

# Disseny Pràctic d'un Radioenllaç Terrenal

Miguel Calvo Fullana

Radiocomunicacions

miguel.calvo.f@gmail.com

**Resum**— Es pretén dissenyar un radioenllaç terrenal entre dos punts de la illa de Mallorca, s'analitzaran les condicions inicials de l'enllaç, es seleccionaran els components que formaran el radioenllaç i s'avaluarà la qualitat de manera que compleixi les recomanacions de la ITU-R.

## XVII. INTRODUCCIÓ

Es vol connectar mitjançant radioenllaços un edifici del centre de Palma amb una alçada de 30m situat a la posició: 39° 33' 44" latitud Nord i 2° 39' 11" longitud Est amb l'hotel Amarador de 40m d'alçada situat a 39° 42' 36" latitud Nord i 3° 28' 2" longitud Est. Es tracta d'un enllaç digital de banda ampla (45Mbps) amb una freqüència portadora d'11GHz.

Des de l'hotel Amarador s'utilitza un altre radioenllaç col·locat a la mateixa torre per comunicar-se amb un altre hotel situat a 39° 46' 29,9" latitud N, i 3° 21' 14,5" longitud E. Aquest radioenllaç transmet a la mateixa potència, utilitza les mateixes freqüències que el nostre, i també els mateixos equips però amb una polarització creuada, per tant la seva senyal interfereix amb el nostre radioenllaç.

Podem observar a la Fig. 1 les passes que seguirem per dissenyar el radioenllaç.

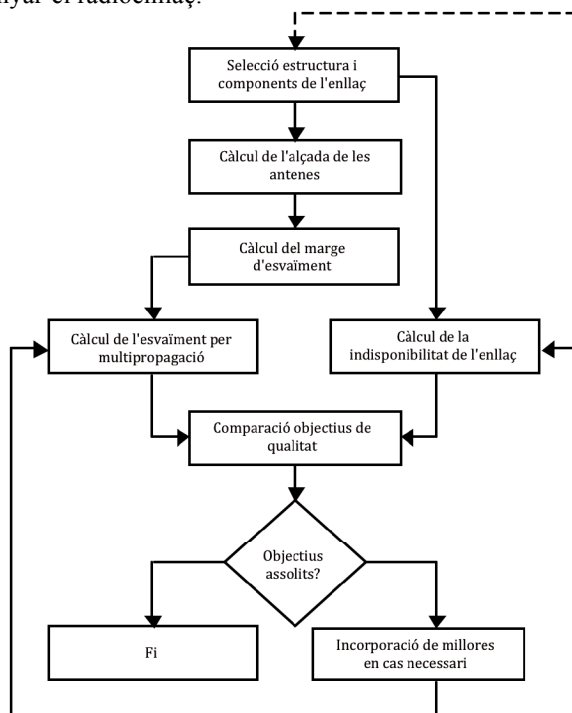


Fig. 3 Diagrama general pel disseny de radioenllaços

Com a suport per a l'estudi i la realització del radioenllaç s'utilitzarà una eina informàtica freeware anomenada Radio Mobile [1].

## XVIII. AVALUACIÓ INICIAL

El perfil que uneix Palma amb l'hotel Amarador conté obstacles que bloquegen totalment les zones de Fresnel, com podem observar a la Fig. 2. Per tant, necessitem utilitzar almenys un repetidor.

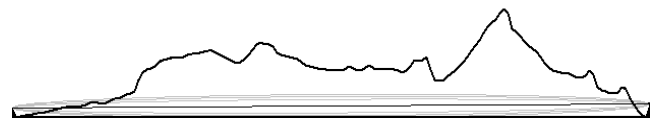


Fig. 4 Perfil entre Palma i l'hotel Amarador

Analitzem les zones de cobertura visual de les dues estacions i obtenim que no hi ha cap punt de la illa que es vegi des de les dues estacions, per tant necessitem utilitzar un altre repetidor. Podem veure el posicionament final de les estacions a la Fig. 3.

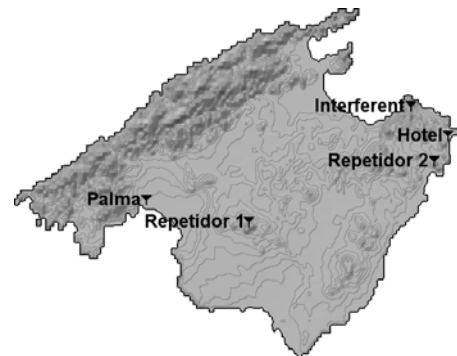


Fig. 5 Posicionament de les estacions

TAULA VI. COORDENADES DE LES ESTACIONS

Estació	Coordenades
Palma	39° 33' 44" N 2° 39' 11" E
Repetidor 1	39° 31' 29,1" N 2° 55' 27,8" E
Repetidor 2	39° 38' 56,6" N 3° 24' 57,2" E
Hotel Amarador	39° 42' 36" N 3° 28' 2" E
Hotel Interferent	39° 46' 29,9" N 3° 21' 14,5" E

S'han posicionat els repetidors de manera que no hi hagi visió directa amb cap estació apart de a la que transmeten, evitant així interferències. A més utilitzarem un pla a quatre freqüències per evitar les interferències en els propis repetidors i d'aquesta manera, ja que no hi ha visió directa que pugui produir interferències (a part de l'altre hotel), utilitzarem una polarització vertical. A més, els repetidors que utilitzarem seran repetidors regeneratius.

XIX. SELECCIÓ DE COMPONENTS

La guia d'ones que s'utilitzarà és la EW127A [2], del fabricant Andrew. L'antena que s'ha seleccionat per a totes les estacions és la PAR8-107 [3], [4], també del fabricant Andrew, aquesta antena ens proporciona un guany considerable (46,2 dBi) a un preu relativament baix (2.785€). A més, utilitzarem un receptor amb un factor de renou  $F_r = 10$  dB, i una signatura de la que es poden extreure els següents paràmetres del mètode de Mojoli pel càlcul dels esvaïments selectius; per  $P_b = 10^{-3}$ ,  $B_{eq} = 17$  dB,  $W = 22$  MHz i per  $P_b = 10^{-6}$ ,  $B_{eq} = 13$  dB i  $W = 32$  MHz.

XX. ALÇADA DE LES ANTENES

L'alçada màxima de les antenes als edificis de Palma i Cala Ratjada per motius de normativa i estètica és de 5 m.

Si observem els perfils de cada enllaç (Fig. 4-6) no hi ha cap obstacle evident, tot hi així comprovem que l'elevació efectiva de l'obstacle més evident degut a la esfèricitat de la Terra no ens provoqui difracció. utilitzant l'expressió (1).

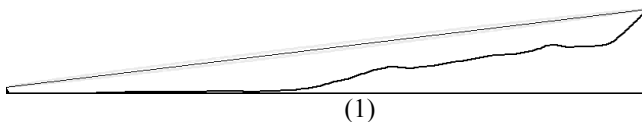


Fig. 6 Palma - Repetidor 1 (Va 1)



Fig. 7 Repetidor 1 - Repetidor 2 (Va 2)



Fig. 8 Repetidor 2 - Hotel Amarador (Va 3)

TAULA VII. DADES DELS VANS

Paràmetres	Va 1	Va 2	Va 3
Elevació Transmissor (m)	36	445	282
Elevació Receptor (m)	445	282	48
Cota Obstacle (m)	137,9	208	44,1
Dist. Transmissor-Obstacle (Km)	14,1	36,85	4,78
Dist. Obstacle-Receptor (Km)	9,48	7,4	3,29

Aplicant l'expressió (1) i trigonometria bàsica, obtenim que no es requereix elevar les antenes en cap cas. Tot hi així, elevarem les antenes 3m per motius de seguretat.

XXI. MARGE D'ESVAÏMENT

Degut a la freqüència de l'enllaç tenim 0,01 dB/Km de pèrdues per absorció dels gasos atmosfèrics. Com ja havíem observat anteriorment, degut al perfil dels vans no hi ha pèrdues per difracció.

La guia d'ones introdueix pèrdues de 0,1228 dB/m [2]. Les antenes es troben a 3m d'altura, per tant podem aproximar uns 4m de guia d'ones, de manera que tenim 0,5 dB de pèrdues. Els receptors tenen un factor de renou de 10 dB, per tant, el

factor de renou del sistema receptor serà de 10,5 dB. A més, hem de tenir en compte que la modulació emprada és QPSK.

U. Marge Brut d'Esvaïment

Per calcular el marge brut, calculem la potència de recepció nominal, i li restem la potència de recepció mínima.

TAULA VIII: CÀLCUL DE MARGE BRUT

Paràmetres	Va 1	Va 2	Va 3
$N_0$ (dBm)	-163,48		
$E_b/N_0$ (dB)	$P_b=10^{-3}$	6,78	
	$P_b=10^{-6}$	10,52	
$V_b$ (dB)	76,53		
$P_{Rmin}$ (dBm)	$P_b=10^{-3}$	-80,17	
	$P_b=10^{-6}$	-76,43	
$P_{Rnom}$ (dBm)	-29,56	-35,23	-20,08
MB3 (dB)	50,61	44,94	60,09
MB6 (dB)	46,87	41,2	56,35

V. Marge Net d'Esvaïment

L'estació interferent tan sols té visió directa amb l'hotel Amarador, per tant només afectarà l'enllaç entre el segon repetidor i l'hotel, de manera que per al primer i segon va el marge net és igual al marge brut. El radioenllaç interferent transmet a la mateixa potència, utilitza les mateixes freqüències que el nostre, i també els mateixos equips però amb una polarització creuada

Per calcular la senyal interferent amb l'hotel, la polarització de la nostra antena és vertical, la polarització de la senyal interferent és horitzontal i l'angle d'incidència de la senyal interferent és de 93,3°. Amb aquest angle d'incidència obtenim una discriminació màxima de 65 dB [4] considerant les pèrdues de discriminació de polarització degut als esvaïments, seguint la expressió (2).

$$D_p(F) = D_{p0} - \frac{F}{2} \tag{2}$$

Calculem el marge net afegint la senyal interferent al renou i tenint en compte que aquest dependrà de l'esvaïment. Obtenim que MN3 = 20,95 dB, i MN6 = 18,46 dB.

XXII. INDISPONIBILITAT DE L'ENLLAÇ

Per calcular la indisponibilitat de l'enllaç, tenim que calcular la indisponibilitat degut a dos factors, la pluja i la falla d'equips.

W. Indisponibilitat Deguda a la Pluja

Observem que la intensitat de pluja excedida durant 0,01% del temps és de 30mm/h a la nostra regió geogràfica [5]. Obtenim els paràmetres necessaris per al càlcul de la indisponibilitat deguda a la pluja [6]. Calculem la atenuació específica de la pluja ( $\gamma_{pluja0,01}$ ), les longituds efectives ( $l_{e,pluja}$ ) dels vans i l'atenuació deguda a la pluja ( $A_{pluja0,01}$ ) a cada va. Amb l'atenuació deguda a la pluja, calculem la probabilitat de superar el marge net amb aquesta atenuació.

TAULA IX. CÀLCUL DE LA INDISPONIBILITAT DEGUDA A LA PLUJA

Paràmetres	Va 1	Va 2	Va 3
$\gamma_{pluja0,01}$ (dB/Km)	1,087		
$l_{e,pluja}$ (Km)	11,465	14,835	5,926
$A_{pluja0,01}$ (dB)	12,46	16,12	6,44
$U_{Pi}$ (%)	0,000010162	0,00019239	0,000077769
$U_P$ (%)	0,000280321		

### X. Indisponibilitat per Falla d'Equips

Tenim 6 equips sense protecció, tots tenen el mateix temps mitjà entre falles (MTBF = 60000 h) i el mateix temps mitjà de reparació (MTTR = 7 h). Obtenim una indisponibilitat del 0,0007 %.

### Y. Verificació dels Objectius d'Indisponibilitat

Sumem la indisponibilitat deguda a la pluja i la indisponibilitat per falla d'equips i comprovem si compleixen la recomanació [7]. La suma dona 0,000980321 %, per tant compleix la recomanació ja que és menor que el 0,0336 % màxim recomanat.

### XXIII. FIABILITAT DE L'ENLLAÇ

Degut a que el nostre enllaç és de gran capacitat (45Mbps), avaluarem l'efecte de l'esvaïment pla i l'esvaïment selectiu.

### Z. Esvaïment Pla

Calculem per cada va la probabilitat de que un esvaïment profund superi el marge net ( $\chi_p$ ). Per això hem de tenir en compte que el nostre factor geoclimàtic és  $K' = 5,124 \cdot 10^{-3}$ .

TAULA X. CÀLCUL DE L'ESVAÏMENT PLA

Paràmetres	Va 1	Va 2	Va 3	
$\epsilon_p$	17,34	3,68	29	
$\chi_{pi}$ (%)	$P_b=10^{-3}$	0,00003707	0,002876	0,000743
	$P_b=10^{-6}$	0,0000877	0,006804	0,00131
$\chi_p$ (%)	$P_b=10^{-3}$	0,00365607		
	$P_b=10^{-6}$	0,0082017		

### AA. Esvaïment Selectiu

Utilitzarem el mètode de Mojoli empíric. Calculem per cada va la probabilitat d'aparició d'un esvaïment multitrajecte ( $\eta$ ), el valor mig del retard del raig indirecte ( $\tau_0$ ) i la probabilitat de superar  $P_b$  ( $\chi_s$ )

TAULA XI. CÀLCUL DE L'ESVAÏMENT SELECTIU

Paràmetres	Va 1	Va 2	Va 3	
$P_0$	0,36	2,39	0,014	
$\eta$	0,089	1	0,00917	
$\tau_0$ (ns)	0,227	0,583	0,045	
$T_1$ (ns)	$P_b=10^{-3}$	44,6		
	$P_b=10^{-6}$	28,14		
$\chi_{Si}$ (%)	$P_b=10^{-3}$	0,0000428	0,00124	0,000000875
	$P_b=10^{-6}$	0,0000988	0,00285	0,00000202
$\chi_s$ (%)	$P_b=10^{-3}$	0,001283675		
	$P_b=10^{-6}$	0,00295082		

### BB. Verificació dels Objectius de Fiabilitat

Sumem les probabilitats de l'esvaïment pla i l'esvaïment selectiu i comprovem que compleixen la recomanació [8]. Per  $P_b=10^{-3}$  obtenim 0,004939745 %, que és menor que 0,006048 %, per tant compleix la recomanació. Per  $P_b=10^{-6}$  obtenim 0,01115252 %, que és menor que 0,03584 %, per tant, també compleix la recomanació.

### XXIV. CONCLUSIONS

Un cop el sistema compleix les recomanacions de indisponibilitat i fiabilitat, podem observar algunes de les decisions preses a l'hora de realitzar aquest sistema.

El punt més conflictiu és l'enllaç entre els repetidors, degut a la seva longitud (44,25 Km) i el fet de que siguin enllaços intermitjos les opcions per dissenyar el sistema es redueixin considerablement. La utilització de repetidors *back-to-back* o no regeneratius queda directament descartada degut a la impossibilitat de complir les recomanacions amb aquests mètodes. També degut a aquest enllaç s'ha de utilitzar un pla a quatre freqüències, ja que amb un pla a dues freqüències i polaritzacions creuades no s'aconsegueix un marge net suficientment elevat en aquest va.

D'altra banda, la utilització de una antena menys potent també dona problemes, en aquest cas també en el tercer va, on les interferències és fan massa grans com per complir les recomanacions.

### REFERÈNCIES

- [26] R. Coudé. (2008) Radio Mobile Website [Online]. Available: <http://www.cplus.org/rmw/english1.html>
- [27] "EW127A data sheet," Andrew Corporation, Illinois, USA.
- [28] "PAR8-107 data sheet," Andrew Corporation, Illinois, USA.
- [29] "PAR8-107 radiation pattern envelope," Andrew Corp., Illinois, USA.
- [30] *Characteristics of precipitation for propagation modelling*, ITU-R P.837, 2003.
- [31] *Specific attenuation model for rain for use in prediction methods*, ITU-R P.838, 2005.
- [32] *Availability Objectives for Real Digital Radio-Relay Links Forming Part of a High-Grade Circuit within an Integrated Services Digital Network*, ITU-R F.695, 1990.
- [33] *Error Performance Objectives for Real Digital Radio-Relay Links Forming Part of the High-Grade Portion of International Digital Connections at a Bit Rate Below the Primary Rate within an Integrated Services Digital Network*, ITU-R F.634, 1997.

Assignatura impartida per: Loren Carrasco Martorell



Miquel Calvo Fullana és un alumne d'enginyeria tècnica de telecomunicacions especialitat telemàtica.