

NT 4 rev1.0 ALCANCES TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

Introducción

El objetivo de esta nota técnica es adentrarnos en los conceptos a tener en cuenta a la hora de realizar enlaces de RF con módulos de APPCON.

Pero no solamente nos quedaremos en la teoría y conceptos de los enlaces inalámbricos, sino que también mostraremos ejemplos prácticos llevados a cabo por ingenieros de nuestro departamento técnico en los cuales vamos a ver desde las antenas omnidireccionales más simples hasta las yagui.

La idea es que el lector pueda luego de leer esta nota técnica realizar un enlace inalámbrico de RF conociendo todos los fundamentos conceptuales como así también las cuestiones prácticas desde que tipo de cables, conectores, antenas y módulos utilizar para cumplir un determinado requisito de distancia.

Elementos de un radioenlace

En un radioenlace tenemos 3 zonas a tener en cuenta:

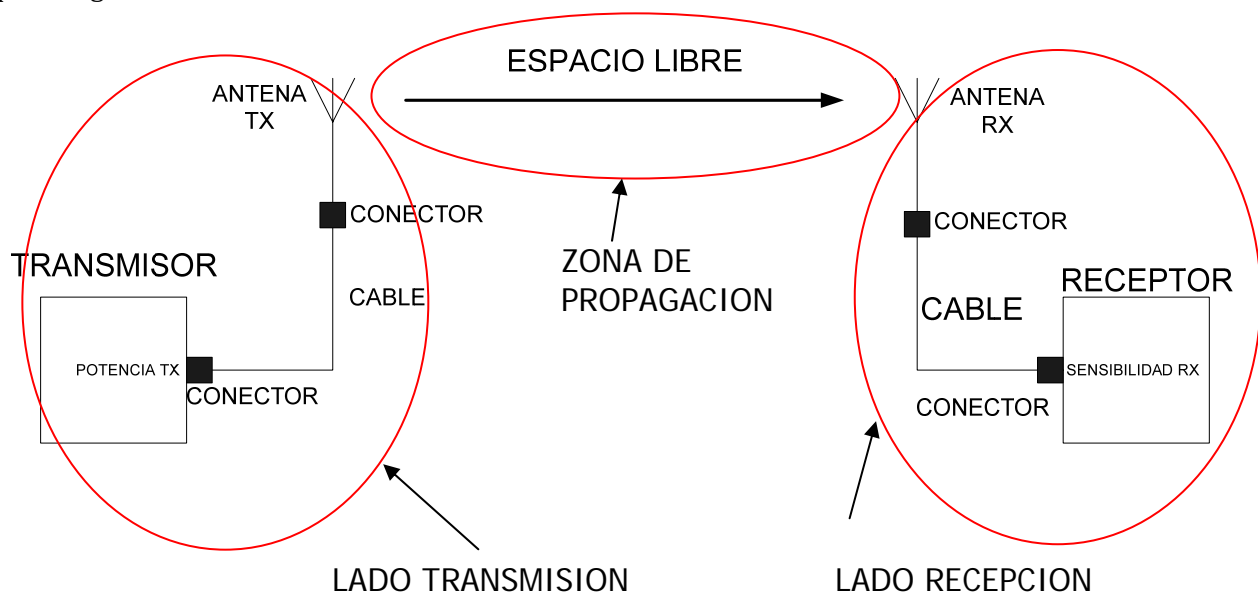
1. Lado de Transmisión
2. Zona de propagación (espacio)
3. Lado de Recepción

Lo que nos interesa es saber que características y elementos debemos tener en cuenta para lograr los alcances deseados.

Para ello lo que se debe hacer es sumar todas las ganancias y restar todas las pérdidas correspondientes al radioenlace completo.

Veremos a continuación cuales son estas pérdidas y ganancias y de que elementos dependen.

En la siguiente figura podemos ver las 3 zonas definidas anteriormente identificando los componentes que integran la ecuación total del enlace.



Lado Transmisión

- **(Pt [dbm]) Potencia de TX:** Puede estar expresada en mW o dBm, es la potencia de RF que tiene capacidad de entregar nuestro equipo de comunicación. El valor de la potencia depende del equipo de comunicación utilizado. En la ecuación del enlace se lo considera una GANANCIA.
- **(At1 [dB]) Conectores:** Son utilizados para llevar la señal de RF a través del cable hacia la antena, se considera una PÉRDIDA y se calcula aproximadamente de 0,3dB.
- **(At2 [dB]) Cable:** Se utiliza para llevar la señal de RF a la antena. Normalmente es algún tipo de cable coaxial y dependiendo del que se use y la distancia es el valor de las pérdidas que tengamos.
- **(G1 [dB]) Antena:** Es uno de los dispositivos más importantes en lo que respecta al enlace, normalmente cuenta como ganancia dentro del enlace pero mal utilizado puede ser una pérdida.

Lado Recepción

Es similar al lado transmisión en sus componentes. La diferencia radica en la sensibilidad de recepción.

- **(SdR [dBm]) Sensibilidad de recepción:** esta es una característica muy importante que nos indica cuanta potencia necesita el receptor para poder interpretar los datos recibidos. Se expresa en dbm. A medida que este valor aumenta (en número negativo) mejor serán las características del enlace.

Zona de propagación

Las pérdidas consideradas en esta zona pueden calcularse con la siguiente fórmula:

$$Perdidas[dB] = 20 \log D + 20 \log f + 32,4$$

Donde:

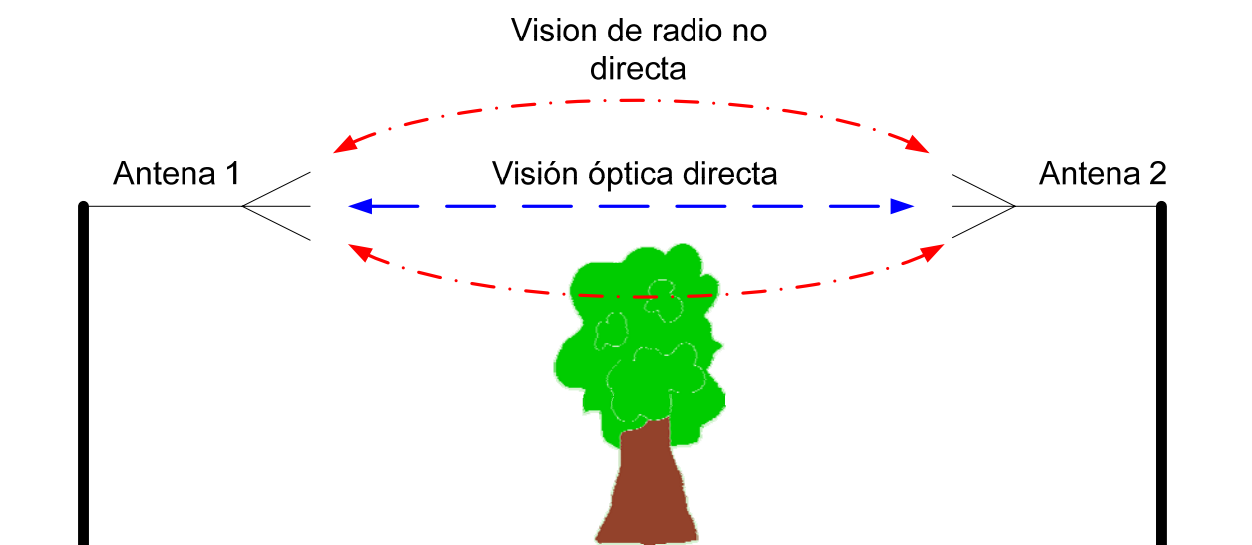
D: Distancia entre antenas en **Km**

f: Frecuencia de la portadora en **Mhz**

En esta zona debemos hacer un paréntesis en cuanto a las condiciones para poder realizar los cálculos. La zona de propagación es el principal efecto de pérdidas de todo el enlace, por esa razón es importante considerar de que se habla cuando se dice que el radioenlace está a “visión directa”.

En término ópticos, decimos que hay visión directa entre dos objetos cuando se pueden ver en línea recta. Esto no es así para ondas de radio.

En la siguiente imagen podemos ver dos antenas las cuales tienen visión óptica directa (flecha de color azul), pero no tienen visión directa de radio (flechas rojas).



Entonces ¿Qué es la visión directa de radio?

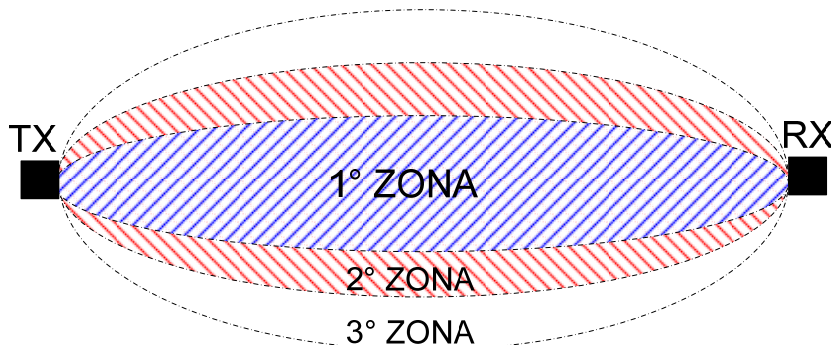
Bueno, para contestar esta pregunta debemos definir lo que es la Zona de Fresnel.

Por definición de wikipedia: *"Se llama zona de Fresnel al volumen de espacio entre el emisor de una onda -electromagnética, acústica, etc.- y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180°."*

Sucede que cuando una antena transmite una onda de RF, esta onda rebota en el suelo y/o obstáculos generando desfase de la misma pudiendo aportar positivamente o negativamente en la recepción. Fresnel definió las zonas en las cuales las ondas aportan positivamente (1, 3, 5, etc.) y negativamente (2, 4, 6, etc.).

Las zonas de Fresnel tienen la forma de elipsoide de revolución (pelota de rugby).

En la siguiente imagen podemos ver las tres primeras zonas de Fresnel.



En el caso de las ondas de radio, el 50% de la potencia emitida se encuentra dentro de la primera zona de Fresnel, por lo tanto debemos asegurarnos de que en esta zona (o en gran parte de ella) no se encuentre ningún obstáculo.

¿Cómo podemos asegurarnos que mantenemos despejada la primera zona de Fresnel?

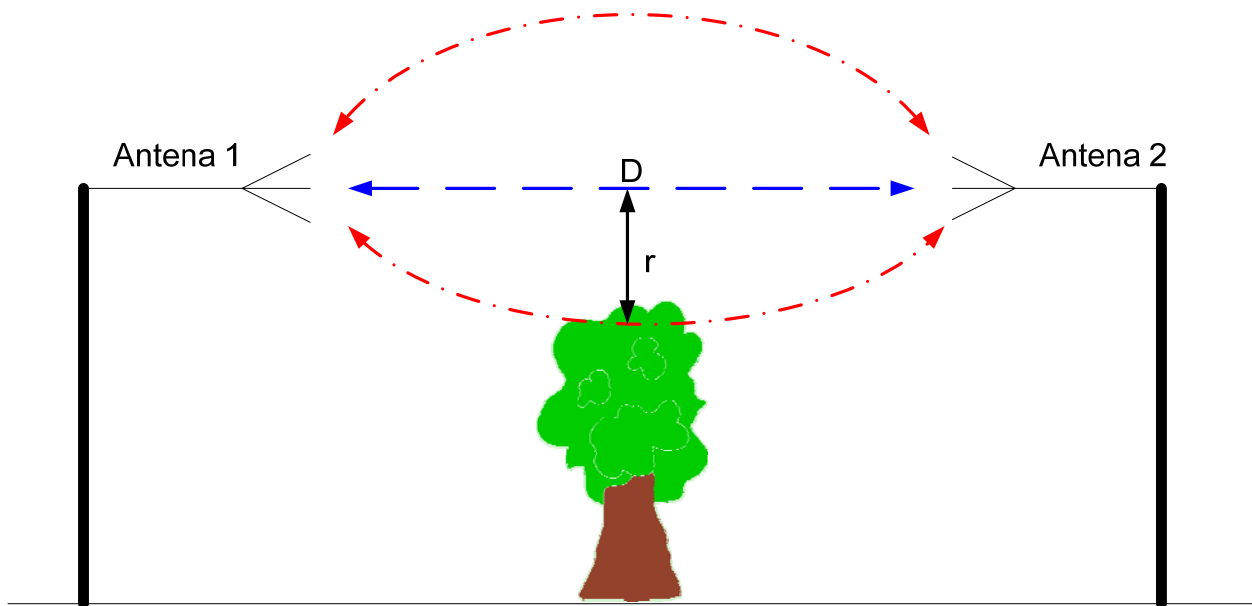
Es muy simple. En la siguiente figura podemos ver la primera zona de Fresnel, y queremos saber el valor de r para saber cuánto elevar sobre el árbol nuestras antenas.

$$r = 17,32 * \sqrt{\frac{D}{4f}}$$

D: Distancia entre antenas en Km

f: Frecuencia de la portadora en GHz

r: Altura de la primera zona de Fresnel



Como ejemplo supongamos utilizar el módulo APC230 a $f=434\text{Mhz}$ y antenas a una distancia de 1,5Km y suponiendo sin obstáculo ¿A qué distancia sobre el suelo debemos elevar las antenas?

$$r = 17,32 * \sqrt{\frac{1,5}{4 * 0,434}} := 16\text{mts}$$

Para tener liberado el 80% entonces la distancia sería = 12 mts de altura.

Cálculo de un radioenlace

Teniendo en cuenta los conceptos vistos hasta el momento, podemos pasar a definir la relación a tener en cuenta a la hora del cálculo del radioenlace.

Pt: Potencia de transmisión (+)

Pcatx: Pérdidas en el cable de transmisión (-)

Pcotx: Pérdida en los conectores de transmisión (-)

Gantx: Ganancia de la antena de transmisión (+)

Pesp: Pérdidas en el espacio (-)

Ganrx: Ganancia de la antena de recepción (+)

Pcorx: Pérdida en los conectores de recepción (-)

Pcarx: Pérdida en el cable de recepción (-)

Sen: Sensibilidad de recepción (+)

Margen de recepción: No es suficiente con que la señal recibida sea igual a la sensibilidad del receptor, debe ser mayor y esto se debe a que se necesita una relación señal ruido para poder extraer la información del ruido, este margen es altamente dependiente de la velocidad de comunicación, para 9600bps vamos a considerar un margen de señal de 10db.

Entonces la ecuación final es:

$$Pt - Pcatx - Pcotx + Gantx - Pesp + Ganrx - Pcorx - Pcarx = \text{Margen} - \text{Sen}$$

PRÁCTICA

Si bien la teoría es indispensable para saber qué cosas debemos tener en cuenta a la hora de lograr nuestros objetivos de alcance, en esta materia la experiencia es fundamental.

Hemos llevado a cabo una serie de pruebas las cuales queremos compartir con el lector para que tenga una idea bien acabada sobre los alcances que pueden lograrse con los módulos transceptores APPCON. Las pruebas consistieron de un equipo transmitiendo cada 1 segundo una trama de 5 bytes y un receptor que mientras recibía esta trama específica mantenía al equipo en estado normal, cuando no recibía datos en el transcurso de 1,5 segundos emitía un pitido a través de un buzzer.

Las pruebas se realizaron en la localidad de San Miguel del Monte y en los planos están las coordenadas exactas tomadas durante los ensayos con un GPS.

Condiciones generales de medición:

Temperatura: 22° C

Humedad: 30%

Cables: Coaxial RG58 3 mts

Conectores: SMA MACHO p/RG58, UHF MACHO P/RG58

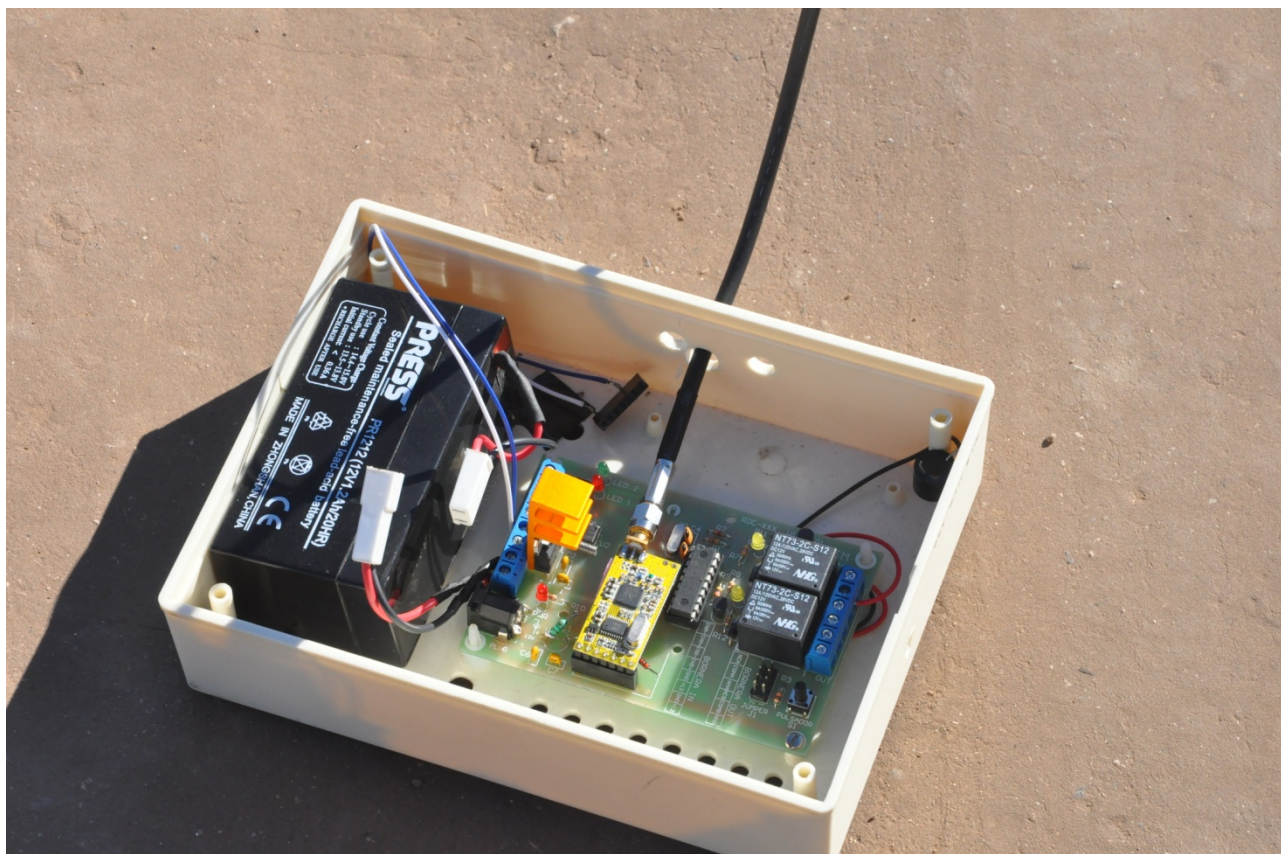
Antenas: APPCON OMNI y YAGUI 5 ELEMENTOS.

Transmisión: Punto fijo. Modelos empleados APC220, APC230 y APC802.

Recepción: Punto móvil. Modelos empleados APC220, APC230 y APC802.

En las siguientes imágenes se puede observar las condiciones del lugar y equipamiento utilizado durante las pruebas:





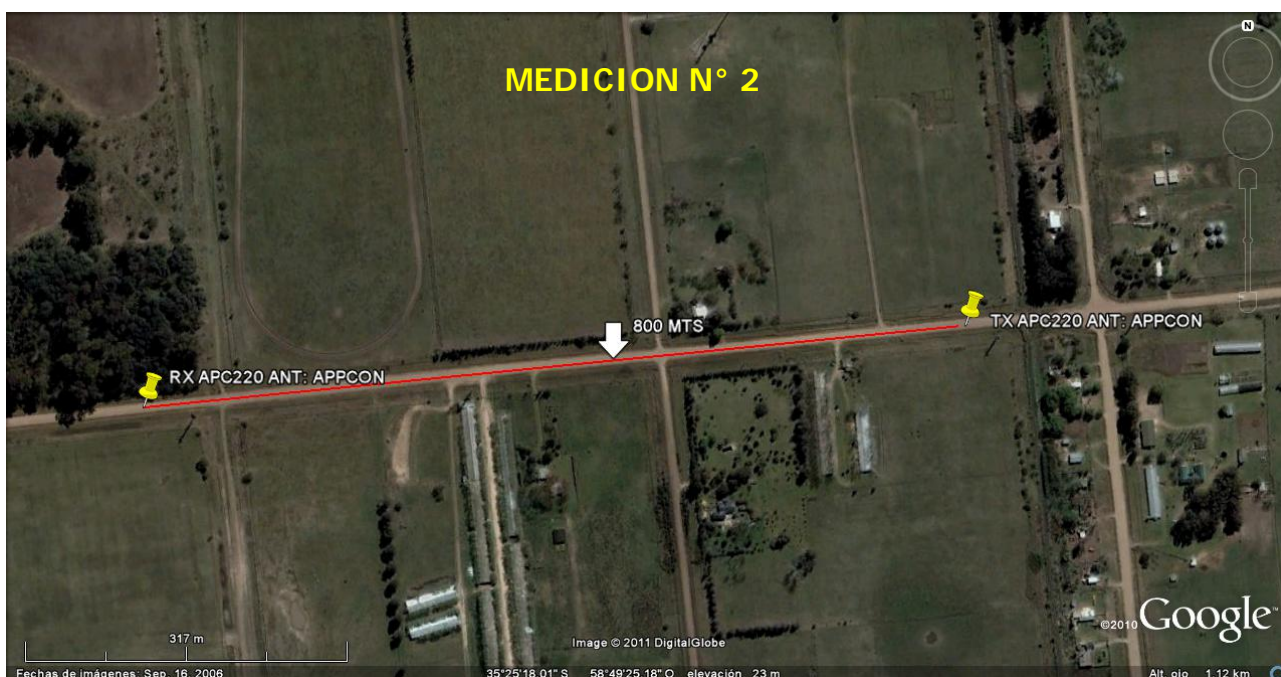


Y a continuación el resultado de las mediciones

MEDICIÓN NÚMERO 1	
Módulo RX	APC220-43
Módulo TX	APC220-43
Velocidad en el aire	9600 bps
Antena RX	APPCON
Altura antena RX	2 mts
Antena TX	APPCON
Altura antena TX	2 mts
ALCANCE	500 mts



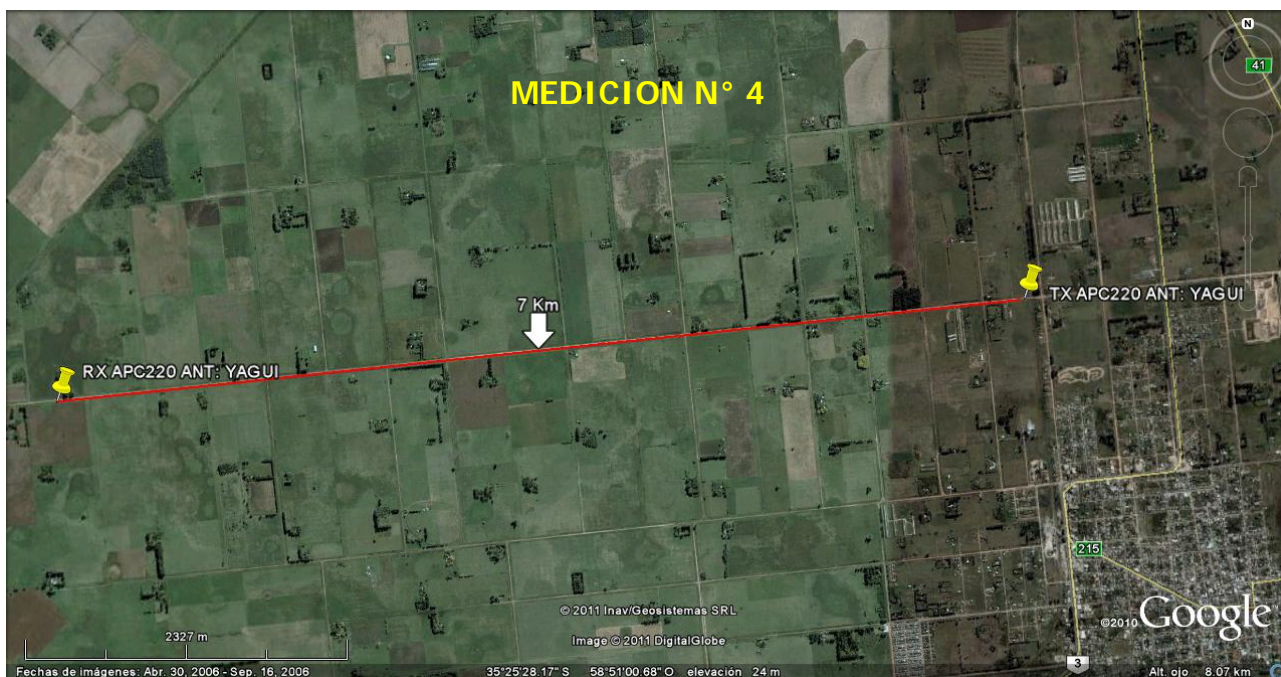
MEDICIÓN NÚMERO 2	
Módulo RX	APC220-43
Módulo TX	APC220-43
Velocidad en el aire	2400 bps
Antena RX	APPCON
Altura antena RX	2 mts
Antena TX	APPCON
Altura antena TX	2 mts
ALCANCE	800 mts



MEDICIÓN NÚMERO 3	
Módulo RX	APC220-43
Módulo TX	APC220-43
Velocidad en el aire	2400 bps
Antena RX	APPCON
Altura antena RX	2 mts
Antena TX	YAGUI
Altura antena TX	3 mts
ALCANCE	2000 mts



MEDICIÓN NÚMERO 4	
Módulo RX	APC220-43
Módulo TX	APC220-43
Velocidad en el aire	2400 bps
Antena RX	YAGUI
Altura antena RX	3 mts
Antena TX	YAGUI
Altura antena TX	3 mts
ALCANCE	7000 mts



MEDICIÓN NÚMERO 5	
Módulo RX	APC230-43
Módulo TX	APC230-43
Velocidad de el aire	9600 bps
Antena RX	APPCON
Altura antena RX	2 mts
Antena TX	APPCON
Altura antena TX	2 mts
ALCANCE	750 mts



MEDICIÓN NÚMERO 6	
Módulo RX	APC230-43
Módulo TX	APC230-43
Velocidad de el aire	2400 bps
Antena RX	APPCON
Altura antena RX	2 mts
Antena TX	APPCON
Altura antena TX	2 mts
ALCANCE	1250 mts



MEDICIÓN NÚMERO 7	
Módulo RX	APC230-43
Módulo TX	APC230-43
Velocidad de el aire	2400 bps
Antena RX	APPCON
Altura antena RX	2 mts
Antena TX	YAGUI
Altura antena TX	3 mts
ALCANCE	3000 mts



MEDICIÓN NÚMERO 8	
Módulo RX	APC230-43
Módulo TX	APC230-43
Velocidad de el aire	2400 bps
Antena RX	YAGUI
Altura antena RX	3 mts
Antena TX	YAGUI
Altura antena TX	3 mts
ALCANCE	13 Km



MEDICIÓN NÚMERO 9	
Módulo RX	APC802-43
Módulo TX	APC802-43
Velocidad de el aire	9600 bps
Antena RX	APPCON
Altura antena RX	2 mts
Antena TX	APPCON
Altura antena TX	2 mts
ALCANCE	2700 mts



MEDICIÓN NÚMERO 10	
Módulo RX	APC802-43
Módulo TX	APC802-43
Velocidad de el aire	2400 bps
Antena RX	APPCON
Altura antena RX	2 mts
Antena TX	APPCON
Altura antena TX	2 mts
ALCANCE	3000 mts



Como se puede observar en las mediciones, a medida que baja la velocidad en iguales condiciones tenemos mayor alcance. Esto se debe que el margen necesario en el receptor es menor porque mejora la relación señal ruido.

También se pueda apreciar el gran incremento en el alcance a la hora de utilizar las antenas yaguis de 5 elementos.

Ha sido una muy buena experiencia en la cual se han obtenido datos muy importantes para las implementaciones de los usuarios.

AGRADECIMIENTO:

Queremos agradecer a Débora y Alberto Penna que nos han recibido en su casa de San Miguel del Monte, y han hecho de nuestro trabajo una estadía amena.



CTM Electrónica
J. M. Bustillo 3279
(C1406HJA) C.A.B.A.
Argentina

Tel./Fax: +54 (11) 4619 1370
www.ctmelectronica.com.ar