

# PLANIFICANDO EL DESPLIEGUE

## Cálculo de la capacidad

Para calcular la capacidad es importante entender que la velocidad declarada de un dispositivo inalámbrico (la llamada tasa de datos) se refiere a la tasa a la cual los radios intercambian símbolos, no al caudal utilizable que se puede aprovechar. El caudal (throughput) es también conocido como la capacidad del canal, o simplemente ancho de banda (sin embargo, el término es muy diferente al ancho de banda de la radio!).

El ancho de banda cuando se refiere a caudal se mide en Mbps, pero la definición estricta del ancho de banda se mide en MHz. Por ejemplo, un enlace único 802.11g puede usar radios de 54 Mbps, pero va a proporcionar sólo hasta 22 Mbps del caudal real. El resto es tara (*overhead*) que los radios necesitan para coordinar sus señales utilizando el protocolo 802.11g.

Note que el caudal es una medida de bits en el tiempo. 22 Mbps significa que en un segundo dado, hasta 22 megabits pueden ser enviados de un extremo al otro del enlace. Si los usuarios intentan forzar más de 22 megabits a través del enlace, va a tomar más tiempo de un segundo.

Puesto que los datos no pueden ser enviados inmediatamente se colocan en una cola y se transmiten tan pronto como sea posible.

Esto incrementa el tiempo necesario para que los bits más recientes en la cola atraviesen el enlace. El tiempo que le toma a los datos atravesar el enlace se llama latencia, y a una alta latencia se le conoce usualmente como retardo.

Su enlace va a la larga a enviar todos el tráfico en la cola, pero sus usuarios probablemente se van a quejar a medida que el retardo se incrementa

¿Qué tanto caudal van a necesitar realmente sus usuarios?

Depende de cuántos usuarios haya, y de cómo utilicen el enlace inalámbrico.

Distintas aplicaciones de Internet van a necesitar diferentes caudales.

Aplicaciones	Requisito / Usuario	Notas
Mensajes de texto/ IM	< 1 kbps	Como el tráfico es infrecuente y asíncrono, IM tolera latencia alta.
Correo Electrónico	1 a 100 kbps	Igual que con IM, el email es asíncrono e intermitente así que va a tolerar latencia. Archivos anexos grandes, virus, y spam incrementan significativamente el uso de ancho de banda. Note que los servicios de email basados en web (como Yahoo y Hotmail) deben ser considerados como navegación en web y no como email.
Navegación Web	50 - 100+ kbps	Los navegadores web sólo usan la red cuando los datos son solicitados. La comunicación es asíncrona, así que una buena cantidad de retardo puede tolerarse. A medida que los navegadores solicitan más datos (imágenes grandes, descargas largas, etc.) el uso de ancho de banda aumenta considerablemente.
Audio en tiempo real (streaming)	96 - 160 kbps	Cada usuario de audio en tiempo real va a usar una cantidad considerable y constante de ancho de banda por todo el tiempo en que esté escuchando. Puede tolerar latencia transitoria utilizando grandes cantidades de memoria del cliente. Pero períodos largos de retardo van a producir "saltos" en el audio o fallos completos de la sesión.
Voz sobre IP (VoIP)	24 - 100+ kbps	Igual que con el audio en tiempo real, la VoIP compromete un ancho de banda constante por cada usuario durante el tiempo de la llamada. Pero con la VoIP, el ancho de banda se usa aproximadamente de manera igual en ambas direcciones. La latencia en una conexión VoIP es una molestia inmediata para los usuarios. Los retrasos más largos de unos pocos milisegundos son inaceptables en VoIP.
Video en tiempo real (streaming)	64 - 200+ kbps	Igual que con el audio en tiempo real, alguna latencia intermitente se puede evitar usando memoria del cliente. El video en tiempo real necesita un caudal elevado y baja latencia para funcionar adecuadamente.
Aplicaciones de compartir archivos (peer-to-peer)	0- infinito Mbps	Mientras que las aplicaciones peer-to-peer toleran cierta latencia, tienden a usar todo el caudal disponible para transmitir datos al mayor número de clientes posible, en el menor tiempo posible. El uso de estas aplicaciones va a ocasionar problemas de latencia y caudal para el resto de de los usuarios de la red a menos que usted use un control de tráfico muy cuidadoso.

## PLANIFICACIÓN E INSTALACIÓN

Para calcular el caudal necesario que va a necesitar para su red, multiplique el número esperado de usuarios por los requisitos de las aplicaciones que probablemente usarán.

Por ejemplo, 50 usuarios que comúnmente buscan en la red consumirán 2.5 a 5 Mbps o más de caudal en los tiempos pico y tolerarán alguna latencia.

Pero, 50 usuarios usando simultáneamente VoIP necesitarán 5 Mbps o más de caudal en ambas direcciones con baja latencia. Puesto que el equipo inalámbrico 802.11g es half duplex (es decir, sólo transmite o recibe, pero no ambos a la vez) usted debería de igual manera duplicar el caudal necesario hasta un total de 10 Mbps.

Su enlace inalámbrico debe proporcionar esa capacidad cada segundo o la conversación se retrasa.

Puesto que es improbable que todos los usuarios usen la conexión exactamente al mismo tiempo, es práctica común sobresuscribir el caudal disponible usando algún factor (es decir, permitir más usuarios de los que el máximo ancho de banda disponible puede tolerar).

Sobresuscribir usando un factor de 5 a 10 es bastante común.

El monitoreo cuidadoso del caudal en toda su red le va a permitir la planificación de cuándo actualizar las diferentes partes de la misma y calcular cuántos recursos adicionales va a necesitar.

### **Cálculo del presupuesto del enlace**

El proceso de determinar si un enlace es viable se denomina *cálculo del presupuesto del enlace* o balance de potencia y puede ser hecho manualmente o usando herramientas especializadas.

Un sistema de comunicación básico consiste en dos radios, cada uno con su antena y separados por el trayecto a ser cubierto como se muestra en la siguiente figura.

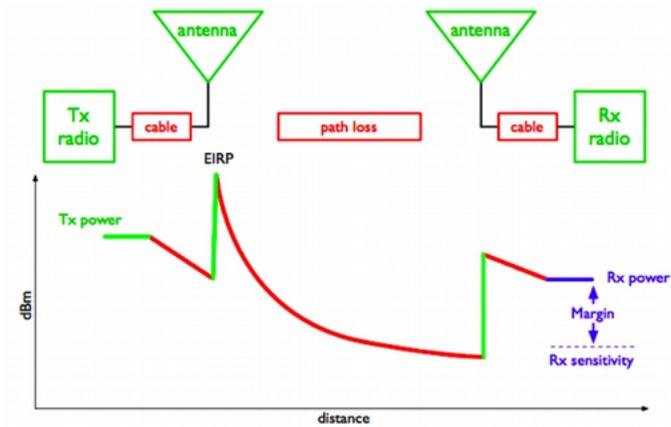


Figura PD 1: Componentes de un Sistema Básico de Comunicación

La señal recibida tiene que estar por encima de un cierto nivel mínimo para que la comunicación pueda ser confiable.

El que las señales puedan o no ser transmitidas entre los radios va a depender de las características del equipo y de la disminución de la señal debido a la distancia, lo que se llama *pérdida de trayectoria*. En este sistema algunos parámetros pueden ser modificados (el equipo empleado, por ejemplo) mientras que otros permanecen fijos (la distancia entre los radios). Comencemos examinando los parámetros modificables.

1. Las características del equipo que se deben considerar cuando se calcula el presupuesto del enlace son:

Potencia de Transmisión (TX). Se expresa en milivatios o en dBm. La potencia de transmisión a menudo depende de la tasa de transmisión. La potencia TX de un dispositivo dado debería especificarse en los manuales del fabricante.

A continuación damos un ejemplo donde se puede observar que al usar 802.11g hay una diferencia de 5 dB en la potencia de salida cuando se usa 6 Mbps o 54 Mbps.

# PLANIFICACIÓN E INSTALACIÓN



BULLET2 DATASHEET



SYSTEM INFORMATION							
Processor Specs			Atheros MIPS 4KC, 180MHz				
Memory Information			16MB SDRAM, 4MB Flash				
Networking Interface			1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface				
REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION							
Wireless Approvals			FCC Part 15.247, IC RS210, CE				
RoHS Compliance			YES				
RADIO OPERATING FREQUENCY 2412-2462 MHz							
TX SPECIFICATIONS				RX SPECIFICATIONS			
802.11b	DataRate	TX Power	Tolerance	802.11b	DataRate	Sensitivity	Tolerance
	1Mbps	20 dBm	+/- 1dB		1Mbps	-95 dBm	+/- 1dB
	2Mbps	20 dBm	+/- 1dB		2Mbps	-94 dBm	+/- 1dB
	5.5Mbps	20 dBm	+/- 1dB		5.5Mbps	-93 dBm	+/- 1dB
	11Mbps	20 dBm	+/- 1dB		11Mbps	-90 dBm	+/- 1dB
802.11g OFDM	6Mbps	20 dBm	+/- 1dB	802.11g OFDM	6Mbps	-92 dBm	+/- 1dB
	9Mbps	20 dBm	+/- 1dB		9Mbps	-91 dBm	+/- 1dB
	12Mbps	20 dBm	+/- 1dB		12Mbps	-89 dBm	+/- 1dB
	18Mbps	20 dBm	+/- 1dB		18Mbps	-88 dBm	+/- 1dB
	24Mbps	20 dBm	+/- 1dB		24Mbps	-84 dBm	+/- 1dB
	36Mbps	18 dBm	+/- 1dB		36Mbps	-81 dBm	+/- 1dB
	48Mbps	16 dBm	+/- 1dB		48Mbps	-75 dBm	+/- 1dB
	54Mbps	15 dBm	+/- 1dB		54Mbps	-72 dBm	+/- 1dB

Figura PD 2: Hoja de especificación de Ubiquiti Bullet2

## Ganancia de las Antenas

Las antenas son dispositivos pasivos que crean el efecto de amplificación gracias a su forma física. Las antenas tienen las mismas características cuando reciben que cuando transmiten. De esta manera, una antena de 12 dBi es simplemente una antena de 12 dBi sin especificar si es en el modo de transmisión o de recepción. Algunos valores típicos son: las antenas parabólicas tienen una ganancia entre 19-24 dBi; las omnidireccionales entre 5-12 dBi; y las sectoriales grosso modo de 12-15 dBi de ganancia.

**Nivel Mínimo de señal recibida (Received Signal Level: RSL)**, o simplemente la sensibilidad del receptor. El RSL mínimo se expresa siempre como dBm negativos (-dBm) y es el nivel más bajo de señal que el radio puede distinguir. El RSL mínimo depende de la tasa de transmisión y como regla general la tasa más baja (1 Mbps) tiene la sensibilidad más alta. El mínimo va a estar generalmente en el rango de los -75 a -95 dBm.

Al igual que la potencia TX, las especificaciones debería proporcionarlas el fabricante del equipo. En la hoja de datos que se presentó arriba se puede ver que hay una diferencia de 20 dB en la sensibilidad del receptor, con -92 dBm a 6 Mbps y -72 dBm a 54 Mbps.

!No olvide que una diferencia de 20 dB significa un cociente de 100 en términos de potencia!

**Pérdidas en los Cables.** Parte de la energía de la señal se pierde en los cables, los conectores y otros dispositivos desde los radios a las antenas. La pérdida depende del tipo de cable usado y de su longitud.

La pérdida de señal para cables coaxiales cortos incluyendo los conectores es bastante baja, en el rango de los 2-3 dB. Es mejor usar cables lo más cortos posible. Los equipos ahora suelen traer antenas empotradas y por lo tanto los cables son muy cortos.

2. Cuando se calcula la pérdida en la trayectoria, algunos aspectos deben considerarse. Se deben tener en cuenta *la pérdida en espacio libre, la atenuación y la dispersión.*

### **Pérdida en espacio libre.**

La dispersión geométrica del frente de onda, conocida generalmente como pérdida en el espacio libre, disminuye la potencia de la señal. Ignorando todo lo demás, cuanto más lejanos estén los dos radios, más pequeña es la señal debido a la pérdida en el espacio libre. Esto es independiente del medio ambiente; depende sólo de la distancia. Esta pérdida ocurre porque la energía de la señal irradiada se expande en función de la distancia desde el transmisor.

Usando los decibeles para expresar la pérdida y usando una frecuencia genérica  $f$ , la ecuación para la pérdida en el espacio libre es:

$$L_{fsl} = 32.4 + 20 \cdot \log_{10}(D) + 20 \cdot \log_{10}(f)$$

donde  $L_{fsl}$  se expresa en dB;  $D$  en kilómetros y  $f$  en MHz.

Cuando llevamos a una gráfica la pérdida en espacio libre versus la distancia, se obtiene una figura como la PE 3. Se debería notar que la diferencia entre usar 2400 MHz y 5300 MHz es de 6 dB en términos de pérdida en espacio libre. De manera que una frecuencia más alta da una pérdida más alta, lo que se contrarresta usualmente con una ganancia mayor de la antena parabólica. Una antena parabólica operando a 5 GHz es 6 dB más potente que otra con las mismas dimensiones que opera a 2.4 GHz para las mismas dimensiones de la antena.

## PLANIFICACIÓN E INSTALACIÓN

Si tenemos dos antenas con 6 dB más de ganancia en cada extremo se obtienen 6 dB netos de ventaja cuando se migra de 2.4 a 5 GHz.

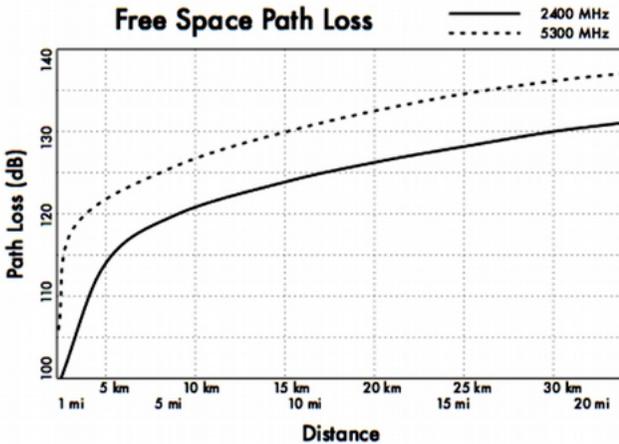


Figura PD 3: Gráfico de cálculo de pérdida de la trayectoria en el espacio libre

### Atenuación

El segundo factor que contribuye con la pérdida en la trayectoria es la atenuación. Esta se produce cuando parte de la potencia de la señal es absorbida cuando pasa a través de objetos sólidos como árboles, paredes, ventanas, y pisos de los edificios.

La atenuación puede variar mucho dependiendo de la estructura del objeto que atraviesa la señal, y es muy difícil de cuantificar.

### Dispersión

A lo largo del trayecto del enlace la potencia de RF (radio frecuencia) deja la antena transmisora y se dispersa. Una parte de la de la potencia de RF alcanza a la antena receptora directamente, mientras otra parte rebota en la tierra. Parte de esa potencia que rebota alcanza la antena receptora. Puesto que la señal reflejada tiene un espacio más largo por recorrer, llega a la antena receptora más tarde que la señal directa. Este efecto se llama *multitrayectoria*, o dispersión de la señal. En algunos casos las señales reflejadas se suman y no causan problema. Cuando se suman en contrafase, la señal recibida es casi inútil. En algunos casos, la señal en la antena receptora puede ser anulada por las señales reflejadas.

A esto se conoce como desvanecimiento extremo o anulación. Hay una técnica simple utilizada para resolver problemas de multitrayectoria llamada diversidad de antena. Esta consiste en añadir una segunda antena al radio.

Si dos señales se suman en contrafase en un punto, anulándose, no van a anularse en otro punto cercano. Si hay dos antenas, por lo menos una de ellas debería ser capaz de recibir una señal utilizable, incluso si la otra está recibiendo una muy debilitada. En dispositivos comerciales se usa diversidad de antenas conmutadas: antenas múltiples en múltiples entradas con un receptor único.

Se pasa al receptor la señal de la antena que tenga la señal más fuerte. Cuando se transmite, el radio usa la última antena utilizada para la recepción. La distorsión dada por multitrayectoria degrada la capacidad del receptor para recobrar la señal de una manera parecida a la pérdida de la señal.

Unir todos estos parámetros conduce al *cálculo del presupuesto del enlace*. Si se están usando radios diferentes en los dos extremos del enlace, la pérdida en la trayectoria debe calcularse dos veces, una por cada dirección (usando la potencia apropiada TX, la potencia RX, la ganancia TX de antena, y la ganancia RX de la antena para cada cálculo).

Al sumar todas las ganancias y restar todas las pérdidas tenemos:

<i>TX Potencia</i>	<i>Radio 1</i>
<i>+Ganancia de Antena</i>	<i>Radio 1</i>
<i>-Pérdida en Cables</i>	<i>Radio 1</i>
<i>+Ganancia de Antena</i>	<i>Radio 2</i>
<i>-Pérdida en Cables</i>	<i>Radio 2</i>
<i>=Ganancia Total</i>	

Al restar la Pérdida en la Trayectoria de la Ganancia Total:

***Ganancia Total - Pérdida en la Trayectoria = Nivel de la Señal en el extremo receptor del enlace***

Si el nivel de la señal resultante es mayor que la sensibilidad del receptor, entonces ¡el enlace es viable! La señal recibida es lo suficientemente potente como para que el radio la utilice.

## PLANIFICACIÓN E INSTALACIÓN

Recuerde que el RSL mínimo se expresa siempre en dBm negativos, así que -56 dBm es mayor que -70 dBm.

En un trayecto dado, la variación de pérdida en trayectoria en un período de tiempo puede ser grande, así que un cierto margen debe ser tomado en cuenta. Este margen es la cantidad de señal por encima de la sensibilidad del radio que debería recibirse para garantizar un enlace de radio estable y de alta calidad incluso en mal tiempo u otras perturbaciones atmosféricas.

Un margen de 10 a 15 dB está bien. Para permitir cierto espacio para la atenuación y la multitrayectoria en la señal de radio recibida, un margen de 20 dB debería ser bastante seguro.

Una vez que se haya calculado el presupuesto del enlace en una dirección, hay que repetir el cálculo en la otra dirección. Substituya la potencia de transmisión por la del segundo radio y compare el resultado con el nivel mínimo de la señal recibida del primer radio.

### Ejemplo de cálculo del presupuesto del enlace

Como ejemplo, queremos estimar la viabilidad de un enlace de 5 km con un punto de acceso y un radio cliente.

- El punto de acceso está conectado a una antena omnidireccional con una ganancia de 10 dBi, mientras que el cliente está conectado a una antena direccional de 14 dBi.
- La potencia de transmisión del AP es de 100 mW (ó 20 dBm) y su sensibilidad de -89 dBm.
- La potencia de transmisión del cliente es 30 mW (ó 15 dBm) y su sensibilidad es de -82 dBm.
- Los cables son cortos, así que calculamos una pérdida de 2 dB en cada lado.

Empecemos por calcular el presupuesto del enlace desde el AP al cliente, como se muestra en la Figura PD 4.

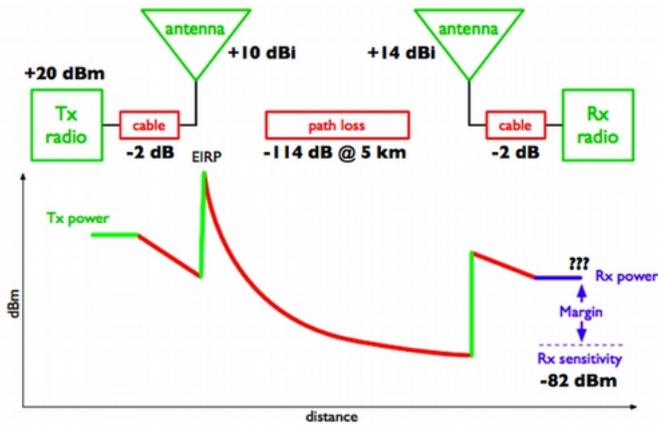


Figura PD 4: Cálculo del presupuesto del enlace desde AP al cliente

Sumando todas las ganancias y restando las pérdidas desde AP hasta el cliente nos da:

20 dBm	TX Potencia del Radio 1
+10 dBi	Ganancia de la Antena del Radio 1
-2 dB	Pérdida en el Cable del Radio 1
+14 dBi	Ganancia de la Antena del Radio 2
-2 dB	Pérdida en el Cable del Radio 2
40 dB	Ganancia Total
-114 dB	Pérdida en el espacio libre @ 5 km
-73 dBm	Nivel de Señal Recibida
-(- 82) dBm	Sensibilidad del Cliente
8 dB	Margen del enlace

La pérdida en el espacio libre de un enlace de 5 km, a la frecuencia de 2.4 GHz es de -114 dB. Al restar la pérdida en el trayecto de la ganancia total:

$$40 \text{ dBm} - 114 \text{ dB} = -74 \text{ dBm}$$

Puesto que -74 dBm es mayor que la sensibilidad mínima del receptor del cliente (-82 dBm), el nivel de la señal es suficiente para que el radio cliente pueda oír el punto de acceso.

## PLANIFICACIÓN E INSTALACIÓN

Hay solamente 8 dB de margen (82 dBm – 74 dBm) que van a ser suficientes para funcionar bien con buen tiempo, pero puede que no lo sea para funcionar en condiciones climáticas extremas.

Lo siguiente es calcular el enlace desde el cliente hasta el punto de acceso, como se muestra a continuación.

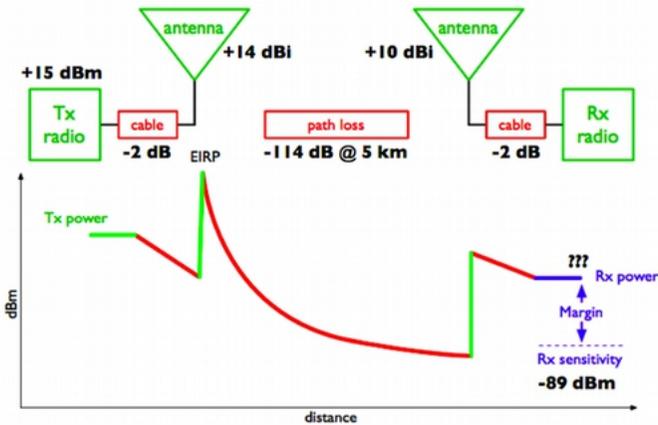


Figura PD 5: Cálculo del presupuesto del enlace desde el cliente a AP

15 dBm	TX Potencia del Radio 2
+14 dBi	Ganancia de Antena del Radio 2
-2 dB	Pérdida en el Cable del Radio 2
+10 dBi	Ganancia de Antena del Radio 1
-2 dB	Pérdida en el Cable del Radio 1
-----	
35 dB	Ganancia Total
-114 dB	Pérdida en el Espacio Libre @ 5 km
-----	
-78 dBm	Nivel de Señal Recibida
-(-89) dBm	Sensibilidad del Cliente
-----	
10 dB	Margen del enlace

Obviamente, la pérdida en el trayecto es la misma en el viaje de vuelta. Así que el nivel de la señal receptora en el extremo del punto de acceso es:

$$35 \text{ dBm} - 114 \text{ dB} = -79 \text{ dBm}$$

Puesto que la sensibilidad de recepción del AP es de -89 dBm, vamos a tener un margen de 10 dB (89 dBm – 79 dBm). En general, este enlace va a funcionar bien.

Empleando una antena de 24 dBi en el extremo del cliente, en lugar de una de 14 dBi, obtendremos una ganancia adicional de 10 dBi en ambas direcciones del enlace (recuerde que la ganancia de la antena es recíproca).

Una opción más cara sería la de usar radios de mayor potencia en cada extremo del enlace, pero nótese que al añadir un amplificador o una tarjeta de alta potencia en uno solo de los extremos no se va a lograr una mayor calidad global del enlace.