

Projecte Fi de Carrera  
**Enginyer en Organització Industrial**

**Anàlisi de l'Organització del Temps de Treball  
en l'àmbit sanitari: departament d'anestesiologia de  
l'Hospital General de Granollers**

**MEMÒRIA**

**Autors:** Abate Garcia, Ricard  
Rubio Ledesma, Antonio  
**Director:** Dr. Jordi Ojeda Rodríguez  
**Convocatòria:** Maig 2008 (pla 2000)



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Industrial de Barcelona





## Resum

Aquest projecte titulat *Anàlisi de l'organització del temps de treball a l'àmbit sanitari* és un estudi basat en un cas real sobre la problemàtica entorn a l'assignació de tasques en el departament d'anestesiologia de l'Hospital general de Granollers. L'objectiu del projecte és proposar una eina que faciliti la labor, actualment realitzada de forma artesanal, mitjançant modelització matemàtica com a motor de càlcul i un entorn visual per la gestió de la informació. La condició prioritària consisteix en satisfer la demanda i tenir en compte les preferències de l'empresa i dels treballadors pel que fa a l'assignació de tasques.

La primera part del projecte descriu el funcionament del departament i el mètode que s'utilitza actualment per l'assignació de tasques. A la segona part es defineix el model matemàtic i es presenten els resultats de diferents simulacions. En el darrer capítol es proposa una maqueta d'aplicació web com a eina per facilitar la interacció entre el model matemàtic i els diferents tipus d'usuari.





# Sumari

Resum.....	1
Sumari.....	3
1. Prefaci.....	6
2. Introducció.....	9
3. Descripció del problema.....	11
3.1. Jornada laboral. Definició mòduls .....	12
3.1.1. Servei de guàrdies .....	12
3.1.2. Dades bàsiques del servei.....	13
3.2. Funcionament actual .....	21
3.2.1. Servei de guàrdies .....	22
3.2.1.1. Roda dies assenyalats .....	22
3.2.1.2. Roda guàrdies de dilluns a dijous .....	23
3.2.1.3. Roda guàrdies de divendres .....	27
3.2.1.4. Roda guàrdies de caps de setmana.....	28
3.2.2. Activitat ordinària .....	30
3.2.3. Activitat extraordinària .....	31
4. Model Matemàtic.....	33
4.1. Dades del model.....	33
4.2. Variables del model.....	49
4.3. Restriccions del model .....	52
4.4. Funció objectiu .....	56
5. Experimentació .....	57
5.1. Introducció.....	57
5.2. Software de modelització .....	58
5.3. Escenaris de simulació.....	59
5.3.1. Primer escenari p6 t3 h7 .....	59
5.3.2. Resultats de l'escenari p6 t3 h7 .....	67
5.3.3. Segon escenari p24 t25 h7 .....	73
5.3.3.1. Primera simulació p24 t25 h7 ideal .....	73
5.3.3.2. Resultats de la primera simulació p24 t25 h7 ideal.....	73
5.3.3.3. Segona simulació p24 t25 h7 .....	79
5.3.3.4. Resultats de la segona simulació p24 t25 h7 .....	79
5.3.3.5. Tercera simulació p24 t25 h7 .....	85
5.3.3.6. Resultats de la tercera simulació p24 t25 h7 .....	85



5.4. Anàlisi i conclusions dels resultats .....	91
6. Aplicació informàtica RationalTIME.....	93
6.1. Mapa web de l'aplicació.....	97
7. Impacte ambiental .....	98
Conclusions.....	99
Conclusions i aportacions.....	99
Extensions futures .....	100
Agraïments .....	101
Bibliografia.....	102





# 1. Prefaci

Avui en dia és habitual trobar en els mitjans de comunicació notícies relacionades amb els horaris de treball: conciliació, anualització, bossa d'hores, torns, reducció de jornada, etc. Es reconeix que les empreses necessiten més flexibilitat i, a la vegada, que cal una regulació que en moderi les conseqüències negatives que pugui tenir per a la vida social i personal i que promogui acords i compensacions, amb el suport d'instruments que facilitin la presa de decisions. L'organització del Temps de Treball (OTT) és la disciplina que estudia i proposa solucions per afrontar els nous reptes que planteja aquest aspecte de l'evolució de la nostra societat. Cada cop més, la gestió del temps de treball esdevé un instrument de flexibilitat que permet adaptació a diferents factors, com ara:

- La variabilitat de la demanda al llarg de l'any, la setmana o la jornada operativa.
- L'increment de la jornada operativa i/o dels dies d'obertura de les empreses.
- L'augment del nombre de persones que treballen a temps parcial i /o necessiten un horari flexible.
- L'augment de polivalència del personal per una major qualificació.
- L'aposta per afavorir la conciliació de la vida laboral i personal.

En definitiva, ha augmentat la complexitat de la gestió de l'Organització del Temps de Treball. A la UPC, un grup d'investigació està desenvolupant des de fa anys solucions que permeten augmentar l'eficàcia de la presa de decisions a partir del diagnòstic de la situació actual de l'empresa o organització corresponent.

En el sector serveis, caracteritzats per una demanda fluctuant, producte no emmagatzemable i capacitat directament proporcional al nombre de treballadors presents, és, si s'escau, encara més important que no pas al sector industrial. La OTT parteix, en general, del nombre d'hores que ha de treballar cada operari a l'any i arriba al detall de decidir quina tasca haurà de realitzar a cada instant.





La resolució d'aquest problema presenta una gran complexitat des del punt de vista matemàtic i, per afrontar-lo, es treballa de forma jeràrquica en tres fases:

1. Planificació anual d'hores de treball setmanals –decidir per cada operari, el nombre d'hores de treball de cada setmana i les setmanes de vacances, de forma que es treballin les hores anuals contractades i es respectin altres restriccions, així com les hores extres i/o el personal temporal necessari–.
2. Programació d'horaris setmanals –un cop conegudes les hores de treball setmanals, determinar, per cada operari, l'horari setmanal que haurà de realitzar en funció de les condicions que ha de respectar aquest horari i del nombre de treballadors mínim i desitjat per cada període i per cada tipus de tasca a realitzar–.
3. Assignació de tasques –coneguts els horaris de presència dels operaris, decidir quin tipus de treball haurà de realitzar cada adjunt–.





## 2. Introducció

En la definició d'objectius d'aquest projecte, cal diferenciar els tres capítols en què s'ha estructurat l'estudi. En la primera part, en què s'analiza la situació actual, els objectius principals són:

- Recollir les dades necessàries i caracteritzar el funcionament del departament.
- Entendre i descriure el mètode emprat actualment per l'assignació de tasques.
- Determinar les necessitats i descriure les constriccions del funcionament del sistema.

En el segon capítol, on es defineix el model matemàtic, es pretén:

- Definir les dades, variables i restriccions per tal que el model es comporti i satisfaci els requeriments reals de funcionament.
- Establir diferents escenaris per tal de simular el model i observar el seu comportament.
- Presentar els resultats obtinguts i analitzar les variacions de les diferents simulacions.

En el tercer i últim capítol, es desitja:

- Plantejar una interfície que faciliti la interacció entre el model matemàtic i les persones afectades en l'assignació de tasques.
- Detectar les necessitats de funcionament per una adequada gestió i visualització de la informació.
- Dissenyar l'aspecte visual de l'aplicació proposada i presentar el ventall de funcions de què es compona.

Queda fora de l'abast d'aquest projecte la programació informàtica de la plataforma web i la seva connexió amb el model matemàtic.





### 3. Descripció del problema

Com a culminació dels estudis realitzats pel grup d'investigació de la IOC-DOE de la UPC, es va celebrar el passat mes de juny a l'ETSEIB, la primera edició de la Jornada Tècnica d'Organització del Temps de Treball. El soroll mediàtic d'aquest esdeveniment va generar l'interès dels coordinadors del departament d'anestesiologia de l'Hospital de Granollers.

L'organització horària d'aquesta unitat quirúrgica es basa en uns mecanismes artesanals, subjectes a una sèrie de requeriments contractuals, de conveni col·lectiu – vacances, baixes, jornades personals, dies extres–, que esdevenen en una tasca complexa i que sovint presenta una solució allunyada de l'òptim. Tant per interès de la direcció del Servei com dels treballadors, és molt convenient que la metodologia en l'assignació dels llocs de treball sigui feta amb el màxim rigor, però subjecta a totes les variables que condicionen el “benestar” en el treball.



### 3.1. Jornada laboral. Definició mòduls

Els metges o *adjunts* que formen part d'aquest servei estan subjectes a cobrir un nombre mínim d'hores/any segons conveni. La distribució d'aquestes hores queda fixada a l'inici de l'any laboral en funció de les vacances, dels dies festius, etc. Es considera que les hores anuals es distribueixen en setmanes de 40 hores de 5 dies laborables de dilluns a divendres, en torns de matí o tarda, també anomenats *mòduls*. Dit d'altra manera, cada adjunt haurà de cobrir 5 mòduls a la setmana. L'horari dels mòduls es defineix de la següent forma:

- MÒDUL MATÍ: de 8 a 15h.
- MÒDUL TARDA: de 15h a fi de feina.
- MÒDUL EXTRA: es tracta d'un mòdul no planificat, i que apareix degut a una incidència. Aquest mòdul pot ser tant de matí com de tarda. En aquest, cal cobrir la incidència a través d'una llista d'adjunts disponibles.

En les transicions de torn de matí i tarda, sempre hi ha un solapament d'uns 20 minuts per realitzar intercanvis d'informació referent a les feines a fer. Aquestes feines es poden diferenciar de la següent forma:

- ASSISTENCIALS: Totes aquelles tasques que mantinguin contacte directe amb el pacient. Dins d'aquesta modalitat, es presenten els següents tipus: quiròfans, sala de parts, pre-operatoris, endoscòpia, servei dolor.
- NO ASSISTENCIALS: Tasques vinculades al servei del departament, sense tracte amb el pacient, com són l'organització del departament i la formació continuada.

#### 3.1.1. Servei de guàrdies

Al marge del règim de treball basat en mòduls, cal cobrir el servei de *guàrdies* que ofereix l'hospital. Aquest servei és prestat de dilluns a divendres de 15 a 8h, dissabtes, diumenges i festius de 8 a 8h.



Els adjunts del Servei amb edat inferior a 43 anys tenen l'obligació de fer guàrdies, mentre que els adjunts amb edat superior, les fan per voluntat pròpia. Aquests, en el moment en què algun adjunt desitja abandonar el servei de guàrdies, cal que avisi amb tres mesos d'antel·lació.

El nombre màxim d'hores de guàrdia a l'any establert és de 558 hores anuals. Les que es fan de més són per voler de l'adjunt. Les guàrdies se solen assignar mitjançant una "roda de guàrdies", que sol respectar un o dos dies fixes de dilluns a dijous, una roda de divendres, i una altra roda de dissabtes i diumenges. També hi ha una roda independent per a dies assenyalats (Nadal, cap d'any, divendres Sant,...). En qualsevol dels casos, mai es podrà realitzar dues guàrdies en dies consecutius.

Pel fet de realitzar una guàrdia, l'adjunt en qüestió allibera un mòdul de la setmana, o dit d'altra manera, es genera una *lliurança*. Això significa que el primer mòdul a cobrir després de la guàrdia, no es treballarà. Per exemple, un adjunt que fa guàrdia dilluns i té assignat un mòdul al dimarts matí o a la tarda, aquest mòdul no el treballarà. Això seria igualment aplicable en el cas que el primer mòdul a treballar fos dimecres, dijous o divendres, etc.

A continuació presentem alguns casos especials:

- Les guàrdies del divendres NO generen lliurança.
- Sempre que un adjunt tingui un mòdul de tarda assignat i coincideixi amb la realització d'una guàrdia, el mòdul es desplaçarà a un altre dia de la setmana ja sigui en mòdul de matí o tarda.

### 3.1.2. Dades bàsiques del servei

El Servei disposa de vint-i-quatre adjunts, divuit dels quals tenen un horari setmanal prefixat. Els sis adjunts restants, tenen un horari variables cada quatre setmanes. Aquests horaris es veuen afectats per les necessitats de la demanda a cobrir i de les incidències del servei, tals com baixes, vacances, mòduls extres i d'altra banda, per l'assignació de guàrdies. El Servei classifica el personal en diferents categories, en funció de l'antiguitat i del contracte. Les categories són: A, adjunt júnior; B, adjunt sènior; C, adjunt consultor; D, adjunt màster.



La distribució horària d'aquest personal queda resumida a la següent taula, on es pot apreciar les presències de cada treballador mitjançant "1" o les absències "0", acordades segons contracte. Destacar que en aquesta taula general, queden excloses l'assignació de guàrdies, entenent que és una feina extraordinària al règim de treball contractat i que dependrà de les diferents rodes comentades.

Adjunt		Categoria	Programació dels mòduls setmanals																Σ		
			cp-1	DLL			DM			DX			DJ			DV			DS	DU	
			g	m	t	g	m	t	g	m	t	g	m	t	g	m	t	g	g	g	
Adj0		D	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5
Adj1		C	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5
Adj2		C	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5
Adj3		B	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Adj4		C	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5
Adj5		A	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5
Adj6		B	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	5
Adj7		A	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	5
Adj8		B	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5
Adj9		C	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5
Adj10		B	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5
Adj11		B	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Adj12		B	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	5
Adj13		A	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5
Adj14		B	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	5
Adj15		R	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	5
Adj16		B	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5
Adj17		D	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	4
Adj18		A	1ª set.	-	1	0	-	1	0	-	1	1	-	1	1	-	0	0	-	-	6
			2ª set.	-	1	1	-	0	0	-	0	1	-	0	1	-	1	1	-	-	6
			3ª set.	-	1	0	-	1	0	-	1	1	-	0	1	-	0	0	-	-	6
			4ª set.	-	1	0	-	0	0	-	1	1	-	0	1	-	1	1	-	-	6
Adj19		A	1ª set.	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5
			2ª set.	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	5
			3ª set.	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	5
			4ª set.	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	5
Adj20		A	1ª set.	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	5
			2ª set.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	5
			3ª set.	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	5
			4ª set.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	5
Adj21		B	1ª set.	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	5
			2ª set.	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	5
			3ª set.	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5
			4ª set.	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	5
Adj22		A	1ª set.	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	5
			2ª set.	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	5
			3ª set.	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	5
			4ª set.	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	5
Adj23		A	1ª set.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	5
			2ª set.	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	5
			3ª set.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	5
			4ª set.	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	5
<b>TOTALS</b>			1ª set.	0	16	6	0	19	7	0	16	8	0	18	7	0	17	3	0	0	117
			2ª set.	0	17	6	0	19	7	0	16	7	0	18	7	0	18	3	0	0	118
			3ª set.	0	17	5	0	19	7	0	17	8	0	19	8	0	17	1	0	0	118
			4ª set.	0	17	5	0	19	7	0	17	7	0	19	7	0	16	4	0	0	118
			mensual	0	67	22	0	76	28	0	66	30	0	74	29	0	68	11	0	0	471

Taula 3.1.





A la taula anterior, podem apreciar d'esquerra a dreta la columna d'adjunts i la seva corresponent categoria. En el cos de la taula, s'observa la divisió de la setmana en mòduls. De dilluns a divendres, es divideix en mòduls de matí (**m**), tarda (**t**) i guàrdia (**g**), encara que aquestes no queden representades en aquesta taula, tal com hem comentat. Els caps de setmana únicament es realitzen guàrdies (**g**). A la última columna de l'esquerra, apareix el total de mòduls treballats per adjunt a la setmana. Al final de la taula –part inferior–, s'observen el total d'adjunts presents per període (m, t, g) cada quatre setmanes. Val a dir també, que aquesta variació ve introduïda fruit dels sis adjunts (adj18...adj23) els quals tenen un règim de treball especial, variable en blocs de quatre setmanes.

L'activitat que es desenvolupa en el departament, es duu a terme en diferents ubicacions, a les qual cal donar servei. Cada ubicació pot desenvolupar diferents tipus d'activitats –o intervencions–, segons el dia de la setmana. Més endavant també veurem que aquesta distribució pot alterar els horaris dels adjunts, en funció de les seves capacitats tècniques. A continuació, es descriuen les tasques esmentades, així com l'abreviació que utilitzarem d'ara endavant:

TASQUES		
Nom		Abreviació
Gestió		GE
Sala de parts		SP
Colonoscòpies		CL
CREP		CREP
Preoperatoris UCSI		PRU
Preoperatoris convencional		PRC
Q urgències		QUR
Q COT		QCO
Q Cir Gral		QCIR
Q pediatria		QPE
Q oftalmo		QOF
Q oftalmo pediàtrica		QOFP
Q ORL		QORL
Q gine		QGI
Q uro		URO
Q vasc		QVA
Q màxilo		QMAX
Cap d'Equip		CE
Cap de guàrdia		CG dintre de guàrdia
Dolor crònic		DC
Dolor agut		DA
Inclosores dintre de <b>Dolor agut</b>	Politrauma	PT
	RCP	RCP
	Planta	PL
	TAC infantil	TCI

Taula 3.2.



La relació d'ubicacions i activitats es resumeix a la següent taula. També es pot observar els períodes setmanals en els que no hi ha servei en cada ubicació, i també on es desenvolupen les intervencions durant les guàrdies:

UBICACIÓ			Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
Sala Parts	matí	Adjunt	Adj##				
		Tasca	SP	SP	SP	SP	SP
	tarda	Adjunt					
		Tasca	guardia	guardia	guardia	guardia	guardia
Cap d'Equip	matí	Adjunt					
		Tasca	CE	CE	CE	CE	CE
	tarda	Adjunt					
		Tasca	CE	CE	CE	CE	CE
Quiròfan 1	matí	Adjunt					
		Tasca	QCO	QCO	QCO	QCO	QCO
	tarda	Adjunt					
		Tasca	QCO	QCO	QCO	QCO	QCO
Quiròfan 2	matí	Adjunt					
		Tasca	QUR	QUR	QUR	QUR	QUR
	tarda	Adjunt					
		Tasca	guardia	guardia	guardia	guardia	guardia
Quiròfan 3	matí	Adjunt					
		Tasca	QCIR	QCI	QCIR	QCIR	QGI
	tarda	Adjunt					
		Tasca	QCIR	-	-	-	QCO
Quiròfan 4	matí	Adjunt					
		Tasca	-	QGI	QVA	QORL	QCIR
	tarda	Adjunt					
		Tasca	QCO	QORL	QPE	QORL	QCIR
Quiròfan 5	matí	Adjunt					
		Tasca	QOF	QGI	QOF	QVA	QCIR
	tarda	Adjunt					
		Tasca	QOF	QOF	QOF	QOF	QCIR U QMAX*
Quiròfan 6	matí	Adjunt					
		Tasca	URO	QCIR	QCO	URO	QCO
	tarda	Adjunt					
		Tasca	URO	QCO	QCO	QGI	QCO
Preoperatori	Pre1	Adjunt					
		Tasca	PRC	PRC	PRC	PRC	PRC
	Pre2	Adjunt					
		Tasca	PRU	PRU	PRU	PRU	PRU
Endoscòpia	matí	Adjunt					
		Tasca	CREP	-	CL	CL	CL
	tarda	Adjunt					
		Tasca	-	CL	-	CL	-
Servei Dolor	matí	Adjunt					
		Tasca	DA	DA	DA	DA	DA
	tarda	Adjunt					
		Tasca	-	-	-	-	-
Altres	matí	Adjunt					
		Tasca	GE	GE	GE	GE	GE
	tarda	Adjunt					
		Tasca	-	-	-	-	-
	matí	Adjunt					
		Tasca	-	-	-	DC	-
	tarda	Adjunt					
		Tasca	-	-	DC	-	-

Taula 3.3.

Observar que el quiròfan 5, els divendres a la tarda, manté una activitat alternada en les tasques QCIR i QMAX.



L'assignació de tasques als treballadors, està subjecte a unes sèrie de condicions que són:

- *Polivalències dels treballadors*: fa referència a la capacitat que tenen els adjunts per realitzar les diferents tasques. Es denomina polivalència a la capacitat de realitzar més d'una tasca. En el nostre cas, tractem amb personal semi polivalent, és a dir, estan capacitats per realitzar més d'una tasca, però no totes les compreses en el llistat presentat anteriorment.

- *Prioritats del servei*: Des del punt de vista de la direcció del servei, es quantifica la idoneïtat que un adjunt realitzi una determinada tasca, en funció del seu rendiment.

- *Preferències dels treballadors*: Dins del departament, es prenen en consideració les voluntats de cada treballador, de manera que cada un d'ells quantifica el grau de satisfacció en la realització de cada tasca.

- *Preferències de guàrdies*: Del conjunt d'adjunts disponibles per realitzar aquest servei, es tenen en compte quins dies prefereixen per a la realització de les guàrdies.

- *Mòduls extres*: Del conjunt d'adjunts disponibles per cobrir les incidències, es tenen en compte els dies preferents per a realitzar aquesta cobertura extra, i també el nombre de mòduls al mes que es comprometen a donar servei.

- *Dies assenyalats*: Donat el calendari de dies festius de l'any, cada adjunt indica les seves preferències, per trobar un equilibri en el nombre de dies assenyalats treballats per cadascú.

A continuació presentem un seguit de taules per il·lustrar les condicions que acabem de descriure.



Taula de Polivalències dels Adjunts

ADJUNT	t1 GE	t2 SP	t3 CL	t4 CREP	t5 PRU	t6 PRC	t7 QUR	t8 QCO	t9 QCIR	t10 QPE	t11 QOF	t12 QOFF
Adj0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
Adj2	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
Adj3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj4	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj6	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Adj7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj9	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj11	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
Adj12	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj13	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Adj14	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj15	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Adj16	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj18	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj19	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj20	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj21	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj22	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Taula de Polivalències dels Adjunts

ADJUNT	t13 QORL	t14 QGI	t15 URO	t16 QVA	t17 QMAX	t18 CE	t19 CG	t20 DC	t21 DA	t22 PT	t23 RCP	t24 PL	t25 TCI
Adj0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Adj1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Adj2	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Adj3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Adj4	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1
Adj5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj6	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Adj8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Adj9	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
Adj10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Adj11	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
Adj12	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1
Adj13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Adj14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Adj15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Adj16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Adj17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adj18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Adj19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Adj20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Adj21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Adj22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Adj23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1

Taula 3.4



Taula de Prioritats del Servei												
ADJUNT	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12
	GE	SP	CL	CREP	PRU	PRC	QUR	QCO	QCIR	QPE	QOF	QOFP
Adj0	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Adj1	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	1	1	0	0
Adj2	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0	0
Adj3	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj4	0	1	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	1
Adj5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj6	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj7	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj9	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5
Adj10	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj11	0	0,25	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0	0
Adj12	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj13	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj14	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj15	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj16	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj17	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5
Adj18	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj19	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj20	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj21	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj22	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj23	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Taula de Prioritats del Servei													
ADJUNT	t13	t14	t15	t16	t17	t18	t19	t20	t21	t22	t23	t24	t25
	QORL	QGI	URO	QVA	QMAX	CE	CG	DC	DA	PT	RCP	PL	TCI
Adj0	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	0	0,25
Adj1	0,5	0	0,25	0	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0
Adj2	0,5	0	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,25	0	0	0	0
Adj3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5
Adj4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,25	0	0	0,25
Adj5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5
Adj6	0,5	0	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	1
Adj8	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5
Adj9	0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0	0,25	0	0	0
Adj10	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5
Adj11	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0	0	0	0
Adj12	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0,25	0,5
Adj13	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5
Adj14	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5
Adj15	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5
Adj16	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5
Adj17	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25
Adj18	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5
Adj19	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5
Adj20	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0	0	0,5
Adj21	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,25	0,5
Adj22	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,25	0,5
Adj23	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5

Taula 3.5.



Taula de Preferències dels Adjunts

ADJUNT	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12
	GE	SP	CL	CREP	PRU	PRC	QUR	QCO	QCIR	QPE	QOF	QOFF
Adj0	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Adj1	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	1	1	0	0
Adj2	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0,25	0,25	0	0
Adj3	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj4	0	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	1
Adj5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj6	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,25
Adj7	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj8	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj9	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	0,25	0,5
Adj10	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj11	0	0,25	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0	0
Adj12	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj13	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj14	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj15	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,25	1
Adj16	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1
Adj17	1	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5
Adj18	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj19	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj20	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5
Adj21	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj22	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Adj23	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Taula de Preferències dels Adjunts

ADJUNT	t13	t14	t15	t16	t17	t18	t19	t20	t21	t22	t23	t24	t25
	QORL	QGI	URO	QVA	QMAX	CE	CG	DC	DA	PT	RCP	PL	TC1
Adj0	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	0	0,25
Adj1	0,25	0	0,25	0	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0
Adj2	0,5	0	0,25	0	0	0,5	0,5	0,5	0,25	0	0	0	0
Adj3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5
Adj4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,25	0	0	0,25
Adj5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,5
Adj6	0,5	0	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25	0,5
Adj7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	1
Adj8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5
Adj9	0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0	0,25	0	0	0
Adj10	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5
Adj11	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0	0	0	0
Adj12	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0,25	0,5
Adj13	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5
Adj14	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5
Adj15	0,5	0,5	0,25	0,25	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5
Adj16	0,5	1	0,25	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5
Adj17	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25
Adj18	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0	0	0,5
Adj19	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0	0,5
Adj20	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0	0	0,5
Adj21	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,25	0,5
Adj22	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,25	0,5
Adj23	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5

Taula 3.6.



## 3.2. Funcionament actual

L'assignació de tasques al personal del departament d'anestesiologia és competència del coordinador de la secció. Mitjançant una sèrie de mecanismes, distribueix amb major o menor encert el personal en les diferents tasques a cobrir.

El procediment passa per distribuir, primerament l'ocupació dels dies assenyalats, seguidament confeccionar les tres rodes establertes per les guàrdies de caps de setmana, divendres i dies laborables de dilluns a dijous, respectivament. Un cop distribuïdes les guàrdies, obtenim també les lliurances del personal, i les disponibilitats reals del servei. Per tant, només queda per cobrir els mòduls d'activitat ordinària.

Aquesta feina requereix tenir un gran coneixement dels treballadors disponibles en plantilla –polivalències, preferències, dies de vacances–, les necessitats i prioritats del servei i el marc regulador de l'activitat –conveni col·lectiu, exigències demanda–. Això suposa haver de moure grans volums d'informació i invertir un temps important per preparar-ho. Cal també invertir un temps extra per reajustar les assignacions quan es produeixen incidències, tant previstes –tals com viatges, formació, vacances, etc.- com imprevistes –baixes, dies personals, entre d'altres-.

Anualment la conselleria de Salut contracta a l'hospital un nombre d'intervencions, que es poden traduir en un nombre de mòduls. També queden definits els mòduls no assistencials (d'organització, formació continuada, etc.). Seguidament es fa el càlcul de capacitat disponible, en funció del personal actual en plantilla, del nombre de mòduls teòrics per contracte de cada adjunt, descomptant les vacances, dies graciabls, promig de baixes i de lliurances de guàrdies. Això permet conèixer el nivell de cobertura i necessitats del departament.



### 3.2.1. Servei de guàrdies

Per poder iniciar la feina de distribució de guàrdies, primer cal establir la llista de personal disponible, mostrat a la següent taula:

Adjunt		Categoria		Guàrdies						
edat	fan?		preferències							
	sí	no	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du	
Adj0	D		1	0	1	0	0	0	1	0
Adj5	A		1	0	1	1	0	0	1	1
Adj6	B		1	0	1	1	0	0	1	1
Adj7	A		1	0	0	1	0	0	1	1
Adj8	B		1	0	0	0	0	1	0	1
Adj10	B		1	0	0	0	1	0	1	1
Adj13	A		1	0	0	0	0	1	1	1
Adj14	B		1	0	0	1	0	1	1	1
Adj16	B		1	0	0	0	0	1	1	1
Adj19	A		1	0	0	1	1	0	1	1
Adj20	A		1	0	0	1	0	0	1	1
Adj21	B		1	0	0	1	1	0	1	1
Adj22	A		1	0	0	1	1	0	1	1
Adj23	A		1	0	1	1	0	0	1	1
R4	Resident		-	1	0	1	1	1	1	1
<b>TOTALS</b>			<b>15</b>							

Taula 3.7.

Observem els dies preferents del personal, marcats amb (1). Els (0) representen els dies menys preferits, tot i que s'utilitzaran com a dies hàbils en cas de necessitat del servei.

#### 3.2.1.1. Roda dies assenyalats

Abans de començar l'any laboral, s'elabora el calendari de dies festius o assenyalats. Consisteix en una taula de dues dimensions, en la que es presenten els dies festius a l'eix horitzontal i els adjunts disponibles per fer guàrdies a l'eix vertical. Cada adjunt marca amb una creu aquells dies que considera més importants en el seu costumari festiu i que preferiria no treballar. Si n'hi ha més d'un, s'indicarà numèricament aquells dies que tenen major importància.





La llista d'adjunts s'ordena per ordre d'antiguitat inversa, de manera que dona un cert marge de prioritats als treballadors més antics. L'objectiu d'aquest mecanisme és trobar un equilibri en el nombre de dies treballats per adjunt, de tal forma que tothom treballi el mateix nombre de dies assenyalats. També es té en compte l'històric d'anys anteriors per tal que els treballadors no repeteixin el mateix dia d'un any a l'altre.

### 3.2.1.2. Roda guàrdies de dilluns a dijous

El procediment actual per repartir les guàrdies parteix de la llista de personal disposats a prestar aquest servei. Aquesta llista de disponibilitats és la presentada a la taula 3.7., en la qual observem que actualment es disposa de catorze adjunts, més un resident de quart any que pot desenvolupar tasques d'adjunt.

Partim d'una taula buida, amb un horitzó de vuit setmanes, més endavant veurem que s'ajusta amb la disponibilitat que pot oferir el servei, per tal d'obtenir una rotació més o menys regular.

Taula de guàrdies							
setm.	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Taula 3.8.



La primera consideració que cal prendre, per a qualsevol de les rodes de guàrdies, és destacar primer els casos particulars:

- L'adjunt 0, prefereix no fer guàrdia en dies laborables.
- També podem veure a l'exemple mostrat a continuació, que l'adjunt 3, que té un dia de guàrdia pactat a la setmana, se li assigna un dia fix per major comoditat, tant del coordinador com del propi treballador.

Taula de guàrdies							
setm.	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
1		Adj3					
2		Adj3					
3		Adj3					
4		Adj3					
5		Adj3					
6		Adj3					
7		Adj3					
8		Adj3					

**Taula 3.9.**



L'adjunt 7 té com a preferència fer un feiner (dilluns - dijous) cada quatre setmanes. Per comoditat, se li assignen dos dimarts per omplir el segon lloc de guàrdia fix.

Taula de guàrdies							
setm.	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
1		Adj3					
2		Adj3 Adj7					
3		Adj3					
4		Adj3					
5		Adj3					
6		Adj3 Adj7					
7		Adj3					
8		Adj3					

Taula 3.10.

Tots els adjunts tenen un dia fix per realitzar la seva guàrdia, a excepció dels adjunts 10 i 13, que alternen els dimecres i dijous:

Taula de guàrdies							
setm.	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
1		Adj3					
2		Adj3 Adj7	Adj13	Adj10			
3		Adj3					
4		Adj3	Adj10	Adj13			
5		Adj3					
6		Adj3 Adj7	Adj13	Adj10			
7		Adj3					
8		Adj3	Adj10	Adj13			

Taula 3.11.



Es distribueixen els dies fixos per a la resta d'adjunts, tal com es mostra a la taula següent, on tothom fa una guàrdia cada dues setmanes:

Taula de guàrdies							
setm.	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
1	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8			
		Adj20	Adj19	Adj16			
2	Adj5	Adj3	Adj13	Adj14			
	Adj23	Adj7	Adj21	Adj10			
3	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8			
		Adj20	Adj19	Adj16			
4	Adj5	Adj3	Adj10	Adj14			
	Adj23		Adj21	Adj13			
5	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8			
		Adj20	Adj19	Adj16			
6	Adj5	Adj3	Adj13	Adj14			
	Adj23	Adj7	Adj21	Adj10			
7	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8			
		Adj20	Adj19	Adj16			
8	Adj5	Adj3	Adj10	Adj14			
	Adj23		Adj21	Adj13			

Taula 3.12.

Finalment, el servei assigna al resident R4 els forats que queden pendents:

Taula de guàrdies							
setm.	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
1	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8			
	R4	Adj20	Adj19	Adj16			
2	Adj5	Adj3	Adj13	Adj14			
	Adj23	Adj7	Adj21	Adj10			
3	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8			
	R4	Adj20	Adj19	Adj16			
4	Adj5	Adj3	Adj10	Adj14			
	Adj23	R4	Adj21	Adj13			
5	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8			
	R4	Adj20	Adj19	Adj16			
6	Adj5	Adj3	Adj13	Adj14			
	Adj23	Adj7	Adj21	Adj10			
7	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8			
	R4	Adj20	Adj19	Adj16			
8	Adj5	Adj3	Adj10	Adj14			
	Adj23	R4	Adj21	Adj13			

Taula 3.13.



### 3.2.1.3. Roda guàrdies de divendres

L'existència d'aquesta roda té com a principal objectiu gestionar una guàrdia poc atractiva pel personal, doncs no suposa lliurança en la seva realització, amb l'afegit de ser un dia en què tothom prefereix descansar. El procediment és similar a l'anterior. Tenim un horitzó de vuit setmanes, i cada adjunt realitza un divendres fix cada vuit setmanes.

Taula de guàrdies							
setm.	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
1	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8			
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj21		
2	Adj5	Adj3	Adj13	Adj14	Adj6		
	Adj23	Adj7	Adj21	Adj10			
3	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj5		
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj23		
4	Adj5	Adj3	Adj10	Adj14			
	Adj23	R4	Adj21	Adj13	Adj20		
5	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj10		
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj13		
6	Adj5	Adj3	Adj13	Adj14	Adj22		
	Adj23	Adj7	Adj21	Adj10	Adj19		
7	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj14		
	R4	Adj20	Adj19	Adj16			
8	Adj5	Adj3	Adj10	Adj14			
	Adj23	R4	Adj21	Adj13	Adj16		

Taula 3.14.

Casos especials: L'adjunt 0 i l'adjunt 8 no fan divendres a petició pròpia.

Taula de guàrdies							
setm.	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
1	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj7		
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj21		
2	Adj5	Adj3	Adj13	Adj14	Adj6		
	Adj23	Adj7	Adj21	Adj10			
3	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj5		
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj23		
4	Adj5	Adj3	Adj10	Adj14	Adj7		
	Adj23	R4	Adj21	Adj13	Adj20		
5	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj10		
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj13		
6	Adj5	Adj3	Adj13	Adj14	Adj22		
	Adj23	Adj7	Adj21	Adj10	Adj19		
7	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj14		
	R4	Adj20	Adj19	Adj16			
8	Adj5	Adj3	Adj10	Adj14	Adj7		
	Adj23	R4	Adj21	Adj13	Adj16		



**Taula 3.15.**

L'adjunt 7 fa dos divendres extres per cobrir les dues guàrdies de dimarts que no realitza. El resident de quart any R4, fa un divendres extra per cobrir un forat.

<b>Taula de guàrdies</b>							
<b>setm.</b>	<b>dll</b>	<b>dm</b>	<b>dx</b>	<b>dj</b>	<b>dv</b>	<b>ds</b>	<b>du</b>
<b>1</b>	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj7		
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj21		
<b>2</b>	Adj5	Adj3	Adj13	Adj14	Adj6		
	Adj23	Adj7	Adj21	Adj10	R4		
<b>3</b>	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj5		
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj23		
<b>4</b>	Adj5	Adj3	Adj10	Adj14	Adj7		
	Adj23	R4	Adj21	Adj13	Adj20		
<b>5</b>	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj10		
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj13		
<b>6</b>	Adj5	Adj3	Adj13	Adj14	Adj22		
	Adj23	Adj7	Adj21	Adj10	Adj19		
<b>7</b>	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj14		
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	R4		
<b>8</b>	Adj5	Adj3	Adj10	Adj14	Adj7		
	Adj23	R4	Adj21	Adj13	Adj16		

**Taula 3.16.**

Aquesta distribució és fruit dels quinze adjunts disponibles per realitzar guàrdia (14 adjunts + resident R4). Els forats que cal cobrir són vuit divendres, per dues persones cada guàrdia, en total sumen setze forats.

Degut als casos especials esmentats, dels quinze adjunts inicials passem a tenir-ne tretze, de manera que ja cobrim tretze dels setze forats existents. Els tres restants, queden satisfets amb les guàrdies extres dels adjunts 7 i resident R4, tal com ja hem vist.

#### **3.2.1.4. Roda guàrdies de caps de setmana**

Per últim, presentem la configuració de la roda de caps de setmana. Es tracta de cobrir els dissabtes i diumenges de tot l'any, amb un horari de treball més ampli que la resta de guàrdies ordinàries, ja que aquest és de 8h del matí fins a 8h del matí del dia següent. El procediment és idèntic als anteriors. Tenim un horitzó de vuit setmanes, dos dies a cobrir, amb dos forats per dia, és a dir, un total de trenta-dos llocs. La idea és que cada adjunt treballi un dissabte i un diumenge al llarg de les vuit setmanes.



Casos especials: L'adjunt 0 fa dos dissabtes i dos diumenges per compensar les guàrdies que no fa en laborables i divendres. El resident R4 no fa guàrdies de cap de setmana per equilibrar les guàrdies extres que fa durant la setmana.

Taula de guàrdies							
setm.	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
1	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj7	Adj14	Adj0
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj21	Adj3	Adj20
2	Adj5	Adj3	Adj13	Adj14	Adj6	Adj0	Adj10
	Adj23	Adj7	Adj21	Adj10	R4	Adj16	Adj13
3	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj5	Adj7	Adj22
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj23	Adj21	Adj19
4	Adj5	Adj3	Adj10	Adj14	Adj7	Adj6	Adj14
	Adj23	R4	Adj21	Adj13	Adj20	Adj8	Adj3
5	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj10	Adj5	Adj0
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj13	Adj23	Adj16
6	Adj5	Adj3	Adj13	Adj14	Adj22	Adj0	Adj7
	Adj23	Adj7	Adj21	Adj10	Adj19	Adj20	Adj21
7	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj14	Adj10	Adj6
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	R4	Adj13	Adj8
8	Adj5	Adj3	Adj10	Adj14	Adj7	Adj22	Adj5
	Adj23	R4	Adj21	Adj13	Adj16	Adj19	Adj23

Taula 3.17.

A continuació, observem la taula definitiva amb la distribució de les tres rodes de guàrdies:

Taula de guàrdies							
setm.	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
1	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj7	Adj14	Adj0
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj21	Adj3	Adj20
2	Adj5	Adj3	Adj13	Adj14	Adj6	Adj0	Adj10
	Adj23	Adj7	Adj21	Adj10	R4	Adj16	Adj13
3	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj5	Adj7	Adj22
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj23	Adj21	Adj19
4	Adj5	Adj3	Adj10	Adj14	Adj7	Adj6	Adj14
	Adj23	R4	Adj21	Adj13	Adj20	Adj8	Adj3
5	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj10	Adj5	Adj0
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	Adj13	Adj23	Adj16
6	Adj5	Adj3	Adj13	Adj14	Adj22	Adj0	Adj7
	Adj23	Adj7	Adj21	Adj10	Adj19	Adj20	Adj21
7	Adj6	Adj3	Adj22	Adj8	Adj14	Adj10	Adj6
	R4	Adj20	Adj19	Adj16	R4	Adj13	Adj8
8	Adj5	Adj3	Adj10	Adj14	Adj7	Adj22	Adj5
	Adj23	R4	Adj21	Adj13	Adj16	Adj19	Adj23

Taula 3.18.



### 3.2.2. Activitat ordinària

Aquesta fase s'inicia quan queda configurada la taula de guàrdies, per a un període de dos mesos aproximadament. En aquest punt, ja es pot saber les lliurances que produirà la distribució de guàrdies establerta, amb el que s'obté la disponibilitat real de personal.

El coordinador del departament, realitza un cop al mes el càlcul de personal disponible en cada mòdul per tal de cobrir el mes següent. Si en un torn concret no té prou personal disponible, proposa canvis entre els adjunts per evitar recórrer als mòduls extrems. Un cop realitzats els canvis, es fa el recompte de forats pendents, els quals caldrà cobrir inevitablement amb mòduls extrems. En cas contrari, si hi ha excedents de plantilla, es pot reassignar a activitat no assistencial, o bé a un banc de mòduls. Aquest banc és un sistema flexible que gestiona els dèficits i excedents de plantilla de manera que cada treballador té un *crèdit* de mòduls pendents o sobrants. Per fer aquesta feina, és necessari invertir tot un mòdul de treball.

Setmanalment, es revisa el plànning previst per la setmana següent, per tal d'ajustar els canvis produïts per incidències, canvis de torns i guàrdies pactats, baixes, etc., procurant mantenir certa diversitat de tasques dins els criteris de necessitats del servei i preferències del personal. Això comporta unes cinc hores de treball.

A diari cal fer reajustaments, en funció dels imprevistos, fet que pot suposar unes tres hores setmanals més.

L'activitat ordinària és idèntica d'una setmana a l'altra, excepcionalment pot haver canvis d'especialitat en un quiròfan. Aquesta informació és coneguda aproximadament una setmana abans. De la mateixa forma, els tancaments de quiròfan o suspensió d'altres tasques degut a ponts, festius i mesos d'estiu, són coneguts amb uns tres mesos d'antel·lació. Tota aquesta informació es gestiona mitjançant taules Excel o documents Word.

Els canvis de demanda de personal coincideixen amb variacions de l'oferta (ponts, Nadal, etc.), és a dir, es planifica el tancament de quiròfans a les dates en què el personal prefereix fer festa. Per poder coordinar les vacances sol·licitades o dies festius, el coordinador del departament demana al cap de programació quirúrgica quins tancaments estan previstos a un horitzó de tres mesos.





### 3.2.3. Activitat extraordinària

Quan existeix dèficit de personal per cobrir un mòdul ordinari, cal recórrer al mòduls extres.

La següent taula mostra les disponibilitats del personal per aquest tipus d'activitat. Utilitzant el mateix criteri que en taules anteriors, es representa amb (1) els dies preferents del personal, mentre que els marcats amb (1) indiquen un menor grau de preferència. Els (0) representen els dies menys preferits pel personal, tot i que s'utilitzaran com a dies hàbils en cas de necessitat extrema del servei. Notar que els caps de setmana no estan representats amb (1) ja que no són considerats mòduls sinó guàrdies.

Adjunt	Categoria	Mòduls extres										
		nº mòduls		preferències								
		si	no	mes	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du	
Adj0	D	1	0	5	1	1	1	1	1	0	0	
Adj1	C	0	1		0	0	0	0	0	0	0	
Adj2	C	1	0	4	1	0	0	1	1	0	0	
Adj3	B	0	1		0	0	0	0	0	0	0	
Adj4	C	1	0	4	1	0	1	0	1	0	0	
Adj5	A	1	0	2	1	1	1	1	1	0	0	
Adj6	B	1	0	3	1	0	0	0	1	0	0	
Adj7	A	1	0	5	0	1	0	0	1	0	0	
Adj8	B	1	0	3	0	1	0	1	1	0	0	
Adj9	C	1	0	4	1	0	1	0	1	0	0	
Adj10	B	0	1		0	0	0	0	0	0	0	
Adj11	B	1	0	3	0	0	1	1	1	0	0	
Adj12	B	1	0	3	0	1	0	0	1	0	0	
Adj13	A	0	1		0	0	0	0	0	0	0	
Adj14	B	1	0		1	1	1	0	1	0	0	
Adj15	B	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0	
Adj16	B	1	0	2	1	0	0	0	1	0	0	
Adj17	D	1	0	2	0	0	0	1	1	0	0	
Adj18	A	0	1		0	0	0	0	0	0	0	
Adj19	A	1	0	3	1	1	0	1	1	0	0	
Adj20	A	1	0	4	1	1	1	1	1	0	0	
Adj21	B	1	0	4	1	1	1	1	1	0	0	
Adj22	A	1	0	4	1	1	1	1	1	0	0	
Adj23	A	1	0	3	1	1	0	1	1	0	0	
<b>TOTALS</b>		<b>19</b>										

Taula 3.19.



Partint de la llista d'adjunts disposats a prestar aquesta activitat, es procedeix amb la següent mecànica per assignar la persona més adequada:

- agrupar aquells individus que no treballen el dia de la incidència.
- d'aquest grup, fer una segona sub-classificació d'aquells que no han bloquejat el dia en qüestió.
- dels que queden, seleccionar aquells que menys mòduls han realitzat en el total històric.



## 4. Model Matemàtic

### 4.1. Dades del model

**H  $\Rightarrow$  Nombre intervals.**

$H$  és un nombre enter que indica el nombre d'intervals compresos en l'horitzó de programació. Un interval correspon a un dia o jornada de treball.

Suposant horitzó de partida de 4 setmanes, i tenint en compte que 1 setmana = [dll...du] = 7 int./setmana, aleshores:

$$1 \text{ mes} = 7 \times 4 \text{ setmanes} = 28 \text{ int./mes}$$

**P  $\Rightarrow$  Nombre de persones.**

$P$  és un nombre enter que indica el nombre d'adjunts disponibles en plantilla. Actualment  $P = 24$  adjunts.

**T  $\Rightarrow$  Nombre de tasques.**

$T$  és un nombre enter que indica les tasques que es realitzen en el departament. Actualment  $T = 25$  tasques.

**G  $\Rightarrow$  Nombre de guàrdies.**

$G$  és un nombre enter que indica les guàrdies que es realitzen en el departament. Actualment  $G = 7$ , tenim guàrdies en tots els dies de la setmana.

**CG  $\Rightarrow$  Nombre màxim de guàrdies consecutives.**

$CG$  és un nombre enter que indica el nombre màxim de guàrdies consecutives que poden realitzar els adjunts en tot l'horitzó de programació. Actualment no es poden realitzar dues guàrdies consecutives, per tant  $CG = 1$ .



**DM ⇔ Matriu de demanda torn matí.**

$DM = [dm_{th}]$ , matriu de dimensions  $T \times H$ .

$DM$		$h$			
		1	2	.....	$H$
$t$	1				
	2				
	.....				
	$T$				

**(Matriu 4.1.)**

Els valors de la matriu seran nombres enters. Si no es necessita adjunt a l'interval, aleshores  $dm_{th} = 0$ , en cas contrari el valor serà el nombre d'adjunts necessaris per cobrir la tasca, en general  $dm_{th} = 1$ .

**DT ⇔ Matriu de demanda torn tarda.**

$DT = [dt_{th}]$ , matriu de dimensions  $T \times H$ .

$DT$		$h$			
		1	2	.....	$H$
$t$	1				
	2				
	.....				
	$T$				

**(Matriu 4.2.)**

Els valors de la matriu seran nombres enters. Si no es necessita adjunt a l'interval, aleshores  $dt_{th} = 0$ , en cas contrari el valor serà el nombre d'adjunts necessaris per cobrir la tasca, en general  $dt_{th} = 1$ .



**DG ⇒ Matriu de demanda guàrdies.**

$DG = [dg_{gh}]$ , matriu de dimensions  $G \times H$ .

$DG$		$h$			
		1	2	.....	$H$
$g$	1				
	2				
	.....				
	$G$				

(Matriu 4.3.)

Els valors de la matriu seran nombres enters. Si no es necessita adjunt a l'interval, aleshores  $dg_{gh} = 0$ , en cas contrari el valor serà el nombre d'adjunts necessaris per cobrir la guàrdia, en general  $dg_{gh} = 2$ .

**RT ⇒ Matriu de rendiment per tasca.**

$RT = [rt_{pt}]$ , matriu de dimensions  $P \times T$ .

$RT$		$t$			
		1	2	.....	$T$
$p$	1				
	2				
	.....				
	$P$				

(Matriu 4.4.)

Els valors de la matriu seran nombres reals tals que  $rt_{pt} \in \{0,0.25,0.5,1\}$ . Ens indica la prioritat del servei per que un adjunt realitzi una tasca determinada.

Els valors de la matriu són:

- 1 → prioritat màxima.
- 0,5 → prioritat mitja.
- 0,25 → prioritat baixa.
- 0 → no apte.



*Restriccions de comprovació*

El servei ha de fixar a cada adjunt un mínim de prioritats en el total de les  $T$  tasques:

$$\sum_{t=1}^T r_{pt} > 0 \quad \forall p$$

(Eq. 4.1.)

Per cada tasca, haurà d'existir com a mínim un adjunt que tingui assignada una prioritats màxima:

$$\sum_{p=1}^P r_{pt} \geq 1 \quad \forall t$$

(Eq. 4.2.)

**RG  $\Rightarrow$  Matriu de rendiment per guàrdia.**

$RG = [r_{pg}]$ , matriu de dimensions  $P \times G$ .

$RG$		$g$			
		1	2	.....	$G$
$p$	1				
	2				
	.....				
	$P$				

(Matriu 4.5.)

Els valors de la matriu seran nombres reals tals que  $r_{pg} \in \{0,0.25,0.5,1\}$ . Ens indica la preferència del servei per que un adjunt realitzi una guàrdia determinada.

Els valors de la matriu són:

- 1  $\rightarrow$  preferència màxima.
- 0,5  $\rightarrow$  preferència mitja.
- 0,25  $\rightarrow$  preferència baixa.
- 0  $\rightarrow$  preferència nul·la.



**Restricció de comprovació**

Per tot adjunt que realitzi guàrdies, els valors de prioritat seran  $\{0,0.25,0.5,1\}$ . Pels adjunts que no realitzin guàrdies, el valor de les prioritats seran 0 :

$$\text{si realitzen guàrdia: } rg_{pg} \neq 0 \quad \forall g, \forall p \mid vg_p = 1$$

(Eq. 4.3.)

$$\text{si no realitzen guàrdia: } rg_{pg} = 0 \quad \forall g, \forall p \mid vg_p = 0$$

(Eq. 4.4.)

**VG  $\Rightarrow$  Vector de realització de guàrdies.**

$VG = [vg_p]$ , vector de rang  $P$ .

$VG$	$p$			
	1	2	.....	$P$
	$vg_1$	$vg_2$	.....	$vg_P$

(Vector 4.1.)

Les components del vector seran binaries. Indica quins adjunts realitzen guàrdia,  $vg_p = 0$  si l'adjunt no realitza guàrdia, en cas contrari  $vg_p = 1$ .

**PPT  $\Rightarrow$  Matriu de preferència del personal per tasca.**

$PPT = [ppt_{pt}]$ , matriu de dimensions  $P \times T$ .

$PPT$		$t$			
		1	2	.....	$T$
$p$	1				
	2				
	.....				
	$P$				

(Matriu 4.6.)

Els valors de la matriu seran nombres reals tals que  $ppt_{pt} \in \{0,0.25,0.5,1\}$ . Ens indica la preferència del treballador per a la realització d'una tasca determinada.



Els valors de la matriu són:

- 1 → preferència màxima.
- 0,5 → preferència mitja.
- 0,25 → preferència baixa.
- 0 → preferència nul·la.

**PPG ⇒ Matriu de preferència del personal per guàrdia.**

$PPG = [ppg_{pg}]$ , matriu de dimensions  $P \times G$ .

$PPG$		$g$			
		1	2	.....	$G$
$p$	1				
	2				
	.....				
	$P$				

(Matriu 4.7.)

Els valors de la matriu seran nombres reals tals que  $ppg_{pg} \in \{0,0.25,0.5,1\}$ . Ens indica la preferència del treballador per a la realització de les guàrdies en un dia determinat de la setmana.

Els valors de la matriu són:

- 1 → preferència màxima.
- 0,5 → preferència mitja.
- 0,25 → preferència baixa.
- 0 → preferència nul·la.





**Restricció de comprovació**

Per tot adjunt que realitzi guàrdies, els valors de preferència seran  $\{0.25,0.5,1\}$ , per tal que no hi col·loquin preferència nul·la en cap dels dies de la setmana. Pels adjunts que no realitzin guàrdies, el valor de les preferències seran 0 :

si realitzen guàrdia:  $ppg_{pg} \neq 0 \quad \forall g, \forall p \mid vg_p = 1$  (Eq. 4.5.)

si no realitzen guàrdia:  $ppg_{pg} = 0 \quad \forall g, \forall p \mid vg_p = 0$  (Eq. 4.6.)

**MPM  $\Rightarrow$  Matriu de presència matí.**

$MPM = [mpm_{ph}]$ , matriu de dimensions  $P \times H$ .

<i>MPM</i>		<i>h</i>			
		1	2	.....	<i>H</i>
<i>p</i>	1				
	2				
	.....				
	<i>P</i>				

(Matriu 4.8.)

El valors de la matriu són binaris,  $mpm_{ph} = 0$  indica absència de l'adjunt, en cas contrari  $mpm_{ph} = 1$ . Cal omplir-la amb els horaris de cadascú en el torn de matí.

**Restriccions de comprovació**

Verificar que la quantitat d'adjunts disponibles en un interval és sempre suficient per satisfer la demanda, torn matí:

$$\sum_{p=1}^P mpm_{ph} \geq \sum_{t=1}^T dm_{th} \quad \forall h$$

(Eq. 4.7.)

El personal present a cada interval no pot ser superior als adjunts en plantilla al torn de matí:

$$\sum_{p=1}^P mpm_{ph} \leq P \quad \forall h$$

(Eq. 4.8.)



**MPT ⇨ Matriu de presència tarda.**

$MPT = [mpt_{ph}]$ , matriu de dimensions  $P \times H$ .

$MPT$		$h$			
		1	2	.....	$H$
$p$	1				
	2				
	.....				
	$P$				

(Matriu 4.9.)

El valors de la matriu són binaris,  $mpt_{ph} = 0$  indica absència de l'adjunt, en cas contrari  $mpt_{ph} = 1$ . Cal omplir-la amb els horaris de cadascú en el torn de tarda.

*Restriccions de comprovació*

Verificar que la quantitat d'adjunts disponibles en un interval és sempre suficient per satisfer la demanda, torn tarda:

$$\sum_{p=1}^P mpt_{ph} \geq \sum_{t=1}^T dt_{th} \quad \forall h$$

(Eq. 4.9.)

El personal present a cada interval no pot ser superior als adjunts en plantilla al torn de tarda:

$$\sum_{p=1}^P mpt_{ph} \leq P \quad \forall h$$

(Eq. 4.10.)



**MPG ⇒ Matriu de presència guàrdies.**

$MPG = [mpg_{ph}]$ , matriu de dimensions  $P \times H$ .

MPG		h			
		1	2	.....	H
p	1				
	2				
	.....				
	P				

(Matriu 4.10.)

El valors de la matriu són binaris,  $mpg_{ph} = 0$  indica absència de l'adjunt, s'aplica als adjunts que no realitzen guàrdies. En cas contrari  $mpg_{ph} = 1$ .

*Restricció de comprovació*

Verificar que la quantitat d'adjunts disponibles en un interval és sempre suficient per satisfer la demanda de guàrdies:

$$\sum_{p=1}^P mpg_{ph} \geq \sum_{g=1}^G dg_{gh} \quad \forall h$$

(Eq. 4.11.)

**MPOLT ⇒ Matriu de polivalències per tasca.**

$MPOLT = [mpolt_{pt}]$ , matriu de dimensions  $P \times T$ .

MPOLT		t			
		1	2	.....	T
p	1				
	2				
	.....				
	P				

(Matriu 4.11.)



El valors de la matriu són binaris,  $mpolt_{pt} = 0$  indica la incapacitat d'un adjunt per realitzar la tasca, en cas contrari  $mpolt_{pt} = 1$ .

*Restricció de comprovació*

Tot adjunt ha de ser capaç de realitzar com a mínim una tasca.

$$\sum_{t=1}^T mpolt_{pt} \geq 1 \quad \forall p$$

(Eq. 4.12.)

**PPOLT  $\Rightarrow$  Vector de personal polivalent per tasca.**

$PPOLT = [ppolt_t]$ , vector de rang  $T$ .

	$t$			
$PPOLT$	1	2	.....	$T$
	$ppolt_1$	$ppolt_2$	.....	$ppolt_T$

(Vector 4.2.)

Les components del vector seran nombres enters. Indica els treballadors polivalents que tenim per cada tasca a realitzar.

$$ppolt_t = \sum_{p=1}^P mpolt_{pt} \quad \forall t$$

(Eq. 4.13.)

Per tota tasca hi haurà com a mínim un adjunt polivalent per realitzar-la.

$$ppolt_t \geq 1 \quad \forall t$$

(Eq. 4.14.)



**MPOLG ⇒ Matriu de polivalències per guàrdia.**

$MPOLG = [mpolg_{pg}]$ , matriu de dimensions  $P \times G$ .

$MPOLG$		$g$			
		1	2	.....	$G$
$p$	1				
	2				
	.....				
	$P$				

(Matriu 4.12.)

El valors de la matriu són binaris,  $mpolg_{pg} = 0$  si l'adjunt no realitza guàrdies, en cas contrari  $mpolg_{pg} = 1$ .

**PPOLG ⇒ Vector de personal polivalent per guàrdia.**

$PPOLG = [ppolg_g]$ , vector de rang  $G$ .

$PPOLG$	$g$			
	1	2	.....	$G$
	$ppolg_1$	$ppolg_2$	.....	$ppolg_G$

(Vector 4.3.)

Les components del vector seran nombres enters. Indica els treballadors polivalents que tenim per realitzar guàrdies cada dia de la setmana.

$$ppolg_g = \sum_{p=1}^P mpolg_{pg} \quad \forall g$$

(Eq. 4.15.)

Per tota guàrdia hi haurà com a mínim quatre adjunts que siguin polivalents per realitzar-la.

$$ppolg_g \geq 4 \quad \forall t$$

(Eq. 4.16.)



**NTMH ⇒ Vector de demanda total matí.**

$NTMH = [ntmh_t]$ , vector de rang  $T$ .

$NTMH$	$t$			
	1	2	.....	$T$
	$ntmh_1$	$ntmh_2$	.....	$ntmh_T$

(Vector 4.4.)

Les components del vector seran nombres enters. Cada  $ntmh_t$  indica la demanda total que tenim al torn del matí per cada tasca a realitzar.

$$ntmh_t = \sum_{h=1}^H dm_{th} \quad \forall t$$

(Eq. 4.17.)

**AM ⇒ Vector de nombre màxim de repeticions matí.**

$AM = [am_t]$ , vector de rang  $T$ .

$AM$	$t$			
	1	2	.....	$T$
	$am_1$	$am_2$	.....	$am_T$

(Vector 4.5.)

Les components del vector seran nombres reals que indiquen el nombre màxim de repeticions que un treballador pot fer d'una tasca en tot l'horitzó de programació en el torn del matí.

$$am_t = \frac{ntmh_t}{ppolt_t} \quad \forall t$$

(Eq. 4.18.)



**NTTH  $\Rightarrow$  Vector de demanda total tarda.**

$NTTH = [ntth_t]$ , vector de rang  $T$ .

$NTTH$	$t$			
	1	2	.....	$T$
	$ntth_1$	$ntth_2$	.....	$ntth_T$

(Vector 4.6.)

Les components del vector seran nombres enters. Cada  $ntth_t$  indica la demanda total que tenim al torn de tarda per cada tasca a realitzar.

$$ntth_t = \sum_{h=1}^H dt_{th} \quad \forall t$$

(Eq. 4.19.)

**AT  $\Rightarrow$  Vector de nombre màxim de repeticions tarda.**

$AT = [at_t]$ , vector de rang  $T$ .

$AT$	$t$			
	1	2	.....	$T$
	$at_1$	$at_2$	.....	$at_T$

(Vector 4.7.)

Les components del vector seran nombres reals que indiquen el nombre màxim de repeticions que un treballador pot fer d'una tasca en tot l'horitzó de programació en el torn de tarda.

$$at_t = \frac{ntth_t}{ppolt_t} \quad \forall t$$

(Eq. 4.20.)



**NTGH  $\Rightarrow$  Vector de demanda total guàrdies.**

$NTGH = [ntgh_g]$ , vector de rang  $G$ .

$NTGH$	$g$			
	1	2	.....	$G$
	$ntgh_1$	$ntgh_2$	.....	$ntgh_G$

(Vector 4.8.)

Les components del vector seran nombres enters. Cada  $ntgh_g$  indica la demanda total que tenim per cada guàrdia.

$$ntgh_g = \sum_{h=1}^H dg_{gh} \quad \forall g$$

(Eq. 4.21.)

**AG  $\Rightarrow$  Vector de nombre màxim de repeticions per guàrdia.**

$AG = [ag_g]$ , vector de rang  $G$ .

$AG$	$g$			
	1	2	.....	$G$
	$ag_1$	$ag_2$	.....	$ag_G$

(Vector 4.9.)

Les components del vector seran nombres reals que indiquen el nombre màxim de repeticions que un treballador pot fer de cada guàrdia en tot l'horitzó de programació.

$$ag_g = \frac{ntgh_g}{ppolg_g} \quad \forall g$$

(Eq. 4.22.)





**VDF ⇒ Vector dies festius.**

$VDF = [vdf_h]$ , vector de rang  $H$ .

$VDF$	$h$			
	1	2	.....	$H$
	$vdf_1$	$vdf_2$	.....	$vdf_H$

(Vector 4.10.)

Les components del vector seran binaries. Indica quins intervals (dies), són festius dins de l'horitzó de programació,  $vdf_h = 0$  si l'interval no és festiu, en cas contrari  $vdf_h = 1$ . No considerem festius els dissabtes ni els diumenges.

**MS ⇒ Matriu setmanal.**

$MS = [ms_{gh}]$ , matriu de dimensions  $G \times H$ .

Si el període de programació comença en dilluns, tindrem una matriu d'aquest estil:

$MS$	$h$										
	1	2	3	4	5	6	7	8	.....	$H$	
$g$	1	1	3	3	3	3	3	3	1	.....	
	2	3	1	3	3	3	3	3	3	.....	
	3	3	3	1	3	3	3	3	3	.....	
	4	3	3	3	1	3	3	3	3	.....	
	5	3	3	3	3	1	3	3	3	.....	
	6	3	3	3	3	3	1	3	3	.....	
	7	3	3	3	3	3	3	1	3	.....	

(Matriu 4.13.)

Els valors de la matriu seran nombres enters. Associem cada  $g$  a un dia de la setmana:  $g = 1$  dilluns,  $g = 2$  dimarts, ...,  $g = 7$  diumenge. Si l'interval coincideix amb el dia associat a la guàrdia, aleshores  $ms_{gh} = 1$ , en cas contrari  $ms_{gh} = 3$ .



**KM, KT, KG  $\Rightarrow$  Pesos repetibilitat.**

Són nombres reals que indiquen el percentatge mínim, en tant per u, del total de la demanda, que cada adjunt ha de realitzar en les tasques i guàrdies en les quals és polivalent.

 **$c_1, c_2, \dots, c_n \Rightarrow$  Pesos funció objectiu.**

Són nombres reals que indiquen el pes atribuït a cada criteri en la funció objectiu.



## 4.2. Variables del model

**$XM \Rightarrow$  Matriu d'assignació torn matí.**

$XM = [xm_{pth}]$ , matriu de dimensions  $P \times T \times H$ .

$XM$				$h$			
				1	2	.....	$H$
$p$	1	$t$	1				
			2				
			.....				
			$T$				
	2	$t$	1				
			2				
			.....				
			$T$				
	.....						
	$P$	$t$	1				
			2				
			.....				
$T$							

(Matriu 4.14.)

El valors de la matriu són binaris. Ens indica el resultat de l'assignació del model al torn de matí,  $xm_{pth} = 1$  en el cas que s'hagi assignat a l'adjunt  $p_p$  la tasca  $t_t$  en l'interval  $h_h$ , i  $xm_{pth} = 0$  en cas contrari.



**XT ⇒ Matriu d'assignació torn tarda.**

$XT = [xt_{pth}]$ , matriu de dimensions  $P \times T \times H$ .

$XT$				$h$			
				1	2	.....	$H$
$P$	1	$t$	1				
			2				
			.....				
			$T$				
	2	$t$	1				
			2				
			.....				
			$T$				
	.....						
	$P$	$t$	1				
			2				
			.....				
$T$							

**(Matriu 4.15.)**

El valors de la matriu són binaris. Ens indica el resultat de l'assignació del model al torn de tarda,  $xt_{pth} = 1$  en el cas que s'hagi assignat a l'adjunt  $p_p$  la tasca  $t_t$  en l'interval  $h_h$ , i  $xt_{pth} = 0$  en cas contrari.



**XG ⇒ Matriu d'assignació guàrdies.**

$XG = [xg_{pgh}]$ , matriu de dimensions  $P \times G \times H$ .

$XG$				$h$			
				1	2	.....	$H$
$p$	1	$g$	1				
			2				
			.....				
			$G$				
	2	$g$	1				
			2				
			.....				
			$G$				
	.....						
	$P$	$g$	1				
			2				
			.....				
$G$							

(Matriu 4.16.)

El valors de la matriu són binaris. Ens indica el resultat de l'assignació del model per les guàrdies,  $xg_{pgh} = 1$  en el cas que s'hagi assignat a l'adjunt  $p_p$  la guàrdia  $g_g$  en l'interval  $h_h$ , i  $xg_{pgh} = 0$  en cas contrari.



### 4.3. Restriccions del model

#### Restricció 1: compliment de la demanda torn matí.

Assignar, pel torn de matí, el personal necessari per tal de garantir la demanda:

$$dm_{th} \leq \sum_{p=1}^P xm_{pth} \quad ; \quad \forall t, \forall h$$

(Eq. 4.23.)

#### Restricció 2: compliment de la demanda torn tarda.

Assignar, pel torn de tarda, el personal necessari per tal de garantir la demanda:

$$dt_{th} \leq \sum_{p=1}^P xt_{pth} \quad ; \quad \forall t, \forall h$$

(Eq. 4.24.)

#### Restricció 3: compliment de la demanda de guàrdies.

Assignar, per les guàrdies, el personal necessari per tal de garantir la demanda:

$$dg_{gh} \leq \sum_{p=1}^P xg_{pgh} \quad ; \quad \forall g, \forall h$$

(Eq. 4.25.)

#### Restricció 4: assignació segons polivalència torn matí.

No assignar, en el torn de matí, una tasca a un treballador que presenti una polivalència nul·la:

$$xm_{pth} \leq mpolt_{pt} \quad ; \quad \forall t, \forall h, \forall p$$

(Eq. 4.26.)

#### Restricció 5: assignació segons polivalència torn tarda.

No assignar, en el torn de tarda, una tasca a un treballador que presenti una polivalència nul·la:

$$xt_{pth} \leq mpolt_{pt} \quad ; \quad \forall t, \forall h, \forall p$$

(Eq. 4.27.)

#### Restricció 6: assignació segons polivalència en guàrdies.

No assignar una guàrdia a un treballador que presenti una polivalència nul·la:

$$xg_{pgh} \leq mpolg_{pg} \quad ; \quad \forall g, \forall h, \forall p$$

(Eq. 4.28.)



**Restricció 7: assignació segons presència torn matí.**

No assignar, en el torn de matí, una tasca a un treballador que no està present:

$$xm_{pth} \leq mpm_{ph} \quad ; \quad \forall h, \forall p, \forall t$$

(Eq. 4.29.)

**Restricció 8: assignació segons presència torn tarda.**

No assignar, en el torn de tarda, una tasca a un treballador que no està present:

$$xt_{pth} \leq mpt_{ph} \quad ; \quad \forall h, \forall p, \forall t$$

(Eq. 4.30.)

**Restricció 9: assignació de guàrdia segons presència.**

No assignar una guàrdia a un treballador que no està present:

$$xg_{pgh} \leq mpg_{ph} \quad ; \quad \forall h, \forall p, \forall g$$

(Eq. 4.31.)

**Restricció 10: repetibilitat de tasques torn matí.**

No assignar, en el torn de matí, una mateixa tasca més de dos intervals consecutius a un mateix adjunt:

$$xm_{pth} + xm_{pt(h+1)} \leq 1 \quad ; \quad \forall p, \forall t, \forall h \mid \in \{1, \dots, H-1\}$$

(Eq. 4.32.)

**Restricció 11: repetibilitat de tasques torn tarda.**

No assignar, en el torn de tarda, una mateixa tasca més de dos intervals consecutius a un mateix adjunt:

$$xt_{pth} + xt_{pt(h+1)} \leq 1 \quad ; \quad \forall p, \forall t, \forall h \mid \in \{1, \dots, H-1\}$$

(Eq. 4.33.)

**Restricció 12: repetibilitat de guàrdies.**

No assignar consecutivament dues guàrdies, recordant que per definició  $EG = 1$ :

$$\sum_{g=1}^G xg_{pgh} + \sum_{g=1}^G xg_{pg(h+1)} \leq CG \quad ; \quad \forall p, \forall g, \forall h \mid \in \{1, \dots, H-1\}$$

(Eq. 4.34.)



**Restricció 13: activitat en dies festius torn matí.**

Verificar, en el torn de matí, que l'assignació d'activitat normal és inexistent en dies festius:

$$xm_{pth} + vdf_h \leq 1 \quad ; \quad \forall p, \forall h, \forall t \quad (\text{Eq. 4.35.})$$

**Restricció 14: activitat en dies festius torn tarda.**

Verificar, en el torn de tarda, que l'assignació d'activitat normal és inexistent en dies festius:

$$xt_{pth} + vdf_h \leq 1 \quad ; \quad \forall p, \forall h, \forall t \quad (\text{Eq. 4.36.})$$

**Restricció 15: assignació de dos adjunts per guàrdia.**

Verificar que l'assignació de guàrdies és de dos adjunts:

$$\sum_{p=1}^P xg_{pgh} + ms_{gh} = 3 \quad ; \quad \forall g, \forall h \quad (\text{Eq. 4.37.})$$

**Restricció 16: equilibrat de repeticions en tasques torn de matí.**

Verificar, en el torn de matí, que un treballador ha realitzat un mínim de vegades una tasca, per tal d'equilibrar les repeticions:

$$\sum_{h=1}^H xm_{pth} \geq am_t \cdot km \quad \forall p, \forall t \quad (\text{Eq. 4.38.})$$

**Restricció 17: equilibrat de repeticions en tasques torn de tarda.**

Verificar, en el torn de tarda, que un treballador ha realitzat un mínim de vegades una tasca, per tal d'equilibrar les repeticions:

$$\sum_{h=1}^H xt_{pth} \geq at_t \cdot kt \quad \forall p, \forall t \quad (\text{Eq. 4.39.})$$





**Restricció 18: equilibrat de repeticions en guàrdies.**

Verificar que un treballador ha realitzat un mínim de vegades una guàrdia, per tal d'equilibrar les repeticions:

$$\sum_{h=1}^H xg_{pgh} \geq ag_g \cdot kg \quad \forall p, \forall g$$

(Eq. 4.40.)

**Restricció 19: no assignació de varies tasques d'activitat ordinària al torn de matí.**

Verificar, en el torn de matí, que un treballador no tingui assignada més d'una activitat ordinària:

$$\sum_{t=1}^T xm_{pth} \leq 1 \quad ; \quad \forall p, \forall h$$

(Eq. 4.41.)

**Restricció 20: no assignació de varies tasques d'activitat ordinària al torn de tarda.**

Verificar, en el torn de tarda, que un treballador no tingui assignada més d'una activitat ordinària:

$$\sum_{t=1}^T xt_{pth} \leq 1 \quad ; \quad \forall p, \forall h$$

(Eq. 4.42.)

**Restricció 21: no simultaneïtat entre activitat ordinària i guàrdia al torn de tarda.**

Verificar, en el torn de tarda, que un treballador no tingui assignada una activitat ordinària i una guàrdia simultàniament:

$$\sum_{t=1}^T xt_{pth} + \sum_{g=1}^G xg_{pgh} \leq 1 \quad ; \quad \forall p, \forall h$$

(Eq. 4.43.)

**Restricció 22: lliurances després de guàrdia torn matí.**

Introduir les "lliurances" comprovant que l'endemà d'una guàrdia no es treballa al torn de matí. És l'adaptació del concepte de lliurança al model matemàtic:

$$\sum_{g=1}^G xg_{pgh} + \sum_{t=1}^T xm_{pt(h+1)} \leq 1 \quad ; \quad \forall p, \forall h \mid \in \{1, \dots, H-1\}$$

(Eq. 4.44.)



**Restricció 23: lliurances després de guàrdia torn tarda.**

Introduir les “lliurances” comprovant que l’endemà d’una guàrdia no es treballa al torn de tarda. És l’adaptació del concepte de lliurança al model matemàtic:

$$\sum_{g=1}^G xg_{pgh} + \sum_{t=1}^T xt_{pt(h+1)} \leq 1 \quad ; \quad \forall p, \forall h \mid \in \{1, \dots, H-1\}$$

(Eq. 4.45.)

**Restricció 24: no negativitat de les variables.**

Verificar que les variables del model no tenen valors negatius:

$$\begin{aligned} xm_{pth} &\geq 0 \quad ; \quad \forall p, \forall t, \forall h \\ xt_{pth} &\geq 0 \quad ; \quad \forall p, \forall t, \forall h \\ xg_{pgh} &\geq 0 \quad ; \quad \forall p, \forall g, \forall h \end{aligned}$$

(Eq. 4.46.)

**4.4. Funció objectiu**

Es tracta d’assolir el màxim grau de satisfacció pel que fa a les prioritats del servei i a les preferències dels treballadors. El pes de cada component de la funció objectiu es fixa mitjançant les constants  $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5$  i  $c_6$ .

$$\begin{aligned} [MAX]f &= \left[ c_1 \cdot \left( \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H rt_{pt} \cdot xm_{pth} \right) \right] + \left[ c_2 \cdot \left( \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H ppt_{pt} \cdot xm_{pth} \right) \right] \\ &+ \left[ c_3 \cdot \left( \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H rt_{pt} \cdot xt_{pth} \right) \right] + \left[ c_4 \cdot \left( \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H ppt_{pt} \cdot xt_{pth} \right) \right] \\ &+ \left[ c_5 \cdot \left( \sum_{p=1}^P \sum_{g=1}^G \sum_{h=1}^H rg_{pg} \cdot xg_{pgh} \right) \right] + \left[ c_6 \cdot \left( \sum_{p=1}^P \sum_{g=1}^G \sum_{h=1}^H pp_g_{pg} \cdot xg_{pgh} \right) \right] \end{aligned}$$

(Eq. 4.47.)



## 5. Experimentació

### 5.1. Introducció

Havent presentat el model matemàtic que descriu la nostra aplicació, el pròxim pas que realitzem és l'experimentació i validació del funcionament de l'algoritme. El procediment emprat per fer-ho és mitjançant la descripció de diferents escenaris de simulació, en els quals veurem la resposta del model davant la variació de la dimensió i les dades de cada escenari proposat.

Aquesta fase d'experimentació es compondrà de dos escenaris. El primer d'ells serà de petites dimensions, amb l'objectiu principal de validar la sintaxis i els conceptes descrits en el model. Això ens permetrà observar que el model és factible i que funciona correctament per a un problema d'assignació de tasques.

El segon escenari es plantejarà amb les dimensions reals del problema pel que fa a tasques i adjunts. La dimensió temporal, definida en intervals, quedarà fixada a una setmana, donat que el comportament del model no es veurà afectat pel nombre d'intervals. Això també ens facilitarà la interpretació del resultat del mateix.

Aquest segon escenari es dividirà en tres simulacions:

- La primera d'elles es durà a terme amb dades ideals pel que fa a polivalències, rendiment, i preferències dels adjunts.
- La segona es durà a terme introduint les dades reals de rendiment i preferències dels adjunts. Aquesta variació implicarà canvis en el resultat de la funció objectiu i en l'assignació.
- La tercera i definitiva es durà a terme introduint totes les dades reals del problema, incloses les polivalències dels adjunts. Cal tenir especial cura en observar que la capacitat del sistema és suficient per satisfer la demanda en cada interval. Això implica revisar les dades introduïdes al sistema. En el cas que la capacitat sigui inferior a la demanda, el model ens indicarà que la simulació no és factible. Aquesta simulació també implicarà canvis en el resultat de la funció objectiu i en l'assignació.

El codi font del model comú als dos escenaris i les dades de cada simulació, està adjunt a l'annex: *B. Codi font del model*.



## 5.2. Software de modelització

Per aquesta fase d'experimentació hem utilitzat una eina informàtica per a la realització del càlcul. D'entre l'àmplia gama de softwares disponibles al mercat, hem seleccionat LP Solve IDE 5.5.0.4, programa especialitzat en la resolució de programes lineals.

Aquest programa va ser originalment desenvolupat per Michel Berkelaar a la universitat tecnològica d'Eindhoven. LP Solve és expert en solucions de programació lineal de nombres enters, basat en el mètode de símplex revisat i el mètode de *Branch-and-bound* pels enters. Mitjançant l'algoritme de *Branch-and-bound*, pot manejar variables d'enters, variables semicontínues i conjunts definits per l'usuari.

LP Solve no té cap límit en el tamany del model. Tanmateix el resultat d'alguns models poden ser emesos després d'un temps llarg o fins i tot poden fracassar en la seva resolució. També pot ser utilitzat com a llibreria per a llenguatges de programació tals com C, VB, .NET, Delphi, Excel, Java...

Bàsicament, LP Solve és una biblioteca, un conjunt de rutines anomenada API que es pot executar gairebé desde qualsevol llenguatge de programació per resoldre problemes de MILP (Programació lineal sencera mixta).

A continuació presentem una llista d'alguns dels trets clau d'aquest software:

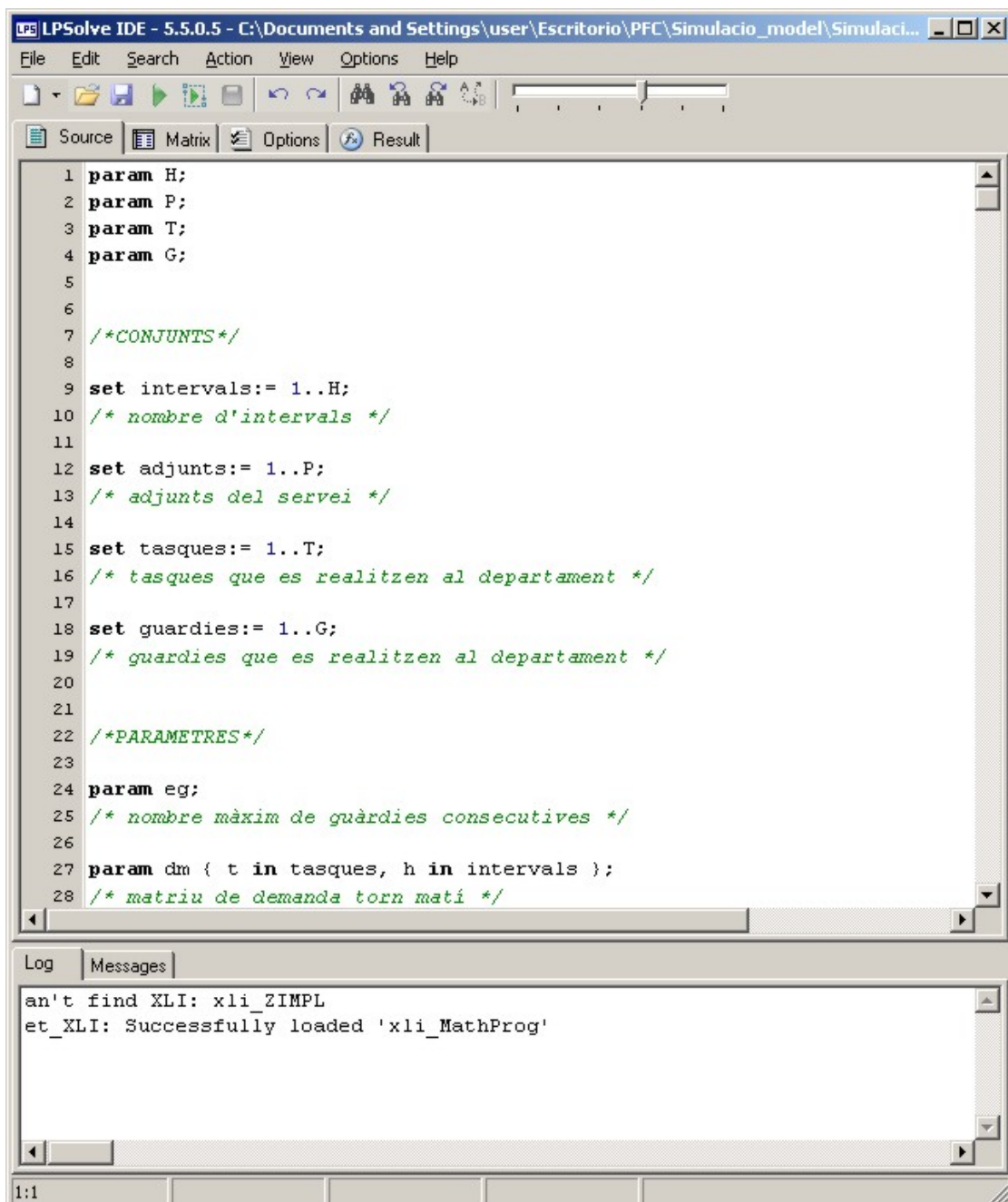
- Calculador MILP gratuït, sense límit en el tamany del model.
- Suporta variables senceres, variables semicontínues i conjunts definits per l'usuari.
- Disposa de diferents mètodes d'escalat per tal que el model sigui numèricament més estable.
- Disposa de capacitats de precàlcul per tal de simplificar les restriccions i millorar així el temps de resposta.
- És possible seleccionar combinacions desitjades de models primals i duals.
- Té la possibilitat de convertir el format d'un model en un altre format.
- Proporciona anàlisi de sensibilitat postòptima.



## 5.3. Escenaris de simulació

### 5.3.1. Primer escenari p6 t3 h7

Plantegem aquest primer escenari inicial, de dimensions sis adjunts, tres tasques i set intervals (p6 t3 h7) que servirà per validar la sintaxis introduïda en el modelitzador LP Solve. Considerem en aquest cas, dades ideals pel que fa a rendiments, preferències dels adjunts, polivalències i horaris de presència dels adjunts. També considerem que tots els adjunts definits en l'escenari tenen disponibilitat per realitzar guàrdies.



```
LPSolve IDE - 5.5.0.5 - C:\Documents and Settings\user\Escritorio\PFC\Simulacio_model\Simulact...
File Edit Search Action View Options Help
Source Matrix Options Result
1 param H;
2 param P;
3 param T;
4 param G;
5
6
7 /*CONJUNTS*/
8
9 set intervals:= 1..H;
10 /* nombre d'intervals */
11
12 set adjunts:= 1..P;
13 /* adjunts del servei */
14
15 set tasques:= 1..T;
16 /* tasques que es realitzen al departament */
17
18 set guardies:= 1..G;
19 /* guardies que es realitzen al departament */
20
21
22 /*PARAMETRES*/
23
24 param eg;
25 /* nombre màxim de guàrdies consecutives */
26
27 param dm ( t in tasques, h in intervals );
28 /* matriu de demanda torn mati */

Log Messages
an't find XLI: xli_ZIMPL
et_XLI: Successfully loaded 'xli_MathProg'

1:1
```

Figura 5.1.



Tal com podem apreciar a l'anterior figura, el codi del model s'introdueix a la pestanya *Source* del software LP Solve. Els resultats s'obtidran a la pestanya *Result*.

Les dades d'aquesta simulació són les que es descriuen a continuació:

**H ⇒ Nombre intervals.**

$H = 7$  intervals. Prenem com a horitzó de programació una setmana.

**P ⇒ Nombre de persones.**

$P = 6$  adjunts.

**T ⇒ Nombre de tasques.**

$T = 3$  tasques.

**G ⇒ Nombre de guàrdies.**

$G = 7$  guàrdies.

**CG ⇒ Nombre màxim de guàrdies consecutives.**

$CG = 1$

**DM ⇒ Matriu de demanda torn matí.**

La següent taula mostra la demanda d'adjunts per tasca a cada interval:

DM		dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
		h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
GE	t1	1	0	1	0	1	0	0
SP	t2	1	1	1	0	1	0	0
CL	t3	0	1	0	1	0	0	0

Taula 5.1.

**DT ⇒ Matriu de demanda torn tarda.**

La següent taula mostra la demanda d'adjunts per tasca a cada interval:

DT		dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
		h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
GE	t1	0	1	0	0	0	0	0
SP	t2	1	0	0	1	0	0	0
CL	t3	0	0	1	0	0	0	0

Taula 5.2.



**DG ⇒ Matriu de demanda guàrdies.**

La següent taula mostra la demanda d'adjunts per cobrir les guàrdies:

DG		dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
		h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
G1	g1	2	0	0	0	0	0	0
G2	g2	0	2	0	0	0	0	0
G3	g3	0	0	2	0	0	0	0
G4	g4	0	0	0	2	0	0	0
G5	g5	0	0	0	0	2	0	0
G6	g6	0	0	0	0	0	2	0
G7	g7	0	0	0	0	0	0	2

Taula 5.3.

**RT ⇒ Matriu de rendiment per tasca.**

Considerem que tots els adjunts presenten rendiment màxim per a qualsevol de les tasques definides:

RT	GE	SP	CL
	t1	t2	t3
p1	1	1	1
p2	1	1	1
p3	1	1	1
p4	1	1	1
p5	1	1	1
p6	1	1	1

Taula 5.4.

**RG ⇒ Matriu de rendiment per guàrdia.**

Considerem que tots els adjunts són polivalents per a qualsevol de les tasques definides:

RG	G-dll	G-dm	G-dx
	g1	g2	g3
p1	1	1	1
p2	1	1	1
p3	1	1	1
p4	1	1	1
p5	1	1	1
p6	1	1	1

Taula 5.5.



**VG ⇒ Vector de realització de guàrdies.**

En aquest escenari considerem que no hi ha cap dia festiu:

VG	p1	p2	p3	p4	p5	p6
	1	1	1	1	1	1

*Taula 5.6.*

**PPT ⇒ Matriu de preferència del personal per tasca.**

Considerem que tots els adjunts tenen preferència màxima per realitzar qualsevol de les tasques definides:

PPT	GE	SP	CL
	t1	t2	t3
p1	1	1	1
p2	1	1	1
p3	1	1	1
p4	1	1	1
p5	1	1	1
p6	1	1	1

*Taula 5.7.*

**PPG ⇒ Matriu de preferència del personal per guàrdia.**

Considerem que tots els adjunts tenen preferència màxima per realitzar les guàrdies:

PPG	G-dll	G-dm	G-dx
	g1	g2	g3
p1	1	1	1
p2	1	1	1
p3	1	1	1
p4	1	1	1
p5	1	1	1
p6	1	1	1

*Taula 5.8.*





**MPM** ⇒ **Matriu de presència matí.**

Considerem que tots els adjunts tenen disponibilitat per treballar pels matins en tots els intervals:

MPM	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	1	1	1	1	1	0	0
p2	1	1	1	1	1	0	0
p3	1	1	1	1	1	0	0
p4	1	1	1	1	1	0	0
p5	1	1	1	1	1	0	0
p6	1	1	1	1	1	0	0

Taula 5.9.

**MPT** ⇒ **Matriu de presència tarda.**

Considerem que tots els adjunts tenen disponibilitat per treballar per les tardes en tots els intervals:

MPT	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	1	1	1	1	1	0	0
p2	1	1	1	1	1	0	0
p3	1	1	1	1	1	0	0
p4	1	1	1	1	1	0	0
p5	1	1	1	1	1	0	0
p6	1	1	1	1	1	0	0

Taula 5.10.

**MPG** ⇒ **Matriu de presència guàrdies.**

Considerem que tots els adjunts tenen disponibilitat per treballar les guàrdies en tots els intervals:

MPG	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	1	1	1	1	1	1	1
p2	1	1	1	1	1	1	1
p3	1	1	1	1	1	1	1
p4	1	1	1	1	1	1	1
p5	1	1	1	1	1	1	1
p6	1	1	1	1	1	1	1

Taula 5.11.



**MPOLT ⇒ Matriu de polivalències per tasca.**

Considerem que tots els adjunts són polivalents per a qualsevol de les tasques definides:

MPOLT	GE	SP	CL
	t1	t2	t3
p1	1	1	1
p2	1	1	1
p3	1	1	1
p4	1	1	1
p5	1	1	1
p6	1	1	1

Taula 5.13.

**MPOLG ⇒ Matriu de polivalències per guàrdia.**

Considerem que tots els adjunts són polivalents per a la realització de guàrdies:

MPOLG	G-dll	G-dm	G-dx
	g1	g2	g3
p1	1	1	1
p2	1	1	1
p3	1	1	1
p4	1	1	1
p5	1	1	1
p6	1	1	1

Taula 5.14.

**AM ⇒ Vector de nombre màxim de repeticions matí.**

El vector AM és el resultat de dividir el total d'adjunts polivalents per tasca entre el total de demanda de cada tasca. Aquest valor ens dóna el nombre de vegades que cada adjunt hauria de realitzar aquesta tasca dins l'horitzó per tal que les assignacions quedin perfectament equilibrades. Donat el seu valor inferior a la unitat, es converteix en una dada irrellevant pel problema. Aquesta dada pren un valor significatiu per escenaris en què el nombre d'adjunts polivalents per tasca sigui molt petit i la demanda d'aquesta sigui molt elevada.

AM	t1	t2	t3
	0,5	0,667	0,333

Taula 5.15.



**AT ⇒ Vector de nombre màxim de repeticions tarda.**

S'aplica el mateix concepte que per AM.

AT	t1	t2	t3
	0,167	0,333	0,167

*Taula 5.16.*

**AG ⇒ Vector de nombre màxim de repeticions per guàrdia.**

S'aplica el mateix concepte que per AM.

AG	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7
	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333

*Taula 5.17.*

**VDF ⇒ Vector dies festius.**

El següent vector indica els dies laborables o festius de l'horitzó.

	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
VDF	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
	0	0	0	0	0	0	0

*Taula 5.18.*

**MS ⇒ Matriu setmanal.**

La següent matriu és un patró numèric per identificar el dia de la setmana. Els valors d'aquesta matriu es repetirien en cas que l'horitzó s'extengués més setmanes.

MS		dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
		h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
G1	g1	1	3	3	3	3	3	3
G2	g2	3	1	3	3	3	3	3
G3	g3	3	3	1	3	3	3	3
G4	g4	3	3	3	1	3	3	3
G5	g5	3	3	3	3	1	3	3
G6	g6	3	3	3	3	3	1	3
G7	g7	3	3	3	3	3	3	1

*Taula 5.19.*



**KM, KT, KG ⇒ Pesos repetibilitat.**

Aquests pesos representen el percentatge mínim respecte AM, AT i AG respectivament, per a l'equilibrat en l'assignació de tasques. Donat que les restriccions d'equilibrat estan deshabilitades, considerem els següents valors ideals:

$$KM = 1; KT = 1; KG = 1$$

 **$c_1, c_2, \dots, c_n$  ⇒ Pesos funció objectiu.**

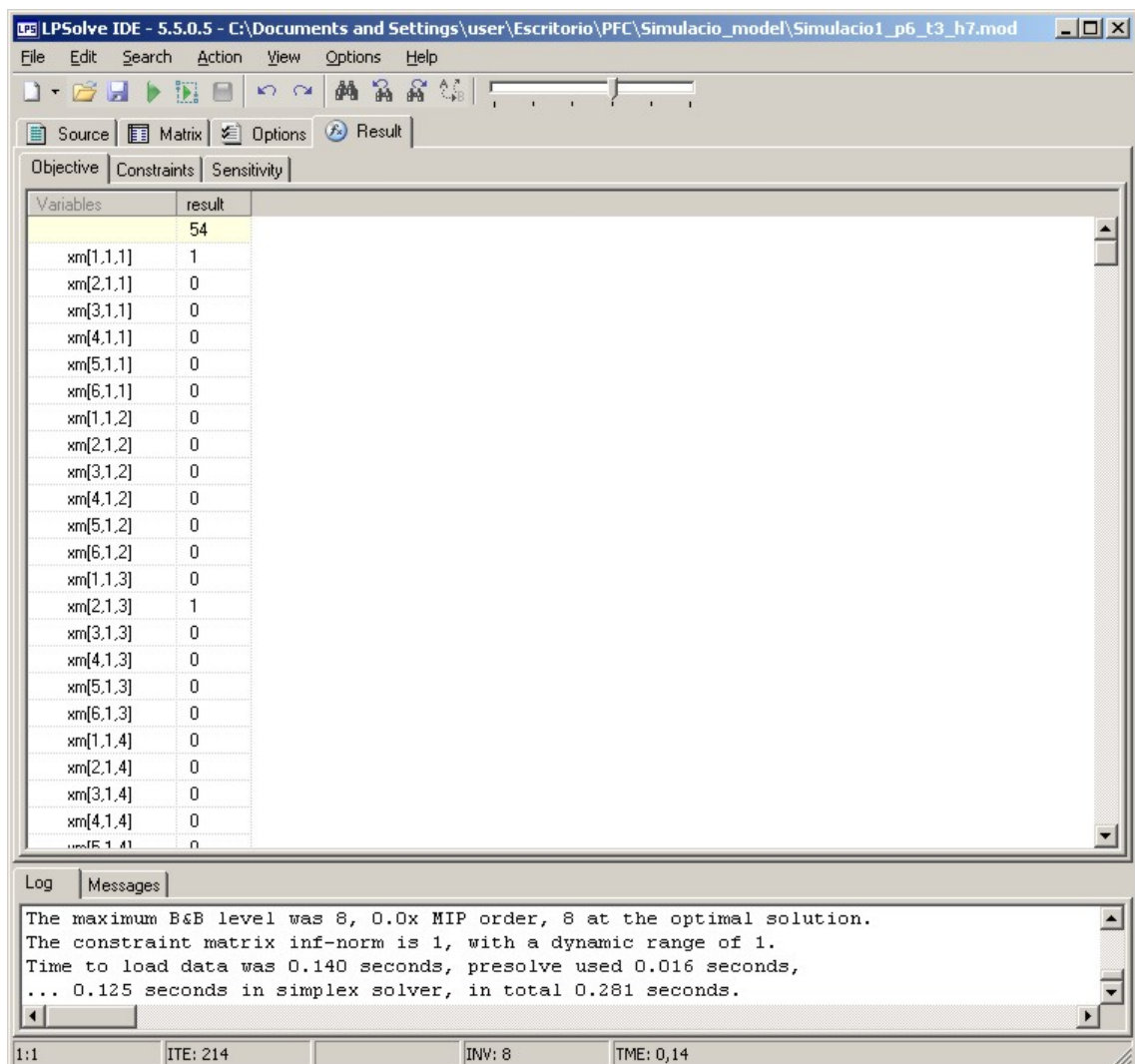
Aquests factors apareixen multiplicant a cada sumand de la funció objectiu. Per tal de no distorsionar cap criteri d'avaluació, ja sigui des del punt de vista del treballador o bé de la direcció del servei, optem per considerar tots els pesos iguals a la unitat:

$$c_1 = 1; c_2 = 1; c_3 = 1; c_4 = 1; c_5 = 1; c_6 = 1$$



### 5.3.2. Resultats de l'escenari p6 t3 h7

Un cop introduït el codi al modelitzador LP Solve, el programa ens retorna una solució al model. El primer resultat que ens presenta és el valor de la funció objectiu. El format en el qual el programa presenta el resultat de les variables és a través de dues columnes; la primera indica el nom de la variable  $xm[p,t,h]$ ,  $xt[p,t,h]$ ,  $xg[p,t,h]$  i a la segona columna hi presenta el corresponent valor.



Variables	result
	54
xm[1,1,1]	1
xm[2,1,1]	0
xm[3,1,1]	0
xm[4,1,1]	0
xm[5,1,1]	0
xm[6,1,1]	0
xm[1,1,2]	0
xm[2,1,2]	0
xm[3,1,2]	0
xm[4,1,2]	0
xm[5,1,2]	0
xm[6,1,2]	0
xm[1,1,3]	0
xm[2,1,3]	1
xm[3,1,3]	0
xm[4,1,3]	0
xm[5,1,3]	0
xm[6,1,3]	0
xm[1,1,4]	0
xm[2,1,4]	0
xm[3,1,4]	0
xm[4,1,4]	0
xm[5,1,4]	0

The maximum B&B level was 8, 0.0x MIP order, 8 at the optimal solution.  
The constraint matrix inf-norm is 1, with a dynamic range of 1.  
Time to load data was 0.140 seconds, presolve used 0.016 seconds,  
... 0.125 seconds in simplex solver, in total 0.281 seconds.

1:1    ITE: 214    INV: 8    TME: 0,14

Figura 5.2.

Tanmateix, el programa té l'opció d'exportar el resultat a fitxers tipus Excel. Gràcies a aquesta funcionalitat, tenim la possibilitat de transformar les dades obtingudes i presentar els valors de l'assignació mitjançant gràfics personalitzats o bé amb taules.



Per aquest escenari concret, s'ha obtingut un total de 546 variables, 1.934 restriccions i el programa ha necessitat 214 iteracions per trobar la solució òptima. El temps necessari per generar-la ha estat de 0,281 segons. El valor de la funció objectiu és de 54.

A continuació adjuntem el resultat de l'assignació, mitjançant taules d'assignació de tasques per a cada adjunt i interval de l'horitzó. A més a més, presentem una gràfica en dues dimensions (adjunt, tasca) per cada interval de l'horitzó. Cada gràfica indica quina tasca fa cada adjunt a través de cercles de colors (*blau = matí; vermell = tarda*). Per aquells adjunts que no tenen cap tasca assignada, simplement hi ha absència de cercle. Destacar també que a les gràfiques d'activitat ordinària pel dissabte i diumenge presenta assignació nul·la.

Finalment, a l'última gràfica veurem l'assignació de guàrdies, informació compactada en una sola imatge.

XM	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	GE	CL	SP	CL	SP	-	-
p2	SP	-	GE	-	GE	-	-
p3	-	SP	-	-	-	-	-
p4	-	-	-	-	-	-	-
p5	-	-	-	-	-	-	-
p6	-	-	-	-	-	-	-

Taula 5.20.

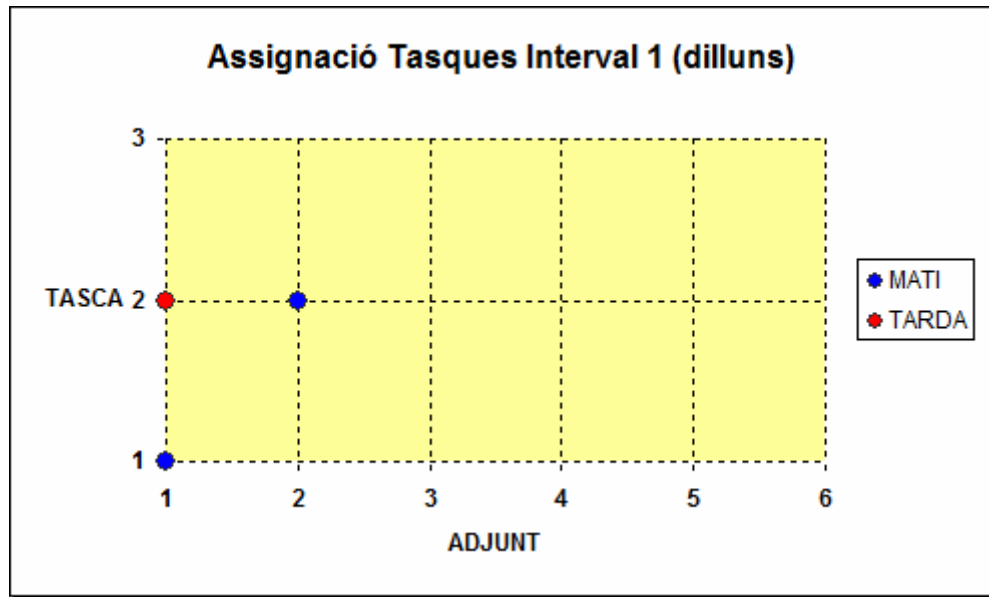
XT	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	SP	GE	-	SP	-	-	-
p2	-	-	-	-	-	-	-
p3	-	-	CL	-	-	-	-
p4	-	-	-	-	-	-	-
p5	-	-	-	-	-	-	-
p6	-	-	-	-	-	-	-

Taula 5.21.

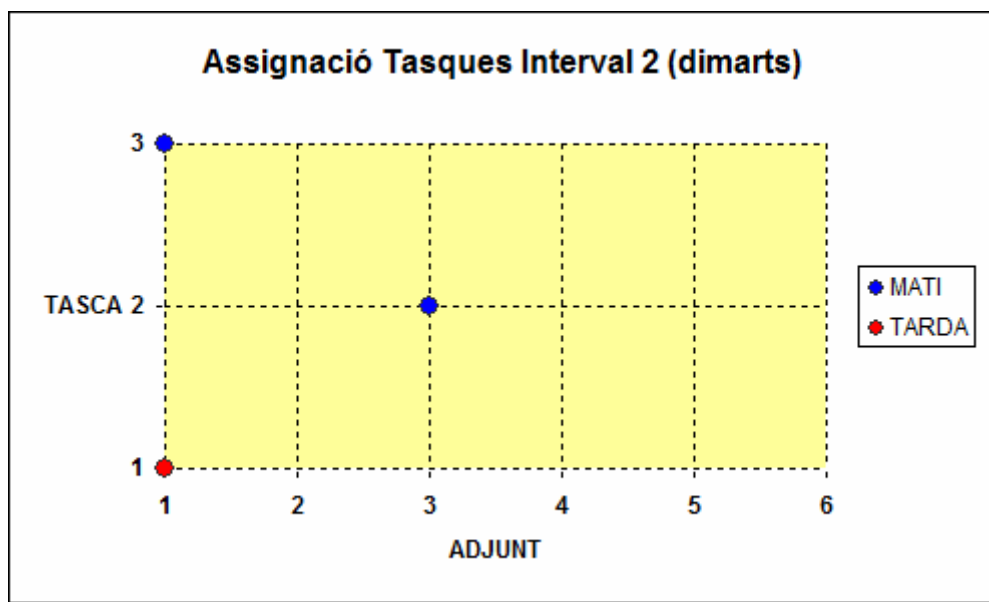
XG	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	-	-	-	-	G5	-	G7
p2	G1	-	G3	-	G5	-	G7
p3	-	-	-	G4	-	G6	-
p4	-	G2	-	G4	-	G6	-
p5	G1	-	G3	-	-	-	-
p6	-	G2	-	-	-	-	-

Taula 5.22.



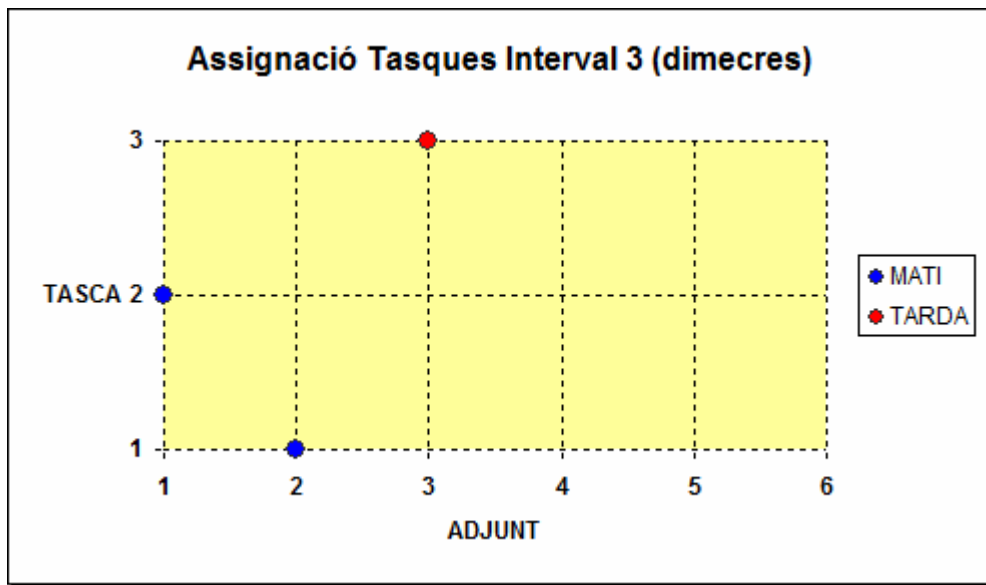


Gràfica 5.1.

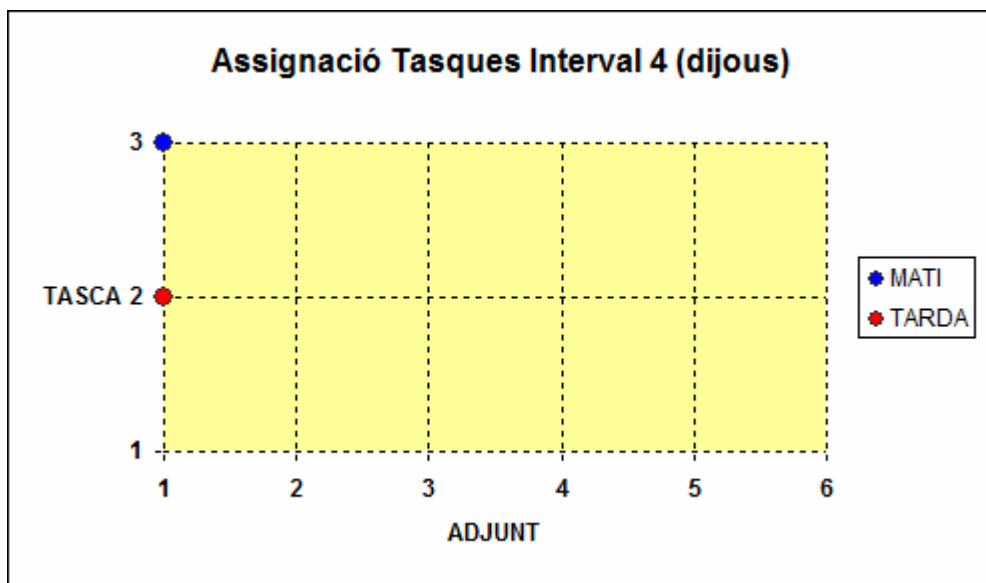


Gràfica 5.2.





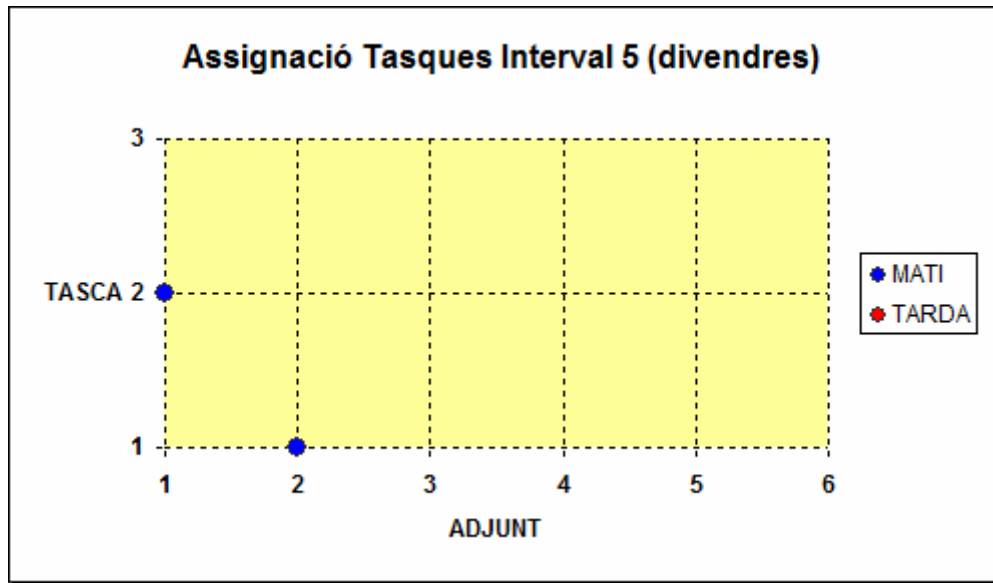
Gràfica 5.3.



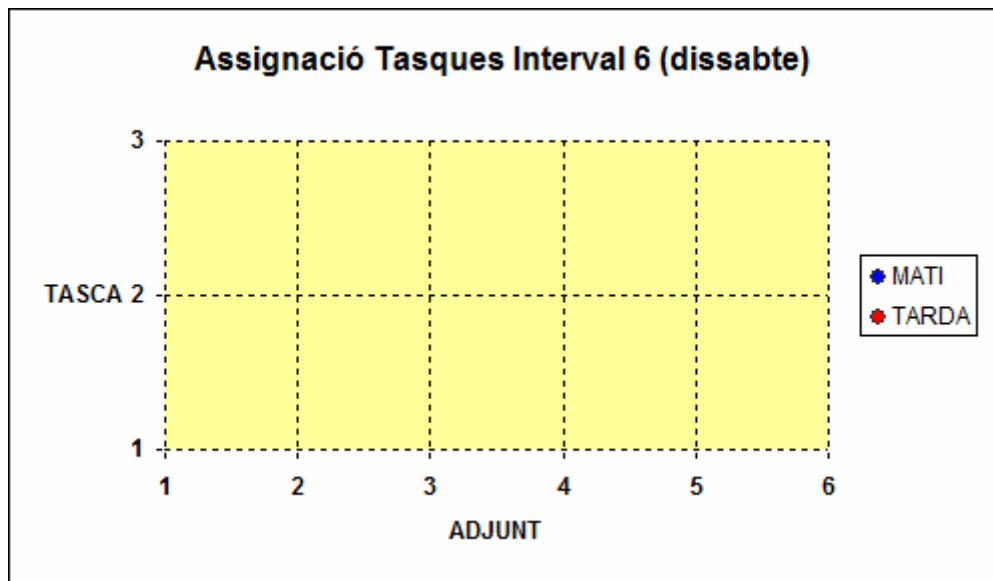
Gràfica 5.4.





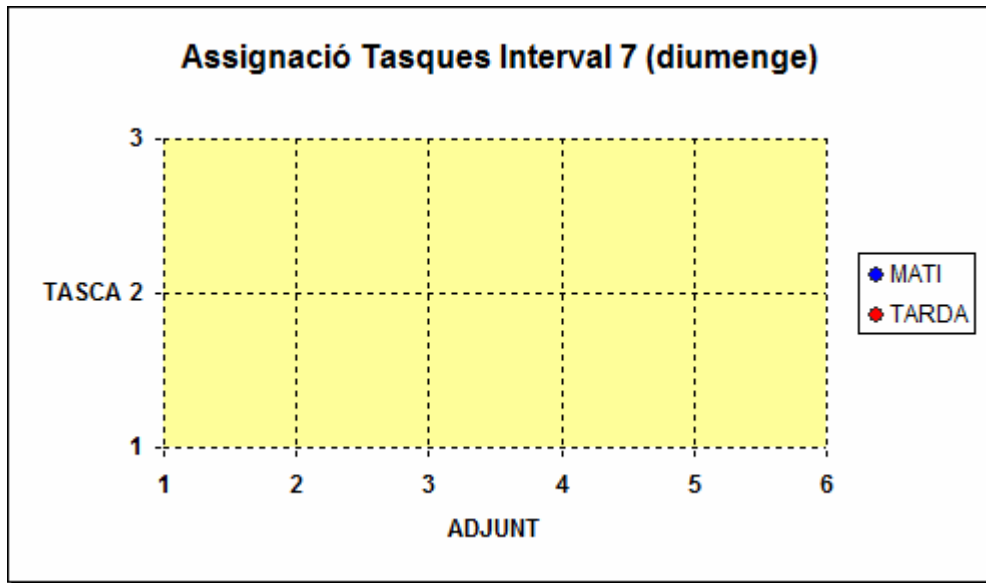


Gràfica 5.5.

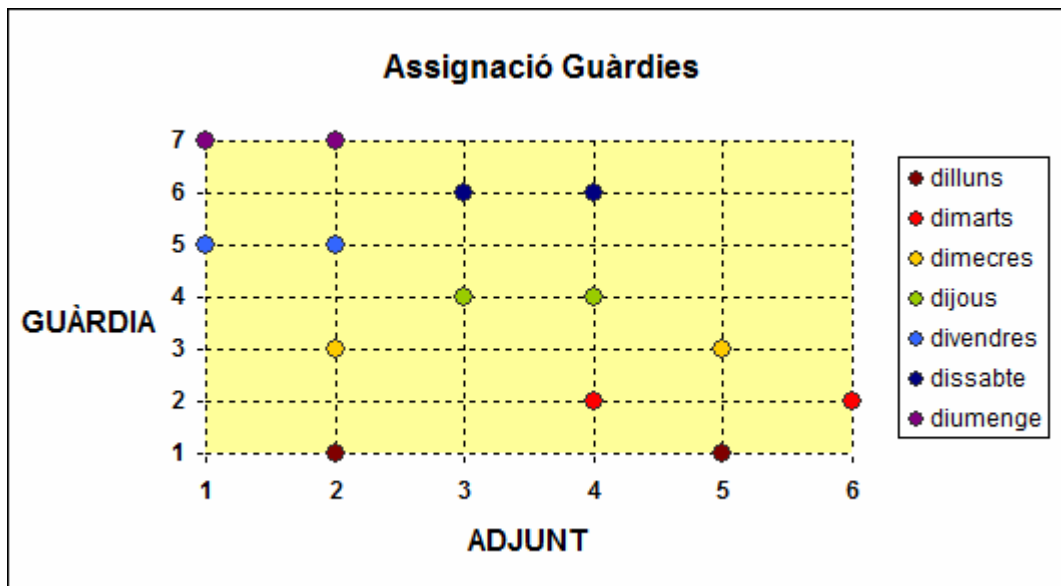


Gràfica 5.6.





Gràfica 5.7.



Gràfica 5.8.



### **5.3.3. Segon escenari p24 t25 h7**

Com hem explicat en la introducció d'aquest capítol, dividirem aquest escenari en tres simulacions:

#### **5.3.3.1. Primera simulació p24 t25 h7 ideal**

De la mateixa manera que en l'apartat anterior, en aquest supòsit considerem ideals els rendiments, preferències dels adjunts i polivalències. També considerem que tots els adjunts definits en l'escenari tenen disponibilitat per realitzar guàrdies.

#### **5.3.3.2. Resultats de la primera simulació p24 t25 h7 ideal**

Per aquest escenari concret, s'ha obtingut un total de 9.576 variables, 36.136 restriccions i el programa ha necessitat 2.282 iteracions per trobar la solució òptima. El temps necessari per generar-la ha estat de 75,047 segons. El valor de la funció objectiu és de 212.

A continuació adjuntem el resultat de l'assignació, mitjançant taules d'assignació de tasques per a cada adjunt i interval de l'horitzó. A més a més, presentem una gràfica en dues dimensions (adjunt, tasca) per cada interval de l'horitzó. Cada gràfica indica quina tasca fa cada adjunt a través de cercles de colors (*blau = matí; vermell = tarda*). Per aquells adjunts que no tenen cap tasca assignada, simplement hi ha absència de cercle. Destacar també que a les gràfiques d'activitat ordinària pel dissabte i diumenge presenta assignació nul.la.



Finalment, a l'última gràfica veurem l'assignació de guàrdies, informació compactada en una sola imatge.

XM	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	DC	QCO	-	CL	CE	-	-
p2	DA	QCIR	DA	DC	QCIR	-	-
p3	CE	QUR	QOF	DA	QCIR	-	-
p4	QOF	QCIR	-	-	-	-	-
p5	QUR	DA	-	CE	QUR	-	-
p6	PRC	CE	QCIR	URO	QGI	-	-
p7	QCIR	-	-	QCIR	-	-	-
p8	-	-	QCO	QORL	QCO	-	-
p9	QCO	QGI	QVA	-	PRC	-	-
p10	URO	PRC	CE	QVA	DA	-	-
p11	-	-	QUR	PRC	-	-	-
p12	-	GE	PRC	QCO	-	-	-
p13	-	SP	QCO	-	QCO	-	-
p14	CREP	GE	SP	-	CL	-	-
p15	SP	-	-	-	-	-	-
p16	-	-	-	SP	-	-	-
p17	-	-	-	QUR	SP	-	-
p18	-	-	-	-	-	-	-
p19	-	-	-	-	-	-	-
p20	-	-	-	-	-	-	-
p21	-	-	-	-	-	-	-
p22	-	-	-	-	-	-	-
p23	-	-	-	-	-	-	-
p24	-	-	-	-	-	-	-

Taula 5.23.

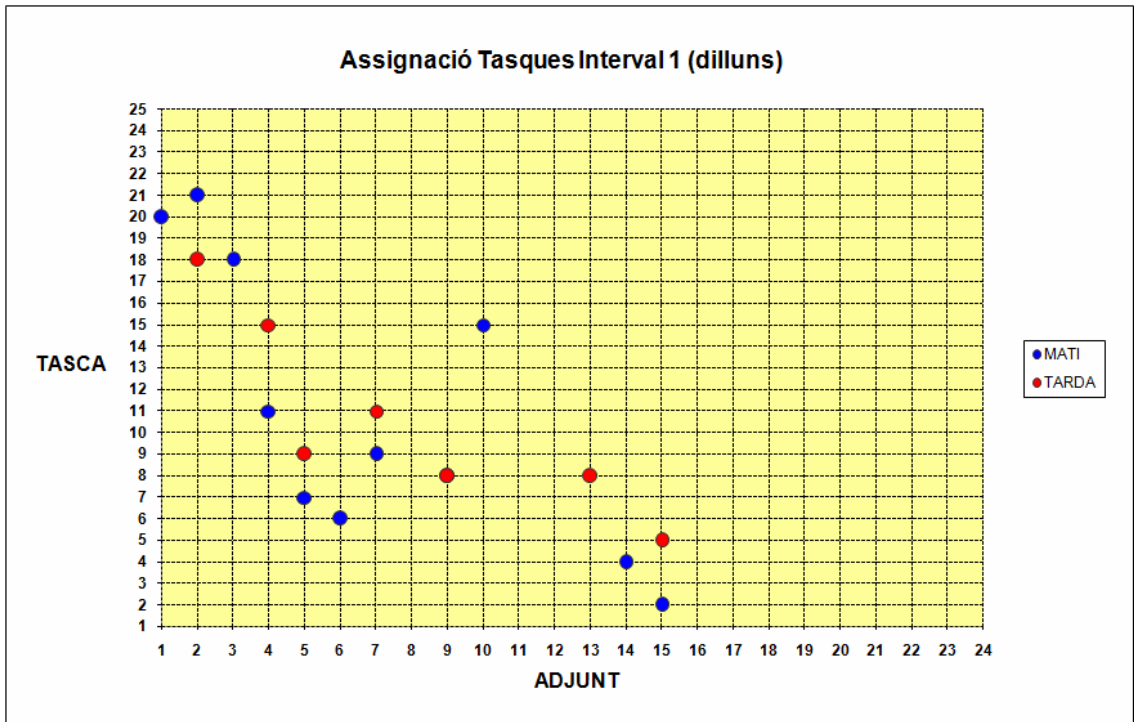
XT	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	-	-	-	CE	-	-	-
p2	CE	CE	-	-	CE	-	-
p3	-	-	DC	QGI	QCIR	-	-
p4	URO	URO	-	QORL	-	-	-
p5	QCIR	QCIR	CE	-	QCIR	-	-
P6	-	-	-	QOF	QCO	-	-
P7	QOF	QOF	QCO	-	-	-	-
P8	-	-	QPE	CL	QCO	-	-
P9	QCO	QCO	-	-	-	-	-
P10	-	-	-	PRU	QCO	-	-
P11	-	-	QOF	-	-	-	-
P12	-	-	QCO	-	PRU	-	-
P13	QCO	QCO	-	QCO	-	-	-
P14	-	-	-	-	-	-	-
P15	PRU	PRU	PRU	-	-	-	-
P16	-	-	-	GE	-	-	-
P17	-	-	-	-	-	-	-
P18	-	-	-	-	-	-	-
P19	-	-	-	-	-	-	-
P20	-	-	-	-	-	-	-
P21	-	-	-	-	-	-	-
P22	-	-	-	-	-	-	-
P23	-	-	-	-	-	-	-
P24	-	-	-	-	-	-	-

Taula 5.24.

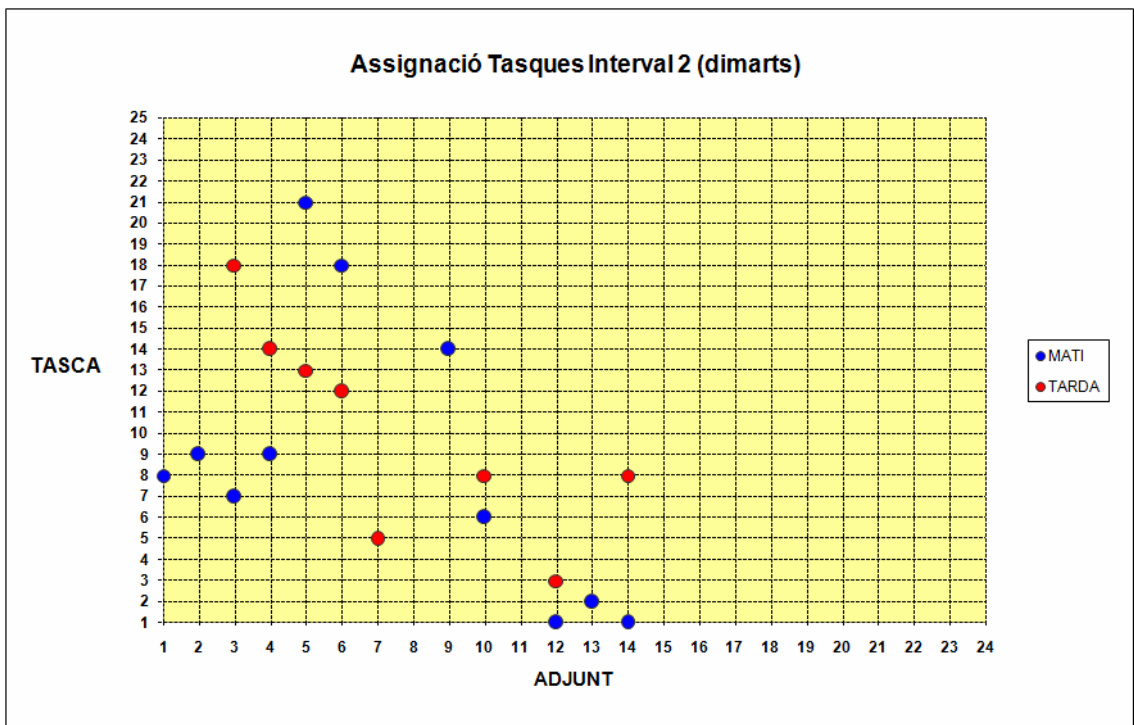
XG	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	-	G2	-	-	G5	-	G7
p2	-	-	-	-	-	-	-
p3	-	-	-	-	-	-	-
p4	-	-	-	-	-	-	-
p5	-	-	-	-	-	-	-
P6	-	-	-	-	-	-	G7
P7	-	-	-	G4	-	G6	-
P8	G1	-	-	-	-	G6	-
P9	-	-	G3	-	G5	-	-
P10	-	-	-	-	-	-	-
P11	G1	-	-	G4	-	-	-
P12	-	-	-	-	-	-	-
P13	-	-	-	-	-	-	-
P14	-	-	G3	-	-	-	-
P15	-	-	-	-	-	-	-
P16	-	-	-	-	-	-	-
P17	-	G2	-	-	-	-	-
P18	-	-	-	-	-	-	-
P19	-	-	-	-	-	-	-
P20	-	-	-	-	-	-	-
P21	-	-	-	-	-	-	-
P22	-	-	-	-	-	-	-
P23	-	-	-	-	-	-	-
P24	-	-	-	-	-	-	-

Taula 5.25.



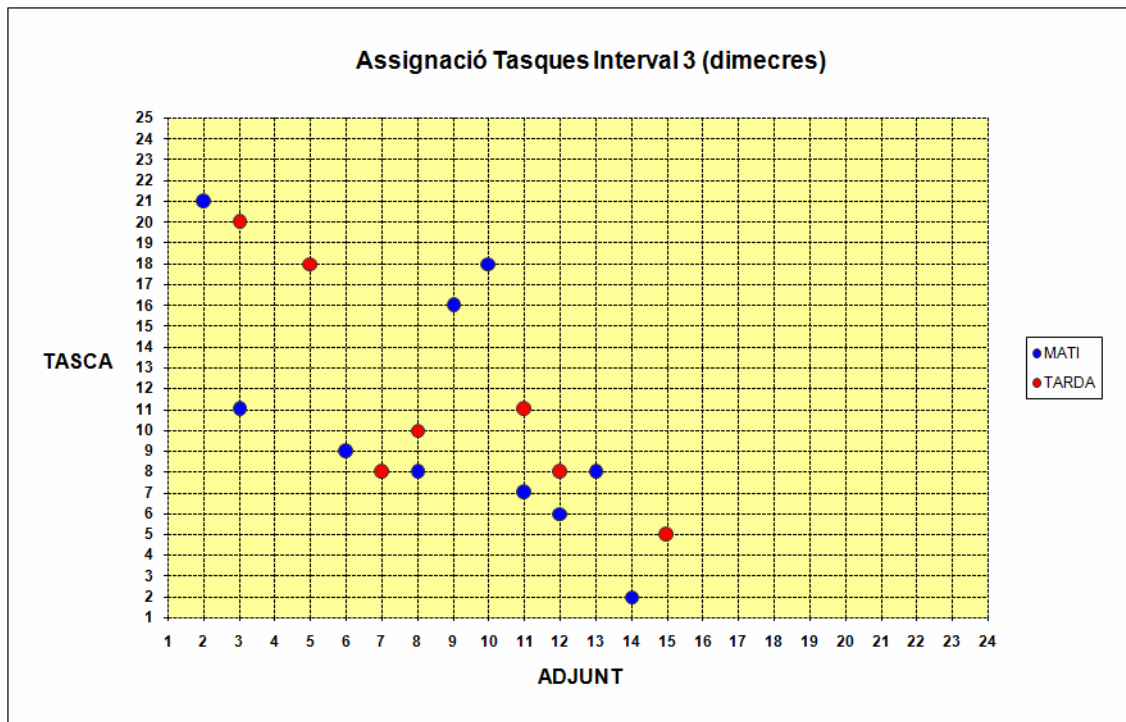


Gràfica 5.9.

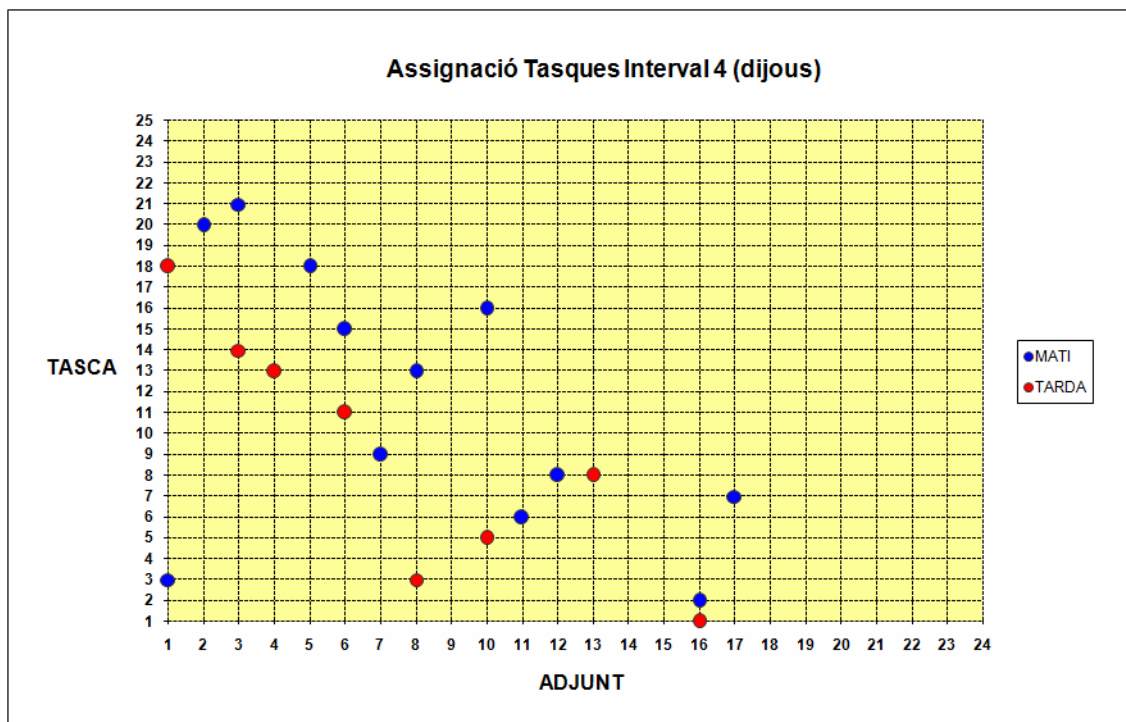


Gràfica 5.10.



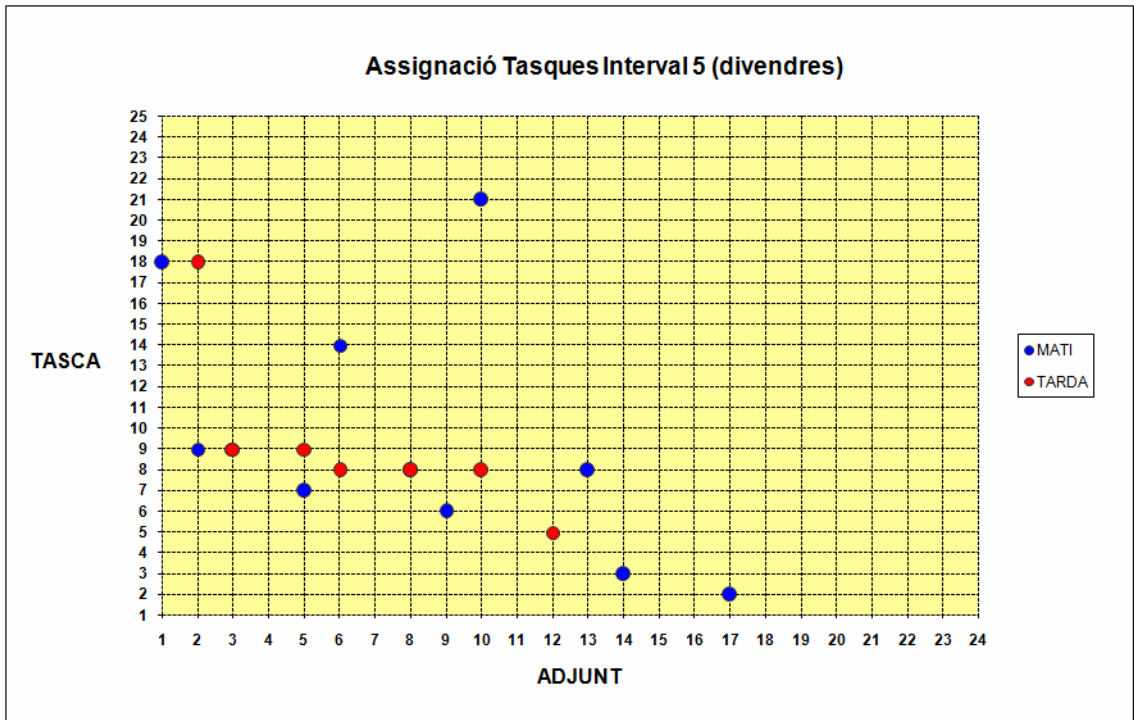


Gràfica 5.11.

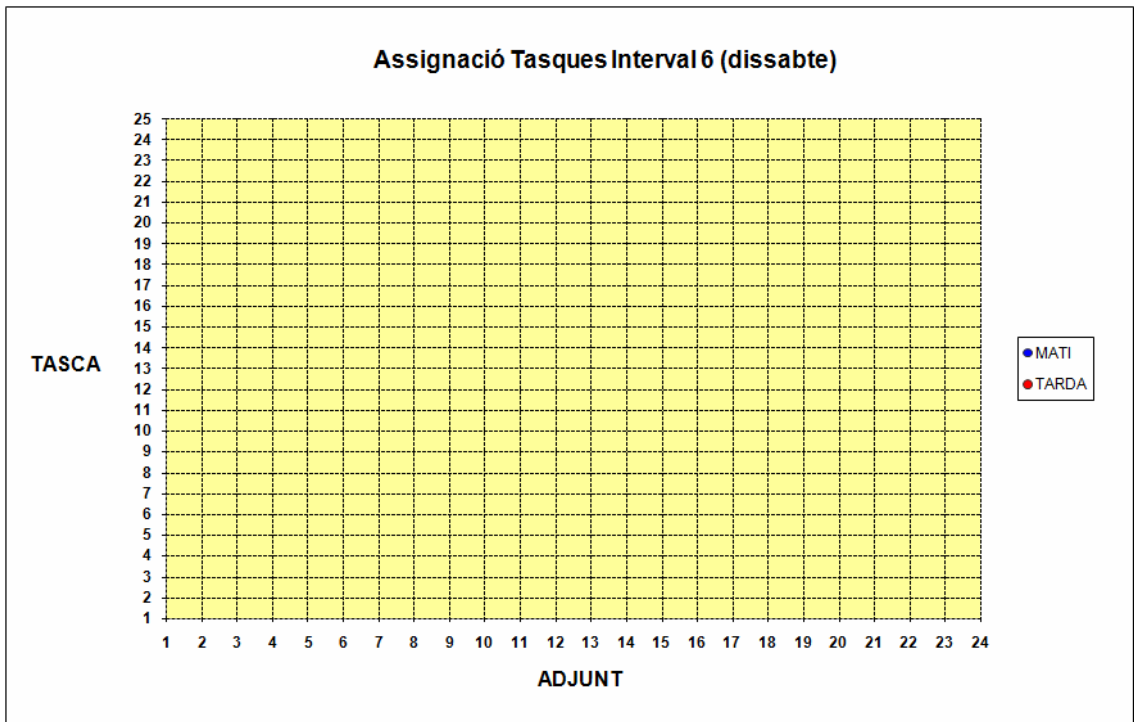


Gràfica 5.12.



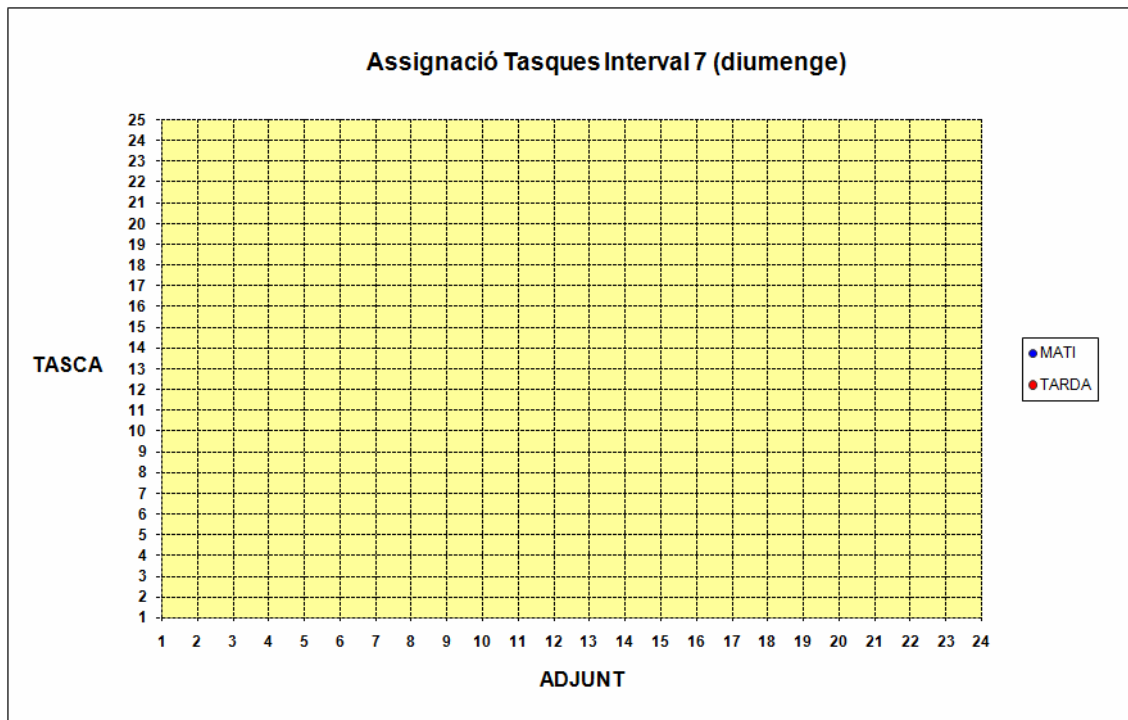


Gràfica 5.13.

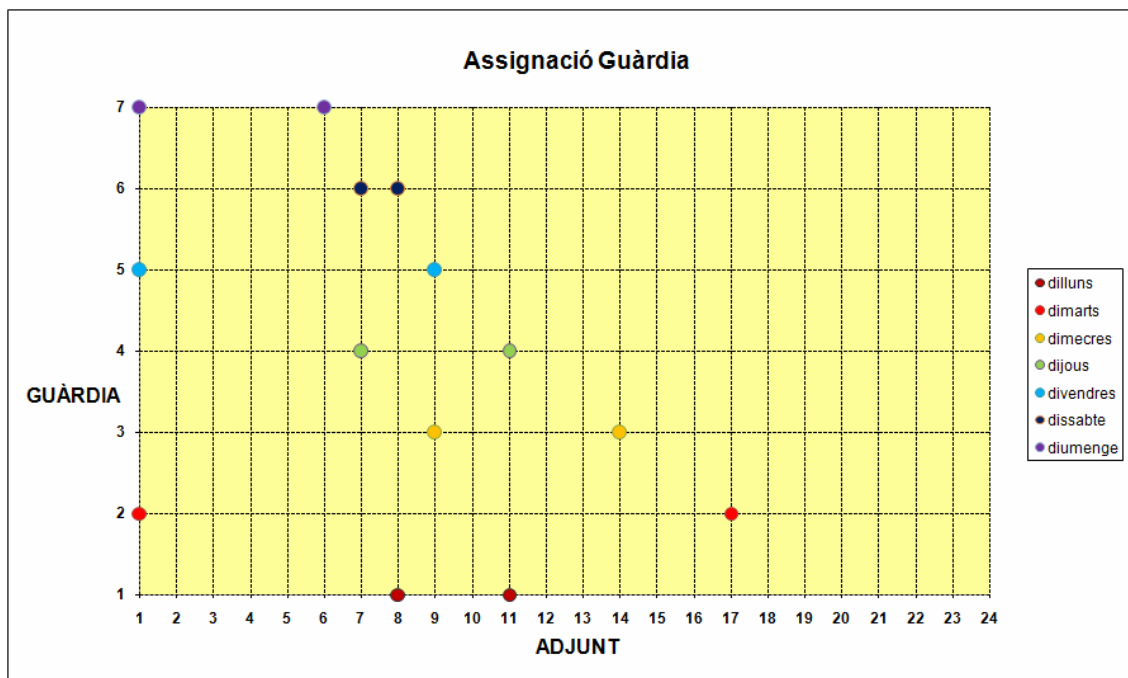


Gràfica 5.14.





Gràfica 5.15.



Gràfica 5.16.





### 5.3.3.3. Segona simulació p24 t25 h7

En aquest supòsit considerem ideals únicament les polivalències dels adjunts. En aquest punt ja introduïm les dades reals pel que fa a rendiments i preferències dels adjunts.

### 5.3.3.4. Resultats de la segona simulació p24 t25 h7

Per aquest escenari, s'ha obtingut un total de 9.576 variables, 36.136 restriccions i el programa ha necessitat 4.070 iteracions per trobar la solució òptima. El temps necessari per generar-la ha estat de 103,437 segons. El valor de la funció objectiu és de 133,5.

A continuació adjuntem el resultat de l'assignació, mitjançant taules d'assignació de tasques per a cada adjunt i interval de l'horitzó. A més a més, presentem una gràfica en dues dimensions (adjunt, tasca) per cada interval de l'horitzó. Cada gràfica indica quina tasca fa cada adjunt a través de cercles de colors (*blau = matí; vermell = tarda*). Per aquells adjunts que no tenen cap tasca assignada, simplement hi ha absència de cercle. Destacar també que a les gràfiques d'activitat ordinària pel dissabte i diumenge presenta assignació nul·la.



Finalment, a l'última gràfica veurem l'assignació de guàrdies, informació compactada en una sola imatge.

XM	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	-	GE	-	-	-	-	-
p2	QCIR	-	QCIR	DC	QCIR	-	-
p3	QUR	CE	QUR	-	CE	-	-
p4	DA	PRC	-	-	-	-	-
p5	SP	-	-	SP	-	-	-
p6	CE	-	-	QCO	CL	-	-
p7	PRC	-	-	CE	-	-	-
p8	-	-	CE	-	QCO	-	-
p9	-	-	-	QORL	-	-	-
p10	QCO	QCIR	SP	QCIR	QUR	-	-
p11	-	-	-	-	-	-	-
p12	-	QUR	DA	QUR	-	-	-
p13	-	QCIR	QOF	-	QCIR	-	-
p14	-	-	-	-	-	-	-
p15	-	-	-	-	-	-	-
p16	-	GE	-	CL	PRC	-	-
p17	-	-	QCO	QVA	QGI	-	-
p18	QOF	QGI	-	URO	DA	-	-
p19	-	SP	PRC	DA	-	-	-
p20	-	QCO	QVA	PRC	-	-	-
p21	CREP	-	-	-	SP	-	-
p22	DC	DA	-	-	-	-	-
p23	URO	-	QCO	-	QCO	-	-
p24	-	-	-	-	-	-	-

Taula 5.26.

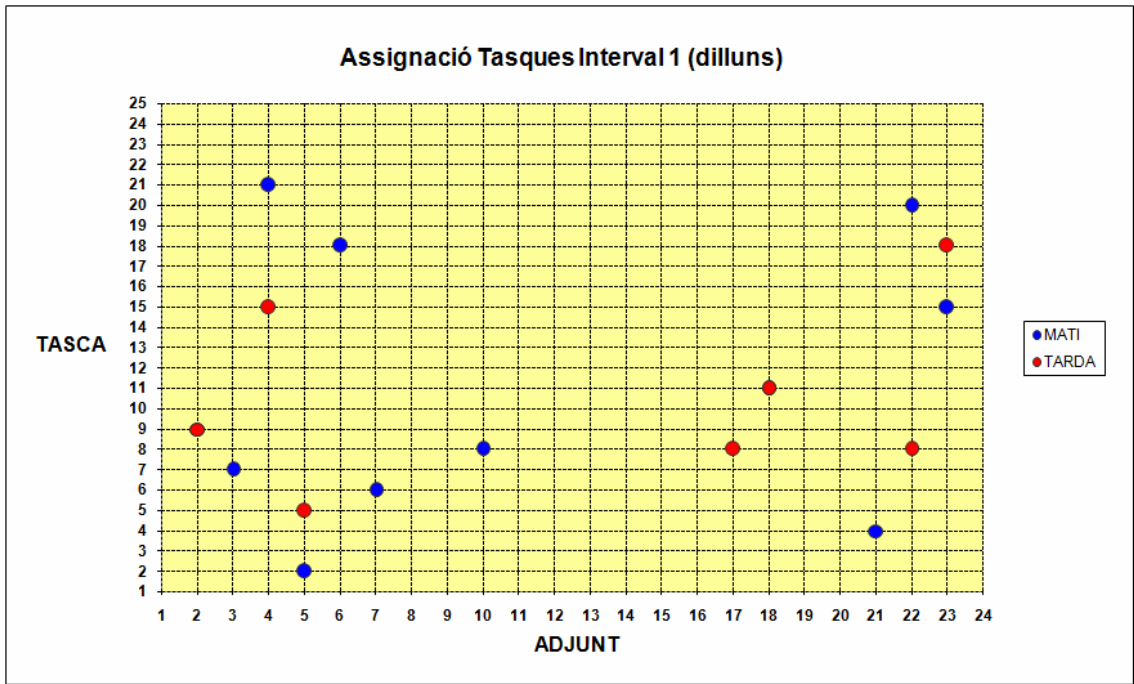
XT	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	-	-	-	GE	-	-	-
p2	QCIR	QCIR	-	-	QCIR	-	-
p3	-	-	DC	-	CE	-	-
p4	URO	URO	-	QCO	-	-	-
p5	PRU	PRU	CE	-	QCO	-	-
p6	-	-	-	-	QCO	-	-
p7	-	-	-	PRU	-	-	-
p8	-	-	QCO	-	-	-	-
p9	-	-	-	-	-	-	-
p10	-	-	-	-	QCIR	-	-
p11	-	-	QOF	-	-	-	-
p12	-	-	QPE	-	-	-	-
p13	-	-	-	CE	-	-	-
p14	-	-	-	-	-	-	-
p15	-	-	-	-	-	-	-
p16	-	-	-	CL	-	-	-
p17	QCO	QCO	PRU	QGI	-	-	-
p18	QOF	QOF	-	-	-	-	-
p19	-	-	QCO	QOF	QCO	-	-
p20	-	-	-	-	-	-	-
p21	-	-	-	QORL	-	-	-
p22	QCO	QCO	-	-	PRU	-	-
p23	CE	CE	-	-	-	-	-
p24	-	-	-	-	-	-	-

Taula 5.27.

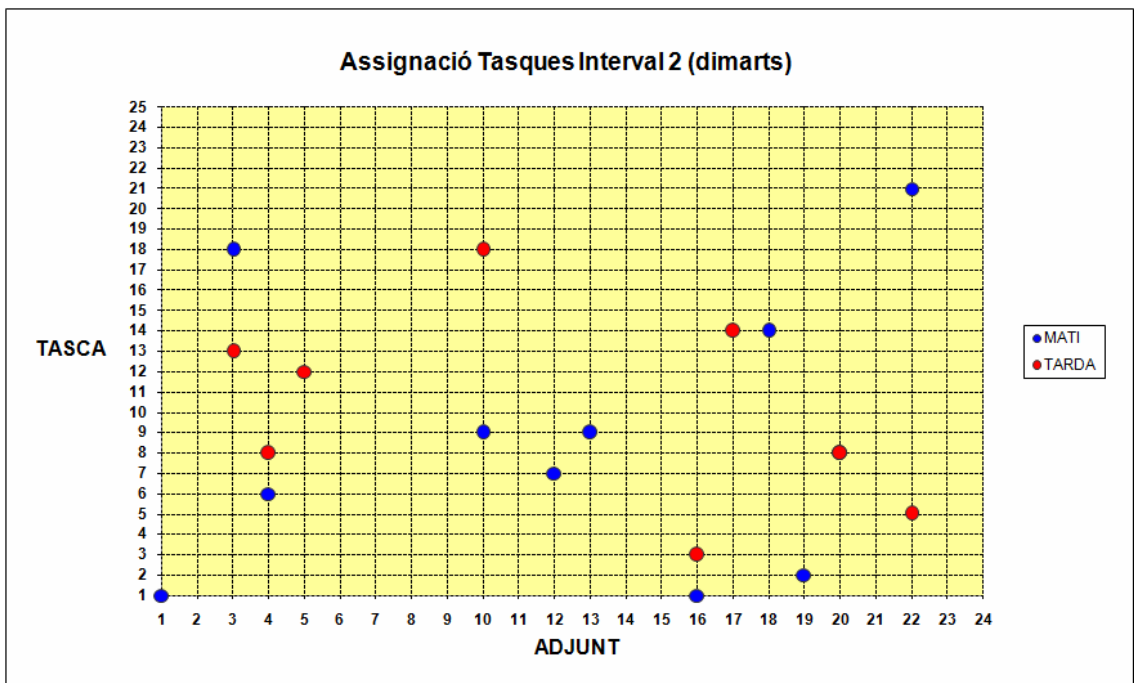
XG	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	-	-	-	-	-	G6	-
p2	-	-	-	-	-	-	-
p3	-	-	-	-	-	-	-
p4	-	-	-	-	-	-	-
p5	-	-	-	-	-	-	-
p6	G1	-	-	-	-	G6	-
p7	-	G2	-	-	-	-	-
p8	G1	-	-	-	-	-	-
p9	-	-	-	G4	-	-	-
p10	-	-	-	-	-	-	-
p11	-	-	-	-	-	-	-
p12	-	-	-	-	-	-	-
p13	-	-	-	-	-	-	-
p14	-	-	-	G4	-	-	-
p15	-	-	-	-	-	-	-
p16	-	-	-	-	-	-	-
p17	-	-	-	-	-	-	-
p18	-	-	-	-	-	-	-
p19	-	-	-	-	-	-	-
p20	-	-	-	-	-	-	-
p21	-	G2	-	-	G5	-	G7
p22	-	-	G3	-	-	-	G7
p23	-	-	G3	-	G5	-	-
p24	-	-	-	-	-	-	-

Taula 5.28.



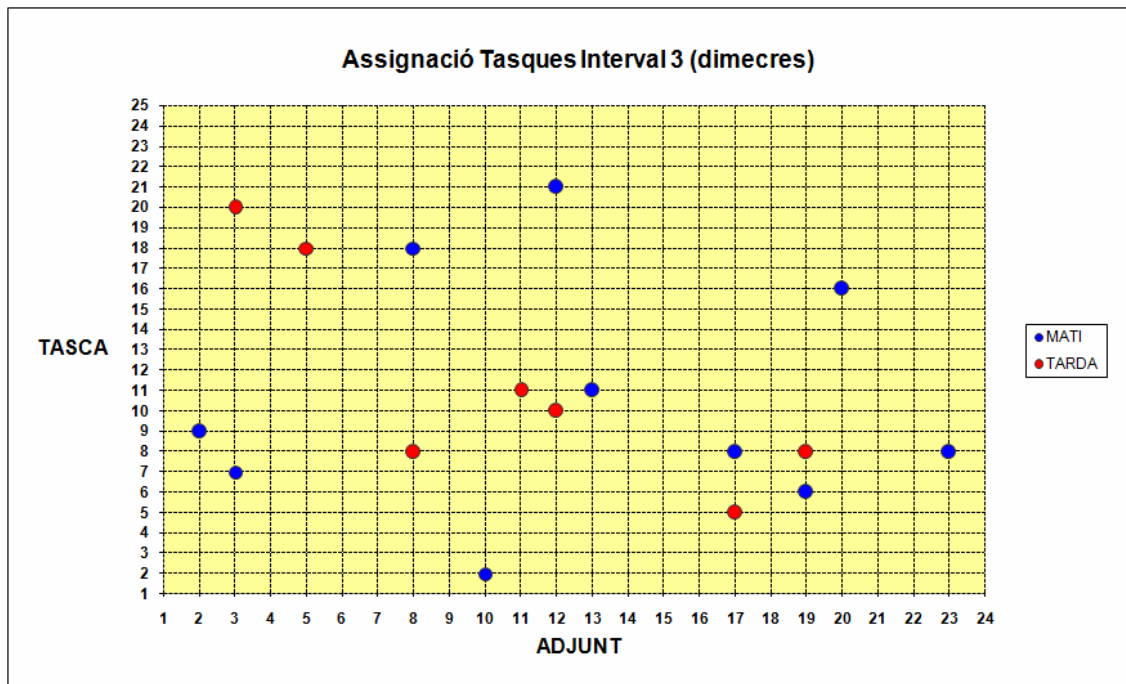


Gràfica 5.17.

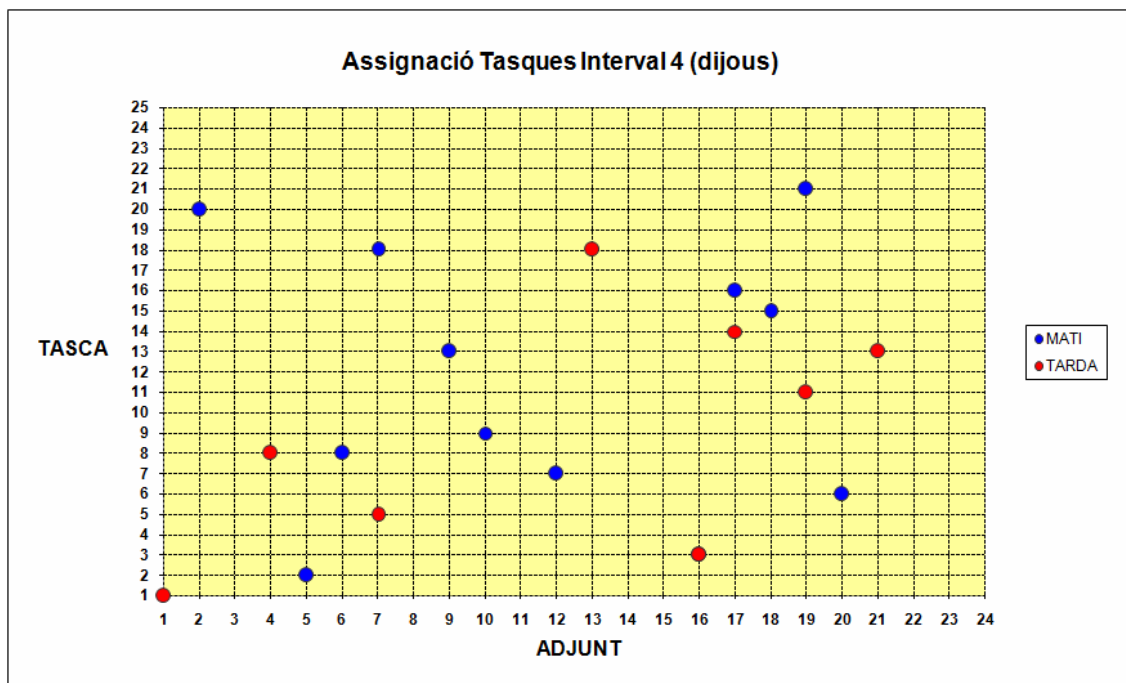


Gràfica 5.18.



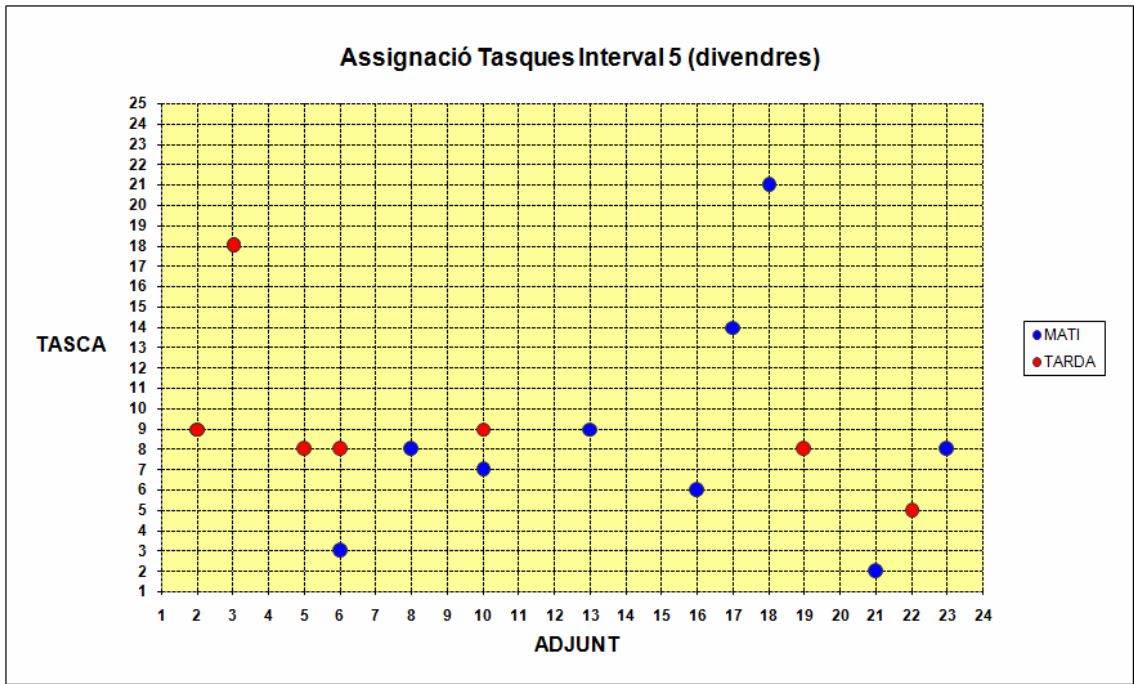


Gràfica 5.19.

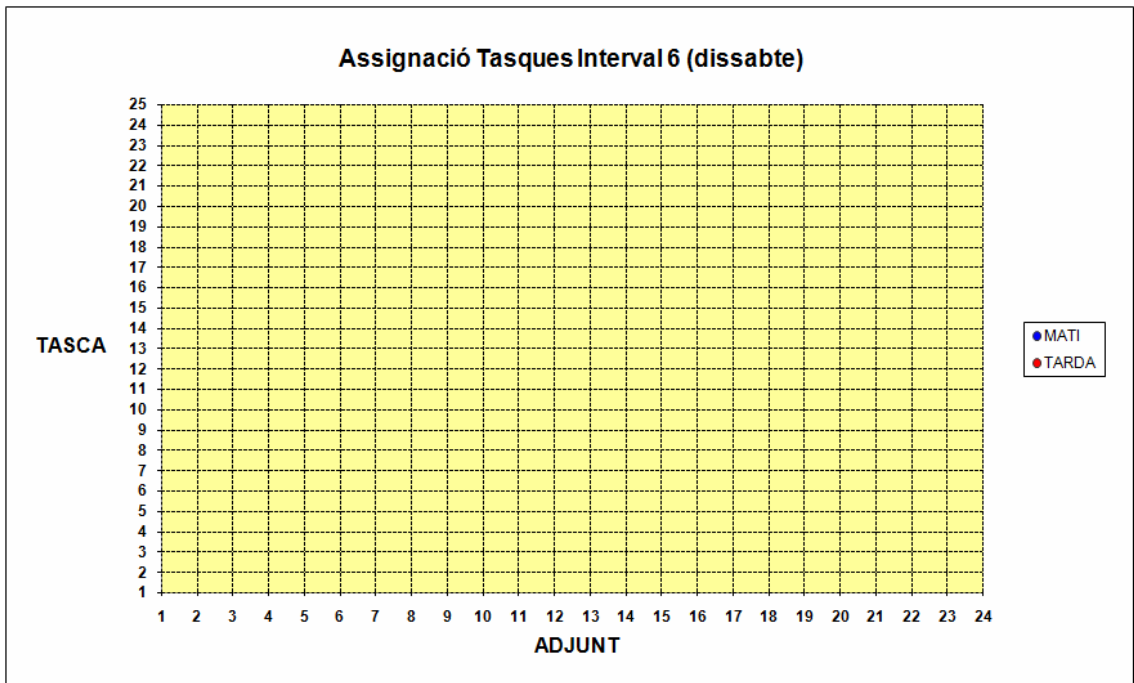


Gràfica 5.20.



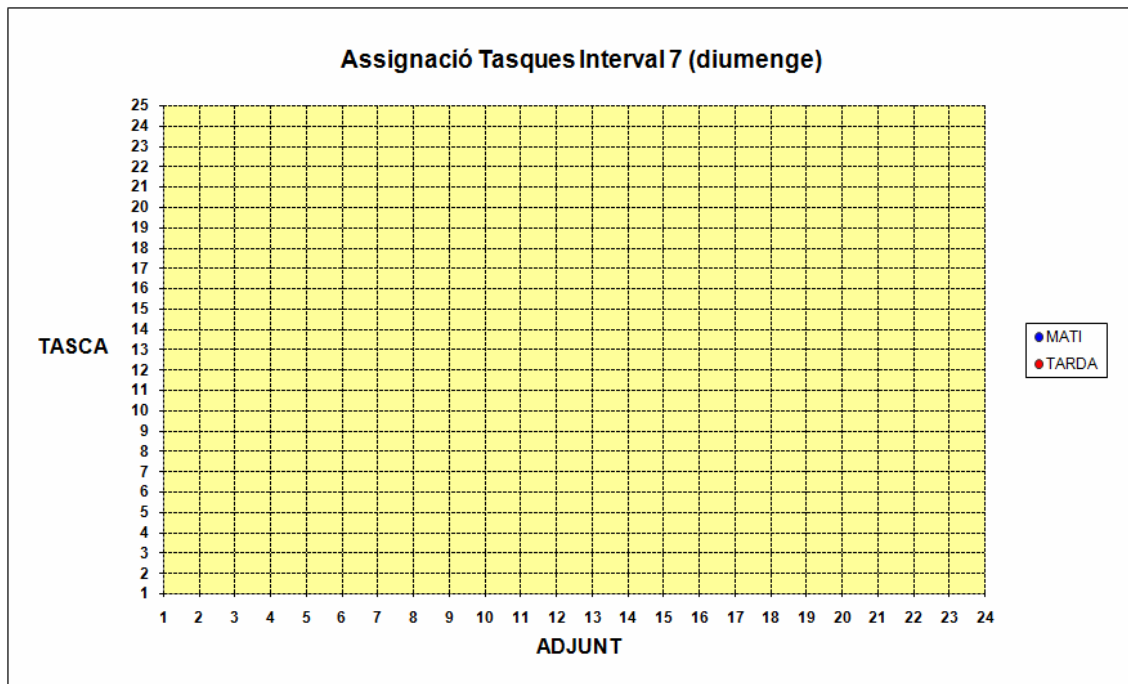


Gràfica 5.21.



Gràfica 5.22.





### 5.3.3.5. Tercera simulació p24 t25 h7

En aquest supòsit ja no considerem ideals cap de les dades del model. Introduïm per tant, les dades reals pel que fa a les polivalències dels adjunts. Cal assegurar prèviament que amb aquestes dades disposem de suficient capacitat per cobrir la demanda i evitar una solució no factible.

### 5.3.3.6. Resultats de la tercera simulació p24 t25 h7

Per aquest escenari, s'ha obtingut un total de 9.576 variables, 36.136 restriccions i el programa ha necessitat 4.456 iteracions per trobar la solució òptima. El temps necessari per generar-la ha estat de 120,344 segons. El valor de la funció objectiu és de 133,5.

A continuació adjuntem el resultat de l'assignació, mitjançant taules d'assignació de tasques per a cada adjunt i interval de l'horitzó. A més a més, presentem una gràfica en dues dimensions (adjunt, tasca) per cada interval de l'horitzó. Cada gràfica indica quina tasca fa cada adjunt a través de cercles de colors (*blau = matí; vermell = tarda*). Per aquells adjunts que no tenen cap tasca assignada, simplement hi ha absència de cercle. Destacar també que a les gràfiques d'activitat ordinària pel dissabte i diumenge presenta assignació nul·la.



Finalment, a l'última gràfica veurem l'assignació de guàrdies, informació compactada en una sola imatge.

XM	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	-	GE	-	-	-	-	-
p2	QCIR	-	QCIR	DC	QCIR	-	-
p3	PRC	-	QUR	PRC	-	-	-
p4	CE	DA	-	-	-	-	-
p5	SP	QGI	-	SP	QCO	-	-
p6	CREP	CE	PRC	QVA	CL	-	-
p7	QOF	-	-	URO	-	-	-
p8	-	-	DA	QCO	DA	-	-
p9	-	SP	QOF	QORL	-	-	-
p10	QCO	QCIR	QCO	QCIR	CE	-	-
p11	-	-	-	-	QCIR	-	-
p12	-	QUR	CE	DA	-	-	-
p13	-	-	SP	-	PRC	-	-
p14	DA	-	-	-	-	-	-
p15	-	-	-	-	-	-	-
p16	-	GE	-	-	SP	-	-
p17	-	-	QVA	-	QGI	-	-
p18	-	-	-	CL	-	-	-
p19	-	PRC	QCO	CE	-	-	-
p20	-	QCO	-	QUR	-	-	-
p21	DC	-	-	-	QUR	-	-
p22	URO	QCIR	-	-	-	-	-
p23	QUR	-	-	-	QCO	-	-
p24	-	-	-	-	-	-	-

Taula 5.29.

XT	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	-	-	-	GE	-	-	-
p2	QCIR	QCIR	-	-	QCIR	-	-
p3	-	-	DC	CE	-	-	-
p4	QOF	QOF	-	CL	-	-	-
p5	QCO	QCO	QCO	-	QCO	-	-
P6	-	-	-	-	-	-	-
P7	URO	URO	PRU	-	-	-	-
P8	-	-	QOF	-	-	-	-
P9	-	-	-	-	-	-	-
P10	-	-	-	QCO	QCIR	-	-
P11	-	-	-	-	-	-	-
P12	-	-	-	-	CE	-	-
P13	-	-	-	PRU	-	-	-
P14	-	-	-	-	-	-	-
P15	-	-	-	-	-	-	-
P16	-	-	-	-	-	-	-
P17	QCO	QCO	QPE	QGI	-	-	-
P18	-	-	-	-	-	-	-
P19	-	-	QCO	QOF	QCO	-	-
P20	-	-	-	-	-	-	-
P21	-	-	-	QORL	QCO	-	-
P22	PRU	PRU	CE	-	PRU	-	-
P23	CE	CE	-	-	-	-	-
P24	-	-	-	-	-	-	-

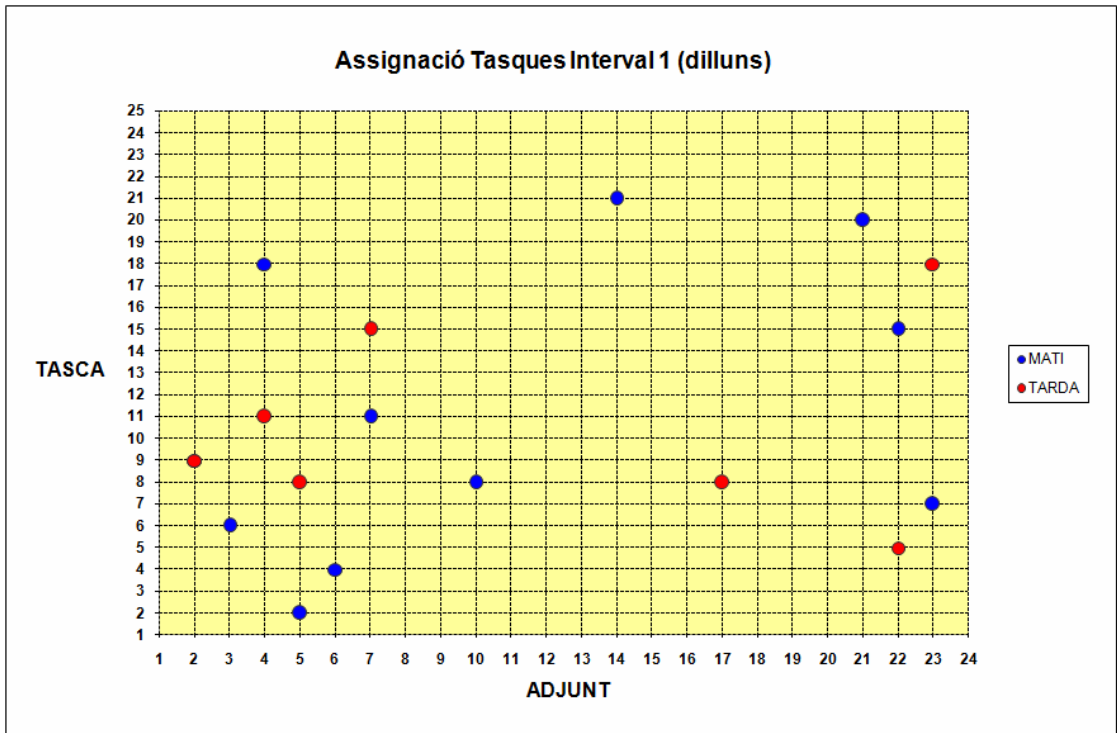
Taula 5.30.

XG	dll	dm	dx	dj	dv	ds	du
	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7
p1	-	-	-	-	-	-	-
p2	-	-	-	-	-	-	-
p3	-	-	-	-	-	-	-
p4	-	-	-	-	-	-	-
p5	-	-	-	-	-	-	-
P6	-	-	-	-	G5	-	-
P7	-	-	-	-	-	G6	-
P8	G1	-	-	-	-	-	-
P9	-	-	-	G4	-	-	-
P10	-	-	-	-	-	-	-
P11	-	-	G3	-	-	-	-
P12	-	-	-	-	-	-	-
P13	-	-	-	-	-	-	-
P14	-	-	-	G4	-	-	-
P15	-	-	-	-	-	-	-
P16	-	-	-	-	-	-	-
P17	-	-	-	-	-	-	-
P18	-	-	-	-	-	-	-
P19	-	-	-	-	-	-	-
P20	-	G2	-	-	-	G6	-
P21	-	G2	-	-	-	-	G7
P22	-	-	-	-	-	-	G7
P23	-	-	G3	-	G5	-	-
P24	G1	-	-	-	-	-	-

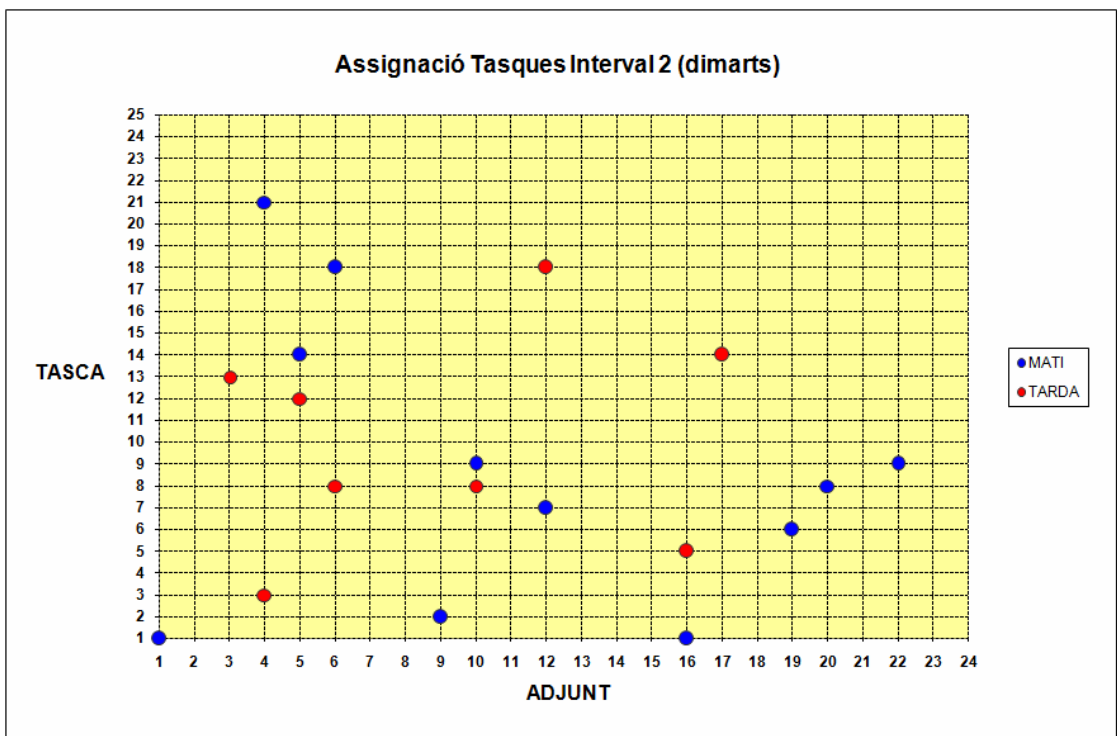
Taula 5.31.





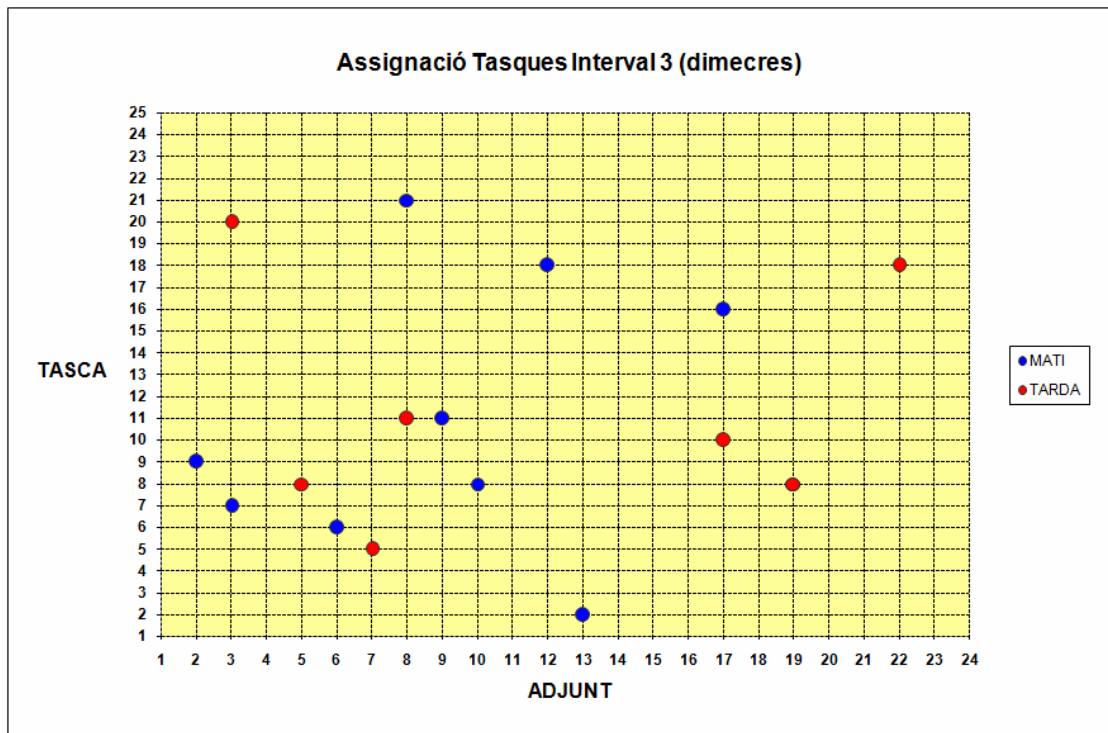


Gràfica 5.25.

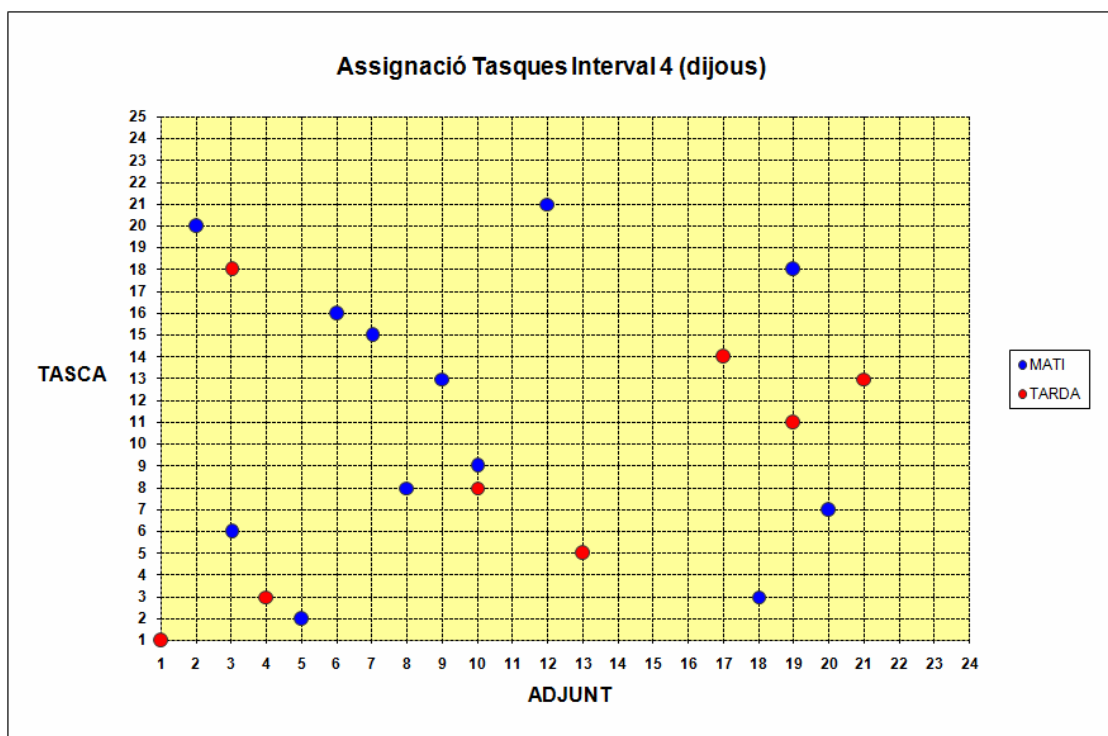


Gràfica 5.26.



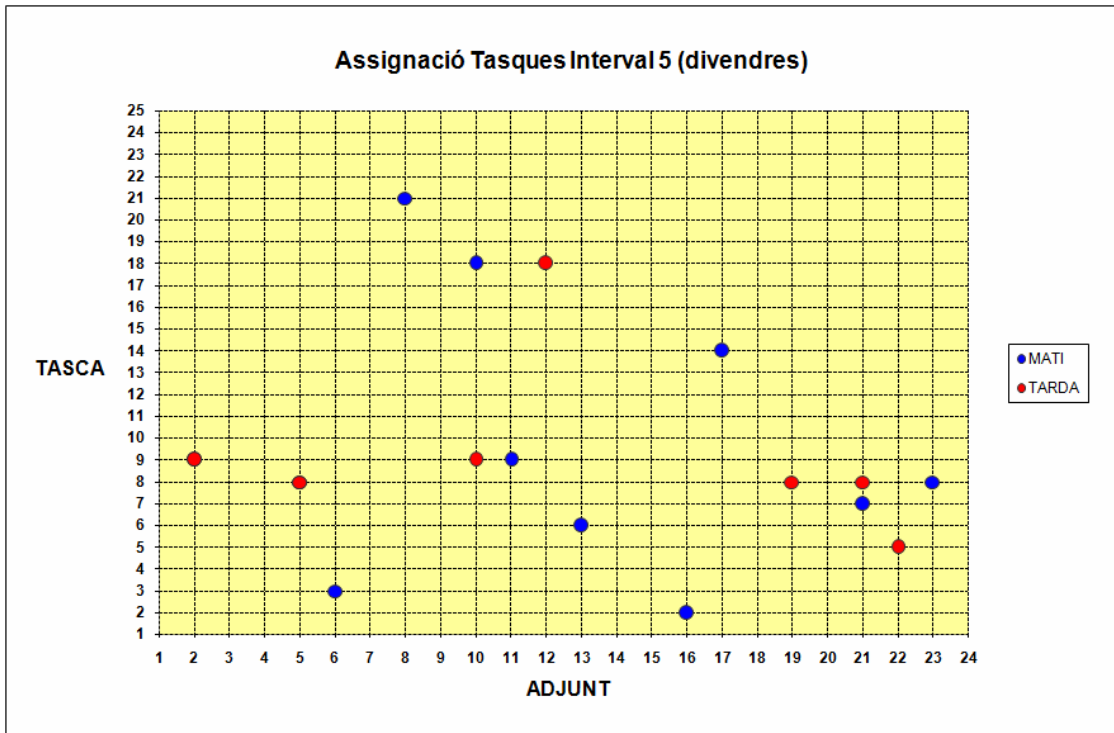


Gràfica 5.27.

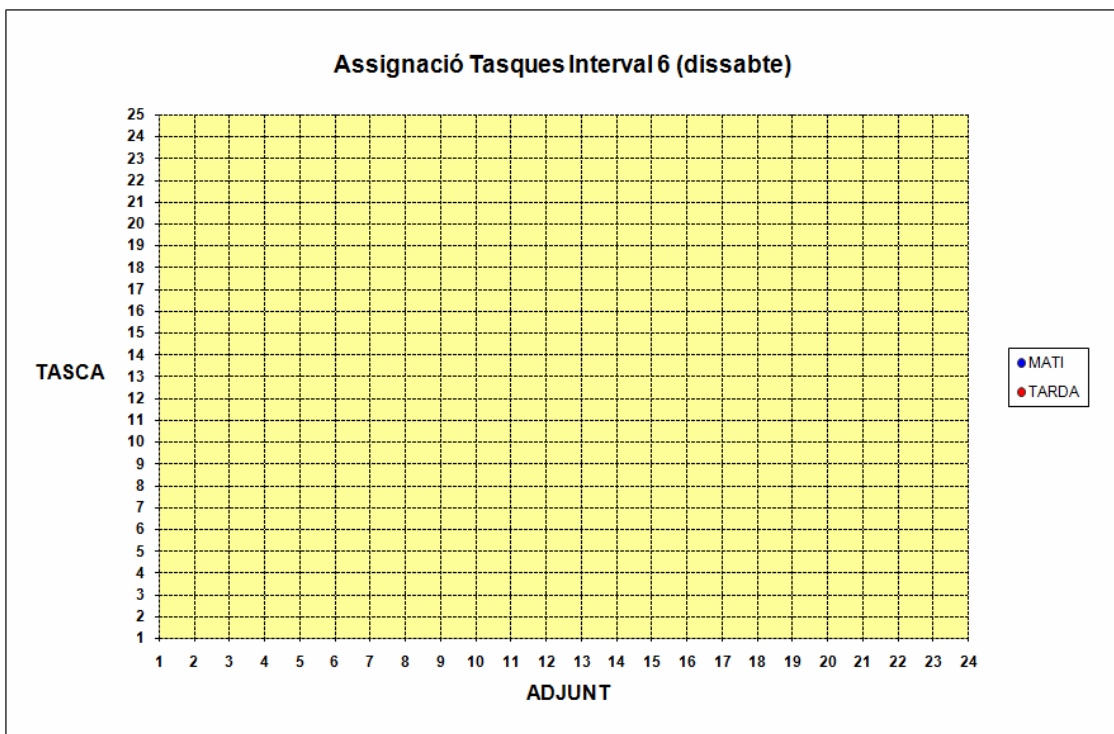


Gràfica 5.28.



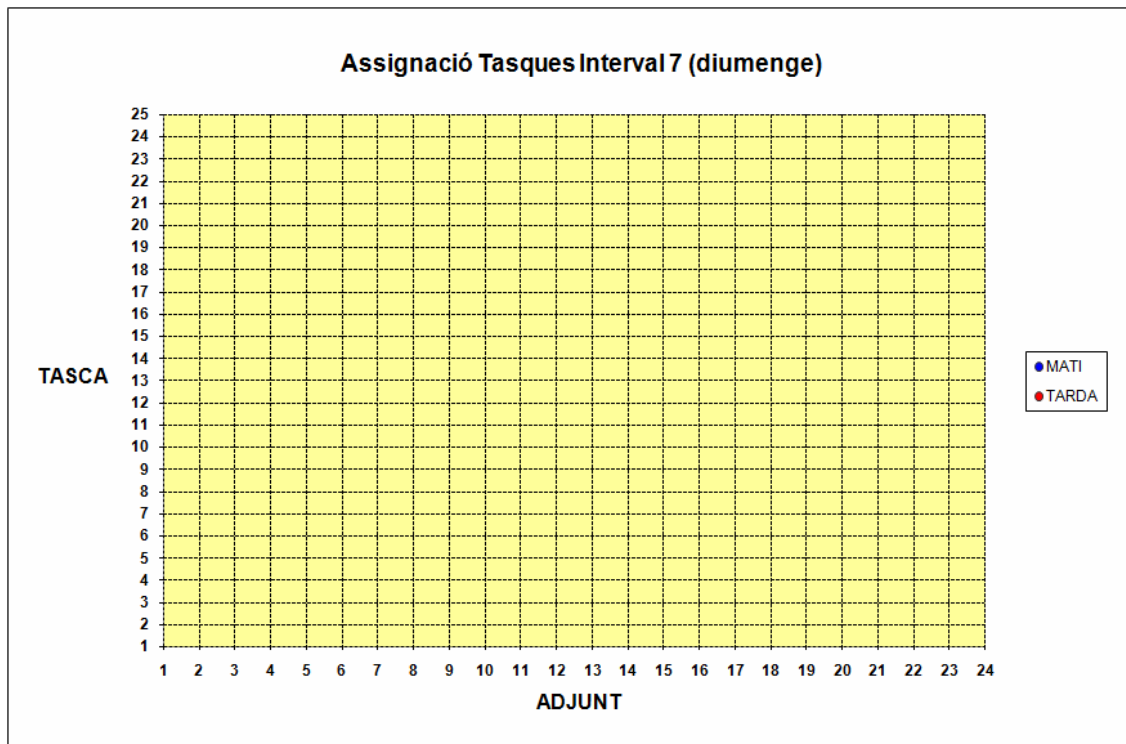


Gràfica 5.29.

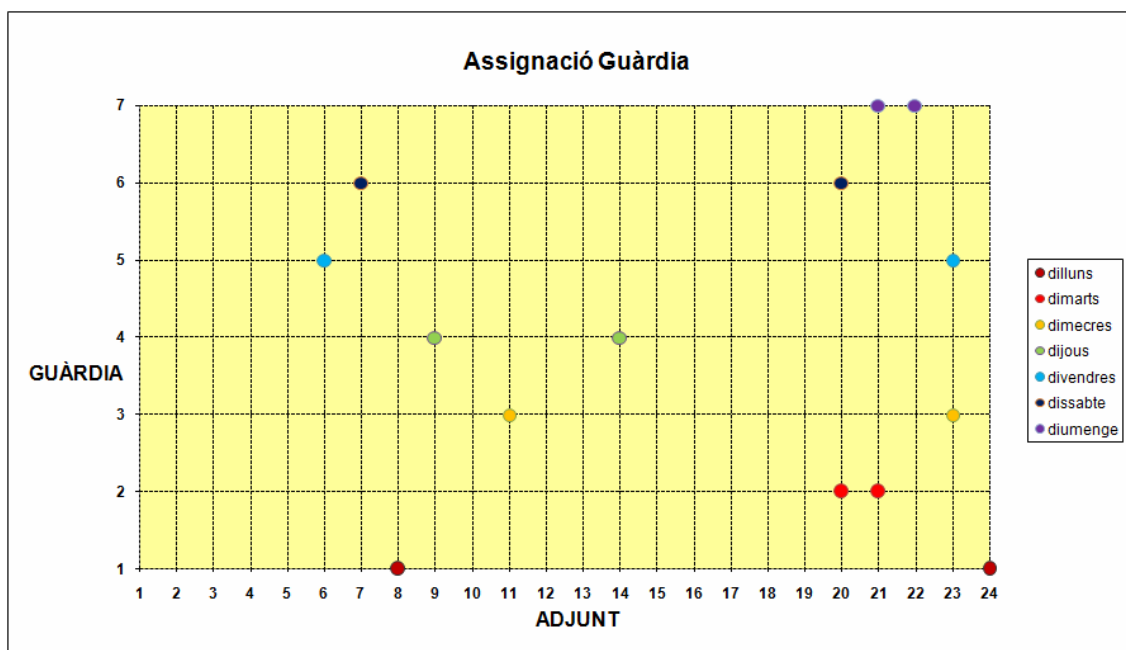


Gràfica 5.30.





Gràfica 5.31.



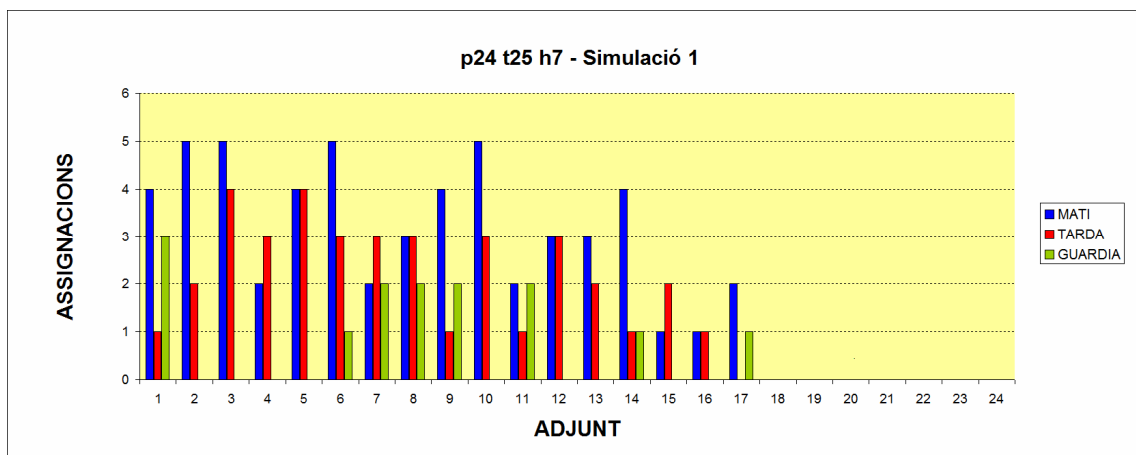
Gràfica 5.32.



## 5.4. Anàlisi i conclusions dels resultats

En aquest apartat ens centrarem exclusivament en l'anàlisi del segon escenari, havent constatat ja, que el primer escenari proposat ha estat plantejat per testejar el funcionament de la sintaxis. També ha servit com a primera presa de contacte amb aquest tipus de problemes.

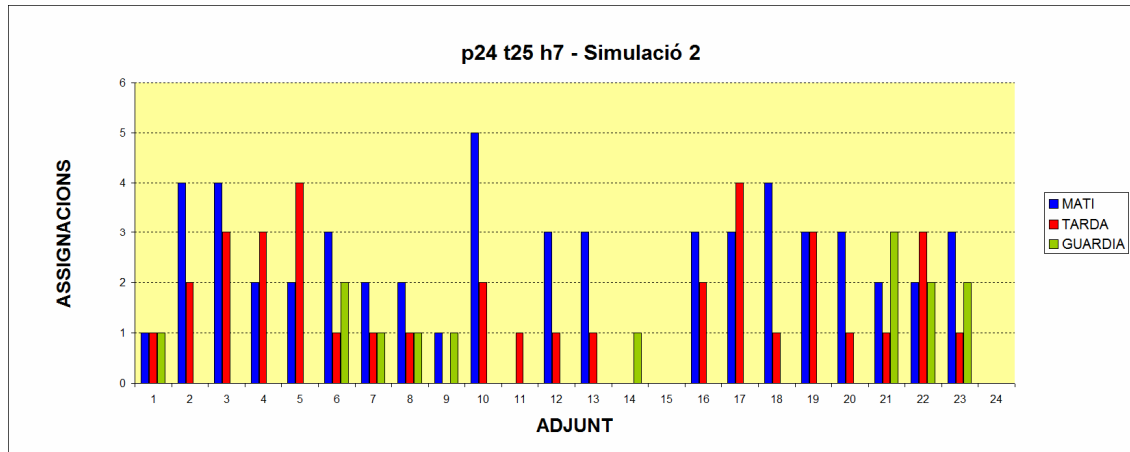
El segon escenari s'ha descomposat en tres simulacions diferents, en què hem migrat d'un supòsit inicialment ideal cap a un supòsit final real. Observant els resultats de les tres simulacions, apreciem que el modelitzador, a igualtat de condicions, realitza l'assignació segons l'ordre numèric dels adjunts. Això provoca un efecte notable quan s'ha exhaurit l'adjudicació de tasques (demanda coberta), apreciable a la següent figura. Les tasques queden assignades als primers adjunts i els que estan en una posició més baixa, no se'ls hi assigna mai cap tasca.



Gràfica 5.33.



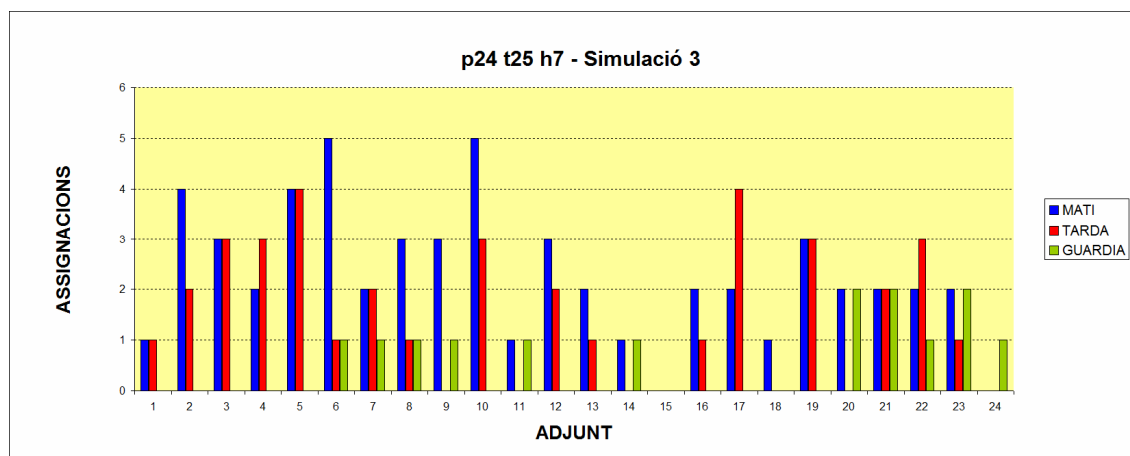
A la segona simulació s'ha introduït les dades reals dels rendiments i preferències dels adjunts. Això ha provocat un canvi en l'assignació de les tasques, doncs el modelitzador ja ha tingut criteris per distribuir de forma equilibrada les tasques, segons les prioritats del servei i les voluntats de cada treballador. També notem que el valor de la funció objectiu disminueix degut a que ja no tots els valors són ideals.



Gràfica 5.34.

En la tercera i definitiva simulació, en la qual s'ha considerat totes les dades reals del problema, pel fet de tenir en compte les polivalències dels adjunts, el model esdevé més rígid, ja que hi haurà certes tasques que no podran ser assignades a certs adjunts. Lògicament aquest fet implica que l'assignació de tasques es vegi afectada, fet apreciable en la següent gràfica.

Un altre fet destacable és el temps de resposta del modelitzador, que va augmentant d'acord amb la major rigidesa de cada simulació.



Gràfica 5.35.



## 6. Aplicació informàtica RationalTIME

RationalTIME és una proposta d'aplicació informàtica, basada en un servidor web, el qual permet gestionar les dades i realitzar consultes des de qualsevol punt de la xarxa corporativa de l'hospital, o bé des de l'exterior mitjançant un accés a Internet.

L'aplicació està limitada als treballadors del departament i entre ells existeix un usuari amb perfil d'administrador. El perfil d'usuari es defineix segons els permisos que permetran accedir total o parcialment als diferents menús de l'aplicació. El perfil *administrador* tindrà total accés, amb autorització per introduir noves dades, consultar, modificar dades existents i esborrar. La resta de perfils podran accedir al sistema únicament per a realització de consultes restringides –aquelles que facin referència a les seves conveniències–, i modificació de dades personals.

Per accedir a l'entorn és necessari introduir el nom d'usuari i la contrasenya:

etseib  
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona

dilluns 18/02/2008 10:32

Figura 6.1.



Un cop realitzat el registre a la pantalla inicial, accedirem al sistema. L'entorn d'aplicació presenta l'aspecte següent:



Figura 6.2.

A la capçalera (veure Figura 6.3.), mostrem els enllaços generals del sistema, tals com *home*, per retornar en qualsevol punt de la navegació a la pantalla principal del sistema. L'enllaç *contacte* ens presenta la informació referent al servei de suport de RationalTIME. *Mapa web* ens mostra l'estructura de l'aplicació mitjançant un esquema en forma d'arbre de funcions.

A l'altre costat de la capçalera, ordenada d'esquerra a dreta, trobem l'usuari que està connectat actualment a l'aplicació. En l'exemple de la Figura 6.3., tenim el cas del perfil *administrador*. Seguidament tenim els enllaços per accedir als crèdits –autors i versió– de l'aplicació i a l'ajuda online. Per últim, l'enllaç *sortir* ens permet desconnectar-nos del sistema, retornant a la pantalla inicial de registre.



Figura 6.3.





A sota de la capçalera trobem la barra de menús comuns a tota l'aplicació pel que fa a la versió d'*administrador*.



configuracions del servei | gestió adjunts | escenaris | programacions | informes

**Figura 6.4.**

Pel que fa a la barra de menús per al perfil d'*usuari*, l'aspecte manté la mateixa estructura, llevat d'algunes opcions que queden deshabilitades:



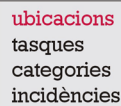
configuracions del servei | gestió adjunts | escenaris | programacions | informes

**Figura 6.5.**

Cada menú d'aquesta barra, es desplega en les opcions disponibles. A l'exemple seleccionem l'opció *ubicacions* del menú *configuracions del servei*:



configuracions del servei | gestió adjunts | escenaris | programacions | informes



ubicacions  
tasques  
categories  
incidències

**Figura 6.6.**

A la part inferior de la pantalla hi figuren els logotips de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB) i de la UPC. Ambdós serveixen d'enllaç amb les corresponents pàgines web. En aquesta barra també s'hi pot visualitzar la data i l'hora .

**Figura 6.7.**



Per últim, a la Figura 6.8., veiem que un cop seleccionada qualsevol de les opcions, s'activa l'arbre de menús situat a la part esquerra de la pantalla, que ens permet seguir visualment la jerarquia dels menús.



**Figura 6.8.**

Observem que dins d'aquest quadre hi figuren els logos/enllaç tant de Rational Time, a la part superior, com de l'Hospital General de Granollers, a la part inferior que permeten accedir a les seves pàgines web.

Com s'ha pogut veure en les figures anteriors, la barra de menús està composta de cinc menús. La descripció detallada de tots aquests, amb les seves corresponents opcions, provoca la necessitat d'afegir un alt nombre de figures per poder mostrar totes les pantalles que podem trobar durant la navegació. Degut a això s'incrementa excessivament el nombre de pàgines del nucli de la memòria, per tant hem pres la decisió de presentar-ho adjuntat com un annex: *Annex A. Aplicació Informàtica RationalTIME*. En aquest volum del projecte es pot trobar una àmplia explicació de totes les funcions, descrites pas a pas, que ens ofereix aquesta proposta aplicació.



## 6.1. Mapa web de l'aplicació

A continuació es mostra el mapa web per tal de conèixer l'estructura de menús que ofereix l'aplicació.

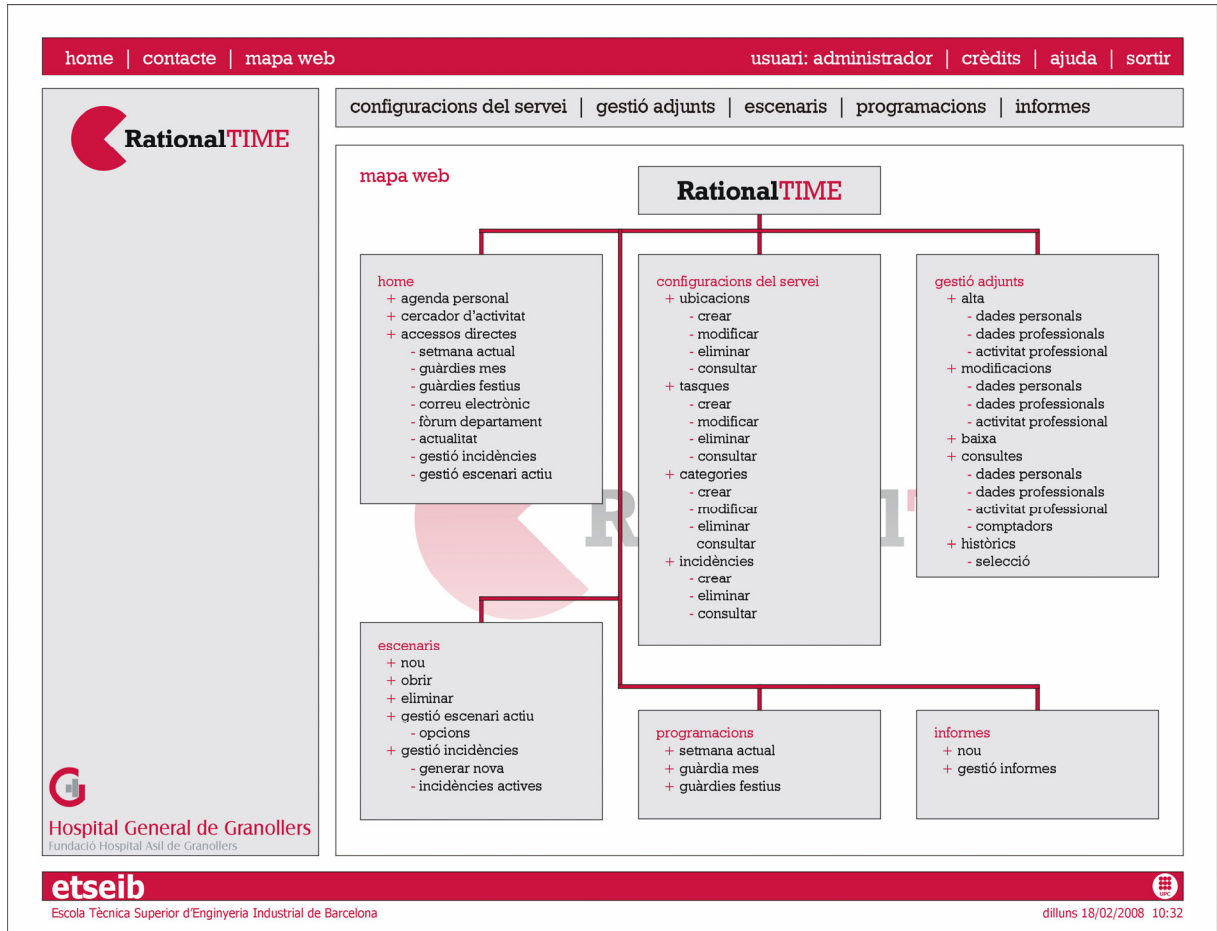


Figura 6.9.



## 7. Impacte ambiental

La realització d'aquest projecte no implica impacte ambiental.



## Conclusions

En aquest capítol s'exposen les conclusions, aportacions i possibles extensions de treball futures que permetin ampliar les funcionalitats del model i la implementació informàtica de l'aplicació web.

### Conclusions i aportacions

Un cop finalitzat aquest projecte, les conclusions més rellevants són les següents:

- El temps invertit en la feina d'assignació de tasques és molt elevat, degut al mètode utilitzat actualment. Les possibles incidències ocorregudes a diari durant un escenari planificat provoquen la necessitat de repetir el procés d'assignació, amb la conseqüent pèrdua de temps.
- La forma de presentar la informació provoca que cada modificació de l'assignació hagi de notificar-se i publicar-se de tal forma que els usuaris afectats s'assabentin adequadament. Això suposa un alt risc pel funcionament degut a la criticitat de la feina que es desenvolupa.
- Ressaltar la reducció del temps necessari per establir una assignació de tasques factible mitjançant l'utilització del model proposat. Aquest fet també suposa que qualsevol variació en l'escenari calculat no provoqui una pèrdua significativa de temps addicional.
- Amb la utilització de l'aplicació proposada, aconseguim que qualsevol treballador des del seu lloc de treball tingui accés a tota la informació, tràmits i canvis esdevinguts en l'organització del departament.
- Amb els escenaris simulats es demostra que el model proposat és eficient per resoldre el problema d'assignació de tasques i s'ha pogut observar com es veu afectat el resultat en funció de les diferents prioritats, preferències i polivalències dels usuaris implicats.



## Extensions futures

Un cop finalitzat aquest projecte, com a possibles línies de treball futures, proposem:

- Analitzar exhaustivament el comportament del model mitjançant la variació dels pesos de la funció objectiu.
- La programació informàtica de l'aplicació dissenyada en aquest projecte. Desenvolupar les bases de dades necessàries per emmagatzemar totes les dades i informacions necessàries per la gestió de la informació. Aquesta eina podria funcionar per l'assignació assistida de les tasques.
- Establir la connexió entre l'aplicació web i el model dissenyat, vinculant el motor de càlcul utilitzat (LP Solve) per tal d'obtenir l'assignació automatitzada.



## Agraïments

Volem aprofitar aquestes línies per mostrar el nostre reconeixement a totes les persones que han fet possible la realització d'aquest projecte, que entre d'altres són:

Els responsables del departament d'anestesiologia de l'Hospital General de Granollers i molt especialment al seu coordinador en Pere Poch, per la seva gran dedicació, qui en tot moment ha facilitat tota la informació necessària i esvaït tots els dubtes originats entorn al funcionament del departament.

A la Sandra i a la Laia per la seva paciència, i als nostres pares per donar-nos l'oportunitat de realitzar aquests estudis.

A la ràdio Chill Out Lounge (<http://www.1.fm>) qui ha estat capaç d'amenitzar les intensives jornades de treball, dia i nit.

Al nostre tutor en Jordi Ojeda, des del primer dia en la seva intensa tasca de promoció de la OTT i en les visites realitzades prèvies al projecte. Ha estat essencial en l'adquisició del projecte en el que posteriorment ens ha aportat la guia, l'optimisme i l'afany per la feina ben feta. Cuida't Jordi.



## Bibliografia

JORDI OJEDA RODRÍGUEZ [et al.]. *Programación de horarios de trabajo semanales de operarios polivalentes con presencia deseada no uniforme*. 27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa. Lleida, del 8 al 11 de abril de 2003: actas, 2003, ISBN 84-8409-955-5, pàgs. 3111-3122

COROMINAS, ALBERT [et al.]. *Método, modelos y algoritmos de ayuda a la toma de decisiones en la Organización del Tiempo de Trabajo*. II Simposio Internacional Turismo y Desarrollo, TURDES, Cuba 2003.

JORDI OJEDA RODRÍGUEZ. *Programación de horarios semanales de trabajadores polivalentes en un centro de servicios*. Tesis doctoral. Barcelona 2004.

ERICKA ZULEMA RODRÍGUEZ CALVO. *Asignación multicriterio de tareas a trabajadores polivalentes*. Tesis doctoral. Barcelona mayo de 2006.

Pàgines WEB:

[http://servidor1.azormultimedia.es/web\\_lya2/](http://servidor1.azormultimedia.es/web_lya2/)

<http://www.gps-plan.com/>

<http://www.ilog.com/products/oplstudio/>

<http://www.invisionwfm.com/uk/enguk/>

<http://www.physicianscheduler.com>

<http://www.docs2000.net>

<http://www.amion.com/OnCall.html>

<http://www.lightning-bolt.com>

