



**Escola Politècnica Superior
de Castelldefels**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TREBALL DE FI DE CARRERA

TÍTOL: Eina de planificació de xarxes WiMAX mòbils

AUTOR: Carles-Xavier Mata Vegas

DIRECTOR: Rafael Vidal Ferré / Josep Paradells Aspas

DATA: 28 de Setembre de 2007

Títol: Eina de planificació de xarxes WiMAX mòbils

Autor: Carles-Xavier Mata Vegas

Director: Rafael Vidal Ferré / Josep Paradells Aspas

Data: 28 de Setembre de 2007

Resum

Aquest document conté el disseny d'una eina de planificació cel·lular basada en la tecnologia WiMAX, implementant les característiques obligatòries contemplades a l'estàndard IEEE 802.16e.

Inicialment es realitza una introducció a alguns dels conceptes més rellevants relacionats amb la planificació cel·lular per tal de facilitar la comprensió al lector.

Seguidament, s'introdueix al funcionament de la tecnologia WiMAX mòbil. Per això es descriu l'estructura de les capes física i MAC contemplades a l'estàndard IEEE 802.16-2004 i IEEE 802.16e.

A continuació, es presenta l'eina implementada amb les seves diferents opcions de treball. Un cop descrita, es realitzen diferents proves representatives a fi d'observar el comportament de la tecnologia i relacionar-ho amb la teoria de comunicacions mòbils cel·lulars.

Finalment, es presenten les conclusions a partir dels resultats obtinguts juntament amb les línies futures de treball i les repercussions mediambientals.

Title: Eina de planificació de xarxes WiMAX mòbils

Author: Carles-Xavier Mata Vegas

Director: Rafael Vidal Ferré / Josep Paradells Aspas

Date: September, 28th 2007

Overview

This document contains the design of a wireless network planning tool based on WiMAX technology, introducing the mandatory features of the IEEE 802.16e standard.

First, some of the most important notions related with wireless network planning are introduced in order to supply better comprehension to reader.

Following, mobile WiMAX operation is introduced. So, PHY and MAC layers structure, detailed in IEEE 802.16-2004 and IEEE 802.16e standards are described.

Then, the wireless network planning tool with its several running options is described. Once, several representative tests in order to check the behavior of this technology and to relate to celular communications theory are performed.

Finally, main conclusions based on test results are showed, as well as, future trends and environmental repercussions.

ÍNDIX

INTRODUCCIÓ	1
CAPÍTOL 1. FONAMENTS PER LA PLANIFICACIÓ DE XARXES INALÀMBRIQUES	2
1.1 Arquitectura PMP.....	2
1.2 Conceptes generals	3
1.2.1 Banda de freqüència	3
1.2.2 Ample de banda de canal.....	4
1.2.3 Interferència co-canal	4
1.2.4 Cel·la.....	4
1.2.5 Factor de reús.....	5
1.2.6 Mida de clúster	6
1.2.7 Densitat d'usuaris, velocitat d'usuari i activitat d'usuari	7
1.3 Mecanismes d'escalabilitat de la xarxa.....	7
1.3.1 Sectorització	8
1.3.2 Esquemes de reús freqüencial.....	8
1.3.3 Esquemes de modulació adaptatius	10
1.4 Sistemes LOS i NLOS	11
1.4.1 Model de propagació COST 231-Hata	12
CAPÍTOL 2. ARQUITECTURA DE L'ESTÀNDARD WIMAX IEEE 802.16E... 13	
2.1 Estructura de l'estàndard IEEE 802.16.....	13
2.2 La capa física	13
2.2.1 OFDMA i S-OFDMA	14
2.2.2 Estructura del símbol OFDMA.....	16
2.2.3 Capacitat de la capa física WirelessMAN-OFDMA	19
2.2.4 Format de la trama PHY OFDMA.....	21
2.2.5 Ubicació de les dades en la trama	24
2.2.6 Capacitat de la trama PHY OFDMA	26
2.3 La capa MAC	27
2.3.1 Estructura de la capa MAC.....	27
2.3.2 Les trames MAC.....	28
2.3.3 Format de la capçalera MAC.....	28
2.3.4 Mapeig del canal	29
CAPÍTOL 3. PRESENTACIÓ DE L'EINA DE TREBALL I RESULTATS	30
3.1 Marc de treball	30
3.2 Presentació de l'eina de planificació.....	30
3.2.1 Cobertura.....	31
3.2.1.1 Procés de càlcul del paràmetres de Cobertura.....	33
3.2.2 Capacitat.....	35
3.2.2.1 Procés de càlcul del paràmetres de Capacitat.....	36
3.2.2.2 Consideracions sobre l'anàlisi de capacitat	37
3.2.3 Estadístiques	37

3.3	Realització de proves	38
3.3.1	Estudi de l'abast segons la modulació	38
3.3.2	Estudi del nombre d'usuaris en funció del canal	39
3.3.3	Estudi de l'eficiència de la trama PHY OFDMA respecte el símbol OFDMA.....	41
3.3.4	Estudi comparatiu respecte el sistema GSM	44
 CAPÍTOL 4. CONCLUSIONS		48
 BIBLIOGRAFIA		51
 ANNEX I		53
 ANNEX II		172

Llista de Figures

Fig. 1.1 Configuració d'una xarxa punt-multipunt (PMP).....	3
Fig. 1.2 Exemple de tessellació hexagonal - Clúster de 3 canals i antenes omnidireccionals ...	6
Fig. 1.3 Exemple de sectorització amb antenes de 60°.....	8
Fig. 1.4 Esquemes de reús freqüencial 1x3x1 i 1x3x3	10
Fig. 1.5 Cobertura amb modulació adaptativa.....	10
Fig. 2.1 Model de referència de l'estàndard IEEE 802.16	13
Fig. 2.2 OFDM vs OFDMA.....	15
Fig. 2.3 Estructura del símbol OFDMA	16
Fig. 2.4 Inserció del Prefix Cíclic en el símbol OFDMA.....	20
Fig. 2.5 TDD vs FDD.....	22
Fig. 2.6 Estructura de la trama física OFDMA amb duplexació TDD	22
Fig. 2.7 Exemple de mapeig de slots dins la subtrama d'UL mode UL PUSC.....	25
Fig. 2.8 Exemple de mapeig de slots dins la subtrama de DL mode DL PUSC.....	25
Fig. 2.9 Format de la trama MAC (MAC PDU)	28
Fig. 3.1 Exemple de l'entorn de treball de l'eina de planificació.....	31
Fig. 3.2 Capacitat màxima vs Abast per la tecnologia WiMAX mòbil.....	38
Fig. 3.3 Presentació dels escenaris per l'anàlisi del Bw disponible.....	39
Fig. 3.4 Comparació de la densitat d'usuari en funció del canal. Cas AMC.....	40
Fig. 3.5 Comparació de la densitat d'usuari en funció del canal. Cas PUSC.....	40

Llista de Taules

Taula 1.1 Tamany de clúster (N) permesos.....	6
Taula 1.2 Modulacions i SNR mínimes segons [3].	11
Taula 2.1 Capes físiques de l'estàndard IEEE 802.16-2004 [7].....	14
Taula 2.2 Primers perfils de certificació previstos IEEE 802.16e [8]	15
Taula 2.3 Paràmetres de les permutacions permeses en OFDMA [9][10].....	18
Taula 2.4 Detall dels paràmetres DL PUSC i UL PUSC.....	19
Taula 2.5 Duració de TTG i RTG segons [3]	24
Taula 2.6 Definicions de slot pels diferents tipus de permutació.....	24
Taula 2.7 Capacitats màximes per la trama PHY OFDMA (Mbps)	27
Taula 3.1 Nivells mínims de sensibilitat en recepció.	34
Taula 3.2 Relació Capacitat de símbol - Capacitat de trama física. $Bw_{CH} = 5$ MHz. PUSC.....	42
Taula 3.3 Relació Capacitat de símbol - Capacitat de trama física. $Bw_{CH} = 10$ MHz. PUSC.....	42
Taula 3.4 Resultats WiMAX mòbil sota condicions GSM. Cas QPSK $1/2$	46
Taula 3.5 Resultats òptims WiMAX mòbil sota condicions GSM. Cas QPSK $1/2$	47
Taula 3.6 Resultats òptims WiMAX mòbil sota condicions GSM. Cas 64 QAM $1/2$	47

Acrònims

AAS	Adaptative Antena System	Sistema d'antena adaptatiu
AMC	Advanced Modulation and Coding	Modulació i codificació avançada
AWGN	Additive White Gaussian Noise	Soroll gaussià blanc additiu
BE	Best Effort (Service)	Servei "tant com es pugui"
BR	Bandwidth Request	Petició d'ample de banda
BS	Base Station	Estació base
Bw	Bandwidth	Ample de banda
Bw _{CH}	Channel Bandwidth	Ample de banda del canal
CC	Convolutional Coding	Codi convolucional
CP	Cyclic Prefix	Prefix cíclic
CPE	Customer Premises Equipment	Equip propietari de l'usuari
CQICH	Channel Quality Indicator Channel	Indicador de l'estat del canal
CRC	Cyclic Redundancy Check	Comprovació per redundància cíclica
CTC	Convolutional Turbo Codes	Turbo codis convolucionals
DCD	Downlink Channel Descriptor (Message)	(Missatge) descriptor del canal de baixada
DL	Downlink	Canal de baixada / baixada
DL PUSC	Downlink PUSC	PUSC de canal de baixada
ertPS	Extended Real-Time Polling Service	Servei de sondeig per temps real estès
FCH	Frame Control Header	Capçalera de control de trama
FDM	Frequency Division Multiplexing	Multiplexació per divisió en freqüència
FFT	Fast Fourier Transformation	Transformada ràpida de Fourier
FRS	Frequency Reuse Scheme	Esquema de reús freqüencial
HARQ	Hybrid Automatic Repeat Request	Repetició automàtica de petició híbrida
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access	Accés per paquets mitjançant canal de baixada d'alta velocitat
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access	Accés per paquets mitjançant canal de pujada d'alta velocitat
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Institut d'Enginyers Elèctrics i d'Electrònica
IFFT	Inverse Fast Fourier Transformation	Inversa de la FFT
ImpLoss	Implementation Loss	Pèrdues per implementació
LOS	Line of Sight	Línia de visibilitat
MAC	Medium Access Control Layer	Capa de control d'accés al medi
MIMO	Multiple Input Multiple Output System	Sistemes múltiple entrades i múltiples sortides
nrtPS	Non Real-Time Polling Service	Servei d'enquesta sense temps real

NF	Noise Figure	Figura de soroll
NLOS	Non Line of Sight	Sense visibilitat directa
OFDM	Ortogonal Frequency Division Multiplexing	Multiplexació per divisió ortogonal en freqüència
OFDMA	Ortogonal Frequency Division Multiple Access	Access múltiple per divisió ortogonal en freqüència
PDA	Personal Digital Assistant	Assistent Digital Personal
PDU	Paquet Data Unit	Unitat de paquet de dades
PHS	Payload Header Supression	Supressió de capçalera del camp de dades
PHY	Physical (Layer)	(Capa) Física
PMP	Point – Multipoint	Punt – Multipunt
PS	Physical Slot	Slot físic
PUSC	Partially Use of Subchannels	Us parcial dels subcanals
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Modulació d'Amplitud en Quadratura
QoS	Quality of Service	Qualitat de servei
QPSK	Quaternary Phase Shift Keying	Modulació per desplaçament en fase quaternari
RTG	Receive/Transmit Gap	Temps de transició entre Recepció i Transmissió
RTP	Real Time Transport Protocol	Protocol de transport en temps real
rtPS	Real-Time Polling Service	Servei d'enquesta en temps real
SCA	Single Carrier	Portadora única
SDU	Service Data Unit	Unitat de dades de servei
SNR	Signal-Noise Ratio	Relació Senyal-Soroll
SOFDMA	Scalable OFDMA	OFDMA escalable
SS	Service Station	Estació Subscriptora
TDD	Time Division Duplexation	Duplexació per divisió en temps
TDM	Time Division Multiplexing	Multiplexació per divisió en temps
TTG	Transmit/Receive Gap	Temps de transició entre Transmissió i Recepció
TUSC	Tile Usage of Subchannels	Ús dels subcanals a mode de "teules"
UCD	Uplink Channel Descriptor (Message)	(Missatge) descriptor del canal de pujada
UDP	User Datagram Protocol	Protocol de datagrama d'usuari
UGS	Unsollicited Grant Service	Servei garantit no sol·licitat
UL	Uplink	Canal de pujada / pujada
UL PUSC	Uplink PUSC	PUSC de canal de pujada

INTRODUCCIÓ

Des de finals del segle XX el món de les telecomunicacions ha sofert una gran revolució. Actualment la nostra vida quotidiana està envoltada de terminals inalàmbrics (PDAs, telèfons mòbils, portàtils, etc.) i està destinada en un futur a ser-ho encara més. No obstant darrera d'aquests dispositius es requereix d'una infraestructura per poder fer ús d'aquests serveis.

Serà doncs el proveïdor de serveis l'encarregat de planificar aquesta infraestructura, però per dur-la a terme, caldrà tenir en compte diferents aspectes per poder oferir un servei adequat i per poder optimitzar els costos de d'aquesta.

En aquest document es proposa una eina per la planificació d'una xarxa WiMAX mòbil a través de la configuració de diferents paràmetres d'entrada configurables per l'usuari. Aquesta eina ens ha de permetre conèixer entre altres l'abast de cobertura, la mida de clúster i la capacitat del sistema.

Alhora de planificar una xarxa cel·lular hem de tenir en compte quina és la problemàtica d'un proveïdor d'aquest tipus de serveis. En el primer capítol es presenten doncs alguns dels paràmetres més rellevants que s'han de tenir en compte alhora de planificar una xarxa WiMAX i que determinaran el servei que es vol oferir.

Posteriorment, a fi d'entendre les prestacions i limitacions de la tecnologia, cal entendre la teoria que hi ha darrera i que determina el comportament d'aquesta. En la segona part s'introdueix als conceptes teòrics més rellevants de la tecnologia WiMAX mòbil vinculats en la planificació cel·lular.

A continuació es presenta l'eina de treball per la planificació de xarxes WiMAX mòbil. A partir d'aquesta s'han realitzat diferents proves a fi d'obtenir una idea del comportament de la tecnologia respecte les característiques implementades a l'eina.

Finalment es presenten les conclusions obtingudes a partir dels resultats obtinguts i les repercussions mediambientals vinculades.

Complementàriament es presenten dos annexes. En el primer (Annex I) es presenta el codi corresponent a les funcions implementades, seguit dels diagrames lògics de funcionament de les operacions bàsiques que realitza el programa. En el segon annex (Annex II) es presenten unes captures de l'entorn de l'eina de treball a fi de que el lector pugui familiaritzar-se amb aquesta.

CAPÍTOL 1. FONAMENTS PER LA PLANIFICACIÓ DE XARXES INALÀMBRIQUES

En aquest capítol s'introdueixen els termes més rellevants relacionats amb la planificació d'una xarxa PMP posant especial atenció en la tecnologia WiMAX mòbil que es descriurà amb més detall en el següent capítol.

1.1 Arquitectura PMP

Una xarxa 802.16 està formada bàsicament per dos tipus d'elements:

- L'equip d'usuari o CPE (Customer Premises Equipment). Aquest equip és el que incorpora les funcions d'estació subscriptora (SS) identificades en l'estàndard IEEE 802.16 [1][2] de forma que proporciona la connectivitat via ràdio amb l'estació base (BS).
- L'estació base (BS) amb les funcions contemplades a l'estàndard IEEE 802.16 i que proporciona connectivitat amb les SSs i també proporciona els mecanismes de control i gestió d'aquests. L'estació base disposa d'elements de transport per connectar-se amb el sistema de distribució.

En l'arquitectura punt-multipunt (PMP) un enllaç IEEE 802.16 s'estableix a partir d'una estació base (BS) central i un conjunt d'antenes sectorials. Dintre d'un sector i per una determinada freqüència, totes les estacions d'usuari (SS) reben la mateixa transmissió o parts de la mateixa.

La BS és l'únic transmissor que opera en aquesta direcció de forma que no necessita cap tipus de coordinació amb altres estacions, excepte quan el duplexat de la informació és temporal (TDD) i s'ha de distribuir el temps entre els dos sentits de l'enllaç: uplink (UL) i downlink (DL).

Les transmissions en l'enllaç de DL acostumen a ser "broadcast" de forma que les estacions subscriptores reben tota la informació i seleccionen aquella que va dirigida a aquestes. No obstant, existeixen mecanismes per permetre que les estacions d'usuari rebin porcions concretes dintre de la trama de downlink.

En l'enllaç d'UL, les estacions subscriptores comparteixen el canal mitjançant mecanismes de gestió de demanda. A la Fig. 1.1 s'il·lustra aquesta configuració PMP.

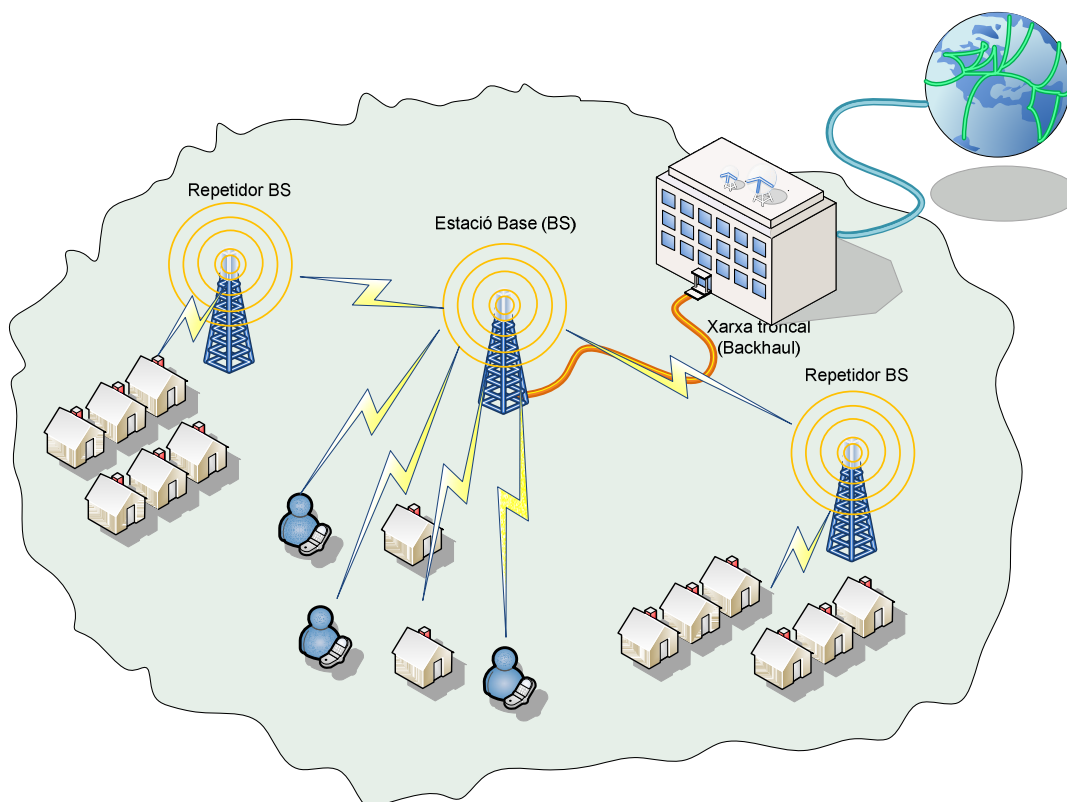


Fig. 1.1 Configuració d'una xarxa punt-multipunt (PMP)

Les arquitectures punt-multipunt formades per una estació emissora o estació base (BS) i les estacions subscriptores (SS) són popularment utilitzades per realitzar els desplegaments metropolitans de banda ampla. L'èxit del seu desplegament depèn d'una banda, de la capacitat de la BS per accedir a nombre màxim de SS potencials dins la seva zona de cobertura; i per l'altre, de l'optimització en l'ús de l'espectre disponible. Per poder entendre com aconseguir aquests dos objectius, primer hem d'entendre els conceptes bàsics relacionats amb la planificació cel·lular i quins papers desenvolupen en l'arquitectura PMP.

1.2 Conceptes generals

1.2.1 Banda de freqüència

El medi ràdio o espectre és un recurs limitat regulat per les respectives entitats governamentals. Aquestes s'encarreguen d'assignar segments d'aquest espectre anomenades bandes de freqüència i regular les transmissions dins de cada segment en funció de l'aplicació a la que es destina. Aquestes bandes de freqüència les podem dividir en dos grans grups:

- Bandes freqüencials sense llicència: En aquestes bandes es permet la lliure transmissió per part de qualsevol usuari sempre que estigui dins els límits de radiació establerts. En aquesta llibertat d'ús radica el seu major inconvenient, estan exposades a les interferències d'altres transmissions.
- Bandes freqüencials amb llicència: Aquestes bandes esdevenen propietàries previ pagament a l'entitat reguladora. La gran avantatge que presenten és el fet que es garanteix l'exclusivitat d'ús i per tant l'efecte advers de les interferències.

El fet de que cada govern en reguli el seu ús limita molt la compatibilitat d'ús entre equips. Així doncs WiMAX contempla l'ús de tots dos tipus de bandes freqüencials amb diferents configuracions per cada cas a fi de facilitar la difusió d'aquesta tecnologia. No obstant, paral·lelament es procura una coordinació entre els diferents països, encapçalada per l'entitat WiMAX Forum, per assegurar el màxim possible la compatibilitat entre els terminals.

1.2.2 Ample de banda de canal

Un cop han estat assignades les bandes de freqüència per a la nostra tecnologia hem de veure com es distribueixen. La banda freqüencial es divideix en segments anomenats canals (Bw_{CH}).

Segons Nyquist la capacitat d'un canal de comunicacions depèn tant de l'ample de banda com de la relació senyal a soroll (SNR). Així doncs haurem de tenir en compte els diferents aspectes relacionats amb aquest paràmetre alhora de determinar la capacitat d'ample de banda com d'aquest.

1.2.3 Interferència co-canal

La relació senyal a soroll (SNR) es defineix com la relació de potència entre la senyal útil i les senyals interferents. Aquestes senyals interferents poden tenir diferent naturalesa. No obstant pels càlculs es consideren normalment només les fonts més destructives que provenen de senyals interferents que transmeten en el mateix rang de freqüències, és a dir, en els mateixos canals. És el que anomenem interferència co-canal.

1.2.4 Cel·la

Les cel·les són àrees relativament petites al voltant d'una BS. Tant la BS com la SS transmeten a baixa potència dins la cel·la per assegurar que la senyal s'atenua suficientment fins el punt que assegurem que no interfereix amb una altre senyal d'una cel·la ubicada a una certa distància que fa servir el mateix canal.

Les cel·les són els elements bàsics en la creació de xarxes inalàmbriques i el seu procés de configuració constitueix la funció bàsica de planificació d'una xarxa inalàmbrica per un determinat territori.

Alhora de fer la planificació per donar cobertura a una determinada zona es realitza el que s'anomena tessellació del pla. Això vol dir que s'escull com patró una àrea de cobertura (triangles, quadrats, hexàgons...) per cobrir la zona, fent servir aquestes com tesselles a mode de mosaic (veure Fig. 1.2). Una cel·la es correspon doncs amb una tessella del pla i la seva mida ve definida pel seu radi de cobertura (R).

Com hem vist l'espectre és un recurs limitat, així doncs un dels objectius bàsics de la planificació cel·lular és aconseguir el màxim reús freqüencial, aspecte que serà detallat en el següent punt. L'ús de cel·les és un dels mecanismes utilitzats per aconseguir aquest objectiu.

1.2.5 Factor de reús

Definim distància de reús D com la distància entre dos cel·les que fan servir el mateix canal. La distància de reús D es relaciona amb el radi de cobertura R mitjançant el factor de reús Q i es defineix com:

$$Q = \frac{D}{R} \quad (1.2)$$

El factor de reús està alhora relacionat amb la mida de clúster com:

$$Q = \sqrt{3 \cdot N} \quad (1.3)$$

On:

N Mida de clúster

Així doncs el factor de reús ens indica quina relació ha d'haver-hi entre el radi de cobertura (R) i la distància entre canals que fan servir el mateix espectre (D). Com podem apreciar la relació entre D i R no pot ser qualsevol donat que Q depèn alhora del valor que pren N.

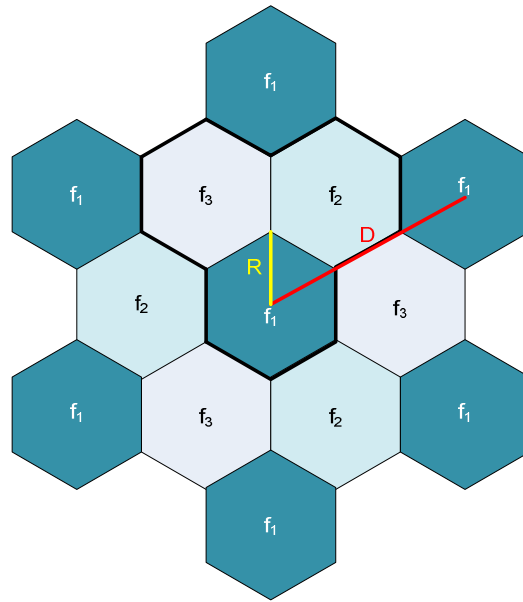


Fig. 1.2 Exemple de tessellació hexagonal - Clúster de 3 canals i antenes omnidireccionals

1.2.6 Mida de clúster

La mida de clúster (N o N_c) es defineix com el nombre mínim de canals necessari per donar cobertura a una determinada zona. Segons la teoria de planificació cel·lular aquest està directament relacionat amb el factor de reús (Q) i ve definit per la següent fórmula:

$$N = i^2 + j^2 + i \cdot j \quad \text{on } i, j \in \mathbb{N} \quad (1.1)$$

A partir d'aquí podem establir una taula amb els primers valors permesos per N .

Taula 1.1 Tamany de clúster (N) permesos

$j \backslash i$	0	1	2	3 ...
0	0	1	4	9
1	1	3	7	13
2	4	7	12	19
3 ...	9	13	19	27

1.2.7 Densitat d'usuaris, velocitat d'usuari i activitat d'usuari

Alhora de donar cobertura en una determinada zona hem de tenir en compte quin percentatge de la població total serà usuària del servei. Entenem doncs com a densitat d'usuaris al nombre d'usuaris per una determinada superfície $\left(\frac{\text{usuaris}}{\text{m}^2}\right)$ o $\left(\frac{\text{usuaris}}{\text{km}^2}\right)$.

Un altre aspecte a considerar alhora de dissenyar una xarxa és la velocitat que s'oferirà a aquests usuaris. L'estàndard IEEE 802.16e ofereix mecanismes de QoS establint 5 classes de servei basats en la capacitat i latència requerida. Aquests són:

- Unsolicited Grant Service (UGS). Dissenyat per oferir servei per fluxos de dades en temps real de tamany fixe generats a intervals periòdics.
- Real Time Polling Service (rtPS). Dissenyat per oferir servei per fluxos de dades en temps real de tamany variable generats a intervals periòdics.
- Extended Real Time Polling Service (ertPS). Afegit per IEEE 802.16e. Dissenyat per oferir servei per fluxos de dades en temps real que tenen requeriments en quant a taxes de transmissió i retards.
- Non Real Time Polling Service (nrtPS). Dissenyat per oferir servei per fluxos de dades amb paquets de longitud variable, tolerants al retard però amb requeriments de taxa de transmissió mínima ζ
- Best Effort (BE). Dissenyat per oferir servei de fluxos de dades pels que no hi ha uns requeriments de servei mínim i per tant són tractats en funció de la disponibilitat de la xarxa.

A fi de simplificar l'anàlisi de la capacitat, una possible solució es realitzar una estimació mitjana de la velocitat d'usuari per realitzar els diferents càlculs.

Alhora de mesurar la capacitat necessària pels usuaris cal tenir en compte també que com a norma l'usuari no estarà contínuament fent ús del servei. Es defineix doncs com activitat d'usuari al percentatge de temps que aquest estarà actiu. Aquest percentatge ens determinarà l'estimació de capacitat que es requereix per usuari. Un valor popularment estès en el món de la planificació cel·lular es l'assumpció d'una activitat corresponent entre 2 % (veu) i 10% (dades).

1.3 Mecanismes d'escalabilitat de la xarxa

En el desplegament d'una xarxa inalàmbrica ja sigui IEEE 802.16 o basada en qualsevol altre tecnologia, és imprescindible l'existència de mecanismes

d'escalabilitat que permetin anar assolint l'increment en la demanda de tràfic així com l'extensió de la zona de cobertura. En els següents punts es descriuen alguns dels mecanismes utilitzats per proporcionar un bon nivell d'escalabilitat.

1.3.1 Sectorització

El procés de sectorització consisteix en subdividir la cel·la de cobertura de tal manera que reassignem els canals disponibles dins aquestes noves divisions anomenades sectors. Fent ús d'aquesta tècnica s'aconsegueix disminuir el nombre d'interferents, augmentant així la SNR i per tant la capacitat del sistema.

En el cas de la geometria hexagonal algunes de les configuracions més comuns s'obtenen amb antenes de 60° , 120° i 360° de tal manera que aconseguim un nombre d'interferents corresponents a la primera corona de 2, 4 i 6 respectivament¹.

En el procés inicial de planificació cel·lular s'ha de considerar l'ús de la sectorització d'antenes com a mecanisme clau per incrementar la capacitat del sistema. Per tant, el creixement de la xarxa es pot plantejar com un problema en l'optimització dels emplaçaments existents per les estacions base.

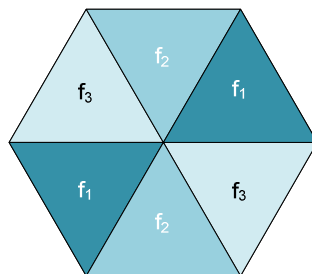


Fig. 1.3 Exemple de sectorització amb antenes de 60°

1.3.2 Esquemes de reús freqüencial

Un altre aspecte imprescindible alhora de realitzar el procés de planificació cel·lular són els esquemes reús freqüencial (FRS). Referent al reús freqüencial, la teoria de planificació cel·lular ens diu que en general els canals no poden ser

¹ Alhora de mesurar les interferents només es consideren els canals més propers a la nostra zona de mesura, el que s'anomena primera corona interferent, donat que seran les més crítiques. Cal recordar que que els senyals s'atenúen exponencialment amb la distància, així doncs els efectes de les interferents més llunyanes es poden menysprear. No obstant no es pot deixar de considerar aquesta aproximació com optimista.

utilitzats entre cel·les contigües degut a que la senyal ràdio només s'atenua gradualment amb la distància. Així, si una cel·la contigua utilitza el mateix canal la senyal no estarà suficientment atenuada i per tant causarà interferència. No obstant com veurem més endavant existeixen tècniques més avançades que permeten eludir aquesta norma.

OFDM² per exemple funciona correctament amb canals amb una alta SNR. Així doncs en desplegaments multicel·lulars, OFDM requereix una acurada planificació cel·lular fent ús d'antenes direccionals o unes mides de clúster relativament grans (cal recordar que el nombre de canals disponibles és limitat).

Normalment es fa l'associació d'un canal amb una cel·la (antenes omnidireccionals). No obstant, quan es sectoritza la cel·la (antenes sectorials) s'assignen els canals sobre els sectors.

1.3.4.1 Esquemes de reús freqüencial pel cas OFDMA

OFDMA permet diferents mecanismes de permutació de les portadores: Ús Parcial dels Subcanals (PUSC) i Ús Total dels Subcanals (FUSC), alhora de constituir el símbol OFDMA que aporten diversitat de tal manera que es millora el comportament del sistema en entorns multicel·lulars promitjant les interferències entre varies cel·les. D'aquesta manera la interferència passa a dependre de la càrrega de la cel·la i pot ser reduïda mitjançant una planificació adient. A més, els sistemes OFDMA són molt flexibles en termes de planificació radiofreqüencial i permeten diferents FRS. La notació per aquests esquemes es denota: $N_c \times N_s \times N_f$ on:

- N_c Nombre de canals freqüencials a la xarxa WiMAX.
- N_s Nombre de sectors per cel·la.
- N_f Nombre de segments en els que es divideix un canal freqüencial.

Dos exemples d'aquests esquemes de reús freqüencial són $1 \times 3 \times 1$ i $1 \times 3 \times 3$. Tots dos esquemes utilitzen 3 sectors i només requereixen un canal per totes les BSs.

L'esquema $1 \times 3 \times 1$ elimina la necessitat de planificació cel·lular. Aquest fet suposa una gran avantatge especialment per zones urbanes densament poblades on la planificació cel·lular es complica enormement. Per altre banda l'esquema $1 \times 3 \times 3$ utilitza diferents conjunts de portadores ortogonals anomenades segments per a cadascun dels sectors de la BS reduint la interferència co-canal. Aquest esquema simplifica doncs la planificació cel·lular a l'assignació de segments a cada sector fent ús d'un únic canal per tota la xarxa.

² Les definicions de OFDM i OFDMA, així com les diferències entre aquestes seran descrites amb detall en el punt 2.2.1.

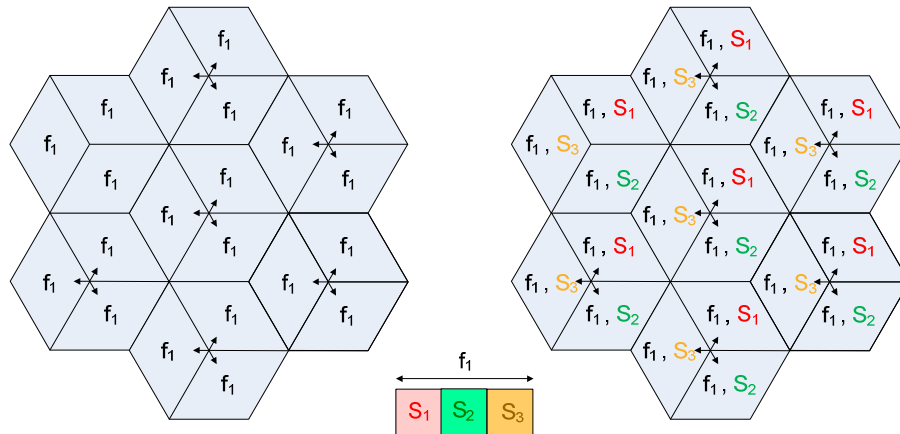


Fig. 1.4 Esquemes de reús freqüencial 1x3x1 i 1x3x3

1.3.3 Esquemes de modulació adaptatius

Els esquemes de modulació adaptativa permeten ajustar l'esquema de modulació i codificació segons les condicions de l'enllaç entre la BS i les SSs. D'aquesta manera s'aconsegueix que la modulació utilitzada entre els equips sigui òptima i per tant millorar l'eficiència del sistema comparada amb el cas d'utilitzar una única modulació al llarg de tota la cel·la adaptada a les condicions més desfavorables que permet el sistema.

L'objectiu d'aquesta tècnica és utilitzar modulacions més eficients, i per tant menys robustes, en les zones més properes a la BS on la SNR és millor. A mesura que ens allunyem de la BS es canvia a modulacions més robustes i per tant menys ràpides millorant d'aquesta manera l'abast.

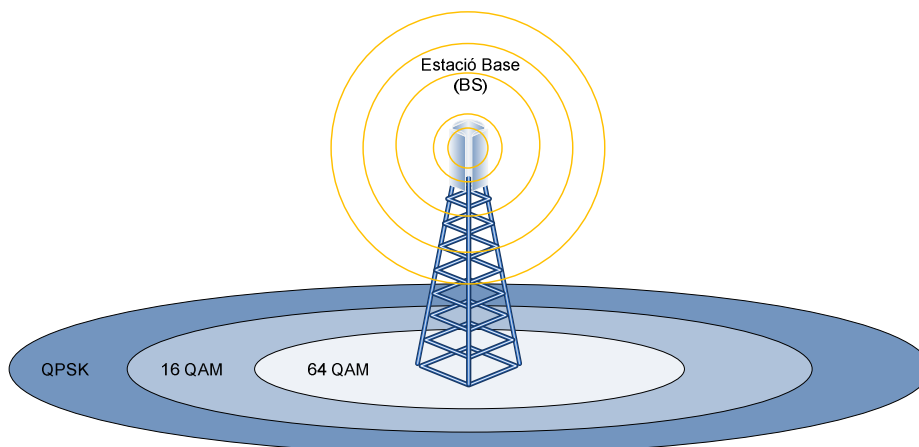


Fig. 1.5 Cobertura amb modulació adaptativa

L'estàndard IEEE 802.16e contempla l'ús de les modulacions adaptatives QPSK, 16 QAM i 64 QAM tant pel DL com pel UL. A continuació es presenta una taula detallada de les modulacions amb codificació CTC juntament amb els valors de SNR mínims necessaris en recepció per un canal AWGN.

Taula 1.2 Modulacions i SNR mínimes segons [3].³

Modulació	SNR _{Rx-mín} (dB) BER = 10 ⁻⁶
QPSK 1/2 CTC	2,9
QPSK 3/4 CTC	6,3
16 QAM 1/2 CTC	8,6
16 QAM 3/4 CTC	12,7
64 QAM 1/2 CTC	13,8
64 QAM 2/3 CTC	16,9
64 QAM 3/4 CTC	18
64 QAM 5/6 CTC	19,9

1.4 Sistemes LOS i NLOS

La capa física WirelessMAN-OFDMA està dissenyada per treballar en bandes freqüencials per sota dels 11GHz. En aquestes bandes és possible la interconnexió d'equips sense visibilitat directa (NLOS).

En el cas dels sistemes amb visibilitat directe (LOS) l'enllaç entre la BS i les SS no pot contenir cap obstacle. En cas que n'existeixin, s'han de tenir en compte els diferents problemes que en deriven, com són la reflexió, la difracció i la dispersió.

En canvi en el cas dels sistemes sense visibilitat directe (NLOS), ja no es necessari tenir en compte aquests paràmetres. Aquest fet fa que siguin especialment idonis per entorns urbans al estar exempts del calibratge d'equips CPE ni de l'ús d'antenes directives pròpies dels sistemes [4].

Per modelar les pèrdues en aquests enllaços NLOS s'utilitzen models de propagació específics. En el cas de considerar mobilitat per enllaços NLOS, s'utilitzen models de propagació com els de Erceg-Greenstein i el COST 231-Hata [5].

³ Cal esmentar que les modulacions 64 QAM són opcionals pel canal UL.

1.4.1 Model de propagació COST 231-Hata

En aquest apartat s'introdueix el model utilitzat per avaluar les pèrdues de propagació (PL), el model COST 231-Hata.

El model COST 231-Hata és un model empíric que analitza les pèrdues per enllaços sense visibilitat directa (NLOS) en la banda de 2 GHz per entorns urbans i suburbans. Degut a que es tracta d'un model de pèrdues NLOS no caldrà tenir en compte els efectes produïts pels obstacles i les condicions atmosfèriques com poden ser la reflexió, la difracció i la dispersió.

L'equació del model mostra la dependència de l'atenuació amb la distància i l'alçada de les antenes:

$$PL = 46,3 + 33,9 \cdot \log(f) - 13,82 \cdot \log(h_B) - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \cdot \log(h_B)) \cdot \log\left(\frac{d}{10^3}\right) + C_m \quad (1.4)$$

On:

- $a(h_m) = \begin{cases} (1,1 \cdot \log(f) - 0,7) \cdot h_m - 1,56 \cdot \log(f) - 0,8 & \text{entorns suburbans} \\ 3,20 \cdot (\log(11,75 \cdot h_m))^2 - 4,97 & \text{entorns urbans} \end{cases}$
- f Freqüència portadora en MHz. En l'estudi presentat en aquest document 2500 MHz.
- h_B Alçada de l'antena BS. [30m – 200m].
- h_m Alçada de l'antena SS. [1m – 20m].
- d Distància en metres.
- $C_m = \begin{cases} 0 \text{ dB} & \text{entorns suburbans} \\ 3 \text{ dB} & \text{entorns urbans} \end{cases}$

CAPÍTOL 2. ARQUITECTURA DE L'ESTÀNDARD WiMAX IEEE 802.16e

Alhora de planificar una xarxa cel·lular és necessari conèixer els conceptes bàsics sobre el funcionament de la tecnologia que es vol desplegar. En aquest capítol s'introdueixen aquests conceptes pel cas de la tecnologia WiMAX referents als estàndards IEEE 802.16-2004 i IEEE 802.16e. Inicialment s'introdueixen la teoria vinculada a la capa física i posteriorment es procedeix anàlogament amb la capa MAC.

2.1 Estructura de l'estàndard IEEE 802.16

L'estàndard IEEE 802.16-2004 i la seva correcció IEEE 802.16e són especificacions referents al model de la capa física (PHY) i de control d'accés al medi (MAC) de la tecnologia WiMAX.

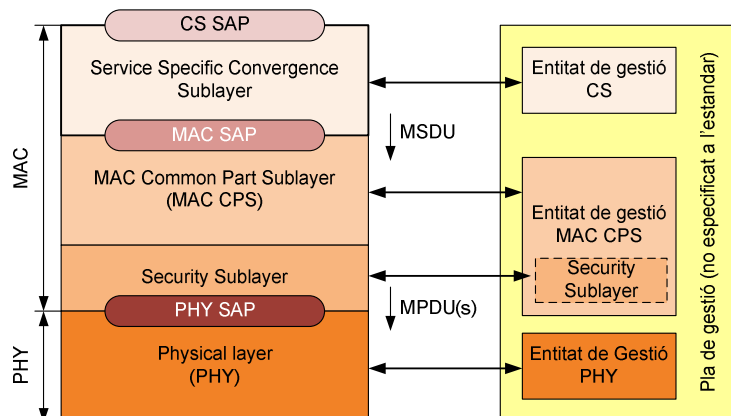


Fig. 2.1 Model de referència de l'estàndard IEEE 802.16

En el dimensionat d'una xarxa necessitem saber la capacitat que pot oferir el sistema des del punt de vista del pla de control i dades. Cal esmentar que estrictament, si observem la Fig.2.1, per l'estudi de capacitats s'hauria de tenir en compte també el tràfic corresponent al pla de gestió. No obstant, normalment aquest tràfic es pot considerar negligible vers la càrrega total de tràfic [6]. Així doncs aquest no es tindrà en compte en aquest estudi.

2.2 La capa física

Degut a l'ampli marc heterogeni en el que ha de ser capaç de treballar aquesta tecnologia, l'estàndard 802.16-2004 estableix 5 possibles capes físiques. En la

taula adjunta es presenten les capes ràdio disponibles per la tecnologia WiMAX.

Taula 2.1 Capes físiques de l'estàndard IEEE 802.16-2004 [7]

Nom	Banda freqüencial	Opcions	Duplexat
WirelessMAN-SC	10-66 GHz	-	TDD, FDD
WirelessMAN-SCa	<11GHz i Bandes amb llicència	AAS, ARQ, STC	TDD, FDD
WirelessMAN-OFDM	<11GHz i Bandes amb llicència	AAS, ARQ, Mesh, STC	TDD, FDD
WirelessMAN-OFDMA	<11GHz i Bandes amb llicència	AAS, ARQ, STC	TDD, FDD
WirelessHUMAN (no s'especifica cap capa física)	<11GHz i Bandes exemptes de llicència (MAC requereix DFS)	AAS, ARQ, Mesh, STC	TDD

Cal esmentar que actualment els primers perfils de certificació previstos pels primers equips WiMAX mòbil només contempnen la capa física WirelessMAN OFDMA amb multiplexació TDD (veure Taula 2.2). Així doncs serà aquesta el motiu del nostre estudi.

2.2.1 OFDMA i S-OFDMA

El concepte de modulació digital consisteix en modular (particularitzar) una senyal analògica amb una seqüència de bits amb l'objectiu de transportar aquests bits sobre un determinat medi : fibra, ràdio, etc.

Ajustant diferents paràmetres físics com la senyal moduladora, la freqüència, la fase, l'amplitud o una combinació d'aquestes obtenim les diferents tipus de modulacions digitals.

Entenem per multiplexació al procés on múltiples senyals es combinen en un canal de transmissió podent ser aquesta en temps (TDM) o en freqüència (FDM).

OFDM és una tècnica de multiplexació en freqüència on es transmeten simultàniament múltiples senyals modulades solapades espectralment. Aquestes portadores modulades són ortogonals entre sí, de tal manera que no es produeixen interferències entre elles.

La capacitat de cada portadora dependrà de l'ordre de la modulació. Tal com hem vist anteriorment les modulacions contemplades són: QPSK (2 bits per portadora), 16QAM (4 bits per subportadora) o 64 QAM (6 bits per subportadora).

OFDMA es considera com un mètode de modulació i accés múltiple per tecnologies inalàmbriques. OFDM va ser dissenyat inicialment de tal manera que només un usuari pot transmetre sobre el canal alhora. En canvi, amb OFDMA dins un canal s'agrupen conjunts de portadores anomenades subcanals que permeten la transmissió simultània de múltiples usuaris. La capa física OFDMA permet la subcanalització tant a l'uplink com al downlink.

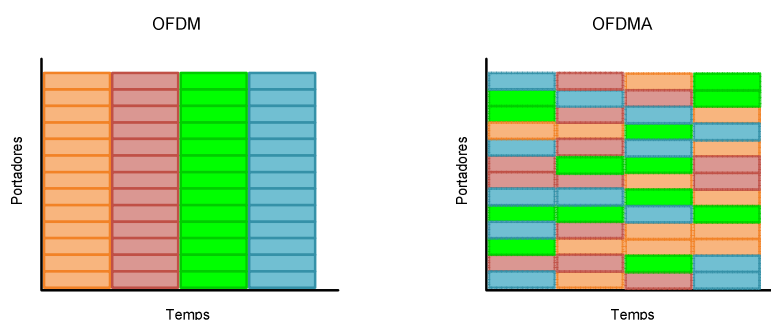


Fig. 2.2 OFDM vs OFDMA

OFDMA es caracteritza també perquè permet una transmissió escalable (SOFDMA). L'escalabilitat consisteix en adaptar la mida de la FFT segons l'ample de banda de canal fixant l'espai entre portadores i consegüentment la duració del temps de símbol per adequar-lo a les transmissions mòbils.

Taula 2.2 Primers perfils de certificació previstos IEEE 802.16e [8]

Banda de freqüència (GHz)	Mode de duplexació	Canal (MHz)	FFT
2,3 -2,4	TDD	5	512
		8,75	1024
		10	1024
2,305 -2,320	TDD	3,5	512
		5	1024
		10	1024
2,496 – 2,690	TDD	5	512
		10	1024
3,3 – 3,4	TDD	5	512
		7	1024
		10	1024
3.4 – 3.8	TDD	5	512
		7	1024
		10	1024

La mida de les FFT inicialment permeses són 512 i 1024 portadores. La FFT de 256 portadores no s'inclou a la capa WirelessMAN OFDMA i la FFT de 2048 mostres pel canal de 20 MHz encara no es contempla en aquests primers perfils.

En aquest document ens centrarem en l'estudi del primer perfil de certificació [3] corresponent a la banda de 2,496-2,690 GHz que permet FFT de 512 i 1024 pels canals de 5 i 10 MHz. D'aquí en endavant, sempre que ens referim a aspectes tècnics o de càlculs ho farem respecte a aquestes dues configuracions.

2.2.2 Estructura del símbol OFDMA

Com hem vist a l'apartat anterior la senyal o símbol OFDMA està constituïda per símbols modulats que esdevenen portadores en el domini freqüencial. No obstant, l'estructura de la senyal o símbol OFDMA conté per tres tipus de portadores:

- Portadores de dades: transmissió de dades. Corresponen als símbols modulats.
- Portadores de pilot. Per realitzar estimacions de canal i sincronisme.
- Portadores nul·les. No transmeten informació alguna i s'utilitzen per les bandes de guarda i la portadora DC.

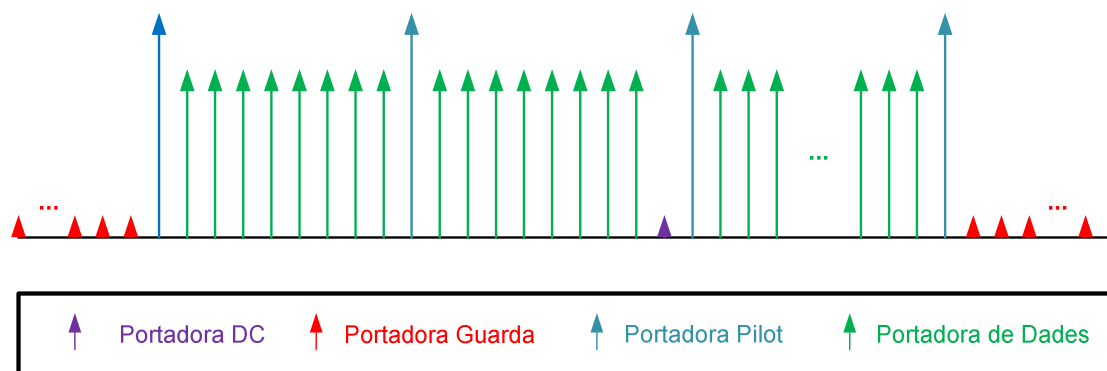


Fig. 2.3 Estructura del símbol OFDMA

Les portadores de dades i pilot (portadores útils) s'agrupen en subgrups anomenats subcanals tant en el DL com en el UL.

Un subcanal és la unitat mínima de transmissió en OFDMA. Alhora de constituir-los existeixen 2 tipus d'agrupació de les portadores, diversitat o contigüitat, que s'explicaran en el següent sub-apartat. El nombre de subcanals per un símbol OFDMA es pot calcular com:

$$N_{\text{subcanals}} = \frac{N_{\text{FFT}}}{N_{\text{FFT-DATA/subcanal}}} \quad (2.1)$$

On:

N_{FFT} Nombre de portadores per símbol OFDMA.

$N_{\text{FFT-DATA/subcanal}}$ Nombre de portadores de dades per subcanal (depèn del tipus de permutació).

2.2.2.1. Tipus de permutació a la capa PHY OFDMA

Alhora de constituir els subcanals dins el símbol OFDMA, tant per l'UL com pel DL, les portadores pilot i de dades s'agrupen segons els tipus de permutació definits per OFDMA.

- La permutació per diversitat. Les portadores s'agrupen pseudo-aleatòriament per constituir els subcanals, permetent promitjar les interferències entre cel·les i proporcionar diversitat de freqüències. Aquestes característiques fan que siguin especialment adequades per entorns mòbils.

Dins aquest grup s'inclouen: DL FUSC (Fully Use of Subchannels), DL-PUSC i UL PUSC (Partially Used of Subchannels), OFUSC (Optional FUSC) i TUSC (Tile Usage of Subchannels).

- La permutació per contigüitat. Les portadores s'agrupen consecutivament per constituir els subcanals. Aquest tipus de permutació està orientat per entorns fixes o amb baixa mobilitat. Dins aquest grup s'inclou l'AMC (Advanced Modulation and Coding).

Taula 2.3 Paràmetres de les permutacions permeses en OFDMA [9][10]

Permutació OFDMA		Bw_{CH}			
		1,25 MHz	5 MHz	10 MHz	20 MHz
DL PUSC	$N_{FFT-used}$	84	420	840	1680
	$N_{FFT-DATA}$	72	360	720	1440
	$N_{subcanals}$	3	15	30	60
DL FUSC	$N_{FFT-used}$	105	425	850	1702
	$N_{FFT-DATA}$	96	384	768	1536
	$N_{subcanals}$	2	8	16	32
DL OFUSC	$N_{FFT-used}$	108	432	864	1728
	$N_{FFT-DATA}$	96	384	768	1536
	$N_{subcanals}$	2	8	16	32
DL AMC	$N_{FFT-used}$	108	432	864	1728
	$N_{FFT-DATA}$	96	384	768	1536
	$N_{subcanals}$	2	8	16	32
UL PUSC	$N_{FFT-used}$	96	409	840	1680
	$N_{FFT-DATA}$	64	272	560	1472
	$N_{subcanals}$	4	17	35	92
UL OPUSC	$N_{FFT-used}$	108	432	864	1728
	$N_{FFT-DATA}$	72	288	576	1152
	$N_{subcanals}$	6	24	48	96
UL AMC	$N_{FFT-used}$	108	432	864	1728
	$N_{FFT-DATA}$	96	384	768	1536
	$N_{subcanals}$	2	8	16	32

Les permutacions obligatòries pels perfils mòbils de WiMAX són:

- Pel downlink : PUSC, FUSC i AMC.
- Per l'uplink: PUSC i AMC.

En aquest document els estudis s'han realitzat implementant els modes de permutació PUSC i AMC.

Hem d'entendre que un subcanal és la unitat mínima de transmissió dins un símbol OFDMA. No obstant, cada permutació té la seva pròpia definició d'aquest i es diferencien també en el mode d'ubicar les portadores útils dins el subcanal. Enlloc de detallar com es combinen les portadores entre sí, ens centrarem en les definicions de subcanal i de slot per aquestes permutacions.

Taula 2.4 Detall dels paràmetres DL PUSC i UL PUSC

Paràmetres	DL PUSC		UL PUSC		AMC	
	5 MHz	10 MHz	5 MHz	10 MHz	5 MHz	10 MHz
BW_{CH}	5 MHz	10 MHz	5 MHz	10 MHz	5 MHz	10 MHz
FFT	512	1024	512	1024	512	1024
$N_{FFT-GUARDA}$	92	184	104	184	79	159
$N_{FFT-PILOT}$	60	120	136	280	48	96
$N_{FFT-DATA}$	360	720	272	560	384	768
$N_{FFT-DATA/subcanal}$	24		16		48	48
$N_{FFT-PILOT/subcanal}$	4		8		6	6
Nº subcanals	15	30	17	35	8	16

2.2.3 Capacitat de la capa física WirelessMAN-OFDMA

Un cop introduïts els conceptes sobre OFDMA necessitem aplicar-los per fer l'estudi de capacitat de la capa física OFDMA.

El nombre de portadores ve definit per la mida de la FFT utilitzada per conformar els símbol OFDMA. Pels canals de 5 i 10 MHz el símbol OFDMA es divideix en 512 i 1024 portadores respectivament. No obstant, tal com s'ha vist en el punt 2.2.2 no totes les portadores contenen informació d'usuari, i això repercutirà en la capacitat útil del sistema.

Escalant la FFT segons la mida del canal, s'assegura fixar l'espai entre portadores i alhora la duració del símbol OFDMA. Aquests valors queden fixats a 10, 94 KHz i 102,9 μ s.⁴

En la capa OFDMA la freqüència de mostreig ve definida per la següent fórmula:

$$f_s = n \cdot Bw \quad (2.2)$$

On:

n factor de mostreig. Constant que depèn de l'ample de banda amb valors 8/7 o 28/25 (28/25 pels canals esmentats).

Bw ample de banda del canal (Hz).

⁴ En el cas de OFDM, el nombre de portadores queda fixat a 256 portadores, per tant en cas de canviar el tamany del canal varia l'espai entre portadores i el temps de símbol OFDM. Aquest fet fa que determinades duracions de símbol siguin inviables per aplicacions mòbils. Per això en OFDMA es fixa el temps de símbol OFDMA a un valor concret.

Com hem esmentat OFDMA escala el nombre de mostres per símbol OFDMA depenent del canal utilitzat. Així doncs la separació entre portadores ve donat per la següent expressió:

$$\Delta f = \frac{f_s}{N_{\text{FFT}}} \quad (2.3)$$

On:

f_s Freqüència de mostreig.

N_{FFT} Nombre total de portadores de la Transformada Ràpida de Fourier (FFT).

Un dels altres aspectes que hem de tenir en compte alhora de constituir el símbol OFDMA és l'addició d'una petita porció final del temps de símbol anomenat prefix cíclic (CP). Aquest prefix cíclic permet absorbir millor l'efecte dels desfasaments deguts a propagacions multicamí i mantenir la ortogonalitat entre les portadores.

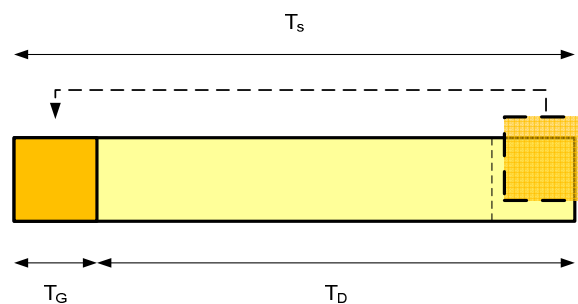


Fig. 2.4 Inserció del Prefix Cíclic en el símbol OFDMA

La duració d'un símbol OFDMA (T_s) s'obté a partir de la següent expressió:

$$T_s = T_D + T_G \quad (2.4)$$

On:

T_D Temps útil de símbol. Aquest es pot calcular com:

$$T_D = \frac{1}{\Delta f} \quad (2.5)$$

T_G Temps de guarda o extensió cíclica. Aquest es pot calcular com:

$$T_G = \frac{T_s}{G} \quad (2.6)$$

On:

T_s Temps de símbol OFDMA.

G Prefix cíclic. Que pot prendre els següents valors: 1/4, 1/8, 1/16 o 1/32.⁵

A partir d'aquests conceptes podem fer una primera aproximació sobre la capacitat del sistema a nivell de símbol OFDMA.

Podem definir la taxa de transmissió a nivell físic com:

$$C_{\text{PHY-DATA}} = \frac{\text{Bits dades}}{T_s} = \frac{N_{\text{FFT-DATA}} \cdot N_{\text{bits}} \cdot TC}{T_s} \quad (2.7)$$

On:

$N_{\text{FFT-DATA}}$ Nombre de portadores de dades per símbol OFDMA (depèn de la mida del canal i tipus de permutació).

N_{bits} Nombre de bits per portadora o símbol modulad.

TC Taxa del codi. Indica el nombre de bits útils que conté una paraula alhora de formar el codi. Així per exemple si tenim 100 bits de informació i una taxa de codi de $\frac{1}{2}$ la paraula final tindrà una longitud de 200 bits.

2.2.4 Format de la trama PHY OFDMA

Fins al moment hem vist com es veu afectada la capacitat del sistema WiMAX respecte al temps de símbol OFDMA. No obstant aquests símbols no són enviats consecutivament en una ràfega contínua sinó que són encapsulats en trames MAC. Aquestes trames MAC PDU constitueixen alhora ràfegues (bursts) que s'introduiran en una nova trama de la capa física OFDMA.

L'estàndard IEEE 802.16e defineix una estructura de trama per la capa física OFDMA on les dades s'ubiquen dins la trama en dues dimensions: temps i portadores. Aquesta trama utilitza duplexació TDD de tal manera que les transmissions d'uplink i downlink comparteixen el mateix espectre però no és possible transmetre simultàniament (al contrari que FDD on els canals de downlink i uplink es troben separats en freqüència però la transmissió és simultània).

⁵ Actualment els primer perfil de certificació per equips mòbils WiMAX només contemplan l'opció d'un prefix cíclic $G = 1/8$.

Els motius per escollir aquest tipus de duplexació TDD són:

- TDD permet l'ajustament del ràtio dels canals d'uplink i downlink permetent així ajustos asimètrics del tràfic tant de pujada com de baixada. En canvi amb FDD, els enllaços d'uplink i downlink estan sempre fixats i generalment són simètrics.
- TDD només requereix un canal tant pels canals de downlink com per l'uplink mentres que FDD en requereix un per cadascun.
- El disseny dels receptors per TDD són més senzills i per tant més econòmics.

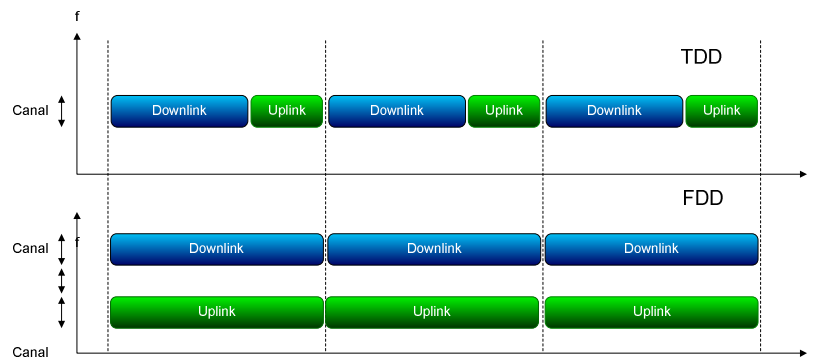


Fig. 2.5 TDD vs FDD

La trama té una duració fixe i es divideix en dues subtrames: la subtrama de downlink i la subtrama d'uplink tal com indica la Fig. 2.5. La trama pot contenir a més diferents zones corresponents als diferents tipus de permutació que permet l'estàndard.

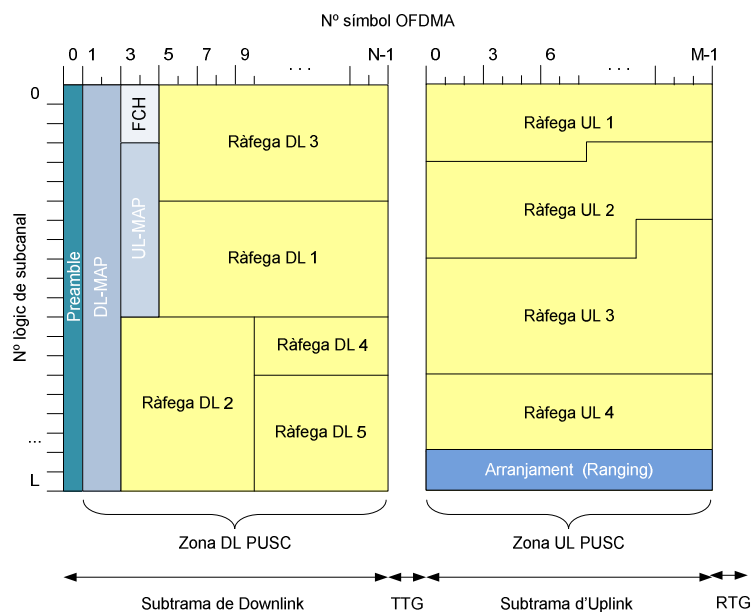


Fig. 2.6 Estructura de la trama física OFDMA amb duplexació TDD

Dins aquesta trama física OFDMA trobem:

- Capçaleres de la trama : Preamble i FCH.
- Missatges MAC Broadcast: Contingudes a la primera ràfega de downlink. Ex: missatges MAP-UL, MAP-DL, DCD, UCD...
- Allotjament per transmissió de dades: DL-burst i UL-burst. Formades per MAC PDUs i Padding.
- Allotjament per missatges MAC de gestió de xarxa: Arranjament (Ranging).
- Altres reserves opcionals (senyalització de dades, MIMO, HARQ, AAS..)

2.2.4.1. *Preamble*

Les estacions necessiten d'alguna manera sincronitzar-se amb l'inici de la trama i el temps de símbol. A fi de poder realitzar aquest sincronisme, l'estació base estableix a la subtrama de downlink una capçalera amb una seqüència coneguda per les SS anomenada preamble. Aquesta es transmet al llarg del primer símbol OFDMA de cada subtrama de downlink.

2.2.4.2. *Frame Control Header (FCH)*

La capçalera FCH s'ubica a la subtrama DL i conté la informació vinculada amb la gestió de la trama.

Entre altres conté el nombre i ubicació dels subcanals definits per un segment, el perfil de la ràfega, i la longitud del missatge DL-MAP. La capçalera FCH està continguda dins els 4 primers slots de la subtrama de downlink.⁶

2.2.4.3. *TTG i RTG*

Dins la trama PHY OFDMA, la transició entre les subtrames que la constitueixen no és immediata, sinó que hi ha uns períodes de silenci entre aquestes.

El Temps de Transició entre Transmissió/Recepció (TTG) es defineix com temps de guarda entre la subtrama de downlink i la subtrama d'uplink.

⁶ Només vàlid per FFTs diferents de 128 mostres. Aquest és el cas del primers perfils de certificació (Taula 2.2).

El Temps de transició entre Recepció/Transmissió (RTG) es defineix com el temps de guarda entre la subtrama d'uplink i la subtrama de downlink de la següent trama PHY OFDMA.

La duració d'aquests intervals es defineix en unitats de temps anomenades Slots Físics (PS). La duració està relacionat amb la taxa de símbol i es defineix com:

$$PS = \frac{4}{f_s} \quad (2.8)$$

Taula 2.5 Duració de TTG i RTG segons [3]

Bw_{CH} (MHz)	Duració TTG (PS)	Duració RTG (PS)
5	148	84
10	296	168

2.2.5 Ubicació de les dades en la trama

Un slot es defineix com la mínima unitat d'assignació de dades dins l'estàndard IEEE 802.16. En la capa física OFDMA un slot conté dues dimensions: temps i subcanals. Podem definir un slot com un conjunt de subcanals amb mateix índex lògic, de símbols OFDMA consecutius. La definició del slot OFDMA dependrà doncs del l'estructura del símbol OFDMA, que varia entre l'uplink i el downlink i del tipus de permutació escollida (veure Fig. 2.7 i 2.8).

Un segment es un altre nivell de dimensionament dins la trama física OFDMA. Un segment es defineix com una subdivisió del conjunt de subcanals disponibles, utilitzat per realitzar una instància MAC.

Definirem una regió de dades com un conjunt de slots, és a dir, un conjunt de subcanals consecutius dins un grup de símbols OFDMA consecutius.

Taula 2.6 Definicions de slot pels diferents tipus de permutació

Mode de permutació	Definició de slot
DL FUSC ; DL OFUSC	1 subcanal x 1 símbol OFDMA
DL PUSC	1 subcanal x 2 símbol OFDMA
UL PUSC ; DL TUSC1; TUSC1	1 subcanal x 3 símbol OFDMA
AMC	1 subcanal x (1,2 o 3) símbol OFDMA

A partir de la definició del subcanal DL PUSC podem definir el slot DL PUSC.

$$\begin{aligned}
 1 \text{ slot DL PUSC} &= 1 \text{ subcanal} \times 2 \text{ símbols OFDMA} = \\
 &= 24 \text{ portadores dades} \times 2 \text{ símbols OFDMA} = \\
 &= 48 \text{ portadores dades (48 símbols modulats)}
 \end{aligned}$$

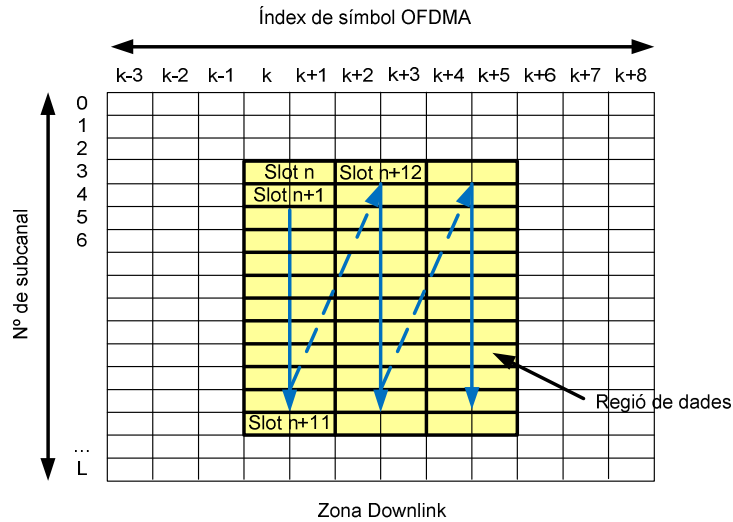


Fig. 2.7 Exemple de mapeig de slots dins la subtrama d'UL mode UL PUSC

A partir de la definició del subcanal UL PUSC podem definir el slot UL PUSC.

$$\begin{aligned}
 1 \text{ slot UL PUSC} &= 1 \text{ subcanal} \times 3 \text{ símbols OFDMA} = \\
 &= 16 \text{ portadores dades} \times 3 \text{ símbols OFDMA} = \\
 &= 48 \text{ portadores dades (48 símbols modulats)}
 \end{aligned}$$

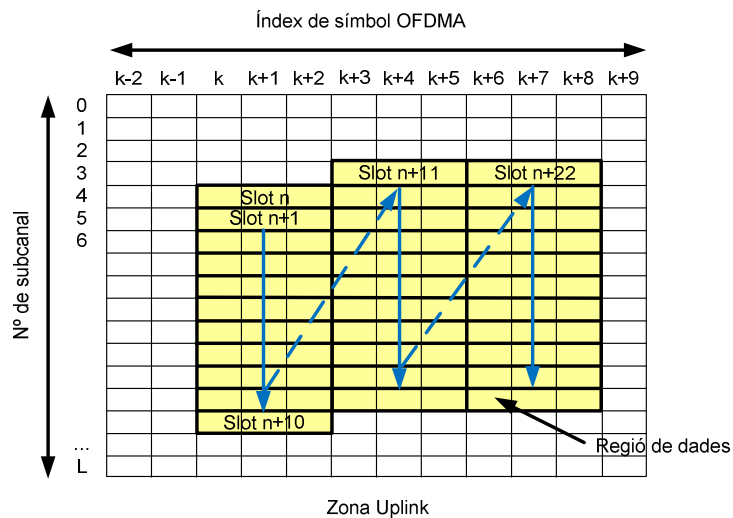


Fig. 2.8 Exemple de mapeig de slots dins la subtrama de DL mode DL PUSC

2.2.6 Capacitat de la trama PHY OFDMA

Com hem vist, al encapsular les dades en una trama física la capacitat del sistema es veurà afectada. Així doncs, haurem de recalculat quina és la velocitat després de l'encapsulament de les dades en aquesta.

Actualment, la primera certificació d'equips WiMAX només contempla l'ús de trama de duració 5 ms amb 48 símbols OFDMA. Per fer les estimacions de capacitat aplicarem les consideracions esmentades per WiMAX Forum en [11] i [12] que assumeix un màxim 44 símbols de dades si només hi ha subtrama de downlink i 42 si tenim també subtrama d'uplink.

- Duració trama: 5 ms.
- Símbols OFDMA Reservats: 4+2 (si hi ha subtrama UL).
- Símbols OFDMA de dades distribuïts entre les trames DL i UL: 44 o 42 (si hi ha subtrama UL).

La capacitat útil de la trama PHY per una determinada modulació es pot calcular com:

$$C_{\text{PHY-frame}} = \frac{\text{Bits dades}}{T_{\text{trama}}} = \frac{N_{\text{S-DATA}} \cdot N_{\text{FFT-DATA}} \cdot N_{\text{bits}} \cdot TC}{N_{\text{S}} \cdot T_{\text{S}} + RTG + RTT} \quad (2.9)$$

On:

$N_{\text{S-DATA}}$	Nombre de símbols OFDMA de dades a la trama física.
$N_{\text{FFT-DATA}}$	Nombre de portadores de dades per símbol OFDMA (depèn de la mida del canal i tipus de permutació).
N_{bits}	Nombre de bits per portadora o símbol modulad.
TC	Taxa del codi. Indica el nombre de bits útils que conté una paraula alhora de formar el codi.
N_{S}	Nombre de símbols OFDMA totals a la trama física.
T_{S}	Temps de símbol.
TTG	Temps de transició entre Transmissió/Recepció.
RTG	Temps de transició entre Recepció/Transmissió.

A continuació es presenten els resultats obtinguts aplicant la fórmula (2.8) amb els paràmetres indicats i suposant l'existència d'una única subtrama (DL o UL) a la subtrama física.

Taula 2.7 Capacitats màximes per la trama PHY OFDMA (Mbps)

Paràmetre	DL	UL	DL	UL
Bw	5		10	
N_{FFT}	512		1024	
Permutació	DL-PUSC	UL-PUSC	DL-PUSC	UL-PUSC
Modulació	Taxa DL (Mbps)	Taxa UL (Mbps)	Taxa DL (Mbps)	Taxa UL (Mbps)
QPSK 1/2	3,168	2,2848	6,336	4,704
QPSK 3/4	4,752	3,4272	9,504	7,056
16 QAM 1/2	6,336	4,5696	12,672	9,408
16 QAM 3/4	9,504	6,8544	19,008	14,112
64 QAM 1/2	9,504	6,8544	19,008	14,112
64 QAM 2/3	12,672	9,1392	25,344	18,816
64 QAM 3/4	14,256	10,2816	28,512	21,168
64 QAM 5/6	15,840	11,4240	31,680	23,520

2.3 La capa MAC

La capa Medium Access Control (MAC) s'encarrega de gestionar el tràfic d'usuari transmetent MAC SDUs als peers homòlegs a través de la capa física de ràdio. Degut a que WiMAX va ser dissenyat pel proveïment de serveis broadband incloent veu, dades i vídeo es fa necessari la capacitat de proveir qualitat de servei (QoS). Per això, la capa MAC s'encarrega de reservar els recursos necessaris per un terminal depenent de les necessitats de capacitat i retard en base a l'aplicació. Degut a que la informació de reserva de recursos es transporta en missatges MAP al inici de cada trama, l'scheduler pot organitzar-los en funció de cada trama, permetent així adaptar-se a la naturalesa del tràfic a ràfegues.

En els següents punts analitzarem els diferents overheads que s'afegeixen per la gestió del tràfic des de la capa MAC.

2.3.1 Estructura de la capa MAC

La capa MAC segons el model de capes del protocol es divideix en tres subcapes:

- Subcapa de Convergència (Convergence Sublayer)
- Subcapa Comú (Common Part Sublayer)
- Subcapa de Seguretat (Security Sublayer)

Segons el model de capes, la capa MAC s'encarrega de rebre SDUs de capes superiors i encapsular-les per enviar-les a través del medi ràdio així com

desencapsular les MAC PDUs provinents de la capa física per enviar-les a la capa superior.

2.3.2 Les trames MAC

Les MAC PDU són conegudes popularment com trames MAC. Aquesta trama està constituïda per tres camps dels quals tant el payload com el CRC (Comprovació Redundant Cíclica) són opcionals:

El camp de Dades (Payload) presenta una longitud variable, de tal manera que permet encapsular protocols de capes superiors de manera transparent. En cas d'estar present pot contenir (però no obligatòriament):

- Subcapçaleres
- MAC SDUs de capes superiors
- Fragments de MAC SDU

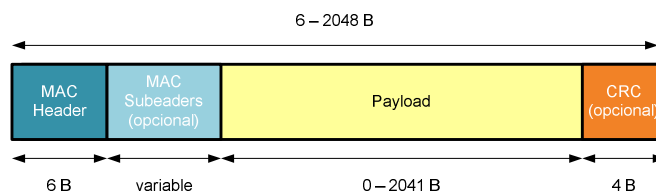


Fig. 2.9 Format de la trama MAC (MAC PDU)

2.3.3 Format de la capçalera MAC

La capçalera MAC presenta dos formats possibles:

- Capçalera MAC Genèrica (GMH)
- Capçalera sense Payload: Tipus I i Tipus II

2.3.3.1 Capçalera MAC Genèrica (GMH).

Aquesta capçalera s'utilitza en trames MAC que contenen informació de gestió o de la subcapa de convergència (CS). La informació de la CS pot ser informació d'usuari o informació de gestió de capes superiors. Aquesta capçalera és la única utilitzada en la subtrama de downlink.

Per millorar l'eficiència degut a l'overhead en determinats cassos, l'estàndard permet diferents mecanismes com l'assemblatge de paquets o el fraccionament d'aquests mitjançant les subcapçaleres.

2.3.3.2 Capçalera sense Payload

En aquest cas es defineixen dos tipus, ambdues d'ús exclusiu a la subtrama d'uplink. Tipus I i Tipus II. Aquestes trames només contenen el camp de capçalera i la seva longitud queda fixada a 6 Bytes, no obstant difereixen en els camps d'aquestes.

Les funcions de les trames de Tipus I estan relacionades amb peticions d'ample de banda (BR),⁷ informes de SNR i peticions d'allotjament de CQICH. En canvi les trames de Tipus II s'utilitzen per determinats feedbacks necessaris en OFDMA com per exemple MIMO, AAS, etc...

2.3.4 Mapeig del canal

Donat que la configuració de la trama física OFDMA varia trama a trama, es fa necessari d'algun mecanisme perquè el receptor pugui accedir als continguts. Dins l'estàndard WiMAX aquests són els missatges DL-MAP pel canal de downlink i UL-MAP pel d'uplink.

2.3.4.1 Mapeig de downlink (DL-MAP)

El DL-MAP és un missatge broadcast de gestió MAC que defineix els inicis de les ràfegues dins la subtrama de downlink i les transicions entre zones dins la trama en cas ser-hi presents.

Per definir aquest punt es requereix una referència bidimensional (subcanal i símbol) mitjançant missatges de mapeig que poden tenir una longitud variable. El DL-MAP s'insereix amb la primera ràfega dins la subtrama física OFDMA immediatament després de la FCH.

2.3.4.2 Mapeig de l'uplink (UL-MAP)

El UL-MAP és un missatge broadcast de gestió MAC que defineix tots els accessos dins la subtrama d'uplink de les estacions subscriptores. Al igual que el DL-MAP també té una longitud variable i s'ubica dins la subtrama de downlink immediatament després del DL-MAP (veure Fig. 2.6).

⁷ En l'estàndard IEEE 802.16-2004 es defineix una capçalera específica per peticions d'ample de banda (BR Header). No obstant, amb la revisió IEEE 802.16e s'inclou el terme de Capçaleres sense Payload i s'incorpora l'anterior com un cas particular del tipus I (Type I).

CAPÍTOL 3. PRESENTACIÓ DE L'EINA DE TREBALL I RESULTATS

En aquest capítol es presenta l'eina de planificació cel·lular per a l'estàndard WiMAX mòbil. Dins aquest capítol es presenten els criteris aplicats pel càlcul dels diferents paràmetres així com les diferents opcions que s'han implementat.

Posteriorment s'han realitzat una sèrie de proves representatives per, en base als resultats obtinguts, obtenir alguna informació que ens pugui ser clarificadora sobre el comportament d'aquesta tecnologia i comprovar aspectes teòrics de la planificació cel·lular.

En cas de requerir-ho en l'Annex I s'adjunta el codi de les funcions implementades així com els diagrames lògics d'operació. En l'Annex II es poden trobar alguns exemples d'ús de l'eina.

3.1 Marc de treball

Tal i com s'ha explicat al segon capítol, la tecnologia WiMAX, al igual que altres tecnologies, és enormement complexa i subjecta a contínues modificacions. Alhora de fer un anàlisi real de planificació cel·lular s'han de tenir en compte molts aspectes basats en un gran nombre de variables. Actualment existeixen solucions comercials per realitzar simulacions molt acurades, no obstant aquests queden molt lluny de la finalitat d'aquest estudi.

Abans d'introduir al funcionament propi de l'eina de planificació és convenient entendre on s'ha d'ubicar aquest. L'objectiu d'aquesta eina de planificació és la de facilitar els càlculs necessaris per obtenir estimacions de dimensionament tant desde el punt de vista de capacitat així com de l'abast físic de forma simple i ràpida.

3.2 Presentació de l'eina de planificació

L'eina de planificació cel·lular s'ha implementat a mode de full de càlcul en entorn Microsoft Excel programat mitjançant llenguatge Visual Basic per Aplicacions (VBA).⁸ El programa està dissenyat de tal manera que l'usuari pot introduir les dades de manera molt intuïtiva, proveint una definició de cada paràmetre en el mateix programa (veure Fig. 3.1).

L'eina consta de 3 fulls cadascun amb funcionalitats diferents:

⁸ Per més informació sobre el seu codi i/o les interfícies, consultar els Annexes.

- COBERTURA: Full per realitzar l'estudi de planificació
- CAPACITAT: Full per realitzar l'estudi de capacitat.
- ESTADÍSTIQUES: Full per realitzar iteracions automàtiques de l'estudi de cobertura.

Paràmetre	Valor	Unitats	Comentaris
Bw	2,5	GHz	Banda de freqüència
Bw _{CH}	10	MHz	Ample de banda del canal
Orientació	360	°	Orientació de l'antenna
Modulació mín.	QPSK 1/2		Modulació destinada a l'extrem de la cel·la de cobertura
P _{tx}	10000,0	mW	Potència transmesa en mW
G _T	15,00	dBi	Guany antenna transmissora
G _R	-1,00	dBi	Guany antenna receptora
h _t	32,0	m	Alçada de l'estació base (BS)
h _u	1,5	m	Alçada de l'estació suscriptor (SS)
Entorn	Centre metropolitana gran		Tipus d'entorn metropolità
d _u	0,020	usu / m ²	Densitat d'usuaris
V _u	0,20	Mbps	Velocitat promig d'usuari
A _u	2,50	%	Activitat promig dels usuaris
Mode de permutació	DL-PUSC	UL-PUSC	Tipus de permutació de les portadores
Ratio DL / UL	1:1		Ratio d'ocupació de les subtrames de downlink i uplink dins la trama TDD
G	1/8		Factor de guarda del símbol OFDMA
CALCULAR			
V _{u,dl}		Kbps	Velocitat d'usuari tenint en compte l'activitat promig dels usuaris
V _{u,ul} / V _{u,dl}		Kbps	Velocitat d'usuari DL i UL, tenint en compte l'activitat promig dels usuaris
Nº d'interferents		interferents	Número d'antenes interferents
SNR ₁		dB	Relació Canal - Interferent a la 1ª corona
SNR ₂		dB	Relació Canal - Interferent a la 2ª corona
SNR ₃		dB	Relació Canal - Interferent a la 3ª corona
SNR ₄		dB	Relació Canal - Interferent a la 4ª corona
SNR ₅		dB	Relació Canal - Interferent a la 5ª corona
SNR ₆		dB	Relació Canal - Interferent a la 6ª corona
SNR ₇		dB	Relació Canal - Interferent a la 7ª corona
SNR ₈		dB	Relació Canal - Interferent a la 8ª corona
Mod. 1ª corona			Modulació permesa per la 1ª corona
Mod. 2ª corona			Modulació permesa per la 2ª corona
Mod. 3ª corona			Modulació permesa per la 3ª corona
Mod. 4ª corona			Modulació permesa per la 4ª corona

Fig. 3.1 Exemple de l'entorn de treball de l'eina de planificació

3.2.1 Cobertura

Aquest full s'encarrega de donar els paràmetres que corresponen pròpiament a l'estudi de planificació cel·lular. Com hem vist, alhora de fer un estudi de cobertura s'han de tenir en compte molts aspectes. Així doncs la implementació de l'eina vindrà determinada pels paràmetres d'entrada que vulguem poder configurar.

Els paràmetres d'entrada pel l'estudi de cobertura configurables per l'usuari són els següents:

- Banda freqüencial: És necessari saber en quina banda freqüencial estem treballant donat que el model de propagació està estretament relacionat amb aquest (Veure 1.3.4.1). L'eina actualment només contempla la banda de 2,5 GHz.
- Ample de banda del canal (Bw_{CH}): 5 o 10 MHz.

- Orientació de les antenes (Orientació): 360° , 120° , 60° . Basat en tessellació hexagonal.
- Modulació mínima: Quina és la modulació mínima es vol donar a l'extrem del sector o cel·la, de tal manera que implícitament estem dient la velocitat mínima que podrà ser servida en el sector.
- Potència transmesa (P_{TX}): Potència transmesa per la BS.
- Guany de l'antena transmissora (G_T). Guany de l'antena de la BS.
- Guany de l'antena receptora (G_R). Guany de l'antena de la SS.
- Alçada de l'antena BS (h_B). Alçada de l'antena de la BS.
- Alçada de l'antena SS (h_m). Alçada de l'antena de la SS.
- Tipus d'entorn. Suburbà o urbà. Aquest paràmetre està relacionat amb el model de pèrdues de propagació COST 231-Hata (Veure 1.4.1).
- Mode de permutació. Permet escollir entre les permutacions obligatòries DL-PUSC , UL PUSC i AMC.
- Densitat d'usuaris (d_u). Nombre d'usuaris per unitat de superfície.
- Velocitat d'usuaris (v_u). La velocitat promig d'usuari. Encara que WiMAX ofereix QoS, un anàlisi amb diferents tipus de població podria complicar notablement l' entrada de dades. A fi de simplificar aquesta entrada, una possible solució és fer una estimació de la velocitat promig d'usuari que requerirà la xarxa.
- Activitat d'usuari (p_u): Percentatge de temps d'activitat de l'usuari.

Un cop fixat aquests paràmetres l'eina per l'estudi de cobertura retorna:

- SNR mínimes en recepció per cada modulació.
- La sensibilitat mínima requerida (R_{ss}).
- Velocitats màximes de cada modulació i per tant de cada corona. Cada modulació delimita a partir dels valors de SNR requerits una corona o anell. Cada modulació correspon alhora amb una velocitat màxima que serà doncs la capacitat màxima permesa en la corona.
- Percentatges temporals d'ocupació (Δt_i) de la trama PHY OFDMA per cadascuna de les corones.
- Abast màxim (R).

- Densitat de cel·les ($D_{\text{cel·la}}$).

3.2.1.1 Procés de càlcul del paràmetres de Cobertura

Definim el nivell mínim de sensibilitat del receptor (R_{ss}) com la potència mínima en recepció necessària per poder fer servir un determinat esquema de modulació. Aquesta sensibilitat assumint entorn AWGN i codificació CC ve donada segons la següent fórmula:

$$R_{ss} [\text{dBm}] = -114 + \text{SNR}_{\text{RX}} - 10 \cdot \log(R) + 10 \cdot \log\left(\frac{f_s \cdot N_{\text{used}}}{N_{\text{FFT}}}\right) + \text{ImpLoss} + \text{NF} \quad (3.1)$$

On:

SNR_{RX}	SNR en recepció.
R	Factor de repetició (Considerem $R=1$). Indica el nombre de vegades que la paraula codi es transmesa. Els codis de repetició s'utilitzen per la detecció d'errors.
f_s	Freqüència de mostreig en MHz. 5,6 MHz per $Bw_{\text{CH}}=5$ MHz i 11,2 MHz per $Bw_{\text{CH}}=10$ MHz.
N_{used}	Nombre de portadores útils (portadores de dades + DC). 421 per $Bw_{\text{CH}}=5$ MHz i 841 per $Bw_{\text{CH}}=10$ MHz (DL-PUSC).
ImpLoss	Són les pèrdues per implementació, que inclouen efectes de receptors no ideals com per exemple l'estimació de canal, errors de tracking, quantització d'errors i soroll de fase. El valor assumit és de 5 dB.
NF	Figura de soroll. El valor assumit és de 8 dB.

A partir de la fórmula 3.1 i la taula 1.2 obtenim les sensibilitats mínimes pels diferents esquemes de modulació.

Taula 3.1 Nivells mínims de sensibilitat en recepció.

Modulació	R_{ss} (dBm)	
	$Bw_{CH} = 5$ MHz	$Bw_{CH} = 10$ MHz
QPSK 1/ 2 CTC	-91,47	-88,46
QPSK 3/4 CTC	-88,07	-85,06
16 QAM 1/2 CTC	-85,77	-82,76
16 QAM 3/4 CTC	-81,67	-78,66
64 QAM 1/2 CTC	-80,57	-77,56
64 QAM 2/3 CTC	-77,47	-74,46
64 QAM 3/4 CTC	-76,37	-73,36
64 QAM 5/ 6 CTC	-74,47	-71,46

A partir de les sensibilitats hem d'imposar que la potència rebuda sigui igual o major a la sensibilitat requerida:

$$P_{Rx} \geq R_{ss} \rightarrow P_{Tx} + G_T + G_R - PL \geq R_{ss} \rightarrow PL \leq P_{Tx} + G_T + G_R - R_{ss} \quad (3.2)$$

$$PL \leq PL_{m\grave{a}x}$$

On:

P_{Tx} Potència transmesa.

G_T Guany antena transmissora.

G_R Guany antena receptora.

PL Pèrdues per propagació.

A partir de l'equació 3.2 estem imposant el valor màxim que poden prendre les pèrdues de propagació PL . Si substituïm PL per la seva expressió (1.4) en l'equació 3.2:

$$PL \leq PL_{m\grave{a}x}$$

$$46,3 + 33,9 \cdot \log(f) - 13,82 \cdot \log(h_B) - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \cdot \log(h_B)) \cdot \log\left(\frac{d}{10^3}\right) + C_m \leq PL_{m\grave{a}x}$$

Aïllant s'obté la distància màxima permesa:

$$d \leq 10^{\frac{PL_{\text{màx}} - 46,3 - 33,9 \cdot \log(f) + 13,82 \cdot \log(h_B) + a(h_m) - C_m}{(44,9 - 6,55 \cdot \log(h_B))}} \cdot 10^3 \quad [\text{m}] \quad (3.3)$$

A fi d'aplicar el mecanisme de modulació adaptativa es procedeix també a calcular els diferents radis de les corones amb les modulacions immediatament més ràpides que la modulació mínima escollida. Per obtenir aquests radis interns apliquem la mateixa fórmula però amb els nivells de SNR corresponents a cada modulació.

El tràfic dels usuaris de cada corona representa un percentatge de temps de la trama que ve donat per la següent expressió:

$$\Delta T_{\text{sub DL/UL}} = \frac{d_u \cdot \text{Àrea}_{\text{corona}} \cdot v_{\text{us. req}}}{V_{\text{cel·la subtrama}}} \quad (3.4)$$

En el cas que aquest percentatge sobrepassi el 100% i per tant es sobrepassi la capacitat per tràfic de la trama, el programa ofereix 3 solucions optimitzades modificant els següents paràmetres d'entrada: G_T , d_u i v_u .

3.2.2 Capacitat

L'eina de treball presenta també una finestra per fer estudis de la capacitat de la trama física OFDMA. Els paràmetres d'entrada pel càlcul de la capacitat de la trama física són:

- Ample de banda del canal (Bw_{CH}).
- Mode de permutació de les subtrames de DL i UL: El programa permet actualment només les permutacions obligatòries segons l'estàndard IEEE 802.16e: DL-PUSC, UL-PUSC i AMC.
- Factor de guarda del temps de símbol OFDMA. Aquest factor determina la duració del temps de guarda del símbol OFDMA.
- Percentatges de temps de les permutacions en les subtrames DL i UL.
- Duració de la trama. Només es permet la configuració corresponent a la trama de duració 5 ms.
- Ràtio DL/UL. Relació d'ocupació de les trames DL i UL dins la trama física OFDMA.

Fixats aquests paràmetres l'eina ofereix entre altres:

Relacionats amb el símbol OFDMA

- Freqüència de mostreig (f_s).
- Temps de símbol OFDMA (T_s , T_D i T_G).
- Capacitat útil de símbol OFDMA ($C_{PHY-DATA}$). Només té en compte les portadores de dades.

Relacionats amb la trama PHY OFDMA

- Temps de trama. Fixat a 5 ms.
- Nombre de símbols OFDMA per trama.
- Nombre de símbols de dades. Segons Ràtio DL/UL.
- Duració TTG i RTG (μs).
- Capacitat útil de les subtrames DL i UL. Considerant només els símbols de dades OFDMA.
- Capacitat útil de la trama PHY OFDMA.

3.2.2.1 Procés de càlcul del paràmetres de Capacitat

El càlcul de la capacitat es divideix en dos blocs. En el primer bloc es procedeix a calcular els diferents paràmetres relacionats amb la capa física i el símbol OFDMA. Per veure el detall de les equacions consultar el punt 2.2.3.

Posteriorment es calcula la capacitat de símbol OFDMA per les subtrames de DL i UL. Per aquest valor s'ha aplicat la fórmula (2.8) promitjada. El motiu per promitjar-la és degut a que la fórmula (2.8) és vàlida per calcular la capacitat per una única modulació. Així doncs per obtenir la capacitat física promig per símbol és necessari ponderar l'equació amb els percentatges d'ocupació de cadascuna de les modulacions.

En el segon bloc es procedeix a calcular la capacitat que resulta d'encapsular els símbols OFDMA en una trama física degut al overhead afegit en la capa física. Per això es calcula el nombre de símbols per trama i quins símbols de dades corresponen a la subtrama de DL i a la subtrama d'UL en funció de la ràtio DL/UL.

Posteriorment es determina el nombre de símbols disponibles per transmissió de dades i es calcula els temps de silenci entre les subtrames de downlink i uplink TTG i RTG (veure Taula 2.2).

Finalment es calcula quina capacitat real queda per les subtrames DL i UL i la capacitat de la trama física OFDMA.

3.2.2.2 *Consideracions sobre l'anàlisi de capacitat*

En la trama física OFDMA realment es poden contemplar altres nivells de overhead que afecten directament a la capacitat, tal és el cas de l'overhead provinent de la capa MAC i al corresponent a l'encapsulació d'aquestes trames en slots dins la trama física tal com hem vist en el capítol anterior.

El motiu per no haver-los tingut en compte es deu al fet de que la capa MAC presenta una gran varietat de mecanismes per tractar les SDU provinents de les capes superiors. En el cas de paquets molt petits es poden encapsular varis en una mateixa trama a fi d'optimitzar l'ocupació, no obstant en casos on els paquets de capes superiors superen la mida de payload és necessari fraccionar-lo en diferents trames MAC.

En la subcapa de Convergència també existeixen alguns mecanismes com la Supressió de Capçaleres de Payload (PHS). Aquest mecanisme permet la supressió de les capçaleres de les SDUs de nivells superiors quan aquestes són molt llargues i redundants (Ex: RTP/UDP/IPv6).

Aquests són alguns dels mecanismes més destacables i la seva aplicació depèn dels protocols de les capes superiors. Degut a que el contingut de la trama pot contenir diferents tipus de dades els criteris d'aquest depenen en última instància del fabricant del producte. Per tant s'ha optat per no analitzar aquest overhead.

Finalment, també caldria esmentar que estrictament, per l'estudi de capacitat s'hauria de tenir en compte també el tràfic corresponent al pla de gestió. No obstant, normalment aquest tràfic, tal i com s'ha comentat a l'inici del segon capítol, es pot considerar negligible vers la càrrega total de tràfic. Per aquest motiu no es tindrà en compte en aquest estudi.

3.2.3 **Estadístiques**

El full Estadístiques està controlat a través del botó a la part inferior del full Cobertura. Escollint una de les 3 opcions que presenta: Guany d'antena BS, velocitat d'usuari i densitat d'usuari; realitza el procés càlcul optimitzat escollit, iterant la modulació mínima per tots els valors possibles. Els resultats es presenten en un resum al full anomenat Estadístiques.

Aquest full s'ha creat només amb la finalitat d'agilitzar algunes proves que es presenten en el document. Totes les proves realitzades es poden realitzar només amb els fulls de càlcul de COBERTURA i CAPACITAT.

3.3 Realització de proves

En aquest punt s'introdueixen les diferents proves realitzades a partir de les possibilitats que ofereix l'eina de treball basades en la comparació de diferents paràmetres sota diferents configuracions.

3.3.1 Estudi de l'abast segons la modulació

Tal com hem vist alhora de planificar una xarxa, existeix un compromís entre l'abast i la capacitat del sistema. Així doncs, l'ús de modulacions més robustes (Ex: QPSK) permet millorar-ne l'abast, en canvi l'ús de modulacions més ràpides, i per tant menys robustes, (Ex: 64 QAM) suposen una reducció en la l'abast de cobertura però milloren la capacitat.

L'objectiu d'aquesta prova és comprovar la relació entre el capacitat màxima i l'abast de la modulació.

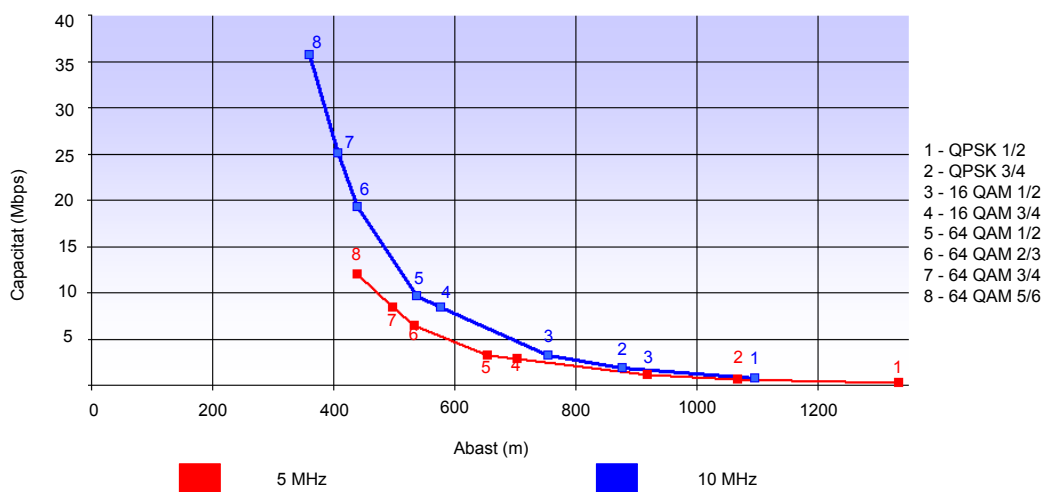


Fig. 3.2 Capacitat màxima vs Abast per la tecnologia WiMAX mòbil

Si observem la gràfica corresponent a la Fig. 3.1 podem observar el caràcter exponencial de la corba. D'aquesta gràfica podem deduir que pel cas de modulacions més robustes, com per exemple QPSK 1/2, el canvi de canal de 10 MHz a 5 MHz suposa una pèrdua de capacitat de 500 Kbps (773,5 – 158,5 Kbps). No obstant la millora de l'abast al canviar d'un canal a un altre suposa un increment entorn als 238 m (1095 -1333 m).

En canvi, pel cas de les modulacions menys robustes, i per tant més ràpides, si mirem el cas 64 QAM 5/6, observem que el canvi del canal de 5 a 10 MHz implica una pèrdua d'abast entorn als 78 m (438 – 360 m) , no obstant

l'increment de capacitat fent ús del canal de 10 MHz en aquest cas és molt més gran, incrementant la capacitat en gairebé 24 Mbps (11,9 – 35,7 Mbps).

Per tant podem concloure que per modulacions robustes resulta millor l'ús del canal de 5 MHz millorant així l'abast d'aquestes. En canvi, per les modulacions més ràpides resulta més interessant l'ús del canal de 10 MHz donat que en aquest cas, és la capacitat la que millora notablement respecte al canal de 5 MHz.

3.3.2 Estudi del nombre d'usuaris en funció del canal

El primer perfil de certificació permet l'ús de canals de 5 i 10 MHz amb trames de duració 5 ms per ambdós casos. L'objectiu d'aquesta prova és comprovar la relació de densitat d'usuaris segons el canal utilitzat i mirar si existeixen diferències entre un o l'altre.

A fi de realitzar aquesta comparació es plantegen dues configuracions possibles: un canal de 10 MHz amb una densitat d'usuaris d_u ; o bé, dos canals de 5 MHz amb densitat d'usuari $d_u/2$. Les proves es realitzen tant per la permutació AMC com per la permutació PUSC.

L'objectiu d'aquesta prova és avaluar els costos alhora de distribuir l'ample de banda a partir de l'anàlisi de diferents escenaris. Per això s'ha plantejat una superfície S amb una densitat d'usuaris (d_u) que ens determina una població P .

Per atendre aquesta població s'han fixat dos escenaris:

- Una BS atenent tota la població P amb un canal de 10 MHz.
- Dues BS atenent la meitat de la població P amb canals de 5 MHz.

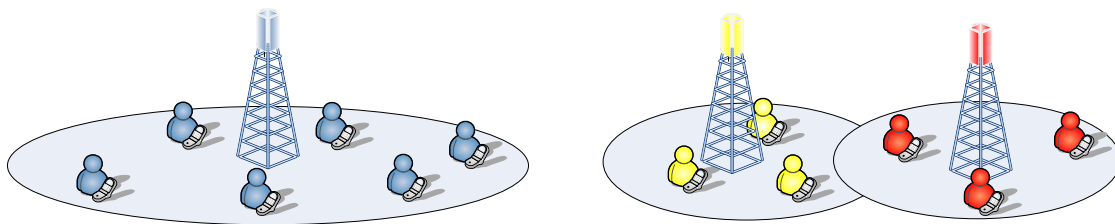


Fig. 3.3 Presentació dels escenaris per l'anàlisi del Bw disponible

Per realitzar aquesta prova s'ha procedit de la següent manera:

- Donada una configuració pel canal de 10 MHz es calcula una solució òptima d'ocupació de trama.
- Es procedeix a calcular la densitat d'usuari òptima pel canal de 5 MHz. Donat que volem cobrir la mateixa superfície, però ara disposem de dos

canals de 5 MHz, reduïrem la densitat d'usuari a $d_u/2$ i la potència transmesa a $P_{TX}/2$.

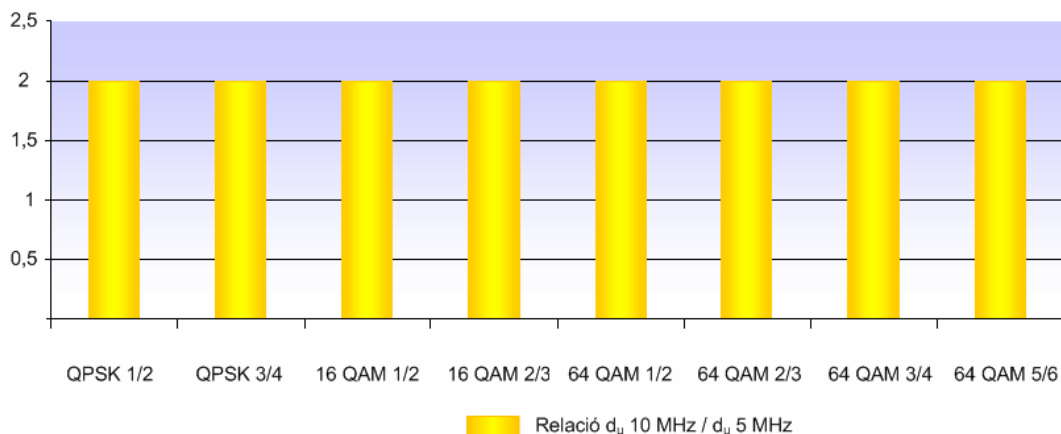


Fig. 3.4 Comparació de la densitat d'usuari en funció del canal. Cas AMC

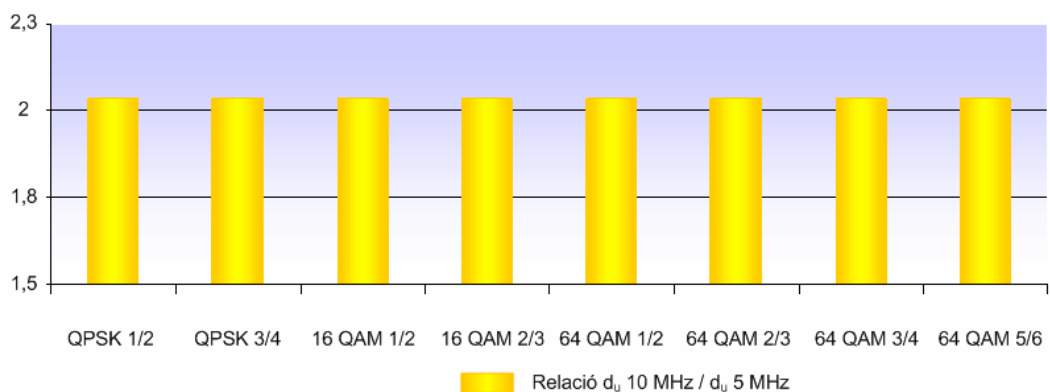


Fig. 3.5 Comparació de la densitat d'usuari en funció del canal. Cas PUSC

Dels resultats podem observar que en el cas de fer servir permutació AMC obtenim $d_{u-10\text{ MHz}} = 2 \cdot d_{u-5\text{ MHz}}$. Per tant és indiferent l'ús del canal de 5 MHz o el de 10 MHz donat que si doblem el canal podem atendre el doble d'usuaris amb una igual utilització de la trama per tots dos casos.

En canvi pel cas de permutació PUSC obtenim que la relació entre densitats d'usuari és de $d_{u-10\text{ MHz}} = 2,03 \cdot d_{u-5\text{ MHz}}$. En aquest cas obtenim doncs que el canal de 10 MHz resulta lleugerament millor respecte al canal de 5 MHz en quan a densitat d'usuaris.

Analitzem el motiu d'aquests resultats. La fórmula que defineix l'ús de subtrama per una determinada modulació ve donada per l'expressió:

$$\Delta T_{\text{sub DL/UL}} = \frac{d_u \cdot \text{Àrea} \cdot v_{\text{us. req}}}{v_{\text{cel·la subtrama}}} \quad (3.5)$$

Pel cas de permutació DL-PUSC tenim, $N_{\text{DL-PUSC}}^{\text{FFT-Data 10 MHz}} = 2 \cdot N_{\text{DL-PUSC}}^{\text{FFT-Data 5 MHz}}$ (840/420).

Això és equivalent a dir:

$$v_{\text{cel·la subtrama DL - 10MHz}} = 2 \cdot v_{\text{cel·la subtrama DL - 5MHz}} \quad (3.6)$$

Per una modulació donada podem veure que si $d_{u-10} = 2 \cdot d_{u-5}$, aleshores l'ús de subtrama de DL és el mateix. Veiem-ho:

$$\Delta T_{\text{sub DL - 10 MHz}} = \frac{d_{u-10} \cdot \text{Àrea} \cdot v_{\text{us. req}}}{v_{\text{cel·la subtrama DL-10}}} = \frac{2 \cdot d_{u-5} \cdot \text{Àrea} \cdot v_{\text{us. req}}}{2 \cdot v_{\text{cel·la subtrama DL-5}}} = \Delta T_{\text{sub DL - 5 MHz}} \quad (3.7)$$

No obstant, pel cas de permutació UL-PUSC, $N_{\text{UL-PUSC}}^{\text{FFT-Data 10 MHz}} > 2 \cdot N_{\text{UL-PUSC}}^{\text{FFT-Data 5 MHz}}$ (864/272).

Això vol dir:

$$v_{\text{cel·la subtrama DL - 10}} > 2 \cdot v_{\text{cel·la subtrama DL - 5}} \quad (3.8)$$

Si realitzem pel cas de l'UL el raonament anàleg al del cas del DL obtenim que

$$\Delta T_{\text{sub DL - 10 MHz}} < 2 \cdot \Delta T_{\text{sub DL - 5 MHz}}$$

Aquestes diferències suposen una major ocupació de la subtrama d'uplink que repercuteix, encara que lleugerament, en la densitat d'usuari.

3.3.3 Estudi de l'eficiència de la trama PHY OFDMA respecte el símbol OFDMA

Com hem vist en el capítol anterior, els símbols OFDMA s'encapsulen en una trama física. Aquest encapsulament suposa una redundància que repercuteix en la capacitat real per dades d'usuari. L'objectiu d'aquesta prova és analitzar l'eficiència màxima de la capa física pels canals de 5 i 10 MHz.

La trama OFDMA per aquests perfils com hem vist té una duració de 5ms amb un total de 48 símbols OFDMA. Per fer l'estudi de la capacitat útil assumirem un overhead de trama OFDMA de 4 símbols provinents de la subtrama de DL (Preamble, DL-MAP, UL-MAP...) més 2 símbols OFDMA d'overhead corresponents a la subtrama d'uplink.

Per calcular aquestes capacitats màximes s'ha considerat la trama física amb ràtio DL/UL 1:0 o 0:1. És a dir, la trama només conté una subtrama de DL o UL. A partir d'aquí s'ha comparat la capacitat de símbol OFDMA corresponent als modes de permutació DL-PUSC i UL-PUSC amb la capacitat de trama física OFDMA. Anàlogament s'ha realitzat el mateix procediment amb el mode de permutació AMC.

Taula 3.2 Relació Capacitat de símbol - Capacitat de trama física. $Bw_{CH} = 5$ MHz. PUSC.

Permutació	Downlink		Uplink	
	Capacitat de símbol (Mbps)	Capacitat trama física (Mbps)	Capacitat de símbol (Mbps)	Capacitat trama física (Mbps)
QPSK 1/2	3,50	3,17	2,64	2,28
QPSK 3/4	5,25	4,75	3,97	3,43
16 QAM 1/2	7,00	6,34	5,29	4,57
16 QAM 3/4	10,50	9,50	7,93	6,85
64 QAM 1/2	10,50	9,50	7,93	6,85
64 QAM 2/3	14,00	12,67	10,58	9,14
64 QAM 3/4	15,75	14,26	11,90	10,28
64 QAM 5/6	17,50	15,84	13,22	11,42

Taula 3.3 Relació Capacitat de símbol - Capacitat de trama física. $Bw_{CH} = 10$ MHz. PUSC.

Permutació	Downlink		Uplink	
	Capacitat de símbol (Mbps)	Capacitat trama física (Mbps)	Capacitat de símbol (Mbps)	Capacitat trama física (Mbps)
QPSK 1/2	7,00	6,34	5,44	4,70
QPSK 3/4	10,50	9,50	8,17	7,06
16 QAM 1/2	14,00	12,67	10,89	9,41
16 QAM 3/4	21,00	19,01	16,33	14,11
64 QAM 1/2	21,00	19,01	16,33	14,11
64 QAM 2/3	28,00	25,34	21,78	18,82
64 QAM 3/4	31,50	28,51	24,50	21,17
64 QAM 5/6	35,00	31,68	27,22	23,52

A partir dels resultats obtinguts podem obtenir la relació corresponent entre la capacitat de símbol i la capacitat de la trama física per ambdues taules:

$$\frac{\text{Rate}_{\text{simb. OFDMA DL PUSC}}}{\text{Rate}_{\text{subtrama física DL}}} \cong 1,10 \quad (3.9)$$

$$\frac{\text{Rate}_{\text{simb. OFDMA UL PUSC}}}{\text{Rate}_{\text{màx. subtrama física UL}}} \cong 1,16 \quad (3.10)$$

Podem observar que l'eficiència del downlink és lleugerament millor a la de l'uplink, no obstant no difereixen gaire. El percentatge de pèrdua de capacitat en el cas del DL es $\approx 10\%$ mentre que en el cas del UL és d'entorn al 16%. Això és degut a que en el cas de fer servir una única subtrama en el cas de la subtrama de DL el nombre de símbols disponibles per dades són 44. No obstant pel cas de la subtrama d'UL aquest nombre és de 42. És ben conegut que en una estructura PMP l'overhead en el canal d'UL és major degut a la naturalesa del medi compartir entre les diferents SSs.

Podríem també preguntar quina és la relació de capacitats entre amples de banda. Caldria esperar que si doblem l'ample de banda del canal obtinguem el doble de capacitat. Si mirem aquesta relació pels respectius valors anteriors obtenim:

Cas Permutació PUSC:

$$\frac{\text{Rate}_{\text{simb. OFDMA DL PUSC-10MHz}}}{\text{Rate}_{\text{simb. OFDMA DL PUSC-5MHz}}} = 2 \quad \frac{\text{Rate}_{\text{simb. OFDMA UL PUSC-10MHz}}}{\text{Rate}_{\text{simb. OFDMA UL PUSC-5MHz}}} \cong 2,06 \quad (3.11)$$

Cas Permutació AMC:

$$\frac{\text{Rate}_{\text{simb. OFDMA DL PUSC-10MHz}}}{\text{Rate}_{\text{simb. OFDMA DL PUSC-5MHz}}} = 2 \quad \frac{\text{Rate}_{\text{simb. OFDMA UL PUSC-10MHz}}}{\text{Rate}_{\text{simb. OFDMA UL PUSC-5MHz}}} = 2 \quad (3.12)$$

Podem observar que en el cas de permutació PUSC la relació en el cas del DL la relació obtinguda és la que cal esperar. En canvi, els resultats obtinguts en el cas de l'UL no ho són. Això és degut a al fet de que en el DL, pel cas de 10 MHz, el nombre de portadores de dades que conformen el símbol OFDMA és el doble que pel canal de 5 MHz (360 -720 portadores de dades) de tal manera que obtenim una relació de 2 referent a la capacitat de símbol.

En canvi, pel cas de l'UL obtenim que el nombre de portadores de dades que conformen el símbol pel canal de 10 MHz és una mica més del doble que pel

canal de 5 MHz (272-560 portadores de dades). Aquesta diferència determina una lleugera millor eficiència del canal de 10 MHz respecte al canal de 5 MHz pel que fa a l'uplink.

En canvi pel cas de permutació AMC aquesta relació de doblar el nombre de portadores en el canal de 10 MHz respecte el de 5 MHz es compleix, tant pel DL com per l'UL.

3.3.4 Estudi comparatiu respecte el sistema GSM

Un cop analitzades algunes de les característiques del sistema WiMAX mòbil podem realitzar un estudi comparatiu amb un sistema mòbil com pot ser GSM. Cal tenir en compte que GSM és un sistema de transmissió de veu mentre que WiMAX permet el transport de dades i veu per tant en aquest cas assumirem únicament transport de dades de veu pel sistema WiMAX.

La planificació cel·lular GSM utilitza cel·les de radis mínims en entorns urbans propers als 200 metres. Aquestes cel·les s'agrupen en clústers 9 o 12 cel·les de tal manera que cada cel·la conté 3 portadores i cadascuna d'aquestes portadores conté 8 subcanals o slots. Així doncs tenim:

$$N_{\text{subcanals/sec tor}} = 3 \frac{\text{portadores}}{\text{cel·la}} \cdot 8 \frac{\text{subcanals}}{\text{portadora}} = 24 \left[\frac{\text{subcanals}}{\text{cel·la}} \right] \quad (3.13)$$

Pel nostre cas estudi agafarem el clúster de 9 cel·les per motius que explicarem més endavant. El nombre de portadores per clúster vindrà definit per:

$$N = 9 \quad N_{\text{portadores/clúster}} = 9 \frac{\text{sectors}}{\text{clúster}} \cdot 3 \frac{\text{portadores}}{\text{sector}} = 27 \left[\frac{\text{portadores}}{\text{clúster}} \right] \quad (3.14)$$

Cada portadora té una amplada de banda de 0,2MHz. Per tant l'ample de banda requerit és de:

$$N = 9 \quad Bw = 27 \frac{\text{portadores}}{\text{clúster}} \cdot 0,2 \frac{\text{MHz}}{\text{portadora}} = 5,4 \text{ MHz} \quad (3.16)$$

Cada usuari té un tràfic ofert (TO_{usuari}) entorn als 0,02-0,025 Er. El tràfic ofert ens indica el percentatge en temps d'activitat d'aquest, així estem considerant que els usuaris estan actius entre un 2-2,5%. A partir d'aquest podem calcular el TO sobre el sector fent ús del model ErlangB.

$$E_{r_B}(24, TO_{\text{sector}}) \leq 0,02 \xrightarrow[\text{Er}_B(24,16,6)=0,019718]{\text{Consultant les taules}} TO_{\text{sector}} = 16,6 \text{ Er} \quad (3.17)$$

$$E_{r_B}(24, TO_{\text{sector}}) \leq 0,025 \xrightarrow[\text{Er}_B(24,17)=0,023609]{\text{Consultant les taules}} TO_{\text{sector}} = 17 \text{ Er}$$

Sabem que aquest tràfic ofert al sector està generat per un nombre d'usuaris (N_{usuari}). A partir d'aquest, podem calcular aquest valor i treure la densitat d'usuari màxima permesa pel sistema GSM.

$$TO_{\text{cel·la}} = TO_{\text{usuari}} \cdot N_{\text{usuari}} \longrightarrow N_{\text{usuari}} = \frac{TO_{\text{cel·la}}}{TO_{\text{usuari}}} \quad (3.18)$$

$$TO_{\text{usuari}} = 0,02 \quad N_{\text{usuari}} = \frac{TO_{\text{sector}}}{TO_{\text{usuari}}} = \frac{16,6}{0,02} = 830 \text{ usuaris}$$

$$TO_{\text{usuari}} = 0,025 \quad N_{\text{usuari}} = \frac{TO_{\text{sector}}}{TO_{\text{usuari}}} = \frac{17}{0,025} = 680 \text{ usuaris}$$

Un cop calculat podem calcular la densitat d'usuaris màxima permesa:

$$N_{\text{usuari}} = d_{\text{usuari}} \cdot A_{\text{cel·la}} \xrightarrow[A_{\text{cel·la}} \approx \pi \cdot R^2]{} N_{\text{usuari}} = d_{\text{usuari}} \cdot \pi \cdot R^2 \longrightarrow d_{\text{usuari}} = \frac{N_{\text{usuari}}}{\pi \cdot R^2} \quad (3.19)$$

$$N_{\text{usuari}} = 830 \text{ usuaris} \quad d_{\text{usuari}} = \frac{N_{\text{usuari}}}{\pi \cdot R^2} = \frac{830}{\pi \cdot (200)^2} \cong 6,60 \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{usuari}}{\text{m}^2} \right]$$

$$N_{\text{usuari}} = 680 \text{ usuaris} \quad d_{\text{usuari}} = \frac{N_{\text{usuari}}}{\pi \cdot R^2} = \frac{680}{\pi \cdot (200)^2} \cong 5,41 \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{usuari}}{\text{m}^2} \right]$$

Així doncs tenim que els sistemes GSM permeten amb un canal de 5,4 MHz unes densitats d'usuari que oscil·len de l'ordre de $6,60 \cdot 10^{-3}$ i $5,44 \cdot 10^{-3}$ [usuari/m²] amb activitats que oscil·len entre el 2 i 2,5% respectivament, oferint unes taxes de transmissió mínimes de 60 Kbps per usuari.

El que volem realitzar amb aquesta última prova és verificar quin servei pot oferir WiMAX en les condicions anteriors. Amb aquest objectiu implementarem les condicions prèviament descrites en l'eina de treball.

A continuació es presenten els paràmetres de configuració:

- Banda freqüencial 2,5 GHz
- BW_{CH} 10 MHz
- Permutació DL PUSC / UL PUSC
- P_{TX} 10 W
- G_T ≤ 15 dB
- G_R -1 dB
- h_B 30 m
- h_m 1,5 m
- d_u $6,60 \cdot 10^{-3}$ - $5,44 \cdot 10^{-3}$ usuaris /m²
- v_u 60 Kbps (30 Kbps DL + 30 Kbps UL)
- ρ_u 2- 2,5 %
- Ratio DL/UL 1:1
- G 1/8

Cal esmentar, que per realitzar la comparativa hem de tenir en compte un aspecte com és la duplexació. En el cas de GSM aquest fa servir duplexació FDD, de tal manera que de fet s'utilitzen dos canals de 5,4 MHz solapats en temps. Donat que WiMAX mòbil utilitza duplexació TDD, a fi de poder realitzar la comparativa en unes condicions lo més semblant possible, s'ha optat per utilitzar un canal de 10 MHz amb reús freqüencial 1. Alhora d'analitzar el resultat hauré de tenir en compte que no tenim doncs exactament el mateix canal per les dues tecnologies.

Sota aquestes premisses, per realitzar la prova s'han establert dos criteris. En el primer s'ha primat millorar la cobertura utilitzant doncs una modulació robusta. En canvi pel segon cas s'ha utilitzat una modulació més ràpida mantenint sempre els radis de cobertura similars als establerts per GSM.

A continuació es presenten els resultats obtinguts aplicant el primer criteri d'abast màxim.

Taula 3.4 Resultats WiMAX mòbil sota condicions GSM. Cas QPSK 1/2

Cas $d_u = 6,60 \cdot 10^{-3}$ i $\rho_u = 2$		Cas $d_u = 5,41 \cdot 10^{-3}$ i $\rho_u = 2,5$	
Ocupació trama (%)	95,89	Ocupació trama (%)	98,25
V_u (Kbps)	60	V_u (Kbps)	60
R (m)	569,63	R (m)	569,63
D (m)	986,63	D (m)	986,63

A partir dels resultats podem observar que pel cas QPSK 1/2, el sistema es troba proper a la seva capacitat màxima donat que el percentatge d'ocupació de la trama es proper al 100%. No obstant observem que a diferència de GSM

els radis de cobertura obtinguts són fins 2,8 vegades més grans, de tal manera que es redueix la densitat de cel·la per la tecnologia WiMAX.

Encara que el sistema es troba proper al seu límit, hem procedit a calcular la capacitat màxima que permet aquesta modulació. Per realitzar aquesta tasca hem fet ús del càlcul optimitzat que permet l'eina de treball segons la velocitat d'usuari. Els resultats es presenten en la següent taula:

Taula 3.5 Resultats òptims WiMAX mòbil sota condicions GSM. Cas QPSK 1/2

Cas $d_u = 6,60 \cdot 10^{-3}$ i $\rho_u = 2$		Cas $d_u = 5,41 \cdot 10^{-3}$ i $\rho_u = 2,5$	
Ocupació trama (%)	99,88	Ocupació trama (%)	99,88
V_u (Kbps)	62,5	V_u (Kbps)	61
R (m)	569,63	R (m)	569,63
D (m)	986,63	D (m)	986,63

Apreciem com efectivament el sistema ofereix a penes una millora que oscil·la entre 1-2,5 Kbps per usuari mantenint els radis anteriors. Així doncs podem veure que en aquest cas les capacitats d'usuari són similars a les de GSM.

Posteriorment procedim a aplicar el segon criteri, en aquest cas, el de capacitat màxima. Els resultats obtinguts ens indiquen que la modulació màxima permesa per mantenir un reús freqüencial de 1 és la modulació 64 QAM 1/2. En la següent taula es presenten els resultats.

Taula 3.6 Resultats òptims WiMAX mòbil sota condicions GSM. Cas 64 QAM 1/2

Cas $d_u = 6,60 \cdot 10^{-3}$ i $\rho_u = 2$		Cas $d_u = 5,41 \cdot 10^{-3}$ i $\rho_u = 2,5$	
Ocupació trama (%)	99,95	Ocupació trama (%)	99,94
V_u (Kbps)	530	V_u (Kbps)	646,5
R (m)	279,35	R (m)	279,35
D (m)	483,85	D (m)	483,85

Els resultats obtinguts ens mostren en aquest cas una millora tant en l'abast com en la capacitat. Referent a l'abast apreciem que aquest millora entorn al 79 m. No obstant en aquest cas, la gran diferència resideix en la capacitat d'usuari que permet la trama PHY OFDMA oferint unes velocitats que oscil·len entre els 530 i els 646 Kbps. Aquesta millora suposa incrementar les velocitats d'usuari mínimes ofertes per GSM per un factor que oscil·la entre 8,8 – 10, 7.

Podem concloure que la tecnologia WiMAX mòbil esdevé una tecnologia òptima pel transport de dades i veu obtenint uns resultats acceptables però lluny dels valors àmpliament difosos.

CAPÍTOL 4. CONCLUSIONS

Aquest document ens ha permès conèixer el món de la planificació cel·lular introduint alguns dels aspectes més rellevants d'aquest. Com hem vist, són molts els aspectes que s'han de tenir en compte alhora de realitzar un model de planificació real i l'avaluació s'ha de realitzar cas per cas.

Posteriorment s'ha introduït a la teoria relacionada amb l'estàndard IEEE 802.16-2004 i la seva correcció IEEE 802.16e amb especial atenció al primer perfil de certificació. La base adquirida en aquest apartat ens ha servit per establir les bases teòriques pel nostre estudi i per una millor comprensió dels anàlisi posteriors.

Finalment s'ha implementat una eina de planificació cel·lular a nivell acadèmic per poder aplicar els coneixements prèviament adquirits tant de la teoria de planificació com de la tecnologia WiMAX mòbil.

A partir d'aquesta eina s'han presentat una sèrie d'escenaris a fi de poder realitzar una validació sobre el comportament de la tecnologia WiMAX mòbil. Per això s'han observat tres aspectes bàsics de la planificació cel·lular com són: abast, capacitat d'usuaris i taxes de transmissió.

A partir de l'estudi de l'abast segons el tipus de canal hem pogut determinar quins canals són més adients per cada tipus de modulació. D'aquesta manera hem vist que el canal de 10 MHz resulta millor per les modulacions ràpides mentres que per les modulacions més robustes resulta millor el canal de 5 MHz.

Posteriorment hem realitzat l'estudi de la capacitat d'usuaris permesa segons el tipus de canal per les permutacions PUSC i AMC. Hem observat que en el cas de permutació PUSC resulta lleugerament millor l'ús del canal de 10 MHz mentres que en el cas de permutació AMC resulta indiferent.

En una altre prova hem comprovat el primer nivell d'overhead corresponent d'encapsular les dades en la trama PHY OFDMA.

Finalment hem realitzat un estudi comparatiu amb una tecnologia cel·lular com és GSM observant que el disseny de WiMAX mòbil és una tecnologia vàlida pel transport de dades i veu. No obstant amb les especificacions actuals, caldria comparar el seu comportament respecte altres tecnologies equivalents com pot ser HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) i HSUPA (High Speed Uplink Packet Access).

Línies futures de treball

Alhora d'implementar l'eina de planificació només s'han tingut en compte els aspectes obligatoris contemplats a l'estàndard. Cal tenir en compte que aquest incorpora un gran nivell de configuracions i eines addicionals a fi de millorar el

seu comportament tant en termes d'abast com de throughput, com ara mecanismes ARQ, antenes adaptatives, sistemes MIMO i mecanismes a nivell físic i MAC. Així doncs les validacions realitzades tampoc poden determinar-se com concloents sobre el comportament de la tecnologia. Podria ser interessant en una futura línia de treball ampliar les funcionalitats de l'eina de planificació en quant a l'estudi de cobertura contemplant aquests aspectes opcionals de l'estàndard i realitzar un nou estudi amb aquestes noves funcionalitats.

En quant a l'estudi de capacitat hem aplicat el mateix criteri a més de considerar una uniformitat en totes les trames. Per tant les presumpcions de capacitat assumides en aquest document han de ser considerades com optimistes. Així doncs una altra línia futura podria ser la d'incloure a l'estudi de capacitat diferents tipus de tràfic i contemplar els diferents mecanismes destinats a millorar l'eficiència de la trama en funció del tipus de tràfic.

Per realitzar el model de cobertura s'ha assumit un model de propagació físic per entorns urbans COST-231 Hata. No obstant, a fi de millorar les dades obtingudes es podrien incloure altres models vàlids a fi de poder realitzar comparacions sobre els resultats obtinguts.

Encara que WiMAX mòbil és una tecnologia relativament nova, desde el 2007 ja s'estan realitzant certificacions de productes WiMAX mòbil basats en l'estàndard IEEE 802.16e i al llarg d'aquest any s'espera realitzar el primer ús dels primers equips indoor i els primers mòbils WiMAX wave-1 (no incorporen millores addicionals com sistemes MIMO o AAS, etc) per a xarxes nòmades. A partir del 2008 s'espera la comercialització dels primers equips mòbils WiMAX wave-1 i wave-2 (MIMO i AAS) per donar totalment mobilitat a la xarxa.

Implicacions mediambientals

Desde els inicis de WiMAX la tecnologia es va presentar com una tecnologia per accedir a l'anomenada última milla. Aquest es el nom amb el que popularment es defineixen les zones suburbanas on els accessos a les tecnologies cablejades resulten inviables per motius econòmics. És en aquests llocs on les tecnologies inalàmbriques recobren una especial importància a fi d'evitar greuges comparatius entre la població que posteriorment es traslladarà als entorns metropolitans.

Les tecnologies inalàmbriques han de servir per poder permetre la connectivitat desde qualsevol lloc en qualsevol moment. La primera generació fou l'etapa analògica en la que es va suprimir el cable de la telefonia fixa. En la segona s'introdueix la connectivitat digital amb sistemes com el GSM. La tercera ha generalitzat la banda ample i els usos multimèdia, no obstant aquestes han esdevingut poc adequades pel transport d'informació.

Les tecnologies basades en OFDMA s'han mostrat especialment idònies per la transport de dades en entorns NLOS de tal manera que no només WiMAX mòbil contempla aquesta opció, sinó que les noves tecnologies cel·lulars estan adoptant aquesta en les successives evolucions en el que s'anomena mòbils de quarta generació.

D'aquesta manera es permet reorientar aquesta carència en la transmissió de dades dins de xarxes inalàmbriques WAN integrant a taxes òptimes transport de dades i veu. No obstant Segons Teppo Paavola⁹ [13] el punt crític es troba en el perfeccionament de les bateries, donat que el ritme i major demanda de rendiment dels mòbils rebassa la capacitat de millora d'aquestes.

La proliferació de la tecnologia WiMAX pot suposar una millora de les comunicacions inalàmbriques, permetent garantir l'accés als usuaris d'entorns metropolitans i per portar la telefonia a zones del Tercer Món sense xarxes terrestres. No obstant aquest punt dependrà finalment del mercat i de les companyies operadores.

L'augment de les xarxes mòbils també ha suposat un augment de les estacions base tant en nuclis urbans com en entorns suburbans. Aquest fet ha estat motiu de preocupació social degut a l'augment de les radiacions emeses, no obstant, les vigents normatives europea i nacional regulen aquests valors, no obstant el govern estatal estableix uns valors permesos menors i que encara es redueixen més en el cas del govern català.

Cal doncs un procés de sensibilització social per d'informar correctament a la població sobre les implicacions d'aquestes emissions radioelèctriques. Aquest procés ha d'anar acompanyat també d'un pla de desplegament coherent ajustat a les necessitats de la població per tal d'assegurar el correcte funcionament d'aquestes tecnologies i millorar les comunicacions ja existents.

⁹ Teppo Paavola, Cap d'Estrategia i Direcció de Negocis del Centre d'Investigació de Nokia.

BIBLIOGRAFIA

- [1] IEEE 802.16-2004, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems*, Octubre 2004.
- [2] IEEE 802.16e, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers from Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1*, February 2006. (Approved: 7 Decembre 2005).
- [3] WiMAX Forum, *Mobile System Profile, Release 1.0 Approved Specification (Revision 1.2.2: 2006 -11-17)*, Novembre 2006.
- [4] Ohrtman, Frank, *WiMAX, Handbook. Building 802.16 Wireless Networks*. Mc. Graw-Hill Communications, USA, 2005.
- [5] Abhayawardhana V.S., Wassell I.J., Crosby D, Sellars M.P., Brown M.G. "Comparison of Empirical Propagation Path Loss Models for Fixed Wireless Access Systems, Desembre 2003.
- [6] SR Telecom, "WiMax Capacity" Whitepaper, SR Telecom, Agost 2006.
- [7] Fundació i2cat, "Projecte Catalunya Oberta Sense fils: Recomanacions Tecnològiques", pp 103-167.
- [8] Nuaymi, Loutfi, *WiMAX, Technology for Broadband Wireless Access*. Wiley & Sons, Sussex, 2007.
- [9] Intel Technology Journal, "Scalable OFDMA Physical Layer in IEEE 802.16 WirelessMAN" Whitepaper, Intel Corporation, Agost 2004.
- [10] ATDI, "Mobile WiMAX, From OFDM-256 to S-OFDMA", Whitepaper, ATDI, Gener 2007.
- [11] Wimax Forum, "Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation", Agost 2006.
- [12] Wimax Forum, "Mobile WiMAX – Part II: A Comparative Analysis", Maig 2006.
- [13] David Dusster, " El norte de los móviles" Magazine (LA VANGUARDIA), 22 de Juliol 2007.

Consulta:

- [14] Consulta, Roy R., "4G Mobile Networks, Technology beyond 2.5G and 3G", Seoul National University, 16 de Gener 2007.
- [15] Kaverhrad, Mohsen, "PHY/MAC CROSS-LAYER ISSUES IN MOBILE WiMAX" Whitepaper, Bechtel Corporation, Gener 2006.
- [16] Sweeney, Daniel, *WiMAX Operator's Manual*. Apress, USA, 2004.
- [17] Wimax Forum, "Mobile WiMAX – The Best Personal Broadband Experience!", Juny 2006.

ANNEX I

Índex alfabètic de funcions

Funció	Mòdul
Calcul	11
Calcul_corrector_du()	14
Calcul_corrector_Gt()	12
Calcul_corrector_Vureq()	13
Calcula_a(hm As Double, fp_MHz As Double, Tipus_entorn_metro As String)	2
Calcula_Af(fs As Double, NFFT As Double) As Double	25
Calcula_C_DL(SheetWrite As String, Tipus_Calcul_COBERTURA As String)	36
Calcula_C_UL(SheetWrite As String, Tipus_Calcul_COBERTURA As String)	37
Calcula_Cframe_data(Ns As Double, Ns_data As Double, _ NFFTd As Double, TTG As Double, RTG As Double, _ Ts As Double, Ttrama As Double, _ pcQPSK_1_2 As Double, pcQPSK_3_4 As Double, _ pc16QAM_1_2 As Double, pc16QAM_3_4 As Double, _ pc64QAM_1_2 As Double, pc64QAM_2_3 As Double, _ pc64QAM_3_4 As Double, pc64QAM_5_6 As Double)	32
Calcula_Cphy(pcQPSK_1_2 As Double, pcQPSK_3_4 As Double, _ pc16QAM_1_2 As Double, pc16QAM_3_4 As Double, _ pc64QAM_1_2 As Double, pc64QAM_2_3 As Double, _ pc64QAM_3_4 As Double, pc64QAM_5_6 As Double, _ Ts As Double, NFFTd As Double)	31
Calcula_D(Ptx_mW As Double, Bw_MHz As Double, SNR_dB As Double, _ Gt_dB As Double, Gr_dB As Double, Rss_dB As Double, _ Nint As Integer, R As Double, fp_MHz As Double, _ hb As Double, hm As Double, Cm As Double, _ Tipus_entorn_metro As String)	4
Calcula_Dcel_R(R_N_metres As Double)	2
Calcula_distancia(PL_max_dB As Double, fp_MHz As Double, _ hb As Double, hm As Double, Cm As Double, _ Tipus_entorn_metro As String)	2
Calcula_fs(Bw As String, N As Double)	24
Calcula_interferents(Orientacio As String)	1
Calcula_N(Bw As String)	23
Calcula_N_freq(D As Double, R As Double)	21
Calcula_NFFT(Bw As String)	22
Calcula_NFFT_used(Bw As String, Permutacio As String)	22
Calcula_Nsimb(Ttr, Ts)	29
Calcula_Nsimb_data(Sheetname As String, Subtrama As String, _ Bw As String, PHYSlots_fr As Double, _ PHYSlots_subfr As Double)	29

Calcula_Nsimb_data(Sheetname As String, Subtrama As String, _ Bw As String, PHYSlots_fr As Double, _ PHYSlots_subfr As Double)	30
Calcula_Nsubch(NFFTd As Double, Permutacio As String)	28
Calcula_PHYSlots_Trama(NFFT As Double, Nsimb_OFDMA_frame As Double)	33
Calcula_PL_dB(Rss_lineal As Double, SNR_lineal As Double, _ Bw As Double, Gt_lineal As Double, _ Gr_lineal As Double, Nint As Integer, _ Ptx_lineal As Double)	5
Calcula_Portadores_DL(SheetRead As String, _ SheetWrite As String, fil_N_FFT As Integer, _ col_N_FFT As Integer, fil_N_FFTd As Integer, _ col_N_FFTd As Integer, fil_N_FFTp As Integer, _ col_N_FFTp As Integer, Permutacio As String, _ Bw As String)	22
Calcula_Portadores_UL(SheetRead As String, _ SheetWrite As String, fil_N_FFT As Integer, _ col_N_FFT As Integer, fil_N_FFTd As Integer, _ col_N_FFTd As Integer, fil_N_FFTp As Integer, _ col_N_FFTp As Integer, Permutacio As String, _ Bw As String)	22
Calcula_PSlots_SubTramaDL(N_PHY_slots_frame As Double, _ Ratio As String)	34
Calcula_PSlots_SubTramaUL(N_PHY_slots_frame As Double, _ Ratio As String)	35
Calcula_Q(Q As Double) As Double	20
Calcula_Rss(SNRmin_rx_dB As Double, Fact_rep As Double, _ fs_MHz As Double, NFFT_used As Double, NFFT As Double)	5
Calcula_RTG(Bw As String, fs As Double) As Double	27
Calcula_SNR(Nint As Integer, N As Integer, Gamma As Double)	39
Calcula_T(Vcela As Double, Vu_req As Double, du As Double, _ Rintern As Double, Rextern As Double)	8
Calcula_Tb(Af As Double) As Double	26
Calcula_Tg(Tb As Double, G As Double) As Double	26
Calcula_Ts(Tb As Double, Tg As Double) As Double	26
Calcula_Tsubtotal(fil_ini, col_ini)	10
Calcula_TTG(Bw As String, fs As Double) As Double	27
Calcula_Ttrama(Bw As String)	28
Calcula_Vmod_DL(Bw As String, md As String, Permutacio As String)	6
Calcula_Vmod_UL(Bw As String, md As String, Permutacio As String)	6
Calcula_Vu_req(Vu As Double, pu As Double)	9
Calcula_Vu_reqDL(Vu_req As Double, Ratio As String)	9
Calcula_Vu_reqUL(Vu_req As Double, Ratio As String)	9
Clear_SCREEN(Sheetname As String)	7
Combina_Celes(Rang As String)	19

Defineix_slot(per_mode As String)	29
Determina_SNR(md As String)	3
Dibuixa_Barra_Gris(Sheetname As String, Range As String)	18
Escull_Estadístiques()	44
Estadistiques(SheetRead As String, SheetWrite As String)	40
Estadistiques_corrector_du(SheetRead As String, SheetWrite As String)	43
Estadistiques_corrector_Gt(SheetRead As String, SheetWrite As String)	41
Estadistiques_corrector_Vu(SheetRead As String, SheetWrite As String)	42
Format_Calcul_corrector_du()	17
Format_Calcul_corrector_Gt()	15
Format_Calcul_corrector_Vureq()	16
Format_Capacitat_corrector_Dcela()	45
Format_Capacitat_corrector_du()	47
Format_Capacitat_corrector_Vureq()	46
Inseireix_Dades(punter_COBERTURA As Integer, _ punter_ESTADISTTIQUES As Integer, _ SheetWrite As String, SheetRead As String)	40
Inseireix_Dades_EST(punter_COBERTURA As Integer, _ punter_ESTADISTTIQUES As Integer, _ SheetWrite As String, _ SheetRead As String, TipusCorrector As String)	41
Inseireix_Enunciat_temps(SheetRead As String, SheetWrite As String, _ Range_Read As String, LineWrite As Integer, _ ColWrite As Integer, z As Integer)	40
Inseireix_temps(punter_COBERT As Integer, punter_ESTADIST As Integer, _ SheetWrite As String, SheetRead As String)	40
Remarca_resultats (ColorLletra_cat As String, ColorFons_cat, Rang As String)	18
Requadrar(Rang As String)	19
Requadrar_xdins(Rang As String)	19
Subindex(fil As Integer, col As Integer, inici As Integer, _ longitud As Integer)	38
Superindex(fil As Integer, col As Integer, inici As Integer, _ longitud As Integer)	38

Codi VBA de l'eina de simulació

Mòdul 1

Function Calcula_interferents(Orientacio As String)

```
' Subrutina que s'encarrega de verificar el nombre d'interferents depenent de
'l 'orientació de les antenes i de verificar que l'activitat de cada antena
'és un valor vàlid (0 - 100%)
```

```
'***** PARÀMETRES *****
```

```
Dim Nint As Integer
```

```
'***** COS DE LA FUNCIO *****
```

```
'-----Comprovem que el nombre d'interferents és el correcte-----
```

```
If (Orientacio = "60") Then
```

```
    'Fixem el número d'interferents
    Nint = 3
    Calcula_interferents = Nint
```

```
End If
```

```
If (Orientacio = "120") Then
```

```
    'Fixem el número d'interferents
    Nint = 4
    Calcula_interferents = Nint
```

```
End If
```

```
If (Orientacio = "360") Then
```

```
    'Fixem el número d'interferents
    Nint = 6
    Calcula_interferents = Nint
```

```
End If
```

```
End Function
```

Mòdul 2

Function Calcula_distancia(PL_max_dB As Double, fp_MHz As Double, _ hb As Double, hm As Double, Cm As Double, _ Tipus_entorn_metro As String)

```
'Subrutina encarregada de calcular R en funció dels paràmetres d'entrada
```

```
'***** PARÀMETRES *****
```

```
Dim a_h As Double
Dim dmax As Double
```

```
'***** COS DE LA FUNCIO *****
```

```

a_h = Calcula_a(hm, fp_MHz, Tipus_entorn_metro)

dmax = 1000# * 10 ^ ((PL_max_dB - 46.3 - 33.9 * (Log(fp_MHz) / Log(10)) +
13.82 * (Log(hb) / Log(10)) + a_h - Cm) / (44.9 - 6.55 * (Log(hb) / Log(10))))

Calcula_distancia = dmax

End Function

```

Function Calcula_a(hm As Double, fp_MHz As Double, Tipus_entorn_metro As String)

```

'Subrutina encarregada de calcular a(h)

'***** PARÀMETRES *****

Dim a_h As Double

'***** COS DE LA FUNCIO *****

Select Case Tipus_entorn_metro

Case Is = "Centre metropolitana gran"

a_h = 3.2 * (Log(11.75 * hm) / Log(10)) ^ 2 - 4.97

Case Is = "Centre metropolitana mitjà"

a_h = ((1.1 * Log(fp_MHz) / Log(10)) - 0.7) * hm - ((1.56 * Log(fp_MHz) /
Log(10)) - 0.8)

End Select

Calcula_a = a_h

End Function

```

Function Calcula_Dcel_R(R_N_metres As Double)

```

' Subrutina que calcula R en funció de la densitat de cel·les "d".

'***** PARÀMETRES *****

Dim dcela As Double

'***** COS DE LA FUNCIO *****

dcela = 2 / (R_N_metres ^ 2 * 3 * Sqr(3))

Calcula_Dcel_R = dcela * 1000000#

End Function

```

Mòdul 3

Function Determina_SNR(md As String)

```

'Subrutina que retorna la SNR mínima en recepció requerida per la modulació donada.

```

```

'***** PARÀMETRES *****
'***** COS DE LA FUNCIO *****

Select Case md

Case Is = "QPSK 1/2"
    SNR = 2.9

Case Is = "QPSK 3/4"
    SNR = 6.3

Case Is = "16 QAM 1/2"
    SNR = 8.6

Case Is = "16 QAM 3/4"
    SNR = 12.7

Case Is = "64 QAM 1/2"
    SNR = 13.8

Case Is = "64 QAM 2/3"
    SNR = 16.9

Case Is = "64 QAM 3/4"
    SNR = 18

Case Is = "64 QAM 5/6"
    SNR = 19.9

Case Else

    MsgBox prompt:="Error de modulació. Siusplau, selecciona de nou la
modulació.", _
    Title:="Error", _
    Buttons:=vbExclamation

End Select

Determina_SNR = SNR

End Function

```

Mòdul 4

```

Function Calcula_D(SNR_rx_dB As Double, Rss_dBm As Double, _
    Nint As Integer, Ptx As Double, Gt As Double,
    Gr As Double, R As Double, fp_MHz As Double,
    hb As Double, hm As Double, _
    Cm As Double, Tipus_entorn_metro As String)

'Subrutina encarregada de calcular D, donada la SNR i R.

'***** PARÀMETRES *****

Dim P_int As Double    'Potència de les senyals interferents rebuda

```

```

Dim PL As Double
Dim Q As Double
'***** COS DE LA FUNCIO *****

'SNR_rx= Rss / P_int ---> P_int= Rss - SNR

P_int = Rss_dBm - SNR_rx_dB      'dBm

'P_int_rx = Nint*Ptx + Gt+ Gr - PL

PL = 10 * (Log(Nint * Ptx) / Log(10)) - P_int

'Calculem D

D = Calcula_distancia(PL, fp_MHz, hb, hm, Cm, Tipus_entorn_metro)

Q = D / R

'Cridem a la funció calcula_Q per trobar el valor vàlid d'aquesta en funció.

Q = Calcula_Q(Q)

'Calculem D amb la Q correcta

D = Q * R

Calcula_D = D

End Function

```

Mòdul 5

```

Function Calcula_Rss(SNRmin_rx_dB As Double, Fact_rep As Double, _
                    fs_MHz As Double, NFFT_used As Double, NFFT As Double)

'Funció encarregada de calcular la sensibilitat en recepció

'Eq. 149b IEEE 802.16e

'***** PARÀMETRES *****

Dim Rss As Double
Dim Imp_Loss As Double 'Implementation Loss
Dim NF As Double      'Noise Figure

'***** COS DE LA FUNCIO *****

Imp_Loss = 5      'dB
NF = 8           'dB

Rss = -114 + SNRmin_rx_dB - 10 * (Log(Fact_rep) / Log(10)) + _
      10 * (Log((fs_MHz * NFFT_used) / (NFFT)) / Log(10)) + Imp_Loss + NF

Calcula_Rss = Rss

End Function

Function Calcula_PL_dB(Rss_lineal As Double, SNR_lineal As Double, _
                     Bw As Double, Gt_lineal As Double, _
                     Gr_lineal As Double, Nint As Integer, _
                     Ptx_lineal As Double)

'Funció que calcula les pèrdues per propagació màximes

```

```

'***** PARÀMETRES *****
Dim PL As Double
Dim K As Double
Dim T0 As Double
Dim I As Double

K = 1.38E-23
T0 = 290

'***** COS DE LA FUNCIO *****

I = Rss_lineal / SNR_lineal

PL = (I - K * T0 * Bw) / (Nint * Gt_lineal * Gr_lineal * Ptx_lineal)

PL = -10 * Log(PL) / Log(10)

Calcula_PL_dB = PL

End Function

```

Mòdul 6

Function Calcula_Vmod_DL(Bw As String, md As String, Permutacio As String)

```

'Subrutina pel càlcul de les modulacions en els diferents radis de cel·la
'***** PARÀMETRES *****
Dim Vmod_DL As Double

If Permutacio = "DL-PUSC" Then

    '***** VELOCITATS DE DOWNLINK MÀXIMES PER MODULACIO *****

    '***** Bw = 5 Mhz *****

    V5_QPSK_1_2 = 3168000
    V5_QPSK_3_4 = 4752000
    V5_16QAM_1_2 = 6336000
    V5_16QAM_3_4 = 9504000
    V5_64QAM_1_2 = 9504000
    V5_64QAM_2_3 = 12672000
    V5_64QAM_3_4 = 14256000
    V5_64QAM_5_6 = 15840000

    '***** Bw = 10 Mhz *****

    V10_QPSK_1_2 = 6336000
    V10_QPSK_3_4 = 9504000
    V10_16QAM_1_2 = 12672000
    V10_16QAM_3_4 = 19008000
    V10_64QAM_1_2 = 19008000
    V10_64QAM_2_3 = 25344000
    V10_64QAM_3_4 = 28512000
    V10_64QAM_5_6 = 31680000

End If

If Permutacio = "AMC" Then

```

```

'***** VELOCITATS DE DOWNLINK MÀXIMES PER MODULACIÓ *****
'***** Bw = 5 Mhz *****
V5_QPSK_1_2 = 3379200
V5_QPSK_3_4 = 5068800
V5_16QAM_1_2 = 6758400
V5_16QAM_3_4 = 10137600
V5_64QAM_1_2 = 10137600
V5_64QAM_2_3 = 13516800
V5_64QAM_3_4 = 15206400
V5_64QAM_5_6 = 16896000

'***** Bw = 10 Mhz *****
V10_QPSK_1_2 = 6758400
V10_QPSK_3_4 = 10137600
V10_16QAM_1_2 = 13516800
V10_16QAM_3_4 = 20275200
V10_64QAM_1_2 = 20275200
V10_64QAM_2_3 = 27033600
V10_64QAM_3_4 = 30412800
V10_64QAM_5_6 = 33792000

End If

'***** COS DE LA FUNCIÓ *****

Select Case Bw

Case Is = "5"

'Cas Bw = 5 Mhz

Vmod_DL = Switch(md = "64 QAM 5/6", V5_64QAM_5_6, md = "64 QAM 3/4",
V5_64QAM_3_4, md = "64 QAM 2/3", V5_64QAM_2_3, md = "64 QAM 1/2",
V5_64QAM_1_2, md = "16 QAM 3/4", V5_16QAM_3_4, md = "16 QAM 1/2",
V5_16QAM_1_2, md = "QPSK 3/4", V5_QPSK_3_4, md = "QPSK 1/2", V5_QPSK_1_2)

Case Is = "10"

'Cas Bw = 10 Mhz

Vmod_DL = Switch(md = "64 QAM 5/6", V10_64QAM_5_6, md = "64 QAM 3/4",
V10_64QAM_3_4, md = "64 QAM 2/3", V10_64QAM_2_3, md = "64 QAM 1/2",
V10_64QAM_1_2, md = "16 QAM 3/4", V10_16QAM_3_4, md = "16 QAM 1/2",
V10_16QAM_1_2, md = "QPSK 3/4", V10_QPSK_3_4, md = "QPSK 1/2", V10_QPSK_1_2)

Case Else

MsgBox prompt:="L'ample de banda ha de ser 5 o 10 Mhz. Siusplau, corregeix
el valor.", _
Title:="Error", _
Buttons:=vbExclamation

End Select

Calcula_Vmod_DL = Vmod_DL

End Function

Function Calcula_Vmod_UL(Bw As String, md As String, Permutacio As String)

```

```

'Subrutina pel càlcul de les modulacions en els diferents radis de cel·la
'***** PARÀMETRES *****'

Dim Vmod_UL As Double

If Permutacio = "UL-PUSC" Then

'***** VELOCITATS D'UPLINK MÀXIMES PER MODULACIÓ *****

'***** Bw = 5 Mhz *****

V5_QPSK_1_2 = 2284800
V5_QPSK_3_4 = 3427200
V5_16QAM_1_2 = 4569600
V5_16QAM_3_4 = 6854400
V5_64QAM_1_2 = 6854400
V5_64QAM_2_3 = 9139200
V5_64QAM_3_4 = 10281600
V5_64QAM_5_6 = 11424000

'***** Bw = 10 Mhz *****

V10_QPSK_1_2 = 4704000
V10_QPSK_3_4 = 7056000
V10_16QAM_1_2 = 9408000
V10_16QAM_3_4 = 14112000
V10_64QAM_1_2 = 14112000
V10_64QAM_2_3 = 18816000
V10_64QAM_3_4 = 21168000
V10_64QAM_5_6 = 23520000

End If

If Permutacio = "AMC" Then

'***** VELOCITATS D'UPLINK MÀXIMES PER MODULACIÓ *****

'***** Bw = 5 Mhz *****

V5_QPSK_1_2 = 3225600
V5_QPSK_3_4 = 4838400
V5_16QAM_1_2 = 6451200
V5_16QAM_3_4 = 9676800
V5_64QAM_1_2 = 9676800
V5_64QAM_2_3 = 12902400
V5_64QAM_3_4 = 14515200
V5_64QAM_5_6 = 16128000

'***** Bw = 10 Mhz *****

V10_QPSK_1_2 = 6451200
V10_QPSK_3_4 = 9676800
V10_16QAM_1_2 = 12904000
V10_16QAM_3_4 = 19353600
V10_64QAM_1_2 = 19353600
V10_64QAM_2_3 = 25804800
V10_64QAM_3_4 = 29030400
V10_64QAM_5_6 = 32256000

End If

'***** COS DE LA FUNCIÓ *****

Select Case Bw

```



```

Case Is = "5"

'Cas Bw = 5 Mhz

Vmod_UL = Switch(md = "64 QAM 5/6", V5_64QAM_5_6, md = "64 QAM 3/4",
V5_64QAM_3_4, md = "64 QAM 2/3", V5_64QAM_2_3, md = "64 QAM 1/2",
V5_64QAM_1_2, md = "16 QAM 3/4", V5_16QAM_3_4, md = "16 QAM 1/2",
V5_16QAM_1_2, md = "QPSK 3/4", V5_QPSK_3_4, md = "QPSK 1/2", V5_QPSK_1_2)

Case Is = "10"

'Cas Bw = 10 Mhz

Vmod_UL = Switch(md = "64 QAM 5/6", V10_64QAM_5_6, md = "64 QAM 3/4",
V10_64QAM_3_4, md = "64 QAM 2/3", V10_64QAM_2_3, md = "64 QAM 1/2",
V10_64QAM_1_2, md = "16 QAM 3/4", V10_16QAM_3_4, md = "16 QAM 1/2",
V10_16QAM_1_2, md = "QPSK 3/4", V10_QPSK_3_4, md = "QPSK 1/2", V10_QPSK_1_2)

Case Else

MsgBox prompt:="L'ample de banda ha de ser 5 o 10 Mhz. Siusplau, corregeix el
valor.", _
        Title:="Error", _
        Buttons:=vbExclamation

End Select

Calcula_Vmod_UL = Vmod_UL

End Function

```

Mòdul 7

Sub Clear_SCREEN(Sheetname As String)

```

'***** COS DE LA FUNCIO *****

If (Sheetname = "COBERTURA") Then

    Sheets(Sheetname).Select
    ActiveWindow.DisplayGridlines = False

    Columns("F:U").Select
    Selection.Delete Shift:=xlToLeft

    Sheets("COBERTURA").Range("B22:C76").ClearContents

    Cells.Select

    With Selection

        .NumberFormat = "0.00"
        .HorizontalAlignment = xlCenter
        .VerticalAlignment = xlCenter

    End With

    With Selection.Font

        .Name = "Arial"
        .Size = 8
        .Strikethrough = False
        .OutlineFont = False
        .Shadow = False
    End With

```

```

        .Underline = xlUnderlineStyleNone
        .ColorIndex = xlAutomatic

    End With

    Range("B7").Select
    Selection.NumberFormat = "0.0"

    Range("B10").Select
    Selection.NumberFormat = "0.0"

    Range("B11").Select
    Selection.NumberFormat = "0.0"

    Range("B14").Select
    Selection.NumberFormat = "0.000"

    Range("B26").Select
    Selection.NumberFormat = "0"

    Range("B55").Select
    Selection.NumberFormat = "0.00"

    Range("B67").Select
    Selection.NumberFormat = "0"

    Range("H13:H13").Select
    Selection.NumberFormat = "@"

    'Eborrem el format de les caselles remarcades

    Range("B64:B65").Select
        Selection.Font.Bold = False
        Selection.Font.ColorIndex = 0

    Range("H9:G9").Select
        Selection.Font.Bold = False
        Selection.Font.ColorIndex = 0

    Range("M7:N7").Select
        Selection.Font.Bold = False
        Selection.Font.ColorIndex = 0

    'Reescribim les caselles de DL i UL
    Sheets("COBERTURA").Cells(42, 2) = "DL"
    Sheets("COBERTURA").Cells(42, 3) = "UL"

    Sheets(Sheetname).Range("A1").Activate

End If

If (Sheetname = "COBERTURA_Dcela") Then

    Sheets("COBERTURA").Select
    Sheets("COBERTURA").Range("H22:I24").ClearContents
    Sheets("COBERTURA").Range("H26:I50").ClearContents
    Sheets("COBERTURA").Range("H52:I61").ClearContents
    Sheets("COBERTURA").Range("H63:I66").ClearContents
    Sheets("COBERTURA").Range("H68:I75").ClearContents

    'Reescribim les caselles de DL i UL
    Sheets("COBERTURA").Cells(42, 8) = "DL"
    Sheets("COBERTURA").Cells(42, 9) = "UL"

End If

```

```
If (Sheetname = "COBERTURA_Vureq") Then

    Sheets("COBERTURA").Select
    Sheets("COBERTURA").Range("M22:N24").ClearContents
    Sheets("COBERTURA").Range("M26:N50").ClearContents
    Sheets("COBERTURA").Range("M52:N61").ClearContents
    Sheets("COBERTURA").Range("M63:N66").ClearContents
    Sheets("COBERTURA").Range("M68:N75").ClearContents

    'Reescribim les caselles de DL i UL
    Sheets("COBERTURA").Cells(42, 13) = "DL"
    Sheets("COBERTURA").Cells(42, 14) = "UL"

End If

If (Sheetname = "COBERTURA_du") Then

    Sheets("COBERTURA").Select
    Sheets("COBERTURA").Range("R22:S24").ClearContents
    Sheets("COBERTURA").Range("R26:S50").ClearContents
    Sheets("COBERTURA").Range("R52:S61").ClearContents
    Sheets("COBERTURA").Range("R63:S66").ClearContents
    Sheets("COBERTURA").Range("R68:S75").ClearContents

    'Reescribim les caselles de DL i UL
    Sheets("COBERTURA").Cells(42, 18) = "DL"
    Sheets("COBERTURA").Cells(42, 19) = "UL"

End If

If (Sheetname = "ESTADISTIQUES") Then

    Sheets(Sheetname).Select
    ActiveWindow.DisplayGridlines = False
    Cells.Select
        Selection.ClearContents
        Selection.Font.Bold = False
        'ActiveSheet.Shapes.Select
        'Selection.Delete

    With Selection
        .NumberFormat = "0.00"
        .HorizontalAlignment = xlCenter
        .VerticalAlignment = xlBottom
        .WrapText = False
        .Orientation = 0
        .AddIndent = False
        .IndentLevel = 0
        .ShrinkToFit = False
        .ReadingOrder = xlContext
        .MergeCells = False

    End With

    With Selection.Font
        .Name = "Arial"
        .Size = 8
        .Strikethrough = False
        .OutlineFont = False
        .Shadow = False
        .Underline = xlUnderlineStyleNone
        .ColorIndex = xlAutomatic
```

```

End With
Columns("A:T").Select
Selection.Delete Shift:=xlToLeft

Range("H13:I14").Select
Selection.NumberFormat = "@"

Range("B6:B6").Select
Selection.NumberFormat = "0.000"

Range("A1").Select

End If

If (Sheetname = "CAPACITAT") Then

    Sheets(Sheetname).Select
    Columns("F:S").Select
    Selection.Delete Shift:=xlToLeft

    Sheets("CAPACITAT").Select
    Sheets("CAPACITAT").Range("B18:C18").ClearContents
    Sheets("CAPACITAT").Range("B20:C31").ClearContents
    Sheets("CAPACITAT").Range("B33:C39").ClearContents

End If

End Sub

```

Mòdul 8

```

Function Calcula_T(Vcela As Double, Vu_req As Double, du As Double, _
    Rintern As Double, Rextern As Double)

```

```

'***** PARÀMETRES *****

```

```

Dim T As Double
Dim Pi As Variant

```

```

Pi = 3.14159265358979          '3,1415926535897932384626433832795

```

```

'***** COS DE LA FUNCIO *****

```

```

T = (du * Pi * (Rextern ^ 2 - Rintern ^ 2) * Vu_req) / Vcela

```

```

Calcula_T = T

```

```

End Function

```

Mòdul 9

```

Function Calcula_Vu_req(Vu As Double, pu As Double)

```

```

'Subrutina que calcula la velocitat d'usuari requerida

```

```

'***** PARÀMETRES *****

```

```

Dim Vu_req As Double

```

```
'vu: Velocitat d'usuari
' pu: Activitat d'usuari

'***** COS DE LA FUNCIO' *****

Vu_req = (Vu * pu)

'Retornem el valor

Calcula_Vu_req = Vu_req

End Function
```

```
Function Calcula_Vu_reqDL(Vu_req As Double, Ratio As String)
'Subrutina que calcula la velocitat d'usuari requerida de DL i UL
'***** PARÀMETRES *****

Dim Vu_reqDL As Double

'***** COS DE LA FUNCIO' *****

Select Case Ratio

Case Is = "1:0"
    Vu_reqDL = Vu_req * 1

Case Is = "3:1"
    Vu_reqDL = Vu_req * 3 / 4

Case Is = "3:2"
    Vu_reqDL = Vu_req * 3 / 5

Case Is = "1:1"
    Vu_reqDL = Vu_req * 1 / 2

Case Is = "0:1"
    Vu_reqDL = Vu_req * 0

End Select

Calcula_Vu_reqDL = Vu_reqDL

End Function
```

Function Calcula_Vu_reqUL(Vu_req As Double, Ratio As String)

```
'Subrutina que calcula la velocitat d'usuari requerida de DL i UL
'***** PARÀMETRES *****

Dim Vu_reqUL As Double

'***** COS DE LA FUNCIO' *****

Select Case Ratio

Case Is = "1:0"
```

```

    Vu_reqUL = Vu_req * 0
Case Is = "3:1"
    Vu_reqUL = Vu_req * 1 / 4
Case Is = "3:2"
    Vu_reqUL = Vu_req * 2 / 5
Case Is = "1:1"
    Vu_reqUL = Vu_req * 1 / 2
Case Is = "0:1"
    Vu_reqUL = Vu_req * 1
End Select

Calcula_Vu_reqUL = Vu_reqUL
End Function

```

Mòdul 10

Function Calcula_Tsubtotal(fil_ini, col_ini)

```

'Subrutina que calcula Ttotal
'***** PARÀMETRES *****
'Dim t1 As Double, t2 As Double, t3 As Double, t4 As Double, t5 As Double,
't6 As Double, t7 As Double, t8 As Double

t1 = Sheets("COBERTURA").Cells(fil_ini, col_ini) / 100
t2 = Sheets("COBERTURA").Cells(fil_ini + 1, col_ini) / 100
t3 = Sheets("COBERTURA").Cells(fil_ini + 2, col_ini) / 100
t4 = Sheets("COBERTURA").Cells(fil_ini + 3, col_ini) / 100
t5 = Sheets("COBERTURA").Cells(fil_ini + 4, col_ini) / 100
t6 = Sheets("COBERTURA").Cells(fil_ini + 5, col_ini) / 100
t7 = Sheets("COBERTURA").Cells(fil_ini + 6, col_ini) / 100
t8 = Sheets("COBERTURA").Cells(fil_ini + 7, col_ini) / 100

'***** COS DE LA FUNCIO *****

If t1 = " " Then t1 = 0

If t2 = " " Then t2 = 0

If t3 = " " Then t3 = 0

If t4 = " " Then t4 = 0

If t5 = " " Then t5 = 0

If t6 = " " Then t6 = 0

If t7 = " " Then t7 = 0

If t8 = " " Then t8 = 0

Tsubtotal = t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8
Calcula_Tsubtotal = Tsubtotal

```

End Function

Mòdul 11

```
Public Mod_Min As String
Public Ttotal As Double
```

Public Sub Calcul()

```
'***** PARÀMETRES *****
```

```
Dim Mod_adapt As String
```

```
Dim NMod As Integer
Dim I As Integer
Dim j As Integer
Dim comptador_mod As Integer
```

```
Dim Vu_req As Double
Dim Vu_req_DL As Double
Dim Vu_req_UL As Double
```

```
Dim Ptx As Double
Dim Gt As Double
Dim Gr As Double
Dim hb As Double
Dim hm As Double
Dim fp_MHz As Double
Dim Cm As Double
Dim N_mostreig As Double
Dim fs As Double
Dim NFFT_used As Double
Dim NFFT As Double
Dim Rss As Double
Dim FR As Double
Dim PL_max_dB As Double
```

```
Dim du As Double
Dim Vu As Double
Dim pu As Double
Dim dcela As Double
Dim md As String
Dim Bw As String
Dim Orientacio As String
Dim Y As Double
```

```
Dim Nint As Integer
Dim R As Double
Dim R_N As Double
Dim D As Double
Dim N As Integer
Dim Vmod_DL As Double
Dim Vmod_UL As Double
Dim SNR_dB As Double
Dim SNRmin_dB As Double
Dim Rint As Double
Dim Rext As Double
Dim Bw_valor As Double
```

```
Dim T_DL As Double
Dim T_UL As Double
Dim Tsubtotal_DL As Double
Dim Tsubtotal_UL As Double
'Dim Ttotal As Double
```

```

Dim recall As Boolean
Dim recall2 As Boolean

recall = False
recall2 = False

Dim Modulacions(8) As String

    Modulacions(0) = "QPSK 1/2"
    Modulacions(1) = "QPSK 3/4"
    Modulacions(2) = "16 QAM 1/2"
    Modulacions(3) = "16 QAM 3/4"
    Modulacions(4) = "64 QAM 1/2"
    Modulacions(5) = "64 QAM 2/3"
    Modulacions(6) = "64 QAM 3/4"
    Modulacions(7) = "64 QAM 5/6"

Dim RatioDLUL As String
Dim G As String
Dim PermUL As String
Dim PermDL As String

Dim fp_text As String
Dim Tipus_entorn_metro As String

comptador_mod = 0

Ptx = Sheets("COBERTURA").Cells(7, 2)
Gt = Sheets("COBERTURA").Cells(8, 2)
Gr = Sheets("COBERTURA").Cells(9, 2)
hb = Sheets("COBERTURA").Cells(10, 2)
hm = Sheets("COBERTURA").Cells(11, 2)

du = Sheets("COBERTURA").Cells(14, 2)
Vu = Sheets("COBERTURA").Cells(15, 2) * 1000000#
pu = Sheets("COBERTURA").Cells(16, 2) / 100

Mod_Min = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
md = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
Orientacio = Sheets("COBERTURA").ComboBox2.Text
Bw = Sheets("COBERTURA").ComboBox3.Text
fp_text = Sheets("COBERTURA").ComboBox9.Text
Tipus_entorn_metro = Sheets("COBERTURA").ComboBox10.Text
Mod_adapt = Sheets("COBERTURA").ComboBox11.Text

If (pu > 1) Then

MsgBox prompt:="Error en l'activitat d'usuari. Rang [0 - 100%].", _
        Title:="Error", _
        Buttons:=vbExclamation

End If

If (Bw = "5") Then

    Bw_valor = 5

End If

If (Bw = "10") Then

    Bw_valor = 10

End If

If (fp_text = "2,5") Then

```



```
fp_MHz = 2500      'Frequència portadora en MHz
End If

If (Tipus_entorn_metro = "Centre metropolitana dens") Then
    Cm = 3  'dB
End If

If (Tipus_entorn_metro = "Centre metropolitana mitjà") Then
    Cm = 0  'dB
End If

RatioDLUL = Sheets("COBERTURA").ComboBox4.Text
G = Sheets("COBERTURA").ComboBox5.Text
PermUL = Sheets("COBERTURA").ComboBox6.Text
PermDL = Sheets("COBERTURA").ComboBox7.Text

If (Bw = 0 Or Orientacio = 0 Or du = 0 Or Vu = 0 Or pu = 0) Then
    MsgBox prompt:="Falten dades. Siusplau completa les dades necessàries a la
taula de COBERTURA.", _
    Title:="Error", _
    Buttons:=vbExclamation
End If

'***** COS DE LA FUNCIO *****

'Etiqueta
recall_label:

'Cridem a la funció que neteja la pantalla de COBERTURA
Clear_SCREEN "COBERTURA"

'Copiem la modulació mínima
md = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
Mod_Min = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text

'Calculem la velocitat d'usuari requerida
Vu_req = Calcula_Vu_req(Vu, pu)

If Vu_req < 1000000# Then
    Sheets("COBERTURA").Cells(22, 2) = Vu_req / 1000
    Sheets("COBERTURA").Cells(22, 4) = "Kbps"
Else
    Sheets("COBERTURA").Cells(22, 2) = Vu_req / 1000000#
    Sheets("COBERTURA").Cells(22, 4) = "Mbps"
```

```

End If

Vu_req_DL = Calcula_Vu_reqDL(Vu_req, RatioDLUL)

Vu_req_UL = Calcula_Vu_reqUL(Vu_req, RatioDLUL)

If 0 < Vu_req_DL < 1000000# Then

    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 2) = Vu_req_DL / 1000
    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 4) = "Kbps"

Else

    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 2) = Vu_req_DL / 1000000#
    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 4) = "Mbps"

End If

If 0 < Vu_req_UL < 1000000# Then

    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 3) = Vu_req_UL / 1000#
    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 4) = "Kbps"

Else

    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 3) = Vu_req_UL / 1000000#
    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 4) = "Mbps"

End If

'Mirem quantes modulacions hem de tenir per sota

Select Case md

    Case Is = "QPSK 1/2"
        NMod = 7

    Case Is = "QPSK 3/4"
        NMod = 6

    Case Is = "16 QAM 1/2"
        NMod = 5

    Case Is = "16 QAM 3/4"
        NMod = 4

    Case Is = "64 QAM 1/2"
        NMod = 3

    Case Is = "64 QAM 2/3"
        NMod = 2

    Case Is = "64 QAM 3/4"
        NMod = 1

    Case Is = "64 QAM 5/6"
        NMod = 0

    Case Else
        MsgBox prompt:="Error de modulació. Siusplau, selecciona de nou la
modulació.", _
            Title:="Error", _
            Buttons:=vbExclamation

End Select

```

```

'Cridem a la funció que comprova el nombre d'interferents
Nint = Calcula_interferents(Orientacio)
Sheets("COBERTURA").Cells(24, 2) = Nint

'Determinem la SNR requerida del radi extern
SNR_dB = Determina_SNR(md)

'Calculem el factor de mostreig
N_mostreig = Calcula_N(Bw)

'Calculem la freqüència de mostreig
fs = Calcula_fs(Bw, N_mostreig)

fs = fs / 1000000#      'Pasem el valor a MHz perquè així ho requereix la
formula de Rss

'Calculem NFFT_utils i NFFT pel downlink
NFFT_used = Calcula_NFFT_used(Bw, PermDL)
NFFT = Calcula_NFFT(Bw)

'Fixem el factor de repetició a 1
FR = 1

'Calculem la sensibilitat mínima requerida
Rss = Calcula_Rss(SNR_dB, FR, fs, NFFT_used, NFFT)

'Calculem les perdues màximes de propagació PL
' Prx>Rss      ---->      Ptx+Gt+Gr-PL>Rss      ---->      PL<Ptx+Gt+Gr-Rss
PL_max_dB = 10 * (Log(Ptx * 0.001) / Log(10)) + Gt + Gr - Rss

'Calculem el radi de la cel·la
R = Calcula_distancia(PL_max_dB, fp_MHz, hb, hm, Cm, Tipus_entorn_metro)

'Etiqueta
recall_label2:

Sheets("COBERTURA").Cells(63, 2) = R

'Calculem la D corresponent
D = Calcula_D(SNR_dB, Rss, Nint, Ptx, Gt, Gr, R, fp_MHz, hb, hm, Cm,
Tipus_entorn_metro)
Sheets("COBERTURA").Cells(64, 2) = D

'Cridem el reús freqüencial, N, per la modulació més externa
N = Calcula_N_freq(D, R)
Sheets("COBERTURA").Cells(65, 2) = N

If Mod_adapt = "Modulació adaptativa" Then
    For I = 0 To NMod
        'Agafem la modulació començant per la més alta i la copiem a la
casella corresponent

```

```

md = Modulacions(7 - I)
Sheets("COBERTURA").Cells(34 + I, 2) = md

'Calculem la SNR de la modulació

SNR_dB = Determina_SNR(md)
Sheets("COBERTURA").Cells(26 + I, 2) = SNR_dB

'Calculem la velocitat DL permesa per la modulació

Vmod_DL = Calcula_Vmod_DL(Bw, md, PermDL)
Sheets("COBERTURA").Cells(43 + I, 2) = Vmod_DL / 1000000#

'Calculem la velocitat UL permesa per la modulació

Vmod_UL = Calcula_Vmod_UL(Bw, md, PermUL)
Sheets("COBERTURA").Cells(43 + I, 3) = Vmod_UL / 1000000#

'Calculem el nou radi per la modulació Rext

Rss = Calcula_Rss(SNR_dB, FR, fs, NFFT_used, NFFT)
PL_max_dB = 10 * (Log(Ptx * 0.001) / Log(10)) + Gt + Gr - Rss
Rext = Calcula_distancia(PL_max_dB, fp_MHz, hb, hm, Cm,
Tipus_entorn_metro)

Sheets("COBERTURA").Cells(68 + I, 2) = Rext

'Calculem el percentatge de temps de les corones - Subtrama DL

Rint = Sheets("COBERTURA").Cells(68 + I - 1, 2)

T_DL = Calcula_T(Vmod_DL, Vu_req_DL, du, Rint, Rext)
Sheets("COBERTURA").Cells(52 + I, 2) = T_DL * 100

'Calculem el percentatge de temps de les corones - Subtrama UL

T_UL = Calcula_T(Vmod_UL, Vu_req_UL, du, Rint, Rext)
Sheets("COBERTURA").Cells(52 + I, 3) = T_UL * 100

'Controlem si la modulació de la corona externa no restringeix la
modulació de la següent corona interior

Next I

End If

If Mod_adapt = "Una sola modulació" Then

'No apliquem modulació adaptativa. Apliquem una única modulació en la cel·la

Sheets("COBERTURA").Cells(34, 2) = md

SNR_dB = Determina_SNR(md)
Sheets("COBERTURA").Cells(26, 2) = SNR_dB

'Calculem la velocitat DL permesa per la modulació

```

```
Vmod_DL = Calcula_Vmod_DL(Bw, md, PermDL)

Sheets("COBERTURA").Cells(43, 2) = Vmod_DL / 1000000#

'Calculem la velocitat UL permesa per la modulacio

Vmod_UL = Calcula_Vmod_UL(Bw, md, PermUL)

Sheets("COBERTURA").Cells(43, 3) = Vmod_UL / 1000000#

Sheets("COBERTURA").Cells(68, 2) = R

T_DL = Calcula_T(Vmod_DL, Vu_req_DL, du, Rint, R)
Sheets("COBERTURA").Cells(52, 2) = T_DL * 100

T_UL = Calcula_T(Vmod_UL, Vu_req_UL, du, Rint, R)
Sheets("COBERTURA").Cells(52, 3) = T_UL * 100

End If

'Calculem el temps temps total
Tsubtotal_DL = Calcula_Tsubtotal(52, 2)
Tsubtotal_UL = Calcula_Tsubtotal(52, 3)

Ttotal = Tsubtotal_DL + Tsubtotal_UL

Sheets("COBERTURA").Cells(60, 2) = Tsubtotal_DL * 100
Sheets("COBERTURA").Cells(60, 3) = Tsubtotal_UL * 100
Sheets("COBERTURA").Cells(61, 2) = Ttotal * 100

If (Ttotal > 1) Then

    Sheets("COBERTURA").Cells(61, 2) = ">100%"

    'Remarquem amb vermell els valors per R i D

    Remarca_resultats "Vermell", "Blanc", "B61:C61"
    Remarca_resultats "Vermell", "Blanc", "B63:C64"

'Si la trama no està limitada pel tràfic
Else    'Ttotal < 1

    Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "B61:C61"
    Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "B63:C64"

End If

'Tornem a deixar seleccionat la opció escollida per l'usuari

If (recall = True) Then

    Sheets("COBERTURA").ComboBox1.ListIndex =
(Sheets("COBERTURA").ComboBox1.ListIndex) - comptador_mod

End If

dcel = Calcula_Dcel_R(R)
Sheets("COBERTURA").Cells(66, 2) = dcel

End Sub
```

Mòdul 12

Public Sub Calcul_corrector_Gt ()

```

'***** PARÀMETRES *****
Dim Mod_adapt As String

Dim NMod As Integer
Dim I As Integer
Dim j As Integer 'Comptador de les iteracions per corregir el resultat
Dim comptador_mod As Integer

Dim Vu_req As Double
Dim Vu_req_DL As Double
Dim Vu_req_UL As Double

Dim Ptx As Double
Dim Gt As Double
Dim Gr As Double
Dim hb As Double
Dim hm As Double
Dim fp_MHz As Double
Dim Cm As Double
Dim N_mostreig As Double
Dim fs As Double
Dim NFFT_used As Double
Dim NFFT As Double
Dim Rss As Double
Dim FR As Double
Dim PL_max_dB As Double

Dim Nint As Integer
Dim R As Double
Dim D As Double
Dim N As Integer
Dim Vmod_DL As Double
Dim Vmod_UL As Double
Dim SNR_dB As Double
Dim SNRmin_dB As Double
Dim Rint As Double
Dim Rext As Double
Dim Bw_valor As Double

Dim du As Double
Dim Vu As Double
Dim pu As Double
Dim dcela As Double
Dim md As String
Dim Bw As String
Dim Orientacio As String

Dim T_DL As Double
Dim T_UL As Double
Dim Ttotal As Double

Dim recall As Boolean

Dim Modulacions(8) As String

Modulacions(0) = "QPSK 1/2"
Modulacions(1) = "QPSK 3/4"
Modulacions(2) = "16 QAM 1/2"
Modulacions(3) = "16 QAM 3/4"
Modulacions(4) = "64 QAM 1/2"
Modulacions(5) = "64 QAM 2/3"
Modulacions(6) = "64 QAM 3/4"
Modulacions(7) = "64 QAM 5/6"

```

```
Dim RatioDLUL As String
Dim G As String
Dim PermUL As String
Dim PermDL As String
Dim Modmin_aux As String

Dim fp_text As String
Dim Tipus_entorn_metro As String

comptador_mod = 0

Ptx = Sheets("COBERTURA").Cells(7, 2)
Gt = Sheets("COBERTURA").Cells(8, 2)
Gr = Sheets("COBERTURA").Cells(9, 2)
hb = Sheets("COBERTURA").Cells(10, 2)
hm = Sheets("COBERTURA").Cells(11, 2)

du = Sheets("COBERTURA").Cells(14, 2)
Vu = Sheets("COBERTURA").Cells(15, 2) * 1000000#
pu = Sheets("COBERTURA").Cells(16, 2) / 100

Mod_Min = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
Mod_Min_aux = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
md = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
Orientacio = Sheets("COBERTURA").ComboBox2.Text
Bw = Sheets("COBERTURA").ComboBox3.Text
fp_text = Sheets("COBERTURA").ComboBox9.Text
Tipus_entorn_metro = Sheets("COBERTURA").ComboBox10.Text
Mod_adapt = Sheets("COBERTURA").ComboBox11.Text

If (Bw = "5") Then

    Bw_valor = 5

End If

If (Bw = "10") Then

    Bw_valor = 10

End If

If (fp_text = "2,5") Then

    fp_MHz = 2500      'Frequència portadora en MHz

End If

If (Tipus_entorn_metro = "Centre metropolitana dens") Then

    Cm = 3  'dB

End If

If (Tipus_entorn_metro = "Centre metropolitana mitjà") Then

    Cm = 0  'dB

End If

RatioDLUL = Sheets("COBERTURA").ComboBox4.Text
G = Sheets("COBERTURA").ComboBox5.Text
```

```

PermUL = Sheets("COBERTURA").ComboBox6.Text
PermDL = Sheets("COBERTURA").ComboBox7.Text

j = 0

If (Bw = 0 Or Orientacio = 0 Or du = 0 Or Vu = 0 Or pu = 0) Then

    MsgBox prompt:="Falten dades. Siusplau completa les dades necessàries a la
taula de COBERTURA.", _
    Title:="Error", _
    Buttons:=vbExclamation

End If

'***** COS DE LA FUNCIO *****

'Copiem el paràmetre de la modulació mínima abans de realitzar les iteracions

md = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
Mod_Min = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text

'Cridem a la funció que neteja la pantalla de COBERTURA

Clear_SCREEN "COBERTURA_Dcela"

'Copiem els paràmetres a la seva columna corresponent

Sheets("COBERTURA").Cells(3, 8) = fp_text
Sheets("COBERTURA").Cells(4, 8) = Bw
Sheets("COBERTURA").Cells(5, 8) = Orientacio

Sheets("COBERTURA").Cells(6, 8) = Mod_Min_aux
Sheets("COBERTURA").Cells(7, 8) = Ptx
Sheets("COBERTURA").Cells(8, 8) = Gt
Sheets("COBERTURA").Cells(9, 8) = Gr
Sheets("COBERTURA").Cells(10, 8) = hb
Sheets("COBERTURA").Cells(11, 8) = hm
Sheets("COBERTURA").Cells(12, 8) = Tipus_entorn_metro

Sheets("COBERTURA").Cells(14, 8) = du
Sheets("COBERTURA").Cells(15, 8) = Vu / 1000000#
Sheets("COBERTURA").Cells(16, 8) = pu * 100

Sheets("COBERTURA").Cells(18, 8) = PermDL
Sheets("COBERTURA").Cells(18, 9) = PermUL
Sheets("COBERTURA").Cells(19, 8) = RatioDLUL
Sheets("COBERTURA").Cells(20, 8) = G

'Calculem la velocitat d'usuari requerida

Vu_req = Calcula_Vu_req(Vu, pu)
Sheets("COBERTURA").Cells(22, 8) = Vu_req / 1000000#

If Vu_req < 1000000# Then

    Sheets("COBERTURA").Cells(22, 8) = Vu_req / 1000
    Sheets("COBERTURA").Cells(22, 10) = "Kbps"

End If

Vu_req_DL = Calcula_Vu_reqDL(Vu_req, RatioDLUL)
Sheets("COBERTURA").Cells(23, 8) = Vu_req_DL / 1000000#

Vu_req_UL = Calcula_Vu_reqUL(Vu_req, RatioDLUL)
Sheets("COBERTURA").Cells(23, 9) = Vu_req_UL / 1000000#

```



```
If 0 < Vu_req_DL < 1000000# Then
    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 8) = Vu_req_DL / 1000
    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 10) = "Kbps"
End If

If 0 < Vu_req_UL < 1000000# Then
    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 9) = Vu_req_UL / 1000#
    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 10) = "Kbps"
End If

'Mirem quantes modulacions hem de tenir per sota
Select Case md
    Case Is = "QPSK 1/2"
        NMod = 7
    Case Is = "QPSK 3/4"
        NMod = 6
    Case Is = "16 QAM 1/2"
        NMod = 5
    Case Is = "16 QAM 3/4"
        NMod = 4
    Case Is = "64 QAM 1/2"
        NMod = 3
    Case Is = "64 QAM 2/3"
        NMod = 2
    Case Is = "64 QAM 3/4"
        NMod = 1
    Case Is = "64 QAM 5/6"
        NMod = 0
    Case Else
        MsgBox prompt:="Error de modulació. Siusplau, selecciona de nou la
modulació.", _
            Title:="Error", _
            Buttons:=vbExclamation
End Select

' Cridem a la funció que comprova el nombre d'interferents
Nint = Calcula_interferents(Orientacio)
Sheets("COBERTURA").Cells(24, 8) = Nint

'Determinem la SNR requerida del radi extern
SNR_dB = Determina_SNR(md)

'Calculem el factor de mostreig
N_mostreig = Calcula_N(Bw)

'Calculem la freqüència de mostreig
fs = Calcula_fs(Bw, N_mostreig)
```

```

fs = fs / 1000000#      'Pasem el valor a MHz perquè així ho requereix la
fòrmula de Rss

'Calculem NFFT_utils i NFFT

NFFT_used = Calcula_NFFT_used(Bw, PermDL)

NFFT = Calcula_NFFT(Bw)

'Fixem el factor de repetició a 1

FR = 1

'Calculem la sensibilitat mínima requerida

Rss = Calcula_Rss(SNR_dB, FR, fs, NFFT_used, NFFT)

'ETIQUETA DE LA RECURRENCIA
recall_label2:

'Calculem les perdues màximes de propagació PL
' Prx>Rss      ---->      Ptx+Gt+Gr-PL>Rss      ---->      PL<Ptx+Gt+Gr-Rss

PL_max_dB = 10 * (Log(Ptx * 0.001) / Log(10)) + Gt + Gr - Rss

'Calculem el radi de la cel·la

R = Calcula_distancia(PL_max_dB, fp_MHz, hb, hm, Cm, Tipus_entorn_metro)

Sheets("COBERTURA").Cells(63, 8) = R

'Calculem la D corresponent

D = Calcula_D(SNR_dB, Rss, Nint, Ptx, Gt, Gr, R, fp_MHz, hb, hm, Cm,
Tipus_entorn_metro)
Sheets("COBERTURA").Cells(64, 8) = D

'Cridem el reús freqüencial, N, per la modulació més externa

N = Calcula_N_freq(D, R)
Sheets("COBERTURA").Cells(65, 8) = N

If Mod_adapt = "Modulació adaptativa" Then

    For I = 0 To NMod

        'Agafem la modulació començant per la més alta i la copiem a la
casella corresponent

        md = Modulacions(7 - I)
        Sheets("COBERTURA").Cells(34 + I, 8) = md

        'Calculem la SNR de la modulació

        SNR_dB = Determina_SNR(md)
        Sheets("COBERTURA").Cells(26 + I, 8) = SNR_dB

        'Calculem la velocitat DL permesa per la modulacio

        Vmod_DL = Calcula_Vmod_DL(Bw, md, PermDL)

        Sheets("COBERTURA").Cells(43 + I, 8) = Vmod_DL / 1000000#

```

```

'Calculem la velocitat UL permesa per la modulacio
Vmod_UL = Calcula_Vmod_UL(Bw, md, PermUL)
Sheets("COBERTURA").Cells(43 + I, 9) = Vmod_UL / 1000000#

'Calculem el nou radi per la modulació Rext
Rss = Calcula_Rss(SNR_dB, FR, fs, NFFT_used, NFFT)
PL_max_dB = 10 * (Log(Ptx * 0.001) / Log(10)) + Gt + Gr - Rss
Rext = Calcula_distancia(PL_max_dB, fp_MHz, hb, hm, Cm, _
                        Tipus_entorn_metro)

Sheets("COBERTURA").Cells(68 + I, 8) = Rext

'Calculem el percentatge de temps de les corones - Subtrama DL
Rint = Sheets("COBERTURA").Cells(68 + I - 1, 8)

T_DL = Calcula_T(Vmod_DL, Vu_req_DL, du, Rint, Rext)
Sheets("COBERTURA").Cells(52 + I, 8) = T_DL * 100

'Calculem el percentatge de temps de les corones - Subtrama UL
T_UL = Calcula_T(Vmod_UL, Vu_req_UL, du, Rint, Rext)
Sheets("COBERTURA").Cells(52 + I, 9) = T_UL * 100

Next I

End If

If Mod_adapt = "Una sola modulació" Then

'No apliquem modulació adaptativa. Apliquem una única modulació en la cel·la

Sheets("COBERTURA").Cells(34, 8) = md

SNR_dB = Determina_SNR(md)
Sheets("COBERTURA").Cells(26, 8) = SNR_dB

'Calculem la velocitat DL permesa per la modulacio
Vmod_DL = Calcula_Vmod_DL(Bw, md, PermDL)
Sheets("COBERTURA").Cells(43, 8) = Vmod_DL / 1000000#

'Calculem la velocitat UL permesa per la modulacio
Vmod_UL = Calcula_Vmod_UL(Bw, md, PermUL)
Sheets("COBERTURA").Cells(43, 9) = Vmod_UL / 1000000#

Sheets("COBERTURA").Cells(68, 8) = R

T_DL = Calcula_T(Vmod_DL, Vu_req_DL, du, Rint, R)
Sheets("COBERTURA").Cells(52, 8) = T_DL * 100

T_UL = Calcula_T(Vmod_UL, Vu_req_UL, du, Rint, R)

```

```

    Sheets("COBERTURA").Cells(52, 9) = T_UL * 100

End If

Tsubtotal_DL = Calcula_Tsubtotal(52, 8)
Tsubtotal_UL = Calcula_Tsubtotal(52, 9)

Ttotal = Tsubtotal_DL + Tsubtotal_UL

Sheets("COBERTURA").Cells(60, 8) = Tsubtotal_DL * 100
Sheets("COBERTURA").Cells(60, 9) = Tsubtotal_UL * 100
Sheets("COBERTURA").Cells(61, 8) = Ttotal * 100

'Controlem si el sistema queda sobrecapacitat i procedim a donar
'els resultats òptims al usuari

If (Ttotal > 1) And j < 1000 Then

    'Augmentem l'alçada de l'estació base

    Gt = Gt - 0.01
    Sheets("COBERTURA").Cells(8, 8) = Gt

    j = j + 1

    GoTo recall_label2

End If

'Si despres de les 100 iteracions la ocupació es menor que el 100%,
'tenim un valor que no satura el sistema

If (Ttotal < 1) Then

'Remarquem amb verd Gt i els nous valors R, D i Ttotal

    Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "H8:I8"
    Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "H61:I61"
    Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "H63:I63"
    Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "H64:I64"

Else

'Remarquem amb vermell Gt i els nous valors R, D i Ttotal

    Remarca_resultats "Vermell", "Blanc", "H8:I8"
    Remarca_resultats "Vermell", "Blanc", "H61:I61"
    Remarca_resultats "Vermell", "Blanc", "H63:I63"
    Remarca_resultats "Vermell", "Blanc", "H64:I64"

End If

'Deixem novament la modulació indicada per l'usuari a les dades d'entrada

If (recall = True) Then

    Sheets("COBERTURA").ComboBox1.ListIndex =
(Sheets("COBERTURA").ComboBox1.ListIndex) - _
    comptador_mod

End If

dcel = Calcula_Dcel_R(R)
Sheets("COBERTURA").Cells(66, 8) = dcel

```

End Sub

Mòdul 13

Public Sub Calcul_corrector_Vureq()

```
'***** PARÀMETRES *****  
  
Dim Mod_adapt As String  
  
Dim NMod As Integer  
Dim I As Integer  
Dim j As Integer 'Comptador de les iteracions per corregir el resultat  
Dim comptador_mod As Integer  
  
Dim Vu_req As Double  
Dim Vu_req_DL As Double  
Dim Vu_req_UL As Double  
  
Dim Ptx As Double  
Dim Gt As Double  
Dim Gr As Double  
Dim hb As Double  
Dim hm As Double  
Dim fp_MHz As Double  
Dim Cm As Double  
Dim N_mostreig As Double  
Dim fs As Double  
Dim NFFT_used As Double  
Dim NFFT As Double  
Dim Rss As Double  
Dim FR As Double  
Dim PL_max_dB As Double  
  
Dim Nint As Integer  
Dim R As Double  
Dim D As Double  
Dim N As Integer  
Dim Vmod_DL As Double  
Dim Vmod_UL As Double  
Dim SNR_dB As Double  
Dim SNRmin_dB As Double  
Dim Rint As Double  
Dim Rext As Double  
Dim Bw_valor As Double  
  
Dim du As Double  
Dim Vu As Double  
Dim pu As Double  
Dim dcela As Double  
Dim md As String  
Dim Bw As String  
Dim Orientacio As String  
  
Dim T_DL As Double  
Dim T_UL As Double  
Dim Ttotal As Double  
  
Dim recall As Boolean  
  
Dim Modulacions(8) As String  
  
Modulacions(0) = "QPSK 1/2"  
Modulacions(1) = "QPSK 3/4"  
Modulacions(2) = "16 QAM 1/2"  
Modulacions(3) = "16 QAM 3/4"
```

```

Modulacions(4) = "64 QAM 1/2"
Modulacions(5) = "64 QAM 2/3"
Modulacions(6) = "64 QAM 3/4"
Modulacions(7) = "64 QAM 5/6"

Dim RatioDLUL As String
Dim G As String
Dim PermUL As String
Dim PermDL As String
Dim Modmin_aux As String

Dim fp_text As String
Dim Tipus_entorn_metro As String

comptador_mod = 0

Ptx = Sheets("COBERTURA").Cells(7, 2)
Gt = Sheets("COBERTURA").Cells(8, 2)
Gr = Sheets("COBERTURA").Cells(9, 2)
hb = Sheets("COBERTURA").Cells(10, 2)
hm = Sheets("COBERTURA").Cells(11, 2)

du = Sheets("COBERTURA").Cells(14, 2)
Vu = Sheets("COBERTURA").Cells(15, 2) * 1000000#
pu = Sheets("COBERTURA").Cells(16, 2) / 100

Mod_Min = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
Mod_Min_aux = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
md = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
Orientacio = Sheets("COBERTURA").ComboBox2.Text
Bw = Sheets("COBERTURA").ComboBox3.Text
fp_text = Sheets("COBERTURA").ComboBox9.Text
Tipus_entorn_metro = Sheets("COBERTURA").ComboBox10.Text
Mod_adapt = Sheets("COBERTURA").ComboBox11.Text

If (Bw = "5") Then

    Bw_valor = 5

End If

If (Bw = "10") Then

    Bw_valor = 10

End If

If (fp_text = "2,5") Then

    fp_MHz = 2500      'Frequència portadora en MHz

End If

If (Tipus_entorn_metro = "Centre metropolitana dens") Then

    Cm = 3  'dB

End If

If (Tipus_entorn_metro = "Centre metropolitana mitjà") Then

    Cm = 0  'dB

End If

```

```

RatioDLUL = Sheets("COBERTURA").ComboBox4.Text
G = Sheets("COBERTURA").ComboBox5.Text
PermUL = Sheets("COBERTURA").ComboBox6.Text
PermDL = Sheets("COBERTURA").ComboBox7.Text

j = 0

If (Bw = 0 Or Orientacio = 0 Or du = 0 Or Vu = 0 Or pu = 0) Then

    MsgBox prompt:="Falten dades. Siusplau completa les dades necessàries a la
taula de COBERTURA.", _
    Title:="Error", _
    Buttons:=vbExclamation

End If

'***** COS DE LA FUNCIO *****

'Copiem el paràmetre de la modulació mínima abans de realitzar les iteracions

md = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
Mod_Min = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text

'Cridem a la funció que neteja la pantalla de COBERTURA

Clear_SCREEN "COBERTURA_Vureq"

'Copiem els paràmetres a la seva columna corresponent

Sheets("COBERTURA").Cells(3, 13) = fp_text
Sheets("COBERTURA").Cells(4, 13) = Bw
Sheets("COBERTURA").Cells(5, 13) = Orientacio

Sheets("COBERTURA").Cells(6, 13) = Mod_Min_aux
Sheets("COBERTURA").Cells(7, 13) = Ptx
Sheets("COBERTURA").Cells(8, 13) = Gt
Sheets("COBERTURA").Cells(9, 13) = Gr
Sheets("COBERTURA").Cells(10, 13) = hb
Sheets("COBERTURA").Cells(11, 13) = hm
Sheets("COBERTURA").Cells(12, 13) = Tipus_entorn_metro

Sheets("COBERTURA").Cells(14, 13) = du
Sheets("COBERTURA").Cells(15, 13) = Vu / 1000000#
Sheets("COBERTURA").Cells(16, 13) = pu * 100

Sheets("COBERTURA").Cells(18, 13) = PermDL
Sheets("COBERTURA").Cells(18, 14) = PermUL
Sheets("COBERTURA").Cells(19, 13) = RatioDLUL
Sheets("COBERTURA").Cells(20, 13) = G

'ETIQUETA DE LA RECURRÈNCIA
recall_label2:

'Calculem la velocitat d'usuari requerida

Vu_req = Calcula_Vu_req(Vu, pu)
Sheets("COBERTURA").Cells(22, 13) = Vu_req / 1000000#

If Vu_req < 1000000# Then

    Sheets("COBERTURA").Cells(22, 13) = Vu_req / 1000
    Sheets("COBERTURA").Cells(22, 15) = "Kbps"

```

```

End If

Vu_req_DL = Calcula_Vu_reqDL(Vu_req, RatioDLUL)
Sheets("COBERTURA").Cells(23, 13) = Vu_req_DL / 1000000#

Vu_req_UL = Calcula_Vu_reqUL(Vu_req, RatioDLUL)
Sheets("COBERTURA").Cells(23, 14) = Vu_req_UL / 1000000#

If 0 < Vu_req_DL < 1000000# Then
    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 13) = Vu_req_DL / 1000
    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 15) = "Kbps"
End If

If 0 < Vu_req_UL < 1000000# Then
    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 14) = Vu_req_UL / 1000#
    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 15) = "Kbps"
End If

'Mirem quantes modulacions hem de tenir per sota
Select Case md
    Case Is = "QPSK 1/2"
        NMod = 7
    Case Is = "QPSK 3/4"
        NMod = 6
    Case Is = "16 QAM 1/2"
        NMod = 5
    Case Is = "16 QAM 3/4"
        NMod = 4
    Case Is = "64 QAM 1/2"
        NMod = 3
    Case Is = "64 QAM 2/3"
        NMod = 2
    Case Is = "64 QAM 3/4"
        NMod = 1
    Case Is = "64 QAM 5/6"
        NMod = 0
    Case Else
        MsgBox prompt:="Error de modulació. Siusplau, selecciona de nou la
modulació.", _
            Title:="Error", _
            Buttons:=vbExclamation
End Select

' Cridem a la funció que comprova el nombre d'interferents
Nint = Calcula_interferents(Orientacio)
Sheets("COBERTURA").Cells(24, 13) = Nint

'Determinem la SNR requerida del radi extern
SNR_dB = Determina_SNR(md)

```



```
'Calculem el factor de mostreig
N_mostreig = Calcula_N(Bw)

'Calculem la freqüència de mostreig
fs = Calcula_fs(Bw, N_mostreig)

fs = fs / 1000000#      'Pasem el valor a MHz perquè així ho
                        'requereix la fórmula de Rss

'Calculem NFFT_utils i NFFT
NFFT_used = Calcula_NFFT_used(Bw, PermDL)
NFFT = Calcula_NFFT(Bw)

'Fixem el factor de repetició a 1
FR = 1

'Calculem la sensibilitat mínima requerida
Rss = Calcula_Rss(SNR_dB, FR, fs, NFFT_used, NFFT)

'Calculem les perdues màximes de propagació PL
' Prx>Rss      ---->      Ptx+Gt+Gr-PL>Rss      ---->      PL<Ptx+Gt+Gr-Rss

PL_max_dB = 10 * (Log(Ptx * 0.001) / Log(10)) + Gt + Gr - Rss

'Calculem el radi de la cel·la
R = Calcula_distancia(PL_max_dB, fp_MHz, hb, hm, Cm, Tipus_entorn_metro)

Sheets("COBERTURA").Cells(63, 13) = R

'Calculem la D corresponent
D = Calcula_D(SNR_dB, Rss, Nint, Ptx, Gt, Gr, R, fp_MHz, hb, hm, Cm,
Tipus_entorn_metro)
Sheets("COBERTURA").Cells(64, 13) = D

'Cridem el reús freqüencial, N, per la modulació més externa
N = Calcula_N_freq(D, R)
Sheets("COBERTURA").Cells(65, 13) = N

If Mod_adapt = "Modulació adaptativa" Then
    For I = 0 To NMod
        'Agafem la modulació començant per la més alta i la copiem a la
        casella corresponent

        md = Modulacions(7 - I)
        Sheets("COBERTURA").Cells(34 + I, 13) = md

        'Calculem la SNR de la modulació

        SNR_dB = Determina_SNR(md)
        Sheets("COBERTURA").Cells(26 + I, 13) = SNR_dB

        'Calculem la velocitat DL permesa per la modulació
```

```

Vmod_DL = Calcula_Vmod_DL(Bw, md, PermDL)
Sheets("COBERTURA").Cells(43 + I, 13) = Vmod_DL / 1000000#

'Calculem la velocitat UL permesa per la modulacio
Vmod_UL = Calcula_Vmod_UL(Bw, md, PermUL)
Sheets("COBERTURA").Cells(43 + I, 14) = Vmod_UL / 1000000#

'Calculem el nou radi per la modulació Rext
Rss = Calcula_Rss(SNR_dB, FR, fs, NFFT_used, NFFT)
PL_max_dB = 10 * (Log(Ptx * 0.001) / Log(10)) + Gt + Gr - Rss
Rext = Calcula_distancia(PL_max_dB, fp_MHz, hb, hm, Cm, _
    Tipus_entorn_metro)
Sheets("COBERTURA").Cells(68 + I, 13) = Rext

'Calculem el percentatge de temps de les corones - Subtrama DL
Rint = Sheets("COBERTURA").Cells(68 + I - 1, 13)
T_DL = Calcula_T(Vmod_DL, Vu_req_DL, du, Rint, Rext)
Sheets("COBERTURA").Cells(52 + I, 13) = T_DL * 100

'Calculem el percentatge de temps de les corones - Subtrama UL
T_UL = Calcula_T(Vmod_UL, Vu_req_UL, du, Rint, Rext)
Sheets("COBERTURA").Cells(52 + I, 14) = T_UL * 100

Next I

End If

If Mod_adapt = "Una sola modulació" Then
'No apliquem modulació adaptativa. Apliquem una única modulació en la cel·la
Sheets("COBERTURA").Cells(34, 13) = md

SNR_dB = Determina_SNR(md)
Sheets("COBERTURA").Cells(26, 13) = SNR_dB

'Calculem la velocitat DL permesa per la modulacio
Vmod_DL = Calcula_Vmod_DL(Bw, md, PermDL)
Sheets("COBERTURA").Cells(43, 13) = Vmod_DL / 1000000#

'Calculem la velocitat UL permesa per la modulacio
Vmod_UL = Calcula_Vmod_UL(Bw, md, PermUL)
Sheets("COBERTURA").Cells(43, 14) = Vmod_UL / 1000000#

Sheets("COBERTURA").Cells(68, 13) = R

T_DL = Calcula_T(Vmod_DL, Vu_req_DL, du, Rint, R)
Sheets("COBERTURA").Cells(52, 13) = T_DL * 100

```

```
T_UL = Calcula_T(Vmod_UL, Vu_req_UL, du, Rint, R)
Sheets("COBERTURA").Cells(52, 14) = T_UL * 100

End If

Tsubtotal_DL = Calcula_Tsubtotal(52, 13)
Tsubtotal_UL = Calcula_Tsubtotal(52, 14)

Ttotal = Tsubtotal_DL + Tsubtotal_UL

Sheets("COBERTURA").Cells(60, 13) = Tsubtotal_DL * 100
Sheets("COBERTURA").Cells(60, 14) = Tsubtotal_UL * 100
Sheets("COBERTURA").Cells(61, 13) = Ttotal * 100

'Controlem si el sistema queda sobrecapacitat i procedim a donar
'els resultats òptims al usuari

If (Ttotal > 1) And j < 2000 Then

    'Disminuïm la velocitat d'usuari en 200 bps
    Vu = Vu - 200

    If Vu < 1000000# Then

        Sheets("COBERTURA").Cells(15, 13) = Vu / 1000
        Sheets("COBERTURA").Cells(15, 15) = "Kbps"

    Else

        Sheets("COBERTURA").Cells(15, 13) = Vu / 1000000#
        Sheets("COBERTURA").Cells(15, 15) = "Mbps"

    End If

    j = j + 1

    GoTo recall_label2

End If

'Si despres de les 100 iteracions la ocupació es menor que el 100%,
'tenim un valor que no satura el sistema

If (Ttotal < 1) Then

    'Remarquem amb verd Vu i els nous valors R, D i Ttotal

    Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "M15:N15"
    Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "M61:N61"
    Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "M63:N63"
    Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "M64:N64"

Else

    'Remarquem amb vermell Vureq i els nous valors R, D i Ttotal

    Remarca_resultats "Vermell", "Blanc", "M15:N15"
    Remarca_resultats "Vermell", "Blanc", "M61:N61"
    Remarca_resultats "Vermell", "Blanc", "M63:N63"
    Remarca_resultats "Vermell", "Blanc", "M64:N64"

End If

'Deixem novament la modulació indicada per l'usuari a les dades d'entrada

If (recall = True) Then
```

```

        Sheets("COBERTURA").ComboBox1.ListIndex =
(Sheets("COBERTURA").ComboBox1.ListIndex) - _
        comptador_mod

End If

dcel = Calcula_Dcel_R(R)
Sheets("COBERTURA").Cells(66, 13) = dcel

End Sub

```

Mòdul 14

Public Sub Calcul_corrector_du()

```

'***** PARÀMETRES *****
Dim Mod_adapt As String

Dim NMod As Integer
Dim I As Integer
Dim j As Integer 'Comptador de les iteracions per corregir el resultat
Dim comptador_mod As Integer

Dim Vu_req As Double
Dim Vu_req_DL As Double
Dim Vu_req_UL As Double

Dim Ptx As Double
Dim Gt As Double
Dim Gr As Double
Dim hb As Double
Dim hm As Double
Dim fp_MHz As Double
Dim Cm As Double
Dim N_mostreig As Double
Dim fs As Double
Dim NFFT_used As Double
Dim NFFT As Double
Dim Rss As Double
Dim FR As Double
Dim PL_max_dB As Double

Dim Nint As Integer
Dim R As Double
Dim D As Double
Dim N As Integer
Dim Vmod_DL As Double
Dim Vmod_UL As Double
Dim SNR_dB As Double
Dim SNRmin_dB As Double
Dim Rint As Double
Dim Rext As Double
Dim Bw_valor As Double

Dim du As Double
Dim Vu As Double
Dim pu As Double
Dim dcela As Double
Dim md As String
Dim Bw As String
Dim Orientacio As String

Dim T_DL As Double
Dim T_UL As Double
Dim Ttotal As Double

```

```
Dim recall As Boolean

Dim Modulacions(8) As String

    Modulacions(0) = "QPSK 1/2"
    Modulacions(1) = "QPSK 3/4"
    Modulacions(2) = "16 QAM 1/2"
    Modulacions(3) = "16 QAM 3/4"
    Modulacions(4) = "64 QAM 1/2"
    Modulacions(5) = "64 QAM 2/3"
    Modulacions(6) = "64 QAM 3/4"
    Modulacions(7) = "64 QAM 5/6"

Dim RatioDLUL As String
Dim G As String
Dim PermUL As String
Dim PermDL As String
Dim Modmin_aux As String

Dim fp_text As String
Dim Tipus_entorn_metro As String

comptador_mod = 0

Ptx = Sheets("COBERTURA").Cells(7, 2)
Gt = Sheets("COBERTURA").Cells(8, 2)
Gr = Sheets("COBERTURA").Cells(9, 2)
hb = Sheets("COBERTURA").Cells(10, 2)
hm = Sheets("COBERTURA").Cells(11, 2)

du = Sheets("COBERTURA").Cells(14, 2)
Vu = Sheets("COBERTURA").Cells(15, 2) * 1000000#
pu = Sheets("COBERTURA").Cells(16, 2) / 100

Mod_Min = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
Mod_Min_aux = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
md = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
Orientacio = Sheets("COBERTURA").ComboBox2.Text
Bw = Sheets("COBERTURA").ComboBox3.Text
fp_text = Sheets("COBERTURA").ComboBox9.Text
Tipus_entorn_metro = Sheets("COBERTURA").ComboBox10.Text
Mod_adapt = Sheets("COBERTURA").ComboBox11.Text

If (Bw = "5") Then

    Bw_valor = 5

End If

If (Bw = "10") Then

    Bw_valor = 10

End If

If (fp_text = "2,5") Then

    fp_MHz = 2500      'Frequència portadora en MHz

End If

If (Tipus_entorn_metro = "Centre metropolitana dens") Then

    Cm = 3      'dB
```

```

End If

If (Tipus_entorn_metro = "Centre metropolitana mitjà") Then

    Cm = 0    'dB

End If

RatioDLUL = Sheets("COBERTURA").ComboBox4.Text
G = Sheets("COBERTURA").ComboBox5.Text
PermUL = Sheets("COBERTURA").ComboBox6.Text
PermDL = Sheets("COBERTURA").ComboBox7.Text

j = 0

'***** COS DE LA FUNCIO *****

'Copiem el paràmetre de la modulació mínima abans de realitzar les iteracions

md = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text
Mod_Min = Sheets("COBERTURA").ComboBox1.Text

'Cridem a la funció que neteja la pantalla de COBERTURA

Clear_SCREEN "COBERTURA_du"

'Copiem els paràmetres a la seva columna corresponent

Sheets("COBERTURA").Cells(3, 18) = fp_text
Sheets("COBERTURA").Cells(4, 18) = Bw
Sheets("COBERTURA").Cells(5, 18) = Orientacio

Sheets("COBERTURA").Cells(6, 18) = Mod_Min_aux
Sheets("COBERTURA").Cells(7, 18) = Ptx
Sheets("COBERTURA").Cells(8, 18) = Gt
Sheets("COBERTURA").Cells(9, 18) = Gr
Sheets("COBERTURA").Cells(10, 18) = hb
Sheets("COBERTURA").Cells(11, 18) = hm
Sheets("COBERTURA").Cells(12, 18) = Tipus_entorn_metro

Sheets("COBERTURA").Cells(14, 18) = du
Sheets("COBERTURA").Cells(15, 18) = Vu / 1000000#
Sheets("COBERTURA").Cells(16, 18) = pu * 100

Sheets("COBERTURA").Cells(18, 18) = PermDL
Sheets("COBERTURA").Cells(18, 19) = PermUL
Sheets("COBERTURA").Cells(19, 18) = RatioDLUL
Sheets("COBERTURA").Cells(20, 18) = G

'Calculem la velocitat d'usuari requerida

Vu_req = Calcula_Vu_req(Vu, pu)
Sheets("COBERTURA").Cells(22, 18) = Vu_req / 1000000#

If Vu_req < 1000000# Then

    Sheets("COBERTURA").Cells(22, 18) = Vu_req / 1000
    Sheets("COBERTURA").Cells(22, 20) = "Kbps"

End If

Vu_req_DL = Calcula_Vu_reqDL(Vu_req, RatioDLUL)

```

```
Sheets("COBERTURA").Cells(23, 18) = Vu_req_DL / 1000000#

Vu_req_UL = Calcula_Vu_reqUL(Vu_req, RatioDLUL)
Sheets("COBERTURA").Cells(23, 19) = Vu_req_UL / 1000000#

If 0 < Vu_req_DL < 1000000# Then

    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 18) = Vu_req_DL / 1000
    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 20) = "Kbps"

End If

If 0 < Vu_req_UL < 1000000# Then

    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 19) = Vu_req_UL / 1000#
    Sheets("COBERTURA").Cells(23, 20) = "Kbps"

End If

'Mirem quantes modulacions hem de tenir per sota

Select Case md

    Case Is = "QPSK 1/2"
        NMod = 7

    Case Is = "QPSK 3/4"
        NMod = 6

    Case Is = "16 QAM 1/2"
        NMod = 5

    Case Is = "16 QAM 3/4"
        NMod = 4

    Case Is = "64 QAM 1/2"
        NMod = 3

    Case Is = "64 QAM 2/3"
        NMod = 2

    Case Is = "64 QAM 3/4"
        NMod = 1

    Case Is = "64 QAM 5/6"
        NMod = 0

    Case Else
        MsgBox prompt:="Error de modulació. Siusplau, selecciona de nou la
modulació.", _
            Title:="Error", _
            Buttons:=vbExclamation

End Select

' Cridem a la funció que comprova el nombre d'interferents

Nint = Calcula_interferents(Orientacio)
Sheets("COBERTURA").Cells(24, 18) = Nint

'Determinem la SNR requerida del radi extern

SNR_dB = Determina_SNR(md)

'Calculem el factor de mostreig

N_mostreig = Calcula_N(Bw)
```

```

'Calculem la freqüència de mostreig
fs = Calcula_fs(Bw, N_mostreig)

fs = fs / 1000000#      'Pasem el valor a MHz perquè així ho requereix la
fòrmula de Rss

'Calculem NFFT_utils i NFFT
NFFT_used = Calcula_NFFT_used(Bw, PermDL)
NFFT = Calcula_NFFT(Bw)

'Fixem el factor de repetició a 1
FR = 1

'Calculem la sensibilitat mínima requerida
Rss = Calcula_Rss(SNR_dB, FR, fs, NFFT_used, NFFT)

'ETIQUETA DE LA RECURRENCIA
recall_label2:

'Calculem les perdues màximes de propagació PL
' Prx>Rss      ---->      Ptx+Gt+Gr-PL>Rss      ---->      PL<Ptx+Gt+Gr-Rss

PL_max_dB = 10 * (Log(Ptx * 0.001) / Log(10)) + Gt + Gr - Rss

'Calculem el radi de la cel·la
R = Calcula_distancia(PL_max_dB, fp_MHz, hb, hm, Cm, Tipus_entorn_metro)
Sheets("COBERTURA").Cells(63, 18) = R

'Calculem la D corresponent
D = Calcula_D(SNR_dB, Rss, Nint, Ptx, Gt, Gr, R, fp_MHz, hb, hm, Cm,
Tipus_entorn_metro)
Sheets("COBERTURA").Cells(64, 18) = D

'Cridem el reús freqüencial, N, per la modulació més externa
N = Calcula_N_freq(D, R)
Sheets("COBERTURA").Cells(65, 18) = N

If Mod_adapt = "Modulació adaptativa" Then
For I = 0 To NMod

    'Agafem la modulació començant per la més alta i la copiem a la casella
corresponent

    md = Modulacions(7 - I)
    Sheets("COBERTURA").Cells(34 + I, 18) = md

'Calculem la SNR de la modulació

SNR_dB = Determina_SNR(md)
Sheets("COBERTURA").Cells(26 + I, 18) = SNR_dB

```



```
'Calculem la velocitat DL permesa per la modulacio
Vmod_DL = Calcula_Vmod_DL(Bw, md, PermDL)
Sheets("COBERTURA").Cells(43 + I, 18) = Vmod_DL / 1000000#

'Calculem la velocitat UL permesa per la modulacio
Vmod_UL = Calcula_Vmod_UL(Bw, md, PermUL)
Sheets("COBERTURA").Cells(43 + I, 19) = Vmod_UL / 1000000#

'Calculem el nou radi per la modulació Rext
Rss = Calcula_Rss(SNR_dB, FR, fs, NFFT_used, NFFT)
PL_max_dB = 10 * (Log(Ptx * 0.001) / Log(10)) + Gt + Gr - Rss
Rext = Calcula_distancia(PL_max_dB, fp_MHz, hb, hm, Cm,
Tipus_entorn_metro)

Sheets("COBERTURA").Cells(68 + I, 18) = Rext

'Calculem el percentatge de temps de les corones - Subtrama DL
Rint = Sheets("COBERTURA").Cells(68 + I - 1, 18)
T_DL = Calcula_T(Vmod_DL, Vu_req_DL, du, Rint, Rext)
Sheets("COBERTURA").Cells(52 + I, 18) = T_DL * 100

'Calculem el percentatge de temps de les corones - Subtrama UL
T_UL = Calcula_T(Vmod_UL, Vu_req_UL, du, Rint, Rext)
Sheets("COBERTURA").Cells(52 + I, 19) = T_UL * 100

Next I
End If

If Mod_adapt = "Una sola modulació" Then
'No apliquem modulació adaptativa. Apliquem una única modulació en la cel·la
Sheets("COBERTURA").Cells(34, 18) = md
SNR_dB = Determina_SNR(md)
Sheets("COBERTURA").Cells(26, 18) = SNR_dB

'Calculem la velocitat DL permesa per la modulacio
Vmod_DL = Calcula_Vmod_DL(Bw, md, PermDL)
Sheets("COBERTURA").Cells(43, 18) = Vmod_DL / 1000000#

'Calculem la velocitat UL permesa per la modulacio
Vmod_UL = Calcula_Vmod_UL(Bw, md, PermUL)
Sheets("COBERTURA").Cells(43, 19) = Vmod_UL / 1000000#
```

```

Sheets("COBERTURA").Cells(68, 18) = R

T_DL = Calcula_T(Vmod_DL, Vu_req_DL, du, Rint, R)
Sheets("COBERTURA").Cells(52, 18) = T_DL * 100

T_UL = Calcula_T(Vmod_UL, Vu_req_UL, du, Rint, R)
Sheets("COBERTURA").Cells(52, 19) = T_UL * 100

End If

Tsubtotal_DL = Calcula_Tsubtotal(52, 18)
Tsubtotal_UL = Calcula_Tsubtotal(52, 19)

Ttotal = Tsubtotal_DL + Tsubtotal_UL

Sheets("COBERTURA").Cells(60, 18) = Tsubtotal_DL * 100
Sheets("COBERTURA").Cells(60, 19) = Tsubtotal_UL * 100
Sheets("COBERTURA").Cells(61, 18) = Ttotal * 100

'Controlem si el sistema queda sobrecapacitat i procedim a donar els resultats
òptims al usuari

If (Ttotal > 1) And j < 800 Then

    'Disminuïm la densitat d'usuari en 1 * 10E-5 (Ordre de du aprox 10E-3)

    du = du - 0.00001
    Sheets("COBERTURA").Cells(14, 18) = du

    j = j + 1

    GoTo recall_label2

End If

'Si despres de les 100 iteracions la ocupació es menor que el 100%, tenim un
valor que no satura el sistema

If (Ttotal < 1) Then

'Remarquem amb verd densitat d'usuari i els nous valors R, D i Ttotal

    Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "R14:S14"
    Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "R61:S61"
    Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "R63:S63"
    Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "R64:S64"

Else

'Remarquem amb vermell densitat d'usuari i els nous valors R, D i Ttotal

    Remarca_resultats "Vermell", "Blanc", "R14:S14"
    Remarca_resultats "Vermell", "Blanc", "R61:S61"
    Remarca_resultats "Vermell", "Blanc", "R63:S63"
    Remarca_resultats "Vermell", "Blanc", "R64:S64"

End If

'Deixem novament la modulació indicada per l'usuari a les dades d'entrada

If (recall = True) Then

    Sheets("COBERTURA").ComboBox1.ListIndex =
(Sheets("COBERTURA").ComboBox1.ListIndex) - comptador_mod

End If

```

```
dcel = Calcula_Dcel_R(R)
Sheets("COBERTURA").Cells(66, 18) = dcel
```

```
End Sub
```

Mòdul 15

Sub Format_Calcul_corrector_Gt ()

```
'Subrutina encarregada de donar format per introduir les dades de
'la funció Calcul_corrector
```

```
'Ample de columnes
Sheets("COBERTURA").Select
  Columns("G").Select
  Selection.ColumnWidth = 16.71

  Columns("H").Select
  Selection.ColumnWidth = 14.14

  Columns("I").Select
  Selection.ColumnWidth = 14.14

  Columns("J").Select
  Selection.ColumnWidth = 10.71
```

```
'Estil centrat
  Columns("G:J").Select
  With Selection
    .HorizontalAlignment = xlCenter
    .VerticalAlignment = xlCenter
    .WrapText = False
    .Orientation = 0
    .AddIndent = False
    .IndentLevel = 0
    .ShrinkToFit = False
    .ReadingOrder = xlContext
    .MergeCells = False
  End With
```

```
'Estil Arial 8
  Columns("G:J").Select
  With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Strikethrough = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
  End With
  With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Size = 8
    .Strikethrough = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
  End With
```

```
'Combinem les cel·les
```

```
Combina_Celes "H1:I1"
```

```
Combina_Celes "G2:J2"  
Combina_Celes "G13:J13"  
Combina_Celes "G17:J17"  
Combina_Celes "G21:J21"  
Combina_Celes "G25:J25"  
Combina_Celes "G51:J51"  
Combina_Celes "G62:J62"  
Combina_Celes "G67:J67"  
Combina_Celes "G76:J76"
```

```
Combina_Celes "H3:I3"  
Combina_Celes "H4:I4"  
Combina_Celes "H5:I5"  
Combina_Celes "H6:I6"  
Combina_Celes "H7:I7"  
Combina_Celes "H8:I8"  
Combina_Celes "H9:I9"  
Combina_Celes "H10:I10"  
Combina_Celes "H11:I11"  
Combina_Celes "H12:I12"
```

```
Combina_Celes "H14:I14"  
Combina_Celes "H15:I15"  
Combina_Celes "H16:I16"
```

```
Combina_Celes "H19:I19"  
Combina_Celes "H20:I20"
```

```
Combina_Celes "H22:I22"  
Combina_Celes "H24:I24"
```

```
Combina_Celes "H26:I26"  
Combina_Celes "H27:I27"  
Combina_Celes "H28:I28"  
Combina_Celes "H29:I29"  
Combina_Celes "H30:I30"  
Combina_Celes "H31:I31"  
Combina_Celes "H32:I32"  
Combina_Celes "H33:I33"  
Combina_Celes "H34:I34"  
Combina_Celes "H35:I35"  
Combina_Celes "H36:I36"  
Combina_Celes "H37:I37"  
Combina_Celes "H38:I38"  
Combina_Celes "H39:I39"  
Combina_Celes "H40:I40"  
Combina_Celes "H41:I41"
```

```
Combina_Celes "H61:I61"
```

```
Combina_Celes "H63:I63"  
Combina_Celes "H64:I64"  
Combina_Celes "H65:I65"  
Combina_Celes "H66:I66"
```

```
Combina_Celes "H68:I68"  
Combina_Celes "H69:I69"  
Combina_Celes "H70:I70"  
Combina_Celes "H71:I71"  
Combina_Celes "H72:I72"  
Combina_Celes "H73:I73"  
Combina_Celes "H74:I74"  
Combina_Celes "H75:I75"
```

'Format de les cel·les

```
Range("H14:I14").Select
```

```
Selection.NumberFormat = "0.00E+00"

Range("H19:I19").Select
Selection.NumberFormat = "@"

Range("H20:I20").Select
Selection.NumberFormat = "@"

'Requadrar
Requadrar "G1:J76"
Requadrar_xdins "G1:J76"

'Dibuixem les barres grises

Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "G2:J2"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "G13:J13"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "G17:J17"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "G21:J21"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "G25:J25"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "G51:J51"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "G62:J62"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "G67:J67"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "G76:J76"

'Omplenem les caselles amb els noms de les entrades

Range("G1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Paràmetre"

Range("H1:I1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Valor"

Range("J1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Unitats"

Range("G3").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Bw"

Range("G4").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "BwCH"
Subindex 4, 7, 3, 2

Range("G5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Orientació"

Range("G6").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Modulació mínima"

Range("G7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "PTX"
Subindex 7, 7, 2, 2

Range("G8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "GT"
Subindex 8, 7, 2, 1

Range("G9").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "GR"
Subindex 9, 7, 2, 1

Range("G10").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "hB"
Subindex 10, 7, 2, 2

Range("G11").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "hm"  
Subindex 11, 7, 2, 1  
  
Range("G12").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Entorn"  
  
Range("G14").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "du"  
Subindex 14, 7, 2, 1  
  
Range("G15").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vu"  
Subindex 15, 7, 2, 1  
  
Range("G16").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "pu"  
Subindex 16, 7, 2, 1  
  
Range("G18").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mode Permutació"  
  
Range("G19").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Ràtio DL/UL"  
  
Range("G20").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "G"  
  
Range("G22").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vu.req"  
Subindex 22, 7, 2, 5  
  
Range("G23").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vu.req DL/vu.req UL"  
Subindex 23, 7, 2, 8  
Subindex 23, 7, 12, 8  
  
Range("G24").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "N° d'interferents"  
  
Range("G26").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR1"  
Subindex 26, 7, 4, 1  
  
Range("G27").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR2"  
Subindex 27, 7, 4, 1  
  
Range("G28").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR3"  
Subindex 28, 7, 4, 1  
  
Range("G29").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR4"  
Subindex 29, 7, 4, 1  
  
Range("G30").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR5"  
Subindex 30, 7, 4, 1  
  
Range("G31").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR6"  
Subindex 31, 7, 4, 1  
  
Range("G32").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR7"  
Subindex 32, 7, 4, 1
```

```
Range("G33").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR8"
Subindex 33, 7, 4, 1

Range("G34").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 1ª corona"

Range("G35").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 2ª corona"

Range("G36").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 3ª corona"

Range("G37").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 4ª corona"

Range("G38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 5ª corona"

Range("G39").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 6ª corona"

Range("G40").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 7ª corona"

Range("G41").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 8ª corona"

Range("H42").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "DL"
Remarca_resultats "Negre", "Gris", "H42"

Range("I42").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "UL"
Remarca_resultats "Negre", "Gris", "I42"

Range("G43").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 1ª corona"
Subindex 43, 7, 2, 4

Range("G44").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 2ª corona"
Subindex 44, 7, 2, 4

Range("G45").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 3ª corona"
Subindex 45, 7, 2, 4

Range("G46").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 4ª corona"
Subindex 46, 7, 2, 4

Range("G47").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 5ª corona"
Subindex 47, 7, 2, 4

Range("G48").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 6ª corona"
Subindex 48, 7, 2, 4

Range("G49").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 7ª corona"
Subindex 49, 7, 2, 4

Range("G50").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 8ª corona"
Subindex 50, 7, 2, 4
```

```
Range("A52:A61").Select
    Selection.Copy
Range("G52:G61").Select
    ActiveSheet.Paste

Range("G63").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R"

Range("G64").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "D"

Range("G65").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "N"

Range("G66").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Dcel·la"
Subindex 66, 7, 2, 6

Range("G68").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R1"
Subindex 68, 7, 2, 1

Range("G69").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R2"
Subindex 69, 7, 2, 1

Range("G70").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R3"
Subindex 70, 7, 2, 1

Range("G71").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R4"
Subindex 71, 7, 2, 1

Range("G72").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R5"
Subindex 72, 7, 2, 1

Range("G73").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R6"
Subindex 73, 7, 2, 1

Range("G74").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R7"
Subindex 74, 7, 2, 1

Range("G75").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R8"
Subindex 75, 7, 2, 1

Range("J3").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "GHz"

Range("J4").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "MHz"

Range("J5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "°"

Range("J6").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = " "

Range("J7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "mW"

Range("J8").Select
```



```

ActiveCell.FormulaR1C1 = "dBi"

Range("J9").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "dBi"

Range("J10").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "m"

Range("J11").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "m"

Range("J14").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "usu/m2"
Superindex 14, 10, 6, 1

Range("J15").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mbps"

Range("J16").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "%"

Range("J22").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Kbps"

Range("J23").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Kbps"

Range("J24").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "interferents"

Range("J26:J33").FormulaR1C1 = "dB"

Range("J43:J50").FormulaR1C1 = "Mbps"

Range("J52:J61").FormulaR1C1 = "%"

Range("J63:J64").FormulaR1C1 = "m"

Range("J65").FormulaR1C1 = "freq./clúster"

Range("J66").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "cel·les/km2"
Superindex 66, 10, 11, 1

Range("J66:J75").FormulaR1C1 = "m"

End Sub

```

Mòdul 16

Sub Format_Calcul_corrector_Vureq()

```

'Subrutina encarregada de donar format per introduir les dades
'de la funció Calcul_corrector

'Ample de columnes
Sheets("COBERTURA").Select
    Columns("L").Select
        Selection.ColumnWidth = 16.71

    Columns("M").Select
        Selection.ColumnWidth = 14.14

```

```
Columns("N").Select
Selection.ColumnWidth = 14.14

Columns("O").Select
Selection.ColumnWidth = 10.71

'Estil centrat
Columns("L:O").Select
With Selection
    .HorizontalAlignment = xlCenter
    .VerticalAlignment = xlCenter
    .WrapText = False
    .Orientation = 0
    .AddIndent = False
    .IndentLevel = 0
    .ShrinkToFit = False
    .ReadingOrder = xlContext
    .MergeCells = False
End With

'Estil Arial 8
Columns("L:O").Select
With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Strikethrough = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Size = 8
    .Strikethrough = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With

'Combinem les cel·les

Combina_Celes "M1:N1"
Combina_Celes "L2:O2"
Combina_Celes "L13:O13"
Combina_Celes "L17:O17"
Combina_Celes "L21:O21"
Combina_Celes "L25:O25"
Combina_Celes "L51:O51"
Combina_Celes "L62:O62"
Combina_Celes "L67:O67"
Combina_Celes "L76:O76"

Combina_Celes "M3:N3"
Combina_Celes "M4:N4"
Combina_Celes "M5:N5"
Combina_Celes "M6:N6"
Combina_Celes "M7:N7"
Combina_Celes "M8:N8"
Combina_Celes "M9:N9"
Combina_Celes "M10:N10"
Combina_Celes "M11:N11"
Combina_Celes "M12:N12"
```

```
Combina_Celes "M14:N14"  
Combina_Celes "M15:N15"  
Combina_Celes "M16:N16"
```

```
Combina_Celes "M19:N19"  
Combina_Celes "M20:N20"
```

```
Combina_Celes "M22:N22"  
Combina_Celes "M24:N24"
```

```
Combina_Celes "M26:N26"  
Combina_Celes "M27:N27"  
Combina_Celes "M28:N28"  
Combina_Celes "M29:N29"  
Combina_Celes "M30:N30"  
Combina_Celes "M31:N31"  
Combina_Celes "M32:N32"  
Combina_Celes "M33:N33"  
Combina_Celes "M34:N34"  
Combina_Celes "M35:N35"  
Combina_Celes "M36:N36"  
Combina_Celes "M37:N37"  
Combina_Celes "M38:N38"  
Combina_Celes "M39:N39"  
Combina_Celes "M40:N40"  
Combina_Celes "M41:N41"
```

```
Combina_Celes "M61:N61"
```

```
Combina_Celes "M63:N63"  
Combina_Celes "M64:N64"  
Combina_Celes "M65:N65"  
Combina_Celes "M66:N66"
```

```
Combina_Celes "M68:N68"  
Combina_Celes "M69:N69"  
Combina_Celes "M70:N70"  
Combina_Celes "M71:N71"  
Combina_Celes "M72:N72"  
Combina_Celes "M73:N73"  
Combina_Celes "M74:N74"  
Combina_Celes "M75:N75"
```

```
'Format de les cel·les
```

```
Range("M14:N14").Select  
Selection.NumberFormat = "0.00E+00"
```

```
Range("M19:N19").Select  
Selection.NumberFormat = "@"
```

```
Range("M20:N20").Select  
Selection.NumberFormat = "@"
```

```
'Requadrar  
Requadrar "L1:O76"  
Requadrar_xdins "L1:O76"
```

```
'Dibuixem les barres grises
```

```
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "L2:O2"  
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "L13:O13"  
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "L17:O17"  
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "L21:O21"  
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "L25:O25"
```

```
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "L51:051"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "L62:062"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "L67:067"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "L76:076"
```

'Omplenem les caselles amb els noms de les entrades

```
Range("L1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Paràmetre"
```

```
Range("M1:N1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Valor"
```

```
Range("O1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Unitats"
```

```
Range("L3").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Bw"
```

```
Range("L4").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "BwCH"
Subindex 4, 12, 3, 2
```

```
Range("L5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Orientació"
```

```
Range("L6").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Modulació mínima"
```

```
Range("L7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "PTX"
Subindex 7, 12, 2, 2
```

```
Range("L8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "GT"
Subindex 8, 12, 2, 1
```

```
Range("L9").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "GR"
Subindex 9, 12, 2, 1
```

```
Range("L10").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "hB"
Subindex 10, 12, 2, 2
```

```
Range("L11").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "hm"
Subindex 11, 12, 2, 1
```

```
Range("L12").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Entorn"
```

```
Range("L14").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "du"
Subindex 14, 12, 2, 1
```

```
Range("L15").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vu"
Subindex 15, 12, 2, 1
```

```
Range("L16").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "pu"
Subindex 16, 12, 2, 1
```

```
Range("L18").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mode Permutació"
```

```
Range("L19").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Ràtio DL/UL"

Range("L20").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "G"

Range("L22").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vu.req"
Subindex 22, 12, 2, 5

Range("L23").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vu.req DL/vu.req UL"
Subindex 23, 12, 2, 8
Subindex 23, 12, 12, 8

Range("L24").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "N° d'interferents"

Range("L26").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR1"
Subindex 26, 12, 4, 1

Range("L27").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR2"
Subindex 27, 12, 4, 1

Range("L28").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR3"
Subindex 28, 12, 4, 1

Range("L29").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR4"
Subindex 29, 12, 4, 1

Range("L30").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR5"
Subindex 30, 12, 4, 1

Range("L31").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR6"
Subindex 31, 12, 4, 1

Range("L32").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR7"
Subindex 32, 12, 4, 1

Range("L33").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR8"
Subindex 33, 12, 4, 1

Range("L34").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 1ª corona"

Range("L35").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 2ª corona"

Range("L36").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 3ª corona"

Range("L37").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 4ª corona"

Range("L38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 5ª corona"

Range("L39").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 6ª corona"
```

```
Range("L40").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 7ª corona"

Range("L41").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 8ª corona"

Range("M42").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "DL"
Remarca_resultats "Negre", "Gris", "M42"

Range("N42").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "UL"
Remarca_resultats "Negre", "Gris", "N42"

Range("L43").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 1ª corona"
Subindex 43, 12, 2, 4

Range("L44").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 2ª corona"
Subindex 44, 12, 2, 4

Range("L45").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 3ª corona"
Subindex 45, 12, 2, 4

Range("L46").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 4ª corona"
Subindex 46, 12, 2, 4

Range("L47").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 5ª corona"
Subindex 47, 12, 2, 4

Range("L48").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 6ª corona"
Subindex 48, 12, 2, 4

Range("L49").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 7ª corona"
Subindex 49, 12, 2, 4

Range("L50").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 8ª corona"
Subindex 50, 12, 2, 4

Range("A52:A61").Select
Selection.Copy
Range("L52:L61").Select
ActiveSheet.Paste

Range("L63").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R"

Range("L64").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "D"

Range("L65").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "N"

Range("L66").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Dcel·la"
Subindex 66, 12, 2, 6

Range("L68").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R1"
Subindex 68, 12, 2, 1
```

```
Range("L69").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R2"
Subindex 69, 12, 2, 1
```

```
Range("L70").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R3"
Subindex 70, 12, 2, 1
```

```
Range("L71").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R4"
Subindex 71, 12, 2, 1
```

```
Range("L72").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R5"
Subindex 72, 12, 2, 1
```

```
Range("L73").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R6"
Subindex 73, 12, 2, 1
```

```
Range("L74").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R7"
Subindex 74, 12, 2, 1
```

```
Range("L75").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R8"
Subindex 75, 12, 2, 1
```

```
Range("O3").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "LHz"
```

```
Range("O4").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "MHz"
```

```
Range("O5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "°"
```

```
Range("O6").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = " "
```

```
Range("O7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "mW"
```

```
Range("O8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "dBi"
```

```
Range("O9").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "dBi"
```

```
Range("O10").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "m"
```

```
Range("O11").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "m"
```

```
Range("O14").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "usu/m2"
Superindex 14, 15, 6, 1
```

```
Range("O15").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mbps"
```

```
Range("O16").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "%"
```

```

Range("O22").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Kbps"

Range("O23").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Kbps"

Range("O24").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "interferents"

Range("O26:O33").FormulaR1C1 = "dB"

Range("O43:O50").FormulaR1C1 = "Mbps"

Range("O52:O61").FormulaR1C1 = "%"

Range("O63:O64").FormulaR1C1 = "m"

Range("O65").FormulaR1C1 = "freq./clúster"

Range("O66").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "cel·les/km2"
Superindex 66, 15, 11, 1

Range("O66:O75").FormulaR1C1 = "m"

End Sub

```

Mòdul 17

Sub Format_Calcul_corrector_du()

```

'Subrutina encarregada de donar format per introduir les dades de
'la funció Calcul_corrector

'Ample de columnes
Sheets("COBERTURA").Select
  Columns("Q").Select
  Selection.ColumnWidth = 16.71

  Columns("R").Select
  Selection.ColumnWidth = 14.14

  Columns("I").Select
  Selection.ColumnWidth = 14.14

  Columns("T").Select
  Selection.ColumnWidth = 10.71

'Estil centrat
Columns("Q:T").Select
With Selection
  .HorizontalAlignment = xlCenter
  .VerticalAlignment = xlCenter
  .WrapText = False
  .Orientation = 0
  .AddIndent = False
  .IndentLevel = 0
  .ShrinkToFit = False
  .ReadingOrder = xlContext
  .MergeCells = False
End With

```



```
'Estil Arial 8
Columns("Q:T").Select
  With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Strikethrough = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
  End With
  With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Size = 8
    .Strikethrough = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
  End With
```

'Combinem les cel·les

```
Combina_Celes "R1:S1"
Combina_Celes "Q2:T2"
Combina_Celes "Q13:T13"
Combina_Celes "Q17:T17"
Combina_Celes "Q21:T21"
Combina_Celes "Q25:T25"
Combina_Celes "Q51:T51"
Combina_Celes "Q62:T62"
Combina_Celes "Q67:T67"
Combina_Celes "Q76:T76"
```

```
Combina_Celes "R3:S3"
Combina_Celes "R4:S4"
Combina_Celes "R5:S5"
Combina_Celes "R6:S6"
Combina_Celes "R7:S7"
Combina_Celes "R8:S8"
Combina_Celes "R9:S9"
Combina_Celes "R10:S10"
Combina_Celes "R11:S11"
Combina_Celes "R12:S12"
```

```
Combina_Celes "R14:S14"
Combina_Celes "R15:S15"
Combina_Celes "R16:S16"
```

```
Combina_Celes "R19:S19"
Combina_Celes "R20:S20"
```

```
Combina_Celes "R22:S22"
Combina_Celes "R24:S24"
```

```
Combina_Celes "R26:S26"
Combina_Celes "R27:S27"
Combina_Celes "R28:S28"
Combina_Celes "R29:S29"
Combina_Celes "R30:S30"
Combina_Celes "R31:S31"
Combina_Celes "R32:S32"
Combina_Celes "R33:S33"
Combina_Celes "R34:S34"
Combina_Celes "R35:S35"
Combina_Celes "R36:S36"
```

```

Combina_Celes "R37:S37"
Combina_Celes "R38:S38"
Combina_Celes "R39:S39"
Combina_Celes "R40:S40"
Combina_Celes "R41:S41"

```

```
Combina_Celes "R61:S61"
```

```

Combina_Celes "R63:S63"
Combina_Celes "R64:S64"
Combina_Celes "R65:S65"
Combina_Celes "R66:S66"

```

```

Combina_Celes "R68:S68"
Combina_Celes "R69:S69"
Combina_Celes "R70:S70"
Combina_Celes "R71:S71"
Combina_Celes "R72:S72"
Combina_Celes "R73:S73"
Combina_Celes "R74:S74"
Combina_Celes "R75:S75"

```

```
'Format de les cel·les
```

```

Range("R14:S14").Select
Selection.NumberFormat = "0.00E+00"

```

```

Range("R19:S19").Select
Selection.NumberFormat = "@"

```

```

Range("R20:S20").Select
Selection.NumberFormat = "@"

```

```
'Requadrar
```

```

Requadrar "Q1:T76"
Requadrar_xdins "Q1:T76"

```

```
'Dibuixem les barres grises
```

```

Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "Q2:T2"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "Q13:T13"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "Q17:T17"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "Q21:T21"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "Q25:T25"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "Q51:T51"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "Q62:T62"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "Q67:T67"
Dibuixa_Barra_Gris "COBERTURA", "Q76:T76"

```

```
'Omplenem les caselles amb els noms de les entrades
```

```

Range("Q1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Paràmetre"

```

```

Range("R1:S1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Valor"

```

```

Range("T1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Unitats"

```

```

Range("Q3").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Bw"

```

```

Range("Q4").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "BwCH"
Subindex 4, 17, 3, 2

```

```
Range("Q5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Orientació"

Range("Q6").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Modulació mínima"

Range("Q7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "PTX"
Subindex 7, 17, 2, 2

Range("Q8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "GT"
Subindex 8, 17, 2, 1

Range("Q9").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "GR"
Subindex 9, 17, 2, 1

Range("Q10").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "hB"
Subindex 10, 17, 2, 2

Range("Q11").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "hm"
Subindex 11, 17, 2, 1

Range("Q12").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Entorn"

Range("Q14").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "du"
Subindex 14, 17, 2, 1

Range("Q15").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vu"
Subindex 15, 17, 2, 1

Range("Q16").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "pu"
Subindex 16, 17, 2, 1

Range("Q18").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mode Permutació"

Range("Q19").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Ràtio DL/UL"

Range("Q20").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "G"

Range("Q22").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vu.req"
Subindex 22, 17, 2, 5

Range("Q23").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vu.req DL/vu.req UL"
Subindex 23, 17, 2, 8
Subindex 23, 17, 12, 8

Range("Q24").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "N° d'interferents"

Range("Q26").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR1"
Subindex 26, 17, 4, 1
```

```
Range("Q27").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR2"
Subindex 27, 17, 4, 1

Range("Q28").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR3"
Subindex 28, 17, 4, 1

Range("Q29").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR4"
Subindex 29, 17, 4, 1

Range("Q30").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR5"
Subindex 30, 17, 4, 1

Range("Q31").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR6"
Subindex 31, 17, 4, 1

Range("Q32").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR7"
Subindex 32, 17, 4, 1

Range("Q33").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SNR8"
Subindex 33, 17, 4, 1

Range("Q34").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 1ª corona"

Range("Q35").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 2ª corona"

Range("Q36").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 3ª corona"

Range("Q37").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 4ª corona"

Range("Q38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 5ª corona"

Range("Q39").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 6ª corona"

Range("Q40").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 7ª corona"

Range("Q41").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mod. 8ª corona"

Range("R42").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "DL"
Remarca_resultats "Negre", "Gris", "R42"

Range("S42").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "UL"
Remarca_resultats "Negre", "Gris", "S42"

Range("Q43").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 1ª corona"
Subindex 43, 17, 2, 4

Range("Q44").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 2ª corona"
Subindex 44, 17, 2, 4
```

```
Range("Q45").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 3a corona"
Subindex 45, 17, 2, 4
```

```
Range("Q46").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 4a corona"
Subindex 46, 17, 2, 4
```

```
Range("Q47").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 5a corona"
Subindex 47, 17, 2, 4
```

```
Range("Q48").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 6a corona"
Subindex 48, 17, 2, 4
```

```
Range("Q49").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 7a corona"
Subindex 49, 17, 2, 4
```

```
Range("Q50").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "vdown 8a corona"
Subindex 50, 17, 2, 4
```

```
Range("A52:A61").Select
    Selection.Copy
Range("Q52:Q61").Select
    ActiveSheet.Paste
```

```
Range("Q63").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R"
```

```
Range("Q64").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "D"
```

```
Range("Q65").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "N"
```

```
Range("Q66").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Dcel·la"
Subindex 66, 17, 2, 6
```

```
Range("Q68").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R1"
Subindex 68, 17, 2, 1
```

```
Range("Q69").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R2"
Subindex 69, 17, 2, 1
```

```
Range("Q70").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R3"
Subindex 70, 17, 2, 1
```

```
Range("Q71").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R4"
Subindex 71, 17, 2, 1
```

```
Range("Q72").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R5"
Subindex 72, 17, 2, 1
```

```
Range("Q73").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R6"
Subindex 73, 17, 2, 1
```

```
Range("Q74").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R7"
```

Subindex 74, 17, 2, 1

```
Range("Q75").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "R8"
Subindex 75, 17, 2, 1
```

```
Range("T3").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "QHz"
```

```
Range("T4").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "MHz"
```

```
Range("T5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "°"
```

```
Range("T6").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = " "
```

```
Range("T7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "mW"
```

```
Range("T8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "dBi"
```

```
Range("T9").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "dBi"
```

```
Range("T10").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "m"
```

```
Range("T11").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "m"
```

```
Range("T14").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "usu/m2"
Superindex 14, 20, 6, 1
```

```
Range("T15").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mbps"
```

```
Range("T16").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "%"
```

```
Range("T22").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Kbps"
```

```
Range("T23").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Kbps"
```

```
Range("T24").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "interferents"
```

```
Range("T26:T33").FormulaR1C1 = "dB"
```

```
Range("T43:T50").FormulaR1C1 = "Mbps"
```

```
Range("T52:T61").FormulaR1C1 = "%"
```

```
Range("T63:T64").FormulaR1C1 = "m"
```

```
Range("T65").FormulaR1C1 = "freq./clúster"
```

```
Range("T66").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "cel·les/km2"  
Superindex 66, 20, 11, 1  
  
Range("T66:T75").FormulaR1C1 = "m"  
  
End Sub
```

Mòdul 18

```
'***** SUBRUTINES PER DONAR FORMAT *****  
  
Sub Dibuixa_Barra_Gris(Sheetname As String, Range As String)  
  
'Subrutina encarregada de dibuixar les barres grises d'amplada 3 columnes  
  
Sheets(Sheetname).Range(Range).Select  
  
    With Selection.Interior  
        .ColorIndex = 15  
        .Pattern = xlSolid  
    End With  
  
End Sub  
  
Sub Remarca_resultats (ColorLletra_cat As String, ColorFons_cat, Rang As String)  
  
Dim ColorLletra_num As Integer  
Dim ColorFons_num As Variant  
  
Select Case ColorLletra_cat  
  
    Case Is = "Negre"  
        ColorLletra_num = 0  
  
    Case Is = "Vermell"  
        ColorLletra_num = 3  
  
    Case Is = "Verd"  
        ColorLletra_num = 10  
  
End Select  
  
Select Case ColorFons_cat  
  
    Case Is = "Blanc"  
        ColorFons_num = xlNone  
  
    Case Is = "Gris"  
        ColorFons_num = 15  
  
    Case Is = "Blau"  
        ColorFons_num = 33  
  
End Select  
  
Range(Rang).Select  
    Selection.Font.ColorIndex = ColorLletra_num  
    Selection.Interior.ColorIndex = ColorFons_num  
    Selection.Font.Bold = True  
  
End Sub
```

Mòdul 19

'***** SUBROUTINES PER DONAR FORMAT *****'

Sub Requadrar (Rang As String)

'Subrutina per requadrar dades a partir d'un rang

```

Range(Rang).Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone

With Selection.Borders(xlEdgeLeft)

    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic

End With

With Selection.Borders(xlEdgeTop)

    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic

End With

With Selection.Borders(xlEdgeBottom)

    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic

End With

With Selection.Borders(xlEdgeRight)

    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic

End With

Selection.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlNone

End Sub

```

Sub Requadrar_xdins (Rang As String)

```

Range(Rang).Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic

```



```

End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With

With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With

End Sub

```

Sub Combina_Celes (Rang As String)

```

'Subrutina encarregada de combinar cel·les

Range(Rang).Select

With Selection
    .HorizontalAlignment = xlCenter
    .VerticalAlignment = xlBottom
    .WrapText = False
    .Orientation = 0
    .AddIndent = False
    .IndentLevel = 0
    .ShrinkToFit = False
    .ReadingOrder = xlContext
    .MergeCells = True

End With

End Sub

```

Mòdul 20

Function Calcula_Q(Q As Double) As Double

```

'***** PARÀMETRES *****

'Declarem el vector que conte els primers valors de N
'(Nº de cel·les per cluster)

Dim vector(10) As Integer
vector(0) = 0
vector(1) = 1
vector(2) = 3
vector(3) = 4
vector(4) = 7
vector(5) = 9
vector(6) = 12
vector(7) = 13
vector(8) = 19
vector(9) = 25

'***** COS DE LA FUNCIO *****

I = 0

```

```
' Per la N obtinguda = (Q ^ 2) / 3, mirem quin es el valor de N permés
While (Q ^ 2) / 3 > vector(I)
    I = I + 1
Wend
'Returnem el valor de Q correcte
Calcula_Q = Sqr(3 * vector(I))
End Function
```

Mòdul 21

Function Calcula_N_freq(D As Double, R As Double)

```
'Subrutina encarrecada de calcular N(Nº freq / cluster)
'a partir de R i D per l'estudi de la cobertura

'***** PARÀMETRES *****

Dim N As Integer

'***** COS DE LA FUNCIO *****

'Calculem el valor de Q
Q = D / R

'Returnem el valor de N
N = (Q ^ 2) / 3

Calcula_N_freq = N

End Function
```

Mòdul 22

Sub Calcula_Portadores_DL(SheetRead As String, _ SheetWrite As String, fil_N_FFT As Integer, _ col_N_FFT As Integer, fil_N_FFTd As Integer, _ col_N_FFTd As Integer, fil_N_FFTp As Integer, _ col_N_FFTp As Integer, Permutacio As String, _ Bw As String)

```
'***** PARÀMETRES *****

'***** COS DE LA FUNCIO *****

'DL-PUSC
If Permutacio = "DL-PUSC" Then

    If Bw = "5" Then

        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFT, col_N_FFT) = 512
        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFTd, col_N_FFTd) = 360
        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFTp, col_N_FFTp) = 60

    End If
```

```

If Bw = "10" Then

Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFT, col_N_FFT) = 1024
Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtd, col_N_FFtd) = 720
Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtp, col_N_FFtp) = 120

End If

If Bw = "20" Then

Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFT, col_N_FFT) = 2048
Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtd, col_N_FFtd) = 1440
Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtp, col_N_FFtp) = 240

End If

End If

'AMC
If Permutacio = "AMC" Then

If Bw = "5" Then

Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFT, col_N_FFT) = 512
Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtd, col_N_FFtd) = 384
Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtp, col_N_FFtp) = 48

End If

If Bw = "10" Then

Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFT, col_N_FFT) = 1024
Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtd, col_N_FFtd) = 768
Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtp, col_N_FFtp) = 96

End If

If Bw = "20" Then

Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFT, col_N_FFT) = 2048
Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtd, col_N_FFtd) = 1536
Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtp, col_N_FFtp) = 192

End If

End If

End Sub

Sub Calcula_Portadores_UL(SheetRead As String, _
                          SheetWrite As String, fil_N_FFT As Integer, _
                          col_N_FFT As Integer, fil_N_FFtd As Integer, _
                          col_N_FFtd As Integer, fil_N_FFtp As Integer, _
                          col_N_FFtp As Integer, Permutacio As String, _
                          Bw As String)

'***** PARÀMETRES *****

'***** COS DE LA FUNCIO *****

'UL-PUSC

```

```

If Permutacio = "UL-PUSC" Then

    If Bw = "5" Then

        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFT, col_N_FFT) = 512
        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtd, col_N_FFtd) = 272
        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtp, col_N_FFtp) = 136

    End If

    If Bw = "10" Then

        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFT, col_N_FFT) = 1024
        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtd, col_N_FFtd) = 560
        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtp, col_N_FFtp) = 280

    End If

    If Bw = "20" Then

        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFT, col_N_FFT) = 2048
        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtd, col_N_FFtd) = 1472
        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtp, col_N_FFtp) = 208

    End If

End If

'AMC
If Permutacio = "AMC" Then

    If Bw = "5" Then

        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFT, col_N_FFT) = 512
        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtd, col_N_FFtd) = 384
        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtp, col_N_FFtp) = 48

    End If

    If Bw = "10" Then

        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFT, col_N_FFT) = 1024
        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtd, col_N_FFtd) = 768
        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtp, col_N_FFtp) = 96

    End If

    If Bw = "20" Then

        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFT, col_N_FFT) = 2048
        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtd, col_N_FFtd) = 1536
        Sheets(SheetWrite).Cells(fil_N_FFtp, col_N_FFtp) = 192

    End If

End If

End Sub

Function Calcula_NFFT_used(Bw As String, Permutacio As String)

'Funció encarregada de calcular el nombre de portadores útils pel càlcul de la
sensibilitat Rss

'***** PARÀMETRES *****

```

```
Dim NFFT_used As Double
'***** COS DE LA FUNCIO *****
If Permutacio = "DL-PUSC" Then
    If Bw = "5" Then
        NFFT_used = 420
    End If
    If Bw = "10" Then
        NFFT_used = 840
    End If
    If Bw = "20" Then
        NFFT_used = 1680
    End If
End If
If Permutacio = "UL-PUSC" Then
    If Bw = "5" Then
        NFFT_used = 408
    End If
    If Bw = "10" Then
        NFFT_used = 840
    End If
    If Bw = "20" Then
        NFFT = 1680
    End If
End If
If Permutacio = "AMC" Then
    If Bw = "5" Then
        NFFT_used = 432
    End If
    If Bw = "10" Then
        NFFT_used = 864
    End If
    If Bw = "20" Then
        NFFT = 1728
    End If
End If
```

```

End If

Calcula_NFFT_used = NFFT_used

End Function

```

Function Calcula_NFFT(Bw As String)

```

'Funció encarregada de calcular el nombre de portadores segons
'l'ample de banda

'***** PARÀMETRES *****

Dim NFFT As Double

'***** COS DE LA FUNCIO *****

    If Bw = "5" Then

        NFFT = 512

    End If

    If Bw = "10" Then

        NFFT = 1024

    End If

Calcula_NFFT = NFFT

End Function

```

Mòdul 23

Function Calcula_N(Bw As String)

```

'Subrutina encarregada de calcular el factor de mostreig n

'***** PARÀMETRES *****

Dim B_W As Integer
Dim N As Double

'***** COS DE LA FUNCIO *****

If Bw = "1.25" Then

    B_W = 1.25

End If

If Bw = "3.5" Then

    B_W = 3.5

End If

If Bw = "5" Then

    B_W = 5

End If

```

```
If Bw = "7" Then
    B_W = 7
End If

If Bw = "8.75" Then
    B_W = 8.75
End If

If Bw = "10" Then
    B_W = 10
End If

If Bw = "20" Then
    B_W = 20
End If

'Calculem el valor de n
If B_W Mod 1.75 Then
    N = 8 / 7
End If

If B_W Mod 1.25 Then
    N = 28 / 25
End If

If B_W Mod 1.2 Then
    N = 28 / 25
End If

If B_W Mod 1.25 Then
    N = 28 / 25
End If

If B_W Mod 1.5 Then
    N = 28 / 25
End If

If B_W Mod 2.75 Then
    N = 28 / 25
End If
```

```

    Calcula_N = N
End Function

```

Mòdul 24

Function Calcula_fs(Bw As String, N As Double)

```

'***** PARÀMETRES *****
Dim B_W As Double
Dim fs As Double

'***** COS DE LA FUNCIO *****

If Bw = "1.25" Then
    B_W = 1.25 * 1000000#
End If

If Bw = "3.5" Then
    B_W = 3.5 * 1000000#
End If

If Bw = "5" Then
    B_W = 5 * 1000000#
End If

If Bw = "7" Then
    B_W = 7 * 1000000#
End If

If Bw = "8.75" Then
    B_W = 8.75 * 1000000#
End If

If Bw = "10" Then
    B_W = 10 * 1000000#
End If

If Bw = "20" Then
    B_W = 20 * 1000000#
End If

'Calculem la freqüència de mostreig fs
'fs = CInt((n * B_W * 10000000#) / 8000) * (8000 / 10000000#)
fs = N * B_W

```



```
'Retornem el valor de fs
Calcula_fs = fs
End Function
```

Mòdul 25

```
Function Calcula_Af(fs As Double, NFFT As Double) As Double
```

```
'***** PARÀMETRES *****
'***** COS DE LA FUNCIO *****

'Calculem l'espai entre portadores Af. Fixat sempre a 10,94 Khz
Calcula_Af = fs / NFFT
End Function
```

Mòdul 26

```
Function Calcula_Tb(Af As Double) As Double
```

```
'***** PARÀMETRES *****
'***** COS DE LA FUNCIO *****

'Calculem el temps útil de símbol Tb. Fixat sempre a 91,4 us
'Retornem el valor de Tb
Calcula_Tb = 1 / Af
End Function
```

```
Function Calcula_Tg(Tb As Double, G As Double) As Double
```

```
'***** PARÀMETRES *****
'***** COS DE LA FUNCIO *****

'Calculem el temps útil de símbol Tb. Fixat sempre a 91,4 us
'Retornem el valor de Tg
Calcula_Tg = Tb * G
End Function
```

```
Function Calcula_Ts(Tb As Double, Tg As Double) As Double
```

```
'***** PARÀMETRES *****
```

```
'***** COS DE LA FUNCIO *****
'Calculem el temps útil de símbol Tb. Fixat sempre a 91,4 us

'Retornem el valor de Ts
Calcula_Ts = Tb + Tg
End Function
```

Mòdul 27

Function Calcula_TTG(Bw As String, fs As Double) As Double

```
'***** PARÀMETRES *****

'***** COS DE LA FUNCIO *****

'Determinem la duració de TTG en unitats de PS (Physical Slot)
If Bw = "3.5" Then
    PS = 188
End If

If Bw = "5" Then
    PS = 148
End If

If Bw = "7" Then
    PS = 376
End If

If Bw = "8.75" Then
    PS = 218
End If

If Bw = "10" Then
    PS = 296
End If

If Bw = "20" Then
    'No definit al Wimax Profile Release - 1
End If

'Calculem la duració en temps del TTG, donat que ve donat en PS(Physical Slot)
tPS = 4 / fs
```

'Retornem el valor de TTG en temps

Calcula_TTG = tPS * PS

End Function

Function Calcula_RTG(Bw As String, fs As Double) As Double

'***** PARÀMETRES *****

'***** COS DE LA FUNCIÓ *****

'Determinem la duració de RTG en unitats de PS (Physical Slot)

If Bw = "1.25" Then

'No definit al Wimax Profile Release - 1

End If

If Bw = "3.5" Then

PS = 60

End If

If Bw = "5" Then

PS = 84

End If

If Bw = "7" Then

PS = 120

End If

If Bw = "8.75" Then

PS = 186

End If

If Bw = "10" Then

PS = 168

End If

If Bw = "20" Then

'No definit al Wimax Profile Release - 1

End If

'Calculem la duració en temps del TTG, donat que ve donat en PS (Physical Slot)

```
tPS = 4 / fs
'Retornem el valor de RTG en temps
Calcula_RTG = tPS * PS

End Function
```

Mòdul 28

Function Calcula_Ttrama(Bw As String)

```
'Fixem la duració de la trama segons el Wimax Profile
'Temps de trama 5ms per Bw = 5 i 10 Mhz

'***** PARÀMETRES *****

'***** COS DE LA FUNCIO *****

If Bw = "3.5" Then
'No definit al Wimax Profile Release - 1
End If

If Bw = "5" Then
    Ttr = 0.005
End If

If Bw = "7" Then
'No definit al Wimax Profile Release - 1
End If

If Bw = "8.75" Then
'No definit al Wimax Profile Release - 1
End If

If Bw = "10" Then
    Ttr = 0.005
End If

If Bw = "20" Then
'No definit al Wimax Profile Release - 1
End If

Calcula_Ttrama = Ttr

End Function
```

Function Calcula_Nsubch(NFFTd As Double, Permutacio As String)

```
'Subrutina encarregada de calcular el nombre de subcannals per símbol OFDMA
'1 subchannel de DL-PUSC conté 24 subportadores de dades
'1 subchannel de UL-PUSC conté 16 subportadores de dades
'1 subchannel de AMC conté 48 subportadores de dades

'***** PARÀMETRES *****

'***** COS DE LA FUNCIO *****

'DL-PUSC
If Permutacio = "DL-PUSC" Then

    Calcula_Nsubch = NFFTd / 24

End If

'AMC
If Permutacio = "AMC" Then

    Calcula_Nsubch = NFFTd / 48

End If

If Permutacio = "UL-PUSC" Then

    Calcula_Nsubch = NFFTd / 16

End If

End Function
```

Mòdul 29**Function Calcula_Nsimb(Ttr, Ts)**

```
'Subrutina encarregada de calcular el nombre de símbols per trama.

' ***** PARÀMETRES *****

Dim Nsimb As Integer

'***** COS DE LA FUNCIO *****

Nsimb = Int(Ttr / Ts) ' Divisió entera

Calcula_Nsimb = Nsimb

End Function
```

Function Defineix_slot(per_mode As String)

```
'Subrutina encarregada de donar la definició de slot en funció del mode de
permutació escollit.

'***** PARÀMETRES *****

Dim Definicio As String

'***** COS DE LA FUNCIO *****
```

```

Select Case per_mode
Case Is = "DL-FUSC"
    Definicio = "1 subch. x 1 símb.OFDMA"

Case Is = "DL-PUSC"
    Definicio = "1 subch. x 2 símb.OFDMA"

Case Is = "UL-PUSC"
    Definicio = "1 subch. x 3 símb.OFDMA"

Case Is = "AMC"
    Definicio = "1 subch. x (1,2 o 3) símb.OFDMA"

Case Else
    MsgBox prompt:="Error en el mode de permutació. Siusplau, selecciona de nou.", _
        Title:="Error", _
        Buttons:=vbExclamation

End Select

Defineix_slot = Definicio

End Function

```

Mòdul 30

```

Function Calcula_Nsimb_data(Sheetname As String, Subtrama As String, _
    Bw As String, PHYSlots_fr As Double, _
    PHYSlots_subfr As Double)

'Funció encarregada de calcular el nombre de símbols OFDMA de dades per trama
'***** PARÀMETRES *****

Dim Nsimb_data As Integer
Dim Permutacio As String

If (Subtrama = "DOWNLINK") Then
    Permutacio = Sheets(Sheetname).ComboBox2
ElseIf (Subtrama = "UPLINK") Then
    Permutacio = Sheets(Sheetname).ComboBox3
End If

'***** COS DE LA FUNCIO *****

Select Case Subtrama

Case Is = "DOWNLINK"

    If Permutacio = "DL-PUSC" Or Permutacio = "AMC" Then

```

```

    If (Bw = "5") Or (Bw = "10") Then
        If (PHYSlots_subfr Mod PHYSlots_fr) <> 0 Then
            Nsimb_data = Int(42 * PHYSlots_subfr / PHYSlots_fr)
        End If

        If (PHYSlots_subfr Mod PHYSlots_fr) = 0 Then
            Nsimb_data = Int(44 * PHYSlots_subfr / PHYSlots_fr)
        End If
    End If

End If

Case Is = "UPLINK"

    Select Case Permutacio

        Case Is = "UL-PUSC" Or Permutacio = "AMC"

            If (Bw = "5") Or (Bw = "10") Then

                Nsimb_data = Int(42 * PHYSlots_subfr / PHYSlots_fr)

            End If

        End Select

Case Else

    MsgBox prompt:="Error al calcular el nombre de símbols OFDMA de
dades.", _
    Title:="Error", _
    Buttons:=vbExclamation

End Select

Calcula_Nsimb_data = Nsimb_data

End Function

```

Mòdul 31

```

Function Calcula_Cphy(pcQPSK_1_2 As Double, pcQPSK_3_4 As Double, _
    pc16QAM_1_2 As Double, pc16QAM_3_4 As Double, _
    pc64QAM_1_2 As Double, pc64QAM_2_3 As Double, _
    pc64QAM_3_4 As Double, pc64QAM_5_6 As Double, _
    Ts As Double, NFFTd As Double)

'Subrutina encarregada de calcular la capacitat a nivell físic

'***** PARÀMETRES *****

Dim Cphy As Double

'***** COS DE LA FUNCIO *****

If (pcQPSK_1_2 + pcQPSK_3_4 + pc16QAM_1_2 + pc16QAM_3_4 + pc64QAM_1_2 + _
    pc64QAM_2_3 + pc64QAM_3_4 + pc64QAM_5_6 <= 1) Then

```

```

Cphy = pcQPSK_1_2 * (NFFTd * 2 * 1 / 2) / Ts + _
      pcQPSK_3_4 * (NFFTd * 2 * 3 / 4) / Ts + _
      pc16QAM_1_2 * (NFFTd * 4 * 1 / 2) / Ts + _
      pc16QAM_3_4 * (NFFTd * 4 * 3 / 4) / Ts + _
      pc64QAM_1_2 * (NFFTd * 6 * 1 / 2) / Ts + _
      pc64QAM_2_3 * (NFFTd * 6 * 2 / 3) / Ts + _
      pc64QAM_3_4 * (NFFTd * 6 * 3 / 4) / Ts + _
      pc64QAM_5_6 * (NFFTd * 6 * 5 / 6) / Ts

```

```

Calcula_Cphy = Cphy

```

```

Else

```

```

    MsgBox prompt:="Error! Els percentatges de les modulacions superen el
100%", _
    Title:="Error", _
    Buttons:=vbExclamation

```

```

End If

```

```

End Function

```

Mòdul 32

```

Function Calcula_Cframe_data(Ns As Double, Ns_data As Double, _
                             NFFTd As Double, TTG As Double, RTG As Double, _
                             Ts As Double, Ttrama As Double, _
                             pcQPSK_1_2 As Double, pcQPSK_3_4 As Double, _
                             pc16QAM_1_2 As Double, pc16QAM_3_4 As Double, _
                             pc64QAM_1_2 As Double, pc64QAM_2_3 As Double, _
                             pc64QAM_3_4 As Double, pc64QAM_5_6 As Double)

```

Funció encarregada de retornar la velocitat útil de trama

```

'***** PARÀMETRES *****

```

```

Dim Cframe_data As Double

```

```

'***** COS DE LA FUNCIO *****

```

```

'versio 1

```

```

'Cfdata = pcQPSK_1_2 * (Ns_data * NFFTd * 2 * 1 / 2) / (Ns_data * Ts + TTG +
RTG) + _
      pcQPSK_3_4 * (Ns_data * NFFTd * 2 * 3 / 4) / (Ns_data * Ts + TTG + RTG) +
-
      pc16QAM_1_2 * (Ns_data * NFFTd * 4 * 1 / 2) / (Ns_data * Ts + TTG + RTG) +
-
      pc16QAM_3_4 * (Ns_data * NFFTd * 4 * 3 / 4) / (Ns_data * Ts + TTG + RTG) +
-
      pc64QAM_1_2 * (Ns_data * NFFTd * 6 * 1 / 2) / (Ns_data * Ts + TTG + RTG) +
-
      pc64QAM_2_3 * (Ns_data * NFFTd * 6 * 2 / 3) / (Ns_data * Ts + TTG + RTG) +
-
      pc64QAM_3_4 * (Ns_data * NFFTd * 6 * 3 / 4) / (Ns_data * Ts + TTG + RTG) +
-
      pc64QAM_5_6 * (Ns_data * NFFTd * 6 * 5 / 6) / (Ns_data * Ts + TTG + RTG)

```

```

'versio 2

```

```

Cframe_data = pcQPSK_1_2 * (Ns_data * NFFTd * 2 * 1 / 2) / Ttrama + _
              pcQPSK_3_4 * (Ns_data * NFFTd * 2 * 3 / 4) / Ttrama + _

```



```

pc16QAM_1_2 * (Ns_data * NFFTd * 4 * 1 / 2) / Ttrama + _
pc16QAM_3_4 * (Ns_data * NFFTd * 4 * 3 / 4) / Ttrama + _
pc64QAM_1_2 * (Ns_data * NFFTd * 6 * 1 / 2) / Ttrama + _
pc64QAM_2_3 * (Ns_data * NFFTd * 6 * 2 / 3) / Ttrama + _
pc64QAM_3_4 * (Ns_data * NFFTd * 6 * 3 / 4) / Ttrama + _
pc64QAM_5_6 * (Ns_data * NFFTd * 6 * 5 / 6) / Ttrama

```

```
Calcula_Cframe_data = Cframe_data
```

```
End Function
```

Mòdul 33

```
Function Calcula_PHYSlots_Trama(NFFT As Double, Nsimb_OFDMA_frame As Double)
```

```
'Funció encarregada de calcular el nombre de Physical Slots per trama
```

```
'***** PARÀMETRES *****
```

```
Dim NPHY_Slots As Double
```

```
'***** COS DE LA FUNCIO *****
```

```
'La ratio DL/UL es mesura en PHY Slots
```

```
' Cada trama conté Nsimb OFDMA. Aquests alhora tenen X Mostres FFT, que es equivalent al nombre de símbols modulats.
```

```
'Cada PHY Slot té una duració de 4 símbols modulats.
```

```
NPHY_Slots = (Nsimb_OFDMA_frame * NFFT) / 4
```

```
Calcula_PHYSlots_Trama = NPHY_Slots
```

```
End Function
```

Mòdul 34

```
Function Calcula_PSlots_SubTramaDL(N_PHY_slots_frame As Double, _  
Ratio As String)
```

```
'Funció encarregada de determinar el nombre d'slots de cada subtrama  
'en funció de la ràtio DL/UL
```

```
'***** PARÀMETRES *****
```

```
Dim N_PHY_slots_subframeDL As Double
```

```
'***** COS DE LA FUNCIO *****
```

```
Select Case Ratio
```

```
Case Is = "1:0"
```

```
    N_PHY_slots_subframeDL = Int(1 * N_PHY_slots_frame / 1)
```

```
Case Is = "1:1"
```

```
    N_PHY_slots_subframeDL = Int(1 * N_PHY_slots_frame / 2)
```

```
Case Is = "2:1"
```

```
    N_PHY_slots_subframeDL = Int(2 * N_PHY_slots_frame / 3)
```

```

Case Is = "3:1"
    N_PHY_slots_subframeDL = Int(3 * N_PHY_slots_frame / 4)
Case Is = "3:2"
    N_PHY_slots_subframeDL = Int(3 * N_PHY_slots_frame / 5)
Case Is = "0:1"
    N_PHY_slots_subframeDL = Int(0 * N_PHY_slots_frame / 1)
End Select
Calcula_PSlots_SubTramaDL = N_PHY_slots_subframeDL
End Function

```

Mòdul 35

```

Function Calcula_PSlots_SubTramaUL(N_PHY_slots_frame As Double, _
    Ratio As String)

```

'Funció encarregada de determinar el nombre d'slots de cada subtrama en funció de la ràtio DL/UL

```

'***** PARÀMETRES *****

```

```

Dim N_PHY_slots_subframeDL As Double

```

```

'***** COS DE LA FUNCIO *****

```

```

Select Case Ratio

```

```

    Case Is = "1:0"
        N_PHY_slots_subframeUL = N_PHY_slots_frame - Int(1 * N_PHY_slots_frame / 1)
    Case Is = "3:1"
        N_PHY_slots_subframeUL = N_PHY_slots_frame - Int(3 * N_PHY_slots_frame / 4)
    Case Is = "3:2"
        N_PHY_slots_subframeUL = N_PHY_slots_frame - Int(3 * N_PHY_slots_frame / 5)
    Case Is = "1:1"
        N_PHY_slots_subframeUL = N_PHY_slots_frame - Int(1 * N_PHY_slots_frame / 2)
    Case Is = "0:1"
        N_PHY_slots_subframeUL = N_PHY_slots_frame - Int(0 * N_PHY_slots_frame / 1)

```

```

End Select

```

```

Calcula_PSlots_SubTramaUL = N_PHY_slots_subframeUL

```

```

End Function

```

Mòdul 36

Sub Calcula_C_DL(SheetWrite As String, Tipus_Calcul_COBERTURA As String)

```
'Subrutina encarregada de calcular la capacitat de Downlink
'***** PARÀMETRES *****

'Clear_SCREEN "CAPACITAT"

Dim SheetRead As String

Dim Bw As String
Dim Permutacio As String
Dim G As Double
Dim Gtext As String
Dim Ratio As String
Dim N As Double

Dim fs As Double
Dim Af As Double

Dim Tb As Double
Dim Tg As Double
Dim Ts As Double

Dim NFFT As Double
Dim NFFTd As Double
Dim Nsub As Double

Dim pcQPSK_1_2_DL As Double
Dim pcQPSK_1_3_DL As Double
Dim pcQPSK_3_4_DL As Double
Dim pc16QAM_1_2_DL As Double
Dim pc16QAM_3_4_DL As Double
Dim pc64QAM_1_2_DL As Double
Dim pc64QAM_2_3_DL As Double
Dim pc64QAM_3_4_DL As Double
Dim pc64QAM_5_6_DL As Double

Dim Cphy As Double

Dim Ttr As Double
Dim NsimbOFDMA As Double
Dim NsimbOFDMA_data_subfrDL As Double

Dim RTG As Double
Dim TTG As Double

Dim Cframe_data As Double
Dim CsubframeDL_data As Double

Dim N_PHYslots_frame As Double
Dim N_PHYslots_subframeDL As Double

Dim coldL As Integer

Select Case Tipus_Calcul_COBERTURA

    Case Is = "Nomes_Capacitat"
        Clear_SCREEN "CAPACITAT"
        coldL = 2
        SheetRead = "CAPACITAT"

    Case Is = "Cobertura"
```

```

        colDL = 2
        SheetRead = "COBERTURA"

    Case Is = "Cobertura_Gt"
        colDL = 8
        SheetRead = "COBERTURA"

    Case Is = "Cobertura_Vureq"
        colDL = 13
        SheetRead = "COBERTURA"

    Case Is = "Cobertura_du"
        colDL = 18
        SheetRead = "COBERTURA"

End Select

If Tipus_Calcul_COBERTURA = "Nomes_Capacitat" Then

    pcQPSK_1_2_DL = Sheets(SheetRead).Cells(6, colDL) / 100
    pcQPSK_3_4_DL = Sheets(SheetRead).Cells(7, colDL) / 100
    pc16QAM_1_2_DL = Sheets(SheetRead).Cells(8, colDL) / 100
    pc16QAM_3_4_DL = Sheets(SheetRead).Cells(9, colDL) / 100
    pc64QAM_1_2_DL = Sheets(SheetRead).Cells(10, colDL) / 100
    pc64QAM_2_3_DL = Sheets(SheetRead).Cells(11, colDL) / 100
    pc64QAM_3_4_DL = Sheets(SheetRead).Cells(12, colDL) / 100
    pc64QAM_5_6_DL = Sheets(SheetRead).Cells(13, colDL) / 100

    Bw = Sheets(SheetRead).ComboBox1.Text
    Permutacio = Sheets(SheetRead).ComboBox2.Text
    Gtext = Sheets(SheetRead).ComboBox4.Text
    Ratio = Sheets(SheetRead).ComboBox5.Text
    Ttr = Sheets(SheetRead).ComboBox6.Text
    Ttr = Ttr / 1000#

Else

    pcQPSK_1_2_DL = Sheets(SheetRead).Cells(52, colDL) / 100
    pcQPSK_3_4_DL = Sheets(SheetRead).Cells(53, colDL) / 100
    pc16QAM_1_2_DL = Sheets(SheetRead).Cells(54, colDL) / 100
    pc16QAM_3_4_DL = Sheets(SheetRead).Cells(55, colDL) / 100
    pc64QAM_1_2_DL = Sheets(SheetRead).Cells(56, colDL) / 100
    pc64QAM_2_3_DL = Sheets(SheetRead).Cells(57, colDL) / 100
    pc64QAM_3_4_DL = Sheets(SheetRead).Cells(58, colDL) / 100
    pc64QAM_5_6_DL = Sheets(SheetRead).Cells(59, colDL) / 100

    Bw = Sheets(SheetRead).ComboBox3.Text
    Permutacio = Sheets(SheetRead).ComboBox7.Text
    Gtext = Sheets(SheetRead).ComboBox5.Text
    Ratio = Sheets(SheetRead).ComboBox4.Text
    Ttr = Sheets("CAPACITAT").ComboBox6.Text
    Ttr = Ttr / 1000#

End If

If Gtext = "1/8" Then

    G = 1 / 8

End If

If Gtext = "1/16" Then

    G = 1 / 16

```

```

End If

If Gtext = "1/32" Then

    G = 1 / 32

End If

'***** COS DE LA FUNCIO *****

'Netejem el full

'Sheets(SheetWrite).Select
'Clear_SCREEN SheetWrite

Select Case Tipus_Calcul_COBERTURA

    Case Is = "Nomes_Capacitat"

    Case Is = "Cobertura"

    Case Is = "Cobertura_Gt"
        Format_Capacitat_corrector_Dcela

    Case Is = "Cobertura_Vureq"
        Format_Capacitat_corrector_Vureq

    Case Is = "Cobertura_du"
        Format_Capacitat_corrector_du

End Select

Sheets(SheetWrite).Cells(3, colDL) = Bw
Sheets(SheetWrite).Cells(4, colDL) = Permutacio
Sheets(SheetWrite).Cells(5, colDL) = G

Sheets(SheetWrite).Cells(6, colDL) = pcQPSK_1_2_DL * 100
Sheets(SheetWrite).Cells(7, colDL) = pcQPSK_3_4_DL * 100
Sheets(SheetWrite).Cells(8, colDL) = pcl6QAM_1_2_DL * 100
Sheets(SheetWrite).Cells(9, colDL) = pcl6QAM_3_4_DL * 100
Sheets(SheetWrite).Cells(10, colDL) = pc64QAM_1_2_DL * 100
Sheets(SheetWrite).Cells(11, colDL) = pc64QAM_2_3_DL * 100
Sheets(SheetWrite).Cells(12, colDL) = pc64QAM_3_4_DL * 100
Sheets(SheetWrite).Cells(13, colDL) = pc64QAM_5_6_DL * 100

Sheets(SheetWrite).Cells(15, colDL) = Ttr * 1000
Sheets(SheetWrite).Cells(16, colDL) = Ratio

'Definim el tipus d'slot

def = Defineix_slot(Permutacio)

Sheets(SheetWrite).Cells(19, colDL) = def

'Calculem el factor de mostreig n

Sheets(SheetWrite).Cells(20, colDL).NumberFormat = " ??/??"

N = Calcula_N(Bw)

Sheets(SheetWrite).Cells(20, colDL) = N

'Calculem la freqüència de mostreig fs

```

```

fs = Calcula_fs(Bw, N)

Sheets(SheetWrite).Cells(21, colDL) = fs / 1000000#

'Calculem el nombre de portadores per símbol OFDMA en el DL
Calcula_Portadores_DL SheetRead, SheetWrite, 26, colDL, 27, colDL, 28, colDL

'Calculem l'espai entre portadores
NFFT = Sheets(SheetWrite).Cells(26, colDL)
Af = Calcula_Af(fs, NFFT)

Sheets(SheetWrite).Cells(22, colDL) = Af / 1000#

'Calculem el temps útil de símbol
Tb = Calcula_Tb(Af)

Sheets(SheetWrite).Cells(23, colDL) = Tb * 1000000#

'Calculem el temps redundant de símbol
Tg = Calcula_Tg(Tb, G)

Sheets(SheetWrite).Cells(24, colDL) = Tg * 1000000#

'Calculem el temps total de símbol
Ts = Calcula_Ts(Tb, Tg)

Sheets(SheetWrite).Cells(25, colDL) = Ts * 1000000#

'Calculem el nombre de subchannels DL per símbol i per la permutació
escolDLlida
NFFTd = Sheets(SheetWrite).Cells(27, colDL)
Nsub = Calcula_Nsubch(NFFTd, Permutacio)

Sheets(SheetWrite).Cells(29, colDL) = Nsub

'Calculem la capacitat total de la capa física
Cphy = Calcula_Cphy(pcQPSK_1_2_DL, pcQPSK_3_4_DL, pc16QAM_1_2_DL,
pc16QAM_3_4_DL, _
pc64QAM_1_2_DL, pc64QAM_2_3_DL, pc64QAM_3_4_DL, pc64QAM_5_6_DL,
Ts, NFFTd)

Sheets(SheetWrite).Cells(30, colDL) = Cphy / 1000000#

'Calculem el temps de trama
Ttr = Calcula_Ttrama(Bw)

Sheets(SheetWrite).Cells(32, colDL) = Ttr * 1000

'Calculem el nombre de símbols OFDMA en una trama

```

```

NsimbOFDMA = Calcula_Nsimb(Ttr, Ts)

Sheets(SheetWrite).Cells(33, colDL) = NsimbOFDMA

'Calculem el Número de PHY Slots

N_PHYslots_frame = Calcula_PHYSlots_Trama(NFFT, NsimbOFDMA)
N_PHYslots_subframeDL = Calcula_PSlots_SubTramaDL(N_PHYslots_frame, Ratio)

'Calculem el nombre de símbols OFDMA de dades en la subtrama de DL
NsimbOFDMA_data_subfrDL = Calcula_Nsimb_data(SheetWrite, "DOWNLINK", Bw,
N_PHYslots_frame, N_PHYslots_subframeDL)

Sheets(SheetWrite).Cells(34, colDL) = NsimbOFDMA_data_subfrDL

'Calculem el Tx/Rx Transition Gap (TTG)
TTG = Calcula_TTG(Bw, fs)
Sheets(SheetWrite).Cells(35, colDL) = TTG * 1000000#

'Calculem el Rx/Tx Transition Gap (RTG)
RTG = Calcula_RTG(Bw, fs)
Sheets(SheetWrite).Cells(36, colDL) = RTG * 1000000#

'Calculem la velocitat útil de la subtrama de DL
CsubframeDL_data = Calcula_Cframe_data(NsimbOFDMA, NsimbOFDMA_data_subfrDL, _
                                         NFFTd, TTG, RTG, Ts, Ttr, _
                                         pcQPSK_1_2_DL, pcQPSK_3_4_DL, _
                                         pc16QAM_1_2_DL, pc16QAM_3_4_DL, _
                                         pc64QAM_1_2_DL, pc64QAM_2_3_DL, _
                                         pc64QAM_3_4_DL, pc64QAM_5_6_DL)

Sheets(SheetWrite).Cells(38, colDL) = CsubframeDL_data / 1000000#

Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "B38:B38"

Sheets(SheetWrite).Select

End Sub

```

Mòdul 37

Sub Calcula_C_UL(SheetWrite As String, Tipus_Calcul_COBERTURA As String)

```

'Subrutina encarregada de calcular la capacitat d'Uplink

'***** PARÀMETRES *****

Dim SheetRead As String

Dim Bw As String
Dim Permutacio As String
Dim G As Double

```

```
Dim Gtext As String
Dim Ratio As String
Dim N As Double

Dim fs As Double
Dim Af As Double

Dim Tb As Double
Dim Tg As Double
Dim Ts As Double

Dim NFFT As Double
Dim NFFTd As Double
Dim Nsub As Double

Dim pcQPSK_1_2_UL As Double
Dim pcQPSK_1_3_UL As Double
Dim pcQPSK_3_4_UL As Double
Dim pc16QAM_1_2_UL As Double
Dim pc16QAM_3_4_UL As Double
Dim pc64QAM_1_2_UL As Double
Dim pc64QAM_2_3_UL As Double
Dim pc64QAM_3_4_UL As Double
Dim pc64QAM_5_6_UL As Double

Dim Cphy As Double

Dim Ttr As Double
Dim NsimbOFDMA As Double
Dim NsimbOFDMA_data_subfrDL As Double
Dim NsimbOFDMA_data_subfrUL As Double
Dim RTG As Double
Dim TTG As Double

Dim Cframe_data As Double
Dim CsubframeDL_data As Double
Dim CsubframeUL_data As Double

Dim N_PHYslots_frame As Double
Dim N_PHYslots_subframeUL As Double

Dim coldL As Integer
Dim colUL As Integer

Select Case Tipus_Calcul_COBERTURA

    Case Is = "Nomes_Capacitat"
        coldL = 2
        colUL = 3
        SheetRead = "CAPACITAT"

    Case Is = "Cobertura"
        coldL = 2
        colUL = 3
        SheetRead = "COBERTURA"

    Case Is = "Cobertura_Gt"
        coldL = 8
        colUL = 9
        SheetRead = "COBERTURA"

    Case Is = "Cobertura_Vureq"
        coldL = 13
        colUL = 14
        SheetRead = "COBERTURA"

    Case Is = "Cobertura_du"
        coldL = 18
```



```
colUL = 19
SheetRead = "COBERTURA"
End Select
```

```
If Tipus_Calcul_COBERTURA = "Nomes_Capacitat" Then
```

```
pcQPSK_1_2_UL = Sheets(SheetRead).Cells(6, colUL) / 100
pcQPSK_3_4_UL = Sheets(SheetRead).Cells(7, colUL) / 100
pcl6QAM_1_2_UL = Sheets(SheetRead).Cells(8, colUL) / 100
pcl6QAM_3_4_UL = Sheets(SheetRead).Cells(9, colUL) / 100
pc64QAM_1_2_UL = Sheets(SheetRead).Cells(10, colUL) / 100
pc64QAM_2_3_UL = Sheets(SheetRead).Cells(11, colUL) / 100
pc64QAM_3_4_UL = Sheets(SheetRead).Cells(12, colUL) / 100
pc64QAM_5_6_UL = Sheets(SheetRead).Cells(13, colUL) / 100
```

```
Bw = Sheets(SheetRead).ComboBox1.Text
Permutacio = Sheets(SheetRead).ComboBox3.Text
Gtext = Sheets(SheetRead).ComboBox4.Text
Ratio = Sheets(SheetRead).ComboBox5.Text
Ttr = Sheets(SheetRead).ComboBox6.Text
Ttr = Ttr / 1000#
```

```
Else
```

```
pcQPSK_1_2_UL = Sheets(SheetRead).Cells(52, colUL) / 100
pcQPSK_3_4_UL = Sheets(SheetRead).Cells(53, colUL) / 100
pcl6QAM_1_2_UL = Sheets(SheetRead).Cells(54, colUL) / 100
pcl6QAM_3_4_UL = Sheets(SheetRead).Cells(55, colUL) / 100
pc64QAM_1_2_UL = Sheets(SheetRead).Cells(56, colUL) / 100
pc64QAM_2_3_UL = Sheets(SheetRead).Cells(57, colUL) / 100
pc64QAM_3_4_UL = Sheets(SheetRead).Cells(58, colUL) / 100
pc64QAM_5_6_UL = Sheets(SheetRead).Cells(59, colUL) / 100
```

```
Bw = Sheets(SheetRead).ComboBox3.Text
Permutacio = Sheets(SheetRead).ComboBox6.Text
Gtext = Sheets(SheetRead).ComboBox5.Text
Ratio = Sheets(SheetRead).ComboBox4.Text
Ttr = Sheets("CAPACITAT").ComboBox6.Text
Ttr = Ttr / 1000#
```

```
End If
If Gtext = "1/8" Then
```

```
G = 1 / 8
```

```
End If
```

```
If Gtext = "1/16" Then
```

```
G = 1 / 16
```

```
End If
```

```
If Gtext = "1/32" Then
```

```
G = 1 / 32
```

```
End If
```

```
'***** COS DE LA FUNCIO *****
```

```
'Netejem el full
```

```

Sheets(SheetWrite).Select
'Clear_SCREEN SheetWrite

Sheets(SheetWrite).Cells(4, colUL) = Permutacio

Sheets(SheetWrite).Cells(6, colUL) = pcQPSK_1_2_UL * 100
Sheets(SheetWrite).Cells(7, colUL) = pcQPSK_3_4_UL * 100
Sheets(SheetWrite).Cells(8, colUL) = pcl6QAM_1_2_UL * 100
Sheets(SheetWrite).Cells(9, colUL) = pcl6QAM_3_4_UL * 100
Sheets(SheetWrite).Cells(10, colUL) = pc64QAM_1_2_UL * 100
Sheets(SheetWrite).Cells(11, colUL) = pc64QAM_2_3_UL * 100
Sheets(SheetWrite).Cells(12, colUL) = pc64QAM_3_4_UL * 100
Sheets(SheetWrite).Cells(13, colUL) = pc64QAM_5_6_UL * 100

'Definim el tipus d'slot
def = Defineix_slot(Permutacio)

Sheets(SheetWrite).Cells(19, colUL) = def

'Calculem el factor de mostreig n
'Sheets(SheetWrite).Cells(20,colDL).NumberFormat = " ??/??"
N = Calcula_N(Bw)
'Sheets(SheetWrite).Cells(20, colDL) = N

'Calculem la freqüència de mostreig fs
fs = Calcula_fs(Bw, N)
'Sheets(SheetWrite).Cells(21, colDL) = fs / 1000000#

'Calculem el nombre de portadores per símbol OFDMA en el UL
Calcula_Portadores_UL SheetRead, SheetWrite, 26, colDL, 27, colUL, 28, colUL

'Calculem l'espai entre portadores
NFFT = Sheets(SheetWrite).Cells(26, colDL)
Af = Calcula_Af(fs, NFFT)
'Sheets(SheetWrite).Cells(22, colDL) = Af / 1000#

'Calculem el temps útil de símbol
Tb = Calcula_Tb(Af)
'Sheets(SheetWrite).Cells(23, colDL) = Tb * 1000000#

'Calculem el temps redundant de símbol
Tg = Calcula_Tg(Tb, G)
'Sheets(SheetWrite).Cells(24, colDL) = Tg * 1000000#

'Calculem el temps total de símbol
Ts = Calcula_Ts(Tb, Tg)

```

```
'Sheets(SheetWrite).Cells(25, colDL) = Ts * 1000000#

'Calculem el nombre de subchannels UL per símbol i per la permutació escollida
NFFTd = Sheets(SheetWrite).Cells(27, colUL)
Nsub = Calcula_Nsubch(NFFTd, Permutacio)

Sheets(SheetWrite).Cells(29, colUL) = Nsub

'Calculem la capacitat total de la capa física
Cphy = Calcula_Cphy(pcQPSK_1_2_UL, pcQPSK_3_4_UL, pc16QAM_1_2_UL, _
                  pc16QAM_3_4_UL, pc64QAM_1_2_UL, pc64QAM_2_3_UL, _
                  pc64QAM_3_4_UL, pc64QAM_5_6_UL, Ts, NFFTd)

Sheets(SheetWrite).Cells(30, colUL) = Cphy / 1000000#

'Calculem el temps de trama
Ttr = Calcula_Ttrama(Bw)

'Sheets(SheetWrite).Cells(32, colDL) = Ttr * 1000

'Calculem el nombre de símbols OFDMA en una trama
NsimbOFDMA = Calcula_Nsimb(Ttr, Ts)

'Sheets(SheetWrite).Cells(33, colDL) = NsimbOFDMA

'Calculem el Número de PHY Slots
N_PHYslots_frame = Calcula_PHYSlots_Trama(NFFT, NsimbOFDMA)
N_PHYslots_subframeUL = Calcula_PSlots_SubTramaUL(N_PHYslots_frame, Ratio)

'Calculem el nombre de símbols OFDMA de dades en la subtrama UL
'(Només valid aquest metode per la trama de 5ms!)
NsimbOFDMA_data_subfrDL = Sheets(SheetWrite).Cells(34, colDL)

If NsimbOFDMA_data_subfrDL = 44 Then
    NsimbOFDMA_data_subfrUL = 0
Else
    NsimbOFDMA_data_subfrUL = 42 - NsimbOFDMA_data_subfrDL
End If

Sheets(SheetWrite).Cells(34, colUL) = NsimbOFDMA_data_subfrUL

'Calculem el Tx/Rx Transition Gap (TTG)
TTG = Calcula_TTG(Bw, fs)

'Sheets(SheetWrite).Cells(35, colDL) = TTG * 1000000#

'Calculem el Rx/Tx Transition Gap (RTG)
```

```

RTG = Calcula_RTG(Bw, fs)

'Sheets(SheetWrite).Cells(36, colDL) = RTG * 1000000#

'Calculem la velocitat útil de la subtrama de UL

CsubframeUL_data = Calcula_Cframe_data(NsimbOFDMA, NsimbOFDMA_data_subfrUL, _
                                         NFFTd, TTG, RTG, Ts, Ttr, _
                                         pcQPSK_1_2_UL, pcQPSK_3_4_UL, _
                                         pc16QAM_1_2_UL, pc16QAM_3_4_UL, _
                                         pc64QAM_1_2_UL, pc64QAM_2_3_UL, _
                                         pc64QAM_3_4_UL, pc64QAM_5_6_UL)

Sheets(SheetWrite).Cells(38, colUL) = CsubframeUL_data / 1000000#

Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "C37:C37"

CsubframeDL_data = Sheets(SheetWrite).Cells(38, colDL) * 1000000#

Cframe_data = CsubframeDL_data + CsubframeUL_data

Sheets(SheetWrite).Cells(37, colDL) = Cframe_data / 1000000#

Remarca_resultats "Verd", "Blanc", "B37:B37"

Sheets(SheetWrite).Select

If Tipus_Calcul_COBERTURA = "Cobertura_du" Then
    Sheets("COBERTURA").Select
End If

End Sub

```

Mòdul 38

```

Sub Subindex(fil As Integer, col As Integer, inici As Integer, _
             longitud As Integer)

'***** COS DE LA FUNCIO *****

'Subrutina per donar format als subindexs

Cells(fil, col).Select
With ActiveCell.Characters(Start:=inici, Length:=longitud).Font
    .Name = "Arial"
    .FontStyle = "Normal"
    .Size = 8
    .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = True
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
End Sub

Sub Superindex(fil As Integer, col As Integer, inici As Integer, _
               longitud As Integer)

'***** COS DE LA FUNCIO *****

```

```
'Subrutina per donar format als subindexs

Cells(fil, col).Select
With ActiveCell.Characters(Start:=inici, Length:=longitud).Font
    .Name = "Arial"
    .FontStyle = "Normal"
    .Size = 8
    .Strikethrough = False
    .Superscript = True
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
End Sub
```

Mòdul 39

Function Calcula_SNR(Nint As Integer, N As Integer, Gamma As Double)

```
'Subrutina encarregada de calcular el valor de la SNR en dB

'***** PARÀMETRES *****

Dim SNR As Double

'***** COS DE LA FUNCIO *****

'Calculem la SNR en dB's

SNR = 10 * Log(1 / Nint * (Sqr(3 * N)) ^ Gamma) / Log(10)

Calcula_SNR = SNR

End Function
```

Mòdul 40

Public temps_tot As Double

Sub Estadistiques(SheetRead As String, SheetWrite As String)

```
'***** PARÀMETRES *****

Dim du As Double
Dim Vu As Double
Dim pu As Double
Dim dcela As Integer
Dim Bw As String
Dim Orientacio As String
Dim p_i As Integer
Dim Gamma As Integer
Dim z As Integer, j As Integer, I As Integer

'***** COS DE LA FUNCIO *****
```

```

'Netejem el full d'estadístiques

Clear_SCREEN SheetWrite

ActiveWindow.DisplayGridlines = False

'Muntem la taula

'Llegim Paràmetres estadística

du = Sheets(SheetRead).Cells(3, 2)
Vu = Sheets(SheetRead).Cells(4, 2)
pu = Sheets(SheetRead).Cells(5, 2)
dcela = Sheets(SheetRead).Cells(6, 2)

Bw = Sheets(SheetRead).ComboBox3.Text
Orientacio = Sheets(SheetRead).ComboBox2.Text
p_i = Sheets(SheetRead).Cells(12, 2)
Gamma = Sheets(SheetRead).Cells(13, 2)

'Inserim les dades de càlcul al full d'estadístiques

Sheets(SheetWrite).Cells(3, 2) = "Gamma: " & Gamma
Sheets(SheetWrite).Cells(4, 2) = "Velocitat usuari: " & Vu

Sheets(SheetWrite).Cells(5, 2) = "pu: " & pu
Sheets(SheetWrite).Cells(6, 2) = "Dcela: " & dcela
Sheets(SheetWrite).Cells(7, 2) = "Bw: " & Bw
Sheets(SheetWrite).Cells(8, 2) = "Orientació: " & Orientacio
' Sheets(SheetWrite).Cells(9, 2) = "Activitat ant.: " & p_i
Sheets(SheetWrite).Cells(9, 2) = "Y : " & Gamma

'Configurem amplada de columnes

Columns("F:F").ColumnWidth = 2.86
Columns("H:H").ColumnWidth = 2.86
Columns("K:K").ColumnWidth = 2.86

z = 0      'Comptador de caselles recorregudes

For I = 0 To 7 Step 1

'Bucle que s'encarrega d'escollir les 8 possibilitats de modulació mínima
'(corona més externa)

    temps_tot = 0

    'Seleccionem l'element i del ComboBox de modulacions
    Sheets(SheetRead).ComboBox1.ListIndex = I

    'Muntem la taula amb les dades que no s'han de calcular
    Munta_Dades z, "ESTADISTIQUES"

    'Cridem la subrutina per calcular els diferents valors
    Calcul

    'Bucle que per cada opció de i, s'encarrega de passar els resultats
    'obtinguts a les 8 corones al full d'estadístiques

```

```
For j = 0 To 7
    Insereix_Dades j, z, "ESTADISTIQUES", "COBERTURA"
    z = z + 1
Next j

'Copiem R i D
R = Sheets(SheetRead).Cells(50, 2) 'R
Sheets(SheetWrite).Cells(9, 2) = "R : " & R
D = Sheets(SheetRead).Cells(51, 2) 'D
Sheets(SheetWrite).Cells(10, 2) = "D : " & D

'Enquadrem els resultats
Sheets(SheetWrite).Select

Requadrar "B3:B10"
Requadrar "E4:M11"
Requadrar "E16:M23"
Requadrar "E28:M35"
Requadrar "E40:M47"
Requadrar "E52:M59"
Requadrar "E64:M71"
Requadrar "E76:M83"
Requadrar "E88:M95"

'Fem el gràfic de les corones

'Graf_Corones 8 - i, 54, 2

z = z + 4

Next I

End Sub

Sub Munta_Dades(z As Integer, SheetRead As String, SheetWrite As String)
    Sheets(SheetWrite).Cells(4 + z, 5) = "Corona 1"

    Sheets(SheetWrite).Cells(5 + z, 5) = "Corona 2"

    Sheets(SheetWrite).Cells(6 + z, 5) = "Corona 3"

    Sheets(SheetWrite).Cells(7 + z, 5) = "Corona 4"

    Sheets(SheetWrite).Cells(8 + z, 5) = "Corona 5"

    Sheets(SheetWrite).Cells(9 + z, 5) = "Corona 6"

    Sheets(SheetWrite).Cells(10 + z, 5) = "Corona 7"

    Sheets(SheetWrite).Cells(11 + z, 5) = "Corona 8"
```

```

Sheets(SheetWrite).Cells(4 + z, 9) = "R1"
Subindex 4 + z, 9, 2, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(5 + z, 9) = "R2"
Subindex 5 + z, 9, 2, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(6 + z, 9) = "R3"
Subindex 6 + z, 9, 2, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(7 + z, 9) = "R4"
Subindex 7 + z, 9, 2, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(8 + z, 9) = "R5"
Subindex 8 + z, 9, 2, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(9 + z, 9) = "R6"
Subindex 9 + z, 9, 2, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(10 + z, 9) = "R7"
Subindex 10 + z, 9, 2, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(11 + z, 9) = "R8"
Subindex 11 + z, 9, 2, 1

'Temps de cada modulació

Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A52", 4, 12, z
Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A53", 5, 12, z
Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A54", 6, 12, z
Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A55", 7, 12, z
Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A56", 8, 12, z
Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A57", 9, 12, z
Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A58", 10, 12, z
Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A59", 11, 12, z

Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A52", 4, 15, z
Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A53", 5, 15, z
Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A54", 6, 15, z
Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A55", 7, 15, z
Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A56", 8, 15, z
Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A57", 9, 15, z
Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A58", 10, 15, z
Insereix_Enunciat_temps SheetRead, SheetWrite, "A59", 11, 15, z

End Sub

Sub Insereix_Enunciat_temps(SheetRead As String, SheetWrite As String, _
    Range_Read As String, LineWrite As Integer, _
    ColWrite As Integer, z As Integer)

    Sheets(SheetRead).Select
        Range(Range_Read).Select
        Selection.Copy
    Sheets(SheetWrite).Select
        Cells(LineWrite + z, ColWrite).Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteFormulas, Operation:=xlNone, _
            SkipBlanks:=False, Transpose:=False
    Subindex LineWrite + z, ColWrite, 4, 3

End Sub

Sub Insereix_Dades(punter_COBERTURA As Integer, _
    punter_ESTADISTIQUES As Integer, _
    SheetWrite As String, SheetRead As String)

    'Copiem la modulació
    Sheets(SheetWrite).Cells(4 + punter_ESTADISTIQUES, 7) = _

```



```

Sheets(SheetRead).Cells(24 + punter_COBERTURA, 2)

'Copiem el valor dels radis
Sheets(SheetWrite).Cells(4 + punter_ESTADISTIQUES, 10) = _
Sheets(SheetRead).Cells(54 + punter_COBERTURA, 2)

'Copiem els temps

Insereix_temps punter_COBERTURA, punter_ESTADISTIQUES, "ESTADISTIQUES", _
"COBERTURA"

End Sub

Sub Insereix_temps(punter_COBERT As Integer, punter_ESTADIST As Integer, _
SheetWrite As String, SheetRead As String)

temps_tot = temps_tot + Sheets(SheetRead).Cells(41 + punter_COBERT, 2)

Sheets(SheetWrite).Cells(4 + punter_ESTADIST, 13) = _
Sheets(SheetRead).Cells(41 + punter_COBERT, 2)

'Controlem si el temps total es < 1

If (temps_tot < 1) Then

Sheets("ESTADISTIQUES").Cells(4 + punter_ESTADIST, 13).Font.ColorIndex = 10

Else

Sheets("ESTADISTIQUES").Cells(4 + punter_ESTADIST, 13).Font.ColorIndex = 3
Sheets("ESTADISTIQUES").Cells(4 + punter_ESTADIST, 13).Font.Bold = True

End If

End Sub

```

Mòdul 41

Sub Estadistiques_corrector_Gt(SheetRead As String, SheetWrite As String)

```

'***** PARÀMETRES *****

Dim fp As Double
Dim Ptx As Double
Dim Gt As Double
Dim Gr As Double
Dim hb As Double
Dim hm As Double
Dim entorn As String

Dim du As Double
Dim Vu As Double
Dim pu As Double
Dim dcela As Double
Dim Bw As String
Dim Orientacio As String

Dim z As Integer, j As Integer, I As Integer
Dim Ttot_tr As Double

Dim PermDL As String
Dim PermUL As String
Dim RatioDLUL As String

```

Dim G As String

```
'***** COS DE LA FUNCIO *****'

'Netejem el full d'estadístiques

Clear_SCREEN SheetRead
Clear_SCREEN SheetWrite

'Configurem amplada de columnes d'estadístiques
Sheets(SheetWrite).Columns("A:A").ColumnWidth = 16.71
Sheets(SheetWrite).Columns("B:B").ColumnWidth = 15.86

Sheets(SheetWrite).Columns("F:F").ColumnWidth = 2.86
Sheets(SheetWrite).Columns("H:H").ColumnWidth = 2.86
Sheets(SheetWrite).Columns("K:K").ColumnWidth = 2.86
Sheets(SheetWrite).Columns("L:L").ColumnWidth = 12.14
Sheets(SheetWrite).Columns("N:N").ColumnWidth = 2.86
Sheets(SheetWrite).Columns("O:O").ColumnWidth = 12.14
Sheets(SheetWrite).Columns("Q:Q").ColumnWidth = 2.86

z = 0      'Comptador de caselles recorregudes

For I = 0 To 7 Step 1

'Bucle que s'encarrega d'escollir les 8 possibilitats de modulació mínima
'(corona més externa)

    temps_tot = 0

    'Seleccióem l'element i del ComboBox de modulacions

    Sheets(SheetRead).ComboBox1.ListIndex = I

    'Cridem a la funció que calcula els paràmetres per la modulació donada

    Sheets("COBERTURA").Select
    Range("H18:I20").Select
    Selection.NumberFormat = "@"

    Calcul_corrector_Gt

    'Llegim Paràmetres estadística

    fp = Sheets(SheetRead).Cells(3, 8)
    Bw = Sheets(SheetRead).Cells(4, 8)
    Orientacio = Sheets(SheetRead).Cells(5, 8)
    Ptx = Sheets(SheetRead).Cells(7, 8)
    Gt = Sheets(SheetRead).Cells(8, 8)
    Gr = Sheets(SheetRead).Cells(9, 8)
    hb = Sheets(SheetRead).Cells(10, 8)
    hm = Sheets(SheetRead).Cells(11, 8)
    entorn = Sheets(SheetRead).Cells(12, 8)

    du = Sheets(SheetRead).Cells(14, 8)
    Vu = Sheets(SheetRead).Cells(15, 8)
    pu = Sheets(SheetRead).Cells(16, 8)

    PermDL = Sheets(SheetRead).Cells(18, 8)
    PermUL = Sheets(SheetRead).Cells(18, 9)
    RatioDLUL = Sheets(SheetRead).Cells(19, 8)
    G = Sheets(SheetRead).Cells(20, 8)
```

```
Ttot_tr = Sheets(SheetRead).Cells(61, 8)
R = Sheets(SheetRead).Cells(63, 8)
D = Sheets(SheetRead).Cells(64, 8)
N = Sheets(SheetRead).Cells(65, 8)
dcela = Sheets(SheetRead).Cells(66, 8)

'Inserim les dades de càlcul al full d'estadístiques
Sheets(SheetWrite).Select

Sheets(SheetWrite).Cells(2, 1) = "Paràmetre"
Sheets(SheetWrite).Cells(2, 2) = "Valor"
Sheets(SheetWrite).Cells(2, 3) = "Unitats"

Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 5) = "Corona"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 7) = "Modulació"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 9) = "Radi"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 10) = "Valor"

Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 12) = "% Temps subtr.DL"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 13) = "Valor"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 15) = "% Temps subtr.UL"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 16) = "Valor"

'Valors de les entrades

Sheets(SheetWrite).Cells(4, 1) = "BwCH"
Subindex 4, 1, 3, 2
Sheets(SheetWrite).Cells(4, 2) = Bw
Sheets(SheetWrite).Cells(4, 3) = "Ghz"

Sheets(SheetWrite).Cells(5, 1) = "Bw"
Sheets(SheetWrite).Cells(5, 2) = Bw
Sheets(SheetWrite).Cells(5, 3) = "Mhz"

Sheets(SheetWrite).Cells(6, 1) = "Orientacio"
Sheets(SheetWrite).Cells(6, 2) = Orientacio
Sheets(SheetWrite).Cells(6, 3) = "°"

Sheets(SheetWrite).Cells(7, 1) = "PTX"
Subindex 7, 1, 2, 2
Sheets(SheetWrite).Cells(7, 2) = Ptx
Sheets(SheetWrite).Cells(7, 3) = "mW"

Sheets(SheetWrite).Cells(8, 1) = "GR"
Subindex 8, 1, 2, 2
Sheets(SheetWrite).Cells(8, 2) = Gr
Sheets(SheetWrite).Cells(8, 3) = "dBi"

Sheets(SheetWrite).Cells(9, 1) = "hB"
Subindex 9, 1, 2, 1
Sheets(SheetWrite).Cells(9, 2) = hb
Sheets(SheetWrite).Cells(9, 3) = "m"

Sheets(SheetWrite).Cells(10, 1) = "hm"
Subindex 10, 1, 2, 2
Sheets(SheetWrite).Cells(10, 2) = hm
Sheets(SheetWrite).Cells(10, 3) = "dBi"

Sheets(SheetWrite).Cells(11, 1) = "Entorn"
Sheets(SheetWrite).Cells(11, 2) = entorn

Sheets(SheetWrite).Cells(13, 1) = "du"
```

```

Range("B13").Select
Selection.NumberFormat = "0.00E+00"
Sheets(SheetWrite).Cells(13, 2) = du
Sheets(SheetWrite).Cells(13, 3) = "usu/m2"
Superindex 13, 3, 6, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(14, 1) = "Vu"
Sheets(SheetWrite).Cells(14, 2) = Vu
Sheets(SheetWrite).Cells(14, 3) = "Mbps"
Subindex 14, 1, 2, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(15, 1) = Sheets(SheetRead).Cells(16, 1)
Sheets(SheetWrite).Cells(15, 2) = pu
Sheets(SheetWrite).Cells(15, 3) = "%"
Subindex 15, 1, 2, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(17, 1) = "Mode permutació DL"
Sheets(SheetWrite).Cells(17, 2) = PermDL

Sheets(SheetWrite).Cells(18, 1) = "Mode permutació UL"
Sheets(SheetWrite).Cells(18, 2) = PermUL

Sheets(SheetWrite).Cells(19, 1) = "Ratio DL/UL"
Range("B19").Select
Selection.NumberFormat = "@"
Sheets(SheetWrite).Cells(19, 2) = RatioDLUL

Sheets(SheetWrite).Cells(20, 1) = "G"
Sheets(SheetWrite).Cells(20, 2) = G

Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 18) = "Paràmetre"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 19) = "Valor"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 20) = "Unitats"

Sheets(SheetWrite).Cells(4 + z, 18) = "D"
Sheets(SheetWrite).Cells(4 + z, 19) = D
Sheets(SheetWrite).Cells(4 + z, 20) = "m"

Sheets(SheetWrite).Cells(5 + z, 18) = "N"
Sheets(SheetWrite).Cells(5 + z, 19) = N
Sheets(SheetWrite).Cells(5 + z, 20) = "freq./clúster"

Sheets(SheetWrite).Cells(6 + z, 18) = Sheets(SheetRead).Cells(61, 1)
Subindex 6 + z, 18, 3, 6
Sheets(SheetWrite).Cells(6 + z, 19) = Ttot_tr
Sheets(SheetWrite).Cells(6 + z, 20) = "%"

Sheets(SheetWrite).Cells(7 + z, 18) = "Dcel·la"
Subindex 7 + z, 18, 2, 6
Sheets(SheetWrite).Cells(7 + z, 19) = dcela
Sheets(SheetWrite).Cells(7 + z, 20) = "cel·les/km2"
Superindex 7 + z, 20, 11, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(8 + z, 18) = "GT"
Subindex 8 + z, 18, 2, 1
Sheets(SheetWrite).Cells(8 + z, 19) = Gt
Sheets(SheetWrite).Cells(8 + z, 20) = "dBi"

'Muntem la taula d'ESTADISTIQUES amb el nom de les entrades

Munta_Dades z, "COBERTURA", "ESTADISTIQUES"

'Bucle que per cada opció de i, s'encarrega de passar els resultats
'obtinguts a les 8 corones al full d'estadístiques

For j = 0 To 7

```

```
Insereix_Dades_EST j, z, "ESTADISTIQUES", "COBERTURA", "Dcela"

z = z + 1

Next j

z = z + 4

'Netejem el full de cobertura per evitar que es solapin
'les dades del calcul anterior

Clear_SCREEN SheetRead

Next I

'Requadrem els resultats
Sheets(SheetWrite).Select

Combina_Celes "A3:C3"
Combina_Celes "A12:C12"
Combina_Celes "A16:C16"
Combina_Celes "A21:C21"
Combina_Celes "R3:T3"
Combina_Celes "R15:T15"
Combina_Celes "R27:T27"
Combina_Celes "R39:T39"
Combina_Celes "R51:T51"
Combina_Celes "R63:T63"
Combina_Celes "R75:T75"
Combina_Celes "R87:T87"

Requadrar "A2:C21"
Requadrar_xdins "A2:C21"

Requadrar "E2:P11"
Requadrar "E14:P23"
Requadrar "E26:P35"
Requadrar "E38:P47"
Requadrar "E50:P59"
Requadrar "E62:P71"
Requadrar "E74:P83"
Requadrar "E86:P95"

Requadrar "R2:T8"
Requadrar "R14:T20"
Requadrar "R26:T32"
Requadrar "R38:T44"
Requadrar "R50:T56"
Requadrar "R62:T68"
Requadrar "R74:T80"
Requadrar "R86:T92"

Combina_Celes "R3:T3"
Combina_Celes "R15:T15"
Combina_Celes "R27:T27"
Combina_Celes "R39:T39"
Combina_Celes "R51:T51"
Combina_Celes "R63:T63"
Combina_Celes "R75:T75"
Combina_Celes "R87:T87"

Requadrar_xdins "R2:T8"
Requadrar_xdins "R14:T20"
Requadrar_xdins "R26:T32"
Requadrar_xdins "R38:T44"
Requadrar_xdins "R50:T56"
Requadrar_xdins "R62:T68"
```

```
Requadrar_xdins "R74:T80"
Requadrar_xdins "R86:T92"
```

```
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "A3:C3"
```

```
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "A12:C12"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "A16:C16"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "A21:C21"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E3:P3"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E15:P15"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E27:P27"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E39:P39"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E51:P51"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E63:P63"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E75:P75"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E87:P87"
```

```
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R3:T3"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R15:T15"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R27:T27"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R39:T39"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R51:T51"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R63:T63"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R75:T75"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R87:T87"
```

```
End Sub
```

```
Sub Insereix_Dades_EST(punter_COBERTURA As Integer, _
                      punter_ESTADISTIQUES As Integer, _
                      SheetWrite As String, _
                      SheetRead As String, TipusCorrector As String)
```

```
Dim col_Read As Integer
```

```
If TipusCorrector = "Dcela" Then
    col_Read = 8
End If
```

```
If TipusCorrector = "Vu" Then
    col_Read = 13
End If
```

```
If TipusCorrector = "du" Then
    col_Read = 18
End If
```

```
'Copiem la modulació
Sheets(SheetWrite).Cells(4 + punter_ESTADISTIQUES, 7) = _
Sheets(SheetRead).Cells(34 + punter_COBERTURA, col_Read)
```

```
'Copiem el valor dels radis
Sheets(SheetWrite).Cells(4 + punter_ESTADISTIQUES, 10) = _
Sheets(SheetRead).Cells(68 + punter_COBERTURA, col_Read)
```

```
'Copiem els temps
```

```
Insereix_temps punter_COBERTURA, punter_ESTADISTIQUES, "ESTADISTIQUES", _
"COBERTURA", TipusCorrector
```

```
End Sub
```

```
Sub Insereix_temps(punter_COBERT As Integer, punter_ESTADIST As Integer, _
                  SheetWrite As String, SheetRead As String, _
                  TipusCorrector As String)
```

```
Dim col_Read As Integer
```

```

If TipusCorrector = "Dcela" Then
    col_Read = 8
End If

If TipusCorrector = "Vu" Then
    col_Read = 13
End If

If TipusCorrector = "du" Then
    col_Read = 18
End If

'Subtrama DL
Sheets(SheetWrite).Cells(4 + punter_ESTADIST, 13) = _
Sheets(SheetRead).Cells(52 + punter_COBERT, col_Read)

'Subtrama UL
Sheets(SheetWrite).Cells(4 + punter_ESTADIST, 16) = _
Sheets(SheetRead).Cells(52 + punter_COBERT, col_Read + 1)

End Sub

```

Mòdul 42

Sub Estadistiques_corrector_Vu(SheetRead As String, SheetWrite As String)

```

'***** PARÀMETRES *****

Dim fp As Double
Dim Ptx As Double
Dim Gt As Double
Dim Gr As Double
Dim hb As Double
Dim hm As Double
Dim entorn As String

Dim du As Double
Dim Vu As Double
Dim pu As Double
Dim dcela As Double
Dim Bw As String
Dim Orientacio As String

Dim z As Integer, j As Integer, I As Integer
Dim Ttot_tr As Double

Dim PermDL As String
Dim PermUL As String
Dim RatioDLUL As String
Dim G As String

'***** COS DE LA FUNCIO *****

'Netejem el full d'estadístiques

Clear_SCREEN SheetRead
Clear_SCREEN SheetWrite

'Configurem amplada de columnes d'estadístiques
Sheets(SheetWrite).Columns("A:A").ColumnWidth = 16.71
Sheets(SheetWrite).Columns("B:B").ColumnWidth = 15.86

Sheets(SheetWrite).Columns("F:F").ColumnWidth = 2.86

```

```

Sheets(SheetWrite).Columns("H:H").ColumnWidth = 2.86
Sheets(SheetWrite).Columns("K:K").ColumnWidth = 2.86
Sheets(SheetWrite).Columns("L:L").ColumnWidth = 12.14
Sheets(SheetWrite).Columns("N:N").ColumnWidth = 2.86
Sheets(SheetWrite).Columns("O:O").ColumnWidth = 12.14
Sheets(SheetWrite).Columns("Q:Q").ColumnWidth = 2.86

z = 0      'Comptador de caselles recorregudes

For I = 0 To 7 Step 1

'Bucle que s'encarrega d'escollir les 8 possibilitats
'de modulació mínima (corona més externa)

    temps_tot = 0

    'Seleccióem l'element i del ComboBox de modulacions

    Sheets(SheetRead).ComboBox1.ListIndex = I

    'Cridem a la funció que calcula els paràmetres per la modulació donada

    Sheets("COBERTURA").Select
    Range("M18:N20").Select
    Selection.NumberFormat = "@"

    Calcul_corrector_Vureq

    'Llegim Paràmetres estadística

    fp = Sheets(SheetRead).Cells(3, 13)
    Bw = Sheets(SheetRead).Cells(4, 13)
    Orientacio = Sheets(SheetRead).Cells(5, 13)
    Ptx = Sheets(SheetRead).Cells(7, 13)
    Gt = Sheets(SheetRead).Cells(8, 13)
    Gr = Sheets(SheetRead).Cells(9, 13)
    hb = Sheets(SheetRead).Cells(10, 13)
    hm = Sheets(SheetRead).Cells(11, 13)
    entorn = Sheets(SheetRead).Cells(12, 13)

    du = Sheets(SheetRead).Cells(14, 13)
    Vu = Sheets(SheetRead).Cells(15, 13)
    pu = Sheets(SheetRead).Cells(16, 13)

    PermDL = Sheets(SheetRead).Cells(18, 13)
    PermUL = Sheets(SheetRead).Cells(18, 14)
    RatioDLUL = Sheets(SheetRead).Cells(19, 13)
    G = Sheets(SheetRead).Cells(20, 13)

    Ttot_tr = Sheets(SheetRead).Cells(61, 13)
    R = Sheets(SheetRead).Cells(63, 13)
    D = Sheets(SheetRead).Cells(64, 13)
    N = Sheets(SheetRead).Cells(65, 13)
    dcela = Sheets(SheetRead).Cells(66, 13)

    'Inserim les dades de càlcul al full d'estadístiques
    Sheets(SheetWrite).Select

    Sheets(SheetWrite).Cells(2, 1) = "Paràmetre"
    Sheets(SheetWrite).Cells(2, 2) = "Valor"
    Sheets(SheetWrite).Cells(2, 3) = "Unitats"

    Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 5) = "Corona"
    Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 7) = "Modulació"
    Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 9) = "Radi"

```



```
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 10) = "Valor"

Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 12) = "% Temps subtr.DL"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 13) = "Valor"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 15) = "% Temps subtr.UL"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 16) = "Valor"

'Valors de les entrades

Sheets(SheetWrite).Cells(4, 1) = "BwCH"
Subindex 4, 1, 3, 2
Sheets(SheetWrite).Cells(4, 2) = Bw
Sheets(SheetWrite).Cells(4, 3) = "Ghz"

Sheets(SheetWrite).Cells(5, 1) = "Bw"
Sheets(SheetWrite).Cells(5, 2) = Bw
Sheets(SheetWrite).Cells(5, 3) = "Mhz"

Sheets(SheetWrite).Cells(6, 1) = "Orientacio"
Sheets(SheetWrite).Cells(6, 2) = Orientacio
Sheets(SheetWrite).Cells(6, 3) = "°"

Sheets(SheetWrite).Cells(7, 1) = "PTX"
Subindex 7, 1, 2, 2
Sheets(SheetWrite).Cells(7, 2) = Ptx
Sheets(SheetWrite).Cells(7, 3) = "mW"

Sheets(SheetWrite).Cells(8, 1) = "GT"
Subindex 8, 1, 2, 2
Sheets(SheetWrite).Cells(8, 2) = Gt
Sheets(SheetWrite).Cells(8, 3) = "dBi"

Sheets(SheetWrite).Cells(9, 1) = "GR"
Subindex 9, 1, 2, 2
Sheets(SheetWrite).Cells(9, 2) = Gr
Sheets(SheetWrite).Cells(9, 3) = "dBi"

Sheets(SheetWrite).Cells(10, 1) = "hB"
Subindex 10, 1, 2, 1
Sheets(SheetWrite).Cells(10, 2) = hb
Sheets(SheetWrite).Cells(10, 3) = "m"

Sheets(SheetWrite).Cells(11, 1) = "hm"
Subindex 11, 1, 2, 2
Sheets(SheetWrite).Cells(11, 2) = hm
Sheets(SheetWrite).Cells(11, 3) = "dBi"

Sheets(SheetWrite).Cells(12, 1) = "Entorn"
Sheets(SheetWrite).Cells(12, 2) = entorn

Sheets(SheetWrite).Cells(14, 1) = "du"
Range("B14").Select
Selection.NumberFormat = "0.00E+00"
Sheets(SheetWrite).Cells(14, 2) = du
Sheets(SheetWrite).Cells(14, 3) = "usu/m2"
Superindex 14, 3, 6, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(15, 1) = Sheets(SheetRead).Cells(16, 1)
Sheets(SheetWrite).Cells(15, 2) = pu
Sheets(SheetWrite).Cells(15, 3) = "%"
Subindex 15, 1, 2, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(17, 1) = "Mode permutació DL"
Sheets(SheetWrite).Cells(17, 2) = PermDL
```

```

Sheets(SheetWrite).Cells(18, 1) = "Mode permutació UL"
Sheets(SheetWrite).Cells(18, 2) = PermUL

Sheets(SheetWrite).Cells(19, 1) = "Ratio DL/UL"
Range("B19").Select
Selection.NumberFormat = "@"
Sheets(SheetWrite).Cells(19, 2) = RatioDLUL

Sheets(SheetWrite).Cells(20, 1) = "G"
Sheets(SheetWrite).Cells(20, 2) = G

Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 18) = "Paràmetre"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 19) = "Valor"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 20) = "Unitats"

Sheets(SheetWrite).Cells(4 + z, 18) = "D"
Sheets(SheetWrite).Cells(4 + z, 19) = D
Sheets(SheetWrite).Cells(4 + z, 20) = "m"

Sheets(SheetWrite).Cells(5 + z, 18) = "N"
Sheets(SheetWrite).Cells(5 + z, 19) = N
Sheets(SheetWrite).Cells(5 + z, 20) = "freq./clúster"

Sheets(SheetWrite).Cells(6 + z, 18) = Sheets(SheetRead).Cells(61, 1)
Subindex 6 + z, 18, 3, 6
Sheets(SheetWrite).Cells(6 + z, 19) = Ttot_tr
Sheets(SheetWrite).Cells(6 + z, 20) = "%"

Sheets(SheetWrite).Cells(7 + z, 18) = "Dcel·la"
Subindex 7 + z, 18, 2, 6
Sheets(SheetWrite).Cells(7 + z, 19) = dcela
Sheets(SheetWrite).Cells(7 + z, 20) = "cel·les/km2"
Superindex 7 + z, 20, 11, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(8 + z, 18) = "Vu"
Subindex 8 + z, 18, 2, 1
Sheets(SheetWrite).Cells(8 + z, 19) = Vu
Sheets(SheetWrite).Cells(8 + z, 20) = "Mbps"

'Muntem la taula d'ESTADISTIQUES amb el nom de les entrades
Munta_Dades z, "COBERTURA", "ESTADISTIQUES"

'Bucle que per cada opció de i, s'encarrega de passar
'els resultats obtinguts a les 8 corones al full d'estadístiques

For j = 0 To 7

Insereix_Dades_EST j, z, "ESTADISTIQUES", "COBERTURA", "Vu"

z = z + 1

Next j

z = z + 4

'Netejem el full de cobertura per evitar que es solapin
'les dades del calcul anterior

Clear_SCREEN SheetRead

Next I

'Requadrem els resultats
Sheets(SheetWrite).Select

```

Combina_Celes "A3:C3"
Combina_Celes "A13:C13"
Combina_Celes "A16:C16"
Combina_Celes "A21:C21"
Combina_Celes "R3:T3"
Combina_Celes "R15:T15"
Combina_Celes "R27:T27"
Combina_Celes "R39:T39"
Combina_Celes "R51:T51"
Combina_Celes "R63:T63"
Combina_Celes "R75:T75"
Combina_Celes "R87:T87"

Requadrar "A2:C21"
Requadrar_xdins "A2:C21"

Requadrar "E2:P11"
Requadrar "E14:P23"
Requadrar "E26:P35"
Requadrar "E38:P47"
Requadrar "E50:P59"
Requadrar "E62:P71"
Requadrar "E74:P83"
Requadrar "E86:P95"

Requadrar "R2:T8"
Requadrar "R14:T20"
Requadrar "R26:T32"
Requadrar "R38:T44"
Requadrar "R50:T56"
Requadrar "R62:T68"
Requadrar "R74:T80"
Requadrar "R86:T92"

Combina_Celes "R3:T3"
Combina_Celes "R15:T15"
Combina_Celes "R27:T27"
Combina_Celes "R39:T39"
Combina_Celes "R51:T51"
Combina_Celes "R63:T63"
Combina_Celes "R75:T75"
Combina_Celes "R87:T87"

Requadrar_xdins "R2:T8"
Requadrar_xdins "R14:T20"
Requadrar_xdins "R26:T32"
Requadrar_xdins "R38:T44"
Requadrar_xdins "R50:T56"
Requadrar_xdins "R62:T68"
Requadrar_xdins "R74:T80"
Requadrar_xdins "R86:T92"

Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "A3:C3"

Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "A13:C13"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "A16:C16"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "A21:C21"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E3:P3"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E15:P15"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E27:P27"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E39:P39"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E51:P51"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E63:P63"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E75:P75"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E87:P87"

Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R3:T3"

```

Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R15:T15"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R27:T27"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R39:T39"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R51:T51"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R63:T63"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R75:T75"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R87:T87"

```

End Sub

Mòdul 43

Sub Estadistiques_corrector_du(SheetRead As String, SheetWrite As String)

```
'***** PARÀMETRES *****
```

```

Dim fp As Double
Dim Ptx As Double
Dim Gt As Double
Dim Gr As Double
Dim hb As Double
Dim hm As Double
Dim entorn As String

```

```

Dim du As Double
Dim Vu As Double
Dim pu As Double
Dim dcela As Double
Dim Bw As String
Dim Orientacio As String

```

```

Dim z As Integer, j As Integer, I As Integer
Dim Ttot_tr As Double

```

```

Dim PermDL As String
Dim PermUL As String
Dim RatioDLUL As String
Dim G As String

```

```
'***** COS DE LA FUNCIO *****
```

'Netejem el full d'estadístiques

```

Clear_SCREEN SheetRead
Clear_SCREEN SheetWrite

```

```

'Configurem amplada de columnes d'estadístiques
Sheets(SheetWrite).Columns("A:A").ColumnWidth = 16.71
Sheets(SheetWrite).Columns("B:B").ColumnWidth = 15.86

```

```

Sheets(SheetWrite).Columns("F:F").ColumnWidth = 2.86
Sheets(SheetWrite).Columns("H:H").ColumnWidth = 2.86
Sheets(SheetWrite).Columns("K:K").ColumnWidth = 2.86
Sheets(SheetWrite).Columns("L:L").ColumnWidth = 12.14
Sheets(SheetWrite).Columns("N:N").ColumnWidth = 2.86
Sheets(SheetWrite).Columns("O:O").ColumnWidth = 12.14
Sheets(SheetWrite).Columns("Q:Q").ColumnWidth = 2.86

```

```
z = 0 'Comptador de caselles recorregudes
```

```
For I = 0 To 7 Step 1
```

```
'Bucle que s'encarrega d'escollir les 8 possibilitats de modulació mínima  
'(corona més externa)
```

```
temps_tot = 0
```

```
'Selecciónem l'element i del ComboBox de modulacions
```

```
Sheets(SheetRead).ComboBox1.ListIndex = I
```

```
'Cridem a la funció que calcula els paràmetres per la modulació donada
```

```
Sheets("COBERTURA").Select  
Range("R18:S20").Select  
Selection.NumberFormat = "@"
```

```
Calcul_corrector_du
```

```
'Llegim Paràmetres estadística
```

```
fp = Sheets(SheetRead).Cells(3, 18)  
Bw = Sheets(SheetRead).Cells(4, 18)  
Orientacio = Sheets(SheetRead).Cells(5, 18)  
Ptx = Sheets(SheetRead).Cells(7, 18)  
Gt = Sheets(SheetRead).Cells(8, 18)  
Gr = Sheets(SheetRead).Cells(9, 18)  
hb = Sheets(SheetRead).Cells(10, 18)  
hm = Sheets(SheetRead).Cells(11, 18)  
entorn = Sheets(SheetRead).Cells(12, 18)
```

```
du = Sheets(SheetRead).Cells(14, 18)  
Vu = Sheets(SheetRead).Cells(15, 18)  
pu = Sheets(SheetRead).Cells(16, 18)
```

```
PermDL = Sheets(SheetRead).Cells(18, 18)  
PermUL = Sheets(SheetRead).Cells(18, 19)  
RatioDLUL = Sheets(SheetRead).Cells(19, 18)  
G = Sheets(SheetRead).Cells(20, 18)
```

```
Ttot_tr = Sheets(SheetRead).Cells(61, 18)  
R = Sheets(SheetRead).Cells(63, 18)  
D = Sheets(SheetRead).Cells(64, 18)  
N = Sheets(SheetRead).Cells(65, 18)  
dcela = Sheets(SheetRead).Cells(66, 18)
```

```
'Inserim les dades de càlcul al full d'estadístiques  
Sheets(SheetWrite).Select
```

```
Sheets(SheetWrite).Cells(2, 1) = "Paràmetre"  
Sheets(SheetWrite).Cells(2, 2) = "Valor"  
Sheets(SheetWrite).Cells(2, 3) = "Unitats"
```

```
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 5) = "Corona"  
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 7) = "Modulació"  
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 9) = "Radi"  
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 10) = "Valor"
```

```
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 12) = "% Temps subtr.DL"  
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 13) = "Valor"  
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 15) = "% Temps subtr.UL"  
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 16) = "Valor"
```

```
'Valors de les entrades
```

```
Sheets(SheetWrite).Cells(4, 1) = "BwCH"  
Subindex 4, 1, 3, 2
```

```

Sheets(SheetWrite).Cells(4, 2) = Bw
Sheets(SheetWrite).Cells(4, 3) = "Ghz"

Sheets(SheetWrite).Cells(5, 1) = "Bw"
Sheets(SheetWrite).Cells(5, 2) = Bw
Sheets(SheetWrite).Cells(5, 3) = "Mhz"

Sheets(SheetWrite).Cells(6, 1) = "Orientacio"
Sheets(SheetWrite).Cells(6, 2) = Orientacio
Sheets(SheetWrite).Cells(6, 3) = "°"

Sheets(SheetWrite).Cells(7, 1) = "PTX"
Subindex 7, 1, 2, 2
Sheets(SheetWrite).Cells(7, 2) = Ptx
Sheets(SheetWrite).Cells(7, 3) = "mW"

Sheets(SheetWrite).Cells(8, 1) = "GT"
Subindex 8, 1, 2, 2
Sheets(SheetWrite).Cells(8, 2) = Gt
Sheets(SheetWrite).Cells(8, 3) = "dBi"

Sheets(SheetWrite).Cells(9, 1) = "GR"
Subindex 9, 1, 2, 2
Sheets(SheetWrite).Cells(9, 2) = Gr
Sheets(SheetWrite).Cells(9, 3) = "dBi"

Sheets(SheetWrite).Cells(10, 1) = "hB"
Subindex 10, 1, 2, 1
Sheets(SheetWrite).Cells(10, 2) = hb
Sheets(SheetWrite).Cells(10, 3) = "m"

Sheets(SheetWrite).Cells(11, 1) = "hm"
Subindex 11, 1, 2, 2
Sheets(SheetWrite).Cells(11, 2) = hm
Sheets(SheetWrite).Cells(11, 3) = "dBi"

Sheets(SheetWrite).Cells(12, 1) = "Entorn"
Sheets(SheetWrite).Cells(12, 2) = entorn

Sheets(SheetWrite).Cells(14, 1) = "Vu"
Sheets(SheetWrite).Cells(14, 2) = Vu
Sheets(SheetWrite).Cells(14, 3) = "Mbps"
Subindex 14, 1, 2, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(15, 1) = Sheets(SheetRead).Cells(16, 1)
Sheets(SheetWrite).Cells(15, 2) = pu
Sheets(SheetWrite).Cells(15, 3) = "%"
Subindex 15, 1, 2, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(17, 1) = "Mode permutació DL"
Sheets(SheetWrite).Cells(17, 2) = PermDL

Sheets(SheetWrite).Cells(18, 1) = "Mode permutació UL"
Sheets(SheetWrite).Cells(18, 2) = PermUL

Sheets(SheetWrite).Cells(19, 1) = "Ratio DL/UL"
Range("B19").Select
Selection.NumberFormat = "@"
Sheets(SheetWrite).Cells(19, 2) = RatioDLUL

Sheets(SheetWrite).Cells(20, 1) = "G"
Sheets(SheetWrite).Cells(20, 2) = G

```

```

Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 18) = "Paràmetre"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 19) = "Valor"
Sheets(SheetWrite).Cells(2 + z, 20) = "Unitats"

Sheets(SheetWrite).Cells(4 + z, 18) = "D"
Sheets(SheetWrite).Cells(4 + z, 19) = D
Sheets(SheetWrite).Cells(4 + z, 20) = "m"

Sheets(SheetWrite).Cells(5 + z, 18) = "N"
Sheets(SheetWrite).Cells(5 + z, 19) = N
Sheets(SheetWrite).Cells(5 + z, 20) = "freq./clúster"

Sheets(SheetWrite).Cells(6 + z, 18) = Sheets(SheetRead).Cells(61, 1)
Subindex 6 + z, 18, 3, 6
Sheets(SheetWrite).Cells(6 + z, 19) = Ttot_tr
Sheets(SheetWrite).Cells(6 + z, 20) = "%"

Sheets(SheetWrite).Cells(7 + z, 18) = "Dcel·la"
Subindex 7 + z, 18, 2, 6
Sheets(SheetWrite).Cells(7 + z, 19) = dcela
Sheets(SheetWrite).Cells(7 + z, 20) = "cel·les/km2"
Superindex 7 + z, 20, 11, 1

Sheets(SheetWrite).Cells(8 + z, 18) = "du"
Subindex 8 + z, 18, 2, 1
Cells(8 + z, 18).Select
Selection.NumberFormat = "0.00E+00"
Sheets(SheetWrite).Cells(8 + z, 19) = du
Sheets(SheetWrite).Cells(8 + z, 20) = "usu/km2"
Superindex 8 + z, 20, 7, 1

'Muntem la taula d'ESTADISTIQUES amb el nom de les entrades

Munta_Dades z, "COBERTURA", "ESTADISTIQUES"

'Bucle que per cada opció de i, s'encarrega de passar els resultats
'obtinguts a les 8 corones al full d'estadístiques

For j = 0 To 7

Insereix_Dades_EST j, z, "ESTADISTIQUES", "COBERTURA", "du"

z = z + 1

Next j

z = z + 4

'Netejem el full de cobertura per evitar que es solapin les dades del
calcul anterior
Clear_SCREEN SheetRead
Next I

'Requadrem els resultats
Sheets(SheetWrite).Select

Combina_Celes "A3:C3"
Combina_Celes "A13:C13"
Combina_Celes "A16:C16"
Combina_Celes "A21:C21"
Combina_Celes "R3:T3"
Combina_Celes "R15:T15"
Combina_Celes "R27:T27"
Combina_Celes "R39:T39"
Combina_Celes "R51:T51"
Combina_Celes "R63:T63"
Combina_Celes "R75:T75"

```

Combina_Celes "R87:T87"

Requadrar "A2:C21"
Requadrar_xdins "A2:C21"

Requadrar "E2:P11"
Requadrar "E14:P23"
Requadrar "E26:P35"
Requadrar "E38:P47"
Requadrar "E50:P59"
Requadrar "E62:P71"
Requadrar "E74:P83"
Requadrar "E86:P95"

Requadrar "R2:T8"
Requadrar "R14:T20"
Requadrar "R26:T32"
Requadrar "R38:T44"
Requadrar "R50:T56"
Requadrar "R62:T68"
Requadrar "R74:T80"
Requadrar "R86:T92"

Combina_Celes "R3:T3"
Combina_Celes "R15:T15"
Combina_Celes "R27:T27"
Combina_Celes "R39:T39"
Combina_Celes "R51:T51"
Combina_Celes "R63:T63"
Combina_Celes "R75:T75"
Combina_Celes "R87:T87"

Requadrar_xdins "R2:T8"
Requadrar_xdins "R14:T20"
Requadrar_xdins "R26:T32"
Requadrar_xdins "R38:T44"
Requadrar_xdins "R50:T56"
Requadrar_xdins "R62:T68"
Requadrar_xdins "R74:T80"
Requadrar_xdins "R86:T92"

Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "A3:C3"

Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "A13:C13"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "A16:C16"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "A21:C21"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E3:P3"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E15:P15"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E27:P27"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E39:P39"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E51:P51"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E63:P63"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E75:P75"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "E87:P87"

Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R3:T3"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R15:T15"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R27:T27"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R39:T39"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R51:T51"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R63:T63"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R75:T75"
Dibuixa_Barra_Gris "ESTADISTIQUES", "R87:T87"

End Sub

Mòdul 44

Sub Escull_Estadístiques()

```
'Subrutina encarregada d'escollir el tipus de càlcul corrector
'del FULL ESTADÍSTIQUES

'***** PARÀMETRES *****

Dim Tipus_Estad As String

Tipus_Estad = Sheets("COBERTURA").ComboBox8.Text

'***** COS DE LA FUNCIO *****

Select Case Tipus_Estad

    Case Is = "Guany antena BS"

        Estadistiques_corrector_Gt "COBERTURA", "ESTADISTIQUES"

    Case Is = "Velocitat d'usuari"

        Estadistiques_corrector_Vu "COBERTURA", "ESTADISTIQUES"

    Case Is = "Densitat d'usuari"

        Estadistiques_corrector_du "COBERTURA", "ESTADISTIQUES"

    Case Else

        MsgBox prompt:="L'ample de banda ha de ser 5 o 10 Mhz. Siusplau,
        corregeix el valor.", _
            Title:="Error", _
            Buttons:=vbExclamation

End Select

End Sub
```

Mòdul 45

Sub Format_Capacitat_corrector_Dcela()

```
'Subrutina encarregada de donar format per introduir les dades
'del càlcul de Capacitat a partir de la funció Capacitat_corrector_Dcela

'***** COS DE LA FUNCIO *****

Sheets("CAPACITAT").Select
Columns("A:D").Select
Selection.Copy

Columns("G:J").Select
ActiveSheet.Paste

Range("H3:I13").Select
Selection.ClearContents

Range("H15:I16").Select
Selection.ClearContents

Range("H18:I18").Select
Selection.ClearContents

Range("H20:I31").Select
```

```

Selection.ClearContents

Range("H33:I39").Select
Selection.ClearContents

Range("H5:I5").Select
Selection.NumberFormat = "# ??/???"

Range("H16:I16").Select
Selection.NumberFormat = "@"

Range("H6:I13").Select
Selection.NumberFormat = "0.00"

End Sub

```

Mòdul 46

Sub Format_Capacitat_corrector_Vureq()

```

'Subrutina encarregada de donar format per introduir les dades
'del càlcul de Capacitat a partir de la funció Capacitat_corrector_Vureq

'***** COS DE LA FUNCIO *****

Columns("A:D").Select
Selection.Copy

Columns("L:O").Select
ActiveSheet.Paste

Range("M3:N13").Select
Selection.ClearContents

Range("M15:N16").Select
Selection.ClearContents

Range("M18:N18").Select
Selection.ClearContents

Range("M20:N31").Select
Selection.ClearContents

Range("M33:N39").Select
Selection.ClearContents

Range("M5:N5").Select
Selection.NumberFormat = "# ??/???"

Range("M16:N16").Select
Selection.NumberFormat = "@"

Range("M6:N13").Select
Selection.NumberFormat = "0.00"

End Sub

```

Mòdul 47

Sub Format_Capacitat_corrector_du()

```

'Subrutina encarregada de donar format per introduir les dades
'del càlcul de Capacitat a partir de la funció Capacitat_corrector__du

```

```
Columns("A:D").Select
Selection.Copy

Columns("Q:T").Select
ActiveSheet.Paste

Range("R3:S13").Select
Selection.ClearContents

Range("R15:S16").Select
Selection.ClearContents

Range("R18:S18").Select
Selection.ClearContents

Range("R20:S31").Select
Selection.ClearContents

Range("R33:S39").Select
Selection.ClearContents

Range("R5:S5").Select
Selection.NumberFormat = "# ??/??"

Range("R16:S16").Select
Selection.NumberFormat = "@"

Range("R6:S13").Select
Selection.NumberFormat = "0.00"
```

End Sub

Diagrama de funcionament del càlcul de COBERTURA

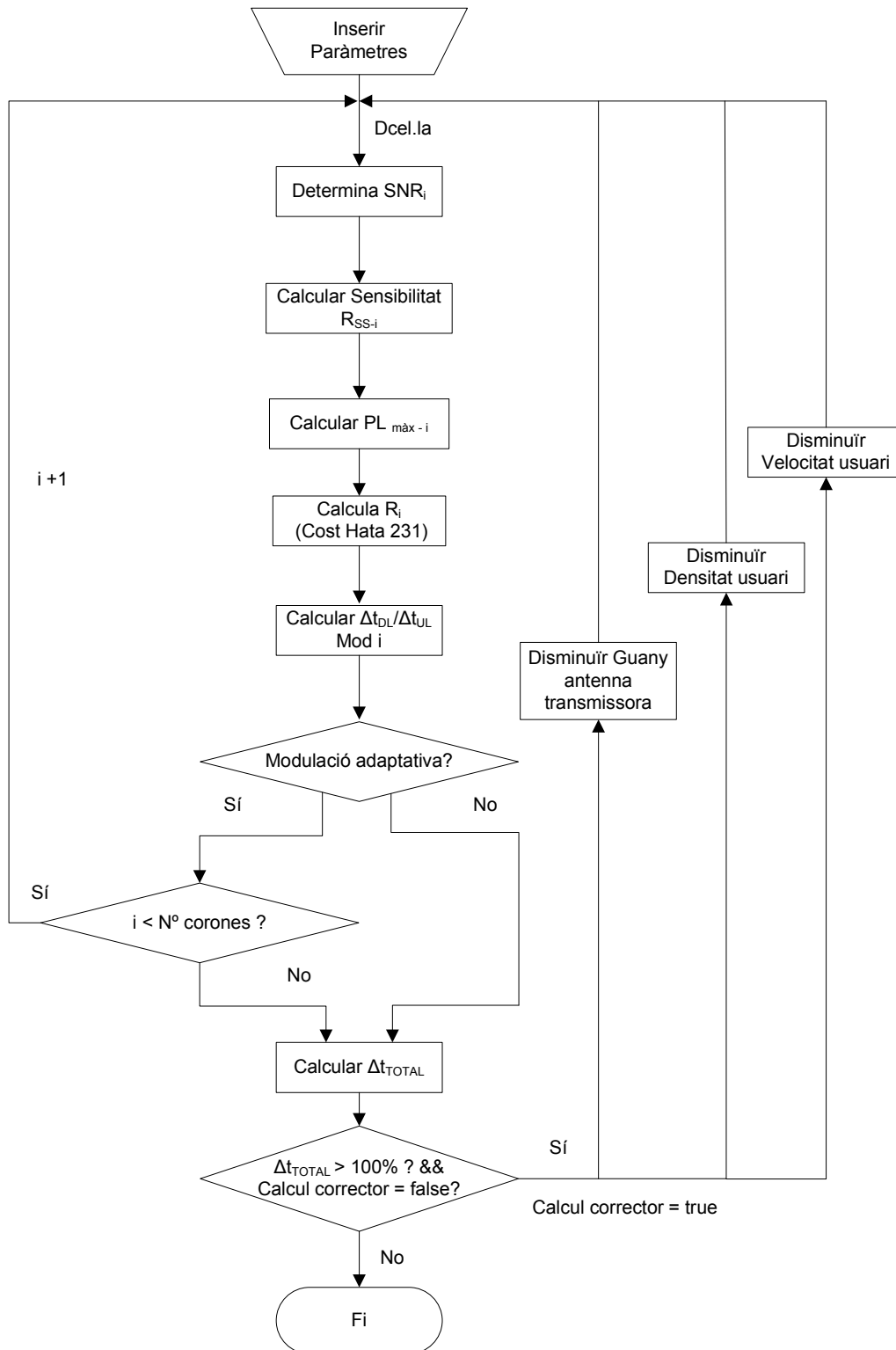
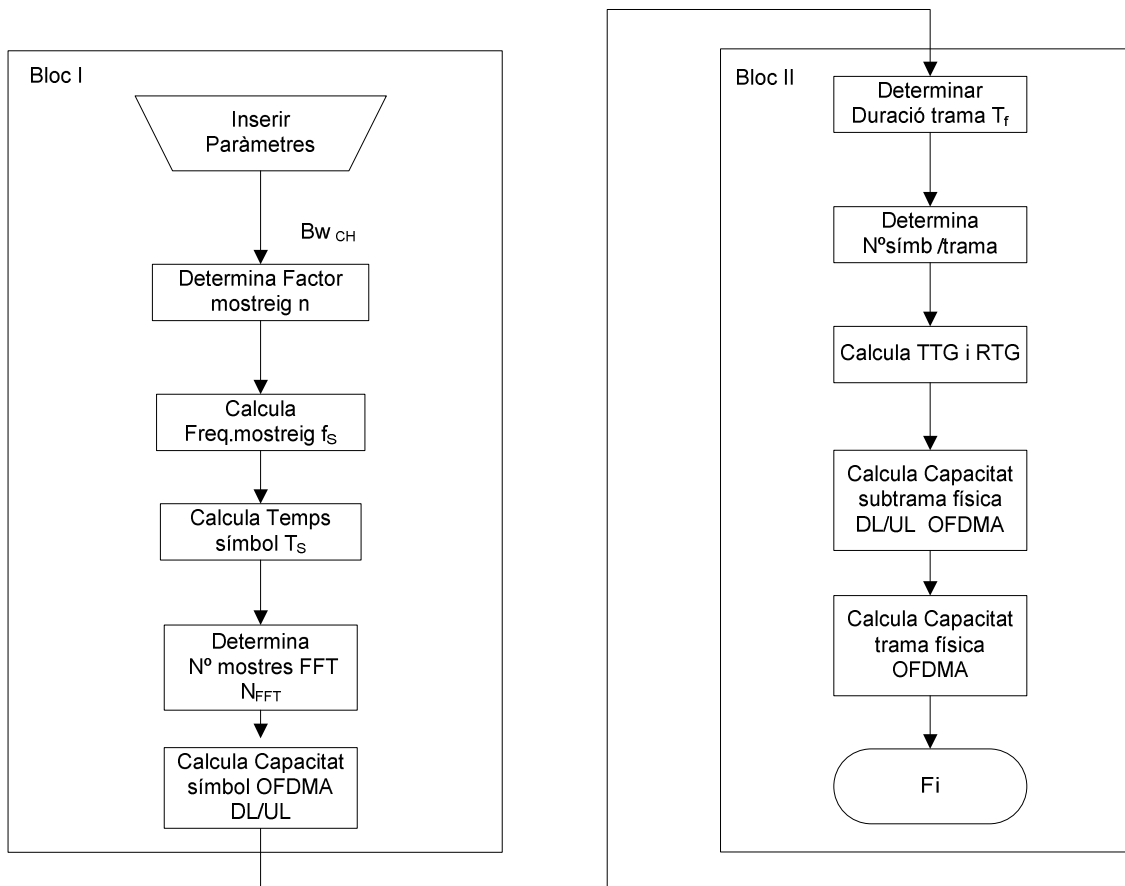


Diagrama de funcionament del càlcul de CAPACITAT

ANNEX II

En aquest apartat es presenten captures dels diferents entorns de treball de l'eina de planificació de xarxes WiMAX mòbils.

COBERTURA

Paràmetre	Valor	Unitats	Comentaris
Modulació adaptativa	Modulació adaptativa		Opció per si volem aplicar modulació adaptativa o no en la cel·la
Bw	2,5	Ghz	Banda de freqüència
Bw _{ca}	5	Mhz	Ample de banda del canal
Orientació	360	°	Orientació de l'antenna
Modulació mín.	QPSK 1/2		Modulació destijada a l'extrem de la cel·la de cobertura
P _{TX}		mW	Potència transmesa en mW
G _T		dBi	Guany antenna transmissora
G _R		dBi	Guany antenna receptora
h _B		m	Alçada de l'estació base (BS)
h _m		m	Alçada de l'estació suscriptora (SS)
Entorn	Centre metropolità gran		Tipus d'entorn metropolità
d _u		usu / m ²	Densitat d'usuaris
v _u		Mbps	Velocitat promig d'usuari
ρ _u		%	Activitat promig dels usuaris
Mode de permutació	DL-PUSC	UL-PUSC	Tipus de permutació de les portadores
Ratio DL / UL	1:1		Ratio d'ocupació de les subtrames de downlink i uplink dins la trama TDD
G	1/8		Factor de guarda del símbol OFDMA
CALCULAR			
v _{u,req.}		Kbps	Velocitat d'usuari tenint en compte l'activitat promig dels usuaris
v _{u,req.DL / v_{u,req.UL}}		Kbps	Velocitat d'usuari DL i UL, tenint en compte l'activitat promig dels usuaris
Nº d'interferents		interferents	Número d'antenes interferents
SNR ₁		dB	Relació Canal - Interferent a la 1ª corona
SNR ₂		dB	Relació Canal - Interferent a la 2ª corona
SNR ₃		dB	Relació Canal - Interferent a la 3ª corona
SNR ₄		dB	Relació Canal - Interferent a la 4ª corona
SNR ₅		dB	Relació Canal - Interferent a la 5ª corona
SNR ₆		dB	Relació Canal - Interferent a la 6ª corona
SNR ₇		dB	Relació Canal - Interferent a la 7ª corona
SNR ₈		dB	Relació Canal - Interferent a la 8ª corona
Mod. 1ª corona			Modulació permesa per la 1ª corona
Mod. 2ª corona			Modulació permesa per la 2ª corona
Mod. 3ª corona			Modulació permesa per la 3ª corona
Mod. 4ª corona			Modulació permesa per la 4ª corona
Mod. 5ª corona			Modulació permesa per la 5ª corona
Mod. 6ª corona			Modulació permesa per la 6ª corona
Mod. 7ª corona			Modulació permesa per la 7ª corona
Mod. 8ª corona			Modulació permesa per la 8ª corona
	DL	UL	
v _{down} 1ª corona		Mbps	Velocitat de downlink per la 1ª corona
v _{down} 2ª corona		Mbps	Velocitat de downlink per la 2ª corona
v _{down} 3ª corona		Mbps	Velocitat de downlink per la 3ª corona
v _{down} 4ª corona		Mbps	Velocitat de downlink per la 4ª corona
v _{down} 5ª corona		Mbps	Velocitat de downlink per la 5ª corona
v _{down} 6ª corona		Mbps	Velocitat de downlink per la 6ª corona
v _{down} 7ª corona		Mbps	Velocitat de downlink per la 7ª corona
v _{down} 8ª corona		Mbps	Velocitat de downlink per la 8ª corona
Δt ₁		%	Percentatge de trama utilitzada a la 1ª corona per la vusr donada
Δt ₂		%	Percentatge de trama utilitzada a la 2ª corona per la vusr donada
Δt ₃		%	Percentatge de trama utilitzada a la 3ª corona per la vusr donada
Δt ₄		%	Percentatge de trama utilitzada a la 4ª corona per la vusr donada
Δt ₅		%	Percentatge de trama utilitzada a la 5ª corona per la vusr donada
Δt ₆		%	Percentatge de trama utilitzada a la 6ª corona per la vusr donada
Δt ₇		%	Percentatge de trama utilitzada a la 7ª corona per la vusr donada
Δt ₈		%	Percentatge de trama utilitzada a la 8ª corona per la vusr donada
Δt _{TOTAL DL / Δt_{TOTAL UL}}		%	Percentatge total de subtrama DL / UL utilitzat
Δt _{TOTAL}		%	Percentatge total de trama utilitzat
R		m	Radi màxim de la cel·la
D		m	Distància mitja de les antenes interferents (D>>R)
N		freq/clúster	Reús freqüencial
D _{cel·la}		cel·les/km ²	Densitat de cel·les
R ₁		m	Radi de la 1ª corona
R ₂		m	Radi de la 2ª corona
R ₃		m	Radi de la 3ª corona
R ₄		m	Radi de la 4ª corona
R ₅		m	Radi de la 5ª corona
R ₆		m	Radi de la 6ª corona
R ₇		m	Radi de la 7ª corona
R ₈		m	Radi de la 8ª corona
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Densitat d'usuari </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> ESTADÍSTIQUES </div>			

CAPACITAT

Paràmetre	Valor		Unitats	Comentaris
Bw	5		Mhz	Channel Size (determina la tasa de mostreig)
Mode de permutació	DL-PUSC	UL-PUSC	-	Tipus de permutació de les portadores
G	1/8		#	Factor de guarda del símbol OFDMA
QPSK 1/2	0,0	0,0	%	Fracció de SS tent ús de la modulació
QPSK 3/4	0,0	0,0	%	Fracció de SS tent ús de la modulació
16 QAM 1/2	0,0	0,0	%	Fracció de SS tent ús de la modulació
16 QAM 3/4	0,0	0,0	%	Fracció de SS tent ús de la modulació
64 QAM 1/2	0,0	0,0	%	Fracció de SS tent ús de la modulació
64 QAM 2/3	0,0	0,0	%	Fracció de SS tent ús de la modulació
64 QAM 3/4	0,0	0,0	%	Fracció de SS tent ús de la modulació
64 QAM 5/6	0,0	100,0	%	Fracció de SS tent ús de la modulació
Duració de trama	5		ms	Duració de la trama TDD que conté les subtrames de DL i UL
Ratio DL / UL	0:1		-	Ratio d'ocupació de les subtrames de downlink i uplink dins la trama TDD
CALCULAR				
Def. slot			-	Definició de slot de trama
n			#	Factor de mostreig
f_s			Mhz	Freqüència de mostreig
Δf			Khz	Espai entre portadores - Fixat a 10,94 independentment de la modulació
T_b			μs	Temps útil de símbol - Fixat
T_g			μs	Temps de guarda (prefix cíclic) $T_g = GT_s$
T_s			μs	Temps de símbol ($T_s + T_g$)
N_{FFT}			mostres	Número de mostres de la FFT
$N_{FFT-DATA}$			mostres	Número de portadores de dades
$N_{FFT-PILOT}$			mostres	Número de portadores pilot
N_{subch}			subcanals	Nombre de subchannels per símbol OFDMA
$C_{PRV-DATA}$			Mbps	Velocitat útil del canal per símbol (sense tenir en compte retransmissions) És la $C_{raw} * Coding Rate$
T_f			ms	Longitud de la trama (Fixat a 5ms per OFDMA)
N_{sub}			símbols	Nº símbols OFDMA per trama
$N_{sub-DATA}$			símbols	Nº símbols OFDMA de dades per trama
TTG			μs	Temps de silenci entre la subtrama de downlink i la subtrama d'uplink (mín 50 μs - max 200 μs)
RTG			μs	Temps de silenci al final de trama (mín 5 μs - max 100 μs)
C_{base}			Mbps	Velocitat útil de trama
$C_{f_{data-downlink}} \times C_{f_{data-uplink}}$			Mbps	Velocitat útil de la subtrama de downlink / Velocitat útil de la subtrama de downlink

ESTADÍSTIQUES (Càlcul segons Guany d'antena transmissora G_{TX})

Paràmetre	Valor	Unitats
B_{MHz}	5.00	GHz
B_{MHz}	5.00	MHz
Orientació	380.000	°
P_{dBm}	10000.00	mW
G_{dB}	-1.00	dB
r_{m}	32.00	m
r_{u}	1.50	dB
Entorn	Centre metropolità gran	
g_{u}	3.00E-03	usuària ²
V_{u}	1.00	Mbps
r_{u}	10.00	%
Mode permutació DL	DL-PUSC	
Mode permutació UL	UL-PUSC	
Ratio DL/UL	1.1	
α	0.13	

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1	R_1			Δt_1		Δt_1	
Corona 2	R_2			Δt_2		Δt_2	
Corona 3	R_3			Δt_3		Δt_3	
Corona 4	R_4			Δt_4		Δt_4	
Corona 5	R_5			Δt_5		Δt_5	
Corona 6	R_6			Δt_6		Δt_6	
Corona 7	R_7			Δt_7		Δt_7	
Corona 8	R_8			Δt_8		Δt_8	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq. c/cluster
Δ_{total}		%
D_{total}		cells/km ²
G_T		usuària/km ²

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1	R_1			Δt_1		Δt_1	
Corona 2	R_2			Δt_2		Δt_2	
Corona 3	R_3			Δt_3		Δt_3	
Corona 4	R_4			Δt_4		Δt_4	
Corona 5	R_5			Δt_5		Δt_5	
Corona 6	R_6			Δt_6		Δt_6	
Corona 7	R_7			Δt_7		Δt_7	
Corona 8	R_8			Δt_8		Δt_8	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq. c/cluster
Δ_{total}		%
D_{total}		cells/km ²
G_T		usuària/km ²

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1	R_1			Δt_1		Δt_1	
Corona 2	R_2			Δt_2		Δt_2	
Corona 3	R_3			Δt_3		Δt_3	
Corona 4	R_4			Δt_4		Δt_4	
Corona 5	R_5			Δt_5		Δt_5	
Corona 6	R_6			Δt_6		Δt_6	
Corona 7	R_7			Δt_7		Δt_7	
Corona 8	R_8			Δt_8		Δt_8	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq. c/cluster
Δ_{total}		%
D_{total}		cells/km ²
G_T		usuària/km ²

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1	R_1			Δt_1		Δt_1	
Corona 2	R_2			Δt_2		Δt_2	
Corona 3	R_3			Δt_3		Δt_3	
Corona 4	R_4			Δt_4		Δt_4	
Corona 5	R_5			Δt_5		Δt_5	
Corona 6	R_6			Δt_6		Δt_6	
Corona 7	R_7			Δt_7		Δt_7	
Corona 8	R_8			Δt_8		Δt_8	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq. c/cluster
Δ_{total}		%
D_{total}		cells/km ²
G_T		usuària/km ²

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1	R_1			Δt_1		Δt_1	
Corona 2	R_2			Δt_2		Δt_2	
Corona 3	R_3			Δt_3		Δt_3	
Corona 4	R_4			Δt_4		Δt_4	
Corona 5	R_5			Δt_5		Δt_5	
Corona 6	R_6			Δt_6		Δt_6	
Corona 7	R_7			Δt_7		Δt_7	
Corona 8	R_8			Δt_8		Δt_8	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq. c/cluster
Δ_{total}		%
D_{total}		cells/km ²
G_T		usuària/km ²

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1	R_1			Δt_1		Δt_1	
Corona 2	R_2			Δt_2		Δt_2	
Corona 3	R_3			Δt_3		Δt_3	
Corona 4	R_4			Δt_4		Δt_4	
Corona 5	R_5			Δt_5		Δt_5	
Corona 6	R_6			Δt_6		Δt_6	
Corona 7	R_7			Δt_7		Δt_7	
Corona 8	R_8			Δt_8		Δt_8	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq. c/cluster
Δ_{total}		%
D_{total}		cells/km ²
G_T		usuària/km ²

ESTADÍSTIQUES (Càlcul segons Velocitat d'usuari V_U)

Paràmetre	Valor	Unitats
Bw _{ca}	5,00	GHz
Bw _r	5,00	MHz
Orientació	380,000	°
P _{ca}	10000,00	mW
G _{ca}	15,00	dB
G _r	1,00	dB
r _u	32,00	m
r _h	1,50	dB
Entorn	Centre metropolitana gran	
du	3,00E-03	usuari/m ²
P _u	10,00	%
Mode permulació DL	DL-PUSC	
Mode permulació UL	UL-PUSC	
Ratio DL/UL	1,1	
G	0,13	

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1	R ₁			Δt ₁		Δt ₁	
Corona 2	R ₂			Δt ₂		Δt ₂	
Corona 3	R ₃			Δt ₃		Δt ₃	
Corona 4	R ₄			Δt ₄		Δt ₄	
Corona 5	R ₅			Δt ₅		Δt ₅	
Corona 6	R ₆			Δt ₆		Δt ₆	
Corona 7	R ₇			Δt ₇		Δt ₇	
Corona 8	R ₈			Δt ₈		Δt ₈	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq. cluster
Δ _{total}		%
D _{total}		cell·es/m ²
V _u		usuari/m ²

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1	R ₁			Δt ₁		Δt ₁	
Corona 2	R ₂			Δt ₂		Δt ₂	
Corona 3	R ₃			Δt ₃		Δt ₃	
Corona 4	R ₄			Δt ₄		Δt ₄	
Corona 5	R ₅			Δt ₅		Δt ₅	
Corona 6	R ₆			Δt ₆		Δt ₆	
Corona 7	R ₇			Δt ₇		Δt ₇	
Corona 8	R ₈			Δt ₈		Δt ₈	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq. cluster
Δ _{total}		%
D _{total}		cell·es/m ²
V _u		usuari/m ²

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1	R ₁			Δt ₁		Δt ₁	
Corona 2	R ₂			Δt ₂		Δt ₂	
Corona 3	R ₃			Δt ₃		Δt ₃	
Corona 4	R ₄			Δt ₄		Δt ₄	
Corona 5	R ₅			Δt ₅		Δt ₅	
Corona 6	R ₆			Δt ₆		Δt ₆	
Corona 7	R ₇			Δt ₇		Δt ₇	
Corona 8	R ₈			Δt ₈		Δt ₈	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq. cluster
Δ _{total}		%
D _{total}		cell·es/m ²
V _u		usuari/m ²

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1	R ₁			Δt ₁		Δt ₁	
Corona 2	R ₂			Δt ₂		Δt ₂	
Corona 3	R ₃			Δt ₃		Δt ₃	
Corona 4	R ₄			Δt ₄		Δt ₄	
Corona 5	R ₅			Δt ₅		Δt ₅	
Corona 6	R ₆			Δt ₆		Δt ₆	
Corona 7	R ₇			Δt ₇		Δt ₇	
Corona 8	R ₈			Δt ₈		Δt ₈	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq. cluster
Δ _{total}		%
D _{total}		cell·es/m ²
V _u		usuari/m ²

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1	R ₁			Δt ₁		Δt ₁	
Corona 2	R ₂			Δt ₂		Δt ₂	
Corona 3	R ₃			Δt ₃		Δt ₃	
Corona 4	R ₄			Δt ₄		Δt ₄	
Corona 5	R ₅			Δt ₅		Δt ₅	
Corona 6	R ₆			Δt ₆		Δt ₆	
Corona 7	R ₇			Δt ₇		Δt ₇	
Corona 8	R ₈			Δt ₈		Δt ₈	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq. cluster
Δ _{total}		%
D _{total}		cell·es/m ²
V _u		usuari/m ²

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1	R ₁			Δt ₁		Δt ₁	
Corona 2	R ₂			Δt ₂		Δt ₂	
Corona 3	R ₃			Δt ₃		Δt ₃	
Corona 4	R ₄			Δt ₄		Δt ₄	
Corona 5	R ₅			Δt ₅		Δt ₅	
Corona 6	R ₆			Δt ₆		Δt ₆	
Corona 7	R ₇			Δt ₇		Δt ₇	
Corona 8	R ₈			Δt ₈		Δt ₈	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq. cluster
Δ _{total}		%
D _{total}		cell·es/m ²
V _u		usuari/m ²

ESTADÍSTIQUES (Càlcul segons Velocitat d'usuari d_U)

Paràmetre	Valor	Unitats
BW ₁		GHz
BW ₂		MHz
Orientació		°
P ₂₁		mW
G ₁		dBi
G ₂		dBi
h ₁		m
h ₂		m
Entorn		
V ₀		Mbps
R _U		%
Mode permulació DL		
Mode permulació UL		
Ratio DL/UL		
G		

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1		R ₁		Δt ₁		Δt ₁	
Corona 2		R ₂		Δt ₂		Δt ₂	
Corona 3		R ₃		Δt ₃		Δt ₃	
Corona 4		R ₄		Δt ₄		Δt ₄	
Corona 5		R ₅		Δt ₅		Δt ₅	
Corona 6		R ₆		Δt ₆		Δt ₆	
Corona 7		R ₇		Δt ₇		Δt ₇	
Corona 8		R ₈		Δt ₈		Δt ₈	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq.kcluster
Δ _{total}		%
D _{data}		cells/km ²
Q _u		users/km ²

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1		R ₁		Δt ₁		Δt ₁	
Corona 2		R ₂		Δt ₂		Δt ₂	
Corona 3		R ₃		Δt ₃		Δt ₃	
Corona 4		R ₄		Δt ₄		Δt ₄	
Corona 5		R ₅		Δt ₅		Δt ₅	
Corona 6		R ₆		Δt ₆		Δt ₆	
Corona 7		R ₇		Δt ₇		Δt ₇	
Corona 8		R ₈		Δt ₈		Δt ₈	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq.kcluster
Δ _{total}		%
D _{data}		cells/km ²
Q _u		users/km ²

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1		R ₁		Δt ₁		Δt ₁	
Corona 2		R ₂		Δt ₂		Δt ₂	
Corona 3		R ₃		Δt ₃		Δt ₃	
Corona 4		R ₄		Δt ₄		Δt ₄	
Corona 5		R ₅		Δt ₅		Δt ₅	
Corona 6		R ₆		Δt ₆		Δt ₆	
Corona 7		R ₇		Δt ₇		Δt ₇	
Corona 8		R ₈		Δt ₈		Δt ₈	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq.kcluster
Δ _{total}		%
D _{data}		cells/km ²
Q _u		users/km ²

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1		R ₁		Δt ₁		Δt ₁	
Corona 2		R ₂		Δt ₂		Δt ₂	
Corona 3		R ₃		Δt ₃		Δt ₃	
Corona 4		R ₄		Δt ₄		Δt ₄	
Corona 5		R ₅		Δt ₅		Δt ₅	
Corona 6		R ₆		Δt ₆		Δt ₆	
Corona 7		R ₇		Δt ₇		Δt ₇	
Corona 8		R ₈		Δt ₈		Δt ₈	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq.kcluster
Δ _{total}		%
D _{data}		cells/km ²
Q _u		users/km ²

Corona	Modulació	Radi	Valor	% Temps subtr DL	Valor	% Temps subtr UL	Valor
Corona 1		R ₁		Δt ₁		Δt ₁	
Corona 2		R ₂		Δt ₂		Δt ₂	
Corona 3		R ₃		Δt ₃		Δt ₃	
Corona 4		R ₄		Δt ₄		Δt ₄	
Corona 5		R ₅		Δt ₅		Δt ₅	
Corona 6		R ₆		Δt ₆		Δt ₆	
Corona 7		R ₇		Δt ₇		Δt ₇	
Corona 8		R ₈		Δt ₈		Δt ₈	

Paràmetre	Valor	Unitats
D		m
N		freq.kcluster
Δ _{total}		%
D _{data}		cells/km ²
Q _u		users/km ²