

Equipos y Consumibles de Occidente S.A. de C.V.



## Guia de liga para los radios de su sistema GPS RTK

Maximice el rendimiento de su GPS RTK

Ing. Francisco Medina

07

Esta guía ha sido escrita específicamente para proveer de información a los topógrafos acerca de la comunicación de los radios que usa en su sistema RTK, en este caso los de Pacific Crest (PDL). En la primera sección se comentan algunos tips y técnicas para maximizar el rendimiento de su DGPS RTK (Sistema de Posicionamiento Global Diferencial de tiempo real). El resto de esta guía está hecha para proveer de conocimiento básico acerca de las comunicaciones de radiofrecuencia.



Obtener de su sistema GPS RTK el máximo de rendimiento, es un reto.

Mientras que la tecnología GPS ofrece un potencial enorme, su facilidad de manejo ha ido en aumento. Aun así es necesario tener un conocimiento básico de algunos aspectos



El objetivo es proveer al topógrafo de herramientas y conocimientos para estimar de manera exitosa sus requerimientos de conexión, configurar de forma adecuada y diagnosticar y resolver problemas comunes de este sistema.

Antes de empezar, comentemos algunos puntos. La comunicación de datos vía radio, no es difícil o misteriosa, no es necesario un conocimiento profundo en la teoría de las radiocomunicaciones. Entendiendo algunos principios básicos puede hacer que su equipo le provea una buena comunicación.

Naturalmente, las leyes de la física o de la naturaleza, le limitaran en el uso de su sistema. Reconocer estas limitaciones y saber unas sencillas reglas son el objetivo de este documento.

## Primero lo primero.

¿Cuántos de nosotros hemos llegado a nuestro lugar de trabajo y encontramos que olvidamos un cable o una batería u otro componente necesario?

Perdemos mucho tiempo transportando el equipo, este problema puede ser solucionado siendo organizado. Invertir en un estuche de transporte asegura que todo el equipo necesario lo tengamos a la mano. Esto no tiene nada que ver con los radios, pero queremos contribuir a eliminar la frustración de haber olvidado algo.

## Mantenimiento.

Cables, conectores y antenas son sometidos a esfuerzos todos los días, finalmente fallan. El mantenimiento preventivo es primordial para la reducción de tiempos muertos. Examine frecuentemente los cables y cambie los que hayan sufrido desgaste. Es siempre buena idea tener un juego de cables adicionales para sustituir los que hayan sufrido algún daño.

## Baterías.

Las baterías son otro punto a considerar, especialmente en las áreas donde se requiere alta potencia en el radio, las condiciones y grado de carga son críticas para un buen funcionamiento. Solo use baterías que estén diseñadas para descargas profundas y recargas frecuentes. Tenga en mente que las baterías se van degradando al paso del tiempo. Dependiendo de su patrón de uso cambie de baterías cada 1 – 3 años.

## Eligiendo un punto base.

El rango de lugar de un radio está directamente relacionado con la altura de la antena. Lo mejor que puede hacer es poner las antenas de la base y el móvil lo más alto posible, considere la configuración del terreno y tome ventaja de él y use dispositivos telescópicos para poder ganar más altura de ser necesario.

## Use antenas de buena calidad.

Si requiere del mejor rendimiento posible, solicite una antena de buena calidad. Junto a la altura de la antena y la calidad de esta, es la forma más barata y efectiva de tener un buen rendimiento. Las antenas comunes son buenas para distancias cortas, pero si requiere de un mejor desempeño, invierta en una antena de alto desempeño. El soporte técnico de PDL puede sugerir algún tipo de antena de acuerdo a sus necesidades.

★★★★★★★★★★

[Esta guía se enfoca en la liga de los radios de comunicación de su GPS RTK.](#)

## Seleccione el mejor canal disponible.

Los topógrafos trabajan en una gran variedad de tipos de terreno dependiendo de su trabajo. Si su trabajo es ya en una ubicación fija, una frecuencia sincronizada es la mejor opción. De otra suerte ya existen tecnologías que le permiten hacer una selección adecuada de sus frecuencias. Una de ellas es la de utilizar un frecuencímetro o “scanner” de frecuencias, determinando así que frecuencia es la más conveniente.

★★★★★★★★★★

[El radio de la base pasa la información de corrección al GPS móvil.](#)

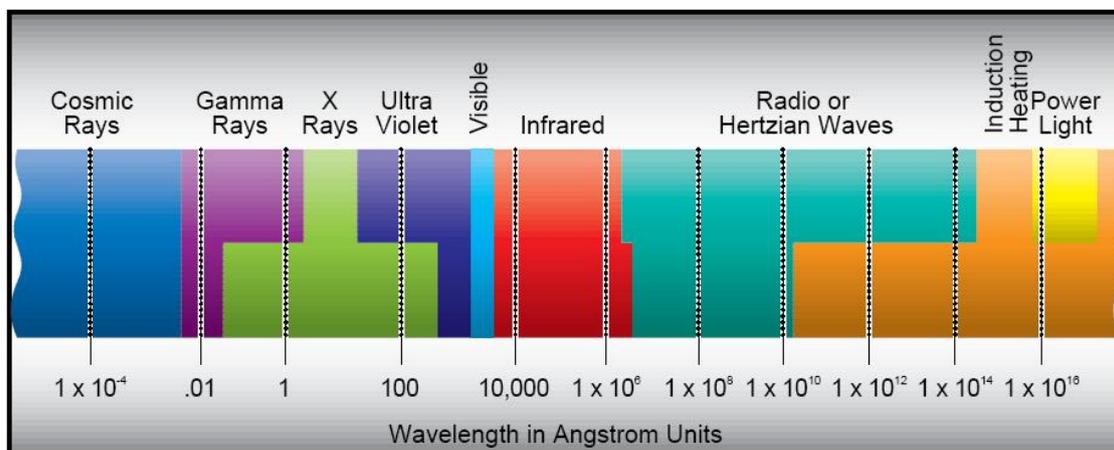
A continuación listamos algunas sugerencias que se resumen de lo anteriormente expuesto:

1. Mantener su equipo organizado en un estuche es de gran ayuda.
2. Verifique y reemplace cables y baterías antes de que fallen.
3. Tenga cables y accesorios de reemplazo.
4. Seleccione ubicaciones para su base tomando ventaja de la configuración del terreno, mientras más alto mejor.
5. Use antenas de alta calidad.

6. Monitoree y seleccione el canal adecuado para minimizar interferencias con otros usuarios.

# La propagación de las ondas de radio.

Las ondas de radio son parte del espectro electromagnético, en donde se encuentran la luz visible, los rayos X, las radiaciones ultravioleta y las microondas.



Las ondas electromagnéticas atraviesan el espacio a velocidades próximas a la de la luz y tienen longitudes de onda que están relacionadas con la frecuencia de la onda. La siguiente tabla muestra el espectro de frecuencias que son consideradas ondas de radio y su clasificación:

Frecuencia	Longitud de onda	Clasificación
10 - 30 KHz	30Km – 10Km	Muy baja Frecuencia (VLF)
30 - 300 KHz	10km – 1Km	Baja Frecuencia (LF)
300 – 3000 KHz	1Km – 100m	Frecuencia Media (MF)
3 – 30 MHz	100m – 10m	Alta Frecuencia (HF)
30 – 300 MHz	10m – 1m	Muy alta Frecuencia (VHF)
<b>300 – 3000 MHz</b>	<b>1m – 10 cm</b>	<b>Ultra Alta Frecuencia (UHF)</b>
3 – 30 GHz	10cm – 1cm	Super Alta Frecuencia (SHF)
30 – 300 GHz	1cm – 1 mm	Alta Frecuencia Extrema (EHF)

Estamos familiarizados con porciones del espectro de radio, que son las frecuencias de uso común, como las de la música, las noticias que escucha en el automóvil. Las estaciones de FM (Frecuencia Modulada) operan en VHF, frecuencias entre los 88 y los 108 MHz. Las estaciones de AM (Amplitud Modulada) operan a frecuencias mucho más bajas en MF, de 530 a 1700 KHz. Las estaciones de televisión operan en varias frecuencias de VHF y UHF. Los teléfonos celulares trabajan en el rango de los 800 MHz. Vivimos en un mundo bombardeado de energía electromagnética, televisión, radio, teléfonos inalámbricos, microondas y luz visible. La mayoría de las frecuencias de las bandas de radio están divididas en canales, donde cada uno puede transmitir voz, datos o señales de información de sistemas RFDC (comunicación de datos por radio frecuencia). Existen otros medios y técnicas para comunicar datos usando el espectro electromagnético incluyendo la fibra óptica, rayos infra rojos y otros que van más allá del alcance de esta guía.

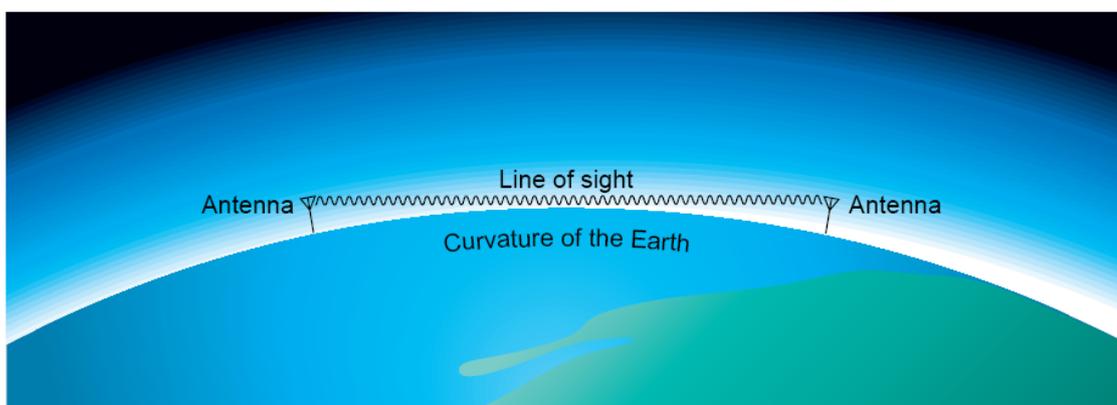
## Terminología.

Antes de describir las características de las diferentes bandas de radio, revisemos algunos términos que se utilizan en la radiocomunicación.

- ✚ **Propagación:** el camino y la manera en que una onda de radio viaja desde su fuente (transmisor) hasta su destino (receptor). El camino (comúnmente llamado Modo) de la propagación difiere y depende de la frecuencia de la señal de radio. También depende de la frecuencia, la reflexión o refracción de la señal de radio que pasa por diferentes niveles de la ionosfera o rebota en diferentes objetos que se encuentra en su trayectoria. ★★★★★★★★★★
- ✚ **Rango:** La distancia a la que una comunicación de radio se adecua para una tarea específica. La comunicación de voz es aceptable con condiciones de ruido o interferencia, que no permitirían la comunicación de datos. [Entendiendo las bases de RFDC provee de fundamentos para una implementación exitosa de un sistema de radio comunicación](#) ★★★★★★★★★★
- ✚ **Cobertura:** La habilidad de la radio señal para estar disponible dentro del rango esperado, aunque la señal sea bloqueada por obstáculos humanos o naturales.

## Reglas Generales.

Mencionaremos algunas generalidades acerca de la radio comunicación. Las bajas frecuencias proveen de un mejor rango que las altas frecuencias. Las bajas frecuencias son más susceptibles a la interferencia que las altas frecuencias. La cobertura y la penetración de la señal son mejores a alta frecuencia que a baja frecuencia. La comunicación confiable de datos depende de las condiciones de la línea de visión donde el rango está limitado por el horizonte.

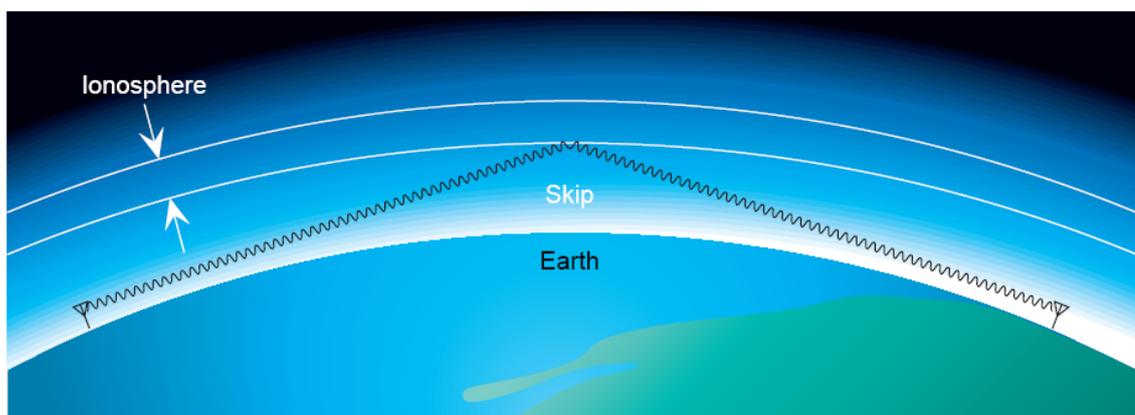


## Propagación de radio señales VLF, LF, MF.

Esta parte del espectro no ofrece canales para la comunicación de datos, excepto en casos especiales. Las señales en esta banda tienen un rango excepcional, pero está limitada en la transmisión de datos por obstáculos humanos y por el ruido en el ambiente.

## Propagación de radio señales HF.

Las radio señales HF proveen de un excelente rango, pero el nivel de confianza para la transmisión de datos es bajo, esto por la interferencia causada por las radio estaciones a distancia y la susceptibilidad al ruido causado por los humanos. Otra forma de propagación por HF es usando las reflexiones en la ionosfera, en este nivel de frecuencias la señal rebota, regresando la señal a la tierra. A esta forma de propagación se le conoce como “salto de señal” (SKIP SIGNAL)

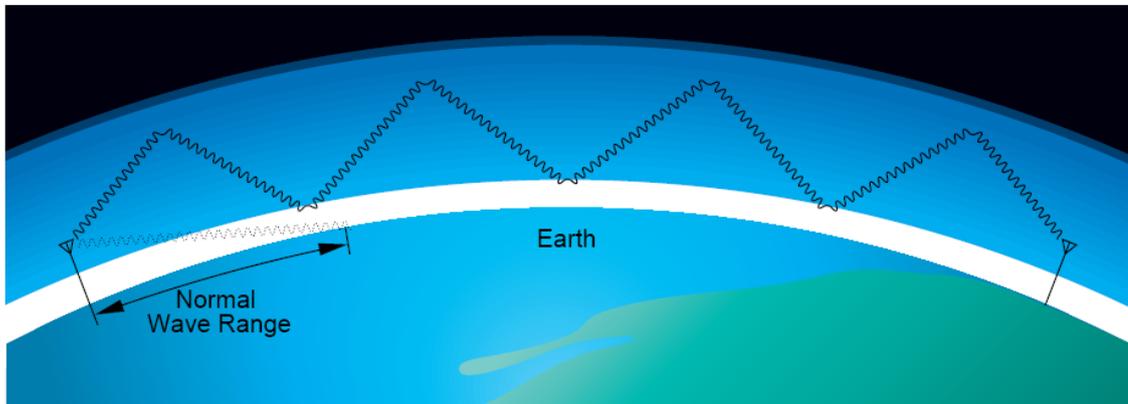


Esta propagación “onda-cielo” de estaciones de radio distantes es difícil de predecir y frecuentemente se ven influenciadas por la hora del día y el año, y por la actividad solar. Por estos fenómenos la comunicación de datos vía HF está limitada y el nivel de confianza es cuestionable.

## Propagación de radio señales VHF.

Mientras no estén completamente eliminados, los problemas de salto de señal y la susceptibilidad a la interferencia y al ruido, estos son minimizados en el espectro VHF. Provee de una buena cobertura de señal, pero por alguna razón rangos cortos pueden ser obtenidos en frecuencias bajas. Las frecuencias VHF por sobre 100 MHz (alta frecuencia) tienen características que las hacen adecuadas para comunicaciones de velocidades altas y moderadas. La disponibilidad de canales en la banda alta de VHF (150 – 174 MHz) provee de la capacidad de transmitir datos que exceden 19200 bits por segundo. La banda alta de VHF y las señales de radio de alta frecuencia son consideradas para viajar en modo de línea de visión con un mínimo de problemas por el ruido y “señal de salto”. La propagación en el modo línea de visión significa que el rango de la liga con el radio está limitado por el horizonte del radio, siendo este el punto en el que la curvatura de la tierra bloquea la señal entre la antena emisora y la antena receptora. En raras ocasiones las señales VHF se propagan en un modo llamado “ducto” (ducting). Esto ocurre cuando la inversión térmica crea las condiciones atmosféricas necesarias para que la señal quede “atrapada” entre las

capas atmosféricas. Las ondas atrapadas en este “ducto” se propagan a muy largas distancias. Naturalmente este no es un modo confiable de transmisión de datos.



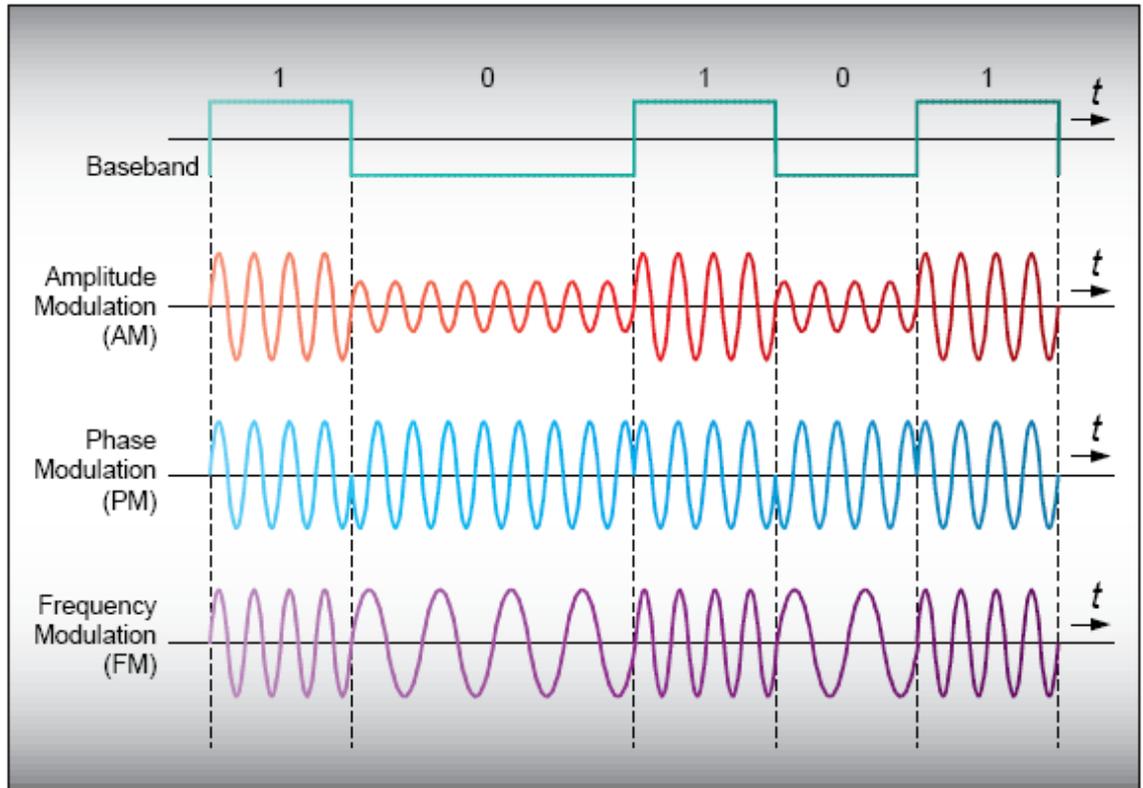
## Propagación de radio señales UHF.

Las frecuencias de la banda UHF son un medio confiable para la transmisión de datos, donde el rango y la penetración son requeridos. El salto de señal y el ducto son mínimos, y la susceptibilidad al ruido es mucho más fácil de controlar. La cobertura es excelente, con penetración incluso a los edificios, mejor que las bajas frecuencias. La propagación está limitada con el horizonte del radio. Los problemas asociados con los obstáculos humanos son mínimos. En las frecuencias de UHF y en las altas frecuencias, se debe tener cuidado para minimizar las pérdidas, que se incrementan en la medida en que se incrementa la frecuencia. También deben de ser consideradas las atenuaciones debidas al follaje y a las condiciones meteorológicas.

## Modulación.

La modulación de la señal de radio provee de la habilidad de comunicar información. La modulación añade la información a la onda de radio modificando una de sus características fundamentales. Las características fundamentales de la onda de radio son la frecuencia, la fase y la amplitud. Diferentes programas de modulación se han ideado para variar la frecuencia (modulación de la frecuencia), la amplitud (modulación de la amplitud) y la fase (modulación de la fase). Estos términos le resultaran familiares a los que escuchan la radio ya sea en FM o en AM.

En la figura siguiente se puede ver las diferentes formas de modulación de las ondas de una base. La señal de la base, es la señal de datos que está representada por 0's y 1's. El tipo de modulación y la conveniencia de la modulación para aplicaciones particulares van más allá del alcance de esta guía. Las ligas más modernas de datos de alta velocidad usa una de las formas de modulación de frecuencias que es espectralmente eficiente y provee de inmunidad a las variaciones de a potencia de la señal conocida como desvanecimiento (FADE).



## Comunicación de datos.

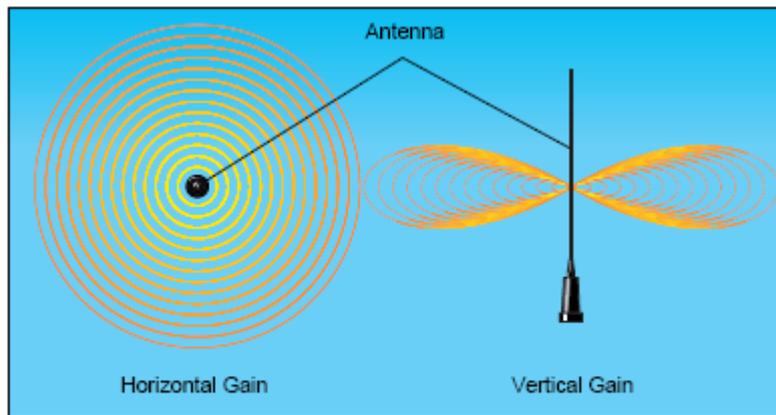
La comunicación de datos sobre las ondas de radio provee de una forma eficiente y confiable de transmitir información. Ya que el espectro disponible para las comunicaciones es limitado, más y más sistemas digitales están empezando a ser usados. En comparación con la comunicación de la voz, la cantidad de información transferida sobre una liga de radio modulada es asombrosa. Por esto, el uso tradicional de comunicación de voz en el sector de seguridad pública (policía, bomberos, protección civil, etc.) están cambiando a la comunicación de datos vía radio para proveer de información necesaria. La comunicación de datos es fundamentalmente similar a la comunicación de voz, en la manera en que la señal es modulada. Los más modernos sistemas de comunicación en las bandas comerciales de UHF y VHF hacen uso de la frecuencia modulada, mientras que la amplitud modulada es común en algunas aplicaciones de la marina y la aviación. Para la comunicación por voz, la señal de audio es captada por un micrófono y transformada en variaciones de voltaje. Esta variación de voltaje es aplicado al radio transmisor para modular la frecuencia portadora. El radio receptor en el sistema de voz toma la frecuencia modulada y replica la señal del transmisor que es aplicada a la bocina, produciendo una salida de audio.

La comunicación de datos es realizada codificando la señal digital en una onda análoga que es capaz de ser modulada. La señal digital está compuesta de grupos de datos binarios que consisten en 1's y 0's que a su vez representa números o caracteres (llamados bytes). El grupo de 0's y 1's que hacen el mensaje digital, se hace pasar por un modulador que produce una forma análoga que representa los datos. Esta señal es conocida como modulación de la base y está diseñada para proveer de una forma de señal que pueda ser

transmitida y recibida por un radio. Los datos de alta velocidad requieren de un filtro especial que se asegura que los datos modulados se ajustan a un canal específico.

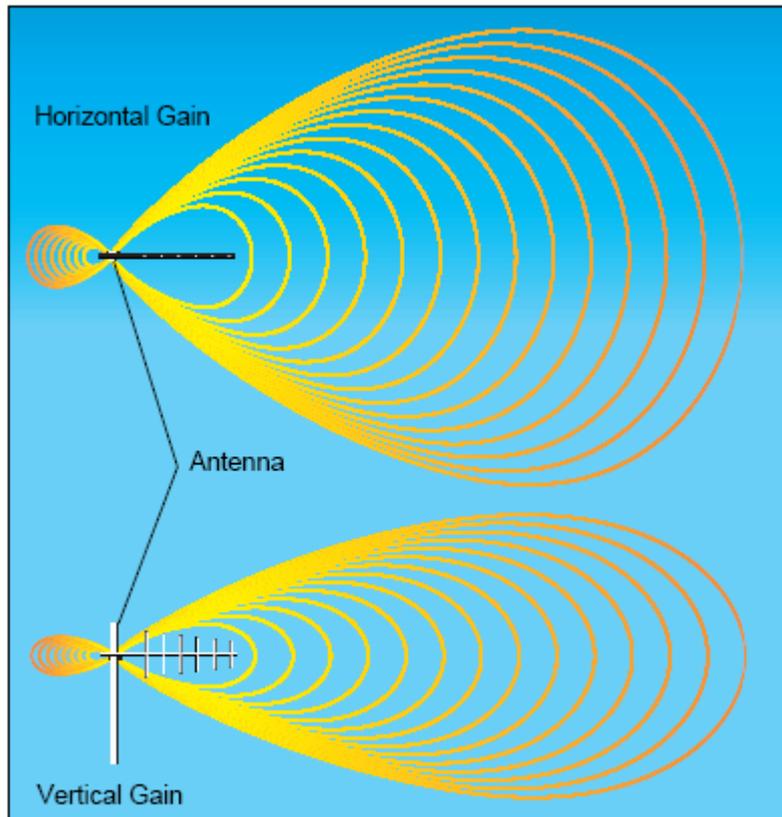
## Antenas.

La selección e instalación apropiada de la antena del sistema, normalmente hace la diferencia entre un sistema robusto y confiable de uno que no lo es. La antena es el elemento que toma la energía generada por el radio e inicia la propagación de la información a través del espacio. Las antenas pueden ser de diversos tamaños y formas diseñadas para usos específicos. La habilidad para enfocar la energía de la radio frecuencia en un patrón específico, proveen de un método para optimizar la cobertura y el rango de comunicación. Algunas antenas son direccionales y permiten el uso de transmisores de radio de baja potencia para el envío de datos a larga distancia. Otras antenas han sido diseñadas para el uso omni-direccional, donde la relación entre el transmisor y el receptor está cambiando constantemente. La naturaleza de la comunicación es la que nos define el tipo de antena que debemos usar. La actividad más importante en la configuración de la transmisión de un radio es la determinación del lugar y el tipo de antena. Cuando sea posible ponga la antena en el punto más alto posible y siempre seleccione la antena donde el arreglo de ganancia optimice la cobertura. En general use antenas de ganancia direccional para las aplicaciones de punto a punto fijas y antenas de ganancia omni-direccional para aplicaciones de punto a punto móviles.



**Antena de ganancia omni-direccional**

1. Tenga cuidado con las líneas de alto voltaje, o con obstáculos que puedan ser tocados de forma inadvertida por la antena, creando riesgos potencialmente letales.
2. La antena debe tener una altura mínima de 3 metros.
3. Use equipo de protección adecuado en zonas propensas a relámpagos.



### **Antena de ganancia direccional**

En algunas aplicaciones la antena tiene que ser movida constantemente. Los sistemas móviles RFDC, es difícil optimizar la puesta a punto de la antena. Esta debe tener un mínimo de 3 metros de altura sobre el nivel del terreno. Las antenas proveen del método más económico para hacer funcionar un sistema de radio comunicación.

1. Mantenga los cables de conexión de la antena y el radio en excelentes condiciones.
2. Posicione la antena en los lugares más altos posible, considerando la forma del terreno.

## Potencia de Radio Frecuencia (RF)

Un transmisor de radio provee de la potencia RF para la antena, que consiste fundamentalmente de una portadora de una frecuencia específica que es modulada con los datos. La potencia de la señal es generalmente especificada en watts, pero también debe de ser especificada en dBm (dB con respecto a 1 miliwatt). Muchos cálculos son simplificados si se trabaja con dB así que la conversión de watts a dB está dada por la ecuación 1.

$$X = 10 \left[ \log_{10} \left( \frac{P}{.001} \right) \right]$$

Para convertir de dB a watts use la ecuación 2.

$$P = (.001) 10^{\frac{x}{10}}$$

Donde

X = Potencia expresada en dBm  
P = Potencia expresada en Watts

La potencia de salida del puerto de la antena es el punto de inicio desde donde la señal se mueve del transmisor al receptor. La potencia como se ve en el radio es determinada por todas las pérdidas y ganancias del sistema.

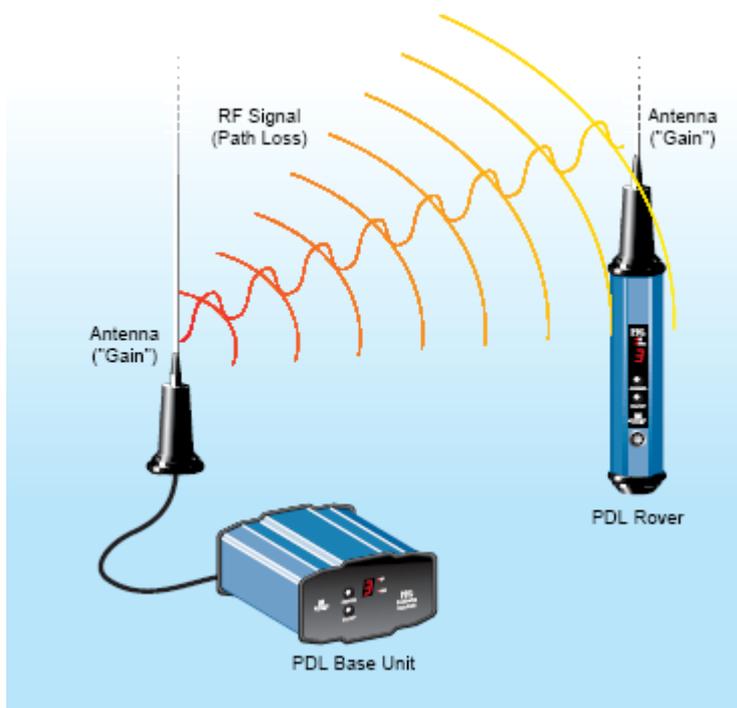
La salida de potencia RF menos las pérdidas del sistema, deben de exceder la sensibilidad del receptor para que una comunicación exitosa sea efectuada. La potencia de salida de RF de un sistema RFDC es determinada por el sistema. La selección apropiada de la potencia de salida de RF depende del rango de requerimientos en el contexto de la frecuencia, tipo de antena, posición en el terreno y los parámetros de rendimiento del radio.

Algunos sistemas utilizan fuentes de poder externas para RF con el fin de aumentar el nivel de señal del transmisor. La potencia es calculada usando el voltaje al cuadrado dividido entre la impedancia de salida, este valor está dada por la ecuación 3.

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Donde:

P = Potencia en Watts  
V = Voltaje en volts  
R = Impedancia en Ohms.



$$V = \sqrt{PR}$$

Asumiendo que la impedancia es de  $50\Omega$  que es el estándar comercial en la mayoría de los equipos RFDC, para un equipo de 2W el voltaje es de 10V. El voltaje para un radio de 35W es de 42V. El incremento de voltaje con los niveles de potencia debe de ser espetado.

## Perdidas de línea y de sistema.

Después de que la señal deja el transmisor, el proceso de atenuación de la señal inicia. La mayoría de los sistemas RFDC tienen el equipo de radio conectado a la antena a través de un cable coaxial. Este cable puede ser la mayor fuente de atenuación y debe de ser optimizado para el mejor desempeño del sistema. Existen dos tipos de de perdidas en el sistema, predominantemente cuando el sistema es conectado a la antena a traves de una línea. El primero es conocido como VSWR, que es la medida de la señal de voltaje o potencia que pasa a traves de una línea de impedancia (cable coaxial). Es importante usar cable coaxial y conectores que minimicen la impedancia, que son los elementos que reflejan la potencia hacia el radio. El segundo tipo de perdida en el sistema es la atenuación de la señal que se propaga a lo largo del cable. La atenuación de la señal es función de la frecuencia y de las propiedades del cable. Mientras más alta sea la frecuencia más alta es la atenuación del cable, esta atenuación es causada por las perdidas debida a la soldadura imperfecta entre los cables y los conectores así como la resistencia presentada en el cable.

Atenuación nominal (dB/100 pies)

Cable	Impedancia	150 MHz	450 MHz	900 MHz
RG-58	50	5.7	10.5	16
RG-8	50	2.3	4.3	7.6
RG-213	52	2.3	4.3	7.6
Heliax ½"	50	.9	1.4	2.2

La atenuación es equivalente a partir en dos la potencia del transmisor. Considere una potencia de salida de 34W a 460 MHz a traves de un cable coaxial de 33 pies (aprox. 10 m)

RG-58. La potencia efectiva de salida hacia la antena es de 15.7w, si usamos un cable RG-8 la potencia aumenta a 25w.

## Perdidas del camino.

Perdida del camino es la potencia que la señal pierde en el viaje entre las antenas del transmisor y del receptor. La pérdida de potencia es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre las antenas. La atenuación o debilitamiento de la señal depende de los factores que afectan a la antena; la altura, las obstrucciones naturales como son el follaje, el terreno mismo y las obstrucciones humanas como los edificios, puentes, construcciones, etc. También se ve afectada por el fenómeno conocido como multitrayectoria, donde la refracción o reflexión de la señal se combinan con la señal original produciendo interferencia destructiva.

## Ganancia de la antena.

Todas las antenas RF enfocan su energía de una manera no isotrópica. Este enfoque de energía es conocida como ganancia de la antena y generalmente es representada en términos dB con respecto a la teoría isotrópica de las antenas dBi o de una antena dipolar dBd. La mayoría de los fabricantes omiten esta información en sus productos cuando especifican el valor de ganancia en sus antenas. El diseño de una antena es el arte de la forma del patrón de radiación para proveer de una densidad de señal apropiada para una aplicación. Para muchas aplicaciones un arreglo omni-direccional es deseable.

### Sensibilidad del receptor.

Es una característica del radio que es determinada por la capacidad de recibir señales de bajo nivel. Tradicionalmente la sensibilidad del receptor es medida en términos del nivel de la señal en el puerto de la antena que es requerido para generar una señal de ruido y distorsión de 12dB. La señal RF es modulada a 1 KHz produciendo una desviación de  $\pm 3$  KHz de desviación en la portadora. Esta medida es conocida como 12 dB SINAD (señal de ruido y distorsión) es comúnmente especificada en el equipo. Mientras más sensible sea el radio mejor es el rango.