

I

ANÁLISIS DE RADIO ENLACES DE LA RED TELEMÉTRICA DE RECOLECCIÓN DE
DATOS EN TIEMPO REAL “STC” COMPARADO CON LA SIMULACIÓN EN EL
SOFTWARE RADIO MOBILE, SUS PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS

RIOS VARGAS YAIR LEANDRO

UNIVERSITARIA AGUSTINIANA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

BOGOTÁ D.C

2017

ANÁLISIS DE RADIO ENLACES DE LA RED TELEMÉTRICA DE RECOLECCIÓN DE
DATOS EN TIEMPO REAL “STC” COMPARADO CON LA SIMULACIÓN EN EL
SOFTWARE RADIO MOBILE, SUS PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS

RIOS YAIR LEANDRO

Asesor de Trabajo

GOMEZ FELIX

Trabajo de grado para optar al título como

Profesional en Ingeniería en Telecomunicaciones

UNIVERSITARIA AGUSTINIANA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

BOGOTÁ D.C

2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

Bogotá D.C., 28 de noviembre de 2017

Resumen

El presente trabajo presenta un análisis de radioenlaces, los fenómenos de propagación y las características técnicas de las estaciones transmisoras del sistema telemétrico Cirsa (STC), ubicado en la Provincia de Córdoba Argentina, el sistema transmite por radiofrecuencia en la banda VHF y su función es transmitir datos de variables meteorológicas. El sistema está compuesto por dos estaciones centrales y doce estaciones remotas, se tomará como muestra cinco estaciones remotas del sistema telemétrico, las cuales fueron visitadas para hacer el levantamiento de información técnica de cada una y sus condiciones físicas y características de transmisión.

Una vez tomadas las mediciones de cada estación se va a alimentar el software Radio Mobile con dichos valores técnicos reales para realizar la simulación de sus radioenlaces, esto con la finalidad de hacer una comparación de los resultados y poder establecer el porcentaje de exactitud o fiabilidad del software de simulación.

Summary

The present work presents an analysis of radio links, the propagation phenomena and the technical characteristics of the transmitting stations of the Cirsa telemetric system (STC), based in the Province of Córdoba, Argentina, the system transmits by radiofrequency in the VHF band and its The function is to transmit meteorological data. The system consists of two central stations and twelve remote stations, as well as five remote stations of the telemetric system, which were visited to make the technical information survey of each one of their physical conditions and transmission characteristics.

Once the measurements of each station have been sent to the Mobile software radio with the real technical values to perform the simulation of their radio links, this in order to make a comparison of the results and to be able to establish the percentage of the accuracy or reliability of the simulation software.

Tabla de Contenido

Resumen	IV
Summary	IV
INDICE DE TABLAS	X
Tema de investigación	1
Problema de investigación	2
Objetivos	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Justificación	3
Marcos de investigación	4
Marco teórico	4
Modos de propagación de Ondas de radio	9
Fenómeno de difracción	9
Dispersión Troposférica	10
Fórmulas fundamentales para enlaces de telecomunicación	13
Fórmulas de conversión	16
Marco conceptual	18
Transmisión de datos	18
Radiocomunicación	18
Isótropo	19
Tecnología ALERT	19
Modulación	20
Radiación	20
Emisión	20
Estación trasmisora	20
Estación Receptora	21
Interferencia no deseada	21
Perturbación debida al Ruido	21
Umbral de potencia deseada	21
Cobertura	21

Servicios de Radiocomunicación.....	22
Nomenclatura de las Bandas.....	22
Elipsoides de Fresnel.....	23
Zonas de Fresnel.....	24
Anchura de penumbra.....	26
Zona de Difracción.....	27
Transmisión de información en tiempo real.....	27
Reducción y control de ruido.....	28
Medio de Transmisión:.....	30
Marco geográfico	30
Marco legal	30
Reglamentación Internacional:.....	30
Reglamentación Nacional:.....	31
Metodología de investigación	40
Población Objetivo:.....	41
Limitaciones del estudio	41
Capítulo I.....	42
Descripción general del sistema telemétrico Cirsa (STC).....	42
EL INA (Instituto Nacional del Agua y el Ambiente):.....	43
Esquema de Funcionamiento del sistema:.....	45
Levantamiento de información técnica de las estaciones	47
Consolidado de información técnica de cada estación visitada	51
Estación Central CIRSA CARLOS PAZ.....	51
Estación Repetidora: Los Chañaritos	54
Estación: Repetidora Santa Ana.....	58
Estación Transmisora 700.....	62
Estación Transmisora: La Escuelita	66
Estación Repetidora Los Gigantes.....	72
<i>Cuadro consolidado estaciones en campo.....</i>	76
Capítulo II	78
Capítulo III.....	85
Simulación de datos de entorno real en el software Radio Mobile.....	85

Enlace entre las Estaciones Chañaritos y la Estaciona repetidora Santa Ana	86
<i>Simulación radio enlace Santa Ana a central CIRSA</i>	89
Simulación enlace estación transmisora la 700 a la estación central Cirsra	91
Simulación de enlace Estación la Escuelita a estación Repetidora Los Gigantes	93
Simulación enlace Repetidora los Gigantes a Central CIRSA	95
Capítulo IV	97
Resultados de las Comparaciones:	97
Comparativo del Factor Potencia Isotrópica radiada equivalente (PIRE):	98
Administración del proyecto	99
Presupuesto	99
A. Presupuesto Personal	99
B. Presupuesto de equipos	99
C. Presupuesto de software	100
D. Presupuesto de materiales y suministros	100
E. Presupuesto de eventos científicos y salidas de campo	100
Cronograma de actividades	101
Conclusiones	103
Recomendaciones	105
Bibliografía	106
ANEXOS	107
ANEXO 1	108
ANEXO 2	109
ANEXO 3	110

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ecuaciones de Maxwell, Faraday y Gauss. (Perez, 2004).....	5
Ilustración 2 relaciones Constitutivas o materiales para medios Lineales e Isotrópicos. (Perez, 2004)	6
Ilustración 3 Formulas de movimiento ondulatorio Maxwell (Perez, 2004)	7
Ilustración 4 Modos de propagación de una onda electromagnética	8
Ilustración 5 Difracción de las ondas Fuente (Internet).....	10
Ilustración 6. Dispersión Troposférica (Union Internacional de Telecomunicaciones, 2009).....	11
Ilustración 7. Transmisión de datos (Valencia, 2014).....	18

Ilustración 8 Representación esquemática de un sistema Alert.....	20
Ilustración 9. Bandas de Frecuencia (Rábanos J. M., 2003, pág. 26)	23
Ilustración 10 Ejemplo de las Zonas de fresnel	25
Ilustración 11 Definición de la Anchura de Penumbra (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2009, pág. 3)	27
Ilustración 12. Transmisión en tiempo real (internet) (Hernández P & Hernández H, s.f.).....	28
Ilustración 13. Efectos del Ruido (Primavera, y otros, s.f.)	29
Ilustración 14 Cuadro de atribución de frecuencias y Normatividad.....	32
Ilustración 15 valores máximos de potencia radiada aparente (PRA) (InfoLEG, 2001)	39
Ilustración 16 CABFRA - WU - EDICIÓN 2016_16062017 (Enacom, 2017)	39
Ilustración 17. Letrero institucional, Fuente: Tomada por el autor de la investigación.	42
Illustration 18 Figure: Flood Warning System Manual NOA Fuentes: (Department of commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2012).....	45
Ilustración 19. Esquema típico de una estación transmisora en campo. NOA, Fuentes: (Department of commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2012)	46
Ilustración 20. Mapa de estaciones. Fuente: Propia del autor (Tomada de la Estación central del CIRSA).	47
Ilustración 21 Estación Santa Ana fuente. Tomada por el autor de la Investigación.....	48
Ilustración 22. Estación automática de recolección estación la Escuelita, Fuente: Tomada por el autor de la investigación.	49
Ilustración 23 Visita a la estación Los Gigantes fuente: tomada por el autor de la investigación.....	50
Ilustración 24. Ruta de Acceso estación 700, se trata de un acceso bastante agreste para llegar a la estación. Fuente: Tomada por el autor de la investigación.	50
Ilustración 25 Visita a la estación Los Chañaritos Fuente: tomada por el autor de la Investigación.....	51
Ilustración 26. Vista satelital Estación central, Fuente: Google earth.....	52
Ilustración 27.Fotografía Antenas Omnidireccional, Estación Central Cirsa Villa Carlos Paz. Fuente: Tomada por el autor de la investigación.	53
Ilustración 28. Vista satelital Estación Repetidora los Chañaritos.Fuente: Google earth.	55
Ilustración 29 En la estación Repetidora en el análisis de las características del equipo y recolección de datos a Levantamiento de información técnica. Fuente: Tomadas por el autor de la investigación.	56
Ilustración 30. Recorrido Central a Estación Chañaritos. Fuente: Google Earth.....	56
Ilustración 31. Vista de la Estación Santa Ana, Fuente: Tomada por El autor de La investigación.	59
Ilustración 32. Vista Satelital estación repetidora Santa Ana, Fuente: Google Earth.....	59
Ilustración 33. Recorrido central CIRSA a Estación Santa Ana, Fuente: Google Earth.....	60
Ilustración 34 Vista Satelital de la Estación con sus coordenadas GPS, Fuente: Google Earth.....	63
Ilustración 35 Recorrido para llegar desde la central Carlos Paz a la estación 700, Fuente: Google Earth.	63
Ilustración 36 Sitio donde está instalado el sensor de nivel de la estación 700. Fuente: Tomada por el autor de la investigación.	64
Ilustración 37 Vista Satelital estación la escuelita. Fuente: Google Earth.....	67
Ilustración 38 Vista Satelital estación la escuelita (geomorfología). Fuente: Google Earth.....	68
Ilustración 39 Cartel Institucional de la Escuela Ceferino Namuncura. Fuente: Tomada por el autor de la investigación.	69

Ilustración 40 Carretera de acceso a la Estación La Escuelita. Fuente: Tomada por el autor de la investigación.	69
Ilustración 41 . Llegada al sitio, escuela Pública Ceferino Namuncura, Fuente: Tomada por el autor de la investigación.	70
Ilustración 42 Fotografía Satelital repetidora los Gigantes y sus Coordenadas GPS, Fuente: Google Earth.	73
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.....	73
Ilustración 44 En la repetidora los Gigantes. Fuente: Tomada por el autor de la investigación.	74
Ilustración 45 Configuración del mapa en radio Mobil.....	82
Ilustración 46 Crear el sistema de comunicaciones.....	83
Ilustración 47 Configuración de cada una de las estaciones.....	84
Ilustración 48 . Radio enlace simulado de Estación Chañaritos a Estación Santa Ana. Fuente: Propia del autor modelado en Software Radio Mobile.	86
Ilustración 49 Vista del radioenlace sin línea de vista Fuente: Google earth.....	87
Ilustración 50 Calidad de enlace Estación Chañaritos a Estación Santa Ana. Fuente: Propia del autor modelado en Software Radio Mobile.....	88
Ilustración 51 . Simulación radio enlace Estación Santa Ana a Estación central CIRSA. Fuente: Propia del autor modelado en Software Radio Mobile.	90
Ilustración 52 Radio enlace Santa Ana a central Cirsa Fuente: Google earth.....	90
Ilustración 53 . Simulación Enlace estación 700 a Estación CIRSA. Fuente: Propia del autor modelado en Software Radio Mobile.	92
Ilustración 54 Enlace estación 700 a la central Cirsa Fuente: Google Earth.....	92
Ilustración 55 . Simulación de Enlace estación la Escuelita a estación Los Gigantes. Fuente: Propia del autor modelado en Software Radio Mobile.	94
Ilustración 56 Vista del Radioenlace la Escuelita los Gigantes Fuente: Google Earth.....	94
Ilustración 57 . Simulación repetidora estación Los gigantes a estación CIRSA. Fuente: Propia del autor modelado en Software Radio Mobile.....	96
Ilustración 58 Radioenlace Estación Los Gigantes a Central Cirsa Fuente: Google earth.....	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos estación Central CIRSA. Fuente: Elaboración propia del autor.....	53
Tabla 2. Datos estación los chañaritos, FUENTE: Elaboración propia del autor.....	56
Tabla 3. Datos Estación Santa Ana, Fuente: Elaboración propia del autor.....	60
Tabla 4. Datos Estación 700, Fuente: Elaboración propia del autor.	64
Tabla 5. Datos Estación la Escuelita. Fuente: Elaboración propia del autor.	70
Tabla 6. Datos estación los Gigantes. Fuente: Elaboración propia del autor.	74
Tabla 7. Consolidado Datos estaciones, Fuente: Elaboración propia del autor.	76
Tabla 8 Valores de Permitividad y Conductividad de la Tierra (Garnacho, 2006)	79
Tabla 9. Consolidado Simulación enlace Changaritos a Santa Ana.....	88
Tabla 10 . Consolidado Simulación enlace estación Santa Ana a Central CIRSA.	91

Tabla 11 . Consolidado Simulación enlace Estación 700 a Central CIRSA.....	93
Tabla 12 . Consolidado Simulación enlace la Estación la Escuelita a Los Gigantes.....	95
Tabla 13. Consolidado Simulación enlace Estación Los Gigantes a Central CIRSA	97
Tabla 14 Tabla de Comparación de valores perdida por espacio Libre	97
Tabla 15 Tabla Comparativa factor PIRE	98
Tabla 16 Presupuesto Personal.....	99
Tabla 17 Presupuesto de equipos.....	100
Tabla 18 Presupuesto de Software	100
Tabla 19 Presupuesto de materiales.....	100
Tabla 20 Presupuesto de salidas al campo	100
Tabla 21 Presupuesto General.....	101
Tabla 22 Cronograma de actividades	102

Análisis de radio enlaces de la red del sistema telemétrico Cirsa“stc” comparado con la simulación en el software Radio Mobile, sus propiedades y características
Tema de investigación

El tema a desarrollar en este trabajo trata de los sistemas de comunicación que enlazan las estaciones de monitoreo del sistema Telemétrico Cirsa (STC), se analizara y realizara un comparativo de los radioenlaces de dichas estaciones las cuales transmiten en la banda de VHF, en primera instancia se tomará como referencia los datos técnicos de las estaciones visitadas para luego establecer la comparación del comportamiento del radioenlace y sus cualidades en los resultados obtenidos de la simulación de los mismos en el software Radio Mobile.

Una de las aplicaciones de estos sistemas son las de uso en sistemas de información en tiempo real como la telemetría, la fiabilidad de estos sistemas se basa en las estaciones recolectoras de información y las características técnicas de cada una de ellas para lograr enviar los datos a la estación central.

Anteriormente para poder hacer un pronóstico de viabilidad de un enlace era necesarios software específicos de modelos digitales de terreno (MDT), estos para ámbitos profesional de alto costo, pero a finales de los años 90s nació una herramienta para realizar estas simulaciones y de carácter gratuito (Radio Mobile), este utiliza el modelo digital de terreno recogidos en la misión Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de la NASA.

El programa de propiedad del Ingeniero canadiense Roger Coudé, Utiliza datos Digitales de Elevación del terreno Para generara un perfil de trayecto entre un emisor y un receptor. Estos datos y otros del entorno y todas las características técnicas de los equipos sirve para alimentar el modelo de propagación de las ondas que se conoce como (Irregular Terrain Model), este se

basa en el algoritmo de Longley –Rice y se integra en el programa. El programa trabaja en el rango de frecuencias de 20 a los 20.000 MHz, y longitud entre 1Km y 2000Km.

Problema de investigación

Se desea establecer si el modelado en Radio Mobile de la red de radio enlaces en VHF del sistema telemétrico Cirsa (STC), que transmite datos de aplicaciones telemétricas, brinda la información real y confiable respecto a la calidad del enlace como en las condiciones reales.

Se realizara análisis de factores técnicos de propagación de señal y enlaces de la red telemétrica de recolección de datos en tiempo real Sistema Telemétrico Cirsa (STC), sus propiedades y características, esto en las instalaciones del CIRSA “Centro de la Región Semiárida, en Córdoba Argentina. Posteriormente se compara con un software de radioenlaces para determinar el grado de exactitud del mismo.

El presente trabajo busca realizar una comprobación técnica – práctica de la eficiencia en el modelado de los radioenlaces realizados en el software Radio Mobile, con los datos tomados en campo en la red automática de telemetría del sistema telemétrico Cirsa (STC), en la banda de VHF en el rango de Frecuencias de 160 MHz a 170 Mhz.

La intención de investigación es si el software es de tal grado de exactitud que puede tomar en cuenta todas las variables posibles para evaluar un radio enlace y dar como salidas los resultados que se tomaron en campo en una red en funcionamiento.

Objetivos

Objetivo general

Realizar un análisis comparativo entre los radioenlaces de la red telemétrica de recolección de datos en tiempo real Sistema Telemétrico Cirsa (STC), con los resultados obtenidos en la simulación de los mismos en el software Radio Mobile.

Objetivos específicos

- ✓ Levantamiento de información técnica en campo de 5 estaciones Analizar las características Técnicas Esenciales, potencias, frecuencias, distancias cubiertas , geolocalización, altura de la antena irradiante, parámetros de propagación de las estaciones remotas del sistema telemétrico Cirsa (STC).
- ✓ Alimentar el software Radio Mobile con los parámetros técnicos tomados en campo de las cinco estaciones y sus radioenlaces.
- ✓ Simular el radioenlace de las cinco estaciones, para cada estación con un grado de exactitud y probabilidad estadística del 70%, estos resultados se confrontarán con los datos de entorno real, con el fin de identificar si el software toma en cuenta todas las variables reales de transmisión.

Justificación

El sistema Telemétrico Cirsa (STC) actualmente está compuesto por una cantidad determinada de estaciones automáticas de transmisión, pero en la actualidad y debido a los esfuerzos gubernamentales por mantener y actualizar el sistema se han generado nuevas alternativas para modernizar dicho sistema e implementar nuevas estaciones en otros sitios de interés a medir.

Para el encargado del sistema en Ing Esteban Oscar Vélez, los resultados de este trabajo pueden ser de interés puesto tendría la confianza suficiente para hacer uso del software radio Mobil en la simulación de los radioenlaces de las nuevas estaciones para el sistema y poder así ahorrar costos en desplazamientos, personal y la logística necesaria para hacer este estudio directamente en campo.

Actualmente en el CIRSA, para la evaluación de un radioenlace para la instalación de una nueva estación se desplazan al sitio y se deben hacer pruebas de enlace desde varias posiciones geográficas para determinar en cual puede ser un sitio probable de instalación.

En base a los resultados obtenidos en este comparativo se puede determinar si la herramienta de simulación concuerda con los datos recolectados en las estaciones y así poder determinar la fiabilidad del software Radio Mobile. Para futuros proyectos del centro de investigación en la instalación de nuevos sistemas telemétricos en el País.

Marcos de investigación

Marco teórico

El trabajo realizado por el científico James C. Maxwell, explica los fenómenos de propagación de las ondas, y desarrollo la teoría de la propagación mediante una serie de ecuaciones que relacionan los campos eléctricos y magnéticos y sus variaciones.

	<i>Diferencial</i>	<i>Integral</i>
Ley de Gauss M	$\bar{\nabla} \cdot \bar{\mathbf{B}} = 0$	$\oiint_S \bar{\mathbf{B}} \cdot d\bar{\mathbf{A}} = 0$
Ley de Gauss E	$\bar{\nabla} \cdot \bar{\mathbf{D}} = \rho_{libre}$	$\oiint_S \bar{\mathbf{D}} \cdot d\bar{\mathbf{A}} = Q_{libre\ encerrada}$
Ley de Faraday	$\bar{\nabla} \times \bar{\mathbf{E}} = -\frac{\partial \bar{\mathbf{B}}}{\partial t}$	$\oint_{C(S)} \bar{\mathbf{E}} \cdot d\bar{\mathbf{l}} = -\frac{d}{dt} \iint_S \bar{\mathbf{B}} \cdot d\bar{\mathbf{A}}$
Ley de Ampère-Maxwell	$\bar{\nabla} \times \bar{\mathbf{H}} = \bar{\mathbf{J}} + \frac{\partial \bar{\mathbf{D}}}{\partial t}$	$\oint_{C(S)} \bar{\mathbf{H}} \cdot d\bar{\mathbf{l}} = I_{conduc} + \frac{d}{dt} \iint_S \bar{\mathbf{D}} \cdot d\bar{\mathbf{A}}$

$\bar{\mathbf{E}}$: vector intensidad de campo eléctrico

$\bar{\mathbf{D}}$: vector desplazamiento eléctrico

$\bar{\mathbf{B}}$: vector inducción magnética

$\bar{\mathbf{H}}$: vector campo magnético

$\bar{\mathbf{J}}$: vector densidad de corriente

ρ_{libre} : densidad volumétrica de carga libre

I_{conduc} : corriente de conducción

Ilustración 1 Ecuaciones de Maxwell, Faraday y Gauss. (Perez, 2004)

Las dos primeras ecuaciones (Ley de Gauss (1777-1855), para campos magnéticos M, y para campos eléctricos E, relacionan como se extienden los campos eléctricos y magnéticos por el espacio estando presentes sus fuentes. En la tercera y la cuarta ecuación se relacionan los campos eléctricos y magnéticos cuando estos dependen del tiempo.

Estas leyes son análogas a las ecuaciones de Newton en la mecánica, sin embargo estas son ecuaciones más complejas y fueron determinantes en la teoría de la relatividad. En principio se pueden resolver todos los problemas del electromagnetismo mediante el empleo de estas, sin

dieléctrica o constante principal no depende de la posición es un material homogéneo. Con todo esto Maxwell demostró que las ecuaciones podían combinarse y el 1864 presento un escrito a la Royal Society uno de los artículos más importantes (Una teoría dinámica del campo electromagnético, pues llego a una teoría dinámica del campo electromagnético. Llego a una ecuación de ondas que satisfacían los campos eléctricos y magnéticos una fórmula que describe los movimientos ondulatorios desde las vibraciones de un tambor hasta las ondas en el agua.

$$\text{Como } \bar{\nabla} \times (\bar{\nabla} \times \bar{\mathbf{E}}) = -\mu (\bar{\nabla} \times \frac{\partial \bar{\mathbf{H}}}{\partial t}) = -\mu \frac{\partial (\bar{\nabla} \times \bar{\mathbf{H}})}{\partial t} = -\mu \epsilon \frac{\partial^2 \bar{\mathbf{E}}}{\partial t^2}$$

$$\text{y } \bar{\nabla} \times (\bar{\nabla} \times \bar{\mathbf{E}}) = \bar{\nabla} (\bar{\nabla} \cdot \bar{\mathbf{E}}) - \bar{\nabla}^2 \bar{\mathbf{E}} = -\bar{\nabla}^2 \bar{\mathbf{E}}$$

$$\text{siendo } \bar{\nabla}^2 \bar{\mathbf{E}} \equiv (\bar{\nabla}^2 E_x) \bar{x} + (\bar{\nabla}^2 E_y) \bar{y} + (\bar{\nabla}^2 E_z) \bar{z}$$

$$\Rightarrow \boxed{\nabla^2 \bar{\mathbf{E}} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \bar{\mathbf{E}}}{\partial t^2} = 0} \quad \text{Análogamente} \quad \boxed{\nabla^2 \bar{\mathbf{H}} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \bar{\mathbf{H}}}{\partial t^2} = 0}$$

Esto es una ecuación de ondas y sugiere la existencia de ondas electromagnéticas que se propagan con una velocidad $u = \frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}}$

Ilustración 3 Formulas de movimiento ondulatorio Maxwell (Perez, 2004)

Maxwell usando los resultados de unos experimentos de Weber y Kohlrausch, si se hace el cálculo de $\frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$ y resulta que las ondas electromagnéticas se propagan con una velocidad

Aproximadamente de 300.000 Km/s que concide con la velocidad de la Luz medida por Fizeau.

Estas ondas viajan inclusive por el vacío absoluto, también por otros medios de diferentes índoles, la mejor aproximación es el estudio de las ondas electromagnéticas como haces de energía, del mismo modo que lo hace la luz, siendo ella misma una forma de onda, esto es válido para frecuencias relativamente elevadas. A este modelo se le denomina Óptica electromagnética, cuyas leyes pueden expresarse en función de las expresiones desarrolladas para ondas que progresan en el espacio su refracción y reflexión. (Ojeda, 2003)

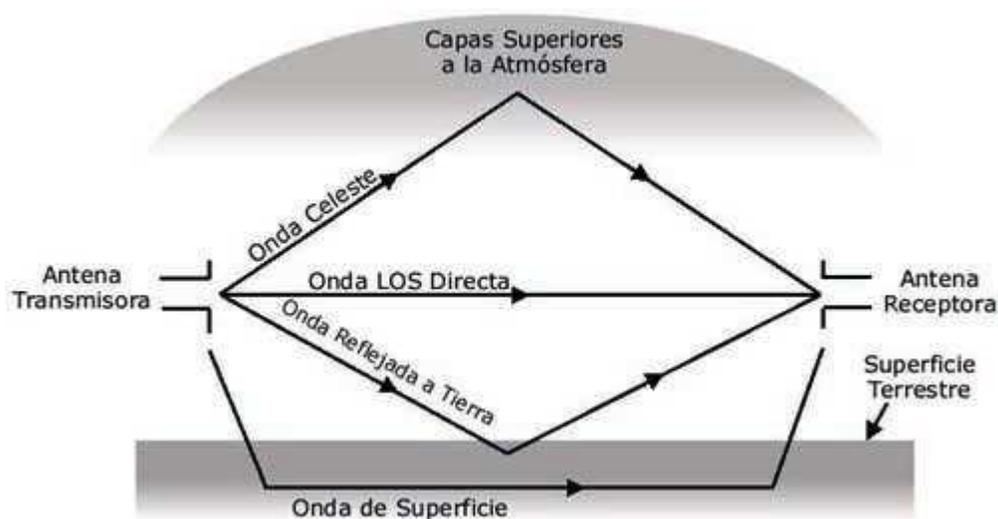


Ilustración 4 Modos de propagación de una onda electromagnética

En general todo medio está caracterizado por la conductividad σ , la permeabilidad eléctrica ϵ y la permeabilidad magnética μ .

En el material de la Agencia Nacional del Espectro (ANE), en su manual Ingeniería del espectro radioeléctrico dan las pautas generales de las características de la propagación de las ondas electromagnéticas e interpretan que la pérdida que sufre una señal en su trayectoria es una condición fundamental para evaluar las señal radioeléctrica de un punto Emisor a otro punto receptor significa una de las tareas fundamentales para evaluar cualquier sistema y sus características de propagación.

Las pérdidas ocasionadas por el trayecto que recorre la señal de radio y que en términos físicos es reducción de potencia o Amplitud de Onda, y para su estudio o evaluación se desarrollo varios modelos.

Modos de propagación de Ondas de radio.

Cada banda de frecuencias cuenta con unas características propias y únicas que las hacen apropiadas para ciertos servicios de radiocomunicaciones, estas bandas se definieron por sus características físicas de las ondas y en mayor importancia por la longitud de onda, estas determinan el comportamiento de las ondas en el espacio libre, como la forma en que se propagan y su alcance. La primer característica define como se propaga la onda con el factor de más relevancia que es la relación entre la longitud de onda y la configuración de la superficie de la tierra y la ionosfera¹.

Teniendo presente lo anterior describimos las características de las ondas en la banda de VHF en frecuencia de 160 a 180 MHz, denominada Ondas espacial.

Es el modo de propagación típico de para las ondas superiores a 30MHz, y cuya longitud de onda es menor a 10metros, estas ondas tienen a viajar por línea directa y pueden penetrar la atmósfera y las capas de la ionosfera sin mucha resistencia. Estas ondas pueden ser utilizadas en servicios de comunicaciones con naves espaciales.

Fenómeno de difracción.

¹ Capa superior de la atmósfera de la Tierra que es ionizada por la radiación solar formando una capa reflectante que encierra todo el planeta.

Este es un modo de propagación de las ondas de radio por el efecto de curvatura de las mismas frente a los diferentes obstáculos conocido en algunas ocasiones como difracción por filo de navaja. Figura 5

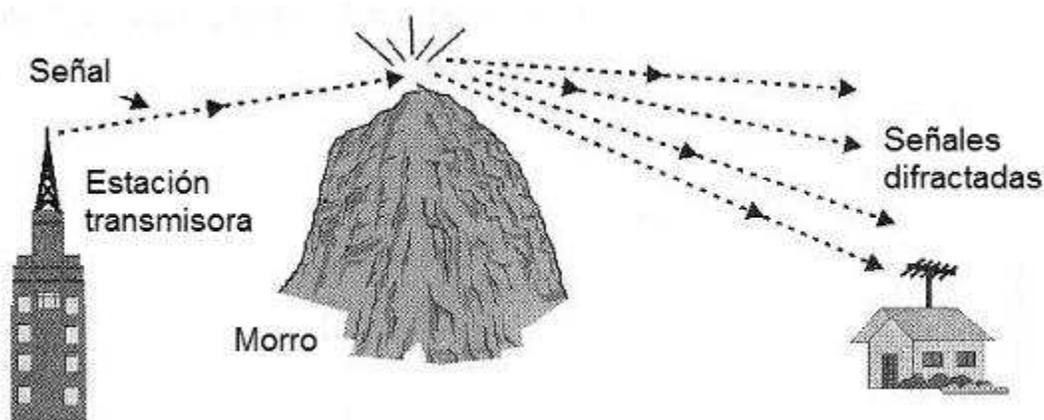


Ilustración 5 Difracción de las ondas Fuente (Internet)

Este fenómeno es muy útil ya que puede haber una comunicación sin línea de vista, pero a pesar de esto este efecto no es Universal y puede depender del ángulo de la curva requerida, tamaño del obstáculo y su relación con la longitud de onda, entre mayor longitud de onda mas grandes podrán ser los obstáculos atravesados por las ondas, ya en las frecuencias más altas como 300MHz banda UHF es menor el ángulo de curvatura de las ondas. (Agencia Nacional del Espectro, 2012)

Dispersión Troposférica.

Las ondas de radio que son superiores a 30MHz, que pertenecen a las bandas VHF pueden viajar por las capas ionizadas reflejadas de la atmosfera la (Ionosfera), la capa más baja de la atmósfera, la troposfera es la capa que esta adyacente a la superficie de la tierra (0 a 20 Kilómetros por encima del suelo donde se presenta el clima. A unos 10Km del suelo se suele

generar zonas de irregularidad muy similares a las nubes y estas tienen la propiedad de reflejar a lo ancho en varias direcciones las señales de VHF. Este fenómeno permite que se puedan recibir ondas de radio mucho más allá de la distancia del horizonte de radio.

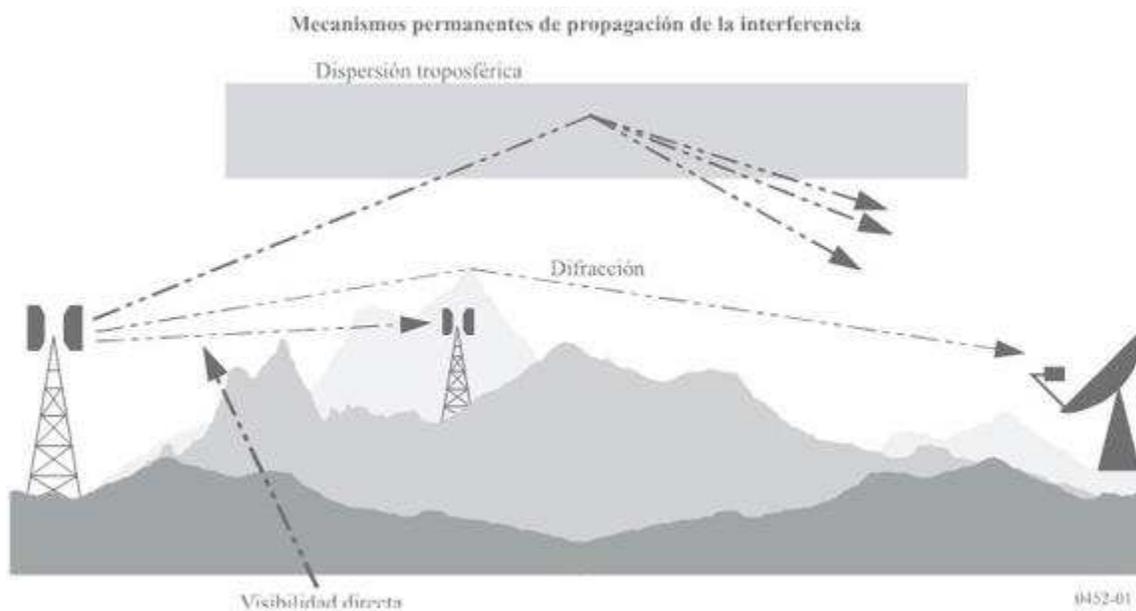


Ilustración 6. *Dispersión Troposférica (Union Internacional de Telecomunicaciones, 2009)*

Teniendo presente este fenómeno en las ondas en las bandas de VHF y UHF, y su buena capacidad para superar los obstáculos y las irregularidades del terreno, la dispersión fue considerada como un medio importante para comunicaciones de largo alcance. (Hasta 1000Km) asistidos por relevador radioeléctrico. A pesar de esto no es tan utilizada para este rango de distancias por la gran cantidad de interferencia que puede generar y por el surgimiento de las comunicaciones satelitales para cubrir largas distancias.

Lo anterior sirve para identificar los diferentes fenómenos que afectan las ondas y en especial en la banda VHF, en su trabajo (Ojeda, 2003) describe las características de estas:

“Las bandas de esta banda son utilizadas principalmente para establecer enlaces monocanales, del tipo fijo o móvil.

Su propagación, genéricamente en línea visual, se ve afectada principalmente por la atenuación de espacio libre, creciente con la frecuencia, y por las condiciones topográficas del terreno involucrado, que ocasiona reflexiones, difracciones y trayectos múltiples.

Las condiciones anómalas de propagación resultan poco probables en esta banda, lográndose Enlaces confiables que operan, por lo general, libres de interferencias.

Su aplicación resulta muy conveniente para sistemas móviles de amplia cobertura, en áreas urbanas, suburbanas y rurales, debido principalmente a la notoria disminución del ruido radioeléctrico existente en esta banda, obteniéndose buenos resultados con potencias comparativamente menores y antenas a tamaño razonable, que proporcionan ganancias adecuadas La propagación por dispersión ionosférica permite la comunicación en el margen de frecuencias comprendido entre los 30 y 300MHz a distancias que varían desde 1000 Km. a casi 2000 Km.

Se cree que este tipo de propagación es debido a la dispersión de la señal desde la capa inferior, o posiblemente desde la capa E. A causa de que sólo una pequeña porción de la energía radiada es dispersada y retornada a la Tierra, estas señales dispersas son muy débiles.

La propagación por onda espacial crea interferencias indeseables para una señal dispersa y producen el desvanecimiento selectivo en un circuito de enlace por dispersión. La dispersión ionosférica parece limitada a la distancia de un solo salto.”

Fórmulas fundamentales para enlaces de telecomunicación.

En el manual de recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), “La propagación en el espacio libre puede calcularse de dos formas diferentes, cada una de las cuales se adapta a un tipo particular de servicio.” Nos dan las siguientes recomendaciones puntuales:

“Enlaces punto a zona.

En el caso de un solo transmisor que dé servicio a varios receptores distribuidos al azar (radiodifusión, servicio móvil), se calcula el campo eléctrico en un punto situado a una cierta distancia del transmisor mediante la relación siguiente:

$$e = \frac{\sqrt{30p}}{d} \quad (1)$$

Donde:

e :intensidad de campo eficaz (V/m) (véase la Nota 1)

p :potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e.) del transmisor en la dirección del punto considerado (W) (véase la nota 2)

d :distancia del transmisor al punto considerado (m).

Se sustituye a menudo la ecuación (1) por la ecuación (2), en la que se emplean unidades prácticas:

$$e_{\text{mV/m}} = 173 \frac{\sqrt{p_{\text{kW}}}}{d_{\text{km}}} \quad (2)$$

donde:

$e_{\text{mV/m}}$: r.m.s. de intensidad de campo (mV/m)

p_{kW} : potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) del transmisor en la dirección del punto en cuestión (kW)

d_{km} : distancia desde el transmisor hasta el punto en cuestión (km).

Para las antenas que funcionan en condiciones de propagación en el espacio libre, la fuerza electromotriz puede obtenerse multiplicando e por d en la ecuación (1), y su dimensión corresponde a la de una tensión.

NOTA 1 – Si la onda es de polarización elíptica y no rectilínea, y se designan por e_x y e_y los componentes del campo eléctrico que siguen dos ejes ortogonales, el primer miembro de la ecuación (1) debe sustituirse por $\sqrt{e_x^2 + e_y^2}$. Sólo puede deducirse e_x y e_y si se conoce la relación de elipticidad. En el caso de una polarización circular se debería sustituir e por $e\sqrt{2}$.

NOTA 2 – En el caso de antenas situadas en la superficie del suelo (típicamente con frecuencias relativamente bajas) con polarización vertical, sólo se considera en general la radiación en el semiespacio superior. Cuando se asume que el suelo es plano y perfectamente conductor, la densidad de flujo de potencia para una determinada potencia radiada se duplica, en comparación con una antena en el espacio libre. (Alternativamente, al considerar potencias de campo, la potencia de campo se incrementa de manera similar en 3 dB). Debe tenerse en cuenta este hecho para determinar la potencia radiada (y ya se incluye en las Recomendaciones UIT-R P.368 y UIT-R P.341).

Enlaces punto a punto.

Cuando se trata de un enlace punto a punto, es preferible calcular la atenuación en el espacio libre entre antenas isotrópicas, denominada también pérdida básica de transmisión en el espacio libre (símbolos: L_{bf} o A_0) de la manera siguiente (véase la Recomendación UIT-R P.341):

$$L_{bf} = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \text{dB} \quad (3)$$

donde:

L_{bf} : pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB)

d : distancia

λ : longitud de onda

d y λ se expresan en las mismas unidades.

La ecuación (3) puede también escribirse en función de la frecuencia en vez de la longitud de onda:

$$L_{bf} = 32.4 + 20 \log f + 20 \log dm \quad \text{dB} \quad (4)$$

donde:

f : frecuencia (MHz)

d : distancia (km).

Relaciones entre las características de una onda plana.

Existen, además, relaciones entre las características de una onda plana (o de una onda asimilable a la onda plana) en un punto:

$$s = \frac{e^2}{120\pi} = \frac{4\pi p_r}{\lambda^2} \quad (5)$$

donde:

s : densidad del flujo de potencia (W/m²)

e :intensidad de campo eficaz (V/m)

p_r :potencia disponible en una antena isótropa situada en este punto (W)

λ :longitud de onda (m).

Pérdida básica de transmisión en el espacio libre en los sistemas de radar.

Los sistemas de radar constituyen un caso especial en cuanto que su señal sufre una pérdida al propagarse, tanto desde el transmisor hasta el blanco como desde éste hasta el receptor. En el caso de los radares dotados de una antena común para la transmisión y la recepción, la pérdida básica de transmisión en el espacio libre, L_{br} , puede expresarse como sigue:

$$L_{br} = 103,4 + 20 \log f + 40 \log d - 10 \log \sigma \quad \text{dB} \quad (6)$$

Donde:

σ : sección transversal del blanco del radar (m^2)

d :distancia del radar al blanco (km)

f :frecuencia del sistema (MHz).

La sección transversal del blanco del radar para un objeto es la relación entre la potencia total dispersada isotrópicamente equivalente y la densidad de potencia incidente.

Fórmulas de conversión.

Sobre la base de la propagación en el espacio libre, se pueden utilizar las fórmulas de conversión siguientes:

Intensidad de campo para una onda dada transmitida isotrópicamente:

$$E = P_t - 20 \log d + 74,8 \quad (7)$$

Potencia recibida isotrópicamente para una intensidad de campo dada:

$$P_r = E - 20 \log f - 167,2 \quad (8)$$

Pérdida de transmisión básica en el espacio libre para una potencia e intensidad de campo dadas transmitidas isotrópicamente:

$$L_{bf} = P_t - E - 20 \log f - 167,2 \quad (9)$$

Densidad de flujo de potencia para una intensidad de campo dada:

$$S = E - 145,8 \quad (10)$$

donde:

P_t :potencia transmitida isotrópicamente (dB(W))

P_r :potencia recibida isotrópicamente (dB(W))

E :intensidad de campo eléctrico (dB(μ V/m))

f :frecuencia (GHz)

d :longitud del trayecto radioeléctrico (km)

L_{bf} :pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB)

S : densidad del flujo de potencia (dB(W/m²)). (Telecomunicaciones, 2016)

Teniendo presente el aporte anterior se puede determinar la banda VHF, como una banda que brinda todas las condiciones para establecer un sistema confiable de comunicaciones, de buen alcance y de bajos costos de utilización.

Marco conceptual

Transmisión de datos:

La UIT (Unión internacional de Telecomunicaciones) en su recomendación X.15 define la transmisión de datos como la acción de enviar datos de un lugar de emisión a otro lugar de recepción a través de un medio. Es decir que la transmisión de datos se entiende como la transferencia de información codificada de un punto a otro u otros, esto se realiza por medio de señales eléctricas, ópticas, electroópticas o electromagnéticas, como ejemplo se puede observar la ilustración 7 de lo que significa la transmisión de datos en una forma más gráfica. Adicional a esto se deben tener en cuenta la distancia y la geografía ya que estos aspectos definen si se deben usar redes de comunicación o no y los parámetros que éstos deberían tener. (Lechtaler, 2013)



Ilustración 7. Transmisión de datos (Valencia, 2014)

Radiocomunicación:

La Radiocomunicación se define como la Telecomunicación por medio de ondas Radioeléctricas. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), define las ondas Radioeléctricas como ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin guía artificial y su límite máximo está fijado en 3.000GHz. (Rábanos J. M., 2003)

Toda radiocomunicación distinta a la espacial o radioastronomía se denomina radiocomunicación terrenal.

Isótropo:

Es un material o cuerpo que por sus propiedades físicas es capaz de transmitir en todas las direcciones alguna o cualquier acción recibida en algún punto de su masa.

Tecnología ALERT:

consiste en la “Evaluación local automatizada en tiempo real (ALERT) El sistema ALERT fue desarrollado inicialmente en la década de 1970 por el Centro de Pronósticos Fluviales de California-Nevada en Sacramento, California (U.S. Department of Commerce, 1997a), y consiste de sensores meteorológicos e hidrológicos automatizados de reporte de eventos, equipo de comunicación así como software y hardware de cómputo. En su forma más simple, los sensores de ALERT transmiten señales codificadas, generalmente a través de frecuencias de radio muy alta (VHF) y ultra alta (UHF), a una estación base, a menudo por medio de uno o más sitios de relevo o de repetidoras de radio. Ilustración 8.

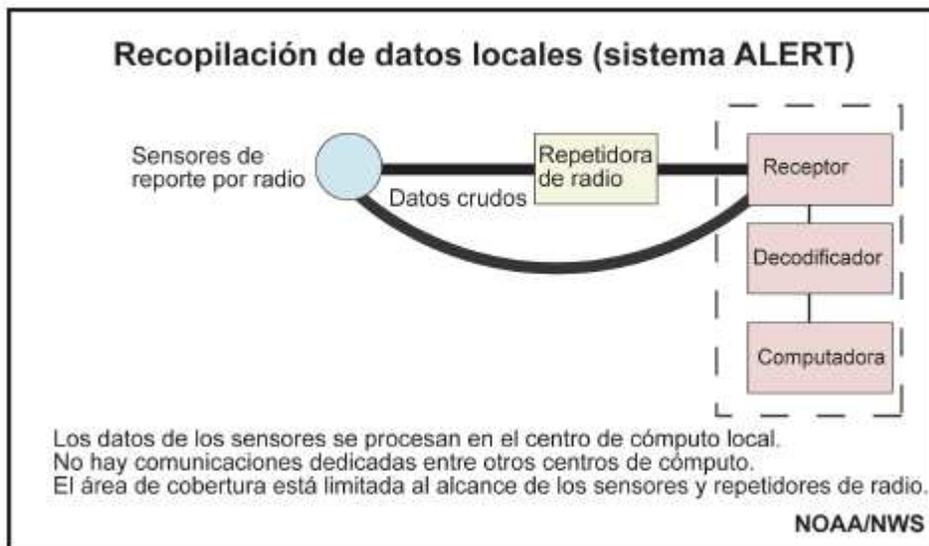


Ilustración 8 Representación esquemática de un sistema Alert

Modulación:

La técnica de radiocomunicación consiste en la superposición de información que se desea transmitir en una onda electromagnética que la soporta, la cual se denomina portadora, el método por el cual se inyecta la señal que deseamos transmitir a la onda base se denomina modulación. Esta onda modulada se envía al medio de propagación a través de un dispositivo de acople que se denomina antena. (Rábanos J. M., 2003)

Radiación:

Flujo saliente de energía de una fuente en forma de ondas electromagnéticas.

Emisión:

Radiación producida por una fuente radioeléctrica o estación transmisora.

Estación trasmisora:

Conjunto de equipos para el tratamiento de la información, moduladores, filtros, antenas y en general todo lo que intervenga en la transmisión.

Estación Receptora:

Conjunto de equipos, demoduladores, filtros y antenas, para el tratamiento de la señal recibida.

Interferencia no deseada:

En el receptor no solo estará presente la señal del transmisor también estarán las señales transmitidas por otros equipos o para otros destinos esto se denomina señal interferente.

Perturbación debida al Ruido

Esta puede ser de origen natural, (radiación de cuerpos cósmicos), o artificiales como (ruido parásitos de motores o encendido de equipos).

Umbral de potencia deseada

La potencia que llega a la antena del receptor debe competir con el ruido y las interferencias por lo cual se debe establecer un umbral de potencia deseada por el cual de no lograrse no será posible recuperar la señal emitida por el transmisor. Alternativamente se define como umbral de calidad la relación mínima admisible entre la potencia de la señal útil y la potencia equivalente de ruido e interferencia, estas dependen de muchos factores como la banda en uso frecuencia anchura de banda, localidad, características del terreno, hora y día y demás factores ambientales. (Rábanos J. M., 2003).

Cobertura

Es el alcance útil de una emisión radioeléctrica la cual depende del tipo de intensidad, cuando esta solo está afectada por el ruido (cobertura limitada por Ruido), solo se debe calcular el umbral como la potencia mínima necesaria para la calidad en la recepción. Como lo anterior no es muy común hoy en día por todos los sistemas de comunicaciones y la variedad de ondas electromagnéticas que irradian, se debe hablar de cobertura limitada por interferencia y se debe establecer el alcance en función de la relación de la potencia entre la señal deseada y la señal interferente total, esto se denomina relación de protección. En la interferencia también intervienen las características de los emisores y el ancho de banda. (Rábanos J. M., 2003)

Servicios de Radiocomunicación.

Se denomina servicio de radiocomunicación al servicio de transmisión o recepción de ondas radioeléctricas para en envío información para varios fines o necesidades en cualquier industria o de otro carácter investigativo o científico.

Estos se clasifican:

Servicio fijo: Se presta desde puntos fijos o que están determinados

Servicio móvil: Se presta desde varias estaciones móviles o entre estación móvil a la estación fija.

Servicio de radiodifusión: este se caracteriza porque sus emisiones están destinadas al público en general.

Nomenclatura de las Bandas.

El espectro Radioeléctrico se divide en 9 bandas de frecuencia que se designan por números enteros y su unidad de frecuencia es el Hertzio (Hz) como se muestra en la ilustración 9.

<i>Número de la banda (N)</i>	<i>Smbolos (en inglés)</i>	<i>Gamas de frecuencias (excluido el limite inferior pero incluido el superior)</i>	<i>Designación métrica correspondiente</i>	<i>Abreviaturas métricas para las bandas</i>
4	VLF	3 a 30 KHz	Ondas miriamétricas	B. Mam
5	LF	30 a 300 KHz	Ondas kilométricas	B. km
6	MF	300 a 3.000 KHz	Ondas hectométricas	B. hm
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas	B. dam
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B. m
9	UHF	300 a 3.000 MHz	Ondas decimétricas	B. dm
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B. cm
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B. mm
12		300 a 3.000 GHz	Ondas decimilimétricas	

Ilustración 9. Bandas de Frecuencia (Rábanos J. M., 2003, pág. 26)

Elipsoides de Fresnel.

Al estudiar la propagación de las ondas radioeléctricas entre dos puntos A y B, el espacio correspondiente puede subdividirse en una familia de elipsoides, llamados elipsoides de Fresnel, todos con sus focos en los puntos A y B, de manera que cualquier punto M de uno de esos elipsoides satisface la relación:

$$AM + MB = AB + \frac{\lambda}{2}$$

donde n es un número entero que caracteriza el elipsoide correspondiente, $n = 1$ corresponde al primer elipsoide de Fresnel, etc., y λ es la longitud de onda.

A efectos prácticos se considera que la propagación se efectúa con visibilidad directa, es decir, con fenómenos de difracción despreciables, si no existe ningún obstáculo dentro del primer elipsoide de Fresnel.

El radio de un elipsoide, en un punto situado entre el transmisor y el receptor, puede tener un valor aproximado, en unidades coherentes, de:

$$R_n = \left[\frac{\lambda a e^2}{\pi} \right]^{\frac{1}{2}}$$

O en unidades Prácticas:

$$R_n = 550 \left[\frac{n d_1 d_2}{(d_1 + d_2) f} \right]^{\frac{1}{2}}$$

donde f es la frecuencia (MHz) y d_1 y d_2 son las distancias (km) desde el transmisor y desde el receptor al punto en que se evalúa el radio (m) del elipsoide.

Para ciertos problemas hay que tener en cuenta las zonas de Fresnel, que son las zonas obtenidas tomando la intersección de una familia de elipsoides con un plano. La zona de orden n es la parte comprendida entre las curvas obtenidas con los elipsoides n y $n - 1$, respectivamente. (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2009, pág. 2)

Zonas de Fresnel.

Zona de Fresnel está determinado por el volumen de espacio entre quien emite una onda electromagnética y quien la recibe (receptor), de modo que el desfase de las ondas en dicho

volumen no supere los 180° . Así, la fase mínima se produce para el rayo que une en línea recta al emisor y el receptor. Tomando su valor de fase como cero, la primera zona de Fresnel abarca hasta que la fase llegue a 180° , adoptando la forma de un elipsoide de revolución. La segunda zona abarca hasta un desfase de 360° , y es un segundo elipsoide que contiene al primero. Del mismo modo se obtienen las zonas superiores. La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel.

La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del factor K (curvatura de la tierra) considerando que para un $K=4/3$ la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con $K=2/3$ se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel. (Sandra Patricia Montaña, 2015)

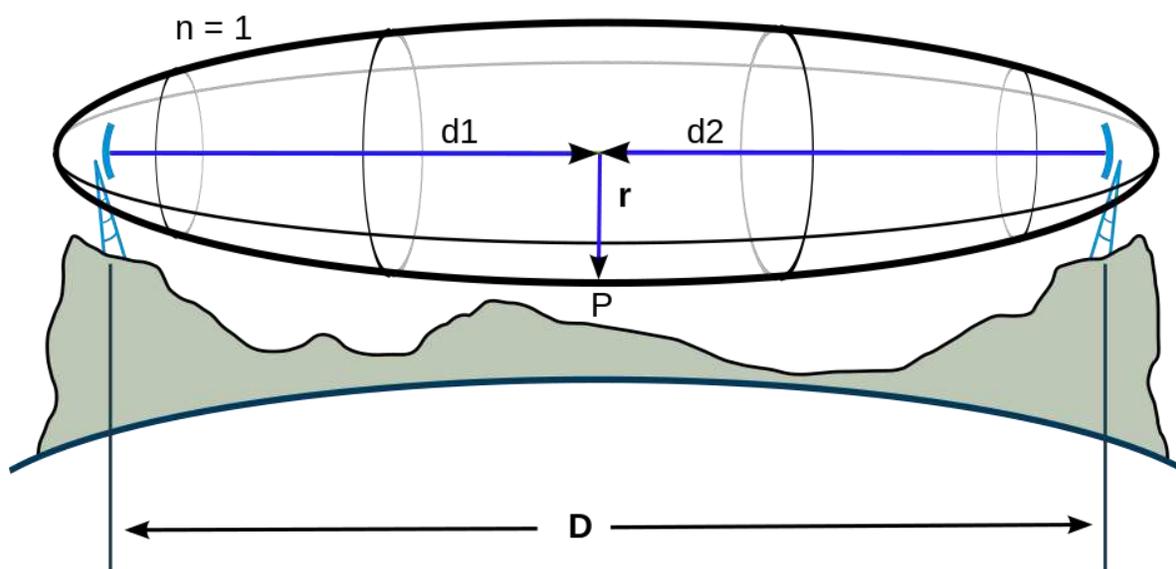


Ilustración 10 Ejemplo de las Zonas de fresnel²

² <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FresnelSVG1.svg>

La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del factor K (curvatura de la tierra) considerando que para un $K=4/3$ la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con $K=2/3$ se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel.

Anchura de penumbra.

La transición de la luz a la sombra define la región de penumbra. Esta transición se produce a lo largo de la franja estrecha (anchura de penumbra) en el límite de la sombra geométrica. En la Ilustración 3 se ilustra la anchura de penumbra (W) en el caso de un transmisor ubicado a una altura h sobre la superficie lisa de la Tierra esférica, que viene dada por la fórmula:

$$W = \left[\frac{\lambda a_e^2}{\pi} \right]^{\frac{1}{3}}$$

λ : longitud de onda (m)

a_e : radio ficticio de la Tierra (m)

Definición de la anchura de penumbra

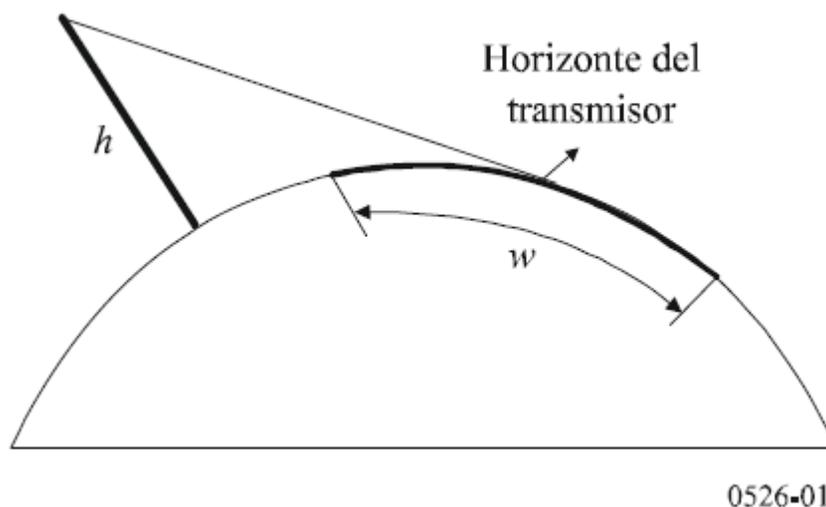


Ilustración 11 Definición de la Anchura de Penumbra (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2009, pág. 3)

Zona de Difracción.

En la recomendación Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-R se define como:

La zona de Difracción se extiende desde la distancia con visibilidad directa (LoS) En la que el trayecto libre de obstáculos es igual al 60% del radio de la primera zona de Fresnel (R_1), hasta una distancia más allá del Horizonte del transmisor en la que predomina el mecanismo de dispersión troposférica.

Transmisión de información en tiempo real.

Se puede hablar de transmisión de información en tiempo real cuando a través de unos parámetros establecidos es posible asegurar que la información llegue a su destino casi que de forma instantánea como sucede por ejemplo en la radiotelevisión, el streaming (hoy en día es lo que está en auge) ver ilustración 11, etc., estos parámetros son retraso, rendimiento, fiabilidad,

etc. Para realizar una transmisión de información en tiempo real se requiere de un sistema de comunicaciones que garantice la calidad del servicio, esto se logra cuando el sistema proporciona a las diferentes aplicaciones los servicios y el control que se necesitan para gestionar la calidad del servicio (QoS). Si se habla de una comunicación de audio y/o vídeo esta requiere un nivel de calidad óptimo con ciertos parámetros y a la vez que esta se pueda garantizar durante todo el tiempo que dure la transmisión. Las aplicaciones en el momento en que se comunican son las que deben establecer el nivel de calidad. El medio por el que se realizan estas comunicaciones es lo que usualmente se conoce como canal y no importa que este sea de forma física o virtual. Los parámetros típicos como ancho de banda, retraso, variación del retraso (delayjitter) y fiabilidad, son definidos en los canales para una óptima transmisión. (Vega L, Arvizu G, & García S, 2008)

		Tiempo real	
		si	no
media	<ul style="list-style-type: none"> - Servidor de video - Videoconferencia - Audio por internet - Eventos multimedia 	<ul style="list-style-type: none"> - Replicación (video y servidores web) - Entrega de contenido (Intranet o internet) 	
datos	<ul style="list-style-type: none"> - Cotizaciones de bolsa - Pizarras - Juegos interactivos - Sistemas de ficheros distribuidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Entrega de datos (servidor a servidor) - Replicación de bases de datos - Distribución de software 	

Ilustración 12. Transmisión en tiempo real (internet) (Hernández P & Hernández H, s.f.)

Reducción y control de ruido.

En primer lugar se debe aclarar que el ruido son todas aquellas interferencias que se producen en una comunicación y que ocasionan que una señal origen enviada por el emisor sea recibida por el receptor de manera deteriorada como se muestra en la ilustración 6, el ruido puede clasificarse en

ruido interno o inherente que básicamente es el que se genera en cada dispositivo electrónico y que es una consecuencia directa de su naturaleza física y en ruido externo o interferencias que es generado en cierto punto del sistema gracias al acoplamiento eléctrico o magnético que se produce con otro punto del mismo sistema, o con otros sistemas naturales como por ejemplo las tormentas.

Al ruido se le puede intentar controlar desde dos puntos de vista; la primera es básicamente métodos que intentan reducir o mitigar el ruido lo mayor posible en sus fuentes y en la propagación, estos métodos son todas las técnicas de cableado existentes, el blindaje, o simplemente el diseño de dispositivos de bajo ruido. Al usar estas técnicas se logran resultados óptimos ya que estas no degradan las prestaciones del sistema, cabe señalar que no siempre que estas técnicas son aplicadas resultan eficaces. El segundo punto de vista trata de abordar la señal mediante filtrado y promediado, esto se hace para amortiguar el nivel de ruido existente frente a la señal que se procesa. Estas técnicas a diferencia de las anteriores es de aplicación más generalizada y efectiva, pero en contra prestacion afectan el rendimiento del sistema, como por ejemplo el ancho de banda. (Drake M, 2005)



Ilustración 13. Efectos del Ruido (Primavera, y otros, s.f.)

Medio de Transmisión:

Es el medio a través del cual viaja la señal de radio, puede comprender diversas partes de la atmosfera, así como las montañas e infraestructura que interfieran con la señal o puede ser simplemente una línea de transmisión.

Marco geográfico

El desarrollo del proyecto se realizó en las instalaciones del INA-CIRSA (Instituto Nacional del Agua y el Ambiente - Centro de la región Semiárida de Córdoba Argentina), en la sede de Villa Carlos Paz y dentro del radio de unos 100Km alrededor de esta.

Marco legal

A continuación se Presenta las normativa de la Republica de la Argentina para las comunicaciones que están en la banda de VHF entre los 160 a 180MHz.

Las frecuencias usadas en la operación de la red de transmisión de sistema telemétrico Cirsa (STC) son:

F1:167.875MHz

F2: 170.455MHz

F3: 167.000MHz

Reglamentación Internacional:

El Telecomunicaciones todo lo relacionado con radiocomunicaciones está organizado a nivel internaciones en el marco de la Unión Internacional de telecomunicaciones (UIT), que realiza las tareas de coordinación y gestión del espectro de frecuencias en el plano mundial.

Ya en el plano de la región se han creado asociaciones, conformadas por industrias y operadores de radiocomunicaciones los cuales tienen como tarea elaborar posiciones comunes con el propósito de preparar las dediciones de la UIT, e integrar y armonizar los nuevos servicios dentro del cuadro nacional de frecuencias dentro del marco relativamente flexible de la normativa fijada por la UIT.

Existen también otras organizaciones de regulación internacional para temas especializados de interés común y disponibilidad del recurso radioeléctrico como el sector de la aviación civil, la marina, la meteorología, las organizaciones de defensa, los radioaficionados y la radioastronomía y la investigación.

Reglamentación Nacional:

(Devuelve las bandas que están contenidas en un 100% dentro de la consulta). * Frecuencia hasta:

Por rango de frecuencias no acotadas * Frecuencia desde:
(Devuelve las bandas que contienen el rango consultado). * Frecuencia hasta:

Banda: 167,875 MHz [Click aquí para ver gráfico](#)

U.I.T - Región 2:

Banda	Categoría	Atribución	Notas de pie UIT
156,837 MHz - 174 MHz	Primario	FIJO	5.226
		MÓVIL	5.226

Atribución en la República Argentina:

Banda	Categoría	Atribución	Reglamentación
167,235 MHz - 168,045 MHz	Primario	FIJO	Servicio de Aviso a Personas (APL) Sistemas monocanales Simplex y semidúplex (34 canales) Nota N3 Resolución N° 491 SC/1984 Resolución N° 1 SC/1997 Resolución N° 252 SC/1997
		MÓVIL	Servicio de Aviso a Personas (APL) Sistemas monocanales Simplex y semidúplex (34 canales) Nota N3 Resolución N° 491 SC/1984 Resolución N° 1 SC/1997 Resolución N° 252 SC/1997

Ilustración 14 Cuadro de atribución de frecuencias y Normatividad

El rango de frecuencias está determinado como un servicio Primario de atribución FIJO y MOVIL y bajo la reglamentación UIT 5.226 (ANEXO 5), y resolución nacionales descritas a continuación.

Tomando la normatividad relacionada en Telecomunicaciones y su resolución como:

Resolución 235/2001

“Apruébanse normas básicas de asignación de frecuencias en las modalidades Compartida y Exclusiva destinadas a la instalación y funcionamiento de estaciones radioeléctricas de los servicios fijo y móvil terrestre, que operen en determinadas frecuencias.

CONSIDERANDO:

Que mediante la Resolución de la ex COMISION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES N° 1600 del 3 de julio de 1992 se aprobaron las normas básicas de los servicios y sistemas radioeléctricos en las modalidades Compartida y Exclusiva, en frecuencias inferiores y superiores a 30 MHz, constituyendo ellas un reglamento general de asignación de frecuencias y autorización de estaciones para los servicios fijo y móvil terrestre.

Que posteriormente, por la Resolución de la ex COMISION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES N° 2765 de fecha 26 de diciembre de 1994, la Resolución de la SECRETARIA DE COMUNICACIONES entonces dependiente de la PRESIDENCIA DE LA NACION N° 2427 de fecha 20 de agosto de 1997, la Resolución de la SECRETARIA DE COMUNICACIONES entonces dependiente de la PRESIDENCIA DE LA NACION N° 3205 de fecha 18 de noviembre de 1999 y la Resolución de la SECRETARIA DE COMUNICACIONES dependiente del MINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA N° 235 de fecha 24 de mayo de 2000, se introdujeron modificaciones a dicho reglamento general como consecuencia de dos aspectos sobresalientes. Uno de ellos vinculado a la necesidad de complementar la norma, en virtud de las variantes producidas en el ámbito regulado y la experiencia recogida. El segundo, centrado en el reconocimiento de la creciente escasez de espectro para determinadas bandas y zonas geográficas.

Que en este último aspecto, tanto la Resolución de la SECRETARIA DE COMUNICACIONES entonces dependiente de la PRESIDENCIA DE LA NACION N° 2427 de fecha 20 de agosto de 1997 como la Resolución de la SECRETARIA DE COMUNICACIONES dependiente del MINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA Y

VIVIENDA N° 235 de fecha 24 de mayo de 2000, expresamente consideraron que la zona comprendida por la ciudad de Buenos Aires y CIEN (100) kilómetros a su alrededor, el recurso espectro resultaba escaso en frecuencias superiores a 30 MHz.

NORMAS PARA LA ASIGNACION DE FRECUENCIAS EN LA MODALIDAD COMPARTIDA EN BANDAS COMPRENDIDAS ENTRE 30 y 960 MHz

1. ASPECTOS GENERALES DE LA MODALIDAD COMPARTIDA

1.1. Previo a toda asignación de frecuencias compartidas, la COMISION NACIONAL de COMUNICACIONES a través de la GERENCIA DE INGENIERIA evaluará las presentaciones observando si las necesidades de comunicación requeridas pueden ser satisfechas por más de un licenciatario de servicios de telecomunicaciones. En caso afirmativo decidirá, sobre la base de la disponibilidad de canales para esta modalidad en la zona del caso, la carga de estaciones existente en los canales disponibles u otras consideraciones, la conveniencia de orientar los requerimientos hacia los servicios brindados por licenciatarios.

1.2. Previo a toda asignación de frecuencias compartidas a sistemas que estén compuestos por un número de estaciones tal que su operación complicaría o impediría el buen funcionamiento de las redes de otros usuarios en la misma frecuencia, la Gerencia de Ingeniería evaluará las presentaciones observando la posibilidad de incluir el pedido en la Modalidad Exclusiva. En caso afirmativo notificará al solicitante tal circunstancia requiriendo su conformidad. En la eventualidad que no puedan asignarse frecuencias exclusivas —por razones de congestión espectral— se estudiará la posibilidad de asignar más de una frecuencia en la Modalidad Compartida, de manera de minimizar los efectos del

exceso de tráfico sobre otras redes radioeléctricas. En uno u otro caso, sin perjuicio de la realización de los controles pertinentes, la Gerencia de Ingeniería podrá requerir —una vez otorgada la autorización— documentación que acredite fehacientemente la adquisición del equipamiento declarado en la solicitud.

1. Las estaciones radioeléctricas que se autoricen en la modalidad compartida no estarán protegidas contra interferencias perjudiciales provenientes de otras estaciones debidamente autorizadas.

2. Se asignarán frecuencias en la modalidad compartida ante solicitudes provenientes de organismos oficiales (excluyendo fuerzas armadas o de seguridad), o usuarios que así lo requieran.

3. Las frecuencias, o grupos de ellas, que se destinen para su asignación en esta modalidad, se efectuará clasificando las actividades que realicen los usuarios.

4. Las frecuencias o grupos de ellas que se asignen serán determinados por la COMISION NACIONAL de COMUNICACIONES, de acuerdo con la disponibilidad espectral existente y considerando:

la distancia entre las estaciones a vincular, la variación estacional, el nivel de actividad solar, y

la existencia o no de estaciones móviles.

5. Los horarios o bloques horarios que se asignarán en esta modalidad, serán asimismo, - determinados por la COMISION NACIONAL de COMUNICACIONES.

6. La máxima potencia de cresta de la envolvente (pep) será de 150 vatios. La anchura de banda necesaria de las emisiones no podrá ser superior a 2,8 kHz (2K80) y la anchura de banda máxima del correspondiente canal radioeléctrico no podrá exceder los 3 kHz (3K00).

7. La operación con llamador selectivo en la modalidad compartida, sólo se autorizará en las frecuencias, o grupos de ellas, habilitados exclusivamente para el uso de estos dispositivos.

8. La carga de estaciones por grupo de frecuencias y bloque horario no será mayor de 200, pudiendo extenderse hasta 300 cuando el excedente del primer valor sea consecuencia del agregado de estaciones en redes que cuentan con autorizaciones previas.

9. Para los sistemas:

Oficial Compartido en HF (OCHF),

Seguridad en Rutas (SRHF),

Petrolero Compartido (SCPE),

Transportistas Itinerantes en el MERCOSUR (MERCOSUR),

Vial Compartido (SCEV) y

Ferrovionario Compartido (SCEF),

Se deberá presentar un diagrama de red detallando la distancia entre los puntos fijos a enlazar; y el desplazamiento de las estaciones móviles, especificando para ello una distancia mínima, media y máxima.

10. Los equipos a emplear deberán estar inscriptos en los registros específicos de la COMISION NACIONAL de COMUNICACIONES.

DEFINICION DE CADA MODALIDAD COMPARTIDA SEGUN LA ACTIVIDAD DESARROLLADA POR LOS USUARIOS:

1. Modalidad Compartida en VHF/UHF (MCVHF):

Sistema de radiocomunicaciones perteneciente a la modalidad compartida destinado al apoyo de actividades oficiales, comerciales y/o particulares.

2. Modalidad Compartida para Cooperativas de Servicios Públicos (MCOOP):

Sistema de radiocomunicaciones perteneciente a la modalidad compartida destinado al apoyo de actividades de las cooperativas de servicios públicos esenciales.

3. Modalidad Compartida para Bomberos (MCBO):

Sistema de radiocomunicaciones perteneciente a la modalidad compartida destinado al apoyo de actividades de las entidades de bomberos.

4. Modalidad Compartida para Empresas de Seguridad (MCSEG)1”

(InfoLEG, 2001)

Todos los sistemas que utilizan Modalidad compartida deberán ajustarse a los valores máximos de potencia radiada aparente (PRA) que figuran en la siguiente Ilustración:

BANDA	30 a 76 MHz		136 a 250 MHz		
	ht (m)	Zona Rural	Zona Urbana	Zona Rural	Zona Urbana
10		24,0	24,0	24,0	24,0
20		24,0	24,0	24,0	24,0
30		16,2	24,0	20,5	24,0
40		12,8	21,0	17,1	24,0
50		11,1	19,3	15,4	24,0
60		9,4	17,7	13,7	22,4
70		7,9	16,2	12,2	20,9
80		6,6	14,8	10,9	19,5
90		5,3	13,6	9,6	18,2
100		4,2	12,4	8,5	17,1
110		3,1	11,4	7,4	16,1
120		2,2	10,4	6,5	15,1
130		1,3	9,5	5,6	14,2
140		0,5	8,7	4,8	13,4
150		0,0	8,0	4,0	12,6

BANDA	250 a 450 MHz (1) (2)		450 a 512 MHz		
	ht (m)	Zona Rural	Zona Urbana	Zona Rural	Zona Urbana
10		24,0	24,0	24,0	24,0
20		24,0	24,0	24,0	24,0
30		24,0	24,0	24,0	24,0
40		24,0	24,0	24,0	24,0
50		22,0	24,0	24,0	24,0
60		20,9	24,0	23,5	24,0
70		18,8	24,0	21,9	24,0
80		17,3	24,0	20,6	24,0
90		16,4	23,0	19,3	24,0
100		15,0	21,9	18,1	24,0
110		13,9	20,8	17,1	24,0
120		13,0	19,9	15,7	24,0
130		12,0	19,0	14,7	23,8
140		11,2	18,1	14,4	23,0
150		10,4	17,3	13,5	22,2

(1) Incluye el límite superior de frecuencia. (2) Excluye el límite inferior de frecuencia.
Si la altura de la antena (**ht**) no coincidiera con los valores tabulados en la primer columna, se tomará:

- la altura inmediata inferior, si la diferencia con el valor tabulado es menor o igual a 5 metros;
- la altura inmediata superior, si la diferencia con el valor tabulado es superior a 5 metros.

Por ejemplo: si **ht** = 45 metros, leer ht= 40 metros

si **ht** = 47 metros, leer ht= 50 metros

- **ht** es la altura de la antena, expresada en metros, con respecto a la cota del terreno **ho**.

4.2. Para los sistemas indicados en el punto 2.6. del presente Anexo, deberán ajustarse a los valores máximos de potencia radiada aparente (**P.R.A.**) que figuran en la siguiente Tabla:

TABLA DE POTENCIAS RADIADAS APARENTES MAXIMAS (en dBW)

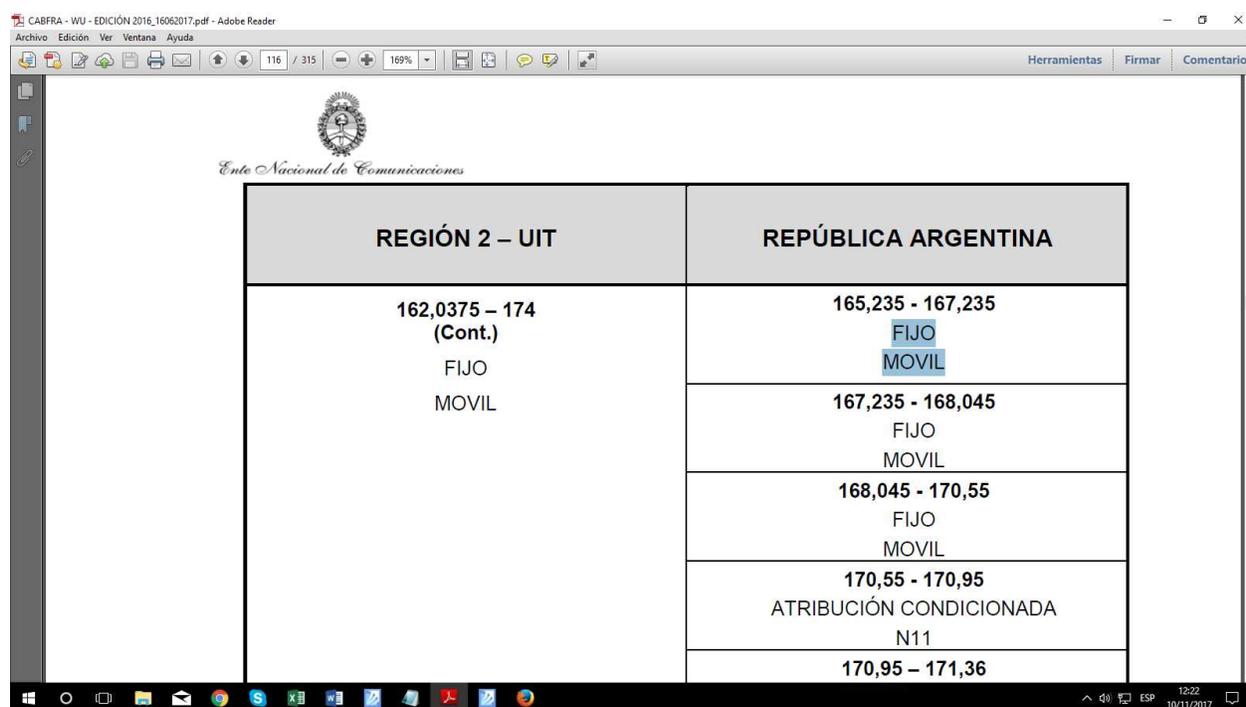
BANDA	138 a 174 MHz	320 a 400 MHz	440 a 512 MHz
PRA (dBW) para Capital Federal y Gran Buenos Aires	18	18	16
PRA (dBW) para resto del país	18	22	21,5

Ilustración 15 valores máximos de potencia radiada aparente (PRA) (InfoLEG, 2001)

Estas se enmarcan en la legislación argentina dentro del Ente regulador de las Comunicaciones Enacom.

El Enacom es un ente autárquico y descentralizado que funciona en el ámbito del Ministerio de Modernización de la Nación. Su objetivo es conducir el proceso de convergencia tecnológica y crear condiciones estables de mercado para garantizar el acceso de todos los argentinos a los servicios de internet, telefonía fija y móvil, radio, postales y televisión.

Enacom fue creado en diciembre del 2015 a través del Decreto 267 en el cual se establece su rol como regulador de las comunicaciones con el fin de asegurar que todos los usuarios del país cuenten con servicios de calidad. (Enacom, 2017)



REGIÓN 2 – UIT	REPÚBLICA ARGENTINA
162,0375 – 174 (Cont.) FIJO MOVIL	165,235 - 167,235 FIJO MOVIL
	167,235 - 168,045 FIJO MOVIL
	168,045 - 170,55 FIJO MOVIL
	170,55 - 170,95 ATRIBUCIÓN CONDICIONADA N11
	170,95 – 171,36

Ilustración 16 CABFRA - WU - EDICIÓN 2016_16062017 (Enacom, 2017)

En la ilustración 16, se puede observar en la columna del lado derecho la designación de servicio para la frecuencia de 167.875Mhz ,170.455MHz y la 167MHz como Servicio Fijo y Móvil, esta reglamentación dada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), y en este caso se evidencia en la misma figura en la columna de la izquierda que la república de la Argentina con la normatividad anteriormente descrita.

Metodología de investigación

Análisis de características cualitativas de las estaciones de monitoreo automático del sistema telemétrico Cirsa (STC), y la transmisión de información en tiempo real vía radioenlace con la metodología mixta.

El método para el desarrollo es comparativo entre las condiciones actuales del sistema telemétrico Cirsa (STC) y los resultados obtenidos en las simulaciones de los radioenlaces de cada estación.

Para el desarrollo de esta se modelo 5 estaciones en el software simulador radioenlaces Radio Mobile, más la estación central, con el fin de revisar los datos resultantes del software comparado con los datos reales ya tomados, se incorporara los datos reales tomados como potencias, alturas de las estaciones, altura de antenas, tipos de antenas, ganancias, directividad, frecuencia de transmisión y demás parámetros técnicos con el fin de establecer si la simulación del software corresponde a la realidad o a que porcentaje se asemeja a las condiciones reales de campo donde actualmente funcionan las estaciones del sistema automático de telemetría de la Red de alerta de crecidas del CIRSA en la provincia de Córdoba, Argentina.

El trabajo derivara la información suficiente para analizar las variables y condiciones de los radioenlaces y su modelado en el software Radio Mobile.

Población Objetivo:

Todo aquel que le interese el tema, estudiantes y profesionales que deseen tener una evidencia de las comparativas de radioenlaces de sistemas reales con los datos resultantes en una modelación de radioenlaces en Radio Mobile y su confiabilidad o exactitud.

Limitaciones del estudio

El alcance de este proyecto se limitó al estudio de los radioenlaces de cinco estaciones del sistema telemétrico Cirsa (STC), en la banda de VHF, las características técnicas de propagación en dicha banda y los elementos que componen la red.

Se planteo el análisis de dichas estaciones y su comparación con la modelación del software Radio Mobile en particular para determinar si es una buena práctica para el desarrollo de proyectos futuros apoyándose en dicho software.

Capítulo I

Descripción general del sistema telemétrico Cirsa (STC).

El desarrollo del proyecto se realizó en las instalaciones del INA-CIRSA (Instituto Nacional del Agua y el Ambiente - Centro de la región Semiárida de Córdoba Argentina), en la sede de Villa Carlos Paz y dentro del radio de unos 100Km alrededor de esta, donde se ubican las estaciones telemétricas automáticas que recolectan datos de Nivel precipitación y otras variables meteorológicas que son transmitidas a la Central para alimentar el Software datawise, todo esto por medio de la tecnología ALERT (Evaluación local automatizada en tiempo real).



Ilustración 17. Letrero institucional, Fuente: Tomada por el autor de la investigación.

Sistema Telemétrico CIRSA(STC) - (Centro de la región Semiárida)

El CIRSA (Centro de la región Semiárida) a través de su área STC (Sistema Telemétrico Cirsa), ha instalado, desde 1986 una red de 62 estaciones remotas. Cada una está compuesta por tantos

sensores como variables mida. Las estaciones remotas forman parte de un sistema de adquisición, transmisión, procesamiento y presentación de datos que conforman el sistema telemétrico, el cual es operado desde la estación Central de recepción ubicada en la sede Villa Carlos Paz del INA-CIRSA. En octubre de 2009 comenzó la primera etapa de instalación y puesta en marcha de las estaciones hidrometeorológicas telemétricas adquiridas por el Gobierno de Córdoba. A partir de su instalación, las mismas se operaron de manera complementaria con las de la red que el INA-CIRSA posee en la Provincia. (Vélez).

EL INA (Instituto Nacional del Agua y el Ambiente):

El Instituto Nacional del Agua y del Ambiente de Argentina se define en su página institucional como “un organismo científico tecnológico descentralizado que tiene por objetivo satisfacer los requerimientos de estudio, investigación, desarrollo y prestación de servicios especializados en el campo del aprovechamiento y preservación del agua. Depende de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

Continuador de las tareas iniciadas en el año 1973 por el Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH), lleva 40 años contribuyendo al crecimiento económico, al bienestar social y a la salud ambiental, a través de una gestión equitativa y sustentable del agua”. (Instituto Nacional de Agua y Ambiente, 2010).

Para comprender mejor la investigación es importante determinar el protocolo de funcionamiento del sistema Tecnología ALERT, el cual consiste en la “Evaluación local automatizada en tiempo real (ALERT) El sistema ALERT fue desarrollado inicialmente en la década de 1970 por el Centro de Pronósticos Fluviales de California-Nevada en Sacramento, California (U.S. Department of Commerce, 1997a), y consiste de sensores meteorológicos e hidrológicos

automatizados de reporte de eventos, equipo de comunicación así como software y hardware de cómputo. En su forma más simple, los sensores de ALERT transmiten señales codificadas, generalmente a través de frecuencias de radio muy alta (VHF) y ultra alta (UHF), a una estación base, a menudo por medio de uno o más sitios de relevo o de repetidoras de radio (referirse a la ilustración 2 de U.S. Department of Commerce 1997b). La estación base, que consiste en equipo receptor de radio y un microprocesador que corre el software ALERT, recopila estas señales codificadas y las procesa convirtiéndolas en información hidrometeorológica significativa. La información procesada puede ser mostrada en una pantalla de computadora según varios criterios preestablecidos, con alarmas tanto visuales como audibles que se activan al alcanzar estos criterios. Algunos sistemas tienen la capacidad de notificar automáticamente a individuos o iniciar otras acciones programadas cuando se exceden los criterios preestablecidos. Los sistemas ALERT son redes de sensores ambientales de eventos en una vía. Cada plataforma de recolección de datos (PRD) está programada para transmitir una breve ráfaga de datos cuando es detonada por cambios ambientales (por ejemplo, recibir 1 mm de lluvia o registrar un cambio de 1 mm en la profundidad del río). Los transmisores modernos de ALERT también pueden ser programados para proveer datos de series de tiempo. El sistema ALERT estándar no se adapta bien para controles de supervisión, como operaciones de compuertas, ya que es un sistema de una vía. Sin embargo, proveedores innovadores han expandido el uso del protocolo para operar automáticamente luces intermitentes de alerta, conectar y desconectar sitios de sensores remotamente y cambiar de repetidoras de radio remotamente. Un “evento” típico de ALERT es que un pluviómetro basculante señale la acumulación de 1 mm de lluvia. La PRD envía un mensaje de 4-bytes utilizando modulación por desplazamiento de frecuencia a 300 baudios. La ráfaga de datos real es un pulso de 133 milisegundos de duración que contiene un número de 13

bits (0 a 8191) que identifica el sensor y un número de 11 bits (0 a 2047) que codifica el valor de los datos. El software en el sitio de recepción reconoce el identificador (ID) transmitido y decodifica el valor de los datos en unidades apropiadas de ingeniería usando información almacenada acerca del sensor.” (University Corporation for Atmospheric Research, 2012)

Esquema de Funcionamiento del sistema:

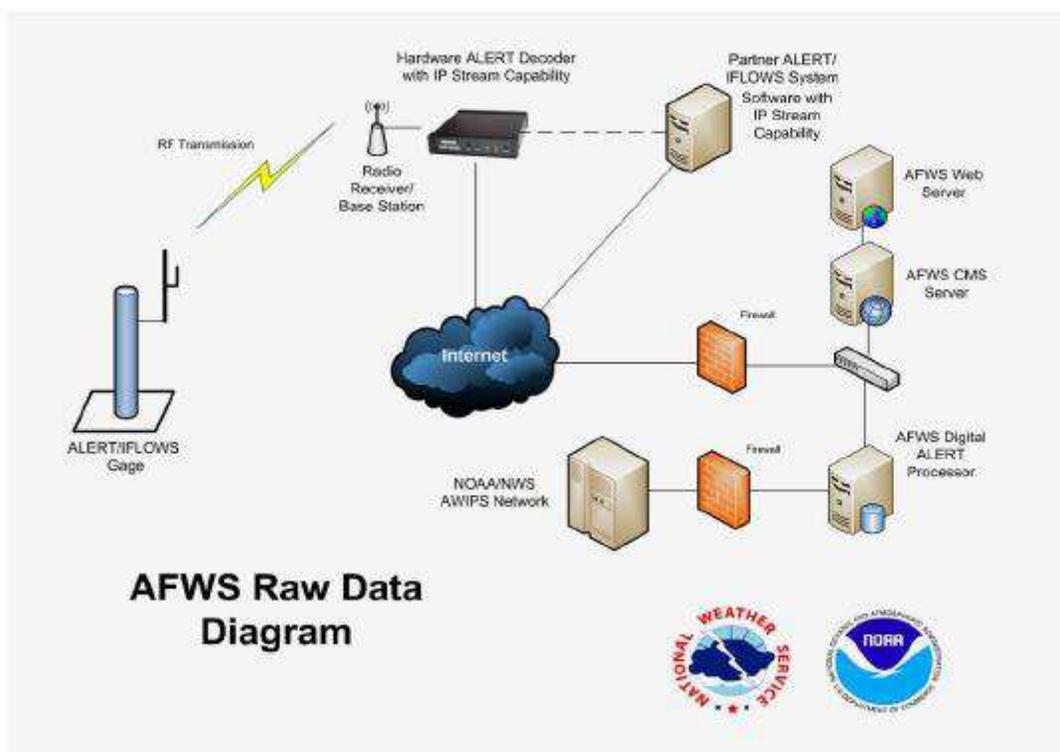


Illustration 18 *Figure: Flood Warning System Manual NOAA Fuentes: (Department of commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2012)*

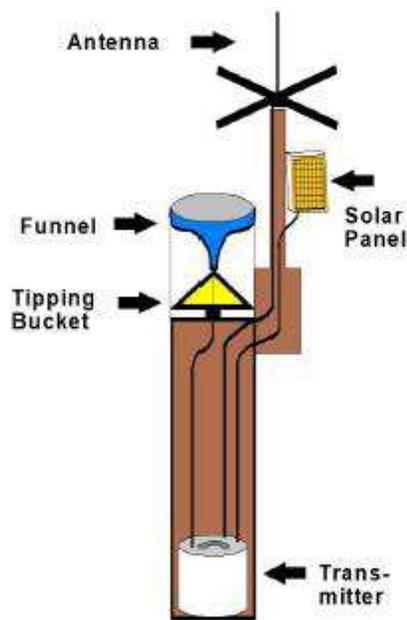


Ilustración 19. Esquema típico de una estación transmisora en campo. NOA, Fuentes: (Department of commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2012)

Lo expuesto anteriormente nos da una idea general del funcionamiento del sistema el cual está integrado por las estaciones que se encuentran resaltadas en la ilustración 20.

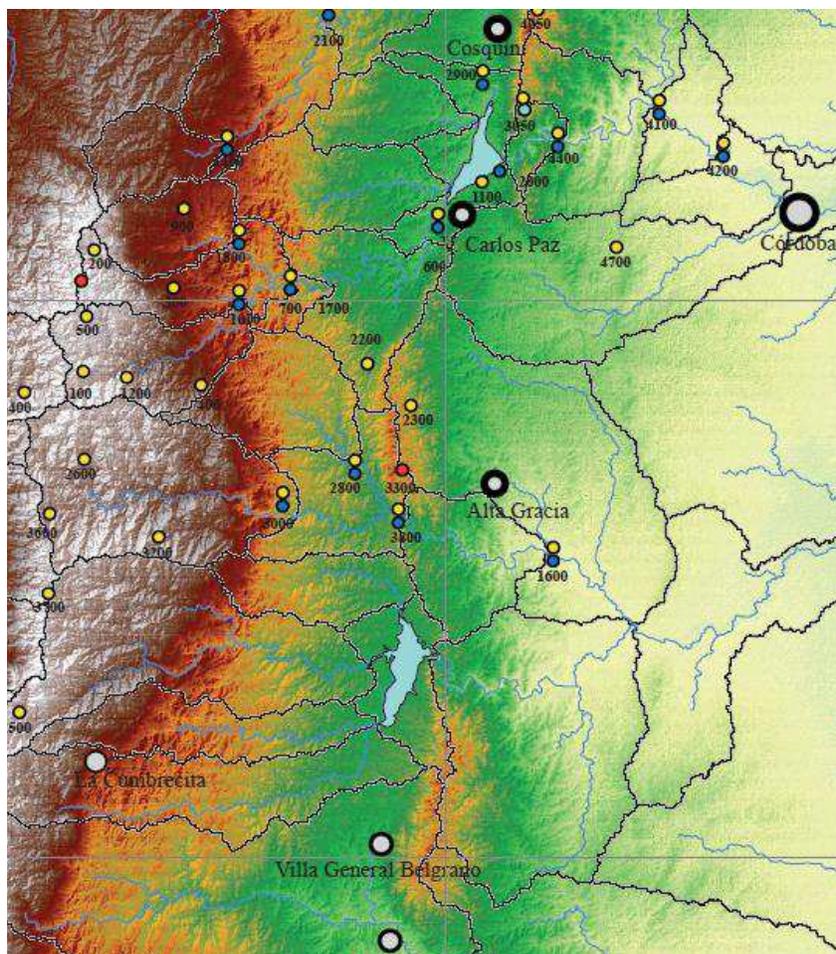


Ilustración 20. Mapa de estaciones. Fuente: Propia del autor (Tomada de la Estación central del CIRSA).

Levantamiento de información técnica de las estaciones

Teniendo claro la generalidad de funcionamiento del sistema se desarrolló el primer objetivo de este trabajo, se realiza las de las estaciones visitadas con los datos obtenidos en las visitas de campo a cada una de ellas. Ilustración 21.



Ilustración 21 Estación Santa Ana fuente. Tomada por el autor de la Investigación.

Visita a la estación Santa Ana para el Levantamiento de las características técnicas de la estación.

Se realizaron pruebas de transmisión de estaciones remotas para revisar los parámetros técnicos necesarios para este trabajo, bajo condiciones reales y con todas las variables que intervienen en sistema de radiocomunicaciones del sistema telemétrico Cirsa (STC).



Ilustración 22. Estación automática de recolección estación la Escuelita, Fuente: Tomada por el autor de la investigación.

Visita a la estación La escuela para el Levantamiento de las características técnicas de la estación.



Ilustración 23 Visita a la estación Los Gigantes fuente: tomada por el autor de la investigación.

Visita a la estación Santa Ana para el Levantamiento de las características técnicas de la estación.



Ilustración 24. Ruta de Acceso estación 700, se trata de un acceso bastante agreste para llegar a la estación. Fuente: Tomada por el autor de la investigación.

Visita a la estación 700 para el Levantamiento de las características técnicas de la estación.

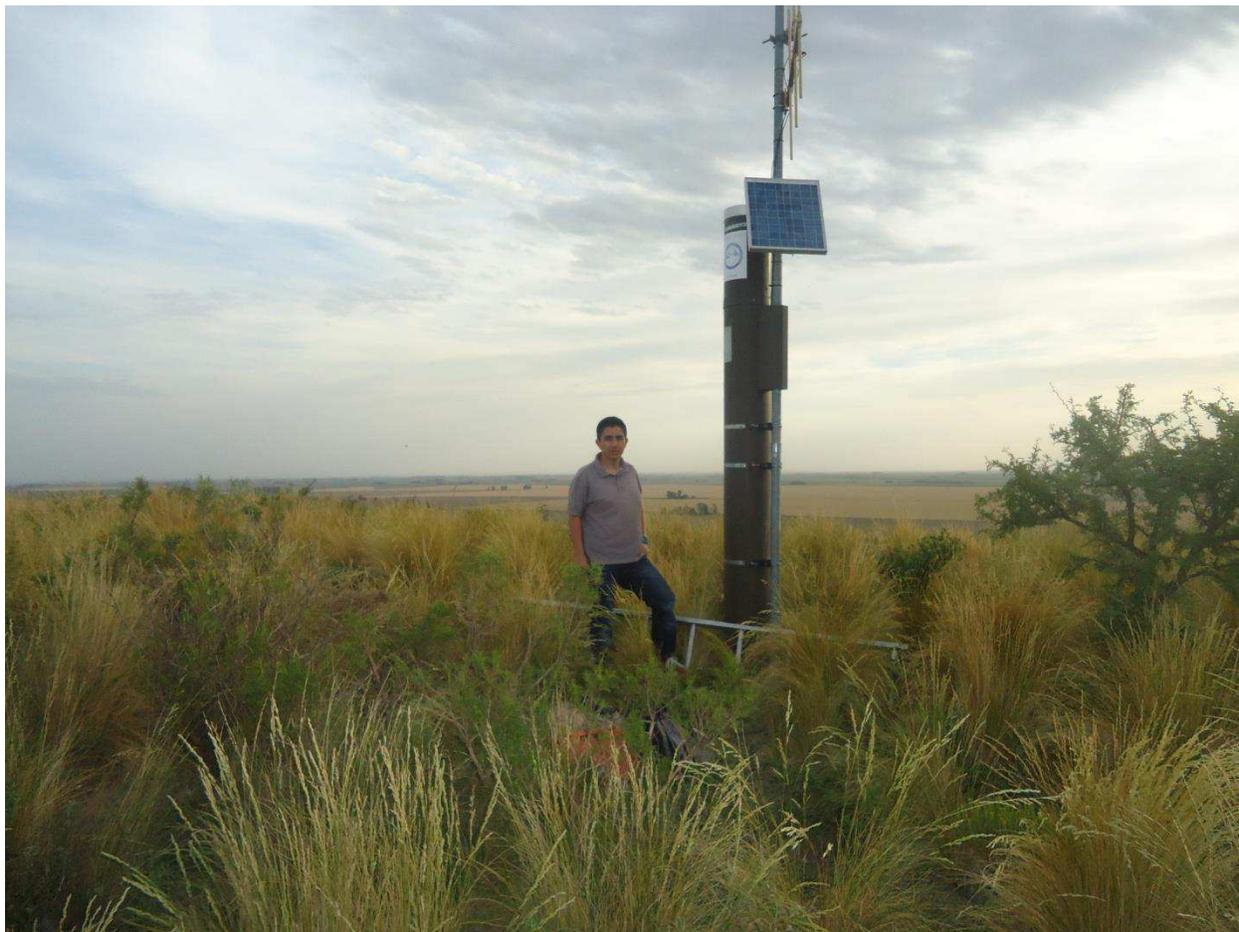


Ilustración 25 Visita a la estación Los Chañaritos Fuente: tomada por el autor de la Investigación

En la Ilustración 25, se puede evidenciar la visita a la estación repetidora los Chañaritos.

Consolidado de información técnica de cada estación visitada

Estación Central CIRSA CARLOS PAZ

Código en el Sistema: Cirsa Central

Sensores instalados: Estación de Pruebas el Campito

Coordenadas: L.S.: 31°23'56 S L.O.: 31°23'56 S64°28'29W

Altitud: 650 mts.

Medio de Transportación: Vehículo avenida pavimentada.

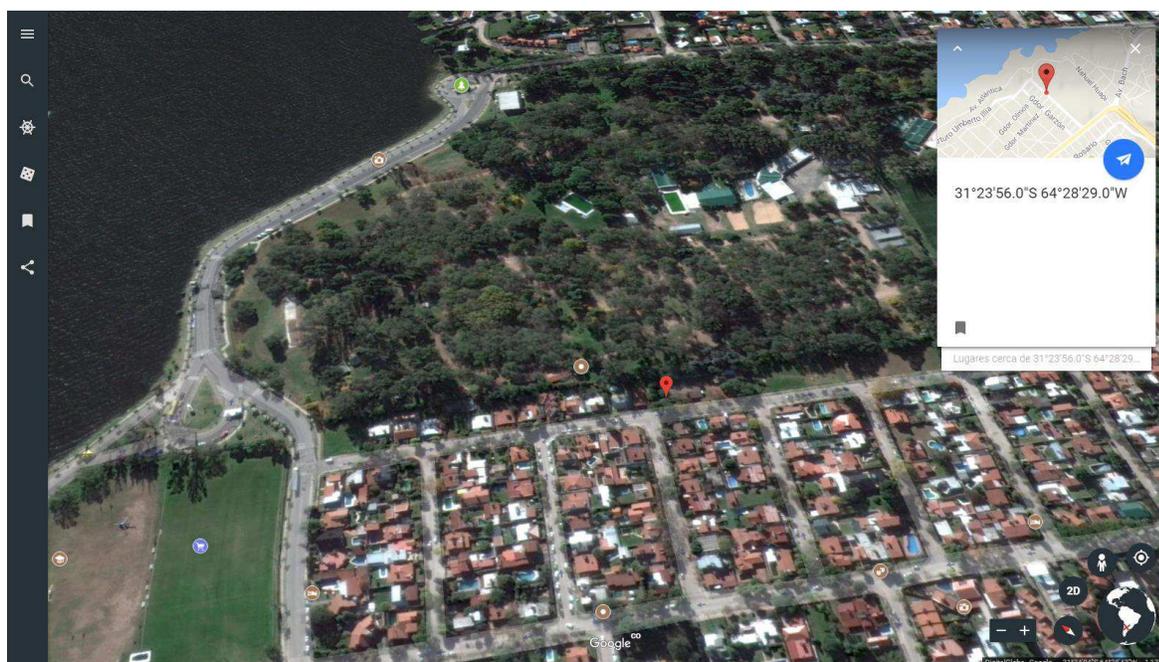


Ilustración 26. Vista satelital Estación central, Fuente: Google earth

La central queda en Villa Carlot Paz, en la provincia de Córdoba, se encuentra instalada en las instalaciones del Centro de la Región Semiárida, en la estación central esta una estación receptora con un receptor (Model 3345 ALERT Transceiver/Decoder)*³ y conectado a este la antena omnidireccional modelo (7101-00 Broad Band Antennais a 6dB)*⁴.

³Ver Anexo 3

⁴Ver anexo 1

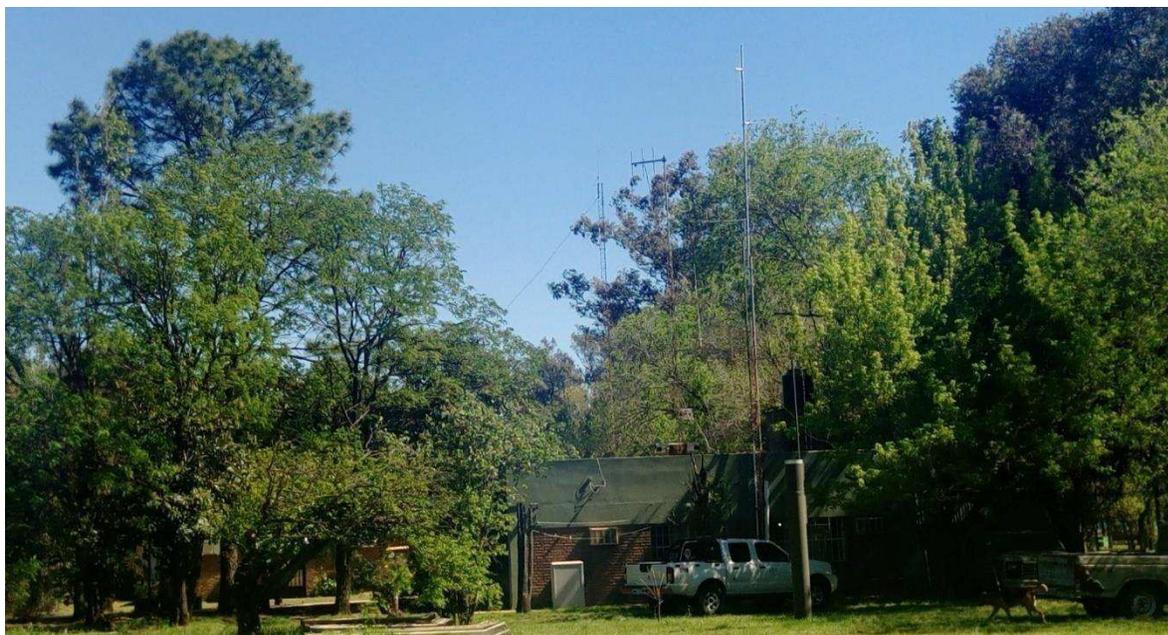


Ilustración 27. Fotografía Antenas Omnidireccional, Estación Central Cirsa Villa Carlos Paz.

Fuente: Tomada por el autor de la investigación.

Datos técnicos de la central:

Tabla 1. Datos estación Central CIRSA. Fuente: Elaboración propia del autor.

Ítem	Descripción	Datos
1	Características del terreno:	
2	Ubicación de la	Villa Carlos Paz 650 msnm

Ítem	Descripción	Datos
	Estación	
3	Latitud	31°23'56 S
4	Longitud	64°28'29W
5	Distancia	0 mts a la Central
6	Tipo de antena	7101-00 Broad Band Antennais a 6dB
7	Frecuencia	RX: 167.875MHz
8	Canales	1
9	Espaciado TX/RX	12,5KHz
10	Equipo	Model 3345 ALERT Transceiver/Decoder
11	Polarización RX	Vertical
13	Mástil	4,5mts
14	PIRE Máxima	N.A
16	Perdidas cable	0,5 dB

Estación Repetidora: Los Chañaritos

Código en el Sistema: N° 5200.

Sensores instalados: Repetidora y Precipitación.

Lugar de instalación: Casco de la Estancia “El Puesto”.

Coordenadas: L.S.: 33° 18' 55" L.O.: 64° 49' 27". **Altitud:** 682 mts.

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

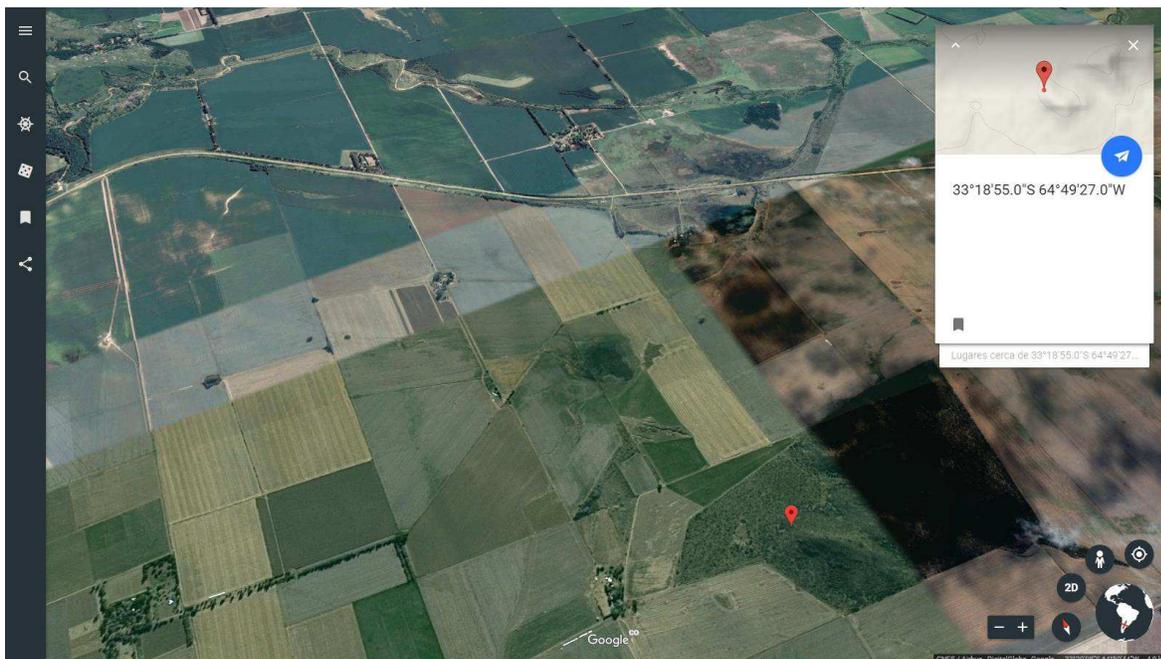


Ilustración 28. Vista satelital Estación Repetidora los Chañaritos. Fuente: Google earth.



Ilustración 29 En la estación Repetidora en el análisis de las características del equipo y recolección de datos a Levantamiento de información técnica. Fuente: Tomadas por el autor de la investigación.

Mapa Google c/ recorrido



Ilustración 30. Recorrido Central a Estación Chañaritos. Fuente: Google Earth

Características técnicas del equipo:

Tabla 2. Datos estación los chañaritos, FUENTE: Elaboración propia del autor.

Ítem	Descripción	Datos
------	-------------	-------

Ítem	Descripción	Datos
1	Características del terreno:	
2	Ubicación de la Estación	Los Chañaritos a 682msnm
3	Latitud	33°18'55.00"S
4	Longitud	64°49'27.00"W
5	Distancia	187 Km A la estación Santa Ana
6	Tipo de antena	Rx: 7101-00 Broad Band Antennais a 6dB Tx: Model 7105-04 High Gain Directional Antenna is a heavy duty point-to-point Yagi* ⁵
7	Frecuencia	RX: F1 167,875MHZ - TX: F3 167.000 MHZ
8	Canales	Precipitación, repetidor
9	Espaciado TX/RX	875KH
10	Equipo	Sierra Misco 5096
11	Polarización RX	Vertical
12	Polarización TX	Vertical
13	Mástil	11mts
14	PIRE Máxima	45dB

⁵Ver Anexo 3

Ítem	Descripción	Datos
15	Potencia de TX	25 W, 43,9dBm
16	Perdidas cable	0.5dB
17	Perdidas por espacio	122 dBm
	Libre	

Estación: Repetidora Santa Ana

Código en el Sistema: N° 3300

Sensores instalados: Repetidora y precipitación.

Lugar de instalación: Estancia “Altos de Santa Ana”.

Coordenadas: L.S.: 31°38'59" L.O.: 64°32'24". **Altitud:** 1170 mts.

Medio de Transportación: Vehículo todo terreno tipo 4 x 4.



Ilustración 31. Vista de la Estación Santa Ana, Fuente: Tomada por El autor de La investigación.

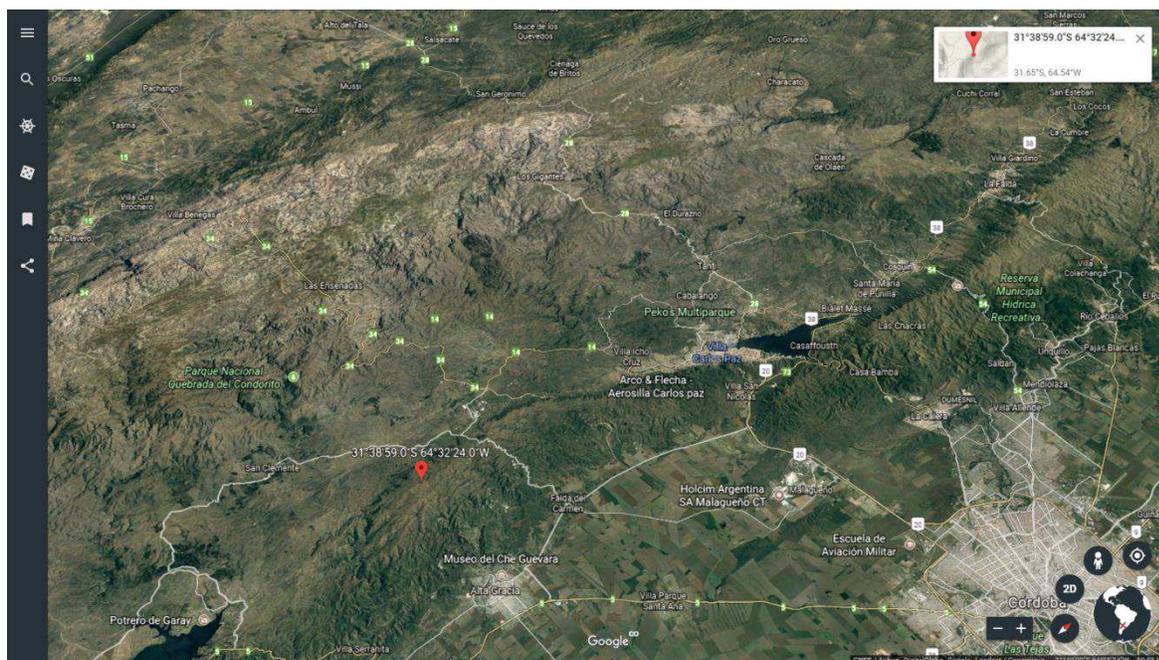


Ilustración 32. Vista Satelital estación repetidora Santa Ana, Fuente: Google Earth

Vista satelital estación repetidora Santa Ana, coordenadas GPS, y como se puede apreciar en el lado central derecho se ve Villa Carlos Paz donde está la estación central CIRSA esto a 28 Kilómetros línea recta y con línea de Vista.

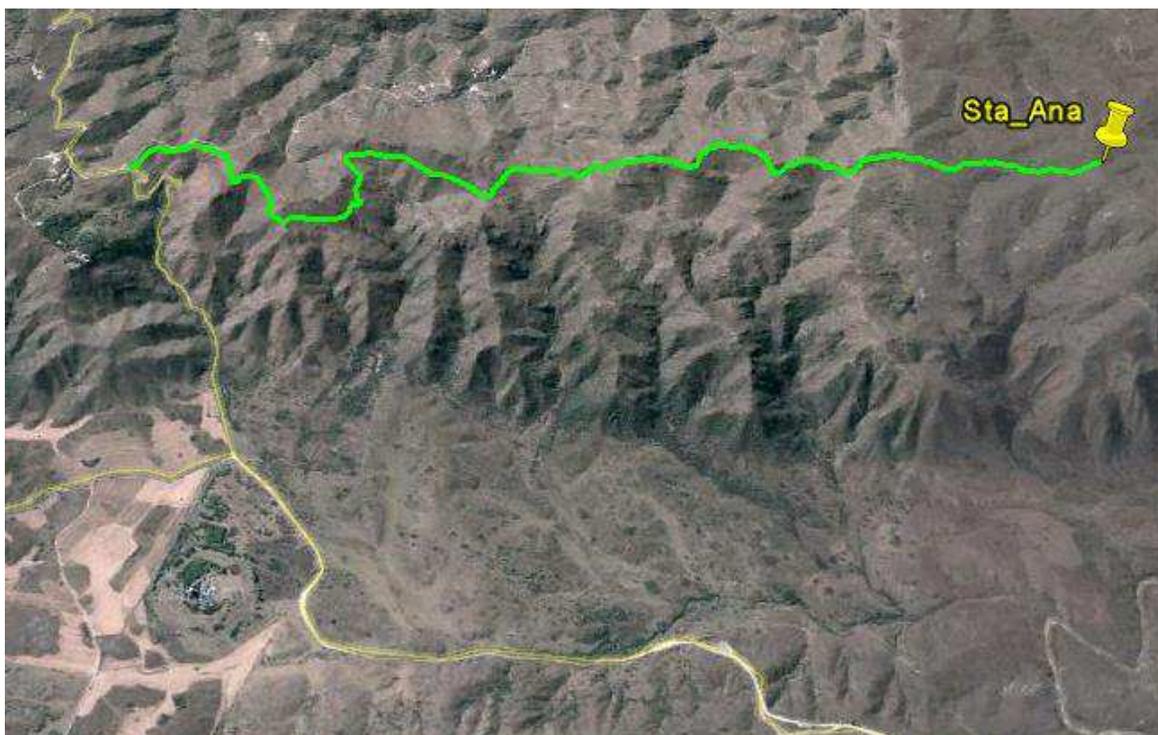


Ilustración 33. Recorrido central CIRSA a Estación Santa Ana, Fuente: Google Earth.

Datos técnicos de la Repetidora:

Tabla 3. Datos Estación Santa Ana, Fuente: Elaboración propia del autor.

Ítem	Descripción	Datos
------	-------------	-------

Ítem	Descripción	Datos
1	Características del terreno:	
2	Ubicación de la Estación	Estancia “Altos de Santa Ana” 1170msnm
3	Latitud	31°38'59S
4	Longitud	64°32'24 W
5	Distancia	28Km 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* ⁶
7	Frecuencia	RX F3: 167.000MHZ - TX F1: 167.875MHZ
8	Canales	2
9	Espaciado TX/RX	875Khz
10	Equipo	Sierra Misco 5096
11	Polarización RX	Vertical
12	Polarización TX	Vertical
13	Mástil	11 mts
14	PIRE Máxima	44,01 dBm

⁶Ver Anexo 3

Ítem	Descripción	Datos
15	Potencia de TX	20 W – 43,01029 dBm
16	Perdidas cable	0.5dB
17	Perdidas por espacio	105,84288
	Libre	

Estación Transmisora 700

Código en el Sistema: N° 700

Sensores instalados: Precipitación – Nivel.

Lugar de instalación: Confluencia de rios

Coordenadas: L.S.: 33° 18' 55" L.O.: 64° 49' 27". ***Altitud:*** 682 mts.

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

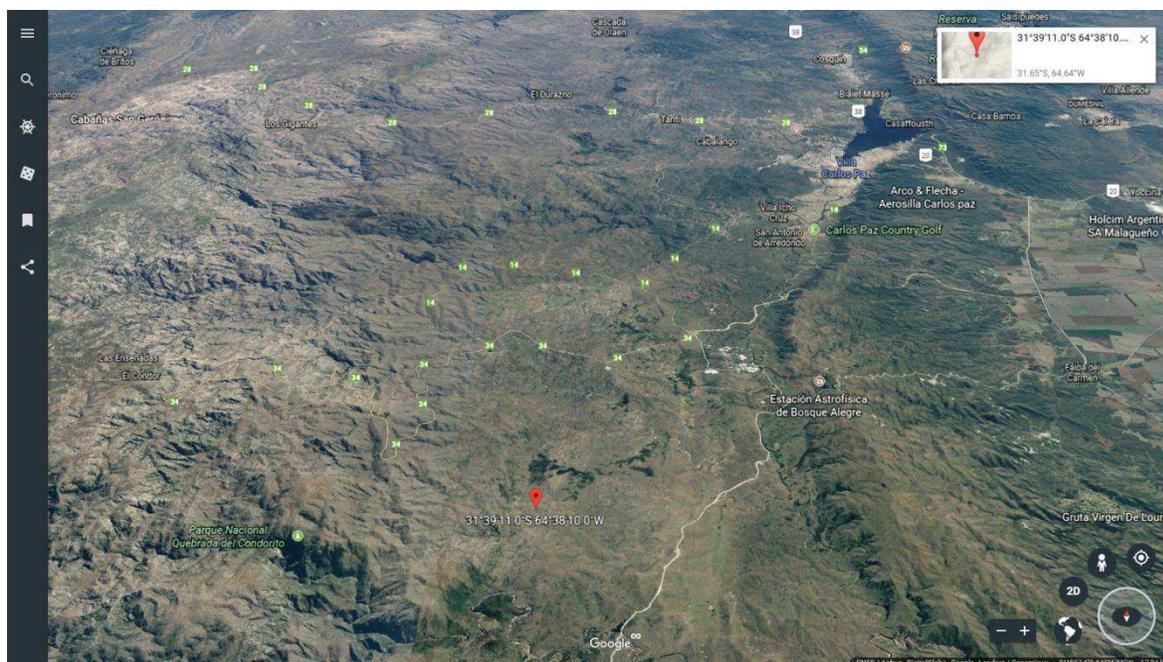


Ilustración 34 Vista Satelital de la Estación con sus coordenadas GPS, Fuente: Google Earth.

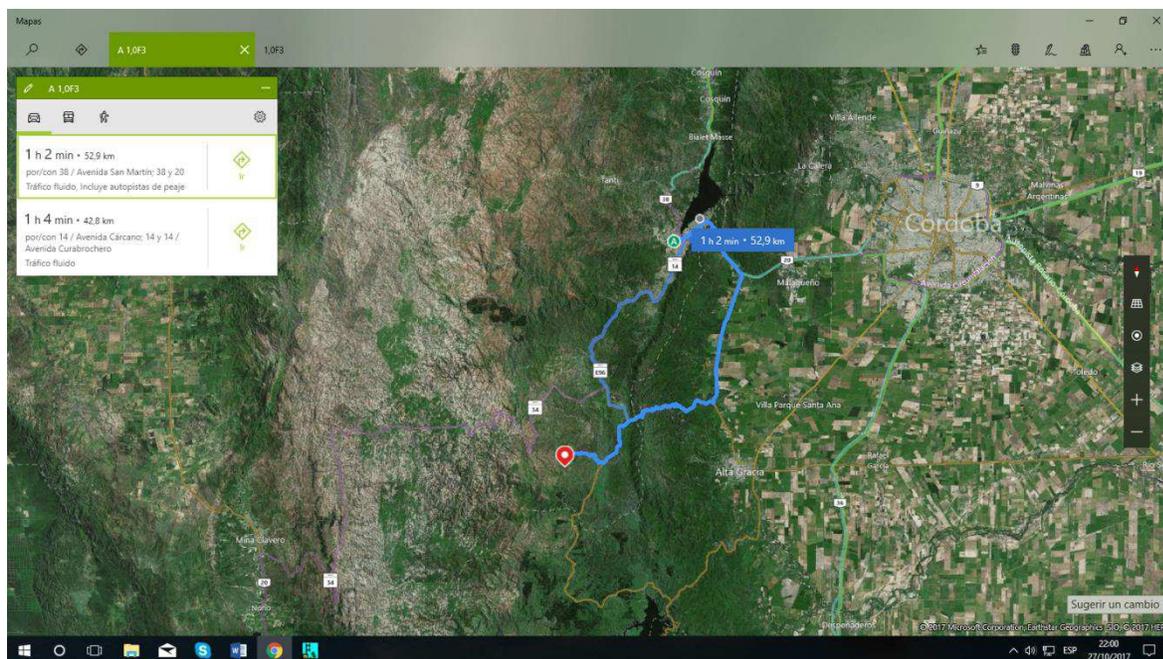


Ilustración 35 Recorrido para llegar desde la central Carlos Paz a la estación 700, Fuente: Google Earth.



Ilustración 36 Sitio donde está instalado el sensor de nivel de la estación 700. Fuente: Tomada por el autor de la investigación.

Se pudo llegar hasta el sitio de instalación del sensor de nivel de la estación, esto es un punto importante de medición puesto que hay una confluencia de aguas en este punto y genera un caudal importante que aporta al sistema de la cuenta de San Antonio.

Datos técnicos de la Estación:

Tabla 4. Datos Estación 700, Fuente: Elaboración propia del autor.

Ítem	Descripción	Datos
------	-------------	-------

Ítem	Descripción	Datos
1	Características del terreno:	
2	Ubicación de la Estación	Entre Ríos 1018msn
3	Latitud	31°39'11 S
4	Longitud	64°38'10W
5	Distancia	32,1 Km a la Central Cirsa
6	Tipo de antena	Tx: Model 7105-04 High Gain Directional Antenna is a heavy duty point-to-point Yagi* ⁷
7	Frecuencia	F1: 167,875MHZ
8	Canales	1
9	Espaciado TX/RX	N.A
10	Equipo	Sierra Misco 5050
11	Polarización RX	N.A
12	Polarización TX	Vertical
13	Mástil	6.5mts
14	PIRE Máxima	47dBm
15	Potencia de TX	8 W – 39.030dBm

⁷Ver Anexo 3

Ítem	Descripción	Datos
16	Perdidas cable	0.5dB
17	Perdidas por espacio	107dB
	Libre	

Estación Transmisora: La Escuelita

Código en el Sistema: N° 2500 La Escuelita Ceferino Namuncura

Sensores instalados: Precipitación.

Lugar de instalación: Escuela Pública Rural

Coordenadas: L.S.: 31°50'02 L.O.: 64°50'49 W. **Altitud:** 2256 mts.

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