

Ilustración 37 Vista Satelital estación la escuelita. Fuente: Google Earth

Vista satelital estación la escuelita, al lado superior izquierdo se puede ver el cuerpo de agua que corresponde al lago san Roque en Villa Carlos Paz lugar de la estación central CIRSA, a pesar de esto por la formación rocosa y condiciones del terreno esta se enlaza con otra la repetidora denominada los Gigantes en la frecuencia de 170.455MHZ y esta a su vez retransmite la información a la Central.



Ilustración 38 Vista Satelital estación la escuelita (geomorfología). Fuente: Google Earth

Vista Satelital de La estación su ubicación y las condiciones áridas del terreno donde se encuentra instalada, así mismo esto deja entrever la dificultad para acceder a la misma a realizar este trabajo y las tareas de mantenimiento que ello requiera.



Ilustración 39 Cartel Institucional de la Escuela Ceferino Namuncura. Fuente: Tomada por el autor de la investigación.



Ilustración 40

Carretera de acceso a la Estación La Escuelita. Fuente: Tomada por el autor de la investigación.



Ilustración 41. Llegada al sitio, escuela Pública Ceferino Namuncura, Fuente: Tomada por el autor de la investigación.

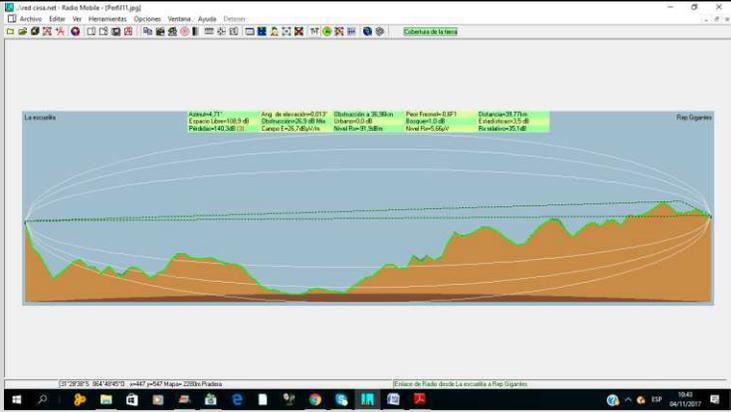
Esta estación está en una zona rocosa de difícil acceso, por lo cual es necesario el uso de vehículos 4X4 de tracción total para llegar al sitio.

Estación automática de recolección y transmisión de datos de precipitación, podemos observar que los paneles son parte importante para el funcionamiento en el largo plazo de las estaciones y a su vez extiende la vida útil de la baterías.

Esto es una condición importantísima ya que disminuye la frecuencia de visita por mantenimiento.

Datos técnicos de la Estación:

Tabla 5. Datos Estación la Escuelita. Fuente: Elaboración propia del autor.

Ítem	Descripción	Datos
1	Características del terreno:	
2	Ubicación de la Estación	Escuela Rural a 2256msnm
3	Latitud	31°50'02S
4	Longitud	64°50'49 W
5	Distancia	39Km a la estación los Gigantes
6	Tipo de antena	Tx: Model 7105-04 High Gain Directional Antenna is a heavy duty pointto-point Yagi* ⁸
7	Frecuencia	F2: 170.455 MHz
8	Canales	2
9	Espaciado TX/RX	N.A
10	Equipo	Sierra misco 5050
11	Polarización RX	N.A
12	Polarización TX	Vertical
13	Mástil	4,5 mts
14	PIRE Máxima	43 dBm
15	Potencia de TX	8 W – 39.030dBm
16	Perdidas cable	0.5dB

⁸Ver Anexo 3

Ítem	Descripción	Datos
17	Perdidas por espacio	108,853dB
	Libre	

Estación Repetidora Los Gigantes

Código en el Sistema: Los Gigantes ID 4850

Sensores instalados: Precipitación

Lugar de instalación: Altitud Rocosa

Coordenadas: L.S.: 31°28'38 L.O.: 64°48'45 W. *Altitud:* 2288mts.

Medio de Transportación: Vehículo tipo 4 x 4 para acceso próximo al sitio

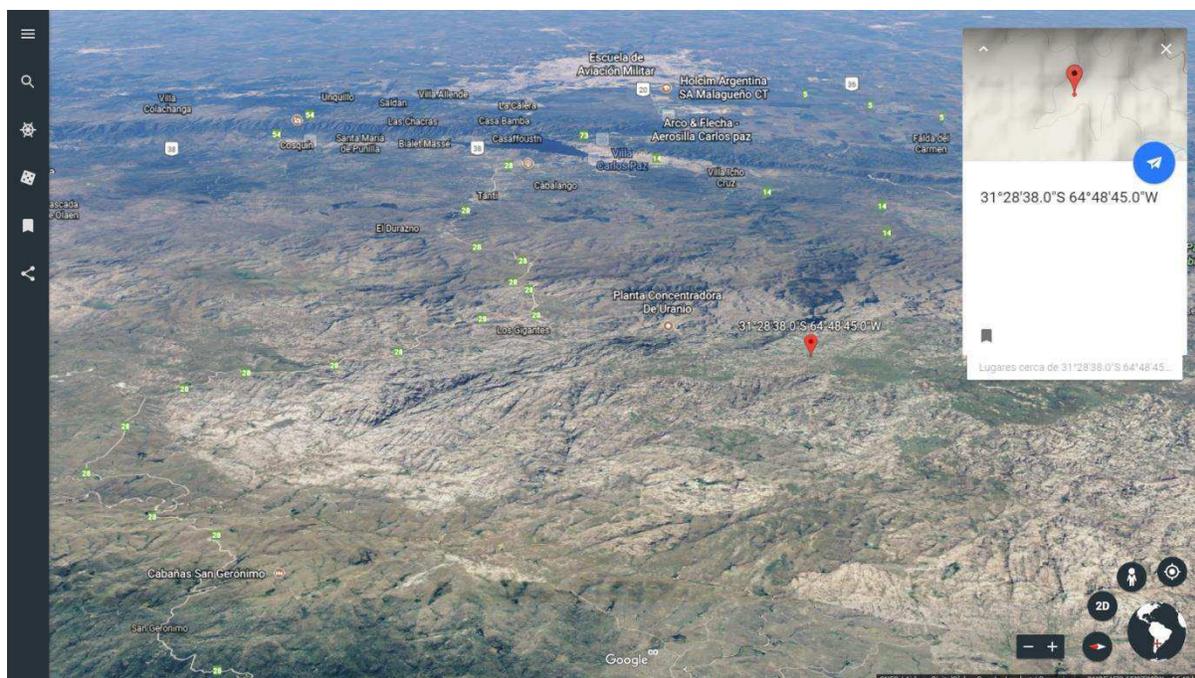


Ilustración 42 Fotografía Satelital repetidora los Gigantes y sus Coordenadas GPS, Fuente: Google Earth.

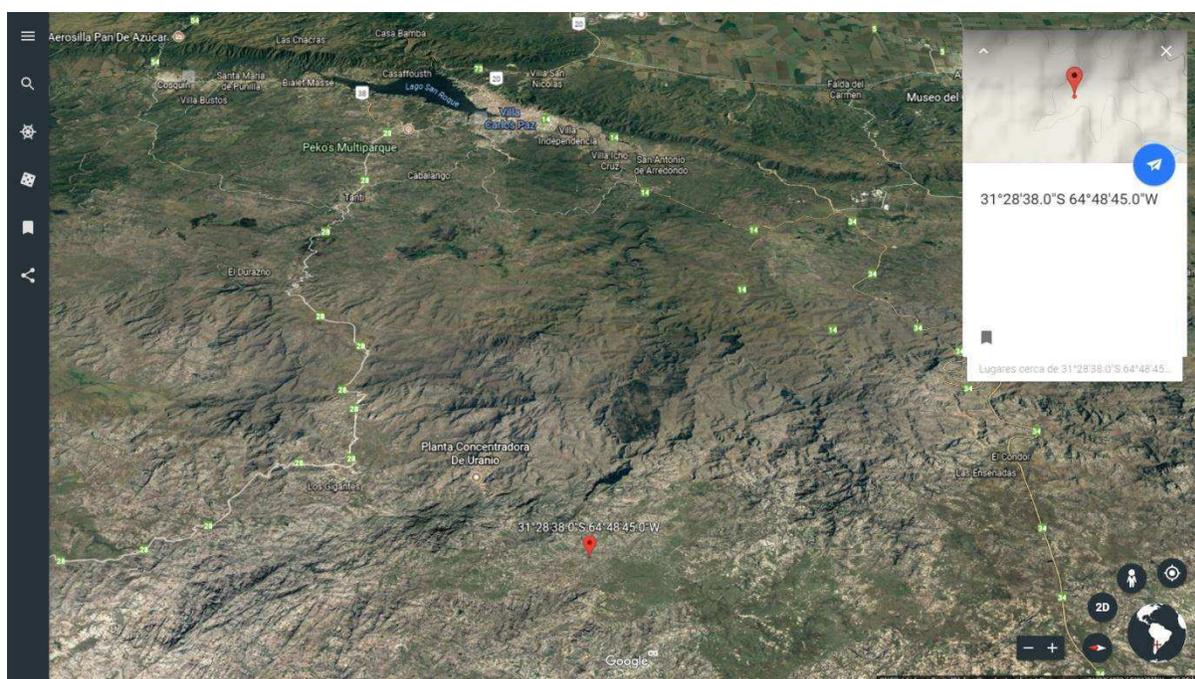


Ilustración 43 Vista Satelital donde se evidencia que existe Línea de vista con la Central CIRSA en Villa Carlos Paz, Ubicado en la fotografía en la parte superior izquierda .Fuente: Goolge Earth.



Ilustración 44 En la repetidora los Gigantes. Fuente: Tomada por el autor de la investigación.

Tabla 6. Datos estación los Gigantes. Fuente: Elaboración propia del autor.

Ítem	Descripción	Datos																																			
1	Características del terreno:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Abstracción</th> <th>Ang. de elevación</th> <th>Longitud</th> <th>Pico</th> <th>Distancia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Espejo L=107.3 dB</td> <td>0.00°</td> <td>2.00 km</td> <td>0.00 m</td> <td>23.13 m</td> </tr> <tr> <td>Pedestal=111.2 dB</td> <td>0.00°</td> <td>0.00 m</td> <td>0.00 m</td> <td>0.00 m</td> </tr> <tr> <td>Carga L=5.56 dB/m</td> <td>0.00°</td> <td>0.00 m</td> <td>0.00 m</td> <td>0.00 m</td> </tr> <tr> <td>Nivel F=0.00 dBm</td> <td>0.00°</td> <td>0.00 m</td> <td>0.00 m</td> <td>0.00 m</td> </tr> <tr> <td>Nivel F=207.56 dBm</td> <td>0.00°</td> <td>0.00 m</td> <td>0.00 m</td> <td>0.00 m</td> </tr> <tr> <td>Relevo=0.00 dB</td> <td>0.00°</td> <td>0.00 m</td> <td>0.00 m</td> <td>0.00 m</td> </tr> </tbody> </table>	Abstracción	Ang. de elevación	Longitud	Pico	Distancia	Espejo L=107.3 dB	0.00°	2.00 km	0.00 m	23.13 m	Pedestal=111.2 dB	0.00°	0.00 m	0.00 m	0.00 m	Carga L=5.56 dB/m	0.00°	0.00 m	0.00 m	0.00 m	Nivel F=0.00 dBm	0.00°	0.00 m	0.00 m	0.00 m	Nivel F=207.56 dBm	0.00°	0.00 m	0.00 m	0.00 m	Relevo=0.00 dB	0.00°	0.00 m	0.00 m	0.00 m
Abstracción	Ang. de elevación	Longitud	Pico	Distancia																																	
Espejo L=107.3 dB	0.00°	2.00 km	0.00 m	23.13 m																																	
Pedestal=111.2 dB	0.00°	0.00 m	0.00 m	0.00 m																																	
Carga L=5.56 dB/m	0.00°	0.00 m	0.00 m	0.00 m																																	
Nivel F=0.00 dBm	0.00°	0.00 m	0.00 m	0.00 m																																	
Nivel F=207.56 dBm	0.00°	0.00 m	0.00 m	0.00 m																																	
Relevo=0.00 dB	0.00°	0.00 m	0.00 m	0.00 m																																	
2	Ubicación de la Estación	Los Gigantes a 2288msnm																																			

Ítem	Descripción	Datos
3	Latitud	31°28'38S
4	Longitud	64°48'45W
5	Distancia	33Km a la Estación Central Cirsa
6	Tipo de antena	Rx: 7101-00 Broad Band Antennais a 6dB Tx: Model 7105-04 High Gain Directional Antenna is a heavy duty pointto-point Yagi* ⁹
7	Frecuencia	RX F2: 170.455MHz - TX F1: 167.875MHz
8	Canales	2
9	Espaciado TX/RX	2.580 MHz
10	Equipo	Sierra misco Rep 5096
11	Polarización RX	Vertical
12	Polarización TX	Vertical
13	Mástil	15mts
14	PIRE Máxima	49dBm
15	Potencia de TX	20 W
16	Perdidas cable	0.5dB
17	Perdidas por espacio	107,26999dB
	Libre	

Convenciones:

Enlaces

F1:167.875MHZ

⁹Ver Anexo 3

F2: 170.455MHZ

F3: 167.000MHZ

TX: Trasmisor

RX: Receptor

Cuadro consolidado estaciones en campo

Tabla 7. Consolidado Datos estaciones, Fuente: Elaboración propia del autor.

Estación	Coordenadas GPS	Tipo de antena:	Dirección en grados antena:	Potencia de salida:	Frecuencia de TX:	Altura antena	Altura estación	Distancia de enlace
ID 700	31°39'11 S 64°38'10W	TX: Direccional DB230 rango K 7dB	TX: 10° Fenómeno reflexión	8 W	167,875MHZ	6.5mt	1018msn	CIRSA 32 Km
Estación Central	31°23'56 S 64°28'29W	RX: Omnidireccional 1 7dB	N.A	N.A	167.875MHZ	4,5 mts	650msnm	CENTRAL
REP 5200	33°18'55S- 64°49'27O	RX: Omnidireccional 1 6dB TX: Direccional DB230 rango K 7dB	TX: 0° Lóbulo de Propagación 76°	25W	RX: 167,875MHZ TX: 167.000 MHZ	11mts	682msnm	Santa ANA 187km
REP santa Ana	31°38'59S 64°32'24 W	RX: Omnidireccional 1 6dB 90° TX: Direccional	TX 10°	20W	RX: F3. 167.000MHZ TX:F1 167.875MHZ	11mts	1170msn	CIRSA 28km

Estación	Coordenada s GPS	Tipo de antena:	Dirección en grados antena:	Potenci a de salida:	Frecuencia de TX:	Altura antena	Altura estación metros	Distancia de enlace
		DB230 rango K						
		7dB						
La escuelita ID:2500	31°50'02S 64°50'49 W	TX: Direccional DB230 rango K	TX 0°	8W	TX:170.455MH z Gigantes	4,5 mts	2256msn m	REP Los Gigantes 39Km
REP Los Gigante s ID: 4850	31°28'38s 64°48'45	RX: Omnidirecciona 1 6 dB 90° TX: Direccional DB230 rango K 7dB	TX: 070°	5W	F2. Rx 170.455MHz F1 tx 167.875	15mts	2288msn m	CIRSA 33Km

Capítulo II

Configuración en el software con los datos tomados en las 5 estaciones remotas y la central de villa Carlos paz, teniendo en cuenta los parámetros generales descritos en el manual de (Garnacho, 2006) a configurar en el programa enunciados a continuación:

“Unit: denomina así a los emplazamientos pertenecientes a la red. Es decir, las unidades Unit 1...Unit n contienen las coordenadas y elevación de los emplazamientos, entre los que se establecen los enlaces. Para que resulte sencillo trabajar con ellas, se pueden incluir iconos, el nombre del lugar real, etc.

Network: se refiere a la información de la red. Los enlaces establecidos, los equipos de receptores y transmisores, etc.

Systems: sistemas. Se pueden definir sistemas que guardarán la información de los equipos que se quiere simular en un emplazamiento. Por ejemplo, un Sistema 1 genérico tiene una antena situada a 12m, una tarjeta de potencia 200mW con sensibilidad -93dBm , pérdidas de los conectores para sus equipos de 3dB, etc. Este sistema a la hora de diseñar la red, se puede asociar a una Unit para que en ese emplazamiento se simule que estarían funcionando equipos con estas características.

Modelo Usado por el Software (Longley-Rice):

El modelo Longley-Rice predice la propagación a larga-media distancia sobre terreno irregular. Fue diseñado para frecuencias entre los 20MHz y 40GHz, para longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km.

Para el cálculo de la propagación, el modelo Longley-Rice tiene los siguientes parámetros comunes al de otros modelos de propagación:

Frecuencia: el rango de frecuencias nominales para el modelo varía entre 20MHz y 40GHz. ERP (Effective Radiated Power): potencia efectiva de radiación, se introducen en las unidades que fije el usuario en la opción de configuración del sistema (mW, W, kW, dBm, dBW, dBk).

Antena: se asume antena omni-direccional, a menos que se especifique el uso de una antena directiva. Altura de la antena: altura a la que se sitúa la antena, medido en pies o metros, (sobre el nivel del mar), para transmitir y recibir. El programa computará las alturas efectivas necesarias para ajustarse a los cálculos del modelo.

La naturaleza del modelo requiere algunos parámetros adicionales.

Polarización: debe especificarse si se trabaja con polarización horizontal o vertical. El modelo de Longley-Rice asume que ambas antenas tienen la misma polarización, vertical y horizontal.

Refractividad: la refractividad de la atmósfera determina la cantidad de “bending” o curvatura que sufrirán las ondas radio. En otros modelos, el parámetro de refractividad puede introducirse como la curvatura efectiva de la tierra, típicamente $4/3$ (1.333).

Permitividad: la permitividad relativa o constante dieléctrica del medio (ϵ), tiene unos valores típicos tabulados.

Conductividad: la conductividad, medida en Siemens por metro, tiene unos valores típicos tabulados.

Tabla 8 Valores de Permitividad y Conductividad de la Tierra (Garnacho, 2006)

	PERMITIVIDAD	CONDUCTIVIDAD
Tierra media	15	0.005
Tierra pobre	4	0.001
Tierra rica	25	0.020
Agua fresca	81	0.010
Agua mar	81	5.000

Clima: Hay 7 modelos de clima caracterizados en el modelo: Equatorial (Congo); Continental Subtropical (Sudan); Maritime Subtropical (West coast of Africa); Desert (Sahara); Continental Temperate; Maritime Temperate, over land (United Kingdom and continental west coasts); Maritime Temperate, over sea. De acuerdo con el modelo, el clima continental templado es común a la mayor parte de grandes superficies en la zona templada. Se caracteriza por extremos en la temperatura y cambios diurnos y de estaciones pronunciadas en la propagación. En latitudes medias en zonas costeras, donde los vientos predominantes llevan el aire húmedo marítimo hacia el interior, prevalece un clima marítimo templado. Esta situación es típica del Reino Unido y de las costas occidentales de los Estados Unidos y Europa. El resto de los climas pueden asociarse de la misma forma a otras regiones del mundo. Variabilidad: el modelo de Longley-Rice define cuatro modos de variabilidad. El modo seleccionado determina el significado de la fiabilidad de los valores usados en el modelo. El modo de variabilidad puede ser considerado como la especificación para determinar la fiabilidad de los cálculos.

Los modelos de variabilidad definidos son: Single message mode, Individual mode, Mobile mode, and Broadcast mode. El modo individual (“Accidental”), para calcular el campo en posiciones individuales se trazaban múltiples puntos a lo largo de varias radiales desde la

ubicación del transmisor. Como estamos definiendo exactamente la localización del receptor para cada cálculo, el programa no tiene en cuenta la variabilidad por “localizaciones” o posición. Los tipos de variabilidad descritos en el modelo Longley-Rice son el tiempo, la posición, y la variabilidad de situación.

Estas tres dimensiones de variabilidad, fueron desarrolladas para considerar y clasificar variaciones en los niveles de señal medidos (mediana) La variabilidad de corto plazo del tipo asociado con la propagación de multitrayecto no es cubierta por el modelo.

Variabilidad de tiempo: los parámetros a tener en cuenta para considerar las variaciones de los valores medianos tomados por horas de atenuación, son por ejemplo, cambios de la refracción atmosférica o de la intensidad de turbulencia atmosférica. El campo actual en la posición de receptor se espera que esté por encima de ese valor, durante media de cada hora, y por debajo de ese valor la otra media. La variabilidad de tiempo describe los efectos de estos cambios de tiempo, expresado como un porcentaje entre 0.1 % y el 99.9 %. Este valor da la fracción de tiempo durante la cual el campo de fuerzas recibido, se espera que sea igual o superior que el valor mediano de campo por hora calculado por el programa. Esta variabilidad permite especificar cómo se desea tratar con la variabilidad de tiempo de los cambios atmosféricos y otros efectos. Tomar un porcentaje mayor en este valor, reduce la variabilidad resultante de estos factores. El resultado calculado por el programa será menor, con lo que se asegura que el valor real medido será igual o superior en un porcentaje más elevado de tiempo.

Variabilidad por localización: Lo que hay que tener en cuenta en los estadísticos de largo plazo entre dos trayectos distintos debido, a por ejemplo, diferencias en los perfiles del terreno o diferencias ambientales entre ellos. La variabilidad por localización para los cálculos, se expresa

como un porcentaje de 0.1% a 99.9%. Sucede lo mismo en los resultados que para el caso de la variabilidad de tiempo, pero con la fracción de localizaciones donde el campo recibido se espera que sea igual o superior.

Variabilidad por situación: esta variabilidad tiene en cuenta otro tipo de variables que pueden denominarse “hidden variables”. Este tipo de variables representan efectos que no pueden explicarse o que simplemente se ha decidido no controlar. Sirven para diferenciar casos con iguales equipos y condiciones de entorno similares. Estos cambios se reflejarán en los estadísticos. Y como en casos anteriores puede ser expresado como un porcentaje entre 0.1 % y el 99.9 % para controlar lo mucho o poco que se quiere que afecten.” (Garnacho, 2006)

Lo primero fue configurar la zona geográfica en el software y bajar los mapas necesarios para empezar a crear las estaciones. (Mapas de la Argentina)

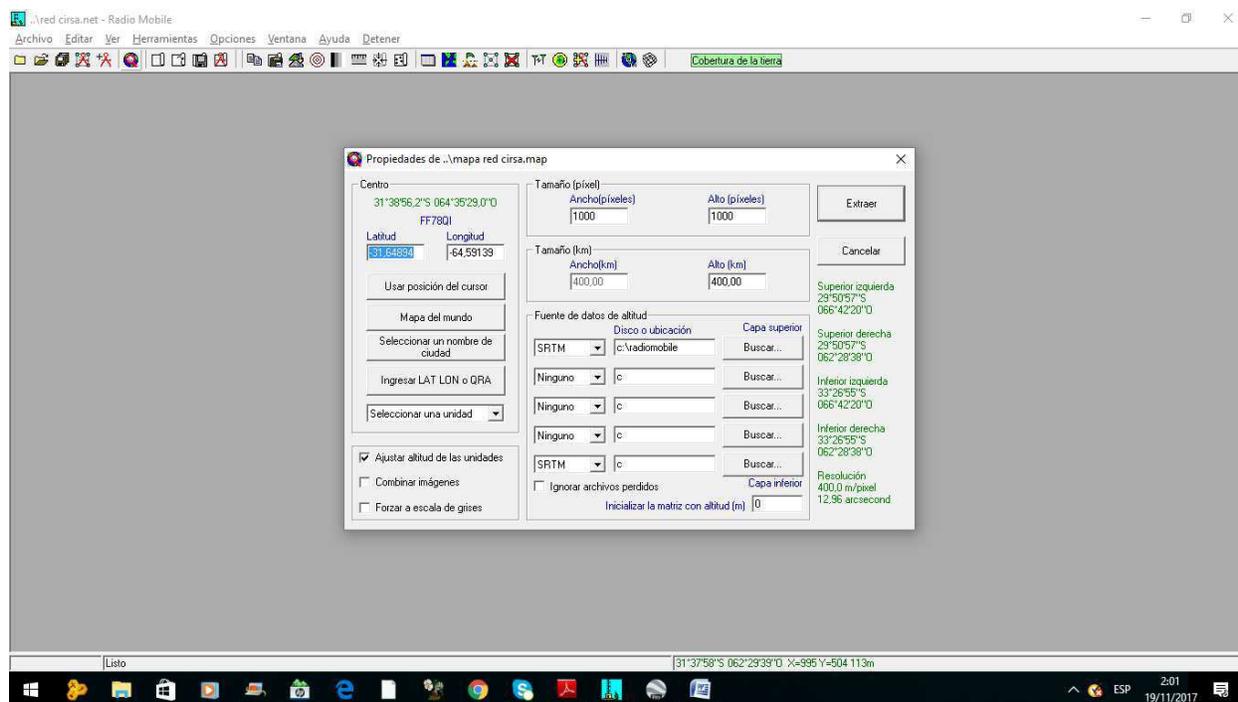


Ilustración 45 Configuración del mapa en radio Mobil

Se configuro con las coordenadas de la central Cirsa, se estimo un tamaño de 1000X1000Píxeles y un tamaño de mapa de 400Km, se estableció como fuente de datos de altitud el sistema (SRTM) que es un modelo digital del terreno creado por la NASA.

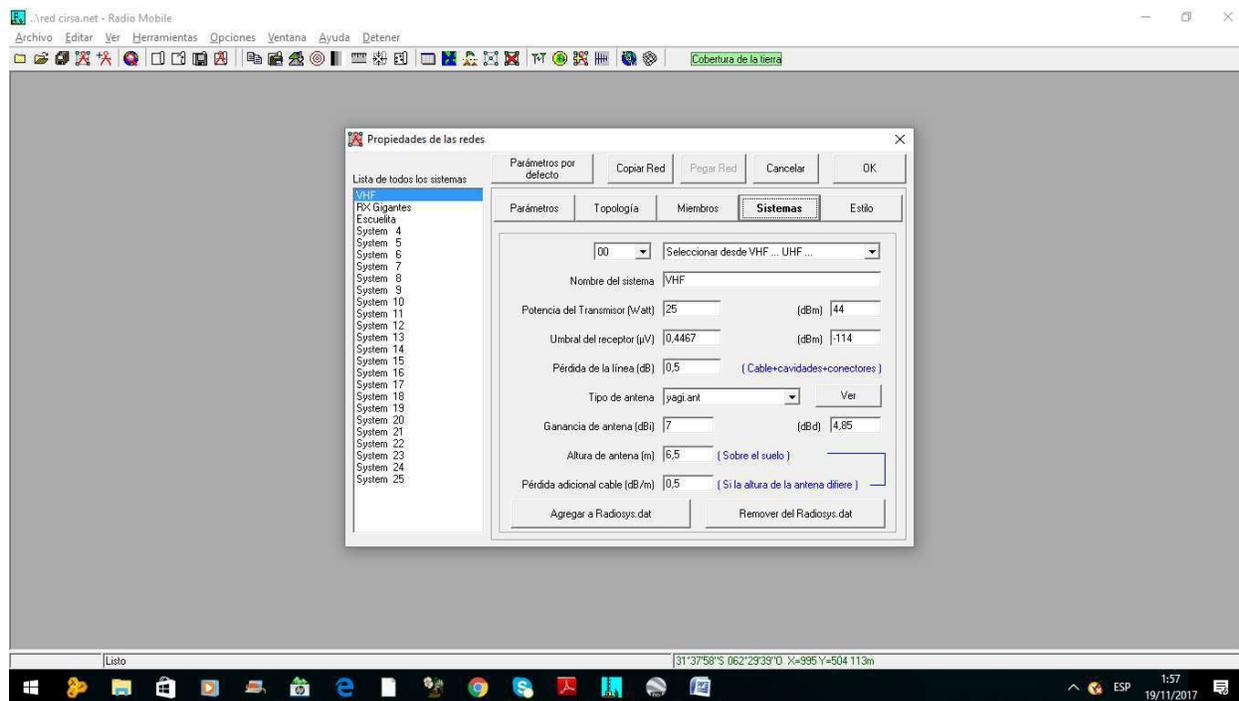


Ilustración 46 Crear el sistema de comunicaciones

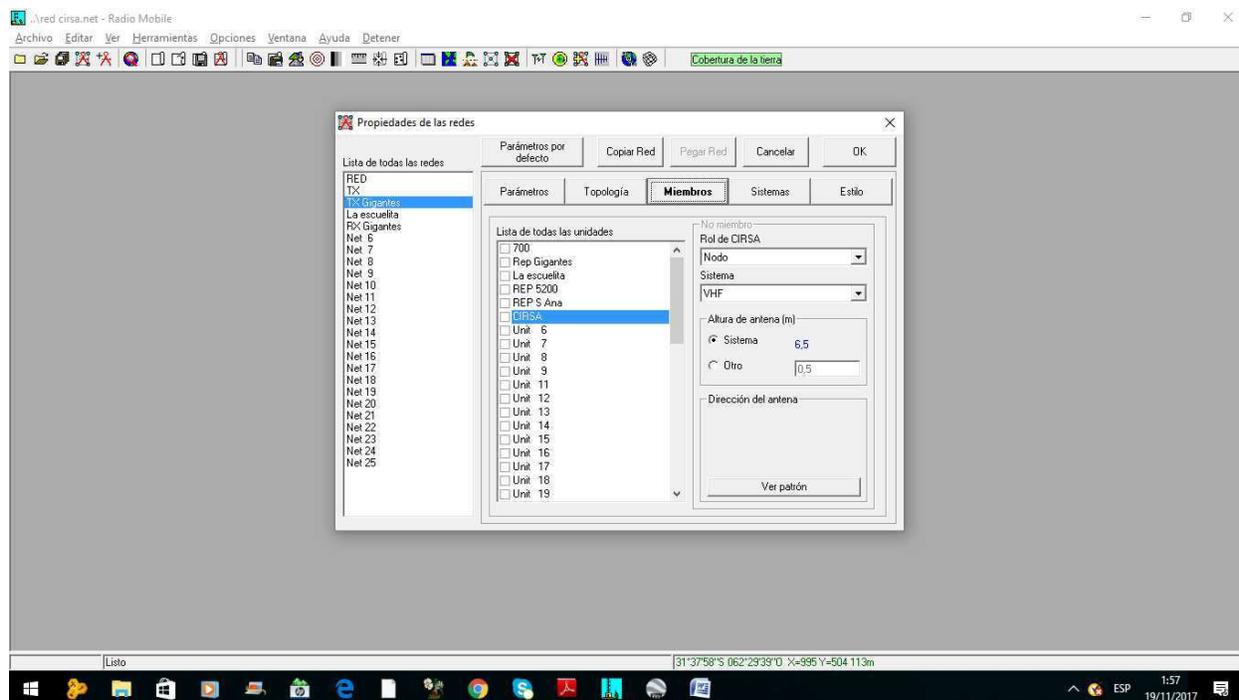


Ilustración 47 Configuración de cada una de las estaciones

Se crearon todas las estaciones con las coordenadas del sistema de posicionamiento global (GPS) y se configuró para cada una de ellas los parámetros reales de cada estación visitada en campo.

Capítulo III

Simulación de datos de entorno real en el software Radio Mobile

Para el desarrollo del segundo objetivo se alimentó y configuro el software Radio Mobile con los parámetros técnicos reales de cada estación visitada.

Radio Mobile es un programa de simulación de propagación de radio gratuita que opera en el rango de frecuencias de 20MHz a 20GHz. Se basa en el modelo de propagación ITS (Longley-Rice). El programa permite trazar mapas de elevación de áreas específicas utilizando datos SRTM descargados de la misión de mapeo del terreno del radar del transbordador espacial, contornos de elevación y mapas de carreteras que se agregarán, y unidades de radio (estaciones) especificadas para el rendimiento y ubicadas donde sea necesario. (Radio Mobile, 2017).

"Radio Mobile" es un excelente programa creado en 1998 y mantenido desde entonces por el ingeniero y radioaficionado canadiense **Roger Coudé (VE2DBE)**, que utiliza datos digitales de elevación del terreno para generar un perfil del trayecto entre un emisor y un receptor. Estos datos, junto a otros relativos al entorno y a las características técnicas de los transceptores, sirven para alimentar un modelo de propagación de las ondas de radio conocido como "*Irregular Terrain Model*", basado en el algoritmo de Longley-Rice e integrado en el propio programa, que permite determinar el área de cobertura de un sistema de radiocomunicaciones que trabaje en una frecuencia comprendida entre los 20 y los 20.000 MHz.

La misión SRTM de la NASA se realizó en febrero del año 2000 y tuvo una duración de 11 días, durante los cuales se acoplaron dos antenas de radar especiales al transbordador

espacial *Endeavour*. Siguiendo una trayectoria perfectamente calculada, el transbordador orbitó alrededor de la Tierra emitiendo señales con su radar de apertura sintética y recogiendo sus ecos. Mediante técnicas de interferometría, la combinación de los ecos radar recogidos para cada punto de medición permite obtener la altitud del terreno. Los datos fueron procesados por el *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) para elaborar un modelo digital del terreno, cuya distribución final al público se realiza gratuitamente a través de la Inspección Geológica de los Estados Unidos (US Geological Survey). (Ibáñez, 2009)

Se Anexan los datos de la ficha técnica ANEXO 4.

Enlace entre las Estaciones Chañaritos y la Estaciona repetidora Santa Ana

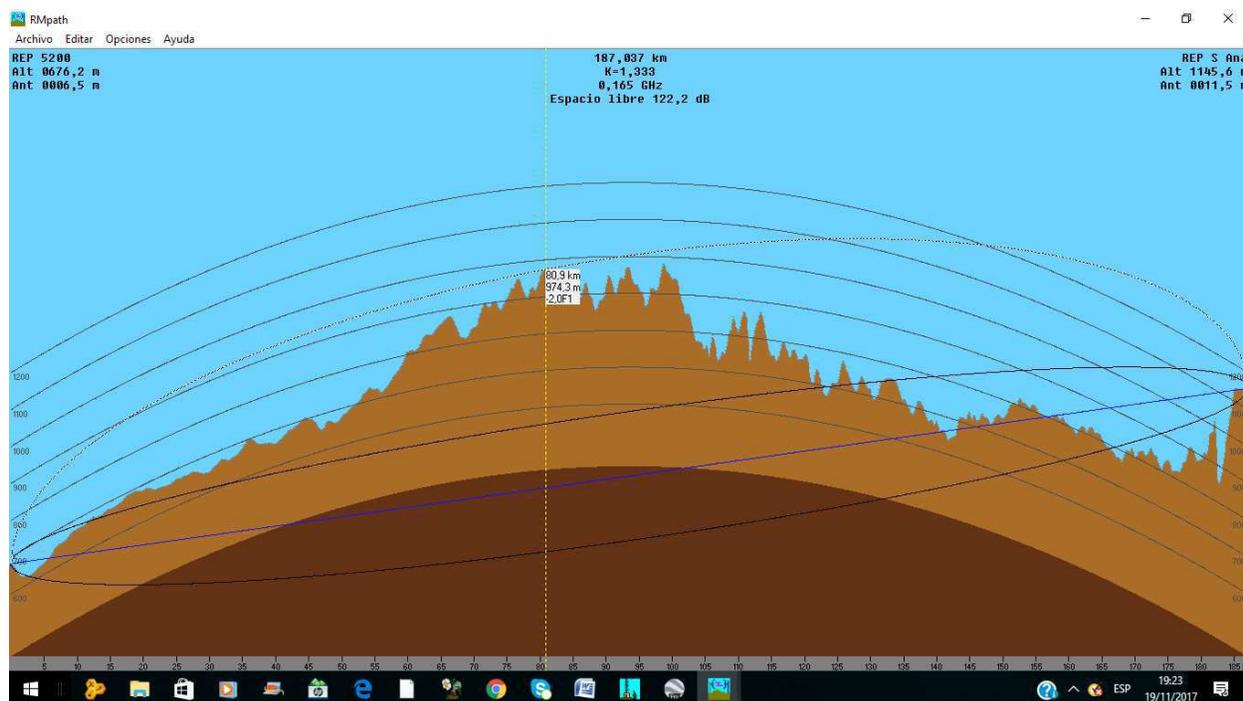


Ilustración 48 . Radio enlace simulado de Estación Chañaritos a Estación Santa Ana. Fuente:

Propia del autor modelado en Software Radio Mobile.

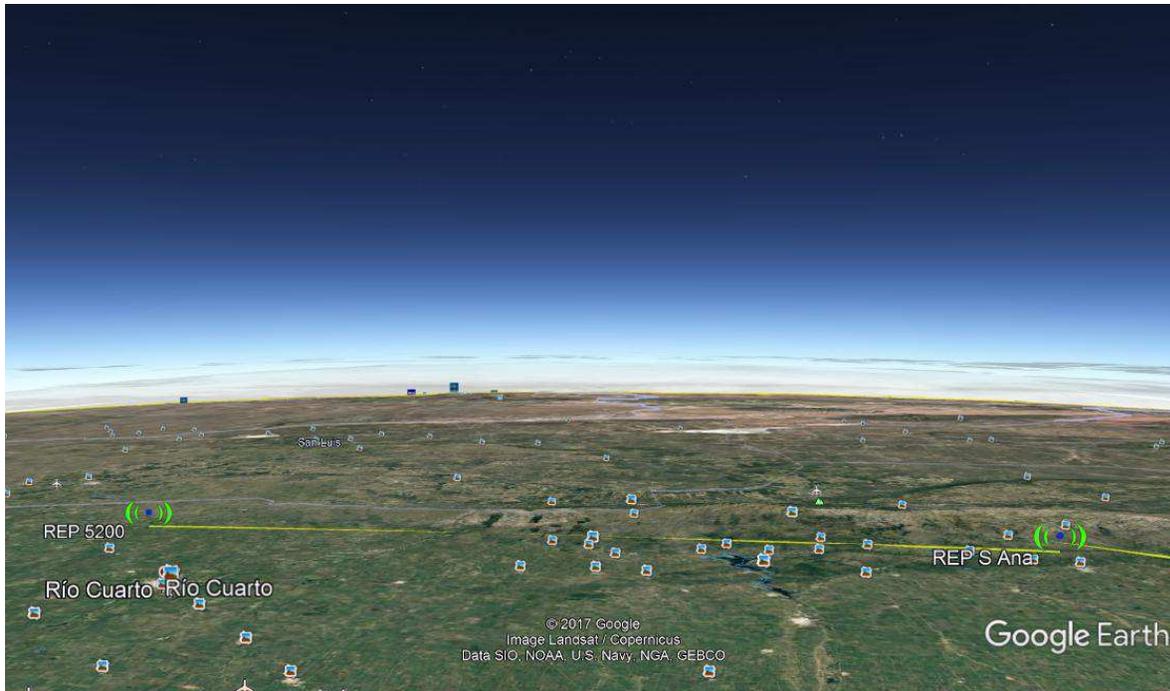


Ilustración 49 Vista del radioenlace sin línea de vista Fuente: Google earth

Se puede determinar con lo observado en la Ilustración 49, que el enlace entre las estaciones Los Chañaritos y la Estación Repetidora santa Ana, es deficiente en su comunicación, en gran medida por los obstáculos que se presentan en su trayecto, no demuestra según el software un enlace con buena eficiencia y puede llegar a tener pérdidas por espacio libre y obstáculos que superarían el nivel de ganancia óptimo para que se puede establecer una buena comunicación. A pesar de esto cumple las necesidades de sensibilidad del receptor el cual es de -114dB . Es evidente que no existe línea de vista por lo cual en caso de enlace este se realizaría por fenómenos como la reflexión o dispersión como se evidencia en la ilustración.

En la ilustración 48, se puede evidenciar la calidad del enlace, esta se muestra con una línea amarilla que indica según lo protocolizado en el software radiomobile como un enlace de baja calidad.

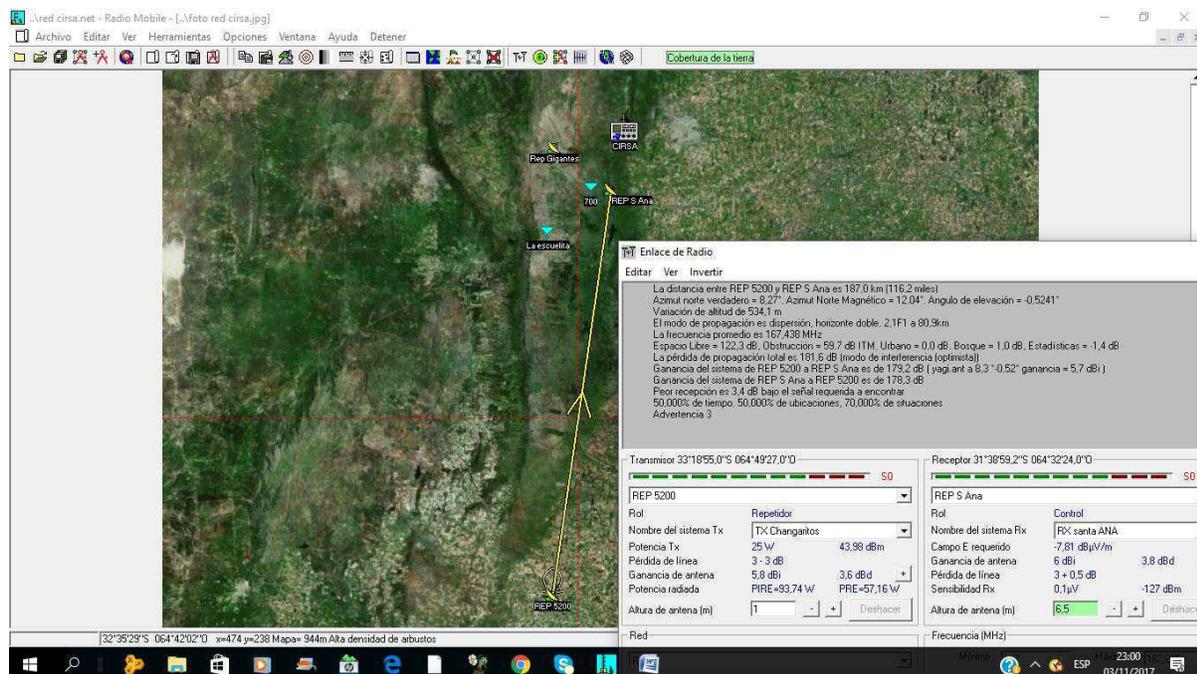


Ilustración 50 Calidad de enlace Estación Chañaritos a Estación Santa Ana. Fuente: Propia del autor modelado en Software Radio Mobile

Tabla 9. Consolidado Simulación enlace Changaritos a Santa Ana

Frecuencia Promedio: 167.438 MHz
Distancia entre Chañaritos y Santa Ana 187,03Km
Variación de altitud: 534,1 mts
Modo de Propagación por difracción de Horizonte Doble a (80,9Km)
Espacio Libre: 122,3dB
Obstrucción 35,1 dB
Perdida de Propagación total 163,6dB (optimista)
Ganancia del sistema 166,2dB

Recepción 3,2 dB por encima de la señal a encontrar

Si bien Los datos que nos arroja el simulador concuerdan con los datos tomados con las estaciones en campo y los cálculos realizados por medio de las formulas, está claro que para el simulador este enlace en las posiciones actuales no tiene una buena calidad de conexión en transmisión y recepción de señales, llegando a pensar que no es optimo y debería ser caso de estudio para su implementación en otras coordenadas.

Dentro de las convenciones del software Radiomobile las líneas de enlace pueden ser de 3 colores y estos determinan la calidad del enlace o si este es posible o no.

Línea Roja: No es posible o no hay enlace para envío de información

Línea amarilla: en enlace es deficiente o aceptable para el envío de Información.

Línea Verde: En enlace tiene las mejores condiciones para el envío de información.

Simulación radio enlace Santa Ana a central CIRSA

La estación repetidora Santa Ana se encuentra a 28Km de distancia de la Central CIRSA, en la ilustración 52, podemos observar que no existe línea de vista por un obstáculo a unos pocos Kilómetros de la Central Cirsa, a pesar de esto los niveles de señal recibida por el receptor son buenos y están dentro de la sensibilidad permitida por el radio receptor para la interpretación de los datos transmitidos.

Tabla 10 . Consolidado Simulación enlace estación Santa Ana a Central CIRSA.

Frecuencia Promedio:167.438 MHz
Distancia entre la Estación Santa Ana y la estación Central CIRSA 28,6 Km
Variación de altitud: 479,1 mts
Modo de Propagación Difracción Con Única Obstrucción.
Espacio Libre: 106,0dB
Obstrucción 34,2 dB
Perdida de Propagación total 144,9dB
Ganancia del sistema 177,5dB
Recepción 32,6 dB por encima de la señal a encontrar

Simulación enlace estación transmisora la 700 a la estación central Cirsa

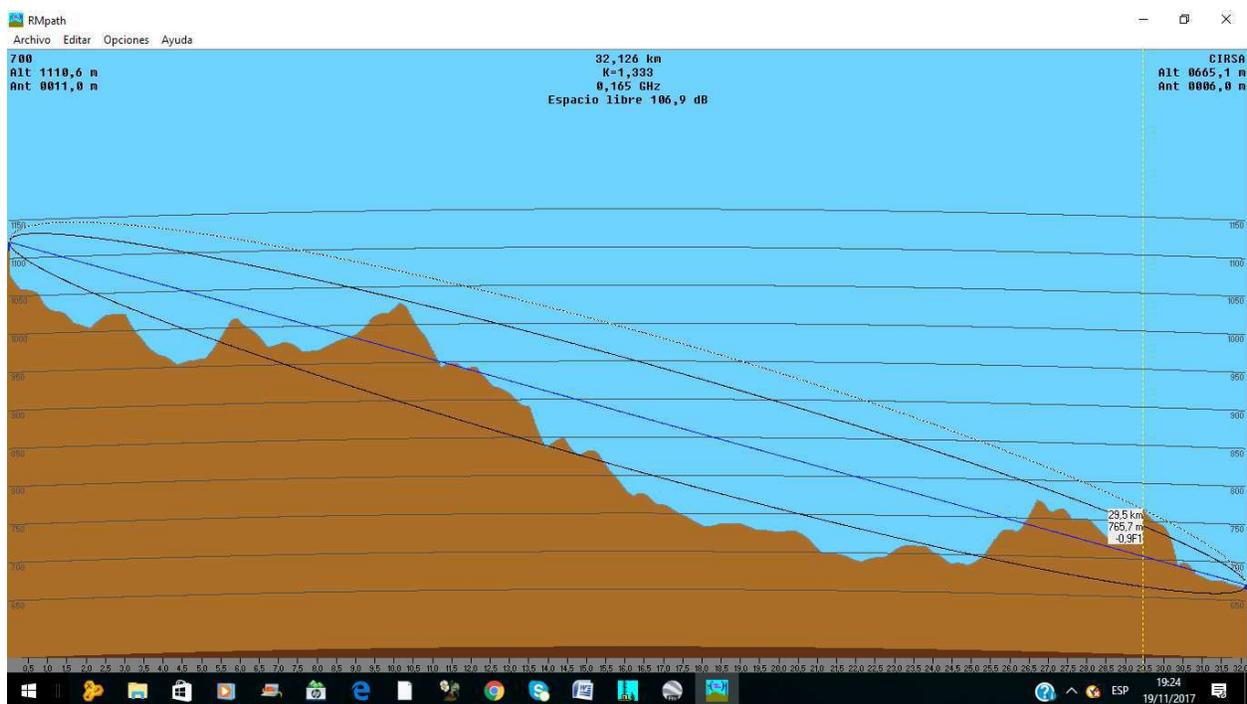


Ilustración 53 . Simulación Enlace estación 700 a Estación CIRSA. Fuente: Propia del autor modelado en Software Radio Mobile.



Ilustración 54 Enlace estación 700 a la central Cirsa Fuente: Google Earth

La Ilustración 54, da una idea clara de la forma de propagación de la onda para generar el radio enlace, el simulador determina que la propagación se hace por difracción de Horizonte Doble y se genera una pérdida por obstrucción de 28,1dB, a pesar de estas condiciones en enlace es posible y tiene una ganancia total de 171,8dB suficientes para llegar al nivel necesario por el receptor de la Central cuya sensibilidad esta por los -114dB.

Tabla 11 . Consolidado Simulación enlace Estación 700 a Central CIRSA

Frecuencia Promedio:167.438 MHz
Distancia entre la 700 y la estación Central CIRSA 32,11 Km
Variación de altitud: 416,3 mts
Modo de Propagación Difracción de Horizonte Doble.
Espacio Libre: 107,1dB
Obstrucción 28,1 dB
Pérdida de Propagación total 142,5dB
Ganancia del sistema 171,8dB
Recepción 29,2 dB por encima de la señal a encontrar

Simulación de enlace Estación la Escuelita a estación Repetidora Los Gigantes

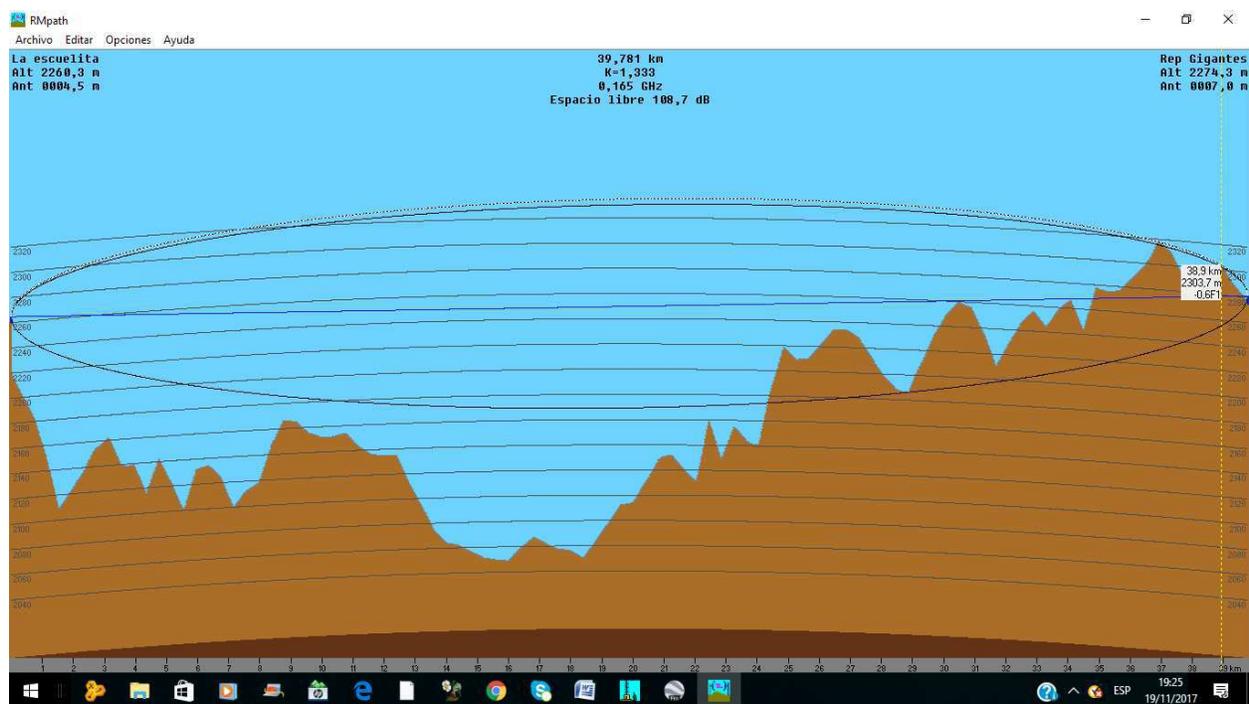


Ilustración 55. Simulación de Enlace estación la Escuelita a estación Los Gigantes. Fuente: Propia del autor modelado en Software Radio Mobile.

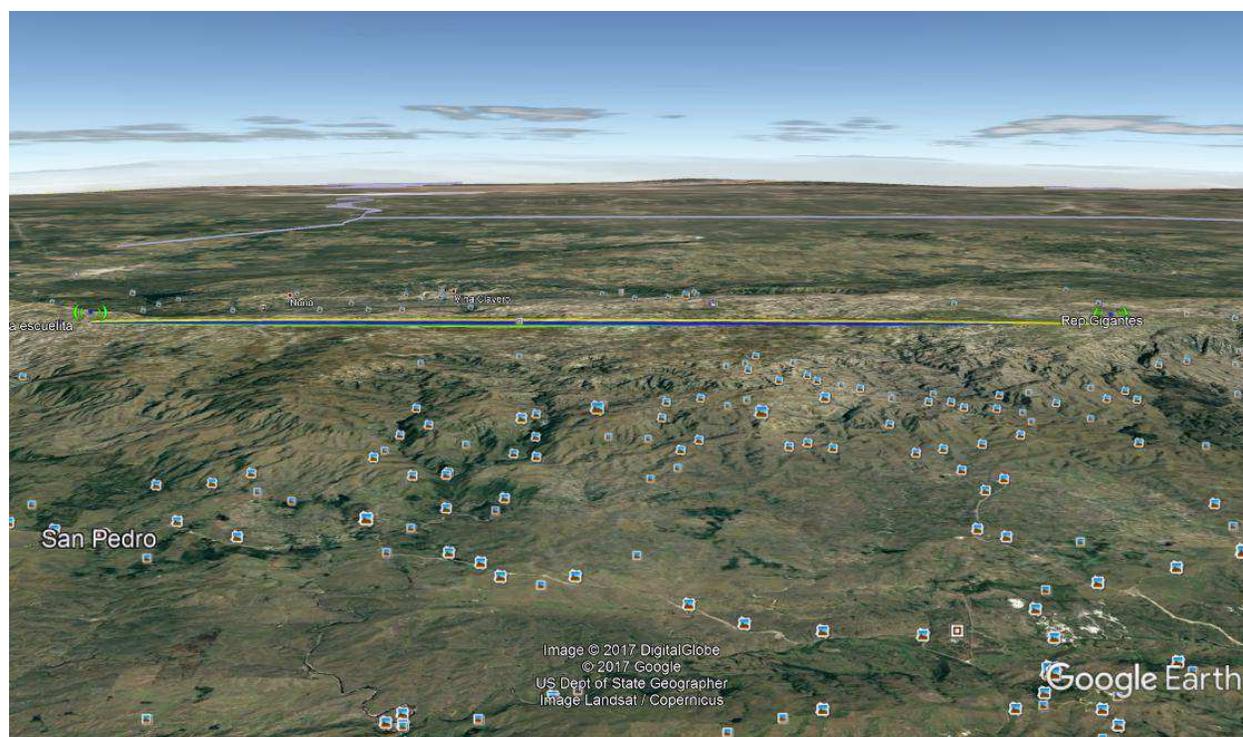


Ilustración 56 Vista del Radioenlace la Escuelita los Gigantes Fuente: Google Earth

Se puede evidenciar tanto en el simulador como en la práctica que existe una línea de vista del enlace sin obstáculos lo cual se traduce en unos excelentes valores de transmisión y recepción de los datos, esto apoyado en los buenos niveles de ganancias totales del sistema de 175,4dB Frente a la perdida por Espacio libre y obstrucción de 27,3dB.

Tabla 12 . Consolidado Simulación enlace la Estación la Escuelita a Los Gigantes

Frecuencia Promedio:167.438 MHz
Distancia entre la escuelita y los Gigantes 39,8 Km
Variación de altitud: 268,3 mts
Modo de Propagación por Difracción.
Espacio Libre: 108,9dB
Obstrucción 27,3 dB
Perdida de Propagación total 140,7dB
Ganancia del sistema 175,4dB
Recepción 34,7 dB por encima de la señal a encontrar

Simulación enlace Repetidora los Gigantes a Central CIRSA

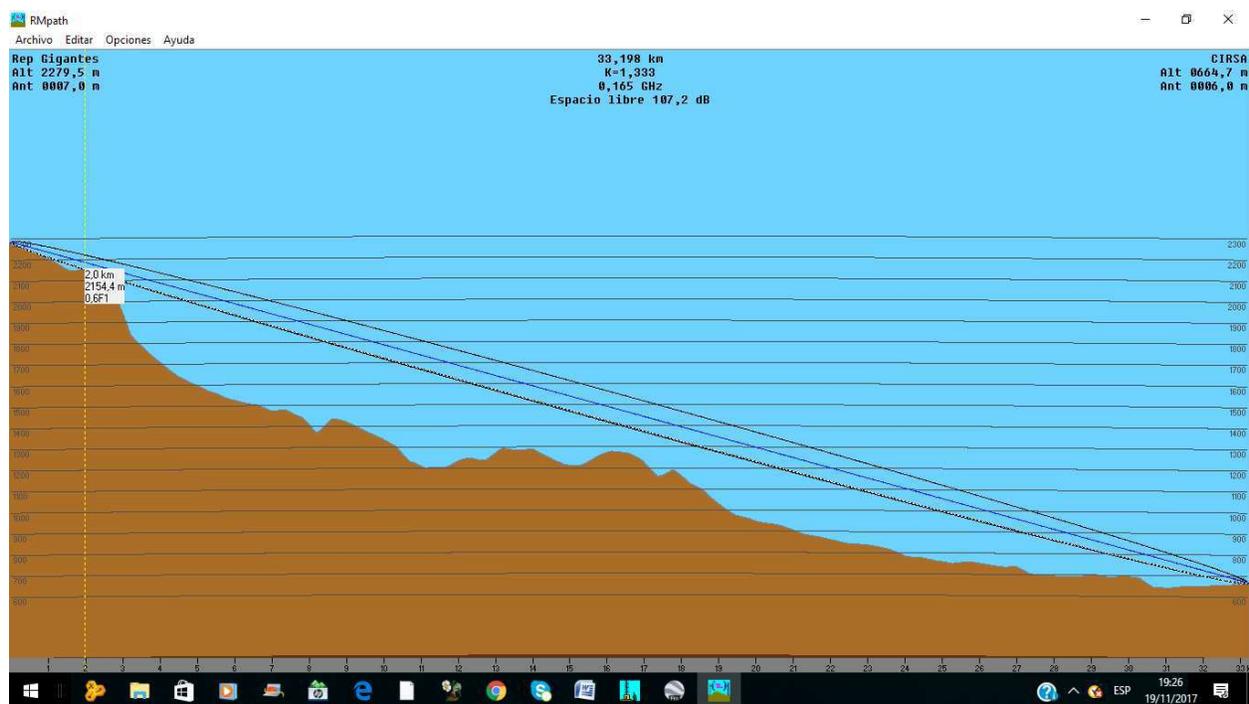


Ilustración 57. Simulación repetidora estación Los gigantes a estación CIRSA. Fuente: Propia del autor modelado en Software Radio Mobile.

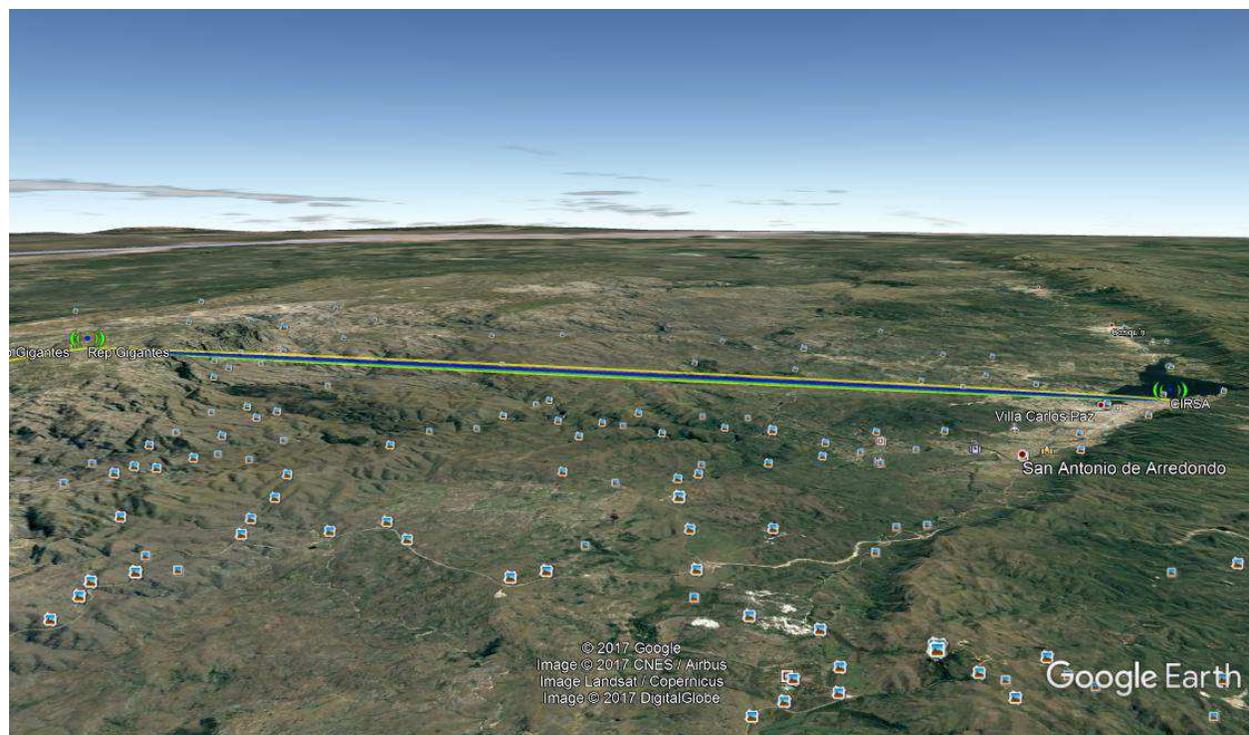


Ilustración 58 Radioenlace Estación Los Gigantes a Central Cirsa Fuente: Google earth

En la Figura 58, se observa que las condiciones del terreno no presentan mayores obstáculos para el enlace, se evidencia que hay línea de vista y por lo tanto el enlace será exitoso como se demuestra en los valores encontrados en la tabla 13.

Tabla 13. Consolidado Simulación enlace Estación Los Gigantes a Central CIRSA

Frecuencia Promedio:167.438 MHz
Distancia entre la escuelita y los Gigantes 33,1 Km
Variación de altitud: 1631,2 mts
Modo de Propagación por línea de Vista, mínimo despeje.
Espacio Libre: 107,3dB
Obstrucción 0 dB
Perdida de Propagación total 111,2dB
Ganancia del sistema 177,5dB
Recepción 66,4 dB por encima de la señal a encontrar

Capítulo IV

Resultados de las Comparaciones:

Tabla 14 Tabla de Comparación de valores perdida por espacio Libre

Enlace	Lp Perdida espacio Libre (real calculado)	Perdida por espacio Libre simulado	Diferencia	Diferencia en Porcentaje
Chañaritos A	122dB	122,3dB	0,3dB	0,24529%

santa Ana				
700 a Cirsa	107dB	106,9dB	0,1dB	0,09354%
La escolita a los Gigantes				
Santa Ana a Cirsa	105,84288dB	105,9dB	0,05712dB	0,05396%
Cirsa				
Los Gigantes a Cirsa	107,26999dB	107,2dB	0,06999dB	0,0652%

Comparativo del Factor Potencia Isotrópica radiada equivalente (PIRE):

Tabla 15 Tabla Comparativa factor PIRE

Estación	PIRE Calculado	PIRE dado por la Simulación	Diferencia	Diferencia en Watts	Diferencia en porcentaje
Chañaritos A santa Ana	45dBm	50,47dBm	5,47dBm	0.00352371W	12,15%
700 a Cirsa	43dBm	44,781dBm	1,781dBm	0.00150695W	4,1418%
La escolita a los Gigantes	45dBm	45,371dBm	0,371dBm	0.00107399W	0,8244%
Santa Ana a Cirsa	44dBm	44,021dBm	0,021dBm	0.00100485W	0,0477%

Estación	PIRE Calculado	PIRE dado por la Simulación	Diferencia	Diferencia en Watts	Diferencia en porcentaje
Gigantes a Cirsa	35,73dBm	33,345dBm	2,385dBm	0.00173181W	7,1524%

Como se evidencio en la tabla anterior el porcentaje de diferencia entre los valores calculados manualmente con las formulas descritas para dicho calculo son muy similares a los simulados y entregados por el software. El mayor porcentaje de diferencia se evidencia en el enlace de la estación Chañaritos a la estación Santa Ana.

Administración del proyecto

Presupuesto

A. Presupuesto Personal

Tabla 16 Presupuesto Personal

Nombre	Horas dedicación semanal	Valor hora	TOTAL*
Yair Leandro Rios	10	13600	2459056,6
TOTAL			

B. Presupuesto de equipos

Tabla 17 Presupuesto de equipos

Equipo	Justificación	VALOR
Computador portátil HP Pavilion g4-1284la	Equipo de computo necesario para compilar la información.	1550.000
TOTAL		1550.000

C. Presupuesto de software

Tabla 18 Presupuesto de Software

Software	Justificación	VALOR
Paquete Office 2007	Necesario para el uso de procesador de textos	350.000
Radio Mobile	Para hacer las pruebas y simulación	0
TOTAL		350.000

D. Presupuesto de materiales y suministros

Tabla 19 Presupuesto de materiales

Materiales*	Justificación	VALOR
Papelería	Presentación formal de los entregables	100000
TOTAL		

E. Presupuesto de eventos científicos y salidas de campo

Tabla 20 Presupuesto de salidas al campo

Lugar	Justificación**	Cantidad	Costo Unitario	VALOR
Argentina	Se fue a estudiar las condiciones reales de la red de estaciones STC	1	4200.000	4200.000
Estación remota	Se debe hacer desplazamientos a cada estación.	6	80.000	480.000
TOTAL				4680.000

F. Presupuesto general

Tabla 21 Presupuesto General

ITEM	TOTAL
Personal	2459056,6
Equipos	1550.000
Software	350.000
Materiales y suministros	100000
Salidas de campo (locales)	4680.000
Material bibliográfico	
Publicaciones	
Servicio técnico	
TOTAL	9139.056

Cronograma de actividades

8. Investigar todos los factores que influyen en la propagación de las ondas de radiofrecuencia.	X	X
9. Realizar es escrito formal		X
10. Entrega a revisión		X

Conclusiones

Se pudo establecer que al alimentar el software con los datos reales de las estaciones transmisoras, el software dio un porcentaje muy bueno de enlace y exactitud de comunicación en la mayoría de los casos, esto muy bueno ya que está alineado con los datos y resultados observados en el funcionamiento real y actual de las estaciones, lo cual lleva a la conclusión que el software sus cálculos y cartografía podría ser suficiente para confiar de sus datos en un proyecto futuro, a pesar de todo esto hubo un caso en particular en el enlace de la estación los Chañaritos a la estación Santa Ana, donde los valores resultantes dados y evaluados por el software nos da un criterio negativo para comunicación y radioenlace, y a pesar de esto el enlace en la realidad funciona por un porcentaje bueno de efectividad.

Los simuladores pueden dar muchos escenarios resultantes dependiendo los datos o parámetros que pongamos en su entrada, pero muchas veces en la realidad suele tener una variación en sus resultados, esto se puede dar por las cualidades de las ondas que se propagan en varios sentidos

al pasar por un obstáculo, factor que no tiene en cuenta de forma perfecta el software, la transmisión Multitrayecto.

Al revisar y estudiar el caso anterior enlace (los changarritos a Santa Ana) se puede analizar que las condiciones del terreno (terreno árido), donde no existe mucha vegetación de altura significativa, la geografía rocosa de la sierra y las condiciones ambientales ayudan a generar un fenómeno de Propagación de las ondas que son capaces de llegar de un punto a otro a pesar de los obstáculos y distancia (187Km) que debe cubrir la señal enviada.

A lo anterior se suma el rango de frecuencia en uso del espectro electromagnético que está en uso, la banda VHF media, la cual aún conserva algunas propiedades de propagación de bandas de frecuencias más bajas lo cual puede ayudar a su dispersión a pesar de tener obstáculos. Se puede llegar a considerar que en un rango de frecuencias más altas ya no funcionaría el enlace.

También se puede considerar que dicho enlace tiene éxito en cuanto el ancho de banda necesario para el transporte de la información de las estaciones automáticas de telemetría es muy poco está dentro de los 12,5Khz, si este tuviera un requerimiento mayor de ancho de banda tal vez se evidenciaría la falencia en el radio enlace.

Los enlaces radioeléctricos en las frecuencias de VHF no necesariamente requieren línea de vista para su buen desempeño, aclarando que se estudio la banda media de VHF no las bandas altas.

Si bien es cierto que en el estudio y en la práctica como se observó un radioenlace en el rango de frecuencias VHF funciona de manera perfecta cuando existe línea de vista en las dos antenas, la transmisora y la receptora, no es un factor determinante para evaluar con exactitud si existirá comunicación entre los puntos o no, para esto como lo vimos podemos apoyarlos en el software Radio Mobile u otro software que nos dará un porcentaje cercano de enlace en caso de no tener

línea de vista, pero donde las condiciones del terreno permitan la propagación de la onda por algún fenómeno como la reflexión o difracción y tener una buena cantidad de señal suficiente para superar el umbral mínimo de sensibilidad el receptor de la estación receptora.

La efectividad de los enlaces en radiofrecuencia VHF en el funcionamiento del sistema telemétrico de alerta de crecidas es fundamental para la obtención de datos confiables.

Actualmente la eficiencia de los radioenlaces y el transporte de información efectiva esta alrededor del 96%, esto alimenta de manera exitosa las bases de datos del sistema de la central y genera confianza en los organismos que se basan en los datos de esta (Bomberos y defensa Civil), si se tuviera un porcentaje de efectividad mucho mejor o faltara la lectura de algún punto de aporte del sistema podría verse involucrada dicha confianza y así mismo la efectividad del sistema.

Recomendaciones

Como recomendaciones al sistema y pensando en la modernización del mismo, se evidencia que sería un factor importante analizar si se debe cambiar de sitio la estación Los chañaritos esto en caso de que a futuro la trama de datos requiera más ancho de banda y el enlace actual genere fallas con este nuevo requerimiento.

Se puede recomendar al centro de Investigación CIRSA-INA, que a futuro tengan presente los buenos resultados de este trabajo y la confiabilidad del software Radio Mobile para el modelado de próximas estaciones a unirse al sistema telemétrico Cirsa (STC), o para la creación de proyectos de redes de alertas de crecidas futuras.

Bibliografía

- Agencia Nacional del Espectro. (31 de 12 de 2012). Titulo II Manual de gestión nacional del espectro radioeléctrico. Bogota, Colombia.
- Area de Ingeniería Telemática. (s.f.). ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS. Navarra, España.
- Cardozo, J., & Aponte, A. (2006). *monografias.com*. Obtenido de Sistemas de telecomunicaciones. Concepto de IP en las nuevas redes Integradas:
www.monografias.com/trabajos33/telecomunicaciones/telecomunicaciones3.shtml
- Datawise software. (2016). *datawise software manuales*. Obtenido de <https://datawise.software/UsersManual/2-Configure-DW-Manual.pdf>
- Department of commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration. (2012). *Flood Warning System Manual*. Estados Unidos.
- Domínguez, O. G. (2016). Fundamentos de Redes de Voz IP. IT Campus Academy.
- Drake M, J. (2005). *Ruidos e Interferencias: Técnicas de reducción*. Cantabria.
- Enacom. (2017). *Ente Nacional de Comunicaciones*. Obtenido de enacom:
https://www.enacom.gob.ar/que-es-enacom_p33
- Garnacho, P. G. (06 de 2006). *upcommons.upc.edu*. Obtenido de upcommons.upc.edu:
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6989/Anexo%2016.pdf>
- Hernández P, R., & Hernández H, G. (s.f.). *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Obtenido de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/huejutla/n9/r1.html>
- Ibáñez, I. P. (2009). *Manual de Cálculo de Coberturas con Radio Mobile*. Obtenido de ipellejero.es:
<http://www.ipellejero.es/radiomobile/index.php>
- InfoLEG. (23 de 7 de 2001). *Secretaría de Telecomunicaciones*. Recuperado el 11 de 11 de 2017, de Información Legislativa: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/65000-69999/68147/norma.htm>
- Instituto Nacional de Agua y Ambiente. (2010). *Instituto Nacional del Agua.gov.ar*. Obtenido de <https://www.ina.gov.ar/cirsa/index.php>
- Inzirillo, I. R. (Septiembre de 2007). Transmisión de datos para estaciones móviles en la banda HF. Mendoza, Argentina.
- Lechtaler, A. R. (2013). Buenos Aires, Argentina: Alfaomega Grupo editor.
- Morales, C. M. (2013). Análisis de Desempeño de un Sistema MIMO-OFDM con Predicción de Canal. Bogotá, Colombia.
- Ojeda, M. A. (2003). Implementación de Experiencias para la medición de parámetros de calidad en equipos de radiocomunicaciones en las bandas de HF y VHF. Valdivia, Chile.

- Perez, L. I. (2004). APUNTE: Ecuaciones de Maxwell. Buenos Aires, Argentina.
- Primavera, G., Coladonato, P. A., Fortuna, C. N., Castia, M. S., Alfonso Melian, N., & Villafañe, D. (s.f.). *econ*. Obtenido de TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN:
http://www.econ.uba.ar/www/departamentos/sistemas/plan97/tecn_informac/briano/seoane/tp/2002_1/vinculoscomunicacion.htm
- Rábanos, J. M. (2003). *TRANSMISIÓN POR RADIO*. Madrid: Editorial Centro de Estudios Ramón Aceres, S.A. .
- Rábanos, J. T. (2013). *Transmisión por radio*. Universitaria Ramón Areces.
- Radio Mobile. (2003). *Radio Mobile*. Obtenido de www.g3tvu.co.uk:
http://www.g3tvu.co.uk/Radio_Mobile.htm
- Radio Mobile. (05 de 11 de 2017). *G3TVU's*. Obtenido de www.g3tvu.co.uk:
http://www.g3tvu.co.uk/Radio_Mobile.htm
- Sandra Patricia Montaña, E. A. (2015). APROVISIONAMIENTO Y ASEGURAMIENTO DE UN CANAL DE DATOS POR RADIO ENLACE PARA CLIENTES CORPORATIVOS. Bogota, Colombia.
- Telecomunicaciones, U. I. (2016). Calculo de la atenuacion en espacio Libre. *Recomendación UIT-R P 525-3 2016* (págs. P. 525-3). Genova: UIT.
- Union Internacional de Telecomunicaciones. (2009). Prediction procedure for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.1 GHz. *ITU-R Recommendation P.452-14*. Ginebra: Union Internacional de Telecomunicaciones.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2009). Propagación por difracción. *Recomendación UIT-R P.526-11* (pág. 42). Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- University Corporation for Atmospheric Research. (2012). *meted.ucar.edu*. Obtenido de http://www.meted.ucar.edu/communities/hazwarnsys/ffewsrsg_es/FF_EWS.Ap.C.pdf
- Valencia, J. (Marzo de 2014). *BlogSpot*. Obtenido de redesitransmisiondedatos.blogspot.com.co
- Vega L, C., Arvizu G, D., & García S, A. (2008). ALGORITMOS PARA. Boca del rio, Mexico.
- Vélez, E. (s.f.). Sistemas de Monitoreo para Alertas de Eventos severos en las Sierras de Córdoba . *CIRSA*, 1.
- Villalpando, J. A. (s.f.). *iesromerovargas.es*. Obtenido de http://www.iesromerovargas.es/recursos/elec/sol/television_digital_2.htm

ANEXOS

ANEXO 1

MODEL 7101

Broad Band Antenna

- 138-174MHz & 220-222MHz
- 4 Folded Dipoles for High Gain
- Lightning Resistant



PHONE: (800) 275-2080

HIGH SIERRA ELECTRONICS

FAX: (530) 273-2089



DESCRIPTION:

The Model 7101-00 Broad Band Antenna is a 6dB or 9db gain antenna. The 10MHz bandwidth provides optimum performance in single or multi-frequency systems, on both transmit and receive. It features four elements positioned evenly, every 90° around the mast, for omni pattern and comes with four elements aligned collinearly on the same side of the mast for maximum directional gain.

The Model 7101-00 comes with a two-piece mast for ease of shipment and handling. A unique splice assures proper alignment. It is also lightning resistant - the radiators operate at DC ground, and the aluminum mast with its pointed cap provides a low resistant discharge path to the tower or ground system.

SPECIFICATIONS:

Frequency Range	138-174 & 220-222MHz
Nominal Impedance	50ohms
Gain (over half-wave dipole)	6.0dB omni pattern 9.0dB offset pattern
Max Power Input	500W
Vertical Beamwidth	16°
Decoupling Between Antennas	35dB minimum
Lightning Protection	Direct ground
Standard Termination	Captive type N-Male
Upper Mast Mechanicals	
Lower Mast Mechanicals	
Radiating Elements	
Wind Rating	100mph w/o ice, 74mph w/.5 radial ice
Mounting Clamps	Galvanized steel
Overall Length	255Inches
Weight	32 pounds (w/clamps)
Shipping Weight	48 pounds (w/clamps)

ORDERING GUIDE:

Model 7101-00 Broad Band Antenna

OPTIONAL:

Model 7301-00 Side Mount Kit
 Model 7200-00 Antenna Lightning Protection
 Model 7304-00 Grounding Kit

(E-7101-00(A))

Environmental Monitoring Solutions

WEB SITE: www.highsierraelectronics.com E-MAIL: info@highsierraelectronics.com

ANEXO 2

MODEL 7105-04

High Gain Directional Antenna

- Heavy-Duty Construction
- 7.0dB Gain
- Stackable for Additional Gain
- Components Gold Iridited for Maximum Life



PHONE: (800) 275-2080

HIGH SIERRA ELECTRONICS

FAX: (530) 273-2089



DESCRIPTION:

The Model 7105-04 High Gain Directional Antenna is a heavy duty point-to-point Yagi antenna commonly used in data transmission and control station applications. It features a frequency range of 166 - 174MHz, a pre-set Reddi matchfeed system, and can be quickly and easily assembled at the installation site. Precisely machined boom-to-element blocks prevent corrosion and noise buildup.

The Model 7105-04 is designed to be rear mounted and can be stacked for additional gain by using a coaxial stacking kit. It comes pre-tuned and includes all stainless steel hardware for optimum performance and mechanical integrity. Designed for mounting on up to 4 inch O.D. masts.

SPECIFICATIONS:

Power	500 Watts Maximum
Gain	7dBd
Front to Back Ratio	15dB Minimum, 20dB Typical
Frequency Range	166 - 174 MHz
Bandwidth	4.5 MHz
VSWR	Less than 1.5:1
Impedance	50 ohms Nominal
Vertical Beamwidth	60°
Horizontal Beamwidth	87°
Termination	N Female Connector
Feed method	Weatherproof Molded Gamma Match
Wind Rating	189 MPH
Weight	9 Pounds
Shipping Weight	12 Pounds

ORDERING GUIDE:

Model 7105-04	7dB VHF High Gain Directional Antenna (specify frequency)
-------------------------	---

OPTIONAL:

Model 7200-00	Antenna Lightning Protection
Model 7150-03	Antenna Cable Set using Lightning Protection

ANEXO 3

1.2 Receiving, Inspection and Unpacking:

Many *High Sierra Electronics* products are scientific instruments. Exercise care during unpacking and installation. Remove the contents of the package carefully and compare the contents with the items described in Section 1.4. Should any items be missing, notify *High Sierra Electronics* Customer Service. Please have your packing list available when you call.

If any of the items are received in damaged condition, immediately notify the carrier and request an inspection. You must notify the carrier within 15 days of shipment. If a claim is not made within that time period, then the carrier will not acknowledge any claim for the lost or damaged goods.

1.3 Specifications:

Input:	RF, VHF or UHF (Customer specified)
Frequency Range:	VHF 135 - 174MHz; UHF 406 - 470MHz
Output:	700 mV _{p-p} audio signal
Voltage:	~12 VDC
Current:	
idle:	~50 mA
Transmit:	~1.5A
Squelch:	Open: -112 dBm, Close: -114 dBm
Impedence:	600 Ohm
Temp. Range:	-30 to +50° C
Output Channels:	Two RS232C serial output ports
Data Format:	ALERT
Serial Data Rate:	9600 standard (user selectable)
Size:	8 1/4" wide x 2" high x 7" deep
Weight:	3 Pounds

1.4 Model 3345 Parts

Model 3345-01

Interface program: 3345Interface.exe

Communications cable: MaleDB25 to Female DB9 (CAB2108A)

Cable Set: 10-12410-01

TFR0050A Float Changer¹

¹ If the Float Charger is not connected to an uninterruptible power supply it is recommended that a 12VDC gell cell battery be connected to the Model 3345.

Radio propagation model	
Title	ITS Irregular Terrain Model (Longley-Rice)
Code	Original FORTRAN code translated to C++ DLL
Frequency Range	20 to 20000 MHz
Surface Refractivity Range	250 to 400 N-Units
Antenna heights Range	5 to 2999m
Elevation records	up to 158
Elevation Range	-999m to 20000m
Climates	Equatorial Continental Subtropical Maritime Sub-Tropical Desert Continental Temperate Maritime Temperate Over Land Maritime Temperate Over Sea
Modes of variation	Spot Accidental Mobile Broadcast
Statistical parameters	Time Location Situation
Ground parameters	Conductivity Relative Permittivity
System parameters	
Tx power	1.0E-8 to 1.0E+6 Watts
Receiver threshold	0.01 to 2000 µVolt
Line Loss	0 to 500 dB
Antenna gain	-10 to 100 dBi
Networks	
Number of networks	up to 50
Number of units	up to 1000
Number of systems	up to 255
Topologies	Voice net Data net, Star Data net, Cluster
Link parameters	Tx Power Tx Line Loss Tx Antenna Gain Propagation Loss Rx Antenna Gain Rx Line Loss Rx Sensitivity
Elevation data matrix	
Source Type	SRTM 1, 3 DTED 0, 1, 2 GTOPO30 GLOBE BIL
Source Resolution	1, 3, 1, 3, or 30 Arcsecond
Matrix Size	up to 2000 x 2000 records
Matrix Coverage	up to 5000 km