



La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA TETRA PARA LA
EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE TRANSPORTE DE
PASAJEROS QUITO**

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

ESTEBAN ISAÍ FLORES MENESES

DIRECTOR: ANDRÉS FERNANDO REYES CASTRO MSc.

CODIRECTOR: PABLO ANIBAL LUPERA MORILLO PhD.

Quito, julio 2020

AVAL

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Esteban Isaí Flores Meneses, bajo nuestra supervisión.

**ANDRÉS FERNANDO REYES CASTRO MSc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PABLO ANIBAL LUPERA MORILLO PhD.
CODIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Esteban Isaí Flores Meneses, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Esteban Isaí Flores Meneses

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación dedico principalmente a Dios por darme la oportunidad de prepararme en la Escuela Politécnica Nacional, el camino no ha sido fácil, pero me ha dejado una gran enseñanza que es la perseverancia.

A mis padres Esturdo Flores y Mayra Meneses por siempre animarme y decirme que lo voy a lograr e impulsarme muchas veces cuando ya no tenía fuerzas para seguir, en especial mi madre que definitivamente esto no sería posible sin su motivación y su esfuerzo.

A mi abuelita Laura Andrade que a pesar de sus años siempre ha estado pendiente de mi esperando la culminación de mi carrera.

Y a todas las personas que han estado en mi camino, los jóvenes de la iglesia, familiares, amigos, alumnos, profesores.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida de mi madre Mayra Meneses ya que sin ella no habría llegado a la culminación de este proyecto.

A mi padre Esturado Flores por todos sus consejos y enseñanzas que me han hecho una persona de bien.

A mi hermano Felipe con el que compartimos nuestro gusto por la música y hemos podido vivir muchas experiencias musicales, y a mi hermano Santi por apoyarme siempre en mis proyectos de manera incondicional.

A Vivi mi cuñada querida y a mi pequeño sobrino Danielito que les amo un mundo, a mis primos, David, Sarita, Gaby, Ricky, a mis tías Amparo, Irene y Alexandra, a mi tío Eduardo que siempre me ha dado palabras de ánimo y a mi abuelita Laura por su motivación.

A mi director de tesis por tenerme paciencia y apoyarme en todo este proceso.

Por último, agradezco también a la música por existir y hacer mi vida más llevadera, realmente le debo mucho por todas las enseñanzas que me ha dado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido

AVAL	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	1
1.2 Alcance	1
1.3 Marco Teórico	2
1.3.1 Definición de sistemas de radio móvil privado (PMR) y Sistemas de Radio Troncalizado (TRS).....	2
1.3.2 Requerimientos de los sistemas PMR y TRS.....	3
1.3.3 TETRA	4
1.3.4 Modo de transmisión	4
1.3.5 Acceso al medio.....	5
1.3.6 Modulación $\pi/4$ DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying).....	7
1.3.7 Tramas.....	9
1.3.8 Tipos de canales en el estándar TETRA	11
1.3.8.1 Canales lógicos TETRA	11
1.3.8.2 Canales de tráfico	11
1.3.8.3 Canales de control.....	11
1.3.9 Modos de operación especificados por ETSI para TETRA	13
1.3.9.1 TETRA V+D.....	13
1.3.9.2 TETRA DMO	16
1.3.10 Arquitectura general e interfaces especificadas por TETRA.	16
1.3.11 Consideraciones principales en la arquitectura TETRA.....	18
1.3.12 Nodo central / Digital Exchange for TETRA (DXT)	19
1.3.13 Subsistema de red de estaciones base.....	20
1.3.14 Subsistemas de gestión técnica y operativa	21
1.3.15 Subsistemas terminales.....	21

1.3.16	Comparación entre sistemas TETRA, DMR Y APCO25.....	22
1.3.17	Normas y regulaciones para sistema troncalizados en el Ecuador.....	23
1.3.18	Consideraciones especiales.....	25
2.	METODOLOGÍA	28
2.1	Diseño de la red de comunicaciones para la EPMTQP.....	28
2.2	Sistema actual de radio comunicaciones utilizado por EPMTQP.....	28
2.3	Cobertura del sistema de radio comunicación de la EPMTQP.....	30
2.4	Requerimientos de la red de comunicación de la EPMTQP.....	32
2.3.1.	Diseño de la red TETRA.....	32
2.3.2.	Análisis de sitios candidatos.....	32
2.3.3.	Balance de potencias.....	35
2.3.4.	Balance de potencias (enlace descendente).....	36
2.3.5.	Balance de potencias (enlace ascendente).....	38
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
3.1.	Cargar el mapa.....	43
3.2.	Ubicación de las estaciones base.....	44
3.3.	Análisis de cobertura.....	49
3.4.	Líneas de vista.....	54
3.5.	Análisis de Interferencia.....	56
3.5.1	Asignación de frecuencias.....	60
3.6.	Análisis de Ruido.....	64
3.6.1.	Creación de suscriptores.....	65
3.6.2.	Comprobación de ruido.....	70
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
	ANEXOS	77

RESUMEN

El trabajo descrito en este documento tiene como objetivo realizar el diseño de un sistema de radio comunicación troncalizado TETRA con tecnología digital para la Empresa Publica Metropolitana de Transporte de pasajeros de Quito (EPMTPQ).

En el capítulo 1 se presentan las características de los sistemas de radiocomunicaciones troncalizados, así como las características esenciales de un sistema TETRA, además se resaltan las ventajas de este con respecto a otros sistemas de comunicación troncalizados.

En el capítulo 2 se analizan las características de funcionamiento del sistema de radio comunicación analógica de la EMPTMTPQ, además se mencionan los equipos que actualmente están siendo usados en la red del sistema de transporte, la ubicación de las estaciones base, la frecuencia de uso y la zona de cobertura. Por otra parte, se describe el diseño sistemático del sistema de comunicación empleando TETRA, los sitios candidatos, los sitios activos, el balance de potencias y las consideraciones necesarias para la elección de estaciones base.

En el capítulo 3 se presentan las simulaciones del diseño propuesto, para ello se emplea el software ICS Designer. También se muestran los resultados obtenidos para el análisis de cobertura, análisis de interferencia y análisis de ruido.

En el capítulo 4 se presentan las conclusiones de este proyecto.

PALABRAS CLAVE: TETRA, Sistema troncalizado.

ABSTRACT

The work described in this document aims to carry out the design of a TETRA trunked radio communication system with digital technology for the Metropolitan Public Transport Company of Quito (EPMTPQ).

Chapter 1 presents the characteristics of the trunked radiocommunication systems, as well as the essential characteristics of a TETRA system, in addition the advantages of this with respect to other trunked communication systems are highlighted.

Chapter 2 discusses the operating characteristics of the EPMTPQ analogue radio communication system, in addition to the equipment currently being used in the transport system network, the location of the base stations, the frequency of use and The coverage area. On the other hand, the systematic design of the communication system using TETRA, the candidate sites, the active sites, the power balance and the considerations necessary for the choice of base stations is described.

Chapter 3 presents the simulations of the proposed design, for which the ICS Designer software is used. The results obtained for coverage analysis, interference analysis and noise analysis are also shown.

Chapter 4 presents the conclusions of this project.

KEY WORDS: TETRA, Trunked System.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos

El objetivo general de este Proyecto Técnico es: realizar el diseño y simulación de un sistema TETRA para la empresa pública metropolitana de transporte de pasajeros Quito.

Los objetivos específicos de este Proyecto Técnico son:

- Realizar un resumen acerca de los sistemas de radiocomunicaciones troncalizados y exponer que es el sistema TETRA, características, principio de funcionamiento, módulos que componen la red, así como, ventajas con respecto a otros sistemas de comunicación troncalizados.
- Diseñar una red TETRA para el Distrito Metropolitano de Quito que cubra las necesidades del sistema de transporte Municipal.
- Simular la red TETRA en el programa ICS Designer.
- Demostrar la importancia y viabilidad de la red TETRA diseñada a través de los resultados de la simulación.

1.2 Alcance

Durante el desarrollo de este proyecto se describen las características de los sistemas de radiocomunicaciones troncalizados, cuál es su composición, cuáles son sus ventajas, y además se realiza comparaciones entre diferentes estándares de sistemas troncalizados para resaltar los aspectos más importantes.

Se incluye un análisis del estado actual de la red de la empresa Metropolitana de transporte Público de pasajeros Quito, para establecer los requerimientos del sistema fundamentados en la normativa vigente en el Ecuador (Reglamento y Norma Técnica para los sistemas Troncalizados Resolución N° 264-13-CONATEL-2000).

Se propone el diseño de una red TETRA, su arquitectura, su principio de funcionamiento, además se detalla todo el equipamiento necesario para realizar la simulación del diseño, la misma que servirá para implementarse en el sistema de transporte Municipal de la Ciudad de Quito.

Para validar la red propuesta se realizará simulaciones en el programa ICS Designer, con el fin de determinar el área de cobertura de la red, posibles interferencias, degradación umbral, intermodulación, análisis de relación señal a ruido, entre otros parámetros de la red.

1.3 Marco Teórico

TETRA es un estándar de comunicaciones formulado para solventar problemas en sistemas de comunicación, específicamente en la transición de sistemas de Radio Móvil Privado o (*Private Mobile Radio* o PMR) a Sistemas de Radio Troncalizado (*Trunked Radio Systems* o TRS).

Inicialmente fue propuesto por el Comité de Estandarización de Comunicaciones Europeas en conjunto con el *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) para unificar los estándares de comunicación crítica existentes para cada país [1].

TETRA se empezó a emplear en organismos oficiales de las naciones, así como en aplicaciones militares y civiles, específicamente por policías, bomberos y ambulancias enlazándose con otros estándares internacionales como MPT-1327, APCO-25 o NXDN [2].

1.3.1 Definición de sistemas de radio móvil privado (PMR) y Sistemas de Radio Troncalizado (TRS)

Los sistemas de Radio Móvil Privado se desarrollaron para usuarios de negocios que necesitan mantenerse en contacto a distancias relativamente cortas.

El sistema sirve a un grupo cerrado de usuarios y normalmente es propiedad de la organización que haya implementado la plataforma de comunicación, además de ser operada por usuarios [3]. Las redes PMR muestran una estructura física similar a los sistemas celulares, es decir consisten en una o más estaciones base y una cantidad de terminales móviles. Este sistema de comunicación puede ser empleado en áreas y organizaciones de distinto tamaño, que requieren usar comunicaciones rápidas y de bajo costo, como es el caso de algunas industrias y negocios de seguridad.

Este tipo de redes están enfocadas para organizaciones como la policía, bomberos, transporte público y servicios de emergencia para la comunicación bajo situaciones críticas. Este tipo de trabajos exige confiabilidad de alto nivel en sus comunicaciones, seguridad y amplio rango de funcionalidad [4].

Los Sistemas de Radio Troncalizado son una rama de los sistemas PMR que procuran optimizar el uso de las frecuencias, logrando que puedan pertenecer también a otros grupos de usuarios, de tal manera que, si un terminal solicita un canal de comunicación de voz, el sistema asignará una frecuencia libre.

1.3.2 Requerimientos de los sistemas PMR y TRS

Los sistemas PMR y TRS ofrecen comunicación de radio bidireccional con la capacidad de transmitir voz, datos o una combinación de ambos en redes no públicas adaptadas a las necesidades operacionales específicas de grupos profesionales de usuarios móviles. Las diferentes aplicaciones exigidas por usuarios de estas redes tienen requisitos variables y necesidades operativas exigentes que deben cumplirse de la mejor manera y más económica posible [5]. En la Tabla 1.1 se comparan factores económicos, eficiencia de frecuencia, manejo de canales y operatividad con respecto a los requerimientos más importantes.

Tabla 1.1. Requerimientos de las redes de Radio Móviles Privadas. [5]

Factor	Consideraciones
Económico	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de implementación bajo con relación a la cobertura de radio. • Terminales baratos y de fácil instalación. • Costos operativos y de mantenimiento bajos. • Simpleza al migrar de interfaces análogas a digitales.
Eficiencia de Frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> • Operación simple, semi dúplex o dúplex completo. • Cobertura confiable incluso bajo malas condiciones de propagación. • Robustez contra la propagación multi-trayecto y el efecto Doppler. • Potencia de transmisión baja o conmutable para reducir la interferencia.
Acceso a canales de radio	<ul style="list-style-type: none"> • Retrasos de transmisión cortos. • Permite enlaces directos entre móviles sin estación base o con participación de repetidores. • Prioridad multinivel y llamadas de emergencia. • Llamadas en conferencia y canales abiertos.
Servicios telefónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a redes terrestres fijas o de telefonía móvil (PABX, Private Automatic Branch Exchange, PSTN, Public Switched Telephone Network, ISDN, Integrated Services Digital Network, IDN, Internationalized Domain Name, etc.). • Calidad de voz incluso en malas condiciones de propagación. • Cifrado de voz y datos en la interfaz aérea o de extremo a extremo. • Administración de cifrado de claves segura y fácil de usar.

1.3.3 TETRA

Es un estándar abierto creado por ETSI en 1995. Este estándar inicialmente fue creado con fines militares y civiles, para coordinar operaciones en caso de incidentes o atentados terroristas, puesto que este estándar se mantiene al margen de la saturación de las líneas de comunicación públicas en el caso que ocurra una catástrofe. TETRA es un estándar abierto, por lo que promueve la competencia de los distintos fabricantes de telecomunicaciones, debido a que los equipos que fabrican pueden manejarse sobre el estándar mencionado. [6]

El estándar TETRA es muy robusto, debido a que es independiente de la red pública, por lo tanto, la probabilidad de falla o colapso es baja. Todo el mantenimiento que requiere la red TETRA es regulado por la propia empresa que la emplea, ya sea privada o pública, brindando un nivel de seguridad mayor. Una de las ventajas más representativas del estándar TETRA es que combina la técnica de los sistemas de radio, en donde un usuario habla y los demás escuchan con la comunicación de MS (Estación Móvil) a MS, esto asegura la privacidad de la comunicación mediante la autenticación y encriptación. [6]

En la red TETRA es muy importante el despachador, que se encarga de coordinar las comunicaciones, enviar datos por difusión a las distintas estaciones móviles, además puede enviar tareas concretas a cada una de ellas. También tiene la capacidad de recibir datos de la MS TETRA, puede conocer su ubicación en el caso de que posea GPS (Global Positioning System), siempre y cuando permanezca dentro de la cobertura de la red. [6]

En contexto general es posible decir que TETRA es un estándar que permite la creación de clústeres que pueden comunicarse entre ellos. Es muy útil para coordinar grupos cerrados, por ejemplo, la policía, las ambulancias, los bomberos, etc.

1.3.4 Modo de transmisión

El estándar posee un modo de transmisión que se puede apreciar en la Figura 1.1.

En la Figura 1.1 se observa el esquema de transmisión TETRA que consta de un codificador convolucional, cuya función es corregir los errores de código proporcionado por el bloque del encoder. En la modulación por fase pueden existir ambigüedades de fase, es decir se puede confundir un símbolo con otro distinto, lo que da lugar a una recepción errónea, para controlar ese tipo de errores existe un bloque de codificación diferencial para que la recepción sea inequívoca.

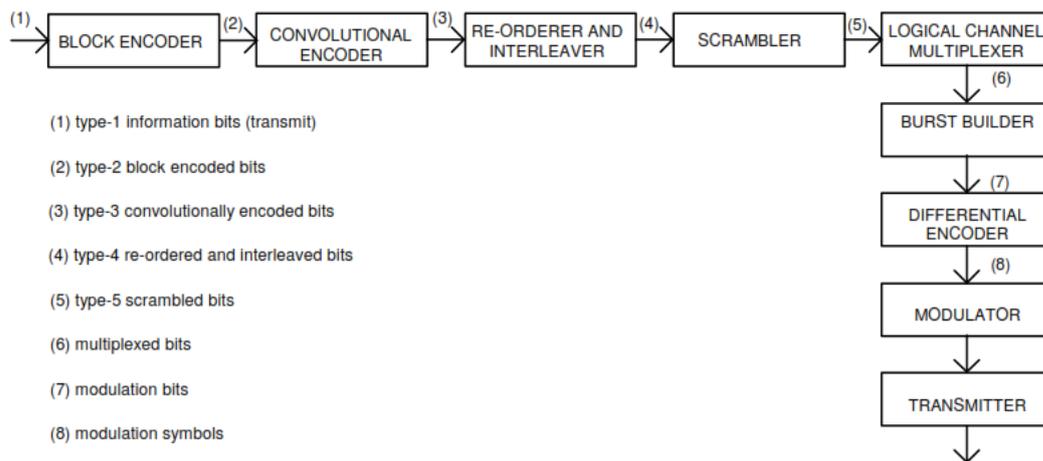


Figura 1.1. Esquema de transmisión TETRA. [6]

1.3.5 Acceso al medio

El acceso al medio se implementa por medio del esquema TDMA (Time Division Múltiple Access). Esto consiste en dividir en 4 intervalos de tiempo el ancho de banda disponible por cada portadora, a diferencia del uso de una portadora para cada canal FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia) como se presenta en la Figura 1.2.

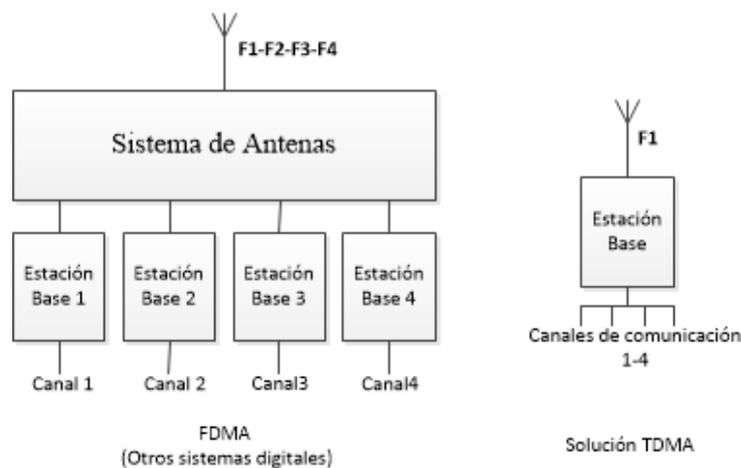


Figura 1.2. Acceso al medio FDMA y TDMA.

Para modulación de fase se usa un ancho de banda de 25 KHz. [6]

En la Figura 1.3 se presentan los canales que dispone la tecnología analógica convencional y los canales que usa la tecnología TETRA. En ambos casos se usa un espaciamiento de 25 kHz, pero en la tecnología TETRA el canal posee varios slots a diferencia de la tecnología analógica convencional que posee un canal sin slots.

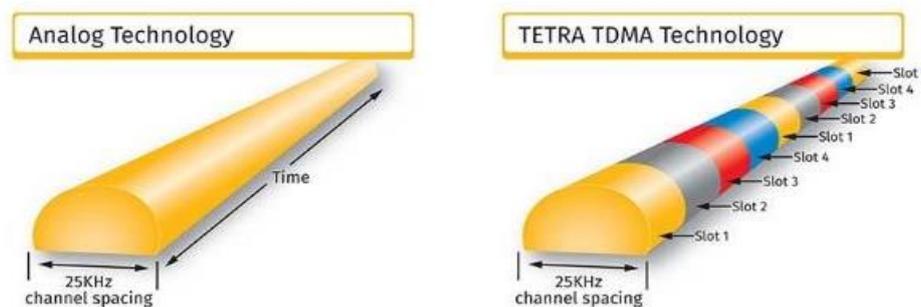


Figura 1.3. Canales en tecnología análoga y TETRA [6].

Las bandas hábiles de frecuencia para la transmisión definidos en el estándar TETRA van desde 100 MHz hasta 1 GHz, las más usadas se presentan en la Tabla 1.2.

La tabla descrita presenta las bandas para la comunicación de enlace ascendente (Estación base a Estación Móvil) y de enlace descendente (Estación Móvil a Estación Base). Para seleccionar una banda de operación cada país tiene una norma para el uso de la misma.

Tabla 1.2. Bandas de frecuencia TETRA (norma ETSI TS 1000392-15) [7].

	Enlace ascendente	Enlace descendente
Banda 1	870 MHz - 876 MHz	915 MHz - 921 MHz
Banda 2	380 MHz - 390 MHz	390 MHz - 400 MHz
Banda 3	410 MHz - 420 MHz	420 MHz - 430 MHz
Banda 4	450 MHz - 460 MHz	460 MHz - 470 MHz

Es posible asignar a cada slot de TETRA TDMA una función específica, por ejemplo, se utilizan para transmitir los datos de una sola comunicación, pero cuando los dos extremos de la comunicación dejen de transmitir datos en un periodo determinado, el tiempo del slot se estaría desaprovechando. En este caso, una característica muy importante de TETRA es que es un sistema troncal de radio, esto implica que los usuarios compartan los recursos, es decir comparten los slots y canales para aprovechar el canal de comunicación al máximo. A continuación, se ilustra la compartición del canal con los time slots en la Figura 1.4.

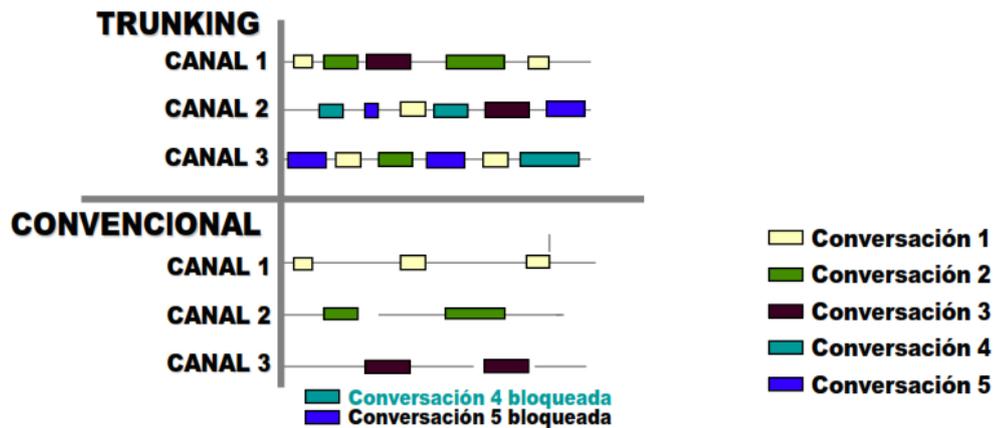


Figura 1.4. Comparación de los canales entre una red de radio troncal TETRA y una red de radio convencional. [6]

Como se observa en la Figura 1.4 en el sistema de radio troncal cuando la comunicación está en silencio, es decir sin usar la red lo aprovecha para enviar datos por el time slot libre. Siendo esta una ventaja muy grande, puesto que usa una menor cantidad de time slots, así como de canales.

1.3.6 Modulación $\frac{\pi}{4}$ DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying)

La modulación que utiliza el estándar TETRA es $\frac{\pi}{4}$ DQPSK [8]. Esta modulación usa 2 bits para la codificación de símbolos. Cada combinación de dos bits produce un cambio de fase específico $D_{Fase}(k)$ que es múltiplo de $\pi/4$. El cambio de fase es independiente de la fase de portadora actual y tiene un valor máximo de $3\pi/4$. Los cambios de fase de portadora en $\pi/4$ - DQPSK se muestran en la Tabla 1.3 y se ilustran en la Figura 1.5. Aunque hay ocho fases de portadoras separadas en este diagrama, es importante observar que solo hay cuatro transiciones de fase posibles, que son independientes de la fase portadora actual.

Tabla 1.3. Cambio de Fase en $\pi/4$ - DQPSK [8].

Símbolos [X(k),Y(k)]	$D_{Fase}(k)$
00	$+\pi/4$
01	$+3\pi/4$
11	$-3\pi/4$
10	$+\pi/4$

El codificador se muestra en la Figura 1.6 en la que $B(m)$ representa la secuencia de datos de entrada que se mapea en 2 bits (símbolos) $[X(k), Y(k)] = [B(2k-1), B(2k)]$. Los componentes en fase y en cuadratura $i(k)$, $q(k)$ que se aplican al modulador de fase son:

$$i(k) = i(k-1)\cos[D_{\text{Fase}}(k)\{X(k), Y(k)\}] - q(k-1)\sin[D_{\text{Fase}}(k)\{X(k), Y(k)\}]$$

$$q(k) = i(k-1)\sin[D_{\text{Fase}}(k)\{X(k), Y(k)\}] + q(k-1)\cos[D_{\text{Fase}}(k)\{X(k), Y(k)\}]$$

los valores de $D_{\text{Fase}}(k)$ son los especificados en la Tabla 1.3 para los valores correspondientes de $X(k)$ e $Y(k)$.

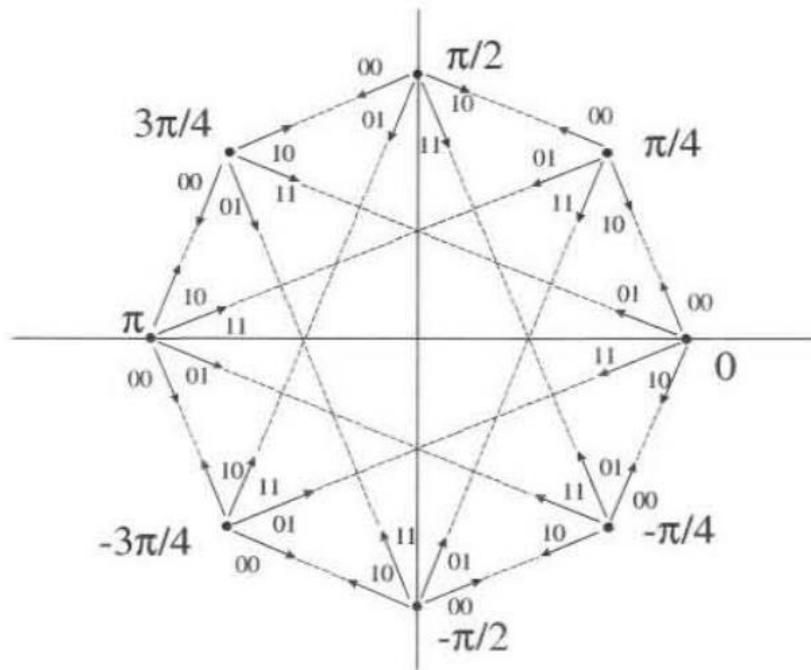


Figura 1.5. Cambio de Fase en $\frac{\pi}{4}$ DQPSK [8].

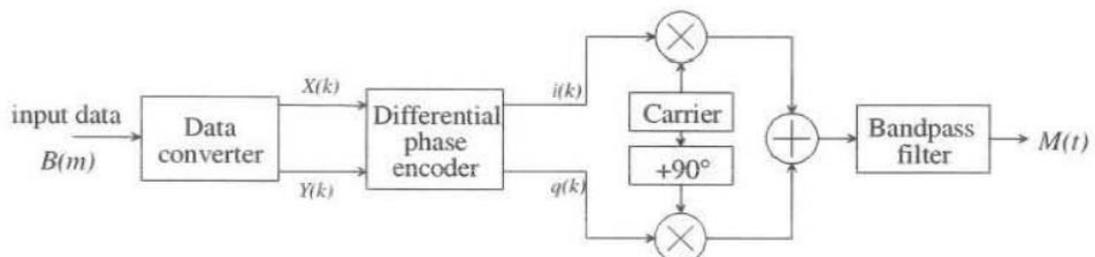


Figura 1.6. Modulador para $\frac{\pi}{4}$ DQPSK [8].

En la Figura 1.7 es posible apreciar la modulación $\frac{\pi}{4}$ DQPSK representado en el plano complejo, para comprender como funciona se elige un punto de partida en el plano complejo, a partir de ese punto se determina la fase del siguiente símbolo, es decir el

siguiente símbolo depende del símbolo anterior. Es importante mencionar que, en este tipo de modulaciones, mientras más puntos se tenga en el plano es posible transmitir una mayor cantidad de datos, pero el ruido e interferencia es mayor.

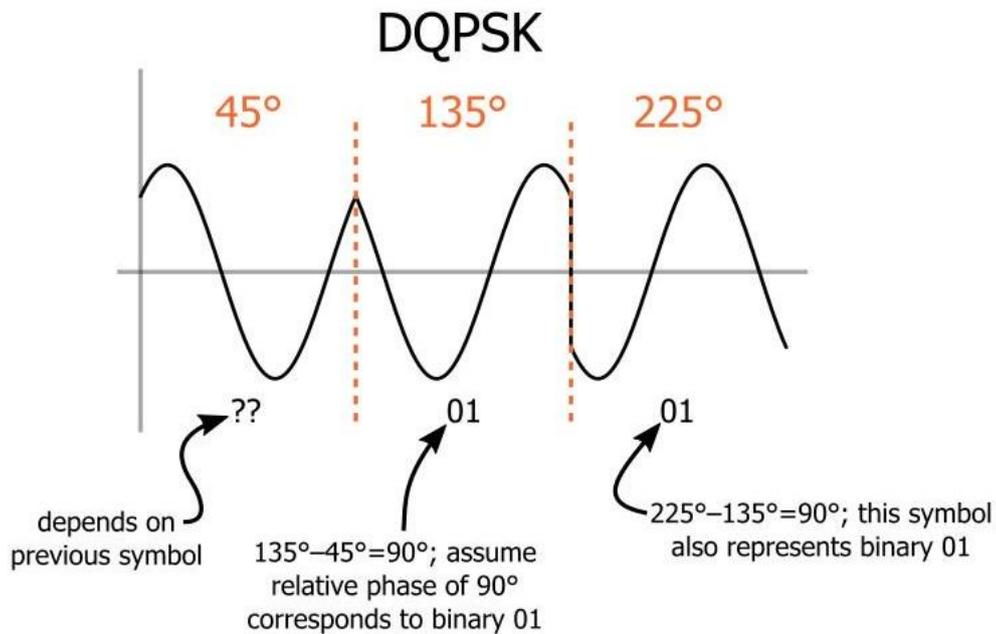


Figura 1.7. Cuadrante DQPSK [6].

1.3.7 Tramas

En la Figura 1.8 se observa la estructura de la trama que usa el estándar TETRA. La estructura tiene bloques constitutivos, en la Tabla 1.4 se presenta la estructura de tramas.

Se debe asegurar que exista un tiempo entre la transmisión y recepción de la comunicación. Es por lo que TETRA posee un alineamiento de tramas, la cual se configura en cada estación base. Al inicio de cada trama TDMA, hipertrama y multitrama debe existir un retraso de 2 time slots entre el enlace ascendente y su enlace descendente [6].

Tabla 1.4. Estructura de tramas

Estructura	Descripción
Subslot	Es la mitad de un timeslot TDMA
Timeslot	Posee 2 Subslot con numeración 1 y 2
Trama TDMA	Constituida por 4 time slots con numeración de 1 a 4.
Multi trama	Está formado por 18 tramas TDMA, con numeración de 1 a 18.
Hiper trama	Está formado por 60 multi tramas, con numeración de 1 a 60.

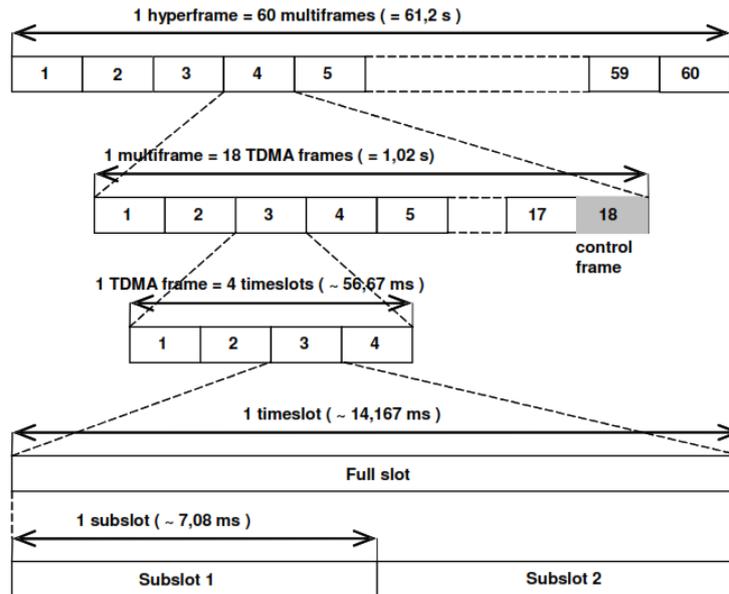


Figura 1.8. Tramas TETRA. [8]

A continuación, en la Tabla 1.5 se muestra el número de símbolos que se presentan de acuerdo con la modulación empleada.

Tabla 1.5. Símbolos por cada slot y Subslot.

	# de símbolos Modulación
Slot	255
Subslot	127.5

La tasa binaria para la modulación D QPSK se obtiene empleando la Ecuación 1.1:

$$V_{TX} = \frac{N_{slot} * s_{simbol}}{t_{slot}} \quad (1.1)$$

En donde:

V_{TX} tasa binaria de transmisión.

N_{slot} es el número de símbolos por slot.

s_{simbol} es el número de bits por símbolo.

t_{slot} es el tiempo que implica un timeslot.

Se sabe que para la modulación $\frac{\pi}{4}$ DQPSK se tienen 4 puntos con sus respectivas fases, en cada punto se ubican dos bits y posee 255 símbolos por slot. Con los datos presentados es posible determinar la tasa bruta de transmisión según el tipo de modulación empleada:

$$V_{TX} = \frac{255 \frac{\text{símbolos}}{\text{slot}} * 2 \frac{\text{bits}}{\text{símbolo}}}{0.014167 \frac{\text{S}}{\text{slot}}} = 36000 \frac{\text{bits}}{\text{s}}$$

1.3.8 Tipos de canales en el estándar TETRA

Hay dos tipos de canales: canales lógicos y canales físicos.

1.3.8.1 Canales lógicos TETRA

Los canales lógicos son trayectos lógicos que representan la interfaz entre los protocolos y el sistema de radio. Estos se dividen en dos categorías [6]:

- Canales de tráfico TCH (Traffic Channel), transportan voz y datos mediante la conmutación de circuitos.
- Canales de control CCH (Control Channel), transportan mensajes de señalización y datos empleando conmutación de paquetes.

1.3.8.2 Canales de tráfico

A continuación, en la Tabla 1.6 se describen los canales de tráfico:

Tabla 1.6. Canales de tráfico [6].

Canal	Descripción
Canal de tráfico para voz	TCH/S (Speech Traffic Channel)
Canales mixtos de voz y datos	Transmisión a tasas netas de 7.2 kbps (TCH,7.2), 4.8 kbps (TCH/4.8) y 2.4 kbps (TCH/2.4). Es posible lograr tasas de transmisión netas de 28.8 kbps, 19.2 kbps y 9.6 kbps si se emplea 4 canales físicos, es decir slots dedicados a la misma comunicación.

1.3.8.3 Canales de control

Los canales de control son los encargados de transportar información de señalización y datos del usuario mediante la conmutación de paquetes. A continuación, se describen los canales de control:

1.3.8.4 Canal de difusión de control BCCH (Broadcast Control Channel)

Es un canal unidireccional de enlace descendente, se lo emplea para difundir información de control a todas las estaciones móviles. A continuación, en la Tabla 1.7 se presentan los tipos de canal de difusión.

Tabla 1.7. Tipos de canal de difusión [6].

Tipo	Descripción
Canal de difusión de la red (Broadcast Network Channel)	Se encarga de difundir el estado de la red a la estación móvil.
Canal de difusión de sincronización BSCH (Broadcast Synchronization Channel)	Se encarga de difundir información de frecuencias, tiempos y sincronización hacia las estaciones móviles.

1.3.8.5 Canal de linealización LCH (Linearization Channel)

Es empleado en las estaciones móviles y en las estaciones base para linealizar transmisores. Es necesario mantener una característica lineal para evitar degradar las ventajas de la forma del pulso. Además, este es un requisito para evitar la interferencia sobre el canal adyacente. A continuación, en la Tabla 1.8 se describe los tipos de canales de linealización:

Tabla 1.8. Tipos de canal de linealización [6].

Tipo	Descripción
Canal de linealización común CLCH (Common Linearization Channel)	Este es compartido por la estación móvil.
Canal de linealización de la BS, BLCH (BS Linearization Channel)	Este es usado por las estaciones base.

1.3.8.6 Canal de señalización SCH (Signaling Channel)

Es compartido por todas las estaciones móviles y se lo emplea para transmitir señalización común. Puede emplearse solo a estaciones móviles configuradas como unicast, hacia un grupo de estaciones móviles multicast o a su vez estaciones móviles broadcast. A continuación, en la Tabla 1.9 se presentan las categorías de señalización:

Tabla 1.9. Tipos de canal de señalización [6].

Tipo	Descripción
Canal de señalización de tamaño entero SCH (Full size SCH).	Se emplea cuando los mensajes se encuentran codificados en time slots enteros.

Canal de señalización descendente de medio tamaño SCH/F (Downlink Half size SCH)	Es empleado cuando los mensajes se codifican en un subslot
Canal de señalización ascendente de medio tamaño SCH/UH (Uplink Half size SCH)	Es empleado cuando los mensajes se codifican en un subslot, pero en sentido contrario de la comunicación.

1.3.9 Modos de operación especificados por ETSI para TETRA

Los modos de operación propuestos por el Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones para el estándar TETRA definen tres modos de operación [9]:

- TETRA V+D
- TETRA DMO
- TETRA PDO

El conjunto de especificaciones para modos de operación de radio móvil que componen TETRA se muestra en la Figura 1.9

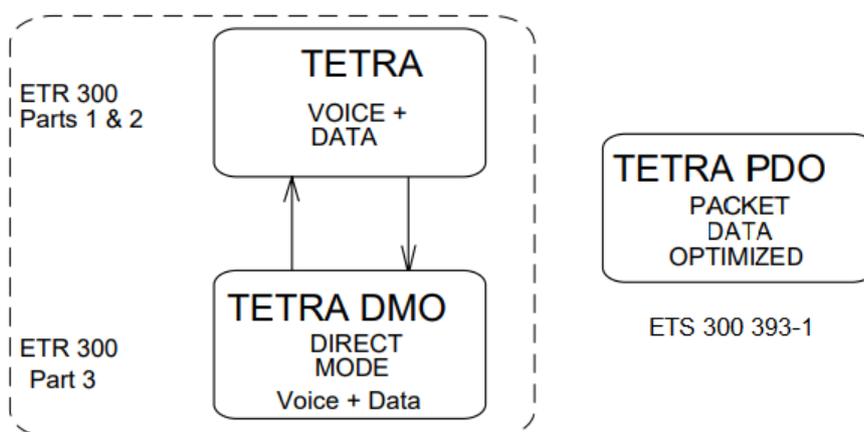


Figura 1.9. Conjunto de especificaciones de radio móvil TETRA [10].

1.3.9.1 TETRA V+D

Tetra V+D (Voice + Data), también conocido como Trunked Mode Operation (TMO) es el modo optimizado para transferencias simultáneas de sonido, datos e imágenes. Permite la transmisión de voz y datos utilizando la infraestructura de las estaciones base. Esta capacidad se consideró atractiva para el mercado potencial y al incorporarla a una única plataforma de radio minimizó los problemas de bloqueo e intermodulación comunes con otras radios multifunción.

El protocolo de acceso por radio se basa en una disposición TDMA de cuatro slots por operador. El protocolo es muy flexible como para permitir que cuatro modos de aplicaciones de circuito independiente (es decir, modo de datos o modo de voz) y / o cualquier tipo de aplicaciones de datos de paquetes independientes sean compatibles simultáneamente, teniendo como límite la capacidad del radio o la capacidad del canal de 28,8 kbit / s (bruto) 19,2 kbit / s (neto). Un terminal de radio multimedia de alto rendimiento que use un canal para la comunicación de voz, quizás dos para video de escaneo lento (que proporciona una calidad de imagen aceptable), dejando el último canal para el modo de circuito o modo paquete de datos. Todavía queda un canal de señalización lento que podría usarse para la señalización de control, mensajes de estado o actualización de ubicación. Alternativamente, todo el ancho de banda disponible podría usarse para video si fuera necesario para lograr la mejor calidad de imagen posible. [10].

Los equipos que cumplen con la especificación de voz y datos, en función de las opciones soportadas por TETRA, pueden proporcionar una amplia gama de opciones como servicios portadores, teleservicios y servicios suplementarios relevantes para una capacidad conjunta de voz y datos [5].

La operación de modo directo denominada Direct Mode (DMO) proporciona comunicaciones directas de móvil a móvil cuando la estación móvil está fuera de la cobertura de la red o se puede utilizar como un canal de comunicación más seguro dentro de la red de cobertura. [10].

Los cuatro tipos de servicios portadores se pueden observar en la Tabla 1.10

Los servicios portadores, TETRA proporciona diferentes opciones de teleservicios que se muestran en la Tabla 1.11. El teleservicio más importante es el modo de voz dúplex que utiliza el algoritmo Algebraic Code Excited Linear Prediction (ACELP) que es un estándar de codificación de voz especificado en TETRA ETS 300 395-2. Este algoritmo pierde parte de la información contenida en la señal original en el proceso de compresión y descompresión; sin embargo, su función principal es mantener la inteligibilidad del mensaje y reconocimiento de la persona que habla. [11]

Tabla 1.10. Características de servicios portadores ofrecidos por TETRA. [5]

Tipo de Servicio Portador	Modo	Propiedades
Llamada Individual	Modo circuito para datos no protegidos	7.2, 14.4, 21.6, 28.8 kbits/s Sin ningún tipo de protección de error.

Llamada grupal	Modo circuito para datos protegidos	4.8, 9.6, 14.4 y 19.2 kbits/s Con protección para errores.
Llamada de grupo conocida	Modo circuito para datos fuertemente protegidos	2.4,4.8,7.2, y 9.6 kbits/s Fuerte protección de errores.
Llamada Broadcast	Paquete de datos orientados a la conexión Paquetes de datos sin conexión	Sin conexión fija No se fija conexión.

Tabla 1.11. Teleservicios proporcionados por TETRA V+D

Tipo de Teleservicios	Servicio portador subyacente
Voz (1)	Llamadas individuales (Punto a Punto)
Datos	Llamadas grupales (Punto a Multipunto)
Usuario definido (2)	Llamada de grupo reconocida (punto a multipunto) Llamada de difusión (punto a multipunto)
1. Servicio puede funcionar de forma encriptada. 2. Usuarios de servicios no estandarizados.	

Los servicios portadores son los que permiten la comunicación entre las interfaces de red del terminal, no entre terminales, estos llegan hasta la capa de red en el modelo OSI. Por ejemplo, el servicio portador de la red telefónica tradicional es el que permite el envío de señales analógicas en un rango de frecuencias comprendido entre 300 y 3400 Hz, en modo full dúplex con un retardo inferior a 200ms, con una distorsión y ruido determinados entre puntos que están situados en cualquier punto del globo terráqueo.

Los teleservicios ofrecen la capacidad de la comunicación completa, esto incluye las funciones del equipo terminal, para ello hace uso de un servicio portador; para la comunicación emplean las capas más altas del modelo OSI, así como los definidos en los servicios portadores, siendo una característica operacional del usuario.

Lo expuesto sobre los servicios portadores y teleservicios se ilustran en la Figura 1.10.

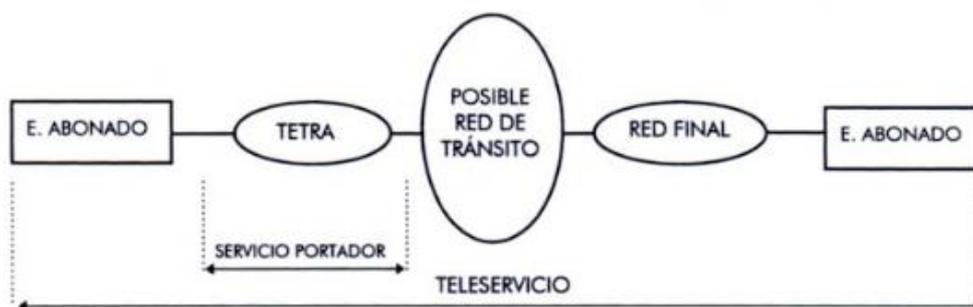


Figura 1.10. Servicios portadores y teleservicios [10].

1.3.9.2 TETRA DMO

TETRA DMO (Direct Mode Operation), permite la comunicación móvil entre cada una de las estaciones utilizando interfaces de radio para modo de comunicación directa, a este modo de operación se la denomina móvil a móvil. En este modo la intercomunicación de las estaciones móviles es independiente de la red, sin la mediación de estaciones base. El estándar designado para este tipo de comunicaciones es ETS-300 396-x [1]. Entre uno de los requerimientos para TETRA DMO se encuentra la necesidad de equilibrar la cobertura RF, el grado de servicio (GoS) y la confiabilidad de la red [12].

TETRA DMO se torna de gran importancia para muchas aplicaciones PMR, particularmente bajo situaciones en donde el grupo de usuarios de dispositivos móviles deben tener acceso rápido y directo a lugares donde no hay infraestructura disponible o donde el acceso es imposible por cualquier razón.

Los siguientes modelos describen el amplio rango de posibilidades para DMO:

- Direct Mode Mobile Station (DM-MS): consiste en una agrupación física de todo el equipo móvil que se utiliza para obtener servicios TETRA en modo directo. Este tiene tres estados: maestro, esclavo e inactivo [7].
- Dual Watch Mobile Station (DW-MS): Es capaz de operar tanto en DMO como en V+D troncalizado. El modelo DW-MS se puede comunicar con TETRA, mientras monitorea los canales de voz y datos V+D.
- Direct Mode Repeater (DM-REP): es el repetidor de modo directo que recibe información de un transmisor DMO para retransmitir a otro DMO móvil. DM-REP actúa de forma regenerativa, es decir que cada que actúa como repetidor decodifica las ráfagas de datos y luego las vuelve a codificar para retransmitirlas.
- Direct Mode Gateway (DM-GATE) y Direct Mode Repeater/Gateway (DM-REP/GATE): este es un caso especial de repetidor y Gateway. El repetidor puede ser atendido por cualquier repetidor DM móvil, mientras que el Gateway sirve para establecer una conexión con la red V+D de TETRA.

1.3.10 Arquitectura general e interfaces especificadas por TETRA.

TETRA define una arquitectura compuesta por elementos que proporcionan seguridad y cobertura a los usuarios, en la Figura 1.11 se observan los tipos de estaciones utilizadas

en un sistema TETRA. Adicionalmente, en la Tabla 1.12 se muestra la denominación de cada uno de los elementos con su función dentro del sistema.

Tabla 1.12. Elementos que forman parte de una arquitectura TETRA

Elemento	Denominación	Función
Estación Móvil / Mobile Station	MS / MT	Conocida también como Terminación Móvil, se refiere a radio teléfonos y bloques denominados equipos terminales que permite al usuario transmitir datos.
Estación de línea / Line Station	LS	Funciona como una estación móvil; sin embargo, está conectado a la infraestructura de conmutación y administración a través de la línea de red digital de servicios integrados (RDSI).
Infraestructura de Conmutación y Administración / Switching and Management Infrastructure	SwMI	Compuesta por: <ul style="list-style-type: none"> • Estaciones base (TBS) • Centros de conmutación principal (MSC) • Centros de conmutación local (LSC) con registros de ubicación (LR) • Centros de mantenimiento (OMC).

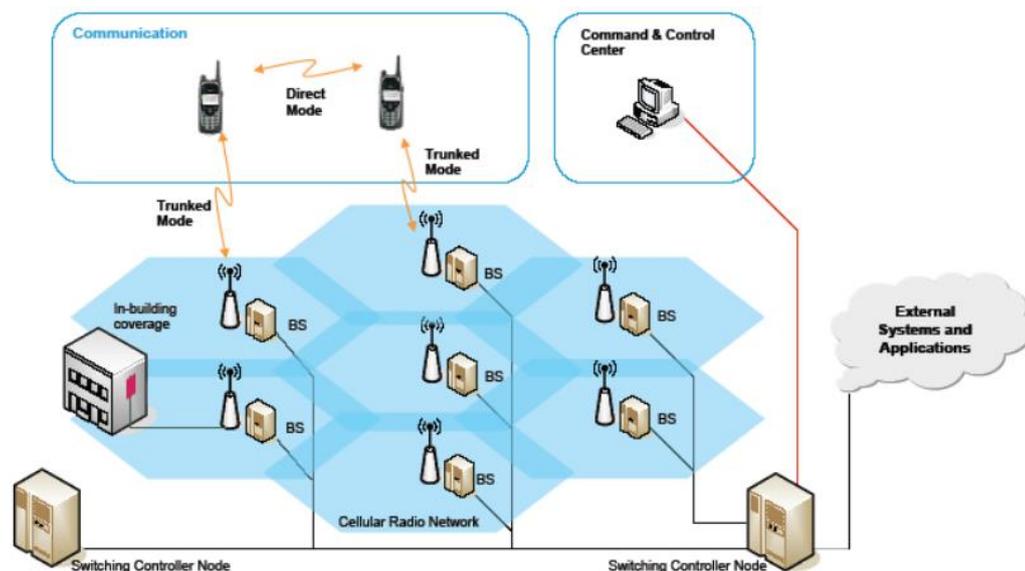


Figura 1.11. Conectividad del sistema TETRA [13].

Para garantizar un mercado abierto de múltiples proveedores, TETRA especifica interfaces esenciales que se muestran en la Tabla 1.13, en función a las exigencias planteadas por los usuarios durante la creación del estándar [14]:

Tabla 1.13. Interfaces definidas para la red TETRA.

Notación	Tipo de Interfaz	Objetivo
I1	Interfaz Aérea	Asegura la inter-operatividad de equipos terminales que son de distintos proveedores.

I2	Interfaz de estación de línea	Permite que se comunique el Sistema de Administración con la unidad de terminación de línea (LTU).
I3	Interfaz de Inter sistemas (ISI)	Permite la interconexión de redes TETRA desde diferentes proveedores.
I4	Interfaces de Equipos Terminales (TEI)	Facilita el desarrollo independiente de aplicaciones móviles de datos.
I5	Interfaces de Administración de Red	Como lo dice su nombre, se encargan prácticamente de la administración de los servicios que proporciona la red.
I6	Modo directo de operación (DMO)	Garantiza la comunicación entre terminales que se encuentran más allá del área de cobertura de la estación base.

En la Figura 1.13, se observa la arquitectura de bloques aceptada por TETRA, en ella se observa la distribución de los distintos elementos e interfaces que conforman la red.

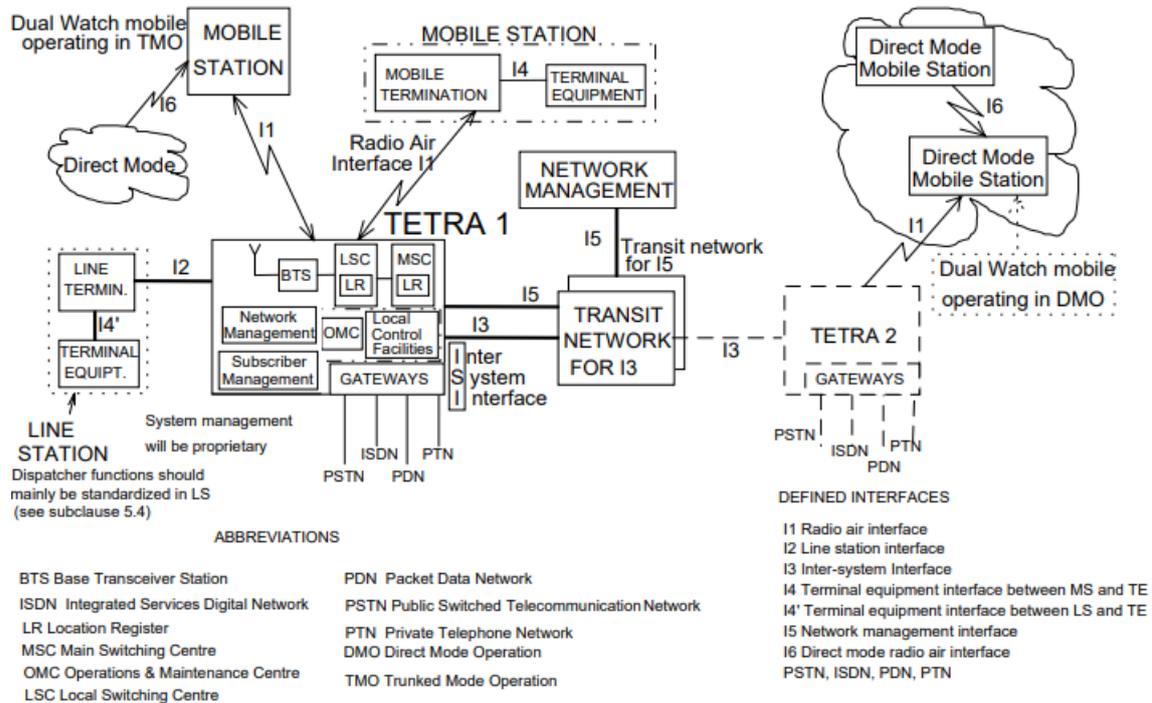


Figura 1.12. Arquitectura e interfaces de una red TETRA [10]

1.3.11 Consideraciones principales en la arquitectura TETRA

TETRA provee una gran solución desde sistemas privados de comunicación pequeños a redes públicas amplias de comunicación, lo hace conservando características muy fuertes de los sistemas de radio privadas. A diferencia del resto de estándares, TETRA no define una estructura específica [15] para el diseño de su red, por lo que brinda libertad de

planeación y desarrollo en función de las necesidades propuestas por los usuarios. De esta manera, la funcionalidad de TETRA se traduce en la posibilidad de que dicha red pueda dar salida hacia otras redes como, por ejemplo: red de telefonía pública, internet, RF, entre otras. Los elementos que conforman el sistema se describen a continuación.

1.3.12 Nodo central / Digital Exchange for TETRA (DXT)

Conocido como switch, nodo central o conmutador de terminal de tránsito, pertenece a los elementos de la infraestructura y conmutación de una red TETRA, su principal función es controlar el tráfico de comunicación a través de los diferentes canales y radio enlaces [16]. Se encarga de gestionar las conexiones de voz y datos que se da entre usuarios o entre usuarios y despacho. Una de sus características principales es que en función del fabricante puede soportar 256 portadoras y máximo 128 estaciones.

La elección del componente nodo central puede realizarse en función del sistema de conmutación que se acople a las funcionalidades requeridas, de esta manera se establecen generalmente dos sistemas de conmutación [17] definidos como:

- Sistema Centralizado
- Sistema Distribuido

Las consideraciones para seleccionar cualquiera de estos sistemas se da mayormente por el tamaño de una red. Así pues, una red extensa tiene un mayor rendimiento con un sistema centralizado, ya que su gestión es más sencilla que una red distribuida, tal como se observa en la Figura 1.13.

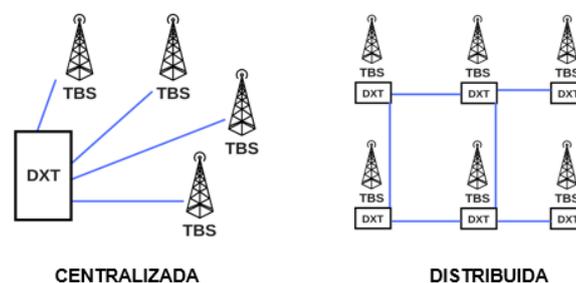


Figura 1.13. Sistemas de conmutación DXT

Las funciones que debe llevar a cabo el DXT se muestran en la Tabla 1.14:

Tabla 1.14. Funcionalidades proporcionadas por el nodo central DXT a la red TETRA.

Funcionalidad	Característica
Autenticación	El DXT verifica los permisos para dar acceso a la red y autentica si el terminal pertenece o no a los usuarios que tienen acceso.
Privilegios	El conmutador tiene programado los privilegios de cada usuario, de esta manera en una comunicación cuando no existen canales disponibles, puede expulsar de la red a un usuario con menor privilegio.
Gestión	Se encarga de la administración de los grupos de usuarios, asociando los diferentes terminales de un mismo grupo de estaciones base.
Control	Control de tráfico que se genera en cada uno de los distintos canales.

1.3.13 Subsistema de red de estaciones base

Una estación base también denominada BS es el elemento encargado de proporcionar cobertura a una zona geográfica concreta, también corresponde a los equipos de infraestructura de red TETRA. Su principal característica es la de asignar de forma dinámica los canales de tráfico, de esta manera cuando una estación base recibe comunicación por parte de un DXT para un grupo específico de usuarios, este designa uno de sus canales libres para ejecutar su comunicación.

El enlace entre una estación base y el nodo central generalmente se lleva a cabo por radio enlace; sin embargo, puede variar y puede utilizarse cualquier tipo de línea de transmisión [17]. Dentro de la adaptabilidad de trabajo, las Estaciones Base (TBS) pueden adaptarse a distintos sistemas de diversidad múltiple, entre ellos se tiene la clasificación mostrada en la Tabla 1.15:

Tabla 1.15. Tipos de diversidad de trabajo en que funciona un TBS.

Tipo de Diversidad	Comportamiento del TBS
En frecuencia	La información se transmite de forma redundante a través de dos frecuencias distintas; en este caso, se optimiza el uso del espectro radio eléctrico.
En tiempo	La información se envía por dos tramas o slots de tiempo; por lo tanto, supone un mayor ancho de banda con el objetivo de alojar más información.
En espacio	Es uno de los métodos más empleados, ya que utiliza varias antenas para captar la señal de radio, es decir la información se recibe por caminos diferentes y la calidad de la recepción depende de la combinación exacta de las señales recibidas.
En polarización	Permite señales con distintas polarizaciones.

Un caso crítico del funcionamiento entre los equipos terminales y una estación base es el enlace ascendente “Uplink”, ya que la potencia de emisión por parte de los equipos terminales siempre es menor a la de una estación base.

1.3.14 Subsistemas de gestión técnica y operativa

El subsistema de gestión técnica se encuentra conformado por ordenadores, o puestos de despacho, su principal característica es que tiene acceso al nodo central. La función de este subsistema se muestra en la Tabla 1.16

Tabla 1.16. Función del subsistema de gestión técnica y operativa.

Gestión Operativa	Gestión Técnica
<ul style="list-style-type: none">• Organizar grupos de usuarios y abonados.• Control, gestión y monitorización de las comunicaciones.• Control y supervisión del estado de la red.• Configuración de servicios.	<ul style="list-style-type: none">• Gestión y configuración de los distintos elementos de la red (DXT, TBS, Puestos de Despacho).• Supervisar posibles fallos de la red.• Gestionar el rendimiento de la red.• Monitorización y mantenimiento remoto.

1.3.15 Subsistemas terminales

Dentro de la arquitectura TETRA son conocidos como terminaciones móviles o estaciones de línea. Proporcionan al usuario la capacidad para comunicarse a través de la red, generalmente se clasifican en varios tipos, los cuales se muestran en la Tabla 1.17.

Tabla 1.17. Tipos de terminales en una infraestructura TETRA [8].

Tipo de terminal	Característica
Portátil	Son dispositivos de mano, para su funcionamiento disponen de transmisores de menor potencia dado su funcionamiento con baterías. Su potencia es menor o igual a 1 W.
Móvil	Dispositivos que se pueden llevar en vehículos y que utilizan la batería de este para su funcionamiento, corresponden a equipos de clase 2 y cuya emisión de potencia es cercana a las decenas de vatios.
Fijo	Se ubican en edificios tanto públicos como privados. Sus transmisores corresponden a la clase 1 y pueden llegar a los treinta vatios.
De operador	No emplea un sistema radiante propio para la comunicación, contrario a ello utiliza la red para enviar su mensaje al resto de usuarios.

Las terminales móviles se dividen en 4 clases en función de su potencia de transmisión:

- Clase 1: 30 watts (45 dBm)
- Clase 2: 10 watts (40 dBm)
- Clase 3: 3 watts (35 dBm)
- Clase 4: 1 watt (30 dBm)

1.3.16 Comparación entre sistemas TETRA, DMR Y APCO25

Los diferentes sistemas digitales de comunicación tienen características que proporcionan funcionalidades extras a las redes de comunicación; en este apartado se muestran las características principales de los diferentes sistemas que están enfocados a la comunicación bajo entornos críticos.

Las características se muestran en la Tabla 1.18

Tabla 1.18. Comparación de características entre sistemas TETRA, DMR y APCO25 [18]

Característica		TETRA	APCO25 O P25	DMR
Bandas de frecuencia.		UHF (380-430MHz) 806-871 MHz	VHF (132-174 MHz) UHF (400-520 MHz) 806-871 MHz	VHF (136-174 MHz) UHF (350-520 MHz)
Eficiencia espectral.		Tecnología TDMA con 4 canales de 25KHz. Mayor eficiencia espectral. Menor número de frecuencias.	Fase 1: FDMA con ancho de banda de 12.5 KHz Fase 2: TDMA cada canal de 12.5 KHz	Tecnología TDMA con 2 canales de 12.5 KHz.
Potencia		Diseñado para atender calidad y capacidad de tráfico. Potencia de salida limitada a 32W.	Potencia de salida limitada a 32W, en fase 2(TDMA). P25 opera en VHF.	-
Capacidad		Mayor capacidad de usuarios por portadora, respecto a P25 y DMR.	-	-
Velocidad de transmisión.		7.2 Kbps por ranura. 28.8 Kbits (4 canales)	Fase1: 9.6 Kbps Fase 2: 12 Kbps	DMR: 9.6 Kbps.
Trucking.	Trucking	Si	Si (Fase 2)	Si (DMR tier 3)
	No Trucking	-	No (Fase 1)	No (DMR tier 2)
Seguridad		Mayor nivel de seguridad, por disponer de autenticación mutua.	Después de Tetra es el estándar con mayor seguridad.	Cifrado simple.

Las funcionalidades principales entre los distintos sistemas se muestran en la Tabla 1.19:

Tabla 1.19. Funcionalidades de los distintos sistemas de comunicaciones críticas. [18]

Funcionalidades	TETRA	DMR	P25 Fase	P25 Fase
			1	2
Llamada de grupo	x	x	x	x
Llamada Semidúplex individual	x	x	x	x
Llamada Full-dúplex individual	x	-	-	-
Llamada Full-dúplex telefónica	x	-	-	-
Llamada Semidúplex telefónica		x	x	x

Mensajes cortos	x	x	x	x
Mensajes de estado	x	x	x	x
Servicios de localización	x	x	x	x
Llamadas de broadcast.	x	x	x	x
Llamadas de difusión	x	x	x	x
Llamadas con prioridades.	x	x	x	x
Llamadas de emergencia.	x	x	x	x
Habilitación/ des habilitación de terminales.	x	x	x	x
Autenticación	x	x	x	x
Autenticación mutua	x	-	-	-
Encriptación.	x	No estándar	x	x
Modo directo	x	X	x	x
Repetidor modo directo	x		x	x
Man Down (función que permite enviar una alerta)	x	X	x	x
GPS	x	X	x	x

1.3.17 Normas y regulaciones para sistema troncalizados en el Ecuador.

Una vez conocidas las características y consideraciones de los sistemas TETRA es necesario estudiar la norma vigente en el Ecuador para sistemas troncalizados; puesto que cada país tiene distribuido su espectro de frecuencias de una forma diferente para las diversas tecnologías.

En el caso de Ecuador la agencia que regula las telecomunicaciones es la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), este establece normas técnicas para los sistemas troncalizados que se implementan en el Ecuador. La resolución que establece las normas para estos sistemas es la No. 264-13-CONATEL-2000 [19] y la ARCOTEL-2015-000131 aún vigente [20].

Estas resoluciones presentan un Reglamento y Norma Técnica que tiene por objeto, regular la instalación, operación y explotación de los sistemas troncalizados, así como la distribución y procedimientos para la asignación de las frecuencias que para ello se requiere. Las resoluciones poseen varios capítulos, en el capítulo 1 se establecen algunos aspectos como la Norma Técnica de los Sistemas Troncalizados, de la cual se extrajeron los puntos más relevantes y se presentan en la Tabla 1.20 [19].

Tabla 1.20. Normas técnicas para redes troncalizadas Resumen de Artículos 1-3 [19].

Parámetro	Consideración
Cobertura	<p>“El área de cobertura de un Sistema Troncalizado se halla definida por el contorno donde la intensidad de campo eléctrico nominal utilizable sea de 38,5 dB uV/m.”</p> <p>Las estaciones fijas deben emplear antenas direccionales orientadas hacia la estación repetidora. La radiación mínima debe permitir establecer un enlace satisfactorio, limitando la radiación en otras direcciones.</p>
Condiciones Adicionales	<ul style="list-style-type: none"> • La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SNT) autorizará otras características de altura efectiva de antena transmisora y potencia radiada aparente (es la potencia que se tiene que introducir en una antena dipolo, para conseguir la potencia equivalente a una antena considerada; $PRA = P_{Transmisor} - L_{cables} + G_{antena}$, $PIRE = PARA + 2,15dB$). No debe sobrepasar los bordes de la zona de asignación con valores de intensidad de campo mayores a 38,5 dB uV/m. • En las zonas fronterizas, el CONATEL a través de la SNT establecerá la potencia radiada aparente necesaria, las condiciones de directividad y ubicación de la antena con el fin de evitar interferencias. • La distancia mínima referencial entre estaciones cocanal (estaciones con el mismo canal) es de 120 Km. • La relación de protección en RF (relación entre la señal deseada y la señal no deseada a la entrada del receptor) en el contorno de protección del área de cobertura será de 24 dB para sistemas analógicos y de 17 dB para sistemas digitales. • En caso de existir dos o más transmisores que alimenten a un sistema radiante común, compuesto por más de una antena, deberán instalarse los multi acopladores y los filtros necesarios para que la relación de productos de intermodulación radiada sea mejor que (-75 dB) con respecto a la portadora de menor nivel.

Las bandas de frecuencias establecidas para sistemas de comunicación troncalizada se definen en el Plan de Canalización de Bandas proporcionada por la ARCOTEL que se muestran en la Tabla 1.21.

Tabla 1.21. Bandas de frecuencia para servicios fijo y móvil terrestre [19].

Banda (MHz)	Ancho de Banda del Canal
806-811/851-855	Digital25* - (25kHz)
811-824/856-869	Analógica25 – (1MHz)
896-898/935-937	Digital25* - (25kHz)
902-904/932-934	Digital25* - (25kHz)

* El CONATEL podrá reducir la canalización de estas bandas a 12,5 kHz, en caso de que la tecnología lo permita.

En la Tabla 1.22 se presentan las características de canalización correspondientes a las bandas de frecuencia que establece ARCOTEL.

Tabla 1.22. Características de la canalización de las bandas de frecuencia [19].

Bandas	Características de Canal
806-811 MHz y 851-856 MHz	Tanto las frecuencias de 806-811 MHz y 851-856 MHz se dividen en 200 canales tanto para transmisión (Tx) como para recepción (Rx).
	Dispone de una separación entre transmisión y recepción de 45 MHz.
	La banda de 806-811 MHz será utilizada para transmisión. La banda de 851-856 MHz será utilizada para recepción.
811-824 MHz y 856-869 MHz	Tanto las frecuencias de 811-824 MHz y 856-869 MHz se dividen en 500 canales tanto para transmisión (Tx) como para recepción (Rx).
	Dispone de una separación entre transmisión y recepción de 45 MHz.
	La banda de 811-824 MHz será utilizada para transmisión. La banda de 856-869 MHz será utilizada para recepción.
896-898 MHz y 935-937 MHz	Tanto las frecuencias de 896-898 MHz y 935-937 MHz se dividen en 80 canales tanto para transmisión (Tx) como para recepción (Rx).
	Dispone de una separación entre transmisión y recepción de 39 MHz.
	La banda de 896-898 MHz será utilizada para transmisión. La banda de 935-937 MHz será utilizada para recepción.
902-904 MHz y 932-934 MHz	Tanto las frecuencias de 902-904 MHz y 932-934 MHz se dividen en 80 canales tanto para transmisión (Tx) como para recepción (Rx).
	Tienen una separación entre transmisión y recepción de 30 MHz.
	La banda de 902-904 MHz será utilizada para transmisión y la banda de 932-934 MHz será utilizada para recepción en la estación de abonado o estación terminal.

1.3.18 Consideraciones especiales

A pesar del reglamento planteado por el ARCOTEL para sistemas troncalizados descritos anteriormente, la Empresa Pública Metropolitana Metro de Quito solicitó la autorización para la implementación de una red privada que permita las comunicaciones a través de tecnología TETRA en el metro de Quito [21].

La solicitud Nro. ARCOTEL-DEDA-2016-004060-E, hace referencia a las bandas de 380-399,9 MHz y la necesidad de implementar la red TETRA con el objetivo de que el uso del espectro radio eléctrico sea eficiente.

Los puntos más relevantes expuestos en la solicitud Nro. ARCOTEL-DEDA-2016-004060-E, se muestran en la Tabla 1.23.

Tabla 1.23. Características técnicas para el sistema TETRA del Metro de Quito.

Característica	Definición
Cobertura	Red de radio de túnel: línea de metro de Quito a lo largo de todo el túnel. Red de radio estación: en estaciones de Metro de Quito.
Conexión a base adyacente.	Cada radio base se conectará a una de sus dos bases.
Solapamiento.	Se da entre coberturas colaterales, y debe ser suficiente para realizar el proceso de transferencia de comunicación
Tipos de llamada que se pueden hacer y recibir.	<ul style="list-style-type: none"> • Llamadas individuales tanto en semi dúplex como en full dúplex. • Llamadas de grupo. • Inclusión en llamadas de grupo. • Terminación de llamadas. • Escucha discreta de llamadas. • Llamada de escucha ambiente. • Llamadas a otros dispositivos IP. • Reenvío de llamadas.
Gestión y supervisión técnica del sistema, orientada a:	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorización de Red. • Gestión de Configuración. • Gestión de Fallos. • Gestión de Abonados. • Módulo de estadísticos de operación de Red. • Gestión de perfiles de usuario. • Históricos de llamadas, incluyendo acceso a la grabadora de llamadas. • Histórico de incidentes y fallos. • Despachador de radio para mantenimiento y depuración de fallas desde el sistema de gestión.

En la solicitud se establece como se conformará la red TETRA, a través del siguiente contexto [21]:

“De acuerdo con la información presentada, el sistema tendrá un centro de gestión y conmutación e incluirá las estaciones base de cobertura de radio (EBCR) de la línea 1 del Metro de Quito, las mismas que serán internas en cada una de las estaciones, a excepción de una radio base externa ubicada en el patio de coches de una estación.

La red de acceso de radio poseerá un elevado grado de solapamiento de cobertura entre estaciones adyacentes, esta funciona a nivel de cobertura de móviles en cualquier parte del recorrido, incluso ante la caída de alguna de sus radiobases. También, permite la operación de equipos portátiles a bordo del tren sin discontinuidad del servicio.”[21].

Además, establece la distribución de canales mediante la agrupación en bloques y grupos (donde cada canal corresponde a un par de frecuencias), y sus características para evitar interferencias co-canal y de canal adyacente en sistemas del mismo operador, de esta

manera interpreta que la separación mínima entre grupos adyacentes es de 125 KHz y de 500 KHz entre canales adyacentes del mismo grupo.

2. METODOLOGÍA

2.1 Diseño de la red de comunicaciones para la EPMTQP

Para realizar el diseño de la red, es necesario conocer el estado actual del sistema de comunicaciones que emplea el sistema de transporte del Distrito Metropolitano de Quito. Para ello se realiza una revisión de los equipos y parámetros técnicos de la red desplegada, la misma que se encuentra actualmente en funcionamiento.

2.2 Sistema actual de radio comunicaciones utilizado por EPMTQP.

El sistema de radio comunicaciones actual de la EPMTQP es el encargado de proporcionar el soporte de comunicación a las unidades de los diferentes servicios que brinda el sistema integrado de transporte. De esta manera la empresa dispone de repetidoras que permiten administrar los servicios de las rutas de Ecovía, corredor sur oriental, corredor sur occidental, corredor centro norte y también incluye la comunicación de los articulados B12, sistemas de recaudación y los sistemas de Trolebús [16]. Los repetidores de señal se encuentran concentrados en el sector de Puengasí y cada una de estas repetidoras se distribuye para un servicio específico y se presentan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Servicios proporcionados por las repetidoras utilizadas por EPMTQP [16].

# DE REPETIDORA	SERVICIO
Repetidora N°1	Operaciones de Eco vía y Corredor sur oriental.
Repetidora N°2	Articulados B12
Repetidora N°3	Operaciones de corredor sur occidental, fiscalización, recaudación.
Repetidora N°4	Fiscalización, Operaciones C.C. N
Repetidora N°5	Recaudación EPQ y Telecomunicaciones
Repetidora N°6	Seguridad EPQ
Repetidora N°7	Operaciones Trolebús MB500
Repetidora N°8	Flota Trolebús MB500

Los sistemas de radiocomunicación con los que cuenta la EPMTQP corresponden a tecnologías analógicas y digitales, entre ellos se incluyen radios portátiles, repetidoras y radios móviles. Las repetidoras restantes administran un grupo que se asigna en función del servicio que cubren y su frecuencia de trabajo. En la Tabla 2.2 se observa la distribución de frecuencias de las repetidoras y el servicio con la que se encuentran asociadas:

Tabla 2.2. Frecuencia de funcionamiento de los canales de radio comunicación [16].

N° DE REPETIDORA		CANAL	SERVICIO	FRECUENCIA (MHz)	
				Rx	Tx
Repetidora N°1		CH1	Ecovía, Corredor Sur Oriental	444,0875	449,0875
Repetidora N°2		CH2	Articulados B12	444,1125	449,1125
Repetidora N°4		CH4	Fiscalización Corredor Central Norte	492,8125	498,8125
Repetidora N°5		CH5	Seguridad EPQ	492,9250	498,9250
Repetidora N°6		CH6	Recaudación EPQ	492,9500	498,9500
Repetidora N°7		CH7	Trolebús MB500	493,8750	499,8750
Repetidora N°8		CH8	Trolebús MB500	493,9250	499,9250
Repetidora N°3	Slot 1 Grupos	CH1	Operaciones Corredor Sur Occidental	492,8875	498,887
		1001			
		CH2	Fiscalización Corredor Sur Occidental		
		2001			
	Slot 2 Grupos	CH3	Recaudación Corredor Sur Occidental	492,8875	498,887
		3001			
		CH4	Seguridad Corredor Sur Occidental		
		4001			

El sistema posee repetidores de la marca Motorola modelo DGR6175, la cual opera en modo digital. En la Tabla 2.3 se presentan algunas características de los dispositivos de radio comunicación actualmente empleados en el sistema de comunicación de la EPMPQ.

Tabla 2.3. Características de los equipos [16].

DENOMINACIÓN	MARCA	MODELO	TIPO		N° DE UNIDADES
			ANALÓGICO	DIGITAL	
Repetidora	Kenwood	TKR-850	X		7
	Motorola	DGR6175	X	x	1
Radio Portátil	Motorola	DGP6150	X	x	3
	Motorola	DGP4150	X	x	23
	Motorola	PRO5150	X		100
Radio Portátil	Motorola	EP450	X		10
Radio Móvil	Motorola	DGM8000	X	x	80
	Motorola	EM200	X		80
	Motorola	PRO5100	X		5
	Motorola	PRO3100	X		80

2.3 Cobertura del sistema de radio comunicación de la EPMTQP.

El sistema de radio comunicaciones actual, abarca los sectores comprendidos entre la Avenida Morán Valverde y el sector el Labrador en el norte de Quito. “Estudio para la migración del sistema de radio comunicación convencional a un sistema de radio comunicación troncalizado con tecnología digital de la Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito” [16]. En el estudio previo se muestran las coordenadas de los puntos de referencia que existen actualmente y que están cubiertos por las torres del trolebús ubicadas en la Loma de Puengasi. A continuación, en la Tabla 2.4 se presentan los puntos de referencia.

Tabla 2.4. Puntos de referencia del sistema actual de radiocomunicación de la EPMTQP [16].

Puntos de Referencia	Latitud	Longitud	Sector
Torres Trole	0° 14' 15.46" S	78° 29' 51.38" O	Puengasi
Trole Norte	0° 9' 49.21" S	78° 29' 7.14" O	El Labrador
Trole Recreo	0° 15' 10.31" S	78° 31' 13.16" O	El Recreo
Trole Morán Valverde	0° 16' 59.37" S	78° 32' 39.19" O	Las Cuadras

Para observar de forma gráfica se presentan en la Figura 2.1, las estaciones ubicadas en el mapa con la ayuda de Google Earth.

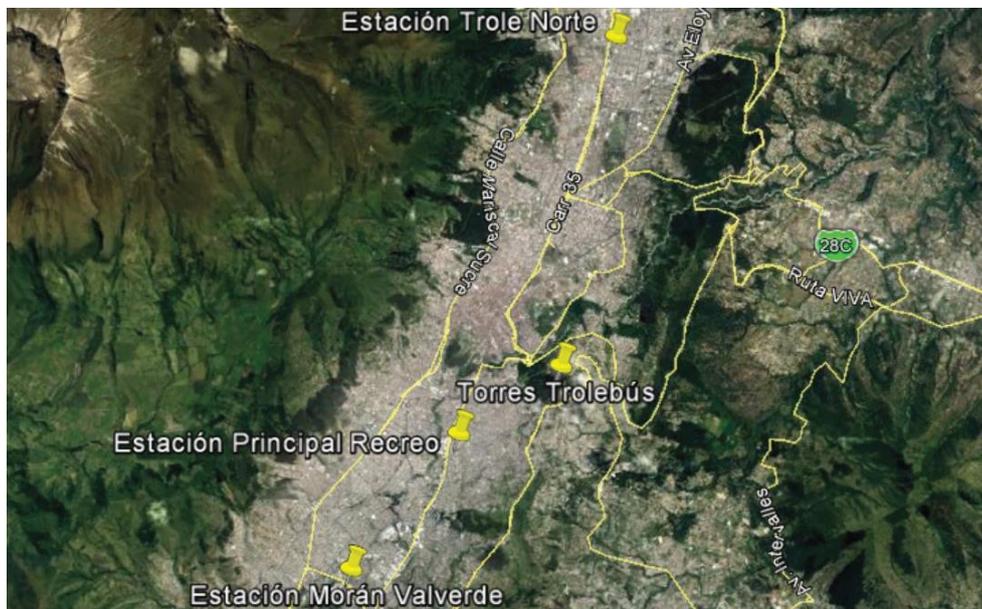


Figura 2.1. Ubicación de puntos de referencia en Google Earth.

Es importante mencionar que cuando se implementó el sistema de comunicaciones que actualmente está en funcionamiento, no se contaba con la ampliación del Metrobus, mismo

que luego se extendió hacia el Norte hasta el Terminal de Carcelén y hacia el sur hasta la estación de Guamaní.

En los resultados del estudio descrito en [16], se muestra la cantidad de radios soportada por cada una de las antenas repetidoras y la carga expresada en el tiempo de uso de la repetidora. Para ello, el estudio tomó en cuenta que el sistema de comunicación de la EPMTQP posee dos estaciones base que operan de 440 a 450 MHz, además posee seis portadoras que operan en un rango de frecuencias de 490 a 500 MHz, 8 repetidoras analógicas y 1 repetidora digital. Las características técnicas para todas las repetidoras son las mismas, es decir que las pérdidas, longitudes de cable, pérdida por conectores, entre otros, son las mismas para todas. Además, el estudio analiza el tiempo de uso por cada repetidora analógica, mismas que se presentan en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Datos para análisis de tráfico en la red analógica actual [16].

Repetidora Analógica	Número de radios	Tiempo de uso (s)
1	25	7517
2	80	575
4	20	23
5	25	3224
6	15	10
7	30	10774
8	160	19755

Los resultados presentados en la Tabla 2.5, fueron el resultado de la medición en un lapso comprendido entre las 6:00 am hasta las 22:00 pm de un día al azar [16]. Es importante mencionar que los datos de la Tabla 2.5 pueden variar dependiendo del día que se elija para la medición.

Por otra parte, los recursos de la repetidora digital se encuentran divididos en distintos grupos, y para lo cual se utilizan los slots disponibles, de esta manera se incrementa la capacidad de comunicación de la repetidora; en la Tabla 2.6 se observan los requerimientos del tráfico por cada portadora digital.

Tabla 2.6. Datos del tiempo de uso de la repetidora digital del sistema actual de radiocomunicación [16].

Repetidora Digital	Grupo	Número de Radios	Tiempo de uso (s)
Slot 1	1001	12	2627
	2001	4	395
Slot 2	3001	6	2865
	4001	4	2035

En la Tabla 2.5 y 2.6, correspondiente a los repetidores análogos como digitales, se evidencia que no existe un balance en la cantidad de radios que cada uno maneja y tampoco existe un balance en el tiempo de uso.

2.4 Requerimientos de la red de comunicación de la EPMTQP

Como se mencionó anteriormente la red que presta servicio al sistema de transporte de la Empresa Publica Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito no contempla las extensiones de las paradas del sistema trolebús, tanto al norte como al sur. Como consecuencia de ello, el sistema de radiocomunicación se ve afectado, debido a que el número de radios y la zona deberían aumentar, además el tráfico existente en cada repetidora no se encuentra balanceada, lo que produce que ciertas repetidoras se usen muy poco.

Por las razones mencionadas, el sistema de transporte de la EPMTQP requiere una ampliación de la red de comunicación en base a una tecnología digital, para que exista un balance en las comunicaciones de las repetidoras y que contemple la ampliación del circuito de transporte desde el terminal de Carcelén al norte hasta el terminal de Guamaní al sur.

2.4.1. Diseño de la red TETRA

Para el diseño de la red TETRA se consideran parámetros fundamentados principalmente en la topografía de la ciudad de Quito y la cobertura que proporcionan las líneas que forman parte del servicio integrado de transporte público. La principal característica que muestran las líneas de transporte de la ciudad es que la mayoría van de sur a norte, por lo tanto, se plantea colocar las estaciones base en ciertos puntos que permitan dar mayor cobertura.

2.4.2. Análisis de sitios candidatos.

Para el análisis de los posibles sitios candidatos es necesario considerar algunos factores importantes para el diseño.

Primer factor: El primer factor se refiere al análisis de los sitios en donde se podría instalar una estación base, con el fin de brindar cobertura a la mayor parte de usuarios de

transporte tanto fijos como móviles, y donde precisamente emitan con una potencia adecuada.

Para identificar posibles sitios candidatos se realizó una exploración con la ayuda de la herramienta Google Earth, tomando en cuenta los sitios que poseen una altura adecuada, es decir que posean una elevación significativa. Además, se tomaron en cuenta los sitios en donde se encuentran instaladas las antenas de la red actual.

Segundo factor: El segundo factor se refiere a la facilidad de acceso para la instalación, operación y mantenimiento.

Considerando los dos factores descritos anteriormente se propone la ubicación de cinco sitios candidatos, con los cuales se planea brindar cobertura desde la estación norte ‘Carcelén’ hasta la estación sur ‘Guamaní’, cumpliendo los parámetros técnicos de cobertura y capacidad que requiere la EPMPQ.

Las estaciones propuestas se presentan en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Coordenadas de sitios candidatos.

ID	NOMBRE	UBICACIÓN	
		Latitud	Longitud
CEL 01	Loma Monjas	0° 13' 13.4" S	78° 20' 9" O
CEL 02	Antenas del Pichincha	0° 10' 2.16" S	78° 31' 31.53" O
CEL 03	Troje	0° 19' 59.2" S	78° 31' 19.2" O
CEL 04	Atacazo	0°21'46.40"S	78°37'12.50"O
CEL 05	Puengasi	0° 14' 15.46" S	78° 29' 51.38" O

La ubicación del sitio en Loma de Monjas se tomó en cuenta debido a que es punto estratégico, puesto que se encuentra central a las estaciones más lejanas al norte y al sur del sistema de transporte.

Considerando la ampliación de la ruta de transporte que ofrece la EPMPQ tanto al norte desde la estación Carcelén, como al sur con la estación Guamaní, fue necesario escoger dos sitios adicionales para ampliar la cobertura. Uno al norte en Antenas del Pichincha y otro al sur en él Troje. Además, se ubicó los puntos descritos en la Tabla 2.7 con la ayuda de Google Earth, mismos que se presentan en la Figura 2.2.

El sitio candidato de El Troje se pensó como medida de futuras expansiones del sistema de transporte del Distrito Metropolitano de Quito, para que exista un enlace con la red TETRA propia del metro de Quito, mismo que está próximo a inaugurarse. Garantizando el

cumplimiento de las exigencias establecidas por la normativa vigente en cuanto a potencias de emisión.

Inicialmente se planteó ubicar una antena en Antenas de Atacazo, pero por las irregularidades del terreno no se lograba brindar cobertura hasta 'La Joya', lugar hasta donde llegan los alimentadores de la estación de Guamaní. Por esta razón se buscó otros sitios candidatos para ubicar la antena, otro de los sitios fue en el punto más alto del cerro Atacazo cerca del volcán, pero analizando el sitio no se encontró líneas de energía eléctrica por lo que la ubicación de la antena implicaría desplegar tendido eléctrico, además desde la perspectiva técnica se desperdicia gran parte de la señal, puesto que es un punto muy elevado y alejado del sector que se desea cubrir.

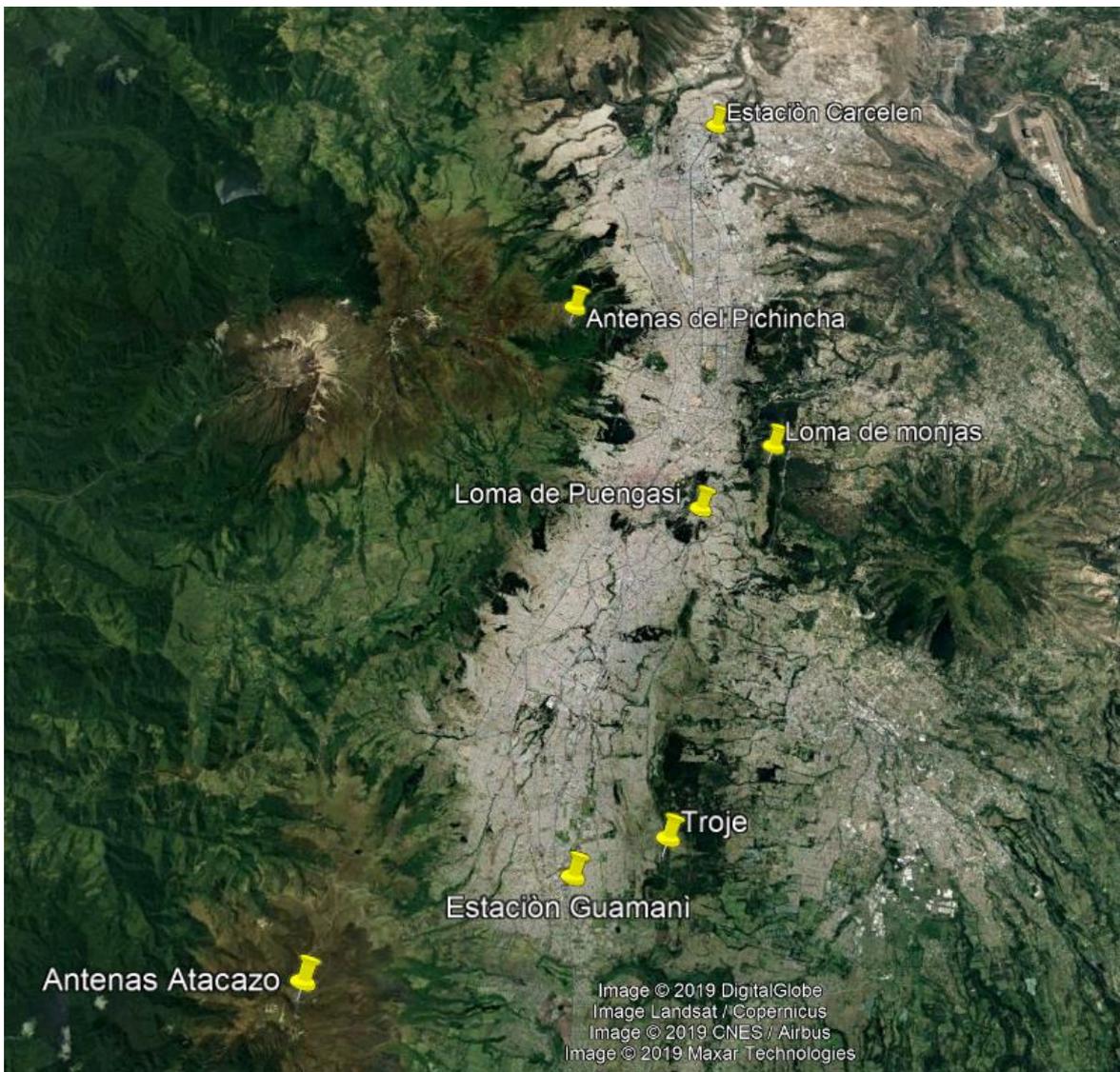


Figura 2.2. Sitios candidatos en Google Earth.

2.4.3. Balance de potencias

Para poder realizar el diseño de las tres Estaciones Base, primero se han recopilado los datos de los fabricantes para realizar los balances de potencia de enlace. Con estos se calcula el nivel de señal de cobertura necesario para asegurar la comunicación entre la Estación Base y los Terminales. Para ello es necesario establecer el balance de potencia de los enlaces considerando los parámetros para la recepción y transmisión. Se emplea una antena direccional marca Kathrein para la transmisión y una para la recepción, considerando la norma técnica del CONATEL [20], aún vigente en la ARCOTEL. Se emplea un cable coaxial de RG_214_/U, además la transmisión de cada portadora se realiza mediante un multiplexor de 4 entradas.

Las antenas seleccionadas son de polarización vertical y trabajan en un rango de frecuencias de 380-430 MHz para permitir la implementación de TETRA. Además, de esto debido al diseño robusto que permite su instalación en las condiciones ambientales adversas que precisamente presenta la ciudad de Quito, aportando continuidad de funcionamiento a velocidades de viento de 300 km/hora y bajo un margen de temperatura de operación de -30 °C a +55 °C.

Características para las estaciones base:

- Potencia de la estación base es de 65W(48dBm) (Anexo A)
- Las antenas para las estaciones base son del tipo KATHREIN 739506, misma que posee una ganancia de 11,5 dBi. (Anexo B)
- El sistema de multiplexor consiste en un filtro de 4 entradas, el cual posee pérdidas aproximadas de 1 dB. (Anexo C)
- El cable coaxial escogido es el RG_214_/U, las pérdidas del cable son de 0.19 dBi para una frecuencia de 400 MHz. Se eligió las pérdidas para el peor de los escenarios que sería una longitud de 50 m de cable, correspondiente a 5.7 dBi. (Anexo D)
- Se escogió un conector RG214 con pérdidas de 0.1 dB. (Anexo E)
- Otro tipo de pérdidas que puede existir es por conectores, sondas, etc. Este tipo de pérdidas se lo asume como 1.5 dB.
- Sensibilidad estática de -119 dBm. (Anexo A)
- Sensibilidad dinámica de -112 dBm. (Anexo A)

- Frecuencia de 390 MHz

Características de estaciones móviles:

- La ganancia para las antenas de los terminales móviles que se encontrarían instalados en los vehículos es de 2.15 dBi, con una altura de 1.5 m. (Anexo F)
- El cable coaxial que se emplea es G_02232_D, que posee pérdidas de 0.67 dB por cada metro. Se toma en cuenta para el peor de los casos mismo que sería 1m de cable coaxial conectado en las estaciones móviles, mismo que corresponde a 0.67 dB. (Anexo G)
- La potencia de salida del terminal móvil es de 3 W (34.7dBm). (Anexo H)
- Sensibilidad estática de -105 dBm (Anexo H)
- Sensibilidad dinámica -114 dBm (Anexo H)
- Frecuencia de 390 MHz

Características de terminal portátil (Anexo I):

- La potencia de salida es de 1 W (30dBm).
- Frecuencia de 390 MHz
- Para el modo de uso del terminal portátil se establece pérdidas cuando el terminal se encuentra en la mano ($P_a=5$ dB)
- Sensibilidad dinámica -114 dBm
- Sensibilidad estática de -105 dBm

Es necesario tomar en cuenta un factor de corrección estadístico para el modelo de propagación que se emplea, este factor es 0 dB para ciudades pequeñas y zonas suburbanas y 13.21 dB para centros metropolitanos de acuerdo a [22].

2.4.4. Balance de potencias (enlace descendente)

Siempre que se necesita simular una determinada cobertura de radio es necesario calcular previamente el balance de potencias de los trayectos que intervienen en la comunicación (enlace ascendente o uplink y enlace descendente o downlink). Para ello se toman en

cuenta las ganancias y pérdidas de todos los elementos en cada sentido de la comunicación y se elige el más restrictivo para asegurar la mayor cobertura. A continuación, se presenta el cálculo de enlace descendente en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8. Balance de potencias (enlace descendente)

Estación Base (BS)	P_{TX}	48 dBm
	L_{MUX}	1 dB
	$L_{CablesTX}$	5.7 dB
	$L_{Conectores}$	0.1 dB
	G_{TX}	11.5 dBi
	L_{otras}	1.5 dB
	FC	13.21 dB
$P_{TX} - L_{MUX} - L_{CablesTX} - L_{Conectores} + G_{TX} - L_{otras} =$		37.99 dBm

Receptor Móvil (RM)	$L_{CablesRX}$	0.67 dB
	$L_{Conectores}$	0.05 dB
	G_{RX}	2.15 dBi
	$S_{Dinámica}$	-114 dBm
$G_{RX} - L_{CablesRX} - L_{conectores} - S_{Dinámica} =$		115.43 dBm

$$L_{P_{BS_RM}} = P_{TotalesTX} + P_{TotalesRX}$$

$$L_{P_{BS_RM}} = 37.99 + 115.43 = 153.42 \text{ dB}$$

Receptor Portátil (RP)	G_{RX}	0 dBi
	L_{Pa}	5 dB
	$S_{Dinámica}$	-114 dBm
$G_{RX} - L_{Pa} - S_{Dinámica} =$		109 dBm

$$L_{P_{BS_RP}} = P_{TotalesTX} + P_{TotalesRX}$$

$$L_{P_{BS_RP}} = 37.99 + 109 = 146.99 \text{ dB}$$

Se puede comprobar que las pérdidas de propagación obtenidas en el balance de potencias del enlace descendente entre la estación base y el receptor móvil es de 153.42 dB, y como se ve en la Figura 2.3 para una frecuencia de 400Mhz corresponde a una distancia de 37 km aproximadamente, valor que satisface la distancia máxima entre las estaciones base más alejadas que es de 18.6 km.

El balance de potencias enlace descendente entre la estación base y el receptor portátil es de 146.99 dB, el cual como se ve en la Figura 2.3 para una frecuencia de 400MHz corresponde a una distancia de 25km aproximadamente, valor que satisface la distancia máxima entre las estaciones base más alejadas que es de 18.6 km.

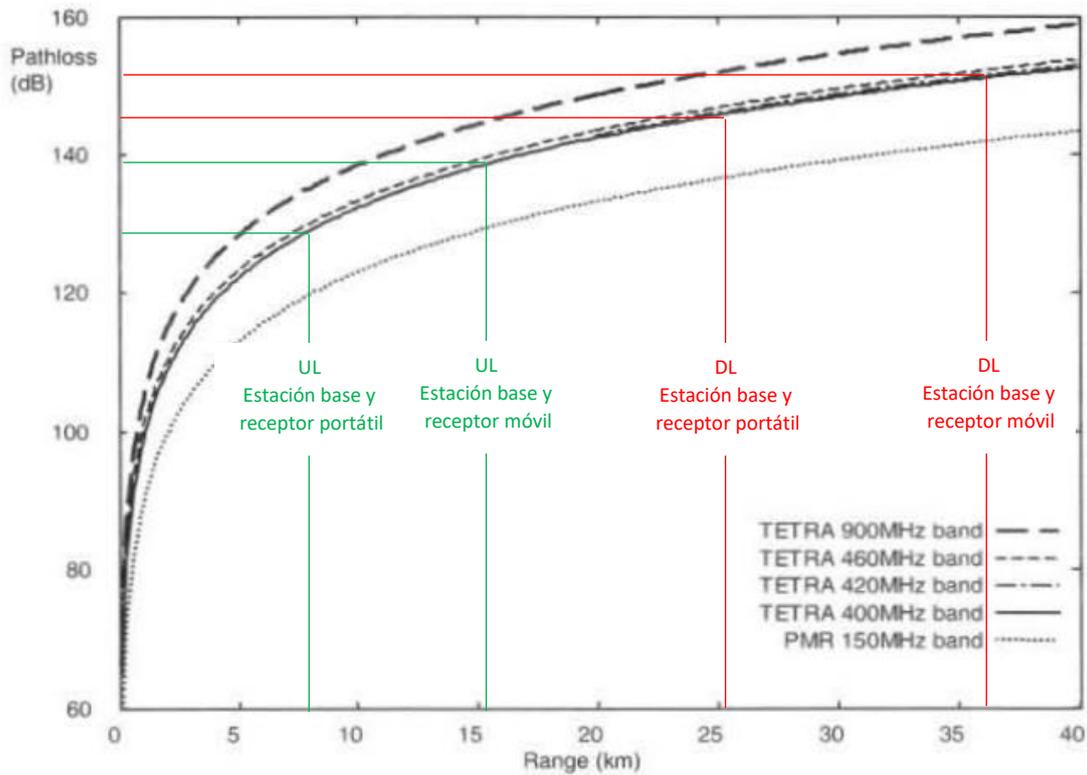


Figura 2.3. Pérdidas de propagación vs distancia para diferentes frecuencias TETRA [8]

2.4.5. Balance de potencias (enlace ascendente)

Para calcular el balance de potencia de enlace ascendente se toma en cuenta los datos técnicos de todos los dispositivos que se emplearan en la red, mismos que se encuentran descritos en la sección anterior. A continuación, se presenta el cálculo de enlace ascendente en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9. Balance de potencias (enlace ascendente)

Estación Base (BS)	$S_{Estática}$	-112 dBm
	L_{MUX}	1 dB
	$L_{CablesRX}$	5.7 dB
	$L_{Conectores}$	0.1 dB
	G_{RX}	11.5 dBi

	L_{Otras}	1.5 dB
	FC	13.21 dB
$(-S_{estática}) - L_{MUX} - L_{CablesRX} - L_{Conectores} + G_{RX} - L_{Otras} =$		101.99 dBm

Transmisor Móvil (TM)	P_{TX}	34.7 dBm
	$L_{CablesTX}$	0.67 dB
	$L_{Conectores}$	0.05 dB
	G_{TX}	2.15 dBi
$P_{tx} + G_{RX} - L_{CablesRX} - L_{conectores} - F_c =$		36.13 dBm

$$L_{P_{TM_BS}} = P_{TotalesTX} + P_{TotalesRX}$$

$$L_{P_{TM_BS}} = 36.13 + 101.99 = 138.12 \text{ dB}$$

Transmisor Portátil (TP)	P_{TX}	30 dBm
	G_{TX}	0 dBi
	L_{Pa}	5 dB
$G_{RX} - L_{Pa} - S_{Dinámica} =$		25 dBm

$$L_{P_{TP_BS}} = P_{TotalesTX} + P_{TotalesRX}$$

$$L_{P_{TP_BS}} = 25 + 101.99 = 126.99 \text{ dB}$$

Se puede comprobar que las pérdidas de propagación obtenidas en el balance de potencias enlace ascendente entre el transmisor móvil y la estación base es de 138.12 dB, el cual como se ve en la Figura 2.3 para una frecuencia de 400Mhz corresponde a una distancia de 15,1km aproximadamente, valor que satisface la máxima distancia entre el usuario más alejada y su correspondiente estación base que es de 7,6km como se ve en la Figura 2.4.

El balance de potencias enlace ascendente entre el transmisor portátil y la estación base es de 126.99 dB, el cual como se ve en la Figura 2.3 para una frecuencia de 400Mhz corresponde a una distancia de 8km aproximadamente, valor que satisface la máxima distancia entre el usuario más alejada y su correspondiente estación base que es de 7,6km como se ve en la Figura 2.4.



Figura 2.4. Perfil que muestra la distancia entre usuario más alejado con su correspondiente estación base.

2.4.6 Ubicación de los puntos para estaciones base y Nodo central

Para seleccionar los puntos en donde se alojarán los dispositivos de la red TETRA se toma en cuenta los sitios candidatos revisados en la sección “Análisis de sitios candidatos”, los cuales están encaminados a brindar cobertura al sistema de transporte de trolebús, eco vía y corredores.

Se propone tres estaciones base y un centro de administración de red, mismos que se ajustan a las siguientes consideraciones.

Se propone instalar un nodo central DXT en las estaciones de la Administración de red zona norte, la cual está situada en el Labrador, y otro en la zona sur, en la estación Quitumbe, además se tiene la posibilidad de conectar la red TETRA del sistema de transporte público con la red TETRA de la que contará el metro de Quito. Dentro de la estructura general de la red se planea que la comunicación con el ente encargado por parte de la EMTQP sea por medio de fibra óptica. El enlace entre el nodo central y las estaciones base se realizan mediante radio enlace.

A continuación, en la Figura 2.5 se presenta el esquema de la red TETRA propuesta.

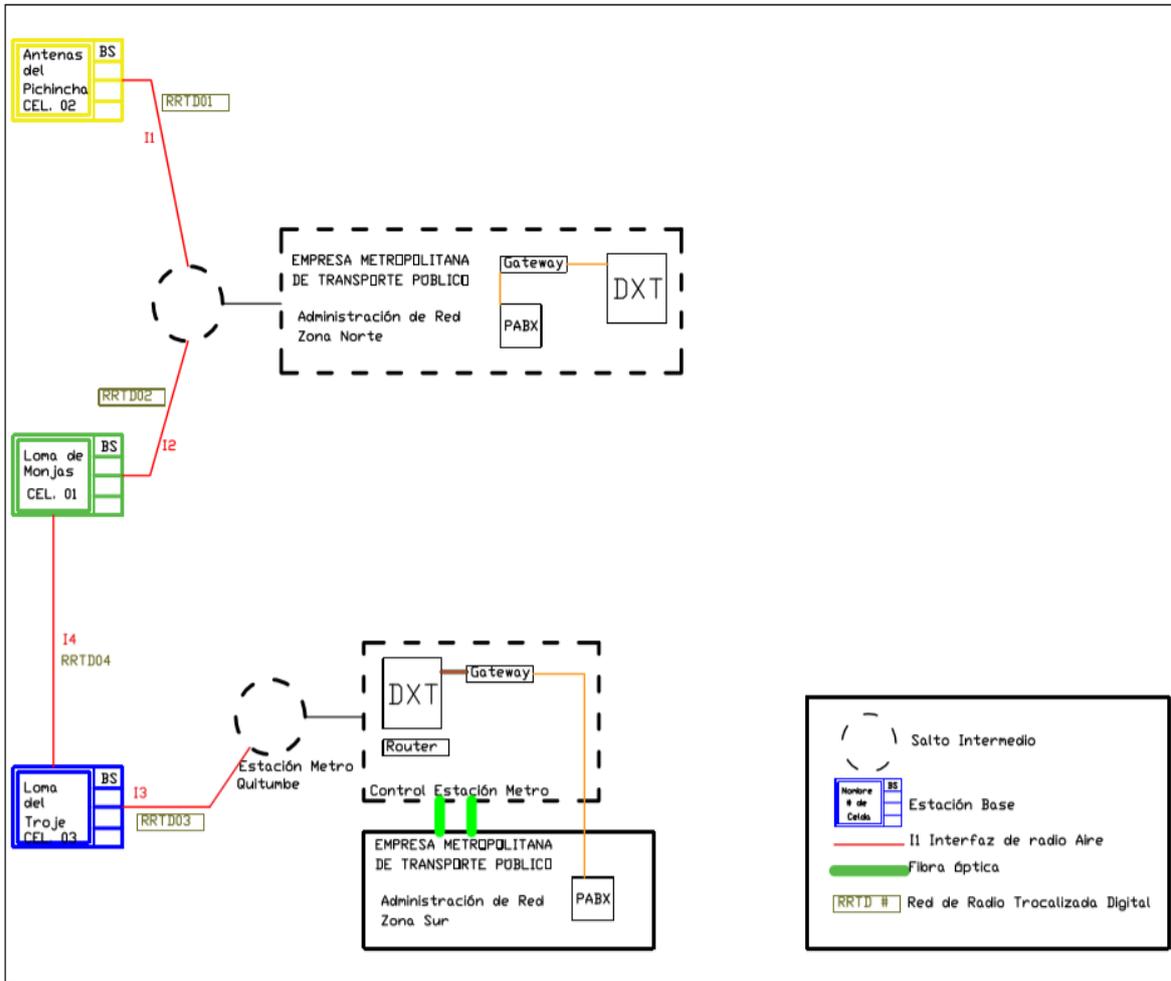


Figura 2.5. Esquema de red TETRA para el sistema de transporte.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando que la extensión en recorrido del transporte público metropolitano ha incrementado, es necesario la planificación e implementación de equipos que permitan dar mayor cobertura. El uso de equipos TETRA plantea recurrir a equipos Gateway que permitan la interconexión de los antiguos sistemas de radio y por lo tanto colocar estos equipos cerca de los equipos antiguos de forma física.

Considerando los datos proporcionados en [16] y mencionados en la sección 2.1, se debería tomar en cuenta a la estación de Puengasí, pero al hacer un análisis de cobertura como se muestra en la Figura 3.1 se observa que no es un buen sitio ya que no da cobertura a la estación de Guamaní, y no tiene línea de vista, como se ve en la Figura 3.2. Por lo tanto, se sugiere nuevos puntos de instalación tanto de nuevas antenas como equipos para solventar la cobertura actual y una posible escalabilidad de la red para futuros proyectos.

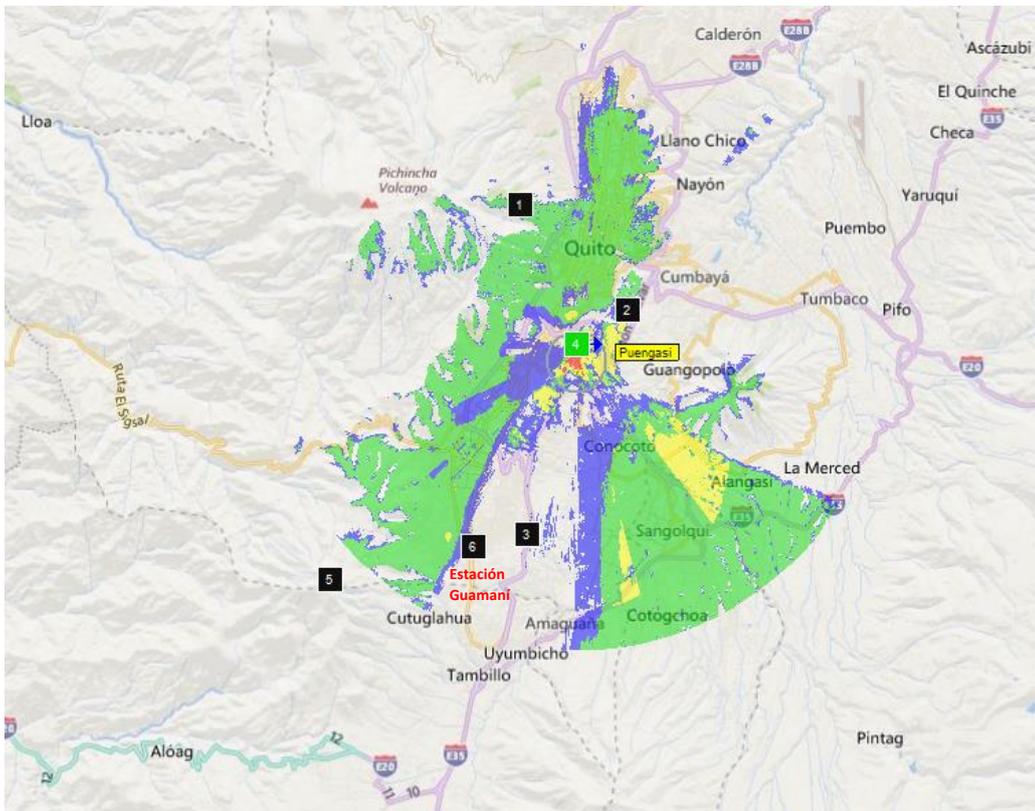


Figura 3.1. Cobertura estación de Puengasí.

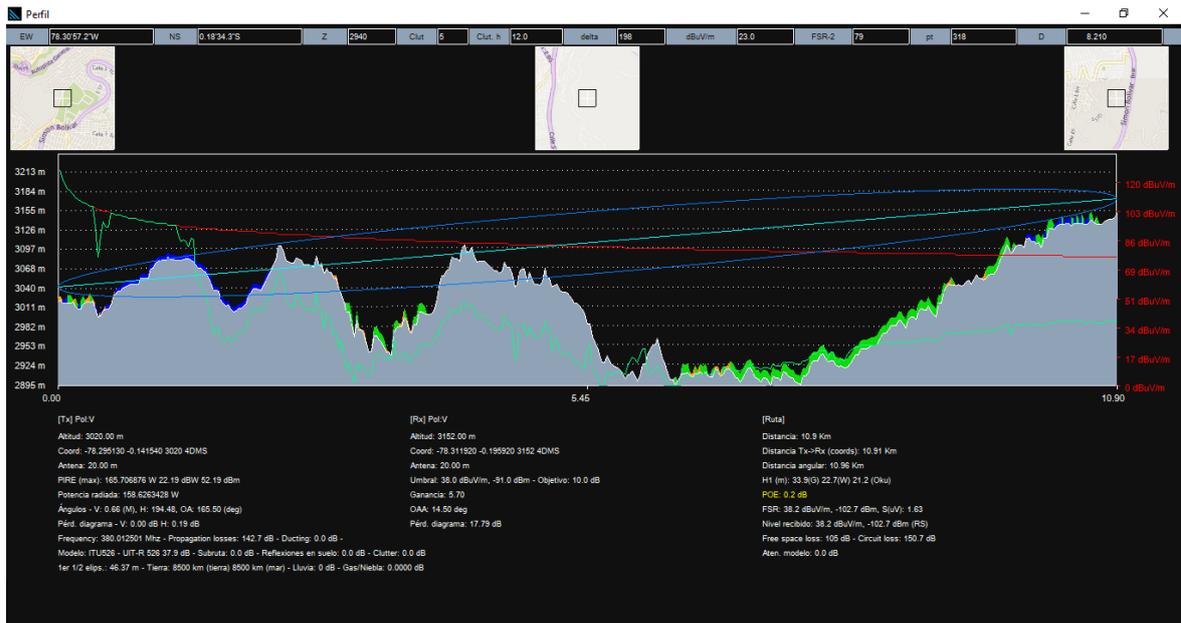


Figura 3.2. Vista de perfil loma Puengasí hacia estación de Guamaní.

3.1. Cargar el mapa

El primer paso para la simulación es cargar el mapa del Ecuador, para que se generen las distintas capas del caso de estudio. Para ello se arrastra los tres archivos del mapa del Ecuador, el primero con extensión .GEO, el segundo con extensión .IMG y el tercero con extensión .SOL. A continuación, en la Figura 3.3 se presenta la pantalla de carga del mapa y en la Figura 3.4 se presenta el mapa cargado.

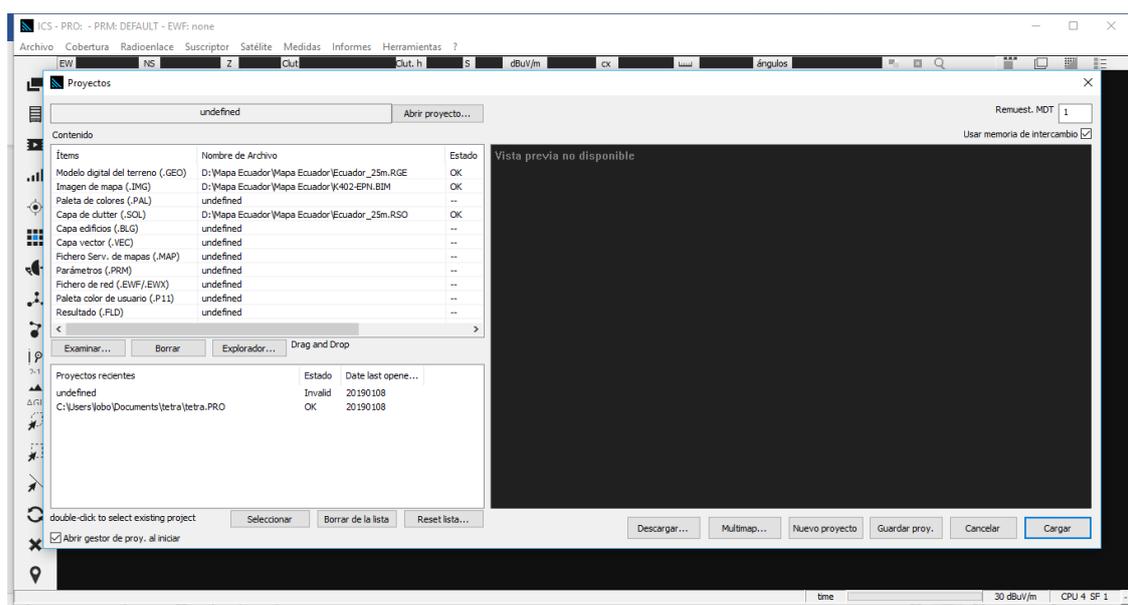


Figura 3.3. Carga de mapa ICS Designer.

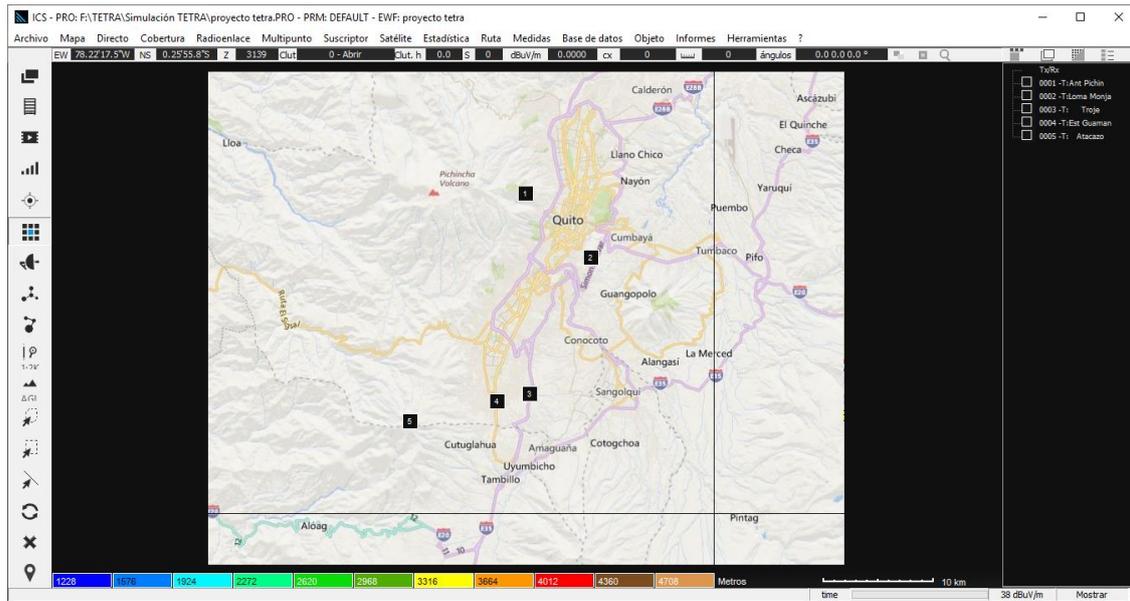


Figura 3.4. Mapa cargado.

3.2. Ubicación de las estaciones base

Para ubicar las estaciones base, es necesario conocer las coordenadas de latitud y longitud de cada uno de los sitios elegidos, para el caso de estudio son Loma de Monjas, Antenas del Pichincha y El Troje. Las coordenadas se presentan en la Tabla 3.1:

Tabla 3.1. Coordenadas de sitios elegidos.

ID	NOMBRE	UBICACIÓN	
		Latitud	Longitud
CEL 01	Loma Monjas	0° 13' 13.4" S	78° 20' 9" O
CEL 02	Antenas del Pichincha	0° 10' 2.16" S	78° 31' 31.53" O
CEL 03	Troje	0° 19' 59.2" S	78° 31' 19.2" O

A continuación, se procede a ingresar las estaciones base, para ello se ingresa las coordenadas de longitud y latitud descritos en la Tabla 3.1. En la Figura 3.5 se presenta la ventana de ingreso de coordenadas.

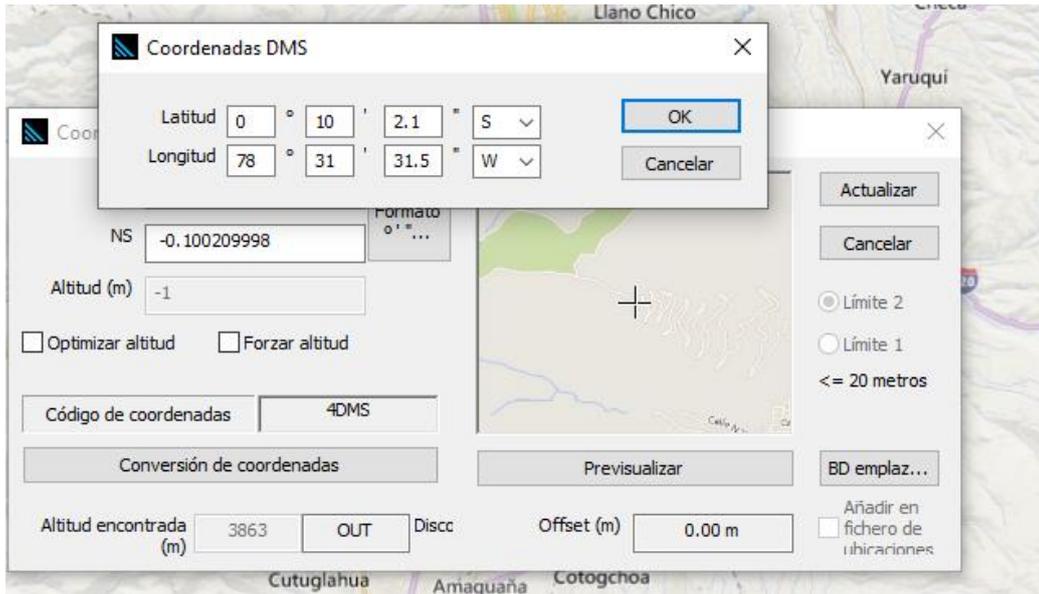


Figura 3.5. Ingreso de coordenadas de estación base.

El ingreso de coordenadas se deberá realizar por cada estación base, una vez que se ha ingresado todas las estaciones base, aparecerán en el mapa de trabajo del simulador ICS Designer como es posible apreciar en la Figura 3.6.

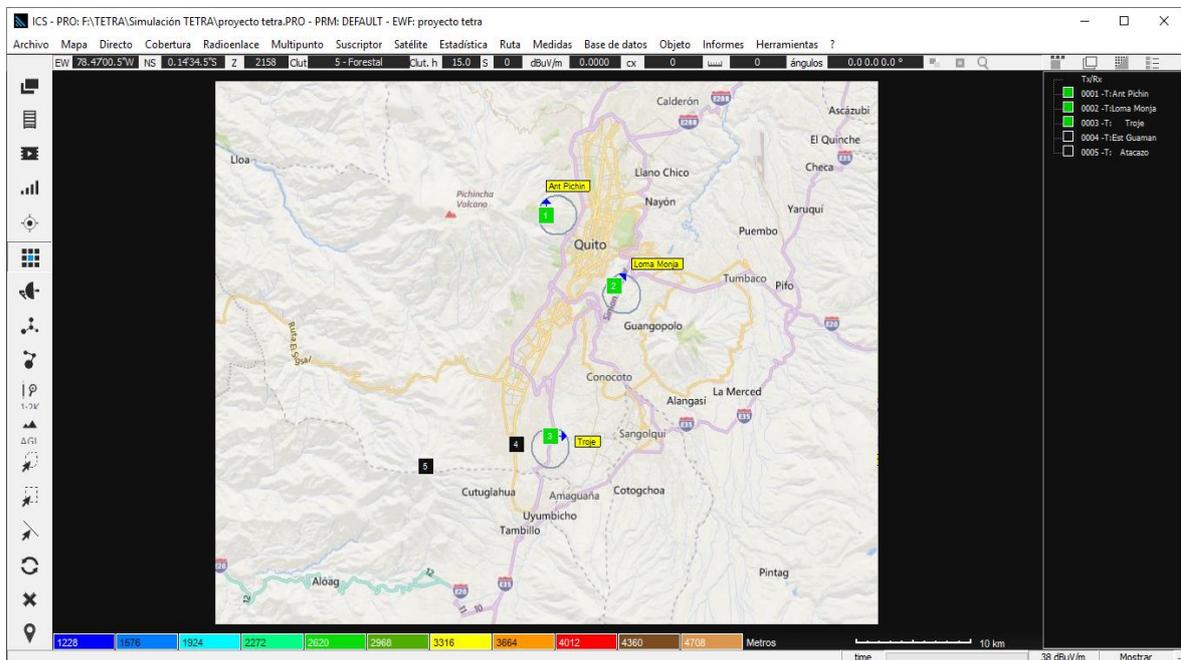


Figura 3.6. Estaciones base. Creadas

Una vez que se ingrese las coordenadas de la estación base, es posible configurar los parámetros de la estación base. Los parámetros que se ingresaron son los descritos en la sección 'Diseño de la red TETRA'.

La configuración de parámetros de las estaciones base se presenta en las Figuras 3.7.

Figura 3.7. Parámetros generales estaciones base.

La 'Pot. Nominal' es de 63W, el 'Dinámico' de 28 dB corresponden al rango de variación de la potencia nominal. El parámetro 'G.ant.Tx(dBi)' de 11.50 se refiere a la ganancia de la antena, para el estudio fue de tipo KATHREIN 739504. Perd(dB) se refiere a las pérdidas que existe en transmisión y recepción, es decir pérdidas de conectores, pérdidas de cables, se le asigno un valor de 5.80 dB debido a la elección del cable RG_214_/U y conectores tipo RG214. El parámetro de 'Perd. Adic Tx(dB)' se refiere a pérdidas por otro tipo de elementos como el multiplexor, se le asigno un valor de 1.5 dB debido al equipo elegido en el balance de potencias. La 'frecuencia y el ancho de banda se parametrizo de acuerdo al rango de operación de TETRA en el Ecuador, descrito en la norma técnica [21]. Por último, se ingresó la altura de la antena, que será medido desde el nivel del suelo tomando en cuenta obstáculos.

A continuación, en las Figuras 3.8,3.9 y 3.10 se presenta el patrón de radiación de cada sitio elegido, es importante notar que el azimut para cada antena cambia.

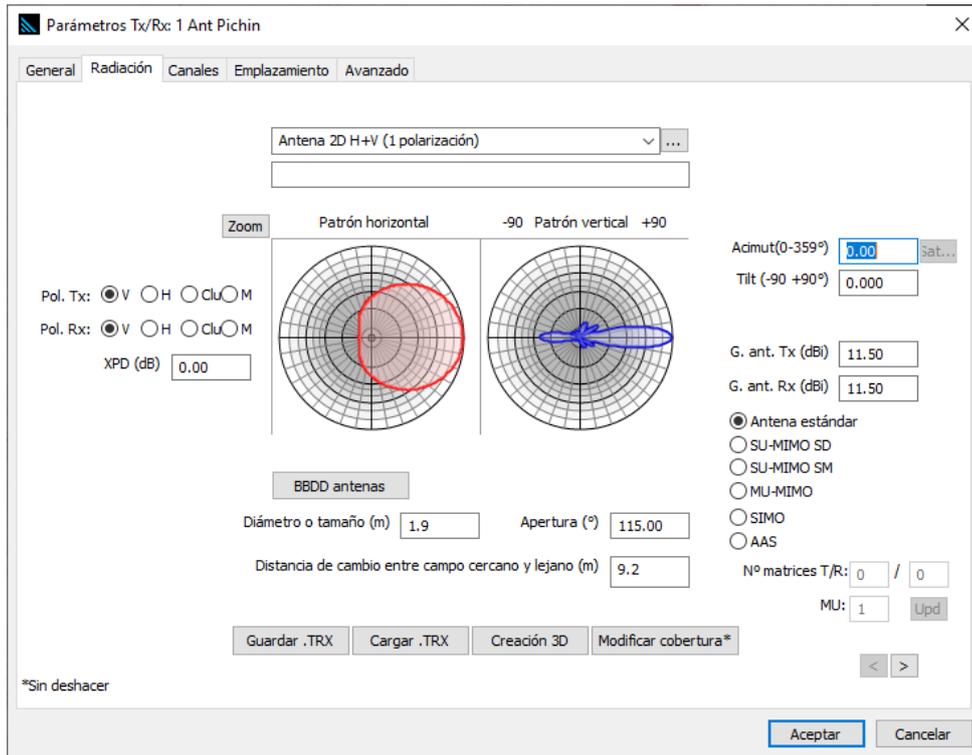


Figura 3.8. Patrón de radiación estación base (Antenas Pichincha)

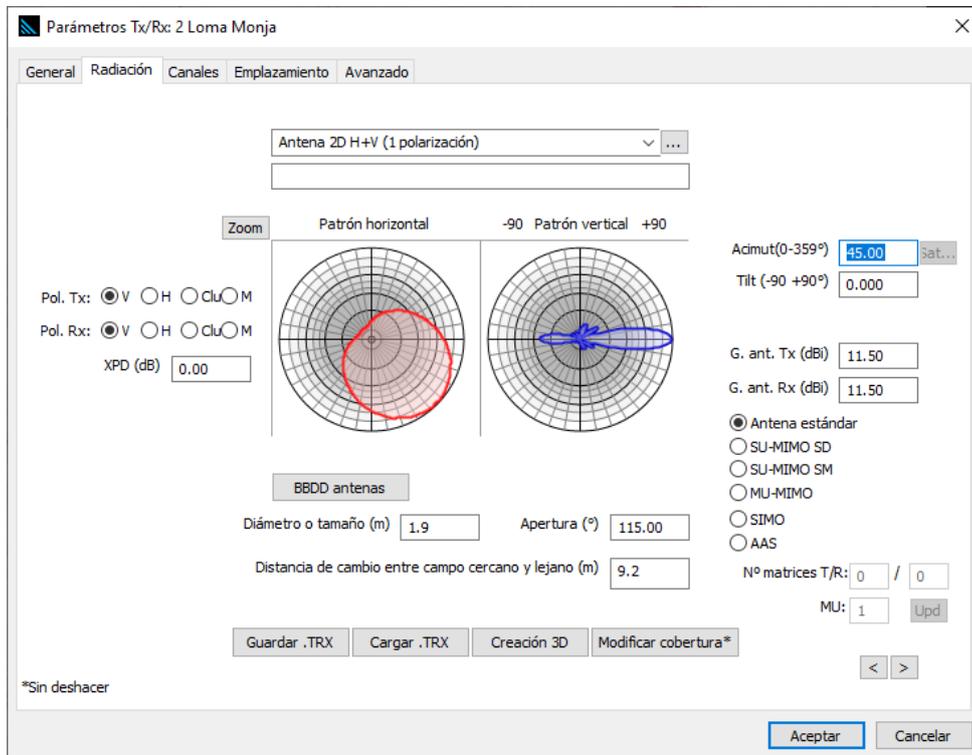


Figura 3.9. Patrón de radiación estación base (Loma de Monjas)

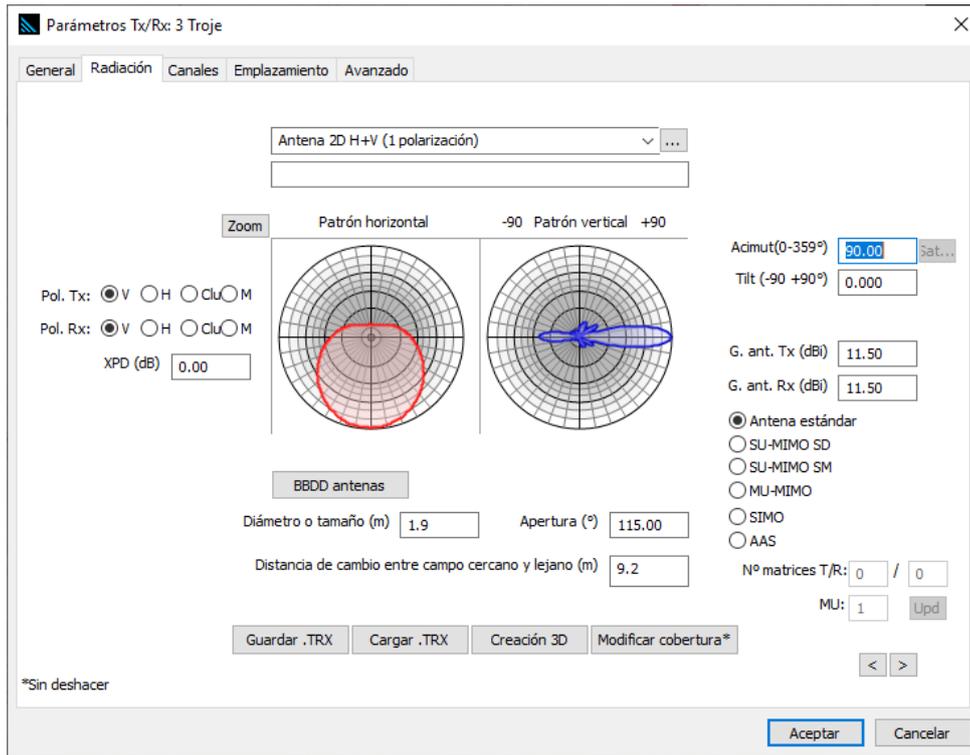


Figura 3.10. Patrón de radiación estación base (El Troje)

A continuación en la Figura 3.11 se presenta la configuración de los canales de las estaciones base, considerando la frecuencia de recepción y transmisión descrito en el informe técnico del metro de Quito [21]

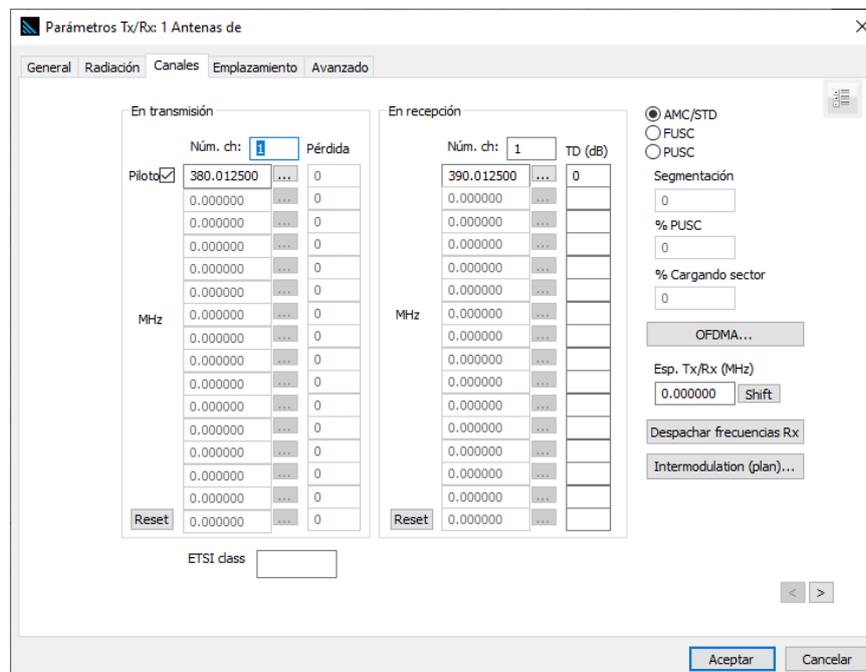


Figura 3.11. Configuración de canales, estaciones base.

A continuación en la Figura 3.12 se presenta la configuración de los parámetros avanzados, resultantes del balance de potencias descritos en la sección 2.2.

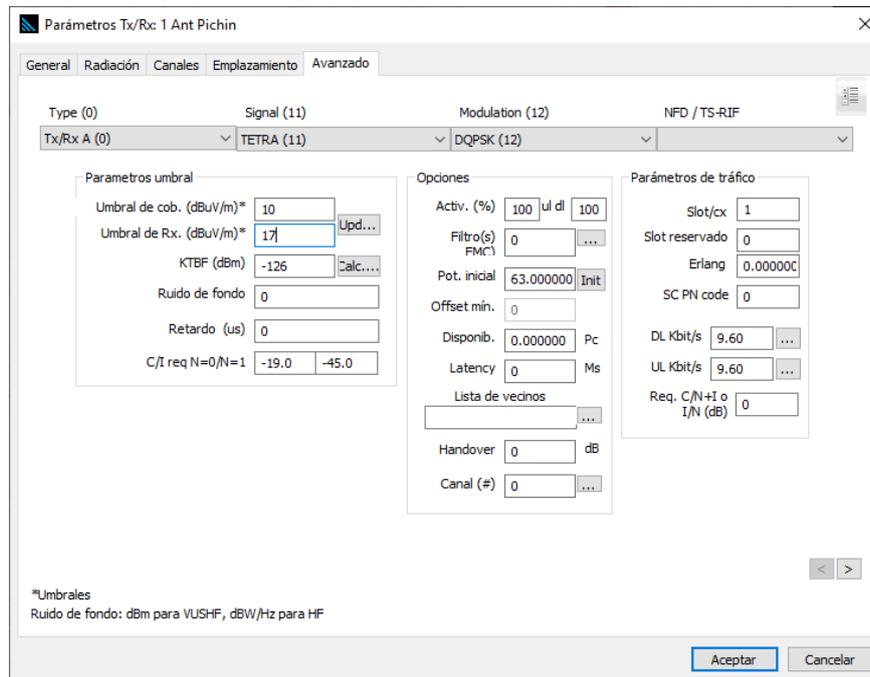


Figura 3.12. Configuración de parámetros avanzados, estaciones base.

Los parámetros de umbral fueron obtenidos de los parámetros de la estación base TETRA. El umbral de cobertura es de -119dBm (10dBuV/m) y el umbral de RX es -112dBm (17dBuV/m). El umbral de RX calcula automáticamente el software, el parámetro KTBf (dBm) se calcula ingresando el valor de temperatura ambiente para Quito y el factor de ruido. Los parámetros de 'C/I req N=0/N=1' fueron obtenidos de la norma técnica de TETRA: "ETR 300-1 Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Designers' guide; Part 1: Overview, technical description and radio aspects" [10].

3.3. Análisis de cobertura

Una vez parametrizado todos los datos, es posible calcular la cobertura de la red TETRA propuesta, para ello se debe elegir un modelo de propagación.

El modelo de propagación elegido es el ITU-R 525/526 que corresponde a las frecuencias utilizadas en TETRA, una geometría de difracción Deygout 94 y atenuación estándar de los sub-trayectos. En la Figura 3.13 se presenta la configuración del modelo.

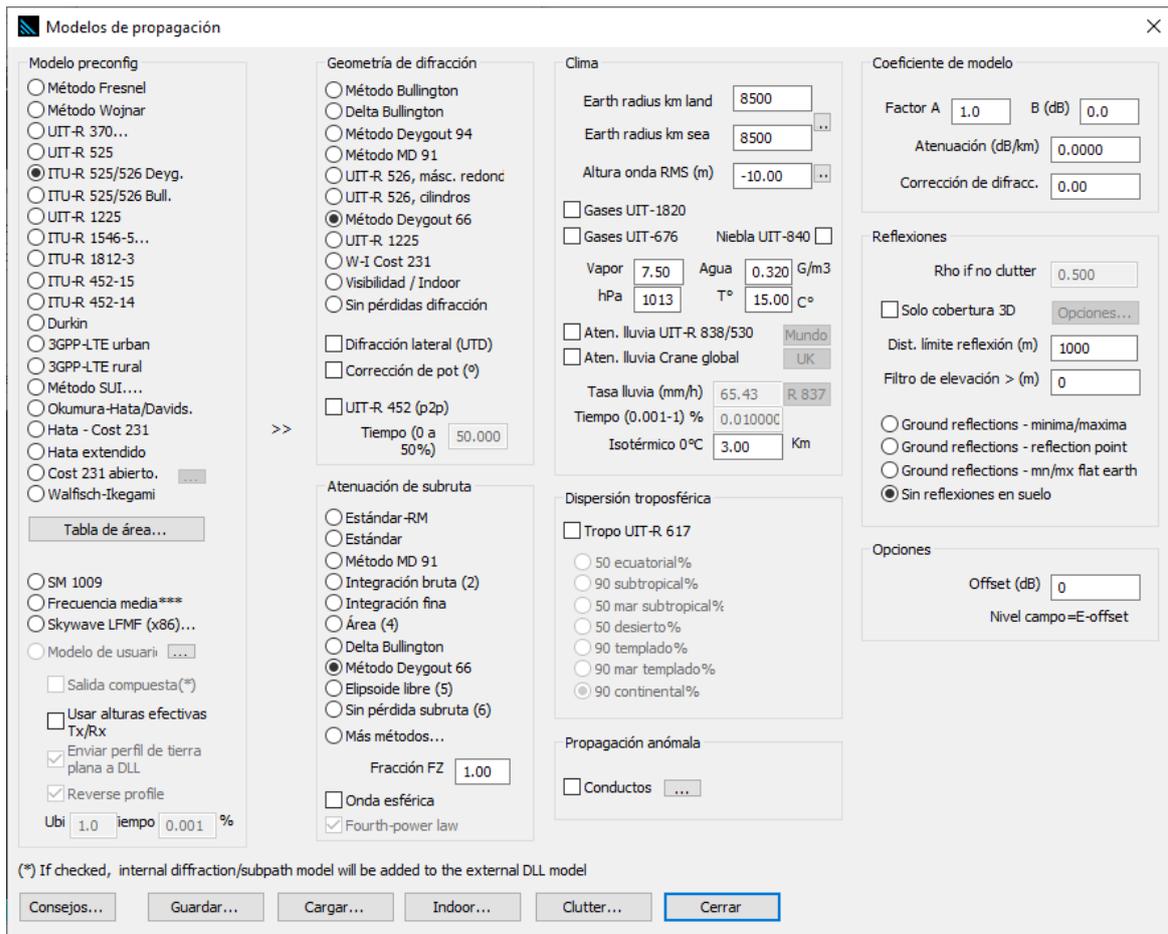


Figura 3.13. Configuración del modelo de propagación

También es posible configurar parámetros del clutter, que son los parámetros de atenuación de acuerdo al tipo de terreno [23] y se muestran en la Figura 3.14. Estos parámetros permiten obtener una simulación en condiciones más acercadas a una situación real considerando las atenuaciones de los diferentes obstáculos.

Con todas las configuraciones listas es posible calcular la cobertura, para ello se ejecuta el Cálculo de red-Cobertura FS TX/RX. El análisis calcula el nivel de cobertura y lo representa en forma gráfica, haciendo uso de una paleta de colores, correspondiente a la intensidad de la señal en cada punto del área de trabajo. Al seleccionar el análisis de cobertura se despliega una ventana para configurar el umbral de cobertura, la altura de los suscriptores y el radio de cobertura como se observa en la Figura 3.15.

Parámetros Clutter

Cód. Clutter	Nombre	Atenuación (dB)		Altura Clutter	Reflexión: Rho (0-1)	Erlang/km2	Factor superf.	Factor difracción	Estación/km2	Des.Est. (dB)	Consejo...
0	Abrir	0.0	0.0	0	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	<input checked="" type="checkbox"/> Rx MDT
1	villas	1.7	7.0	6	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	<input checked="" type="checkbox"/> Rx MDT
2	Suburbano	0.0	0.0	8	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	<input checked="" type="checkbox"/> Rx MDT
3	urban	0.0	0.0	15	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	<input checked="" type="checkbox"/> Rx MDT
4	dense urban	0.0	15.0	30	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	<input checked="" type="checkbox"/> Rx MDT
5	Forestal	50.0	5.0	12	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	<input checked="" type="checkbox"/> Rx MDT
6	Hidroeléctrico	0.0	0.0	0	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	<input checked="" type="checkbox"/> Rx MDT
7	high urban	0.0	0.0	50	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	<input checked="" type="checkbox"/> Rx MDT
8	parque/bosque	50.0	2.0	4	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	<input checked="" type="checkbox"/> Rx MDT
9 *	roof - building	50.0	9.0	0	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	<input checked="" type="checkbox"/> Rx MDT
10	rail	0.0	0.0	0	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	<input checked="" type="checkbox"/> Rx MDT
11	road	0.0	3.0	0	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	<input checked="" type="checkbox"/> Rx MDT
12 **	airport	0.0	0.0	0	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	
13 **	port	0.0	0.0	0	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	
14 **	open rural	0.0	0.0	0	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	
15 **	mine	0.0	0.0	0	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	
16 **	indoor 1	0.0	0.0	0	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	
17 **	indoor 2	0.0	0.0	0	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	
18 **	indoor 3	0.0	0.0	0	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	
19 *	Frontera*	0.0	0.0	0	0.300	1.0000	1.000	1.00	1.000	1.00	

dB/km A 0
 CCIR UER Factor altura: 1.0
 Plano+absorción Pérd. adic. interior en cód.9: 0.0 dB
 Plano+difracción Frecuencia de referencia: 380.0125 MHz
 Usuario Ajuste Nada TSB-88
 Indoor Aplicar suma (absorción+difracción)

Ruta/Sub/cob. Rx (R): T/R sobre clutter, T/R sobre MDT, Rx sobre MDT relajado
 Tx/Jam/MW (T): T/R sobre clutter, T/R sobre MDT

No calcular difracción si cód. clutter = -1 -1 = nada

Figura 3.14. Parámetros del clutter.

Parámetros de cobertura

Altura de antenas Rx (m)
 Distancia (km)
 Mín. valor de cobertura (dBu)
 Umbral deseado ...
 Solo estaciones sin cobertura)

Figura 3.15. Parámetros de cobertura

La altura de las antenas de Rx se refiere a la altura promedio de los equipos portátiles receptores. La distancia se refiere al radio de cobertura que simulará el software. El umbral deseado es el valor mínimo de potencia en campo, para que los usuarios puedan conectarse, es decir los usuarios con un valor de potencia menor al umbral deseado no se

representará, en este caso el umbral deseado es de 38dbuV/m considerando las especificaciones del reglamento y norma técnica para los sistemas troncalizados [20].

Una vez configurado todos los parámetros al presionar la pestaña 'OK' el software calculará la cobertura y la representará de forma gráfica según la paleta de usuario como se observa en la Figura 3.16.

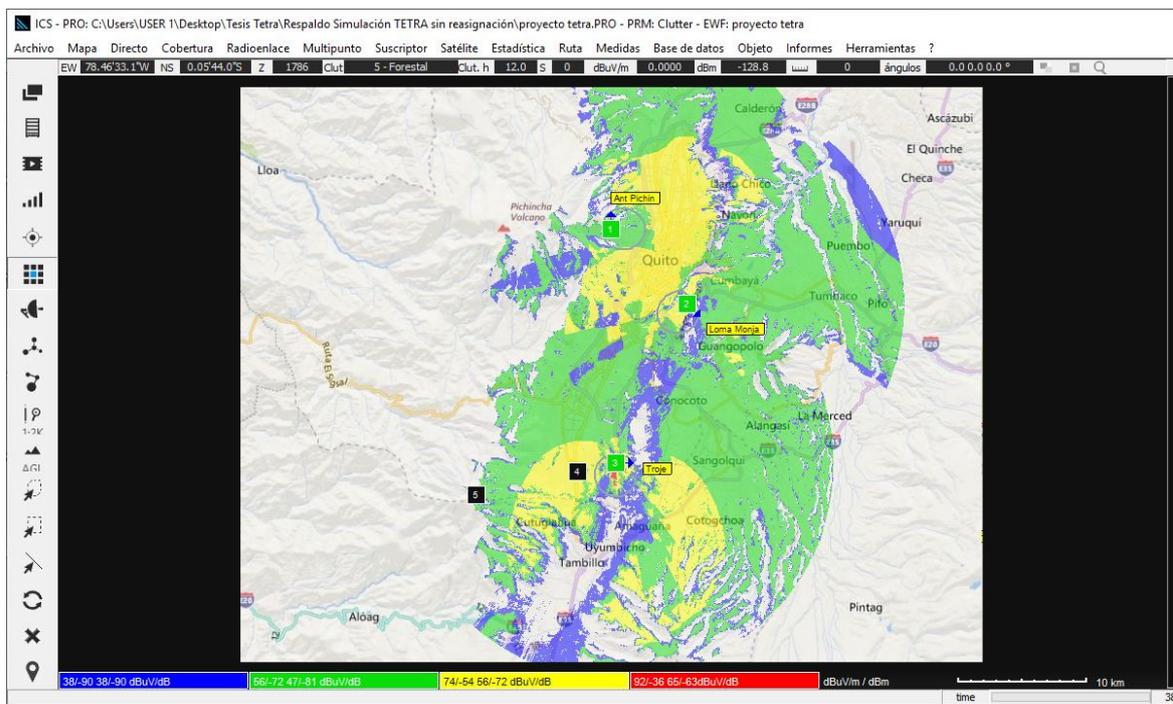


Figura 3.16. Cobertura de red propuesta

El color azul corresponde a nivel de intensidad bajo de señal, mientras que el verde indica el nivel de intensidad más alto, es decir que los usuarios que se encuentren cubiertos por el color verde tienen una mejor recepción de la señal.

Para comprobar el porcentaje de cobertura obtenido, se trazó un polígono que cubre la ruta del sistema de transporte de Distrito Metropolitano de Quito desde el terminal de Carcelén hasta el terminal de Guamaní como se observa en la Figura 3.17.

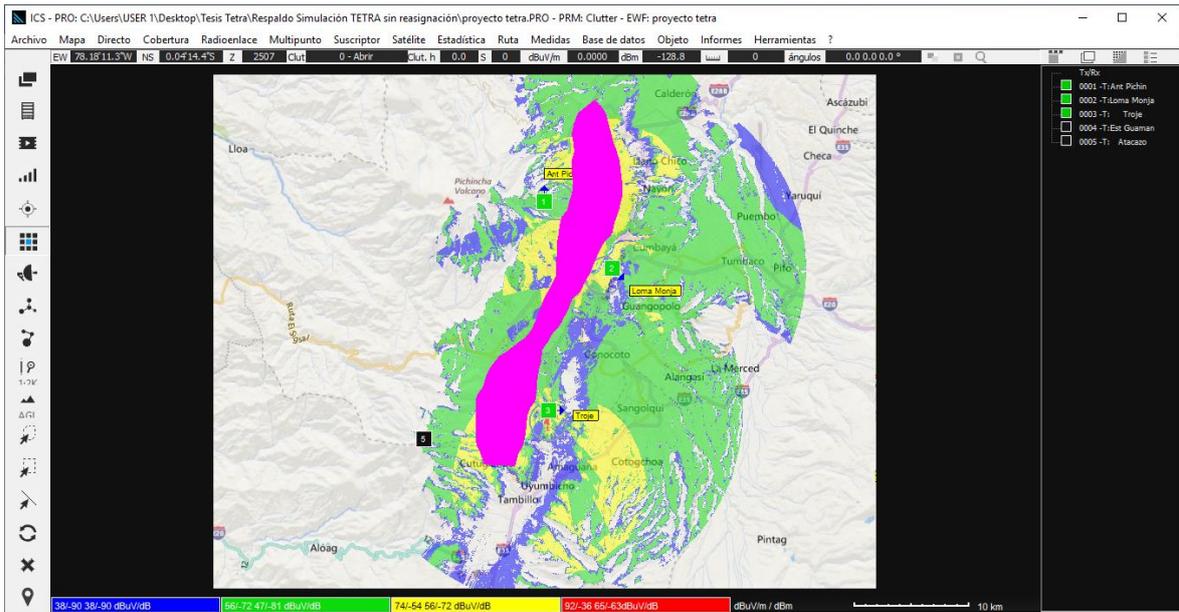


Figura 3.17. Polígono que cubre la ruta del sistema de transporte del Distrito Metropolitano de Quito.

Con el polígono dibujado sobre el mapa es posible conocer el porcentaje de cobertura de un área, para el caso de estudio se trata del sistema de transporte del Distrito metropolitano de Quito. Para ello se eligió la pestaña de 'porcentaje cubierto', seguido se muestra una ventana como se observa en la Figura 3.18.

El porcentaje garantizado de la red propuesta que abarca desde el terminal de Carcelén hasta el Terminal de Guamaní es del 99.8161%.

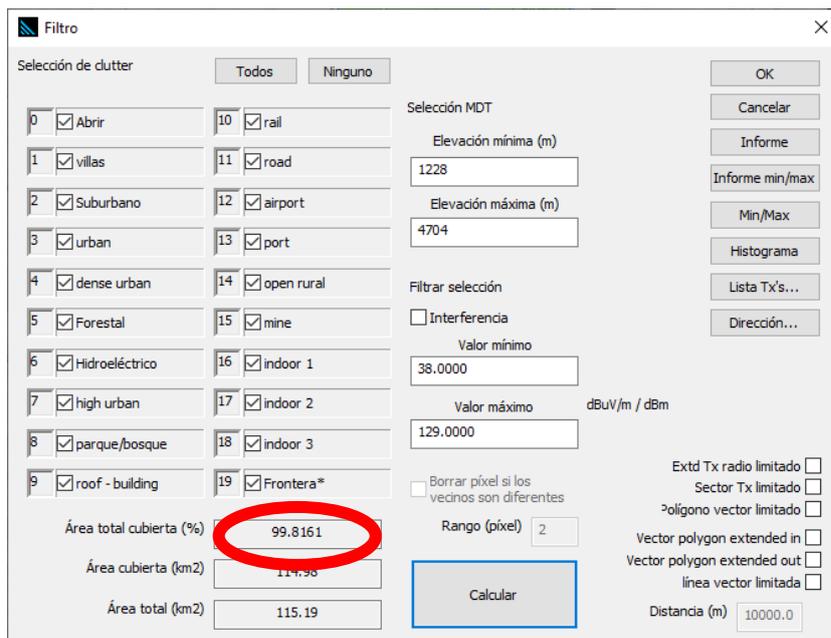


Figura 3.18. Porcentaje de cobertura red de transporte distrito Metropolitano de Quito

3.4. Líneas de vista

Las líneas de vista son de utilidad para analizar posibles interferencias ocasionadas por obstáculos en el trayecto entre estaciones base. Para que exista un nivel de recepción óptimo basta con tener libre un 60% de la primera zona de Fresnel a lo largo de todo el trayecto entre estaciones base[24].

En la Figura 3.19 es posible observar que si existe una línea de vista entre las estaciones Antenas del Pichincha y el Troje.

El perfil muestra líneas de diferentes colores, correspondientes a pérdidas por el espacio libre (líneas rojas), la intensidad de campo (líneas en verde), la línea de vista (líneas azul marino) y el elipsoide de la primera zona de Fresnel (líneas en azul). Es posible observar que la primera y segunda zona de Fresnel está completamente despejada, por lo que existe una línea de vista bastante acertada.



Figura 3.19. Vista de perfil Antenas del Pichincha hacia El Troje.

Se comprueba el perfil de vista para las Antenas del Pichincha y La Loma de monjas, como se presenta en la Figura 3.20.

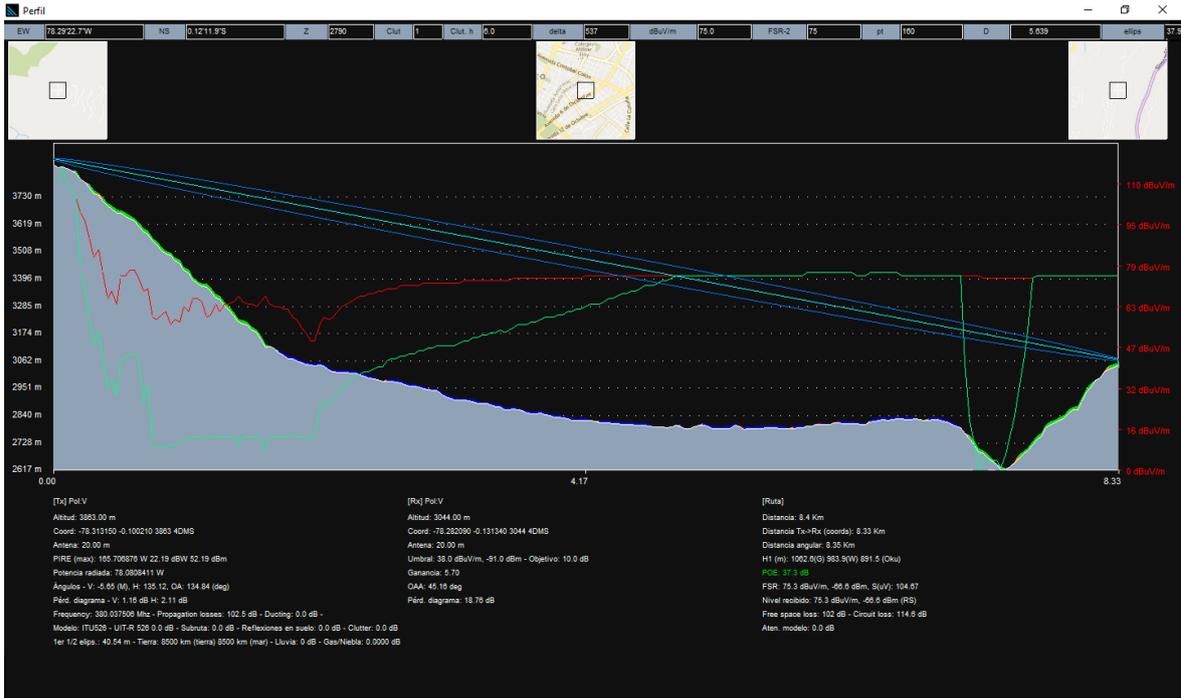


Figura 3.20. Vista de perfil Antenas del Pichincha hacia Loma de monjas.

En la Figura 3.21 se observa la primera y segunda zona de Fresnel esta descubierta en su totalidad, por lo tanto, existe una línea de vista bastante buena entre Antenas del Pichincha y Loma de Monjas. Por último, en la Figura 3.18 se presenta la línea de vista que existe entre Loma de Monjas y el Troje.

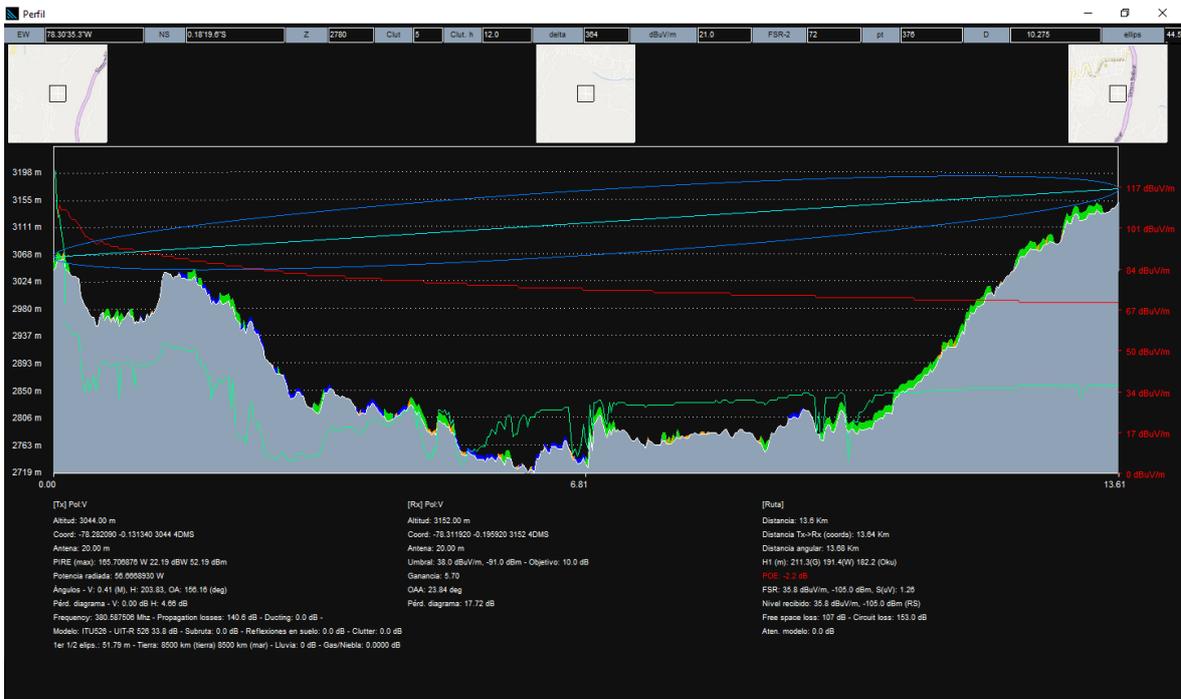


Figura 3.21. Vista de perfil Loma de monjas hacia el Troje.

En la Figura 3.18 se observa que existe una pequeña obstrucción despreciable en la primera zona de Fresnel, por lo tanto, existen una línea de vista bastante buena.

3.5. Análisis de Interferencia

La variable RXAPA (Atenuación del patrón de la antena receptora en la dirección de la fuente interferente) depende del patrón de radiación de la antena, por lo tanto, una vez definido el patrón de radiación de la antena la variable RXAPA no puede ser modificada, pero existe la posibilidad de cambiar el patrón de antena.

Para la relación de protección se fija como lo sugiere el estándar TETRA ETR 300-1, esta relación afecta a la interferencia cocanal y canal adyacente. Si se modifica XPD (Discriminación de polarización cruzada) se puede disminuir NFS (Nivel de molestia de la comunicación). Esta acción es muy útil en caso de haber transmisiones cerca de la banda de interés por parte de las señales interferentes. Se puede configurar este parámetro si la polarización de la interferencia es distinta a la que se está usando en la red o a su vez se desee transmitir en la misma banda simultáneamente en polarización diferente a la que se usara en la red que se desplegara. En el caso de presentarse uno de los dos escenarios se puede fijar el XPD en 3 dB. A continuación, en la Tabla 3.2 se muestra una tabla en la que compara transmisores y receptores.

Tabla 3.2. XPD global 3dB [25].

Tipo	Polarización RX			
	Horizontal	Vertical	Circular	Elíptica
Horizontal	0 dB	3 dB	3 dB	3 dB
Vertical	3 dB	0 dB	3 dB	3 dB
Circular	3 dB	3 dB	0 dB	3 dB
Elíptica	3 dB	3 dB	3 dB	0 dB

Es posible realizar tres tipos de análisis de interferencia:

1. Análisis de interferencia global.
2. Análisis de interferencia en mejor servidor.
3. Análisis de interferencia más población.

Para el caso del sistema de transporte de la EPMTQP el análisis que nos interesa es el análisis de interferencia global.

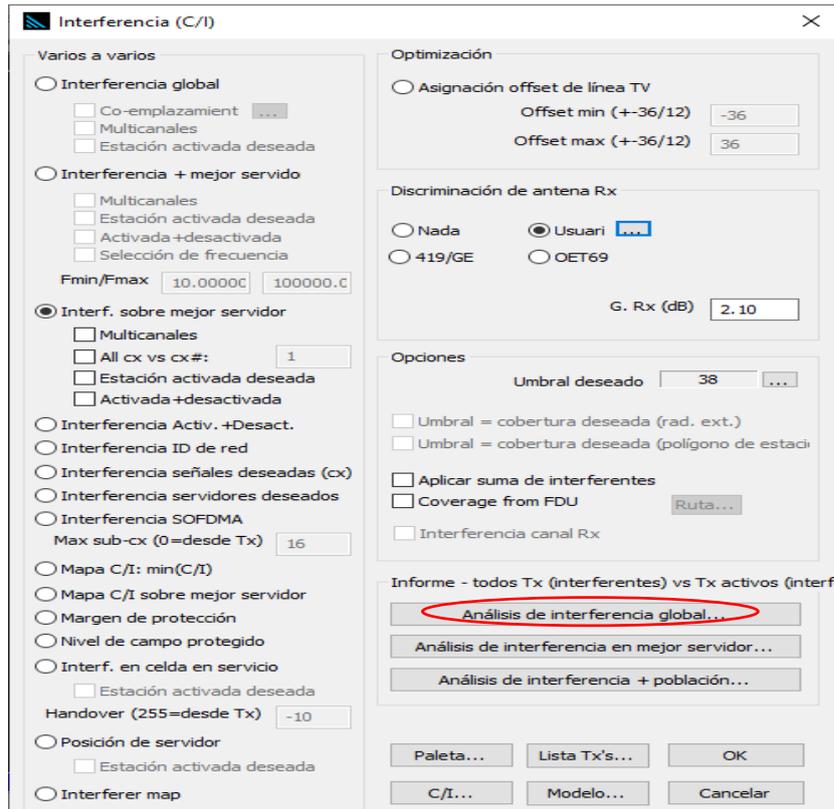


Figura 3.22. Ventana de análisis de interferencia.

Para configurar los parámetros de interferencia es necesario ingresar a la pestaña de interferencia como se observa en la Figura 3.22.

Los parámetros para configurar son: Interferencia sobre el mejor servidor, discriminación de antena RX y los parámetros C/I como se observa en la Figura 3.23.

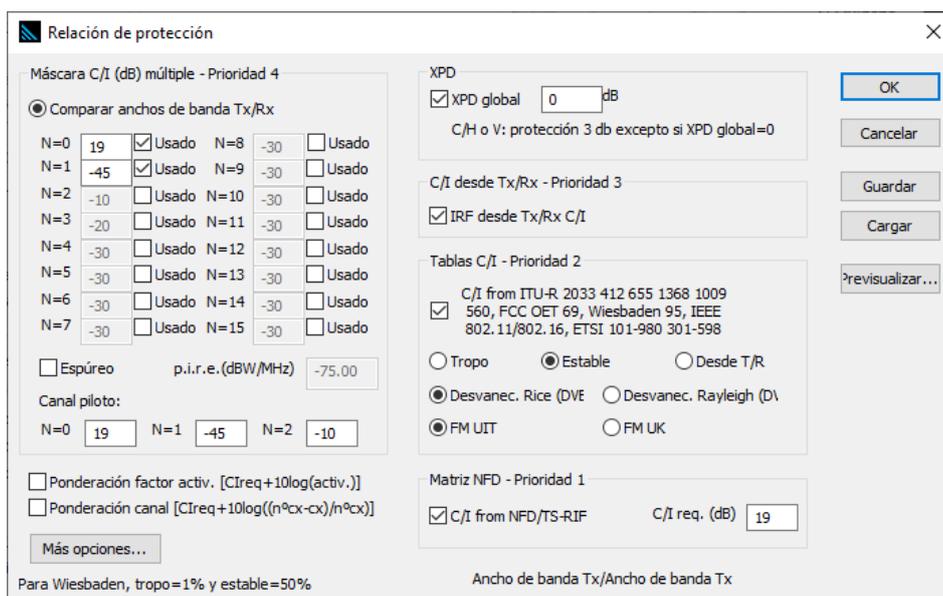


Figura 3.23. Parámetros C/I de interferencia.

En la Figura 3.20 se muestran los parámetros de Relación de protección, en esta ventana se deben ingresar los parámetros $N=0$ con un valor de 19dB, $N=1$ con un valor de -45dB y el XPD de 0dB de acuerdo con la Tabla 3.2. Todos los valores mencionados fueron del manual ETR 300-1 [10]. Una vez ejecutado el análisis de interferencia C/I global, el software nos genera un informe del cálculo de interferencia, presentado en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Tabla de interferencias.

#	Callsign	Pol	#	Interf	Frec (MHz)	Pol	C/I (dB)	% interf	Área Cubierta (km2)	Área Interf (km2)
1	Ant Pichin	V	2	Loma Monja	380.0125	V	19	57.73	336.4	194.19
1	Ant Pichin	V	3	Troje	380.0125	V	19	17.09	336.4	57.50
2	Loma Monja	V	1	Ant Pichin	380.0125	V	19	41.71	461.28	192.40
2	Loma Monja	V	3	Troje	380.0125	V	19	32.94	461.28	151.96
3	Troje	V	1	Ant Pichin	380.0125	V	19	12.69	496.95	63.08
3	Troje	V	2	Loma Monja	380.0125	V	19	31.28	496.95	155.42

El resultado del análisis de interferencia se muestra de forma gráfica en la Figura 3.24. Las partes que están pintadas de color rosado representa los lugares en donde existe interferencia dentro del espacio de trabajo.

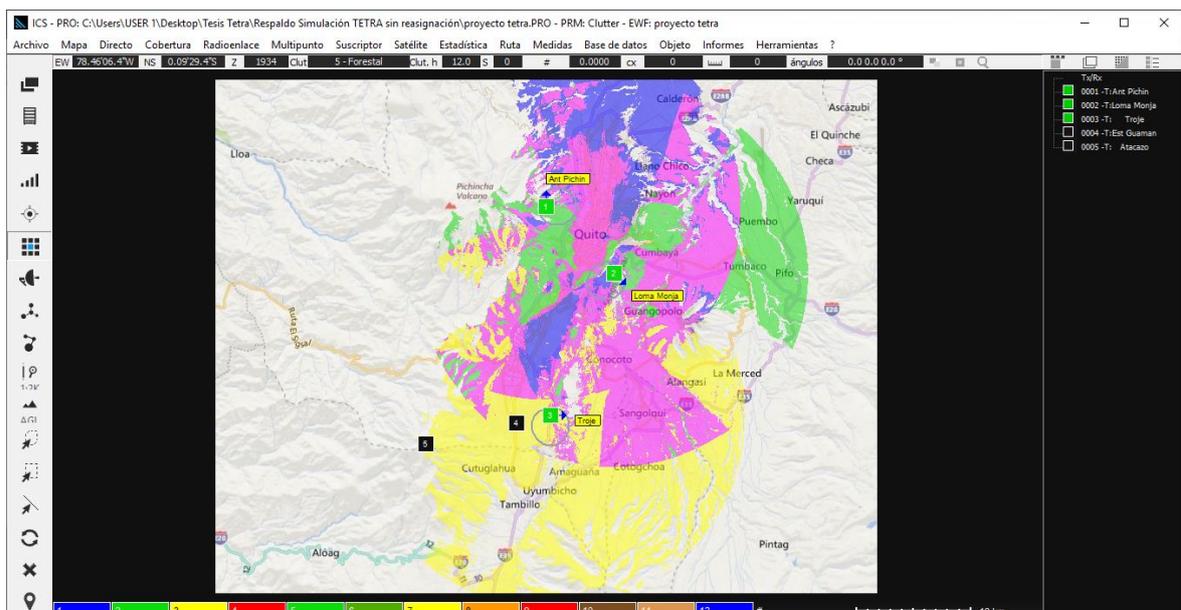


Figura 3.24. Interferencia global.

Es posible verificar a detalle la interferencia de un punto en específico en el plano, en base a la señal proporcionada por los distintos repetidores, para ello ICS dispone del análisis P2P, y la opción Nivel de TX recibida (elevación fijada) mostrado en la Figura 3.25.

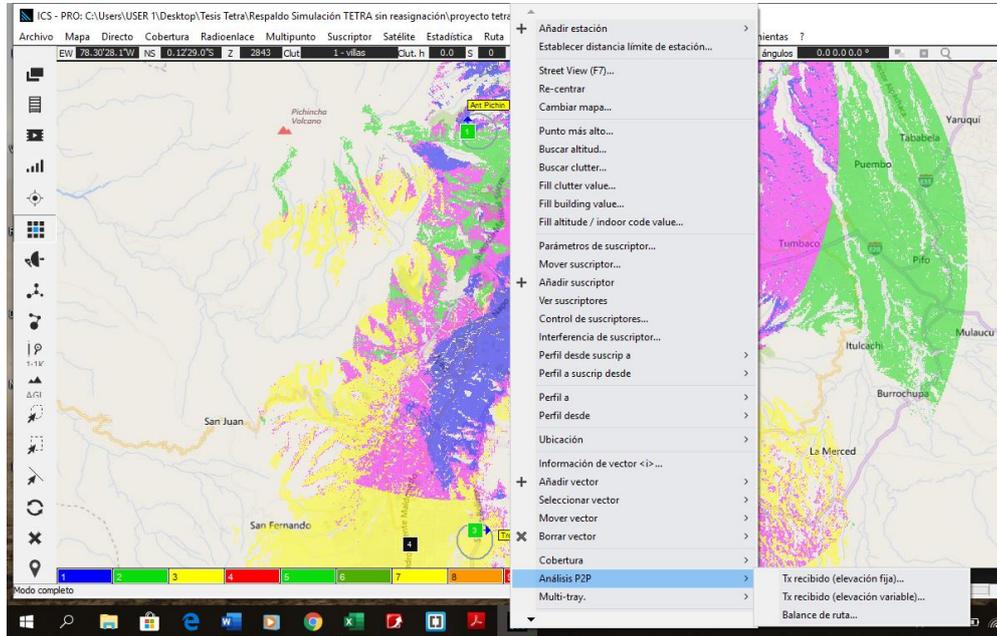


Figura 3.25. Análisis P2P.

Para realizar el análisis basta con ingresar la altura de la antena RX y el límite de nivel de campo. Para comprobar si el punto se encuentra interferido se aplica la Ecuación 3.1.

$$PR_{estación\ 1} - PR_{estación\ 2} < C/I \quad (3.1)$$

Donde:

$PR_{estación\ 1}$ es la potencia recibida en el punto de prueba desde la estación 1 [dBm].

$PR_{estación\ 2}$ es la potencia recibida en el punto de prueba desde la estación 2 [dBm].

C/I interferencia co-canal de la relación de la relación portadora a interferencia [dB].

Para comprobar la interferencia se escogió un punto crítico es decir con interferencia, para este caso un punto pintado de color rosado el cual se muestra seleccionado en el mapa como se muestra en la Figura 3.26.

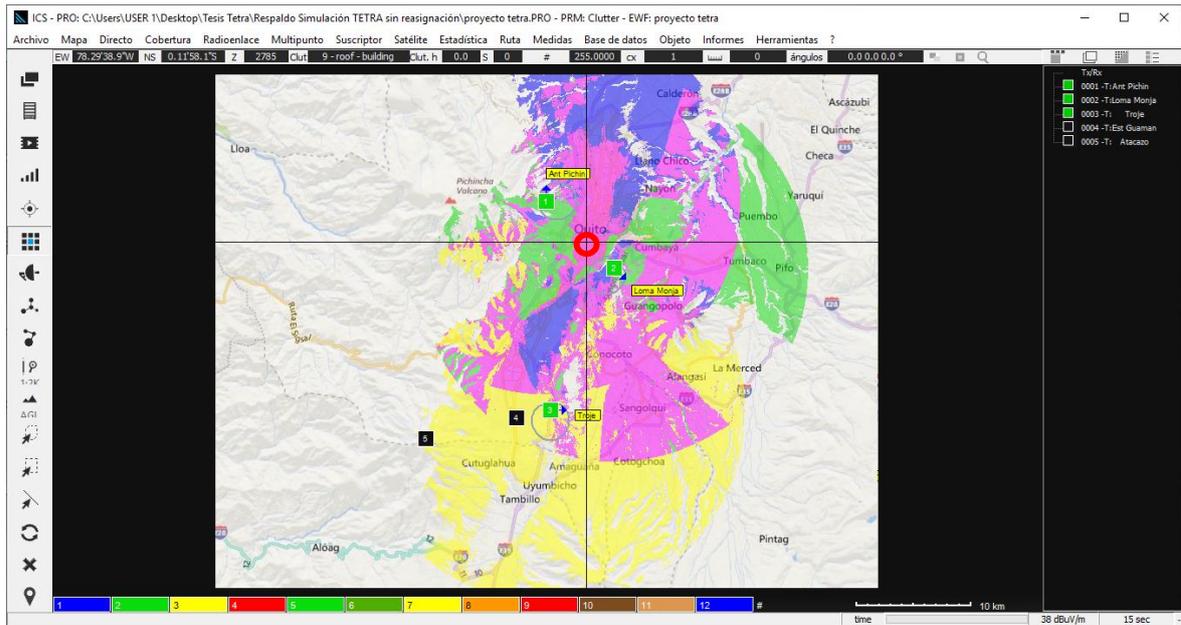


Figura 3.26. Análisis de interferencia.

Las potencias que llegan al punto seleccionado se presentan en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Informe de interferencia punto 1.

BST	Callsing	FSR dBu V/m	PR dBm	Frec (MHz)	Dist(km)	Az(°)	Ruta
1	Ant Pichi	75.0	-51.72	380.0125 V	4.99	135.81	NC
2	Loma Monja	78.0	-48.72	380.0125 V	3.34	314.09	NC

Aplicando la Ecuación 3.1 se obtiene:

$$PR_{estación\ 1} - PR_{estación\ 2} < C/I$$

$$-51.72 - (-48.72) < 19dB$$

$$-3 < 19dB$$

Según el resultado obtenido se concluye que el punto elegido esta afectado por la interferencia.

3.5.1 Asignación de frecuencias

Debido a que existe zonas afectadas por la interferencia es necesario realizar la asignación de frecuencias, con el fin de eliminar las áreas con interferencia. La asignación de frecuencias se presenta en la Figura 3.27.

Figura 3.27. Asignación de frecuencias

Para este caso de estudio se eligió la asignación de frecuencias por bandas. Se escogió un rango de bandas desde 380.0375 MHz hasta 381.0375 MHz correspondiente a las frecuencias de concesión que se encuentran en el “INFORME TÉCNICO SOBRE USO Y CANALIZACIÓN DE LA BANDA 380 – 399,9 MHz” [21] para el transporte de Quito. En la Figura 3.28 se muestra la parametrización de la asignación de frecuencias.

Banda	*AB (MHz)	Frecuencia max (MHz) Max Tx frequency	Frecuencia min (MHz) Min Tx frequency	Paso (MHz)	Espaciado Dúplex (MHz)	Subba
Banda 1 <input checked="" type="checkbox"/>	0.500000	381.037500	380.037500	0.025000	0.000000	...
Banda 2 <input type="checkbox"/>	0.000000	0.000000	0.000000	0.000500	0.000000	...
Banda 3 <input type="checkbox"/>	0.000000	0.000000	0.000000	0.000500	0.000000	...
Banda 4 <input type="checkbox"/>	0.000000	0.000000	0.000000	0.000500	0.000000	...
Banda 5 <input type="checkbox"/>	0.000000	0.000000	0.000000	0.000500	0.000000	...

Espaciado mínimo de frecuencia en la misma estación entre Tx y entre Rx cx (MHz) >= 1.000000

Espaciado duplex corregido Espaciado duplex mínimo

Nº pasadas: 1

*No asignado

Frecuencias excluidas ...

Guardar Cargar Previsualizar OK Cancelar

Figura 3.28. Parametrización de frecuencias.

Una vez ejecutada la asignación de frecuencias se genera un informe que se presenta en la Figura 3.29.

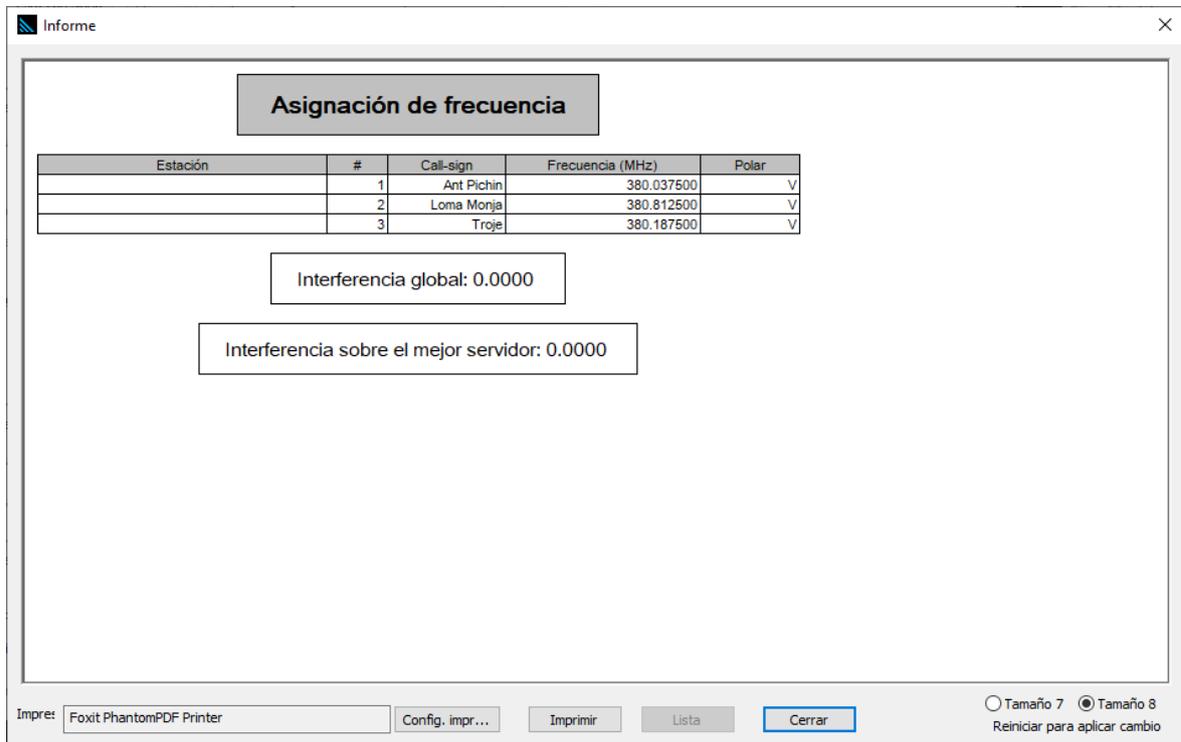


Figura 3.29. Informe de asignación de frecuencias.

Para comprobar si ya no existe interferencia en el mapa, se realiza nuevamente el análisis de interferencia global como se observa en la Figura 3.30.

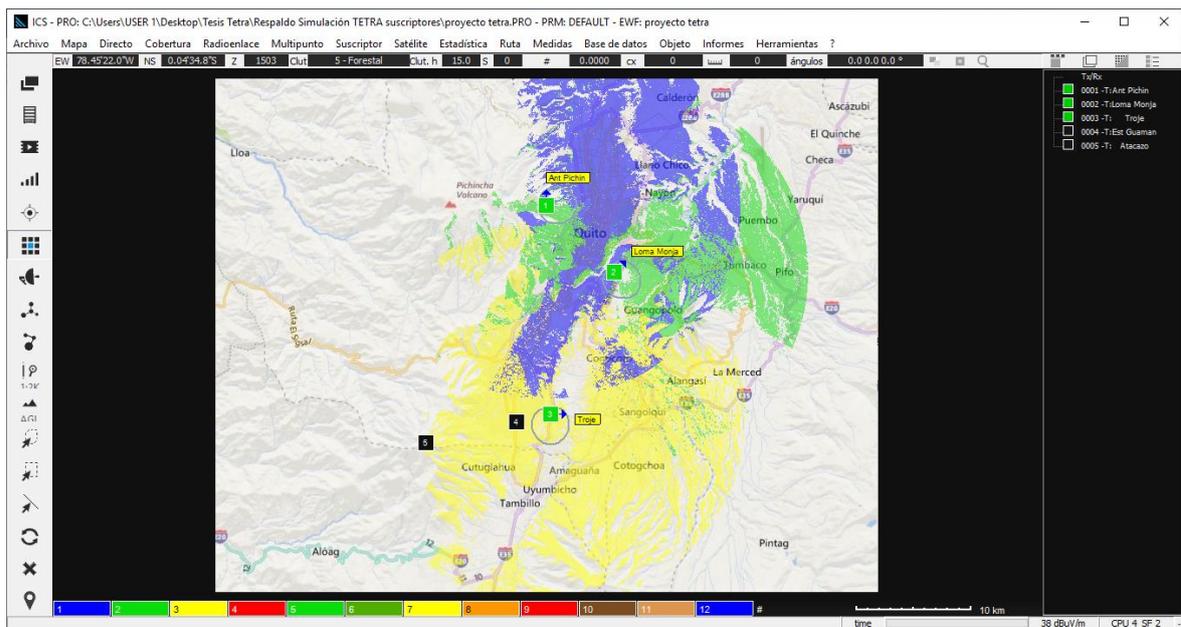


Figura 3.30. Análisis de interferencia global.

Como se observa en la Figura 3.31 ya no existe sitios pintados de color rosado, es decir ya no existe interferencia en la zona de estudio.

Para comprobar la interferencia se realizó el análisis en el punto anteriormente identificado con interferencia. Es importante mencionar que el punto fue escogido en base al resultado obtenido en la Figura 3.26, es decir se puede elegir cualquier punto, pues se esperaba que ningún punto se encuentre afectado por la interferencia. El punto seleccionado se presenta en la Figura 3.31.

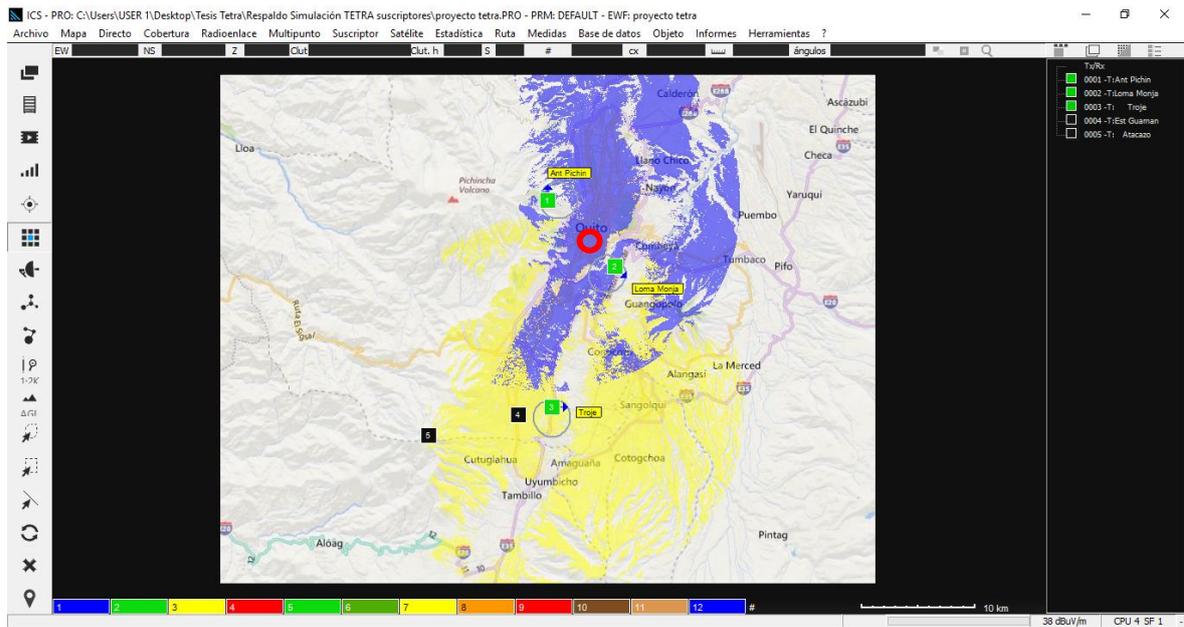


Figura 3.31. Análisis de interferencia, sin interferencia.

Las potencias que llegan al punto seleccionado se presentan en la Tabla 3.7.

Tabla 3.5. Informe de interferencia punto 1.

BST	Callsing	FSR dBu V/M	PR dBm	Frec (MHz)	Dist(km)	Az(°)	ToA(usec)	Ruta
1	Ant Pichi	75.0	-51.72	380.0375 V	5.44	131.09	18.51	NC
2	Loma Monja	66.0	-60.73	380.5875 V	2.93	322.64	9.80	NC

Aplicando la Ecuación 3.1 se obtiene:

$$PR_{estación 1} - PR_{estación 2} < C/I$$

$$-51.72 - (-60.73) < 19dB$$

$$9.01 < 19dB$$

Según el resultado obtenido aplicando la Ecuación 3.1 se podría concluir que el punto elegido está afectado por la interferencia, pero es importante notar que en este caso ya no existe interferencia debido a que cada una de las estaciones base que cubren al punto seleccionado operan a diferente frecuencia.

3.6. Análisis de Ruido

Para realizar análisis de ruido es necesario crear suscriptores, para ello se necesita una base de datos de suscriptores. La creación de suscriptores se lo hace de forma aleatoria, delimitando el área de estudio y considerando la cantidad de unidades que dispone el sistema de transporte de Quito.

Para crear la base de datos se debe ubicar el puntero en el área de base de datos y seleccionar BD suscriptores como se observa en la Figura 3.32.

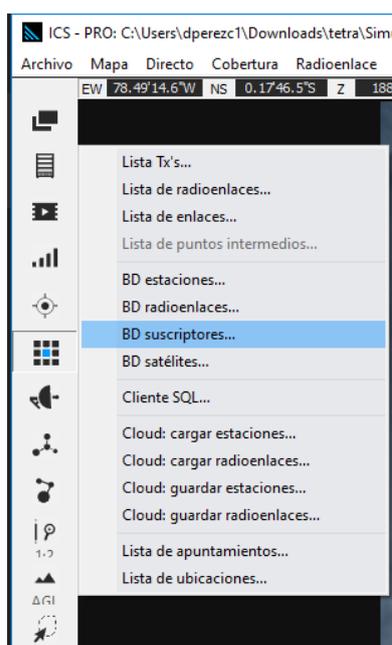


Figura 3.32. BD suscriptores.

A continuación, aparece una nueva ventana, en donde se da clic sobre Nuevo y se selecciona la ubicación en donde se guardará la base de datos como se observa en la Figura 3.33. Después de elegir la dirección de la base de datos, se da clic en abrir y luego en volver.

Una vez realizado el procedimiento descrito es posible crear los suscriptores de forma aleatoria, mismos que serán guardados en la base de datos creada.

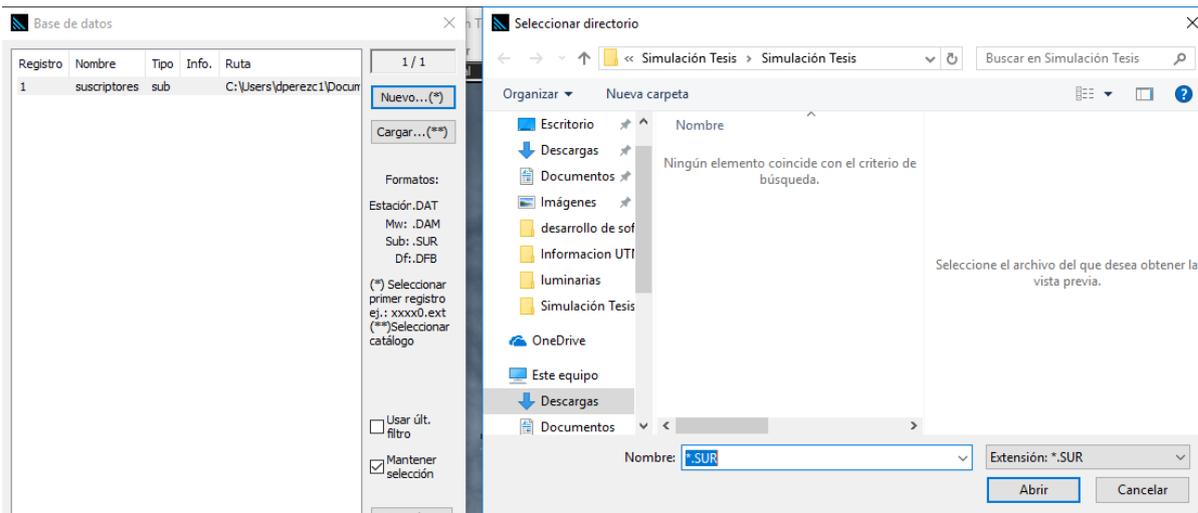


Figura 3.33. Creación BD suscriptores.

3.6.1. Creación de suscriptores.

Para crear suscriptores de forma aleatoria se hará uso del polígono, es decir se dibuja el área en donde se desea que se creen los suscriptores, esta área será únicamente por donde pasa el sistema de transporte, discriminando montañas. Una vez dibujado el área de estudio se da clic en continuar, y se escoge la opción de generar suscriptores como se observa en la Figura 3.34 y 3.35

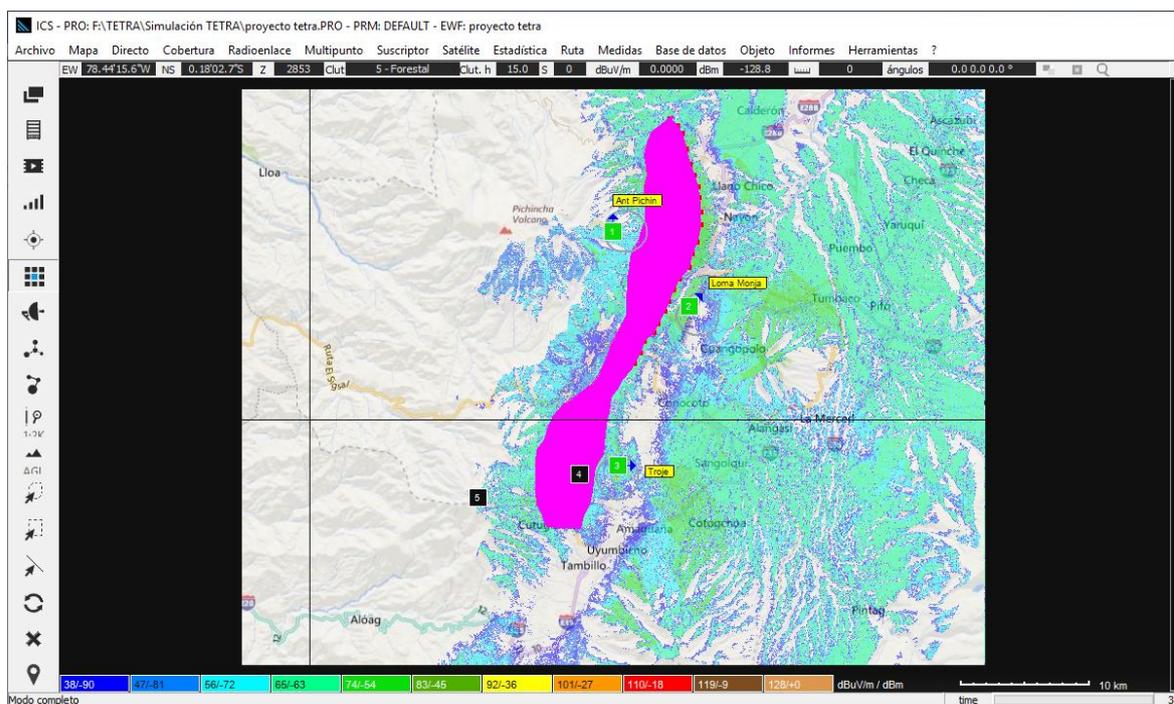


Figura 3.34. Creación de polígono para suscriptores.

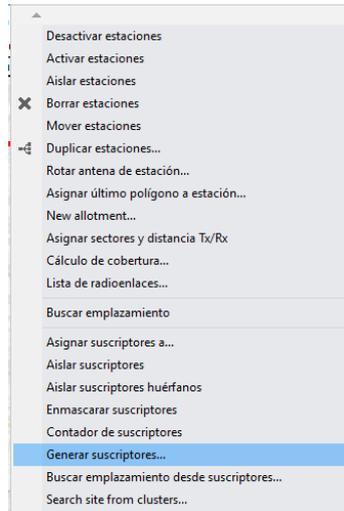


Figura 3.35. Opción para generar suscriptores.

A continuación, se despliega una ventana, en ella es posible introducir los parámetros para los suscriptores. En la Figura 3.36 se observa la pantalla de parametrización.

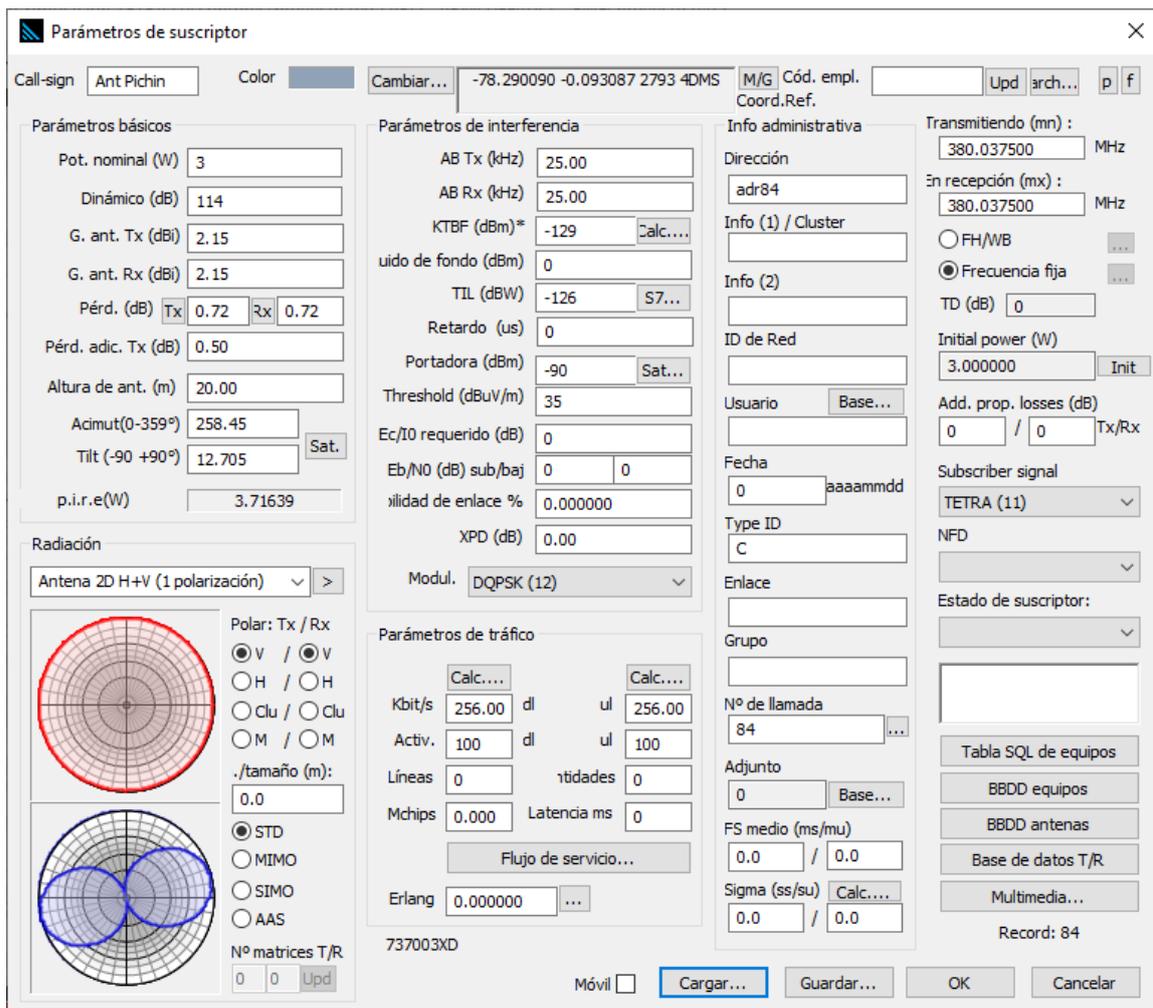


Figura 3.36. Parámetros de suscriptores.

Como se mencionó anteriormente la cantidad de suscriptores se relaciona con la cantidad de radios que dispone para la comunicación, número correspondiente a 381. [16]

Después de aceptar, se crearán los suscriptores de forma aleatoria, únicamente el área que designamos como se observa en la Figura 3.37.

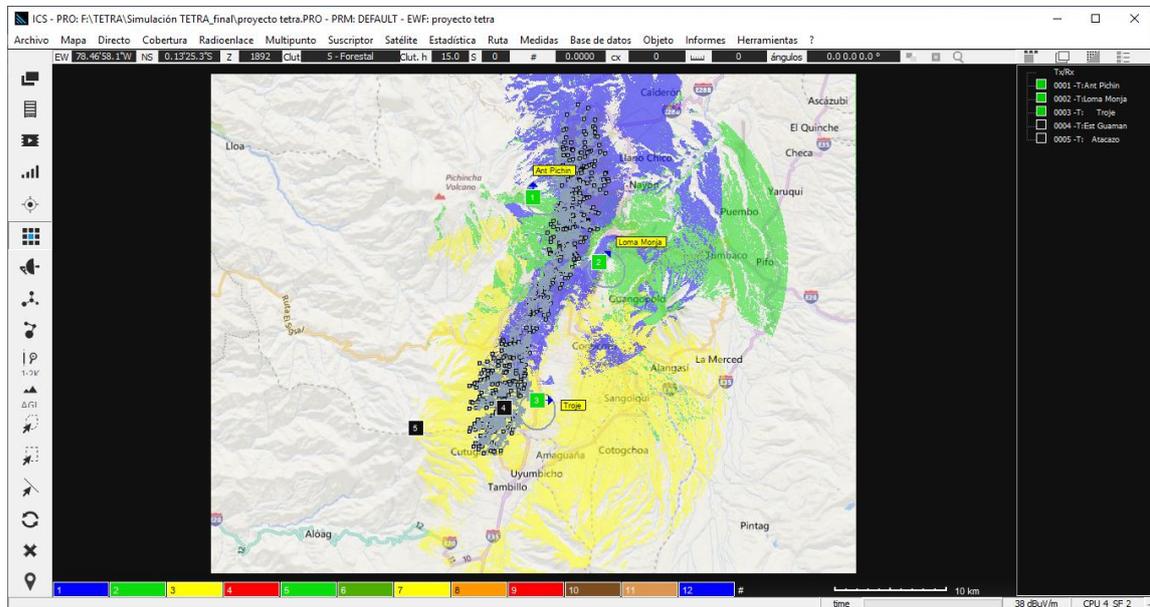


Figura 3.37. Creación de suscriptores en mapa

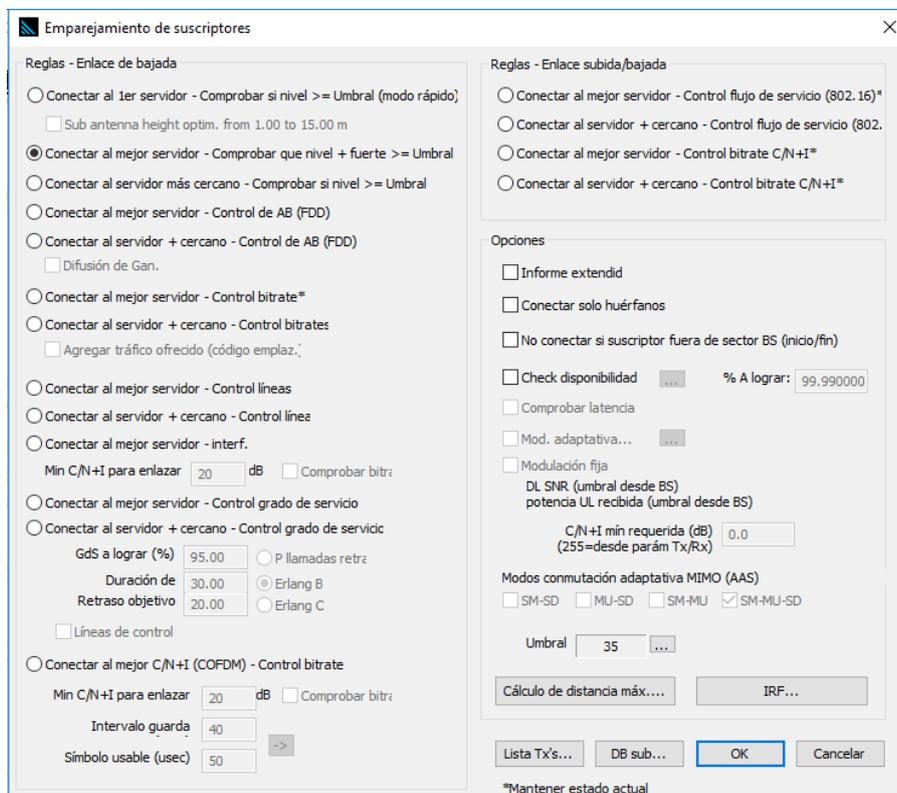


Figura 3.38. Opciones para emparejamiento de suscriptores.

Una vez creados los suscriptores, es necesario emparejarlos con las BS. Para ello se da clic en suscriptor y se escoge la opción del emparejamiento global como se observa en la Figura 3.38.

Una vez abierta la ventana de emparejamiento global, se configura los parámetros para emparejar los suscriptores al servidor más cercano cuyo nivel sea mayor al umbral de cobertura. Además, se desactiva la opción de emparejar solo huérfanos.

Una vez configurado los parámetros de emparejamiento el programa genera un reporte, el cual indica la cantidad de suscriptores emparejados por cada BS como se observa en la Figura 3.39. Además, es posible observar que la flecha de cada suscriptor tiene dirección hacia la estación base por la que será cubierta como se observa en la Figura 3.40.

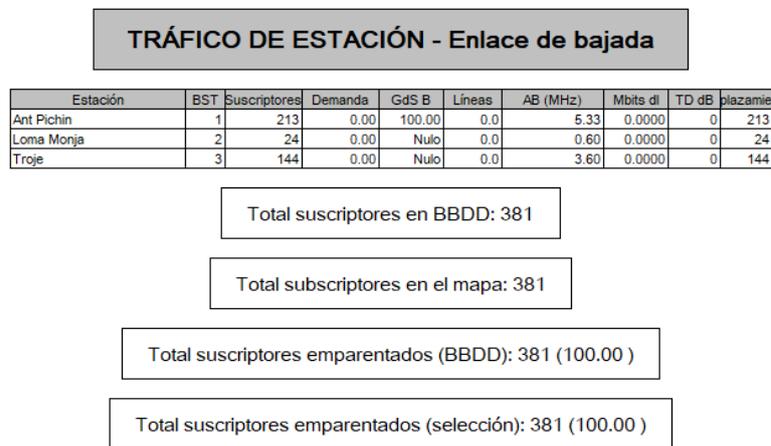


Figura 3.39. Informe de emparejamiento de suscriptores.

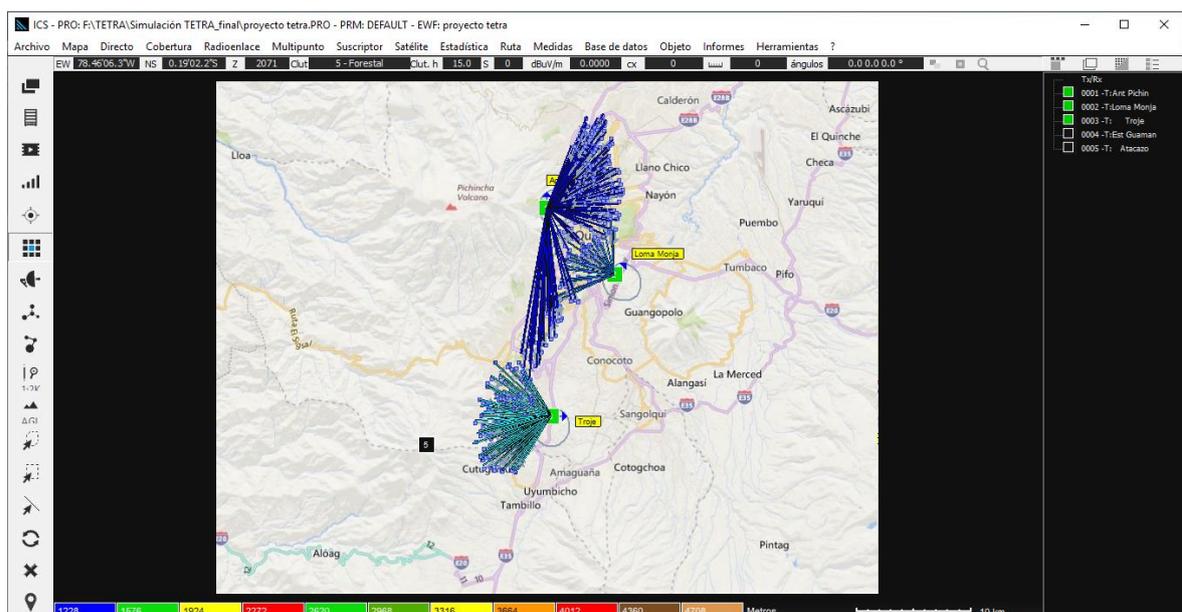


Figura 3.40. Emparejamiento gráfico de suscriptores.

Una vez emparejados los suscriptores es posible calcular el ruido que existe entre la estación base y el suscriptor emparejado. Para ello es necesario realizar el análisis de punto a punto de suscriptor a estación base conectada.

En la pestaña suscriptor se escoge la opción punto a punto, a continuación, se elige el análisis de suscriptor a estación conectada como se observa en la Figura 3.41.

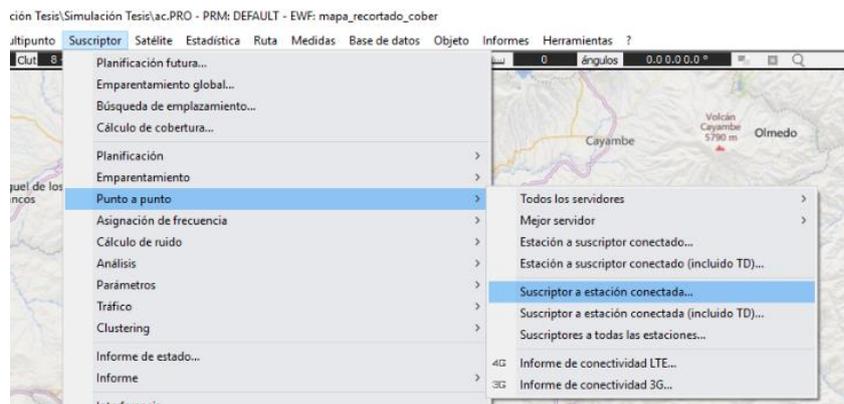


Figura 3.41. Análisis punto a punto.

Una vez abierta la ventana de perfil se despliega la ventana que se observa en la Figura 3.42.

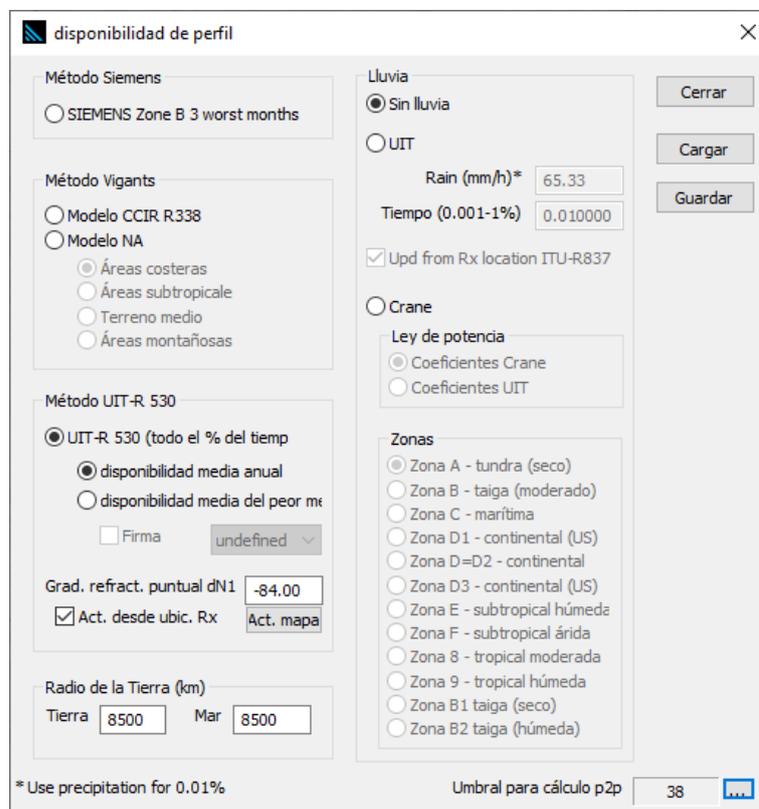


Figura 3.42. Análisis de ruido.

Se desplegará el informe de estación en la recepción que se presenta en el Anexo J, en esta es posible identificar el ruido.

3.6.2. Comprobación de ruido

Para comprobar si existe ruido entre las estaciones base y los suscriptores se debe tomar en cuenta ciertos aspectos referentes a la modulación empleada en TETRA. Para la modulación $\pi/4$ DQPSK se tiene las características del tipo de modulación según el tipo de terreno descritos en la Tabla 3.9. y en la Figura 3.43.

Tabla 3.6. Parámetros de modulación $\pi/4$ DQPSK [6].

Modelo de propagación	BER
Estático	0.01%
Típico urbano(50km/h)	0.4%
Terreno montañoso (200km/h)	3%
Test Ecuilizador(200km/h)	2%

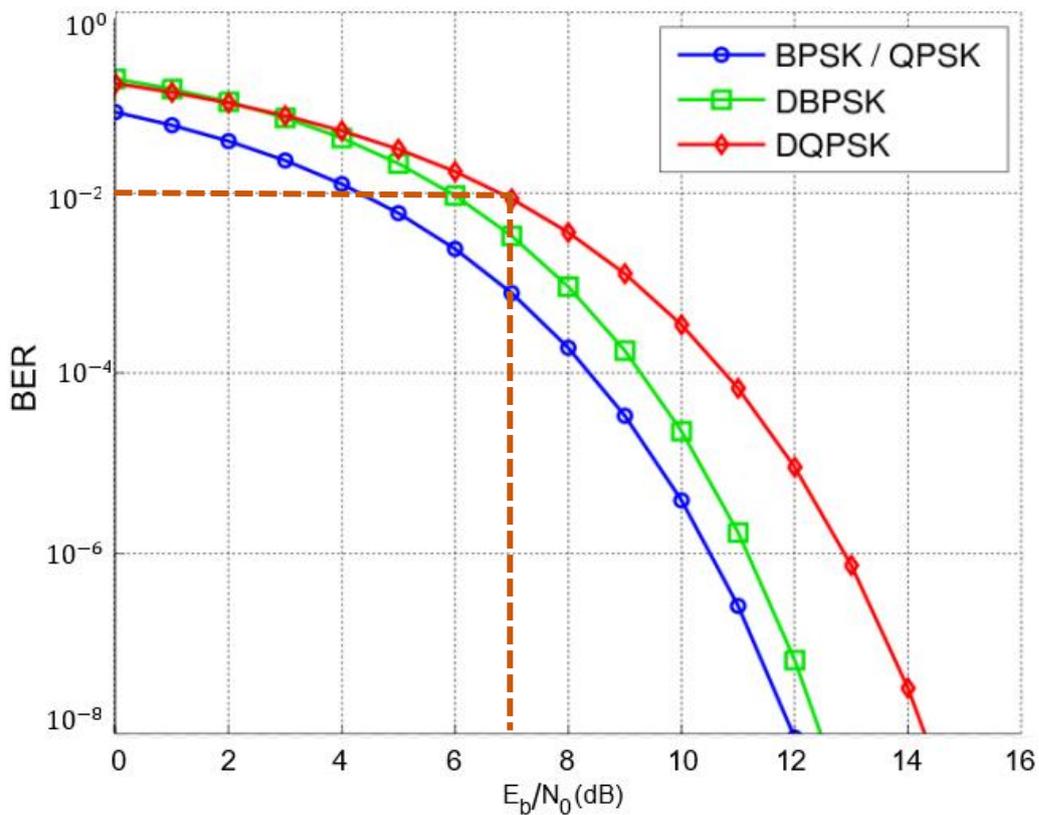


Figura 3.43. Relación BER- E_b/N_0 para la modulación DPQSK [6].

Para determinar si la estación está afectada por el ruido, tiene que cumplir la siguiente condición descrita en la Ecuación 3.2. y 3.3 [6].

$$\frac{C}{N} = \frac{E_b}{N_o} (\text{dB}) + 10 \log(R_b) - 10 \log(B) \quad (3.2)$$

$$P_{RX} = \text{Ruidofondo} + G_{ant} - \text{Perdidas en RX} + \frac{C}{N} \quad (3.3)$$

En donde:

$\frac{E_b}{N_o} (\text{dB}) = 7$ se obtiene de la Tabla 3.9 para un BER estático de $0.01\% = 10^{-2}$ correspondiente a la Figura 3.43

$R_b = 36 \text{ kbps}$ es la velocidad de transmisión

$B=25 \text{ khz}$ es el ancho de banda

Ruidofondo este valor calcula el software en parámetros avanzados al ingresar los datos de la antena.

G_{ant} es la ganancia de las antenas receptoras.

Aplicando la Ecuación 3.2 y 3.3 se tiene:

$$\frac{C}{N} = 7 \text{ dB} + 10 \log(36000) - 10 \log(25000)$$

$$\frac{C}{N} = 8.58 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -126 \text{ dBm} + 2.15 \text{ dB} - 5.8 \text{ dB} + 8.58 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -121.07 \text{ dBm}$$

Esto quiere decir que los suscriptores con un valor inferior al P_{RX} calculado se verán afectadas por el ruido.

Para el presente caso de estudio se generó un informe de ruido resultante bastante extensa presentado en forma de tabla. En este informe se puede observar que ningún usuario están afectados por el ruido.

Para comprobar se toma como muestra los primeros valores del informe de ruido mostrados en la Figura 3.44, donde se puede observar que ninguno de los valores es inferior a $P_{RX}=-121.07 \text{ dBm}$.

ESTACIÓN EN RECEPCIÓN

Umbral: 38 dBuV/m

Suscriptor	BST	Callsign	FSR dBuV/m	PR dBm	Dist.(m)	Azimuth (deg)	Margen dB	Fiab.(%)	Cx
adr1	1	Ant Pichin	55.5	-67.6	9515	208.80	17.49	99.999990	1
adr2	1	Ant Pichin	55.9	-67.2	9678	211.50	17.90	99.999990	1
adr3	1	Ant Pichin	55.9	-67.2	9186	209.94	17.90	99.999990	1
adr4	1	Ant Pichin	55.4	-67.7	8693	204.71	17.42	99.999990	1
adr5	1	Ant Pichin	56.1	-67.0	9182	210.86	18.09	99.999990	1
adr6	1	Ant Pichin	56.5	-66.6	9404	213.99	18.49	99.999990	1
adr7	1	Ant Pichin	55.6	-67.5	7881	201.63	17.61	99.999990	1
adr8	1	Ant Pichin	55.7	-67.4	7914	203.13	17.68	99.999990	1
adr9	1	Ant Pichin	56.3	-66.8	7732	207.65	18.34	99.999990	1
adr10	1	Ant Pichin	57.5	-65.6	8598	217.51	19.52	99.999990	1
adr11	1	Ant Pichin	56.0	-67.1	7353	201.80	18.03	99.999990	1
adr12	1	Ant Pichin	56.6	-66.5	7492	208.64	18.58	99.999990	1
adr13	1	Ant Pichin	57.5	-65.6	8048	216.08	19.55	99.999990	1
adr14	1	Ant Pichin	56.3	-66.8	7014	202.03	18.34	99.999990	1
adr15	1	Ant Pichin	57.9	-65.2	8466	220.18	19.91	99.999990	1
adr16	1	Ant Pichin	57.9	-65.3	8148	217.97	19.86	99.999990	1
adr17	1	Ant Pichin	56.8	-66.3	7363	209.65	18.79	99.999990	1
adr18	1	Ant Pichin	57.1	-66.0	7619	212.95	19.10	99.999990	1
adr19	1	Ant Pichin	56.8	-66.4	6884	204.78	18.76	99.999990	1
adr20	1	Ant Pichin	58.0	-65.1	7893	218.52	19.99	99.999990	1
adr21	1	Ant Pichin	57.1	-66.0	6558	205.87	19.11	99.999990	1
adr22	1	Ant Pichin	57.2	-66.0	6514	206.07	19.16	99.999990	1
adr23	1	Ant Pichin	57.2	-65.9	6459	206.57	19.20	99.999990	1
adr24	1	Ant Pichin	58.5	-64.6	7642	221.79	20.52	99.999990	1
adr25	1	Ant Pichin	57.4	-65.7	6701	211.71	19.45	99.999990	1
adr26	1	Ant Pichin	57.8	-65.3	6938	215.20	19.79	99.999990	1
adr27	1	Ant Pichin	58.9	-64.2	8045	226.27	20.89	99.999990	1
adr28	1	Ant Pichin	57.4	-65.7	6192	207.30	19.45	99.999990	1
adr29	1	Ant Pichin	58.0	-65.2	6084	212.56	19.96	99.999990	1
adr30	1	Ant Pichin	58.0	-65.1	6069	213.22	20.03	99.999990	1
adr31	1	Ant Pichin	58.5	-64.6	6549	219.66	20.53	99.999990	1
adr32	1	Ant Pichin	58.1	-65.1	6071	214.09	20.05	99.999990	1
adr33	1	Ant Pichin	59.5	-63.6	7740	230.15	21.51	99.999990	1
adr34	1	Ant Pichin	59.6	-63.5	7574	229.58	21.61	99.999990	1
adr35	1	Ant Pichin	58.7	-64.4	6378	220.97	20.75	99.999990	1
adr36	1	Ant Pichin	59.1	-64.0	6621	223.76	21.07	99.999990	1
adr37	1	Ant Pichin	59.0	-64.1	6400	222.59	21.02	99.999990	1
adr38	1	Ant Pichin	59.0	-64.1	6261	222.87	21.00	99.999990	1
adr39	1	Ant Pichin	59.7	-63.4	7501	232.78	21.70	99.999990	1
adr40	1	Ant Pichin	58.4	-64.7	5575	216.09	20.40	99.999990	1
adr41	1	Ant Pichin	58.2	-64.9	5356	213.16	20.22	99.999990	1
adr42	1	Ant Pichin	59.8	-63.4	7467	233.79	21.76	99.999990	1
adr43	1	Ant Pichin	59.0	-64.1	5950	222.75	20.98	99.999990	1
adr44	1	Ant Pichin	60.0	-63.1	6687	232.52	22.00	99.999990	1
adr45	1	Ant Pichin	60.0	-63.1	7501	237.48	22.05	99.999990	1
adr46	1	Ant Pichin	60.1	-63.0	7007	236.31	22.15	99.999990	1
adr47	1	Ant Pichin	60.1	-63.0	6428	233.81	22.11	99.999990	1
adr48	1	Ant Pichin	60.3	-62.9	7102	238.51	22.26	99.999990	1

Figura 3.44. Primeros valores informe de ruido

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El sistema de comunicaciones empleado actualmente en la Empresa Pública Metropolitana de Transporte tiene algunas limitaciones, debido a que no tenía previsto el crecimiento actual del Sistema de Transporte del Distrito Metropolitano de Quito. Las limitaciones del sistema tienen una repercusión directa a la reorganización y toma de decisiones necesarias ante una eventualidad o catástrofe.
- Para el diseño de una red TETRA es necesario seguir un procedimiento lógico, mismo que permite garantizar el éxito del sistema. El procedimiento que se empleó en el Presente Trabajo de Titulación es: Identificación de sitios candidatos y elección de equipos en función de las especificaciones técnicas como; bandas de frecuencia de 380 – 430 MHz, polarización vertical, antenas direccionales en las antenas de los cerros y omnidireccionales para las antenas móviles y portátiles.
- Debido a que en el actual sistema de la EPMTQP cuenta con equipos de marca Motorola que son compatibles con el estándar TETRA, permite la escalabilidad del sistema sin tener que reemplazar los equipos ya existentes tanto móviles como portátiles.
- Se hizo la simulación de cobertura poniendo un repetidor en el cerro Puengasí, pero se identificó que era un punto que no tenía una adecuada línea de vista hacia el sur de Quito específicamente hacia la estación de Guamaní, por esto se vio la necesidad de utilizar el cerro El Troje y el cerro Monjas que tienen una mejor línea de vista hacia la estación de Guamaní.
- Los resultados que se obtuvieron de la simulación demuestran que la red diseñada garantiza una cobertura de 99.8161% del área total de la ruta de transporte de la EPMTQP. En cada estación base se comprobó que existe una línea de vista sin obstrucción en la primera zona de Fresnel de las tres estaciones base.
- El análisis de interferencia mostró que inicialmente se tenía interferencia en el área de cobertura, las cuales fue posible solucionarlo mediante una asignación de frecuencias en base a las bandas de frecuencia disponibles para TETRA en Ecuador.

- El análisis del ruido demuestra que ninguna de las 381 estaciones que dispone la EPMTPO está afectada por el ruido ya que todas las estaciones mostradas en el Anexo J no tienen un PRx menor a -121.07 dBm.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda para la implementación de las antenas tener en cuenta: lugares de fácil acceso que permitan realizar el mantenimiento y monitorización en caso de alguna falla, que cuenten con energía eléctrica y que sea en los puntos más altos de los cerros propuesto para evitar obstáculos en la línea de vista.
- En este estudio se tomó en cuenta las peores condiciones para la simulación por lo tanto para la implementación se recomienda corroborar los resultados obtenidos en este estudio con mediciones de campo para optimizar los recursos.
- Debido a que el sistema actual cuenta con equipos móviles compatibles con el sistema TETRA, se recomienda reutilizarlos para así tener un ahorro económico en la implementación del sistema.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Girón, «ANÁLISIS DEL ESTÁNDAR DE RADIO TRONCALIZADO DIGITAL TETRA (Terrestrial Trunked Radio) Y DE SU POSIBLE APLICACIÓN EN EL ECUADOR», vol. 1, p. 25, 2011, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [2] A. García Pérez, «Comunicaciones TETRA : La red de las fuerzas de seguridad», Rev. Digit. ACTA, 2013.
- [3] T. H. E. Development, O. F. The, P. Safety, S. Tetra, y E. For, «THE DEVELOPMENT OF THE PUBLIC SAFETY STANDARD TETRA Introduction-Definitions», pp. 1-21.
- [4] B. C. Choice, «Standards for Professional Mobile Radio».
- [5] H. P. A, Introduction to Digital Professional Mobile Radio. 2004.
- [6] J. Á. E. Revilla, «Comparación, simulación y estudios de cobertura de sistemas TETRA y DMR mediante la herramienta ICS Telecom», p. 138, 2016.
- [7] T. T. Radio y A. Interface, «Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V + D); Part 2 : Air Interface (AI)», Intellect. Prop., vol. 1, pp. 1-1284, 2010.
- [8] J. Dunlop, D. Girma, y J. Irvine, Digital Mobile Communications and the TETRA System, vol. 1. 2000.
- [9] U. I. de Valencia, «¿Qué es el sistema tetra?», 2018. .
- [10] European Telecommunications Standards Institute (ETSI), «ETR 300-1 Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice Plus Data (V+D); Designer's Guide; Part 1: Overview, technical description and radio aspects», 1997.
- [11] T. T. Radio, «E TSI T ECHNICAL Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V + D); Designers '™ guide ; Part 2 : Radio channels , network protocols and service performance ETSI», 1997.
- [12] K. Hern, «ALGORITMO DE CODIFICACIÓN DE VOZ " CS-ACELP " PARA USARLO EN ALGORITMO DE CODIFICACIÓN DE VOZ " CS-ACELP " PARA», n.o May, 2014.
- [13] Carlos Viente Pou, «INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE COMUNICACIÓN TRUNKING DIGITAL TETRA», p. 8, 2010.

- [14] European Telecommunications Standards Institute (ETSI), «Final draft ETSI Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Technical requirements for Direct Mode Operation (DMO); Part 1 : General network design», 2011.
- [15] N. E. C. SILVA, «DISEÑO DE UNA RED RADIO MÓVIL OPERACIONAL TRONCALIZADO DIGITAL TETRA EN EL ÁREA METROPOLITANA PARA PDVSA», 2007.
- [16] A. Pinto, «ESTUDIO PARA LA MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE RADIO COMUNICACIÓN CONVENCIONAL A UN SISTEMA DE RADIO COMUNICACIÓN TRONCALIZADO CON TECNOLOGÍA DIGITAL DE LA EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS DE QUITO», ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2018.
- [17] E. S. Domerizain y F. J. F. Lanás, «Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación», UPNA, 2014.
- [18] Dominion, «Tetra vs P25 y DMR». pp. 1-13.
- [19] CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CONATEL, «Reglamento y norma técnica para los sistemas troncalizados», No. 264-13-CONATEL-2000
- [20] Arcotel, «RESOLUCION-ARCOTEL-2015-000131». p. 5, 2015. [21] A. de regulación y control de T. Telecomunicaciones, «INFORME TÉCNICO SOBRE USO Y CANALIZACIÓN DE LA BANDA 380 – 399,9 MHz 1.», 2016.
- [22] D. T. Izquierdo, «PLANIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE RED TETRA PARA LA PROVINCIA DE ZARAGOZA», Universidad de Zaragoza, 2012.
- [23] E. A. Cruz, «EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE HANDOVER EN UNA RED LTE MEDIANTE EL SOFTWARE ICS-DESIGNER», ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2018.
- [24] E. C. G, «RADIOENLACES POR MICROONDAS – CÁLCULOS DE TRAYECTORIA». pp. 1-33, 2013.
- [25] J. Rodríguez, «Manual de capacitación avanzado».

ANEXOS

En los Anexos se incluye los datasheet de los equipos utilizados como: antenas, conectores, cables y estaciones base. Así como también el informe de ruido.

A continuación los Anexos:

ANEXO A. Datasheet estación base TETRA

ANEXO B. Datasheet antena para estación base TETRA

ANEXO C. Datasheet multiplexor para estación base TETRA

ANEXO D. Datasheet cable coaxial para estación base TETRA

ANEXO E. Datasheet conector para cable coaxial

ANEXO F. Datasheet antena para estación móvil TETRA

ANEXO G. Datasheet cable coaxial para receptor móvil TETRA

ANEXO H. Datasheet receptor móvil TETRA

ANEXO I. Datasheet receptor portátil TETRA

ANEXO J. Informe de ruido, enlace punto a punto suscriptores

ANEXO A.

Datasheet estación base TETRA

TB3 TETRA Base Station

Superior and versatile coverage solutions

Technical specifications

- Frequency bands
 - Tx: 335 -355MHz and Rx: 340 – 360MHz
 - Rx: 350 -356MHz and Tx: 360 – 366MHz
 - Rx: 380 – 390MHz and Tx: 390 – 400MHz
 - Rx: 410 – 420MHz and Tx: 420 – 430MHz
 - Rx: 450 – 460MHz and Tx: 460 – 470MHz
 - Rx: 806 - 824MHz and Tx: 851 – 869MHz
- Max. TBS power at top of cabinet - 25W
- 40W (with combiner by-pass configuration and duplexer)
- Max power at TTRX output: 65W
- Guaranteed dynamic sensitivity at top of cabinet: < -112dBm (TCH 7.2, BER 4%, TU50) without diversity
- Guaranteed static sensitivity at top of cabinets: < -119dBm (TCH 7.2, BER 4%) without diversity
- Receiver class:
Class A and B EN 300 392-2
- Diversity reception: Maximum ratio combining (MRC) improving the uplink budget by 3...8dB compared to single receiver antenna solutions
- Number of receivers per radio: 6 receivers with MRC for e.g. three-sector X-pol panel antennas
- Sectorized reception: Three sector topology improves receiver C/I by 5dB compared to omnidirectional solution
- Duplex spacing: 10MHz (45MHz @ 800MHz band)
- Switching range: < 5MHz (18MHz @ 800MHz)
- Carrier spacing: 25kHz
- Combiner options: Auto-tuned cavity. Manually tuned cavity. Wideband hybrid combiner with duplexers. Combiner by-pass with duplexer.
- Supply voltage options:
 - 230VAC (184VAC...276VAC)
 - 48VDC (-36VDC...-60VDC)

- Power consumption:
- Nominal 0.3kW with one TTRX at 65W/100% duty cycle
 - Nominal 1kW with four TTRX at 65W/100% duty cycle
 - Power consumption varies according to the traffic volume
 - Width x Height x Depth: 60 x 162 x 53cm, one cabinet
 - Weight (max., fully equipped)
 - 200kg (1 cabinet, 4 TTRX)
 - 380kg (2 cabinets, 8 TTRX)
 - Operating ambient temperature: -10° C ... + 55° C
 - TBS transmit mode: Downlink continuous (D-CT) (as specified in the TETRA standard). Only carriers that are needed to carry the traffic are keyed.

Transmission:

- Native IP
- Four E1 interfaces with inbuilt multiplexer and loop protection
- Support for satellite transmission
- O&M functions
- Remote and local configuration. Remote and local alarm handling.
- Remote and local SW downloading
- Remote and local test services. Eight remote outputs.

Additional base station features

- Superior and versatile coverage solutions
- Intelligent Radio Resource Management
- Enhanced fallback
- Standalone mode
- Automatic Main Control Channel change-over
- Air to Ground cell range up to 83km
- Modular design for redundant base station main units
- Jamming detection
- Dynamic air encryption with two simultaneous encryption algorithms
- Adaptive random access window for congestion control
- Additional signaling channel for Automatic Vehicle Location use
- Load directed roaming
- Dynamic channel allocation between voice or packet data
- Optional Global Positioning System (GPS)
- TETRA Enhanced Data Service (TEDS)
- Secondary Control Channel
- Dual Homing



06/2015 Copyright © 2015 Airbus Defence and Space. All rights reserved. This document is not contractual. Subject to change without notice. Tacition® is a registered trademark of Airbus Defence and Space. Other product and company names mentioned herein may be trademarks or trade names of their respective owners.

For more information please contact
Airbus Defence and Space / Hiomotie 32 / 00380 Helsinki/ Finland / T: +358 10 4080 000 /
e-mail: marketing@securelandcommunications.com
Airbus Defence and Space / Wörthstraße 85 / 89077 Ulm / Germany / T: +49 (0) 731.392-0 /
Airbus Defence and Space / MetaPole / 1, bld Jean Moulin / CS 40001 / 78996 Elancourt Cedex / France / T: +33 (0)1 61 38 50 00

ANEXO B.

Datasheet antenna para estación base TETRA

Panel	380-430
Vertical Polarization	V
Half-power Beam Width	115°

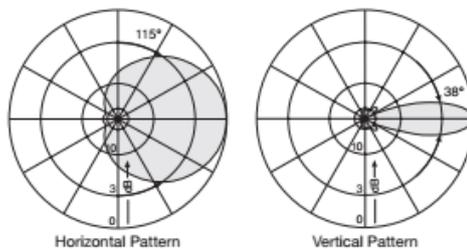
KATHREIN

Directional Antennas

1-Port Antenna 380-430 115° 8.5dBi

Type No.	739504
Frequency range	380 – 430 MHz
Polarization	Vertical
Gain	8.5 dBi
Half-power beam width	Horizontal: 115° Vertical: 38°
Front-to-back ratio	> 18 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.
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.



Mechanical specifications	
Input	1 x 7-16 female
Connector position	Bottom
Wind load	Frontal: 260 N (at 150 km/h) Lateral: 120 N (at 150 km/h) Rearside: 420 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Height/width/depth	974 / 258 / 103 mm
Category of mounting hardware	M (Medium)
Weight	4.5 kg
Packing size	1102 x 272 x 160 mm

ANEXO C.

Datasheet multiplexor para estación base TETRA



CMX7161 Digital Radio Processor

D7161_FI-1.04 September 2013

DATASHEET

Advance Information

7161FI-1 TDMA Digital Radio Processor

Features

Tx Functions:

- Two-point modulation analogue outputs
- Root-raised-cosine ($\alpha=0.2$) pulse shaping
- RAMDAC capability for PA ramping control
- Tx trigger feature allowing precise control of burst start time
- Tx burst sequence for automatic RAMDAC ramping and hardware switching

Rx Functions:

- I/Q analogue inputs
- Rx channel filtering and root-raised-cosine ($\alpha=0.2$) pulse shaping
- Data returned as hard-decision bits or 4-bit soft-decision LLR metrics
- Automatic frame sync detection
- Automatic tracking of symbol timing and input I/Q DC offsets

Slot timing functions:

- 30ms slot format (264-bit bursts)
- Internal slot clock and timing maintenance
- Automatic synchronisation to received channel
- Automatic sequencing of hardware control

Auxiliary Functions:

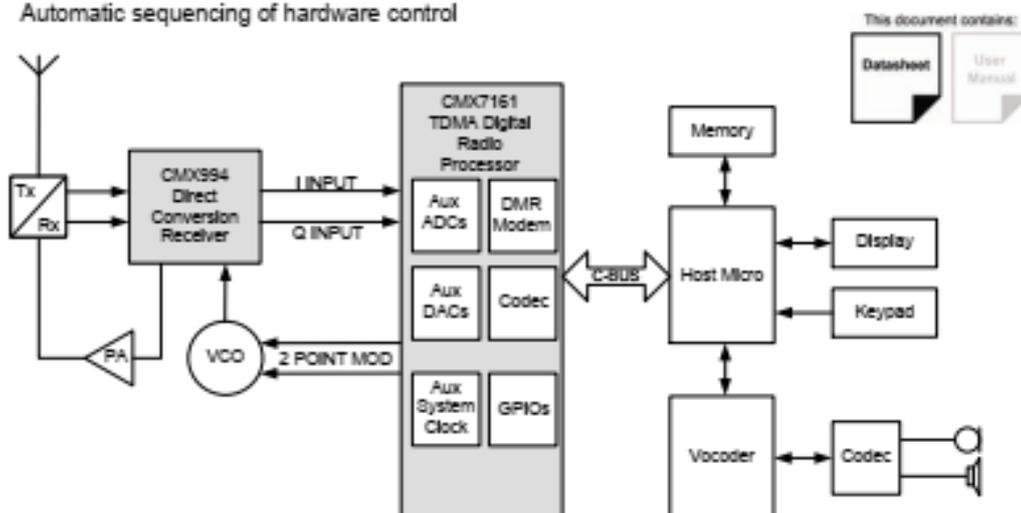
- Two programmable system clock outputs
- Four auxiliary ADCs with six selectable input paths
- SPI Thru-Port for interfacing to synthesisers and other serially controllable devices
- Four auxiliary DACs, one with built-in programmable RAMDAC

Host Interface:

- Optimised C-BUS (4-wire, high speed synchronous serial command/data bus) interface to host for control and data transfer, including streaming C-BUS for efficient data transfer
- Open drain IRQ to host
- Four GPIO pins
- Serial memory or C-BUS (host) boot mode.

Applications

- ETSI TS 102 361 Digital Mobile Radio (DMR)
- Police Digital Trunking (PDT) Radio



ANEXO D.

Datasheet cable coaxial para estación base TETRA

HUBER+SUHNER® DATA SHEET Coaxial Cable: RG_214_U



Matrix Attenuation [formula: (a*f^{0.5} + b*f)] and Power CW [formula: (p/f^{0.5})]

Coefficients:

a=	0.202	b=	0.063	f _{max} =	6	P _{at} 1GHz=	325
Frequency (GHz)	Nom. attenuation (dB / m) sea level 25° C ambient temperature	Nom. attenuation (dB / ft) sea level 25° C ambient temperature	Max. CW power (watt) sea level 40° C ambient temperature				
0.3	0.13	0.040	593				
0.6	0.19	0.058	420				
0.9	0.25	0.076	343				
1.2	0.30	0.091	297				
1.5	0.34	0.104	265				
1.8	0.38	0.116	242				
2.1	0.43	0.131	224				
2.4	0.46	0.140	210				
2.7	0.50	0.152	198				
3.0	0.54	0.165	188				
3.3	0.57	0.174	179				
3.6	0.61	0.186	171				
3.9	0.64	0.195	165				
4.2	0.68	0.207	159				
4.5	0.71	0.216	153				
4.8	0.74	0.226	148				
5.1	0.78	0.238	144				
5.4	0.81	0.247	140				
5.7	0.84	0.256	136				
6.0	0.87	0.265	133				

HUBER+SUHNER is certified according to ISO 9001 and ISO 14001

WAIVER!
It is exclusively in written agreements that we provide our customers with warrants and representations as to the technical specifications and/or the fitness for any particular purpose. The facts and figures contained herein are carefully compiled to the best of our knowledge, but they are intended for general informational purposes only.

HUBER+SUHNER – Excellence in Connectivity Solutions



HUBER+SUHNER AG
RF Industrial
9100 Herisau, Switzerland
Phone +41 (0)71 353 41 11
Fax +41 (0)71 353 45 90
www.hubersuhner.com

Document: DOC-0000177761 R

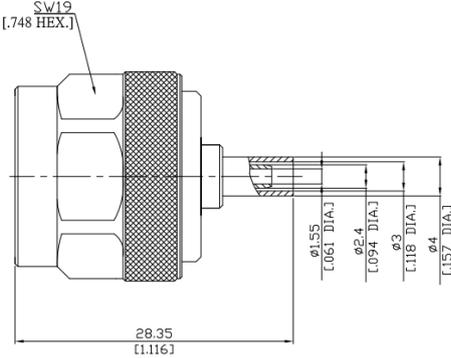
Issued:

Uncontrolled Copy

Page 2/2

ANEXO E.

Datasheet conector para cable coaxial

	Technical Data Sheet		
N Straight Cable Plug	N1C50-G316A/133		
			
<p>All dimensions are in mm [inch] Tolerances according to DIN ISO 2768-mH</p>			
Interface			
According to MIL-C-39012;MIL-STD-348A/304			
Electrical Data			
Impedance	50 Ω		
Frequency	DC to 11 GHz		
VSWR (Return Loss)	≤ 1.15 (≥ 23 dB)		
Insertion Loss	≤ 0.05		
Working voltage (at sea level)	900 V rms		
<i>- limitations are possible due to the used cable type -</i>			
Mechanical Data			
Coupling mechanisms	Screw-lock		
Centre contact	Soldered		
Cable entry	Crimped		
Environmental Data			
Temperature range	-65°C to +165°C		
RoHS	compliant		
Material And Plating			
Connector parts	Material	Plating	
Centre contact	Brass	Gold plating(Nickel underplated)	
Body	Brass	Nickel	
Insulator	PTFE		
Gasket	Silicone Rubber		
Coupling nut	Brass	Nickel	
Crimp ferrules	Brass	Nickel	
Suitable Cables			
RG-188A, RG-316			
Packing			
Single or 100			
<p>The facts and figures herein are carefully compiled to the best of our knowledge, but they are intended for general informational purposes only. In the effort to improve our products, we reserve the right to make changes judged to be necessary.</p>	Rev.:-	Rosnol RF/Microwave Technology www.rosnol.com ; info@rosnol.com	Page 1/1
	Date: 19/11/10	Phone:+886-3-463-5095 Fax:+886-3-463-5952	

ANEXO F.

Datasheet antenna para estación móvil TETRA

Omnidirectional Antennas Vertical Polarization

370...470

V

KATHREIN

Antennen · Electronic

TETRA/
TETRAPOL

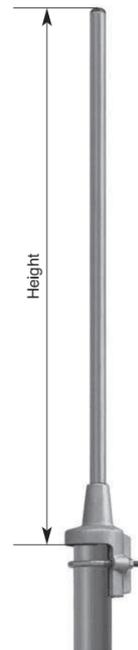
737003: VPol Omni 370–430 360° 2dBi
K751121: VPol Omni 406–470 360° 2dBi

Type No.	737003	K751121
Frequency range	370 – 430 MHz	406 – 470 MHz
Polarization	Vertical	
Gain	2 dBi	
Impedance	50 Ω	
VSWR	< 1.5	
Intermodulation IM3	< -150 dBc (2 x 37 dBm carrier)	
Max. power	100 W (at 50 °C ambient temperature)	

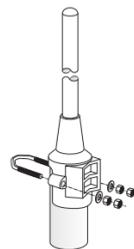
Material: Radiator: Brass.
Radome: Fiberglass, dia. 21 mm, colour: Grey.
Base: Aluminum.
Mounting U-bolt and all screws and nuts: Stainless steel.

Mounting: The antenna can be attached in two ways with the supplied mounting kit:
1. On the tip of any tubular mast of 40 – 54 mm dia. (connecting cable runs inside the mast).
2. Laterally at the tip of any tubular mast of 20 – 54 mm dia. (connecting cable runs outside the mast).

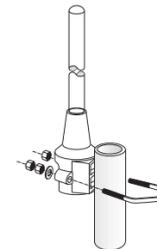
Grounding: All metal parts of the antenna including the inner conductor are DC grounded.



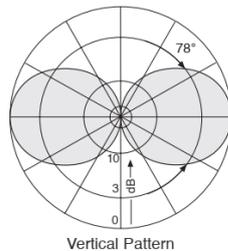
Omnidirectional
370 – 470 MHz



On the tip of a tubular mast



Laterally at the tip of a tubular mast



Mechanical specifications	737 003	K 75 11 21
Input	N female	
Connector position	Bottom	
Weight	1.0 kg	0.8 kg
Radome diameter	21 mm	
Wind load	20 N (at 150 km/h)	
Max. wind velocity	200 km/h	
Packing size [mm]	112 x 97 x 654	112 x 97 x 614
Height [mm]	555	515

ANEXO G.

Datasheet cable coaxial para receptor móvil TETRA

HUBER+SUHNER® DATA SHEET Coaxial Cable: G_02232_D



Matrix **Attenuation** [formula: $(a \cdot f^{0.5} + b \cdot f)$] and **Power CW** [formula: $(p \cdot f^{0.5})$]

Coefficients:

a=	0.7616	b=	0.1325	f _{max} =	6	P _{at} 1GHz=	38
	Frequency		Nom. attenuation		Nom. attenuation		Max. CW power
	(GHz)		(dB / m)		(dB / ft)		(watt)
			sea level 25° C ambient temperature		sea level 25° C ambient temperature		sea level 40° C ambient temperature
	0.3		0.46		0.140		69
	0.6		0.67		0.204		49
	0.9		0.84		0.256		40
	1.2		0.99		0.302		35
	1.5		1.13		0.344		31
	1.8		1.26		0.384		28
	2.1		1.38		0.421		26
	2.4		1.50		0.457		25
	2.7		1.61		0.491		23
	3.0		1.72		0.524		22
	3.3		1.82		0.555		21
	3.6		1.92		0.585		20
	3.9		2.02		0.616		19
	4.2		2.12		0.646		19
	4.5		2.21		0.674		18
	4.8		2.30		0.701		17
	5.1		2.40		0.731		17
	5.4		2.49		0.759		16
	5.7		2.57		0.783		16
	6.0		2.66		0.811		16

HUBER+SUHNER is certified according to ISO 9001 and ISO 14001

WAIVER
It is exclusively in written agreements that we provide our customers with warrants and representations as to the technical specifications and/or the fitness for any particular purpose. The facts and figures contained herein are carefully compiled to the best of our knowledge, but they are intended for general informational purposes only.



HUBER+SUHNER AG
RF Industrial
9100 Herisau, Switzerland
Phone +41 (0)71 353 41 11
Fax +41 (0)71 353 45 90
www.hubersuhner.com

HUBER+SUHNER – Excellence in Connectivity Solutions

Document: DOC-0000177576 N

Issued: 16.05.07

Uncontrolled Copy

Page 2/2

ANEXO H.

Datasheet receptor móvil TETRA

MTM5000 SERIES SPECIFICATIONS

ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS	
Operating Temperature (°C)	-30 to +60
Storage Temperature (°C)	-40 to +85
Not in use - Storage	ETSI 300 019-1-1 CLASS 1.3 Non-Weather Protected Storage Locations
Not in use - Transportation	ETSI 300 019-1-2 CLASS 2.3 Public Transportation
Stationary use - Weather Protected Locations	ETSI 300 019-1-3 CLASS 3.2 Partly Temperature Controlled Locations
Mobile use - Ground Vehicle Installation	ETSI 300 019-1-5 CLASS 5.2 Climatic Tests
Mobile use - Ground Vehicle Installation	ETSI 300 019-1-5 CLASS 5M3 Mechanical Tests
Rail Certification Environmental	EN50155:2007 and IEC60571 ED.3.0 Environmental
MIL STD	810 C/D/E/F/G Specifications All 11 categories met (or exceeded)
Dust and Water Ingress Protection	IP54 (dust cat. 2) Dash/Desk/Remote models
	IP67 Motorcycle model (only control head is IP67; transceiver is IP54) MTM5500 TSCH IP55

ELECTRICAL SPECIFICATIONS		MTM5200	MTM5400	MTM5500
Voltage Range			10.8 to 15.6 V DC	
	Idle / Rx / Tx @ 10W	N.A.	0.5 / 1.0 / 1.2 (TX 3.4A Peak)	
	Idle / Rx / Tx @ 3W		0.5 / 1.0 / .9 (TX 2.2A Peak)	
Current Consumption (A, typ.)	Tx - Multi Slot PD (4 slots) @ 5.6W	N.A. (3W only)		2.7
	Tx - TEDS @ 3W			2.3
	Using USB host			Adds 0.5A

RF SPECIFICATIONS	
Frequency Bands (MHz)	350 - 390, 380 - 430, 410 - 470, 806 - 870
Transmitter RF Power	TETRA Release 1 N.A. (3W only) 10W, Class 2 Note: MSPD
	TETRA Release 2 (TEDS) 3W, Class 3
RF Power Control	6 Power Step Levels (steps of 5 dBm) Starting at 15 dBm; finishing at 40 dBm
Receiver Class	A & B
Receiver Static Sensitivity (dBm)	-114 minimum, -116 typical (ETSI 300-392-2)
Receiver Dynamic Sensitivity (dBm)	-105 minimum, -107 typical (ETSI 300-392-2)

GPS SPECIFICATIONS	
Simultaneous Satellite Systems	GPS plus one other GNSS, eg GLONASS, BeiDou
Mode of Operation	Concurrent tracking, SBAS capable, 72 channel
GNSS Antenna	Supports active antenna (5V, 25mA supply)
Autonomous Acquisition Sensitivity	-163 dBm
Tracking Sensitivity	-163 dBm
Location Protocols	ETSI Location Information Protocol (LIP) Motorola LRRP

VOICE SERVICES		
Talkgroups	10,000 TMO, 2000 DMO	
Phone book entries	1000 persons. Up to 6 numbers per entry (mobile, office etc). Max 2000 entries	
Scan lists	40 lists of 20 talkgroups	
Trunked Mode (TMO) Services	Group call Private call	Late Entry, TMO/DMO Mapping Half / Full Duplex
	Telephony (PABX, PSTN, MS-JSDN)	Full Duplex
	DGNA Scanning	Up to 10,000 groups Attachment signalling, supports SWMI initiated attachment/detachment
Direct Mode (DMO) Services	Group call Private call	
Emergency (tailored by users)	Tactical	Emergency Group Call to ATTACHED talkgroup
	Non-Tactical	Emergency Group Call to DEDICATED talkgroup
	Individual	Emergency Call to PREDEFINED party (half/full duplex)
	Smart emergency	TMO/DMO/DMO to TMO automatic switching options
	Hot Mic	Configurable timers for automatic open mic (talk without PTT)
	Location	Location (GPS) sent with emergency
	Target Address	Sent to individual or group address (selected or dedicated)
Alarm (status message)	Emergency Status (or other pre-defined status)	

DATA SERVICES		
Status	Alias messages Options	400 Entries Can be sent via One-Touch or via menu
Short Data Service (SDS)	Inbox	200 Entries (short messages), 40 Entries (long messages of up to 1000 characters)
	Target Address	Cellular style iTAP predictive text entry
	Voice Call Interaction	Sent to individual or group address (selected or dedicated) SDS messages can be sent and received during a voice call
Packet Data (PD)	Multi-slot PD TETRA Enhanced Data Service (TEDS) (via software upgrade)	Data transmission with up to 4 slots supporting up to 28.8 kbit/s gross Supporting 25kHz and 50kHz channel bandwidths and enabling practical data rates of up to 80kbit/s
TEDS (capable)		QAM Channels: 25 kHz and 50 kHz (but not DBPSK channels) QAM modulation/coding modes: 4-QAM R1/2, 16-QAM R1/2, 64-QAM R1/2, and 64-QAM R2/3
WAP	Integrated WAP browser (including WAP-PUSH)	Integrated Openwave browser WAP 1.2.x and WAP 2.0 compatibility for UDP/IP Stack
Peripheral Equipment Interface (PEI)	Interface Protocol	AT Commands - Full Set ETSI Mandatory Compliant AT Multiplexer - 4 Virtual Physical Port (simultaneous PD, SDS, AT commands and Air Tracer SESSIONS)
Terminal Management		TNPI; enables simultaneous PD and SDS sessions Programmable via Motorola Integrated Terminal Management (ITM) solution

* Future software release

ANEXO I.

Datasheet receptor portátil TETRA

PRODUCT SPEC SHEET MTP6000 SERIES TETRA PORTABLES

MTP6000 RADIO MODELS		
	MTP6750	MTP6550
Camera	5MP Auto Focus Built-in LED Flash	Not Applicable
Keypad	Automatic keypad backlight 4 direction navigation key 3 selection keys 4 x 3 keypad	
One Touch Buttons	Single button activation for multiple functions	
Controls	Large PTT button with enhanced tactility Emergency Button Programmable multi-function rotary switch 2 programmable side keys	
Additional Storage	Micro SD card (up to 32GB additional capacity) *	
Battery Options	Standard battery: 1650 mAh High capacity battery: 2150 mAh	
SIZE AND WEIGHT		
Height	132mm	
Width	59mm	
Depth	34mm (with standard battery)	
Weight (Weights refer to MTP6550 model) with standard battery	292g (with 80mm stubby antenna)	
RF SPECIFICATIONS		
Frequency Bands	350-470 MHz	
Transmitter RF Power	Class 3L (1.8W) & Class 4 (1W)	
RF Power Level Accuracy	+/- 2 dB	
Adaptive Power Control	Per EN 300 392-2	
Receiver Class	A and B	
Receiver Static Sensitivity	-114dBm (min); -118dBm (typical)	
Receiver Dynamic Sensitivity	-105 dBm (min); -107 dBm (typical)	
DMO REPEATER SERVICES		
ETSI type 1A DMO Repeater for channel efficient operation		
Repeats DMO voice on selected talkgroup		
Repeats SDS and Status messaging on selected talkgroup **		
Transmission of Repeater Presence Signal		
Emergency Call (Pre-emptive Priority Call)		
Monitoring of and participation in calls whilst in Repeater mode		
LOCATION SERVICES		
GPS Tracking Sensitivity	-159 dBm (guaranteed) -160 dBm (typical)	
GPS Accuracy	<5m (probable at -130dBm)	
Protocols	ETSI LIP Motorola LRRP	
LICENSED OPTIONS		
Software upgrade optional features	TETRA Enhanced Data Service (TEDS) Multi-Slot Packet Data (MSPD) WAP Browser WAP Push Service Bluetooth v2.1 Support GPS Call Out Enhanced Security: OTAR/DMO SCK Air interface encryption End to End Encryption Options Permanent disable Temporary disable RUA/RUI Man-Down feature Class 3L (1.8W) transmit power RF Repeater Language options	
ACCESSORIES		
Antennas (short stubby, long stubby, whip)		
Coloured rubber antenna ring labels		
Batteries (Li Ion 1650 mAh and 2150 mAh)		
Battery chargers and vehicle adapters		
Various carry options		
Audio headsets		
Remote speaker microphones		
Earpieces		
In-Vehicle Solutions		
USB programming and data cables		

* Micro SD card slot not available on models that support hardware-based End to End Encryption.

** Availability subject to future software release.

ANEXO J.

Informe de ruido, enlace punto a punto suscriptores

ESTACIÓN EN RECEPCIÓN									
Umbral: 38 dBuV/m									
Suscriptor	BST	Callsign	FSR dBuV/m	PR dBm	Dist.(m)	Azimuth (deg)	Margen dB	Fiab.(%)	Cx
adr1	1	Ant Pichin	55.5	-67.6	9515	208.80	17.49	99.999990	1
adr2	1	Ant Pichin	55.9	-67.2	9678	211.50	17.90	99.999990	1
adr3	1	Ant Pichin	55.9	-67.2	9186	209.94	17.90	99.999990	1
adr4	1	Ant Pichin	55.4	-67.7	8693	204.71	17.42	99.999990	1
adr5	1	Ant Pichin	56.1	-67.0	9182	210.86	18.09	99.999990	1
adr6	1	Ant Pichin	56.5	-66.6	9404	213.99	18.49	99.999990	1
adr7	1	Ant Pichin	55.6	-67.5	7881	201.63	17.61	99.999990	1
adr8	1	Ant Pichin	55.7	-67.4	7914	203.13	17.68	99.999990	1
adr9	1	Ant Pichin	56.3	-66.8	7732	207.65	18.34	99.999990	1
adr10	1	Ant Pichin	57.5	-65.6	8598	217.51	19.52	99.999990	1
adr11	1	Ant Pichin	56.0	-67.1	7353	201.80	18.03	99.999990	1
adr12	1	Ant Pichin	56.6	-66.5	7492	208.64	18.58	99.999990	1
adr13	1	Ant Pichin	57.5	-65.6	8048	216.08	19.55	99.999990	1
adr14	1	Ant Pichin	56.3	-66.8	7014	202.03	18.34	99.999990	1
adr15	1	Ant Pichin	57.9	-65.2	8466	220.18	19.91	99.999990	1
adr16	1	Ant Pichin	57.9	-65.3	8148	217.97	19.86	99.999990	1
adr17	1	Ant Pichin	56.8	-66.3	7363	209.65	18.79	99.999990	1
adr18	1	Ant Pichin	57.1	-66.0	7619	212.95	19.10	99.999990	1
adr19	1	Ant Pichin	56.8	-66.4	6884	204.78	18.76	99.999990	1
adr20	1	Ant Pichin	58.0	-65.1	7893	218.52	19.99	99.999990	1
adr21	1	Ant Pichin	57.1	-66.0	6558	205.87	19.11	99.999990	1
adr22	1	Ant Pichin	57.2	-66.0	6514	206.07	19.16	99.999990	1
adr23	1	Ant Pichin	57.2	-65.9	6459	206.57	19.20	99.999990	1
adr24	1	Ant Pichin	58.5	-64.6	7642	221.79	20.52	99.999990	1
adr25	1	Ant Pichin	57.4	-65.7	6701	211.71	19.45	99.999990	1
adr26	1	Ant Pichin	57.8	-65.3	6938	215.20	19.79	99.999990	1
adr27	1	Ant Pichin	58.9	-64.2	8045	226.27	20.89	99.999990	1
adr28	1	Ant Pichin	57.4	-65.7	6192	207.30	19.45	99.999990	1
adr29	1	Ant Pichin	58.0	-65.2	6084	212.56	19.96	99.999990	1
adr30	1	Ant Pichin	58.0	-65.1	6069	213.22	20.03	99.999990	1
adr31	1	Ant Pichin	58.5	-64.6	6549	219.66	20.53	99.999990	1
adr32	1	Ant Pichin	58.1	-65.1	6071	214.09	20.05	99.999990	1
adr33	1	Ant Pichin	59.5	-63.6	7740	230.15	21.51	99.999990	1
adr34	1	Ant Pichin	59.6	-63.5	7574	229.58	21.61	99.999990	1
adr35	1	Ant Pichin	58.7	-64.4	6378	220.97	20.75	99.999990	1

adr36	1	Ant Pichin	59.1	-64.0	6621	223.76	21.07	99.999990	1
adr37	1	Ant Pichin	59.0	-64.1	6400	222.59	21.02	99.999990	1
adr38	1	Ant Pichin	59.0	-64.1	6261	222.87	21.00	99.999990	1
adr39	1	Ant Pichin	59.7	-63.4	7501	232.78	21.70	99.999990	1
adr40	1	Ant Pichin	58.4	-64.7	5575	216.09	20.40	99.999990	1
adr41	1	Ant Pichin	58.2	-64.9	5356	213.16	20.22	99.999990	1
adr42	1	Ant Pichin	59.8	-63.4	7467	233.79	21.76	99.999990	1
adr43	1	Ant Pichin	59.0	-64.1	5950	222.75	20.98	99.999990	1
adr44	1	Ant Pichin	60.0	-63.1	6687	232.52	22.00	99.999990	1
adr45	1	Ant Pichin	60.0	-63.1	7501	237.48	22.05	99.999990	1
adr46	1	Ant Pichin	60.1	-63.0	7007	236.31	22.15	99.999990	1
adr47	1	Ant Pichin	60.1	-63.0	6428	233.81	22.11	99.999990	1
adr48	1	Ant Pichin	60.3	-62.9	7102	238.51	22.26	99.999990	1
adr49	1	Ant Pichin	58.6	-64.5	4689	217.68	20.59	99.999990	1
adr50	1	Ant Pichin	59.2	-63.9	4992	227.08	21.20	99.999990	1
adr51	1	Ant Pichin	60.5	-62.7	6918	241.19	22.46	99.999990	1
adr52	1	Ant Pichin	58.7	-64.4	4397	224.53	20.67	99.999990	1
adr53	1	Ant Pichin	60.5	-62.6	7168	244.79	22.50	99.999990	1
adr54	1	Ant Pichin	60.5	-62.6	6784	243.91	22.51	99.999990	1
adr55	1	Ant Pichin	58.3	-64.8	3985	220.80	20.27	99.999990	1
adr56	1	Ant Pichin	60.5	-62.6	5906	239.80	22.48	99.999990	1
adr57	1	Ant Pichin	60.6	-62.6	7287	246.54	22.56	99.999990	1
adr58	1	Ant Pichin	58.5	-64.6	4100	224.24	20.48	99.999990	1
adr59	1	Ant Pichin	60.5	-62.6	5891	240.56	22.52	99.999990	1
adr60	1	Ant Pichin	60.3	-62.8	5571	239.22	22.34	99.999990	1
adr61	1	Ant Pichin	60.6	-62.5	5809	244.33	22.57	99.999990	1
adr62	1	Ant Pichin	59.7	-63.4	4690	237.96	21.68	99.999990	1
adr63	1	Ant Pichin	60.4	-62.7	5481	243.79	22.43	99.999990	1
adr64	1	Ant Pichin	60.7	-62.5	5737	245.93	22.65	99.999990	1
adr65	1	Ant Pichin	58.3	-64.8	3639	229.62	20.34	99.999990	1
adr66	1	Ant Pichin	60.3	-62.8	5207	243.81	22.32	99.999990	1
adr67	1	Ant Pichin	58.4	-64.7	3866	233.44	20.39	99.999990	1
adr68	1	Ant Pichin	59.6	-63.6	4515	239.93	21.57	99.999990	1
adr69	1	Ant Pichin	59.9	-63.2	4772	241.78	21.88	99.999990	1
adr70	1	Ant Pichin	57.8	-65.3	3427	229.30	19.85	99.999990	1
adr71	1	Ant Pichin	60.9	-62.3	6842	251.70	22.85	99.999990	1
adr72	1	Ant Pichin	59.9	-63.2	4792	243.30	21.92	99.999990	1
adr73	1	Ant Pichin	58.4	-64.7	3892	236.94	20.41	99.999990	1
adr74	1	Ant Pichin	60.9	-62.2	6262	251.34	22.89	99.999990	1
adr75	1	Ant Pichin	60.8	-62.3	6365	254.52	22.85	99.999990	1
adr76	1	Ant Pichin	59.1	-64.0	4185	245.97	21.08	99.999990	1
adr77	1	Ant Pichin	59.5	-63.6	4401	247.64	21.55	99.999990	1
adr78	1	Ant Pichin	59.4	-63.7	4262	249.81	21.38	99.999990	1
adr79	1	Ant Pichin	60.6	-62.5	5207	254.05	22.61	99.999990	1
adr80	1	Ant Pichin	57.5	-65.6	3544	247.96	19.47	99.999990	1
adr81	1	Ant Pichin	57.3	-65.9	3514	248.20	19.26	99.999990	1

adr82	1	Ant Pichin	56.7	-66.4	3387	249.18	18.72	99.999990	1
adr83	1	Ant Pichin	61.1	-62.1	5565	259.72	23.07	99.999990	1
adr84	1	Ant Pichin	60.5	-62.6	4865	258.45	22.51	99.999990	1
adr85	1	Ant Pichin	59.7	-63.4	4335	259.02	21.71	99.999990	1
adr86	1	Ant Pichin	57.3	-65.8	3416	256.28	19.32	99.999990	1
adr87	1	Ant Pichin	61.3	-61.9	6471	263.71	23.26	99.999990	1
adr88	1	Ant Pichin	61.2	-61.9	6420	263.88	23.23	99.999990	1
adr89	1	Ant Pichin	61.2	-61.9	6668	266.30	23.22	99.999990	1
adr90	1	Ant Pichin	60.7	-62.4	5106	265.40	22.73	99.999990	1
adr91	1	Ant Pichin	54.8	-68.3	2749	261.71	16.83	99.999990	1
adr92	1	Ant Pichin	61.2	-61.9	6174	266.94	23.23	99.999990	1
adr93	1	Ant Pichin	57.0	-66.1	2903	264.29	18.98	99.999990	1
adr94	1	Ant Pichin	61.3	-61.8	6071	267.84	23.27	99.999990	1
adr95	1	Ant Pichin	61.2	-61.9	6708	268.05	23.17	99.999990	1
adr96	1	Ant Pichin	60.8	-62.3	5412	268.65	22.82	99.999990	1
adr97	1	Ant Pichin	60.5	-62.6	4823	268.78	22.50	99.999990	1
adr98	1	Ant Pichin	60.2	-62.9	4678	269.37	22.19	99.999990	1
adr99	1	Ant Pichin	60.7	-62.4	5190	270.85	22.74	99.999990	1
adr100	1	Ant Pichin	57.2	-65.9	3583	272.51	19.20	99.999990	1
adr101	1	Ant Pichin	59.8	-63.4	4362	272.03	21.75	99.999990	1
adr102	1	Ant Pichin	60.7	-62.4	5019	271.75	22.69	99.999990	1
adr103	1	Ant Pichin	54.9	-68.2	2496	274.86	16.87	99.999990	1
adr104	1	Ant Pichin	58.5	-64.6	3951	277.17	20.52	99.999990	1
adr105	1	Ant Pichin	59.9	-63.2	4384	276.41	21.88	99.999990	1
adr106	1	Ant Pichin	54.3	-68.9	3207	279.46	16.25	99.999990	1
adr107	1	Ant Pichin	61.8	-61.3	6589	274.84	23.77	99.999990	1
adr108	2	Loma Monja	34.2	-88.9	6466	144.28	-3.77	0.000000	1
adr109	1	Ant Pichin	57.9	-65.2	3676	283.94	19.89	99.999990	1
adr110	1	Ant Pichin	60.4	-62.7	4935	281.08	22.42	99.999990	1
adr111	1	Ant Pichin	61.6	-61.6	6420	278.61	23.56	99.999990	1
adr112	2	Loma Monja	47.1	-76.0	6076	143.37	9.13	99.999990	1
adr113	1	Ant Pichin	61.3	-61.8	5978	281.26	23.29	99.999990	1
adr114	1	Ant Pichin	61.6	-61.5	6363	281.00	23.63	99.999990	1
adr115	1	Ant Pichin	60.8	-62.3	5515	285.00	22.82	99.999990	1
adr116	1	Ant Pichin	59.8	-63.3	4855	288.82	21.84	99.999990	1
adr117	1	Ant Pichin	60.3	-62.8	5113	288.98	22.32	99.999990	1
adr118	1	Ant Pichin	61.5	-61.6	6414	285.08	23.54	99.999990	1
adr119	1	Ant Pichin	60.1	-63.0	5095	289.98	22.10	99.999990	1
adr120	2	Loma Monja	47.9	-75.2	5592	137.54	9.90	99.999990	1
adr121	1	Ant Pichin	57.1	-66.1	3379	304.30	19.06	99.999990	1
adr122	1	Ant Pichin	55.5	-67.6	3055	309.43	17.47	99.999990	1
adr123	1	Ant Pichin	59.6	-63.5	4648	294.16	21.62	99.999990	1
adr124	1	Ant Pichin	59.0	-64.1	4236	297.19	21.04	99.999990	1
adr125	1	Ant Pichin	59.0	-64.2	4205	298.61	20.96	99.999990	1
adr126	1	Ant Pichin	58.6	-64.5	3998	302.04	20.58	99.999990	1

adr127	2	Loma Monja	47.8	-75.3	5668	131.42	9.83	99.999990	1
adr128	1	Ant Pichin	58.0	-65.1	3719	307.35	19.97	99.999990	1
adr129	1	Ant Pichin	57.9	-65.2	3872	306.56	19.87	99.999990	1
adr130	1	Ant Pichin	61.2	-62.0	6233	292.19	23.15	99.999990	1
adr131	2	Loma Monja	48.3	-74.8	5341	130.25	10.32	99.999990	1
adr132	2	Loma Monja	48.7	-74.5	5122	131.24	10.66	99.999990	1
adr133	1	Ant Pichin	60.9	-62.2	6223	294.27	22.92	99.999990	1
adr134	1	Ant Pichin	59.3	-63.8	4733	303.95	21.32	99.999990	1
adr135	2	Loma Monja	49.2	-73.9	4724	134.36	11.24	99.999990	1
adr136	1	Ant Pichin	60.7	-62.4	6413	294.74	22.67	99.999990	1
adr137	1	Ant Pichin	58.8	-64.3	4512	307.59	20.77	99.999990	1
adr138	2	Loma Monja	48.6	-74.5	5148	128.09	10.58	99.999990	1
adr139	1	Ant Pichin	59.3	-63.8	4981	304.10	21.33	99.999990	1
adr140	1	Ant Pichin	59.1	-64.0	5025	308.80	21.09	99.999990	1
adr141	1	Ant Pichin	60.4	-62.8	6061	301.83	22.36	99.999990	1
adr143	1	Ant Pichin	58.6	-64.5	4810	312.62	20.63	99.999990	1
adr144	1	Ant Pichin	60.5	-62.6	6197	301.29	22.50	99.999990	1
adr145	2	Loma Monja	48.7	-74.4	4982	122.49	10.72	99.999990	1
adr146	2	Loma Monja	49.0	-74.1	4829	122.95	10.98	99.999990	1
adr147	1	Ant Pichin	56.8	-66.3	4005	327.64	18.82	99.999990	1
adr148	1	Ant Pichin	56.9	-66.2	4032	327.02	18.90	99.999990	1
adr149	1	Ant Pichin	58.7	-64.4	4996	314.17	20.71	99.999990	1
adr150	1	Ant Pichin	59.1	-64.0	5387	311.54	21.10	99.999990	1
adr151	1	Ant Pichin	57.6	-65.5	4633	324.02	19.63	99.999990	1
adr152	1	Ant Pichin	60.0	-63.1	6294	305.99	22.00	99.999990	1
adr153	1	Ant Pichin	57.5	-65.6	4636	325.61	19.54	99.999990	1
adr154	2	Loma Monja	48.9	-74.2	4843	116.04	10.95	99.999990	1
adr155	2	Loma Monja	49.0	-74.2	4832	115.77	10.98	99.999990	1
adr156	1	Ant Pichin	59.8	-63.3	6385	307.10	21.78	99.999990	1
adr157	1	Ant Pichin	58.2	-64.9	5070	320.53	20.25	99.999990	1
adr158	2	Loma Monja	49.0	-74.1	4810	115.23	11.02	99.999990	1
adr159	1	Ant Pichin	57.9	-65.2	4942	323.43	19.88	99.999990	1
adr160	1	Ant Pichin	58.7	-64.4	5346	317.71	20.69	99.999990	1
adr161	1	Ant Pichin	58.2	-64.9	5095	321.52	20.21	99.999990	1
adr162	1	Ant Pichin	58.6	-64.6	5464	319.92	20.56	99.999990	1
adr163	2	Loma Monja	49.2	-73.9	4756	110.63	11.22	99.999990	1
adr164	2	Loma Monja	50.0	-73.1	4225	111.55	12.01	99.999990	1
adr165	1	Ant Pichin	58.3	-64.8	5567	324.49	20.30	99.999990	1
adr166	2	Loma Monja	50.0	-73.1	4383	107.61	12.01	99.999990	1
adr167	1	Ant Pichin	58.8	-64.4	6476	317.70	20.75	99.999990	1
adr168	1	Ant Pichin	58.7	-64.4	6568	318.44	20.67	99.999990	1
adr169	2	Loma Monja	51.6	-71.6	4085	97.04	13.56	99.999990	1

adr170	1	Ant Pichin	57.7	-65.4	6286	330.54	19.68	99.999990	1
adr171	2	Loma Monja	51.2	-72.0	4331	96.30	13.17	99.999990	1
adr172	2	Loma Monja	50.8	-72.3	4715	93.96	12.81	99.999990	1
adr173	2	Loma Monja	51.8	-71.3	4094	94.56	13.80	99.999990	1
adr174	1	Ant Pichin	48.6	-74.5	6155	337.98	10.58	99.999990	1
adr176	1	Ant Pichin	57.4	-65.7	6645	335.29	19.41	99.999990	1
adr177	1	Ant Pichin	49.0	-74.1	6632	341.98	11.05	99.999990	1
adr178	1	Ant Pichin	56.9	-66.2	7483	328.41	18.87	99.999990	1
adr179	1	Ant Pichin	55.1	-68.0	6636	348.78	17.09	99.999990	1
adr180	1	Ant Pichin	49.6	-73.6	6854	343.04	11.56	99.999990	1
adr181	1	Ant Pichin	55.4	-67.7	6897	345.56	17.44	99.999990	1
adr182	2	Loma Monja	37.1	-86.0	3094	72.01	-0.89	0.000000	1
adr183	2	Loma Monja	30.9	-92.2	3360	70.35	-7.11	0.000000	1
adr184	1	Ant Pichin	55.0	-68.2	7802	345.96	16.96	99.999990	1
adr185	1	Ant Pichin	54.5	-68.6	7790	348.98	16.52	99.999990	1
adr186	1	Ant Pichin	56.2	-67.0	8202	338.79	18.15	99.999990	1
adr187	2	Loma Monja	25.4	-97.7	5405	70.81	-12.58	0.000000	1
adr188	1	Ant Pichin	55.9	-67.2	8278	340.85	17.89	99.999990	1
adr189	2	Loma Monja	39.2	-83.9	5354	69.19	1.23	99.820020	1
adr190	1	Ant Pichin	55.2	-67.9	8242	343.67	17.23	99.999990	1
adr191	1	Ant Pichin	54.9	-68.3	8225	346.18	16.85	99.999990	1
adr192	1	Ant Pichin	54.5	-68.7	8277	348.59	16.45	99.999990	1
adr193	1	Ant Pichin	55.7	-67.4	8685	340.57	17.69	99.999990	1
adr194	1	Ant Pichin	54.7	-68.4	8493	346.46	16.72	99.999990	1
adr195	1	Ant Pichin	53.8	-69.3	8401	352.94	15.81	99.999990	1
adr196	1	Ant Pichin	55.0	-68.1	8726	344.28	16.97	99.999990	1
adr197	1	Ant Pichin	53.7	-69.4	8718	352.03	15.72	99.999990	1
adr198	1	Ant Pichin	53.8	-69.3	8797	350.78	15.84	99.999990	1
adr199	1	Ant Pichin	44.9	-78.2	8800	354.58	6.93	99.999990	1
adr200	1	Ant Pichin	45.2	-77.9	8973	354.69	7.17	99.999990	1
adr201	1	Ant Pichin	53.6	-69.6	9127	351.60	15.57	99.999990	1
adr202	1	Ant Pichin	44.7	-78.4	9064	358.09	6.69	99.999990	1
adr203	1	Ant Pichin	45.0	-78.1	9268	357.36	7.01	99.999990	1
adr204	1	Ant Pichin	53.4	-69.7	9343	351.96	15.41	99.999990	1
adr205	1	Ant Pichin	45.3	-77.9	9583	358.80	7.26	99.999990	1
adr206	1	Ant Pichin	45.6	-77.5	9642	357.16	7.59	99.999990	1
adr207	1	Ant Pichin	45.3	-77.9	9684	358.66	7.26	99.999990	1
adr208	1	Ant Pichin	52.6	-70.5	10018	354.53	14.62	99.999990	1
adr209	1	Ant Pichin	52.6	-70.5	10121	354.30	14.60	99.999990	1
adr210	1	Ant Pichin	52.9	-70.2	10296	352.72	14.88	99.999990	1
adr211	1	Ant Pichin	51.2	-71.9	10333	1.95	13.25	99.999990	1
adr212	1	Ant Pichin	51.7	-71.4	10431	358.21	13.73	99.999990	1
adr213	1	Ant Pichin	50.4	-72.7	11705	2.58	12.40	99.999990	1
adr214	1	Ant Pichin	50.4	-72.7	11800	2.07	12.41	99.999990	1

adr215	1	Ant Pichin	49.7	-73.5	11971	6.62	11.65	99.999990	1
adr216	1	Ant Pichin	49.9	-73.3	12014	5.03	11.86	99.999990	1
adr217	1	Ant Pichin	49.6	-73.5	12273	5.51	11.63	99.999990	1
adr218	1	Ant Pichin	41.2	-81.9	12386	8.03	3.19	99.997610	1
adr219	1	Ant Pichin	49.7	-73.4	12499	4.26	11.70	99.999990	1
adr220	1	Ant Pichin	50.1	-73.1	12664	1.93	12.06	99.999990	1
adr221	1	Ant Pichin	50.0	-73.1	12738	1.92	12.03	99.999990	1
adr222	1	Ant Pichin	41.2	-81.9	13015	10.77	3.23	99.997526	1
adr223	1	Ant Pichin	49.6	-73.6	12867	3.91	11.56	99.999990	1
adr224	1	Ant Pichin	49.7	-73.5	12882	3.35	11.67	99.999990	1
adr225	1	Ant Pichin	49.1	-74.0	13410	4.93	11.10	99.999990	1
adr226	1	Ant Pichin	41.4	-81.7	13635	9.84	3.45	99.998247	1
adr227	1	Ant Pichin	41.9	-81.2	13728	7.55	3.87	99.999212	1
adr228	3	Troje	48.5	-74.6	6239	138.58	10.52	99.999990	1
adr229	1	Ant Pichin	49.2	-74.0	13856	3.63	11.16	99.999990	1
adr230	1	Ant Pichin	41.8	-81.3	14064	9.23	3.80	99.999043	1
adr231	1	Ant Pichin	48.6	-74.5	14032	5.84	10.63	99.999990	1
adr232	3	Troje	48.3	-74.8	5289	146.39	10.34	99.999990	1
adr233	1	Ant Pichin	34.7	-88.4	14030	3.48	-3.32	0.000000	1
adr234	3	Troje	49.5	-73.7	5191	142.25	11.45	99.999990	1
adr235	3	Troje	49.7	-73.4	5457	137.97	11.68	99.999990	1
adr236	3	Troje	50.4	-72.7	5980	130.42	12.38	99.999990	1
adr237	3	Troje	50.4	-72.7	5083	137.19	12.40	99.999990	1
adr238	3	Troje	50.4	-72.8	5016	138.03	12.35	99.999990	1
adr239	1	Ant Pichin	48.2	-74.9	14743	6.24	10.23	99.999990	1
adr240	3	Troje	48.7	-74.4	4523	144.46	10.72	99.999990	1
adr241	3	Troje	51.5	-71.6	5292	130.01	13.47	99.999990	1
adr242	1	Ant Pichin	47.9	-75.2	15255	6.60	9.91	99.999990	1
adr243	1	Ant Pichin	48.6	-74.5	15196	3.12	10.58	99.999990	1
adr244	3	Troje	51.8	-71.3	4033	139.78	13.84	99.999990	1
adr245	1	Ant Pichin	48.3	-74.8	15534	3.79	10.28	99.999990	1
adr246	3	Troje	53.0	-70.1	4503	128.91	14.99	99.999990	1
adr247	3	Troje	53.1	-70.0	4664	126.93	15.07	99.999990	1
adr248	3	Troje	53.1	-70.0	5017	123.61	15.14	99.999990	1
adr249	3	Troje	53.4	-69.7	5088	121.74	15.42	99.999990	1
adr250	3	Troje	53.2	-69.9	6017	115.61	15.19	99.999990	1
adr251	3	Troje	51.4	-71.7	3414	139.76	13.39	99.999990	1
adr252	3	Troje	53.8	-69.4	5110	119.95	15.75	99.999990	1
adr253	3	Troje	53.7	-69.4	3525	134.71	15.72	99.999990	1
adr254	3	Troje	52.5	-70.7	3234	139.40	14.46	99.999990	1
adr255	3	Troje	54.3	-68.8	4187	125.02	16.31	99.999990	1
adr256	3	Troje	49.8	-73.3	3132	140.19	11.77	99.999990	1
adr257	3	Troje	54.1	-69.0	3366	134.40	16.14	99.999990	1
adr258	3	Troje	54.3	-68.8	3332	133.78	16.35	99.999990	1
adr259	1	Ant Pichin	47.8	-75.3	16172	4.35	9.85	99.999990	1
adr260	3	Troje	54.7	-68.4	3335	131.96	16.74	99.999990	1

adr261	3	Troje	55.3	-67.8	2372	153.71	17.29	99.999990	1
adr262	3	Troje	55.3	-67.8	3427	127.87	17.33	99.999990	1
adr263	3	Troje	55.1	-68.0	4847	114.71	17.15	99.999990	1
adr264	3	Troje	55.6	-67.5	3877	121.53	17.64	99.999990	1
adr265	1	Ant Pichin	48.0	-75.2	16469	2.96	9.96	99.999990	1
adr266	3	Troje	55.5	-67.6	5220	109.30	17.55	99.999990	1
adr267	3	Troje	55.1	-68.0	2360	134.57	17.14	99.999990	1
adr268	3	Troje	55.7	-67.4	5258	108.00	17.73	99.999990	1
adr269	3	Troje	57.5	-65.6	3026	121.45	19.51	99.999990	1
adr270	3	Troje	55.9	-67.2	5524	104.41	17.95	99.999990	1
adr271	3	Troje	57.9	-65.2	3732	111.23	19.93	99.999990	1
adr272	3	Troje	58.8	-64.3	3584	108.31	20.85	99.999990	1
adr273	3	Troje	58.3	-64.8	4137	104.71	20.34	99.999990	1
adr274	3	Troje	56.5	-66.6	5680	99.63	18.47	99.999990	1
adr275	3	Troje	59.9	-63.2	3198	107.30	21.94	99.999990	1
adr276	3	Troje	61.6	-61.5	2204	112.77	23.57	99.999990	1
adr277	3	Troje	60.0	-63.1	3429	103.93	22.00	99.999990	1
adr278	3	Troje	60.1	-63.0	3356	104.24	22.12	99.999990	1
adr279	3	Troje	56.8	-66.3	5700	97.56	18.77	99.999990	1
adr280	3	Troje	56.8	-66.3	5740	96.75	18.84	99.999990	1
adr281	3	Troje	60.0	-63.1	3841	98.24	22.04	99.999990	1
adr282	3	Troje	60.4	-62.7	3643	98.69	22.41	99.999990	1
adr283	3	Troje	61.3	-61.8	3151	100.06	23.34	99.999990	1
adr284	3	Troje	57.1	-66.0	5795	94.70	19.08	99.999990	1
adr285	3	Troje	57.0	-66.1	5962	93.61	18.99	99.999990	1
adr286	3	Troje	57.2	-66.0	5837	93.68	19.16	99.999990	1
adr287	3	Troje	66.3	-56.9	1741	94.97	28.26	99.999990	1
adr288	3	Troje	58.4	-64.8	5350	90.54	20.36	99.999990	1
adr289	3	Troje	62.8	-60.3	3128	90.92	24.85	99.999990	1
adr290	3	Troje	65.2	-57.9	2356	88.78	27.20	99.999990	1
adr291	3	Troje	60.1	-63.0	4552	88.11	22.10	99.999990	1
adr292	3	Troje	64.6	-58.5	2735	85.80	26.61	99.999990	1
adr293	3	Troje	61.3	-61.8	4140	85.15	23.34	99.999990	1
adr294	3	Troje	61.2	-61.9	4247	84.26	23.24	99.999990	1
adr295	3	Troje	62.1	-61.0	3874	83.70	24.12	99.999990	1
adr296	3	Troje	65.7	-57.5	2614	80.63	27.65	99.999990	1
adr297	3	Troje	63.7	-59.4	3463	79.18	25.69	99.999990	1
adr298	3	Troje	63.3	-59.8	3614	79.23	25.33	99.999990	1
adr299	3	Troje	59.3	-63.8	5502	82.16	21.27	99.999990	1
adr300	3	Troje	61.9	-61.2	4217	79.76	23.93	99.999990	1
adr301	3	Troje	61.8	-61.3	4398	77.86	23.84	99.999990	1
adr302	3	Troje	62.9	-60.2	3996	75.88	24.95	99.999990	1
adr303	3	Troje	63.5	-59.6	3778	75.04	25.55	99.999990	1
adr304	3	Troje	64.5	-58.6	3449	73.14	26.53	99.999990	1
adr305	3	Troje	65.0	-58.1	3322	71.57	27.01	99.999990	1
adr306	3	Troje	65.9	-57.2	3071	69.50	27.92	99.999990	1

adr307	3	Troje	58.5	-64.6	2520	64.71	20.51	99.999990	1
adr308	3	Troje	59.6	-63.5	5585	78.64	21.63	99.999990	1
adr309	3	Troje	59.4	-63.7	5759	77.71	21.44	99.999990	1
adr310	3	Troje	63.4	-59.7	4001	71.79	25.44	99.999990	1
adr311	3	Troje	60.5	-62.6	5312	75.83	22.48	99.999990	1
adr312	3	Troje	60.6	-62.5	2866	61.87	22.62	99.999990	1
adr313	3	Troje	60.2	-63.0	5555	75.40	22.15	99.999990	1
adr314	3	Troje	58.4	-64.7	2507	55.99	20.37	99.999990	1
adr315	3	Troje	60.6	-62.5	2992	60.43	22.60	99.999990	1
adr316	3	Troje	58.5	-64.7	6480	76.61	20.46	99.999990	1
adr317	3	Troje	62.1	-61.0	4712	70.80	24.14	99.999990	1
adr318	3	Troje	65.9	-57.2	3447	61.39	27.91	99.999990	1
adr319	3	Troje	67.7	-55.4	3019	55.12	29.72	99.999990	1
adr320	3	Troje	59.4	-63.7	6156	73.48	21.42	99.999990	1
adr321	3	Troje	66.2	-56.9	3432	59.32	28.19	99.999990	1
adr322	3	Troje	59.5	-63.6	2792	50.46	21.55	99.999990	1
adr323	3	Troje	67.0	-56.1	3247	56.31	28.99	99.999990	1
adr324	3	Troje	62.2	-60.9	4879	68.04	24.17	99.999990	1
adr325	3	Troje	65.4	-57.8	3753	60.02	27.36	99.999990	1
adr326	3	Troje	60.2	-62.9	5947	70.35	22.17	99.999990	1
adr327	3	Troje	63.9	-59.2	4340	61.81	25.93	99.999990	1
adr328	3	Troje	59.2	-63.9	6532	71.01	21.20	99.999990	1
adr329	3	Troje	60.6	-62.5	3338	49.86	22.58	99.999990	1
adr330	3	Troje	62.7	-60.4	4954	62.66	24.68	99.999990	1
adr331	3	Troje	65.0	-58.1	4155	55.54	27.04	99.999990	1
adr332	3	Troje	61.0	-62.1	5762	65.66	23.01	99.999990	1
adr333	3	Troje	48.2	-74.9	4494	56.58	10.23	99.999990	1
adr334	3	Troje	52.1	-71.0	5747	64.22	14.10	99.999990	1
adr335	3	Troje	62.1	-61.0	5324	61.99	24.14	99.999990	1
adr336	3	Troje	59.5	-63.6	6672	67.76	21.48	99.999990	1
adr337	3	Troje	47.9	-75.2	5725	62.99	9.89	99.999990	1
adr338	3	Troje	65.0	-58.1	4301	52.80	27.02	99.999990	1
adr339	3	Troje	65.4	-57.7	4179	51.07	27.43	99.999990	1
adr340	3	Troje	64.3	-58.9	4607	54.50	26.25	99.999990	1
adr341	3	Troje	51.2	-71.9	4481	52.94	13.19	99.999990	1
adr342	3	Troje	66.3	-56.8	3945	46.28	28.30	99.999990	1
adr343	3	Troje	63.2	-59.9	5055	56.70	25.22	99.999990	1
adr344	3	Troje	55.6	-67.5	4918	54.94	17.61	99.999990	1
adr345	3	Troje	63.4	-59.7	5049	55.29	25.40	99.999990	1
adr346	3	Troje	64.2	-58.9	4819	51.11	26.23	99.999990	1
adr347	3	Troje	64.6	-58.5	4681	49.33	26.63	99.999990	1
adr348	3	Troje	58.7	-64.4	3883	38.20	20.73	99.999990	1
adr349	3	Troje	62.0	-61.1	5743	57.62	24.00	99.999990	1
adr350	3	Troje	61.4	-61.8	6054	59.20	23.36	99.999990	1
adr351	3	Troje	48.2	-75.0	4081	40.53	10.16	99.999990	1
adr352	3	Troje	65.8	-57.3	4300	43.35	27.78	99.999990	1

adr353	3	Troje	33.6	-89.5	3913	36.94	-4.39	0.000000	1
adr354	3	Troje	63.6	-59.5	5147	51.91	25.58	99.999990	1
adr355	3	Troje	48.3	-74.8	6857	61.94	10.34	99.999990	1
adr356	3	Troje	63.0	-60.1	5425	52.87	25.03	99.999990	1
adr357	3	Troje	64.4	-58.7	4886	47.90	26.37	99.999990	1
adr358	3	Troje	64.6	-58.5	4794	46.90	26.61	99.999990	1
adr359	3	Troje	57.0	-66.1	4168	38.18	19.03	99.999990	1
adr360	3	Troje	64.4	-58.8	4903	47.69	26.36	99.999990	1
adr361	3	Troje	61.9	-61.2	5956	55.78	23.91	99.999990	1
adr362	3	Troje	61.7	-61.4	6088	56.05	23.69	99.999990	1
adr363	3	Troje	63.8	-59.3	5175	48.92	25.81	99.999990	1
adr364	3	Troje	58.2	-64.9	4422	37.65	20.22	99.999990	1
adr365	3	Troje	62.7	-60.4	5697	51.77	24.71	99.999990	1
adr366	3	Troje	58.7	-64.4	4457	37.71	20.71	99.999990	1
adr367	3	Troje	63.7	-59.4	5327	47.47	25.67	99.999990	1
adr368	3	Troje	62.5	-60.6	5872	51.57	24.47	99.999990	1
adr369	3	Troje	60.5	-62.6	6997	55.63	22.53	99.999990	1
adr370	3	Troje	64.5	-58.6	5202	39.74	26.49	99.999990	1
adr371	3	Troje	60.9	-62.2	6850	53.76	22.91	99.999990	1
adr372	3	Troje	63.9	-59.2	5472	41.85	25.89	99.999990	1
adr373	3	Troje	61.5	-61.6	6563	51.34	23.52	99.999990	1
adr374	3	Troje	63.2	-60.0	5799	44.65	25.16	99.999990	1
adr375	3	Troje	63.4	-59.7	5732	42.88	25.40	99.999990	1
adr376	3	Troje	63.7	-59.4	5615	41.57	25.69	99.999990	1
adr377	3	Troje	63.8	-59.3	5568	40.63	25.84	99.999990	1
adr378	3	Troje	61.9	-61.2	6463	48.29	23.93	99.999990	1
adr379	3	Troje	64.8	-58.3	5264	34.75	26.79	99.999990	1
adr380	3	Troje	46.6	-76.5	7174	50.37	8.58	99.999990	1
adr381	3	Troje	64.1	-59.0	5728	33.97	26.12	99.999990	1

Nº de suscriptor (ARCHIVO): 381

Nº de suscriptor (EN MAPA): 381

Nº de suscriptor huérfano: 0

Nº de suscriptor cubierto: 373

ORDEN DE EMPASTADO