 |
| RX Frequency (MHz) | 431.7375 | 436.7375 |
| RSSI (dBm) | -55.8 | -55.3 |
| TX Frequency (MHz) | 436.7375 | 431.7375 |
| TX Power (dBm) | 34 | 34 |
| SHR (dB) | 32.28 | 32.13 |
| Uncorrectable Errors | 4 | 4 |
| Channel Spacing (MHz) | 0.25 | 0.25 |
| Modulation | QPSK | QPSK |
| Total Capacity (kbps) | 408 | 408 |
| Ethernet Capacity (kbps) | 304 | 304 |

Below the summary is a 'QUICK LINKS' menu with options: Alarm Table, Alarm History, Interface Summary, and Image Table. At the bottom, a status bar indicates 'Administrator admin connected to '0978 Ohm Intl L1 T1B' [192.168.1.251]' and a 'LOGOUT' button.

Figura 5.53 Resumen de alarmas (la tarjeta FXO se halla alarmada por que no tiene línea telefónica)

The screenshot displays the 4RF Supervisor web interface showing an 'ALARM SUMMARY' section. The interface is split into two columns for LOCAL and REMOTE equipment. Both columns show a 'SUMMARY' section with the following data:

| Category | Item | Status |
|------------------------|-----------------------|--------|
| RADIO ALARMS | Synthesizer Status | OK |
| | Modem Lock | OK |
| | TX Temp Shutdown | OK |
| | TX Temp Warning | OK |
| | TX AGC Voltage | OK |
| | TX Reverse Power | OK |
| | TX Return Loss Status | OK |
| | RX RSSI | OK |
| | Fan 1 | OK |
| | Fan 2 | OK |
| EXTERNAL ALARM INPUTS | External Input 1 | OK |
| | External Input 2 | OK |
| EXTERNAL ALARM OUTPUTS | Alarm Output 1 | OK |
| | Alarm Output 2 | OK |
| | Alarm Output 3 | OK |
| MHSB ALARMS | Switch to Standby | OK |

The 'INTERFACE ALARMS' section shows the following status:

| Slot | Type | Status |
|------|-------|--------|
| A | None | OK |
| B | None | OK |
| C | None | OK |
| D | None | OK |
| E | None | OK |
| F | None | OK |
| G | None | OK |
| H | DFXO | Alarm |
| Aux | Modem | OK |

Below the summary is a 'QUICK LINKS' menu with options: Alarm Table, Alarm History, Clear Alarms, and Interface Summary. At the bottom, a status bar indicates 'Administrator admin connected to '0978 Ohm Intl L1 T1B' [192.168.1.251]' and a 'LOGOUT' button.

Figura 5.54 Información de la alarma presente

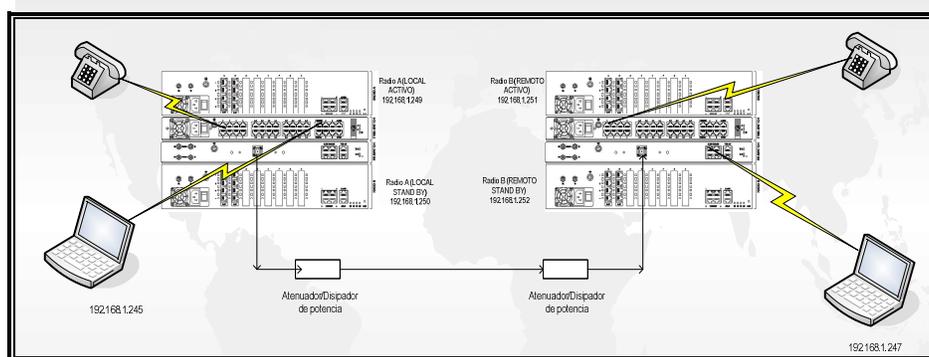
The screenshot shows a web browser window titled "SupervisorFrame - Mozilla Firefox" with the address bar displaying "http://192.168.1.251/index.asp". The page header includes the "4RF SUPERVISOR" logo and the "Aprisa" logo. Below the header, there are two status bars for "0978 Ohm Int'l L1 T1B" and "0978 Ohm Int'l L1 T2B", each with "OK RX TX" indicators. The main content area features two "ALARM TABLE" sections. The left table contains one entry:

| Source | Type | Slot | Port | Severity | Time |
|--------|----------|------|------|----------|--------------------------|
| DFX0 | FoUnplug | H | 1 | Major | Sun Apr 19 12:28:20 2008 |

The right table is empty. At the bottom of the page, a status bar indicates "Administrator admin connected to '0978 Ohm Int'l L1 T1B' [192.168.1.251]" and a "LOGOUT" link. The browser's status bar at the very bottom shows "Done".

5.1.14 PRUEBAS EN LABORATORIO

Una vez configurados los radios con las IP asignadas y los parámetros indicados anteriormente, se procedió a probar que funcione el teléfono mediante la realización de llamadas de un extremo al otro, así como la transmisión de datos valiéndose de elaborar una red sencilla como se visualiza a continuación:



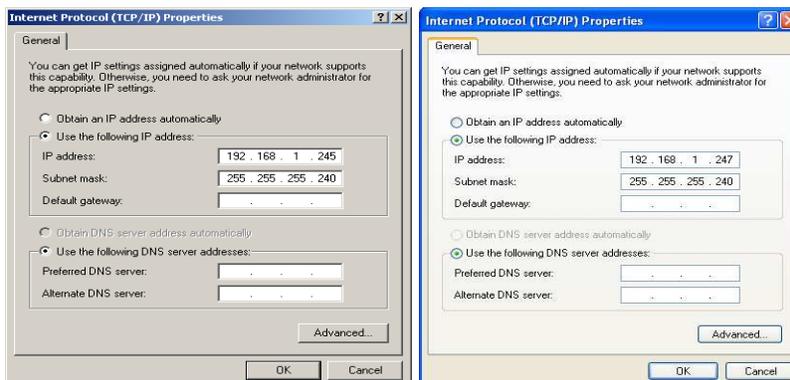
Estos son los pasos que realizamos para armar la red de prueba:

1. Configuramos dos PCs, una a cada lado, para poder enviar y recibir información, con las siguientes direcciones IP:

❖ LADO A: 192.168.1.245

❖ LADO B: 192.168.1.247

Figura 5.56 Configuración de IPs en las PCs



- Comprobamos que estén bien configuradas las IPs de las PCs, para ello, en el ejecutable que se encuentra en el menú inicio ingresamos el comando IPCONFIG/ALL ó simplemente IPCONFIG

Figura 5.57 Verificación de la IP en la PC colocada al Lado A

```

C:\WINXP\system32\cmd.exe
C:\>ipconfig /all

Windows IP Configuration

Host Name . . . . . : d410
Primary Dns Suffix . . . . . :
Node Type . . . . . : Hybrid
IP Routing Enabled . . . . . : No
WINS Proxy Enabled . . . . . : NoEthernet adapter Lan:
Connection-specific DNS Suffix . :
Description . . . . . : Broadcom NetXtreme 57xx Gigabit Cont
roller
Physical Address. . . . . : 00-12-3F-23-C8-39
Dhcp Enabled . . . . . : No
IP Address. . . . . : 192.168.1.245
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.240
Default Gateway . . . . . :

```

Figura 5.58 Verificación de la IP en la PC colocada al Lado B

```

C:\WINXP\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.
C:\Documents and Settings\jcabrera>ipconfig

Windows IP Configuration

Ethernet adapter Lan 80V9400:

Media State . . . . . : Media disconnected

Ethernet adapter Local Area Connection:

Connection-specific DNS Suffix . :
IP Address . . . . . : 192.168.1.247
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.240
IP Address . . . . . : fe80::21c:23ff:fe25:4a00%4
Default Gateway . . . . . :

Ethernet adapter Local Area Connection 2:

Media State . . . . . : Media disconnected

Tunnel adapter Teredo Tunneling Pseudo-Interface:

Connection-specific DNS Suffix . :
IP Address . . . . . : fe80::ffff:ffff:ffff:5
Default Gateway . . . . . :

Tunnel adapter Automatic Tunneling Pseudo-Interface:

Connection-specific DNS Suffix . :
IP Address . . . . . : fe80::5efe:192.168.1.247%2
Default Gateway . . . . . :

C:\Documents and Settings\jcabrera>

```

- Una vez realizado esto, procedemos a hacer pruebas de conectividad, utilizando el comando PING en el browser utilizado anteriormente, en cada una de las PCs. De lo que se obtiene lo siguiente:

Figura 5.59 Prueba de conectividad entre PCs

```

C:\WINXP\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\jcabrera>ping 192.168.1.249
Pinging 192.168.1.249 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.249: bytes=32 time<1ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.1.249:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Documents and Settings\jcabrera>ping 192.168.1.250
Pinging 192.168.1.250 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.250: bytes=32 time=138ms TTL=64
Reply from 192.168.1.250: bytes=32 time=69ms TTL=64
Reply from 192.168.1.250: bytes=32 time=69ms TTL=64
Reply from 192.168.1.250: bytes=32 time=69ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.1.250:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 69ms, Maximum = 138ms, Average = 86ms

C:\Documents and Settings\jcabrera>ping 192.168.1.251
Pinging 192.168.1.251 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.251: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.251: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.251: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.251: bytes=32 time<1ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.1.251:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms

C:\Documents and Settings\jcabrera>ping 192.168.1.252
Pinging 192.168.1.252 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.252: bytes=32 time=138ms TTL=64
Reply from 192.168.1.252: bytes=32 time=69ms TTL=64
Reply from 192.168.1.252: bytes=32 time=69ms TTL=64
Reply from 192.168.1.252: bytes=32 time=69ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.1.252:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 69ms, Maximum = 138ms, Average = 86ms

C:\Documents and Settings\jcabrera>ping 192.168.1.247

```

```

C:\WINXP\system32\cmd.exe

C:\Documents and Settings\jcabrera>ping 192.168.1.247
Pinging 192.168.1.247 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.247: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.247:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Documents and Settings\jcabrera>ping 192.168.1.245
Pinging 192.168.1.245 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.245: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.245:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

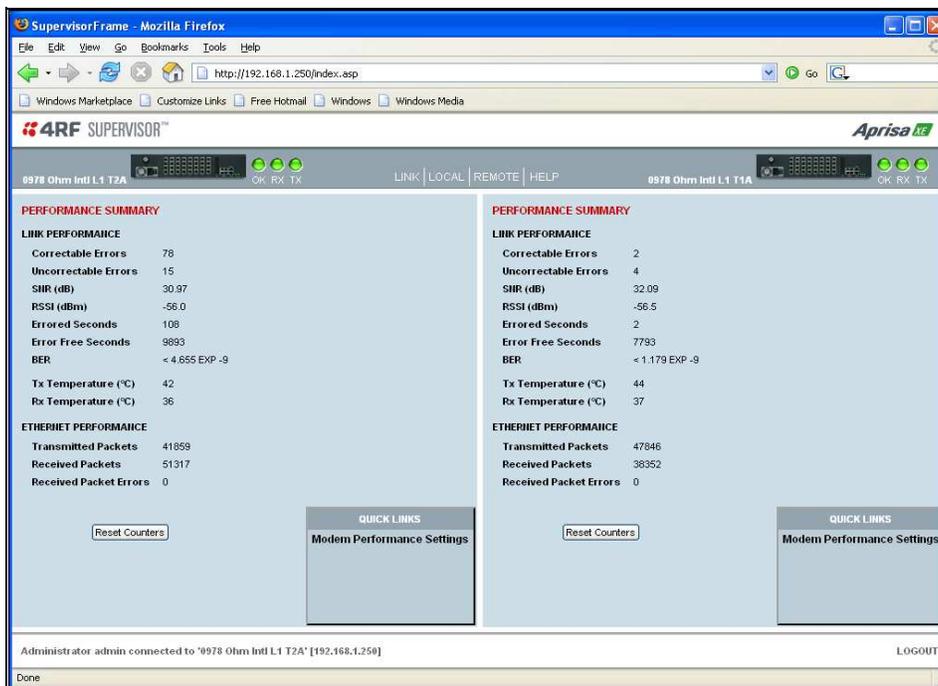
C:\Documents and Settings\jcabrera>_

```

4. Luego compartimos varias carpetas en la PC del Lado A, las mismas que pudieron ser modificadas y copiadas en la PC del lado B, a la vez que con la ayuda de 4RF SUPERVISOR se obtuvo un rendimiento del enlace, en el que se puede ver los paquetes que han sido transmitidos, los que han sido recibidos, la relación señal a ruido, el nivel de

recepción, etc. A continuación se presenta el resultado de utilizar este software:

**Figura 5.60 Información del rendimiento de los equipos activos
REMOTO (LADO B) y LOCAL (LADO A)**



**Figura 5.61 Información del rendimiento de los equipos en
stand by LOCAL (LADO A) y REMOTO (LADO B)**



5.2 MONTAJE E INSTALACIÓN DE LA ANTENA

La antena adquirida es una antena parabólica grillada de 4 m de diámetro, marca Radiatel, por cuanto en marca Andrew ya no se fabrica para la frecuencia de operación considerada.

5.2.1 CARACTERÍSTICAS

Figura 5.62 Antena Radiatel de 4m de diámetro



- Ajuste de elevación y azimut en forma independiente
- Rango de ajuste de elevación entre $+15^\circ$ y -15°

5.2.2 LISTA DE PARTES

El embalaje contiene las siguientes partes:

- 2 Sectores de antena parabólica de 4 m de diámetro.

Figura 5.63 Sectores de antena antes de armar



- 1 Cajón A conteniendo:
 - A1) 16 pernos de $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4}$ con arandelas grower y tuercas.
 - A2) 2 pernos de $\frac{3}{8} \times 2 \frac{3}{4}$ con arandelas grower y tuercas.
 - A3) 6 planchuelas suplemento de aluminio.
24 pernos de $\frac{1}{4} \times \frac{5}{8}$ con arandelas grower y tuerca
 - A4) 1 Puente de montaje central con 2 grampas U completas
y 2 pernos de $\frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2}$ con arandelas grower y tuercas.

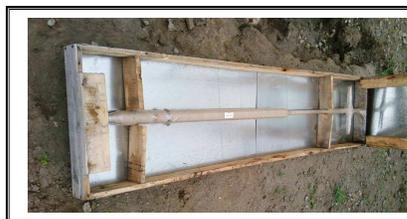
Figura 5.64 Accesorios de la antena



- 1 Cajón B conteniendo:
 - B1) 1 Irradiante con tornillo de fijación de $\frac{1}{4}$ y abrazadera para ajuste.

Figura 5.65 Fit de la antena

Figura 5.66 Fit de la antena embalada



- Cajón C conteniendo:
 - C1) 1 Tensor largo con grampas U y pernos completos para regulación de azimut.

- C2) 1 Tensor corto con grampas U y pernos completos para fijación horizontal.
- C3) 2 Tensores con grampas U y pernos para regulación de elevación.

Figura 5.67 Grampas U y pernos de regulación



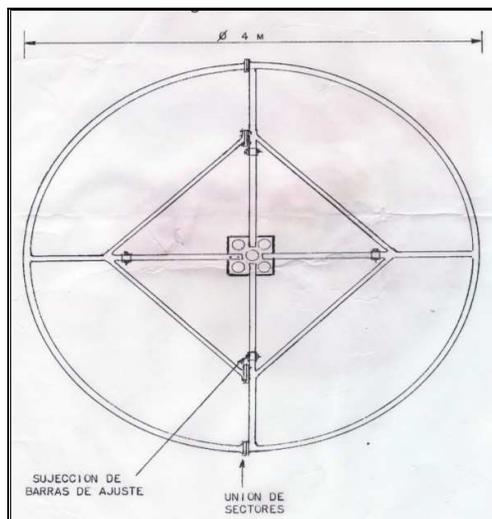
5.2.3 DETALLE DEL ARMADO DE LA PARÁBOLA

1. Identificar los 2 sectores que forman el reflector parabólico y colocarlos sobre una superficie plana de manera que la parte trasera de la antena quede hacia arriba, haciendo coincidir la numeración de sus bordes.

Figura 5.68 Sectores de la antena a armar



Figura 5.69 Unión de los sectores de la antena



2. Armar los 2 sectores utilizando los 16 pernos de $\frac{1}{4}$ con arandelas grower y tuercas.
3. Fijar el parante a la fundición central mediante los 2 pernos de $\frac{3}{8}$ con arandelas grower y tuercas.
4. Unir las planchuelas de aluminio mediante los suplementos y los pernos de $\frac{1}{4}$ con arandelas grower y tuercas.
5. Colocar el puente de montaje en la parte posterior de la fundición central (ver **Figura 5.70**) mediante los pernos de $\frac{1}{2}$ de acuerdo a la polarización en que funcionará el enlace.
6. Colocar el irradiante por el frente de la parabólica haciendo coincidir el perno de $\frac{1}{4}$ en el agujero del cuello de la fundición para que quede correctamente polarizado y enfocado. Luego apriete la abrazadera para asegurar el irradiante.
7. La antena se sujeta al montaje mediante las grampas U provistas con el soporte central a un caño de diámetro 76 mm, que deberá estar previamente montado en la torre.
8. Utilizar el tensor largo y el tensor corto para ajuste del azimut y fijación horizontal.
9. Utilizar los tensores de regulación vertical para ajuste de la elevación (ver **Figura 5.71**).

10. Verificar que las partes queden bien apretadas y sujetas en el montaje de la torre.

Figura 5.70 Colocación del puente de montaje

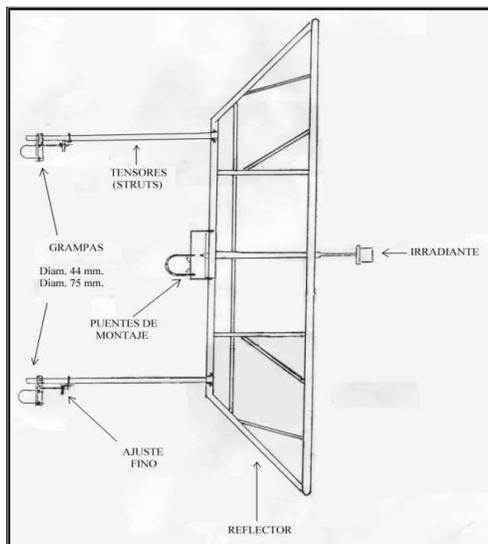


Figura 5.71 Tensores de regulación vertical

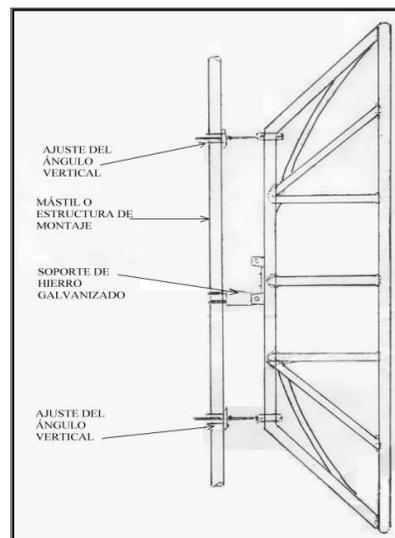


Figura 5.72 Unión de los sectores de la antena



Figura 5.73 Armado de los sectores de la antena



Figura 5.74 Sectores de la antena unidos



Figura 5.75 Colocación del soporte de montaje



Figura 5.76 Antena armada

5.2.4 INSTALACIÓN DE LA ANTENA EN LA TORRE

Para indicar como se instaló la antena, se ha tomado como ejemplo la instalación realizada en Atacazo, para lo cual se procedió a hacer lo siguiente:

1. La torre que a continuación se visualiza, es en la que se debe instalar la antena del Atacazo:

Figura 5.77 Torre en la que se monta la antena

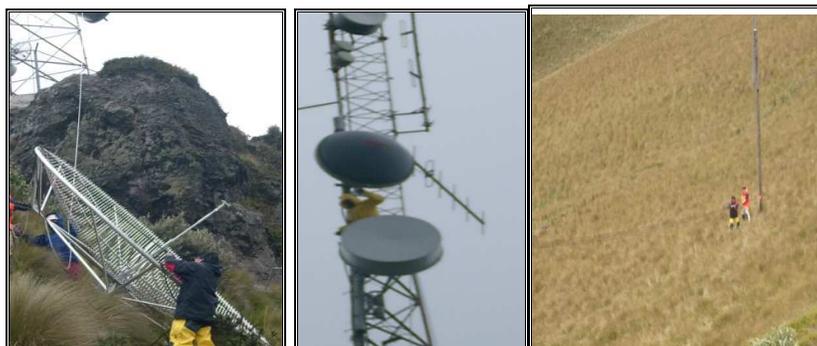
2. La antena fue colocada a una distancia prudente, considerando que desde este sitio era posible sujetarla para lograr subirla con cuidado.

Figura 5.78 Antena colocada a una distancia desde donde se la va a montar en la torre



3. Para la instalación de la antena en la torre fue necesaria de la colaboración de varias personas, estando uno de los Señores Torristas en la torre, a la altura a la que se debía colocar la antena y en la base de la torre manejando una polea mecánica el otro Señor Torrista, en tanto en tierra se hallaban dos personas más sujetando una cuerda que estaba amarrada a la antena y que al halarla garantizaba la separación de la antena de la torre, evitando así que la antena se golpease contra otras antenas o contra la torre misma.

Figura 5.79 Aseguramiento de la antena para proceder a subirla



4. La antena es subida suavemente a la altura deseada.

Figura 5.80 Montaje de la antena en la torre con la ayuda de poleas



5. Una vez que la antena llega al lugar deseado se procede a asegurarla.

Figura 5.81 Aseguramiento de la antena en la torre



CÁPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- ✓ La topología del diagrama unifilar de comunicaciones presenta la flexibilidad suficiente como para incrementar nuevos enlaces con diferentes anchos de banda de modo que se satisfacen las necesidades de PETROECUADOR OLEODUCTO.
- ✓ La importancia de un diagrama unifilar está en que gracias a éste se tiene una visión general de los recursos con los que se cuenta para poder desarrollar un estudio y evitar gastos innecesarios como ha sido el caso de este enlace.
- ✓ Luego de determinar los posibles lugares para lograr establecer el enlace y desarrollar el respectivo estudio, se estableció que es posible realizar el enlace entre Atacazo y Viche en un solo salto, a pesar de ser un enlace de 150 Km de distancia.
- ✓ No se consideraron pérdidas por lluvia ya que estas no tienen efectos de atenuación sobre esta frecuencia, esto también se puede visualizar en los nomogramas de pérdidas por lluvia.
- ✓ Los cálculos realizados si bien es cierto son bastante aproximados a la realidad no son exactos, ya que las pérdidas estimadas en cuanto a cables y conectores son dadas por el fabricante a una frecuencia cercana a la usada, de igual manera sucede con la ganancia de la antena.

- ✓ Es necesario utilizar un vatímetro bidireccional, si se requiere determinar cuánta potencia está transmitiendo y cuánta está regresando al equipo y establecer una relación, la misma que servirá para ver si el transmisor, la línea de transmisión y la antena están acoplados.
- ✓ Los equipos utilizados tienen la propiedad de que si existe potencia que se regresa al equipo, este simplemente se protege haciendo que los transmisores se apaguen evitando que estos se quemen.
- ✓ Para predecir la existencia del enlace a parte del levantamiento topográfico, se ha utilizado programas como el ICS TELECOM que es de uso exclusivo de la SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES y que ya tiene mapas digitales del Ecuador embebidos que permiten visualizar las curvas de nivel y el perfil del enlace.
- ✓ La ventaja de realizar pruebas de laboratorio es que se puede determinar si el enlace está funcionando correctamente y solucionar problemas de configuración en caso de que existan.
- ✓ Una vez implementado el enlace es necesario realizar pruebas que permitan verificar si el equipo está funcionando correctamente; el equipo APRISA XE posee 64 kbps exclusivos para la aplicación de teléfono, por lo que se realizó una comunicación ininterrumpida de más de una hora con el sitio remoto, así como también la utilización de Internet de forma simultánea.
- ✓ El utilizar una configuración MHSB en este tipo de enlaces, garantiza que un enlace se mantenga activo ya que se tiene una mayor disponibilidad porque si se produce un daño en uno de los transmisores o de los receptores automáticamente se conmuta el enlace al otro equipo que está en espera.

- ✓ Entender los elementos de un enlace y su aporte a todo el presupuesto, en términos de ganancias o pérdidas, es crucial para implementar un radio enlace que funcione en forma confiable. Lo más importante a tener en consideración es que el tener un buen presupuesto de un enlace es un requerimiento básico para el buen funcionamiento del mismo. Un presupuesto de un enlace es la cuenta de todas las ganancias y pérdidas desde el radio transmisor hacia el receptor. Las pérdidas más grandes del enlace se producen en la propagación en espacio libre debido a la atenuación de la señal.

- ✓ La sensibilidad del receptor es un parámetro que indica el valor mínimo de potencia que se necesita para que exista un enlace, es por esto que para distancias grandes se necesita receptores bastante sensibles. Si se requiere utilizar un receptor bastante sensible implica mayores costos ya que se requiere de equipos más precisos.

- ✓ Es imprescindible que haya línea de vista y despeje de al menos el 60% de la primera zona de Fresnel para garantizar la calidad del enlace.

6.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Se evidencio durante del desarrollo de la tesis que es necesario ampliar más los conocimientos referentes a radio enlaces, mediante el desarrollo de prácticas que permitan entender su funcionamiento y cuánto realmente afectan ciertos fenómenos naturales, además la importancia de saber adquirir los equipos en el mercado, así como también antenas y cables.
- ✓ Si son empresas públicas las que van a realizar una adquisición, es muy importante tener en cuenta que éstas requieren de licitaciones públicas, por lo que es necesario preparar por adelantado una buena especificación de los equipos, antenas y cables requeridos. Se debe especificar que se quiere, además es recomendable permitir que alguien más con experiencia revise sus especificaciones.
- ✓ El único conector recomendable para intemperie por los fabricantes es el de tipo “N” coaxial. Cuidar con atención su colocación al cable recubriendo la conexión aérea con cinta de buena calidad del tipo “caucho vulcanizable”. La más mínima filtración de agua o humedad, en el interior de conector, causará la total pérdida de la señal.
- ✓ Para enlaces fijos punto a punto siempre será recomendable usar antenas de tipo direccional. La antena direccional se fábrica para que refuerce la señal en el sentido de su apuntamiento y elimine o atenúe las señales provenientes tanto laterales como posteriores. Ello es eficaz tanto para eliminar interferencias (otras señales de la misma frecuencia), como eliminar rebotes de la propia señal, que le pueden llegar reflejadas desde otras direcciones.
- ✓ En todos los casos debe tenerse presente que los sistemas radiantes y su ubicación (emisión y recepción), constituyen la parte más importante del enlace, no siendo sustituible por incrementos de

potencia, pre-amplificadores de antena o receptores más o menos sensibles.

- ✓ Para alinear las antenas se requiere dos equipos de trabajo, uno en cada extremo del enlace y dotados de algún medio de comunicación como teléfono celular o radio de dos vías.
- ✓ En caso de que la instalación se deba realizar a alturas superiores a 1,50 m, es necesario que el personal se encuentre dotado de arnés, correa de seguridad para sujetarse a la torre, casco de seguridad, guantes, lentes oscuros y los respectivos zapatos de seguridad (punta de acero y a prueba de agua). Los trabajos en las alturas son siempre riesgosos.
- ✓ Cuando se vaya a implementar el enlace se debe instalar las antenas en sus respectivas torres en ambos extremos, de acuerdo al cálculo de azimut y con la ayuda de una brújula se puede colocar la antena en una dirección estimada, luego conectar las antenas a sus respectivos radios. Una vez que se reciba la señal en el otro extremo, optimizar la alineación barriendo horizontalmente la antena transmisora lentamente mientras se mide la señal recibida con la ayuda de un software instalado en la computadora que va a ayudar en el monitoreo o también con un voltímetro.
- ✓ Repetir el procedimiento con el ángulo de elevación, si las alturas de los dos puntos son muy diferentes. Una vez que la antena transmisora esté mejor alineada, la dejamos fija y procedemos a repetir el procedimiento con la antena contraria, hasta que se consiga un valor cercano al calculado.
- ✓ Recordar que los mapas indican siempre el rumbo geográfico o verdadero, pero en el campo, para alinear la antena, tendrá que utilizar el rumbo magnético, el polo magnético está desplazado respecto al polo geográfico. La declinación varía con el lugar y con el tiempo. En el

caso del Ecuador por estar sobre la línea ecuatorial ese ángulo es despreciable, en todo caso los GPS indican tanto el rumbo magnético como el rumbo geográfico.

BIBLIOGRAFIA

- TOMASI, Wayne; Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Cuarta Edición. Editorial Prentice-Hall. México 2003.
- MARSHALL, Stanley; DUBROFF, Richard; SKITEK, Gabriel; Electromagnetismo: Conceptos y Aplicaciones. Cuarta Edición. Editorial Prentice-Hall. México 1997.
- JORDAN, Edward; BALMAIN, Keith; GÓMEZ BAQUERO, Joaquín; Ondas Electromagnéticas y Sistemas Radiantes. Segunda Edición. México 1968.
- SCHWARTZ, Mischa; Transmisión de Información y Ruido. Tercera Edición. Editorial McGraw-Hill. México 1990.
- SKLAR, Bernard; Digital Communications: Fundamentals and Applications. Segunda Edición. Editorial Prentice-Hall. México 2001.
- FREEMAN, Roger L; Telecommunication Transmission Handbook, Tercera Edición. New York.
- BALANIS, Constanine A; Antenna Theory Analysis and Designed, Segunda Edición, Arizona.
- Homebrew wireless hardware designs, <http://www.w1ghz.org/>
- Linksys wireless access point information, <http://linksysinfo.org/>
- NoCat community wireless group, <http://nocat.net/>
- Association for Progressive Communications wireless connectivity projects, <http://www.apc.org/wireless/>

ANEXO 1

ANEXO 2

VICHE-QUININDE 32,5 KMS

| | |
|--------------|---------|
| Frec. MHz | 400 |
| Lamda | 0.7500 |
| Pendiente T | 1.8154 |
| Dist. en Km. | 32.5000 |
| Div. Dist | 0.5000 |

| | |
|-----------|-----|
| h cerro 2 | 42 |
| h cerro 2 | 101 |
| h Ant 1 | 0 |
| h Ant 2 | 0 |

| D1 [Km] | D2[Km] | ABULTAMIENTO CON K = 4/3 [m] | ALTURA DEL PERFIL M.S.M [m] | LÍNEA DE VISTA [m] | 60% DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL | R+ FRESNEL | R- FRESNEL | PERFIL CORREGIDO CON k=4/3 [m] |
|---------|--------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|------------|------------|--------------------------------------|
| 0.000 | 32.500 | 0.000 | 42 | 42.000 | 0.000 | 42.000 | 42.000 | 42.000 |
| 0.500 | 32.000 | 0.941 | 44 | 42.908 | 11.525 | 54.433 | 31.382 | 44.941 |
| 1.000 | 31.500 | 1.852 | 47 | 43.815 | 16.171 | 59.987 | 27.644 | 48.852 |
| 1.500 | 31.000 | 2.734 | 50 | 44.723 | 19.648 | 64.371 | 25.075 | 52.734 |
| 2.000 | 30.500 | 3.586 | 53 | 45.631 | 22.504 | 68.135 | 23.127 | 56.586 |
| 2.500 | 30.000 | 4.410 | 56 | 46.538 | 24.953 | 71.491 | 21.586 | 59.910 |
| 3.000 | 29.500 | 5.203 | 58 | 47.446 | 27.106 | 74.552 | 20.340 | 62.703 |
| 3.500 | 29.000 | 5.968 | 62 | 48.354 | 29.028 | 77.382 | 19.325 | 67.968 |
| 4.000 | 28.500 | 6.703 | 69 | 49.262 | 30.764 | 80.026 | 18.498 | 75.703 |
| 4.500 | 28.000 | 7.408 | 76 | 50.169 | 32.343 | 82.512 | 17.827 | 82.908 |
| 5.000 | 27.500 | 8.084 | 120 | 51.077 | 33.786 | 84.863 | 17.291 | 128.084 |
| 5.500 | 27.000 | 8.731 | 200 | 51.985 | 35.112 | 87.096 | 16.873 | 208.731 |
| 6.000 | 26.500 | 9.348 | 150 | 52.892 | 36.332 | 89.224 | 16.560 | 159.348 |
| 6.500 | 26.000 | 9.936 | 120 | 53.800 | 37.457 | 91.257 | 16.343 | 129.936 |
| 7.000 | 25.500 | 10.495 | 100 | 54.708 | 38.495 | 93.203 | 16.212 | 110.495 |
| 7.500 | 25.000 | 11.024 | 190 | 55.615 | 39.454 | 95.069 | 16.161 | 201.024 |
| 8.000 | 24.500 | 11.524 | 102 | 56.523 | 40.338 | 96.861 | 16.185 | 113.524 |
| 8.500 | 24.000 | 11.994 | 100 | 57.431 | 41.153 | 98.584 | 16.277 | 111.994 |
| 9.000 | 23.500 | 12.435 | 180 | 58.338 | 41.903 | 100.241 | 16.435 | 192.435 |
| 9.600 | 22.900 | 12.925 | 360 | 59.428 | 42.721 | 102.149 | 16.707 | 372.925 |
| 10.000 | 22.500 | 13.229 | 280 | 60.154 | 43.220 | 103.373 | 16.934 | 293.229 |
| 10.500 | 22.000 | 13.582 | 160 | 61.062 | 43.792 | 104.854 | 17.269 | 173.582 |
| 11.000 | 21.500 | 13.905 | 280 | 61.969 | 44.310 | 106.280 | 17.659 | 293.905 |
| 11.500 | 21.000 | 14.199 | 390 | 62.877 | 44.776 | 107.653 | 18.101 | 404.199 |
| 12.000 | 20.500 | 14.463 | 400 | 63.785 | 45.192 | 108.976 | 18.593 | 414.463 |
| 12.500 | 20.000 | 14.699 | 340 | 64.692 | 45.558 | 110.250 | 19.135 | 354.699 |
| 13.000 | 19.500 | 14.904 | 160 | 65.600 | 45.875 | 111.475 | 19.725 | 174.904 |
| 13.500 | 19.000 | 15.081 | 100 | 66.508 | 46.146 | 112.654 | 20.362 | 115.081 |
| 14.000 | 18.500 | 15.228 | 160 | 67.415 | 46.370 | 113.786 | 21.045 | 175.228 |
| 14.500 | 18.000 | 15.345 | 260 | 68.323 | 46.549 | 114.872 | 21.774 | 275.345 |
| 15.000 | 17.500 | 15.434 | 200 | 69.231 | 46.683 | 115.913 | 22.548 | 215.434 |
| 15.500 | 17.000 | 15.492 | 100 | 70.138 | 46.771 | 116.910 | 23.367 | 115.492 |
| 16.000 | 16.500 | 15.522 | 100 | 71.046 | 46.816 | 117.862 | 24.230 | 115.522 |
| 16.500 | 16.000 | 15.522 | 100 | 71.954 | 46.816 | 118.770 | 25.138 | 115.522 |
| 17.000 | 15.500 | 15.492 | 110 | 72.862 | 46.771 | 119.633 | 26.090 | 125.492 |
| 17.500 | 15.000 | 15.434 | 160 | 73.769 | 46.683 | 120.452 | 27.087 | 175.434 |
| 18.000 | 14.500 | 15.345 | 200 | 74.677 | 46.549 | 121.226 | 28.128 | 215.345 |
| 18.500 | 14.000 | 15.228 | 280 | 75.585 | 46.370 | 121.955 | 29.214 | 295.228 |
| 19.000 | 13.500 | 15.081 | 380 | 76.492 | 46.146 | 122.638 | 30.346 | 395.081 |
| 19.500 | 13.000 | 14.904 | 380 | 77.400 | 45.875 | 123.275 | 31.525 | 394.904 |
| 20.000 | 12.500 | 14.699 | 200 | 78.308 | 45.558 | 123.865 | 32.750 | 214.699 |

| | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|-----|---------|--------|---------|---------|---------|
| 20.500 | 12.000 | 14.463 | 160 | 79.215 | 45.192 | 124.407 | 34.024 | 174.463 |
| 21.000 | 11.500 | 14.199 | 160 | 80.123 | 44.776 | 124.899 | 35.347 | 174.199 |
| 21.500 | 11.000 | 13.905 | 160 | 81.031 | 44.310 | 125.341 | 36.720 | 173.905 |
| 22.000 | 10.500 | 13.582 | 160 | 81.938 | 43.792 | 125.731 | 38.146 | 173.582 |
| 22.500 | 10.000 | 13.229 | 190 | 82.846 | 43.220 | 126.066 | 39.627 | 203.229 |
| 23.000 | 9.500 | 12.847 | 200 | 83.754 | 42.591 | 126.345 | 41.163 | 212.847 |
| 23.500 | 9.000 | 12.435 | 140 | 84.662 | 41.903 | 126.565 | 42.759 | 152.435 |
| 24.000 | 8.500 | 11.994 | 125 | 85.569 | 41.153 | 126.723 | 44.416 | 136.994 |
| 24.500 | 8.000 | 11.524 | 120 | 86.477 | 40.338 | 126.815 | 46.139 | 131.524 |
| 25.000 | 7.500 | 11.024 | 155 | 87.385 | 39.454 | 126.839 | 47.931 | 166.024 |
| 25.500 | 7.000 | 10.495 | 200 | 88.292 | 38.495 | 126.788 | 49.797 | 210.495 |
| 26.000 | 6.500 | 9.936 | 170 | 89.200 | 37.457 | 126.657 | 51.743 | 179.936 |
| 26.500 | 6.000 | 9.348 | 160 | 90.108 | 36.332 | 126.440 | 53.776 | 169.348 |
| 27.000 | 5.500 | 8.731 | 120 | 91.015 | 35.112 | 126.127 | 55.904 | 128.731 |
| 27.500 | 5.000 | 8.084 | 160 | 91.923 | 33.786 | 125.709 | 58.137 | 168.084 |
| 28.000 | 4.500 | 7.408 | 120 | 92.831 | 32.343 | 125.173 | 60.488 | 127.408 |
| 28.500 | 4.000 | 6.703 | 150 | 93.738 | 30.764 | 124.502 | 62.974 | 156.703 |
| 29.000 | 3.500 | 5.968 | 160 | 94.646 | 29.028 | 123.675 | 65.618 | 165.968 |
| 29.500 | 3.000 | 5.203 | 140 | 95.554 | 27.106 | 122.660 | 68.448 | 145.203 |
| 30.000 | 2.500 | 4.410 | 120 | 96.462 | 24.953 | 121.414 | 71.509 | 124.410 |
| 30.500 | 2.000 | 3.586 | 105 | 97.369 | 22.504 | 119.873 | 74.865 | 108.586 |
| 31.000 | 1.500 | 2.734 | 100 | 98.277 | 19.648 | 117.925 | 78.629 | 102.734 |
| 31.500 | 1.000 | 1.852 | 100 | 99.185 | 16.171 | 115.356 | 83.013 | 101.852 |
| 32.000 | 0.500 | 0.941 | 100 | 100.092 | 11.525 | 111.618 | 88.567 | 100.941 |
| 32.500 | 0.000 | 0.000 | 101 | 101.000 | 0.000 | 101.000 | 101.000 | 101.000 |

Datos del enlace Viche-Quinindé

ANEXO 3

VICHE- BALAO TORRE 37,35 KMS

| | |
|--------------|--------|
| Frec. MHz | 400 |
| Lamda | 0.750 |
| Pendiente T | 3.0254 |
| Dist. en Km. | 37.35 |
| Div. Dist | 0.5 |

| | |
|-----------|-----|
| h punto 1 | 42 |
| h punto 2 | 155 |
| h Ant 1 | 0 |
| h Ant 2 | 0 |

| D1 [Km] | D2[Km] | ABULTAMIENTO CON K = 4/3 [m] | ALTURA DEL PERFIL M.S.M [m] | LÍNEA DE VISTA [m] | 60% DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL | R+ FRESNEL | R- FRESNEL | PERFIL CORREGIDO CON k=4/3 [m] |
|---------|--------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|------------|------------|--------------------------------------|
| 0.000 | 37.350 | 0.000 | 42 | 42.000 | 0.000 | 42.000 | 42.000 | 42.000 |
| 0.500 | 36.850 | 1.083 | 50 | 43.513 | 11.537 | 55.050 | 31.976 | 51.083 |
| 1.000 | 36.350 | 2.137 | 100 | 45.025 | 16.205 | 61.230 | 28.821 | 102.137 |
| 1.500 | 35.850 | 3.162 | 150 | 46.538 | 19.710 | 66.248 | 26.829 | 153.162 |
| 2.000 | 35.350 | 4.157 | 150 | 48.051 | 22.599 | 70.650 | 25.452 | 154.157 |
| 2.500 | 34.850 | 5.122 | 160 | 49.564 | 25.088 | 74.651 | 24.476 | 165.122 |
| 3.000 | 34.350 | 6.059 | 280 | 51.076 | 27.284 | 78.360 | 23.792 | 286.059 |
| 3.500 | 33.850 | 6.966 | 340 | 52.589 | 29.255 | 81.844 | 23.334 | 346.966 |
| 4.000 | 33.350 | 7.843 | 410 | 54.102 | 31.043 | 85.145 | 23.059 | 417.843 |
| 4.500 | 32.850 | 8.691 | 280 | 55.614 | 32.678 | 88.293 | 22.936 | 288.691 |
| 5.000 | 32.350 | 9.510 | 260 | 57.127 | 34.183 | 91.310 | 22.944 | 269.510 |
| 5.500 | 31.850 | 10.299 | 80 | 58.640 | 35.573 | 94.213 | 23.067 | 90.299 |
| 6.000 | 31.350 | 11.059 | 68 | 60.153 | 36.862 | 97.015 | 23.290 | 79.059 |
| 6.500 | 30.850 | 11.790 | 95 | 61.665 | 38.060 | 99.725 | 23.605 | 106.790 |
| 7.000 | 30.350 | 12.491 | 180 | 63.178 | 39.176 | 102.354 | 24.003 | 192.491 |
| 7.500 | 29.850 | 13.163 | 240 | 64.691 | 40.215 | 104.906 | 24.476 | 253.163 |
| 8.000 | 29.350 | 13.805 | 220 | 66.203 | 41.185 | 107.388 | 25.019 | 233.805 |
| 8.500 | 28.850 | 14.418 | 260 | 67.716 | 42.089 | 109.805 | 25.627 | 274.418 |
| 9.000 | 28.350 | 15.001 | 230 | 69.229 | 42.932 | 112.161 | 26.297 | 245.001 |
| 9.500 | 27.850 | 15.556 | 160 | 70.742 | 43.718 | 114.460 | 27.024 | 175.556 |
| 10.000 | 27.350 | 16.080 | 60 | 72.254 | 44.449 | 116.704 | 27.805 | 76.080 |
| 10.500 | 26.850 | 16.576 | 60 | 73.767 | 45.129 | 118.896 | 28.638 | 76.576 |
| 11.000 | 26.350 | 17.042 | 78 | 75.280 | 45.759 | 121.038 | 29.521 | 95.042 |
| 11.500 | 25.850 | 17.478 | 120 | 76.793 | 46.341 | 123.134 | 30.451 | 137.478 |
| 12.000 | 25.350 | 17.885 | 180 | 78.305 | 46.878 | 125.183 | 31.428 | 197.885 |
| 12.500 | 24.850 | 18.263 | 250 | 79.818 | 47.370 | 127.188 | 32.448 | 268.263 |
| 13.000 | 24.350 | 18.611 | 220 | 81.331 | 47.820 | 129.150 | 33.511 | 238.611 |
| 13.500 | 23.850 | 18.930 | 140 | 82.843 | 48.228 | 131.071 | 34.616 | 158.930 |
| 14.000 | 23.350 | 19.220 | 40 | 84.356 | 48.595 | 132.951 | 35.761 | 59.220 |
| 14.500 | 22.850 | 19.480 | 20 | 85.869 | 48.923 | 134.792 | 36.946 | 39.480 |
| 15.000 | 22.350 | 19.711 | 55 | 87.382 | 49.212 | 136.593 | 38.170 | 74.711 |
| 15.500 | 21.850 | 19.912 | 100 | 88.894 | 49.463 | 138.357 | 39.432 | 119.912 |
| 16.000 | 21.350 | 20.084 | 185 | 90.407 | 49.676 | 140.083 | 40.731 | 205.084 |
| 16.500 | 20.850 | 20.227 | 75 | 91.920 | 49.852 | 141.772 | 42.068 | 95.227 |
| 17.000 | 20.350 | 20.340 | 48 | 93.432 | 49.991 | 143.424 | 43.441 | 68.340 |
| 17.500 | 19.850 | 20.424 | 38 | 94.945 | 50.094 | 145.039 | 44.851 | 58.424 |
| 18.000 | 19.350 | 20.478 | 38 | 96.458 | 50.161 | 146.618 | 46.297 | 58.478 |
| 18.500 | 18.850 | 20.503 | 29 | 97.971 | 50.191 | 148.162 | 47.779 | 49.503 |
| 19.000 | 18.350 | 20.499 | 27 | 99.483 | 50.186 | 149.669 | 49.297 | 47.499 |
| 19.500 | 17.850 | 20.465 | 30 | 100.996 | 50.144 | 151.140 | 50.852 | 50.465 |
| 20.000 | 17.350 | 20.402 | 35 | 102.509 | 50.067 | 152.576 | 52.442 | 55.402 |

| | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|-----|---------|--------|---------|---------|---------|
| 20.500 | 16.850 | 20.309 | 50 | 104.021 | 49.953 | 153.975 | 54.068 | 70.309 |
| 21.000 | 16.350 | 20.187 | 160 | 105.534 | 49.803 | 155.337 | 55.731 | 180.187 |
| 21.500 | 15.850 | 20.036 | 80 | 107.047 | 49.616 | 156.663 | 57.431 | 100.036 |
| 22.000 | 15.350 | 19.855 | 110 | 108.560 | 49.391 | 157.951 | 59.168 | 129.855 |
| 22.500 | 14.850 | 19.645 | 320 | 110.072 | 49.129 | 159.202 | 60.943 | 339.645 |
| 23.000 | 14.350 | 19.405 | 280 | 111.585 | 48.829 | 160.414 | 62.756 | 299.405 |
| 23.500 | 13.850 | 19.136 | 120 | 113.098 | 48.489 | 161.587 | 64.609 | 139.136 |
| 24.000 | 13.350 | 18.838 | 160 | 114.610 | 48.110 | 162.720 | 66.501 | 178.838 |
| 24.500 | 12.850 | 18.510 | 340 | 116.123 | 47.689 | 163.812 | 68.434 | 358.510 |
| 25.000 | 12.350 | 18.153 | 280 | 117.636 | 47.227 | 164.863 | 70.409 | 298.153 |
| 25.500 | 11.850 | 17.766 | 270 | 119.149 | 46.721 | 165.870 | 72.427 | 287.766 |
| 26.000 | 11.350 | 17.350 | 140 | 120.661 | 46.171 | 166.832 | 74.490 | 157.350 |
| 26.500 | 10.850 | 16.905 | 60 | 122.174 | 45.575 | 167.749 | 76.599 | 76.905 |
| 27.000 | 10.350 | 16.430 | 60 | 123.687 | 44.930 | 168.617 | 78.757 | 76.430 |
| 27.500 | 9.850 | 15.926 | 140 | 125.199 | 44.235 | 169.435 | 80.964 | 155.926 |
| 28.000 | 9.350 | 15.392 | 200 | 126.712 | 43.488 | 170.200 | 83.224 | 215.392 |
| 28.500 | 8.850 | 14.829 | 120 | 128.225 | 42.685 | 170.910 | 85.539 | 134.829 |
| 29.000 | 8.350 | 14.237 | 80 | 129.738 | 41.824 | 171.562 | 87.913 | 94.237 |
| 29.500 | 7.850 | 13.615 | 40 | 131.250 | 40.901 | 172.151 | 90.350 | 53.615 |
| 30.000 | 7.350 | 12.964 | 20 | 132.763 | 39.911 | 172.674 | 92.852 | 32.964 |
| 30.500 | 6.850 | 12.284 | 60 | 134.276 | 38.849 | 173.125 | 95.427 | 72.284 |
| 31.000 | 6.350 | 11.574 | 140 | 135.788 | 37.710 | 173.498 | 98.079 | 151.574 |
| 31.500 | 5.850 | 10.834 | 70 | 137.301 | 36.485 | 173.787 | 100.816 | 80.834 |
| 32.000 | 5.350 | 10.066 | 30 | 138.814 | 35.167 | 173.981 | 103.647 | 40.066 |
| 32.500 | 4.850 | 9.267 | 32 | 140.327 | 33.744 | 174.071 | 106.582 | 41.267 |
| 33.000 | 4.350 | 8.440 | 19 | 141.839 | 32.202 | 174.042 | 109.637 | 27.440 |
| 33.500 | 3.850 | 7.583 | 18 | 143.352 | 30.524 | 173.876 | 112.828 | 25.583 |
| 34.000 | 3.350 | 6.697 | 18 | 144.865 | 28.685 | 173.549 | 116.180 | 24.697 |
| 34.500 | 2.850 | 5.781 | 60 | 146.378 | 26.651 | 173.029 | 119.726 | 65.781 |
| 35.000 | 2.350 | 4.836 | 60 | 147.890 | 24.376 | 172.266 | 123.515 | 64.836 |
| 35.500 | 1.850 | 3.861 | 160 | 149.403 | 21.781 | 171.184 | 127.622 | 163.861 |
| 36.000 | 1.350 | 2.857 | 160 | 150.916 | 18.737 | 169.653 | 132.178 | 162.857 |
| 36.500 | 0.850 | 1.824 | 100 | 152.428 | 14.971 | 167.399 | 137.458 | 101.824 |
| 37.000 | 0.350 | 0.761 | 100 | 153.941 | 9.672 | 163.613 | 144.269 | 100.761 |
| 37.350 | 0.000 | 0.000 | 155 | 155.000 | 0.000 | 155.000 | 155.000 | 155.000 |

Datos del enlace Viche-Balao Torre

ANEXO 4

VICHE - CERRO ZAPALLO 25,4 KMS

| | |
|--------------|---------|
| Frec. MHz | 400 |
| Lambda | 0.750 |
| Pendiente T | 21.9685 |
| Dist. en Km. | 25.4 |
| Div. Dist | 0.5 |

| | |
|-----------|-----|
| h punto 1 | 42 |
| h punto 2 | 600 |
| h Ant 1 | 0 |
| h Ant 2 | 0 |

| D1 [Km] | D2[Km] | ABULTAMIENTO CON K = 4/3 [m] | ALTURA DEL PERFIL M.S.M [m] | LÍNEA DE VISTA [m] | 60% DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL | R+ FRESNEL | R- FRESNEL | PERFIL CORREGIDO CON K=4/3 [m] |
|---------|--------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|------------|------------|--------------------------------------|
| 0.00 | 25.40 | 0.000 | 42 | 42.000 | 0.000 | 42.000 | 42.000 | 42.000 |
| 0.40 | 25.00 | 0.588 | 41 | 50.787 | 10.307 | 61.094 | 40.481 | 41.588 |
| 0.90 | 24.50 | 1.296 | 90 | 61.772 | 15.304 | 77.076 | 46.467 | 91.296 |
| 1.40 | 24.00 | 1.975 | 80 | 72.756 | 18.892 | 91.648 | 53.864 | 81.975 |
| 1.90 | 23.50 | 2.625 | 100 | 83.740 | 21.778 | 105.519 | 61.962 | 102.625 |
| 2.40 | 23.00 | 3.245 | 80 | 94.724 | 24.215 | 118.939 | 70.509 | 83.245 |
| 2.90 | 22.50 | 3.836 | 40 | 105.709 | 26.327 | 132.036 | 79.381 | 43.836 |
| 3.40 | 22.00 | 4.398 | 38 | 116.693 | 28.188 | 144.881 | 88.505 | 42.398 |
| 3.90 | 21.50 | 4.930 | 38 | 127.677 | 29.845 | 157.522 | 97.833 | 42.930 |
| 4.40 | 21.00 | 5.433 | 100 | 138.661 | 31.329 | 169.991 | 107.332 | 105.433 |
| 4.90 | 20.50 | 5.906 | 70 | 149.646 | 32.666 | 182.311 | 116.980 | 75.906 |
| 5.40 | 20.00 | 6.350 | 58 | 160.630 | 33.871 | 194.501 | 126.759 | 64.350 |
| 5.90 | 19.50 | 6.764 | 30 | 171.614 | 34.959 | 206.573 | 136.655 | 36.764 |
| 6.40 | 19.00 | 7.149 | 10 | 182.598 | 35.940 | 218.539 | 146.658 | 17.149 |
| 6.90 | 18.50 | 7.505 | 20 | 193.583 | 36.824 | 230.406 | 156.759 | 27.505 |
| 7.40 | 18.00 | 7.831 | 20 | 204.567 | 37.616 | 242.182 | 166.951 | 27.831 |
| 7.90 | 17.50 | 8.128 | 20 | 215.551 | 38.322 | 253.873 | 177.229 | 28.128 |
| 8.40 | 17.00 | 8.396 | 120 | 226.535 | 38.947 | 265.483 | 187.588 | 128.396 |
| 8.90 | 16.50 | 8.634 | 160 | 237.520 | 39.496 | 277.016 | 198.024 | 168.634 |
| 9.40 | 16.00 | 8.843 | 100 | 248.504 | 39.970 | 288.474 | 208.534 | 108.843 |
| 9.90 | 15.50 | 9.022 | 100 | 259.488 | 40.374 | 299.862 | 219.115 | 109.022 |
| 10.40 | 15.00 | 9.172 | 50 | 270.472 | 40.708 | 311.180 | 229.765 | 59.172 |
| 10.90 | 14.50 | 9.292 | 20 | 281.457 | 40.974 | 322.431 | 240.482 | 29.292 |
| 11.40 | 14.00 | 9.384 | 20 | 292.441 | 41.175 | 333.616 | 251.266 | 29.384 |
| 11.90 | 13.50 | 9.445 | 40 | 303.425 | 41.310 | 344.735 | 262.115 | 49.445 |
| 12.40 | 13.00 | 9.478 | 40 | 314.409 | 41.381 | 355.790 | 273.029 | 49.478 |
| 12.90 | 12.50 | 9.481 | 80 | 325.394 | 41.387 | 366.781 | 284.007 | 89.481 |
| 13.40 | 12.00 | 9.454 | 82 | 336.378 | 41.329 | 377.707 | 295.049 | 91.454 |
| 13.90 | 11.50 | 9.398 | 35 | 347.362 | 41.207 | 388.569 | 306.155 | 44.398 |
| 14.40 | 11.00 | 9.313 | 80 | 358.346 | 41.020 | 399.366 | 317.327 | 89.313 |
| 14.90 | 10.50 | 9.198 | 100 | 369.331 | 40.766 | 410.097 | 328.564 | 109.198 |
| 15.40 | 10.00 | 9.054 | 260 | 380.315 | 40.446 | 420.761 | 339.869 | 269.054 |
| 15.90 | 9.50 | 8.881 | 300 | 391.299 | 40.057 | 431.356 | 351.243 | 308.881 |
| 16.40 | 9.00 | 8.678 | 280 | 402.283 | 39.597 | 441.880 | 362.687 | 288.678 |
| 16.90 | 8.50 | 8.446 | 280 | 413.268 | 39.063 | 452.331 | 374.205 | 288.446 |
| 17.40 | 8.00 | 8.184 | 380 | 424.252 | 38.453 | 462.705 | 385.799 | 388.184 |
| 17.90 | 7.50 | 7.893 | 300 | 435.236 | 37.763 | 473.000 | 397.473 | 307.893 |
| 18.40 | 7.00 | 7.573 | 360 | 446.220 | 36.989 | 483.209 | 409.231 | 367.573 |
| 18.90 | 6.50 | 7.223 | 375 | 457.205 | 36.125 | 493.329 | 421.080 | 382.223 |
| 19.40 | 6.00 | 6.844 | 400 | 468.189 | 35.163 | 503.352 | 433.026 | 406.844 |
| 19.90 | 5.50 | 6.435 | 330 | 479.173 | 34.098 | 513.271 | 445.076 | 336.435 |
| 20.40 | 5.00 | 5.997 | 330 | 490.157 | 32.917 | 523.074 | 457.241 | 335.997 |
| 20.90 | 4.50 | 5.530 | 340 | 501.142 | 31.608 | 532.750 | 469.534 | 345.530 |
| 21.40 | 4.00 | 5.033 | 380 | 512.126 | 30.154 | 542.280 | 481.972 | 385.033 |
| 21.90 | 3.50 | 4.507 | 400 | 523.110 | 28.535 | 551.645 | 494.576 | 404.507 |
| 22.40 | 3.00 | 3.951 | 380 | 534.094 | 26.718 | 560.812 | 507.377 | 383.951 |
| 22.85 | 2.55 | 3.426 | 440 | 543.980 | 24.879 | 568.859 | 519.102 | 443.426 |
| 23.40 | 2.00 | 2.752 | 340 | 556.063 | 22.297 | 578.360 | 533.766 | 342.752 |
| 23.90 | 1.50 | 2.108 | 320 | 567.047 | 19.515 | 586.562 | 547.533 | 322.108 |
| 24.40 | 1.00 | 1.435 | 360 | 578.031 | 16.099 | 594.131 | 561.932 | 361.435 |
| 24.90 | 0.50 | 0.732 | 460 | 589.016 | 11.500 | 600.516 | 577.516 | 460.732 |
| 25.40 | 0.00 | 0.000 | 600 | 600.000 | 0.000 | 600.000 | 600.000 | 600.000 |

Datos del enlace Viche-Cerro Zapallo

ANEXO 5

VICHE - CERRO ZAPALLO 25,4 KMS

| | |
|--------------|---------|
| Frec. MHz | 400 |
| Lamda | 0.750 |
| Pendiente T | 22.5591 |
| Dist. en Km. | 25.4 |
| Div. Dist | 0.5 |

| | |
|-----------|-----|
| h punto 1 | 42 |
| h punto 2 | 600 |
| h Ant 1 | 50 |
| h Ant 2 | 65 |

| D1 [Km] | D2[Km] | ABULTAMIENTO CON K = 4/3 [m] | ALTURA DEL PERFIL M.S.M [m] | LÍNEA DE VISTA [m] | 60% DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL | R+ FRESNEL | R- FRESNEL | PERFIL CORREGIDO CON k=4/3 [m] |
|---------|--------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|------------|------------|--------------------------------------|
| 0.00 | 25.40 | 0.000 | 42 | 92.000 | 0.000 | 92.000 | 92.000 | 42.000 |
| 0.40 | 25.00 | 0.588 | 41 | 101.024 | 10.307 | 111.330 | 90.717 | 41.588 |
| 0.90 | 24.50 | 1.296 | 90 | 112.303 | 15.304 | 127.608 | 96.999 | 91.296 |
| 1.40 | 24.00 | 1.975 | 80 | 123.583 | 18.892 | 142.475 | 104.690 | 81.975 |
| 1.90 | 23.50 | 2.625 | 100 | 134.862 | 21.778 | 156.641 | 113.084 | 102.625 |
| 2.40 | 23.00 | 3.245 | 80 | 146.142 | 24.215 | 170.357 | 121.927 | 83.245 |
| 2.90 | 22.50 | 3.836 | 40 | 157.421 | 26.327 | 183.748 | 131.094 | 43.836 |
| 3.40 | 22.00 | 4.398 | 38 | 168.701 | 28.188 | 196.889 | 140.513 | 42.398 |
| 3.90 | 21.50 | 4.930 | 38 | 179.980 | 29.845 | 209.825 | 150.136 | 42.930 |
| 4.40 | 21.00 | 5.433 | 100 | 191.260 | 31.329 | 222.589 | 159.931 | 105.433 |
| 4.90 | 20.50 | 5.906 | 70 | 202.539 | 32.666 | 235.205 | 169.874 | 75.906 |
| 5.40 | 20.00 | 6.350 | 58 | 213.819 | 33.871 | 247.690 | 179.948 | 64.350 |
| 5.90 | 19.50 | 6.764 | 30 | 225.098 | 34.959 | 260.057 | 190.140 | 36.764 |
| 6.40 | 19.00 | 7.149 | 10 | 236.378 | 35.940 | 272.318 | 200.438 | 17.149 |
| 6.90 | 18.50 | 7.505 | 20 | 247.657 | 36.824 | 284.481 | 210.834 | 27.505 |
| 7.40 | 18.00 | 7.831 | 20 | 258.937 | 37.616 | 296.553 | 221.322 | 27.831 |
| 7.90 | 17.50 | 8.128 | 20 | 270.217 | 38.322 | 308.538 | 231.895 | 28.128 |
| 8.40 | 17.00 | 8.396 | 120 | 281.496 | 38.947 | 320.443 | 242.549 | 128.396 |
| 8.90 | 16.50 | 8.634 | 160 | 292.776 | 39.496 | 332.271 | 253.280 | 168.634 |
| 9.40 | 16.00 | 8.843 | 100 | 304.055 | 39.970 | 344.026 | 264.085 | 108.843 |
| 9.90 | 15.50 | 9.022 | 100 | 315.335 | 40.374 | 355.708 | 274.961 | 109.022 |
| 10.40 | 15.00 | 9.172 | 50 | 326.614 | 40.708 | 367.322 | 285.906 | 59.172 |
| 10.90 | 14.50 | 9.292 | 20 | 337.894 | 40.974 | 378.868 | 296.919 | 29.292 |
| 11.40 | 14.00 | 9.384 | 20 | 349.173 | 41.175 | 390.348 | 307.998 | 29.384 |
| 11.90 | 13.50 | 9.445 | 40 | 360.453 | 41.310 | 401.763 | 319.143 | 49.445 |
| 12.40 | 13.00 | 9.478 | 40 | 371.732 | 41.381 | 413.113 | 330.352 | 49.478 |
| 12.90 | 12.50 | 9.481 | 80 | 383.012 | 41.387 | 424.399 | 341.625 | 89.481 |
| 13.40 | 12.00 | 9.454 | 82 | 394.291 | 41.329 | 435.621 | 352.962 | 91.454 |
| 13.90 | 11.50 | 9.398 | 35 | 405.571 | 41.207 | 446.778 | 364.364 | 44.398 |
| 14.40 | 11.00 | 9.313 | 80 | 416.850 | 41.020 | 457.870 | 375.831 | 89.313 |
| 14.90 | 10.50 | 9.198 | 100 | 428.130 | 40.766 | 468.896 | 387.364 | 109.198 |
| 15.40 | 10.00 | 9.054 | 260 | 439.409 | 40.446 | 479.855 | 398.963 | 269.054 |
| 15.90 | 9.50 | 8.881 | 300 | 450.689 | 40.057 | 490.746 | 410.632 | 308.881 |
| 16.40 | 9.00 | 8.678 | 280 | 461.969 | 39.597 | 501.565 | 422.372 | 288.678 |
| 16.90 | 8.50 | 8.446 | 280 | 473.248 | 39.063 | 512.311 | 434.185 | 288.446 |
| 17.40 | 8.00 | 8.184 | 380 | 484.528 | 38.453 | 522.981 | 446.074 | 388.184 |
| 17.90 | 7.50 | 7.893 | 300 | 495.807 | 37.763 | 533.571 | 458.044 | 307.893 |
| 18.40 | 7.00 | 7.573 | 360 | 507.087 | 36.989 | 544.076 | 470.098 | 367.573 |
| 18.90 | 6.50 | 7.223 | 375 | 518.366 | 36.125 | 554.491 | 482.242 | 382.223 |
| 19.40 | 6.00 | 6.844 | 400 | 529.646 | 35.163 | 564.809 | 494.482 | 406.844 |
| 19.90 | 5.50 | 6.435 | 330 | 540.925 | 34.098 | 575.023 | 506.828 | 336.435 |
| 20.40 | 5.00 | 5.997 | 330 | 552.205 | 32.917 | 585.121 | 519.288 | 335.997 |
| 20.90 | 4.50 | 5.530 | 340 | 563.484 | 31.608 | 595.092 | 531.876 | 345.530 |
| 21.40 | 4.00 | 5.033 | 380 | 574.764 | 30.154 | 604.918 | 544.609 | 385.033 |
| 21.90 | 3.50 | 4.507 | 400 | 586.043 | 28.535 | 614.578 | 557.509 | 404.507 |
| 22.40 | 3.00 | 3.951 | 380 | 597.323 | 26.718 | 624.041 | 570.605 | 383.951 |
| 22.85 | 2.55 | 3.426 | 440 | 607.474 | 24.879 | 632.353 | 582.596 | 443.426 |
| 23.40 | 2.00 | 2.752 | 340 | 619.882 | 22.297 | 642.178 | 597.585 | 342.752 |
| 23.90 | 1.50 | 2.108 | 320 | 631.161 | 19.515 | 650.676 | 611.647 | 322.108 |
| 24.40 | 1.00 | 1.435 | 360 | 642.441 | 16.099 | 658.540 | 626.342 | 361.435 |
| 24.90 | 0.50 | 0.732 | 460 | 653.720 | 11.500 | 665.221 | 642.220 | 460.732 |
| 25.40 | 0.00 | 0.000 | 600 | 665.000 | 0.000 | 665.000 | 665.000 | 600.000 |

Datos del enlace Viche-Cerro Zapallo considerando los valores de las alturas a las que deberían ser colocadas las antenas

ANEXO 6

CERRO ZAPALLO - BALAO TORRE 19,5 KMS

| | |
|--------------|----------|
| Frec. MHz | 400 |
| Lamda | 0.750 |
| Pendiente T | -22.8205 |
| Dist. en Km. | 19.5 |
| Div. Dist | 0.5 |

| | |
|-----------|-----|
| h punto 1 | 600 |
| h punto 2 | 155 |
| h Ant 1 | 0 |
| h Ant 2 | 0 |

| D1 [Km] | D2[Km] | ABULTAMIENTO CON K = 4/3 [m] | ALTURA DEL PERFIL M.S.M [m] | LÍNEA DE VISTA [m] | 60% DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL | R+ FRESNEL | R- FRESNEL | PERFIL CORREGIDO CON k=4/3 [m] |
|---------|--------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|------------|------------|--------------------------------------|
| 0 | 19.5 | 0.000 | 600 | 600.000 | 0.000 | 600.000 | 600.000 | 600.000 |
| 0.5 | 19 | 0.559 | 580 | 588.590 | 11.465 | 600.055 | 577.125 | 580.559 |
| 1 | 18.5 | 1.088 | 500 | 577.179 | 15.999 | 593.179 | 561.180 | 501.088 |
| 1.5 | 18 | 1.587 | 460 | 565.769 | 19.328 | 585.098 | 546.441 | 461.587 |
| 2 | 17.5 | 2.058 | 420 | 554.359 | 22.006 | 576.365 | 532.353 | 422.058 |
| 2.5 | 17 | 2.499 | 375 | 542.949 | 24.250 | 567.199 | 518.699 | 377.499 |
| 3 | 16.5 | 2.910 | 330 | 531.538 | 26.171 | 557.709 | 505.368 | 332.910 |
| 3.5 | 16 | 3.292 | 320 | 520.128 | 27.836 | 547.964 | 492.292 | 323.292 |
| 4 | 15.5 | 3.645 | 300 | 508.718 | 29.289 | 538.007 | 479.429 | 303.645 |
| 4.5 | 15 | 3.969 | 160 | 497.308 | 30.561 | 527.869 | 466.747 | 163.969 |
| 5 | 14.5 | 4.263 | 160 | 485.897 | 31.673 | 517.570 | 454.225 | 164.263 |
| 5.5 | 14 | 4.527 | 260 | 474.487 | 32.641 | 507.128 | 441.846 | 264.527 |
| 6 | 13.5 | 4.762 | 215 | 463.077 | 33.478 | 496.555 | 429.599 | 219.762 |
| 6.5 | 13 | 4.968 | 200 | 451.667 | 34.193 | 485.860 | 417.473 | 204.968 |
| 7 | 12.5 | 5.145 | 220 | 440.256 | 34.795 | 475.052 | 405.461 | 225.145 |
| 7.5 | 12 | 5.292 | 175 | 428.846 | 35.289 | 464.135 | 393.557 | 180.292 |
| 8 | 11.5 | 5.409 | 150 | 417.436 | 35.679 | 453.115 | 381.757 | 155.409 |
| 8.5 | 11 | 5.497 | 140 | 406.026 | 35.968 | 441.994 | 370.057 | 145.497 |
| 9 | 10.5 | 5.556 | 80 | 394.615 | 36.160 | 430.776 | 358.455 | 85.556 |
| 9.5 | 10 | 5.585 | 70 | 383.205 | 36.256 | 419.461 | 346.949 | 75.585 |
| 10 | 9.5 | 5.585 | 40 | 371.795 | 36.256 | 408.051 | 335.539 | 45.585 |
| 10.5 | 9 | 5.556 | 55 | 360.385 | 36.160 | 396.545 | 324.224 | 60.556 |
| 11 | 8.5 | 5.497 | 70 | 348.974 | 35.968 | 384.943 | 313.006 | 75.497 |
| 11.5 | 8 | 5.409 | 30 | 337.564 | 35.679 | 373.243 | 301.885 | 35.409 |
| 12 | 7.5 | 5.292 | 10 | 326.154 | 35.289 | 361.443 | 290.865 | 15.292 |
| 12.5 | 7 | 5.145 | 10 | 314.744 | 34.795 | 349.539 | 279.948 | 15.145 |
| 13 | 6.5 | 4.968 | 10 | 303.333 | 34.193 | 337.527 | 269.140 | 14.968 |
| 13.5 | 6 | 4.762 | 5 | 291.923 | 33.478 | 325.401 | 258.445 | 9.762 |
| 14 | 5.5 | 4.527 | 10 | 280.513 | 32.641 | 313.154 | 247.872 | 14.527 |
| 14.5 | 5 | 4.263 | 20 | 269.103 | 31.673 | 300.775 | 237.430 | 24.263 |
| 15 | 4.5 | 3.969 | 120 | 257.692 | 30.561 | 288.253 | 227.131 | 123.969 |
| 15.5 | 4 | 3.645 | 180 | 246.282 | 29.289 | 275.571 | 216.993 | 183.645 |
| 16 | 3.5 | 3.292 | 170 | 234.872 | 27.836 | 262.708 | 207.036 | 173.292 |
| 16.5 | 3 | 2.910 | 200 | 223.462 | 26.171 | 249.632 | 197.291 | 202.910 |
| 17 | 2.5 | 2.499 | 130 | 212.051 | 24.250 | 236.301 | 187.801 | 132.499 |
| 17.5 | 2 | 2.058 | 240 | 200.641 | 22.006 | 222.647 | 178.635 | 242.058 |
| 18 | 1.5 | 1.587 | 160 | 189.231 | 19.328 | 208.559 | 169.902 | 161.587 |
| 18.5 | 1 | 1.088 | 100 | 177.821 | 15.999 | 193.820 | 161.821 | 101.088 |
| 19 | 0.5 | 0.559 | 60 | 166.410 | 11.465 | 177.875 | 154.945 | 60.559 |
| 19.5 | 0 | 0.000 | 155 | 155.000 | 0.000 | 155.000 | 155.000 | 155.000 |

Datos del enlace Cerro Zapallo-Balao Torre

ANEXO 7

CERRO ZAPALLO - BALAO TORRE 19,5 KMS

| | |
|--------------|----------|
| Frec. MHz | 400 |
| Lamda | 0.750 |
| Pendiente T | -22.8205 |
| Dist. en Km. | 19.5 |
| Div. Dist | 0.5 |

| | |
|-----------|-----|
| h punto 1 | 600 |
| h punto 2 | 155 |
| h Ant 1 | 65 |
| h Ant 2 | 65 |

| D1 [Km] | D2[Km] | ABULTAMIENTO CON K = 4/3 [m] | ALTURA DEL PERFIL M.S.M [m] | LÍNEA DE VISTA [m] | 60% DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL | R+ FRESNEL | R- FRESNEL | PERFIL CORREGIDO CON k=4/3 [m] |
|---------|--------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|------------|------------|--------------------------------------|
| 0 | 19.5 | 0.000 | 600 | 665.000 | 0.000 | 665.000 | 665.000 | 600.000 |
| 0.5 | 19 | 0.559 | 580 | 653.590 | 11.465 | 665.055 | 642.125 | 580.559 |
| 1 | 18.5 | 1.088 | 500 | 642.179 | 15.999 | 658.179 | 626.180 | 501.088 |
| 1.5 | 18 | 1.587 | 460 | 630.769 | 19.328 | 650.098 | 611.441 | 461.587 |
| 2 | 17.5 | 2.058 | 420 | 619.359 | 22.006 | 641.365 | 597.353 | 422.058 |
| 2.5 | 17 | 2.499 | 375 | 607.949 | 24.250 | 632.199 | 583.699 | 377.499 |
| 3 | 16.5 | 2.910 | 330 | 596.538 | 26.171 | 622.709 | 570.368 | 332.910 |
| 3.5 | 16 | 3.292 | 320 | 585.128 | 27.836 | 612.964 | 557.292 | 323.292 |
| 4 | 15.5 | 3.645 | 300 | 573.718 | 29.289 | 603.007 | 544.429 | 303.645 |
| 4.5 | 15 | 3.969 | 160 | 562.308 | 30.561 | 592.869 | 531.747 | 163.969 |
| 5 | 14.5 | 4.263 | 160 | 550.897 | 31.673 | 582.570 | 519.225 | 164.263 |
| 5.5 | 14 | 4.527 | 260 | 539.487 | 32.641 | 572.128 | 506.846 | 264.527 |
| 6 | 13.5 | 4.762 | 215 | 528.077 | 33.478 | 561.555 | 494.599 | 219.762 |
| 6.5 | 13 | 4.968 | 200 | 516.667 | 34.193 | 550.860 | 482.473 | 204.968 |
| 7 | 12.5 | 5.145 | 220 | 505.256 | 34.795 | 540.052 | 470.461 | 225.145 |
| 7.5 | 12 | 5.292 | 175 | 493.846 | 35.289 | 529.135 | 458.557 | 180.292 |
| 8 | 11.5 | 5.409 | 150 | 482.436 | 35.679 | 518.115 | 446.757 | 155.409 |
| 8.5 | 11 | 5.497 | 140 | 471.026 | 35.968 | 506.994 | 435.057 | 145.497 |
| 9 | 10.5 | 5.556 | 80 | 459.615 | 36.160 | 495.776 | 423.455 | 85.556 |
| 9.5 | 10 | 5.585 | 70 | 448.205 | 36.256 | 484.461 | 411.949 | 75.585 |
| 10 | 9.5 | 5.585 | 40 | 436.795 | 36.256 | 473.051 | 400.539 | 45.585 |
| 10.5 | 9 | 5.556 | 55 | 425.385 | 36.160 | 461.545 | 389.224 | 60.556 |
| 11 | 8.5 | 5.497 | 70 | 413.974 | 35.968 | 449.943 | 378.006 | 75.497 |
| 11.5 | 8 | 5.409 | 30 | 402.564 | 35.679 | 438.243 | 366.885 | 35.409 |
| 12 | 7.5 | 5.292 | 10 | 391.154 | 35.289 | 426.443 | 355.865 | 15.292 |
| 12.5 | 7 | 5.145 | 10 | 379.744 | 34.795 | 414.539 | 344.948 | 15.145 |
| 13 | 6.5 | 4.968 | 10 | 368.333 | 34.193 | 402.527 | 334.140 | 14.968 |
| 13.5 | 6 | 4.762 | 5 | 356.923 | 33.478 | 390.401 | 323.445 | 9.762 |
| 14 | 5.5 | 4.527 | 10 | 345.513 | 32.641 | 378.154 | 312.872 | 14.527 |
| 14.5 | 5 | 4.263 | 20 | 334.103 | 31.673 | 365.775 | 302.430 | 24.263 |
| 15 | 4.5 | 3.969 | 120 | 322.692 | 30.561 | 353.253 | 292.131 | 123.969 |
| 15.5 | 4 | 3.645 | 180 | 311.282 | 29.289 | 340.571 | 281.993 | 183.645 |
| 16 | 3.5 | 3.292 | 170 | 299.872 | 27.836 | 327.708 | 272.036 | 173.292 |
| 16.5 | 3 | 2.910 | 200 | 288.462 | 26.171 | 314.632 | 262.291 | 202.910 |
| 17 | 2.5 | 2.499 | 130 | 277.051 | 24.250 | 301.301 | 252.801 | 132.499 |
| 17.5 | 2 | 2.058 | 240 | 265.641 | 22.006 | 287.647 | 243.635 | 242.058 |
| 18 | 1.5 | 1.587 | 160 | 254.231 | 19.328 | 273.559 | 234.902 | 161.587 |
| 18.5 | 1 | 1.088 | 100 | 242.821 | 15.999 | 258.820 | 226.821 | 101.088 |
| 19 | 0.5 | 0.559 | 60 | 231.410 | 11.465 | 242.875 | 219.945 | 60.559 |
| 19.5 | 0 | 0.000 | 155 | 220.000 | 0.000 | 220.000 | 220.000 | 155.000 |

Datos del enlace Cerro Zapallo-Balao Torre considerando los valores de las alturas a las que deberían ser colocadas las antenas

ANEXO 8

ATACAZO- VICHE 150.200 kms

| | |
|--------------|---------|
| Frec. MHz | 400 |
| Lamda | 0.750 |
| Pendiente T | 25.5526 |
| Dist. en Km. | 150.2 |
| Div. Dist | 0.5 |

| | |
|-----------|------|
| h punto 1 | 42 |
| h punto2 | 3880 |
| h Ant 1 | 0 |
| h Ant 2 | 0 |

| D1 [Km] | D2[Km] | ABULTAMIENTO CON K = 4/3 [m] | ALTURA DEL PERFIL M.S.M [m] | LÍNEA DE VISTA [m] | 60% DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL | R+ FRESNEL | R- FRESNEL | PERFIL CORREGIDO CON k=4/3 [m] |
|---------|--------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|------------|------------|--------------------------------------|
| 0 | 150.2 | 0.000 | 42 | 42.000 | 0.000 | 42.000 | 42.000 | 42.000 |
| 0.5 | 149.7 | 4.401 | 51 | 54.776 | 11.596 | 66.372 | 43.181 | 55.401 |
| 1 | 149.2 | 8.772 | 51 | 67.553 | 16.371 | 83.924 | 51.181 | 59.772 |
| 1.5 | 148.7 | 13.114 | 40 | 80.329 | 20.017 | 100.346 | 60.312 | 53.114 |
| 2 | 148.2 | 17.427 | 43 | 93.105 | 23.075 | 116.180 | 70.031 | 60.427 |
| 2.5 | 147.7 | 21.710 | 60 | 105.881 | 25.755 | 131.636 | 80.127 | 81.710 |
| 3 | 147.2 | 25.964 | 78 | 118.658 | 28.165 | 146.823 | 90.493 | 103.964 |
| 3.5 | 146.7 | 30.188 | 120 | 131.434 | 30.370 | 161.804 | 101.064 | 150.188 |
| 4 | 146.2 | 34.383 | 58 | 144.210 | 32.412 | 176.622 | 111.799 | 92.383 |
| 4.5 | 145.7 | 38.549 | 59 | 156.987 | 34.319 | 191.306 | 122.668 | 97.549 |
| 5 | 145.2 | 42.685 | 59 | 169.763 | 36.113 | 205.876 | 133.650 | 101.685 |
| 5.5 | 144.7 | 46.792 | 59 | 182.539 | 37.810 | 220.350 | 144.729 | 105.792 |
| 6 | 144.2 | 50.869 | 59 | 195.316 | 39.423 | 234.739 | 155.892 | 109.869 |
| 6.5 | 143.7 | 54.917 | 59 | 208.092 | 40.962 | 249.054 | 167.130 | 113.917 |
| 7 | 143.2 | 58.936 | 61 | 220.868 | 42.434 | 263.302 | 178.434 | 119.936 |
| 7.5 | 142.7 | 62.925 | 62 | 233.644 | 43.847 | 277.491 | 189.798 | 124.925 |
| 8 | 142.2 | 66.885 | 62 | 246.421 | 45.206 | 291.626 | 201.215 | 128.885 |
| 8.5 | 141.7 | 70.815 | 77 | 259.197 | 46.515 | 305.712 | 212.682 | 147.815 |
| 9 | 141.2 | 74.716 | 60 | 271.973 | 47.779 | 319.752 | 224.195 | 134.716 |
| 9.5 | 140.7 | 78.588 | 40 | 284.750 | 49.001 | 333.751 | 235.749 | 118.588 |
| 10 | 140.2 | 82.430 | 48 | 297.526 | 50.185 | 347.711 | 247.341 | 130.430 |
| 10.5 | 139.7 | 86.243 | 40 | 310.302 | 51.332 | 361.634 | 258.970 | 126.243 |
| 11 | 139.2 | 90.026 | 54 | 323.079 | 52.446 | 375.525 | 270.633 | 144.026 |
| 11.5 | 138.7 | 93.780 | 70 | 335.855 | 53.528 | 389.383 | 282.327 | 163.780 |
| 12 | 138.2 | 97.505 | 60 | 348.631 | 54.581 | 403.212 | 294.050 | 157.505 |
| 12.5 | 137.7 | 101.200 | 200 | 361.407 | 55.606 | 417.013 | 305.802 | 301.200 |
| 13 | 137.2 | 104.866 | 265 | 374.184 | 56.604 | 430.788 | 317.580 | 369.866 |
| 13.5 | 136.7 | 108.502 | 200 | 386.960 | 57.577 | 444.537 | 329.383 | 308.502 |
| 14 | 136.2 | 112.110 | 90 | 399.736 | 58.526 | 458.262 | 341.210 | 202.110 |
| 14.5 | 135.7 | 115.687 | 60 | 412.513 | 59.453 | 471.965 | 353.060 | 175.687 |
| 15 | 135.2 | 119.235 | 78 | 425.289 | 60.357 | 485.646 | 364.932 | 197.235 |
| 15.3 | 134.9 | 121.350 | 120 | 432.955 | 60.890 | 493.845 | 372.064 | 241.350 |
| 15.5 | 134.7 | 122.754 | 78 | 438.065 | 61.242 | 499.307 | 376.824 | 200.754 |
| 16 | 134.2 | 126.244 | 120 | 450.842 | 62.106 | 512.947 | 388.736 | 246.244 |
| 16.5 | 133.7 | 129.704 | 160 | 463.618 | 62.951 | 526.569 | 400.667 | 289.704 |
| 16.6 | 133.6 | 130.392 | 200 | 466.173 | 63.118 | 529.291 | 403.055 | 330.392 |
| 16.7 | 133.5 | 131.080 | 220 | 468.728 | 63.284 | 532.013 | 405.444 | 351.080 |
| 16.8 | 133.4 | 131.766 | 200 | 471.284 | 63.450 | 534.733 | 407.834 | 331.766 |
| 17 | 133.2 | 133.134 | 120 | 476.394 | 63.778 | 540.172 | 412.616 | 253.134 |
| 17.25 | 132.95 | 134.839 | 120 | 482.782 | 64.185 | 546.968 | 418.597 | 254.839 |
| 17.35 | 132.85 | 135.518 | 120 | 485.338 | 64.347 | 549.684 | 420.991 | 255.518 |
| 17.5 | 132.7 | 136.536 | 100 | 489.170 | 64.588 | 553.758 | 424.583 | 236.536 |
| 18 | 132.2 | 139.908 | 80 | 501.947 | 65.381 | 567.327 | 436.566 | 219.908 |
| 18.5 | 131.7 | 143.250 | 60 | 514.723 | 66.157 | 580.880 | 448.566 | 203.250 |
| 19 | 131.2 | 146.563 | 75 | 527.499 | 66.918 | 594.417 | 460.582 | 221.563 |
| 19.5 | 130.7 | 149.847 | 80 | 540.276 | 67.663 | 607.939 | 472.613 | 229.847 |
| 20 | 130.2 | 153.101 | 80 | 553.052 | 68.394 | 621.446 | 484.658 | 233.101 |

| | | | | | | | | |
|------|-------|---------|-----|-----------|---------|-----------|-----------|---------|
| 49 | 101.2 | 291.551 | 190 | 1,294.077 | 94.381 | 1,388.458 | 1,199.696 | 481.551 |
| 49.5 | 100.7 | 293.070 | 160 | 1,306.854 | 94.627 | 1,401.480 | 1,212.227 | 453.070 |
| 50 | 100.2 | 294.561 | 160 | 1,319.630 | 94.867 | 1,414.497 | 1,224.763 | 454.561 |
| 50.5 | 99.7 | 296.022 | 180 | 1,332.406 | 95.102 | 1,427.508 | 1,237.304 | 476.022 |
| 51 | 99.2 | 297.454 | 200 | 1,345.182 | 95.332 | 1,440.514 | 1,249.851 | 497.454 |
| 51.5 | 98.7 | 298.856 | 202 | 1,357.959 | 95.556 | 1,453.515 | 1,262.403 | 500.856 |
| 52 | 98.2 | 300.229 | 202 | 1,370.735 | 95.775 | 1,466.510 | 1,274.960 | 502.229 |
| 52.5 | 97.7 | 301.572 | 202 | 1,383.511 | 95.989 | 1,479.501 | 1,287.522 | 503.572 |
| 53 | 97.2 | 302.886 | 205 | 1,396.288 | 96.198 | 1,492.486 | 1,300.089 | 507.886 |
| 53.5 | 96.7 | 304.171 | 220 | 1,409.064 | 96.402 | 1,505.466 | 1,312.662 | 524.171 |
| 54 | 96.2 | 305.426 | 218 | 1,421.840 | 96.601 | 1,518.441 | 1,325.239 | 523.426 |
| 54.5 | 95.7 | 306.652 | 217 | 1,434.617 | 96.795 | 1,531.411 | 1,337.822 | 523.652 |
| 55 | 95.2 | 307.849 | 220 | 1,447.393 | 96.983 | 1,544.376 | 1,350.410 | 527.849 |
| 55.5 | 94.7 | 309.016 | 220 | 1,460.169 | 97.167 | 1,557.336 | 1,363.002 | 529.016 |
| 56 | 94.2 | 310.153 | 200 | 1,472.945 | 97.346 | 1,570.291 | 1,375.600 | 510.153 |
| 56.5 | 93.7 | 311.262 | 200 | 1,485.722 | 97.519 | 1,583.241 | 1,388.202 | 511.262 |
| 57 | 93.2 | 312.340 | 220 | 1,498.498 | 97.688 | 1,596.186 | 1,400.810 | 532.340 |
| 57.5 | 92.7 | 313.390 | 210 | 1,511.274 | 97.852 | 1,609.126 | 1,413.422 | 523.390 |
| 58 | 92.2 | 314.410 | 220 | 1,524.051 | 98.011 | 1,622.062 | 1,426.039 | 534.410 |
| 58.5 | 91.7 | 315.401 | 260 | 1,536.827 | 98.166 | 1,634.992 | 1,438.661 | 575.401 |
| 59 | 91.2 | 316.362 | 280 | 1,549.603 | 98.315 | 1,647.918 | 1,451.288 | 596.362 |
| 59.5 | 90.7 | 317.294 | 280 | 1,562.379 | 98.460 | 1,660.839 | 1,463.920 | 597.294 |
| 60 | 90.2 | 318.196 | 280 | 1,575.156 | 98.600 | 1,673.755 | 1,476.556 | 598.196 |
| 60.5 | 89.7 | 319.069 | 300 | 1,587.932 | 98.735 | 1,686.667 | 1,489.197 | 619.069 |
| 61 | 89.2 | 319.913 | 310 | 1,600.708 | 98.865 | 1,699.574 | 1,501.843 | 629.913 |
| 61.5 | 88.7 | 320.727 | 335 | 1,613.485 | 98.991 | 1,712.476 | 1,514.494 | 655.727 |
| 62 | 88.2 | 321.512 | 340 | 1,626.261 | 99.112 | 1,725.373 | 1,527.149 | 661.512 |
| 62.5 | 87.7 | 322.268 | 340 | 1,639.037 | 99.229 | 1,738.266 | 1,539.809 | 662.268 |
| 63 | 87.2 | 322.994 | 360 | 1,651.814 | 99.340 | 1,751.154 | 1,552.473 | 682.994 |
| 63.5 | 86.7 | 323.691 | 360 | 1,664.590 | 99.447 | 1,764.037 | 1,565.143 | 683.691 |
| 64 | 86.2 | 324.358 | 380 | 1,677.366 | 99.550 | 1,776.916 | 1,577.816 | 704.358 |
| 64.5 | 85.7 | 324.996 | 380 | 1,690.142 | 99.648 | 1,789.790 | 1,590.495 | 704.996 |
| 65 | 85.2 | 325.604 | 380 | 1,702.919 | 99.741 | 1,802.660 | 1,603.178 | 705.604 |
| 65.5 | 84.7 | 326.184 | 390 | 1,715.695 | 99.830 | 1,815.525 | 1,615.866 | 716.184 |
| 66 | 84.2 | 326.733 | 360 | 1,728.471 | 99.914 | 1,828.385 | 1,628.558 | 686.733 |
| 66.5 | 83.7 | 327.254 | 400 | 1,741.248 | 99.993 | 1,841.241 | 1,641.255 | 727.254 |
| 67 | 83.2 | 327.745 | 400 | 1,754.024 | 100.068 | 1,854.092 | 1,653.956 | 727.745 |
| 67.5 | 82.7 | 328.206 | 410 | 1,766.800 | 100.139 | 1,866.939 | 1,666.662 | 738.206 |
| 68 | 82.2 | 328.638 | 420 | 1,779.577 | 100.204 | 1,879.781 | 1,679.372 | 748.638 |
| 68.5 | 81.7 | 329.041 | 440 | 1,792.353 | 100.266 | 1,892.619 | 1,692.087 | 769.041 |
| 69 | 81.2 | 329.414 | 440 | 1,805.129 | 100.323 | 1,905.452 | 1,704.806 | 769.414 |
| 69.5 | 80.7 | 329.758 | 430 | 1,817.905 | 100.375 | 1,918.281 | 1,717.530 | 759.758 |
| 70 | 80.2 | 330.073 | 420 | 1,830.682 | 100.423 | 1,931.105 | 1,730.259 | 750.073 |
| 70.5 | 79.7 | 330.358 | 440 | 1,843.458 | 100.466 | 1,943.924 | 1,742.992 | 770.358 |
| 71 | 79.2 | 330.614 | 440 | 1,856.234 | 100.505 | 1,956.740 | 1,755.729 | 770.614 |
| 71.5 | 78.7 | 330.840 | 460 | 1,869.011 | 100.540 | 1,969.550 | 1,768.471 | 790.840 |
| 72 | 78.2 | 331.037 | 460 | 1,881.787 | 100.569 | 1,982.356 | 1,781.217 | 791.037 |
| 72.5 | 77.7 | 331.205 | 460 | 1,894.563 | 100.595 | 1,995.158 | 1,793.968 | 791.205 |
| 73 | 77.2 | 331.343 | 460 | 1,907.340 | 100.616 | 2,007.955 | 1,806.724 | 791.343 |
| 73.5 | 76.7 | 331.452 | 478 | 1,920.116 | 100.632 | 2,020.748 | 1,819.483 | 809.452 |
| 74 | 76.2 | 331.531 | 480 | 1,932.892 | 100.644 | 2,033.537 | 1,832.248 | 811.531 |
| 74.5 | 75.7 | 331.581 | 480 | 1,945.668 | 100.652 | 2,046.321 | 1,845.016 | 811.581 |
| 75 | 75.2 | 331.602 | 480 | 1,958.445 | 100.655 | 2,059.100 | 1,857.790 | 811.602 |
| 75.5 | 74.7 | 331.593 | 490 | 1,971.221 | 100.654 | 2,071.875 | 1,870.567 | 821.593 |
| 76 | 74.2 | 331.554 | 480 | 1,983.997 | 100.648 | 2,084.645 | 1,883.349 | 811.554 |
| 76.5 | 73.7 | 331.487 | 490 | 1,996.774 | 100.638 | 2,097.411 | 1,896.136 | 821.487 |
| 77 | 73.2 | 331.390 | 500 | 2,009.550 | 100.623 | 2,110.173 | 1,908.927 | 831.390 |
| 77.5 | 72.7 | 331.263 | 520 | 2,022.326 | 100.604 | 2,122.930 | 1,921.722 | 851.263 |
| 78 | 72.2 | 331.108 | 540 | 2,035.103 | 100.580 | 2,135.683 | 1,934.522 | 871.108 |
| 78.5 | 71.7 | 330.922 | 540 | 2,047.879 | 100.552 | 2,148.431 | 1,947.327 | 870.922 |
| 79 | 71.2 | 330.708 | 580 | 2,060.655 | 100.519 | 2,161.175 | 1,960.136 | 910.708 |
| 79.5 | 70.7 | 330.464 | 580 | 2,073.431 | 100.482 | 2,173.914 | 1,972.949 | 910.464 |
| 80 | 70.2 | 330.190 | 580 | 2,086.208 | 100.441 | 2,186.649 | 1,985.767 | 910.190 |

| | | | | | | | | |
|--------|-------|---------|------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|
| 124 | 26.2 | 191.012 | 2120 | 3,210.522 | 76.394 | 3,286.916 | 3,134.128 | 2,311.012 |
| 124.5 | 25.7 | 188.122 | 2000 | 3,223.298 | 75.814 | 3,299.112 | 3,147.485 | 2,188.122 |
| 125 | 25.2 | 185.203 | 2160 | 3,236.075 | 75.223 | 3,311.298 | 3,160.851 | 2,345.203 |
| 125.5 | 24.7 | 182.254 | 2080 | 3,248.851 | 74.622 | 3,323.473 | 3,174.229 | 2,262.254 |
| 126 | 24.2 | 179.276 | 2080 | 3,261.627 | 74.010 | 3,335.637 | 3,187.617 | 2,259.276 |
| 126.25 | 23.95 | 177.776 | 2120 | 3,268.015 | 73.700 | 3,341.715 | 3,194.316 | 2,297.776 |
| 126.5 | 23.7 | 176.269 | 2040 | 3,274.403 | 73.386 | 3,347.790 | 3,201.017 | 2,216.269 |
| 127 | 23.2 | 173.232 | 1990 | 3,287.180 | 72.752 | 3,359.931 | 3,214.428 | 2,163.232 |
| 127.5 | 22.7 | 170.166 | 2040 | 3,299.956 | 72.105 | 3,372.061 | 3,227.851 | 2,210.166 |
| 128 | 22.2 | 167.071 | 2120 | 3,312.732 | 71.446 | 3,384.178 | 3,241.286 | 2,287.071 |
| 128.5 | 21.7 | 163.946 | 2080 | 3,325.509 | 70.775 | 3,396.283 | 3,254.734 | 2,243.946 |
| 128.8 | 21.4 | 162.057 | 2200 | 3,333.174 | 70.366 | 3,403.540 | 3,262.809 | 2,362.057 |
| 129 | 21.2 | 160.791 | 2160 | 3,338.285 | 70.091 | 3,408.375 | 3,268.194 | 2,320.791 |
| 129.5 | 20.7 | 157.608 | 2200 | 3,351.061 | 69.393 | 3,420.454 | 3,281.668 | 2,357.608 |
| 130 | 20.2 | 154.395 | 2120 | 3,363.838 | 68.682 | 3,432.520 | 3,295.155 | 2,274.395 |
| 130.5 | 19.7 | 151.152 | 2160 | 3,376.614 | 67.957 | 3,444.571 | 3,308.657 | 2,311.152 |
| 131 | 19.2 | 147.880 | 2260 | 3,389.390 | 67.218 | 3,456.608 | 3,322.173 | 2,407.880 |
| 131.5 | 18.7 | 144.579 | 2400 | 3,402.166 | 66.463 | 3,468.630 | 3,335.703 | 2,544.579 |
| 132 | 18.2 | 141.248 | 2440 | 3,414.943 | 65.693 | 3,480.636 | 3,349.250 | 2,581.248 |
| 132.5 | 17.7 | 137.888 | 2400 | 3,427.719 | 64.907 | 3,492.626 | 3,362.812 | 2,537.888 |
| 133 | 17.2 | 134.499 | 2560 | 3,440.495 | 64.104 | 3,504.600 | 3,376.391 | 2,694.499 |
| 133.5 | 16.7 | 131.080 | 2680 | 3,453.272 | 63.284 | 3,516.556 | 3,389.987 | 2,811.080 |
| 134 | 16.2 | 127.631 | 2840 | 3,466.048 | 62.446 | 3,528.494 | 3,403.602 | 2,967.631 |
| 134.5 | 15.7 | 124.154 | 2920 | 3,478.824 | 61.590 | 3,540.414 | 3,417.235 | 3,044.154 |
| 135 | 15.2 | 120.647 | 2840 | 3,491.601 | 60.714 | 3,552.314 | 3,430.887 | 2,960.647 |
| 135.5 | 14.7 | 117.110 | 2720 | 3,504.377 | 59.817 | 3,564.194 | 3,444.560 | 2,837.110 |
| 136 | 14.2 | 113.544 | 2840 | 3,517.153 | 58.899 | 3,576.052 | 3,458.254 | 2,953.544 |
| 136.5 | 13.7 | 109.949 | 2920 | 3,529.929 | 57.959 | 3,587.889 | 3,471.970 | 3,029.949 |
| 137 | 13.2 | 106.324 | 2880 | 3,542.706 | 56.996 | 3,599.702 | 3,485.710 | 2,986.324 |
| 137.5 | 12.7 | 102.670 | 2920 | 3,555.482 | 56.008 | 3,611.490 | 3,499.474 | 3,022.670 |
| 138 | 12.2 | 98.987 | 3080 | 3,568.258 | 54.994 | 3,623.252 | 3,513.264 | 3,178.987 |
| 138.5 | 11.7 | 95.274 | 3240 | 3,581.035 | 53.953 | 3,634.987 | 3,527.082 | 3,335.274 |
| 139 | 11.2 | 91.531 | 3340 | 3,593.811 | 52.883 | 3,646.694 | 3,540.928 | 3,431.531 |
| 139.5 | 10.7 | 87.760 | 3000 | 3,606.587 | 51.782 | 3,658.369 | 3,554.806 | 3,087.760 |
| 139.9 | 10.3 | 84.721 | 3080 | 3,616.808 | 50.877 | 3,667.686 | 3,565.931 | 3,164.721 |
| 140 | 10.2 | 83.959 | 3040 | 3,619.364 | 50.648 | 3,670.011 | 3,568.716 | 3,123.959 |
| 140.5 | 9.7 | 80.128 | 2920 | 3,632.140 | 49.479 | 3,681.619 | 3,582.661 | 3,000.128 |
| 141 | 9.2 | 76.268 | 3160 | 3,644.916 | 48.273 | 3,693.189 | 3,596.644 | 3,236.268 |
| 141.5 | 8.7 | 72.379 | 3240 | 3,657.692 | 47.026 | 3,704.718 | 3,610.667 | 3,312.379 |
| 142 | 8.2 | 68.460 | 3120 | 3,670.469 | 45.735 | 3,716.204 | 3,624.734 | 3,188.460 |
| 142.5 | 7.7 | 64.512 | 3200 | 3,683.245 | 44.397 | 3,727.642 | 3,638.848 | 3,264.512 |
| 143 | 7.2 | 60.535 | 3360 | 3,696.021 | 43.006 | 3,739.027 | 3,653.015 | 3,420.535 |
| 143.5 | 6.7 | 56.528 | 3280 | 3,708.798 | 41.559 | 3,750.356 | 3,667.239 | 3,336.528 |
| 144 | 6.2 | 52.492 | 3360 | 3,721.574 | 40.047 | 3,761.621 | 3,681.527 | 3,412.492 |
| 144.5 | 5.7 | 48.426 | 3640 | 3,734.350 | 38.465 | 3,772.815 | 3,695.885 | 3,688.426 |
| 145.2 | 5 | 42.685 | 3480 | 3,752.237 | 36.113 | 3,788.350 | 3,716.124 | 3,522.685 |
| 145.5 | 4.7 | 40.207 | 3320 | 3,759.903 | 35.049 | 3,794.952 | 3,724.854 | 3,360.207 |
| 146 | 4.2 | 36.053 | 3440 | 3,772.679 | 33.189 | 3,805.868 | 3,739.490 | 3,476.053 |
| 146.5 | 3.7 | 31.870 | 3540 | 3,785.455 | 31.204 | 3,816.660 | 3,754.251 | 3,571.870 |
| 147 | 3.2 | 27.657 | 3560 | 3,798.232 | 29.069 | 3,827.301 | 3,769.163 | 3,587.657 |
| 147.5 | 2.7 | 23.415 | 3540 | 3,811.008 | 26.747 | 3,837.755 | 3,784.261 | 3,563.415 |
| 148 | 2.2 | 19.144 | 3540 | 3,823.784 | 24.185 | 3,847.969 | 3,799.600 | 3,559.144 |
| 148.5 | 1.7 | 14.843 | 3640 | 3,836.561 | 21.295 | 3,857.856 | 3,815.265 | 3,654.843 |
| 149 | 1.2 | 10.512 | 3760 | 3,849.337 | 17.922 | 3,867.259 | 3,831.415 | 3,770.512 |
| 149.35 | 0.85 | 7.464 | 3880 | 3,858.280 | 15.101 | 3,873.381 | 3,843.179 | 3,887.464 |
| 150.2 | 0 | 0.000 | 3880 | 3,880.000 | 0.000 | 3,880.000 | 3,880.000 | 3,880.000 |

Datos del enlace Cerro Viche- Cerro Atacazo

ANEXO 9

ATACAZO- VICHE 150.200 kms

| | |
|--------------|---------|
| Frec. MHz | 400 |
| Lamda | 0.750 |
| Pendiente T | 25.4061 |
| Dist. en Km. | 150.2 |
| Div. Dist | 0.5 |

| | |
|-----------|------|
| h punto 1 | 42 |
| h punto2 | 3880 |
| h Ant 1 | 57 |
| h Ant 2 | 35 |

| D1 [Km] | D2[Km] | ABULTAMIENTO CON K = 4/3 [m] | ALTURA DEL PERFIL M.S.M [m] | LÍNEA DE VISTA [m] | 60% DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL | R+ FRESNEL | R- FRESNEL | PERFIL CORREGIDO CON k=4/3 [m] |
|---------|--------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---|------------|------------|--------------------------------------|
| 0 | 150.2 | 0.000 | 42 | 99.000 | 0.000 | 99.000 | 99.000 | 42.000 |
| 0.5 | 149.7 | 4.401 | 51 | 111.703 | 11.596 | 123.299 | 100.107 | 55.401 |
| 1 | 149.2 | 8.772 | 51 | 124.406 | 16.371 | 140.777 | 108.035 | 59.772 |
| 1.5 | 148.7 | 13.114 | 40 | 137.109 | 20.017 | 157.126 | 117.092 | 53.114 |
| 2 | 148.2 | 17.427 | 43 | 149.812 | 23.075 | 172.887 | 126.738 | 60.427 |
| 2.5 | 147.7 | 21.710 | 60 | 162.515 | 25.755 | 188.270 | 136.761 | 81.710 |
| 3 | 147.2 | 25.964 | 78 | 175.218 | 28.165 | 203.383 | 147.053 | 103.964 |
| 3.5 | 146.7 | 30.188 | 120 | 187.921 | 30.370 | 218.292 | 157.551 | 150.188 |
| 4 | 146.2 | 34.383 | 58 | 200.625 | 32.412 | 233.036 | 168.213 | 92.383 |
| 4.5 | 145.7 | 38.549 | 59 | 213.328 | 34.319 | 247.646 | 179.009 | 97.549 |
| 5 | 145.2 | 42.685 | 59 | 226.031 | 36.113 | 262.144 | 189.918 | 101.685 |
| 5.5 | 144.7 | 46.792 | 59 | 238.734 | 37.810 | 276.544 | 200.923 | 105.792 |
| 6 | 144.2 | 50.869 | 59 | 251.437 | 39.423 | 290.860 | 212.013 | 109.869 |
| 6.5 | 143.7 | 54.917 | 59 | 264.140 | 40.962 | 305.102 | 223.178 | 113.917 |
| 7 | 143.2 | 58.936 | 61 | 276.843 | 42.434 | 319.277 | 234.409 | 119.936 |
| 7.5 | 142.7 | 62.925 | 62 | 289.546 | 43.847 | 333.393 | 245.699 | 124.925 |
| 8 | 142.2 | 66.885 | 62 | 302.249 | 45.206 | 347.455 | 257.043 | 128.885 |
| 8.5 | 141.7 | 70.815 | 77 | 314.952 | 46.515 | 361.467 | 268.437 | 147.815 |
| 9 | 141.2 | 74.716 | 60 | 327.655 | 47.779 | 375.434 | 279.876 | 134.716 |
| 9.5 | 140.7 | 78.588 | 40 | 340.358 | 49.001 | 389.359 | 291.357 | 118.588 |
| 10 | 140.2 | 82.430 | 48 | 353.061 | 50.185 | 403.246 | 302.877 | 130.430 |
| 10.5 | 139.7 | 86.243 | 40 | 365.764 | 51.332 | 417.096 | 314.432 | 126.243 |
| 11 | 139.2 | 90.026 | 54 | 378.467 | 52.446 | 430.913 | 326.021 | 144.026 |
| 11.5 | 138.7 | 93.780 | 70 | 391.170 | 53.528 | 444.699 | 337.642 | 163.780 |
| 12 | 138.2 | 97.505 | 60 | 403.874 | 54.581 | 458.454 | 349.293 | 157.505 |
| 12.5 | 137.7 | 101.200 | 200 | 416.577 | 55.606 | 472.182 | 360.971 | 301.200 |
| 13 | 137.2 | 104.866 | 265 | 429.280 | 56.604 | 485.883 | 372.676 | 369.866 |
| 13.5 | 136.7 | 108.502 | 200 | 441.983 | 57.577 | 499.560 | 384.406 | 308.502 |
| 14 | 136.2 | 112.110 | 90 | 454.686 | 58.526 | 513.212 | 396.160 | 202.110 |
| 14.5 | 135.7 | 115.687 | 60 | 467.389 | 59.453 | 526.841 | 407.936 | 175.687 |
| 15 | 135.2 | 119.235 | 78 | 480.092 | 60.357 | 540.449 | 419.734 | 197.235 |
| 15.3 | 134.9 | 121.350 | 120 | 487.714 | 60.890 | 548.604 | 426.823 | 241.350 |
| 15.5 | 134.7 | 122.754 | 78 | 492.795 | 61.242 | 554.037 | 431.553 | 200.754 |
| 16 | 134.2 | 126.244 | 120 | 505.498 | 62.106 | 567.604 | 443.392 | 246.244 |
| 16.5 | 133.7 | 129.704 | 160 | 518.201 | 62.951 | 581.152 | 455.250 | 289.704 |
| 16.6 | 133.6 | 130.392 | 200 | 520.742 | 63.118 | 583.860 | 457.624 | 330.392 |
| 16.7 | 133.5 | 131.080 | 220 | 523.282 | 63.284 | 586.567 | 459.998 | 351.080 |
| 16.8 | 133.4 | 131.766 | 200 | 525.823 | 63.450 | 589.273 | 462.373 | 331.766 |
| 17 | 133.2 | 133.134 | 120 | 530.904 | 63.778 | 594.682 | 467.126 | 253.134 |
| 17.25 | 132.95 | 134.839 | 120 | 537.256 | 64.185 | 601.441 | 473.070 | 254.839 |
| 17.35 | 132.85 | 135.518 | 120 | 539.796 | 64.347 | 604.143 | 475.449 | 255.518 |
| 17.5 | 132.7 | 136.536 | 100 | 543.607 | 64.588 | 608.195 | 479.019 | 236.536 |
| 18 | 132.2 | 139.908 | 80 | 556.310 | 65.381 | 621.691 | 490.930 | 219.908 |
| 18.5 | 131.7 | 143.250 | 60 | 569.013 | 66.157 | 635.170 | 502.856 | 203.250 |
| 19 | 131.2 | 146.563 | 75 | 581.716 | 66.918 | 648.634 | 514.799 | 221.563 |

| | | | | | | | | |
|--------|-------|---------|------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|
| 122 | 28.2 | 202.277 | 1920 | 3,198.547 | 78.614 | 3,277.161 | 3,119.933 | 2,122.277 |
| 122.5 | 27.7 | 199.505 | 2000 | 3,211.250 | 78.074 | 3,289.324 | 3,133.177 | 2,199.505 |
| 123 | 27.2 | 196.703 | 2060 | 3,223.953 | 77.524 | 3,301.477 | 3,146.430 | 2,256.703 |
| 123.5 | 26.7 | 193.872 | 2085 | 3,236.656 | 76.964 | 3,313.620 | 3,159.693 | 2,278.872 |
| 124 | 26.2 | 191.012 | 2120 | 3,249.360 | 76.394 | 3,325.753 | 3,172.966 | 2,311.012 |
| 124.5 | 25.7 | 188.122 | 2000 | 3,262.063 | 75.814 | 3,337.876 | 3,186.249 | 2,188.122 |
| 125 | 25.2 | 185.203 | 2160 | 3,274.766 | 75.223 | 3,349.989 | 3,199.542 | 2,345.203 |
| 125.5 | 24.7 | 182.254 | 2080 | 3,287.469 | 74.622 | 3,362.091 | 3,212.847 | 2,262.254 |
| 126 | 24.2 | 179.276 | 2080 | 3,300.172 | 74.010 | 3,374.182 | 3,226.162 | 2,259.276 |
| 126.25 | 23.95 | 177.776 | 2120 | 3,306.523 | 73.700 | 3,380.223 | 3,232.824 | 2,297.776 |
| 126.5 | 23.7 | 176.269 | 2040 | 3,312.875 | 73.386 | 3,386.261 | 3,239.488 | 2,216.269 |
| 127 | 23.2 | 173.232 | 1990 | 3,325.578 | 72.752 | 3,398.329 | 3,252.826 | 2,163.232 |
| 127.5 | 22.7 | 170.166 | 2040 | 3,338.281 | 72.105 | 3,410.386 | 3,266.176 | 2,210.166 |
| 128 | 22.2 | 167.071 | 2120 | 3,350.984 | 71.446 | 3,422.430 | 3,279.538 | 2,287.071 |
| 128.5 | 21.7 | 163.946 | 2080 | 3,363.687 | 70.775 | 3,434.462 | 3,292.912 | 2,243.946 |
| 128.8 | 21.4 | 162.057 | 2200 | 3,371.309 | 70.366 | 3,441.675 | 3,300.943 | 2,362.057 |
| 129 | 21.2 | 160.791 | 2160 | 3,376.390 | 70.091 | 3,446.481 | 3,306.300 | 2,320.791 |
| 129.5 | 20.7 | 157.608 | 2200 | 3,389.093 | 69.393 | 3,458.486 | 3,319.700 | 2,357.608 |
| 130 | 20.2 | 154.395 | 2120 | 3,401.796 | 68.682 | 3,470.478 | 3,333.114 | 2,274.395 |
| 130.5 | 19.7 | 151.152 | 2160 | 3,414.499 | 67.957 | 3,482.456 | 3,346.542 | 2,311.152 |
| 131 | 19.2 | 147.880 | 2260 | 3,427.202 | 67.218 | 3,494.420 | 3,359.985 | 2,407.880 |
| 131.5 | 18.7 | 144.579 | 2400 | 3,439.905 | 66.463 | 3,506.369 | 3,373.442 | 2,544.579 |
| 132 | 18.2 | 141.248 | 2440 | 3,452.609 | 65.693 | 3,518.302 | 3,386.915 | 2,581.248 |
| 132.5 | 17.7 | 137.888 | 2400 | 3,465.312 | 64.907 | 3,530.219 | 3,400.405 | 2,537.888 |
| 133 | 17.2 | 134.499 | 2560 | 3,478.015 | 64.104 | 3,542.119 | 3,413.910 | 2,694.499 |
| 133.5 | 16.7 | 131.080 | 2680 | 3,490.718 | 63.284 | 3,554.002 | 3,427.433 | 2,811.080 |
| 134 | 16.2 | 127.631 | 2840 | 3,503.421 | 62.446 | 3,565.867 | 3,440.974 | 2,967.631 |
| 134.5 | 15.7 | 124.154 | 2920 | 3,516.124 | 61.590 | 3,577.713 | 3,454.534 | 3,044.154 |
| 135 | 15.2 | 120.647 | 2840 | 3,528.827 | 60.714 | 3,589.540 | 3,468.113 | 2,960.647 |
| 135.5 | 14.7 | 117.110 | 2720 | 3,541.530 | 59.817 | 3,601.347 | 3,481.713 | 2,837.110 |
| 136 | 14.2 | 113.544 | 2840 | 3,554.233 | 58.899 | 3,613.132 | 3,495.334 | 2,953.544 |
| 136.5 | 13.7 | 109.949 | 2920 | 3,566.936 | 57.959 | 3,624.895 | 3,508.977 | 3,029.949 |
| 137 | 13.2 | 106.324 | 2880 | 3,579.639 | 56.996 | 3,636.635 | 3,522.643 | 2,986.324 |
| 137.5 | 12.7 | 102.670 | 2920 | 3,592.342 | 56.008 | 3,648.350 | 3,536.334 | 3,022.670 |
| 138 | 12.2 | 98.987 | 3080 | 3,605.045 | 54.994 | 3,660.039 | 3,550.051 | 3,178.987 |
| 138.5 | 11.7 | 95.274 | 3240 | 3,617.748 | 53.953 | 3,671.701 | 3,563.795 | 3,335.274 |
| 139 | 11.2 | 91.531 | 3340 | 3,630.451 | 52.883 | 3,683.334 | 3,577.569 | 3,431.531 |
| 139.5 | 10.7 | 87.760 | 3000 | 3,643.154 | 51.782 | 3,694.936 | 3,591.373 | 3,087.760 |
| 139.9 | 10.3 | 84.721 | 3080 | 3,653.317 | 50.877 | 3,704.194 | 3,602.440 | 3,164.721 |
| 140 | 10.2 | 83.959 | 3040 | 3,655.858 | 50.648 | 3,706.505 | 3,605.210 | 3,123.959 |
| 140.5 | 9.7 | 80.128 | 2920 | 3,668.561 | 49.479 | 3,718.040 | 3,619.082 | 3,000.128 |
| 141 | 9.2 | 76.268 | 3160 | 3,681.264 | 48.273 | 3,729.536 | 3,632.991 | 3,236.268 |
| 141.5 | 8.7 | 72.379 | 3240 | 3,693.967 | 47.026 | 3,740.992 | 3,646.941 | 3,312.379 |
| 142 | 8.2 | 68.460 | 3120 | 3,706.670 | 45.735 | 3,752.405 | 3,660.935 | 3,188.460 |
| 142.5 | 7.7 | 64.512 | 3200 | 3,719.373 | 44.397 | 3,763.769 | 3,674.976 | 3,264.512 |
| 143 | 7.2 | 60.535 | 3360 | 3,732.076 | 43.006 | 3,775.082 | 3,689.070 | 3,420.535 |
| 143.5 | 6.7 | 56.528 | 3280 | 3,744.779 | 41.559 | 3,786.337 | 3,703.220 | 3,336.528 |
| 144 | 6.2 | 52.492 | 3360 | 3,757.482 | 40.047 | 3,797.529 | 3,717.435 | 3,412.492 |
| 144.5 | 5.7 | 48.426 | 3640 | 3,770.185 | 38.465 | 3,808.650 | 3,731.720 | 3,688.426 |
| 145.2 | 5 | 42.685 | 3480 | 3,787.969 | 36.113 | 3,824.082 | 3,751.856 | 3,522.685 |
| 145.5 | 4.7 | 40.207 | 3320 | 3,795.591 | 35.049 | 3,830.640 | 3,760.542 | 3,360.207 |
| 146 | 4.2 | 36.053 | 3440 | 3,808.294 | 33.189 | 3,841.484 | 3,775.105 | 3,476.053 |
| 146.5 | 3.7 | 31.870 | 3540 | 3,820.997 | 31.204 | 3,852.202 | 3,789.793 | 3,571.870 |
| 147 | 3.2 | 27.657 | 3560 | 3,833.700 | 29.069 | 3,862.769 | 3,804.631 | 3,587.657 |
| 147.5 | 2.7 | 23.415 | 3540 | 3,846.403 | 26.747 | 3,873.150 | 3,819.656 | 3,563.415 |
| 148 | 2.2 | 19.144 | 3540 | 3,859.107 | 24.185 | 3,883.291 | 3,834.922 | 3,559.144 |
| 148.5 | 1.7 | 14.843 | 3640 | 3,871.810 | 21.295 | 3,893.105 | 3,850.514 | 3,654.843 |
| 149 | 1.2 | 10.512 | 3760 | 3,884.513 | 17.922 | 3,902.434 | 3,866.591 | 3,770.512 |
| 149.35 | 0.85 | 7.464 | 3880 | 3,893.405 | 15.101 | 3,908.506 | 3,878.304 | 3,887.464 |
| 150.2 | 0 | 0.000 | 3880 | 3,915.000 | 0.000 | 3,915.000 | 3,915.000 | 3,880.000 |

Datos del enlace Viche - Cerro Atacazo considerando los valores de las alturas a las que deberían ser colocadas las antenas

ANEXO 10

ATACAZO- VICHE 150.200 kms

| | |
|--------------|---------|
| Frec. MHz | 400 |
| Lamda | 0.750 |
| Pendiente T | 25.5792 |
| Dist. en Km. | 150.2 |
| Div. Dist | 0.5 |

| | |
|-----------|------|
| h punto 1 | 42 |
| h punto2 | 3880 |
| h Ant 1 | 26 |
| h Ant 2 | 30 |

| D1 [Km] | D2[Km] | ABULTAMIENTO CON K = 4/3 [m] | ALTURA DEL PERFIL M.S.M [m] | LÍNEA DE VISTA [m] | 60% DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL | R+ FRESNEL | R- FRESNEL | PERFIL CORREGIDO CON k=4/3 [m] |
|---------|--------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---|------------|------------|--------------------------------------|
| 0 | 150.2 | 0.000 | 42 | 68.000 | 0.000 | 68.000 | 68.000 | 42.000 |
| 0.5 | 149.7 | 4.401 | 51 | 80.790 | 11.596 | 92.385 | 69.194 | 55.401 |
| 1 | 149.2 | 8.772 | 51 | 93.579 | 16.371 | 109.950 | 77.208 | 59.772 |
| 1.5 | 148.7 | 13.114 | 40 | 106.369 | 20.017 | 126.386 | 86.352 | 53.114 |
| 2 | 148.2 | 17.427 | 43 | 119.158 | 23.075 | 142.233 | 96.084 | 60.427 |
| 2.5 | 147.7 | 21.710 | 60 | 131.948 | 25.755 | 157.703 | 106.193 | 81.710 |
| 3 | 147.2 | 25.964 | 78 | 144.738 | 28.165 | 172.903 | 116.573 | 103.964 |
| 3.5 | 146.7 | 30.188 | 120 | 157.527 | 30.370 | 187.897 | 127.157 | 150.188 |
| 4 | 146.2 | 34.383 | 58 | 170.317 | 32.412 | 202.728 | 137.905 | 92.383 |
| 4.5 | 145.7 | 38.549 | 59 | 183.107 | 34.319 | 217.425 | 148.788 | 97.549 |
| 5 | 145.2 | 42.685 | 59 | 195.896 | 36.113 | 232.009 | 159.783 | 101.685 |
| 5.5 | 144.7 | 46.792 | 59 | 208.686 | 37.810 | 246.496 | 170.875 | 105.792 |
| 6 | 144.2 | 50.869 | 59 | 221.475 | 39.423 | 260.899 | 182.052 | 109.869 |
| 6.5 | 143.7 | 54.917 | 59 | 234.265 | 40.962 | 275.227 | 193.303 | 113.917 |
| 7 | 143.2 | 58.936 | 61 | 247.055 | 42.434 | 289.489 | 204.620 | 119.936 |
| 7.5 | 142.7 | 62.925 | 62 | 259.844 | 43.847 | 303.691 | 215.997 | 124.925 |
| 8 | 142.2 | 66.885 | 62 | 272.634 | 45.206 | 317.839 | 227.428 | 128.885 |
| 8.5 | 141.7 | 70.815 | 77 | 285.423 | 46.515 | 331.938 | 238.909 | 147.815 |
| 9 | 141.2 | 74.716 | 60 | 298.213 | 47.779 | 345.992 | 250.434 | 134.716 |
| 9.5 | 140.7 | 78.588 | 40 | 311.003 | 49.001 | 360.004 | 262.002 | 118.588 |
| 10 | 140.2 | 82.430 | 48 | 323.792 | 50.185 | 373.977 | 273.608 | 130.430 |
| 10.5 | 139.7 | 86.243 | 40 | 336.582 | 51.332 | 387.914 | 285.250 | 126.243 |
| 11 | 139.2 | 90.026 | 54 | 349.372 | 52.446 | 401.818 | 296.925 | 144.026 |
| 11.5 | 138.7 | 93.780 | 70 | 362.161 | 53.528 | 415.689 | 308.633 | 163.780 |
| 12 | 138.2 | 97.505 | 60 | 374.951 | 54.581 | 429.532 | 320.370 | 157.505 |
| 12.5 | 137.7 | 101.200 | 200 | 387.740 | 55.606 | 443.346 | 332.135 | 301.200 |
| 13 | 137.2 | 104.866 | 265 | 400.530 | 56.604 | 457.134 | 343.926 | 369.866 |
| 13.5 | 136.7 | 108.502 | 200 | 413.320 | 57.577 | 470.896 | 355.743 | 308.502 |
| 14 | 136.2 | 112.110 | 90 | 426.109 | 58.526 | 484.635 | 367.583 | 202.110 |
| 14.5 | 135.7 | 115.687 | 60 | 438.899 | 59.453 | 498.351 | 379.446 | 175.687 |
| 15 | 135.2 | 119.235 | 78 | 451.688 | 60.357 | 512.046 | 391.331 | 197.235 |
| 15.3 | 134.9 | 121.350 | 120 | 459.362 | 60.890 | 520.253 | 398.472 | 241.350 |
| 15.5 | 134.7 | 122.754 | 78 | 464.478 | 61.242 | 525.720 | 403.236 | 200.754 |
| 16 | 134.2 | 126.244 | 120 | 477.268 | 62.106 | 539.374 | 415.162 | 246.244 |
| 16.5 | 133.7 | 129.704 | 160 | 490.057 | 62.951 | 553.009 | 427.106 | 289.704 |
| 16.6 | 133.6 | 130.392 | 200 | 492.615 | 63.118 | 555.733 | 429.497 | 330.392 |
| 16.7 | 133.5 | 131.080 | 220 | 495.173 | 63.284 | 558.457 | 431.889 | 351.080 |
| 16.8 | 133.4 | 131.766 | 200 | 497.731 | 63.450 | 561.181 | 434.281 | 331.766 |
| 17 | 133.2 | 133.134 | 120 | 502.847 | 63.778 | 566.625 | 439.069 | 253.134 |
| 17.25 | 132.95 | 134.839 | 120 | 509.242 | 64.185 | 573.427 | 445.056 | 254.839 |
| 17.35 | 132.85 | 135.518 | 120 | 511.800 | 64.347 | 576.146 | 447.453 | 255.518 |
| 17.5 | 132.7 | 136.536 | 100 | 515.636 | 64.588 | 580.224 | 451.049 | 236.536 |
| 18 | 132.2 | 139.908 | 80 | 528.426 | 65.381 | 593.807 | 463.046 | 219.908 |
| 18.5 | 131.7 | 143.250 | 60 | 541.216 | 66.157 | 607.373 | 475.059 | 203.250 |
| 19 | 131.2 | 146.563 | 75 | 554.005 | 66.918 | 620.923 | 487.088 | 221.563 |
| 19.5 | 130.7 | 149.847 | 80 | 566.795 | 67.663 | 634.458 | 499.132 | 229.847 |
| 20 | 130.2 | 153.101 | 80 | 579.585 | 68.394 | 647.978 | 511.191 | 233.101 |

| | | | | | | | | |
|--------|-------|---------|------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|
| 126.25 | 23.95 | 177.776 | 2120 | 3,297.377 | 73.700 | 3,371.077 | 3,223.678 | 2,297.776 |
| 126.5 | 23.7 | 176.269 | 2040 | 3,303.772 | 73.386 | 3,377.159 | 3,230.386 | 2,216.269 |
| 127 | 23.2 | 173.232 | 1990 | 3,316.562 | 72.752 | 3,389.314 | 3,243.810 | 2,163.232 |
| 127.5 | 22.7 | 170.166 | 2040 | 3,329.352 | 72.105 | 3,401.456 | 3,257.247 | 2,210.166 |
| 128 | 22.2 | 167.071 | 2120 | 3,342.141 | 71.446 | 3,413.587 | 3,270.695 | 2,287.071 |
| 128.5 | 21.7 | 163.946 | 2080 | 3,354.931 | 70.775 | 3,425.705 | 3,284.156 | 2,243.946 |
| 128.8 | 21.4 | 162.057 | 2200 | 3,362.605 | 70.366 | 3,432.970 | 3,292.239 | 2,362.057 |
| 129 | 21.2 | 160.791 | 2160 | 3,367.720 | 70.091 | 3,437.811 | 3,297.630 | 2,320.791 |
| 129.5 | 20.7 | 157.608 | 2200 | 3,380.510 | 69.393 | 3,449.903 | 3,311.117 | 2,357.608 |
| 130 | 20.2 | 154.395 | 2120 | 3,393.300 | 68.682 | 3,461.982 | 3,324.617 | 2,274.395 |
| 130.5 | 19.7 | 151.152 | 2160 | 3,406.089 | 67.957 | 3,474.046 | 3,338.132 | 2,311.152 |
| 131 | 19.2 | 147.880 | 2260 | 3,418.879 | 67.218 | 3,486.096 | 3,351.661 | 2,407.880 |
| 131.5 | 18.7 | 144.579 | 2400 | 3,431.668 | 66.463 | 3,498.132 | 3,365.205 | 2,544.579 |
| 132 | 18.2 | 141.248 | 2440 | 3,444.458 | 65.693 | 3,510.151 | 3,378.765 | 2,581.248 |
| 132.5 | 17.7 | 137.888 | 2400 | 3,457.248 | 64.907 | 3,522.155 | 3,392.341 | 2,537.888 |
| 133 | 17.2 | 134.499 | 2560 | 3,470.037 | 64.104 | 3,534.142 | 3,405.933 | 2,694.499 |
| 133.5 | 16.7 | 131.080 | 2680 | 3,482.827 | 63.284 | 3,546.111 | 3,419.543 | 2,811.080 |
| 134 | 16.2 | 127.631 | 2840 | 3,495.617 | 62.446 | 3,558.063 | 3,433.170 | 2,967.631 |
| 134.5 | 15.7 | 124.154 | 2920 | 3,508.406 | 61.590 | 3,569.996 | 3,446.816 | 3,044.154 |
| 135 | 15.2 | 120.647 | 2840 | 3,521.196 | 60.714 | 3,581.909 | 3,460.482 | 2,960.647 |
| 135.5 | 14.7 | 117.110 | 2720 | 3,533.985 | 59.817 | 3,593.802 | 3,474.168 | 2,837.110 |
| 136 | 14.2 | 113.544 | 2840 | 3,546.775 | 58.899 | 3,605.674 | 3,487.876 | 2,953.544 |
| 136.5 | 13.7 | 109.949 | 2920 | 3,559.565 | 57.959 | 3,617.524 | 3,501.605 | 3,029.949 |
| 137 | 13.2 | 106.324 | 2880 | 3,572.354 | 56.996 | 3,629.350 | 3,515.358 | 2,986.324 |
| 137.5 | 12.7 | 102.670 | 2920 | 3,585.144 | 56.008 | 3,641.152 | 3,529.136 | 3,022.670 |
| 138 | 12.2 | 98.987 | 3080 | 3,597.933 | 54.994 | 3,652.928 | 3,542.939 | 3,178.987 |
| 138.5 | 11.7 | 95.274 | 3240 | 3,610.723 | 53.953 | 3,664.676 | 3,556.770 | 3,335.274 |
| 139 | 11.2 | 91.531 | 3340 | 3,623.513 | 52.883 | 3,676.395 | 3,570.630 | 3,431.531 |
| 139.5 | 10.7 | 87.760 | 3000 | 3,636.302 | 51.782 | 3,688.084 | 3,584.521 | 3,087.760 |
| 139.9 | 10.3 | 84.721 | 3080 | 3,646.534 | 50.877 | 3,697.411 | 3,595.657 | 3,164.721 |
| 140 | 10.2 | 83.959 | 3040 | 3,649.092 | 50.648 | 3,699.740 | 3,598.444 | 3,123.959 |
| 140.5 | 9.7 | 80.128 | 2920 | 3,661.881 | 49.479 | 3,711.360 | 3,612.403 | 3,000.128 |
| 141 | 9.2 | 76.268 | 3160 | 3,674.671 | 48.273 | 3,722.944 | 3,626.399 | 3,236.268 |
| 141.5 | 8.7 | 72.379 | 3240 | 3,687.461 | 47.026 | 3,734.486 | 3,640.435 | 3,312.379 |
| 142 | 8.2 | 68.460 | 3120 | 3,700.250 | 45.735 | 3,745.985 | 3,654.515 | 3,188.460 |
| 142.5 | 7.7 | 64.512 | 3200 | 3,713.040 | 44.397 | 3,757.437 | 3,668.643 | 3,264.512 |
| 143 | 7.2 | 60.535 | 3360 | 3,725.830 | 43.006 | 3,768.836 | 3,682.823 | 3,420.535 |
| 143.5 | 6.7 | 56.528 | 3280 | 3,738.619 | 41.559 | 3,780.178 | 3,697.061 | 3,336.528 |
| 144 | 6.2 | 52.492 | 3360 | 3,751.409 | 40.047 | 3,791.456 | 3,711.361 | 3,412.492 |
| 144.5 | 5.7 | 48.426 | 3640 | 3,764.198 | 38.465 | 3,802.664 | 3,725.733 | 3,688.426 |
| 145.2 | 5 | 42.685 | 3480 | 3,782.104 | 36.113 | 3,818.217 | 3,745.991 | 3,522.685 |
| 145.5 | 4.7 | 40.207 | 3320 | 3,789.778 | 35.049 | 3,824.827 | 3,754.729 | 3,360.207 |
| 146 | 4.2 | 36.053 | 3440 | 3,802.567 | 33.189 | 3,835.757 | 3,769.378 | 3,476.053 |
| 146.5 | 3.7 | 31.870 | 3540 | 3,815.357 | 31.204 | 3,846.561 | 3,784.152 | 3,571.870 |
| 147 | 3.2 | 27.657 | 3560 | 3,828.146 | 29.069 | 3,857.215 | 3,799.077 | 3,587.657 |
| 147.5 | 2.7 | 23.415 | 3540 | 3,840.936 | 26.747 | 3,867.683 | 3,814.189 | 3,563.415 |
| 148 | 2.2 | 19.144 | 3540 | 3,853.726 | 24.185 | 3,877.910 | 3,829.541 | 3,559.144 |
| 148.5 | 1.7 | 14.843 | 3640 | 3,866.515 | 21.295 | 3,887.811 | 3,845.220 | 3,654.843 |
| 149 | 1.2 | 10.512 | 3760 | 3,879.305 | 17.922 | 3,897.227 | 3,861.383 | 3,770.512 |
| 149.35 | 0.85 | 7.464 | 3880 | 3,888.258 | 15.101 | 3,903.359 | 3,873.157 | 3,887.464 |
| 150.2 | 0 | 0.000 | 3880 | 3,910.000 | 0.000 | 3,910.000 | 3,910.000 | 3,880.000 |

Datos del enlace Viche - Cerro Atacazo considerando los valores de las alturas a las que deberían ser colocadas las antenas (26 m en Viche y 30 m en Atacazo)