

## Sumari

<b>SUMARI</b>	<b>95</b>
<b>A. PLANIFICACIÓ TEMPORAL</b>	<b>97</b>
<b>B. PRESSUPOST</b>	<b>99</b>
B.1. Cost dels recursos humans .....	99
B.2. Cost dels recursos materials.....	101
B.3. Pressupost total del projecte.....	102
<b>C. ESTUDI D'IMPACTE AMBIENTAL</b>	<b>103</b>





## A. Planificació temporal

La realització del projecte es pot dividir en tres etapes: estudi de la tècnica, realització de les experiències i redacció de la memòria.

Aquestes tres etapes s'han realitzat consecutivament, sent necessari haver finalitzat una d'elles per poder realitzar la següent. A la taula A.1 es presenten les tasques a realitzar en l'ordre necessari, remarcant en cadascuna d'elles els precedents necessaris per a poder realitzar-les.

	<i>Tasca</i>	<i>Duració</i>	<i>Inici</i>	<i>Final</i>	<i>Precedents</i>
1	Reunió de partida	1 dia	01/03/2006	01/03/2006	
2	Definició d'especificacions	2 dies	02/03/2006	03/03/2006	1
<b>A</b>	<b>Estudi de la tècnica</b>	<b>36 dies</b>	<b>06/03/2006</b>	<b>03/05/2006</b>	<b>2</b>
3	Lectura de bibliografia sobre radiació EC	6 dies	06/03/2006	13/03/2006	
4	Lectura de bibliografia sobre ITER i DEMO	6 dies	06/03/2006	13/03/2006	
5	Estudi de les rutines de càlcul de radiació EC	15 dies	06/03/2006	24/03/2006	
6	Estudi del codi de simulació ASTRA	8 dies	06/03/2006	15/03/2006	
7	Reunió de tancament de fase	1 dia	03/05/2006	03/05/2006	3, 4, 5, 6
<b>B</b>	<b>Realització del projecte</b>	<b>44 dies</b>	<b>04/05/2006</b>	<b>15/09/2006</b>	<b>7</b>
8	Millora de la rutina Exatec	15 dies	04/05/2006	24/05/2006	
9	Simulacions	12 dies	25/05/2006	09/06/2006	8
10	Anàlisi de dades	5 dies	12/06/2006	16/06/2006	9

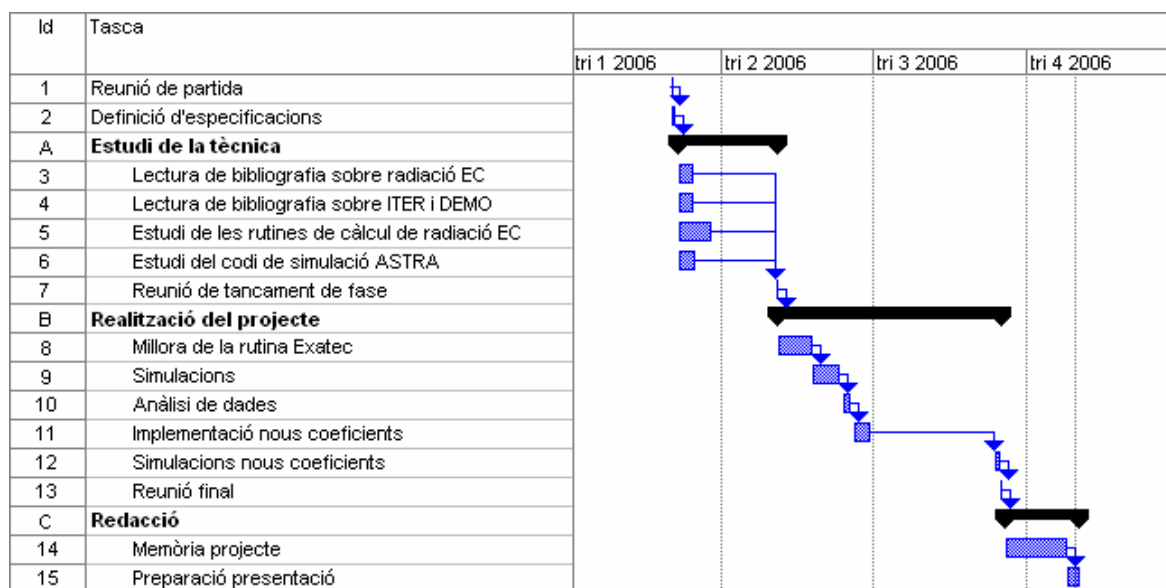


11	Implementació nous coeficients	8 dies	19/06/2006	28/06/2006	10
12	Simulacions nous coeficients	3 dies	12/09/2006	14/09/2006	11
13	Reunió final	1 dia	15/09/2006	15/09/2006	12
<b>C</b>	<b>Redacció</b>	<b>30 dies</b>	<b>18/09/2006</b>	<b>31/10/2006</b>	<b>13</b>
14	Memòria projecte	25 dies	18/09/2006	24/10/2006	
15	Preparació presentació	5 dies	25/10/2006	31/10/2006	14

**Taula A.1** Tasques a realitzar

Com es pot veure a la taula anterior, el projecte s'ha realitzat en el període de temps comprès entre el dia 1 de març de 2006 i el 31 d'octubre de 2006, per a ser presentat el 2 de novembre de 2006.

En la figura A.1 es pot veure el diagrama de Gantt on s'il·lustra el procés seguit durant la realització del projecte.



**Figura A.1** Diagrama de Gantt



## B. Pressupost

### B.1. Cost dels recursos humans

El projecte s'ha dedicat principalment a estudiar l'impacte de la radiació ciclotró en els dispositius experimentals de fusió ITER i DEMO. Per a fer l'estudi s'han realitzat diverses simulacions en múltiples escenaris d'operació d'aquests dispositius.

Les etapes que constitueixen aquest projecte, amb el temps que s'ha dedicat a cadascuna d'elles, són les següents:

1. *Estudi i aprenentatge respecte la utilització del simulador ASTRA*

En aquesta etapa del projecte l'enginyer s'ha de familiaritzar amb el simulador que s'utilitzarà per a fer l'estudi de l'impacte de la radiació ciclotró a ITER i DEMO.

Temps: **40 hores**

2. *Estudi de les rutines Cytran i Exatec de càlcul de radiació ciclotró*

Comprèn l'estudi tant dels models físics i matemàtics en els quals es basen les rutines com la seva implementació informàtica mitjançant el llenguatge de programació Fortran.

Temps: **80 hores**

3. *Lectura de documentació y bibliografia referent als dispositius experimentals de fusió ITER i DEMO*

Ha consistit principalment en estudiar els paràmetres bàsics d'ambdós dispositius. S'ha donat especial rellevància a comprendre els diferents modes d'operació i configuracions del dispositiu ITER.

Temps: **20 hores**

4. *Lectura d'articles sobre radiació ciclotró a ITER realitzats fins al moment i bibliografia complementària*

S'han estudiat articles, ponències i documents varis sobre simulacions realitzades tant al FEEL com a centres d'investigació d'arreu per a preparar les simulacions a realitzar.

Temps: **20 hores**



### 5. *Millora de la rutina de càlcul Exatec*

En aquesta etapa s'han implementat les primeres millores a la rutina de càlcul de radiació ciclotró Exatec. Les millores han servit per a millorar la precisió de la rutina

Temps: **80 hores**

### 6. *Simulacions de ITER i DEMO*

En aquesta etapa s'han realitzat les múltiples simulacions dels diferents a analitzar. Cada simulació comporta unes tasques de preparació, programació de vàries rutines complementàries per a realitzar les simulacions i la recollida de dades.

Temps: **60 hores**

### 7. *Anàlisi de les dades*

Recol·lecció i selecció de les dades provinents de les simulacions necessàries per a l'estudi. Elaboració de les gràfiques i taules necessàries i extracció de conclusions a partir de les mateixes.

Temps: **60 hores**

### 8. *Implementació dels nous coeficients d'absorció de radiació EC a la rutina Exatec.*

Primerament s'han estudiat els documents on es presenten les millores en l'expressió dels coeficients d'absorció de radiació EC per part del plasma. Seguidament s'ha implementat aquesta millora a la rutina Exatec, per la qual cosa era necessari afegir rutines matemàtiques complementàries. A aquesta tasca s'hi ha dedicat 40 hores.

Posteriorment s'han realitzat les simulacions necessàries i s'han analitzat les dades extretes d'aquestes simulacions.

Temps: **40 hores**

### 9. *Simulacions amb els nous coeficients*

Posteriorment a la realització dels canvis per a implementar la nova expressió dels coeficients d'absorció s'han realitzat les simulacions necessàries i s'han analitzat les dades extretes d'aquestes simulacions.

Temps: **10 hores**



### 10. Redacció de la memòria

Redacció del contingut de la memòria del projecte que resumeix els canvis implementats a les rutines, les simulacions realitzades i exposa les conclusions extretes de les mateixes.

Temps: **120 hores**

Els costos humans són diferents en funció del perfil que hagi de desenvolupar cadascuna de les tasques que s'han enumerat. Així, s'estimaran diferents honoraris per un perfil d'un enginyer superior (tasques 1 a 4, 6, 7 i 9), un programador (tasques 5 i 8) i un redactor (tasca 10). Els honoraris considerats es mostren a la taula següent.

<b>Concepte</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Cost horari</b>
<i>Enginyer superior</i>	280 h	45 €/h
<i>Programador</i>	120 h	25 €/h
<i>Redactor</i>	120 h	15 €/h

**Taula B.1** Cost dels recursos humans

Així doncs, el cost total dels recursos humans per al projecte és de:

$$\text{Cost RRHH} = 45 \cdot (40 + 80 + 20 + 20 + 60 + 60) + 25 \cdot (80 + 40) + 15 \cdot 120 = \mathbf{17.400 \text{ €}}$$

## B.2. Cost dels recursos materials

L'eina principal utilitzada per a la realització d'aquest treball, el simulador ASTRA, va ésser proporcionat pel consorci EFDA al grup de fusió de la UPC (FEEL) de manera gratuïta.

Per tal de fer les simulacions amb la rutina millorada Exatec en un temps raonable ha estat necessari adquirir un PC, amb un cost aproximat de **1.200 €**

Les llibreries matemàtiques implementades a la rutina de càlcul de radiació ciclotró Exatec formen part de la llibreria NAG Fortran per a Linux. La llicència educacional per a utilitzar aquestes llibreries matemàtiques té un cost de **1.290 €**



Finalment, per a compilar les subrutines que s'acoblen al codi de transport ASTRA s'ha decidit utilitzar el compilador PGF77/90, de la companyia PGI. Aquest compilador té un cost , amb subscripció vàlida per un any, de **435 €**

D'aquesta manera, el cost total dels recursos necessaris per a la realització del projecte és de **2.925 €**

### B.3. Pressupost total del projecte

A la taula següent es resumeixen els conceptes del pressupost total del projecte i el seu cost total.

<b>Concepte</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Cost unitari</b>	<b>Cost (€)</b>
<i>RRHH: enginyer superior</i>	280 h	45 €/h	12.600
<i>RRHH: programador</i>	120 h	25 €/h	3.000
<i>RRHH: redactor</i>	120 h	15 €/h	1.800
<i>Material: PC</i>	1	1.200 €	1.200
<i>Material: llibreries NAG</i>	1	1.290 €	1.290
<i>Material: compilador PGI</i>	1	435 €	435
<b>Cost total del projecte</b>			<b>20.325</b>

Taula B.2 Cost total del projecte





## C. Estudi d'impacte ambiental

El desenvolupament d'aquest projecte no té implicacions directes amb un impacte ambiental evident, doncs totes les experiències realitzades han estat simulacions informàtiques i no s'han utilitzat recursos materials a excepció de *software* informàtic.

La utilització de simuladors per a realitzar experiències en lloc d'utilitzar un dispositiu experimental constitueix una millora important en l'impacte ambiental. Tot i que un dispositiu experimental de fusió no produeix cap residu radioactiu, doncs només utilitzen deuteri i no s'hi produeixen fusions, utilitzant simuladors aconseguim reduir l'energia consumida per a cada descàrrega i l'espai que ocuparia una instal·lació experimental.

Cal destacar també la importància que té la contribució a l'estudi de l'energia de fusió nuclear per la seva implicació en la reducció de l'emissió de gasos d'efecte hivernacle en un futur. Aquesta energia, en un futur, és una alternativa per a la producció d'electricitat a gran escala, doncs no produeix gasos d'efecte hivernacle. El seu principal avantatge respecte l'energia nuclear de fissió consisteix en què els residus radioactius que produeix són molt menors en quantitat i en activació, provinents únicament de la interacció de la radiació amb la paret del reactor.

