



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
Universidad Zaragoza

# **PROYECTO FIN DE CARRERA**

## **Estudio sobre la Basura Electrónica**

### **MEMORIA ACADÉMICA**

**Ingeniería Técnica Industrial**  
**Especialidad Electrónica Industrial**

Autora: Silvia Pérez Laborda  
Tutor: Miguel Ángel Torres Portero



## INDICE:

<b>1. RESUMEN DEL PROYECTO.....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESARROLLO DEL PROYECTO.....</b>	<b>5</b>
<b>3. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>8</b>
3.1. ESTUDIO DE LA MATERIA Y RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN .....	8
3.2. REDACCIÓN Y ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS .....	9
<b>4. EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO TUTORIAL.....</b>	<b>10</b>
<b>5. BALANCE DE HORAS .....</b>	<b>13</b>
<b>6. CONCLUSIONES PERSONALES .....</b>	<b>14</b>
<b>7. AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>15</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>16</b>

## 1. RESUMEN DEL PROYECTO

El tema principal del proyecto ha sido el estudio del impacto medio ambiental de los productos eléctricos y electrónicos al final de su vida útil, es decir, de la basura electrónica (o también llamada e-waste).

El objetivo ha sido dar a conocer las consecuencias de este tipo de desechos y las soluciones que tanto empresas como gobiernos están llevando a cabo ya sea de manera voluntaria o gracias a diversas normativas redactadas recientemente.

El primer punto tratado constituye una introducción al tema principal del proyecto desde algunas ventajas ecológicas del uso de aparatos electrónicos, la rapidez con la que se consideran obsoletos, las alternativas al final de su vida útil, y finalmente algunos datos históricos y actuales que muestran la tendencia a la alza tanto de producción, como de venta y de eliminación de este tipo de productos.

El segundo tema tratado constituye un estudio del impacto ecológico que tiene la basura electrónica en la salud y en el medio ambiente, tratando previamente los tipos de materiales que la componen para posteriormente explicar los riesgos y efectos nocivos que tienen tanto al ser desechados como al ser manipulados incorrectamente por trabajadores del reciclaje normalmente en países en vías de desarrollo.

El tercer apartado desarrolla los principales aspectos de la sociedad ecológica en que, afortunadamente, nos estamos convirtiendo siendo cada vez más los consumidores verdes que preferimos comprar productos de menor impacto medio ambiental y por ello las empresas emplean un tipo de marketing ecológico con el fin de captar a estos posibles clientes, llevando a cabo una mejora en sus diseños y procesos, e intentando demostrar los resultados de esas buenas prácticas mediante la obtención de las llamadas eco-etiquetas.

Obviamente, existen muchas empresas que no están interesadas en realizar voluntariamente los cambios necesarios (principalmente por motivos económicos) y por ello se han elaborado distintas regulaciones y directivas, las cuales son comentadas en el siguiente punto y recogidas textualmente en los anexos.

Tras este capítulo, se trata una de las consecuencias negativas de la existencia de dichas normativas en países desarrollados, como es la exportación de basura electrónica a países en vías de desarrollo, situación frente a la cual se ha dictado un convenio entre múltiples países con el objetivo de evitar estos movimientos de los aparatos eléctricos y electrónicos al final de su vida útil.

Para finalizar el presente proyecto, los últimos temas desarrollados son en base a una compañía multinacional de productos electrónicos entre los que destacan los ordenadores e impresoras y que es conocida por todo usuario de este tipo de artículos llamada Hewlett-Packard (aunque también recibe el nombre de sus iniciales: HP).

En esta última sección se explica la imagen externa de la empresa, se detallan las buenas prácticas ecológicas que ha llevado a cabo desde sus orígenes, su compromiso con todo tipo de legislación medio ambiental así como la obtención de diversas eco-etiquetas que lo demuestran y finalmente, su colaboración en programas con países en vías de desarrollo.

## 2. DESARROLLO DEL PROYECTO

La documentación presentada sigue el siguiente índice:

1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. IMPACTO ECOLÓGICO .....	8
2.1. COMPONENTES DE LA BASURA ELECTRÓNICA .....	8
2.2. REPERCUSIONES EN LA SALUD Y EN EL MEDIO AMBIENTE.....	12
3. SOCIEDAD ECOLOGICA .....	21
3.1. ECOCONSUMO.....	21
3.2. MARKETING ECOLÓGICO .....	23
3.3. DISEÑO ECOLÓGICO.....	27
3.4. ECO-ETIQUETAS .....	35
4. PRINCIPALES REGULACIONES Y DIRECTIVAS .....	48
4.1. EPR (EXTENDED PRODUCER RESPONSIBILITY) .....	49
4.2. RAEE (RECICLADO DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS) / WEEE (WASTE FROM ELECTRICAL AND ELECTRONICAL EQUIPMENT) ...	56
4.2.1.SISTEMAS DE ORGANICACIÓN PARA LA RECOGIDA DE E-WASTE .....	64
4.2.2. CANALES DE RECOGIDA .....	67
4.2.3. FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LA DIRECTIVA .....	68
4.2.3.1. Fortalezas .....	68
4.2.3.2. Debilidades .....	70
4.2.3.3. RAEE EN ESPAÑA .....	73
4.3. ROHS (RESTRICTION ON HAZARDOUS SUBSTANCES) .....	75
5. EXPORTACIÓN DE BASURA ELECTRÓNICA .....	79

5.1. REALIDAD CAMUFLADA.....	81
5.2. SITUACIÓN EN PAÍSES SUBDESARROLLADOS .....	82
5.3. CONVENIO DE BASILEA .....	85
5.3.1. Traslado de residuos .....	87
6. EJEMPLO DE PRODUCTOR ECOLÓGICO: HP .....	89
6.1. IMAGEN EXTERNA: ANÁLISIS DE GREENPEACE .....	90
6.2. HISTORIA ECOLÓGICA.....	94
6.3. ACTUALIDAD EN LA GESTIÓN DE E-WASTE.....	101
6.3.1. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA .....	101
6.3.2. DISEÑO.....	103
6.3.2.1. DISEÑO PARA EL MEDIO AMBIENTE.....	104
6.3.2.2. DISEÑO PARA EL RECICLAJE .....	105
6.3.2.3. MATERIALES .....	108
6.3.2.4. PAPEL Y EMBALAJE .....	111
6.3.3. ACUERDOS Y NORMATIVAS .....	114
6.3.3.1. RAEE .....	114
6.3.3.2. ROHS .....	117
6.3.3.3. GSE – ESTÁNDAR HP 011.....	121
6.3.3.4. ELECTRONIC INDUSTRY CODE OF CONDUCT .....	129
6.3.3.5. POLÍTICA DE MEDIO AMBIENTE, SALUD Y SEGURIDAD .....	134
6.3.3.6. POLÍTICA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL Y MEDIOAMBIENTAL EN LA CADENA DE SUMINISTRO .....	135
6.3.4. ETIQUETAS ECOLÓGICAS .....	137
6.3.5. FIN DE VIDA ÚTIL DEL PRODUCTO .....	141

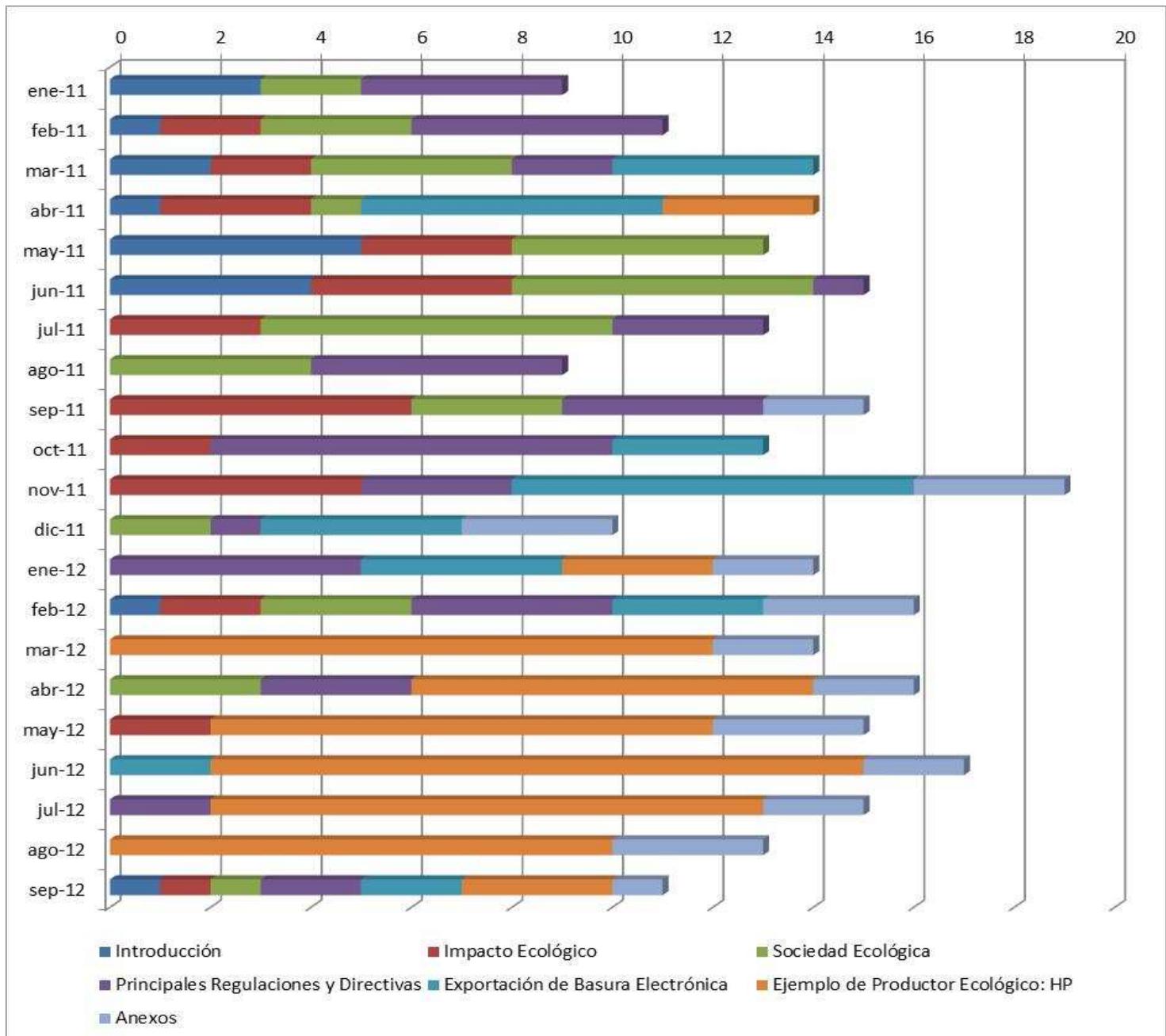
6.3.5.1. RENOVACIÓN Y REUTILIZACIÓN.....	142
6.3.5.2. RECICLADO Y RECUPERACIÓN .....	144
6.3.5.3. COLABORACIONES Y AUDITORÍAS.....	146
6.3.5.4. RESULTADOS.....	148
6.4. COLABORACIÓN EN PROGRAMAS CON PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO .....	152
7. CONCLUSIONES .....	162
8. ACRÓNIMOS.....	163
9. REFERENCIAS.....	165

## ANEXOS

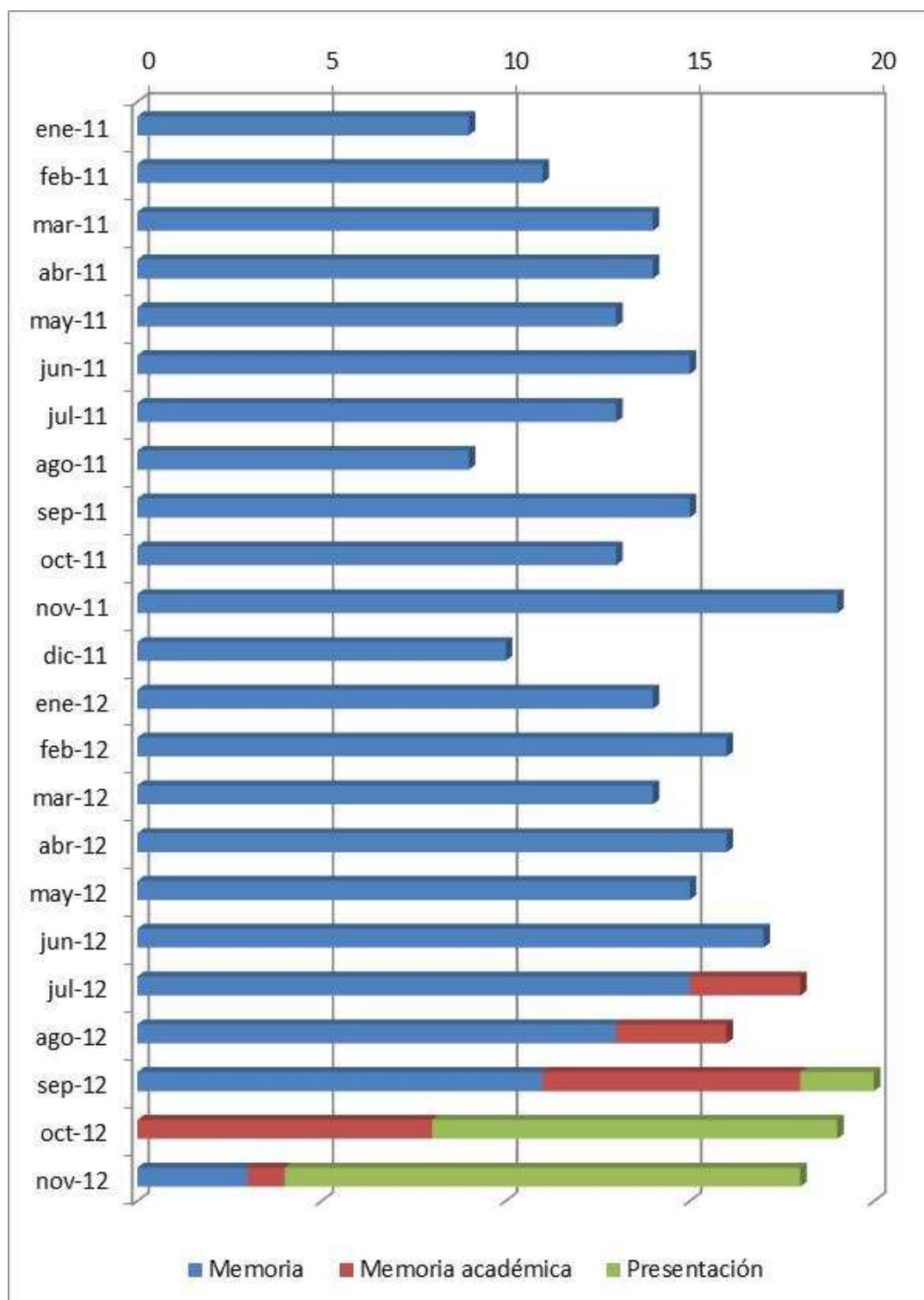
1. ANEXO I: REQUISITOS DE DISEÑO ECOLOGICO.....	4
2. ANEXO II: ETIQUETA ECOLÓGICA EUROPEA .....	48
3. ANEXO III: RAEE .....	73
4. ANEXO IV: ROHS.....	108
5. ANEXO V: ROHS 2 .....	119
6. ANEXO VI: CONVENIO DE BASILEA .....	166

### 3. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

#### 3.1. ESTUDIO DE LA MATERIA Y RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN



### 3.2. REDACCIÓN Y ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS



## 4. EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO TUTORIAL

Durante el estudio, documentación y redacción de este proyecto:

### Reunión 1

**Fecha:** 24 de febrero de 2011

**Destinatario:** Miguel Ángel Torres Portero

**Asuntos Tratados:** Proposición de la temática del proyecto y condiciones de elaboración

### Reunión 2

**Fecha:** 3 de marzo de 2011

**Destinatario:** Miguel Ángel Torres Portero

**Asuntos Tratados:** Orientación sobre la temática y objetivos a estudiar

### Reunión 3

**Fecha:** 14 de abril de 2011

**Destinatario:** Miguel Ángel Torres Portero

**Asuntos Tratados:** Exposición del índice provisional

### Reunión 4

**Fecha:** 21 de diciembre de 2011

**Destinatario:** Stephen Harper (jefe de mi departamento)

**Asuntos Tratados:** Proposición del uso de información de la empresa para su utilización como ejemplo en el proyecto fin de carrera

## Reunión 5

**Fecha:** 5 de febrero de 2012

**Destinatario:** Miguel Ángel Torres Portero

**Asuntos Tratados:** Muestra de la evolución del proyecto para posibles correcciones y obtención de información sobre la realización de la Memoria Académica

## Reunión 6

**Fecha:** 10 de Abril de 2012

**Destinatario:** Simon Riley (nuevo jefe de mi departamento)

**Asuntos Tratados:** Presentación de la temática del proyecto y petición de permiso para usar información posiblemente confidencial de la empresa

## Reunión 7

**Fecha:** 16 de abril de 2012

**Destinatario:** Engelina Jaspers y Chris Librie (departamento de medio ambiente de HP)

**Asuntos Tratados:** Presentación de la temática del proyecto y obtención de permiso para usar información medioambiental de la empresa

## Reunión 8

**Fecha:** 7 de julio de 2012

**Destinatario:** Miguel Ángel Torres Portero

**Asuntos Tratados:** Muestra de la evolución del proyecto para posibles correcciones y acuerdo de fecha de presentación del proyecto fin de carrera

## Reunión 9

**Fecha:** noviembre de 2012

**Destinatario:** Miguel Ángel Torres Portero

**Asuntos Tratados:** Presentación de la memoria, anexos, memoria académica y diapositivas para posibles correcciones finales antes de la entrega en secretaría y firma del documento de propuesta y aceptación del proyecto fin de carrera

## 5. BALANCE DE HORAS

Trabajo personal realizado:

Materia	Tiempo destinado
Búsqueda bibliográfica	208 h
Estudio de la materia	118 h
Realización del Estudio	466 h
Realización de los Anexos	114 h
Realización de la Memoria Académica	55 h
Realización de la presentación	81 h
Revisión de los documentos	97 h
<b>Total</b>	<b>1139 h</b>

## 6. CONCLUSIONES PERSONALES

En el momento en que me decidí comenzar el proyecto fin de carrera, me decanté por un tema que había despertado mi interés durante el estudio de una de las asignaturas de la ingeniería que ahora finalizo, que son los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos cuyas principales normativas, la RoHS y la RAEE, fueron tema de estudio en Oficina Técnica.

Sinceramente, empecé con ilusión pues sólo sabía que se habían elaborado unas directivas medioambientales a nivel europeo, lo cual era muy positivo para la salud del planeta y de los seres que en él vivimos, pero en un primer momento de mi investigación me entristeció en gran medida leer multitud de artículos en que se trataban los efectos nocivos que los desechos de estos aparatos tenían al no ser eliminados o reciclados correctamente sobretodo en países en vías de desarrollo donde no existían dichas regulaciones y darme cuenta también de la cantidad de exportación de estos productos al final de su vida útil con estos territorios como destino. Finalmente, y gracias a mi actual trabajo en HP, que aunque por un lado ha ralentizado la redacción de este proyecto debido al escaso tiempo de que disponía fuera de mi horario laboral, pero por otro lado me ha brindado la oportunidad de conocer cómo se tratan estos temas en una empresa real y volver a ser optimista ya que pude observar multitud de buenas prácticas en su estudio.

Una vez concluido el proyecto, y gracias a los conocimientos que he adquirido en su realización, he descubierto una rama de la ingeniería electrónica y un área en las empresas multinacionales muy interesante, en el cual espero poder desarrollar mi carrera dentro de HP, compañía para la que actualmente trabajo en otro departamento.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fin de carrera no se habría podido realizar sin la colaboración de muchas personas que me han prestado su ayuda, sus conocimientos y su apoyo. Quiero agradecerles a todos ellos cuanto han hecho por mí, para que este proyecto saliera adelante de la mejor manera posible.

Quedo especialmente agradecido con mi director del proyecto, Miguel Ángel Torres Portero, por inspirarme en la idea de este estudio tras tratar con sencillez y claridad el tema de las normativas RoHS y RAEE en la asignatura de Oficina Técnica, lo que me hizo descubrir e interesarme en un nuevo campo hasta entonces desconocido por mí. También quisiera agradecerle la oportunidad de realizar éste proyecto, así como por su entera disposición para orientarme y ayudarme durante estos meses ante todas las dudas y dificultades que han ido surgiéndome en su realización.

A toda mi familia, en especial a mi marido Carlos por su paciencia y apoyo en el tiempo que he debido dedicar a este proyecto, y a nuestro futuro hijo/a por estar dándome un embarazo tranquilo, haciendo que las náuseas y el cansancio no sea un impedimento para redactar los últimos apartados.

A mis jefes Steve y Simon, así como también al departamento de medio ambiente de HP, destacando entre ellos a Chris y Engelina, gracias a quienes encontré las fuentes de información de los temas relacionados con la empresa y recibí su aprobación para usar una posible información confidencial de la compañía.

No podría finalizar estos agradecimientos sin nombrar a todos los compañeros y profesores que he tenido la oportunidad de conocer a lo largo de toda la carrera por su inestimable ayuda prestada durante la misma, sin la cual difícilmente hubiera conseguido llegar hasta aquí, y quisiera hacer una mención especial al profesor Tomás Pollán quien aumentó mis gustos e inquietudes en la ingeniería y quien lamentablemente falleció recientemente.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Principales publicaciones examinadas:

- (1) “*Material informático y contaminación medioambiental*”, Alejandro Castán Salinas, 2007
- (2) “*The Contribution the ICT Industry Can Make to Sustainable Development*”, BSR (Business for Social Responsibility), 2008
- (3) “*Implementation of the Waste Electric and Electronic Equipment Directive in the EU*”, European Commission, 2006
- (4) “*Libro Verde sobre la Política de Productos Integrada*”, Comisión de las Comunidades Europeas, 2001
- (5) “*Hacia una estrategia temática para la prevención y el reciclado de residuos*”, Comisión de las Comunidades Europeas, 2003
- (6) “*EL ETIQUETADO ECOLÓGICO: Un análisis de su utilización como instrumento de marketing*”, Antonio Chamorro Mera, 2003
- (7) “*Toxic Chemicals in Computers*”, Greenpeace, 2006
- (8) “*E-Waste*”, Priti Mahesh, 2007
- (9) “*Toxic Tech: The dangerous chemicals in electronic products*” , Greenpeace, 2005
- (10) “*Export of Electronics Equipment Waste*”, Joseph Ladou, Sandra Lovegrove, 2008
- (11) “*WEEE — Green List Waste Study*”, ICER, 2004
- (12) “*Toxic Tech: Not in our backyard*” , Greenpeace, 2008
- (13) “*Toxic Tech: Pulling the plug on dirty electronics*” , Greenpeace, 2005
- (14) “*Recycling: no excuse for global environmental injustice*”, Jim Puckett, 2003
- (15) “*Towards green electronics*”, Greenpeace, 2011
- (16) “*EPR: Sustainable solution to Electronic waste*”, Priti Mahesh, 2006
- (17) “*HP’s Environmental History*”, Hewlett-Packard, 2010
- (18) “*Guide to Greener Electronics*” , Greenpeace, 2011

- (19) “*The Environmental Product Life Cycle: Environmentally Conscious Product End of Life*”, David Daoud, 2007
- (20) “*The Environmental Product Life Cycle: Environmentally Friendly Manufacturing*”, Matthew Eastwood, 2007
- (21) “*The Environmental Product Life Cycle: Environmentally Friendly Design*”, Matthew Eastwood, 2007
- (22) “*E-waste management in South Africa, Kenya and Morocco: Developing a pathway to sustainable systems*”, Hewlett-Packard, 2009
- (23) “*HP Products Built to Protect the Environment*”, Jean S. Bozman, 2007

Principales páginas web de referencia:

- <http://eur-lex.europa.eu> → Consultas a la legislación vigente en Europa
- <http://www.basel.int> → Basel Convention
- <http://www.ine.es> → Instituto Nacional de Estadística
- <http://www.jrc.es> → European Commission's Joint Research Centre
- <http://www.toxicslink.org/> → Toxics Link (ONG)
- <http://www.greenpeace.org/international/en/> → Greenpeace (ONG)
- <http://www.atsdr.cdc.gov/> → Agency for Toxic Substances and Disease Registry
- <http://ewasteguide.info/> → A knowledge base for the sustainable recycling of e-Waste
- <http://www.hp.com/> → Hewlett-Packard Development Company, L.P.
- <http://www.interbrand.com/> → Interbrand (Creating and Managing Brand Value)
- <http://www.bsr.org/> → Business for Social Responsibility

Memoria Académica del Estudio sobre la Basura Electrónica