

# Estudio de propagación y planificación de cobertura para comunicaciones móviles en el interior de ascensores

Rafael Herradón Díez\*, Domingo Spiegelhalder\*\*, Mariano Martínez\*\*, Florentino Jiménez Muñoz \*

\* DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AUDIOVISUAL Y COMUNICACIONES

\*EUIT de Telecomunicaciones, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Ctra de Valencia, Km. 7, 28031 MADRID. Tel: (91) 3367785, Fax (91) 3367784 E-mail: rherrad@diac.upm.es

\*\* TELEFÓNICA MÓVILES ESPAÑA, S.A. E-mail: spiegelhalder\_d@tsm.es

## RESUMEN

In this paper we are going to give the results of a study on propagation for indoor mobile communications. The propagation measurements have been taken inside a 14 storey office building. Especially for the level of reception inside and outside the lifts. The final purpose is to find the values of losses for this sort of elements within a model or propagation quite simple, which will allow us to plan the covering inside the lifts in any building, whenever the desing requirements are required.

## 1. INTRODUCCIÓN

La cobertura en interiores de edificios se ha ido generalizando en los últimos años. Al ir aumentando el uso de los sistemas móviles se ha ido demandando a estos mayores prestaciones y coberturas. Hace unos años era impensable el disponer de cobertura en un ascensor. Sin embargo, hoy parece que no es aceptable que se nos caiga una llamada o que no podamos realizarla en su interior. Incluso se puede llegar a pensar en la existencia de sistemas de alarma y seguridad para los ascensores basados en los sistemas de comunicaciones móviles.

El establecimiento de modelos para la predicción de la propagación en el interior de un ascensor puede parecer complicado, especialmente si utilizamos técnicas deterministas para su cálculo, dada la estructura metálica de la caja del ascensor. Sin embargo, si utilizamos métodos empírico estadísticos, podemos obtener buenas aproximaciones si disponemos de suficientes medidas.

Se ha considerado para el estudio una situación real, con una cobertura real, donde se han situado las picocélulas para una adecuada cobertura en todas las plantas del edificio considerado, incluyendo los ascensores. Se ha procedido a realizar una campaña de medidas en el exterior y en el interior de los ascensores tanto para canales correspondientes a células clásicas como para los canales de las picocélulas "indoor". Con los resultados de estas medidas se ha realizado un estudio estadístico mediante regresión y comparación con los modelos empírico estadísticos, con el fin de obtener datos para futuras planificaciones.

Por otro lado se han realizado algunas medidas adicionales para otros ascensores en entornos diferentes, con el fin de ajustar el modelo propuesto y encontrar posibles discrepancias.

## 2. MODELOS PARA INTERIORES.

Existen diferentes modelos para la predicción empírico estadística de las pérdidas de propagación, desde un modelo sencillo de una pendiente \*[1], hasta modelos estadísticos complejos para la predicción de las componentes multitrayecto [2]. Sin embargo uno de los modelos más aceptados es el conocido como modelo COST-231 de interiores [3], dado por la siguiente expresión:

$$PL(d) [dB] = PL(d_0) [dB] + 10 \cdot n \cdot \log(d) + \sum_i K_{Fi} L_{Fi} + \sum_j K_{Wj} L_{Wj} \quad (1)$$

donde  $L_F$  y  $L_W$ , son las pérdidas debidas a cada tipo de suelo y pared respectivamente,  $K_F$  y  $K_W$  son el número de pisos y paredes u obstáculos de cada tipo.  $PL(d_0)$  es la pérdida de potencia a una distancia de referencia, en interiores normalmente  $d_0 = 1$  m, y  $n$  es la pendiente de pérdidas, que suele depender del tipo y estructura del edificio.

## 3. REALIZACIÓN DE LAS MEDIDAS.

Las medidas se han realizado sobre un sistema de comunicaciones real en la banda de 900 y 1800 MHz, empleando los equipos de transmisión ya instalados y realizando las medidas mediante un sistema de toma de datos portátil.

### 3.1.- Entorno de medida.

El edificio donde se han realizado las medidas consta de 14 plantas. El sistema picocelular "indoor" se divide en tres sectores: *Sector 1*: desde la planta baja hasta la 3ª. *Sector 2*: desde la planta 4ª hasta la 9ª. *Sector 3*: desde la planta 10ª hasta la 14ª. Se instalan dos antenas transmisoras por planta excepto en las plantas 2 y 4 que sólo se puede instalar una. La PRA teniendo en cuenta las características de los módulos alimentados por fibra óptica, las pérdidas del cable, divisor y del duplexor, y la ganancia de la antena, es de 24 dBm.

Las medidas se han realizado en los ascensores, tanto en subida como en bajada y en el exterior de los mismos, tanto para los canales "indoor", como para los externos. En la siguiente figura se representa una de las plantas del edificio donde se han tomado las medidas.



Figura 1. Plano de una de las plantas del edificio.

#### 4. RESULTADOS.

En primer lugar analizaremos las medidas efectuadas del nivel de señal recibido dentro de un ascensor al alejarse de las antenas de un sector. En la siguiente figura se puede observar dichas medidas, la regresión realizada, y su comparación con el modelo de una pendiente.

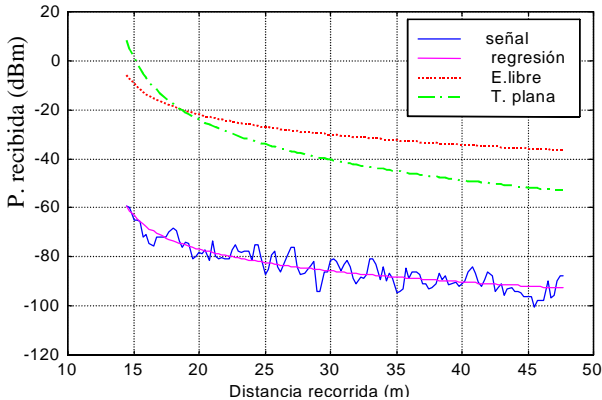


Figura 2. Medidas, regresión y modelos teóricos para un recorrido en el interior de un ascensor.

En todas las medidas realizadas en estas circunstancias el comportamiento del nivel de señal es similar, con una pendiente cercana a la del espacio libre, y con una atenuación adicional, que puede ser interpretada como la causada por la pared y la caja del ascensor. En la tabla 1 aparecen los valores medios de este tipo de medidas.

Pendiente	$A_{\text{ascensor}}$ (dB)	$\sigma$ (dB)
2,01	47,1	3,9

Tabla 1. Valores medios del modelo.

Otro tipo de análisis realizado, ha sido la comparación entre los niveles de potencia recibida en el exterior y el interior del ascensor, producidos por el sistema “indoor” para cada planta. En este caso el nivel medio de atenuación es inferior: **41,6 dB** y con una desviación mayor: **6,2 dB** que en el caso anterior. Por último en el mismo edificio, se han realizado medidas de diferencia de nivel de potencia en el interior y exterior del ascensor para señales procedentes de células exteriores al edificio, en las bandas de 900 MHz, y 1800 MHz. En la siguiente tabla aparecen los resultados de una de estas medidas.

	DCS Canal 682 (1839.2 MHz)			GSM Canal 17 (938.4 MHz)		
	Pr media (dBm)		Diferencia (dB)	Pr media (dBm)		Diferencia (dB)
	INTERIOR	EXTERIOR		INTERIOR	EXTERIOR	
P. Baja	-83,0	-58,0	25,0	-81,1	-57,2	23,8
Planta 1	-77,0	-52,9	24,1	-83,2	-59,0	24,2
Planta 3	-93,0	-68,4	24,6	-74,9	-54,0	20,9
Planta 6	-71,0	-46,5	24,6	-74,9	-46,5	28,4
Planta 9	-82,0	-57,5	24,5	-73,4	-57,0	16,4
Planta 10	-77,0	-50,4	26,6	-79,1	-52,4	26,7
Planta 11	-86,0	-59,1	26,9	-75,9	-49,6	26,3
Planta 12	-82,0	-56,5	25,5	-82,1	-56,8	25,3
Planta 13	-83,0	-58,8	24,2	-84,3	-61,7	22,6
Planta 14	-95,0	-65,9	29,1	-84,8	-64,0	20,8

Tabla2. Niveles de señal en el interior y exterior del ascensor.

El valor medio para las medidas efectuadas es de **26,0 dB** ( $\sigma= 4,8$  dB) para la banda de 900 MHz y de **23,4 dB** ( $\sigma= 3,9$  dB) para la banda de 1800 MHz.

También se han realizado medidas en ascensores en otros edificios. En el caso de la E.U.I.T. de Telecomunicación de la UPM, se han obtenido niveles medios de atenuación de 25,3 dB comparando el nivel dentro y fuera del ascensor para diferentes plantas.

#### 5. CONCLUSIONES

Se ha presentado un estudio empírico-estadístico de las pérdidas de propagación en el interior de ascensores. Los datos obtenidos en el primer y el segundo caso, referentes a la atenuación del ascensor para las antenas de interior (47, 1 y 41,6 dB), no concuerdan demasiado con el resto de estudios y otras medidas realizadas, (23-26 dB). Esto es debido a los diferentes caminos y elementos que las señales tienen que atravesar en cada caso. Como conclusión podemos decir que la atenuación media de un ascensor considerada como obstáculo en el modelo (1) es de 25 dB.

#### 6. REFERENCIAS:

- [1] T.S.Rappaport, S.Y. Seidel, “914 MHz Path Loss Prediction Models for Indoor Wireless Communications in Multifloored Buildings”. IEEE T. Antennas and Propagation, pp.207-217, Feb 1992.
- [2] A. M. Saleh., R.A. Valenzuela., “A statistical Model for Indoor Multipath Propagation” IEEE J. on Selected Areas in Communications, V.5, N° 2, Feb 1987.
- [3] COST 231. Final Report. 1997.