



Universitat
de les Illes Balears

FINAL DEGREE REPORT

TETRIS NEURAL NET PLAYING IN THE NINTENDO SWITCH

Joan Dot Sastre

Degree in informatic engineering

Higher Polytechnic School

Academic Year 2020-21

TETRIS NEURAL NET PLAYING IN THE NINTENDO SWITCH

Joan Dot Sastre

Final Degree Report

Higher Polytechnic School

University of the Balearic islands

Academic Year 2020-21

Key words: TFG, memòria, IA, AI, deep learning, deep q learning, tetris, \LaTeX

Tutor: José María Buades

Autoritz la Universitat a incloure aquest treball en el repositori institucional per consultar-lo en accés obert i difondre'l en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació

| Autor/a | | Tutor/a | |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Sí | No | Sí | No |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Gràcies a tots els professors que m'han ajudat a arribar a aquesta fita dels meus estudis.

CONTENTS

| | |
|--|------------|
| Contents | iii |
| Acrònims | v |
| Project summary | vii |
| 1 Introduction | 1 |
| 1.1 Artificial intelligence in videogames | 1 |
| 1.2 Objectives | 2 |
| 2 Instruccions generals i itinerari del Treball Final de Grau | 3 |
| 2.1 Inici del Treball Final de Grau | 3 |
| 2.2 Selecció del tema de Treball Final de Grau | 4 |
| 2.3 Preparació de la proposta i contracte docent | 4 |
| 2.4 Desenvolupament del Treball Final de Grau | 4 |
| 2.5 Dipòsit de la memòria | 5 |
| 2.6 Preparació de la presentació | 5 |
| 3 La proposta de treball de final de grau | 7 |
| 3.1 Principis bàsics | 7 |
| 3.2 La proposta de tema | 8 |
| 3.3 Estructura de la proposta de Treball Final de Grau | 10 |
| 4 La memòria del treball de final de grau | 11 |
| 4.1 Principis bàsics | 11 |
| 4.2 Bones pràctiques | 12 |
| 4.2.1 Focalització | 12 |
| 4.2.2 Elaboració de l'esbós | 13 |
| 4.2.3 Redacció | 14 |
| 4.3 Estructura del Treball Final de Grau | 15 |
| 4.3.1 Portada | 15 |
| 4.3.2 Taula de continguts o Sumari | 15 |
| 4.3.3 Llista de figures | 15 |
| 4.3.4 Llista de taules | 16 |
| 4.3.5 Llista d'acrònims | 16 |
| 4.3.6 Resum | 16 |
| 4.3.7 Agraïments | 16 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.3.8 | Introducció | 17 |
| 4.3.9 | Desenvolupament | 18 |
| 4.3.10 | Resultats i discussió | 18 |
| 4.3.11 | Conclusions | 19 |
| 4.3.12 | Apèndixs | 19 |
| 4.3.13 | Referències bibliogràfiques | 19 |
| 5 | La presentació del Treball Final de Grau | 21 |
| 5.1 | Principis bàsics | 21 |
| 5.2 | Bones pràctiques | 22 |
| 5.2.1 | Les transparències | 22 |
| 5.2.2 | L'exposició i la defensa | 23 |
| 5.3 | Estructura de la presentació del Treball Final de Grau | 24 |
| 5.3.1 | Portada | 24 |
| 5.3.2 | Índex | 24 |
| 5.3.3 | Desenvolupament | 24 |
| 5.3.4 | Resultats | 24 |
| 5.3.5 | Conclusions | 25 |
| 6 | Conclusions | 27 |
| A | Format final | 29 |
| A.1 | Paper i impressió | 29 |
| A.1.1 | Paper | 29 |
| A.1.2 | Impressió a dues cares | 29 |
| A.2 | Enquadernació | 29 |
| A.3 | La plantilla de \LaTeX | 29 |
| A.4 | Fórmules, figures i taules | 30 |
| A.4.1 | Fórmules | 30 |
| A.4.2 | Figures | 30 |
| A.4.3 | Taules | 31 |
| A.5 | Bibliografia | 32 |
| A.6 | Acrònims | 32 |

ACRÒNIMS

AI Artificial Intelligence

API Application Programming Interface

SRS Standard Rotation System

NPC Non-Playable Character

AMC Adaptive Modulation and Coding

EPS Escola Politècnica Superior

IP Internet Protocol

MIMO Multiple-Input Multiple-Output

OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing

OFDMA Orthogonal Frequency Division Multiple Access

TFG Treball Final de Grau

PROJECT SUMMARY

The basis of this project consists in achieving an Artificial Intelligence (AI) capable of playing the game “Tetris 99” in the console known as “Switch”, manufactured by the famous game company Nintendo. The task may seem simple at the beginning, but the sole nature of having to intercommunicate two devices already shows us that this will not be a trivial matter. The AI has to be built and trained through a PC, and then be able to receive and send information to the console reliably.

INTRODUCTION

1.1 Artificial intelligence in videogames

AI has been present in videogames since the very beginning. Its purpose has always been to improve the players experience and the methods that have been used to implement such behaviours are vast, ranging from finite state machines and increasingly more complex enemy movement patterns tied to the game difficulty/level, to combining different advanced methods like pathfinding and decision trees. Other techniques related to machine learning such as reinforcement learning can also currently be found in some games. All these methods are mostly used for Non-Playable Characters (NPC)s and the information they perceive from the environment can be given in two different ways, via sensors, which provide a limited vision of the game world, or via the game's own stored information e.g., the player's exact location.

Due to an increasing interest in artificial intelligence in recent years, people have started to try and beat their favourite games with it. When taking this approach, we must first consider how the agent* is going to perceive the game, having the same two options we talked about before. This time we usually encounter a major inconvenience, we do not have direct access to the game information due to us not being the game developers, although thanks to some Application Programming Interface (API) (such as OpenAI Gym) we can access the game and thus base our agent's information on it. Unfortunately, those APIs mostly feature older games, which limits us to the ones provided by it. Hence comes the need for image processing tools to extract data, though this may not necessarily be done by us, as will be shown later. Once we have discussed about how data can be collected, we can introduce the next step, agent building. Due to videogames, many different methods have arisen, and with the increasing difficulty of the games beaten has also come an increase in agent intricacy, leading to the drop of simpler techniques in favour of reinforcement learning, which ended up performing much better in highly complex environments. Due to the increasingly more difficult games being beaten, has also come a need for more intricate agents, leading to the drop of simpler techniques in favour of reinforcement learning (many times paired with

those old techniques in order to provide the agent with basic behavioural guidance). This has ended up providing much better results than previously achieved in highly complex environments and discovering new strategies in the own game. Even exploits in the system have sometimes been found, like in the case of an OpenAi project, where in a hide and seek game, the agents managed to abuse the physics engine in various ways.

1.2 Objectives

The overall goal of the project and how it can be achieved has already been discussed but what will be called a success has not yet been defined. Building an AI capable of playing Tetris has already been done many times before with great success, though the challenge trying to be taken has a few major and minor hindrances. First of all, as a minor inconvenience, the Tetris version we are building our AI on features de Standard Rotation System (SRS), which is a modern rotation system with some unconventional situational rotations. No implementation that can be used has been found so an entire game replicating Tetris 99 must be built from scratch to train our model. Secondly, there is not a standardized way to access the console's controller port from a PC, so a reliable workaround must be built and adapted. This is probably the biggest setback. Lastly, and as a result of having to intercommunicate both devices, some extra delay, that we hope will not heavily interfere, will occur when bringing everything together. Taking this into account, we expect our agent to work swiftly and, if we manage to pass the neural net's output accurately to the console, be able to perform well when under low gravity settings.

TETRIS 99 AND SYSTEM BUILD

2.1 Inici del Treball Final de Grau

Com a norma general, tal com apareix reflectit en els plans d'estudis de gairebé totes les titulacions de grau, el Treball Final de Grau (TFG) s'hauria de realitzar en el segon semestre de quart curs. Tanmateix, tot i que aquestes s'agrupen en cursos i semestres, els estudis universitaris s'estructuren en assignatures. Així doncs, atesa la naturalesa integradora del TFG, la recomanació general seria que abans de començar a realitzar el TFG haguéssim aprovat la major part de les assignatures troncales i obligatòries del grau. De fet, l'ideal seria que només ens manquessin les assignatures que en el pla d'estudis corresponent es cursen simultàniament amb el TFG.

2.2 Selecció del tema de Treball Final de Grau

Una de les vies més habituals per escollir el tema de TFG és a través de l'apartat corresponent de la web de l'Escola Politècnica Superior (EPS). En aquest cas, després de

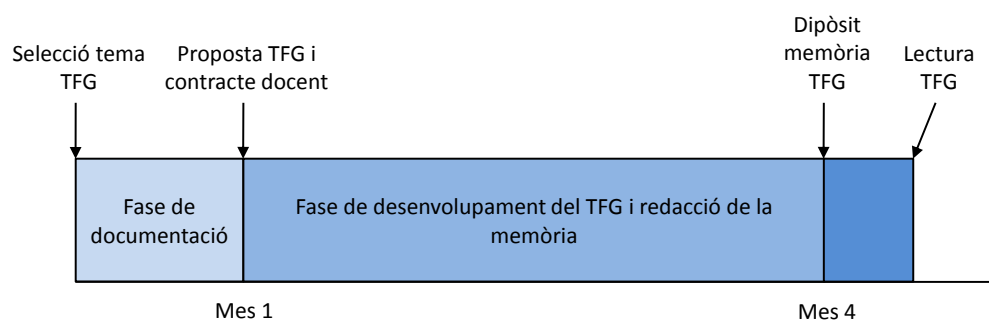


Figure 2.1: Itinerari del Treball Final de Grau

revisar les propostes realitzades pels diferents professors o grups de recerca involucrats en la docència de l'EPS, escollirem les que més ens interessin i contactarem amb els professors responsables. Si algun dels professors encara no té el tema assignat i ens accepta, començarem a treballar en la fase de documentació i en la preparació de la proposta.

Existeixen altres possibilitats a l'hora d'escollir un tema de TFG. Per exemple, podem realitzar el TFG en una empresa del sector. En aquest cas és important que contactem amb un professor de l'EPS que vulgui realitzar les tasques de supervisió i que pertanyi a un àrea de coneixement propera als continguts a tractar en el TFG, d'aquesta manera ens assegurarem que la proposta de TFG i el camp que aquesta cobreix compleixen amb els estàndards habituals a la nostra titulació. En cas de dubte, el més convenient és contactar amb el cap d'estudis de la titulació corresponent que segur que ens orientarà i ens proporcionarà la informació necessària.

Val a dir que el TFG també es pot realitzar en una universitat amb la que s'hagin establert convenis de convalidació (programes Sèneca, Erasmus, Averroes, ...). Tanmateix, en aquest cas haurem de seguir els procediments administratius establerts en aquesta altra universitat.

2.3 Preparació de la proposta i contracte docent

Un cop escollit el tema de TFG començarem a treballar en la fase de documentació i, d'acord amb el nostre supervisor, prepararem la proposta de TFG. Per a la redacció d'aquesta proposta convé seguir les indicacions descrites al capítol 3 i és recomanable que aquesta fase de documentació i preparació de la proposta de TFG, tal com es mostra a la Fig. 2.1, no s'allargui més enllà d'un mes. Sobre la proposta de TFG és sobre la que estudiant i professor signaran el contracte docent. En aquest contracte s'establiran els compromisos del professor quant a seguiment i supervisió del projecte i els de l'estudiant quant a dedicació i termini de presentació. La proposta de TFG i el contracte docent, signat tant per l'alumne com pel professor, seran lliurats als serveis administratius on l'EPS signarà el compromís de disponibilitat de medis materials genèrics i de formalització d'un tribunal de TFG adient.

2.4 Desenvolupament del Treball Final de Grau

Un cop aprovada la proposta de TFG ens dedicarem a la realització del TFG i a la redacció de la memòria sota la supervisió del director i seguint les condicions estipulades en el contracte docent. Per a la redacció de la memòria convé seguir les indicacions descrites al capítol 4. És recomanable que aquesta fase de desenvolupament i redacció del treball, tal com ens mostra la Fig. 2.1, no superi els quatre mesos.

2.5 Dipòsit de la memòria

Una vegada acabada la seva redacció, i amb el vist-i-plau del nostre supervisor, depositarem la memòria del TFG a secretaria seguint les indicacions de la normativa de TFGs de l'EPS.

2.6 Preparació de la presentació

Finalment només ens quedarà preparar la presentació del TFG per tal de fer-ne la defensa oral davant el tribunal. Per a la preparació d'aquesta presentació convé seguir les indicacions del capítol 5.

LA PROPOSTA DE TREBALL DE FINAL DE GRAU

3.1 Principis bàsics

En un treball de final de grau ben planificat, la proposta de TFG constituirà el primer document formal relatiu al projecte. A més, especialment amb la introducció del contracte docent relatiu al TFG, la proposta assoleix una importància cabdal ja que aquest és el document sobre el qual estudiant, director i EPS adquireixen compromisos respecte de la duració màxima del treball, tasques de supervisió, disponibilitat de materials, ...

La redacció d'una proposta ben definida i consensuada entre director i alumne suposa avantatges importants com, per exemple:

- Garanties de que, abans d'iniciar el desenvolupament del TFG, l'alumne comprèn perfectament el problema que es vol abordar i és capaç de contextualitzar-lo, entenent com la temàtica del seu TFG lliga amb la resta de coneixements de l'àrea.
- Disponibilitat d'una descripció precisa dels objectius del TFG i d'una estimació dels resultats que se n'esperen.
- Visualització del full de ruta del TFG que ha de permetre, tant al director com a l'alumne, l'avaluació del progrés en l'execució del projecte i en l'assoliment dels objectius.

En la major part dels casos, la proposta formal d'un TFG es redactarà a partir d'una proposta de tema provinent d'un professor o d'un grup de recerca. Aquesta proposta de tema descriurà breument el context del treball, el problema adreçat i els objectius que s'intenten assolir. A més, hauria de proporcionar les referències i eines bàsiques a utilitzar i explicitar, també, els coneixements previs i habilitats recomanades per poder dur a terme el TFG. El més desitjable seria que totes les propostes de temes de TFG es fessin públiques a través de la web de l'EPS, tanmateix és probable que també

n'apareguin als taulers d'anuncis, portes dels laboratoris de recerca o les portes dels despatxos dels professors. És responsabilitat dels alumnes estar atents a la publicació d'aquests anuncis.

Es pot donar el cas d'alumnes que prefereixin realitzar el TFG en una empresa o alumnes que estiguin especialment interessats en un àrea de coneixement concreta i ells mateixos vulguin proposar un tema de TFG. En qualsevol d'aquests casos és important que trobin un supervisor i que discuteixin amb ell la preparació de la proposta formal de TFG. En el cas de TFGs desenvolupats en empreses serà important també comptar amb el vist-i-plau del director/tutor dintre de l'empresa.

El més habitual serà que l'alumne interessat en una proposta de tema de TFG comenci llegint les referències bàsiques subministrades per tal d'assolir uns coneixements bàsics sobre el context general del tema proposat i poder plantejar el problema que es vol abordar i els objectius concrets que es persegueixen. Això, comptant amb el suport del supervisor del TFG, ha de permetre passar a l'etapa de redacció de la proposta formal del TFG. L'elaboració de la proposta pot implicar l'estudi de conceptes que no s'han cobert en els estudis de grau, la cerca de referències bibliogràfiques addicionals a les subministrades a la proposta del professor o l'avaluació d'eines *hardware* i/o *software* que no s'havien utilitzat abans.

La transició des de la proposta de tema del professor cap a la proposta formal de TFG per part de l'alumne pot servir, també, per adaptar l'enunciat general d'un problema a un enunciat més específic que reculli les inquietuds de l'estudiant. A més, la proposta d'un professor o d'un grup de recerca pot acabar derivant en més d'una proposta de TFG si hi ha més d'un alumne interessat en el tema i és possible estructurar-la en diversos TFGs.

Finalment, és important recordar que la proposta de TFG s'adjuntarà a un contracte docent entre director, alumne i EPS i, per tant, ha d'estar consensuada entre les tres parts.

3.2 La proposta de tema

El format de la proposta de tema del professor serà bastant variable ja que dependrà molt del tipus de projecte concret a desenvolupar i també de l'*estil* de cada professor. En qualsevol cas hauria de contenir informació suficient per a que l'alumne pugui tenir una idea prou clara de en què consisteix el projecte i quins objectius es persegueixen, de quins coneixements li faran falta per afrontar-ho i de quines són les referències bàsiques del tema, que poden servir com a punt de partida per entendre altres referències necessàries per redactar la proposta de TFG.

Així, doncs, alguns elements importants que haurien de quedar reflectits a la proposta de tema són:

- Contextualització: La proposta de tema hauria d'incloure una breu introducció al context del TFG, però suficientment detallada per facilitar què l'alumne pugui relacionar la feina a fer amb els coneixements adquirits al llarg dels estudis grau.
- Definició d'objectius: S'haurien d'explicitar els objectius que es perseguiran en el projecte. El grau de concreció dels objectius dependrà del projecte en si: a vegades la proposta de tema ja suggerirà els resultats concrets que es pretén

obtenir i en altres ocasions serà feina de l'alumne definir els objectius concrets del seu TFG.

- **Bibliografia:** A l'hora de proporcionar una llista de referències bibliogràfiques bàsiques s'ha de tenir en compte el nivell de coneixements dels alumnes potencialment interessats en el tema de TFG. És molt probable que aquesta bibliografia bàsica estigui principalment composta de capítols de llibres i articles introductoris publicats en revistes i congressos.
- **Pre-requisits:** La proposta de tema de TFG també hauria d'especificar si el TFG té pre-requisits en forma d'assignatures que és necessari haver cursat (o estar cursant), habilitats (e.g. programació de baix nivell, càlcul matemàtic) o interessos particulars dels alumnes.

La transició des de proposta de tema publicada per un professor o per un grup de recerca cap a la proposta de TFG que ha de redactar l'estudiant, amb el suport del seu supervisor, és previsible que impliqui les passes següents:

- **Immersió en el tema:** L'alumne haurà de ser capaç de relacionar el tema del TFG amb les assignatures que ha cursat durant els seus estudis de grau. Aquest procés ha d'ajudar a l'alumne a prendre consciència de quins coneixements bàsics li faran falta per dur a terme el TFG. La bibliografia bàsica proporcionada a la proposta de tema ha de servir per a que l'alumne adquireixi els coneixements fonamentals per contextualitzar el seu treball.
- **Definició d'objectiu:** Un cop assimilats els continguts de les referències introductòries s'ha de ser capaç de definir de manera ben concreta els objectius del TFG. Per això pot ser necessària la consulta d'altres referències més especialitzades i/o la discussió d'alguns aspectes del treball amb el supervisor. Aquesta definició d'objectius també ha de servir, si és el cas, per incorporar a la proposta els interessos personals del projectista.
- **Programació temporal:** Tenir objectius ben delimitats i ser conscients dels coneixements necessaris per dur-los a terme ha de permetre a l'alumne fer una programació temporal realista del TFG. Serà important comprovar que aquesta programació temporal s'ajusta a la càrrega de feina que s'havia previst a la proposta de tema i a la càrrega en crèdits ECTS del TFG. Si aquest no és el cas, serà necessari tornar a avaluar els objectius del projecte per determinar si aquests s'han d'ampliar o reduir. A l'hora de fer aquesta programació temporal és fonamental que el projectista tingui en compte la càrrega de feina addicional al TFG (assignatures, pràctiques en empresa, ...). Els diagrames de PERT o GANT són eines útils per realitzar aquesta programació temporal.

Com ja s'ha mencionat abans, la proposta de tema pot donar lloc a més d'una proposta de TFG si, per exemple, hi ha més d'un alumne interessat en el tema proposat. En aquest cas serà responsabilitat del supervisor verificar que les diferents propostes, encara que parteixin d'un *background* comú, tenen objectius concrets ben diferenciats.

3.3 Estructura de la proposta de Treball Final de Grau

En general l'estructura de la proposta de TFG inclourà:

- *Títol*: El títol ha de descriure de la manera més precisa possible el treball a realitzar. Aquest títol no ha de coincidir necessàriament amb el títol definitiu que apareixerà a la memòria.
- *Paraules clau*: La llista de paraules clau ha d'incloure els conceptes fonamentals que formen la base del TFG. En cas de que eventualment s'arribi a disposar d'una base de dades de TFGs, aquesta llista serà molt útil a l'hora de fer-hi cerques en funció dels temes tractats.
- *Context*: Aquesta secció ha de servir per situar el TFG dins una determinada àrea de coneixement, per fer una descripció concisa sobre l'estat de l'art del tema sobre el que tractarà el TFG i per aclarir els motius que han portat a la realització d'aquest treball. Hauria de servir, també, per introduir el plantejament general del problema que es pretén abordar. Els conceptes clau del projecte han d'aparèixer en aquesta secció definits de manera clara per tal de resoldre possibles ambigüitats i malentesos entre alumne i supervisor. És previsible que aquesta secció, juntament amb la dedicada als objectius, constitueixin la base del primer capítol de la memòria del TFG.
- *Objectius*: En els objectius s'han de concretar les fites del treball tot indicant les qüestions específiques adreçades en el TFG i els mètodes que s'empraran per donar-hi resposta. És important que siguin objectius mesurables, és a dir, que el seu assoliment sigui constatable.
- *Programació temporal*: La programació temporal descriurà el ritme i ordre en que s'han d'anar realitzant les diferents activitats. El nivell de detall de la planificació dependrà del que acordin alumne i supervisor quant a la periodicitat de les reunions de supervisió.
- *Eines*: Aquí s'explicitaran aquelles eines *hardware* i/o *software* que es faran servir per dur a terme el TFG.
- *Bibliografia*. La bibliografia inclourà totes les referències bibliogràfiques rellevants en la redacció de la proposta de TFG, tant les proporcionades en la proposta de tema com aquelles que s'hagin pogut descobrir durant els processos de documentació i redacció dels antecedents i objectius de la proposta final.

LA MEMÒRIA DEL TREBALL DE FINAL DE GRAU

4.1 Principis bàsics

Què és el que fa que una memòria de TFG sigui bona? Òbviament, la resposta a aquesta pregunta pot ser molt complexa, però hi ha molts autors (vegeu, per exemple, [?, ?] i els treballs que aquests referencien) que coincideixen en que un informe tècnic o científic ha de reunir les qualitats següents:

- *precisió*: aquesta qualitat es fonamenta en tres aspectes complementaris:
 1. *precisió del document*, que fa referència a que aquest s'ha de concentrar de forma precisa en el tema que el defineix i n'ha de fer un tractament correcte, basat en evidències científicament demostrables, i amb un nivell de detall apropiat, ni massa general ni excessivament restringit.
 2. *precisió estilística*, que només és possible si es fa un ús curós del llenguatge per tal d'expressar el significat. La precisió en l'ús del llenguatge es fonamenta en el rigor en la utilització de les paraules, en una estructura correcta de les frases i en un ús adequat dels signes de puntuació.
 3. *precisió tècnica*, que es fonamenta en un bon coneixement tècnic de la matèria i del seu vocabulari.
- *concisió*: molt relacionada amb la precisió del document, la concisió es fonamenta en la focalització, és a dir, en la reducció de l'abast del document a l'àmbit estricte de la qüestió que es vol tractar. És molt fàcil caure en la temptació d'incloure en la memòria materials que potser són molt rellevants en el camp en què es desenvolupa el treball, però que no ho són en absolut per comunicar de manera efectiva les aportacions concretes del treball en aquest camp.
- *claredat*: aquesta qualitat, que fa referència a la capacitat de qui escriu per facilitar la comprensió del document a qui llegeix, és especialment important

en l'escriptura científico-tècnica. Els vocabularis especialitzats, els desenvolupaments matemàtics o els esquemes conceptuals complexos poden dificultar moltíssim la comprensió d'algunes explicacions tècniques, fins i tot quan aquestes han estat redactades per escriptors especialitzats i són processades per lectors experts.

- *coherència (organització i estructura)*: un document és coherent si el material que presenta està organitzat de manera lògica i consistent i la seva estructura proporciona al lector un camí fàcil per a la seva comprensió. La coherència es valora de forma molt especial en ciència i tecnologia degut a la inherent complexitat dels temes que es tracten.
- *adequació a l'audiència*: és convenient que el document s'adeqüi als objectius que l'autor s'ha marcat a l'hora d'escriure'l, però, sobretot, és molt important que s'adeqüi a les necessitats dels possibles lectors (supervisors, membres del tribunal, altres alumnes que treballin en temes semblants, ...) i al context, objectius i convencions (forma i estil) de la institució en què es presenta.

Tal com ens recorda H. S. Malvar a [?], l'error més freqüent que podem cometre a l'hora d'escriure, especialment en el cas de l'escriptura científica, és no saber posar-nos al lloc del lector. Així doncs, la recomanació fonamental per evitar errors a l'hora d'escriure la memòria és que cada cop que afegim una nova argumentació, una nova figura o una nova taula, pensem en els possibles lectors d'aquesta informació i la revisem per tal de garantir que és precisa, clara, concisa, coherent i adequada a l'audiència.

4.2 Bones pràctiques

Quines són les millors passes a fer per escriure una bona memòria de TFG? La major part dels treballs de final de grau es desenvolupen en tres etapes, una primera etapa en què es duu a terme una revisió de les referències bibliogràfiques més rellevants sobre el context general i l'àmbit particular del projecte, una segona etapa en què es realitzen estudis analítics, simulacions, implementacions reals, ... i, finalment, una tercera etapa en què es redacta la memòria. Tanmateix, aquestes tres etapes no són estrictament consecutives i, habitualment, treuen profit d'una retroalimentació sistemàtica entre elles. En aquesta secció, tot i ser molt conscients d'aquesta interdependència, ens centrarem en l'etapa de redacció de la memòria i presentarem una sèrie de recomanacions a seguir en els processos de *focalització*, *elaboració de l'esbós* i *redacció*.

4.2.1 Focalització

Aquest procés aborda de ple les qualitats de precisió del document, concisió i adequació a l'audiència. La focalització consisteix en la reducció de l'abast del document a l'àmbit estricte que el defineix, en la selecció acurada dels temes sobre els que ha de tractar i en l'adequació dels continguts i profunditat de tractament d'aquests a l'audiència concreta a la que es vulgui dirigir. Per focalitzar un document, algunes de les passes que ens podrien servir serien:

1. Fer una llista completa dels temes o paraules clau que defineixen el nostre treball.
2. Si encara no ho hem fet, recórrer a les referències bibliogràfiques que calgui per tal de tenir una visió prou acurada del paper que juga cadascun d'aquests temes en el context general i en l'àmbit particular del tema que ens ocupa.
3. A partir de la llista de temes i de la informació disponible sobre cadascun d'aquests, respondre a preguntes del tipus:
 - És necessari que tracti aquest tema en la memòria?
 - Es perdran els lectors de la memòria si no tracto aquest aspecte?
 - Puc deixar de parlar sobre aquest tema sense perjudicar l'objectiu global del meu projecte?
 - És excessivament general aquest tema o és excessivament específic?
 - N'hi ha prou amb un tractament general acompanyat de referències bibliogràfiques o seria millor que el lector disposés d'una visió més detallada per tal de poder seguir els raonaments posteriors?
 - És necessari introduir coneixements previs per poder tractar alguns dels temes de la llista?

Aquest tipus de preguntes actuaran com a filtres que ens permetran eliminar temes innecessaris, afegir-ne de necessaris o preveure la profunditat amb la que s'ha de tractar cadascun dels temes seleccionats. En haver acabat disposarem d'una bona eina per passar a l'etapa d'elaboració del primer esbós de la memòria.

4.2.2 Elaboració de l'esbós

Un cop hem focalitzat l'àmbit estricte del treball i, per tant, disposem de la llista de temes seleccionats i tenim una idea general de la profunditat amb què els volem tractar, una bona manera de facilitar el procés de redacció consisteix en la preparació d'un esbós detallat del nostre treball. Es comença amb una taula de continguts que conté un llistat dels títols provisionals dels capítols, seccions i subseccions que es volen incloure en la primera versió de la memòria. Després, per cadascun dels capítols, seccions i subseccions es redacten una sèrie de frases curtes que descriuen, de forma ordenada, els aspectes clau de tots i cadascun dels continguts que s'hi tractaran i, si es creu convenient, les fonts en les que ens podem recolzar en el procés de redacció. En aquestes etapes continua sent especialment important tenir en ment les qualitats de precisió, concisió i adequació a l'audiència de la nostra proposta, però també hi jugarà un paper especialment rellevant la qualitat de coherència. Paga la pena dedicar temps i esforç en l'elaboració d'aquest primer esbós i revisar-lo tantes vegades com sigui necessari fins a estar-ne totalment convençuts.

Un cop tenim l'esbós provisional del document és el moment de fer-ne una revisió acurada amb l'ajut del nostre supervisor. Aquesta revisió ens hauria de permetre, entre d'altres coses, eliminar el material innecessari, afegir el material o argumentacions que se'ns hagin pogut oblidar i reestructurar els continguts per tal d'incrementar el nivell de coherència del document. És més eficient i menys dolorós prendre aquestes decisions en les fases inicials del procés de redacció, que haver-les de prendre un cop

ja s'ha escrit molt de material que al final s'ha de descartar. A partir d'aquest primer esbós ens resultarà més senzill visualitzar l'estructura global de la memòria i saber, en cada moment, quin és l'estat del procés de redacció. Ens permetrà determinar si el treball realitzat (simulacions, implementacions, anàlisis, ...), els resultats obtinguts i les referències bibliogràfiques consultades són suficients o si és necessari aprofundir en algun aspecte concret. Ens ajudarà, també, a planificar la nostra feina en funció del temps disponible.

4.2.3 Redacció

L'estratègia de redacció a seguir a partir d'aquest primer esbós no ha de ser necessàriament lineal, és a dir, no ha de començar necessàriament amb la redacció del capítol d'introducció i acabar amb la del capítol de conclusions. De fet, tot i que és molt important partir d'una idea molt clara dels continguts del capítol d'introducció, atès que aquest és el que proporciona una visió global del context i l'abast del treball, en la majoria dels casos ens pot resultar més senzill començar amb la redacció dels capítols corresponents al desenvolupament del treball i acabar amb la redacció de la introducció i les conclusions. És l'anomenada estratègia *de dintre cap a fora*.

És molt possible que, a mesura que anem redactant aquesta primera versió de la memòria, també descobrim que és necessari fer addicions, supressions i altres esmenes sobre l'esbós original a fi d'assolir-ne la versió definitiva. En qualsevol cas, atès que les frases curtes que hem utilitzat apunten, de forma ordenada i coherent, els aspectes clau de tots i cadascun dels continguts dels capítols, seccions i subseccions de la memòria, si ens dediquem a desenvolupar-les en forma de paràgrafs, recurrent, sempre que sigui necessari, a l'ajut de figures, taules, desenvolupaments matemàtiques, ..., al final obtindrem la primera versió de les diferents parts de la memòria.

La primera versió d'una secció o d'un capítol és la primera passa cap a la versió definitiva, però no ens ha de fer mandra revisar-la i reescriure-la tants cops com sigui necessari per tal de millorar-ne les qualitats de precisió, claredat, concisió, coherència i adequació. Aquest procés de revisió s'ha de fer a consciència, intentant descobrir paraules, frases, taules, figures o, fins i tot, paràgrafs que no contribueixen a que el text sigui més precís o més concís o més clar, procurant, també, millorar l'organització i l'estructura dels diferents elements que conformen el text i, no menys important, mirant d'aconseguir la precisió estilística a través de la correcció ortogràfica i gramatical.

La paraula clau és revisió i, com no podia ser d'altra manera, un cop donem per acabada la primera versió d'un capítol és el moment de que el nostre supervisor també la revisi. Atès que ja havíem mantingut reunions amb el supervisor per discutir l'esbós de la memòria, és poc probable que aquesta revisió suposi canvis substancials en l'estructura general del capítol. Tanmateix, hi pot haver aspectes del treball que només s'hagin tractat de manera més o manco informal i, per tant, la lectura d'aquesta versió pot ser el primer contacte formal del supervisor amb alguns dels plantejaments teòrics o pràctics realitzats per l'alumne. Així doncs, hi ha la possibilitat de que es detectin mancances o errors que suposin el replantejament d'alguns apartats. És molt important que considerem tots els suggeriments que ens faci el supervisor i que els utilitzem per millorar la següent versió de la memòria. Si s'han produït replantejaments d'algunes parts del treball pot ser necessària una segona revisió per part del supervisor.

Quan el supervisor hagi revisat tots els capítols de la memòria i nosaltres hàgim realitzat tots els canvis oportuns, només restarà portar a terme una revisió global de la memòria per tal d'obtenir-ne la versió definitiva.

4.3 Estructura del Treball Final de Grau

Tal com ens recorda el professor Valiente [?], organismes internacionals d'estandardització com l'ANSI (*American National Standards Institute*) o la ISO (*International Organization for Standardization*) prescriuen sistemes estàndard per a l'organització dels treballs científics que contenen quatre parts fonamentals: introducció, desenvolupament, resultats i conclusions. Aquestes parts fonamentals d'un treball científic es complementen amb altres components com la portada, la taula de continguts, les llistes de figures, taules i acrònims, el resum, els agraïments, els apèndixs o les referències bibliogràfiques.

4.3.1 Portada

La portada actua com a element de presentació i identificació del TFG. Les dades que s'hi han de fer constar poden variar en funció del tipus de treball, però n'hi ha algunes que són fonamentals: títol, autors, directors i, si s'escau, tutors, departament, universitat, títol acadèmic al qual s'opta i data de presentació. Després de la portada s'acostumen a deixar un o més fulls en blanc de cortesia.

El títol és sens dubte una part molt important de la memòria del TFG. És el primer lligam que s'estableix entre el TFG i el lector i, per tant, s'ha de ser molt curós a l'hora de seleccionar les paraules i les frases que donaran forma al títol. Un bon títol és aquell que descriu el contingut del TFG de manera precisa i amb el menor nombre de paraules possible. Una bona estratègia a l'hora d'escriure el títol del TFG és partir d'una llista de paraules clau i tractar de trobar quines d'aquestes són fonamentals a l'hora de descriure la nostra aportació i quin ha de ser l'ordre i l'associació entre aquestes paraules clau. Òbviament, a mesura que anem escrivint la memòria podem anar manejant una sèrie d'alternatives que puguin donar lloc a diferents títols i deixar que amb el temps alguna d'elles es vagi imposant sobre les altres.

4.3.2 Taula de continguts o Sumari

La taula de continguts o sumari és un llistat dels títols dels diferents capítols, seccions i subseccions del document amb indicació dels números de pàgina en què apareixen. Per tant, la taula de continguts no només ajuda als lectors a cercar els diferents temes tractats en la memòria, sinó que també serveix com a esbós de l'estructura de la memòria i ofereix una visió general del document als lectors potencials. Òbviament, les taules de continguts més útils es componen de títols de caire descriptiu.

4.3.3 Llista de figures

Els lectors utilitzen la llista de figures per localitzar la informació visual en la memòria. La llista de figures relaciona els títols o llegendes dels recursos visuals (figures, dibuixos,

fotografies, ...) amb la seva ubicació dintre de la memòria. És important que les llegendes de les figures siguin descriptives i que estiguin numerades de manera consecutiva.

4.3.4 Llista de taules

La llista de taules proporciona les llegendes i la localització de totes les taules que apareixen a la memòria. De la mateixa manera que els títols de figura, els títols o llegendes de les taules s'han de numerar consecutivament en l'ordre en què apareixen al document.

4.3.5 Llista d'acrònims

Hi ha documents que utilitzen una quantitat important de termes nous, o molts acrònims i abreviacions. En aquests casos es pot facilitar la lectura de la memòria si s'inclou una llista de nomenclatura o una llista d'acrònims just després de les llistes de figures i/o taules. Un dels efectes secundaris interessants de les llistes de nomenclatura o d'acrònims és que ajuden a l'autor del document a utilitzar la terminologia d'una manera coherent.

4.3.6 Resum

El resum és una breu declaració, generalment entre 250 i 500 paraules, que proporciona al lector una sinopsi del problema, el mètode, els resultats i les conclusions de la memòria. Els resums s'han de poder llegir de manera totalment independent de les altres parts de la memòria i, per tant, no s'hi han d'utilitzar acrònims sense definir-los i tampoc s'hi han d'utilitzar referències bibliogràfiques. Els resums són extremadament útils per aquelles persones que volen tenir una imatge general del contingut de la memòria abans de llegir el document principal. Atès que hi pot haver lectors potencials que utilitzin el resum per decidir si han de continuar llegint la memòria o no, cal no menystenir la importància d'una bona redacció d'aquest apartat del document. Els resums poden estalviar una immensa quantitat de temps als possibles lectors.

El resum ha d'incloure, com a mínim, els següents elements:

- Definició abreujada del problema o tema principal del TFG.
- Exposició del mètode utilitzat per resoldre el problema.
- Comentaris sobre els principals resultats, aportacions i possibles aplicacions del treball.
- Conclusions més importants del treball

4.3.7 Agraïments

A vegades s'inclou una secció d'agraïments en els preliminars de la memòria per tal de donar crèdit a l'assistència rebuda de part de persones i/o institucions. Els supervisors, els tècnics de laboratori o els companys de feina que ens han assessorat o ens han donat suport són, tots ells, candidats a aparèixer al capítol d'agraïments.

4.3.8 Introducció

Si hem decidit utilitzar l'estratègia *de dintre cap a fora*, després de redactar els capítols corresponents al desenvolupament del treball estarem en disposició d'enllestir la redacció de la introducció i les conclusions.

La introducció hauria de servir per donar, de forma descriptiva i fàcil d'entendre, una visió global del context i l'abast del treball. De fet, segons Booth *et al.* [?], el patró comú que cerquen els lectors en qualsevol introducció està format per tres elements:

- Contextualització: es tracta d'explicitar el context en el que s'emmarca el treball, d'establir la base comuna de coneixements sobre el tema que es tractarà en la memòria del TFG, de garantir que els possibles lectors comparteixen amb l'autor de la memòria el conjunt de factors que els permetran interpretar adequadament els seus enuncisats i raonaments.

El context d'un TFG podria ser, per exemple, el món de les xarxes de comunicacions mòbils de quarta generació (4G), amb capes físiques basades en l'ús de múltiples antenes en transmissió i en recepció (MIMO – *Multiple-Input Multiple-Output*), tècniques de codificació i modulació adaptatives (AMC – *Adaptive Modulation and Coding*) i estratègies d'accés múltiple basades en l'ús de transmissió multiportadora (OFDMA – *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*). En aquest cas seria adequat parlar sobre l'estat actual del desenvolupament dels estàndards 4G, de les característiques generals de les tecnologies MIMO, AMC i OFDM/OFDMA i de la seva adequació als sistemes 4G. Depenent de l'àmbit d'aplicació del problema a tractar podria ser adequat aprofundir, per exemple, en la descripció de l'estat actual de les xarxes de comunicacions cel·lulars i de les característiques de les estacions base i/o de les estacions repetidores o en la descripció de l'estat actual de les xarxes d'àrea local sense fils i de les possibles estratègies de cooperació entre punts d'accés.

- Definició del problema: un cop establert el context del treball, és l'hora de definir amb precisió el problema que es tractarà en el TFG i de justificar la seva importància dintre del context en el que s'emmarca. Es tracta, també, de proporcionar una visió general, però concisa, dels antecedents del problema, de les publicacions més rellevants sobre el tema, de les virtuts i mancances dels plantejaments i solucions aportades per altres autors.

Dintre del context de l'exemple anterior, un possible problema a resoldre en un TFG podria ser, atesa la necessitat de gestionar els recursos disponibles d'una manera eficient, el de l'assignació òptima de potència, subportadores i modes de transmissió (codificació de canal i modulació) per tal de garantir una taxa de transmissió global màxima amb restriccions sobre la qualitat de servei proporcionada a les aplicacions dels diferents usuaris del sistema.

- Resposta al problema: després de definir el problema, el més lògic és presentar al lector de la memòria la nostra proposta per solucionar-lo, els nostres objectius. Es tracta d'explicitar el mètode seleccionat per solucionar el problema plantejat anteriorment, tot justificant aquesta selecció. També pot ser adequat avançar, tot i que de manera concisa, els resultats principals del TFG i les possibles conclusions que es desprenen dels resultats obtinguts.

En el problema de l'exemple anterior, una possible resposta podria consistir en el desenvolupament d'algorismes d'optimització dual, en l'ús de la teoria de jocs o, per posar-ne un altre exemple, en l'ús d'aprenentatge estadístic (*machine learning*). En cadascun d'aquests casos hauríem de justificar la tria feta i, si ens semblés adient, podríem parlar de quins són els resultats que mostrarem al lector en el desenvolupament de la memòria del TFG.

Avui en dia, tant en la universitat com en l'empresa, és molt habitual que el TFG formi part de projectes de recerca més amplis, de manera que pot ser difícil per al lector discernir quan és que l'autor descriu el seu treball personal i quan és que descriu una tasca realitzada per altres membres del grup de recerca. En aquests casos, és molt important que l'autor expliciti el millor possible quin ha estat exactament el seu paper dintre d'aquest projecte general.

Tot i que hi ha autors que no ho recomanen, una manera habitual d'acabar una introducció consisteix en presentar un resum de l'estructura de la memòria, avançant al lector quins són els continguts dels diferents capítols del TFG.

4.3.9 Desenvolupament

Aquesta part de la memòria, que es pot estructurar en diversos capítols, tracta sobre la pròpia realització del treball i descriu el que s'ha fet, com s'ha fet, per què s'ha fet d'aquesta manera i no d'una altra, quins materials o eines s'han utilitzat o s'han hagut de desenvolupar, quina metodologia de treball i de validació s'ha seguit, ...

L'estructura, organització i contingut d'aquesta part de la memòria depenen en gran mesura del tipus de TFG: empírics, estudis de casos, metodològics, teòrics, ... Tanmateix, el principi bàsic ha de ser proporcionar informació suficient perquè un lector ben informat pugui comprendre, reproduir i verificar els experiments o els desenvolupaments teòrics, tot evitant la simple repetició enciclopèdica de coneixements que es poden trobar a llibres, articles o altres documents de referència. Per exemple, quan la memòria del TFG comenci amb els fonaments teòrics del problema plantejat a la introducció, el seu tractament, necessàriament sintètic, ha de mostrar l'elaboració personal de la informació manejada i s'ha de tenir molta cura de no caure en la simple còpia dels autors referenciats. A partir d'aquesta elaboració personal s'entendrà el fil argumental seguit per l'autor a l'hora d'arribar a la resolució del problema plantejat.

4.3.10 Resultats i discussió

Els resultats obtinguts en el TFG constitueixen la nostra contribució al coneixement científic. Així, doncs, aquesta part de la memòria ha de descriure tota la informació generada en el desenvolupament del TFG. No n'hi haurà prou amb presentar les dades juntament amb les estimacions sobre la seva precisió, també serà necessari interpretar-les i situar-les en context comparant-les amb les obtingudes per altres autors o utilitzant altres mètodes proposats a la literatura.

En els capítols dedicats a la presentació i discussió de resultats és habitual utilitzar figures i taules per tal de mostrar les dades d'una manera efectiva. És important parar molt d'esment en l'elaboració tant de les figures com de les taules i, també, que en el text fem referència explícita als resultats que hi presentem. Si el TFG ha produït una gran quantitat de dades potser no cal presentar-les totes en els capítols de resultats i el

més adequat és fer-ne una selecció acurada que ens permeti complir amb el propòsit d'extreure'n i fonamentar de forma rigorosa les conclusions del TFG i poder-ne fer una presentació adequada als lectors. De fet, si es considera oportú, les dades que no apareguin en aquests capítols de resultats es poden fer avinents als possibles lectors en els apèndixs.

4.3.11 Conclusions

Tot i que el capítol de conclusions d'un TFG pot començar amb un resum del context i de la definició del problema i passar després a analitzar la importància del treball realitzat i dels resultats obtinguts, les conclusions no s'han de limitar a tornar exposar el que ja s'ha presentat en els capítols anteriors i, a més, no s'ha de caure en la trampa de repetir el mateix que es va dir a la introducció [?]. Per tant, el resum del context i de la definició del problema ha de ser molt breu i ens hem de concentrar en la interpretació dels resultats i en la identificació de les nostres contribucions. Les conclusions han de donar resposta a preguntes del tipus: Quines implicacions teòriques i/o pràctiques pot tenir el meu treball? Quin valor afegit suposa aquest treball dintre del corpus de coneixements de la meua disciplina? Què és el que coneixem ara que no se sabia al principi d'aquest treball? Quines mancances i quina utilitat tenen els resultats obtinguts? Què es pot fer a partir d'aquests resultats? Quines portes hem tancat i quines hem deixat obertes? Quines recomanacions podem fer als que vulguin continuar en aquesta línia?

Així, doncs, el capítol de conclusions hauria de:

- Recordar de manera concisa el context i la definició del problema i dels possibles objectius marcats en la introducció del TFG.
- Argumentar les principals conclusions del TFG i establir les possibles implicacions teòriques i les possibles aplicacions pràctiques dels resultats obtinguts.
- Remarcant què és el que ha quedat i el que no ha quedat demostrat en la memòria del TFG.
- Incloure recomanacions específiques per a futurs treballs relacionats amb el problema tractat en aquesta memòria.

4.3.12 Apèndixs

Els apèndixs contenen aquella informació que, tot i ser interessant que estigui en la memòria del TFG, per un motiu o altre no és apropiat que aparegui en el cos principal d'aquesta. Els motius poden ser molt diversos però gairebé tots ells estarien relacionats amb la continuïtat del fil conductor de l'argumentació presentada en el cos principal de la memòria. Per exemple, demostracions matemàtiques molt extenses, taules completes de les característiques dels models utilitzats en les simulacions, especificacions tècniques dels components, grans taules de dades o el codi font d'un algorisme, són bons candidats per posar en un apèndix.

4.3.13 Referències bibliogràfiques

El coneixement científic, com qualsevol altre, és acumulatiu i, per tant, és normal que a mesura que anem escrivint la memòria del TFG ho fem recolzant-nos en llibres, articles de revista, articles publicats en les actes d'un congrés, treballs inèdits, ... d'altres

autors. Això és completament “legal” (no podem ser acusats de plagi) sempre que citem de forma adequada les fonts bibliogràfiques utilitzades. Aquestes referències bibliogràfiques serviran, entre d’altres coses, per:

- donar suport a les nostres reivindicacions o augmentar la credibilitat de les nostres argumentacions,
- referenciar els antecedents que ens han portat fins a la feina que presentem en aquest TFG,
- donar exemples de diferents punts de vista sobre un tema determinat,
- cridar l’atenció sobre una posició amb la que volem mostrar el nostre acord o desacord, o
- destacar una frase o un passatge especialment rellevant tot citant la font original.

LA PRESENTACIÓ DEL TREBALL FINAL DE GRAU

5.1 Principis bàsics

Què és el que fa que una presentació de TFG sigui bona? L'objectiu de qualsevol presentació és donar a conèixer un determinat missatge fent que l'audiència l'entengui i el recordi [?, ?]. En concret, la presentació del TFG ha de permetre a l'alumne sintetitzar el treball que ha estat realitzant durant varis mesos i donar-lo a conèixer als membres del tribunal per tal que aquests puguin determinar fins a quin punt s'han assolit els objectius plantejats.

Les qualitats més rellevants que ha de tenir una presentació tècnica/científica per ser bona són ([?, ?, ?, ?]):

- concisa i precisa: cal identificar les idees clau (objectius i assoliments del treball realitzat) i comunicar-les amb precisió estilística i tècnica.
- organitzada i estructurada: una organització acurada i coherent del material a presentar facilita enormement la seva comprensió per part de l'audiència.
- adequada a l'audiència i capaç de captar i mantenir la seva atenció: s'ha d'*enganxar* l'audiència per tal que entengui millor el que es vol expressar. Per això el missatge s'ha de caracteritzar per la seva:
 1. claredat
 2. simplicitat
 3. correcció
 4. precisió
- exhaustivament preparada: quan les idees es comuniquen d'una manera pobre no s'obté cap benefici del nostre esforç, ni per part nostra ni per part de l'audiència.

L'objectiu serà despertar prou interès en el tribunal com per aconseguir captar veritablement la seva atenció i donar-li a conèixer el problema a resoldre, la solució adoptada i els resultats obtinguts.

5.2 Bones pràctiques

Quines són les millors passes a fer per preparar una bona presentació de TFG?

5.2.1 Les transparències

A l'hora de preparar la presentació del TFG podem caure en la temptació d'explicar el contingut complet del nostre treball, però l'objectiu ha de ser deixar clars tan sols els punts més importants. Si aquests no són massa nombrosos, serà possible explicar-los de manera clara, mentre que si pretenem mostrar massa idees tan sols aconseguirem confondre l'audiència. Els detalls sobre el treball desenvolupat es troben a la memòria del TFG i no s'han d'explicar a la presentació. A l'hora de preparar les explicacions s'ha de tenir present que les nostres idees sempre ens semblen molt més simples a nosaltres que a aquells que encara no les entenen. La clau d'una bona presentació es fonamenta en descriure de manera adequada:

- el problema a resoldre: les necessitats del projecte, la seva motivació, explicant la situació i l'entorn en el qual neix, el perquè és necessari
- la solució adoptada i els resultats obtinguts
- les conclusions del treball i les possibles línies de futur

És fonamental tenir presents les característiques de l'audiència i proporcionar-li la informació que necessita per tal que pugui entendre la presentació. Sempre és bo començar amb una revisió d'aquells conceptes bàsics que, tot i ser probablement coneguts per l'auditori, facilitaran la comprensió de la presentació. Com a part de la preparació s'han d'avaluar no només els coneixements sinó també els interessos, necessitats i valors de l'audiència (criteris de puntuació del TFG).

Un cop identificats els punts clau que volem deixar clars i les característiques de l'audiència, es realitzarà un esbós del contingut de les transparències. A partir d'aquest esbós es va perfilant l'estructura de la presentació, que ha de seguir un fil argumental lògic i coherent. El contingut de les transparències haurà de marcar en tot moment com es va avançant per aquest fil, evitant que l'audiència es perdi i deixi d'estar atenta. Mantenint sempre aquest propòsit en ment es decideixen els continguts de les transparències, que només inclouran aquelles explicacions necessàries per a poder assolir el nostre objectiu, que no és altre que el de transmetre a l'auditori els punts que hem escollit com a idees clau. Aquells continguts que no siguin imprescindibles per a aconseguir aquesta finalitat no s'inclouran en les transparències.

Tot i que la normativa estableix una durada màxima de 45 minuts, és recomanable que no excedeixi els 30 o 35 minuts, deixant uns 15 minuts pel torn de preguntes. S'han de redactar les transparències tenint en compte que generalment és recomanable dedicar aproximadament entre dos i tres minuts a cada transparència [?]. Cal tenir en compte que l'audiència sol perdre l'atenció passats uns 10 o 15 minuts d'activitat similar [?]. Això significa que el rellotge de l'atenció s'ha de tornar a iniciar en el transcurs

de l'exposició oral, i per aconseguir-ho cal donar algun tipus de gir en la presentació, la qual cosa es pot aconseguir, per exemple, amb algun tipus de demostració o de recapitulació.

En la redacció del text de les transparències es procurarà que tant els títols com les frases siguin directes i curts. Els paràgrafs han de ser breus i l'estil utilitzat ha de ser impersonal i objectiu. A més s'ha de procurar minimitzar el text present a les transparències i s'evitarà sempre copiar paràgrafs complets de la memòria a la presentació. És fonamental assegurar-se de la total correcció ortogràfica i gramatical.

Les taules, gràfics, diagrames i imatges que mostren el que volem expressar, són eines de comunicació molt valuoses. Cal indicar clarament a l'audiència el que es mostra en aquests elements visuals, mai s'ha de donar per suposat que ja ho sap. D'aquesta manera qui atén les nostres explicacions es beneficia d'escoltar i de veure simultàniament el nostre missatge. Si s'ha de fer alguna demostració de l'aplicació o producte final és convenient gravar-ho en vídeo per tal d'evitar possibles inestabilitats del software o problemes amb els servidors.

Convé provar les diapositives en el projector i el PC de la sala on es farà la defensa, ja que poden canviar colors, ... També cal confirmar que la mida de lletra és adequada i que els gràfics es visualitzen de manera clara i que són intel·ligibles. S'evitaran els colors estridents i els dissenys de diapositiva que restin claredat al contingut de les transparències.

5.2.2 L'exposició i la defensa

És fonamental preparar-se bé la presentació, explicitant el que s'ha de dir a cada transparència. L'alumne ha de tenir molt clares les explicacions que pretén donar als membres del tribunal, ja que en cas que tingui aspectes confusos mai podrà transmetre'ls amb claredat. És recomanable practicar-la repetides vegades tant tot sol com davant d'altres persones, per tal d'agafar confiança i fluïdesa, així com per ajustar-se al temps disponible. S'evitarà recitar de memòria la presentació, però sí que és bo memoritzar algunes paraules o frases clau per a cada transparència. De totes maneres, per tal de superar el pànic escènic, que és especialment gran a l'inici, sí pot ser convenient aprendre's les dues o tres primeres transparències. És aconsellable fer un assaig general de la defensa en la mateixa sala i amb projector uns quants dies abans de la presentació definitiva, amb l'assistència del director del TFG, ja que aquest podrà fer totes aquelles recomanacions i correccions que consideri oportunes i que seran de gran ajut per l'alumne.

L'estil i el to de l'exposició oral han d'afavorir que l'audiència mantingui la seva atenció. Per això el llenguatge utilitzat ha de ser apropiat no només a la disciplina sinó també a l'audiència. S'utilitzarà un llenguatge tècnicament correcte, evitant utilitzar expressions col·loquials, repeticions i falques. S'ha de parlar amb autoritat i confiança, mostrant i demostrant el coneixement i domini del treball presentat. S'ha de tenir esment al to de veu i al ritme amb què es parla, utilitzant pauses, per exemple entre les distintes seccions, que afavoreixin la comprensió de l'exposició. L'orador ha de fer un ús adequat del contacte visual, tant de manera individual com de cap al grup que l'està escoltant. De la mateixa manera la posició corporal i els gestos, així com l'aparença, hauran de ser apropiats. No és convenient moure's excessivament durant la presentació, ni interposar-se entre la pantalla on es projecten les diapositives i els membres del

tribunal. Un punter pot ajudar a centrar l'atenció sobre algun punt específic d'una transparència, però no s'ha abusar d'aquest recurs.

En general, qui més sap del TGF és el propi projectista, a part del seu director, de manera que el torn de preguntes dels membres del tribunal no ha de provocar cap temor en l'alumne. És convenient anar a totes les defenses de TFG possibles, i fixar-se en allò que l'alumne fa bé i malament, el tipus de preguntes que fa el tribunal, les respostes, ... És recomanable dur aigua a la presentació.

5.3 Estructura de la presentació del Treball Final de Grau

L'estructura típica de la presentació constarà, de la mateixa manera que la memòria, de quatre parts fonamentals: introducció, desenvolupament, resultats i conclusions. Tot i així és recomanable completar aquesta estructura bàsica començant amb una portada seguida d'un índex.

5.3.1 Portada

Inclourà el títol del TFG així com el nom dels autors, dels directors i dels tutors si s'escau, del departament, de la universitat, del títol acadèmic al qual s'opta i de la data de la presentació. Una bona opció és mantenir projectada des de l'inici aquesta primera transparència, mentre els membres del tribunal i l'audiència entren a la sala.

5.3.2 Índex

Consistirà en una breu descripció dels principals punts de la presentació. Pretén preparar a l'audiència per tal que vagi identificant fàcilment els punts importants a mesura que es van cobrint al llarg de la presentació. Permet comunicar l'organització de la presentació. És bo que el guió estigui sempre visualment present, per exemple a la capçalera de les transparències.

5.3.3 Desenvolupament

Explicarà el treball realitzat (problema a resoldre i solució adoptada), seguint un fil argumental lògic i coherent, i de manera que capti i mantingui l'atenció i l'interès de l'audiència.

5.3.4 Resultats

Mostraran la validesa de la solució adoptada, generalment amb l'ajuda de taules i figures. Per assegurar la seva comprensió per part de l'audiència és imprescindible explicitar allò que es presenta en les taules i figures. A més és necessari assegurar-se de la seva correcta visualització amb el projector. No és necessari mostrar tots els resultats presentats a la memòria, sinó tan sols aquells que condueixin a la correcta comprensió del treball realitzat i dels resultats obtinguts.

5.3.5 Conclusions

Resumiran la presentació completa. Després d'haver explicat els principals punts en el cos de la presentació, l'audiència pot haver-se perdut en els detalls, així és que cal reiterar la importància del problema que havíem plantejat i els principals aspectes de la solució proposada. Així mateix, també es poden descriure breument les possibles línies de treball futur.

CHAPTER 6

CONCLUSIONS

Aquest document he fet palesa la importància que tenen les habilitats de redacció i presentació oral de treballs científics i tecnològics per al desenvolupament personal i laboral de qualsevol professional de l'àmbit científic o de l'enginyeria. Per tal de millorar aquestes competències i atès que en l'àmbit universitari la normativa del TFG obliga a la redacció d'una proposta i d'una memòria de TFG i a la defensa oral d'aquest treball davant d'un tribunal, s'ha utilitzat el TFG com a exemple per introduir els principis bàsics per a la redacció i presentació de treballs científico-tecnològics.

S'han proporcionat tot un seguit de pautes per a la realització del TFG, fent especial esment en la transcendència que tenen les tasques de redacció dels diferents documents que en formen part. S'ha posat de manifest la importància de que sigui l'estudiant, a partir de la proposta de tema proporciona per un professor o un grup de recerca, l'encarregat d'elaborar la proposta formal del TFG. Aquest procés d'elaboració li proporcionarà una visió clara, des de l'inici del TFG, del problema a resoldre, del seu context i dels objectius concrets de la tasca a realitzar i, a més, li servirà per visualitzar el full de ruta del TFG i li facilitarà el control del progrés en l'execució del TFG i en l'assoliment dels objectius.

S'han remarcat, també, tot un seguit de principis bàsics en el procés d'escriptura científica, tals com la precisió, concisió, claredat, coherència i adequació a l'audiència, que fan que una memòria de TFG sigui d'alta qualitat i s'han donat les pautes a seguir en els processos de focalització, elaboració de l'esbós i redacció de la memòria de TFG per tal de ser fidels a aquests principis.

Finalment, s'ha fet una descripció curosa del procés a seguir quan es vol reflectir en una presentació oral la feina realitzada en el TFG, tenint en compte tant els aspectes formals i estructurals del document de la presentació com els aspectes de comunicació oral.



FORMAT FINAL

A.1 Paper i impressió

A.1.1 Paper

Cal utilitzar paper mida DIN A4 vertical (210 x 297 mm), el qual, a més de ser l'estàndard més generalitzat, és el format predeterminat de la majoria de processadors de textos. No es recomana que el cos del TFG tengui una extensió superior a les 80 cares. Si la longitud del treball és superior, s'hauria de pensar en passar informació cap als annexos.

A.1.2 Impressió a dues cares

La presentació del document ha de ser a dues cares a partir de la introducció i fins al final del document. Fixau-vos que la plantilla \LaTeX ja produeix un document adequat per a la seva impressió a doble cara.

A.2 Enquadernació

Cal realitzar l'enquadernació amb espiral negra. Les tapes superior i inferior seran de plàstic transparent i negre, respectivament.

A.3 La plantilla de \LaTeX

La plantilla de \LaTeX d'aquest document defineix els marges, la tipografia, estils i espaiat de tots els elements per la memòria del treball de final de grau. Una vegada es compila el document, \LaTeX adequarà el text al format definit en la plantilla. A més, \LaTeX realitzarà de forma automàtica tot un seguit de funcions que us facilitaran la feina amb la memòria, com per exemple: numerar els capítols, seccions, i sub-seccions; inserir els encapçalaments i números de pàgina; crear de forma automàtica els índexs

de continguts, figures i taules ... Per tant, l'usuari només es preocuparà del text que està introduint, no serà necessari pensar en cap moment en l'aspecte final del document. Serà \LaTeX qui aplicarà el format de la plantilla al teu text.

Aquesta plantilla està fonamentada en la classe `memoir`. Això presenta l'avantatge de que com que aquest format inclou automàticament altres *packages*, per exemple `booktabs`, `array`, `tabularx`, etc., no caldrà carregar-los en el preàmbul del vostre document. Això també significa que totes les comandes de `memoir` estan a la vostra disposició per editar la memòria, per tant, és molt recomanable consultar el seu manual [?].

Amb el format de plantilla que s'ha definit només s'enumeraran 3 nivells de profunditat, a part dels capítols. Per definir-los s'utilitzaran les següents expressions de \LaTeX :

```
\chapter{Nom del capítol}
\section{Nom de la secció}
\subsection{Nom de la sub-secció}
\subsubsection{Nom de la sub-sub-secció}
```

A.4 Fórmules, figures i taules

A.4.1 Fórmules

El format de les fórmules es troba definit en la plantilla i \LaTeX l'aplica cada vegada que es compila el document.

Per escriure fórmules en \LaTeX s'hauran d'utilitzar les expressions adients. Aquí es presenta un exemple de codi:

```
\begin{equation}\label{NomEq}
\zeta= m \sum_{i=0}^N \left( \frac{\beta}{\sigma_i \lambda_j} \right)^2 \cos(2\pi f_i)
\end{equation}
```

que produeix el següent resultat:

$$\zeta = m \sum_{i=0}^N \left(\frac{\beta}{\sigma_i \lambda_j} \right)^2 \cos(2\pi f_i). \quad (\text{A.1})$$

Citar l'expressió anterior és tant senzill com fer:

L'equació `\ref{NomEq}` determina `\ldots`

L'equació A.1 determina ...

A.4.2 Figures

A continuació es mostra el codi \LaTeX per incloure una figura continguda en un fitxer.



Figure A.1: Exemple de figura

```
\begin{figure}
\begin{center}
\includegraphics[width=0.2\textwidth]{./LogoUIB.jpg}
\caption{Exemple de figura}
\label{NomFig}
\end{center}
\end{figure}
```

El resultat es pot veure a la Fig. A.1.

Es pot modificar la variable `width` per ajustar l'amplada de la figura com més ens convingui. Teniu en compte que la variable `\textwidth` guarda el valor de l'amplada del text dins la pàgina i, per tant, és una bona referència per delimitar amplades de figura. Així doncs, la figura A.1 ocupa la meitat de l'amplada del text en una pàgina. El format final de la figura està definit per la plantilla i \LaTeX s'encarrega de presentar-la de forma convenient.

A.4.3 Taules

Les taules definides en \LaTeX s'enumeren automàticament i el format segueix les definicions especificades en la plantilla.

Seguidament, a mode d'exemple, es presenta el codi \LaTeX necessari per crear la taula A.1 que apareix més avall:

```
\begin{tabular}{@{}l l S@{}}
\toprule
\multicolumn{2}{c}{Cotxes} \\\
\cmidrule(r){1-2}
{Posició} & {Descripció} & {Velocitat màxima} \\\
& & \multicolumn{1}{c}{(\unit{kilo}{meter}{per}{second})} \\\
\midrule
1 & Vermell & 120 \\\
2 & Blau & 80.1 \\\
3 & Verd & 92.50 \\\
4 & Blanc & 33.33 \\\
5 & Negre & 56.3 \\\
\bottomrule
\end{tabular}
```

| Cotxes | | |
|---------|------------|---|
| Posició | Descripció | Velocitat màxima (km s ⁻¹) |
| 1 | Vermell | 120 |
| 2 | Blau | 80.1 |
| 3 | Verd | 92.50 |
| 4 | Blanc | 33.33 |
| 5 | Negre | 56.3 |

Table A.1: Exemple de taula

```
\caption{Exemple de taula} \label{NomTaula}
\end{table}
```

L'entorn tabular que ofereix \LaTeX és molt complet i permet crear multitud de taules diferents, tot i que alhora és bastant complexe. No són les intencions del present document descriure la sintaxis i el format d'aquest tipus d'entorn. Es poden trobar molt fàcilment *tutorials* o altres informacions per aprendre a utilitzar de forma adient aquesta sintaxis o qualsevol altra de \LaTeX . És bastant recomanable llegir la documentació del *package booktabs*¹ [?] on s'introdueixen una sèrie de comandes per a poder realitzar taules de més qualitat com la de l'exemple, també es defineixen quines han de ser les pautes per fer una taula d'aspecte formal. En aquest exemple concret també s'han usat les columnes `S` i `s` que ofereix el paquet `siunitx` [?]. Un efecte similar es podria aconseguir amb les columnes de tipus `D` que inclou `memoir` [?, Cap. 11].

Cal fixar-se en que \LaTeX insereix les figures i taules sempre al principi de pàgina. Per tant, no cal preocupar-se per la seva posició dintre del document s'insereixen sempre en la mateixa posició de forma automàtica.

A.5 Bibliografia

A la bibliografia s'han de llistar conjuntament llibres i articles de revistes. Citar una referència bibliogràfica és tant fàcil com fer:

```
\cite{bib1}, \cite{bib2}, \cite{bib3}
```

per citar la referència [?], [?], [?].

El format de la bibliografia es genera automàticament.

A.6 Acrònims

Per exemple, un acrònim ben conegut és l'Internet Protocol (IP).

¹No cal incloure la comanda `\usepackage{booktabs}` dins el document perquè la classe ja ho fa.