

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA



“PLANIFICACION DE UN SISTEMA DE RADIO COMUNICACIÓN TRONCALIZADO DIGITAL, EMERGENTE, PARA EMERGENCIAS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”

Tesis Presentado por el Bachiller:

TEJADA GUEVARA, HAROLD HUGO

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electrónico.

Asesor:

Ing. SULLA TORRES, RAUL.

AREQUIPA - PERÚ

2017

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mis queridos y adorados padres, Rosa Elena Guevara de Tejada y Harold Enrique Tejada Apolo; por todo su esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional en toda mi etapa académica; del mismo modo a mi amada esposa Sharon Fernández Vizcarra y al empuje, motor y motivo de mi vida Gabriel Tejada Fernández.

Harold Hugo Tejada Guevara.

AGRADECIMIENTOS

Dar las gracias, especialmente a Dios, nuestro creador, por dejarme vivir cada día y así mismo poder aprender y crecer cada día más como persona, por guiarme en mí día a día.

Así mismo a mis padres, a mi esposa y a mi hermana por su paciencia y aliento en cada uno de mis proyectos y crecimiento personal y profesional.

Un agradecimiento especial a mí asesor y jurado, al Ing. Raúl Sulla Torres y el Dr. Augusto Arce Medina, por brindarme su apoyo y dedicación en el desarrollo de esta Tesis, por el tiempo brindado al compartir sus experiencias y conocimientos.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis, tiene por objetivo el análisis, evaluación y planeamiento de los factores para interconexión de una red de radiocomunicación troncalizado digital emergente, tomando como base el estándar TETRA reléase 2 para la ciudad de Arequipa, integrando el sistema de radio comunicaciones entre las instituciones involucradas tales como Municipalidades, Bomberos, Policía Nacional, Gobierno Regional, etc. ante una crisis o emergencia que pueda ocurrir en el departamento.

En el presente proyecto se presenta un análisis y evaluación de los principales factores, para la implementación del sistema. Así mismo como la distribución y asignación de grupos de llamadas, por ello se pensó en Tetra ya que este estándar cuenta con una encriptación de comunicación alta debido a sus inicios como sistema de comunicación de uso militar.

PALABRAS CLAVE: TETRA, Sistema de radio comunicaciones, Sistema troncalizado digital emergente, encriptación, cobertura.

ABSTRACT

The present thesis work, is aimed at the analysis, evaluation and planning of the factors for interconnection of a radiocommunication network Emergent Digital Trunking System, on the basis of standard **TETRA** for Arequipa city, integrating the system of radio communication between the involved institutions as a firemen's company, national police, regional government, etc. Before a crisis or emergency that could happen in the department.

The present project presents an analysis and evaluation of the main factors, for the implementation of the system. As well as the distribution and assignment of the groups of calls, for that reason TETRA was chosen given that this standard has a high communication encryption due to its beginnings as a system military use.

KEYWORDS: TETRA, Radiocommunication System, Emergent Digital Trunking System, Encryption, Coverage.

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
INDICE GENERAL.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE TABLAS.....	XIII
CAPITULO I.	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN, VIABILIDAD Y PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.3.1. CONVENIENCIA.....	5
1.3.2. RELEVANCIA SOCIAL.....	5
1.3.3. IMPLICACIONES PRÁCTICAS.....	6
1.3.4. VALOR TEÓRICO.....	6
1.3.5. UTILIDAD METODOLÓGICA.....	6
1.3.6. VIABILIDAD DEL TRABAJO.....	6
1.4. DELIMITACIÓN.....	7

1.5 OBJETIVOS.....	7
1.5.1. OBJETIVO PRINCIPAL.....	7
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
1.6 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	9
1.7. VARIABLES.....	10
1.7.1. VARIABLES DEPENDIENTES.....	10
1.7.2. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	10
1.8. ALCANCES.....	11
1.9. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
1.9.1. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.9.2. INSTRUMENTOS DE VERIFICACIÓN.....	12
 CAPITULO II.	
 MARCO TEORICO O ESTADO DE ARTE.....	13
2.1. COMUNICACIONES INALÁMBRICAS.....	14
2.2. SISTEMA TRONCALIZADO.....	18
2.3. SISTEMA DE RADIO TRONCALIZADO TETRA.....	22
2.3.1. DESCRIPCIÓN.....	28
2.3.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA.....	31
2.3.3. FUNCIONES.....	35
2.3.4. TÉCNICAS.....	36
2.3.5. ESQUEMA CONCEPTUAL.....	38
2.3.6. VENTAJAS DE SISTEMAS TRONCALIZADOS SOBRE SISTEMAS CONVENCIONALES.....	41
2.3.7. CALCULO DEL ENLACE.....	41

CAPITULO III

ANÁLISIS Y PLANIFICACION DE LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA

TRONCALIZADO DIGITAL.....	44
3.1. NUESTRA PROPUESTA.....	45
3.2. FACTORES CLAVES DE VIABILIDAD TECNICA.....	47
3.3. INGENIERIA DEL PROYECTO.....	48
3.3.1. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	49
3.3.1.1. FACTORES CLAVES DE VIABILIDAD TECNICA DEL SISTEMA.....	55
3.3.1.2. VIABILIDAD TECNOLÓGICA.....	55
3.3.1.3. BANDAS DE OPERACIÓN.....	56
3.3.1.4. TOPOLOGIA DE LA RED Y SIMULACIÓN DE COBERTURA DEL SISTEMA TETRA reléase 2.....	57
3.3.1.5. CENTRO DE OPERACIÓN DE LA RED E INTEGRACIÓN ANALOGICO – DIGITAL.....	73
3.3.1.6. INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.....	77
3.3.1.7. CENTRO DE CONTROL ADMINISTRATIVO DEL SISTEMA.....	80
3.3.1.8. EQUIPOS SUSCRIPTORES.....	81
3.3.1.9. INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA TETRA reléase 2.....	91
3.3.2. ASPECTOS TECNICOS.....	103
3.3.2.1. VELOCIDAD DE TRANSMISION.....	103
3.3.2.2. OPTIMIZACIÓN DE LAS FRECUENCIAS.....	103

3.3.3. SERVICIOS TETRA reléase 2.....	104
3.3.3.1. VENTAJAS.....	104
3.3.3.1.1. COSTOS.....	104
3.3.3.1.2. VELOCIDAD Y SEGURIDAD.....	104
3.3.3.1.3. CAPACIDAD Y FIABILIDAD.....	105
3.3.3.2. DESVENTAJAS.....	105
3.3.3.3. APLICACIONES.....	105
3.3.3.4. COMPARACIÓN CON OTRAS TECNOLOGIAS EMERGENTES.....	106
3.3.4. PRINCIPALES VENTAJAS DEL SISTEMA TETRA reléase 2 RESPECTO DE TETRA 1.....	107
3.3.5. COMPARACIÓN DE SIMILITUDES DEL SISTEMA TETRA reléase 2 CON LA TECNOLOGIA DE P25.....	109
3.4. CALIDAD Y SEGURIDAD DEL SERVICIO TETRA.....	110
3.5. COSTOS DEL SISTEMA TETRA reléase 2.....	110
3.6. CALCULOS DEL SISTEMA Y FORMULAS.....	112
CONCLUSIONES.....	115
RECOMENDACIONES.....	116
BIBLIOGRAFÍA.....	117
GLOSARIO.....	119
ANEXOS.....	121
ANEXO I – PROPAGACION.....	122
ANEXO II – ESTRUCTURA TDMA.....	130
ANEXO III – PLANOS Y GUÍA PARA LA UBICACIÓNDE LOS SITES.....	133
ANEXO IV – RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LAS PREDICCIONES DE COBERTURA TERRESTRE ZONAL.....	134
ANEXO V – CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES ESTUDIADAS – ENLACES DIRECTOS.....	146
ANEXO VI – CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS.....	151
ANEXO VII – RAFAGAS EN TETRA reléase 2.....	165

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1.1. Equipo de Radio Actual.....	2
Fig. 1.2. Sistema de Radio comunicación TETRA.....	4
Fig. 2.1. Esquema de cómo funciona una Red Inalámbrica.....	14
Fig. 2.2. Sistema Troncalizado.....	18
Fig. 2.3. Asignación de enganche libre.....	19
Fig. 2.4. Sistema antes del Trunking.....	21
Fig. 2.5. Sistema después del Trunking.....	21
Fig. 2.6. Torre de antenas Sistema P25.....	22
Fig. 2.7. Radio de sistema Mototurbo.....	24
Fig. 2.8. Radio de Sistema TETRA.....	26
Fig. 2.9. Representación de cómo cada organización trabaja de manera Independiente.....	29
Fig. 2.10. Estructura de la Red TETRA.....	34
Fig. 2.11. Esquema Básico de los modos de comunicación TETRA.....	40
Fig. 3.1. Ubicación de las Estaciones Base (BTS).....	50
Fig. 3.2. Estación ubicada en el Gobierno Regional de Arequipa.....	51
Fig. 3.3. Estación ubicada en la Municipalidad de Alto Selva Alegre.....	52
Fig. 3.4. Estación ubicada en la Municipalidad de Cerro Colorado.....	53
Fig. 3.5. Estación ubicada en el Cementerio de Jacobo Hunter.....	54
Fig. 3.6. Ubicación de los sites o estaciones base en radio mobile.....	57
Fig. 3.7. Propiedades del Sistema TETRA reléase 2.....	58

Fig. 3.8. Unidades y miembros del Sistema.....	58
Fig. 3.9. Configuración de estaciones del Sistema.....	59
Fig. 3.10. Configuración de Unidades móviles.....	60
Fig. 3.11. Configuración de Unidades portátiles.....	60
Fig. 3.12. Cobertura de estación base Gobierno Regional.....	61
Fig. 3.13. Propagación de señal de estación base Gobierno Regional.....	62
Fig. 3.14. Parámetros de propagación de estación base Gobierno Regional...	62
Fig. 3.15. Propagación de estación base Gobierno Regional.....	63
Fig. 3.16. Horizonte Visible de estación base Gobierno Regional.....	63
Fig. 3.17. Cobertura de Estación base Municipalidad de Cerro Colorado.....	64
Fig. 3.18. Propagación de Señal de estación base Municipalidad de Cerro Colorado.....	65
Fig. 3.19. Parámetros de propagación de estación base Municipalidad de Cerro Colorado.....	65
Fig. 3.20. Propagación de estación base Municipalidad de Cerro Colorado...	66
Fig. 3.21. Horizonte visible de estación base Municipalidad de Cerro Colorado.....	66
Fig. 3.22. Cobertura de estación base Cementerio de Jacobo Hunter.....	67
Fig. 3.23. Propagación de señal de estación base Cementerio de Jacobo Hunter.....	68
Fig. 3.24. Parámetros de propagación de estación base Cementerio de Hunter.....	68
Fig. 3.25. Propagación de estación base Cementerio de Hunter.....	69
Fig. 3.26. Horizonte visible de estación base Cementerio de Hunter.....	69

Fig. 3.27. Cobertura de estación base Municipalidad de A.S.A.....	70
Fig.3.28. Propagación de señal de estación base Municipalidad de A.S.A.....	71
Fig. 3.29. Parámetros de propagación de estación base Municipalidad de Alto Selva Alegre.....	71
Fig. 3.30. Propagación de estación base Municipalidad Alto Selva Alegre.....	72
Fig. 3.31. Horizonte visible de estación base Municipalidad A.S.A.....	72
Fig. 3.32. Integración TETRA – Analógico.....	73
Fig. 3.33. Repetidor Analógico.....	74
Fig. 3.34. Duplexor de repetidor Analógico.....	74
Fig. 3.35. Integrador Analógico – TETRA.....	75
Fig. 3.36. Controlador CENTRAL.....	75
Fig. 3.37. Reporte de Emergencia al Centro de Control.....	76
Fig. 3.38. Configuración de Sistema de Transporte.....	77
Fig. 3.39. Radio enlace entre el Gobierno Regional – Muni. C.C:.....	78
Fig. 3.40. Radio enlace entre el Gobierno Regional – C. de Hunter.....	78
Fig. 3.41. Radio enlace entre el Gobierno Regional – Muni. A.S.A.....	78
Fig. 3.42. Radio enlace entre la Muni. A.S.A. – Gobierno Regional.....	79
Fig. 3.43. Radio enlace entre la Muni. A.S.A. – Muni. C.C.....	79
Fig. 3.44. Radio enlace entre Muni. A.S.A. – C. de Hunter.....	79
Fig. 3.45. Monitoreo del Centro de Control.....	80
Fig. 3.46. Configuración de lista de grupos del Sistema.....	81
Fig. 3.47. Equipo suscriptor portátil con nivel de RSSI.....	82
Fig. 3.48. Equipo suscriptor Móvil.....	82
Fig. 3.49. Configuración de los Sub grupos de llamadas.....	86

Fig. 3.50. Distribución de las carpetas con los grupos de conversación.....	87
Fig. 3.51. Configuración de los parámetros de movilidad.....	88
Fig. 3.52. Configuración de los parámetros señal – calidad.....	89
Fig. 3.53. Configuración de los parámetros de localización.....	90
Fig. 3.54. Configuración de Estación Base.....	91
Fig. 3.55. Estación Base.....	92
Fig. 3.56. Vista frontal de estación base MTS1.....	92
Fig. 3.57. Vista de terminales de estación base MTS1.....	93
Fig. 3.58. Conexión de estación base MTS1.....	93
Fig. 3.59. Estación base MTS1 en soporte.....	94
Fig. 3.60. Especificaciones técnicas de estación base MTS1.....	95
Fig. 3.61. Ubicación de la antena en torre de cada estación a 30 metros desde la base de torre.....	97
Fig. 3.62. Esquema de torre auto soportada para cada estación.....	98
Fig. 3.63. Instalación de líneas de transmisión.....	98
Fig. 3.64. Montaje de repetidor MTS1.....	99
Fig. 3.65. Diagrama de la estación base MTS1 en configuración dual.....	99
Fig. 3.66. Antena Sinclair.....	100
Fig. 3.67. Ubicación de antenas y MTS1 en torre.....	100
Fig. 3.68. Vista de las antenas y MTS1 montadas en torre.....	101
Fig. 3.69. Vista de antena anclada en torre.....	101
Fig. 3.70. Configuración de frecuencias.....	103
Fig. 3.71. Configuración de los sites preferentes.....	103

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1. Parámetros de equipo para la red TETRA.....	47
Tabla 3.2. Ubicación de las estaciones base (BTS).....	49
Tabla 3.3. Coordenadas Gobierno Regional.....	51
Tabla 3.4. Coordenadas Municipalidad A.S.A.....	52
Tabla 3.5. Coordenadas Municipalidad de Cerro Colorado.....	53
Tabla 3.6. Coordenadas de Cementerio de Jacobo Hunter.....	54
Tabla 3.7. Cuadro de frecuencias utilizado en los repetidores.....	56
Tabla 3.8. Cuadro de parámetros de equipos.....	59
Tabla 3.9. Parámetros de cobertura de Gobierno Regional.....	61
Tabla 3.10. Parámetros de cobertura Muni. C. Colorado.....	64
Tabla 3.11. Parámetros de cobertura Cementerio J. Hunter.....	67
Tabla 3.12. Parámetros de cobertura Muni. A.S.A.....	70
Tabla 3.13. Parámetros de movilidad.....	88
Tabla 3.14. Escala de indicación señal – calidad.....	89
Tabla 3.15. Parámetros de localización.....	90
Tabla 3.16. Cuadro de velocidades de transmisión.....	103
Tabla 3.17. Cuadro de bandas de operación de frecuencias.....	103
Tabla 3.18. Cuadro de comparación APCO P25 – TETRA.....	106
Tabla 3.19. Cuadro de comparación radios Analógicos – Digital.....	107
Tabla 3.20. Cuadro de materiales y equipo a usar por repetidor.....	111
Tabla 3.21. Cuadro del total general de materiales y equipo de estaciones...	111



1.1 Identificación del Problema.

En la actualidad en la ciudad de Arequipa se cuenta con una red de radio comunicación aislada y desordenada debido a que no brindan mejores condiciones de funcionamiento llevando a no tener una respuesta inmediata y adecuada ante una eminente emergencia, crisis, desastre natural o una respuesta rápida y adecuada ante la seguridad ciudadana, donde este sistema de radio comunicación pueda integrar a las Municipalidades, Policía, Serenazgo, Bomberos, Defensa Civil u Organismos Gubernamentales en tiempo real.

Así mismo podremos además analizar la manera en que un sistema troncalizado puede entenderse mejor comparándolo con la manera en que operan los sistemas analógicos.

El comportamiento de los sistemas anteriores al planteado no se encuentran integrados, siendo así que las comunicaciones son deficientes, para ello ponemos como ejemplo la respuesta de las redes de comunicaciones ante los sismos producidos el 23 de junio del 2001, el 15 de agosto del 2007 y últimos fenómenos naturales.



Figura 1.1. Equipo de Radio Actual.

1.2 Descripción del Problema.

Este proyecto describe el diseño y planificación de una red de radio troncalizado digital, que brinde los servicios de comunicación alterna a la red pública con un fin exclusivo de comunicaciones para una respuesta inmediata y aplicaciones de seguridad y supervisión ciudadana en caso de emergencia llegando a interconectar las diferentes Municipalidades y organismos afines, distritales y zonales, de la ciudad de Arequipa en tiempo real.

El Sistema de Radio Troncalizado nos permite optimizar los recursos espectrales, pues soporta una mayor cantidad de usuarios con los mismos recursos (frecuencias), a su vez realiza una asignación automática de canales, pues posee una lista de espera evitando la pérdida de llamadas, nos permite una distribución dinámica de grupos de trabajo y de esta manera manejar niveles de prioridad en cuanto a las llamadas teniendo un alto nivel de seguridad en la comunicación.

Así mismo existen varios estándares en cuanto al sistema troncalizado; entre ellos podemos destacar a P25 y el sistema TETRA release 2, además en el mercado podemos resaltar varios fabricantes tales como Motorola, Hytera, entre otros.

Nuestra finalidad es el análisis y planeamiento de la cobertura total en todas las estaciones y sus principales vías de acceso. Finalmente se realiza un análisis económico, en donde se analiza la factibilidad económica de la implementación del proyecto y el costo beneficio que produce el mismo.



Figura 1.2 Sistema de Radio Comunicación TETRA.

Fuente: [<http://www.arci.com.mx/radiocomunicacion/tetra/>]

1.3. Justificación, Viabilidad y Propósito de la Investigación.

Los resultados de nuestro trabajo, servirán para:

- ✓ Los segmentos organizacional y personal, quienes conocerán de nuevas alternativas de última tecnología en radiocomunicación troncalizada, para la atención de emergencias en supervisión, vigilancia y seguridad, de parámetros, lugares y eventos utilizando sistemas digitales emergentes.
- ✓ La idea es crear una unidad de apoyo para situaciones de emergencia debido a que en los últimos años Arequipa se ha visto en una suerte de catástrofes bastante fuertes además del incremento de la delincuencia, que nos muestra también que nuestro sistema actual de radio comunicación y fluidez de la información que es muy importante para combatir cualquier tipo de emergencia.

- ✓ En el presente proyecto analizaremos todos los sistemas y subsistemas necesarios, incluyendo los sistemas de acceso, transporte, núcleo, supervisión y administración, para implementar la red. La cobertura de la red planteada será para la ciudad de Arequipa.

1.3.1. Conveniencia.

¿Para qué nos sirve este Trabajo?

El presente trabajo, nos sirve para establecer un estudio, análisis y evaluación de los factores de planificación, para implementar, controlar y supervisar un sistema de radio digital troncalizado.

1.3.2. Relevancia Social.

¿Quiénes se benefician y de qué modo?

Serán beneficiadas todas las personas interesadas en el tema, del mismo modo todas las instituciones, empresas y organismos interesados en este sistema emergente.

Todos los involucrados tendrán la posibilidad de tener mejores servicios de control y telecomunicaciones integrados.

Así mismo para la instalación de los equipos se tomaran en cuenta bajo el cumplimiento de las normas ISO 14001 y 9001 además de las OSHA, en cuanto a salud ocupacional, medio ambiental y de calidad.

1.3.3. Implicaciones Prácticas.

¿Ayudara a resolver problemas prácticos?

Evidentemente, pues el trabajo pretende brindar la oportunidad de obtener conocimientos sobre tecnologías emergentes como lo es TETRA en radiocomunicación troncalizada, en cuanto a su planeación y gestión, normativa y regulación de dichos servicios.

1.3.4. Valor Teórico.

¿Los resultados desarrollan o apoyan alguna teoría?

Si, apoyan a las teorías en el estudio de los dispositivos y sus parámetros.

Se adicionaran tecnologías emergentes que han devenido de investigaciones resientes de ingenieros y profesionales de la especialidad.

Las teorías de las telecomunicaciones de radio troncalizado digital son analizadas y evolucionadas en el tiempo.

1.3.5. Utilidad Metodológica.

La investigación ¿Mejora la forma de investigar?

Esta investigación si mejora la forma de investigar, porque complementa aspectos tecnológicos, tanto de normatividad y de Gestión. Siendo un híbrido multidisciplinario, tal como consideramos que debe ser un trabajo de tesis.

1.3.6. Viabilidad del Trabajo.

Disponibilidad de recursos financieros, humanos y materiales.

➤ **Recursos Financieros:**

Se disponen de recursos financieros suficientes para llevar a cabo esta propuesta.

➤ **Recursos Humanos:**

Se cuenta con el apoyo de personal técnico y profesional.

➤ **Recursos Materiales:**

Será necesario disponer de material bibliográfico, como libros, revistas especializadas, Internet, de los cuales se dispone.

1.4. Delimitación.

Este proyecto está enfocado geográficamente a la Ciudad de Arequipa (Perú).

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo Principal.

- ✓ La presente Tesis tiene como objetivo principal el Planeamiento de un Sistema bajo el Estándar Tetra release 2 que nos permita integrar las radios comunicaciones, llegando a integrar los distritos de Arequipa así mismo con las autoridades competentes brindando una mejora a los servicios de comunicación por radio en tiempo real de la ciudad.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Resumir los planteamientos teóricos relacionados con la radiocomunicación troncalizada emergente.

- ✓ Resumir los planteamientos teóricos relacionados con sistemas de comunicación troncalizada.

- ✓ Realizar un marco conceptual en cuanto a que se debe realizar debidamente para implementar un sistema integrado de radio comunicación troncalizada en estándar TETRA release 2; del mismo modo dar una explicación de la Infraestructura, Administración, Gestión y Control del sistema planteado.

- ✓ Los temas tratados en el proyecto son de interés de ingeniería en Telecomunicaciones, Control, Gestión; pues las interpretaciones y aplicaciones estarán sujetas a las normas de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones).

- ✓ El proyecto también contempla el diseño y mejoramiento del sistema de monitoreo de cada terminal móvil o portátil, ya que estos equipos cuentan con GPS, permitiendo saber el posicionamiento de las unidades.

1.6 Formulación de la Hipótesis.

“Es posible realizar un estudio, análisis y evaluación tendientes a su planificación, de un sistema de radio troncalizado digital”.

- En el estudio se plantea contar con una red paralela pero a su vez interconectada a la telefonía pública y móvil, que a la vez es exclusiva para la comunicación entre los organismos involucrados en caso de una emergencia (Gobierno Regional, Bomberos, Policía Nacional, Municipalidades, Defensa Civil, etc).
- Es posible diseñar un Servicio de Radio Troncalizado Digital TETRA release 2 para Seguridad Pública y Operaciones Críticas que no colapse en emergencias en la ciudad de Arequipa.
- Este nuevo sistema de comunicación está basado en tecnología digital, su aplicación en cuanto a seguridad ciudadana ayudaría a una mejora en cuanto a las coordinaciones y comunicación entre la policía, personal de serenazgo y municipalidades.

1.7. Variables.

1.7.1. Variables Dependientes.

VMCO (Variables Manejables a Corto Plazo):

Podemos resaltar las tecnologías de instrumentación electrónicas, redes, herramientas de diseño inalámbricas troncalizadas.

1.7.2. Variables Independientes.

VNMCP (Variables No Manejables a Corto Plazo):

Podemos señalarlas como aquellas que difícilmente podremos controlar a corto plazo, tienen más relación con el entorno en el que nos desenvolveremos. Las podemos señalar como los siguientes factores:

- ✓ Demográficos.
- ✓ Políticos.
- ✓ Económicos.
- ✓ Culturales y sociales.

1.8. Alcances.

En cuanto al alcance del Proyecto, podemos señalar que en el diseño se tomará en cuenta el número de canales, equipos suscriptores y estaciones bases repetidoras necesarias para brindar una efectiva y adecuada comunicación; así mismo como su debido análisis y pruebas de cobertura correspondiente.

En el diseño y planeamiento de este proyecto, también se tomara en cuenta las medidas necesarias en cuanto a los aspectos e impactos medio ambientales.

1.9. Diseño de la investigación.

Para el diseño de esta investigación, partiremos desde la detección del problema para luego formalizarlo y así mismo poder determinar una hipótesis. Todo ello va a involucrar un análisis cuantitativo y cualitativo.

- ✓ En el análisis cuantitativo se aplicará a través de entrevistas e instrumentos y software de simulación y medición, pretendiendo alcanzar una cobertura que nos permita percibir cuales son las variables que influyen en el análisis del sistema.
- ✓ En el análisis cualitativo se tomara de los resultados de un cuidadoso proceso de investigación.

1.9.1. Técnicas de Investigación.

Básicamente se utilizara una investigación descriptiva, exploratoria y causal.

- ✓ Descriptiva, porque es una investigación tecnológica, que va a describir y evaluar modernas tecnologías emergentes en telecomunicaciones.
- ✓ Exploratoria, por que analiza y sintetiza ubicación, tecnologías y herramientas de diseño y planeamiento.
- ✓ Causal, por que analiza y sintetiza causa / efecto de aplicación de herramientas de implementación de nuevas tecnologías.

1.9.2. Instrumentos de Verificación.

Se desarrolla en base:

- ✓ Test de Configuración del sistema.
- ✓ Indicadores del funcionamiento del sistema.
- ✓ Indicadores de las mejores Tecnologías del Mercado.
- ✓ Se utilizara una estrategia descriptiva del sistema y protocolos.



2.1. Comunicaciones Inalámbricas.

La comunicación inalámbrica o sin cables es aquella en la que la comunicación (emisor/receptor) no se encuentra unida por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio. En este sentido, los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal, entre los cuales encontramos: antenas, computadoras portátiles, PDA, teléfonos móviles, etc.¹

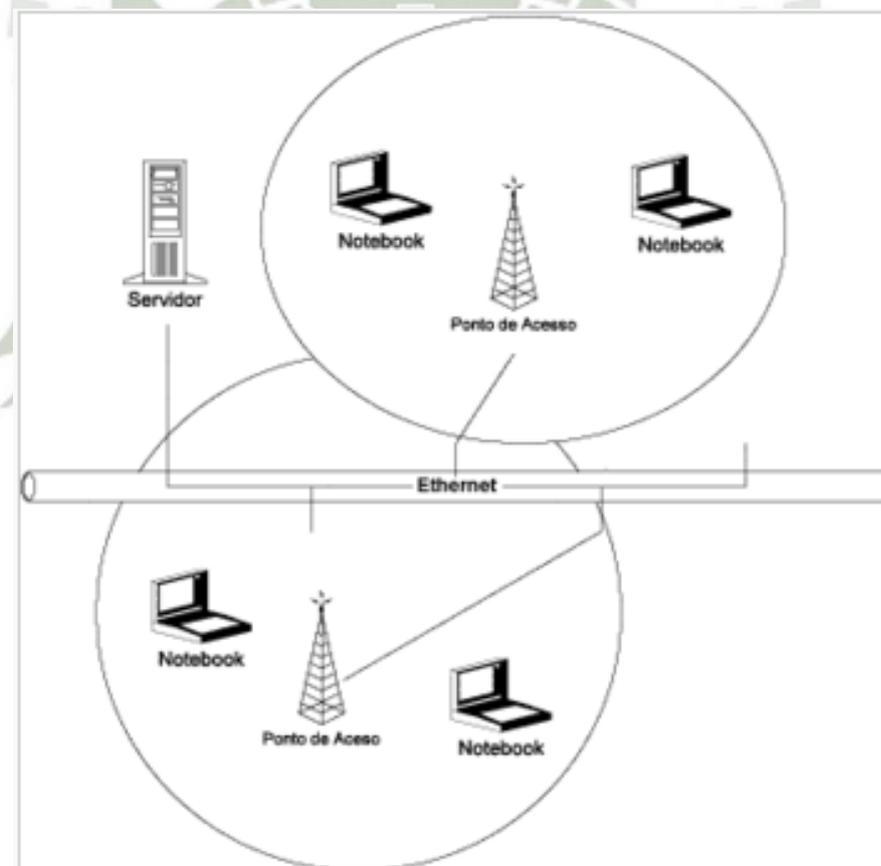


Figura 2.1. Esquema de cómo funciona una red inalámbrica.

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Comunicación_inalámbrica]

¹ https://es.wikipedia.org/wiki/Comunicación_inalámbrica

La comunicación inalámbrica, que se realiza a través de ondas de radiofrecuencia, facilita la operación en lugares donde la computadora no se encuentra en una ubicación fija (almacenes, oficinas de varios pisos, etc.) actualmente se utiliza de una manera general y accesible para todo público.²

Cabe también mencionar actualmente que las redes cableadas presentan ventaja en cuanto a transmisión de datos sobre las inalámbricas. Mientras que las cableadas proporcionan velocidades de hasta 1 Gbit/s (Red Gigabit), las inalámbricas alcanzan sólo hasta 108 Mbit/s.³

Se puede realizar una “mezcla” entre inalámbricas y alámbricas, de manera que pueden funcionar de la siguiente manera: que el sistema cableado sea la parte principal y la inalámbrica sea la que le proporcione movilidad al equipo y al operador para desplazarse con facilidad en distintos campo (almacén u oficina).⁴

Un ejemplo de redes a larga distancia son las Redes públicas de Conmutación por Radio. Estas redes no tienen problemas en pérdida de señal, debido a que su arquitectura está diseñada para soportar paquetes de datos en vez de comunicaciones por voz.⁵

² https://es.wikipedia.org/wiki/Comunicación_inalámbrica

³ Idem

⁴ Idem

⁵ Idem

Actualmente, las transmisiones inalámbricas constituyen una eficaz herramienta que permite la transferencia de voz, datos y vídeo sin la necesidad de cableado. Esta transferencia de información es lograda a través de la emisión de ondas de radio teniendo dos ventajas: movilidad y flexibilidad del sistema en general.⁶

En general, la tecnología inalámbrica utiliza ondas de radiofrecuencia de baja potencia y una banda específica, de uso libre o privada, para transmitir entre dispositivos. Estas condiciones de libertad de utilización sin necesidad de licencia, ha propiciado que el número de equipos, especialmente computadoras, que utilizan las ondas para conectarse, a través de redes inalámbricas haya crecido notablemente.⁷

La tendencia a la movilidad y la ubicuidad hacen que cada vez sean más utilizados los sistemas inalámbricos, y el objetivo es ir evitando los cables en todo tipo de comunicación, no solo en el campo informático sino en televisión, telefonía, seguridad, domótica, etc.⁸

⁶ https://es.wikipedia.org/wiki/Comunicación_inalámbrica

⁷ Idem

⁸ Idem

Un fenómeno social que ha adquirido gran importancia, en todo el mundo, como consecuencia del uso de la tecnología inalámbrica son las comunidades inalámbricas que buscan la difusión de redes alternativas a las comerciales. El mayor exponente de esas iniciativas en España es Red Libre.⁹

Los hornos de microondas utilizan radiaciones en el espectro de 2,45 GHz. Es por ello que las redes y teléfonos inalámbricos que utilizan el espectro de 2,4 GHz. pueden verse afectados por la proximidad de este tipo de hornos, que pueden producir interferencias en las comunicaciones.¹⁰

Otras veces, este tipo de interferencias provienen de una fuente que no es accidental. Mediante el uso de un perturbador o inhibidor de señal se puede dificultar e incluso imposibilitar las comunicaciones en un determinado rango de frecuencias. Algunos de los equipos de punto de acceso que normalmente vienen con antena omni 2dbi, muchas veces desmontables, en las cuales se puede hacer enlaces por encima de los 500 metros y además se pueden interconectar entre sí. No debe haber obstáculos para que la señal sea excelente, ya que esto interfiere en la señal y puede haber problemas en la conexión.¹¹

⁹ https://es.wikipedia.org/wiki/Comunicación_inalámbrica

¹⁰ Idem

¹¹ Idem

2.2. Sistema Troncalizado.

Los Sistemas Radio Trunking son sistemas de radiocomunicaciones móviles para aplicaciones privadas, formando grupos y subgrupos de usuarios, con las siguientes características principales:¹²

- Estructura de red celular (independientes de las redes públicas de telefonía móvil)¹³
- Los usuarios comparten los recursos del sistema de forma automática y organizada.¹⁴
- Cuando se requiere, por el tipo de servicio, es posible el establecimiento de canales prioritarios de emergencia que predominarían sobre el resto de comunicaciones del grupo.¹⁵

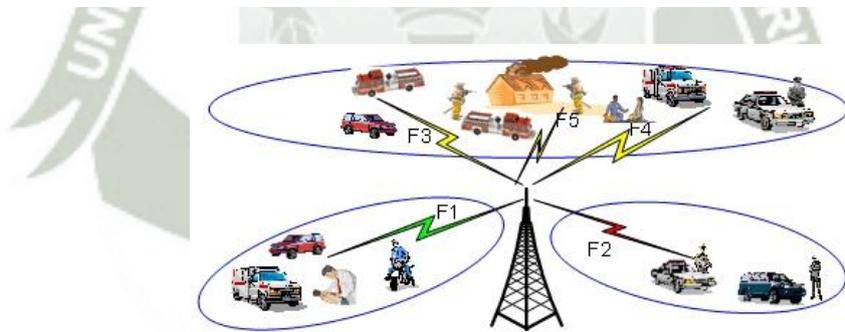


Figura 2.2. Sistema Troncalizado.

Fuente: [<https://www.emaze.com/@AQRIFIR/SUB-2>]

¹² <https://es.wikipedia.org/wiki/Trunking>

¹³ Idem

¹⁴ Idem

¹⁵ Idem

El sistema troncalizado es totalmente computarizado, por lo tanto posee elementos de control que permiten detectar rápidamente las fallas que se presenten en su funcionamiento. Así mismo dependiendo de la marca del sistema, posee mecanismos automáticos para evitar que el sistema falle completamente en caso de que algún componente quede fuera de servicio. Además todos los parámetros de operación son programables de acuerdo a las necesidades de los usuarios.¹⁶

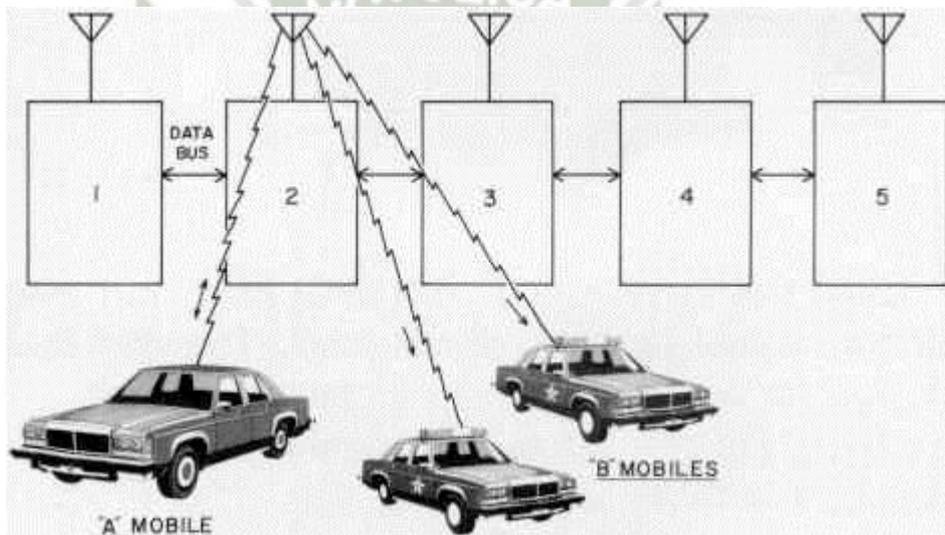


Figura 2.3. Asignación de enganche libre.

Fuente: [<http://html.rincondelvago.com/trunking.html>]

¹⁶ <http://www.monografias.com/trabajos65/sistemas-troncalizados/sistemas-troncalizados2.shtml>

Es un sistema en el cual los usuarios comparten todos los canales disponibles (frecuencias asignadas), evitando así que dependan de un canal determinado y no puedan transmitir su mensaje si este se encuentra ocupado". Para una mejor comprensión del sistema troncalizado describiremos el funcionamiento de un sistema convencional: En un sistema convencional cada grupo de usuarios cuenta con un canal determinado. Si un usuario desea comunicarse con otro usuario de otro grupo, debe cambiar su radio al canal respectivo. De esta manera si el canal al cual está asignado el usuario se encuentra ocupado este no puede transmitir su mensaje. En el sistema troncalizado, se crean grupos de usuarios independientes de los canales o frecuencias con que se cuente. De tal manera que cuando un usuario desea realizar un llamado, bien sea de voz o datos, el sistema automáticamente le asigna un canal libre. Si en ese momento no se encuentra ningún canal libre, queda en una cola de espera por un determinado tiempo. Este tiempo es programable al igual que otras muchas facilidades. Un ejemplo sencillo de como funciona un sistema troncalizado, es comparándolo con las filas de clientes de los establecimientos bancarios, donde los clientes realizan una sola fila y el primero que se encuentre en ella es atendido por el cajero que quede disponible.¹⁷

¹⁷ https://www.ecured.cu/Radiocomunicación_móvil_troncalizado

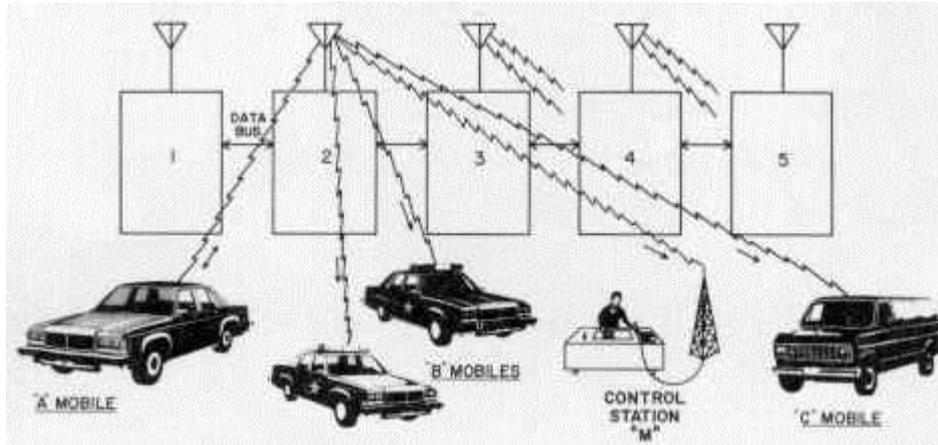


Figura 2.4. SISTEMA ANTES DEL TRUNKING.

Fuente: [<http://html.rincondelvago.com/trunking.html>]

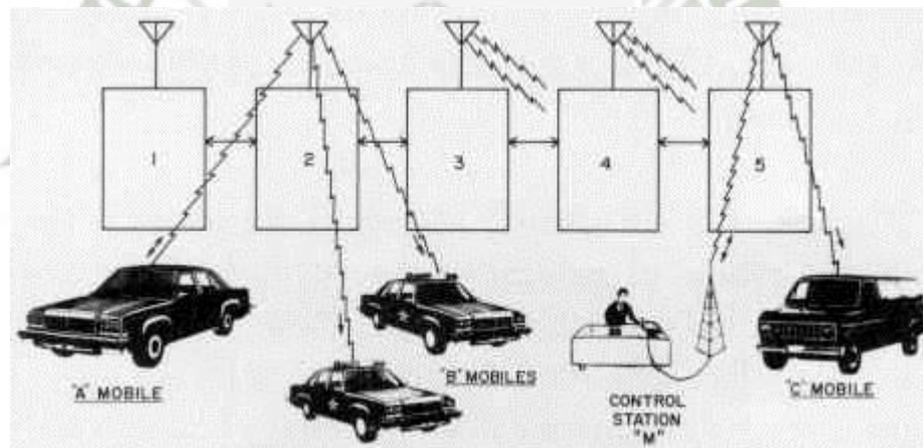


Figura 2.5. SISTEMA DESPUES DEL TRUNKING.

Fuente: [<http://html.rincondelvago.com/trunking.html>]

2.2.1 SISTEMAS DE RADIOS DIGITALES TRONCALIZADOS EMERGENTES.

➤ SISTEMA DIGITAL TRONCALIZADO APCO P25:

Sistema Radio Digital P25 concepto de concentración de enlaces (trunking). Este modelo ha sido utilizado con éxito por telefonía fija durante más de cien años. Sin embargo, fue posible su aplicación a los sistemas de radio por los avances en los circuitos de microprocesadores y tecnología de los sintetizadores de frecuencia. Así nació un sistema de tecnología moderna y avanzada, que proporciona un alto grado de fiabilidad y flexibilidad en el diseño, operación y mantenimiento de sistemas de comunicación. El sistema digital P25 ha sido ampliamente utilizado y alabado por su actuación en todo el mundo, especialmente Estados Unidos.¹⁸

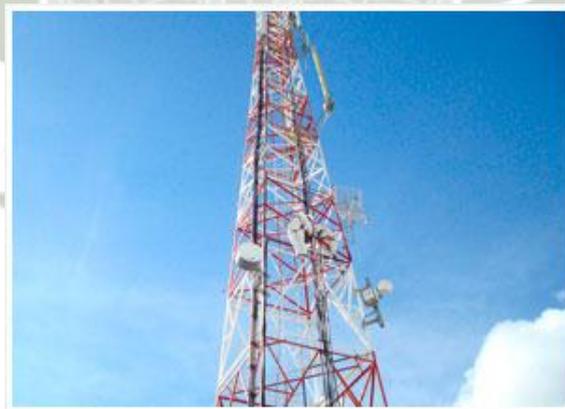


Figura 2.6. Torre de Antenas Sistema P25.

Fuente: [<http://www.mg.com.pe/sistema-digital-p25.htm>].

¹⁸ <http://www.mg.com.pe/sistema-digital-p25.htm>.

El APCO P25 es un sistema desarrollado para ayudar y facilitar la comunicación, especialmente en los sectores en los que hay entornos de misión crítica, tales como la seguridad pública, distribución de energía, petroquímica, refinerías de petróleo y otros. Este sistema ofrece todas las ventajas de un sistema de trunking digital como encriptación de voz, una mejor utilización del espectro, permitiendo que un canal físico se utiliza por más de un abonado con las transmisiones tanto de voz como de datos. Al migrar a una tecnología digital con un P25 los usuarios de sistemas digitales tendrán la oportunidad de disfrutar de un integrado de voz y datos que se puede utilizar para acelerar las transmisiones y hacerlo aún más el sistema dinámico. La gran potencia y flexibilidad que el sistema APCO P25 ofrece junto con el uso de bandas de frecuencia más altas, permite la aplicación de los conceptos que se traducen en una amplia gama de beneficios a los usuarios de los sistemas de radio móvil. MG Trading es un distribuidor de sistema APCO P25, trabajamos con la certificación de Motorola para la implementación del sistema de radios digitales ASTRO 25.¹⁹

¹⁹ <http://www.mg.com.pe/sistema-digital-p25.htm>

➤ **SISTEMA DIGITAL TRONCALIZADO MOTOTURBO:**

Sistema Digital Mototurbo se necesita para lograr una mayor productividad y aumentar la eficiencia de las operaciones son un reto regalo en cualquier entorno corporativo. Tratando de cumplir con todos los requisitos de información que se encuentran en las empresas, organizaciones y agencias gubernamentales, Motorola desarrolló Mototrbo sistema de radio bidireccional, que ha cerrado el protocolo y tiene como objetivo satisfacer las demandas de una comunicación privada, en la medida en que puede ser totalmente personalizada y opera en las bandas de frecuencia con licencia. Digital, seguro y extremadamente eficaz, este sistema garantiza importantes recursos a sus usuarios, además de la comunicación por radio, tales como la capacidad de enviar mensajes de texto y utilizar las aplicaciones a través de los sistemas de localización por GPS, que garantizan una mayor seguridad y versatilidad.²⁰

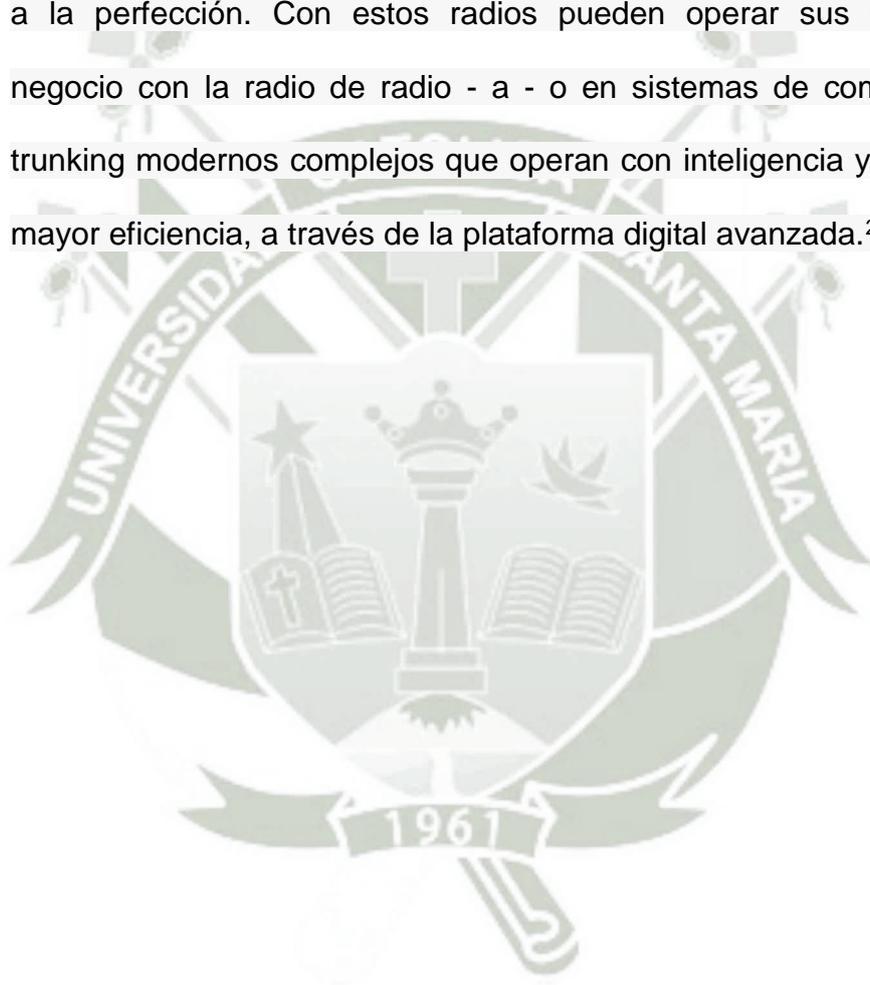


Figura 2.7. Radio de Sistema Mototurbo.

Fuente: [<http://www.mg.com.pe/sistema-digital-mototrbo.htm>]

²⁰ <http://www.mg.com.pe/sistema-digital-mototrbo.htm>

El Mototurbo fue desarrollado exclusivamente por Motorola, que ha creado una línea de productos propios para operar este sistema. Ofreciendo todo tipo de equipos, tales como radios portátiles, radios móviles, estaciones repetidoras y una cartera completa de accesorios, sistema MOTOTURBO para satisfacer las diversas necesidades de comunicación y se puede implementar para satisfacer sus necesidades a la perfección. Con estos radios pueden operar sus sistemas de negocio con la radio de radio - a - o en sistemas de comunicaciones trunking modernos complejos que operan con inteligencia y permitir una mayor eficiencia, a través de la plataforma digital avanzada.²¹



²¹ <http://www.mg.com.pe/sistema-digital-mototurbo.htm>

➤ **SISTEMA DIGITAL TRONCALIZADO TETRA:**

Este Sistema Tetra es eficaz para los organismos públicos, el transporte y la seguridad pública para responder a los incidentes potenciales servicios más rápidos, a fin de no permitir que el fracaso, condicionó el desarrollo de sistemas avanzados de telecomunicaciones, destinados específicamente para ese propósito. El sistema de trunking digital TETRA, se ha utilizado principalmente en Europa, con gran éxito, la combinación de la fiabilidad y la eficiencia en las transmisiones de comunicación. Por lo tanto, el sistema digital de radio TETRA ha demostrado mejoras en la velocidad en los procesos de trabajo, el aumento de la eficiencia de las tareas administrativas y una respuesta más rápida a cualquier tipo de evento. Una de las características más llamativas de la norma TETRA es que tiene un protocolo abierto y define las interfaces clave, sin embargo, no define el modo de funcionamiento del sistema, que permite que cada proveedor para implementar sus propios sistemas.²²



Figura 2.8. Radio de Sistema Tetra.

Fuente: [<http://www.mg.com.pe/sistema-digital-tetra.htm>].

²² <http://www.mg.com.pe/sistema-digital-tetra.htm>

La tecnología digital garantiza una calidad constante de la voz, a diferencia de los sistemas analógicos que disminuye a medida que la intensidad se reduce la señal. TDMA proporciona un uso eficiente del espectro, ya que cada portadora de radio se divide en cuatro intervalos de tiempo. Además, el tráfico de voz y de datos se puede transportar simultáneamente. La existencia de una interfaz definida específica permite la utilización del equipo terminal de sistema de varios vendedores. Estos terminales pueden incluso comunicarse entre sí utilizando el modo directo (DMO) si es necesario.²³



²³ <http://www.mg.com.pe/sistema-digital-tetra.htm>

2.3. Sistema de Radio Troncalizado Tetra.

2.3.1. Descripción.

Es un estándar elaborado y definido por la ETSI (Instituto Europeo de Estándares para las Telecomunicaciones) que satisface los requerimientos de usuarios de seguridad pública, sistema de ambulancias, transporte público y privado, aplicaciones militares, comunicaciones gubernamentales y comunicaciones para industrias medianas y grandes.²⁴

Es un sistema abierto y estándar, esto quiere decir que dentro del estándar TETRA tiene una normativa para los interfaces, los servicios e instalaciones detallada para que cualquier fabricante desarrolle productos y terminales y que todos puedan interactuar entre sí. Por esta razón TETRA tiene un gran número de fabricantes consiguiendo así una gran competencia y la posibilidad de selección de productos al usuario.²⁵

Requiere autenticación en los terminales para asegurar que los usuarios son los aprobados, tiene encriptación integral extremo a extremo y bloqueo fácil de equipos robados. Esto es posible a través de las redes virtuales dentro de TETRA que permiten que cada organización trabaje de manera independiente.²⁶

²⁴ AMPLIACION DE LA RED TETRA – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones

Salazar Domerizain, Elena; Falcone Lanas, Francisco. Pamplona –Junio 2014

²⁵ Ídem

²⁶ Ídem

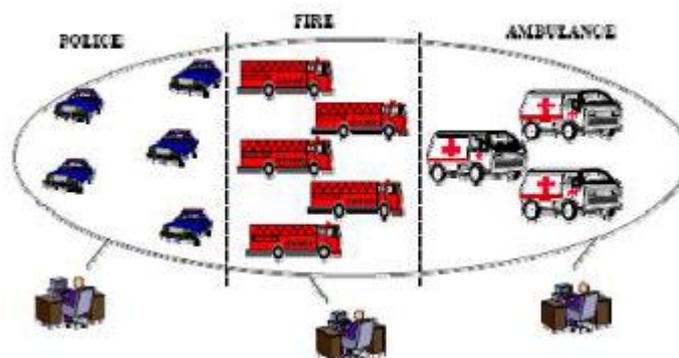


Figura 2.9. Representación de como cada organización trabaja de manera independiente.

Fuente: [AMPLIACION DE LA RED TETRA – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones].

Tiene diversidad de servicios de voz: comunicaciones individuales, llamadas de emergencia, comunicaciones de grupo. Además permite grabar las llamadas y tiene un gestor de prioridades de los grupos y los usuarios.²⁷

Posee control de potencia para poder ajustar la potencia de las radios dependiendo de la distancia de la Estación Base, evitar interferencias co-canal e interferencias en el canal adyacente y reduce el consumo de la batería. Emplea multiplexación TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) con método de acceso, con cuatro canales en cada portadora de 25 KHz.²⁸

²⁷ AMPLIACION DE LA RED TETRA – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones

Salazar Domerizain, Elena; Falcone Lanas, Francisco. Pamplona –Junio 2014

²⁸ Ídem

TETRA al ser un sistema abierto, no propietario, presenta dos ventajas principales: la interoperabilidad de equipos en todos los subsistemas, lo cual es indispensable para comunicaciones de emergencia así mismo, origina un mercado de equipos y componentes que ayudará a contar con equipos de calidad y precios que permitan la inversión en este tipo de sistemas.²⁹

Entre los puntos sobresalientes de ésta tecnología podemos incluir:

- ✓ Optimización del espectro mediante el uso de TDMA que permite tener hasta 4 ranuras de tiempo por cada canal físico.
- ✓ Posee un rápido acceso en comparación con otros sistemas (<1segundo).
- ✓ Permite flexibilidad y confiabilidad al poder utilizar la Operación de Modo Directo (DMO) mediante el cual las comunicaciones no pasan por una estación base.
- ✓ Posee la capacidad de transmisión de datos.
- ✓ Tiene la posibilidad de encriptación end-to-end.
- ✓ Maneja mensajes de voz, datos e imagen.³⁰

²⁹ PLANIFICACION DE UN SISTEMA TRONCALIZADO DIGITAL EN ESTANDAR TETRA PARA APLICACIONES DE SEGURIDAD CIUDADANA Y COMUNICACIONES EN CASO DE EMERGENCIA – Universidad Nacional de Ingeniería
Defilipi Elias Alessandro. Lima - 2010

³⁰ Ídem

2.3.2. Elementos del Sistema.

En esta sección se muestra la estructura de cada uno de los segmentos que conforman la red del Sistema de Radio Troncalizado.

Nodo Central (DXT):

- ✓ Es el cerebro de toda la red y su principal función es que todos los usuarios del servicio puedan comunicarse.³¹
- ✓ Tiene el control de todo el tráfico de los diferentes canales, radioenlaces...³²
- ✓ Permite la conexión mediante topologías de malla o anillo.³³
- ✓ El DXT gestiona las conexiones de voz y datos entre usuarios y usuarios y despachos, asociando a los diferentes terminales de un mismo grupo a las Estaciones Base. Soporta hasta 256 portadoras y un máximo de 128 Estaciones. La base de datos incluye también informaciones sobre las organizaciones y los grupos. Cuando un usuario quiere acceder a la red, primero el DXT tiene que confirmar que este tiene los permisos para poder acceder. Además tiene programados los privilegios de cada usuario.³⁴

³¹ AMPLIACION DE LA RED TETRA – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones

Salazar Domerizain, Elena; Falcone Lanas, Francisco. Pamplona –Junio 2014

³² Ídem

³³ Ídem

³⁴ Ídem

Estaciones Base:

- ✓ Su función principal es la de dar cobertura a una zona concreta, dependiendo de hasta donde llegue la cobertura de esta.³⁵
- ✓ Asigna de forma dinámica los canales de tráfico, es decir asigna uno de los canales que tenga libre cuando el nodo central le envía una comunicación de que un usuario quiere hablar. Este proceso lo realiza independiente del DXT.³⁶
- ✓ También debe de gestionar el enlace con el nodo central, para esto se utilizan los radioenlaces, por donde se transmite el tráfico entre el nodo central y la Estación Base.³⁷
- ✓ Normalmente el enlace ascendente, desde el terminal móvil a la estación base suele ser el restrictivo, ya que la potencia de este suele ser menor.³⁸

³⁵ AMPLIACION DE LA RED TETRA – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones

Salazar Domerizain, Elena; Falcone Lanás, Francisco. Pamplona –Junio 2014

³⁶ Ídem

³⁷ Ídem

³⁸ Ídem

Terminales de Comunicación:

Son los terminales con los que los usuarios pueden realizar las llamadas, tienen la capacidad de conmutar entre varios modos de operación.

Existen 4 tipos:

- ✓ **Portátiles:** Dispositivos de mano, tienen el transmisor de menor potencia, ya que funcionan mediante baterías.
- ✓ **Móviles:** Están instalados en los vehículos, utilizan la energía del propio coche para funcionar. Por esto pueden emitir a mayor potencia que los portátiles.
- ✓ **Fijos:** Están localizados en edificaciones. Como el consumo eléctrico no es un problema emiten con gran potencia.
- ✓ **De operador:** A diferencia de los anteriores, no emplea un sistema radiante propio para la comunicación, sino que utiliza la red para enviar su mensaje al resto de usuarios.³⁹

³⁹ AMPLIACION DE LA RED TETRA – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones
Salazar Domerizain, Elena; Falcone Lanas, Francisco. Pamplona –Junio 2014

Terminales de despacho:

- ✓ Son ubicaciones desde las que un operador puede tener acceso al sistema, dichos puestos permiten tanto las funcionalidades de comunicaciones como las de gestión y administración. Además cuentan con una interfaz de monitores.⁴⁰

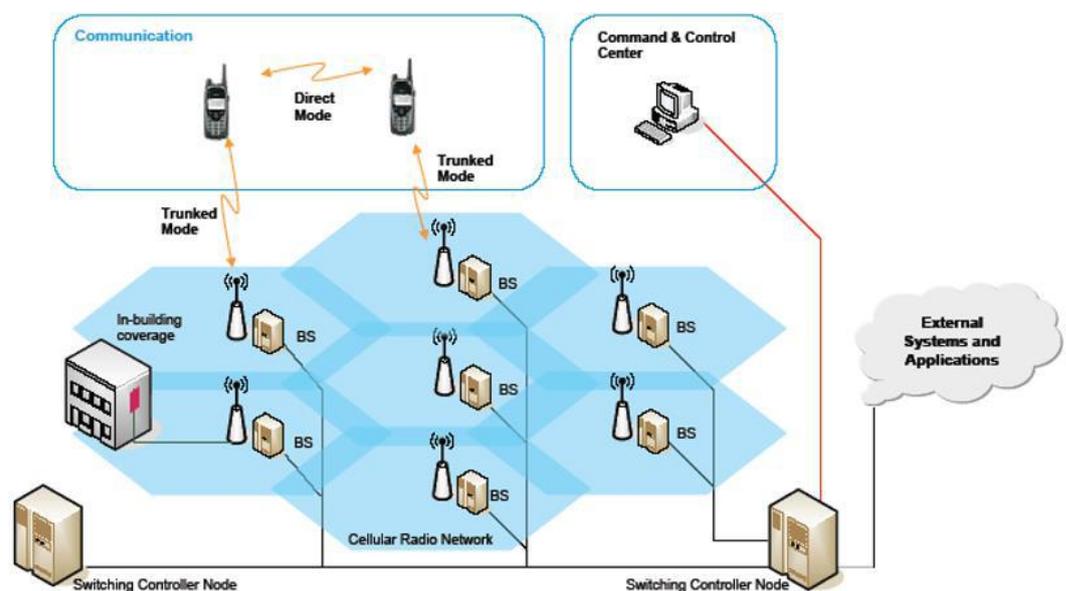


Figura 2.10. Estructura de la Red Tetra.

Fuente: [AMPLIACION DE LA RED TETRA – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones]

⁴⁰AMPLIACION DE LA RED TETRA – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones

Salazar Domerizain, Elena; Falcone Lanás, Francisco. Pamplona –Junio 2014

2.3.3. Funciones.

TETRA es un sistema diseñado que gestiona de manera, eficaz y económica el uso de la red de radio comunicaciones. La red TETRA puede ser compartida por varias organizaciones manteniendo privacidad y seguridad mutua.⁴¹

Esto es posible a través de redes virtuales (flotas) dentro de TETRA que permiten que cada organización trabaje de manera independiente.⁴²

- ✓ TETRA es un sistema digital que proporciona buena calidad de voz y baja tasa de error.
- ✓ Multiplexación en el tiempo: TDMA con 4 time slots por portadora lo que origina una alta eficiencia espectral.
- ✓ 25 kHz. de separación entre portadoras.
- ✓ Tasa de transmisión de hasta 28.8kbps por portadora (4 canales).⁴³

⁴¹ INTRODUCCION A LAS REDES DE COMUNICACIÓN TRUNKING DIGITAL TETRA –
Universidad de Cantabria UC

Vicente Pou, Carlos. Cantabria 2010

⁴² Ídem

⁴³ Ídem

2.3.4. Técnicas.

Algunas de las técnicas a usar para la determinación, planificación y diseño del proyecto serán:

Control de potencia.

- Sirve para ajustar la potencia de las radios dependiendo de la distancia a la estación base, Se reduce la potencia pero garantizando la integridad y calidad del enlace. Se evitan interferencias co-canal con otros terminales cercanos. Se evitan interferencias en el canal adyacente. Se reduce el consumo de batería en los terminales prolongando el periodo de uso.⁴⁴

Cálculo de pérdidas de enlace en la estación base servidora.

- Usado para estimar las pérdidas en el enlace con la célula servidora.⁴⁵

Cálculo de pérdidas de enlace en la estación base adyacente.

- Usado para estimar las pérdidas en el enlace con la célula adyacente.⁴⁶

⁴⁴ INTRODUCCION A LAS REDES DE COMUNICACIÓN TRUNKING DIGITAL TETRA –
Universidad de Cantabria UC

Vicente Pou, Carlos. Cantabria 2010

⁴⁵ Ídem

⁴⁶ Ídem

Ventajas del uso de estas técnicas.

- ✓ Eficiencia en el uso del espectro de frecuencias.
- ✓ Llamadas en modo Full Duplex.
- ✓ Tiempo de establecer la llamada muy rápido (incluso <math><300</math> ms).
- ✓ Modo Directo de Comunicación entre las Radios.
- ✓ Alta orientación a las llamadas de grupo.
- ✓ Posibilidad de comunicaciones a altas velocidades >400 km/h
- ✓ Alto grado de seguridad y fiabilidad en las comunicaciones.
- ✓ Prioridades de llamada.⁴⁷

⁴⁷ INTRODUCCION A LAS REDES DE COMUNICACIÓN TRUNKING DIGITAL TETRA –
Universidad de Cantabria UC
Vicente Pou, Carlos. Cantabria 2010

2.3.5 Esquema Conceptual.

En general ésta tecnología posee una gran similitud con otros sistemas móviles, en especial con la tecnología GSM, sin embargo; existen a la vez grandes diferencias entre estas tecnologías, muchas de éstas diferencias son las que hacen a la tecnología TETRA como una de las de mejor desarrollo para las comunicaciones que requieren una gran flexibilidad, robustez y adaptación a distintos escenarios como son las comunicaciones de emergencia y aplicaciones de seguridad (policía, bomberos, Defensa Civil, etc.), algunas de éstas diferencias son:⁴⁸

Llamadas de Grupo

Los sistemas móviles convencionales no poseen requerimiento para este tipo de llamadas, si bien en algunos este requerimiento puede ser soportado por otras modalidades (llamadas tripartita por ejemplo) no están diseñados para esto, la tecnología TETRA posee una gran flexibilidad para esto, como el permitir a los usuarios ingresar o dejar grupos de comunicación o la posibilidad de contactar a todos los usuarios de un área específica.⁴⁹

⁴⁸ PLANIFICACION DE UN SISTEMA TRONCALIZADO DIGITAL EN ESTANDAR TETRA PARA APLICACIONES DE SEGURIDD CIUDADANA Y COMUNICACIONES EN CASO DE EMERGENCIA – Universidad Nacional de Ingeniería
Defilipi Elias Alessandro. Lima - 2010

⁴⁹ Ídem

Operación mediante Despachador:

TETRA permite tener uno o más despachadores que interactúan con los usuarios, monitorean las comunicaciones, empiezan o finalizan comunicaciones, ejecuten funciones de localización y comunicaciones avanzadas. Esto permite que los distintos centros de control de los organismos (Policía, Centrales de Emergencia, Bomberos, FFAA) cuenten con despachadores (también conocidos como operadores) del sistema integrados, logrando un óptimo manejo y administración del sistema.⁵⁰

Operación en Modo Directo (Direct Mode Operation – DMO):

En este modo de operación los terminales se comunican sin pasar una estación base o el resto de la infraestructura de la red. Existen distintas configuraciones en los terminales para la combinación de DMO y el modo de operación normal (Trunking Mode Operation – TMO) a fin de adaptarse a las distintas y particulares necesidades de cada red. Esta funcionalidad no es soportada por los sistemas móviles tradicionales principalmente por un tema de facturación y administración (estos sistemas están orientados a ambientes comerciales).⁵¹

⁵⁰ PLANIFICACION DE UN SISTEMA TRONCALIZADO DIGITAL EN ESTANDAR TETRA PARA APLICACIONES DE SEGURIDAD CIUDADANA Y COMUNICACIONES EN CASO DE EMERGENCIA – Universidad Nacional de Ingeniería
Defilipi Elias Alessandro. Lima - 2010

⁵¹ Ídem

De igual forma existen el modo “Respaldo” (Fallback) que es usado si en un determinado momento una estación base pierde conexión con el núcleo de la red, en este modo de comunicación los terminales de los usuarios que se encontraban en capacidad de comunicarse (registrados) antes de la pérdida del enlace podrán seguir comunicándose dentro del área de cobertura de la estación base o en área extendida con las otras estaciones base con las que tiene enlace, esto se logra dado que cada estación base guarda una copia de la base de datos de usuarios registrados en un momento dado.⁵² Ésta base de datos es actualizada constantemente.

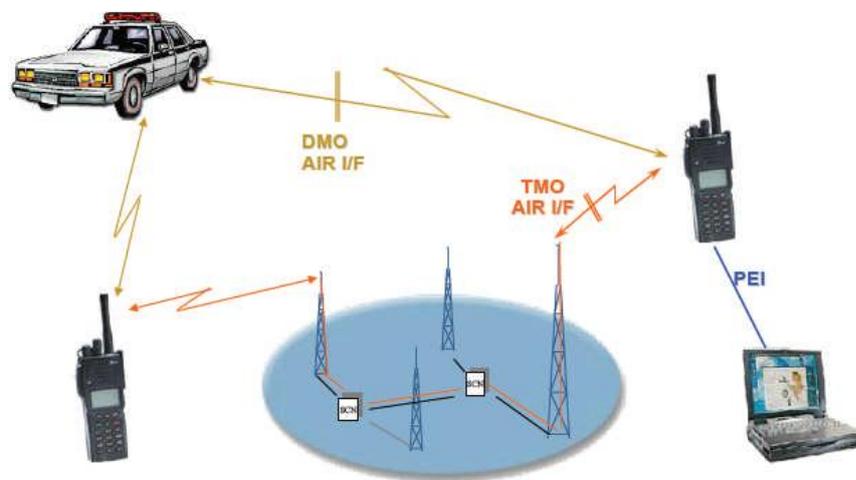


Figura 2.11. Esquema básico de los modos de comunicación TETRA.

Fuente: [PLANIFICACION DE UN SISTEMA TRONCALIZADO DIGITAL EN ESTANDAR TETRA PARA APLICACIONES DE SEGURIDD CIUDADANA Y COMUNICACIONES EN CASO DE EMERGENCIA].

⁵² PLANIFICACION DE UN SISTEMA TRONCALIZADO DIGITAL EN ESTANDAR TETRA PARA APLICACIONES DE SEGURIDAD CIUDADANA Y COMUNICACIONES EN CASO DE EMERGENCIA – Universidad Nacional de Ingeniería.
Defilipi Elias Alessandro. Lima - 2010

2.3.6. Ventajas de sistemas troncalizados sobre sistemas convencionales.

- ✓ Operación Simple.
- ✓ Rápido Acceso al Sistema.
- ✓ Mejor Eficiencia de Canales.
- ✓ Mayor Privacidad.
- ✓ Facilidad de Ampliación.
- ✓ Control del Sistema.
- ✓ Comunicación de voz y datos.

2.3.7. Cálculo del enlace.

El cálculo de enlace tiene por como objetivo establecer las pérdidas y las ganancias que se tiene a lo largo de la vía inalámbrica de comunicación a fin de predecir la máxima pérdida de atenuación y así poder determinar aproximadamente la cobertura efectiva de cada estación.⁵³

Dentro de los parámetros generales que se toman en cuenta para realizar el cálculo de enlace tenemos:

- ✓ Ganancia de las antenas.
- ✓ Potencia de transmisión.
- ✓ Sensibilidad del receptor.
- ✓ Pérdidas en el espacio libre.
- ✓ Atenuaciones y pérdidas en los componentes.

⁵³ PLANIFICACION DE UN SISTEMA TRONCALIZADO DIGITAL EN ESTANDAR TETRA PARA APLICACIONES DE SEGURIDAD CIUDADANA Y COMUNICACIONES EN CASO DE EMERGENCIA – Universidad Nacional de Ingeniería.
Defilipi Elias Alessandro. Lima - 2010

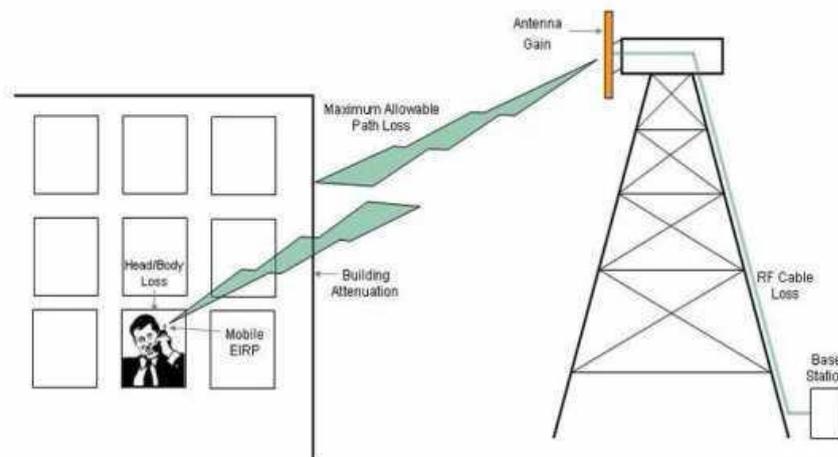


Figura 2.12. Parámetros generales para cálculo de enlace.

Fuente: [PLANIFICACION DE UN SISTEMA TRONCALIZADO DIGITAL EN ESTANDAR TETRA PARA APLICACIONES DE SEGURIDD CIUDADANA Y COMUNICACIONES EN CASO DE EMERGENCIA].

Para los presentes cálculos se utilizará el Modelo Hata, este modelo es uno de los más utilizados en los modelos de propagación de radio frecuencia para predecir el comportamiento de las transmisiones de celulares en las zonas urbanas. El modelo de Hata predice la pérdida total de ruta a lo largo del enlace. Algunas consideraciones que deben tomarse para utilizar este modelo de propagación son que la frecuencia de operación del sistema debe encontrarse entre 150MHz y 1500Mhz, así mismo la antena de la estación base debe estar colocada a una altura entre 30m y 200m y la altura de la antena del terminal debe estar entre 1m y 10m.⁵⁴

⁵⁴ PLANIFICACION DE UN SISTEMA TRONCALIZADO DIGITAL EN ESTANDAR TETRA PARA APLICACIONES DE SEGURIDD CIUDADANA Y COMUNICACIONES EN CASO DE EMERGENCIA – Universidad Nacional de Ingeniería. Defilipi Elias Alessandro. Lima - 2010

Las ecuaciones básicas del modelo son:

$$L = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_B - a(h_t) + (44.9 - 6.55 \log h_B) \log d$$

Donde:

$$a(h_t) = 3.2(\log 11.75 h_t)^2 - 4.97$$

Para; $f > 300\text{MHz}$

Para utilizar las formulas anteriormente descritas tenemos que:

- f es la frecuencia de operación del sistema expresada en MHz.
- h_B es la altura de la antena de la estación base expresada en metros.
- h_t es la altura de la antena del terminal expresada en metros.
- d es la distancia de la estación base al terminal expresada en kilómetros.



CAPITULO III
ANÁLISIS Y PLANIFICACION DE LA
IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA
TRONCALIZADO DIGITAL

Para el desarrollo del presente capítulo, se tienen que analizar factores que finalmente llevaran a la propuesta del presente trabajo de tesis y por lo tanto dar cumplimiento a la hipótesis y objetivos planteados.

Con todos los elementos tomados en cuenta en el Cap. 2, será posible realizar el diseño de la red troncalizada emergente, como plantea el presente trabajo.

3.1 Nuestra Propuesta.

La siguiente propuesta, señala como solución al problema planteado el Diseño de una red troncalizada, pero emergente, fundamentalmente digitalizada, con comunicación inalámbrica para la interconexión de los diversos equipos y dispositivos, el cual está compuesto por dos diferentes etapas que son la red de comunicación industrial y los enlaces inalámbricos de comunicación.

El uso de redes emergentes troncalizadas, conlleva la adquisición de importantes características y grandes beneficios para cualquier tipo de aplicaciones de comunicación, más siempre es importante realizar un análisis de la real necesidad del uso de estos.

Toda la información recopilada durante el presente proceso de investigación indica que existe la clara necesidad de acoplarse a las nuevas tecnologías que están revolucionando la telecomunicación y una de esas tecnologías son las redes emergentes, como las planteadas.

Como anteriormente ya se mencionó en la comunicación celular tradicional, existen problemas como la necesidad de diseñar una red para la comunicación y transmisión de datos provenientes de procesos comerciales, institucionales y empresariales, sistemas de supervisión y control que permitan la clasificación o priorización de este tipo de datos, entre otros.

La importancia de realizar esta investigación radica en que un adecuado sistema de interconexión permitirá que los usuarios de los diversos entornos, conozcan los beneficios de emplear una red moderna, troncalizada, con una topología inalámbrica sobre IP, adecuada, que brinde transmisión de forma segura y eficiente.

El presente trabajo de tesis, es un tema de gran importancia puesto que el estudio de estos involucra un análisis de tecnologías de punta que actualmente ya se están utilizando en el mundo entero.

Se conoce además que el desarrollo de esta investigación es factible y posible de realizar ya que se cuenta con la información necesaria referente al problema, conjuntamente con todos los conocimientos obtenidos; así mismo existe suficiente información tanto en Internet como en libros acerca de estos sistemas.

3.2. Factores claves de viabilidad técnica.

En cuanto a la viabilidad técnica, se tomarán los datos de algunos de los fabricantes como referencias, para realizar una evaluación de las potencias de nuestro enlace, en nuestro caso utilizaremos básicamente como referencia los de Motorola, orientados al Sistema TETRA release 2, debido a su alta gama de equipos y prestaciones de los mismos.

Parámetros	Estación Base	Terminal Móvil
Sensibilidad del Receptor (dBm)	-107	-105
Potencia Transmitida (dBm)	40	34
Ganancia de antena (dBi)	7,5	0,25
Perdidas de la línea (dB)	2	2

Tabla 3.1. Parámetros de equipo para la Red Tetra.

El presente cuadro nos muestra, algunos valores de los parámetros importantes para la simulación del Sistema, tales como la sensibilidad, potencia, ganancia y pérdidas.

3.3. Ingeniería del Proyecto.

Para nuestro Proyecto utilizaremos en cada estación base (BTS) una configuración de irradiación de manera omnidireccional, debido a que ello nos va a permitir:

- ✓ Un menor costo por cada estación.
- ✓ Un menor número de las frecuencias requeridas.
- ✓ Una mejor eficiencia en las funciones de troncalización.

Las frecuencias que utilizaremos para el sistema de acceso estarán en la banda de los 395MHz para transmisión y 386MHz para recepción.

Así mismo cada una de estas estaciones tendrán 2TRX (portadoras) lo que permitirá un total de 8 time slots, de estos 1 será exclusivo para el canal de control y los otros 7 restantes para canales de voz.

Además, tendremos un ancho de banda de 25KHz por cada canal y una separación entre transmisión y recepción de 1MHz.

Características técnicas:

- ✓ Tipo de Modulación $\pi/4$ -DQPSK.
- ✓ Acceso al canal por ALOHA ranurado.
- ✓ El rechazo de canal adyacente > 60 dBc.
- ✓ Potencia de estaciones base: de 0.6 a 40 W.
- ✓ Potencia de equipos móviles: 1, 3 y 10 W.

3.3.1. Desarrollo del Proyecto.

Este Proyecto contara con 04 sites o estaciones bases (BTS), ubicadas en puntos estratégicos en recintos de las instituciones involucradas y así mismo un centro de control de operaciones como nodo central (NC) o Centro de Enrutamiento y Conmutación del Sistema (MSC).

Las ubicaciones de las estaciones bases (BTS) estarán fijadas en las siguientes coordenadas de la ciudad:

Coordenadas:

ESTACION BASE	LATITUD	LONGITUD
GOBIERNO REGIONAL AQP.	-16,42242	-71,50691
MUNI. CERRO COLORADO	-16,37619	-71,56084
CEMENTERIO DE HUNTER	-16,45263	-71,56034
MUNI. DE ALTO SELVA A.	-16,37969	-71,52082

Tabla 3.2. Ubicación de las Estaciones Bases (BTS).

En cuanto a la ubicación de estos puntos se ha basado principalmente por su altura y acceso a las torres de comunicación; así mismo los equipos tal como lo hemos señalado estarán alojados dentro de estos recintos aprovechando la seguridad con la cual cuentan y a la vez con la energía eléctrica de los mismos.

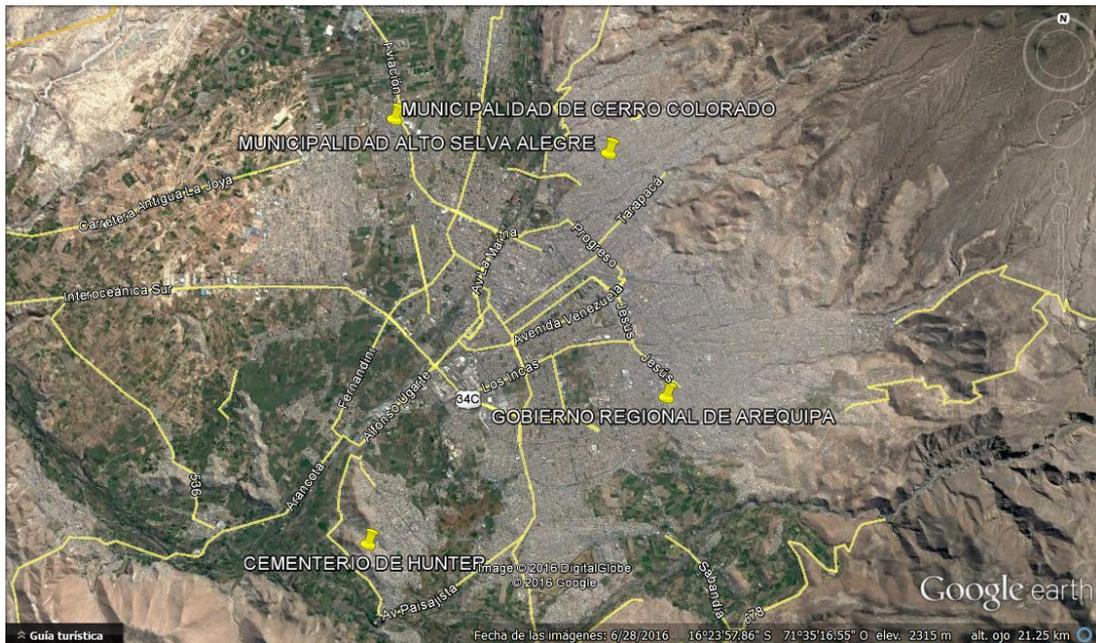


Figura 3.1. Ubicación de las Estaciones Base (BTS).

- Cada punto de repetición albergará dos estaciones MTS 1, que serán las encargadas de distribuir la señal a lo largo y ancho de la ciudad de Arequipa.
- El uso de dos estaciones base MTS1 por cada site, lo haremos debido a que ello nos permitira tener 7 canales de voz y un canal para datos tal como lo hemos planteado al inicio de este capítulo.

Estación Base Gobierno Regional de Arequipa.

Esta Estación estará ubicada en las instalaciones del Gobierno Regional, será la encargada basicamente en dar cobertura a toda el area sur de la ciudad. Su ubicación estará dada por las siguientes coordenadas.

Coordenadas:

ESTACION BASE	LATITUD	LONGITUD
GOBIERNO REGIONAL AQP.	-16,42242	-71,50691

Tabla 3.3. Coordenadas Gobierno Regional.

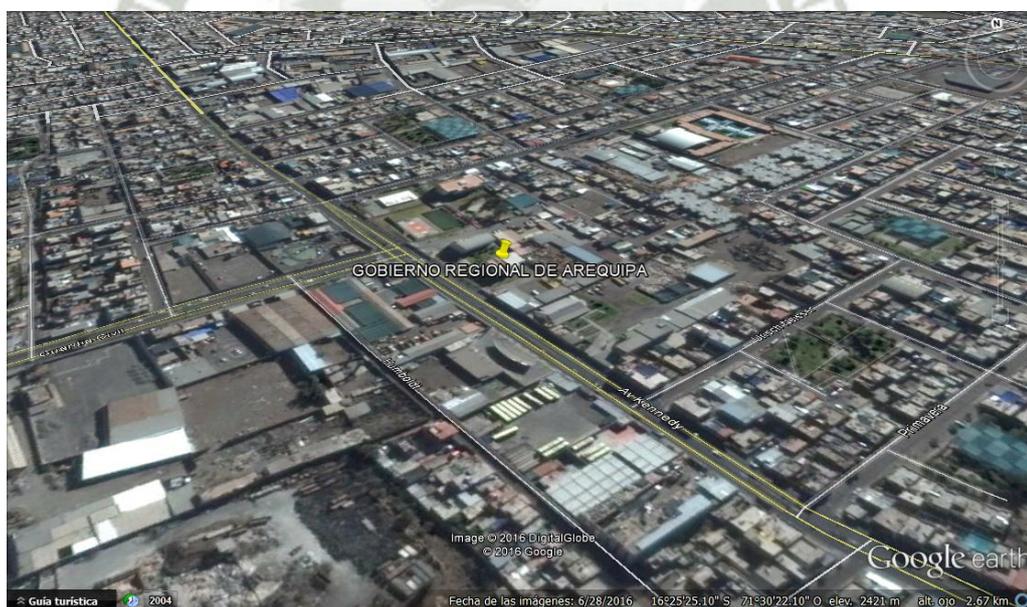


Figura 3.2. Estación Ubicada en el Gobierno Regional de Arequipa.

Estación Base Municipalidad de Alto Selva Alegre.

La ubicación del Centro de Operación de la Red o nodo central (NC) sera en la Municipalidad de Alto Selva Alegre, debido a su proyección y centro estrategico tanto para el sistema de transporte de la Red como para el sistema TETRA release 2 propiamente dicho. Su ubicación esta determinada por:

Coordenadas:

ESTACION BASE	LATITUD	LONGITUD
MUNI. ALTO SELVA ALEGRE	-16,37619	-71,52084

Tabla 3.4. Coordenadas Municipalidad de Alto Selva Alegre.

Todos los componentes de la Red soportan el protocolo IPV4 por lo que el monitoreo y configuración del sistema se realizara a travez de este protocolo. Así mismo la ubicación de esta estación permitira darle cobertura a toda el area este y centro de la ciudad.

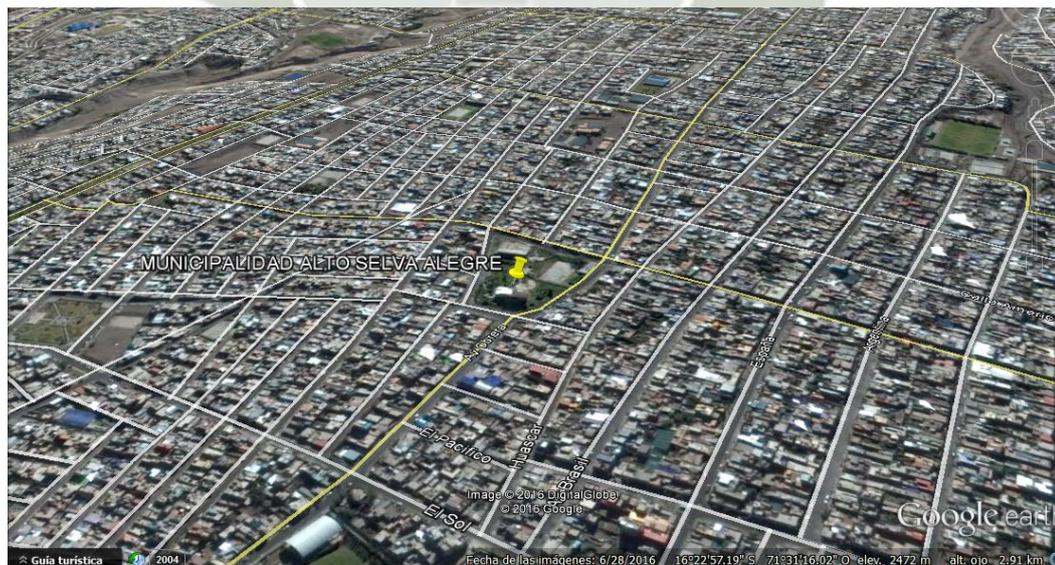


Figura 3.3. Estación ubicada en la Municipalidad de Alto Selva Alegre.

Estación Base Municipalidad de Cerro Colorado.

Esta estación estara ubicada en las instalaciones de la municipalidad de cerro colorado y sera la encargada de cubrir la cobertura de toda el area norte de la ciudad. Sus coordenadas están determinadas por:

Coordenadas:

ESTACION BASE	LATITUD	LONGITUD
MUNI. CERRO COLORADO	-16,37619	-71,56084

Tabla 3.5. Coordenadas Municipalidad de Cerro Colorado.



Figura 3.4. Estación ubicada en la Municipalidad de Cerro Colorado.

Estación Base Cementerio de Jacobo Hunter.

Esta estación es importante debido a la altura que presenta con vista a la ciudad desde esta zona; la estación ubicada en el Cementerio del distrito de Jacobo Hunter, será la encargada de brindarle la cobertura a toda el area oeste de la ciudad. Sus coordenadas estan determinadas por:

Coordenadas:

ESTACION BASE	LATITUD	LONGITUD
CEMENTERIO DE HUNTER	-16,45263	-71,56034

Tabla 3.6. Coordenadas Cementerio de Jacobo Hunter.

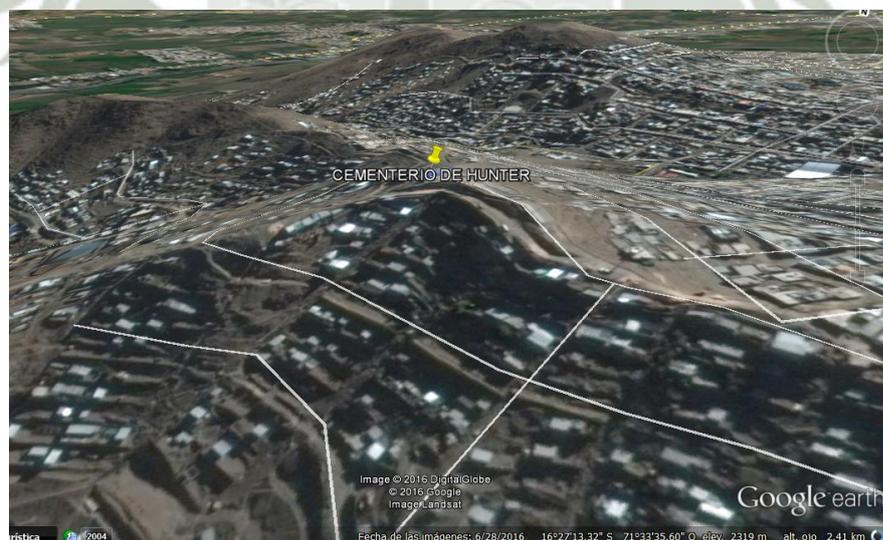


Figura 3.5. Estación ubicada en el Cementerio de Hunter.

3.3.1.1. Factores claves de viabilidad técnica del Sistema.

Dentro de los factores más resaltantes se puede señalar:

- El Sistema puede agrupar más usuarios (más de mil usuarios).
- Un mejor aprovechamiento de las frecuencias, con cuatro canales de voz por frecuencia.
- Un menor costo de pago por licencia de MTC.

Así mismo la integración en el tránsito entre analógico y digital será gradualmente.

3.3.1.2. Viabilidad Tecnológica.

En cuanto a este aspecto podemos resaltar lo siguiente:

- ✓ Se puede utilizar la misma infraestructura en cuanto a torres y energía.
- ✓ Interoperatividad con varias marcas en el estándar Tetra.
- ✓ Se pueden ampliar los canales de conversación para un crecimiento escalable del Sistema.

3.3.1.3. Bandas de Operación.

Tal como ya lo hemos señalado anteriormente las frecuencias que utilizaremos para el sistema de acceso estarán en la banda de los 395MHz para transmisión y 386MHz para recepción.

No	FRECUENCIA
1	38602500
2	38627500
3	38652500
4	38677500
5	38702500
6	38727500
7	38752500
8	38777500
9	38802500
10	38852500
11	38377500
12	38902500
13	38952500
14	38927500

Tabla 3.7. Cuadro de frecuencias utilizadas en los repetidores.

3.3.1.4. Topología de la Red y Simulación de Cobertura del Sistema Tetra release 2.

En esta parte del Proyecto se analiza y describe la propagación del Sistema en sus diferentes estaciones bases a través del programa de simulación Radio Mobile.

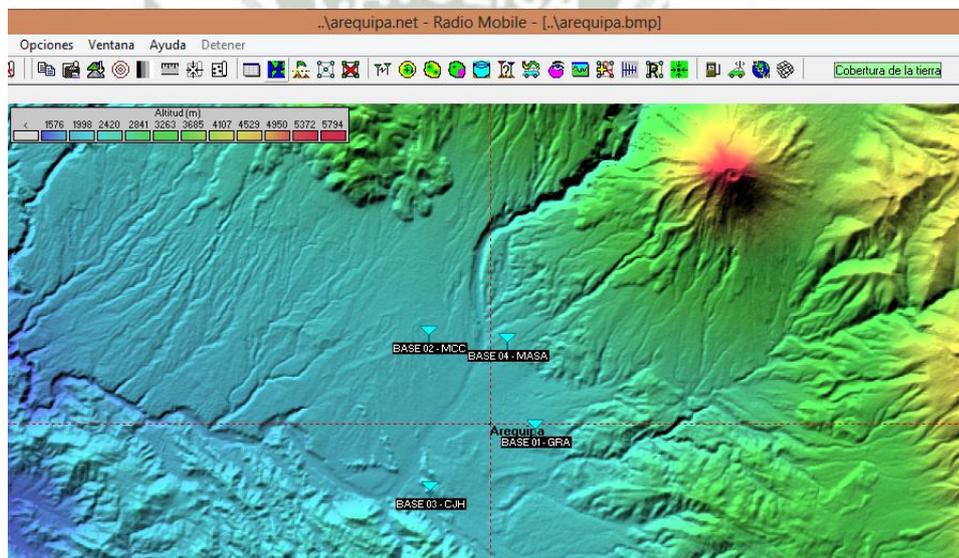


Figura 3.6. Ubicación de los sites o estaciones base en radio mobile.

La siguiente imagen nos muestra la configuración de los diferentes parámetros del sistema para su evaluación tales como los rangos de frecuencia.

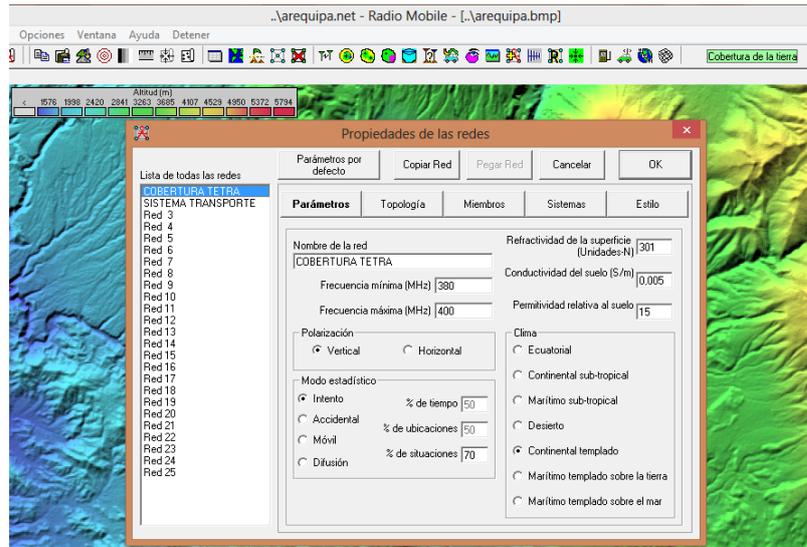


Figura 3.7. Propiedades del Sistema Tetra release 2.

Así mismo pasaremos a configurar las unidades y miembros del sistema con sus diferentes parámetros.

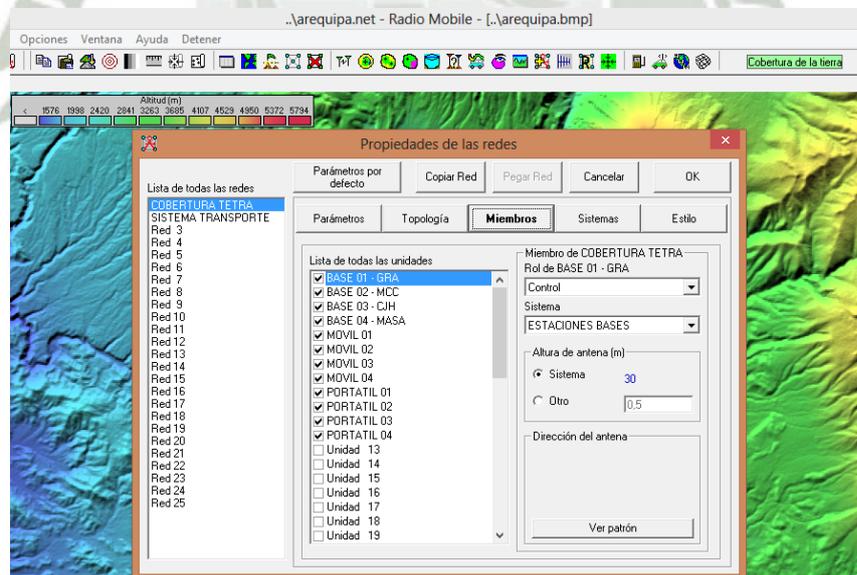


Figura 3.8. Unidades y miembros del Sistema.

Para la configuración de las estaciones del sistema se tomaran los siguientes parámetros, tomando en cuenta cada uno con valores en el peor de los casos:

Parámetros	Estación Base	Móviles	Portátiles
Potencia de transmisión (Watt)	10	2,5	2,5
Umbral del receptor (μ V)	1	1,25	1,25
Perdida de Línea (dB)	2	2	0,5
Ganancia de antena (dBi)	7,5	0,25	0,25
Altura de antena (m)	30	1,5	1,5

Tabla 3.8. Cuadro de parámetros de equipos

Del mismo modo pasaremos a configurar los parametros de potencia, perdidas, etc. para las estaciones del sistema, unidades moviles y portatiles.

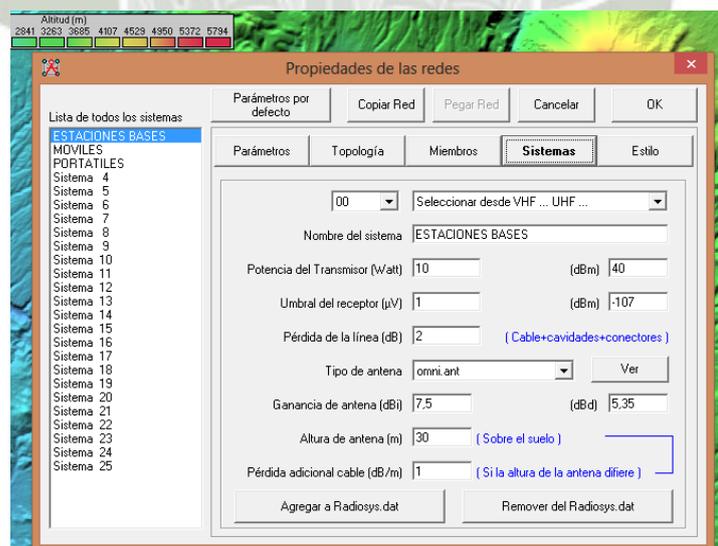


Figura 3.9. Configuración de Estaciones del Sistema.

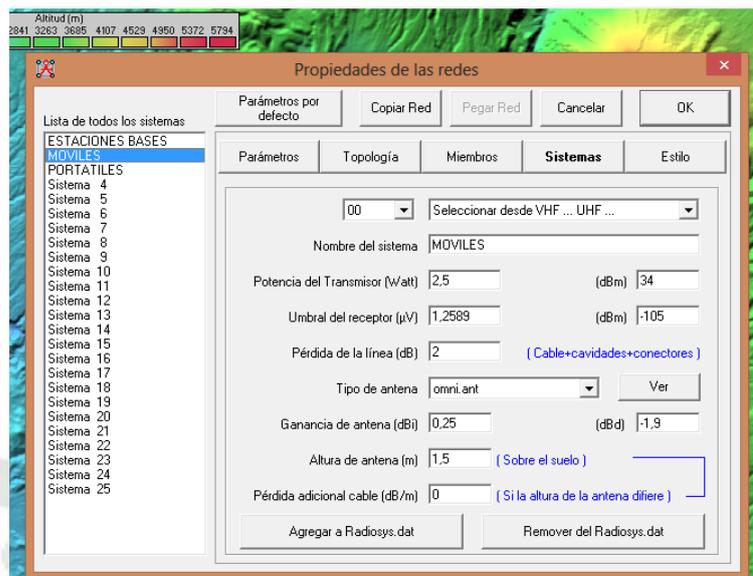


Figura 3.10. Configuración de Unidades Moviles

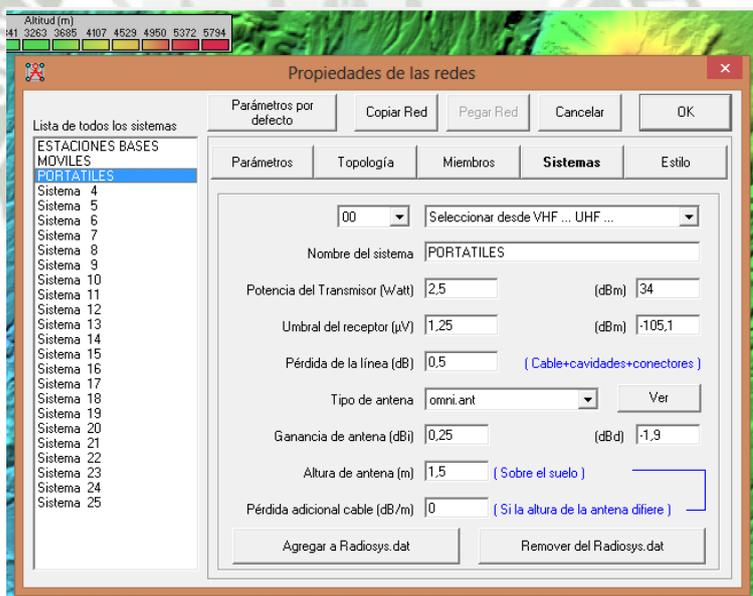


Figura 3.11. Configuración de Unidades Portatiles.

COBERTURA TETRA release 2:

➤ **Cobertura de la estación base (BTS) ubicada en el Gobierno Regional:**

El siguiente cuadro muestra los parámetros utilizados en los equipos, así mismo la siguiente imagen describe la propagación de cobertura de la estación base ubicada en las instalaciones del Gobierno Regional.

PARAMETROS	VALOR
Posición Central	PUNTO 01
Altura de la antena (m)	30
Tipo de antena	Omni
Ganancia de antena Tx (dBi)	8.1
Altura de la antena móvil (m)	1.5
Ganancia de la antena móvil Rx (dBi)	3
Frecuencia (MHz)	420
Potencia Tx (Watts)	10
Perdida de la línea Tx (dB)	3
Perdida de la línea Rx (dB)	0.5
Umbral Rx (uV)	0.5

Tabla 3.9. Parámetros de cobertura Gob. Reg.

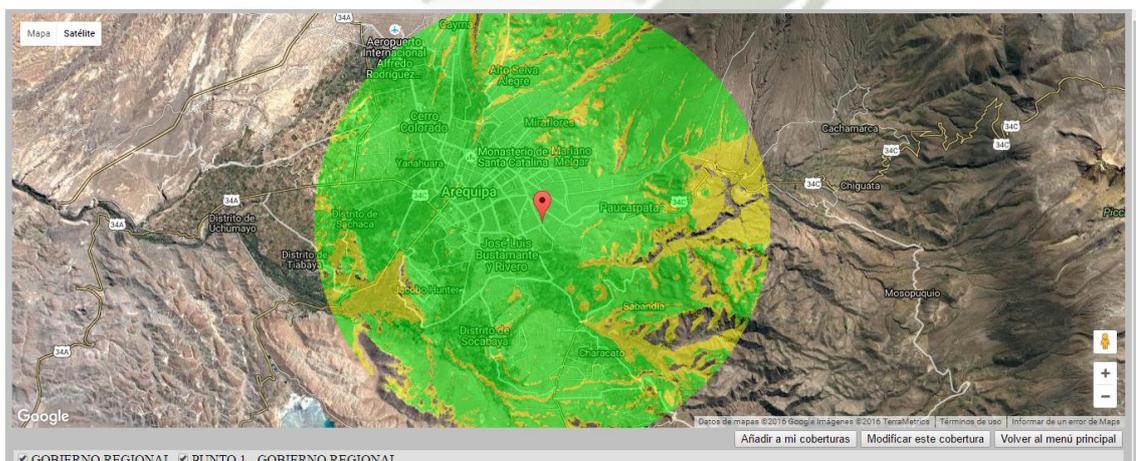


Figura 3.12. Cobertura de Estación Base Gobierno Regional.



Figura 3.13. Propagación de Señal de Estación Base Gobierno Regional.

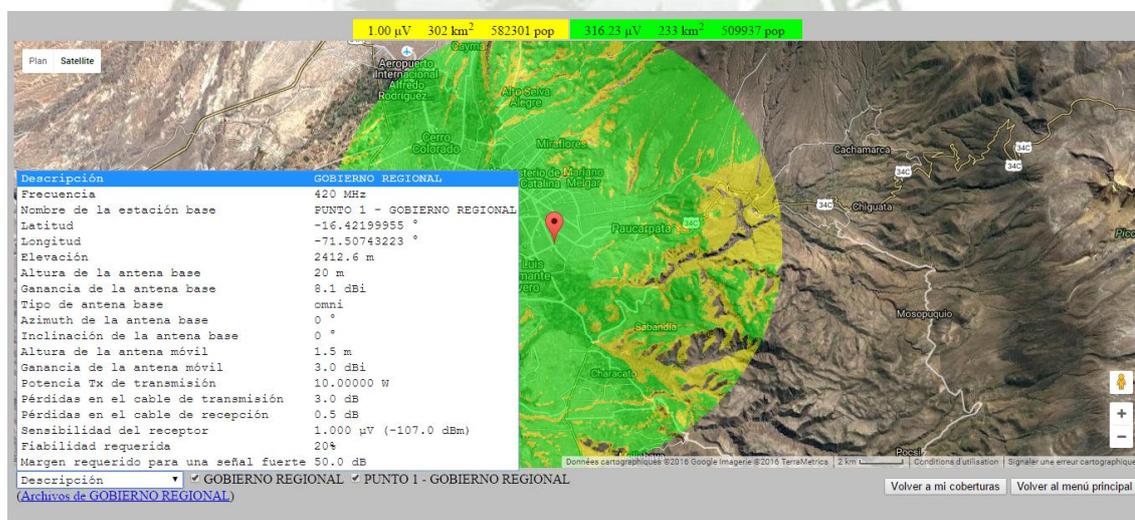


Figura 3.14. Parámetros de Propagación de Estación Base Gobierno Regional.

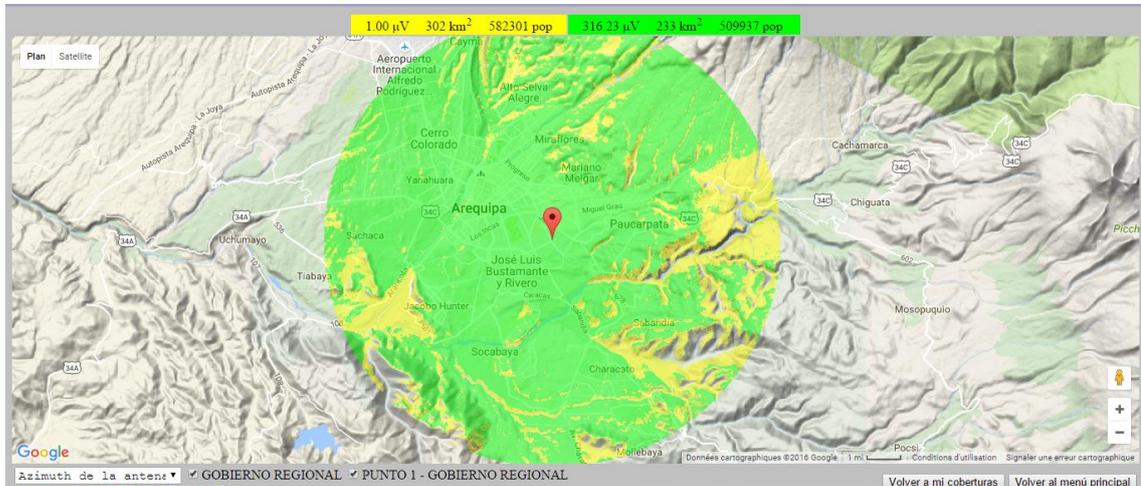


Figura 3.15. Propagación de Estación Base Gobierno Regional.

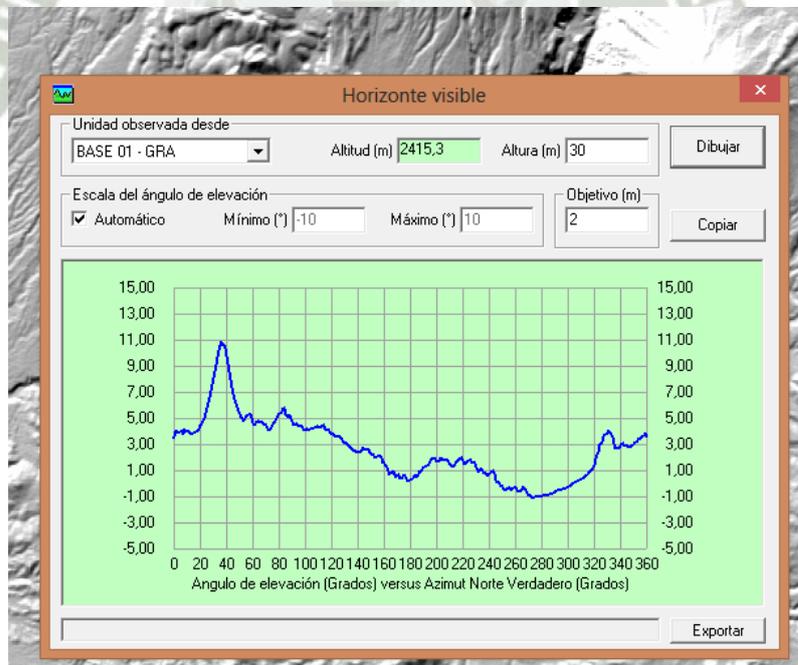


Figura 3.16. Horizonte Visible de Estación Base Gobierno Regional.

➤ **Cobertura de la estación base (BTS) ubicada en la
Municipalidad de Cerro Colorado.**

El siguiente cuadro muestra los parámetros utilizados en los equipos, así mismo la siguiente imagen describe la propagación de cobertura de la estación base ubicada en las instalaciones de la Municipalidad de Cerro Colorado.

PARAMETROS	VALOR
Posición Central	PUNTO 02
Altura de la antena (m)	30
Tipo de antena	Omni
Ganancia de antena Tx (dBi)	8.1
Altura de la antena móvil (m)	1.5
Ganancia de la antena móvil Rx (dBi)	3
Frecuencia (MHz)	420
Potencia Tx (Watts)	10
Perdida de la línea Tx (dB)	3
Perdida de la línea Rx (dB)	0.5
Umbral Rx (uV)	0.5

Tabla 3.10. Parámetros de cobertura Muni. CC.



**Figura 3.17. Cobertura de Estación Base Municipalidad de Cerro
Colorado.**



Figura 3.18. Propagación de Señal de Estación Base Municipalidad de Cerro Colorado.

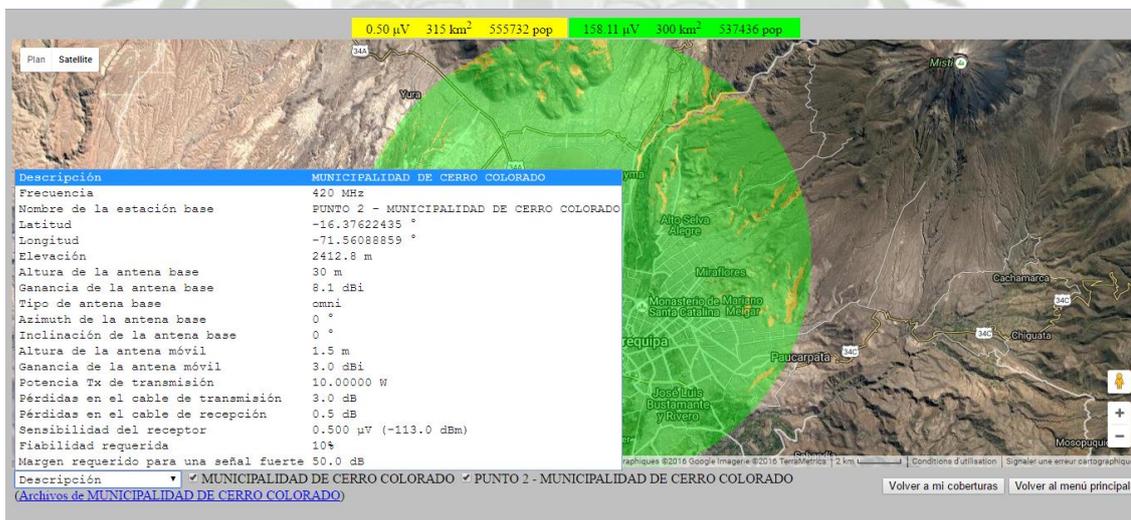


Figura 3.19. Parámetros de Propagación de Estación Base Municipalidad de Cerro Colorado.

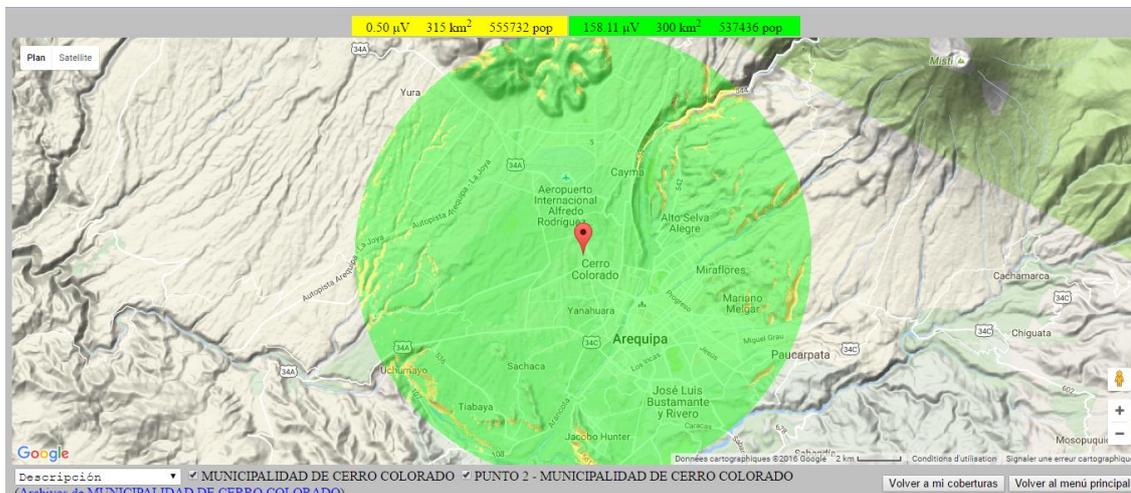


Figura 3.20. Propagación de Estación Base Municipalidad de Cerro Colorado.

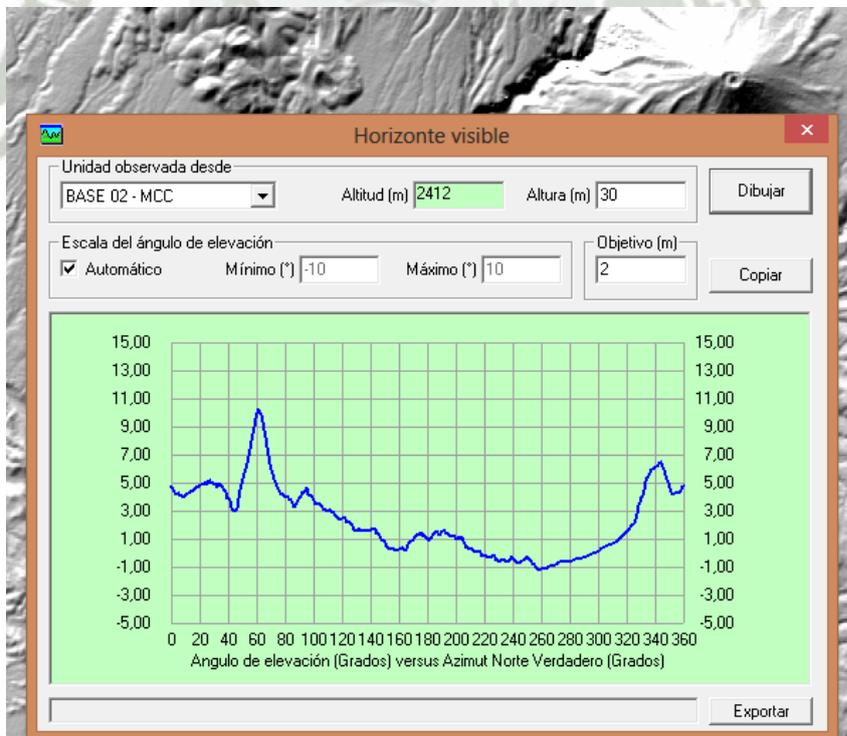


Figura 3.21. Horizonte visible de Estación Base Municipalidad de Cerro Colorado.

➤ **Cobertura de la estación base (BTS) ubicada en el
Cementerio de Jacobo Hunter.**

El siguiente cuadro muestra los parámetros utilizados en los equipos, así mismo la siguiente imagen describe la propagación de cobertura de la estación base ubicada en las instalaciones del Cementerio de Jacobo Hunter.

PARAMETROS	VALOR
Posición Central	PUNTO 03
Altura de la antena (m)	30
Tipo de antena	Omni
Ganancia de antena Tx (dBi)	8.1
Altura de la antena móvil (m)	1.5
Ganancia de la antena móvil Rx (dBi)	3
Frecuencia (MHz)	420
Potencia Tx (Watts)	10
Perdida de la línea Tx (dB)	3
Perdida de la línea Rx (dB)	0.5
Umbral Rx (uV)	0.5

Tabla 3.11 Parámetros de cobertura C. de Hunter

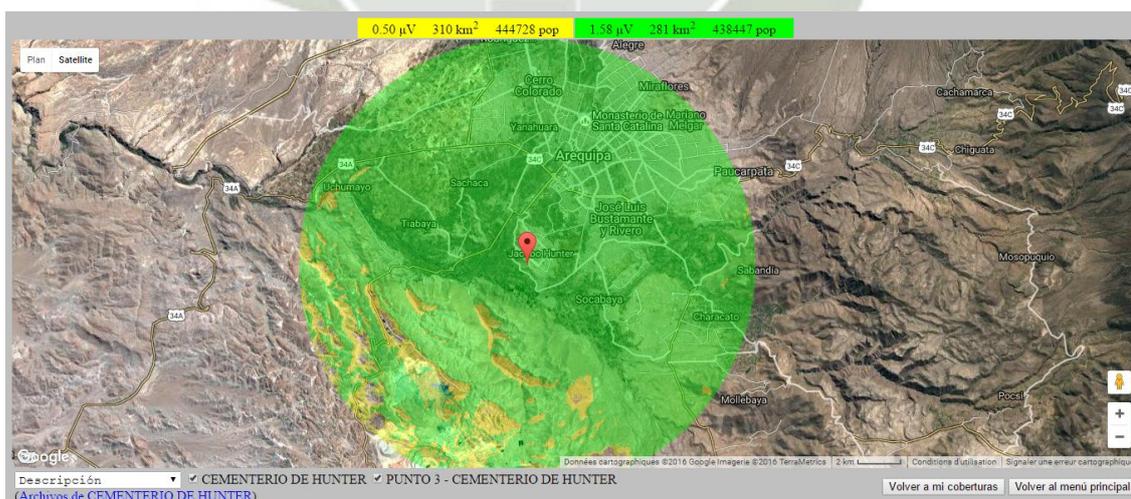


Figura 3.22. Cobertura de Estación Base Cementerio de Hunter.



Figura 3.23. Propagación de Señal de Estación Base Cementerio de Hunter.

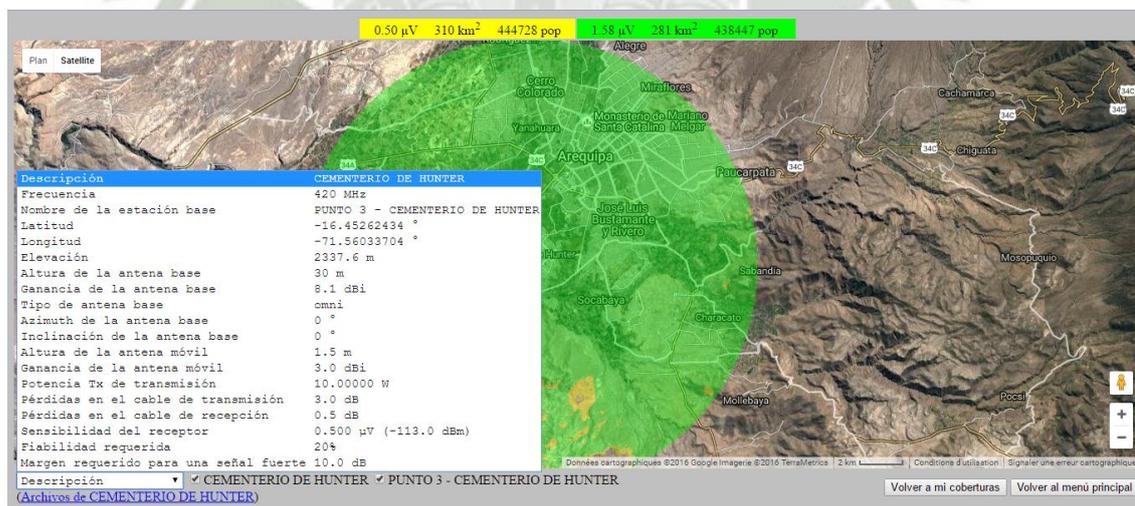


Figura 3.24. Parámetros de Propagación de Estación Base Cementerio de Hunter.

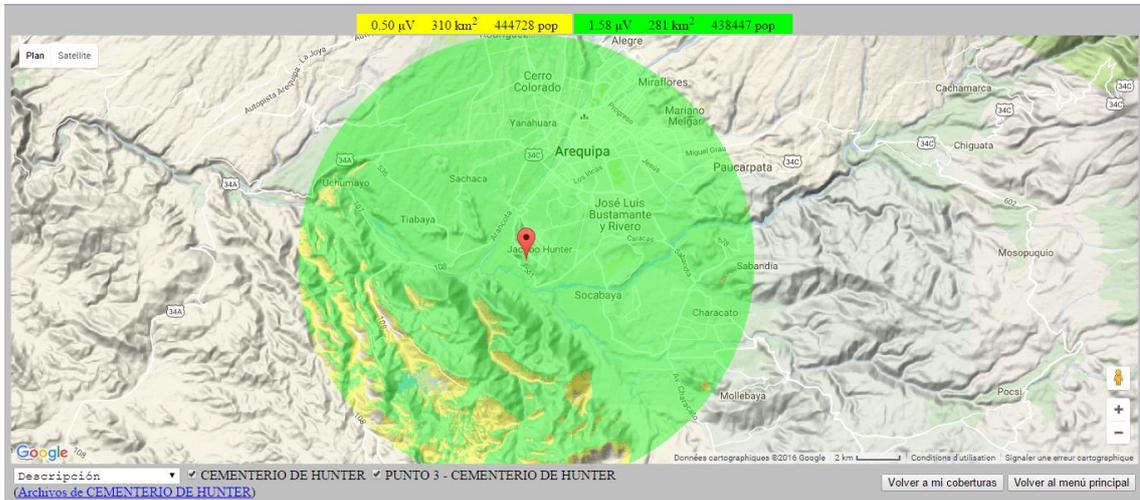


Figura 3.25. Propagación de Estación Base Cementerio de Hunter.

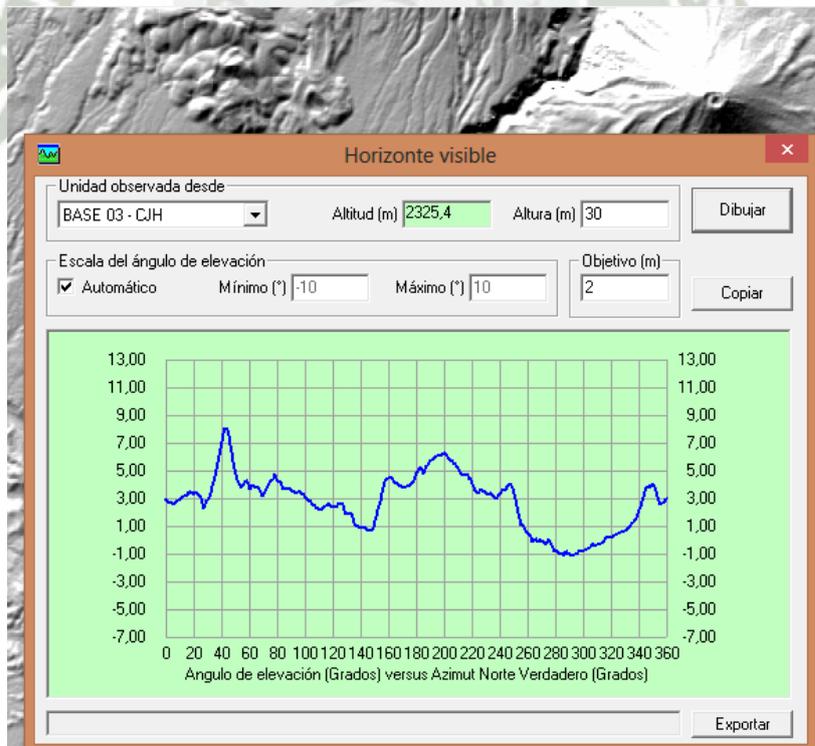


Figura 3.26. Horizonte visible de Estación Base Cementerio de Hunter.

➤ **Cobertura de la estación base (BTS) ubicada en la Municipalidad de Alto Selva Alegre.**

El siguiente cuadro muestra los parámetros utilizados en los equipos, así mismo la siguiente imagen describe la propagación de cobertura de la estación base ubicada en las instalaciones de la Municipalidad de Alto Selva Alegre.

PARAMETROS	VALOR
Posición Central	PUNTO 04
Altura de la antena (m)	30
Tipo de antena	Omni
Ganancia de antena Tx (dBi)	8.1
Altura de la antena móvil (m)	1.5
Ganancia de la antena móvil Rx (dBi)	3
Frecuencia (MHz)	420
Potencia Tx (Watts)	10
Perdida de la línea Tx (dB)	3
Perdida de la línea Rx (dB)	0.5
Umbral Rx (uV)	0.5

Tabla 3.12. Parámetros cobertura Muni. A.S.A.



Figura 3.27. Cobertura de Estación Base Municipalidad de Alto Selva Alegre.

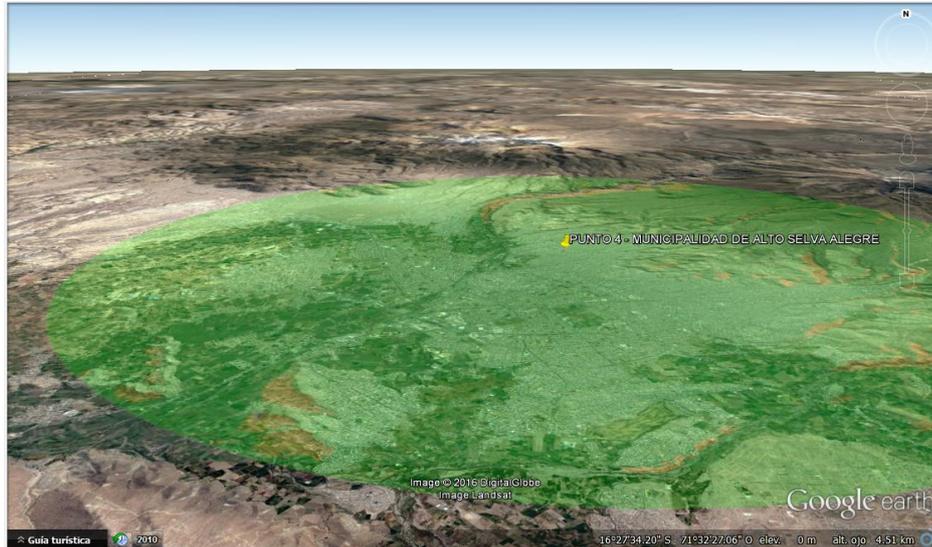


Figura 3.28. Propagación de Señal de Estación Base Municipalidad de Alto Selva Alegre.

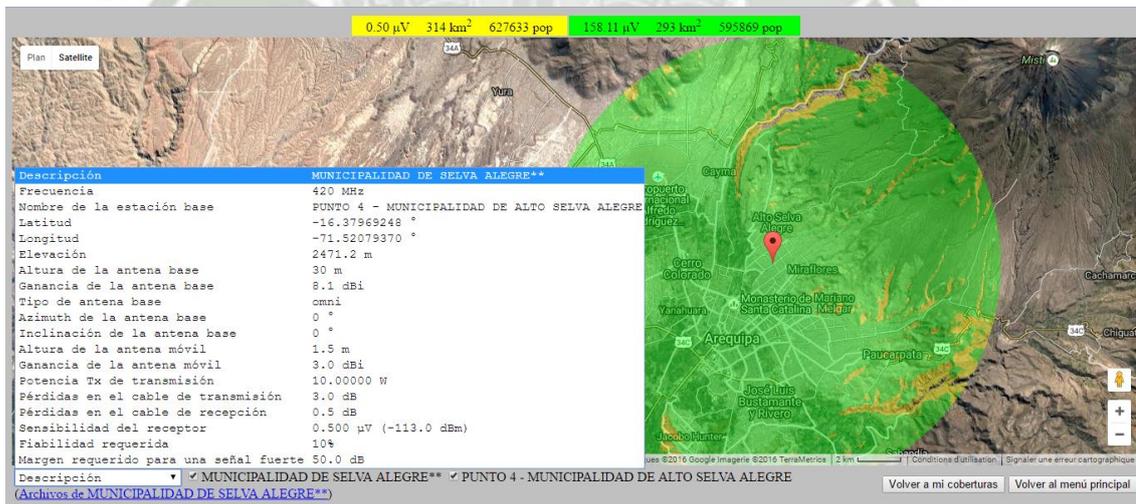


Figura 3.29. Parámetros de Propagación de Estación Base Municipalidad de Alto Selva Alegre.



Figura 3.30. Propagación de Estación Base Municipalidad Alto Selva Alegre.

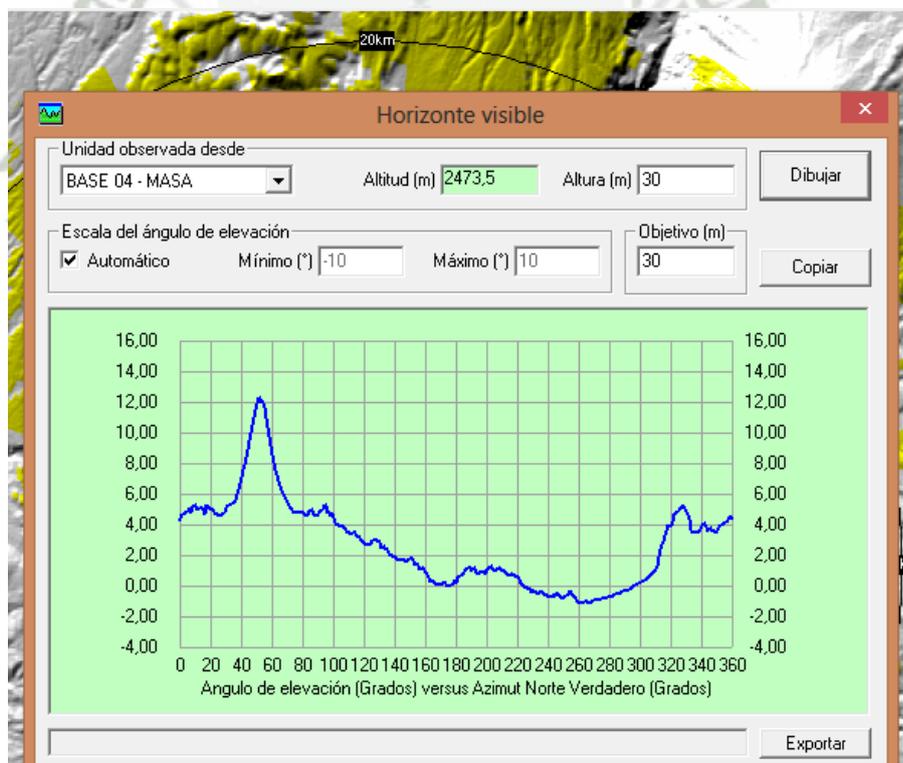


Figura 3.31. Horizonte visible de Estación Base Municipalidad de Alto Selva Alegre.

3.3.1.5. Centro de operación de la red e integración analógico – digital.

En este centro de operaciones se instalara un Gateway que será el encargado de interconectar el Sistema analógico de las entidades públicas y privadas involucradas en la emergencia con el Sistema digital, a un grupo determinado al cual hemos dado la asignación de CRISIS, el cual se usara durante la emergencia o un desastre natural.

El centro de operaciones o despacho será el encargado de entregar la información del monitoreo de la ubicación geográfica de los equipos, así mismo nos permitirá enviar y recibir mensajería de texto y las llamadas de emergencia que se produzcan de los usuarios. Dada una emergencia, el despachador puede hacer llamadas multigrupos.

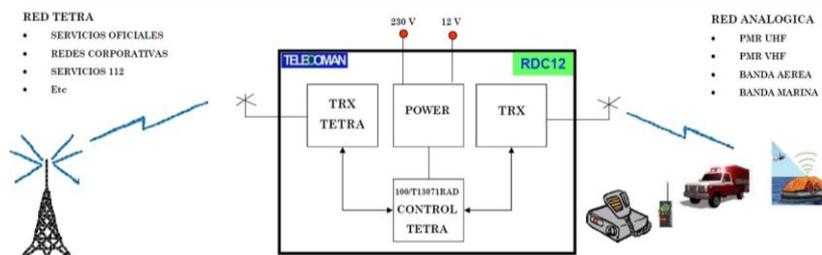


Figura 3.32. Integración Tetra – Analógico.

FUENTE: [<http://www.telecoman.com/pasarela-red-tetra-a-red-analogica/>]



Figura 3.33. Repetidor Analógico.

Este repetidor se encargará de agrupar las radios analógicas, así mismo el integrador analógico – digital tiene la función de gateway el cual se encargara de ingresar la señal de voz de las radios analógicas para luego digitalizarlas e ingresarlas al sistema y de este modo integrarlas dentro del Sistema TETRA release 2.

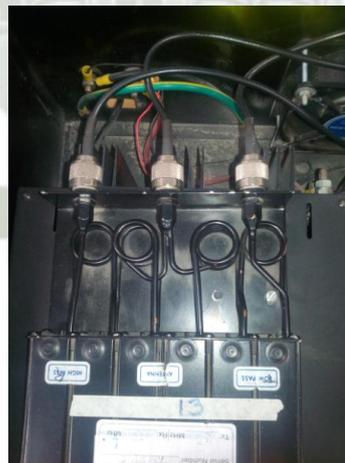


Figura 3.34. Duplexor de repetidor analógico.



Figura 3.35. Integrador Analógico – Tetra.

Así mismo aquí se encontrará el controlador central el cual estará compuesto por todos los equipos de red como son los routers, switch e interfaces que conforman la red.



Figura 3.36. Controlador Central.



Figura 3.37. Reporte de emergencia al centro de Control.

En cuanto al reporte de emergencia al centro de control se procederá a través de un protocolo o procedimiento, inicialmente se procederá oprimiendo el botón naranja ubicado en la parte izquierda de las radios Tetra, el cual activará la apertura en la comunicación tanto de micrófono como de parlante dando prioridad a la central de emergencia con dicho equipo hasta que la emergencia sea levantada.

3.3.1.6. Infraestructura del Sistema de Transporte.

Para el radio enlace del Sistema de transporte utilizaremos una frecuencia de 15GHz, siendo nuestro centro de operaciones la estación ubicada en la Municipalidad de Alto Selva Alegre.

A continuación la imagen nos muestra la configuración del Sistema de transporte para su evaluación en Radio Mobile, utilizando una frecuencia de 15GHz.

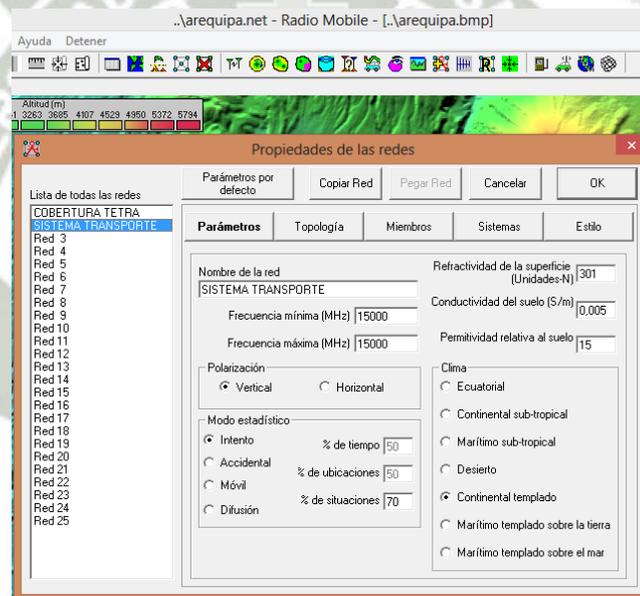


Figura 3.38. Configuración del Sistema de Transporte.

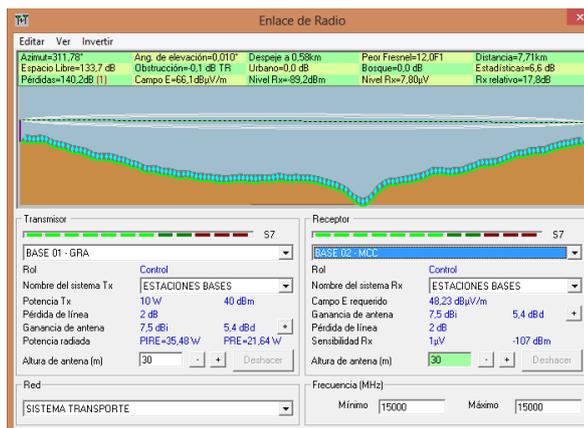


Figura 3.39. Radio enlace entre el Gobierno Regional – Muni. Cerro Colorado.

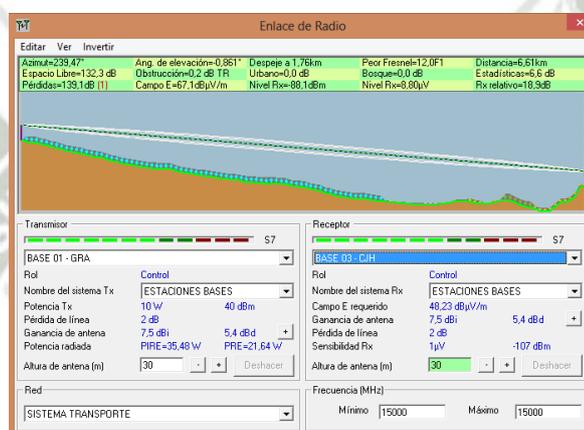


Figura 3.40. Radio enlace entre el Gobierno Regional – Cementerio de Hunter.



Figura 3.41. Radio enlace entre el Gobierno Regional – Muni. Alto Selva Alegre.

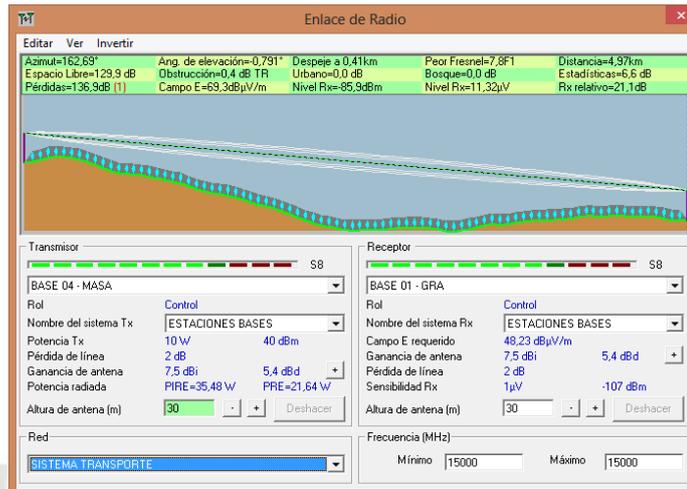


Figura 3.42. Radio enlace entre Muni. Alto Selva Alegre – Gobierno Regional.

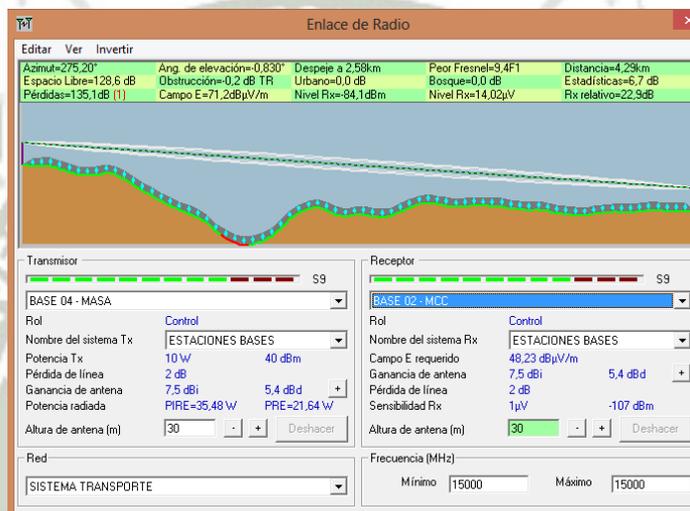


Figura 3.43. Radio enlace entre Muni. Alto Selva Alegre – Muni. Cerro Colorado.

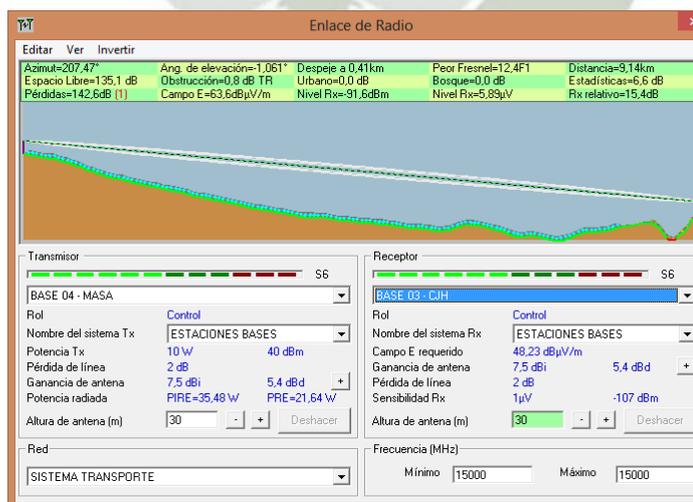


Figura 3.44. Radio enlace entre Muni. De Alto Selva Alegre – Cementerio de Hunter.

3.3.1.7. Centro de control Administrativo del Sistema.

En este punto el administrador de la Red o centro de control administrativo puede agregar, modificar, eliminar, etc. usuarios y parámetros, así mismo se puede monitorear el soporte de infraestructura como es el caso de los sites de repetición. La supervisión de estos equipos se puede hacer por medio del centro de control o también por monitoreo remoto; evaluando los parámetros de comunicación como además los parámetros de alimentación de energía.

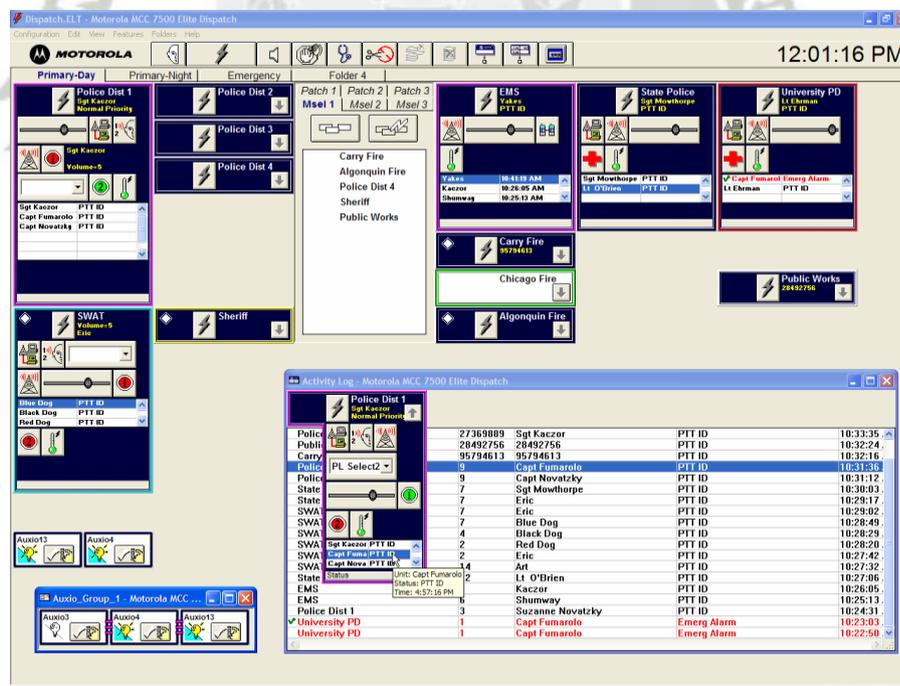


Figura 3.45. Monitoreo del Centro de Control.

Fuente: [PAPER Motorola's Dimetra IP Technology]

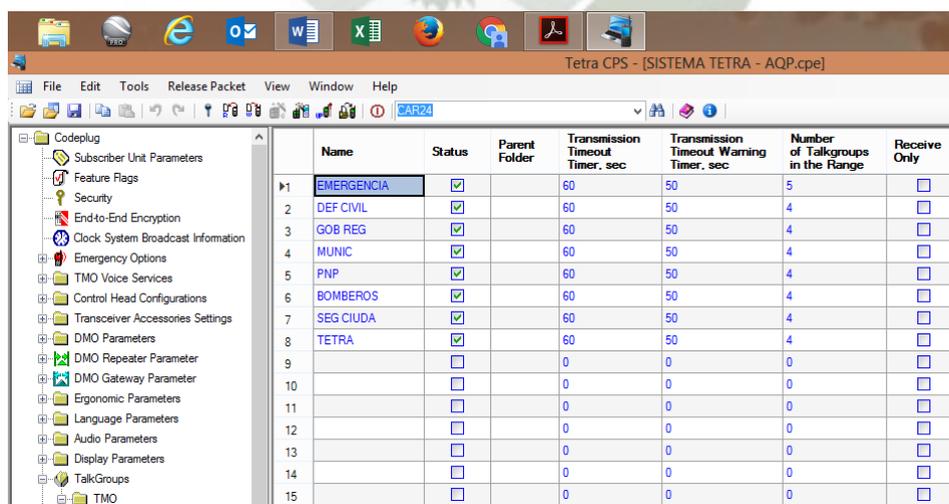
3.3.1.8. Equipos suscriptores.

Los equipos suscriptores estarán formados por todos los equipos de radio portátiles y móviles que se emplearan en nuestro Sistema.

Se van a organizar y crear 8 grupos de comunicación divididos

en:

- EMERGENCIAS.
- DEFENSA CIVIL.
- GOBIERNO REGIONAL.
- MUNICIPALIDADES.
- POLICIA NACIONAL DEL PERU.
- BOMBEROS.
- SEGURIDAD CIUDADANA.
- TETRA.



	Name	Status	Parent Folder	Transmission Timeout Timer, sec	Transmission Timeout Warning Timer, sec	Number of Talkgroups in the Range	Receive Only
1	EMERGENCIA	<input checked="" type="checkbox"/>		60	50	5	<input type="checkbox"/>
2	DEF CIVIL	<input checked="" type="checkbox"/>		60	50	4	<input type="checkbox"/>
3	GOB REG	<input checked="" type="checkbox"/>		60	50	4	<input type="checkbox"/>
4	MUNIC	<input checked="" type="checkbox"/>		60	50	4	<input type="checkbox"/>
5	PNP	<input checked="" type="checkbox"/>		60	50	4	<input type="checkbox"/>
6	BOMBEROS	<input checked="" type="checkbox"/>		60	50	4	<input type="checkbox"/>
7	SEG CIUDA	<input checked="" type="checkbox"/>		60	50	4	<input type="checkbox"/>
8	TETRA	<input checked="" type="checkbox"/>		60	50	4	<input type="checkbox"/>
9		<input type="checkbox"/>		0	0	0	<input type="checkbox"/>
10		<input type="checkbox"/>		0	0	0	<input type="checkbox"/>
11		<input type="checkbox"/>		0	0	0	<input type="checkbox"/>
12		<input type="checkbox"/>		0	0	0	<input type="checkbox"/>
13		<input type="checkbox"/>		0	0	0	<input type="checkbox"/>
14		<input type="checkbox"/>		0	0	0	<input type="checkbox"/>
15		<input type="checkbox"/>		0	0	0	<input type="checkbox"/>

Figura 3.46. Configuración de lista de grupos del Sistema.



Figura 3.47. Equipo suscriptor portatil con nivel de RSSI.



Figura 3.48. Equipo suscriptor móvil.

Así mismo cada grupo contará con una lista de sub grupos de conversación; para cada uno de ellos hemos asignado:

EMERGENCIA:

Este grupo de conversación estará integrado por los diferentes comites de emergencia de primera línea de los organismos relacionados, asignando canales para coordinación de operaciones, coordinaciones directas, soportes y servicios ante la emergencia, supervisión o lideres de equipos y crisis el cual enlazara ademas directamente y preferentemente las conversaciones tanto para equipos de radio convencional o analógico con TETRA release 2.

- ✓ OPERACIONES EMERGENCIA
- ✓ COORDINACION EMERGENCIA
- ✓ SOPORTE EMERGENCIA
- ✓ SUPERVISION EMERGENCIA
- ✓ CRISIS

DEFENSA CIVIL:

En este grupo básicamente se tendrá la misma funcionabilidad que en el grupo emergencia y así sucesivamente con los diferentes grupos de conversación; integrando y agrupando a los organismos competentes con sus diversas asignaciones y áreas.

- ✓ OPERACIONES DEFENSA CIVIL.
- ✓ COORDINACION DEFENSA CIVIL.
- ✓ SOPORTE DEFENSA CIVIL.
- ✓ SUPERVISION DEFENSA CIVIL.

GOBIERNO REGIONAL:

- ✓ OPERACIONES GOBIERNO REGIONAL.
- ✓ COORDINACION GOBIERNO REGIONAL.
- ✓ SOPORTE GOBIERNO REGIONAL.
- ✓ SUPERVISION GOBIERNO REGIONAL.

MUNICIPALIDADES:

- ✓ OPERACIONES MUNICIPALIDADES.
- ✓ COORDINACION MUNICIPALIDADES.
- ✓ SOPORTE MUNICIPALIDADES.
- ✓ SUPERVISION MUNICIPALIDADES.

POLICIA NACIONAL DEL PERU:

- ✓ OPERACIONES PNP.
- ✓ COORDINACION PNP.
- ✓ SOPORTE PNP.
- ✓ SUPERVICION PNP.

BOMBEROS:

- ✓ OPERACIONES BOMBEROS.
- ✓ COORDINACION BOMBEROS.
- ✓ SOPORTE BOMBEROS.
- ✓ SUPERVICION BOMBEROS.

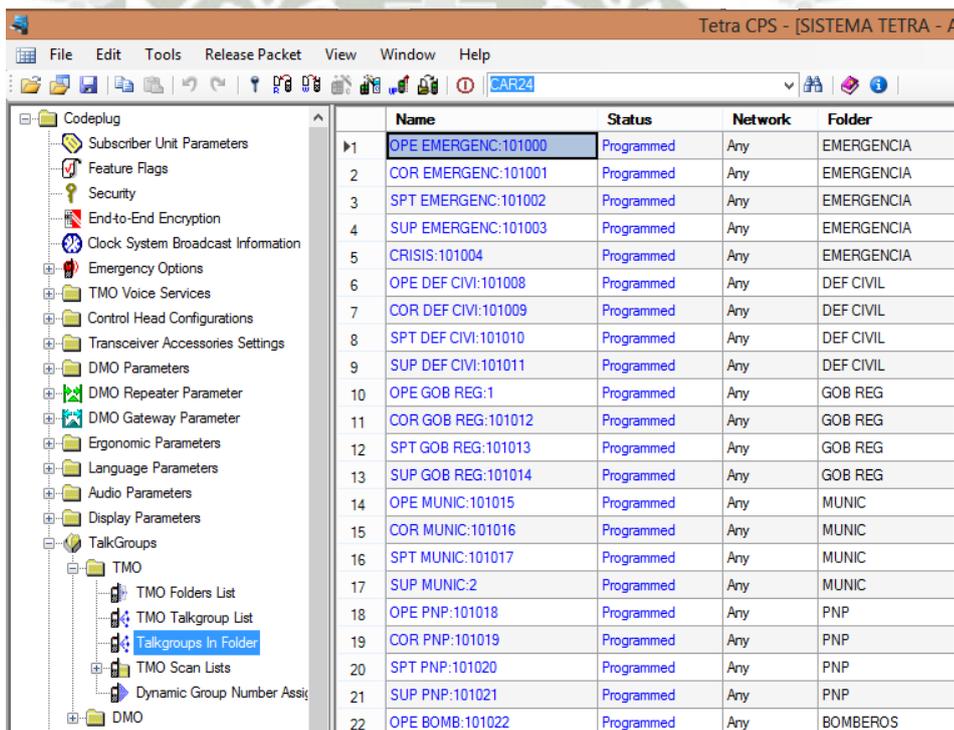
SEGURIDAD CIUDADANA:

- ✓ OPERACIONES SEGURIDAD CIUDADANA.
- ✓ COORDINACION SEGURIDAD CIUDADANA.
- ✓ SOPORTE SEGURIDAD CIUDADANA.
- ✓ SUPERVICION SEGURIDAD CIUDADANA.

TETRA:

La asignación de este grupo de conversación será para las áreas de informática y comunicaciones de los diferentes organismos u organizaciones.

- ✓ OPERACIONES TETRA.
- ✓ COORDINACION TETRA.
- ✓ SOPORTE TETRA.
- ✓ SUPERVISION TETRA.



Tetra CPS - [SISTEMA TETRA - A

	Name	Status	Network	Folder
1	OPE EMERGENC:101000	Programmed	Any	EMERGENCIA
2	COR EMERGENC:101001	Programmed	Any	EMERGENCIA
3	SPT EMERGENC:101002	Programmed	Any	EMERGENCIA
4	SUP EMERGENC:101003	Programmed	Any	EMERGENCIA
5	CRISIS:101004	Programmed	Any	EMERGENCIA
6	OPE DEF CIVI:101008	Programmed	Any	DEF CIVIL
7	COR DEF CIVI:101009	Programmed	Any	DEF CIVIL
8	SPT DEF CIVI:101010	Programmed	Any	DEF CIVIL
9	SUP DEF CIVI:101011	Programmed	Any	DEF CIVIL
10	OPE GOB REG:1	Programmed	Any	GOB REG
11	COR GOB REG:101012	Programmed	Any	GOB REG
12	SPT GOB REG:101013	Programmed	Any	GOB REG
13	SUP GOB REG:101014	Programmed	Any	GOB REG
14	OPE MUNIC:101015	Programmed	Any	MUNIC
15	COR MUNIC:101016	Programmed	Any	MUNIC
16	SPT MUNIC:101017	Programmed	Any	MUNIC
17	SUP MUNIC:2	Programmed	Any	MUNIC
18	OPE PNP:101018	Programmed	Any	PNP
19	COR PNP:101019	Programmed	Any	PNP
20	SPT PNP:101020	Programmed	Any	PNP
21	SUP PNP:101021	Programmed	Any	PNP
22	OPE BOMB:101022	Programmed	Any	BOMBEROS

Figura 3.49. Configuración de los Sub grupos de llamada.

Como podemos observar la imagen nos muestra la programación y división de los diferentes sub grupos del Sistema.

Finalmente el sistema quedará dividido de la siguiente manera.

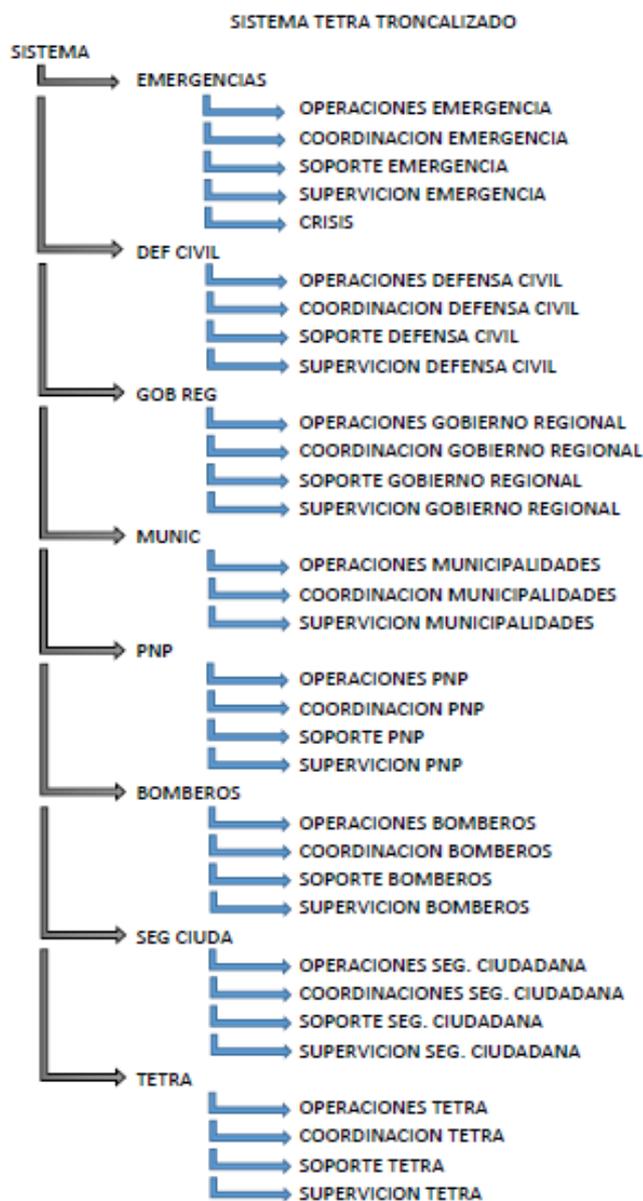


Figura 3.50. Distribución de las carpetas con los grupos de conversación.

Los valores de la configuración de los diferentes parámetros de movilidad de los equipos, tanto como límites de niveles de RSSI, tiempos, sensibilidad y selectividad, se muestran a continuación.

PARAMETROS	VALORES
Umbral de RSSI mínimo	-100
Inicio de umbral de supervisión delta	15
Detener supervisión delta	10
Comportamiento cuando SC no coincide	No registrar
Temporizador de adquisición	30
Temporizador de reposo	5
Registro de re-envío	Si

Tabla 3.13. Parámetros de Movilidad.

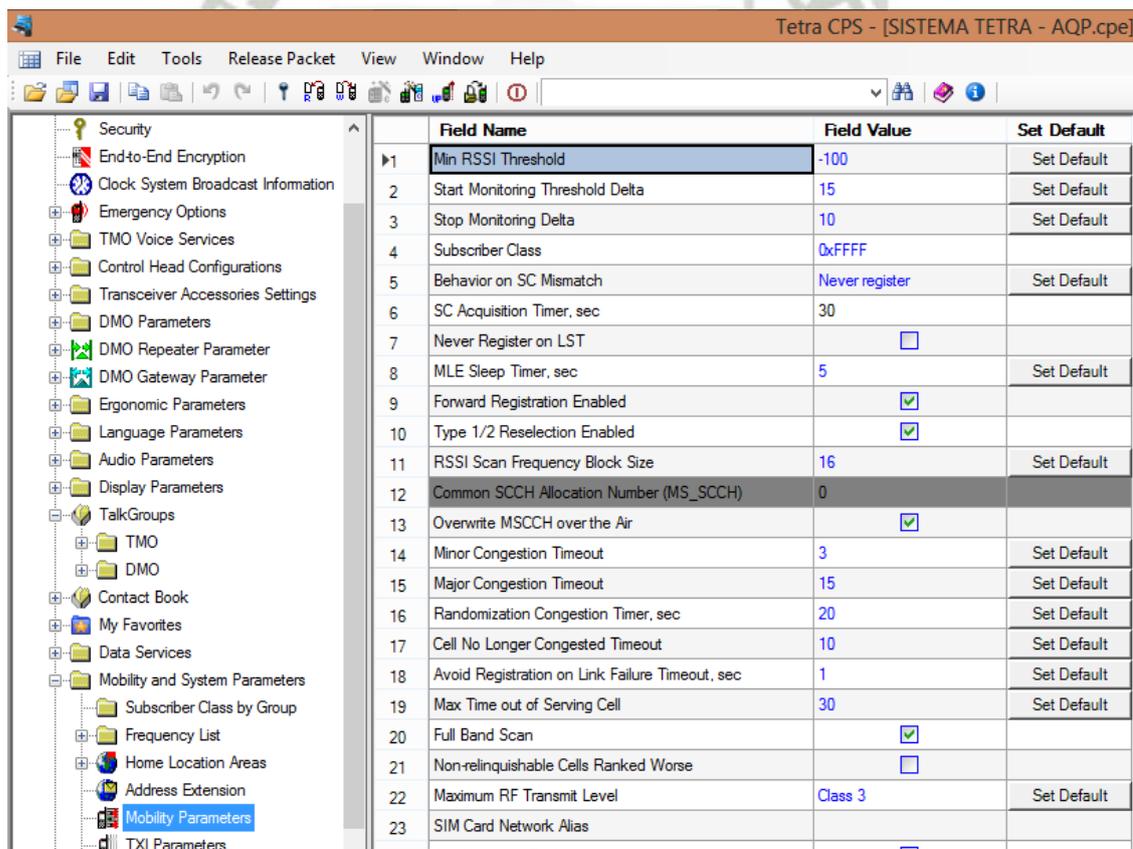


Figura 3.51. Configuración de los Parámetros de Movilidad.

Asi mismo los valores de los parametros de la escala de indicación de la señal - calidad, dentro de la configuración de los equipos.

PARAMETROS	VALORES
Barras de máximo o ausencia de intensidad de señal	9
Barras de máximo y mínimo de intensidad de señal	35
Retardo de advertencia de RSSI baja sec	10
Umbral de advertencia de RSSI baja	Medio

Tabla 3.14. Escala de indicación de señal / calidad.

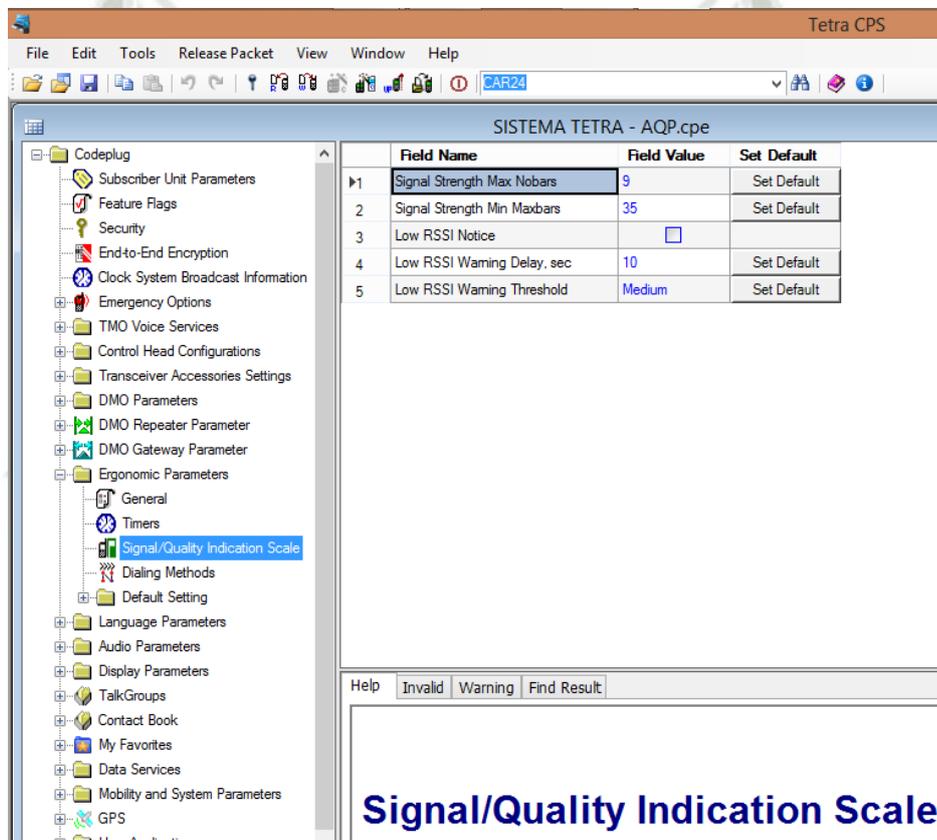


Figura 3.52. Configuración de los Parámetros de señal - calidad.

Configuración de parámetros de localización y GPS.

PARAMETROS	VALORES
Segundos intercalares	15
Activar ubicación a través de MMI	SI
Activación de página de prueba en MMI	SI
Protocolo de localización	LIP
Coordenadas de ubicación	Latitud/longitud

Tabla 3.15. Parámetros de Localización.

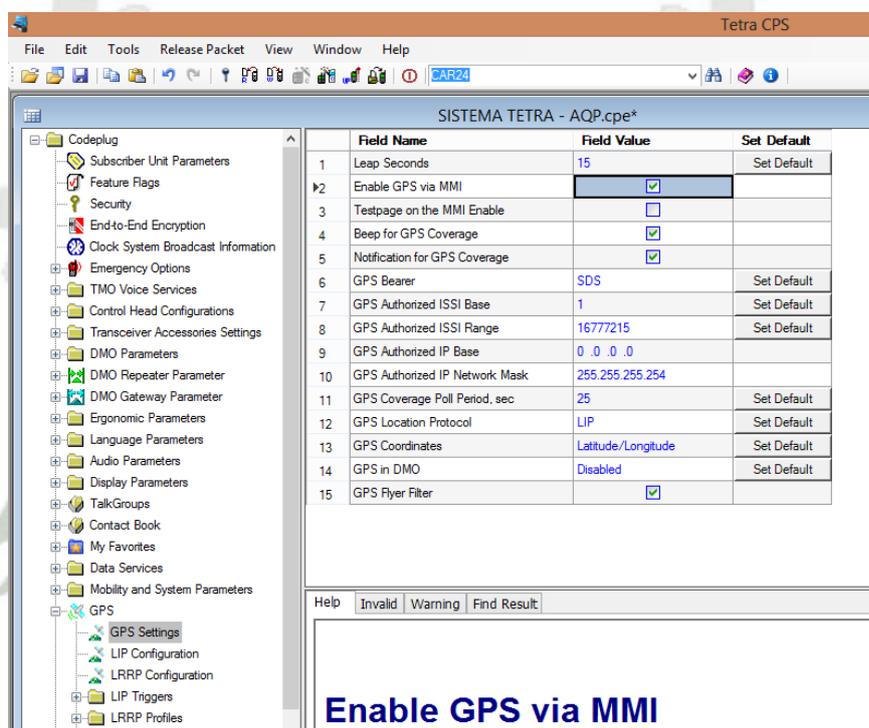


Figura 3.53. Configuración de los Parámetros de Localización.

3.3.1.9. Infraestructura Del Sistema TETRA release 2.

La infraestructura del Sistema Tetra release 2 estará basada en la Estructura de la infraestructura del Sistema Dimetra en cuanto a la comunicación de las estaciones bases (BTS), cada estación base contará con dos equipos de transmisión o Estación MTS1 tal como lo hemos señalado al comienzo de este capítulo, gracias a su bajo costo y un excelente funcionamiento, además de su funcionalidad por ser la estación base más pequeña existente en el mundo con una buen eficiencia.



Figura 3.54. Configuración de Estación Base.



Figura 3.55. Estación Base.



Figura 3.56. Vista frontal de Estación Base MTS1.



Figura 3.57. Vista de Terminales de Estación Base MTS1.



Figura 3.58. Conexión de Estación Base MTS1.

Esta estación nos va a permite detectar y corregir interferencias, así mismo cuenta con una autenticación y encriptación de interfaz de aire y de extremo a extremo.

Así mismo una efectiva asignación dinámica de canal entre datos de paquetes y voz.



Figura 3.59. Estación Base MTS1 en soporte.

Entre las especificaciones técnicas mas resaltantes de las MTS1 podemos señalar.

Bandas de frecuencia	380 - 400 MHz, 410- 430 MHz
Potencia de transmisión en la parte superior del gabinete de la estación base	10 W (4 W TEDS)
Potencia	Potencia de entrada 115/230 V CA, 50/60 Hz
Potencia de recepción en la parte superior de la estación base	BER estático 4%: - 119.5 dBm típico, -117.5 dBm garantizado Típico BER TU50 dinámico 4%: - 113 dBm típico, -111 dBm garantizado
Temperatura ambiente de funcionamiento	- 30 to 55°C
Peso	20,5kg (no incluye soporte de montaje)
Ancho x Altura x Profundidad	263mm x 597mm x 206mm
Consumo de energía	Consumo de energía - 100W (transmisión de 10W) - 75W (transmisión de 1W)
Diversidad en recepción	Diversidad dual
Datos de alta velocidad	Esquemas de modulación TEDS QAM con anchos de banda de canal de 25/50 kHz [Requiere la instalación de 2 estaciones base MTS1]
Número de portadoras	Portadora única (la configuración de 2 portadoras requiere la conexión de 2 estaciones base MTS1)
Espaciamiento de Portadora	25 kHz (25/50 kHz para TEDS)
Ancho de banda operativo	5 MHz
Transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Admite transmisión satelital • IP sobre Ethernet, MPLS o conexión E1 fraccionada • Dos puertos Ethernet o dos puertos E1 con multiplexor incorporado tanto para redundancia como para protección de bucle

Figura 3.60. Especificaciones técnicas de Estación Base MTS1.

Fuente: [Paper Motorola Solutions].

La MTS1 nos permitirá un mayor número de usuarios dentro del rango espectral de las frecuencias asignadas.

- **Lista de equipamiento para la instalación de las Estaciones Base MTS1 en las diferentes Estaciones.**

Resumen de la lista de materiales a usar por estación.

- ✓ Gabinete de radio MTS1.
- ✓ Gabinete de energía.
- ✓ Antenas.

Lista detallada de equipos

✓ **02 Gabinete MTS1**

- 01 Radio base.
- 01 Controlador.
- 01 Fuente de energía.
- 01 Combinador.
- 01 Pre-selector.
- 01 Duplexor.
- 02 Protectores contra sobre carga de cable coaxial.

✓ **Radio enlaces PTP**

- 02 Tramos de cable UTP/ CAT-6.
- 02 Tramos de protector de cable.
- 04 Conectores RJ-45/CAT-6 para cable UTP.
- 02 Soportes para antena PTP.
- 02 Paquetes de cintillos.

Instalación de antenas de doble diversidad

✓ Equipos a utilizar

- 02 Antenas de RF SINCLAIR, SC329, 380-400MHZ, Omnidireccional.
- 03 Supresores sobretensiones para cable Heliac.
- 06 Kit de conexión a tierra.
- 03 Jumper de ½.
- 02 Radio enlaces PTP MOTOROLA.
- 02 Tramos de cable UTP CAT_6.
- 04 Conectores RJ45 CAT6.

Montaje de la Estación Base MTS1

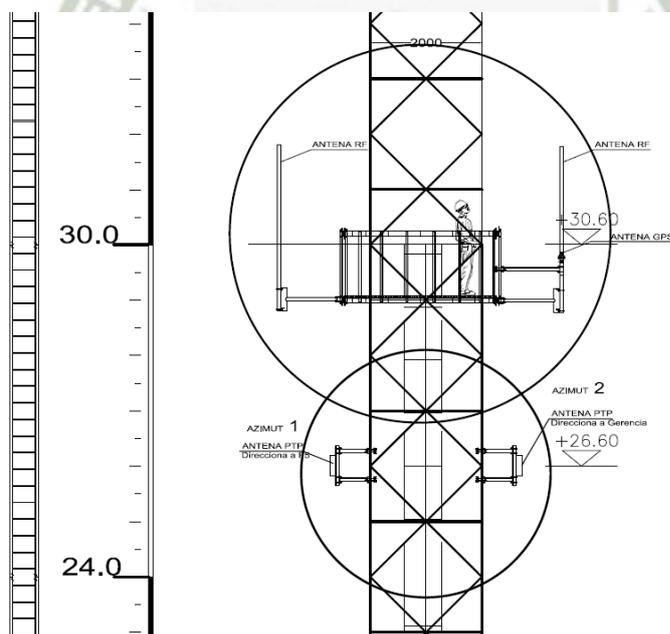


Figura 3.61. Ubicación de la Antena en torre de cada Estación a 30 metros desde la base de torre.

Fuente: [Paper Motorola Solutions].

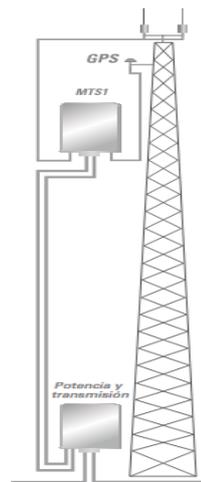


Figura 3.62. Esquema de Torre Auto soportada para cada Estación.

Fuente: [Paper Motorola Solutions].

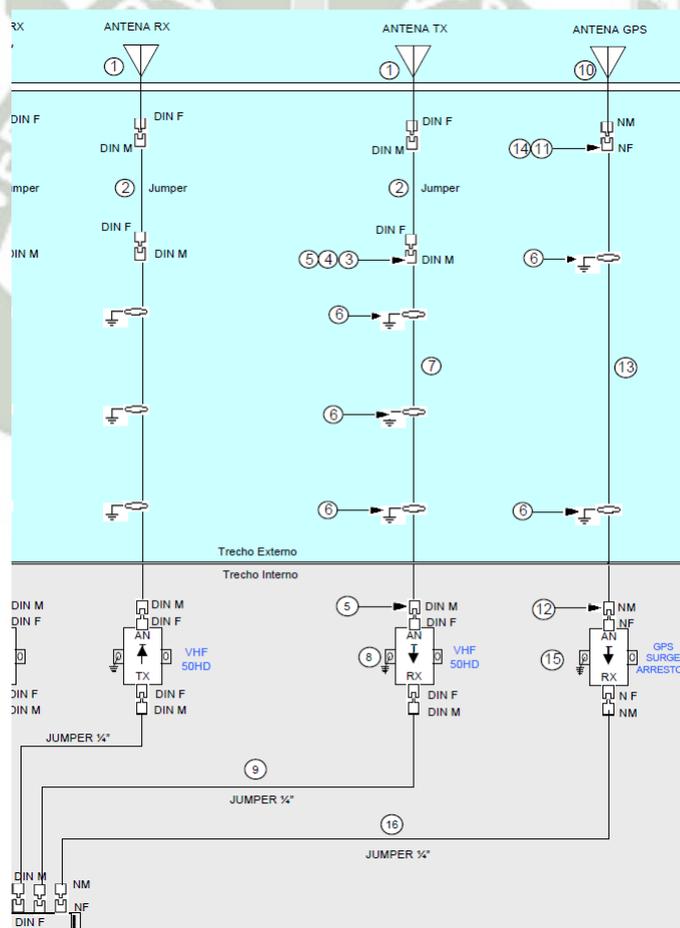


Figura 3.63. Instalación de líneas de transmisión.

Fuente: [Paper Motorola Solutions].

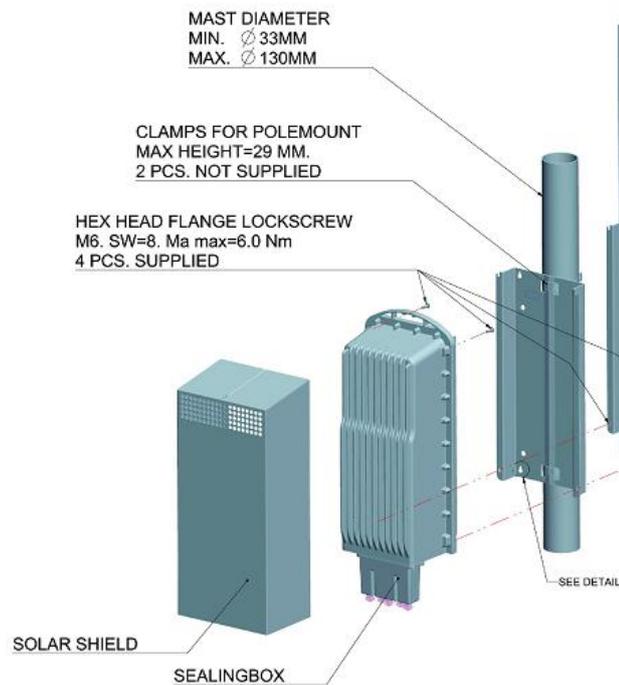


Figura 3.64. Montaje de repetidor MTS1.

Fuente: [Paper Motorola Solutions].

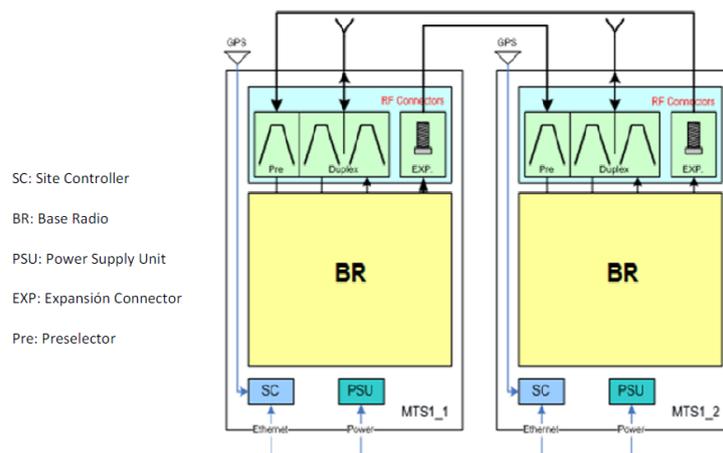


Figura 3.65. Diagrama de la estación base MTS1 en configuración dual.

Fuente: [Paper Motorola Solutions].



Figura 3.66. Antena Sinclair.

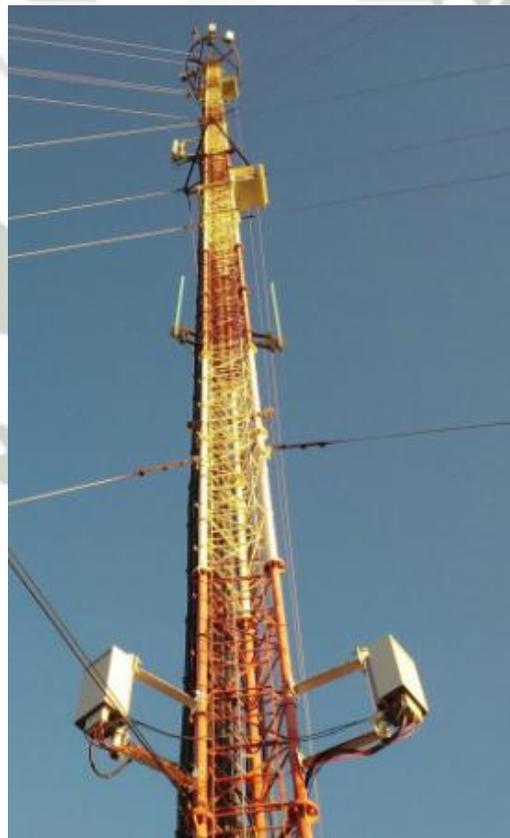


Figura 3.67. Ubicación de antenas y MTS1 en Torre.



Figura 3.68. Vista de las antenas y MTS1 montadas en Torre.



Figura 3.69. Vista de antena anclada en Torre.

Además, en esta parte se va a configurar en cada equipo móvil y portátil el grupo de frecuencias que se tendrá para cada Estación Base MTS1.

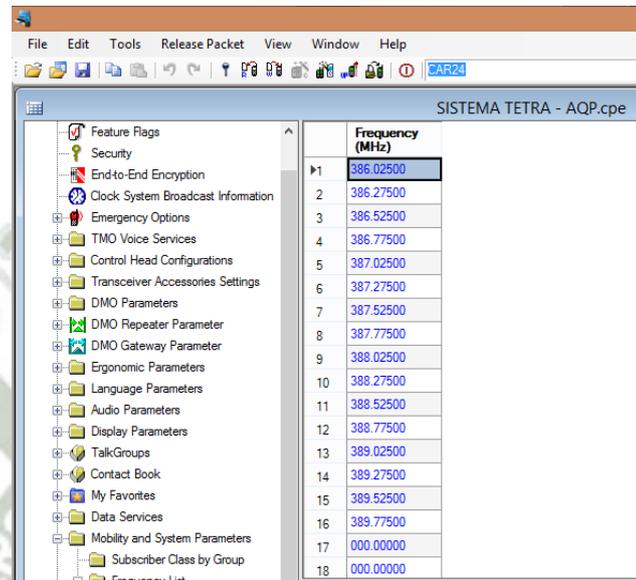


Figura 3.70. Configuración de frecuencias.

Así mismo se hará la configuración de los cuatro repetidores como site preferentes dependiendo de la localización de cada repetidor.

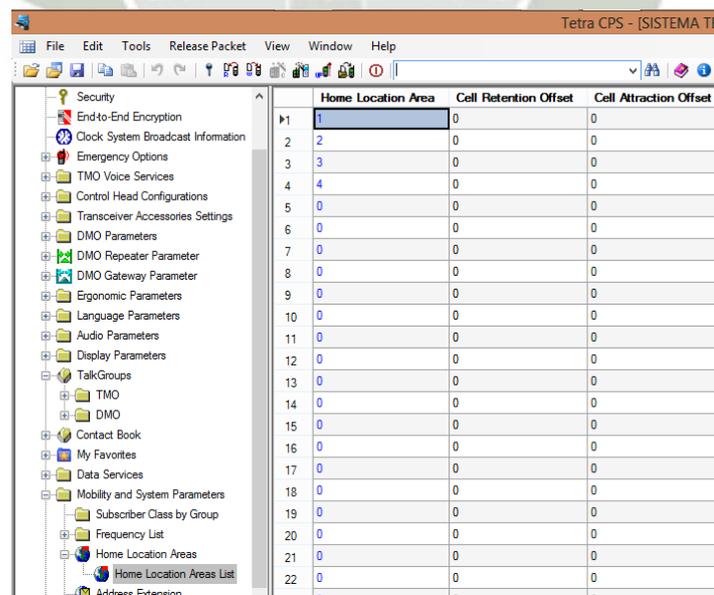


Figura 3.71. Configuración de los sites preferentes.

3.3.2. Aspectos técnicos.

3.3.2.1. Velocidad de transmisión.

En cuanto a la velocidad de transmisión del sistema podemos configurar los canales asignados a la comunicación y el grado de protección de los datos. De acuerdo a la forma de la configuración tendremos diferentes velocidades de datos.

Ranuras Utilizadas	Protección		
	NINGUNA	BAJA	ALTA
1	7,2 Kbps	4,8 Kbps	2,4 Kbps
2	14,4 Kbps	9,6 Kbps	4,8 Kbps
3	21,6 Kbps	14,4 Kbps	7,2 Kbps
4	28,8 Kbps	19,2 Kbps	9,6 Kbps

Tabla 3.16. Cuadro de velocidades de transmisión.

3.3.2.2. Optimización de las frecuencias.

En cuanto a la distribución y optimización de las frecuencias, tetra asigna un grupo de frecuencias para uso de seguridad pública y otros de uso civil/comercial tal como lo mostramos en el siguiente cuadro.

FRECUENCIA	USO
380 - 400 MHz	Uso de Seguridad Pública
410 - 430 MHz	Uso Civil/Comercial
450 - 470 MHz	Uso Civil/Comercial
806 - 821/851 - 866 MHz	Uso de Seguridad Pública
870 - 888/915 - 933 MHz	Uso Civil/Comercial

Tabla 3.17. Cuadro de bandas de operación de frecuencias.

3.3.3. Servicios TETRA release 2.

En cuanto al servicio de Tetra release 2 podemos resaltar lo siguiente:

3.3.3.1. Ventajas.

3.3.3.1.1. Costos.

- ✓ Tetra release 2 presenta una gran fiabilidad a un bajo costo.
- ✓ Bajo costo en cuanto a la instalación, operación y mantenimiento del Sistema e infraestructura.

3.3.3.1.2. Velocidad y Seguridad.

- ✓ Rápido establecimiento de llamada, <300 msec.
- ✓ Esquemas de prioridad.
- ✓ Autenticación de terminales.
- ✓ Encriptado de voz, datos e identidad de usuario.
- ✓ Prioridades.
- ✓ Modo Directo.
- ✓ Gestión de terminales robados.
- ✓ Password controlados en todos los interfaces de usuario.

3.3.3.1.3. Capacidad y fiabilidad.

- ✓ Modo Directo.
- ✓ Arquitectura de red fiable.
- ✓ Comunicaciones Seamless en toda la red.

3.3.3.2. Desventajas.

- ✓ Puede presentar alguna deficiencia.
- ✓ Puede presentar alto ruido.
- ✓ Puede presentar una baja calidad dependiendo del número de equipos.
- ✓ Puede presentar un retardo en la comunicación debido a una saturación del sistema.

3.3.3.3. Aplicaciones.

Dentro de las principales aplicaciones de TETRA release 2 que se encuentran en el mercado podemos destacar por su uso:

- En el campo militar.
- En el área de defensa.
- Uso en la Seguridad Pública (Policía, Bomberos).
- En el área de Transporte público (Tren, Metro, Bus).
- En el campo de las Compañías Energéticas, Mineras, Puertos y Aeropuertos; etc.

3.3.3.4. Comparación con otras tecnologías emergentes.

No sólo se pueden hacer llamadas, también es posible llamar a todos o algunos de los radios en el rango de alcance.

En un sistema de radio comunicación troncalizado, el sistema de inteligencia se encarga de guiar a los usuarios a un canal libre y así mismo con la transmisión vía troncal, las pausas en la conversación pueden generar disponibilidad de los canales para otros usuarios si son requeridos.

APCO P25	TETRA
Utiliza menos sites para cobertura	Utiliza más sites de repetición
Integración de Voz y datos a 9600 bps	Integración de Voz y datos a 7200 bps
No presenta autenticación	Presenta una autenticación mutua
No presenta encriptación	Presenta encriptación
Presenta interconexión telefónica semi – duplex	Presenta interconexión telefónica full - duplex

Tabla 3.18. Cuadro de comparación APCO P25 – TETRA.

ANALOGICOS	TETRA
No todos los sistemas son encriptados	Presenta encriptación en el aire
Presenta un máximo de sites entre 10 y 40	Presenta un máximo de sites de 100 por zona
Para el sistema se puede utilizar cualquier marca	Para el sistema se pueden utilizar cualquier marca
Puede enviar una señal a la vez en la misma frecuencia	Puede enviar varias señales a la vez en la misma frecuencia

Tabla 3.19. Cuadro de comparación Radios Analógicos – TETRA.

3.3.4. Principales ventajas Del Sistema TETRA release 2 respecto de TETRA 1.

La capacidad para operar con TETRA a **distancias superiores a 58 km** (limitada por la estructura TDMA de TETRA) se requirió por varias organizaciones de usuarios, para posibilitar comunicaciones eficientes Aire-Tierra-Aire (AGA, *Air-Ground-Air*) mientras se opera en la red principal TMO (modo de operación troncal). Modificando las ráfagas ascendente y descendente, así como los tiempos de guarda, la cobertura de TETRA en modo TMO puede extenderse hasta los **83 km** para aplicaciones AGA. Nótese que en el modo de operación directo (DMO, *Direct Mode of Operation*) no existe ninguna limitación de cobertura debida al TDMA, ya que la sincronización se realiza al comienzo de cada transmisión.⁵⁵

⁵⁵ <http://emercomms.ipellejero.es/2010/05/17/hacia-tetra-release-2/>

El servicio de datos TETRA mejorado (*TETRA Enhanced Data Service, TEDS*) es un **nuevo servicio de datos de alta velocidad** que utiliza diferentes anchos de banda de radiofrecuencia y tasas de datos. El servicio TEDS es completamente compatible con TETRA Release 1, lo que facilita los procesos de migración. Se ha optimizado para realizar un uso eficiente de las bandas de radiofrecuencia por parte de todas las aplicaciones de los diferentes segmentos del mercado.⁵⁶

Mediante la selección adaptativa de los esquemas de modulación, los anchos de banda de RF y la codificación acorde a las condiciones de propagación, se pueden esperar tasas de datos de entre 10 y 500 kbps desde el punto de vista del usuario. Para facilitar la migración a TEDS, se han respetado al máximo las características de la pila de protocolos TETRA y de la estructura TDMA. TEDS también permite el uso de hasta 8 aplicaciones multimedia y la negociación de varios parámetros de calidades de servicio (QoS) para aplicaciones de datos que requieran tiempo real, como voz digital, vídeo y telemetría: velocidad de datos, retardo, prioridad y fiabilidad. Para el despliegue de TEDS se podrán utilizar así mismo las celdas sectorizadas ya existentes. Un punto a tener en cuenta es que la saturación actual del espectro de RF en el que trabaja TETRA hará que el despliegue de canales de 150 kHz sea lento y que inicialmente con toda probabilidad el servicio se limite a canales de 50 kHz.⁵⁷

⁵⁶ <http://emercomms.ipellejero.es/2010/05/17/hacia-tetra-release-2/>

⁵⁷ Ídem.

3.3.5. Comparación de similitudes del Sistema TETRA release 2 con la tecnología de P25.

En cuanto a los objetivos y similitudes entre el sistema APCO Proyect 25 y TETRA release 2, podemos resaltar lo siguiente:

- Muestran una eficiencia en la distribución del Espectro.
- Cumplen con una estandarización para varios fabricantes.
- Están a la altura para cualquier tipo de requerimiento de misión crítica.
- Presentan un largo ciclo de vida y además ambos estándares son abiertos.



3.4. CALIDAD Y SEGURIDAD DEL SERVICIO TETRA.

La calidad del estándar TETRA release 2 está certificada, ya que está diseñado para su uso en misión crítica y así mismo llegar a ser considerado como el estándar de comunicaciones más seguro, ya que ese fue el objetivo de su diseño desde sus inicios.

Esta calidad y seguridad está avalada por su cifrado e encriptación, además está comprobado que desde sus inicios no ha podido ser interceptada ya que nació como un estándar de uso militar.

3.5. COSTOS DEL SISTEMA TETRA release 2.

En el diseño de nuestro Proyecto utilizaremos terminales móviles y portátiles, ambos tipos de terminales tienen las características de contar con GPS para la localización de las unidades.

Así mismo estos terminales portátiles son versátiles con precios bajos gracias a su menor tamaño, sin embargo los terminales móviles son un poco más elevados debido a que están diseñados para ser instalados en vehículos o estaciones de control.

En el Mercado podemos encontrar una gran variedad de fabricantes de equipos, lo cual hace que haya un menor costo de los mismos.

PLAN DE INVERSION

En cuanto al plan de inversión se ha tomado como referencia un promedio aproximado del valor de los equipos que se encuentran en el mercado, el cual pasaremos a dar un aproximado en dólares americanos.

Nº	EQUIPAMIENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	ESTACION MTS1	2	\$ 40.135,70	\$ 80.271,40
3	CONTROLADOR	1	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
5	COMBINADOR	1	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00
6	PRE-SELECTOR	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
7	DUPLEXOR	1	\$ 1.400,00	\$ 1.400,00
8	PROTECTORES CONTRA SOBRE CARGA DE CABLE COAXIAL	2	\$ 300,00	\$ 600,00
9	ANTENA DE RF SINCLAIR, SC329 380-400 MHz	2	\$ 1.000,00	\$ 2.000,00
11	Kit de conexión a tierra	6	\$ 50,00	\$ 300,00
12	Jumper de 1/2"	3	\$ 20,00	\$ 60,00
13	Radio enlaces PTP MOTOROLA	2	\$ 3.000,00	\$ 6.000,00
14	Tramos de cable UTP CAT_6	2	\$ 20,00	\$ 40,00
15	Conectores RJ45 CAT 6	4	\$ 1,00	\$ 4,00
	SUB TOTAL			\$ 98.375,40

Tabla 3.20. Cuadro de materiales y equipo a usar por repetidor

Nº	REPETIDOR	CANTIDAD	COSTO TOTAL
1	GOBIERNO REGIONAL AQP	1	\$ 98.375,40
2	MUNICIPALIDAD DE CERRO COLORADO	1	\$ 98.375,40
3	CEMENTERIO DE HUNTER	1	\$ 98.375,40
4	MUNICIPALIDAD DE ALTO SELVA ALEGRE	1	\$ 98.375,40
	TOTAL		\$ 393.501,60

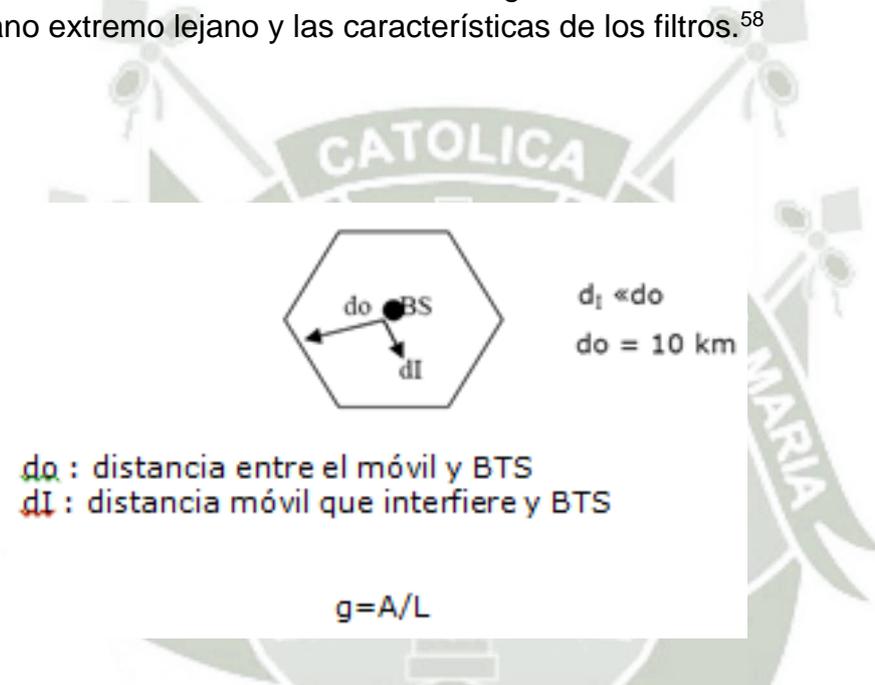
Tabla 3.21. Cuadro del Total General de materiales y equipos de estaciones

3.6. CALCULOS DEL SISTEMA Y FORMULAS:

Para el cálculo de las siguientes formulas se radiocomunicaciones se han tomado como referencia bibliográfica del análisis del libro de **SISTEMAS DE COMUNICACIONES MOVILES**, del instituto mexicano de comunicaciones.

Interferencia entre canales adyacentes:

Para evitar la interferencia entre canales adyacentes pueden utilizarse filtros y además, el grupo de canales asignados a cada celda puede tener bandas de resguardo (de varios canales) entre canal canal. Para determinar cual es el valor adecuado de estas bandas de resguardo, se estudiará el efecto extremo cercano extremo lejano y las características de los filtros.⁵⁸



d_o : distancia entre el móvil y BTS
 d_I : distancia móvil que interfiere y BTS

$$g=A/L$$

Donde:

g : #veces a doblar $B/2$
 A : Aislamiento [dB]
 L : orden del filtro
 B : BW del Canal

$$\Rightarrow 2^g(B/2) = N \cdot B \quad \text{Donde: } N: \# \text{Canales de Separación}$$

$$(2)^{g-1} = N$$

⁵⁸ SISTEMAS DE COMUNICACIÓN MOVIL Una introducción, Instituto Mexicano de Comunicaciones Centro de Investigación y estudios Avanzados del I.P.N. Domingo Lara Rodriguez, David Muñoz Rodriguez, salvador Rosas Garcia.

Se muestra la relación de RSSI = -64. Con filtros con una característica de corte de L dB/otc (L=24 dB), entonces, si G es el numero de veces que se debe doblar B/2, donde B es el ancho de banda del canal, se requiere tener un aislamiento de 64 dB.

$$G = 64/L = 64/24 = 2.67$$

Esto implica que la separación en frecuencias entre los canales es:

$$2^{2.67} (B/2) = 3.18 B$$

Por lo que se define como G como el numero de veces que se debe doblar B/2 para tener una calidad adecuada como:

$$G = \frac{|10n \log (d_0/d_1) + 18|}{L}$$

$$n=4$$

entonces para nuestro caso : $G = 3.42$

Con los resultado anteriores se ha propuesto planes de asignación de frecuencia tal como se plantea.

Factor de Degradación:

El factor de degradación en la eficiencia de las troncales se puede definir como:⁵⁹

$$n^e = \frac{Q1 - Q2}{Q1} \quad [\%]$$

Donde: Q: Llamadas/Hr.
N^e: Factor de Deg.

El número de llamadas (Q) que se atenderán en cada caso es:

$$Q1 = \frac{A \times 60}{1.76} = 2832.95 \quad \text{llamadas/hora}$$

$$Q2 = 1295.45 \quad \text{llamadas/hora}$$

Entonces el factor de degradación en la eficiencia de las troncales:

$$Ne = \frac{2832.95 - 1295.45}{2832.95} = 0.54\%$$

⁵⁹ SISTEMAS DE COMUNICACIÓN MOVIL Una introducción, Instituto Mexicano de Comunicaciones Centro de Investigación y estudios Avanzados del I.P.N. Domingo Lara Rodriguez, David Muñoz Rodriguez, salvador Rosas Garcia.

Número de Abonados:

Estará determinado por la relación entre el número de canales y el patrón de la celda.⁶⁰

$$N_1 = \frac{C}{P}$$

Donde: N_1 = Nº Abonados
C = Nº Canales
P = Patrón de Celdas

Consideramos el sistema con 666 canales y el sistema de 333 canales, un patrón de repetición de 7 celdas, una probabilidad de bloqueo de 0.02 por celda y una duración promedio de las llamadas de 1.76 min.

Entonces, para un sistema por zona:

$$N_1 = \frac{666}{7} = 95 \quad \text{canales / celda}$$

$$B = 0.02 \quad \text{(Probabilidad de bloqueo)}$$

Y de las tablas de dimensionado para sistemas de pérdidas, el tráfico ofrecido es:

$$A_1 = 83.1 \quad \text{Erlangs} \quad \text{(Tráfico ofrecido)}$$

Y para el caso de un sistema con 333 canales:

$$N_2 = \frac{333}{7} = 47.5 \quad \text{canales/celda}$$

$$B = 0.02$$

$$A_2 = 38 \quad \text{Erlangs} \quad \text{(Tráfico ofrecido)}$$

⁶⁰ SISTEMAS DE COMUNICACIÓN MOVIL Una introducción, Instituto Mexicano de Comunicaciones Centro de Investigación y estudios Avanzados del I.P.N. Domingo Lara Rodriguez, David Muñoz Rodriguez, salvador Rosas Garcia.

CONCLUSIONES

- El sistema es seguro y rápido por la redundancia que posee.
- El sistema posee más cobertura y comunicación clara, por el tipo de señal digital y extendida por el roaming.
- Presenta una comunicación permanente por tener más cantidad de canales por el tipo de acceso TDMA.
- Se mantiene un mayor ahorro de las baterías en los grupos portátiles por ser un sistema digital.
- Por cada portadora podemos sacar cuatro canales de voz, obteniendo un ahorro en cuanto a pagos en licencias de frecuencias.
- Se utiliza un solo canal de control.
- Se realiza una asignación de canal según la prioridad del usuario.

RECOMENDACIONES

- Se puede activar o programar la función scan de canales o grupos de comunicación, dependiendo de la necesidad del usuario.
- En zonas donde no pueda llegar la cobertura se puede utilizar un equipo suscriptor móvil como estación base en el modo de transmisión directo o DMO sin necesidad de hacer uso de la infraestructura.
- Se recomienda la programación de los equipos para el envío de mensajes de Texto de acuerdo a la necesidad del usuario.
- Para extender la cobertura del sistema con más repetidores, se tendrá que considerar como mínimo la sensibilidad de recepción, la potencia de transmisión, la diversidad triple de antena para optimizar las pérdidas por desvanecimiento en las zonas urbanas.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Defilipi Elias Alessandro, PLANIFICACION DE UN SISTEMA TRONCALIZADO DIGITAL EN ESTANDAR TETRA PARA APLICACIONES DE SEGURIDAD CIUDADANA Y COMUNICACIONES EN CASO DE EMERGENCIA – Universidad Nacional de Ingeniería. Lima - 2010
- ✓ ETS 300 392-1: Terrestrial Trunked Radio (TETRA): Voice plus Data (V+D).
- ✓ G. Masferrer y R. Figueres, Introducción al Sistema TETRA.
- ✓ Hernando Rábanos José María, Comunicaciones Móviles Editorial Centro de Estudios Ramón Areces.
- ✓ Hernando Rábanos José María, Ingeniería de sistemas Trunking. Editorial Sintensis. Madrid. (1998).
- ✓ HERRERA, Enrique, *Introducción a las telecomunicaciones modernas*, Editorial Limusa, 2006.
- ✓ J. Dunlop, D. Girma, J. Irvine. "Digital Mobile Communications and the TETRA System". Ed. Wiley. 1999.
- ✓ Lara Rodriguez Domingo, Muñoz Rodriguez David, Rosas Garcia Salvador, SISTEMAS DE COMUNICACIÓN MOVIL Una introducción, Instituto Mexicano de Comunicaciones Centro de Investigación y estudios Avanzados del I.P.N.
- ✓ Peter Stavroulakis (editor). "Terrestrial Trunked Radio - TETRA. A global Security Tool". Ed. Springer-Verlag. 2007.
- ✓ Salazar Domerizain, Elena; Falcone Lanas, Francisco. Pamplona. AMPLIACION DE LA RED TETRA – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones. Junio 2014.
- ✓ TETRA MasterClass IP over TETRA and TETRA over IP, 28th November – 1st December 2005.
- ✓ TOMASI, Wayne, *Sistemas de comunicaciones electrónicas*, Cuarta Edición, Pearson Educación, 2003.
- ✓ Vicente Pou, Carlos. INTRODUCCION A LAS REDES DE COMUNICACIÓN TRUNKING DIGITAL TETRA – Universidad de Cantabria UC. Cantabria 2010

- ✓ Página Web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Perú
<http://www.mtc.gob.pe>
- ✓ Página Web del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones.
<http://www.osiptel.gob.pe>
- ✓ Página Web de Wikipedia
https://es.wikipedia.org/wiki/Comunicación_inalámbrica
<https://es.wikipedia.org/wiki/Trunking>
- ✓ Página Web de emaze
<https://www.emaze.com/@AQRIFIR/SUB-2>
- ✓ Página Web del Rincón del Vago
<http://html.rincondelvago.com/trunking.html>
- ✓ Página Web de monografías
<http://www.monografias.com/trabajos65/sistemas-troncalizados/sistemas-troncalizados2.shtml>
- ✓ Página Web de ecured
https://www.ecured.cu/Radiocomunicación_móvil_troncalizado
- ✓ Página Web de MGT
<http://www.mg.com.pe/sistema-digital-p25.htm>
<http://www.mg.com.pe/sistema-digital-mototrbo.htm>
<http://www.mg.com.pe/sistema-digital-tetra.htm>
- ✓ Página Web de Mundo TETRA
<http://www.tetramou.com>
- ✓ Página Web de arci
<http://www.arci.com.mx/radiocomunicacion/tetra/>
- ✓ Pagina Web de Telecoman
<http://www.telecoman.com/pasarela-red-tetra-a-red-analogica/>
- ✓ Página Web de MOTOROLA
Paper Motorola's Dimetra IP Technology.
Paper Motorola Solutions

Algunas direcciones para Cálculos:

www.connect802.com/literature.htm
my.athenet.net/~multiplx/cgi-bin/tilt.main.cgi
www.it46.se/courses2/wireless/calculator/en/

GLOSARIO

AI	Interfaz de Aire (Air Interface).
APCO	Asociación para las Comunicaciones Oficiales de Seguridad Pública (Association of Public-Safety Communications Officials).
BTS	Estación Base (Base Station).
BS-LT	Terminal Local de BS (BS Local Terminal).
DMO	Modo de Operación Directo (Direct Mode Operation).
DQPSK	Modulación en Cuadratura Diferencial por Desplazamiento de Fase (Differential Quaternary Phase Shift Keying).
ETSI	Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (European Telecommunications Standards Institute).
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones (Federal Communications Commission).
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (Global Position System).
GSM	Sistema Global para las Comunicaciones Móviles.
IEEE	Instituto de Ingenieros Electrónicos y Electricistas (Institute of Electrical and Electronics Engineers).
ISI	Interfaz Entre Sistemas (Inter-System Interface).
LAN	Red de Área Local (Local Area Network).
NC	Nodo Central.
MSC	Centro de Enrutamiento y Conmutación del Sistema.
PAR	Potencia Radiada Aparente.
PEI	Interfaz para Equipos Periféricos (Peripheral Equipment Interface).
PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Efectiva.
PMR	Radios Móviles Profesionales (Professional Mobile Radios).

- PSTN Red Telefónica Pública Conmutada (Public Switched Telephone Network).
- RSSI: Indicación de intensidad de la señal recibida
- SCN Nodo de Conmutación y Control (Switching and Control Node).
- SCN-LT Terminal Local de SCN (SCN Local Terminal).
- TDMA Acceso Múltiple por División de Tiempo (Time Division Multiple Access).
- TETRA Radio Troncalizado Terrestre (Terrestrial Trunked Radio).
- TMO Modo de Operación Troncalizado (Trunked Mode Operation).
- UIT Unión Internacional de las telecomunicaciones.
- VPN Red Privada Virtual (Virtual Private Network).
- WAN Red de Área Amplia (Wide Area Network).



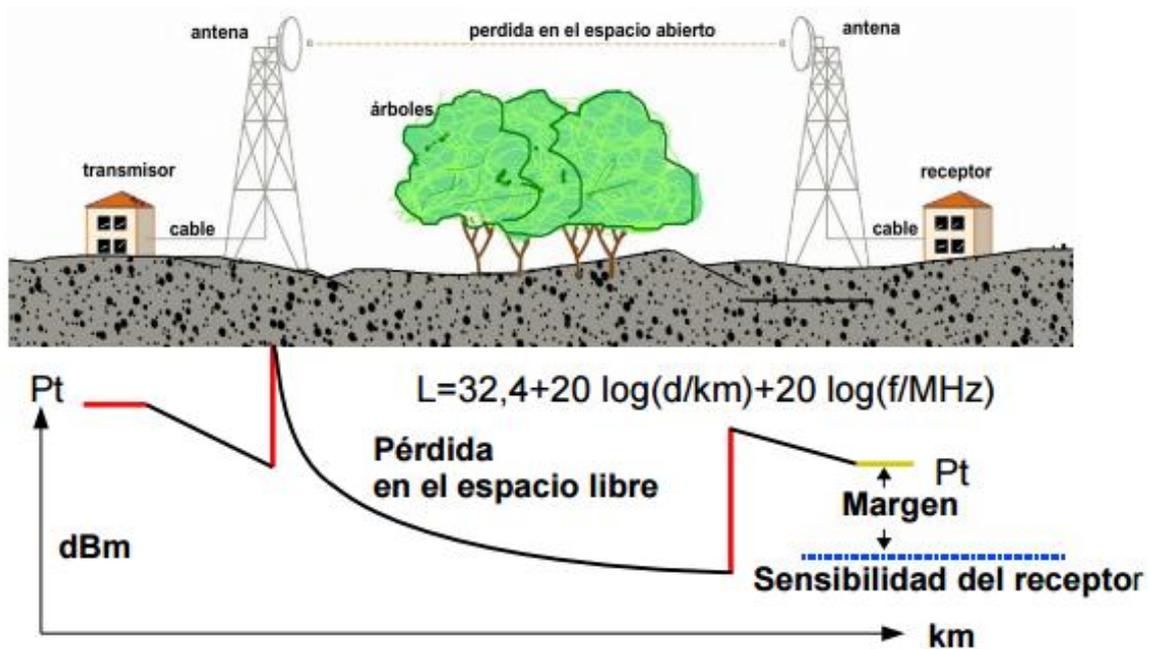
ANEXO I: PROPAGACIÓN

1. ¿Qué es un presupuesto de enlace?

- Es el cálculo de todas las ganancias y pérdidas desde el transmisor hasta el receptor.
- Un buen Presupuesto de enlace es esencial para el funcionamiento del mismo.
- Estimación de perdidas/ganancias en un radioenlace:
 - ✓ Diseño adecuado.
 - ✓ Correcta elección de los equipos.

2. Elementos del Radioenlace.

- Lado de Transmisión.
 - ✓ Potencia de transmisión, pérdidas en el cable, ganancia de antena.
- Lado de Propagación.
 - ✓ FSL, Zona de Fresnel.
- Lado Receptor
 - ✓ Ganancia de antena, pérdidas en el cable, sensibilidad del receptor.



Elementos de un Radio Enlace.

- + Potencia del Transmisor [dBm]
 - Pérdidas en el Cable TX [dB]
 - + Ganancia de Antena TX [dBi]
 - Pérdidas en la trayectoria en el espacio libre [dB]
 - + Ganancia de Antena RX [dBi]
 - Pérdidas en el Cable RX [dB]
- = Margen – Sensibilidad del receptor [dBm] el cálculo debe hacerse en ambas direcciones.

3. Potencia de Transmisión (Tx).

- ✓ Potencia de salida del radio (la tarjeta inalámbrica, estación base).
- ✓ El límite superior depende de límites regulatorios por lo tanto de los países/regiones y la utilidad en el tiempo.

Protocolo	Potencia pico [dBm]	Potencia pico [mW]
IEEE 802.11b	18	65
IEEE 802.11a	20	100

Tabla 1. Potencias de transmisión.

4. Perdidas en el cable.

- ✓ Pérdidas debido a la atenuación.
- ✓ El cable de la antena debe ser lo más corto posible.
- ✓ Dependientes de la Frecuencia.
- ✓ Controlar la hoja de datos y verificar.
- ✓ Los valores típicos de pérdidas varían entre 1 dB/m hasta < 0.1 dB/m.
- ✓ Menores pérdidas => cable más costoso.

Tipo de Cable	Pérdida [db/100m]
RG 58	ca 80-100
RG213	ca 50
LMR-200	50
LMR-400	22
Aircom plus	22
LMR-600	14
Fleline de 1/2"	12
Flexline de 7/8"	6,6
C2FCP	21
Heliac de 1/2"	12
Heliac de 7/8"	7

Tabla 2. Pérdidas de Cable.

5. Pérdidas en los conectores.

- ✓ Pérdidas en los conectores (≈ 0.25 dB por conector).
- ✓ Dependiendo de la frecuencia y tipo de conector.
- ✓ Pérdidas en protectores contra descarga eléctrica. (≈ 1 dB)

6. Amplificadores.

- ✓ Su uso es opcional, compensa pérdidas en los cables.
- ✓ Puede cambiar características en la frecuencia y adicionar ruido.
- ✓ Considere los límites legales.
- ✓ Una elección inteligente de las antenas y una alta sensibilidad en el receptor son mejores que la fuerza bruta de amplificación.
- ✓ El amplificador aumenta tanto el nivel de la señal como el del ruido.

7. Antena del lado Transmisor.

Ganancia de Antena en rangos desde.

- ✓ dBi (antena integrada simple).
- ✓ 8 dBi (omni direccional estándar).
- ✓ 21 - 30 dBi (parabólica).

Verifique que realmente tiene la ganancia nominal.

- ✓ Pérdidas en la inclinación, en la polarización, etc.

8. Perdidas en el espacio libre.

- ✓ Es proporcional al cuadrado de la distancia.
- ✓ Es proporcional al cuadrado de la frecuencia del radio.

$$FSL (dB) = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) - 187.5$$

Dónde:

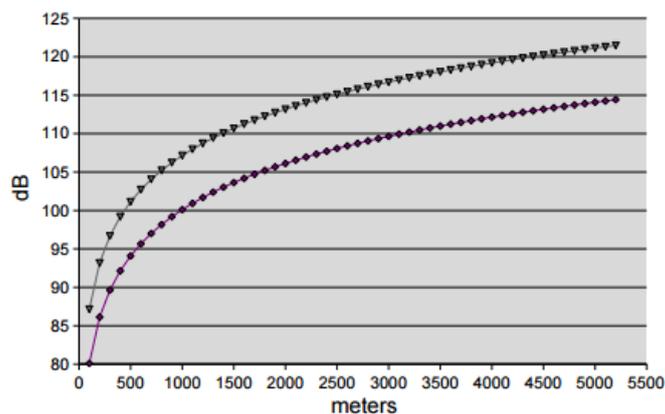
$d = distancia [m]$

$f = frecuencia [f]$

Distancia [km]	915 MHz	2,4 GHz	5,8 GHz
1	92 dB	100 dB	108 dB
10	112 dB	120 dB	128 dB
100	132 dB	140 dB	148 dB

Tabla Perdida en el espacio libre.

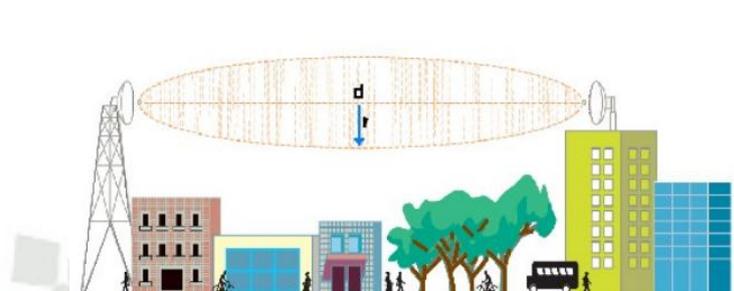
dB - meters (2.4/5.4 GHz)



Aproximación lineal de FSL

9. Aproximación lineal de FSL.

✓ Zona de Fresnel:



Zona de Fresnel

$$r = 17.32 * \sqrt{((d_1 * d_2) / (d * f))}$$

d_1 = distancia al obstáculo desde el transmisor [km]

d_2 = distancia al obstáculo desde el receptor [km]

d = distancia entre transmisor y receptor [km]

f = frecuencia [GHz]

r = radio [m]

Obstáculo situado en el medio ($d_1=d_2$):

$$r = 17.32 * \sqrt{(d / 4 f)}$$

El radio que contiene el 60% del total de la potencia:

$$r = (60\text{percent}) = 10.4 * (d / 4f)$$

10. Lado receptor. Perdidas en antenas, cables y amplificadores.

- ✓ Los cálculos son iguales que los del lado de transmisión

11. Sensibilidad del receptor.

- ✓ Muestra el mínimo valor de potencia que necesita para poder decodificar/extraer “bits lógicos” y alcanzar una cierta tasa de bit.
- ✓ Cuanto más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio.
- ✓ Una diferencia de 10 dB aquí es tan importante como 10 dB de ganancia en una antena.

12. Margen y SNR (tasa de señal a ruido).

Margen = Señal recibida en el receptor – sensibilidad

- ✓ No es suficiente que la señal sea > que el ruido
- ✓ Es necesario un cierto margen entre la señal y el ruido (SNR)
- ✓ Requerimiento típico de SNR es:
 - 16 dB para 11 Mbps.
 - 4 dB para 1 Mbps.

13. Términos y conceptos.

- ✓ **Presupuesto de enlace / Presupuesto de potencia / Ganancia del Sistema.**
 - Un cálculo de señal/potencia de las partes del sistema.
 - El cálculo debe hacerse en ambas direcciones.
- ✓ **Margen de operatividad del sistema.**
 - Señal recibida – sensibilidad.
- ✓ **EIRP (Effective Isotropic Radiated Power)**
= **PIRE (Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva)**
 - *Máxima Potencia Irradiada*
 - *100 mW en Europa*
 - *4 W en otros países*
- ✓ **PIRE (dBm) = Potencia Transmisor (dBm) – Pérdidas en cables y conectores (dB) + Ganancia de Antena (dBi).**

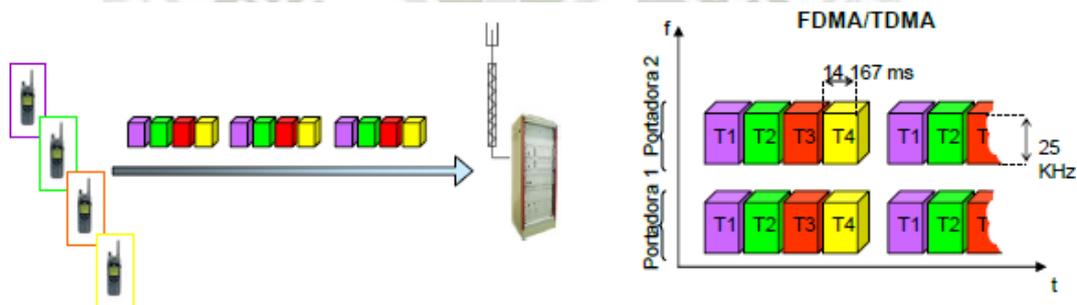
14. Cálculo con dB.

- ✓ Decibel es adimensional (como el porcentaje)
- ✓ $dB = 10 \cdot \log(P1/P2)$
- ✓ $dBm = 10 \cdot \log(P/0.001W) = 10 \cdot \log(P/1mW)$
- ✓ $dBi = dB$ relativo a una antena isotrópica ideal (Fuente de un punto)
- ✓ Las unidades de decibeles pueden ser sumadas y restadas y el resultado será adimensional.

ANEXO II: ESTRUCTURA TDMA

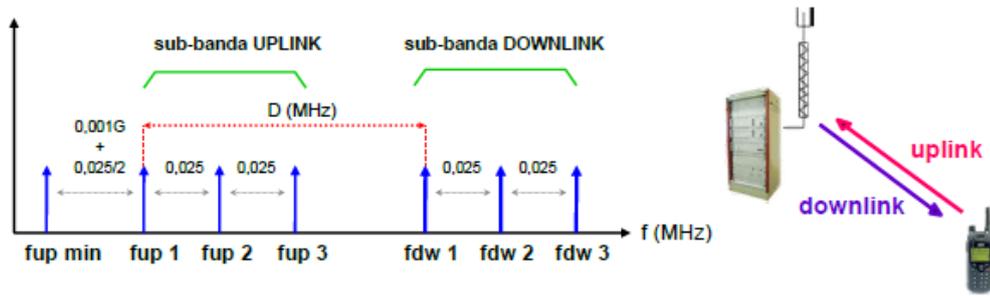
Estructura TDMA

- ✓ La tasa de modulación es 36 kbps (18 kbaudios).
- ✓ Cada portadora RF se divide en 4 canales físicos (timeslots). El recurso radio básico será un 'timeslot' (14,167 ms).
- ✓ Las llamadas vocales utilizan un único canal (timeslot).
- ✓ Las llamadas de datos pueden utilizar hasta 4 canales (timeslots).
- ✓ Voz y datos pueden ser transmitidos simultáneamente en timeslots diferentes.



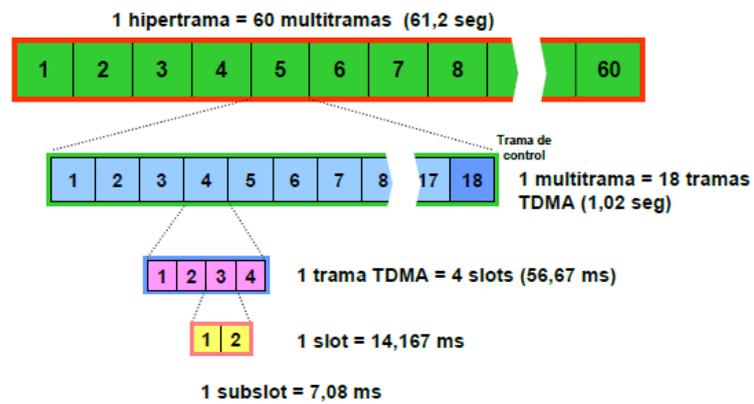
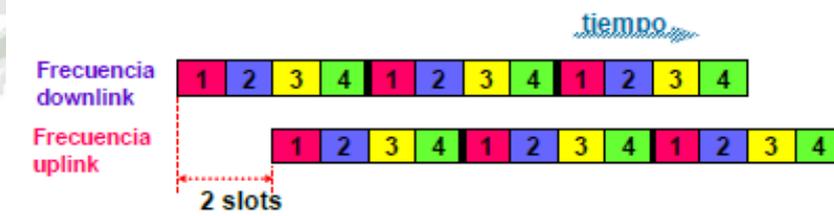
Estructura TDMA/FDMA

- ✓ El duplexado es FDD (*Frequency Division Multiplex*), de modo que una comunicación requiere un canal de 25 kHz en el UL y otro de 25 kHz en el DL. Ambos canales están separados una distancia fija D MHz (10 MHz en la banda de 400 MHz y 40 MHz en la banda de 800 MHz).



Subida y Bajada de Comunicación.

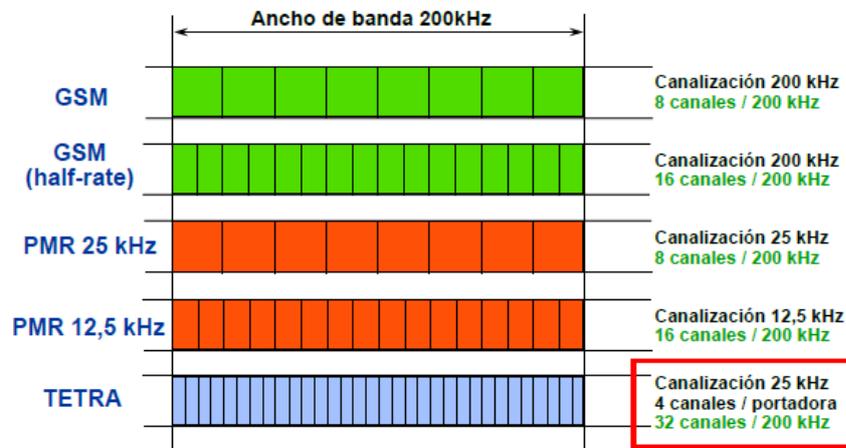
- ✓ La estructura uplink está retardada 2 timeslots con respecto a la referencia downlink.



Estructura de los Timeslots.

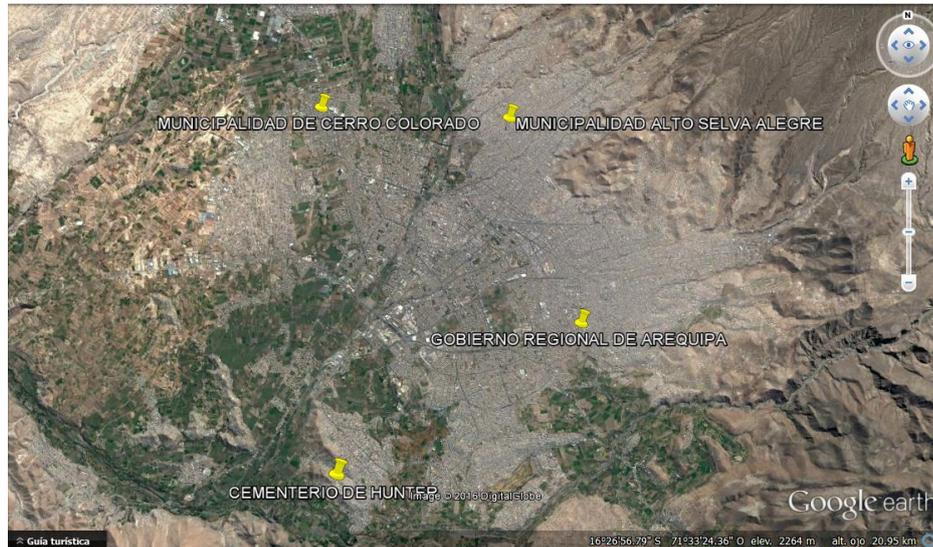
- ✓ La trama 18 se dedica a la transmisión de información de control.

EFICIENCIA ESPECTRAL

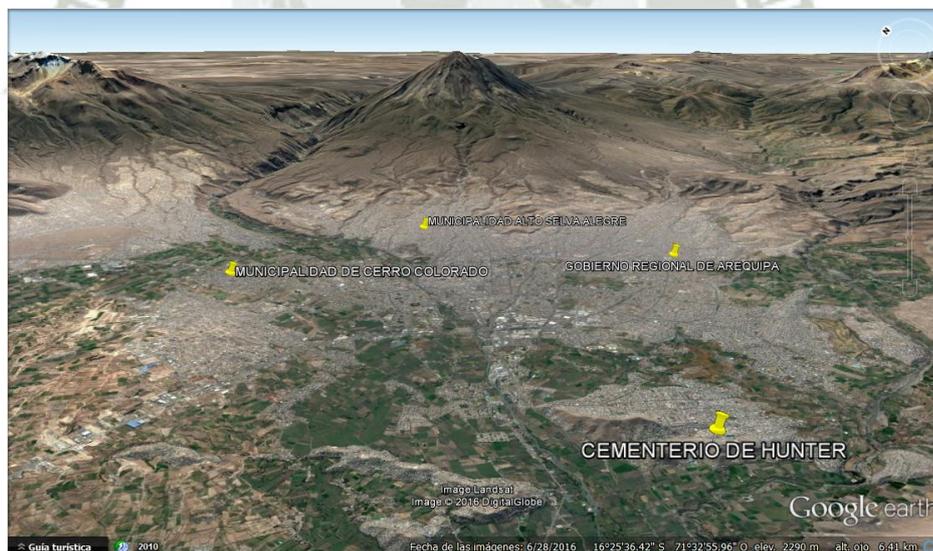


Eficiencia Espectral.

ANEXO III: PLANOS Y GUÍA PARA LA UBICACIÓN DE LOS SITES.



Vista Plana de los Sites en la ciudad de Arequipa – Vista Google Earth



Ubicación de los Sites en la ciudad de Arequipa – Vista Google Earth 3D

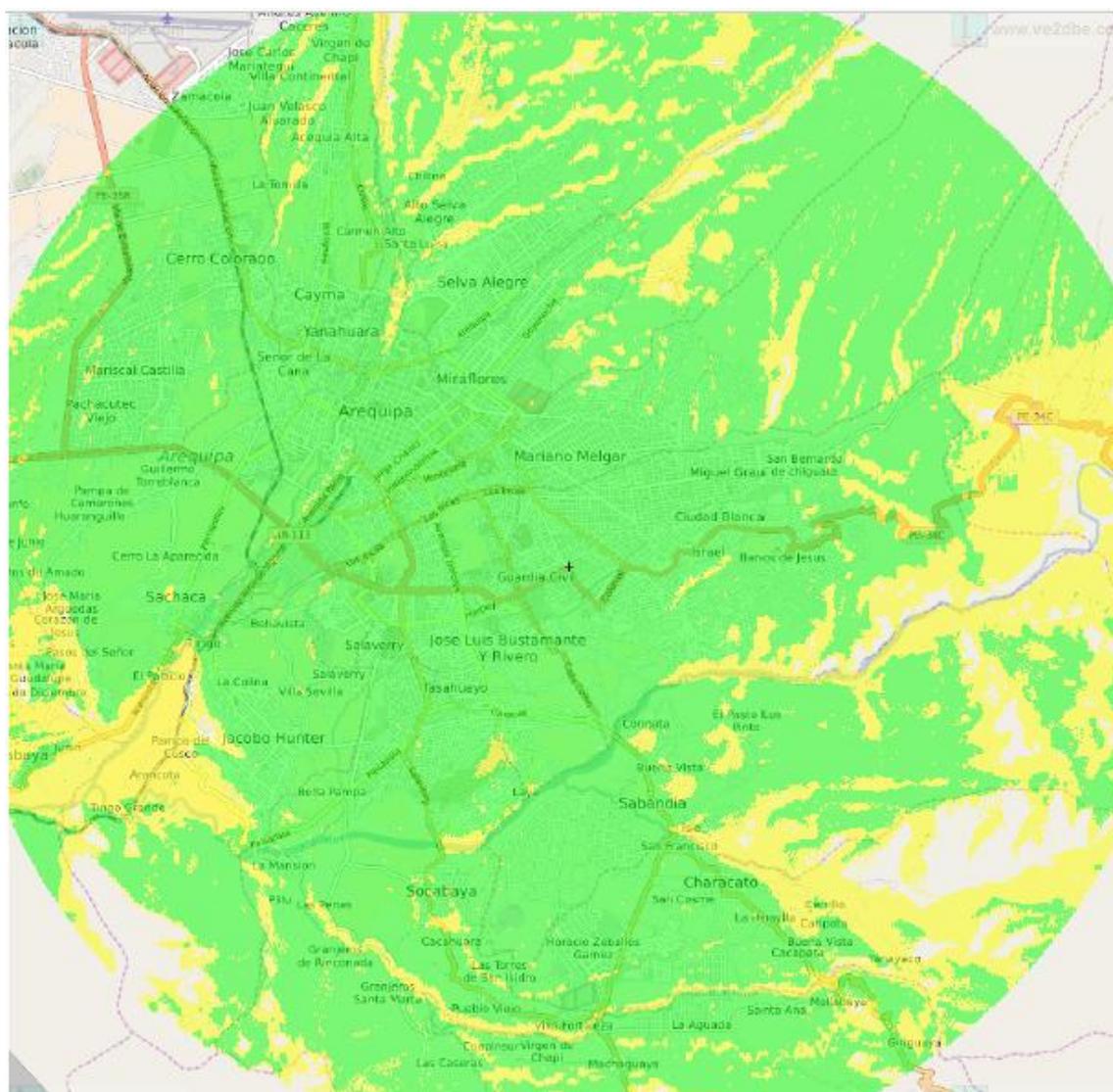
ANEXO IV: RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LAS PREDICCIONES DE COBERTURA TERRESTRE ZONAL.

Gobierno Regional de Arequipa.

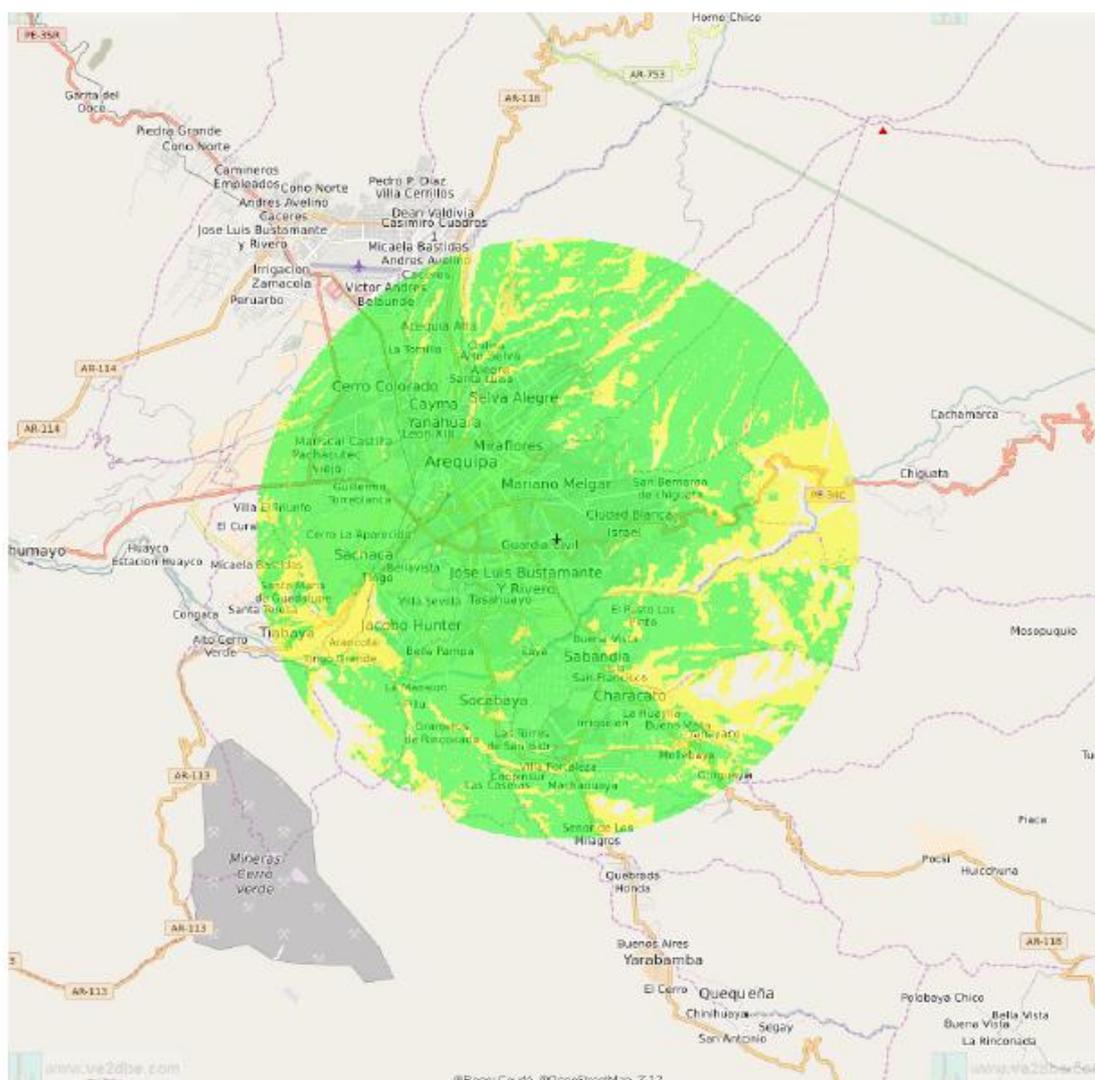
Resultados del estudio online de Radio Móvil	
Descripción	GOBIERNO REGIONAL
Frecuencia	420 MHz
Nombre de la estación base	PUNTO 1 - GOBIERNO REGIONAL
Latitud	-16.42199955 °
Longitud	-71.50743223 °
Latitud	16° 25' 19.20"S
Longitud	071° 30' 26.76"W
QRA	FH43FN
UTM (WGS84)	19K E232224 S8182727
Elevación	2412.6 m
Altura de la antena base	20 m
Ganancia de la antena base	8.1 dBi
Tipo de antena base	omni
Azimuth de la antena base	0 °
Inclinación de la antena base	0 °
Altura de la antena móvil	1.5 m
Ganancia de la antena móvil	3.0 dBi
Potencia Tx de transmisión	10.00000 W
Pérdidas en el cable de transmisión	3.0 dB
Pérdidas en el cable de recepción	0.5 dB
Sensibilidad del receptor	1.000 µV (-107.0 dBm)
Fiabilidad requerida	20%
Margen requerido para una señal fuerte	50.0 dB
Zona de señal débil	19.7 dBµV/m
Zona de señal fuerte	69.7 dBµV/m
Área cubierta por la señal débil	302 km ²
Área cubierta por la señal fuerte	233 km ²
Población alcanzada por una señal débil	582301 pop
Población alcanzada por una señal fuerte	509937 pop
Tipo de terreno usado	Si
Método de dos rayos empleado	Si
ID del usuario	haroldtg
ID del análisis de radio	RMIC36E16DFCD_17
Generado en	11/26/2016 2:59:00 AM



Resultados del estudio online en Radio Mobile



Resultados del estudio online en Radio Mobile



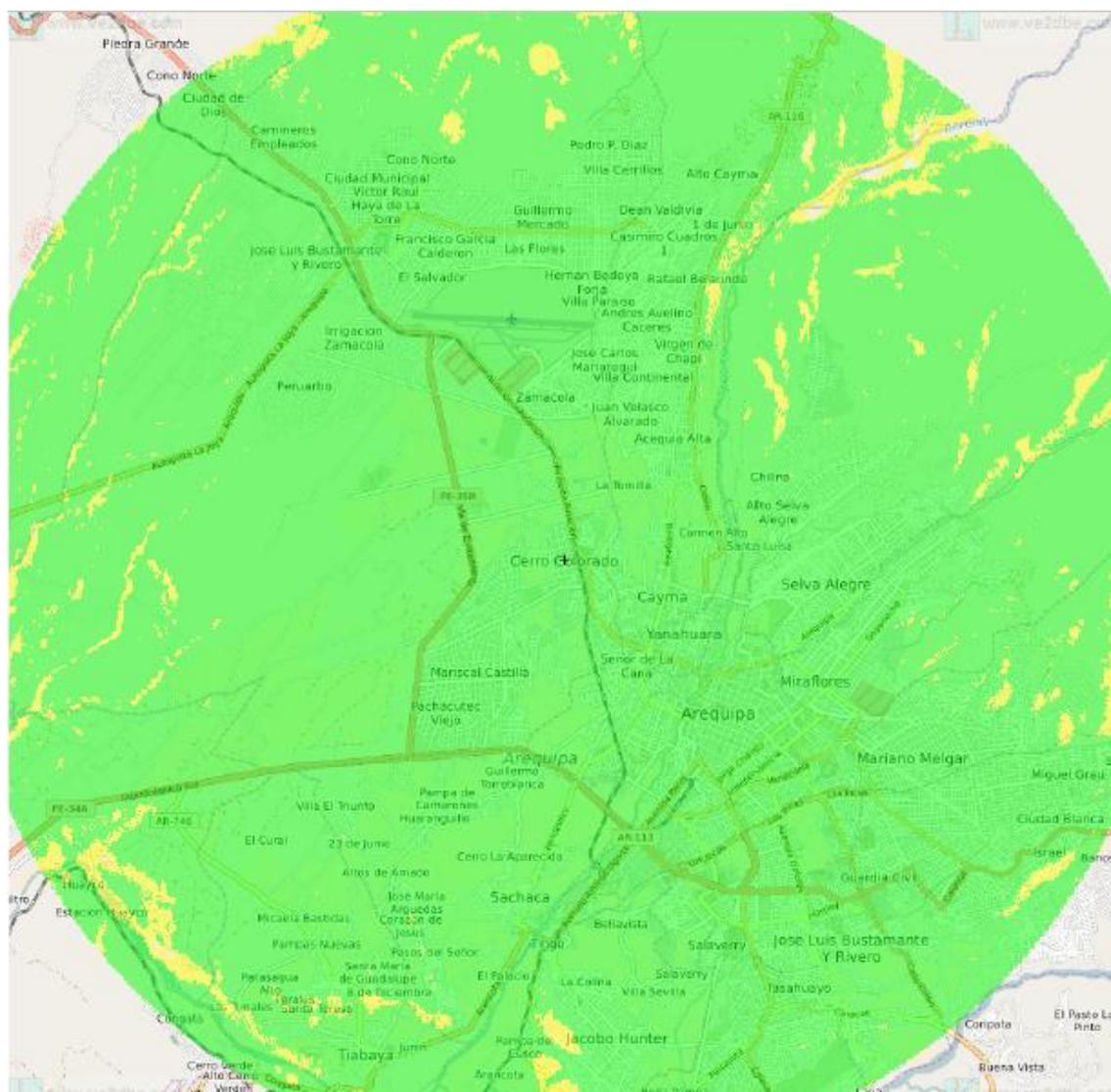
Municipalidad de Cerro Colorado.

Resultados del estudio online de Radio Mobile

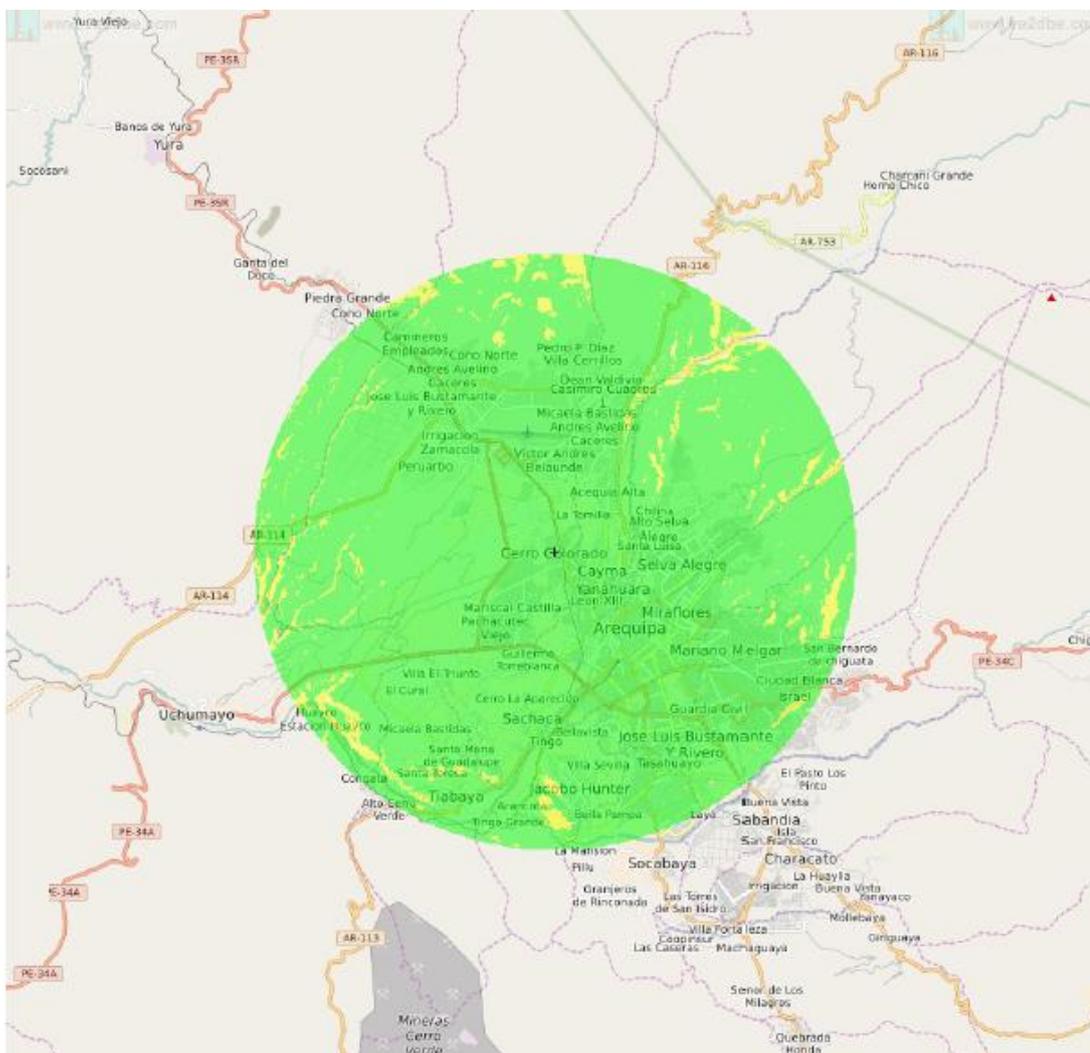
Descripción	MUNICIPALIDAD DE CERRO COLORADO
Frecuencia	420 MHz
Nombre de la estación base	PUNTO 2 - MUNICIPALIDAD DE CERRO COLORADO
Latitud	-16.37622435 °
Longitud	-71.56088859 °
Latitud	16° 22' 34.41" S
Longitud	071° 33' 39.20" W
QRA	FH43FO
UTM (WGS84)	19K E226448 S8187724
Elevación	2412.8 m
Altura de la antena base	30 m
Ganancia de la antena base	8.1 dBi
Tipo de antena base	omni
Azimuth de la antena base	0 °
Inclinación de la antena base	0 °
Altura de la antena móvil	1.5 m
Ganancia de la antena móvil	3.0 dBi
Potencia Tx de transmisión	10.00000 W
Pérdidas en el cable de transmisión	3.0 dB
Pérdidas en el cable de recepción	0.5 dB
Sensibilidad del receptor	0.500 µV (-113.0 dBm)
Fiabilidad requerida	10%
Margen requerido para una señal fuerte	50.0 dB
Zona de señal débil	13.7 dBµV/m
Zona de señal fuerte	63.7 dBµV/m
Área cubierta por la señal débil	315 km ²
Área cubierta por la señal fuerte	300 km ²
Población alcanzada por una señal débil	555732 pop
Población alcanzada por una señal fuerte	537436 pop
Tipo de terreno usado	Si
Método de dos rayos empleado	Si
ID del usuario	haroldrfg
ID del análisis de radio	RM1C36E16DFCD_20
Generado en	11/26/2016 3:00:01 AM



Resultados del estudio online en Radio Mobile



Resultados del estudio online en Radio Mobile



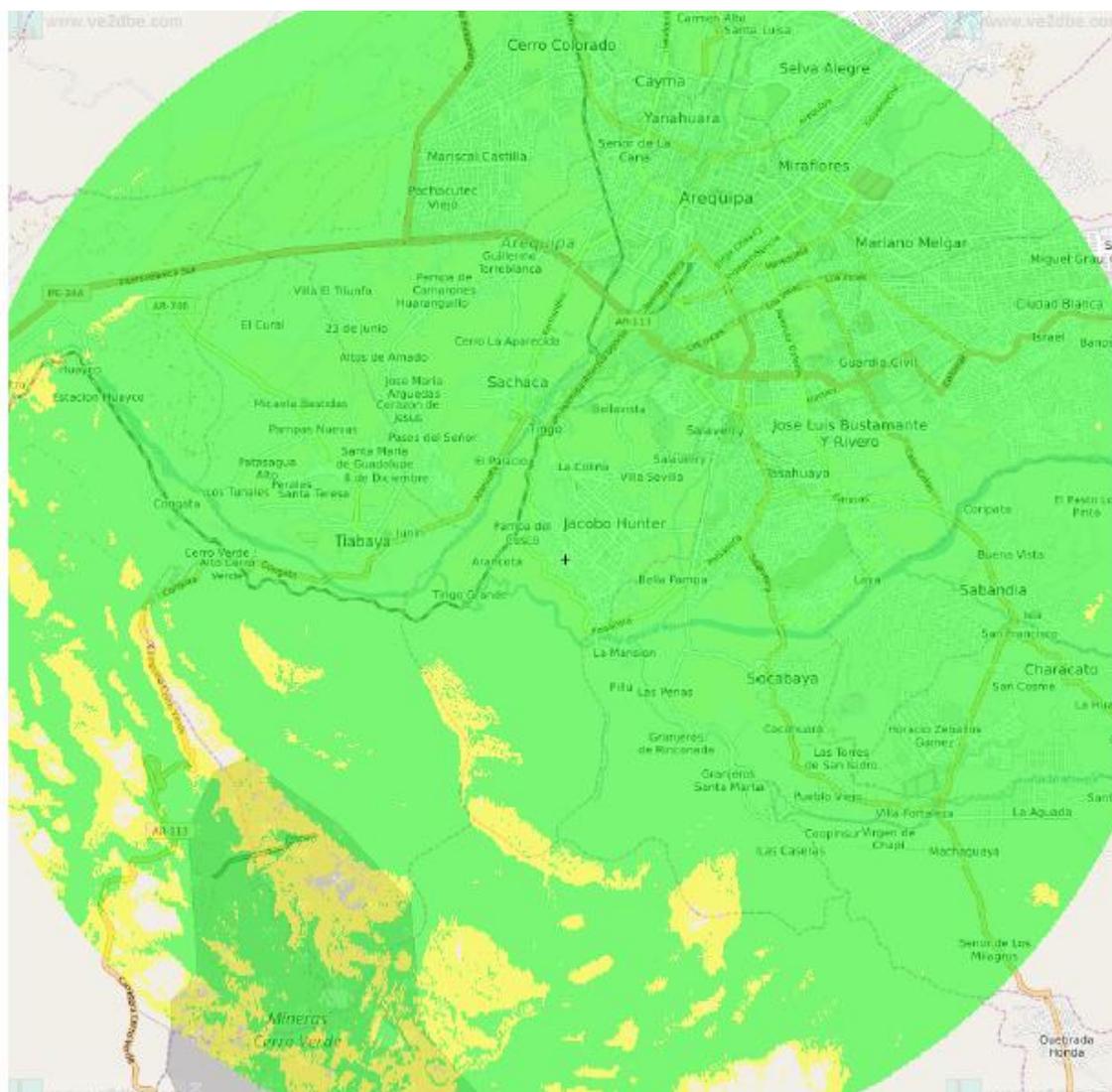
Cementerio de Hunter.

Resultados del estudio online de Radio Mobile

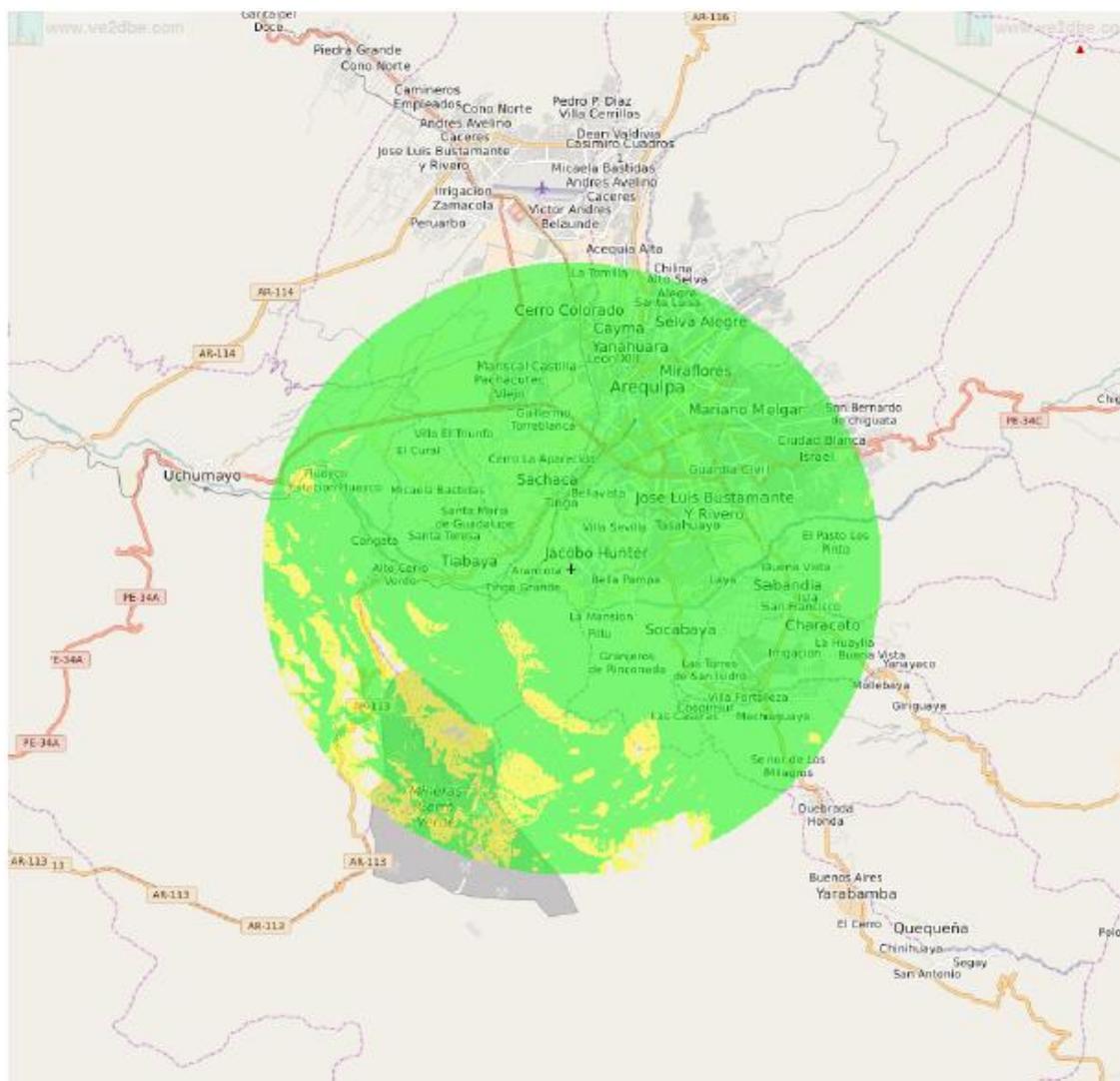
Descripción	CEMENTERIO DE HUNTER.
Frecuencia	420 MHz
Nombre de la estación base	PUNTO 3 - CEMENTERIO DE HUNTER
Latitud	-16.45262434 °
Longitud	-71.56033704 °
Latitud	16° 27' 09.45"S
Longitud	071° 33' 37.21"W
QRA	FH43FN
UTM (WGS84)	19K E226614 S8179266
Elevación	2337.6 m
Altura de la antena base	30 m
Ganancia de la antena base	8.1 dBi
Tipo de antena base	omni
Azimuth de la antena base	0 °
Inclinación de la antena base	0 °
Altura de la antena móvil	1.5 m
Ganancia de la antena móvil	3.0 dBi
Potencia Tx de transmisión	10.00000 W
Pérdidas en el cable de transmisión	3.0 dB
Pérdidas en el cable de recepción	0.5 dB
Sensibilidad del receptor	0.500 µV (-113.0 dBm)
Fiabilidad requerida	20%
Margen requerido para una señal fuerte	10.0 dB
Zona de señal débil	13.7 dBµV/m
Zona de señal fuerte	23.7 dBµV/m
Área cubierta por la señal débil	310 km ²
Área cubierta por la señal fuerte	281 km ²
Población alcanzada por una señal débil	444728 pop
Población alcanzada por una señal fuerte	438447 pop
Tipo de terreno usado	Si
Método de dos rayos empleado	Si
ID del usuario	haroldtg
ID del análisis de radio	RM1C36E16DFCD_21
Generado en	11/26/2016 3:00:41 AM



Resultados del estudio online en Radio Mobile



Resultados del estudio online en Radio Mobile



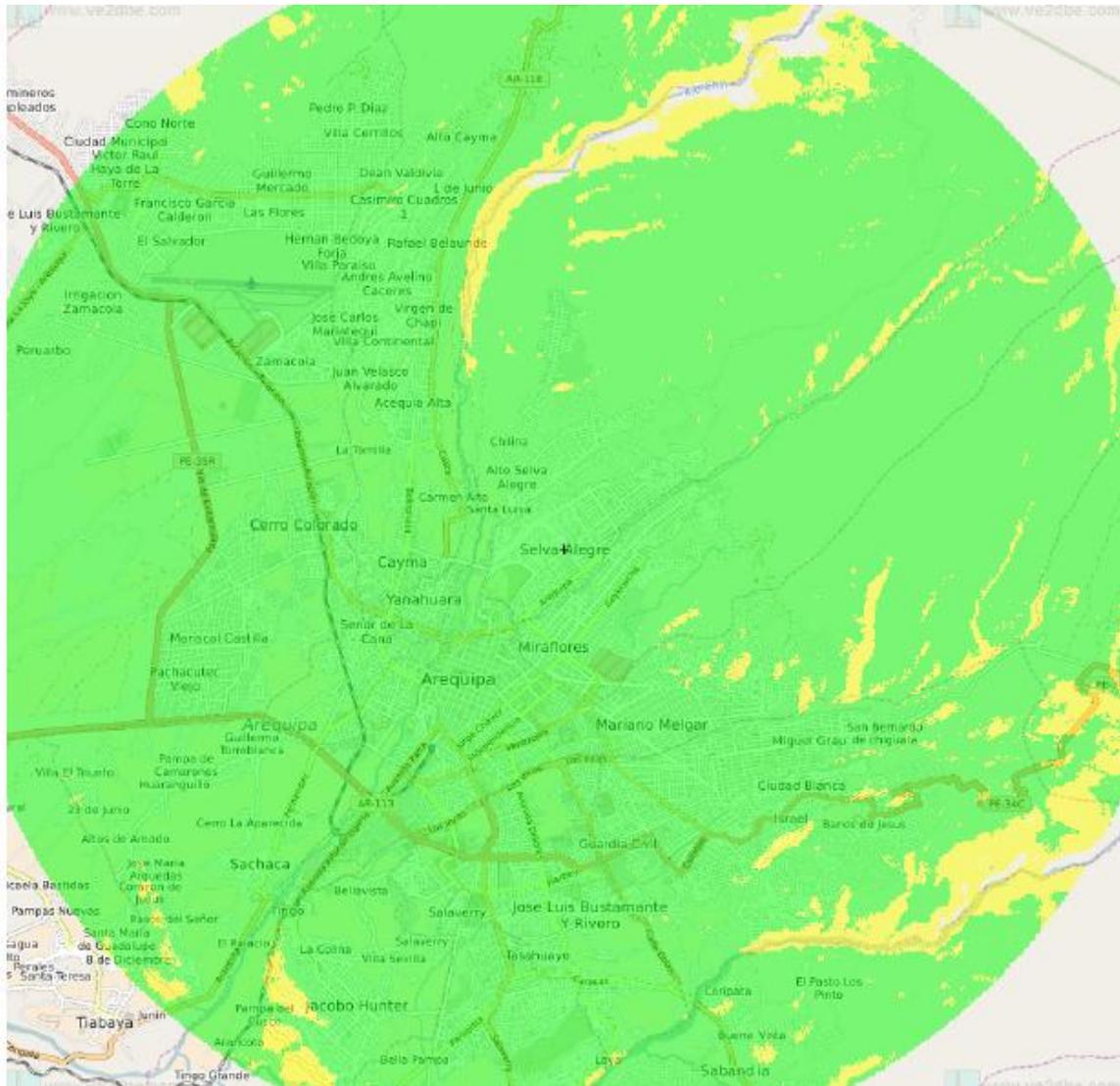
Municipalidad de Selva Alegre.

Resultados del estudio online de Radio Mobile

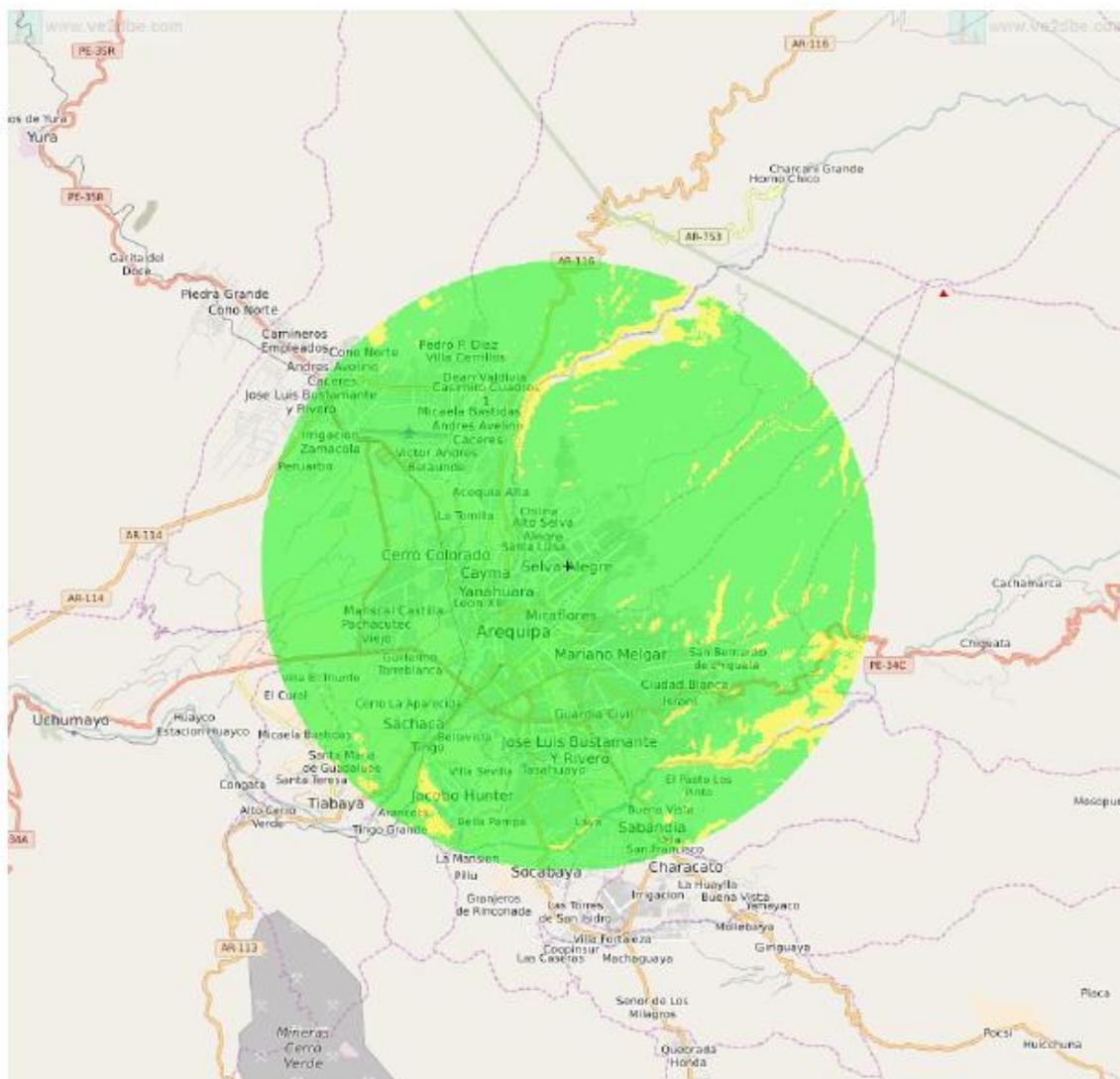
Descripción	MUNICIPALIDAD DE SELVA ALEGRE**
Frecuencia	420 MHz
Nombre de la estación base	PUNTO 4 - MUNICIPALIDAD DE ALTO SELVA ALEGRE
Latitud	-16.37969248 °
Longitud	-71.52079370 °
Latitud	16° 22' 46.89"S
Longitud	071° 31' 14.86"W
QRA	FH43FO
UTM (WGS84)	19K E230738 S8187393
Elevación	2471.2 m
Altura de la antena base	30 m
Ganancia de la antena base	8.1 dBi
Tipo de antena base	omni
Azimuth de la antena base	0 °
Inclinación de la antena base	0 °
Altura de la antena móvil	1.5 m
Ganancia de la antena móvil	3.0 dBi
Potencia Tx de transmisión	10.00000 W
Pérdidas en el cable de transmisión	3.0 dB
Pérdidas en el cable de recepción	0.5 dB
Sensibilidad del receptor	0.500 µV (-113.0 dBm)
Fiabilidad requerida	10%
Margen requerido para una señal fuerte	50.0 dB
Zona de señal débil	13.7 dBµV/m
Zona de señal fuerte	63.7 dBµV/m
Área cubierta por la señal débil	314 km ²
Área cubierta por la señal fuerte	293 km ²
Población alcanzada por una señal débil	627633 pop
Población alcanzada por una señal fuerte	595869 pop
Tipo de terreno usado	Si
Método de dos rayos empleado	Si
ID del usuario	haroldtg
ID del análisis de radio	RM1C36E16DFCD_24
Generado en	11/26/2016 3:01:36 AM



Resultados del estudio online en Radio Mobile

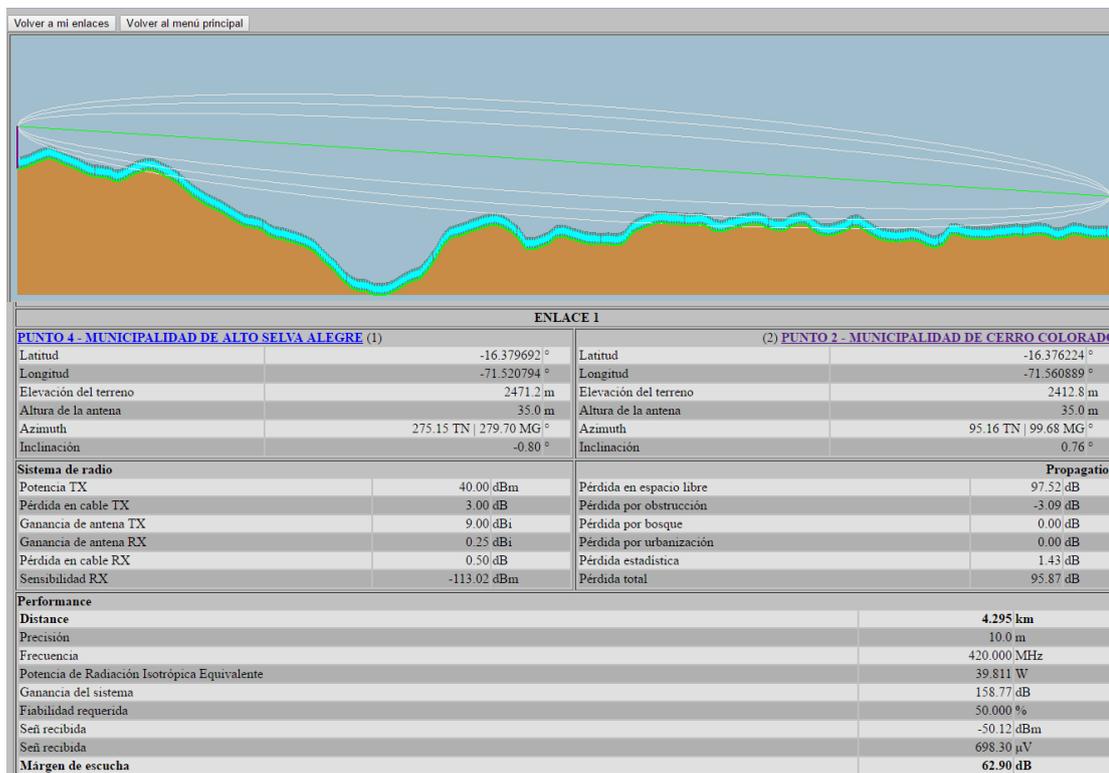


Resultados del estudio online en Radio Mobile

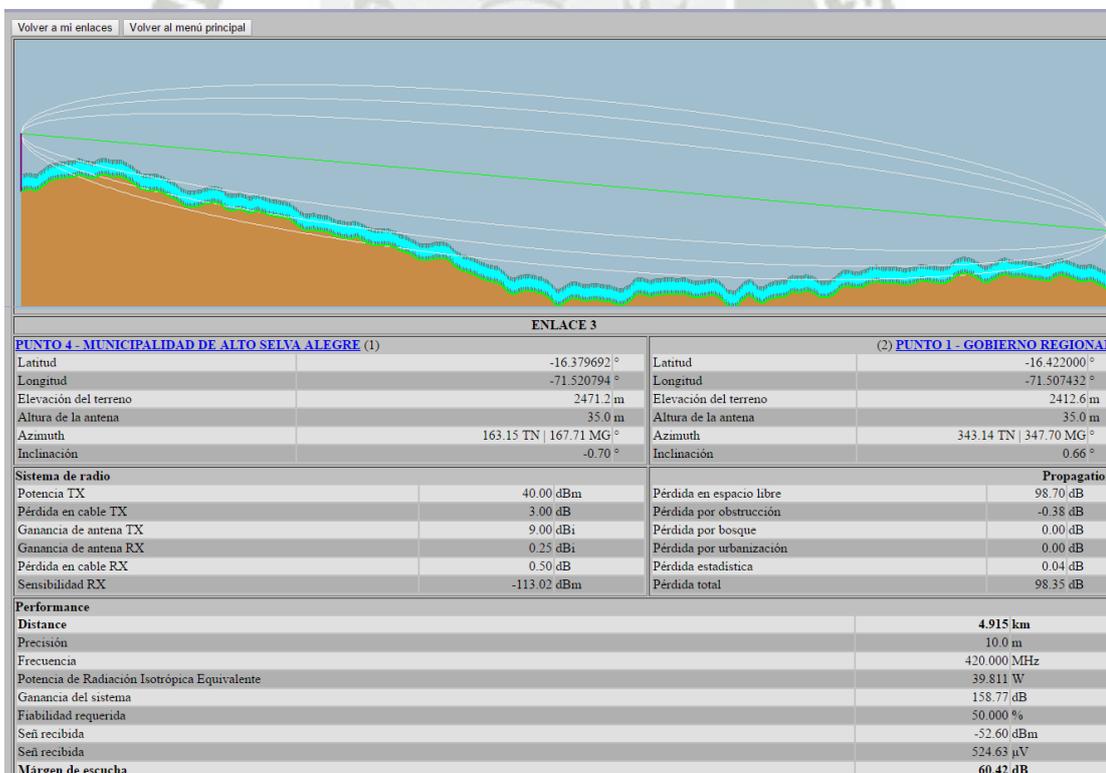
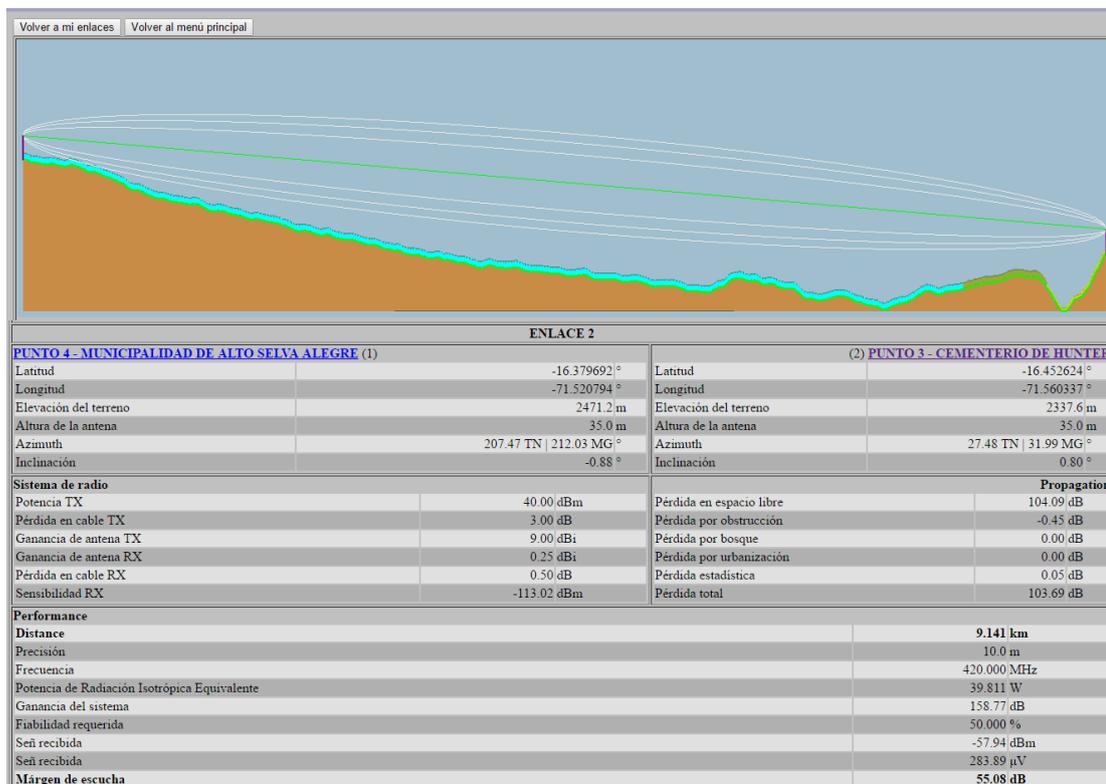


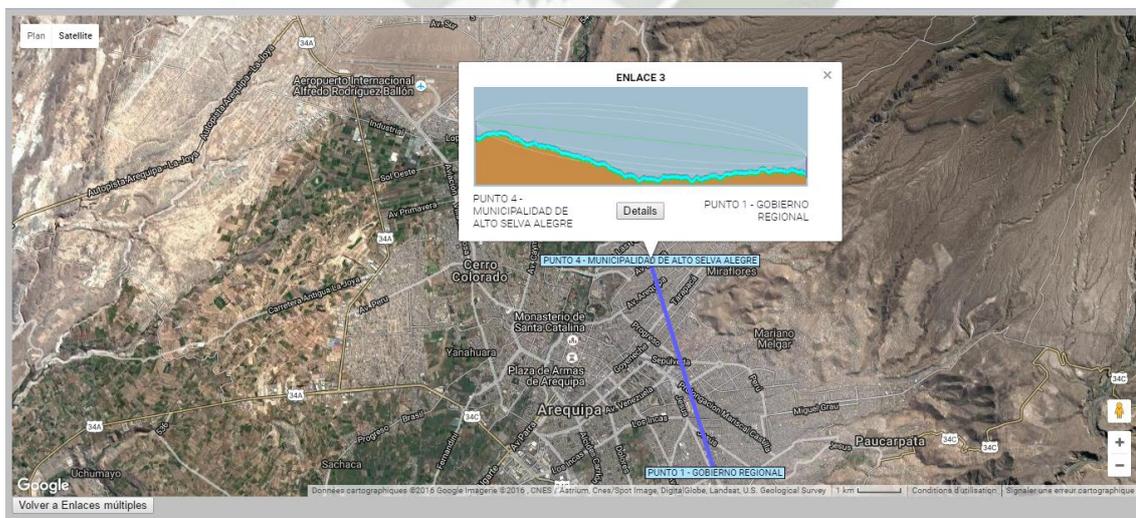
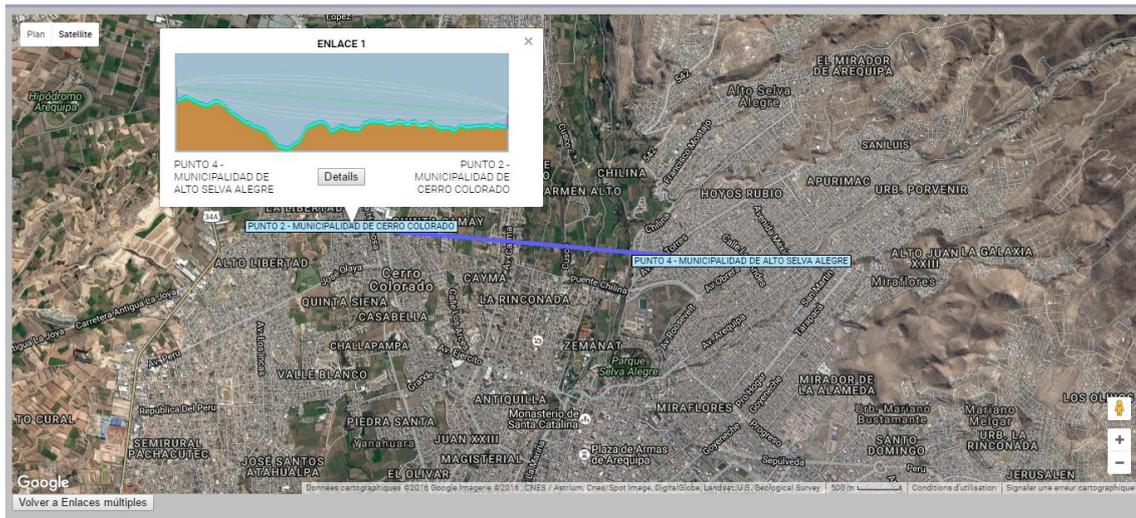
ANEXO V: CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES ESTUDIADAS

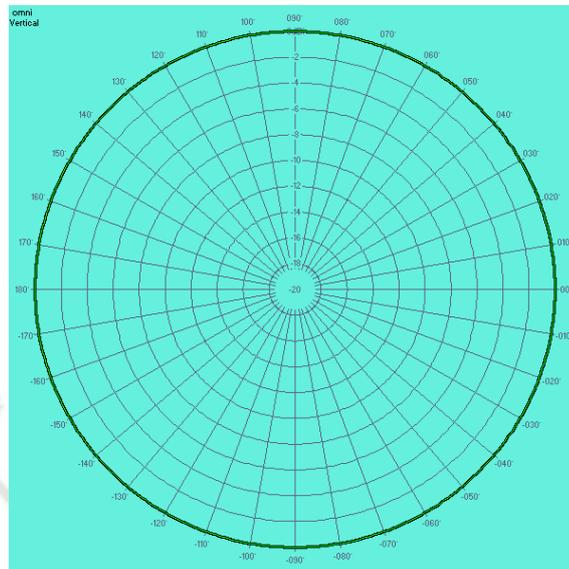
ENLACES DIRECTOS



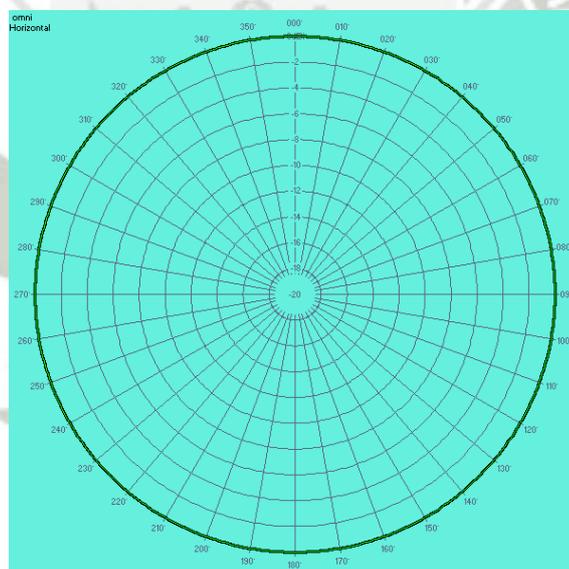
Parametros y enlace entre la municipalidad de Alto Selva Alegre – Municipalidad de Cerro colorado



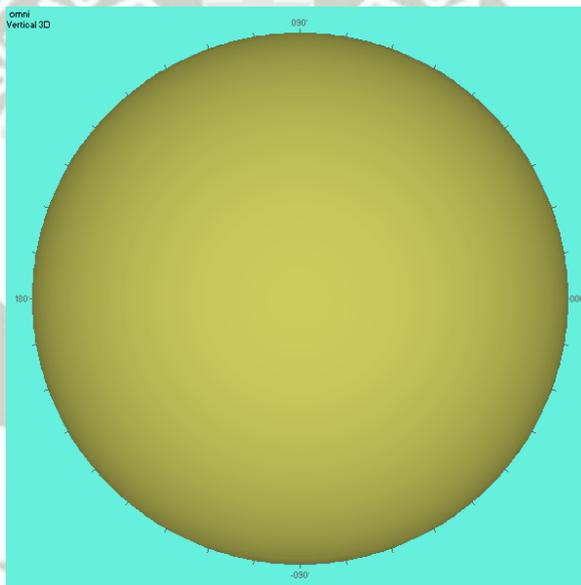
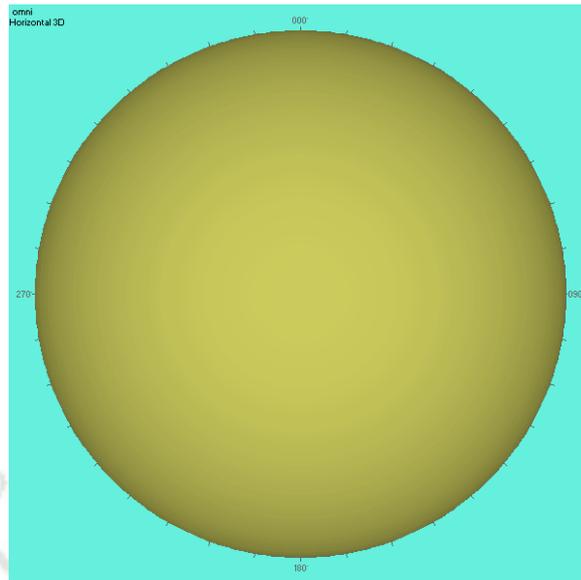




Patron de Antena Vertical



Patron de Antena Horizontal



ANEXO VI: CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS.

Hoja de Especificaciones



MTM5400

RADIO MÓVIL TETRA

Facilitando el Establecimiento de Comunicaciones
Críticas Actuales y Futuras



Los Principales Beneficios incluyen:

Mayor alcance

- Con una potencia de transmisión de hasta 10W y la mejor sensibilidad de receptor que puede encontrarse en cualquier otro dispositivo de su clase, este equipo entrega cobertura de red integral
- Funcionalidades de Repetidor DMO y Gateway DMO integrados que garantizan comunicaciones seguras y flexibles donde más se necesitan

Excelente calidad de audio

- Arquitectura de audio de la próxima generación; ofrece una calidad de audio imposible de igualar por ningún otro móvil TETRA Motorola disponible en el mercado*

Conectividad de datos de alta velocidad

- Hardware compatible con TEDS. Con una simple actualización de licencia de software, permite obtener una conectividad de datos 20 veces más rápida para acceso a bases de datos y sistemas administrativos internos

Administración de Terminal Avanzada

- Interfaz USB 2.0; permite programar el radio rápidamente utilizando la solución de Administración de Terminal Integrada de Motorola
- Administración de terminal inalámbrica
- Programación "de segundo plano"; permite programar el radio mientras se encuentra en funcionamiento

Flexibles opciones de instalación

- Totalmente compatible con DIN-A y disponible para instalación en tablero, escritorio, motocicleta o como cabezal remoto
- Admite múltiples cabezales de control – una solución ideal para instalación en trenes, ambulancias y autobombas donde pueda requerirse más de un punto de control
- Funciona perfectamente con los cabezales de control del MTM800 Mejorado

INTERFAZ DE USUARIO Y PANTALLA		
Pantalla	Dimensión diagonal	2.9"
	Tipo	VGA - Transflexiva TFT de 640x480 píxeles, 65.000 colores
	Luz de fondo	Luz de fondo variable; configurable por usuario
	Tamaño de fuente	Caracteres en modo estándar y "zoom" (90 píxeles, altura: 4,5mm)
Botones y teclado	Númérico	Teclado numérico integral de 12 teclas con luz de fondo y opción de bloqueo
	Versiones de teclado internacional	Caracteres romanos, árabes, cirílicos, coreanos, chinos, taiwaneses
	Funcionales programables	3 teclas funcionales programables (más 10 teclas numéricas programables)
	Navegación	Tecla de navegación de 4 sentidos, menú y teclas programables
	Emergencia	Botón de emergencia con luz de fondo
	Accesos directos	Acceso directo a menú configurable por usuario y funciones comunes vía "Botón de un toque"
Perilla	Doble función	Ajuste de volumen y cambio de grupo de conversación con opción de bloqueo
Indicación	LED	LED de tres colores
	Tonos	Tonos de notificación configurables
Idioma de Interfaz de Usuario	Opciones estándar	Árabe, chino simplificado, chino tradicional, croata, danés, holandés, inglés, francés, alemán, griego, hebreo, húngaro, italiano, coreano, lituano, macedoniano, mongol, noruego, portugués, ruso, español, sueco
	Definido por usuario	Programable por usuario vía caracteres ISO 8859-1
Menú	Personalizado según las necesidades del usuario	
	Acceso directo a menú	
	Configuración de menú	
Administración de contactos	Tipo celular	
Lista de contactos	Hasta 1000 contactos	
Múltiples métodos de marcación	Hasta 6 números por contacto; máximo de 2000 números	
Respuesta a llamada rápida/flexible	El usuario decide cómo marcar	
Múltiples tonos de llamada	Respuesta privada a llamada grupal vía botón de un toque	
Administrador de mensajes	Tipo celular	
Lista de mensajes de texto	20	
Ingreso de texto vía teclado inteligente		
Lista de estado	100	
Lista de código de red/pais	100	
Listas de escaneo	40 listas de 20 grupos	
Modo discreto		
Protector de pantalla	Imagen GIF y texto (a elección de usuario)	
Visualización de Hora Mundial		
Bloqueo de teclado		
Carpetas de grupos de conversación	Estructura de dos niveles de carpetas (carpeta/subcarpeta)	
	256 carpetas	



HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PRODUCTO
SERIE MTP3000

**MÁS
SEGURO**

SONIDO SUPERIOR Y
MAYOR RANGO

**MÁS
RESISTENTE**

CONECTORES DURADEROS Y
DISEÑO ROBUSTO

MÁS FÁCIL

FUNCIONES DE HARDWARE
Y SOFTWARE INTUITIVAS



	MTP3100	MTP3200	MTP3250
Bluetooth*	No	Sí**	Sí**
GPS*	No	Sí	Sí
Teclado numérico	Sencillo	Sencillo	Completo

GENERAL

Dimensiones Alto x Ancho x Profundidad mm	124 x 53 x 33,5 (con batería estándar)
Peso	273 g (radio con antena y batería de 1650 mAh)
Rendimiento de la batería (Batería de la clase 4 y de 1650 mAh)	Ciclo de trabajo 5/5/90 > 16 horas Ciclo de trabajo 5/35/60 > 12 horas
Batería (Li Ion 1650 mAh y 2150 mAh)	

Batería
(Li Ion 1650 mAh y 2150 mAh)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE RF

Bandas de frecuencia	350-430 MHz, 800MHz
Transmisor de RF	Potencia Clase 3L (1,8W) & Clase 4 (1W)
Clase del receptor	A y B
Sensibilidad estática Rx	-114 dBm (min); -116 dBm (típico)
Sensibilidad dinámica Rx	-105 dBm (min); -107 dBm (típico)

ESPECIFICACIONES AMBIENTALES

Temperatura de funcionamiento en °C	-30 a +60
Temperatura de almacenamiento en °C	-40 a +85
Humedad	ETSI 300 019-1-7 clase 7.3E
Protección contra la entrada de polvo y agua	IP65 por IEC 60529
Impacto, caída y vibración	ETSI 300-019-1-7 clase 5M3

*SW actualizable

LICENCIAS/OPCIONES

Rendimiento

Opciones de idioma y de teclado numérico

Bluetooth*

Repetidor DMO

RUA/RUI*

MSPD*

SCCH

RMS*

SCCH

RMS*

Emisión de llamadas*

WAP push*

Seguridad

GPS*

SERVICIOS DE SEGURIDAD

Aumento de la seguridad: OTAR/DMO SCK*

Autenticación (Mutua)

Encriptado de interfaz aérea Clase 1, 2, y 3

Encriptación en SIM (solo en MTP3200 / MTP3250)

Desactivación permanente*

Desactivación temporal*

PRINCIPALES SERVICIOS DE DATOS

MSPD*

Mensajería SDS en TMO & DMO

Comando AT Conjunto completo de Comandos AT (incluido Control de voz)

Aplicaciones de datos breves

TNP1 Operación simultánea de datos de paquetes y datos breves Servicios en una Interfaz del equipo periférico (PEI) común

iTM Gestión de la flota (Programación remota)

SERVICIOS DE LOCALIZACIÓN

Satélites simultáneos	12
Antena GPS integrada en la antena de la radio externa	
Sensibilidad de seguimiento	-160dBm
Precisión	2 metros (50% probable) @ -130dBm
Protocolos	ETSI LIP & Motorola LRRP

INTERFAZ DE USUARIO

Mandos separados y fáciles de usar para volumen y grupos de conversación	Lista de contacto con hasta 1000 contactos, un máximo de 6 números por contacto, máx. 2000 números
Pantalla transreflectiva a color Pantalla de 132x90 píxeles con 262, 144 colores vivos, visible a plena luz del sol	Múltiples métodos para marcación El usuario selecciona cómo marcar
Pantalla giratoria con opciones de texto e iconos grande y extra grande Retroiluminación	Respuesta rápida y flexible a llamadas Respuesta a llamada privada para una llamada de grupo a través de los botones de One Touch
Texto e imagen gif de Protector de pantalla (cualquier selección del usuario)	Múltiples tonos de llamada
Indicación de tiempo universal	Gestor de mensajes tipo celular (flexible)
Múltiples idiomas	Mensajes SDS normal (Buzón entrada/salida) 200 / Formatos Predefinidos 100
Bloqueo del teclado	Entrada de texto de teclado inteligente (MTP325D)
Gestión de grupos de conversación de fácil uso, flexible, eficiente, rápido	Lista de estatus 400
Grupos de conversación: carpetas TMO 256, Grupos TMO 2048, Instancias TMO 4000	Lista de código de país/red 100
Grupos de conversación: carpetas DMO 128, grupos DMO 1024	Listas de escaneado 40 listas de 20 grupos
Hasta 3 carpetas de Favoritos para Grupos de conversaciones	Controles de usuario
Menú adaptado a las necesidades del usuario	Selección de volumen de mando múltiple giratorio, de listado y/o de grupos de conversación (la Serie MTP3000 tiene 2 mandos separados)
Accesos directos al menú	Botones y teclas One Touch se puede programar cada botón con una de las múltiples funciones disponibles
Configuración del menú	Modo encubierto
Gestión de contactos tipo celular (búsqueda rápida)	



MTP3200 GUÍA DE INICIO RÁPIDO

Controles e indicadores

- Entrada para accesorios
- Selector de grupo de conversión
- Control de volumen
- Indicador de estado LED
- Botón lateral programable
- Botón de pulsar para hablar (PTT)
- Tecle multifunción
- Tecle de envío
- Altevoz
- Micrófono inferior
- Antena con junta tórica metálica
- Botón de emergencia
- Micrófono superior
- Conector lateral
- Pantalla
- Tecle de menú
- Tecle de menú principal/encendido/apagado/rfm
- Tecle de navegación de cuatro direcciones
- Conector para el cargador
- Peñón de la batería

Indicador de estado LED

Indicador	Estado	Estado de carga
Verde fijo	En uso	Carga completa
Parpadeo en verde	En funcionamiento	Carga del 90%
Rojo fijo	Fuera de servicio	Carga rápida
Parpadeo en rojo	Conectando a una red Entrando en modo (DMO)	Batería defectuosa o no válida
Naranja fijo	Inhibición de transmisión en funcionamiento Canal ocupado en modo DMO	
Parpadeo en naranja	Llamada privada o telefónica entrante	La batería debe cargarse
Sin indicación	Apagado	

Información sobre la capacidad de la batería

Información	Descripción
	Alta (80% - 100% de capacidad)
	Media (60% - 80% de capacidad)
	Baja (25% - 60% de capacidad)
	Muy baja (5% - 25% de capacidad)
	Capacidad inferior al 5%

Colocación de la batería



Inserte la batería en el compartimento tal y como se muestra en la imagen. Empuje con cuidado la batería de abajo hacia arriba hasta que quede encajada.

Colocación de la antena



Apague la radio antes de colocar la antena. Alinee la parte inferior de la antena y la base roscada de la parte superior del radio. Gírela hacia la derecha hasta que quede ajustada. No la fuerce.

Desbloqueo de la radio

Es posible que la radio esté bloqueada cuando la encienda. Para desbloquearla tras el encendido, introduzca el código solicitado usando las teclas de navegación. El código de desbloqueo de fábrica es 0000. Puede que su proveedor de servicios haya cambiado este número antes de entregarle la radio.

Bloqueo/desbloqueo de las teclas

Para bloquear/desbloquear el teclado, pulse la tecla de menú y, a continuación, la tecla de navegación izquierda.

Cómo sostener la radio

La radio cuenta con dos micrófonos: uno superior para transmisiones/llamadas privadas simplex, y otro inferior para llamadas dúplex similares a las telefónicas.

Si se usa la opción de volumen bajo (en las llamadas dúplex), sujete la radio como si fuese un teléfono. Hable por el micrófono inferior. Escuche a través del auricular. Mantenga la antena a una distancia mínima de 2,5 centímetros de la cabeza y el cuerpo.



Si usa la opción de volumen alto (llamadas simplex), sujete la radio en posición vertical con el micrófono superior a una distancia de entre 5 y 10 centímetros de la boca. Hable por el micrófono superior. Escuche a través del altavoz interno de la radio. Mantenga la antena a una distancia mínima de 2,5 centímetros de la cabeza y el cuerpo.



Precauciones con la radio

Nunca deje la radio o la batería expuestas a temperaturas extremas (más de +85 °C), por ejemplo, tras un pararrayos sobre el que incide directamente una fuerte luz solar. No sumerja la radio en agua. Para limpiar la radio, use un paño húmedo o antiestático. No use un paño seco o con carga electrostática.

MTP850 S

Guía de inicio rápido

Controles e Indicadores

- 1 Conector de antena externa
- 2 Tecla de emergencia
- 3 Botón giratorio programable
- 4 Auricular
- 5 Tecla lateral programable
- 6 Botón PTT (pulsar para hablar)
- 7 Tecla de función
- 8 Tecla de envío
- 9 Altavoz (bajo el teclado numérico)
- 10 Tecla de control del altavoz
- 11 Conector lateral
- 12 Conector inferior
- 13 Cierre de la batería
- 14 Sensor de la retroiluminación de la luz de fondo del teclado numérico
- 15 Micrófono inferior
- 16 Teclado alfanumérico
- 17 Tecla de desplazamiento en cuatro direcciones
- 18 Tecla de inicio/fin encendido/apagado
- 19 Tecla del menú
- 20 Pantalla en color
- 21 Micrófono superior
- 22 Indicador de estado LED
- 23 Antena

Indicador de estado LED

Indicador	Modo
Verde fijo	En uso
Verde parpadeante	Operativo
Rojo parpadeante	No operativo
Rojo parpadeante	Conexión a la red Acceso a DMO
Naranja fijo	Inhibición de la transmisión operativa canal ocupado en DMO
Parpadeante en naranja	Llamada privada o telefónica entrante
Ninguna indicación	Apagado

Información de capacidad de la batería

Información	Descripción
Icono verde	Completa (50% - 100% de su capacidad)
Icono amarillo	Por la mitad (20% - 50% de su capacidad)
Icono rojo	Baja (10% - 20% de su capacidad)
Icono vacío	Muy baja (5% - 10% de su capacidad)
Mensaje de Batería baja	Menos del 5% de su capacidad

Iconos

Icono	Descripción	Icono	Descripción
	Operativo (TMO)		Altavoz apagado
	Sin servicio (TMO)		Hombre caliente
	Cobertura		Nuevo mensaje
	Modo Directo (DMO)		Nuevos mensajes
	Modo Gateway (DMO)		Datos Empaq.
	Modo Repetidor (DMO)		GPS
	Modo Emergencia		WAP
	Desplazamiento por grupo de conversación		Encriptación punto a punto
	Explorar (TMO)		Potencia de radiolocución alta
	Nivel de la batería		Init. ses. RUI
	Todo/Timbre simple/dúplex en silencio		Datos Empaquetados RUI
	Vibración		Llamada
	Audio altabaja		RMS
	Auricular conectado		Bandeja WAP

Uso del terminal

Encendido y apagado del terminal

Para encender o apagar el terminal, mantenga pulsada la tecla de encendido/apagado.

Uso del menú del terminal

Para acceder al menú, pulse la tecla Menú.
 Para desplazarse por el menú, pulse la tecla de navegación hacia arriba o hacia abajo.
 Para seleccionar un elemento del menú, pulse **Selecc.** o la tecla de navegación derecha.
 Para volver al nivel anterior, pulse **Atrás** o la tecla de navegación izquierda.
 Para salir de los elementos del menú, pulse la tecla de inicio.

Selección del funcionamiento en modo Normal o Directo

Desde la pantalla de inicio, pulse **Opciones**, seleccione modo Normal o modo Directo.

Realización de llamadas de grupo en TMO/DMO

Acceda a TMO o DMO. En la pantalla de inicio, desplácese hasta el grupo que desee. Pulse **Selecc.** (si está configurado). Mantenga pulsado el botón PTT. Espere hasta obtener el tono de permiso para hablar (si está configurado) y comience a hablar. Libere el botón de comunicación PTT para escuchar.

Realización de llamadas de grupo de emergencia en TMO/DMO

Acceda a TMO o DMO. Mantenga pulsado el botón de emergencia. Se envía una alarma de emergencia de forma automática. Mantenga pulsado el botón PTT. Espere hasta obtener el tono de permiso para hablar (si está configurado) y comience a hablar. Libere el botón de comunicación PTT para escuchar. Si está utilizando la función del micrófono de emergencia, espere a que se muestre el mensaje "MC emerg. act." en la pantalla y hable sin pulsar el botón PTT. Para salir del modo Emergencia, mantenga pulsada la tecla de función **Salk**.

Realización de llamadas privadas simplex

Marque el número que desee desde la pantalla de inicio. Pulse y suelte el botón PTT. Suena el aviso de llamada. El receptor contesta a la llamada. Espere a que el receptor termine de hablar. Mantenga pulsado el botón PTT. Espere hasta obtener el tono de permiso para hablar (si está configurado) y comience a hablar. Libere el botón de comunicación PTT para escuchar. Pulse la tecla **Fin** para finalizar la llamada.

Realización de llamadas privadas de dúplex/llamada telefónica/llamada PABX

Marque el número que desee desde la pantalla de inicio. Pulse y suelte la tecla de envío. Suena el aviso de llamada. El receptor contesta a la llamada. Pulse la tecla **Fin** para finalizar la llamada.

Envío de mensajes nuevos

Pulse la tecla Menú y seleccione **Mensajes > Nuevo Mensaje**. Escriba el mensaje. Seleccione **Enviar**. Seleccione el destinatario del mensaje. Seleccione **Enviar** o pulse la tecla de envío para enviar el nuevo mensaje.

Envío de mensaje de estado

Seleccione el grupo deseado, pulse la tecla Menú y seleccione **Mensajes > Enviar est.** Seleccione un estado y pulse la tecla de envío o PTT.

MTM800 Enhanced

Gula de inicio rápido

Controles e indicadores

- 1 Botón giratorio/botón de encendido
- 2 Pantalla en color
- 3 Tecla del menú
- 4 Tecla de función
- 5 Tecla de inicio/Finicendido-apagado
- 6 Teclado alfanumérico
- 7 Indicador LED
- 8 Tecla de retroiluminación
- 9 Tecla de control del altavoz
- 10 Tecla de alarma externa
- 11 Tecla de envío
- 12 Tecla de desplazamiento en cuatro direcciones
- 13 Puerto para micrófono móvil
- 14 Tecla de emergencia
- 15 Botón PTT (pulsar para hablar)
- 16 Inferior

Indicador de estado LED

Indicador	Modo
Verde fijo	En uso
Verde parpadeante	Operativo
Rojo parpadeante	No operativo
Rojo parpadeante	Conexión a la red Acceso a DMO
Naranja fijo	Intención de la transmisión operativa canal ocupado en DMO
Parpadeante en naranja	Llamada privada o telefónica entrante
Ninguna indicación	Apagado

Pantalla de inicio

- 1 Área del icono de estado
- 2 Área de la tecla de función
- 3 Icono contextual/función del menú
- 4 Área de visualización de texto

Iconos

Icono	Descripción
	Operativo (TMO)
	Sin servicio (TMO)
	Cobertura
	Modo Directo (DMO)
	Modo Gateway (DMO)
	Modo Repetidor (DMO)
	Modo Emergencia
	Desplazamiento por grupo de conversación
	Explorar (TMO)
	Altavoz encendido
	Altavoz apagado
	Tono desactivado o timbre duplex y silencio en silencio
	Timbre simple/timbre en silencio
	Bateria y luces

Encendido y apagado del terminal

Para encender o apagar el terminal, mantenga pulsada la tecla de encendido/apagado.

Uso del menú del terminal

Para acceder al menú, pulse la tecla Menú.
Para desplazarse por el menú, pulse la tecla de navegación hacia arriba o hacia abajo.
Para seleccionar un elemento del menú, pulse Seleccionar o la tecla de navegación izquierda.
Para volver al nivel anterior, pulse Atrás o la tecla de navegación izquierda.
Para salir de los elementos del menú, pulse la tecla de inicio.

Selección del funcionamiento en modo Normal o Directo

Desde la pantalla de inicio, pulse Opciones, seleccione modo Normal o modo Directo.

Realización de llamadas de grupo en TMO/DMO

Acceda a TMO o DMO. En la pantalla de inicio, desplácese hasta el grupo que desee. Pulse Seleccionar. (si está configurado). Mantenga pulsado el botón PTT. Espere hasta obtener el tono de permiso para hablar (si está configurado) y comience a hablar. Libere el botón de comunicación PTT para escuchar.

Realización de llamadas de grupo de emergencia en TMO/DMO

Acceda a TMO o DMO. Mantenga pulsado el botón de emergencia. Se envía una alarma de emergencia de forma automática. Mantenga pulsado el botón PTT. Espere hasta obtener el tono de permiso para hablar (si está configurado) y comience a hablar. Libere el botón de comunicación PTT para escuchar. Si está utilizando la función del micrófono de emergencia, espere a que se muestre el mensaje "Use emerg. act" en la pantalla y hable sin pulsar el botón PTT. Para salir del modo Emergencia, mantenga pulsada la tecla de función Salir.

Realización de llamadas privadas simplex

Marque el número que desee desde la pantalla de inicio. Pulse y suelte el botón PTT. Suena el aviso de llamada. El receptor contesta a la llamada. Espere a que el receptor termine de hablar. Mantenga pulsado el botón PTT. Espere hasta obtener el tono de permiso para hablar (si está configurado) y comience a hablar. Libere el botón de comunicación PTT para escuchar. Pulse la tecla Fin para finalizar la llamada.

Realización de llamadas privadas de dúplex/llamada telefónica/llamada PABX

Marque el número que desee desde la pantalla de inicio. Pulse y suelte la tecla de envío. Suena el aviso de llamada. El receptor contesta a la llamada. Pulse la tecla Fin para finalizar la llamada.

Envío de mensajes nuevos

Pulse la tecla Menú y seleccione Mensajes > Nuevo Mensaje. Escriba el mensaje. Seleccione Enviar. Seleccione el destinatario del mensaje. Seleccione Enviar o pulse la tecla de envío para enviar el nuevo mensaje.

Envío de mensaje de estado

Seleccione el grupo deseado, pulse la tecla Menú y seleccione Mensajes > Enviar est. Seleccione un estado y pulse la tecla de envío o PTT.

PRODUCT SPEC SHEET
MTS1 TETRA BASE STATION

MTS1 TETRA BASE STATION

A SMALL, RUGGED AND EASILY DEPLOYABLE SOLUTION



Based on a new high performance hardware platform, the MTS1 not only enables diverse and rapid deployments, but also ensures that operational costs are kept to an absolute minimum.

VERSATILE APPLICATIONS

The MTS1 base station offers network operators a versatile coverage solution that is both inexpensive and simple to install and commission, coupled with low running costs. Its simplicity of design lends itself to a variety of new applications, such as rapid deployment and indoor coverage, enabling network operators to provide a seamless "TETRA everywhere" experience to users. With its IP66 weather resistant enclosure, lightweight and ergonomic design, the MTS1 offers a wide variety of implementation options. Whether it be for specialized indoor, sheltered, vehicle or rapid deployment, or outdoor wide area coverage applications, the MTS1 provides complete flexibility, offering tower, wall and pole mounted installation options.

DESIGNED FOR THE FUTURE

The MTS1 is TEDS Ready - software upgradable to support TETRA Enhanced Data Services (TEDS) - the next generation platform for secure mission critical high speed data services.

Providing support for E1, IP-over-Ethernet and MPLS, the MTS1 allows the use of the most efficient and cost effective transmission networking technologies available today and in the future.

SPECIFICATIONS	
Frequency Bands	380 - 400 MHz, 410- 430 MHz, 450-470 MHz
Transmit Power at top of base station cabinet	10 W (4 W TEDS)
Power	- Input Power 115/230 V AC, 50/60 Hz and 48V DC
Rx Sensitivity at top of base station cabinet	Static 4% BER: - 119.5 dBm typical, -117.5 dBm guaranteed Typical Dynamic TUSO 4% BER: -113 dBm typical, -111 dBm guaranteed
Operating Ambient Temperature	-30 to 55 °C
Weight	20.5 kg (Excluding mounting bracket)
Width x Height x Depth	263mm x 597mm x 206mm
Power Consumption	Power consumption - 100 W (at 10 W Tx) - 75 W (at 1 W Tx)
Diversity Reception	Dual diversity**
High Speed Data	TEDS QAM modulation schemes with 25 / 50 kHz channel bandwidths [Requires installation of 2 MTS1 base stations]
Carrier Spacing	25 kHz (25 / 50 kHz for TEDS)
Operating Bandwidth	5 MHz
Transmission	<ul style="list-style-type: none"> • Support for satellite transmission • IP Over Ethernet, MPLS or fractional E1 connection • Two Ethernet ports or Two E1 ports with inbuilt multiplexer for either loop protection or redundancy

ADDITIONAL FEATURES

- Interference Detection and Correction
- Air Interface Encryption and Authentication
- End-to-End Encryption
- Multi-Slot Packet Data (MSPD) for enhanced data services*
- Traffic Channel Rotation
- Dynamic Channel allocation between voice and packet data

*Use of TEDS and MSPD requires two (combined) MTS1 base station deployments.

** A dual MTS1 base station configuration operates in a dual antenna setup.





Antennas
UHF and Tetra Antennas
SC329-HL- PIM Certified Series

Collinear omni antenna, 6 dBd gain, low PIM, 380-470 MHz

- Collinear omni in fiberglass radome, designed for severe wind and ice conditions
- 380-430 MHz covers low UHF and the TETRA/APCO P-25 public security bands
- Ground rods free versions are available

Model	Description
SC329-HF1LDF(G6)	406-420 MHz
SC329-HF2LDF(G6)	6 dBd gain, 7/16 DIN (female) connector, 450-470 MHz
SC329-HF3LDF(G6)	6 dBd gain, Ground rods free, 7/16 DIN (female) connector, 435-455 MHz
SC329-HT1LDF(G6)	6 dBd gain, Ground rods free, 7/16 DIN (female) connector, 380-400 MHz

The specifications listed below represent the entire product series.

For specifications on a specific model, visit our web site at www.sinctech.com or view our CD catalogue.

Electrical Specifications		
Bandwidth	MHz	20
Frequency Range	MHz	380 to 430
Polarization		vertical
Gain (nominal)	dBd (dBi)	6 (8.1)
Electrical tilt (available)		0
Impedance	Ω	50
Lightning protection		DC ground
Passive intermod. (2x20W, 3rd ord.)	dBc	-150
Pattern		Omni-directional
Input VSWR (max)		1.4:1
Vertical beamwidth	degrees	12
Average power input (max)	W	300
Mechanical Specifications		
Width	in (mm)	1.8 (45)
Shipping dimensions	in (mm)	168x4x4 (4267x102x102)
Weight	lbs (kg)	8 (3.6)
Actual Shipping weight	lbs (kg)	45 (20.4)
Length	in (mm)	134.3 (3411)
Connector		7/16 DIN (female)
Weight iced	lbs (kg)	25.6 (11.6)
Base pipe diameter	in (mm)	1.5 (38)
Base pipe mounting length	in (mm)	18 (457)
Mounting hardware		#130 clamp
Environmental Specifications		
Rated wind velocity (1/2" radial ice)	mph (km/h)	90 (145)
Rated wind velocity (no ice)	mph (km/h)	125 (201)

www.sinctech.com



SINCLAIR TECHNOLOGIES



MEASURED RADIATION PATTERN
VERTICAL POLARIZATION



Accessories General Information

KATHREIN
Antennen · Electronic

Accessories (order separately)

Type No.	Description	Remarks	Weight approx.	Units per antenna
738 908	2 clamps	Mast: 94 – 125 mm diameter	2.8 kg	1

Mounting: The antenna can be attached laterally at the tip of a tubular mast of 50 – 94 mm diameter with two U-bolt brackets supplied with the antenna (connecting cable runs outside the mast).

Material: Radiator: Copper and brass. Radome: Fiberglass, colour: Grey. Base: Weather-proof aluminum. Mounting kit, screws and nuts: Stainless steel.

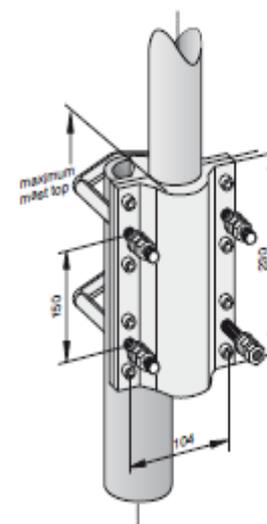
Solid, reliable construction: Omnidirectional antennas are often installed at exposed sites on the top of masts, so special attention has been paid to their mechanical construction. The exceptionally stiff fiberglass tube with low tip deflection will withstand wind velocities of up to 200 km/h.

Anti-static protection: All metal parts of the antenna as well as the supplied clamp attachment are grounded. The inner conductor is capacitively coupled.

Lightning protection: The antenna is designed to withstand a lightning current of up to 150 kA (impulse: 10/350 µs), according to IEC 62305 parts 1–4 and VDE 0855-300, and thereby fulfils the requirements of lightning protection class II. Grounding cross-section: 22 mm² copper.

Environmental conditions: Kathrein cellular antennas are designed to operate under the environmental conditions as described in ETS 300 019-1-4 class 4.1 E. The antennas exceed this standard with regard to the following items:
– Low temperature: –55 °C
– High temperature (dry): +80 °C

Environmental tests: Kathrein antennas have passed environmental tests as recommended in ETS 300 019-2-4. The homogenous design of Kathrein's antenna families use identical modules and materials. Extensive tests have been performed on typical samples and modules.



Panel 380–500
Dual Polarization V
Half-power Beam Width 65°

KATHREIN
Antennen · Electronic

TETRA/
TETRAPOL

VPol Panel 380–500 65° 12dBi

Type No.	80010253	
Frequency range	380–500	
	380 – 430 MHz	430 – 500 MHz
Polarization	Vertical	Vertical
Gain	14.5 dBi	15 dBi
Half-power beam width	Horizontal: 68° Vertical: 16°	Horizontal: 63° Vertical: 16°
Front-to-back ratio, copolar	> 20 dB	> 20 dB
Impedance	50 Ω	
VSWR	< 1.5	
Intermodulation IM3	< -150 dBc (2 x 43 dBm carrier)	
Max. power per Input	500 W (at 50 °C ambient temperature)	

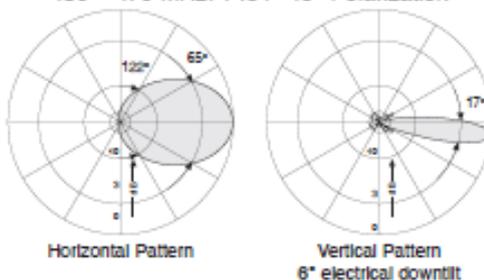
Material: Reflector screen: Weather-proof aluminum.
 Radiator: Tin-plated copper.
 Radome: Fiberglass, colour: Grey.
 All screws and nuts: Stainless steel.

Ice protection: Due to the very sturdy antenna construction and the protection of the radiating system by the radome, the antenna remains operational even under icy conditions.

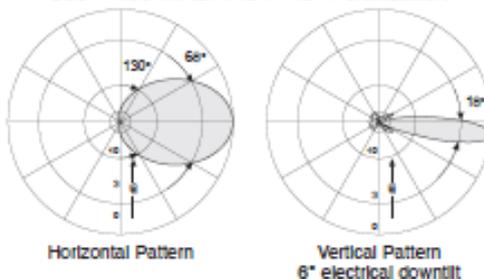
Grounding: The metal parts of the antenna including the mounting kit and the inner conductors are DC grounded.



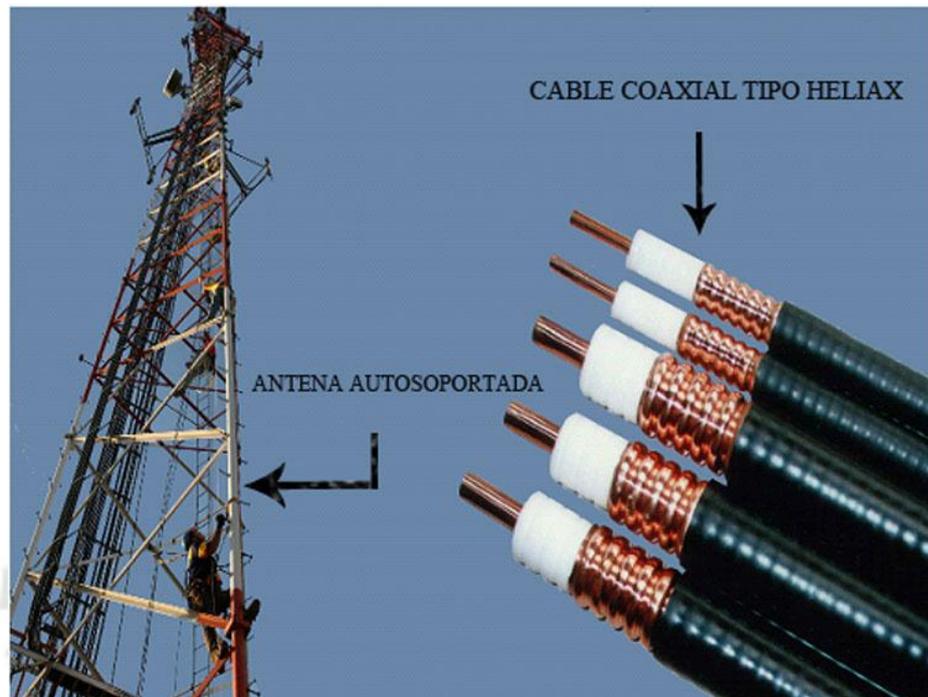
430 – 470 MHz: +45°/-45° Polarization



380 – 430 MHz: +45°/-45° Polarization



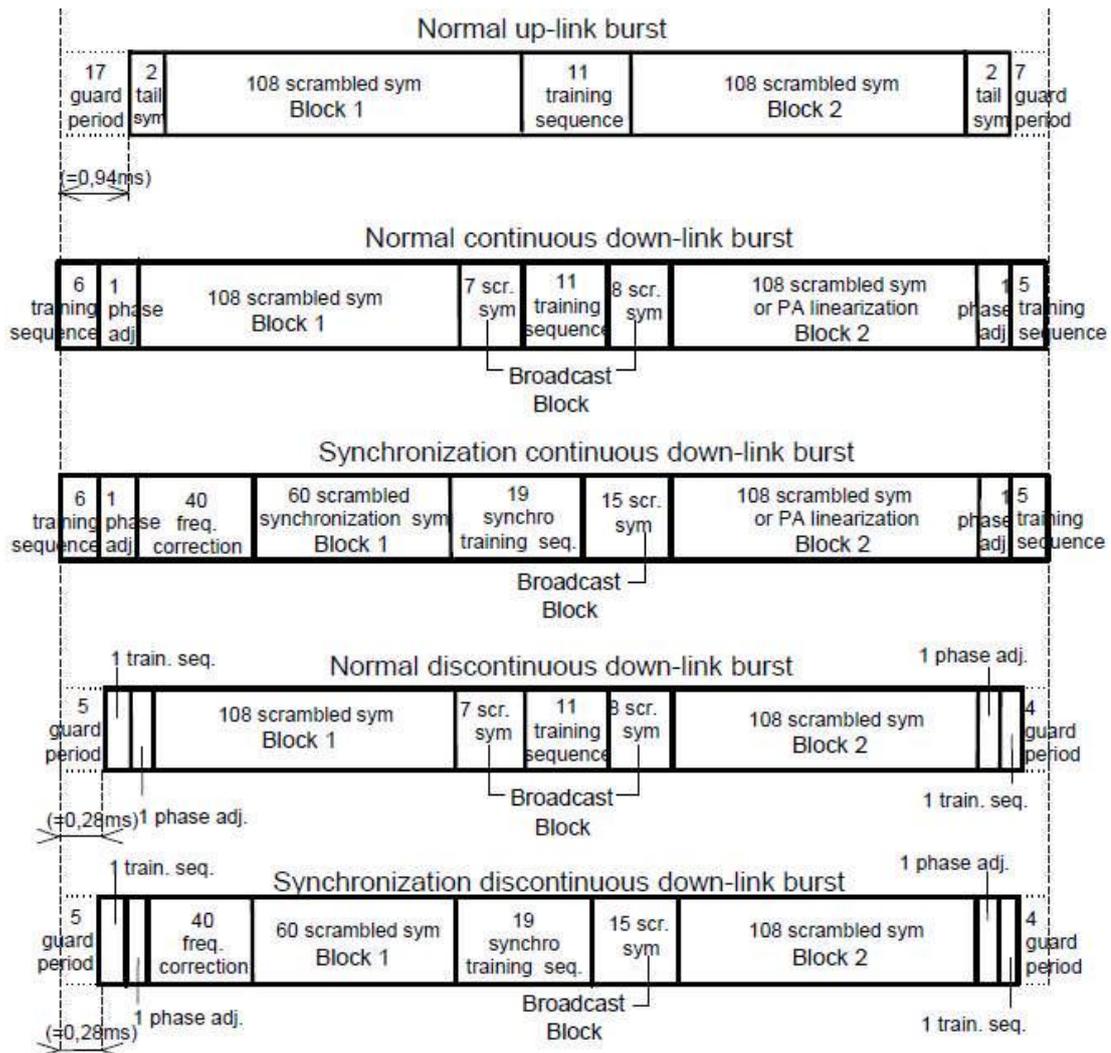
Mechanical specifications	
Input	1 x 7-16 female
Connector position	Rearside
Wind load	Frontal: 1100 N (at 150 km/h) Lateral: 440 N (at 150 km/h) Rearside: 1540 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Height/width/depth	2000 / 492 / 190 mm
Category of mounting hardware	H (Heavy)
Weight	20 kg
Packing size	2060 x 562 x 274 mm



CONECTOR RF Y CABLE COAXIAL TIPO HELIAX

ANEXO VII: RAFAGAS EN TETRA reléase 2.

➤ **Ráfagas para la Modulación de Fase.**



➤ **Rafaga para la Modulación QAM.**

