

# Cálculo de un Radio Enlace en Banda GSM

Falco, Cristhian; Neira, Sebastian; Van Cauteren, Alexis

**Resumen**—En el presente documento se realizará el cálculo de un radio enlace en la banda GSM ubicado en la ciudad de Córdoba, Argentina mediante los modelos de propagación de Okumura-HATA y COST 231 Walfisch-Ikegami.

**Abstract**—In this document the calculation of a radio link will be made in the GSM band located in the city of Cordoba, Argentina through propagation models Okumura-Hata and COST 231 Walfisch-Ikegami.

**Index Terms**—GSM, enlace, Okumura Hata, Propagación, BTS, BBS DBS.

## I. INTRODUCCIÓN

### I-A. Modelo Okumura-Hata

A partir de una numerosa serie de mediciones realizadas en Tokyo, en el rango de 100 [MHz] a 1920 [MHz], se publicaron uno de los modelos más utilizados para la predicción de las pérdidas por propagación en áreas urbanas. El principal resultado del trabajo de Okumura fue un conjunto de curvas que proporcionan el nivel de atenuación media relativa al espacio libre, en función de la frecuencia, la distancia entre transmisor y receptor, la altura de las antenas de la estación base y la estación móvil, además de varios factores de corrección específicos para diferentes tipos de trayecto. Este modelo está considerado entre los más simples y mejores en términos de su precisión en el cálculo de las pérdidas en el trayecto y se ha convertido en uno de los más utilizados en la planificación de sistemas móviles de todo el mundo.

Con el objetivo de hacer que este método fuera más fácil de aplicar, Hata estableció una serie de relaciones numéricas que describen el método gráfico propuesto por Okumura. Dichas expresiones de carácter empírico, son conocidas bajo el nombre de modelo de Okumura-Hata, también llamado modelo de Hata.

El principal resultado que proporciona el modelo es el valor medio de la pérdida básica de propagación, en función de la frecuencia, la distancia, y las alturas de las antenas de la estación base y el móvil. Aunque éste no incluye ninguno de los factores de corrección por tipo de trayecto, los cuales sí están en el modelo de Okumura, las ecuaciones propuestas por Hata tienen un importante valor práctico. Este modelo es aplicable bajo las siguientes condiciones.

parámetros	Rango de validez
Frecuencia (fc) en MHz	100 a 1500
Altura efectiva de la estación base (hb) en m	30 a 200
Altura antena móvil	1 a 10
Distancia d en Km	1 a 20

Cuadro I

CONDICIONES DE VALIDEZ DEL MODELO OKUMURA-HATA

Falco, UTN -FRC, Córdoba, e-mail: [cristhian\\_falco09@hotmail.com](mailto:cristhian_falco09@hotmail.com).  
 Neira, UTN -FRC, Córdoba, e-mail: [sebastianneira26@gmail.com](mailto:sebastianneira26@gmail.com).  
 Van Cauteren, UTN -FRC, Córdoba, e-mail: [alevancauteren@hotmail.com](mailto:alevancauteren@hotmail.com).

### I-B. Modelo COST 231 Walfisch-Ikegami

Este es un modelo semi-empírico utilizado para la determinación de las pérdidas en un trayecto. Es el resultado de la combinación de los modelos de Walfisch-Bertoni y el modelo de Ikegami. Es recomendado para macro-celdas en escenarios urbanos y suburbanos, donde se tienen en cuenta la altura promedio de los edificios, como así también la altura de la antena. Este modelo es aplicable bajo las siguientes condiciones.

parámetros	Rango de validez
Frecuencia (fc) en MHz	800 a 2000
Altura efectiva de la estación base (hb) en m	4 a 50
Altura antena móvil	1 a 3
Distancia d en Km	0,02 a 5

Cuadro II  
CONDICIONES DE VALIDEZ DEL MODELO COST 231

### I-C. Propagación de la señal

A continuación se presenta un esquema básico de las pérdidas y ganancias que se producen en una transmisión utilizando como medio de propagación el aire en función de la distancia.

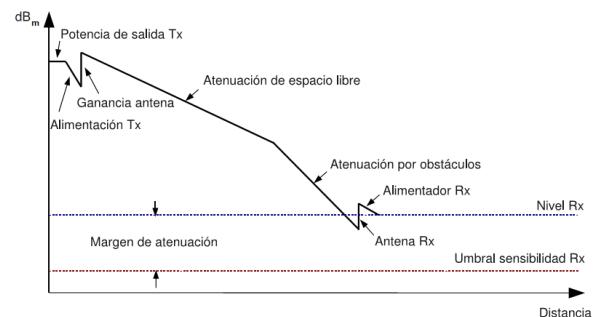


Figura 1. Atenuación en función de la distancia.

En la figura anterior es posible divisar todas las ganancias y atenuaciones en el trayecto de la señal emitida por la estación base y recibida por el móvil, las cuales deberán ser sumadas o restadas respectivamente para encontrar el nivel de señal recepcionado. Este nivel deberá ser mayor al umbral de sensibilidad del dispositivo móvil para poder demodular la información. El margen entre el nivel de señal recibido y el umbral de sensibilidad se conoce con el nombre de margen de seguridad o de atenuación.

## II. DESARROLLO

Para efectuar dicho trabajo serán necesarias una serie de herramientas que detallaremos a continuación.

1. Un teléfono móvil GSM, en nuestro caso se utilizó un dispositivo Samsung modelo S6.
2. Una aplicación móvil que permita tanto medir el nivel de señal recibido, como identificar la celda que proporciona servicio. En nuestro caso se utilizó la aplicación Android Netmonitor.
3. Un servidor de aplicaciones de mapas como Google maps y/o Google Earth.

Dado a las limitaciones de frecuencia del modelo de Okumura Hata, es necesario seleccionar la banda de operación GSM en nuestro móvil.

Procedemos a abrir la aplicación y a relevar los datos de la celda.



Figura 2. Información celda Claro

Los datos relevados son:

- Prestadora de servicio: Claro AR
- Identificación de celda(CID): 51087
- Nivel de señal: -71[dBm]

Comprobamos estos datos y verificamos la banda de operación mediante el modo de servicio del fabricante móvil. Aquí podemos observar que la banda de operación es GSM en frecuencia 850[MHz] y el nivel de señal recibido es próximo al valor arrojado por la aplicación.

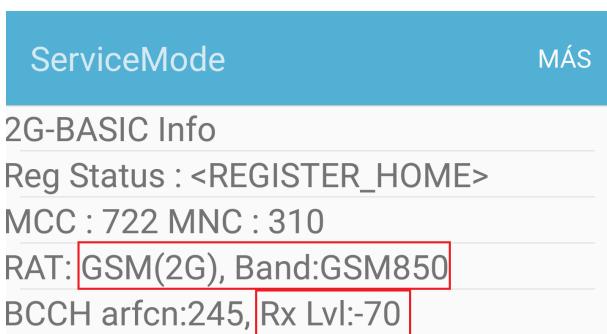


Figura 3. Información de servicio

En base al número de identificación de celda podemos establecer su ubicación geográfica. La aplicación Netmonitor nos muestra la ubicación y distancia aproximada entre el móvil y la celda.

Como podemos observar la celda se encuentra ubicada en las coordenadas (lat:-31,4305°, long:-64,1862°) con una distancia aproximada entre móvil-celda de 579,57[m]. Con estos

datos ingresamos a Google maps y calculamos la distancia correcta.

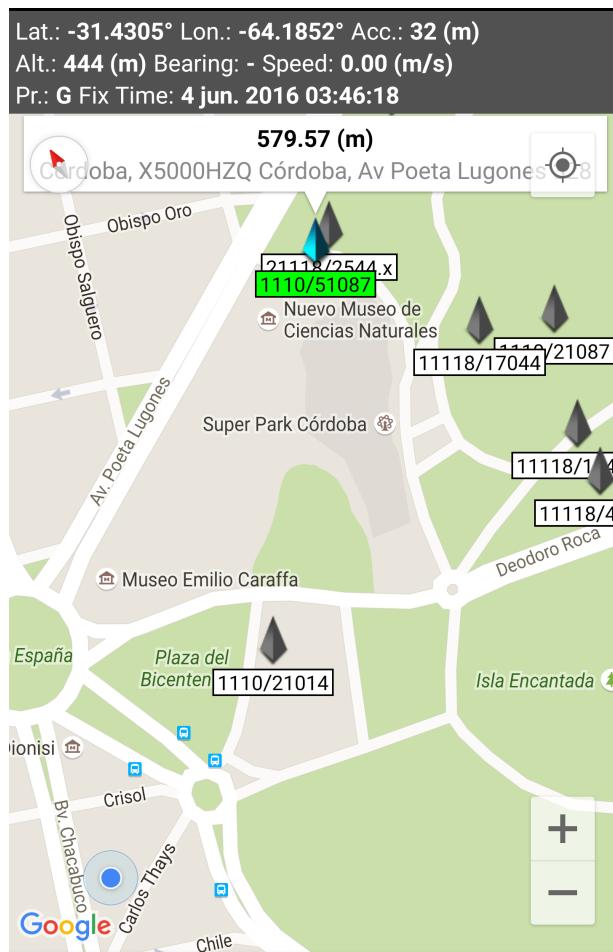


Figura 4. Captura pantalla Netmonitor



Figura 5. Ubicación geográfica de la celda

La distancia relevada es 571,84[m], muy próximos a los 579,57[m] arrojados por la aplicación. Además la altura aproximada donde se ubica la celda es de 8[m].

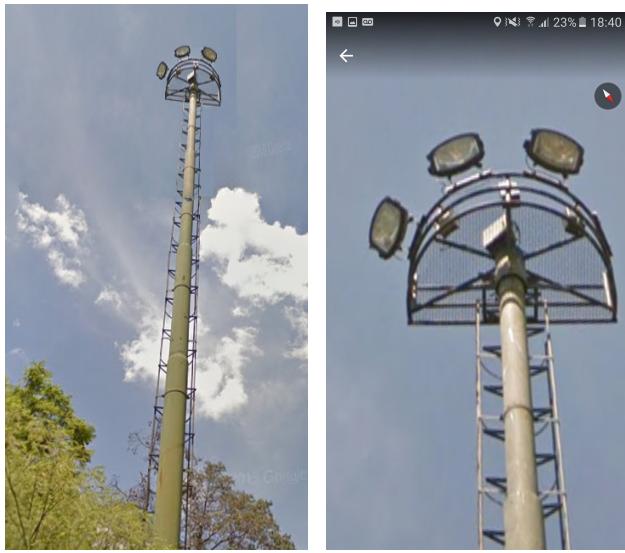


Figura 6. Emplazamiento del sistema

El próximo paso es establecer la potencia transmitida por la estación transmisora base (BTS) y la ganancia de la antena. Para ello seleccionaremos una configuración distribuida con la estación DBS3900 de la firma comercial Huawei, muy utilizada por las prestadoras de servicios de telefonía dado a su auge comercial.

La estación base distribuida DBS3900 tiene dos tipos de módulos funcionales básicos, lo que reduce considerablemente la inversión en repuestos y mantenimiento. Posee además una excelente adaptabilidad al medio ambiente, donde los módulos básicos se pueden combinar de forma flexible de acuerdo con las condiciones reales en el lugar para lograr la implementación eficiente, que no supone requisitos exigentes de una sala de equipos.

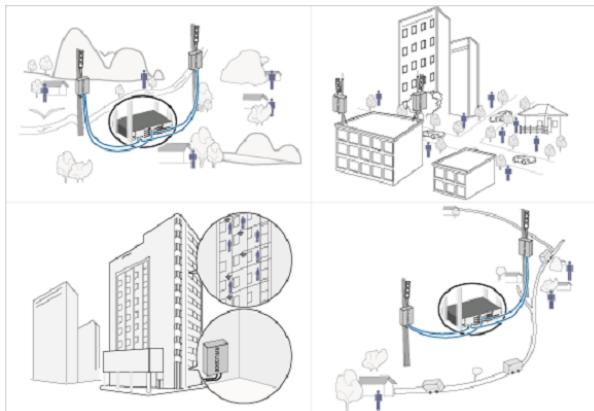


Figura 7. Escenarios típicos para la instalación DBS3900

A medida que la preocupación ambiental y el aumento de los costos de arrendamiento, adquisición de emplazamientos para estaciones base se ha convertido en un cuello de botella

durante la construcción de la red, lo que hace cada vez más difícil construir nuevos sitios. La estación base distribuida, DBS3900, desarrollada por Huawei cuenta con una alta integración, fácil instalación, y bajos requisitos. Todas estas características pueden facilitar la adquisición del sitio de emplazamiento. Con estas características, la DBS3900 aborda plenamente la preocupación de los operadores sobre el sitio adquisición, facilita la planificación, optimización y reduce el tiempo de construcción de la red. Por lo tanto, la DBS3900 permite a los operadores desplegar de manera eficiente una red GSM / UMTS / LTE de alto rendimiento con un bajo costo total de propiedad, reduciendo al mínimo la inversión en electricidad, espacio y mano de obra.

Los dos módulos componentes de esta estación son la Unidad de procesamiento de Banda Base (BBU3900) y la Unidad de Radio Remota (RRU3908).

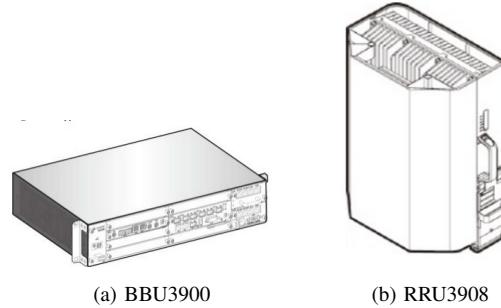


Figura 8. Módulos DBS3900

La BBU3900, unidad de control de banda de base, es responsable de la interacción entre la BTS y el BSC. La misma realiza las siguientes funciones:

- Interacción de señales entre la BTS y la estación controladora base BSC.
- Proporciona el reloj del sistema.
- Administra todo el sistema BTS en términos de operación, mantenimiento y el procesamiento de señalización.
- Proporciona un canal conectado a la terminal local de mantenimiento.

La RRU3908 es una unidad de radio remota al aire libre. Es la parte de radiofrecuencia (RF) de una estación base distribuida y puede estar situada próxima a las antenas. La RRU puede modular, demodular, combinar y dividir las señales de banda base y RF. También procesa la señal de RF de banda base de datos.

Number of GSM Carriers	Number of UMTS Carriers	Output Power per GSM Carrier (W)	Output Power per UMTS Carrier (W)
1	1	40	40
2	1	20	40
3	1	13	40
4	1	10	40
5	1	6	20

Figura 9. Configuración RRU3908 - 850/900[MHz]

Además se utilizará una antena de la marca TXPRO modelo TX9181290NF. A continuación se presentarán sus características:

ticas técnicas:

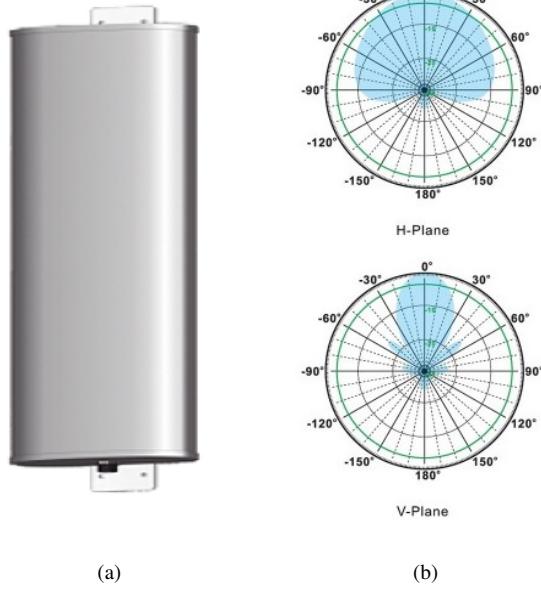


Figura 10.

Rango de frecuencia	806 - 960 / 1710 - 1990 MHz
Ganancia	12 dBi / 12 dBi
Apertura(Horizontal / Vertical)	83° / 30° / 90° / 30°
Polarización	Vertical
Dimensiones	112.7 x 26.9 x 12.9 cm
conector	N Hembra

Cuadro III

CARACTERÍSTICAS ANTENA TXPRO MODELO TX9181290NF

Datos relevados:

- $fc = 850$ ; Frecuencia portadora en [MHz].
- $h_b = 8$ ; Altura antena estación base en [m].
- $hm = 1,20$ ; Altura antena móvil en [m].
- $d = 0,57381$ ; Distancia móvil-base en [Km].
- $Ptx = 40$ ; Potencia en [W] transmisor.
- $Gtx = 12$ ; Ganancia [dBi] antena TX.
- $Grx = 2$ ; Ganancia en [dBi] antena RX.
- $Lctx = 1$ ; Perdida en [dB] conectores TX.
- $Lcrx = 1$ ; Perdida en [dB] conectores RX.
- $Sensibilidad = 120$ [dBm]; sensibilidad móvil.

#### II-A. Resolución mediante Okumura-Hata

$$\alpha = 69,55 + 26,16 \cdot \log(h_b)$$

$$a(h_m) = 3,2 (\log(1,75 \cdot h_m))^2 - 4,97$$

$$A = \alpha - 13,82 \cdot \log(h_b) - a(h_m)$$

$$B = 44,9 - 6,65 \cdot \log(h_b)$$

$$L(dB) = A + B \cdot \log(d)$$

Luego de realizar los reemplazos y las operaciones matemáticas correspondientes, obtenemos la atenuación en el espacio libre, la cual es igual a:

$$L = 128,9581[dB]$$

El nivel de señal recibido será igual a:

$$\text{Nivel de recepción} = Ptx - Lctx + Gtx - L + Grx - Lcrx + Grx$$

$$\text{Nivel de recepción} = -70,9375[dBm]$$

El margen de atenuación será igual a:

$$\text{Margen de atenuación} = \text{Sensibilidad} - \text{Nivel de recepción}$$

$$\text{Margen de atenuación} = -49,0625[dB]$$

#### II-B. Resolución mediante COST 231 Walfisch-Ikegami

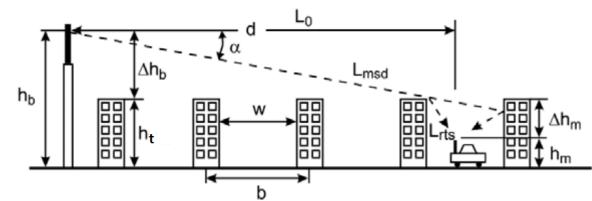


Figura 11. Parámetros modelo COST 231 W-I

Dado que en nuestro caso no existe línea de vista entre la antena de la estación y el móvil, emplearemos la siguiente formula.

$$L(dB) = L_o + L_{rts} + L_{msd}$$

Donde:

$L_o$ : son las pérdidas en espacio libre.

$L_{rts}$ : son las pérdidas por difracción en los techos de las edificaciones.

$L_{msd}$ : son las pérdidas por dispersión.

$$L_o = 46,2 + 26 \cdot \log(d) + 20 \cdot \log(fc)$$

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \cdot \log(W) + 10 \cdot \log(fc) + 20 \cdot \log(\Delta h_m) + L_{ori}$$

Donde:

$W$ : es el ancho de la calle.

$L_{ori}$ : pérdida según el ángulo que llega la señal al móvil.

Dado a que en nuestro caso el ángulo de incidencia es  $30^\circ$  ( $\phi = 30^\circ$ ), utilizamos la siguiente expresión.

$$L_{ori} = -10 + 0,354 \cdot \phi[\text{grados}]$$

Valida para  $0^\circ \leq \phi \leq 35^\circ$ .

El término  $L_{msd}$  corresponde a las pérdidas que se las denomina “Multiscreen diffraction”, esta dado por una integral cuya solución fue encontrada en forma aproximada en el modelo de Walfisch-Bertoni, para el caso de que la altura de la antena de la estación base sea mayor a la altura promedio de los techos. Luego el grupo COST 231 amplió esta solución para el caso en que la altura de la antena de la estación base sea menor que la altura promedio de los techos.

$$L_{msd} = L_{bsk} + k_a + k_d \cdot \log(d) + k_f \cdot \log(fc) - 9 \cdot \log(b)$$

Donde:

$L_{bsk}$ : es un término que depende de la altura de la estación base.

$k_a$ : representa el incremento de la pérdida en el trayecto para el caso de estaciones bases ubicadas por debajo de la altura media de los edificios.

$k_d$ : dependencia de  $L_{msd}$  con la distancia.

$k_f$ : dependencia de  $L_{msd}$  con la frecuencia.

$b$  : distancia promedio entre edificios.

Para nuestro caso:

$L_{bsk} = 0$ , dado que la altura del techo es mayor a la de la antena de la BTS.

$k_a = 54 - 0,8 \cdot \Delta h_{base}$ , dado que la altura del techo es mayor a la de la antena de la BTS y  $d > 0,5 \text{ [km]}$ .

$k_d = 18 - 0,8 \cdot \frac{\Delta h_{base}}{h_{techo}}$ , dado que la altura del techo es mayor a la de la antena de la BTS.

$k_f = -4 + 1,5 \cdot \left( \frac{fc}{925} - 1 \right)$ , dado que se trata de un centro metropolitano.

Luego de realizar los reemplazos y las operaciones matemáticas correspondientes, obtenemos la atenuación en el espacio libre, la cual es igual a:

$$L = 129,4128[\text{dB}]$$

El nivel de señal recibido será igual a:

$$\text{Nivel de recepción} = P_{tx} - L_{ctx} + G_{tx} - L + G_{rx} - L_{crx} + G_{rx}$$

$$\text{Nivel de recepción} = -71,3922[\text{dBm}]$$

El margen de atenuación será igual a:

$$\text{Margen de atenuación} = \text{Sensibilidad} - \text{Nivel de recepción}$$

$$\text{Margen de atenuación} = -48,6078[\text{dB}]$$

### III. CONCLUSIONES

En el presente práctico se realizo el cálculo de la atenuación de trayecto y el nivel de recepción de señal por los modelos de Okumura-Hata y COST 231, para efectuar una comparación de los resultados obtenidos. Esto es motivo de que el modelo de Okumura-Hata no cumple con los requisitos de altura de la estación base y la distancia del escenario de estudio propuesto.

Pueden observarse que los resultados arrojados por ambos modelos no son muy diferentes y que concuerdan con los valores de nivel de recepción obtenidos en el móvil. Sin embargo, el modelo COST 231 es más apto para el cálculo en grandes urbes donde existen gran cantidad de edificios.

En el caso del modelo COST 231 puede observarse una fuerte dependencia del nivel de atenuación de trayecto con el ancho de las calles donde se propagara la señal.

### REFERENCIAS

- [1] Oscar Eduardo Gutiérrez, «Comunicaciones Móviles y Redes Inalámbricas», 2015.
- [2] Quintana, Bordón Lopez, Montejano Sanchez, «Estudio comparativo de los modelos de propagación de canal inalámbrico», Universidad Central de Las Villas (UCLV), Cuba.
- [3] Raj Jain, «Channel Models: A Tutorial», 2007.
- [4] DBS3900 Dual-Mode Base Station Hardware Structure, HUAWEI TECHNOLOGIES Co. Ltd.
- [5] DBS3900 Product description, HUAWEI TECHNOLOGIES Co. Ltd.
- [6] HUAWEI GSM-R BTS3900 Hardware Structure, HUAWEI TECHNOLOGIES Co. Ltd.
- [7] Telefonica 2G 3G Project Quality Installation Standard, HUAWEI TECHNOLOGIES Co. Ltd.