

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN DIGITAL  
TRONCALIZADO DE ÁREA EXTENDIDA PARA UNA EMPRESA QUE  
BRINDA SERVICIOS LOGÍSTICOS EN LIMA-CALLAO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

MELGAR LOAYZA, KATHERINE TERESA

**Villa El Salvador**

**2016**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia,  
A mi madre Raquel,  
A mi padre Augusto,  
A mis hermanas Andrea y Shirley,  
A blanca.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haber permitido que naciera en una grandiosa familia, soy muy afortunada por tener los padres y hermanas que tengo, muchas gracias por su apoyo incondicional, los amo mucho.

Al Ingeniero Oporto, mi asesor, gracias por el apoyo brindado, es un gran profesor, no olvidaré todas las enseñanzas brindadas en clases.

A mis profesores, gracias por las todas las enseñanzas y consejos brindados.

A los Ingenieros Juan José Saavedra y Nando Nora, por la paciencia que tienen hacia mi persona y por los consejos que me brindaron para culminar mi proyecto.

A mis Abuelos, Gregorio, Teresa y Félix, muchas gracias por apoyarme y darme los padres que tengo. Los amo.

A mis Tíos Luis, Carmen, Mariano y Fabiola; agradezco mucho todo el apoyo que me dieron en el transcurso de mi carrera profesional. Estoy muy agradecida.

Agradezco a Kevin Fernandez por los consejos que me brindó, por el apoyo incondicional a lo largo de mi carrera profesional y gracias por el apoyo en la elaboración de mi Proyecto de titulación. Te Amo

Finalmente, agradezco a todos mis amigos y compañeros de trabajo, cada consejo, cada conversación me ayudó a ser una mejor persona.

Finalmente me despido con este consejo:

“Nuestros Padres siempre piensan que nos va bien en todo ámbito de nuestra vida y que estamos camino a convertirnos en excelentes personas y que aportaremos algo especial a nuestra comunidad, por eso tenemos que esforzarnos mucho y dar todo de nosotros para lograrlo, ellos confían en nosotros, lo mínimo que debemos hacer es cumplir nuestros objetivos y hacer que se sientan orgullosos de nosotros, que sientan que valió la pena todo el esfuerzo que hicieron por cuidarnos y darnos la mejor educación”.

## INDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE.....	v
LISTADO DE FIGURAS .....	vii
LISTADO DE TABLAS.....	ix
CAPITULO I.....	2
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	3
1.3.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL .....	3
1.3.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL .....	3
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.4.1 PROBLEMA GENERAL .....	4
1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	4
1.5 OBJETIVOS.....	4
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	4
CAPITULO II .....	5
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.2 BASES TEORICAS.....	11
2.2.1 ESPECTRO RADIOELECTRICO .....	11
2.2.2 PATRON DE RADIACION.....	12
2.2.3 TIPOS DE ANTENAS SEGÚN SU PATRON DE RADIACIÓN .....	12
2.2.4 PERTURBACIONES EN LA TRANSMISION .....	13

2.2.5	MODELOS DE PROPAGACIÓN .....	14
2.2.6	ESTANDAR DE RADIOCOMUNICACIÓN.....	16
2.3	MARCO CONCEPTUAL .....	20
2.3.1	TIPOS DE SISTEMA .....	20
2.3.2	EQUIPOS DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN .....	21
2.3.3	MODOS DE COMUNICACIÓN.....	22
2.3.4	SISTEMA MOTOTRBO DIGITAL .....	22
2.3.5	TIPOS DE SISTEMAS MOTOTRBO .....	25
CAPITULO III	.....	30
3.1	ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS .....	30
3.1.1	DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA LOGISTICA ...	30
3.1.2	DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA EMPRESA LOGISTICA.....	32
3.2	DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN TRONCALIZADA DIGITAL .....	34
3.2.2	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPAMIENTO PROPUESTO .....	37
3.2.3	CÁLCULO DEL TRÁFICO DE VOZ Y DATOS PARA EL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN TRONCALIZADO.....	46
3.2.4	ESTUDIO DE COBERTURA .....	50
3.3	CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS .....	56
3.3.1	COBERTURA PARA RADIOS MÓVILES.....	56
3.3.2	COBERTURA PARA RADIOS PORTATILES.....	61
3.3.3	SOFTWARE DE MONITOREO DE RADIOS MÓVILES .....	66
3.3.4	ESQUEMAS DE CONEXIÓN .....	67
3.4	PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN TRONCALIZADO.....	70
3.5	ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN .....	71

## LISTADOS DE FIGURAS

FIGURA 1: IMAGEN REFERENCIAL DEL PATRÓN DE RADIACIÓN DE UNA ANTENA OMNIDIRECCIONAL.....	12
FIGURA 2: IMAGEN REFERENCIAL DEL PATRÓN DE RADIACIÓN DE UNA ANTENA DIRECCIONAL .....	13
FIGURA 3: COMUNICACIÓN SIMPLEX.....	20
FIGURA 4: COMUNICACIÓN HALF DÚPLEX .....	20
FIGURA 5: COMUNICACIÓN FULL DÚPLEX.....	21
FIGURA 6: COMPARACIÓN ENTRE ANALÓGICO Y DIGITAL .....	23
FIGURA 7: COMPARACIÓN DE CALIDAD DE AUDIO EN UNA COBERTURA .....	24
FIGURA 8: UBICACIÓN DE LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN .....	33
FIGURA 9. IMAGEN REFERENCIAL DEL SOFTWARE TRBONET PARA MONITOREO DE RADIOS POR GPS .....	35
FIGURA 10. REPETIDORA MOTOTRBO DGR 6175 .....	37
FIGURA 11. RADIO MÓVIL MOTOTRBO DGM8500.....	39
FIGURA 12: RADIO MÓVIL DGM 5000.....	40
FIGURA 13: RADIO PORTÁTIL MOTOTRBO DGP 8550.....	42
FIGURA 14: RADIO PORTÁTIL MOTOTRBO DGP 5050.....	44
FIGURA 15: NÚMERO DE USUARIOS VS NÚMERO DE CANALES PARA PERFILES MIXTOS .....	48
FIGURA 16: SOFTWARE RADIO MOBILE V 11.5.8.....	50
FIGURA 17: PROPIEDADES DE REDES PARA EL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN...	52
FIGURA 18: PROPIEDADES DE REDES, CREACIÓN DEL SISTEMA “REPETIDOR VHF” ..	53
FIGURA 19: PROPIEDADES DE REDES, CREACIÓN DEL SISTEMA “MÓVIL VHF” .....	54
FIGURA 20: PROPIEDADES DE REDES, CREACIÓN DEL SISTEMA “PORTÁTIL VHF” .....	54
FIGURA 21: ASIGNACIÓN DE SISTEMAS A LA UNIDADES CREADAS .....	55
FIGURA 22: ÁREA DE COBERTURA DE LA CD CALLAO 2 PARA RADIO MÓVILES .....	57
FIGURA 23: ÁREA DE COBERTURA DE LA CD LURIGANCHO PARA RADIO MÓVILES .....	58
FIGURA 24: ÁREA DE COBERTURA DE LA CD VILLA 1 PARA RADIO MÓVILES.....	59
FIGURA 25: ÁREA TOTA DE COBERTURA PARA RADIOS MÓVILES .....	60
FIGURA 26: ÁREA DE COBERTURA DE LA CD CALLAO 2 PARA RADIO PORTÁTILES .....	62

FIGURA 27: ÁREA DE COBERTURA DE LA CD LURIGANCHO PARA RADIO PORTÁTILES	63
FIGURA 28: ÁREA DE COBERTURA DE LA CD VILLA 1 PARA RADIO PORTÁTILES.....	64
FIGURA 29: ÁREA DE COBERTURA TOTAL PARA RADIOS PORTÁTILES .....	65
FIGURA 30: ESQUEMA DE COMUNICACIÓN DEL DESPACHADOR CON LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE .....	66
FIGURA 31: ESQUEMA DE CONEXIÓN DE UNA RADIO BASE.....	67
FIGURA 32: ESQUEMA DE CONEXIÓN DE REPETIDORAS .....	68
FIGURA 33: TOPOLOGÍA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN PROPUESTO .....	69
FIGURA 34. GRÁFICO COMPARATIVO DE PRECIOS ENTRE SISTEMAS TRONCALIZADOS P25 Y MOTOTRBO LINKED CAPACITY PLUS .....	73



## LISTADO DE TABLAS

TABLA 1: BANDAS DE FRECUENCIA DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO .....	11
TABLA 2: DIFERENCIA ENTRE ESTÁNDAR DMR, TETRA Y APCO P25.....	19
TABLA 3: TABLA DE REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA LOGÍSTICA .....	31
TABLA 4: INFRAESTRUCTURA DE LA EMPRESA LOGÍSTICA.....	34
TABLA 5: DESEMPEÑO DE FRECUENCIAS.....	36
TABLA 6: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA REPETIDORA DGR 6175.....	38
TABLA 7: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA RADIO MÓVIL DGM 8500 .....	39
TABLA 8: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA RADIO MÓVIL DGM 5000 .....	41
TABLA 9: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA RADIO PORTÁTIL DGP 8550 .....	43
TABLA 10: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA RADIO PORTÁTIL DGP 5050 .....	45
TABLA 11: RESUMEN DE EQUIPOS PROPUESTOS POR CARGO EN LA EMPRESA LOGÍSTICA .....	45
TABLA 12: PERFILES PARA DETERMINAR EL TRÁFICO DE VOZ Y DATOS .....	47
TABLA 13: RESUMEN DE TERMINALES MÓVILES POR CENTRO DE DISTRIBUCIÓN .....	48
TABLA 14: PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN TRONCALIZADO .....	70
TABLA 15. PRESUPUESTO REFERENCIAL DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN TRONCALIZADO P25.....	72
TABLA 16. TABLA COMPARATIVA DE PRECIOS .....	72

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento del sector logístico está aumentando, y con ello aparecen nuevas dificultades para su coordinación y seguridad, como la distribución de mercadería; las empresas logísticas cuentan con varios centros de distribución, y vehículos de transporte de mercadería: por ello requieren de comunicación y monitoreo constante con el personal que realiza los trabajos de transporte, exportación y carga de mercadería.

Los sistemas de radiocomunicación brindan soluciones personalizadas, de acuerdo a los requerimientos de cada cliente, con el sistema de radiocomunicación se tiene comunicaciones seguras ya que estos sistemas se dimensionan de acuerdo a los requerimientos brindados, por ejemplo, grupos de comunicación, cantidad de usuarios, área de interés.

Los equipos de radiocomunicación cuentan con receptores GPS que permite encontrar se ubicación exacta, mediante un software de monitoreo de radios, puede observarse el recorrido de los vehículos y dar una alerta cuando sale de su área de trabajo.

En comparación con los sistemas celulares, este sistema es más fácil a la hora de comunicar, ya que solo presionando e PTT, se puede comunicar con el personal, además estos equipos son más robustos, con protección contra chorros de agua y protección contra polvo.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Las empresas logísticas se iniciaron aproximadamente hace más de 20 años, inicialmente su trabajo consistía en brindar servicios de almacenaje y mudanzas, ahora el trabajo consiste también en la administración de inventarios, distribución de mercaderías, servicios Door to Door, etc.

El crecimiento de las empresas logísticas está aumentando, ahora este tipo de negocio cuenta con varios centros de distribución (Bodegas), siendo este el último paso de la orden de un cliente; también cuentan con unidades de transportes para cargas grandes y motocicletas para envío de documentos o paquetes pequeños.

Por ello, se requiere que el personal de la empresa tenga una comunicación confiable y se realice el monitoreo de los vehículos de transporte, para mejorar la productividad, optimizar y asegurar el traslado de mercadería.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

El proyecto se justifica por la necesidad que tiene la empresa logística de mejorar la comunicación entre sus trabajadores de Centros de distribución, en monitorear sus vehículos de transportes cuando realizan el traslado de mercadería, evitando los desvíos de ruta, tiempo de entrega del producto, tiempo perdido en el tráfico; así mismo se requiere monitorear el traslado de mercadería pequeñas, que usualmente son transportadas en motos lineales.

El uso de teléfonos celulares es una buena opción para comunicación, sin embargo estos no cuentan con las características necesarias para trabajos privados, por ejemplo llamadas grupales, llamadas privadas; además cuando ocurre un desastre natural la telefonía móvil celular queda saturada, en los sistemas privados de radiocomunicación no ocurre esto ya que el sistema es creado de acuerdo a los grupos de comunicación y usuarios que requiere el cliente.

## **1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO**

### **1.3.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL**

El presente proyecto se realizará para brindar comunicación para terminales portátiles dentro y alrededor de los centros de distribución y para los terminales móviles durante el recorrido de sede a sede (Villa el salvador-San Juan de Lurigancho-Callao).

### **1.3.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL**

El proyecto de investigación tiene una duración estimada de 2 meses a partir del inicio del mismo.

## **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.4.1 PROBLEMA GENERAL**

- ¿Cómo brindar una comunicación confiable y cómo realizar el monitoreo de los vehículos de transporte para aumentar la productividad y seguridad de las empresas logísticas?

### **1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Qué equipos utilizar?
- ¿En qué banda de frecuencia se debe realizar el Sistema de Radiocomunicación?
- ¿Cómo realizar la comunicación de área extendida?

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

- Mejorar la productividad y seguridad de la empresa logística, así mismo gestionar y monitorear la flota de vehículos de transporte por medio de un sistema de radiocomunicación digital de área extendida.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Identificar la cantidad de usuarios que tendrán radios portátiles y móviles, considerando el grado de servicio de las llamadas.
- Identificar la zona de interés o zona de cobertura que la empresa logística requiere para la comunicación con sus transportistas.
- Determinar la tecnología y la banda de frecuencia más adecuada para el sistema de radiocomunicación.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el diseño del Sistema de Radiocomunicación de Área Extendida, fue necesario consultar diferentes fuentes o trabajos relacionados al tema de estudio.

**José Fabián Mosquera Torres, (2012).** En la Escuela Politécnica Nacional, presentó su Proyecto previo para la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. *Rediseño de un sistema de Radiocomunicaciones VHF, para aprovechar las ventajas de una tecnología Digital.*

En este proyecto compara las diferentes tecnologías y técnicas de acceso al medio; MOTOROLA tiene como tecnología MOTOTRBO y utiliza TDMA como acceso al medio; por otro lado KEWOOD e ICOM usan la tecnología NEXEDGE y utilizan FDMA como técnica de acceso al medio.

Así mismo, hace la comparación entre sistemas VHF de comunicaciones Analógicos y Digitales, con referencia a la calidad de señal y cobertura.

En el Sistema analógico la calidad de señal y audio se degrada linealmente, mientras que en digital se tiene una mayor uniformidad en la misma área de cobertura, debido al procesamiento de señal que permite corregir errores, minimizar ruido y mejorar la calidad de audio del sistema.

**Diego Armando Mediavilla Morejón, Diana Carolina Talavera Villamarín, (2011).** En la Escuela Politécnica Nacional, presentaron su Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. *Estudio de la Migración del Sistema VHF Analógico a Digital de Petrocomercial Distrito Norte Tomo I.*

El proyecto de titulación trata sobre el estudio del cambio de tecnología utilizada para las transmisiones VHF de PETROCOMERCIAL Distrito Norte, de analógica a digital

En el primer capítulo se encuentran las bases teóricas necesarias para la comprensión y entendimiento del Proyecto.

El segundo capítulo empieza con una descripción del Sistema de Comunicaciones VHF actual de la empresa, detallando la ubicación geográfica de los sitios de enlaces, equipos y parámetros importantes para la transmisión. Se realiza el diagnóstico de la red actual, enumerando sus fortalezas y debilidades, que justifican los requerimientos de la empresa para la implementación de la nueva tecnología digital VHF. Con los datos anteriores y

evaluando la situación actual de comunicaciones analógicas se propone un nuevo Sistema VHF, completamente digital, utilizando equipos MOTOROLA de la serie MOTOTRBO y CANOPY.

**Luis Angel Rolando Canales Vega.** En la Pontificia Universidad Católica del Perú, presentó sus Tesis para optar al Título de Ingeniero de las Telecomunicaciones. *Diseño VHF de la red Pastaza Alto para el Proyecto EHAS-PAMAFRO.*

Tesis presentada para el Diseño de una Red de Comunicación de Centros y Puestos de Salud de Comunidades Amazónicas en la zona norte de la Cuenca del río Pastaza, ubicado el distrito de Andoas, cuya capital es Alianza Cristiana, en la provincia del Datem del Marañón, en el departamento de Loreto.

Esta red de comunicación contribuirá a la atención sanitaria en la región, y en particular, servirá para reducir la Malaria. Esta red se implementará bajo los criterios del Programa EHAS en el marco de las actividades del proyecto PAMAFRO, dirigido por el Organismo Andino de Salud (ORAS) y financiado por el Fondo Global.

La red de telecomunicaciones a implementar permitirá el uso de medios como correo electrónico y transmisión de mensajes de voz y datos. Para esto se utilizó radios de comunicación VHF que trabajan en la banda 140 Mhz a 170 Mhz, antenas omnidireccionales, antenas yagi, computadoras embebidas, un sistema operativo Linux con servicios de red que actúa como servidor de correo y varios servidores como: servidor cliente, servidor repetidor y servidor pasarela, todo esto para la transmisión de voz y datos.



**Andrés Tocornal Orostegui, (2007).** En la Universidad de Chile, presentó su Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Electricista. *Análisis Técnico – Económico del Sistema de Radiocomunicación d Línea 4/4A del Metro de Santiago.*

Este trabajo de título se enmarca dentro de un proyecto para la plataforma de radiocomunicaciones de Metro S.A. en Líneas 4/4A. Dicha plataforma está constituida por dos sistemas independientes entre sí, correspondientes a un sistema radiante y un sistema de despacho. El sistema de despacho permite proveer comunicaciones y control centralizado a múltiples estaciones bases, repetidores y otros equipos de audio integrando las comunicaciones de radio, telefonía y “paging” en un solo sistema compartido.

El objetivo general de este trabajo es realizar un análisis comparativo desde el punto de vista técnico y económico de dos tecnologías distintas para el sistema de despacho correspondientes a Motorola MCC5500 y Zetron 4048. Considerando la fuerte política de expansión de la red del Metro S.A., en respuesta al proyecto de innovación del transporte público urbano en Chile, Transantiago, este trabajo adquiere gran relevancia, pues proporcionará una ayuda significativa para Metro S.A. al momento de decidir en qué tecnología invertir para sus plataformas de radiocomunicaciones venideras.

Se comienza por revisar el estado del arte de los sistemas de radiocomunicaciones actuales, enfocándose en Trunking digital, de modo de contextualizar el trabajo y contrastarlo con la tecnología utilizada actualmente en la plataforma de Radiocomunicaciones de Metro S.A.

**Marco Antonio Ojeda Haro, (2003).** En la Universidad Austral de Chile, presentó sus tesis para optar al título de Ingeniero Electrónico. *Implementación de experiencias para la medición de parámetros de calidad en equipos de Radiocomunicaciones en las bandas de HF y VHF.*

En el capítulo III de la tesis, detalla las cualidades de la transmisión en la banda VHF; banda VHF Baja, son utilizadas para establecer enlaces monocanales del tipo fijo o móvil. Su propagación se puede considerar como una transición entre las bandas HF y VHF alto, siendo afectada ocasionalmente por interferencias de largo alcance, causadas por reflexiones esporádicas en la ionosfera.

En relación al VHF alto, esta banda presenta menores atenuaciones tanto de espacio libre como por obstrucciones del trayecto, pero requiere el uso de potencias más elevadas y antenas de mayor tamaño. Su aplicación resulta más adecuada en zonas rurales, debido principalmente al alto nivel de ruido radioeléctrico presente en áreas urbanas.

Banda VHF alto., son utilizadas principalmente para establecer enlaces monocanales, del tipo fijo o móvil.

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

Las condiciones anómalas de propagación resultan poco probables en esta banda, lográndose enlaces confiables que operan, por lo general, libres de interferencias. Su aplicación resulta muy conveniente para sistemas móviles de

amplia cobertura, en áreas urbanas, suburbanas y rurales, debido principalmente a la notoria disminución del ruido radioeléctrico existente en esta banda, obteniéndose buenos resultados con potencias comparativamente menores y antenas a tamaño razonable, que proporcionan ganancias adecuadas.

## 2.2 BASES TEORICAS

### 2.2.1 ESPECTRO RADIOELECTRICO

El espectro radioeléctrico está conformado por un segmento del espectro electromagnético, cuyas frecuencias se fijan desde los 3KHz hasta los 300 GHz y forma parte del patrimonio de la Nación.

Según la UIT "el espectro radioeléctrico se ha convertido en un recurso natural que debe ser controlado"; en cada país existe un ente regulador que adjudica las frecuencias; en el Perú, el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) administra las frecuencias con el PNAF (Plan Nacional de Atribución de Frecuencias), el cual contiene los cuadros de atribución de frecuencias de los diferentes servicios de telecomunicaciones en la República del Perú.

A continuación en la tabla se muestra las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico consideradas por el MTC.

BANDA	DENOMINACIÓN	FRECUENCIA MINIMA	FRECUENCIA MAXIMA	$\lambda$ MÁXIMA	$\lambda$ MINIMA
VLF	Frecuencia Muy Baja	3 kHz	30 kHz	100 km	10 km
LF	Frecuencia Baja	30 kHz	300 kHz	10 km	1 km
MF	Frecuencia Media	300 kHz	3 MHz	1 km	100 m
HF	Frecuencia Alta	3 MHz	30 MHz	100 m	10 m
VHF	Frecuencia Muy Alta	30 MHz	300 MHz	10 m	1 m
UHF	Frecuencia Ultra Alta	300 MHz	3 GHz	1 m	10 cm
SHF	Frecuencia Super Alta	3 GHz	30 GHz	10 cm	1 cm
EHF	Frecuencia Extremadamente Alta	30 GHz	300 GHz	1 cm	1 mm

Tabla 1: Bandas de Frecuencia del espectro radioeléctrico

Fuente: Elaboración Propia, basado en PNAF

## 2.2.2 PATRON DE RADIACION

Es el área de cobertura de la radiación que emite una antena, normalmente se representa en una gráfica de dos dimensiones.

## 2.2.3 TIPOS DE ANTENAS SEGÚN SU PATRON DE RADIACIÓN

Una antena es un dispositivo que convierte las señales eléctricas en señales electromagnéticas y pueden ser transmitidas por el espacio libre.

Las antenas se clasifican, en función a su patrón de radiación, en omnidireccionales y direccionales.

### 2.2.3.1 ANTENAS OMNIDIRECCIONALES

Las antenas omnidireccionales son buenas para cubrir grandes áreas, se utilizan cuando se necesita tener cobertura en todas las direcciones de la antena, entre ellas tenemos por ejemplo los monopolos con polarización vertical y los dipolos.

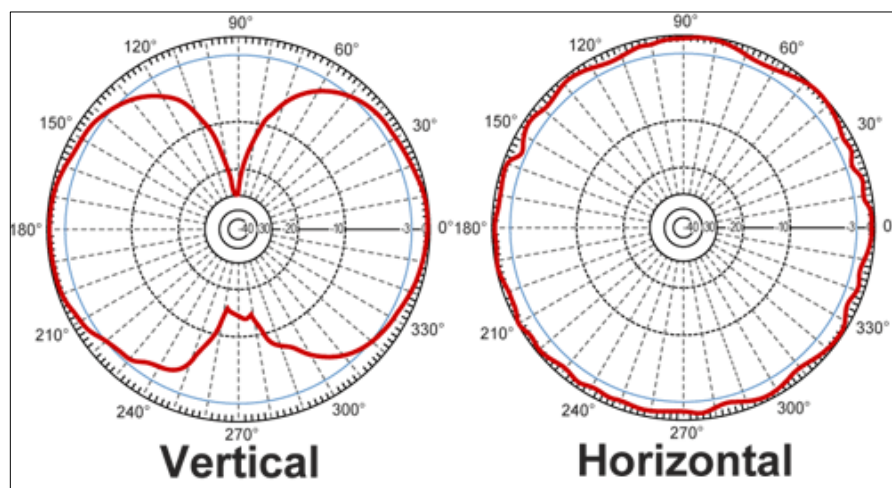


Figura 1: Imagen referencial del patrón de radiación de una antena omnidireccional

Fuente: <http://www.ds3comunicaciones.com/>

### 2.2.3.2 Antenas Direccionales

Las antenas direccionales son muy eficaces cuando se requiere una conexión punto a punto, ya que concentra la mayor cantidad de energía irradiada de manera localizada, entre ellas están las antenas yagi que proporcionan mucho mejor rendimiento que las antenas dipolos cuando se requiere concentrar mayor radiación en una dirección en específico

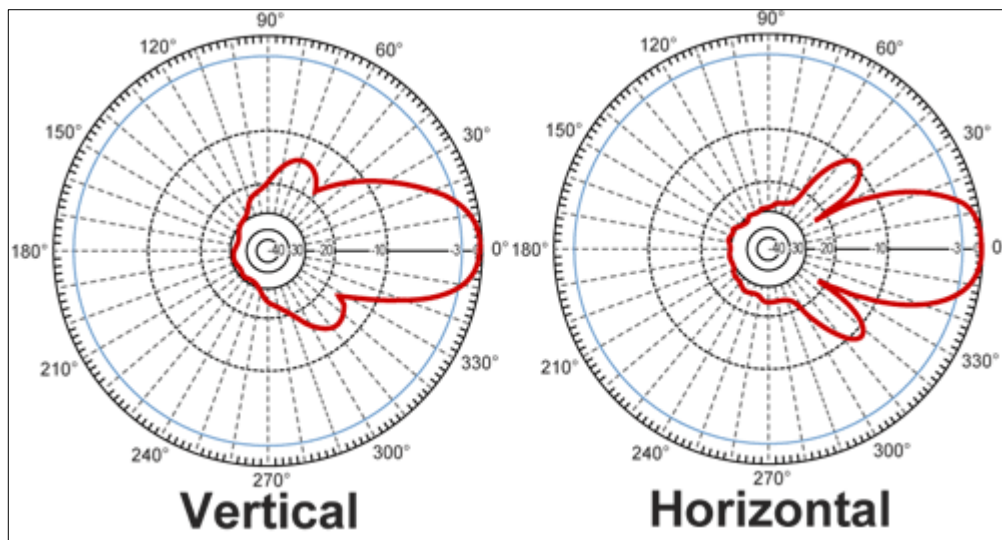


Figura 2: Imagen referencial del patrón de radiación de una antena direccional

Fuente: [sites.google.com/site/uftwiki/project-definition](https://sites.google.com/site/uftwiki/project-definition)

## 2.2.4 PERTURBACIONES EN LA TRANSMISION

### 2.2.4.1 ATENUACION

Es la perdida de potencia de la señal transmitida hacia el receptor.

### 2.2.4.2 RUIDO

Es una señal no deseada que se acopla a la señal que se transmite en los equipos de comunicaciones.

**RUIDO TERMICO:** es el ruido producido por el movimiento de los electrones en los conductores y semiconductores, por ello está presente en los sistemas de comunicaciones ya que están diseñados por componentes eléctricos y electrónicos.

**RUIDO INTERMODULAR:** es la mezcla indeseable de señales originada por los transmisores de varios radios, interfiriendo con la recepción de la señal adecuada.

**RUIDO IMPULSIVO:** Este tipo de ruido es impredecible puesto que siempre está presente en forma de sobresaltos o picos de tensión en el suministro de energía. Este tipo de ruido no es muy notable en la transmisión de señales analógicas pero en la transmisión de señales digitales podría provocar pérdida de datos.

## **2.2.5 MODELOS DE PROPAGACIÓN**

### **2.2.5.1 MODELO DE LONGLEY-RICE**

Este modelo Longley-Rice es aplicable para el rango de frecuencias entre los 20 MHz a 40GHz.

Este modelo de propagación predice la pérdida de transmisión media a largo plazo sobre el terreno irregular con relación a la pérdida de transmisión en el espacio libre. Este modelo tiene dos modos de predicción, el modo punto a punto y el modo zona; el modo punto a punto requiere como datos de entrada el clima, la curvatura de la tierra, fiabilidad y nivel de confianza. El modo de predicción de zona requiere como datos de entrada el clima, la curvatura de la tierra, la irregularidad del terreno.

### **2.2.5.2 MODELO DE OKUMURA**

El modelo Okumura es aplicable para las frecuencias ubicadas entre los 150 MHz a 3GHz, este modelo puede ser usado para alturas de la antena transmisora en el rango de 30m a 1000m.

### **2.2.5.3 Modelo Hata(Okumura-Hata)**

El modelo Hata se basa en el modelo de propagación Okumura, es una formulación empírica de los datos de las pérdidas de propagación por Okumura y es aplicable para las frecuencias comprendidas entre los 150MHz hasta los 1500 MHz.

Este modelo es utilizado en coberturas de macro celdas y sistemas de comunicación móvil.

Se basa en un conjunto de mediciones para distintas alturas de antenas de la estaciones base, y con una altura de la antena móvil de 1.5 metros. Estas medidas se efectuaron en las bandas 150MHz, 450MHz y 900MHz con una potencia radiada aparente de 1KW.

A partir de estas medidas, se han creado ecuaciones basadas en múltiples parámetros que permiten predecir las pérdidas de propagación, ecuaciones en las cuales es necesario conocer la frecuencia de operación expresada en MHz, la altura de la antena transmisora, la altura de la antena receptora, la distancia en Km y un término de corrección por altura móvil. A continuación se muestra la formula estándar para las perdidas dentro de un área urbana.



$$\begin{aligned}
L50(\text{urbano})(dB) &= 69.55 + 26.16 \log(fc) - 13.82 \log(htx) - a(hrx) \\
&+ (44.9 - 6.55 \log(htx)) \log(d)
\end{aligned}$$

#### **2.2.5.4 MODELO WALFISH Y BERTONI**

El rango de frecuencia aplicable para este modelo está entre los 300MHz hasta los 3000MHz. Este modelo considera el efecto de la altura y los techos de las edificaciones, utilizando modelos de difracción para predecir la potencia media de la señal a nivel del pavimento. Se utilizan en sistemas de comunicación móvil y macro celdas. Este modelo no es aplicable cuando la antena transmisora esta debajo de la altura media de los edificios.

#### **2.2.5.5 MODELO BULLINGTON**

El modelo Bullington es un modelo analítico que utiliza la información de la elevación del terreno a lo largo de la trayectoria, además adiciona información de las obstrucciones que se encuentran en el terreno. se utiliza en coberturas de macro celdas y enlaces punto a punto. Este modelo es el más utilizado para comunicaciones aire-tierra, ya que modelo da buenos resultados en frecuencias a partir de los 80MHz.

#### **2.2.6 ESTANDAR DE RADIOCOMUNICACIÓN**

Según el ETSI hay tres tipos estándares de radiocomunicación, a continuación se explica cada uno de estos:

##### **2.2.6.1 DMR**

DMR (Digital Mobile Radio) es un estándar del ETSI el cual fue concebido y desarrollado como protocolo de radio digital de banda estrecha con el fin de conseguir una mejora de la eficiencia espectral sobre la radio analógica

tradicional PMR y para facilitar las comunicaciones bidireccionales a través de radio digital.

DMR está basado en un protocolo que utiliza dos time slots (intervalos de tiempo) en un modo de acceso de tipo TDMA de canalización 12,5 KHz y puede operar en el rango de frecuencias de 30 MHz a 1 GHz.

El principal objetivo de la norma es especificar un sistema digital con baja complejidad, de bajo coste y que permita la interoperabilidad entre las marcas que comercializan el estándar, por lo que los usuarios de este sistema de radio no están bloqueados en una determinada solución comercial propietaria. En la práctica, algunas marcas no se han adherido a este estándar abierto, o no lo han hecho en su totalidad, y por contra han introducido características propias que hacen sus ofertas de productos no interoperables con los del resto de marcas que sí se han adherido completamente al estándar.

Modos de operación:

- Tier I: Modo directo (DMO)
- Tier II: Infraestructura (repetidor)
- Tier III: Trunking (con capacidad de operación simulcast)

#### **2.2.6.2 TETRA**

TETRA (Terrestrial Trunked Radio) es un estándar del ETSI para radios digitales troncalizados desarrolladas para atender las necesidades de las grandes industrias entre ellas:

- Seguridad Pública
- El gobierno

- La Milicia
- Industrias Portuarias, etc

Ya que ha sido diseñada para situaciones de estado crítico por ello cuenta con características altamente especializadas entre las cuales se pueden destacar:

- **Disponibilidad:** Diseñada para responder con un mínimo de funcionalidad incluso ante desastres naturales, caídas de alimentación o corte de las comunicaciones entre elementos estructurales de la infraestructura, tales como las estaciones base.
- **Confidencialidad:** Está configurada con distintos algoritmos de encriptación por aire o extremo a extremo entre terminales lo cual la hace prácticamente imposible de interceptar.
- **Integridad:** Al ser una red de comunicaciones propia sólo los terminales autorizados podrán acceder al sistema y que los propios terminales verifican que el sistema en el que hablan es el adecuado. También se controlan y registran los tiempos de envío de los mensajes y datos.

### 2.2.6.3 APCO P25

P25 (Proyecto 25) es un estándar de la TIA para comunicación de radios digitales para uso del gobierno y organizaciones de seguridad pública en estados unidos en casos de emergencia y situaciones críticas.

Entre las características de la tecnología P25 destacan:

- Las radios P25 pueden comunicar en modo analógico y en modo digital.
- Eficiencia en uso del espectro radioeléctrico.

- Modos de comunicación Talk around y convencional.
- La información presenta encriptación y cifrado lo que lo hace invulnerable ante intersecciones maliciosas.
- Opera en las bandas VHF y UHF

A continuación en la Tabla 2 se muestra la diferencia entre los estándares DMR, Tetra, APCOP25.

DESCRIPCIÓN	DMR	TETRA	APCO P25
<b>Estandar</b>	ETSI	ETSI	APCO
<b>Tipo de estandar</b>	propietario	abierto	abierto
<b>Método de acceso</b>	TDMA	TDMA	FDMA
<b>Eficiencia Espectral</b>	25khz/12.5khz	25khz	12.5Khz o 25 Khz
<b>Capacidad</b>	2 canales	4 canales (4 timeslots)	1 canal
<b>Compatibilidad con sistemas analógicos</b>	Si	No, sólo digital	Sí
<b>Funcionamiento convencional</b>	Sí, puede funcionar con Troncalizado o convencional	No, sólo funciona Troncalizado	Sí, puede funcionar con Troncalizado o convencional
<b>Seguridad</b>	No	Encriptación y Autenticación	Encriptación avanzada
<b>Integración de Voz y datos</b>	Si, 4800bps	Si, 7200bps/ 28.8 kbps (Multi-slot packet data )	Si, 9600bps
<b>Interconexión telefónica</b>	half duplex	full duplex	half duplex
<b>Tipos de llamadas</b>	Grupales, Privadas, de emergencia	Grupales, Privadas, de emergencia	Grupales, Privadas, de emergencia

Tabla 2: Diferencia entre estándar DMR, TETRA y APCO P25

Fuente: [Elaboración Propia]

## 2.3 MARCO CONCEPTUAL

### 2.3.1 TIPOS DE SISTEMA

Es aquella comunicación que se refiere a la dirección de transmisión de la información entre el emisor y receptor, puede efectuarse en forma bidireccional: half dúplex, full dúplex:

**Simplex:** Es toda comunicación que se realiza de forma unidireccional; es decir que el receptor no puede contestar el mensaje que envió el transmisor.

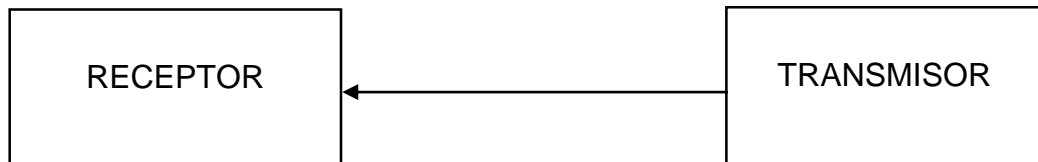


Figura 3: Comunicación Simplex

Fuente: [Elaboración Propia]

**Half dúplex:** Aquella comunicación donde el transmisor y el receptor pueden comunicarse en ambas direcciones pero no simultáneamente; es decir no pueden realizar las dos acciones al mismo tiempo.

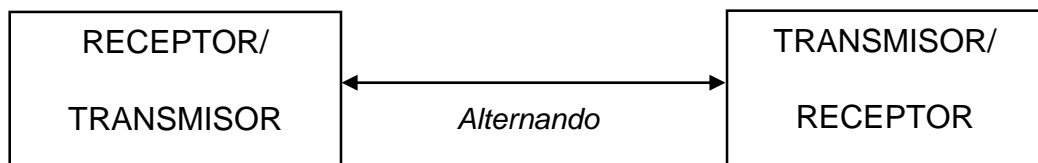


Figura 4: Comunicación Half Dúplex

Fuente: [Elaboración Propia]

**Full dúplex:** Aquella comunicación que se realiza en forma simultánea, cuando el receptor y el transmisor pueden comunicarse al mismo tiempo.

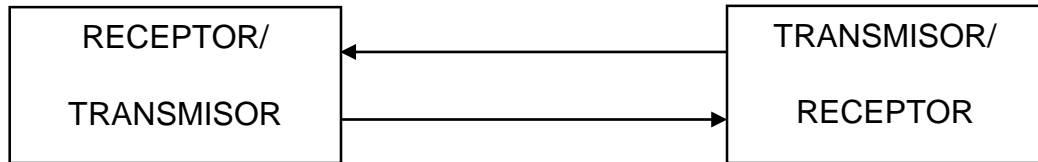


Figura 5: Comunicación Full Dúplex

Fuente: [Elaboración Propia]

## **2.3.2 EQUIPOS DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN**

### **2.3.2.1 REPETIDOR**

Estación de radio que retransmite las señales de radio recibidas automáticamente, uno de los principales papeles es que aumenta el área de cobertura, retransmite o repite mensajes con mayor potencia y de una mejor ubicación, ya que son usualmente instalados en sitios remotos.

### **2.3.2.2 ESTACIÓN BASE**

Unidad transmisora/receptora ubicada en un lugar fijo, llamado comúnmente centro de despacho, mantiene comunicación directa con las unidades móviles y portátiles.

La estación base permite monitorear las unidades móviles y portátiles, funciona como el centro de control, permite coordinar todo tipo de actividades y proporciona a la persona la posibilidad de estar en contacto con cualquier unidad de campo a toda hora.

### **2.3.2.3 RADIO MOVIL**

La función principal de este equipo es permitir la comunicación de los usuarios cuando estos están en movimiento dentro de vehículo de transporte, es usado para empresas de servicios de taxi, logística, seguridad, etc.

### **2.3.2.4 RADIO PORTATIL**

La función principal de este equipo es mantener la comunicación de los usuarios que están constantemente desplazándose dentro del área de trabajo, la radio portátil es ligera y permite la comunicación con un PTT (push to talk).

### **2.3.3 MODOS DE COMUNICACIÓN**

Un sistema MOTOTRBO se compone de radios que se comunican entre sí en los siguientes modos disponibles:

- Modo Directo

Cuando dos radios se comunican sin hacer uso de la repetidora, la recepción y transmisión se llevan a cabo en el mismo canal físico, es decir la frecuencia de transmisión y recepción es la misma.

- Modo Repetidor

Cuando dos radios se comunican haciendo uso del repetidor, es cuando no existe línea de vista entre los radios.

### **2.3.4 SISTEMA MOTOTRBO DIGITAL**

El Sistema de Radiocomunicación Mototrbo Digital, utiliza la tecnología TDMA (Acceso múltiple por División de tiempo), esta tecnología divide un canal de 12.5 kHz en dos intervalos de tiempos alternos, conservando el ancho completo del canal, creando así dos canales lógicos en un canal de 12.5 KHz físico.

Cada llamada de voz utiliza sólo uno de estos canales lógicos, y cada usuario accede a una ranura de tiempo como si se tratase de un canal independiente, de este modo se puede brindar una eficiencia equivalente a 6.25 kHz en un canal existente de 12.5 KHz. Esto proporciona el doble de capacidad de llamadas en comparación con los radios analógicos que utilizan la tecnología FDMA (Acceso múltiple por división de frecuencia), donde cada transmisión de radio transmite continuamente en un canal designado.

En la Figura 6 se muestra la comparación entre analógicos y Mototrbo.

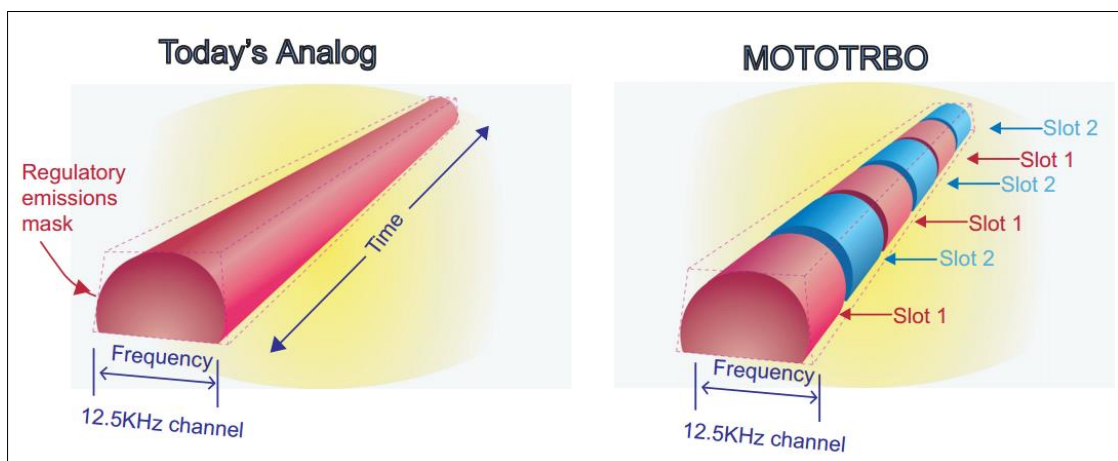


Figura 6: Comparación entre analógico y digital

Fuente: [System Planner Mototrbo]

Como se puede apreciar en la imagen anterior en las radios analógicas se tiene un canal de voz en un espacio de 12.5 KHz, por lo tanto se requiere una repetidora por cada canal.

En las radios digitales el canal existente se divide en dos intervalos de tiempo, el cual ofrece el doble de la capacidad del repetidor, donde el repetidor individual realiza el trabajo de dos repetidoras (2 canales por repetidor), siendo el rendimiento igual o mejor que 12.5 KHz FDMA.



### 2.3.4.1 CALIDAD DE AUDIO

En los sistemas analógicos el audio se degrada de forma lineal a lo largo de la región de cobertura, esto quiere decir que a medida que el receptor se aleja del transmisor la calidad de audio disminuye, generando estática y ruido excesivo; en las radios digitales la calidad de audio se lleva a cabo de manera más consistente en la misma región de la cobertura, sin embargo, las señales digitales cambian abruptamente de "buena señal" a "sin señal" cuando cruzan el borde de la zona de cobertura.

A continuación en la Figura 7 se muestra la calidad de audio entre un sitio analógico y un sitio digital.

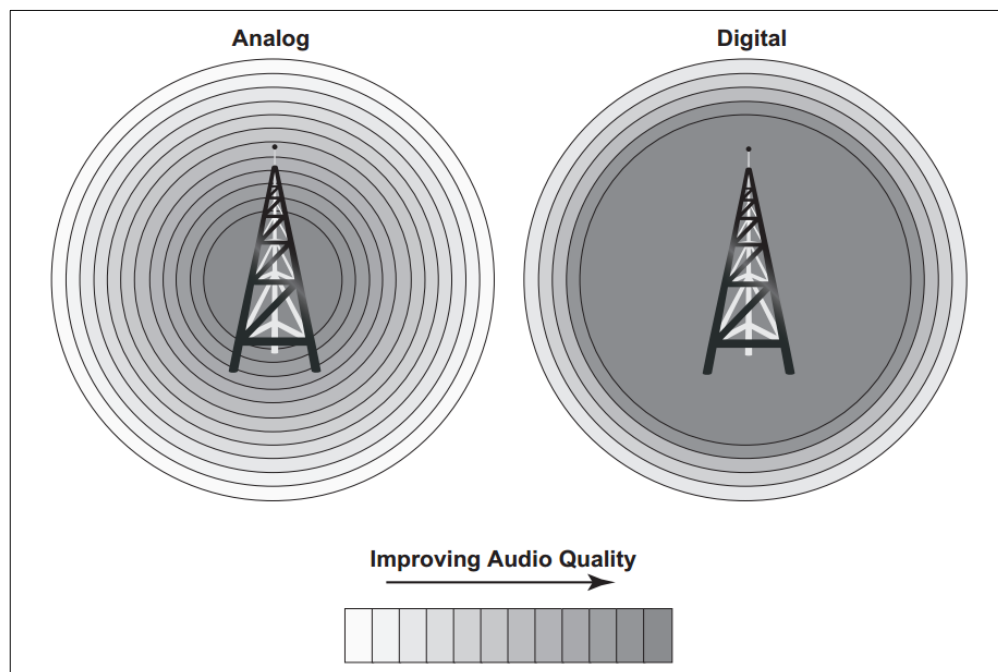


Figura 7: Comparación de calidad de audio en una cobertura

Fuente: [Systema Planner Mototrbo]

En la imagen anterior se puede visualizar que en las radios digitales se tiene mejor calidad de audio en el área de cobertura, en comparación a las radios analógicas donde la calidad de audio varía de acuerdo al nivel de señal.

## **2.3.5 TIPOS DE SISTEMAS MOTOTRBO**

### **2.3.5.1 IP SITE CONNECT**

IP Site Connect de Mototrbo, permite la comunicación a través de sitios geográficos dispersos, con esta licencia se puede unir todos los sitios de un sistema convencional digital como si fueran un único site, ampliando el área de cobertura.

Una de las ventajas de esta licencia es el servicio de roaming, cuando una radio sale de su área de cobertura detecta automáticamente la cobertura del otro site sin perder la comunicación; se puede transitar automáticamente desde un área de cobertura hasta otra sin intervención manual.

Para realizar el IP Site Connect se requiere conexión IP en todos los sitios, uno de los repetidores debe tener una dirección IP estática IPv4, mientras que los otros puede tener una IP dinámica.

Cuando una llamada se inicia en uno de los canales lógicos de un repetidor, el repetidor envía la llamada a todos los repetidores y todos estos repetidores repiten la llamada en su canal lógico correspondiente, logrando que una radio puede participar de una llamada en el área de cobertura de cualquier repetidor.

Sin embargo el IP Site Connect no aumenta la cantidad de llamadas que pueden realizarse en un canal, ya que ese canal es compartido por todas los sitios de repetición, toma al canal como si fuera un único site.

### **2.3.5.2 CAPACITY PLUS**

El Capacity Plus es utilizado para sistemas donde existen gran cantidad de grupos de comunicación en un mismo sitio. En un sistema digital se tiene 2 canales lógicos por repetidora, siendo cada canal un grupo de comunicación, en el Capacity plus se puede ampliar la capacidad del sistema, ya que es un sistema Troncalizado que permite escalar hasta 1200 en un sitio.

### **2.3.5.3 LINKED CAPACITY PLUS**

Linked Capacity Plus permite hasta 15 sitios en un sistema. Cada sitio LCP puede tener hasta seis repetidores troncalizados (12 canales lógicos) y 3 repetidores de reversión de datos (6 canales lógicos) por sitio. No es necesario contar con la misma cantidad de repetidores en cada sitio. Un sistema LCP acepta llamadas locales (es decir, los radios reciben llamadas locales en un sitio solamente) y la cantidad de repetidores en un sitio es una función del volumen esperado de llamadas locales. Por otra parte, debido a interferencia co-canal o a fallas en los repetidores, es posible que la cantidad de repetidores disponibles varíe en los diferentes sitios.

Con LCP, un canal se configura ya sea para troncalización o para reversión de datos. Pero los dos canales de un repetidor deben usarse con la misma finalidad. Lo anterior implica que si un canal de un repetidor es un canal troncalizado, el otro canal debe ser un canal troncalizado. De manera semejante, si un canal de un repetidor es un canal de reversión de datos, el otro canal debe ser un canal de reversión de datos. En LCP, un canal de reversión de datos se puede configurar ya sea como canal de reversión de datos local o bien como canal de reversión de datos de área extensa.

El procedimiento de llamada en modo LCP es el siguiente:

- LCP acepta grupos de conversación tanto locales como de área extendida. El repetidor procesa una llamada de grupo de conversación local a través de una ranura de reposo donde todos los usuarios esperan ser llamados en su grupo de conversación para quedarse en él y los que no pertenecen al grupo, saltan a una nueva ranura a seguir esperando ser llamados. Sin embargo, las llamadas de grupos de conversación de área extendida, se repiten a través de todos los sitios asociados donde haya por lo menos un canal lógico desocupado.
- LCP permite definir un grupo de conversación como grupo de área extendida. Una llamada de grupo de conversación de área extendida “enciende” únicamente los sitios que se encuentran asociados estáticamente con el grupo de conversación. La llamada es rechazada cuando un radio intenta iniciar una llamada de grupo de área extensa desde un sitio no asociado con el grupo de conversación.
- Los grupos de conversación no definidos como de área extendida son grupos de conversación locales. Una llamada local ‘enciende’ solamente un sitio donde está ubicado el radio iniciador de dicha llamada.
- La llamada privada LCP inicialmente “enciende” todos los sitios pero tras unos 400 milisegundos, la llamada continúa solamente en los sitios (por lo menos dos) donde están presentes el radio de origen y el radio de destino.

- En modo LCP, una llamada de grupo de conversación de área extendida que no sea de emergencia solo podrá comenzar si todos los sitios asociados tienen canales desocupados. Esta situación se define como “encendido conjunto” (“All Start”). Además, el modo LCP permite al cliente reservar una determinada cantidad de canales lógicos solo para uso de llamadas de grupos de conversación de área extensa. De esta manera se mejora el desempeño del “encendido de todos” (“All Start”) de las llamadas de grupos de conversación de área extensa.
- LCP no requiere controlador. Los repetidores de un sitio troncalizan los canales lógicos disponibles en el sitio. Los repetidores de un sitio no participan en la troncalización de los recursos de RF de otro sitio. Cada sitio troncaliza sus canales de manera independiente.
- En el modo LCP, la pantalla del radio indica en qué sitio se encuentra el radio actualmente, cuando el usuario presiona un botón pre programado como el de alias de sitio (“Site Alias”). Una llamada de grupos de conversación de área extendida se radiodifunde por todos los sitios asociados con el grupo de conversación. Cuando se cae una llamada de grupo en un sitio debido a mala recepción, el radio vuelve a buscar y establece la llamada (como entrada tardía) tras conectarse con otro sitio. Esto ocurre solamente si el sitio está asociado con el grupo de conversación y la llamada no ha concluido. Una llamada privada se repite a través de dos sitios cuando mucho. Por lo tanto, el radio puede establecer la llamada (como llamada tardía) solo si el radio busca entre esos dos sitios.

- En el modo LCP, la duración y el lapso de la señal de radiobaliza de Hang Over no son configurables. La duración de la señal de radiobaliza de Hang Over, consiste en una sola ráfaga de datos que se agrega al final de cada cinco secuencias de señales de radiobaliza de detección de pérdida.

Cuando el usuario presiona el botón PTT o se solicita una transmisión de datos, el radio intenta despertar el repetidor del canal predeterminado. El radio elige el repetidor del canal de reposo actual en su sitio predeterminado.

Seguidamente, el radio intenta despertar un repetidor en el sitio predeterminado, si el radio perdió el sitio anterior y está buscando un nuevo sitio, todas las transmisiones del radio fallan. De otra manera, el radio intenta despertar el repetidor del canal de reposo.

### **CAPITULO III**

## **ANALISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN TRONCALIZADA DIGITAL**

### **3.1 ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS**

#### **3.1.1 DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA LOGISTICA**

Los sistemas de radiocomunicación son muy utilizados en diferentes industrias; tales como la industria hotelera, minería, seguridad privada, seguridad pública, empresas de servicios públicos, transporte, logística, etc.

Sin embargo, la característica de los sistemas de radiocomunicación para cada sector varía en cuanto a la robustez del equipamiento, cantidad de canales, área de cobertura, etc.

Es por ello, que se realiza soluciones personalizadas para cada sector, basándose en los requerimientos y necesidades que tiene el cliente; para este caso, la empresa logística busca mejorar la productividad, coordinación y seguridad del traslado de mercadería a su destino, así mismo requiere del monitoreo de los vehículos de transporte.

La empresa logística requiere sólo comunicación para radios portátiles dentro de sus centros de distribución y comunicación para radios móviles (Vehículos de transporte) en el recorrido de Callao-San Juan de Lurigancho, Lurigancho – Villa el Salvador, Callao- Villa el Salvador, sólo hasta donde alcance la cobertura que brinda las estaciones de repetición y el monitoreo de los vehículos de transporte.

También requieren de una radio base en cada centro de distribución; la principal función de la estación base es permitir la comunicación entre el centro de distribución y los vehículos de transporte.

A continuación en la Tabla 3 se muestra la cantidad de terminales móviles requeridos y grupos de comunicación solicitados por la empresa logística para cada Centro de Distribución (CD).

REQUERIMIENTOS SOLICITADOS						
INFORMACIÓN BRINDADA	CALLAO		SAN JUAN DE LURIGANCHO	VILLA EL SALVADOR		
	CD CALLAO 1	CD CALLAO 2	CD LURIGANCHO	CD VILLA 1	CD VILLA 2	CD VILLA 3
Cantidad de Equipos Portátiles	15	16	11	13	13	11
Cantidad de Equipos Móviles	4	3	2	2	3	2
<b>Grupos de Área Local</b>						
Despacho/Recepción	1	1	1	1	1	1
Exportaciones/Importaciones	1	1	1	1	1	1
Vigilancia	1	1	1	1	1	1
<b>Grupos de Área Local</b>						
Jefatura y Gerencia			1			
Transporte			1			

Tabla 3: Tabla de requerimientos de la Empresa Logística

Fuente: Elaboración Propia



### **3.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA EMPRESA LOGISTICA**

La empresa logística tiene Centros de Distribución en los siguientes distritos:

- Villa el Salvador
- San Juan de Lurigancho
- Callao

Se plantea instalar sitios de repetición en sus mismas sedes ya que cuentan con torre de comunicaciones, energía eléctrica para alimentar los equipos, y también existen puntos de red que permite la interconexión con las otras sedes.

A continuación los nombres de los centros de distribución de la empresa logística:

- Distrito Villa el Salvador
  - CD Villa 1
  - CD Villa 2
  - CD Villa 3
- Distrito San Juan de Lurigancho
  - CD Lurigancho
- Provincia Constitucional del Callao
  - CD Callao 1
  - CD Callao 2

A continuación en la Figura 8 se muestra la ubicación de los Centros de Distribución de la empresa logística en los distritos del Callao, San Juan de Lurigancho y Villa el Salvador.

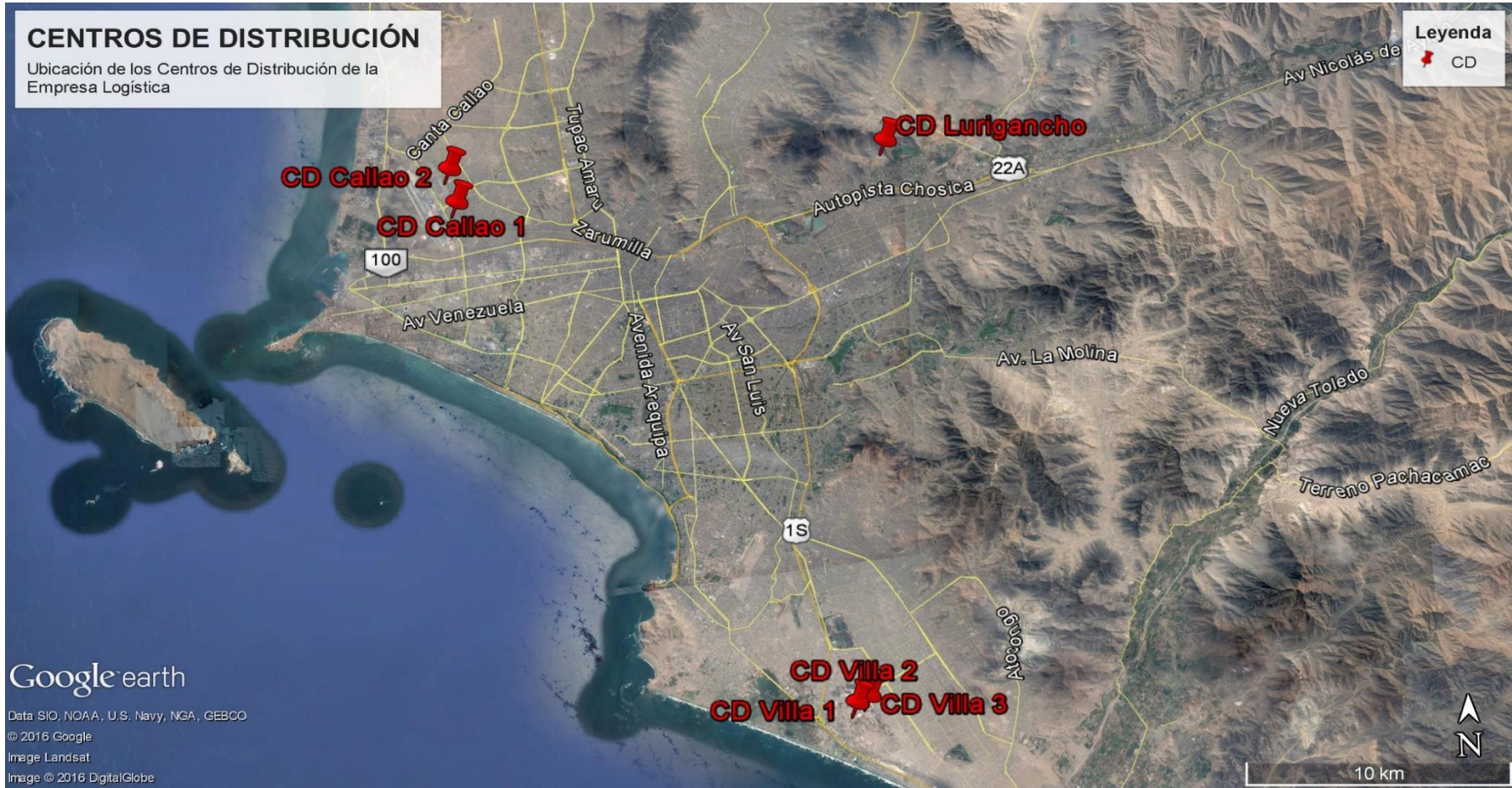


Figura 8: Ubicación de los Centros de Distribución

Fuente: Elaboración Propia

Como se mencionó anteriormente, la empresa logística cuenta con torres de comunicaciones en algunos de sus Centros de Distribución(CD), así mismo cuentan con sistema de puesta a tierra, también de los almacenes CD Callao 2, CD Lurigancho, CD Villa 1 y CD Villa 3 están interconectados; en la Tabla 4 se muestra la infraestructura que tiene la Empresa Logística.

INFRAESTRUCTURA DE LA EMPRESA LOGISTICA						
INFRAESTRUCTURA	CALLAO		SAN JUAN DE LURIGANCHO	VILLA EL SALVADOR		
	CD CALLAO 1	CD CALLAO 2	CD LURIGANCHO	CD VILLA 1	CD VILLA 2	CD VILLA 3
Torre de Comunicaciones	-	30	30	36	-	36
Espacio en Cuarto de comunicaciones	-	SI	SI	SI	-	SI
Sistema Puesta a Tierra	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Energía Eléctrica	220VAC	220VAC	220VAC	220VAC	220VAC	220VAC
Interconexión con otros CD	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla 4: Infraestructura de la Empresa Logística

Fuente: Elaboración Propia

## 3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN TRONCALIZADA DIGITAL

### 3.2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Para dar solución al requerimiento de la empresa logística, se propone un Sistema de Radiocomunicación Troncalizada Digital Linked Capacity Plus de Mototrbo, ya que se requiere varios grupos de comunicación de área extendida y de área local, y considerando que este sistema no necesita controladores para su funcionamiento.

Para realizar el seguimiento y localizar los vehículos de transporte se propone utilizar radios móviles con antena GPS, para el monitoreo se propone utilizar el

software Trbonet Enterprise, el cual proporcionará localización y seguimiento de los vehículos por GPS en tiempo real.

Este software brinda el historial detallado de la ruta del vehículo con actualización cada 2 segundos, además se puede crear geo-cercas en el mapa para alertar cuando un vehículo ha entrado o salido de su zona de trabajo.

También puede generar reportes sobre el historial de conducción, permanencia en regiones, distancia recorrida y velocidad.

A continuación en la Figura 9 se muestra una imagen referencial de cómo el Software Trbonet muestra las geo-cercas en el mapa, y también cómo se visualiza la ubicación de los terminales de radio.

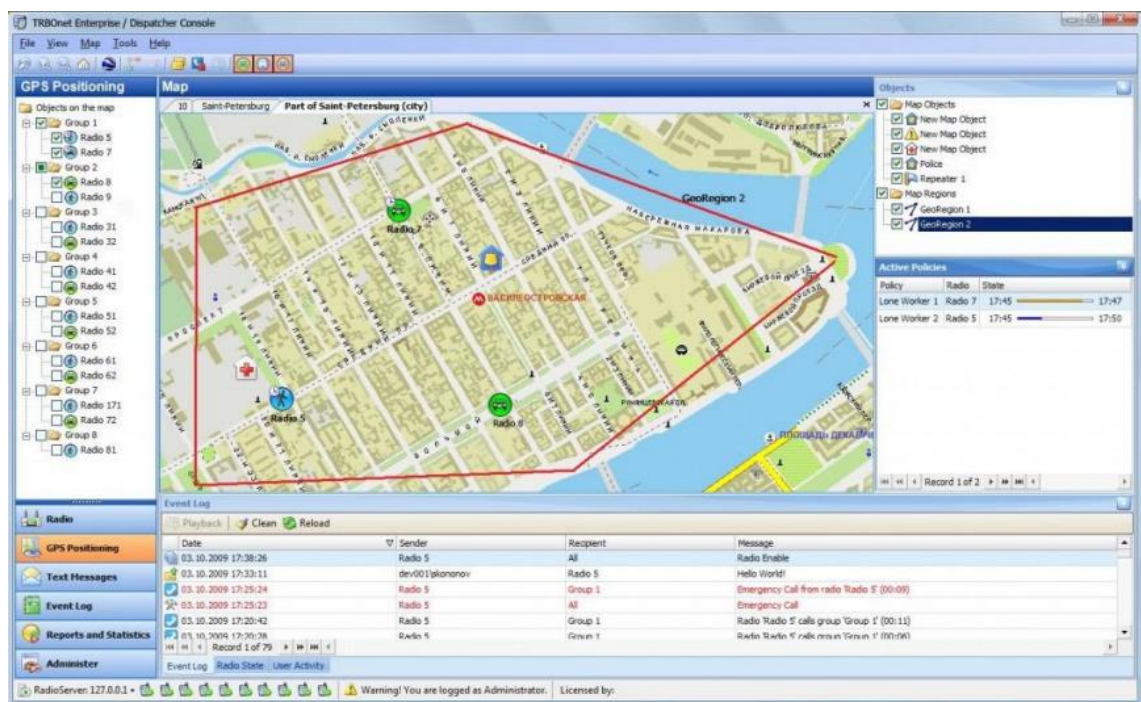


Figura 9. Imagen Referencial del Software Trbonet para monitoreo de radios por GPS

Fuente: Trbonet.com

En la Figura 8, del numeral 3.1.1 se puede apreciar que los centros de distribución CD Villa 1, CD Villa 2 y CD Villa 3 se encuentran muy cerca, así que se propone sólo una estación de repetición para cubrir todos los CD de Villa el Salvador. De la misma manera ocurre en el distrito del Callao, las sedes CD Callao 1 y CD Callao 2 se encuentran muy próximos entre sí, por ello también se propone instalar una estación de repetición para cubrir ambos centros de distribución.

### 3.2.1.2 ELECCIÓN DE FRECUENCIA

Para el sistema de radiocomunicación se utilizará la banda VHF ya que esta banda permite tener mayor alcance de cobertura. Además considerando que la empresa logística requiere comunicación en el recorrido entre sus centros de distribución.

A continuación en la Tabla 5 se muestra el desempeño que tiene cada banda de frecuencia.

	VHF	UHF	800 MHZ
Interferencia	Mínima	No	No
Antenas	Cortas Alta Ganancia	Cortas Alta Ganancia	Cortas Alta Ganancia
Zona Rural	Buena	Justo	Justo
Zona Sub- Urbana	Excelente	Bueno	Justo
Zona Urbana	Bueno	Excelente	Excelente

Tabla 5: Desempeño de frecuencias

Fuente: Elaboración Propia

\*

### **3.2.2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPAMIENTO PROPUESTO**

A continuación se presenta el criterio tomado para la selección de terminales de radio y la descripción de las principales características del equipamiento propuesto, estos equipos trabajaran en la banda VHF (136-184MHz) ya que esta banda permite tener mayor alcance de cobertura.

#### **3.2.2.1 Repetidora Mototrbo DGR 6175**

Se propone la repetidora DGR 6175, la cual cuenta con una potencia de transmisión de 45W en VHF, está repetidora proporciona dos canales de comunicación en modo digital mejorando la eficiencia del espectro. También puede trabajar en modo analógico o digital con sólo configurar el equipo y permite aplicaciones de servicios de localización y rastreo mediante GPS.



Figura 10. Repetidora Mototrbo DGR 6175

Fuente: [Productos Mototrbo, Motorola Solutions]

A continuación en la Tabla 6 se muestra las principales características del Repetidor Mototrbo DGR 6175

ITEM	CARATERISTICAS	DESCRIPCIÓN	
<b>General</b>			
1	Capacidad de Canales	1	
2	Frecuencia	136-174 MHz	
3	Cosumo de corriente:	Stand By	1A ( 1A DC)
		Transmisión	3.8A ( 11 A DC)
<b>Transmisor</b>			
4	Potencia de Transmisión	1-25W, 24-45W	
5	Espaciamiento de Canal	6.25 kHz /12.5 kHz	
6	estabilidad de frecuencia	+/- 0.5 ppm	
7	Modulación Digital	4FSK	
<b>Receptor</b>			
8	Espaciamiento de Canal	6.25 kHz /12.5 kHz	
9	Sensitividad Digital	5 % BER: 0.3 uV	
10	Intermodulación (TIA603C)	78dB	
11	Rechazo de espurias(TIA603C)	80 dB	

Tabla 6: Principales Características de la Repetidora DGR 6175

Fuente: [Elaboración propia, basado en Datasheet DGR6175]

### 3.2.2.2 Radio Móvil DGM 8500

Para el monitoreo de los vehículos de transporte, se propone la radio móvil DGM 8500, porque cuentan con la licencia Linked Capacity Plus, además cuenta con GPS el cual permite el seguimiento y la ubicación de los vehículos de transporte, esta radio cuenta con pantalla a color para facilitar el manejo de noche.



Figura 11. Radio Móvil Mototrbo DGM8500

Fuente: [Productos Mototrbo, Motorola Solutions]

A continuación en la Tabla 7 siguiente se muestra las características principales de la radio móvil Mototrbo DGM 8500.

ITEM	CARATERISTICAS	DESCRIPCIÓN	
	<b>General</b>		
1	Capacidad de Canales	Hasta 1000	
2	Frecuencia	136-174 MHz	
3	Consumo de corriente:	Stanby	0.81 A
		Recepción	2A
		Transmisión	11A, 14.5A
4	GPS	Si	
5	Pantalla	Multicolor	
	<b>Transmisor</b>		
6	Potencia de Transmisión	1 - 25 W, 25 - 45 W	
7	Espaciamiento de Canal	12.5 kHz /25 kHz	
8	estabilidad de frecuencia	+/- 0.5 ppm	
9	Modulación Digital	4FSK	
	<b>Receptor</b>		
10	Espaciamiento de Canal	12.5 kHz /25 kHz	
11	Sensitividad Digital	5% BER, 0.25uV	
12	Intermodulación (TIA603C)	78dB	
13	Rechazo de espurias(TIA603C)	80 dB	

Tabla 7: Características principales de la Radio Móvil DGM 8500

Fuente: [Elaboración propia, basado en Datasheet DGM 8500]



### 3.2.2.3 Radio Base DGM 5000

Para la estación base en todas las sedes, se propone utilizar la radio móvil MOTOTRBO, modelo DGM 5000 ya que esta radio cuenta con la licencia Linked Capacity Plus, además porque no es necesario que la radio base cuente con GPS ya que estará en un lugar fijo.



Figura 12: Radio Móvil DGM 5000

Fuente: [Productos Mototrbo, Motorola Solutions]

Está radio requiere una fuente de alimentación externa que proporcione la potencia necesaria para su funcionamiento, por ello se propone la fuente externa Astron, modelo RS20ABB-220, el cual proporciona un voltaje de salida de 13.8VDC.

A continuación en la Tabla 8 se muestra las principales características de la radio móvil Mototrbo DGM 5000.

ITEM	CARATERISTICAS	DESCRIPCIÓN	
	<b>General</b>		
1	Capacidad de Canales	99	
2	Frecuencia	136-174 MHz	
3	Consumo de corriente:	Stanby	0.81 A
		Recepción	2A
		Transmisión	11A, 14.5A
	<b>Transmisor</b>		
4	Potencia de Transmisión	1 - 25 W, 25 - 45 W	
5	Espaciamiento de Canal	12.5 kHz /25 kHz	
6	estabilidad de frecuencia	+/- 0.5 ppm	
7	Modulación Digital	4FSK	
	<b>Receptor</b>		
8	Espaciamiento de Canal	12.5 kHz /25 kHz	
9	Sensitividad Digital	5% BER, 0.25uV	
10	Intermodulación (TIA603C)	78dB	
11	Rechazo de espurias(TIA603C)	80 dB	

Tabla 8: Características principales de la Radio Móvil DGM 5000

Fuente: [Elaboración propia, basado en Datasheet DGM 5000]

#### 3.2.2.4 Radio Portátil DGP 8550

Para la comunicación del personal de Jefatura/Gerencia, se propone la radio portátil con GPS, modelo DGP 8550; esta radio cuenta la licencia Linked Capacity Plus y también cuenta con GPS que permite ubicar al personal cuando estos se encuentren en otros centros de distribución

Está radio cuenta con un botón de emergencia que permite enviar una alerta al supervisor durante una situación de emergencia.



Figura 13: Radio Portátil Mototrbo DGP 8550

Fuente: [Productos Mototrbo, Motorola Solutions]

A continuación en la Tabla 9 se muestra las principales características de la radio Mototrbo DGP 8550

ITEM	CARATERISTICAS	DESCRIPCIÓN
	<b>General</b>	
1	Capacidad de Canales	1000
2	Frecuencia	136-174 MHz
3	Consumo de corriente:	7.5 V (Nominal)
4	GPS	Si
5	Pantalla Multicolor	Pantalla y Teclado
	<b>Transmisor</b>	
6	Potencia de Transmisión	1 - 5 W
7	Espaciamiento de Canal	12.5 kHz /25 kHz
8	estabilidad de frecuencia	+/- 0.5 ppm
9	Modulación Digital	4FSK
	<b>Receptor</b>	
10	Espaciamiento de Canal	12.5 kHz /25 kHz
11	Sensitividad Digital	0.25uV(0.19uV Tipico)
12	Intermodulación (TIA603C)	70dB
13	Rechazo de espurias(TIA603C)	70 dB

Tabla 9: Características Principales de la Radio Portátil DGP 8550

Fuente: [Elaboración propia, basado en Datasheet DGP 8550]

### 3.2.2.5 Radio Portátil DGP 5050

Para el personal de Despacho/Recepción, Exportación/Importación y Vigilancia, se propone la radio portátil modelo DGP 5050 ya que esta radio cuenta con la licencia Linked Capacity Plus, y considerando que los trabajadores mencionados permanecerán en sus centros de distribución, por lo cual no se considera portátiles con GPS; esta radio cuenta con protección IP54 (protección contra polvo y chorros de agua).



Figura 14: Radio Portátil Mototrbo DGP 5050

Fuente: [Productos Mototrbo, Motorola Solutions]

A continuación en la Tabla 10 se muestra las principales características de la radio Mototrbo DGP 5050.

ITEM	CARATERISTICAS	DESCRIPCIÓN
	<b>General</b>	
1	Capacidad de Canales	32
2	Frecuencia	136-174 MHz
3	Cosumo de corriente:	7.5 V (Nominal)
4	GPS	No
5	Pantalla Multicolor	Sin Pantalla
	<b>Transmisor</b>	
6	Potencia de Transmisión	1 - 5 W
7	Espaciamiento de Canal	12.5 kHz /25 kHz
8	estabilidad de frecuencia	+/- 0.5 ppm
9	Modulación Digital	4FSK
	<b>Receptor</b>	
10	Espaciamiento de Canal	12.5 kHz /25 kHz
11	Sensitividad Digital	0.25uV(0.19uV Tipico)
12	Intermodulación (TIA603C)	70dB
13	Rechazo de espurias(TIA603C)	70 dB

Tabla 10: Características Principales de la Radio Portátil DGP 5050

Fuente: [Elaboración propia, basado en Datasheet DGP 5050]

En la Tabla 11 se muestra el cuadro resumen de los equipos propuestos para cada cargo de la empresa logística.

ÁREAS	EQUIPO	MODELO	GPS
Jefatura/Gerencia	Radio Portátil	DGP 8550	Si
Despacho/Recepción	Radio Portátil	DGP 5050	No
Exportaciones/Importa	Radio Móvil	DGP 5050	No
Transporte	Radio Portátil	DGM 8500	Si
Vigilancia	Radio Portátil	DGP 5050	No

Tabla 11: Resumen de equipos propuestos por cargo en la Empresa Logística

Fuente: [Elaboración propia]

### **3.2.3 CÁLCULO DEL TRÁFICO DE VOZ Y DATOS PARA EL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN TRONCALIZADO**

Cómo se está considerando un Sistema de Radiocomunicación Troncalizado Linked Capacity Plus, se requiere hacer el cálculo de tráfico para determinar cuántos canales se requiere para el sistema y por ende cuantas repetidoras se necesita para tener una comunicación con grado de servicio(GoS) de 2%.

#### **3.2.3.1 PERFILES DEL TRÁFICO DE VOZ Y DATA**

La Tabla 12 resume los perfiles de tráfico estándar para voz y datos. Los tres tipos de tráfico que se consideran son las llamadas de voz (llamadas de grupo y llamadas privadas), los datos transmitidos para seguimiento de la ubicación y mensajería de texto. Para cada tipo de tráfico, se establecen dos niveles. Uno de ellos, para el uso de tráfico ligero, y el otro para el uso de tráfico pesado. Los perfiles de mensajería de voz y texto se obtienen a partir de los comportamientos típicos supuestos.

Estos perfiles actúan como una línea de base para la estimación de la cantidad de tráfico que un usuario crea en un sistema.

NOMBRE DE PERFIL	TIPO TRAFICO	DESCRIPCIÓN DE LLAMADAS	TRÁFICO DE USUARIO POR HORA	
Voz Alto	Grupo de llamada de Voz	10 minutos de llamadas, 2 transmisiones por llamada	3.0 Llamadas por Usuario por hora	90%
	Llamada de voz individual	20 minutos de llamadas, 4 transmisiones por llamada		10%
Voz Bajo	Grupo de llamada de Voz	10 minutos de llamadas, 2 transmisiones por llamada	1.0 Llamadas por Usuario por hora	90%
	Llamada de voz individual	20 minutos de llamadas, 4 transmisiones por llamada		10%
GPS Alto	Actualización de ubicación	660 milisegundos (por solo repetidor e IP Site Connect) por la transmisión y 540 milisegundos (por Capacity Plus modo) por la transmisión	60 Transmisiones GPS por usuario por hora (Cadencia)	
GPS Bajo	Actualización de ubicación	660 milisegundos por la transmisión	6 Transmisiones GPS por usuario por hora (Cadencia)	
Mensajería de Texto Alto	Mensaje de Texto	100 Caracteres por mensaje	2.5 Mensajes de Texto por Usuario por Hora	
Mensajería de Texto Bajo	Mensaje de Texto	100 Caracteres por mensaje	0.5 Mensajes de Texto por Usuario por Hora	

Tabla 12: Perfiles para determinar el tráfico de Voz y Datos

Fuente: [System Planner Mototrbo]

### 3.2.3.2 ESTIMACIÓN DE CARGAS

Para estimar el tráfico del sistema de Radiocomunicación Troncalizada, se considera los siguientes perfiles:

- Voz : Voz Bajo
- Datos : GPS Bajo

Si el número de canales Troncalizados no es el mismo en todos los sitios, para estimar la carga del Sistema Linked Capacity Plus hay primero que estimar la carga del sistema en un solo sitio equipado con 'n' canales Troncalizados, donde 'n' representa el número de canales Troncalizados en el sitio más pequeño.

A continuación en la Tabla 13 se muestra la cantidad de terminales móviles por cada centro de distribución y por área.



CENTROS DE DISTRIBUCIÓN	ÁREA LOCAL	ÁREA LOCAL/EXTENDIDA		ÁREA EXTENDIDA
	PORTATIL DGP 5050	PORTATIL DGP 8550	RADIO BASE DGM 5000	RADIO MÓVIL DGM 8550
CD CALLAO 1	12	2	1	4
CD CALLAO 2	13	2	1	3
CD LURIGANCHO	9	1	1	2
CD VILLA 1	10	2	1	2
CD VILLA 2	11	1	1	3
CD VILLA 3	8	2	1	2

Tabla 13: Resumen de terminales móviles por Centro de Distribución

Fuente: [Elaboración Propia]

Se realizará el cálculo de cargas para 95 radios en el sistema de radiocomunicación, con ayuda de la Figura 15 se determinará cuantos canales se requiere para 95 radios.

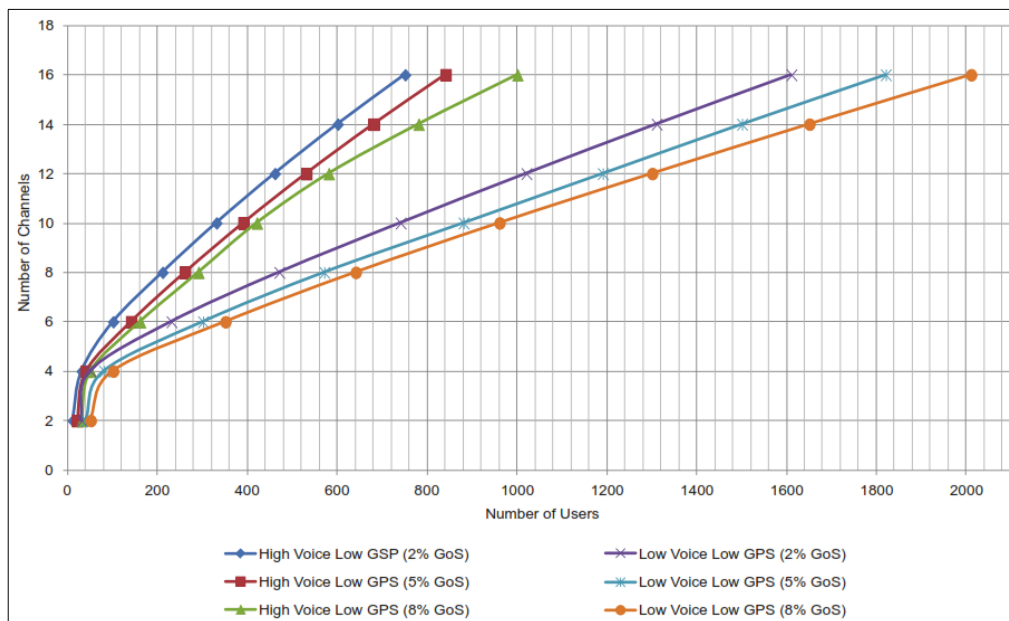


Figura 15: Número de usuarios vs Número de canales para perfiles Mixtos

Fuente: [System Planner Mototrbo]

Para el sistema de radiocomunicación, se requieren 4 canales Troncalizados (es decir, dos repetidores Troncalizados), un perfil de utilización de Voz Bajo y

Datos Bajo, y un grado de servicio del 2%, el sistema Capacity Plus puede aceptar aproximadamente 50 radios.

- El sistema Linked Capacity Plus maneja las llamadas locales de manera eficiente. Por lo tanto, si todas las llamadas son locales, un sistema Linked Capacity Plus con tres sitios podrá manejar  **$3 * 50 = 150$  radios**.
- Si todas las llamadas son llamadas de grupos de conversación de área extendida, el sistema Linked Capacity Plus aceptará 50 radios.

Para estimar la carga aceptada de llamadas de grupos de conversación locales y de área extendida, se utilizará la siguiente formula:

$$Carga\ Total\ del\ sistema = R * S \left( L + \frac{(1 - L)}{W} \right) radios$$

Donde:

$S$  = Número de Sitios

$W$  = Número Promedio de Sitios asociados con grupos de conversación de área extendida

$L$  = Número de llamadas locales como fracción del número total de llamadas

$R$  = Número de radios soportado por un sistema Capacity Plus

Para realizar el cálculo de carga para todo el Sistema, se tiene la siguiente información:

$$S = 3; W = 2; L = \frac{1}{3}; R = 50$$

Reemplazando en la fórmula:

$$Carga\ Total\ del\ sistema = 50 * 3 \left( \frac{1}{3} + \frac{(1 - \frac{1}{3})}{2} \right) radios$$

$$Carga\ Total\ del\ sistema = 100\ radios$$

Un sistema Linked Capacity Plus será capaz de aceptar 100 radios.

### 3.2.4 ESTUDIO DE COBERTURA

Para determinar el área de cobertura de los sitios de repetición, se realizó la simulación con el programa de simulación Radio Mobile versión 11.5.8, el cual utiliza información topográfica satelital en formato SRTM (Shuttle Terrain Radar Mapping Mision) que provee datos de altitud con una precisión de 3 segundos de arco (100m), además este programa está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model) o modelo Longley-Rice.

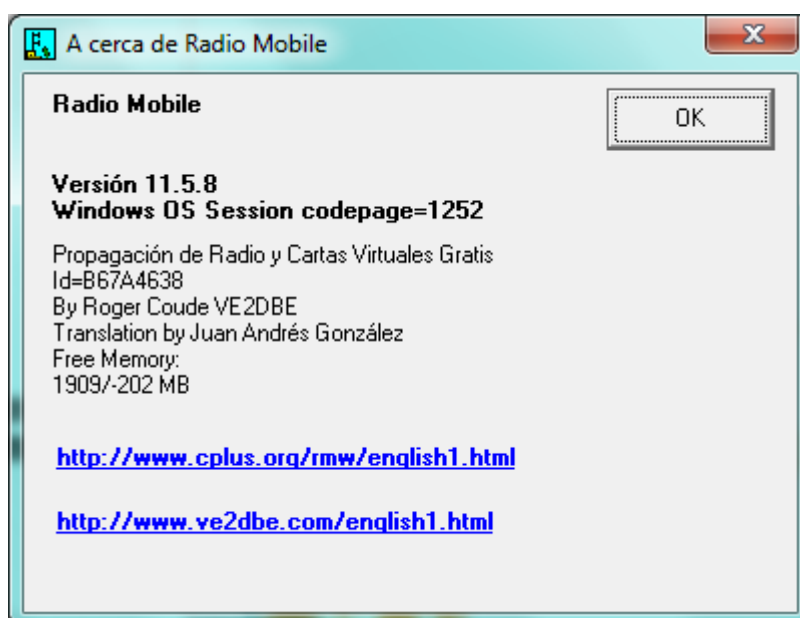


Figura 16: Software Radio Mobile V 11.5.8

Fuente: [Radio Mobile]

Sólo se está aceptando niveles de señal de recepción hasta -90 dBm para garantizar una señal con un nivel de calidad de audio de DAQ 3.0 como lo define el documento de la TIA (Telecommunications Industry Associations), TSB-88B, tanto para móviles como portátiles.

### 3.2.4.1 CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE RADIO MOBILE

#### Propiedades de la Red

En este cuadro se configura los siguientes parámetros de la red:

##### Frecuencia máxima y mínima

Como se mencionó anteriormente se realizará el diseño en la banda de frecuencia VHF, así que se configura con el rango VHF (136-174MHz).

##### Polarización Vertical u Horizontal

Para la simulación de cobertura se trabajará con polarización vertical.

##### Refractividad de la superficie, conductividad del suelo y permitividad relativa del suelo

Se utilizará los parámetros por defecto.

- Refractividad de la Superficie (Unidades-N) : 301
- Conductividad del Suelo(S/m) : 0.005
- Permitividad relativa al suelo : 15

##### Modo de Variabilidad

Hay cuatro modos de variabilidad: Intento, Accidental, móvil y difusión.

Para la simulación de este sistema se utilizará el modo móvil ya que la solución propuesta es un sistema de radiocomunicación. Los parámetros definidos para el modo móvil son los siguientes:

- % de Tiempo : 90%
- % de Situaciones : 90%

##### Perdida Adicional

Para este parámetro se selecciona “Ciudad” ya que el sistema de radiocomunicación está diseñado para la Lima-Callao. Se considera lo siguiente:

- Ciudad : 70%

### Tipo de clima

Para este parámetro se considera el clima “Continental Templado”, ya que el sistema Propuesto está diseñado para la Ciudad de Lima, que se encuentra en la costa.

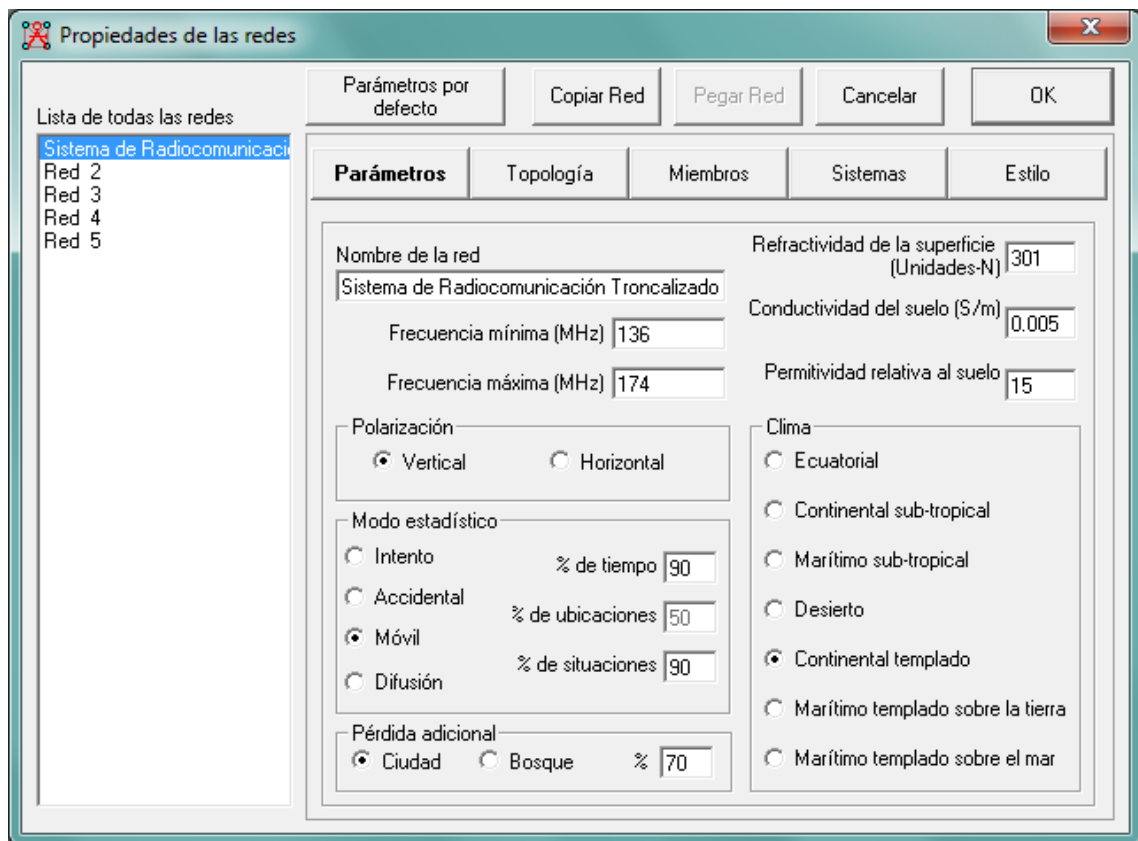


Figura 17: Propiedades de Redes para el Sistema de Radiocomunicación

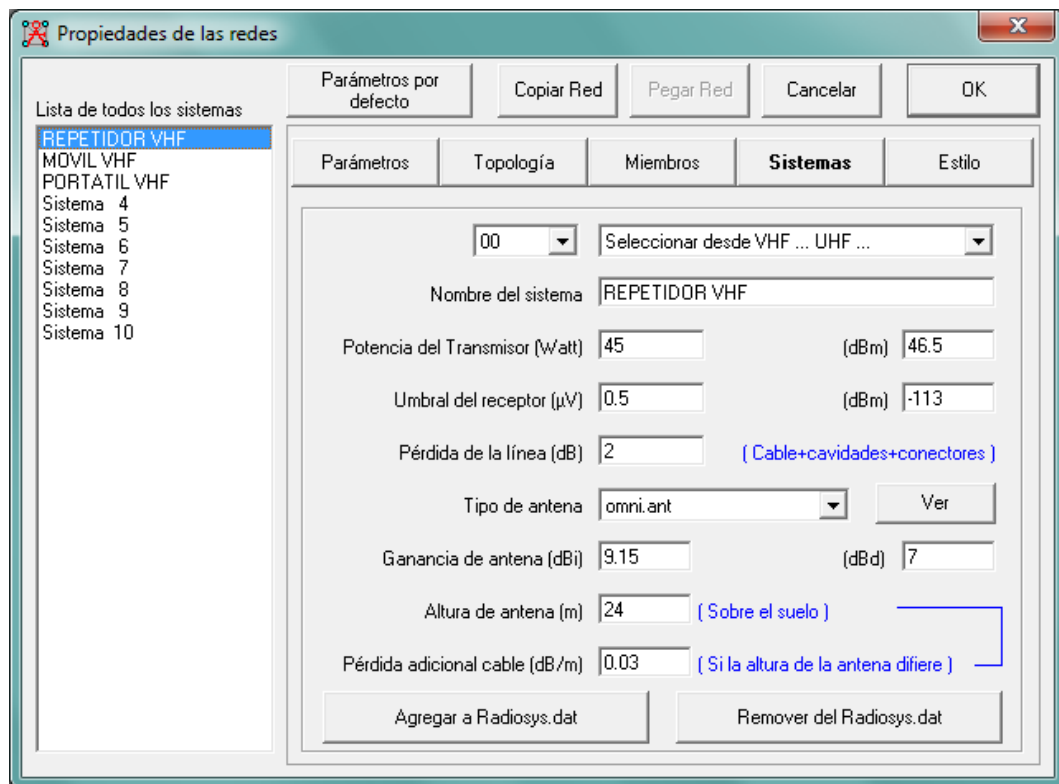
Fuente: [Elaboración Propia]

## Definición de Sistemas

En este cuadro se rellena los parámetros con la información conseguida del datasheet del equipamiento propuesto:

### Repetidor VHF (DGR 6175)

Se debe considerar los datos de la pérdida del cable coaxial de acuerdo a la distancia del cableado y pérdida de conectores.



The image shows a software window titled "Propiedades de las redes" (Network Properties). On the left, there is a list of systems: "REPETIDOR VHF" (selected), "MOVIL VHF", "PORTATIL VHF", and "Sistema 4" through "Sistema 10". The main area is divided into tabs: "Parámetros", "Topología", "Miembros", "Sistemas", and "Estilo". The "Sistemas" tab is active, displaying the following configuration for the selected system:

- Channel: 00 (dropdown)
- Frequency selection: "Seleccionar desde VHF ... UHF ..." (dropdown)
- System name: "REPETIDOR VHF" (text field)
- Transmitter power (Watt): 45 (text field) / (dBm): 46.5 (text field)
- Receiver threshold ( $\mu$ V): 0.5 (text field) / (dBm): -113 (text field)
- Line loss (dB): 2 (text field) with a note "( Cable+cavidades+conectores )"
- Antenna type: "omni.ant" (dropdown) with a "Ver" button
- Antenna gain (dBi): 9.15 (text field) / (dBd): 7 (text field)
- Antenna height (m): 24 (text field) with a note "( Sobre el suelo )"
- Additional cable loss (dB/m): 0.03 (text field) with a note "( Si la altura de la antena difiere )"

At the bottom, there are two buttons: "Agregar a Radiosys.dat" and "Remover del Radiosys.dat".

Figura 18: Propiedades de Redes, creación del sistema "Repetidor VHF"

Fuente: [Elaboración Propia]

MOVIL VHF (DGM 5000, DGM 8050)

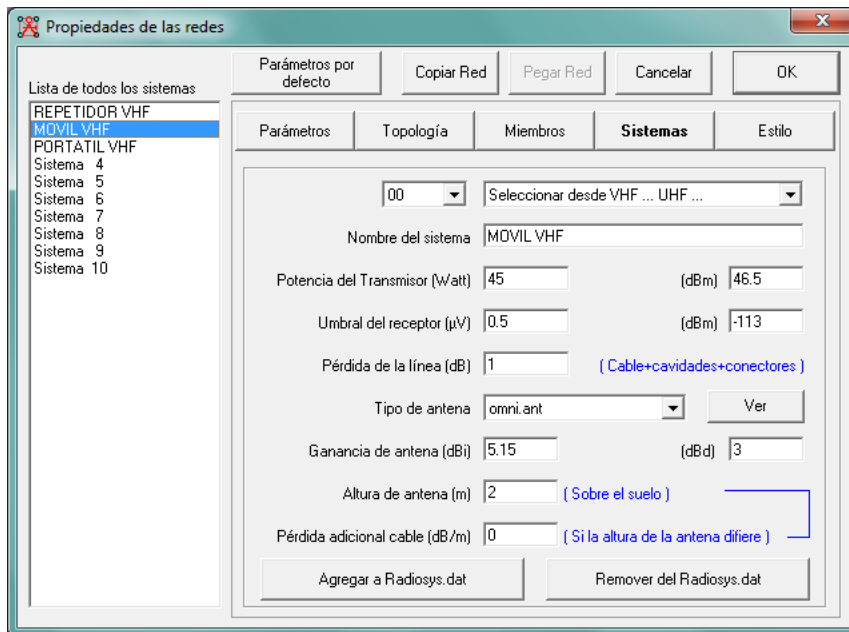


Figura 19: Propiedades de Redes, creación del sistema “Móvil VHF”

Fuente: [Elaboración Propia]

PORTATIL VHF (DGP 5050, DGP 8550)

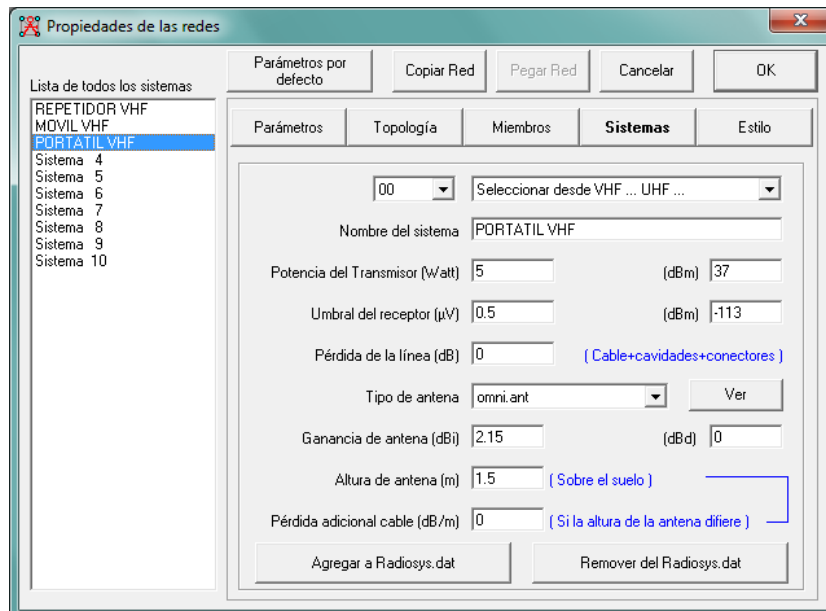


Figura 20: Propiedades de Redes, creación del sistema “Portátil VHF”

Fuente: [Elaboración Propia]

## Asociación de Unidades a la Red

En esta etapa se determina a qué tipo de sistema pertenece cada unidad.

- Centros de distribución se asigna el sistema Repetidor VHF
- Portátil se asigna el Sistema Portátil VHF
- Móvil se asigna el Sistema Móvil VHF

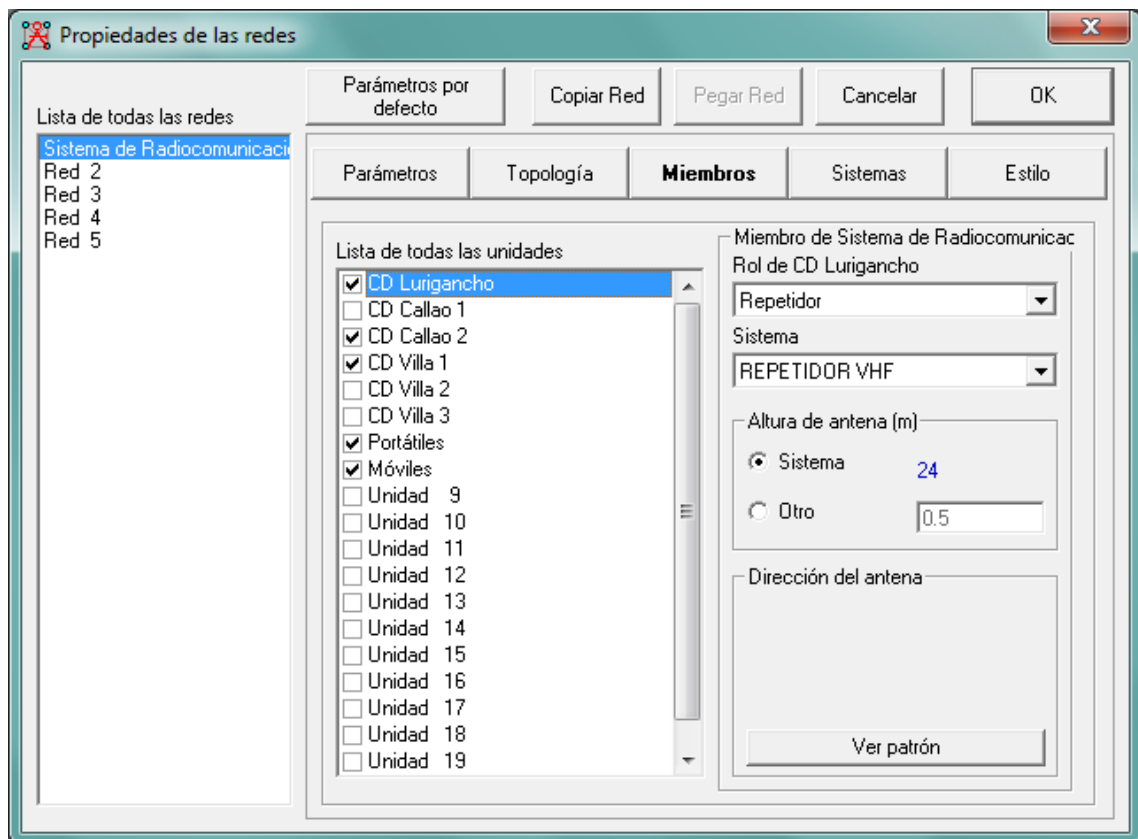


Figura 21: Asignación de sistemas a la unidades creadas

Fuente: [Elaboración Propia]



### **3.3 CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS**

En esta sección se presentan los resultados de la simulación realizada por el software Radio Mobile, para todos los Site de repetición considerados para el Sistema de Radiocomunicación Troncalizado.

#### **3.3.1 COBERTURA PARA RADIOS MÓVILES**

A continuación en la Figura 22, Figura 23, Figura 24 se presenta el resultado de las simulaciones de cobertura para radios móviles en la banda VHF, la ubicación propuesta para la estación repetidora son los Centros de Distribución: CD Callao 2, CD Lurigancho y CD Villa 1.



Figura 22: Área de cobertura de la CD Callao 2 para radio móviles

Fuente: [Elaboración Propia]



Figura 23: Área de cobertura de la CD Lurigancho para radio móviles

Fuente: [Elaboración Propia]



Figura 24: Área de cobertura de la CD Villa 1 para radio móviles

Fuente: [Elaboración Propia]

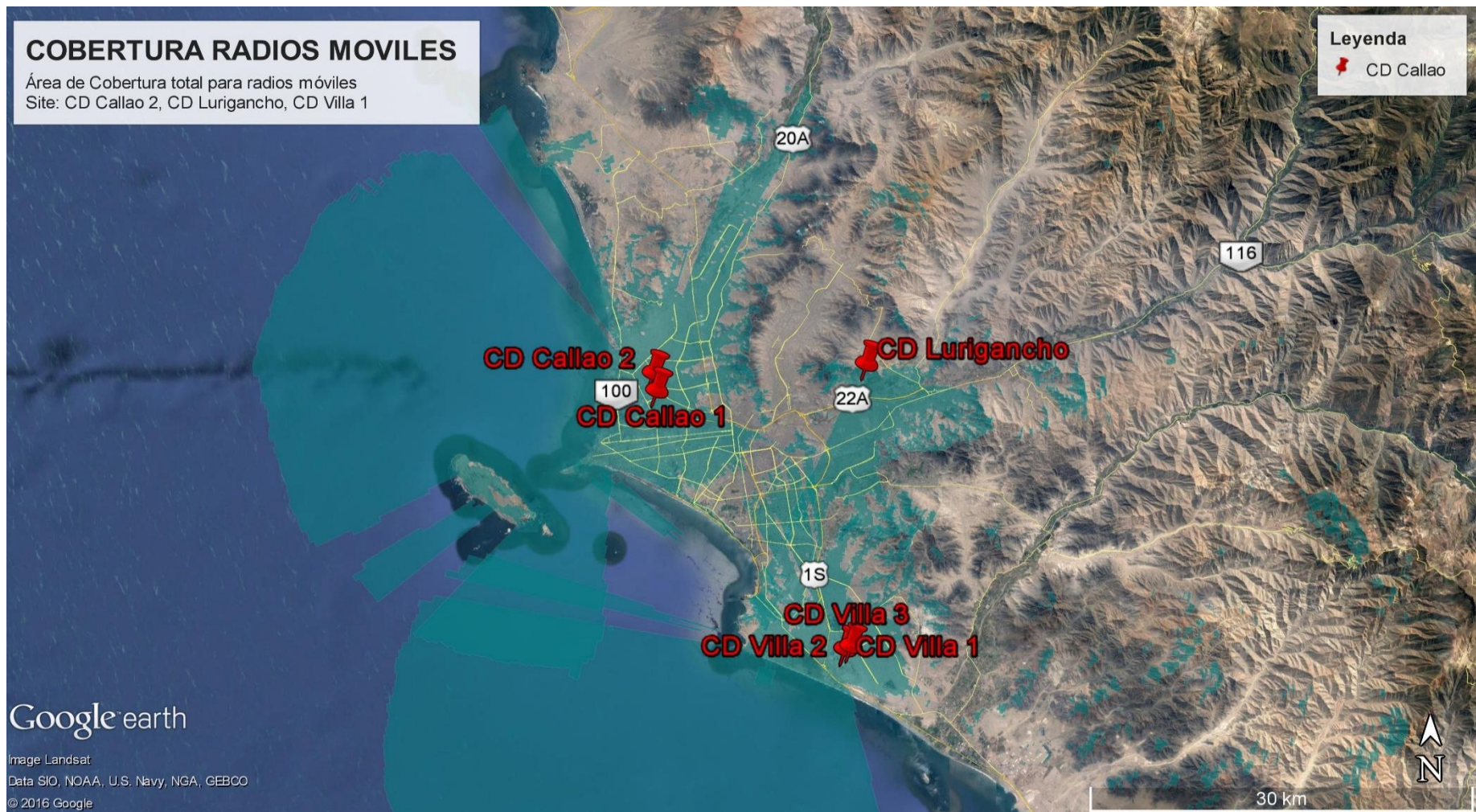


Figura 25: Área tota de cobertura para radios móviles

Fuente: [Elaboración Propia]

En la Figura 25 se muestra el área de cobertura total para el Sistema de Radiocomunicación Troncalizado, se logra cubrir la mayoría del recorrido de CD Callao 2 – CD Lurigancho, CD Callao 2 – CD Villa 2, CD Lurigancho – CD Villa 2.

### **3.3.2 COBERTURA PARA RADIOS PORTATILES**

A continuación en la Figura 26, Figura 27, Figura 28 se presenta el resultado de las simulaciones de cobertura para radios portátiles en la banda VHF, la ubicación propuesta para la estación repetidora son los centros de Distribución: CD Callao 2, CD Lurigancho y CD Villa 1.



Figura 26: Área de cobertura de la CD Callao 2 para radio portátiles

Fuente: [Elaboración Propia]

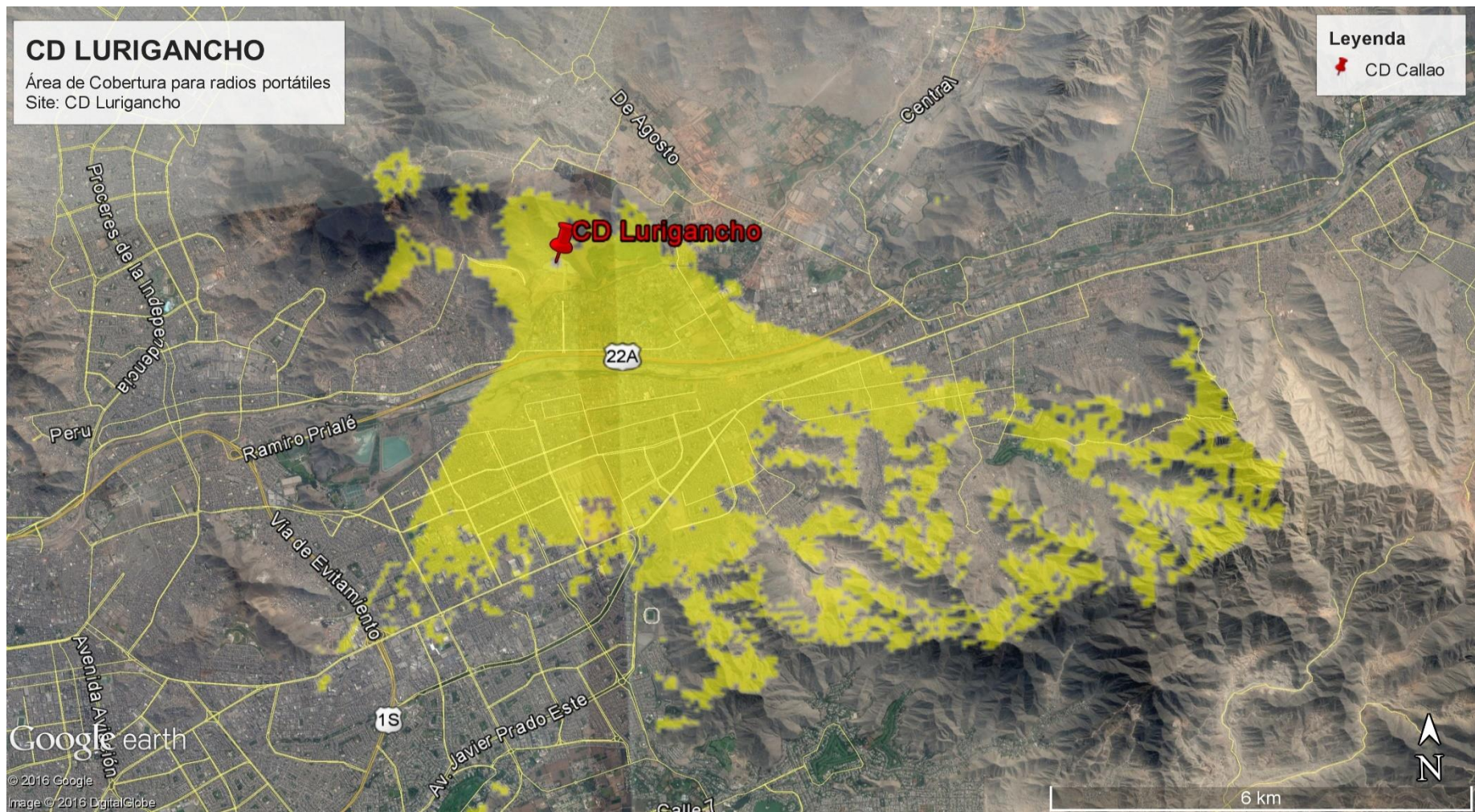


Figura 27: Área de cobertura de la CD Lurigancho para radio portátiles

Fuente: [Elaboración Propia]





Figura 28: Área de cobertura de la CD Villa 1 para radio portátiles

Fuente: [Elaboración Propia]



Figura 29: Área de cobertura Total para radios portátiles

Fuente: [Elaboración Propia]

En la Figura 29 se muestra que se cubre el 100% del área de los centros de distribución.

### 3.3.3 SOFTWARE DE MONITOREO DE RADIOS MÓVILES

El software Trbonet permite localizar los vehículos de transporte en tiempo real, mediante el receptor GPS, incorporado en las radios móviles DGM 8500, que enviará los datos de la ubicación del vehículo. Se visualizará la ubicación de los vehículos de transporte en un mapa digital; en caso de necesidad de comunicarse con el vehículo, lo puede hacer a través de radio base.

Con ayuda de este software se podrá mejorar el envío de mercadería, además al conocer su ubicación exacta se podrá hacer mejor uso del recurso de los camiones ya que podrán ir a otros centros de distribución cercanos para recoger o llevar mercadería que no estaba contemplado en su plan de trabajo diario.

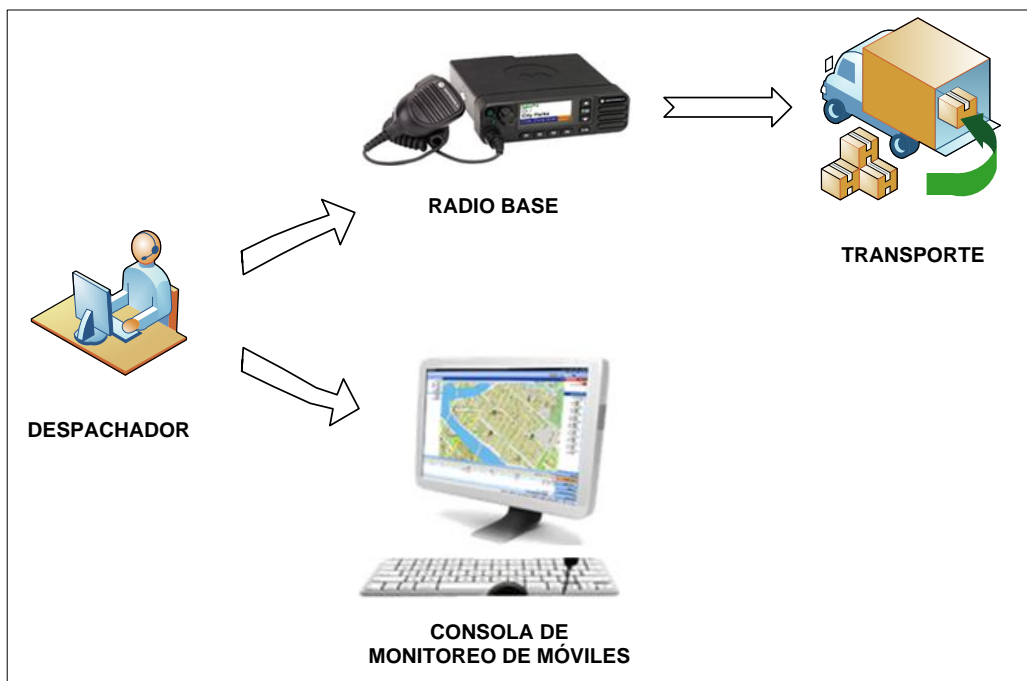


Figura 30: Esquema de comunicación del despachador con los vehículos de transporte

Fuente: [Elaboración Propia]

### 3.3.4 ESQUEMAS DE CONEXIÓN

En esta sección se muestra los esquemas de conexión para las radios bases, estación repetidora y topología del Sistema de Radiocomunicación Troncalizado.

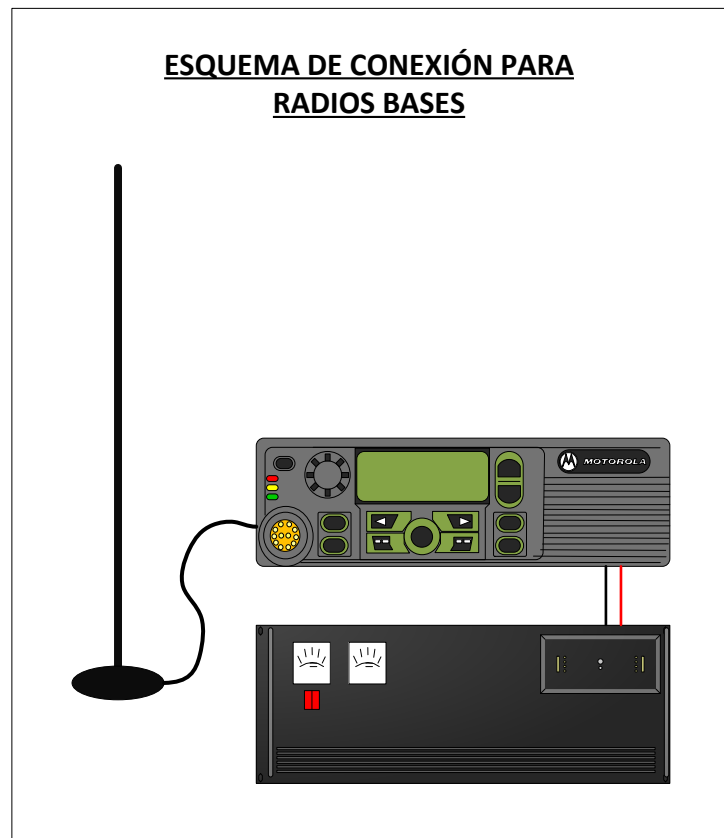


Figura 31: Esquema de conexión de una Radio Base

Fuente: [Elaboración Propia]

**ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL EQUIPAMIENTO PROPUESTO PARA  
EL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN TRONCALIZADO**

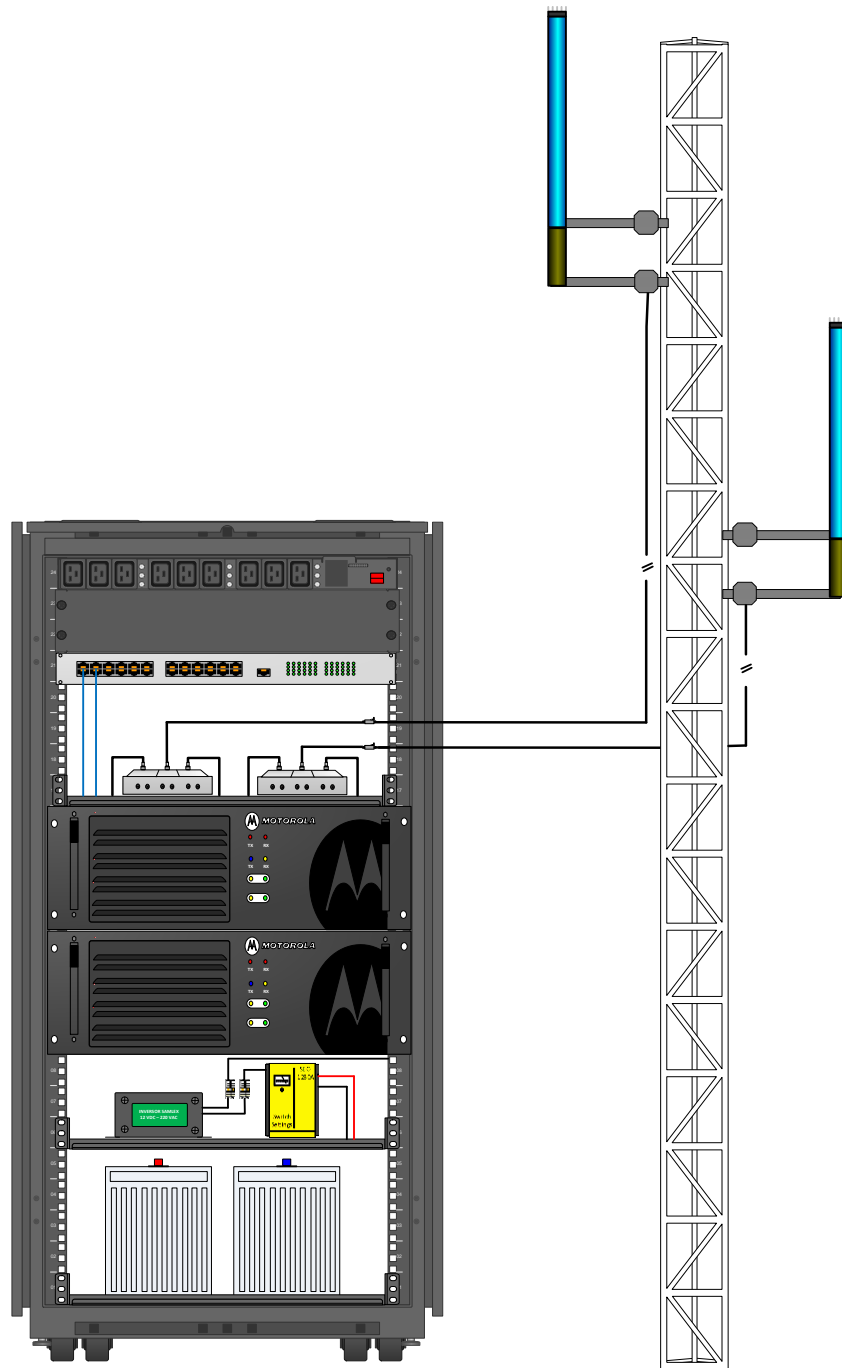


Figura 32: Esquema de conexión de repetidoras

Fuente: [Elaboración Propia]

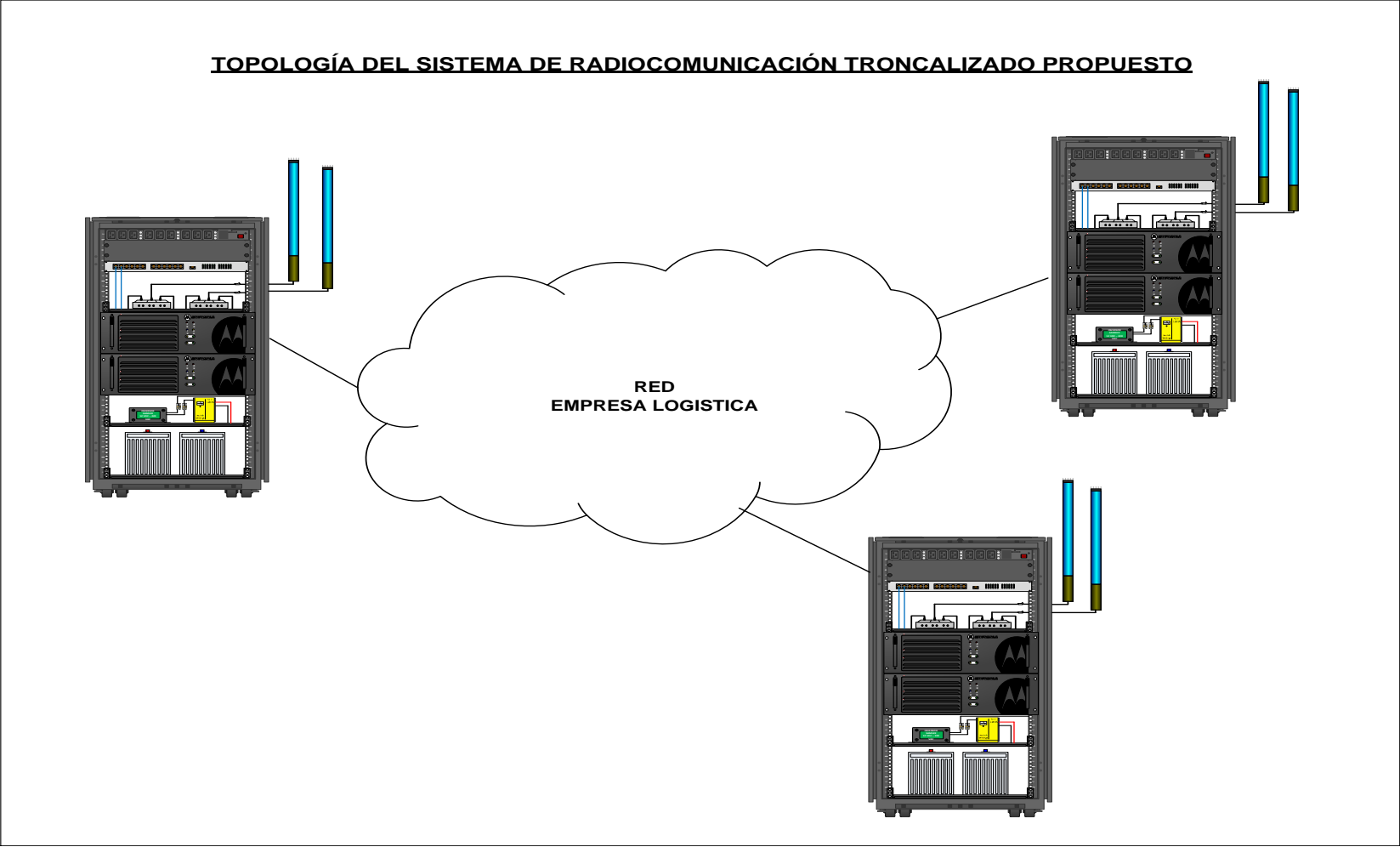


Figura 33: Topología del Sistema de Radiocomunicación propuesto

Fuente: [Elaboración Propia]

### 3.4 PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN TRONCALIZADO

En esta sección se muestra el presupuesto que se requiere para el sistema de Radiocomunicación Troncalizado Linked Capacity Plus.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
<b>Estación de Radiocomunicación*, incluye:</b>					
1	*2 Repetidoras DGR 6175 Mototrbo * Licencia Linked Capacity Plus para repetidor * Línea de Transmisión y componentes RF (Cable RF, conectores, duplexor, etc) * Sistema de Transformación de Energía(Respaldo) * Protección Eléctrica(Aterramiento, etc) * Infraestructura (Gabinetes, soportes, separadores, etc) * Switch administrable * Servicios de instalación	Unidad	3	\$ 17,587.81	\$ 52,763.42
<b>Estación Base*, Incluye:</b>					
2	* 6 Radio Mototrbo DGM 5000 * Fuente de Poder * Antena Base * Licencia Linked Capacity Plus para suscriptor * Software Trbonet * Hardware para instalacion de Trbonet * Servicios de instalacion	Unidad	1	\$ 18,961.43	\$ 18,962.43
<b>Terminales de Radio*, incluye</b>					
3	* Radio Portatil DGP 8550 * Radio Portatil DGP 5050 * Radio Movil DGM 8500 * Cables de programacion para Portatil * Cables de programacion para Movil * Servicio de configuracion e instalacion de radios móviles	Global	1	\$ 77,542.37	\$ 77,542.37
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 149,268.23</b>

Tabla 14: Presupuesto Referencial del Sistema de Radiocomunicación Troncalizado

Fuente: [Elaboración Propia]

\*Precios Referenciales

### **3.5 ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN**

Para realizar el análisis cuantitativo del sistema de radiocomunicación se procede a cotizar el equipamiento con otra alternativa, en este caso se realiza un presupuesto utilizando el Sistema de Radiocomunicación Troncalizado P25 de la misma marca, ya que el requerimiento inicial fue utilizar equipos de la marca Motorola, no otras marcas alternativas.

Para este análisis no se considera el Sistema Tetra ya que los terminales portátiles tienen como potencia máxima 1.8W a comparación de las radios Mototrbo y P25 que cuentan con 5W, de igual forma con los terminales móviles que tienen como potencia máxima 10W en comparación con radios móviles Mototrbo y P25 que tienen potencia máxima hasta 45W y 50W respectivamente.

A continuación se muestra presupuesto referencial para el Sistema Troncalizado P25, además se realiza un cuadro comparativo entre los precios de ambos sistemas, cabe indicar que la cobertura para ambos sistemas será la misma, la diferencia radica en la infraestructura y equipamiento que se utilizará.



ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
<b>Estación de Radiocomunicación*, incluye:</b>					
1	*1 Estación Base P25 * Controlador de sitio * Línea de Transmisión y componentes RF (Cable RF, conectores, duplexor, etc) * Sistema de Transformación de Energía(Respaldo) * Protección Eléctrica(Aterramiento, etc) * Infraestructura (Gabinetes, soportes, separadores, etc) * Servicios de instalación	Unidad	3	\$ 30,778.66	\$ 92,335.99
<b>Estación Base*, Incluye:</b>					
2	* Radio Móvil P25 * Fuente de Poder * Antena Base * Software de monitoreo por GPS * Servicios de instalacion	Global	1	\$ 28,442.15	\$ 28,442.15
<b>Terminales de Radio*, incluye</b>					
3	* Radio Portatil P25 * Radio Movil P25 * Cables de programacion para Portatil * Cables de programacion para Movil * Servicio de configuracion e instalacion de radios moviles	Global	1	\$ 116,313.56	\$ 116,313.56
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 237,091.70</b>

Tabla 15. Presupuesto Referencial de un Sistema de Radiocomunicación Troncalizado P25

Fuente [Elaboración Propia]

\*Precios Referenciales

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
1	Sistema de Radiocomunicación Troncalizada Linked Capacity Plus	\$ 149,268.23
2	Sistema de Radiocomunicación Troncalizada P25	\$ 237,091.70

Tabla 16. Tabla Comparativa de precios

Fuente [Elaboración Propia]

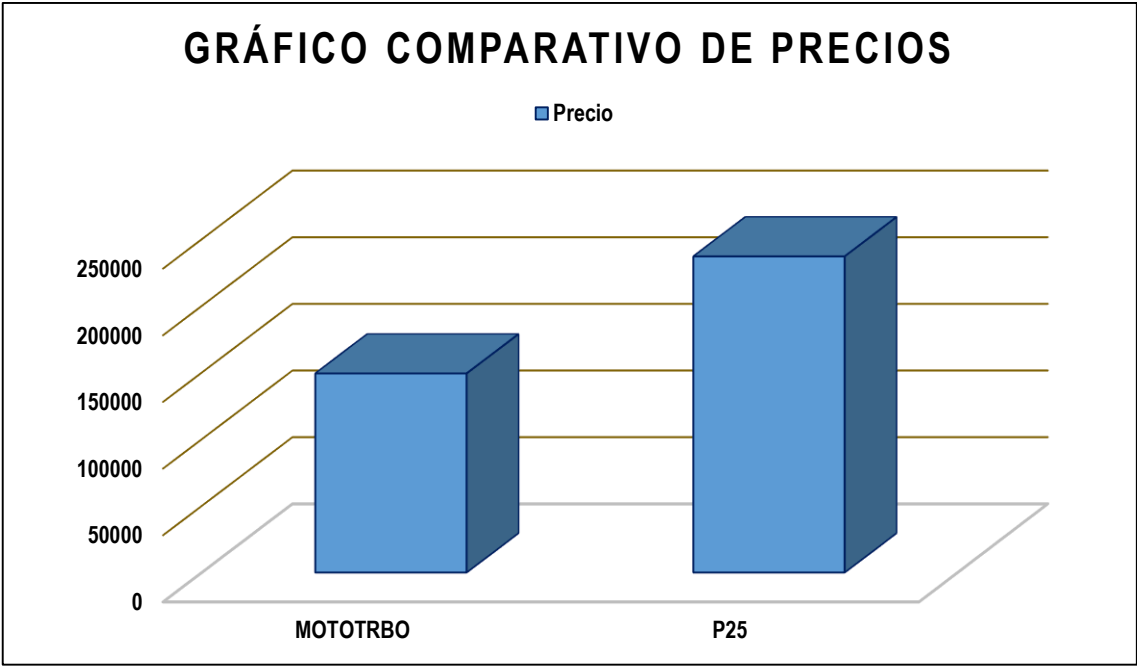


Figura 34. Gráfico comparativo de precios entre sistemas Troncalizados P25 y Mototrbo Linked Capacity Plus

## CONCLUSIONES

El Sistema de Radiocomunicación Digital Troncalizada Linked Capacity plus es utilizado para organizaciones que tienen gran cantidad de trabajadores o que requieren varios grupos de trabajo que están en ubicados en diferentes áreas geográficas, así como la empresa logística que cuenta con 6 centros de distribución dentro de la ciudad de Lima-Callao y a que requieren varios grupos de comunicación para su coordinación.

El área de cobertura que se presentan en este trabajo, indican la probabilidad o confiabilidad con que el sistema será capaz de satisfacer un criterio mínimo de desempeño en un área definida.

Trbonet es un software que permite monitorear en tiempo real las radios móviles, así mismo este software permite la comunicación con otras radios desde la misma plataforma.

## RECOMENDACIONES

Para el diseño del sistema de radiocomunicación Troncalizado, es importante conocer el grado de servicio que requiere la empresa para el sistema y la cantidad de usuarios que tendrán radio.

Es recomendable contar con un backup de energía (por ejemplo baterías de respaldo) en caso el sistema eléctrico de la estación de repetición falle, así no se perderá la comunicación entre los trabajadores de la empresa.

La simulación de cobertura fue realizada con niveles de señal de recepción desde -10dBm hasta -90dBm, estos niveles fueron usados sólo para la simulación ya que en campo el nivel de recepción mínimo para que las radios puedan tener comunicación hasta -100dBm, con respecto al nivel de recepción máximo, se recomienda que las radios portátiles y móviles no se comuniquen por medio del repetidor sino en modo directo, esto para evitar que la radio pierda sensibilidad.

La separación entre antenas VHF en una misma torre es de 5 metros para que no haya interferencias

La licencia Trbonet se genera con el hardware ID del servidor donde se instalará el software, si se cambia de hardware, perderán la licencia de Trbonet, sin embargo pueden recuperar la licencia contactándose con el proveedor.

## BIBLIOGRAFIA

Motorola. (2014). Linked Capacity Plus. System Planner Trbonet, 1, 333-341.

Inictel. (2015). Espectro Radioelectrico. Diseño de Radio enlaces, 1, 4-5.

ETSI. (2016). TETRA. 14 de agosto, de Estándar TETRA Sitio web:  
<http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/tetra>

ETSI. (2016). DMR. 14 de Agosto, de Estandar DMR Sitio web:  
<http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/digital-mobile-radio>

Motorola. 2011. Taller de Soluciones Avanzadas. (1, 5-10) Motorola: Motorola.

José Fabian Mosquera Torres. (2012). Sistema VHF Digitales. En Rediseño de un Sistema de Radiocomunicaciones VHF, para aprovechar las ventajas de una tecnología digital(45-53). Escuela Politécnica Nacional: Escuela Politécnica Nacional.

## **ANEXO**



# MOTOTRBO™

## Repetidor DGR™ 6175



### Cambie a digital.

Ya está disponible la siguiente generación de soluciones de comunicación de radios profesionales de dos vías que ofrece mejor rendimiento, mayor productividad y valor superior, gracias a la tecnología digital que ofrece mayor capacidad, mejor eficiencia del espectro, comunicaciones integradas de datos y mejores comunicaciones de voz.

El portafolio MOTOTRBO le ofrece una solución privada, rentable y basada en estándares que puede ser adaptada para satisfacer sus necesidades específicas de funcionalidad y cobertura.

Este versátil portafolio proporciona un sistema completo de radios portátiles, radios móviles, repetidores, accesorios y aplicaciones de datos. Es decir, es una solución completa.

### Funciones principales

Permite dos vías simultáneas de voz o datos en modo digital de Acceso múltiple por división de Tiempo (TDMA).

Duplica el número de usuarios que pueden recibir servicio con un solo canal de 12.5 kHz con licencia.

Integra voz y datos para aumentar la eficiencia operativa.

Ciclo de servicio total continuo de 100% hasta 45W en VHF y 40W en UHF

Fuente de alimentación integrada.

Los LEDs indican claramente los modos de transmisión y recepción en ambos segmentos de canal, así como la operación en modo analógico y digital.

Instalación estándar en bastidor. Kit para montaje en pared también disponible.

Las manijas robustas hacen más fácil la instalación y el manejo del repetidor.

Respaldo automatizado de batería disponible (la batería se vende por separado)

Permite aplicaciones incluyendo Servicios de mensajes de texto MOTOTRBO y Servicios de localización MOTOTRBO (Localización y rastreo mediante GPS).

La solución MOTOTRBO es un sistema completo de radio de dos vías que incluye radios portátiles y móviles, repetidores, accesorios y aplicaciones.

GENERAL	VHF	UHF	
		BAND I	BAND II
Número de Canales	1,000		
Salida RF típica	1-25 W 25-45 W	1-25 W 25-40 W	1-40 W (1-25 W above 512 MHz)
Frecuencia	136-174 MHz	403-470 MHz	450-527 MHz
Dimensiones (AlxAnxProf)	132.6 x 482.6 x 296.5 mm (5.22 x 19 x 11.67 in)		
Peso	14 kg (31 lbs.)		
Consumo de Corriente: En espera	1 A (1 A DC típica)		
Transmisión	3.8 A (11 A DC típica)		
Rango Operativo de temperatura	-30°C a +60°C		
Ciclo Máximo de trabajo I	100%		
Aprobación FCC	ABZ99FT3026 ABZ99FT3025		ABZ99FT4026 ABZ99FT4025

RECEPTOR	VHF	UHF	
		BAND I	BAND II
Frecuencias	136-174 MHz	403-470 MHz	450-527 MHz
Espaciamento de canal	6.25 kHz / 12.5 kHz		
Estabilidad de frecuencia (-30° C, +60° C, +25° C)	+/- 0.5 ppm		
Sensitividad analógica (12dB SINAD)	0.3 uV 0.22 uV (típica)		
Sensitividad digital	5% BER: 0.3 uV		
Intermodulación (TIA603C)	78 dB		75 dB
Selectividad de canal adyacente			
TIA603	65 dB a 12.5 kHz, 80 dB a 25 kHz		
TIA603C	50 dB a 12.5 kHz, 80 dB a 25 kHz		
Rechazo de espurias (TIA603C)	80 dB		75 dB
Distorsión de audio a audio nominal	3% (típica)		
Zumbido y ruido	-40 dB a 12.5 kHz -45 dB a 25 kHz		
Respuesta de audio	TIA603C		
Emisión de espurias conducidas	-57 dBm		

TRANSMISOR	VHF	UHF	
		BAND I	BAND II
Frecuencias	136-174 MHz	403-470 MHz	450-527 MHz
Espaciamento de canal	6.25 kHz / 12.5 kHz		
Estabilidad de frecuencia (-30° C, +60° C, +25° C)	+/- 0.5 ppm		
Potencia de salida	1-25 W 25-45 W	1-25 W 25-40 W	1-40 W (1-25 W above 512 MHz)
Limitación de modulación	+/- 2.5 kHz a 12.5 kHz +/- 5.0 kHz a 25 kHz		
Zumbido y ruido FM	40 dB a 12.5 kHz -45 dB a 25 kHz		
Emisiones conducidas / irradiadas	-36 dBm < 1 GHz -30 dBm > 1 GHz		
Potencia de canal adyacente (TIA603C)	60 dB a 12.5 kHz 70 dB a 25 kHz		
Respuesta de audio	TIA603C		
Distorsión de audio	3%		
Modulación FM	12.5 kHz: 11K0F3E 25 kHz: 16K0FE		
Modulación digital 4FSK	12.5 kHz solo datos: 7K60FXD 12.5 kHz voz y datos: 7K60FXE		
Tipo de vlocoder digital	AMBE+		
Protocolo digital	ETSI-TS102 361-1		

Calidad y confiabilidad



Respaldo por una garantía estándar de dos años



## PRODUCT SPEC SHEET

MOTOTRBO DGM™8000 / DGM™5000 SERIES MOBILE RADIOS



**YOUR MOBILE VOICE JUST GOT STRONGER**

# MOTOTRBO™ DGM™8000 / DGM™5000 SERIES DIGITAL TWO- WAY MOBILE RADIOS

From the delivery driver crisscrossing the city to the sanitation crew clearing streets, MOTOTRBO™ can transform your enterprise and make employee interactions smarter and safer. Our best-in-class audio and exceptional data capabilities empower people like never before.

Versatile and powerful, MOTOTRBO combines the best of two-way radio functionality with the latest digital technology. DGM™8000 / DGM™5000 Series radios integrate voice and data seamlessly, offer enhanced features that are easy to use, and deliver operations-critical advantages like integrated Bluetooth® and Intelligent Audio.

The DGM™8000 / DGM™5000 Series can remaster your workplace and the way people collaborate to help you achieve even greater efficiency.

## FEATURES

### Best-in-class audio

Loud front-facing speaker and Intelligent Audio feature automatically adjusts the radio volume according to the environment's noise level

### Large, full color display

Enhanced 5-line display features a flexible menu-driven interface. Icons and large easy-to-use navigation buttons ease message reading and menu navigation

### Personalized voice announcements

Voice announcement verbally calls out channel or zone changes as well as programmable button features

## PRODUCT SPEC SHEET

MOTOTRBO DGM™8000 / DGM™5000 SERIES MOBILE RADIOS

### AUDIO BEYOND EXPECTATIONS

When it comes to exceptional audio clarity, the quality of digital can't be denied. With the DGM™8000 / DGM™5000 Series mobiles, you get digital quality plus unique features to help your employees hear and speak clearly, wherever they work.

With Intelligent Audio, the radio volume automatically adjusts to compensate for background noise so workers don't have to adjust their radio volume to avoid missing a call in loud situations or disturbing others when they move into quiet places. Increased background noise suppression filters out unwanted external clamor – from road traffic to the roar of engines.

Bluetooth® audio, embedded right in the radio, provides voice communication with exceptional clarity – giving your people the freedom to move without wires. Also, IMPRES™ audio accessories enhance noise suppression and improve voice intelligibility for smarter audio than they've ever experienced before. All legacy accessories are fully compatible with our new MOTOTRBO radios.

### INDUSTRY-LEADING DATA

DGM™8000 Series radios feature integrated GPS that enables location tracking of mobile work teams and text messaging to enable communication when voice isn't feasible and the large, full-color display operates in day or night mode, for easy viewing of contact lists, text messages and work order tickets even in bright sunlight. These radios also feature integrated Bluetooth®, enabling the radio to wirelessly interface with Bluetooth®-enabled devices such as barcode scanners and magnetic card readers to facilitate the collection of critical information in the field.

MOTOTRBO's Application Developer program offers customized data applications that allow you to adapt your radios to your business challenges. With the industry's largest developer program, data applications answer your objectives—from work order ticket management to telephony integration, and more.

### HIGH-POWERED PERFORMANCE

Because MOTOTRBO uses TDMA digital technology, you get integrated voice and data, twice the calling capacity and clearer voice communications. Also, the smart IMPRES™ technology in our high-powered accessories enables easier communications – everywhere your people travel.

### RICH FUNCTIONALITY

DGM™8000 / DGM™5000 Series radios offer plenty of features your business seeks – including enhanced call signaling, basic and enhanced privacy-scrambling, option board expandability, the transmit

interrupt suite to prioritize critical communication the moment you need it and compatibility with SCADA solutions for utility and public service monitoring and alarms. Programmable button features appear on the display for easy viewing and quick access. And when workers can't be distracted, customizable voice announcement provides audible confirmation of channel and zone changes as well as programmable button features, eliminating the need to view the display.

### EXPANDED CAPACITY AND COVERAGE

Your work crews are on the go – picking up loads, dropping off cargo, repairing roads or restoring power after a storm. That's why you need the far-reaching performance of MOTOTRBO.

IP Site Connect helps to dramatically improve customer service and productivity by using the Internet to extend coverage to create a wide area network, enhance single site coverage or link geographically dispersed locations. Capacity Plus single-site trunking expands capacity to over 1,000 users without adding new frequencies. Linked Capacity Plus leverages the high capacity of Capacity Plus, with the wide area coverage capabilities of IP Site Connect to keep your staff at up to 15 sites connected with an affordable wide area trunking solution. And Connect Plus provides a solution for operations that require a high-volume, wide-area system. So whether you want expanded coverage at a single site or across multiple ones, MOTOTRBO can be scaled to your needs.

### MIGRATE AT YOUR OWN PACE

Keeping operations running smoothly during a change in communication systems is vital to business. It's easy to migrate to digital with DGM™8000 / DGM™5000 Series radios because they operate in analog and digital mode while the dynamic mixed mode repeater functionality streamlines automatic switching between analog and digital calls. So you can begin using MOTOTRBO radios and repeaters on your existing analog system, and when your time and budget allow, move to digital at your own pace.

### DAY-IN, DAY-OUT DURABILITY

DGM™8000 / DGM™5000 Series mobile radios are backed by a two-year Standard Warranty.



“With Motorola’s technology providing first-class GPS tracking, fleet localization and a voice communication network among vehicles, the Cooperativa de Transporte Público located in Ciudad de Milagro was able to put together a fleet with optimized operations to meet the demands of its partners”, said Mr. Carlos Hurtado, Chairman of the Cooperativa de Transporte Urbano Ciudad de Milagro.

**PRODUCT SPEC SHEET**

MOTOTRBO DGM™8000 / DGM™5000 SERIES MOBILE RADIOS

**DGM™8000 / DGM™5000 SERIES SPECIFICATIONS**

FULLY COMPATIBLE WITH LEGACY MOTOTRBO RADIOS.

GENERAL SPECIFICATIONS									
		DGM™8500/DGM™5500			DGM™8500	DGM™8000/DGM™5000			DGM™8000
		VHF	UHF Band 1	UHF Band 2	800/900	VHF	UHF Band 1	UHF Band 2	800/900
Channel Capacity		Up to 1,000			Up to 1,000	99			99
Typical RF Output	Low Power	1-25 W	1-25 W			1-25 W	1-25 W		
	High Power	25-45 W	25-40 W	1-40 W	806-870 MHz: 10-35 W 896-941 MHz: 10-30 W	25-45 W	25-40 W	1-40 W	806-870 MHz: 10-35 W 896-941 MHz: 10-30 W
Dimensions (H x W x L)		2.1 x 6.9 x 8.1 in (53.3 x 175.3 x 205.7 mm)							
Weight		3.9 lbs (1.8 kg)							
Maximum Current Drain	Standby	0.81 A							
	Receive (Rated Audio)	2 A							
	Transmit	1-25 W: 11.0 A 25-45 W: 14.5 A	1-25 W: 11.0 A 25-40 W: 14.5 A	1-25 W: 11.0 A 25-40 W: 14.5 A	12 A	1-25 W: 11.0 A 25-45 W: 14.5 A	1-25 W: 11.0 A 25-40 W: 14.5 A	1-25 W: 11.0 A 25-40 W: 14.5 A	12A
FCC Description		1-25 W: ABZ99FT3086 25-45 W: ABZ99FT3087	1-25 W: ABZ99FT4087 25-40 W: ABZ99FT4088	1-40 W: ABZ99FT4085	AZ492FT5862	1-25 W: ABZ99FT3086 25-45 W: ABZ99FT3087	1-25 W: ABZ99FT4087 25-40 W: ABZ99FT4088	1-40 W: ABZ99FT4085	AZ492FT5862
IC Description		1-25 W: 109AB-99FT3086 00 25-45 W: 109AB-99FT3087 0	1-25 W: 109AB-99FT4087 25-40 W: 109AB-99FT4088	1-40 W: 109AB-99FT4085	109U-92FT5862	1-25 W: 109AB-99FT3086 25-45 W: 109AB-99FT3087	1-25 W: 109AB-99FT4087 25-40 W: 109AB-99FT4088	1-40 W: 109AB-99FT4085	109U-92FT5862

RECEIVER				
	VHF	UHF Band 1	UHF Band 2	800/900
Frequencies	136-174 MHz	403-470 MHz	450-512 MHz	806-870 MHz 896-941 MHz
Channel Spacing	12.5 kHz / 25 kHz*			806-870 MHz 12.5/25 kHz* 896-941 MHz: 12.5 kHz
Frequency Stability (-30°C, +60°C, +25°C Ref)	± 0.5 ppm			
Analog Sensitivity (12dB SINAD)	0.3uV, 0.22uV (typical)			
Digital Sensitivity	5% BER @ 0.25uV (0.19uV typical)			5% BER @ 0.3uV
Intermodulation (TIA603D)	78 dB			75 dB
Adjacent Channel Selectivity (TIA603D)	50 dB @ 12.5 kHz 80 dB @ 25 kHz*	50 dB @ 12.5 kHz 75 dB @ 25 kHz*		
Spurious Rejection (TIA603D)	80 dB	75 dB		
Rated Audio	3 W (Internal), 7.5 W (External - 8 ohms) 13 W (External - 4 ohms)			
Audio Distortion @ Rated Audio	3% (typical)			
Hum and Noise	-40 dB @ 12.5 kHz/-45 dB @ 25 kHz*			
Audio Response	TIA603D			
Conducted Spurious Emission (TIA603D)	-57dBm			

TRANSMITTER				
	VHF	UHF Band 1	UHF Band 2	800/900
Frequencies	136-174 MHz	403-470 MHz	450-512 MHz	806-870 MHz 896-941 MHz
Channel Spacing	12.5 kHz / 25 kHz*			806-870 MHz: 12.5/25 kHz* 896-941 MHz: 12.5 kHz
Frequency Stability (-30°C, +60°C, +25°C Ref)	± 0.5 ppm			
Low Power Output	1-25 W			
High Power Output	25-45 W		1-40 W	806-870MHz 10-35W 896-941MHz 10-30W
Modulation Limiting	± 2.5 kHz @ 12.5 kHz/± 5.0 kHz @ 25 kHz*			
FM Hum and Noise	-40 dB @ 12.5 kHz/-45 dB @ 25 kHz*			
Conducted/Radiated Emission	-36 dBm < 1 GHz/-30 dBm > 1 GHz			
Adjacent Channel Power	60 dB @ 12.5 kHz/70 dB @ 25 kHz*			50 dB @ 12.5 kHz/ 60 dB @ 25 kHz*
Audio Response	TIA603D			
Audio Distortion	3%			
FM Modulation	12.5 kHz: 11K0F3E / 25 kHz*: 16K0F3E			
4FSK Digital Modulation	12.5 kHz Data Only: 7K60F1D & 7K60FXD			
	12.5 kHz Voice: 7K60F1E & 7K60FXE			
	Combination of 12.5 kHz Voice & Data: 7K60F1W			
Digital Vocoder Type	AMBE+2™			
Digital Protocol	ETSI TS 102 361-1, -2, -3			

\*25 kHz is NOT available in the USA. FCC narrowbanding rules do not allow operation of this model on 25 kHz configuration in Part 90 VHF/UHF frequencies

**PRODUCT SPEC SHEET**

MOTOTRBO DGM™8000 / DGM™5000 SERIES MOBILE RADIOS

MILITARY STANDARDS										
APPLICABLE MIL-STD	810C		810D		810E		810F		810G	
	METHOD	PROCEDURES	METHOD	PROCEDURES	METHOD	PROCEDURES	METHOD	PROCEDURES	METHOD	PROCEDURES
Low Pressure	500.1	I	500.2	II	500.3	II	500.4	II	500.5	II
High Temperature	501.1	I, II	501.2	I/A1, II/A1	501.3	I/A1, II/A1	501.4	I/Hot, II/Hot	501.5	I/A1, II
Low Temperature	502.1	I	502.2	I/C3, II/C1	502.3	I/C3, II/C1	502.4	I/C3, II/C1	502.5	I/C3, II
Temperature Shock	503.1	-	503.2	I/A1/C3	503.3	I/A1/C3	503.4	I	503.5	I/C
Solar Radiation	505.1	II	505.2	I	505.3	I	505.4	I	505.5	I/A1
Rain	506.1	I, II	506.2	I, II	506.3	I, II	506.4	I, III	506.5	I, III
Humidity	507.1	II	507.2	II	507.3	II	507.4	-	507.5	II - Aggravated
Salt fog	509.1	-	509.2	-	509.3	-	509.4	-	509.5	-
Dust	510.1	I	510.2	I	510.3	I	510.4	I	510.5	I
Vibration	514.2	VIII/F, Curve-W	514.3	I/10, II/3	514.4	I/10, II/3	514.5	I/24	514.6	I/24
Shock	516.2	I, II	516.3	I, IV	516.4	I, IV	516.5	I, IV	516.6	I, IV, V, VI

GPS	
Accuracy specs are for long-term tracking (95th percentile values > 5 satellites visible at a nominal -130 dBm signal strength)	
TTFF (Time To First Fix) Cold Start	< 1 minute
TTFF (Time To First Fix) Hot Start	< 10 seconds
Horizontal Accuracy	< 5 meters

ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS	
Operating Temperature	-30° C / +60° C
Storage Temperature	-40° C / +85° C
Thermal Shock	Per MIL-STD
Humidity	Per MIL-STD
ESD	IEC 61000-4-2 Level 3
Dust and Water Intrusion	IP54, MIL-STD
Packaging test	MIL-STD 810C, D, E, F, and G

Specifications subject to change without notice. All specifications shown are typical.

Radio meets applicable regulatory requirements. Version 1 07/11

BLUETOOTH	
Version	Supports Bluetooth® 2.1 + EDR Specification
Profiles Supported	Bluetooth Headset Profile (HSP), Serial Port Profile (SPP), Motorola fast push-to-talk.
Devices Supported	Radio supports 1 Bluetooth audio accessory and 1 Bluetooth data device simultaneously
Range	Class 2, 10 meters

For more information on how to strengthen your mobile voice, visit [www.motorolasolutions.com/mototrbo](http://www.motorolasolutions.com/mototrbo)

MOTOROLA, MOTO, MOTOROLA SOLUTIONS and the Stylized M Logo are trademarks or registered trademarks of Motorola Trademark Holdings, LLC and are used under license. All other trademarks are the property of their respective owners. © 2014 Motorola Solutions, Inc. All rights reserved. 2014-06

**MOTOTRBO**  
REINVENTING  
DIGITAL





INCOMPARABLES CAPACIDADES DE DATOS TRANSFORMAN  
EL RADIO DE DOS VÍAS MÁS ALLÁ DE LA VOZ.

# RADIOS PORTÁTILES DIGITALES DE DOS VÍAS SERIE DGP™8000 / DGP™5000 MOTOTRBO™



Desde el operario de una fábrica hasta el equipo a cargo de la reparación de rutas y caminos, MOTOTRBO transforma su empresa, haciendo más inteligente y segura la interacción de sus empleados. Nuestras incomparables funcionalidades de datos y la mejor calidad de audio de la industria lo ayudan a potenciar a su personal como nunca antes.

Versátil y potente, MOTOTRBO combina lo mejor de la funcionalidad de radio de dos vías con los últimos avances en tecnología digital. Los radios Serie DGP™8000 / DGP™5000 integran voz y datos sin limitación; ofrecen funciones optimizadas fáciles de usar, y aportan beneficios de operaciones empresariales críticas, como Bluetooth® integrado y Audio Inteligente.

La Serie DGP™8000 / DGP™5000 viene a reinventar su lugar de trabajo y la manera en la que la gente colabora para ayudarlo a incrementar la eficiencia de su organización.

## CALIDAD DE AUDIO SUPERIOR A LA ESPERADA

En lo que a claridad de audio respecta, la calidad de la tecnología digital es indiscutible. Los radios portátiles Serie DGP™8000 / DGP™5000 le ofrecen rendimiento de audio digital en toda su área de cobertura, además de exclusivas funcionalidades que ayudarán a sus empleados a escuchar y ser escuchados más claramente, independientemente del entorno en el que se encuentren.

La función de Audio Inteligente automáticamente ajusta el volumen del radio según el ruido de fondo, de modo tal que el trabajador no tenga que estar constantemente ajustando el volumen de su radio para evitar perder llamadas en entornos altamente ruidosos o molestar a los demás al ingresar en áreas silenciosas. La función optimizada de supresión de ruido de fondo ayuda a filtrar el ruido externo no deseado, incluso el ruido de maquinaria pesada y motores en marcha.

La función de audio Bluetooth® viene integrada al radio, de modo que no se requiere adaptador alguno para el uso de accesorios inalámbricos. Además, los accesorios de audio IMPRES™ optimizan la función de supresión de ruido y mejoran la inteligibilidad de la voz, experimentando así los accesorios más inteligentes de su clase.

## FUNCIONALIDAD DE DATOS LÍDER EN LA INDUSTRIA

Integrada a la serie DGP™8000 y ofrecida como función premium para DGP™5000, la funcionalidad de datos Bluetooth integrados permite que los equipos de trabajo abocados a su tarea envíen información a la oficina en tiempo real, en vez de tener que esperar hasta el final del turno, ayudando así a ahorrar valiosísimas horas y a optimizar el proceso de toma de decisiones. Además, la función GPS integrada a los dispositivos de Serie DGP™8000 le permiten localizar a su fuerza de trabajo móvil y enviarle mensajes de texto en los casos en los que no se pueden establecer comunicaciones de voz. Y su completa pantalla color de 5 líneas y grandes dimensiones opera en modo día/noche, facilitando la visualización de listas de contactos, mensajes de texto y tickets de órdenes de trabajo, incluso con luz solar directa.

El Programa de Desarrolladores de Aplicaciones de MOTOTRBO ofrece aplicaciones de datos personalizadas que le permiten adaptar sus radios según las necesidades de su empresa. Con el Programa de Desarrolladores más importante de la industria, las aplicaciones de datos lo ayudan a alcanzar sus objetivos, desde administración de tickets de órdenes de trabajo hasta integración de telefonía y mucho más.

## RENDIMIENTO DE ALTA POTENCIA

MOTOTRBO emplea tecnología digital TDMA. Es por ello que usted obtiene voz y datos integrados, el doble de capacidad de llamada y comunicaciones de voz más claras. Y en lo que respecta a rendimiento de batería, los radios MOTOTRBO ofrecen hasta un 40% más de autonomía entre carga y carga, en comparación con los radios de tecnología analógica.

## COMPLETAS FUNCIONALIDADES

Los radios Serie DGP™8000 / DGP™5000 ofrecen muchas de las funciones que su empresa necesita, incluidas señalización de llamada optimizada, encriptación básica y mejorada para mayor privacidad, expandibilidad de placa opcional

y suite de interrupción de transmisión para priorización de comunicaciones críticas cuando más lo necesita. También ofrecen visualización en pantalla de las funciones del botón programable, pudiendo acceder a ellas más fácil y rápidamente. Y para los casos en los que no se puede distraer al trabajador, la función personalizable de anuncio por voz ofrece una confirmación audible para cambios de zona o canal y funciones de botón programable, eliminando la necesidad de tener que mirar la pantalla.

## COBERTURA Y CAPACIDAD EXTENDIDAS

Su fuerza de trabajo está permanentemente abocada a su tarea todos los días, levantando cargas, reparando rutas y caminos, proporcionando seguridad, atendiendo solicitudes de huéspedes o restableciendo el suministro de energía eléctrica después de una tormenta.

Como función integrada a la Serie DGP™8000 y opción premium para DGP™5000, IP Site Connect ayuda a mejorar considerablemente el servicio de atención al cliente y su productividad utilizando Internet para ampliar la cobertura y crear así una red de área extendida, extender la cobertura en un solo sitio o unir áreas geográficamente dispersas. Usted puede actualizar el DGP 8000 o el DGP 5000 con Capacity Plus que agrega funcionalidad trunking de un solo sitio para extender la capacidad del sistema sin la necesidad de incluir nuevas frecuencias. Puede agregar también Linked Capacity Plus que combina la capacidad de extensión de Capacity Plus con la cobertura de área amplia IP Site Connect, proporcionando una solución de trunking de área amplia de sitios múltiples de alta capacidad y costo eficaz. Ya sea que desee cobertura en un solo sitio o en sitios múltiples, MOTOTRBO puede ser escalado para satisfacer las necesidades de su negocio y de su presupuesto.

## MIGRE SU SISTEMA A SU PROPIO RITMO


Mantener sus operaciones en perfecto funcionamiento ante un cambio en los sistemas de comunicaciones es vital para su empresa. Con nuestros radios Serie DGP™8000 / DGP™5000, es muy fácil migrar a digital, ya que funcionan tanto en modo analógico como digital. Y para facilitar aún más este proceso de transición, la funcionalidad de repetidor de modo combinado dinámico optimiza la conmutación automática entre llamadas analógicas y digitales. De modo que usted puede comenzar a utilizar radios y repetidores MOTOTRBO en su sistema analógico actual e ir migrando el sistema a su propio ritmo cuando el tiempo y el presupuesto se lo permitan.

## DURABILIDAD SIN LÍMITES

Los radios Serie DGP™8000 / DGP™5000 cumplen con las especificaciones más exigentes, incluidas IP57 sobre inmersión en agua y los Estándares Militares de los EE.UU. 810 C, D, E, F y G, obteniendo un nivel de durabilidad excepcional. La opción para que el radio sea FM certificado, debe ser solicitada a la fábrica, junto con todos los accesorios relevantes en el momento de hacer la compra.




## MANTENGA LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE SU NEGOCIO CON APLICACIONES DE NIVEL EMPRESARIAL:


 **Localización:** Localice a sus trabajadores móviles de modo que puedan responder inmediatamente; ante una emergencia, usted puede localizar a su personal de seguridad con total precisión y enviar al lugar del incidente a los oficiales que más cerca se encuentren del área en cuestión

 **Bluetooth® integrado** para compartir datos de manera inalámbrica e instantánea entre distintos dispositivos


 **Consolas de despacho** para comunicación centralizada

 **Gateways de correo electrónico** para acceder a sus casillas de correo desde su radio

 **Monitoreo de red** para maximizar la capacidad de utilización del sistema

 **Aplicaciones de hombre herido** para que el radio mismo pida ayuda cuando el usuario no pueda hacerlo

 **Telefonía** para comunicación entre radios y teléfonos de línea fija o celulares

 **Mensajería de texto** para comunicaciones rápidas y discretas

 **Tickets de órdenes de trabajo** para agilizar la respuesta al cliente

## ESPECIFICACIONES DE LA SERIE DGP™8000 / DGP™5000

ESPECIFICACIONES GENERALES							
DGP 8550 Y DGP 5550 CON PANTALLA Y TECLADO				DGP 8050 Y DGP 5050 SIN PANTALLA O TECLADO			
		VHF	UHF	800/900	VHF	UHF	800/900
Capacidad de canal		1000			32		
Frecuencia	136-174 MHz	350-400 MHz 403-527 MHz	806-825 MHz	136-174 MHz	350-400 MHz 403-527 MHz	806-825 MHz	
			851-870 MHz			851-870 MHz	
			896-902 MHz			896-902 MHz	
			935-941 MHz			935-941 MHz	
Batería de ion de litio IMPRES de alta capacidad de 2150 mAh (PMNN4409)	(A X A X L)	130,3 mm / 55,2 mm / 41,1 mm 5,13" / 2,17" / 1,62"			130,3 mm / 55,2 mm / 39,6 mm 5,13" / 2,17" / 1,56"		
	Peso	355,5 g (12,54 oz)		350 g (12,35 oz)	323 g (11,39 oz)		318 g (11,20 oz)
Batería de ion de litio IMPRES delgada de 1500 mAh (PMNN4407)	(A X A X L)	130,3 mm / 55,2 mm / 35,8 mm 5,13" / 2,17" / 1,41"			130,3 mm / 55,2 mm / 34,3 mm 5,13" / 2,17" / 1,35"		
	Peso	335,5 g (11,83 oz)		330 g (11,64 oz)	303 g (10,69 oz)		298 g (10,49 oz)
Batería de ion de litio IMPRES FM de alta capacidad de 2300 mAh (NNTN8129)	(A X A X L)	130,3 mm / 55,2 mm / 41,1 mm 5,13" / 2,17" / 1,62"			130,3 mm / 55,2 mm / 39,6 mm 5,13" / 2,17" / 1,56"		
	Peso	365,5 g (12,89 oz)		360 g (12,70 oz)	333 g (11,75 oz)		328 g (11,55 oz)
Fuente de alimentación				7,5 V (Nominal)			
Temperatura de funcionamiento				-30 ~ +60°C <sup>1</sup>			
Código FCC		ABZ99FT3085	ABZ99FT4086	ABZ99FT5014	ABZ99FT3085	ABZ99FT4086	ABZ99FT5014
Código IC		109AB-99FT3085	109AB-99FT4086	109AB-99FT5014	109AB-99FT3085	109AB-99FT4086	109AB-99FT5014

BATERÍA					
Vida útil promedio de batería		Ciclo de operación 5/5/90 con supresión de ruido del portador y transmisor en alta potencia <sup>2</sup>			
Batería de ion de litio Core delgada de 1500mAh		Analógico: 7,7 hs/ Digital: 11,3 hs.		9,5 hrs / 12,0 hrs	
Batería de ion de litio IMPRES delgada de 1500 mAh		Analógico: 7,7 hs/ Digital: 11,3 hs.		9,5 hrs / 12,0 hrs	
Batería de ion de litio IMPRES de alta capacidad de 2150 mAh		Analógico: 11,1 hs/ Digital: 16,2 hs.		13,5 hrs / 17,0 hrs	
Batería de ion de litio IMPRES FM de alta capacidad de 2300 mAh		Analógico: 11,9 hs/ Digital: 17,3 hs.		14,5 hrs / 18,2 hrs	

RECEPTOR				TRANSMISOR					
		VHF	UHF	800/900			VHF	UHF	800/900
Frecuencias		136-174 MHz	350-400 MHz 403-527 MHz	806-941 MHz	Frecuencias		136-174 MHz	350-400 MHz 403-527 MHz	806-941 MHz
Espaciamento de canal		12,5/25kHz			Espaciamento de canal		12,5/25 kHz		
Estabilidad de frecuencia (Ref. -30°C, +60°C, +25°C)		± 0,5 ppm			Estabilidad de frecuencia		± 0,5 ppm		
Sensibilidad analógica (12dB SINAD)		0,3uV 0,22uV (típica)			Baja potencia de salida		1W	1W	1W
Sensibilidad digital		0,25 uV (0,19 uV típica)			Alta potencia de salida		5W	4W	2,5W
Intermodulación (TIA603D)		70 dB			Restricción de modulación		± 2,5kHz @ 12,5 kHz / ± 5,0kHz @ 25 kHz		
Selectividad de canal adyacente (TIA603A) - 1T		60dB @ 12,5 kHz / 70dB @ 25 kHz			Interferencia y ruido en FM		-40dB @ 12,5 kHz / -45dB @ 25 kHz		
Selectividad de canal adyacente (TIA603D) - 2T		45dB @ 12,5 kHz / 70dB @ 25 kHz			Emisión conducida/radiada		-36 dBm < 1GHz / -30 dBm > 1GHz		
Rechazo espúreo (TIA603D)		70 dB			Potencia de canal adyacente		60dB @ 12,5 kHz / 70dB @ 25 kHz		
Audio nominal		0,5W			Respuesta acústica		TIA603D		
Distorsión de audio en audio nominal		5% (3% típica)			Distorsión de audio		3%		
Interferencia y ruido		-40dB @ 12,5 kHz / -45dB @ 25 kHz			Modulación FM		12,5 kHz: 11K0F3E 25 kHz: 16K0F3E		
Respuesta acústica		TIA603D			Modulación digital 4FSK		12,5 kHz – Datos: 7K60F1D & 7K60FXD		
Emisión espúrea conducida (TIA603D)		-57dBm					12,5 kHz – Voz: 7K60F1E & 7K60FXE		
							Combinación de voz y datos (12,5 kHz): 7K60F1W		
					Tipo de vocodificador digital		AMBE+2™		
					Protocolo digital		ETSI TS 102 361-1, -2, -3		

## HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO

RADIOS PORTÁTILES SERIE DGP™8000 / DGP™5000 MOTOTRBO™

### GPS (SOLAMENTE PARA LA SERIE DGP™8000)

Especificaciones sobre precisión para seguimiento a largo plazo (95° valor percentil >5 satélites visibles con una intensidad de señal nominal de -130 dBm).

TTFF (Tiempo para el primer punto fijo) - Arranque en frío < 60 segundos

TTFF (Tiempo para el primer punto fijo) - Arranque en caliente < 10 segundos

Precisión horizontal < 5 metros

### BLUETOOTH

Versión Admite Bluetooth® 2.1 + Especificación EDR

Alcance Clase 2; 10 metros

### APROBACIONES FACTORY MUTUAL

Los radios portátiles Serie DGP™8000 / DGP™5000 MOTOTRBO pueden ser ordenados con la certificación FM según los Códigos de los Estados Unidos como intrínsecamente seguros para uso en Clase I, II, III, División 1, Grupos C, D, E, F, G. Para recibir esta certificación el nuevo radio debe ser usados con las baterías Motorola con la debida certificación FM. También han sido certificados para uso en Clase I, División 2, Grupos A, B, C, D.

### ESPECIFICACIONES AMBIENTALES

Temperatura de funcionamiento -30°C/+60°C

Temperatura de almacenamiento -40°C/+85° C

Choque térmico Según MIL-STD

Humedad Según MIL-STD

ESD IEC 61000-4-2 Nivel 3

Ingreso de agua y polvo IEC 60529 - IP57

Prueba de embalaje MIL-STD 810D y E

Las pruebas se ejecutaron sobre radio portátil con batería y antena.

<sup>1</sup> Solo radio - batería de ion de litio -10C.

<sup>2</sup> El tiempo de duración real de la batería depende del uso de ciertas funcionalidades tales como GPS, Bluetooth y aplicaciones basadas en tarjeta de expansión.

Para más detalles sobre el tiempo de duración de batería esperado según los parámetros de configuración de su radio, contáctese con un representante de ventas de Motorola local.

### ESTÁNDARES MILITARES

MIL-STD APLICABLE	810C		810D		810E		810F		810G	
	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS
Baja presión	500.1	I	500.2	II	500.3	II	500.4	II	500.5	II
Alta temperatura	501.1	I, II	501.2	I/A1, II/A1	501.3	I/A1, II/A1	501.4	I/Hot, II/Hot	501.5	I-A1, II
Baja temperatura	502.1	I	502.2	I/C3, II/C1	502.3	I/C3, II/C1	502.4	I-C3, II/C1	502.5	I, II
Choque térmico	503.1	-	503.2	I/A1/C3	503.3	I/A1/C3	503.4	I	503.5	I-C
Radiación solar	505.1	II	505.2	I	505.3	I	505.4	I	505.5	I-A1
Lluvia	506.1	I, II	506.2	I, II	506.3	I, II	506.4	I, III	506.5	I, III
Humedad	507.1	II	507.2	II	507.3	II	507.4	-	507.5	II
Niebla salina	509.1	-	509.2	-	509.3	-	509.4	-	509.5	-
Polvo	510.1	I	510.2	I	510.3	I	510.4	I	510.5	I
Vibración	514.2	VIII/F, Curve-W	514.3	I/10, II/3	514.4	I/10, II/3	514.5	I/24	514.6	II/5
Golpes	516.2	I, II	516.3	I, IV	516.4	I, IV	516.5	I, IV	516.6	I, IV, VI

Para más información acerca de cómo fortalecer sus operaciones de voz móvil, visite [www.motorolasolutions.com/americalatina/mototrbo](http://www.motorolasolutions.com/americalatina/mototrbo)

Especificaciones sujetas a cambios sin notificación previa. Todas las especificaciones incluidas en este documento son especificaciones típicas.

El radio cumple con todos los requerimientos reglamentarios vigentes.

MOTOROLA, MOTO, MOTOROLA SOLUTIONS y el logotipo de la M estilizada son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de Motorola Trademark Holdings, LLC y son utilizadas bajo licencia. Todas las demás marcas comerciales pertenecen a sus respectivos propietarios. © 2014 Motorola Solutions, Inc. Todos los derechos reservados.

**MOTOTRBO**  
REINVENTANDO  
DIGITAL

