

# LLIBRE DIDÀCTIC D'ANÀLISI DEL CICLE DE VIDA (ACV)

*Xarxa Temàtica Catalana d'ACV*

Coordinació i edició: Rita Puig



Amb el suport de:



 Generalitat de Catalunya  
Departament d'Universitats, Recerca  
i Societat de la Informació





# Índex

	Pàg.
<b>Presentació</b>	
<b>1 Què és una ACV?: Metodologia.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Fase 1: Definició d'objectius i abast.....</b>	<b>2</b>
1.1.1 Objectiu.....	2
1.1.2 Unitat funcional.....	2
1.1.2.1 Exercicis.....	3
1.1.3 Límits del sistema.....	4
1.1.4 Assignació de càrregues.....	5
1.1.4.1 Exercicis.....	6
<b>1.2 Fase 2: Inventari.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Fase 3: Avaluació d'impactes ambientals en l'ACV.....</b>	<b>8</b>
1.3.1 Caracterització.....	9
1.3.2 Valoració.....	12
<b>1.4 Fase 4: Interpretació dels resultats.....</b>	<b>13</b>
<b>1.5 Altres consideracions de l'ACV.....</b>	<b>14</b>
1.5.1 Dependència metodològica de l'aplicació.....	14
1.5.2 Principals grups metodològics de l'ACV.....	14
1.5.3 Punts forts i febles de l'ACV.....	16
1.5.4 Limitacions actuals en l'ús de l'ACV.....	16
Bibliografia.....	17
 <b>Casos pràctics</b>	
<b>2 Ecodisseny de tres components elèctrics-electrònics de l'automòbil emprant l'ACV.....</b>	<b>19</b>
2.1 Justificació.....	19
2.2 Definició d'objectius i abast.....	19
2.2.1 Objectius.....	19
2.2.2 Unitat funcional.....	20
2.2.3 Abast.....	20
2.2.4 Assignacions de càrrega.....	21
2.2.5 Consideracions.....	21
2.3 Inventari.....	21

2.4	Avaluació d'impactes.....	22
2.5	Discussió de resultats.....	23
2.6	Conclusions finals.....	24
2.7	Nota bibliogràfica.....	27
<b>3</b>	<b>Aplicació de l'ACV a una marquesina.....</b>	<b>27</b>
3.1	Justificació.....	27
3.2	Objectius i abast.....	28
3.2.1	Objectiu.....	28
3.2.2	Unitat funcional.....	28
3.2.3	Sistema.....	28
3.3	Inventari del cicle de vida.....	29
3.3.1	Subsistema 1: Fabricació i processament de matèries primeres....	30
3.3.2	Subsistema 2: Muntatge i instal·lació de la marquessina.....	30
3.3.3	Subsistema 3: Us i manteniment.....	33
3.3.4	Subsistema 4: Gestió de residus.....	34
3.4	Avaluació d'impactes del cicle de vida.....	34
3.5	Discussió de resultats.....	40
3.6	Conclusions finals.....	40
3.7	Exercicis.....	41
<b>4</b>	<b>ACV comparativa del compostatge i l'abocament de la fracció orgànica dels residus municipals (FORM).....</b>	<b>42</b>
4.1	Justificació.....	42
4.2	Abast de l'estudi.....	42
4.2.1	Funció del sistema.....	42
4.2.2	Unitat funcional.....	42
4.2.3	Descripció del sistema.....	42
4.2.4	Assignació de càrregues.....	43
4.2.5	Límits del sistema.....	43
4.3	Inventari.....	45
4.4	Avaluació d'impactes.....	46
4.4.1	Categories utilitzades.....	46
4.4.2	Resultats de la caracterització.....	46
4.5	Discussió de resultats.....	47
4.6	Conclusions.....	48
4.7	Exercicis.....	48
	Annex 1.....	49
	Annex 2.....	52
	Referències.....	54

<b>5</b>	<b>Anàlisi del cicle de vida del gel de dutxa HIDRO-GENESSE.....</b>	<b>55</b>
5.1	Aspectes generals.....	55
5.2	Definició d'objectius i abast.....	55
5.2.1	Objectius.....	55
5.2.2	Funció del producte i unitat funcional.....	56
5.2.3	Cicle de vida del gel de dutxa.....	56
5.2.4	Límits del sistema.....	56
5.2.5	Regles d'assignació de càrregues ambientals.....	57
5.2.6	Metodologia d'avaluació d'impacte.....	57
5.2.7	Requisits de qualitat de les dades.....	57
5.3	Inventari.....	58
5.3.1	Producció de materials d'embalatge.....	58
5.3.2	Fabricació de components d'embalatge.....	58
5.3.3	Producció de matèries primeres i material de condicionament del producte.....	59
5.3.4	Elaboració / envasat del gel de dutxa.....	59
5.3.5	Final de vida.....	60
5.4	Avaluació d'impactes del cicle de vida.....	61
5.4.1	Impactes ambientals considerats.....	61
5.4.2	Impacte ambiental del cicle de vida.....	61
5.4.2.1	Eutrofització.....	63
5.4.2.2	Destrucció de l'ozó estratosfèric.....	64
5.4.2.3	Escalfament global.....	64
5.4.2.4	Acidificació.....	65
5.4.2.5	Consum d'energia.....	65
5.4.2.6	Consum d'aigua.....	66
5.4.2.7	Producció de residus.....	67
5.5	Conclusions.....	67
<b>6</b>	<b>ACV comparativa dels paviments amortidors de caigudes utilitzats en parcs infantils</b>	<b>69</b>
6.1	Justificació.....	69
6.2	Abast de l'estudi.....	69
6.2.1	Funció del sistema.....	69
6.2.2	Unitat funcional.....	69
6.2.3	Descripció del sistema.....	70
6.2.4	Assignació de càrregues.....	70

6.2.5	Sistema d'estudi i límits.....	71
6.3	Inventari.....	73
6.4	Avaluació d'impactes.....	77
6.4.1	Categories utilitzades.....	77
6.4.2	Resultats de la caracterització.....	78
6.5	Discussió de resultats.....	78
6.6	Conclusions.....	80
6.7	Exercicis.....	80
	Annex 1.....	81
	Annex 2.....	87
	Referències.....	90
<b>7</b>	<b>ACV comparativa entre contenidors metàl·lics i contenidors de plàstic.....</b>	<b>91</b>
7.1	Justificació.....	91
7.2	Definició d'objectius i abast.....	91
7.2.1	Objectius.....	91
7.2.2	Unitat funcional.....	92
7.2.3	Abast.....	93
7.2.4	Assignacions de càrrega.....	93
7.2.5	Consideracions.....	94
7.3	Inventari.....	95
7.4	Avaluació d'impactes.....	97
7.5	Discussió de resultats.....	99
7.6	Conclusions finals.....	99

## **Presentació**

Aquesta publicació s'ha fet amb el propòsit que sigui una eina útil a l'hora d'aprendre a fer una ACV. És, per tant, una publicació de caire didàctic, amb exemples pràctics comentats de forma breu per tal que no siguin massa complicats, però alhora prou extensos per arribar als detalls més importants en cada cas.

S'inclouen també preguntes i exercicis per ajudar a la comprensió de tots els aspectes metodològics d'aquesta eina de gestió ambiental.

Aquest llibre ha estat elaborat pels membres de la xarxa temàtica catalana d'ACV, a partir de l'experiència de cadascun dels membres en aquest camp i compta amb el suport del Departament de Medi Ambient, per a l'elaboració de la pàgina web, i de la CIRIT i el Departament d'Universitats Recerca i Societat de la Informació (DURSI) de la Generalitat de Catalunya, que han subvencionat aquesta xarxa temàtica.

# 1 Què és una ACV?: Metodologia

R.Puig<sup>1</sup>, L.Milà<sup>2</sup>, P.Fullana<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial d'Igualada (EUETII- L'Escola d'Adoberia)  
Plaça del Rei, 15. 08700 Igualada (Barcelona)

Tel. 93 803 53 00 Fax 93 803 15 89, [rpuig@euetii.upc.es](mailto:rpuig@euetii.upc.es)

<sup>2</sup>Centre d'Estudis Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona  
Edifici Cn, Torre C-5, 4<sup>a</sup> planta 08193 Bellaterra (Barcelona)

Tel 93 58117 02 Fax 93 581 29 20, [lmila@elisava.iccic.edu](mailto:lmila@elisava.iccic.edu)

<sup>3</sup>Randa Group, S.A

C/Cardenal Vives i Tutó, 41 Entl. 12, 08034-Barcelona

Tel. 93 280 02 58 Fax 93 205 37 44, [pfullana@randagroup.es](mailto:pfullana@randagroup.es)

L'Anàlisi del Cicle de Vida (ACV) és una eina de gestió que serveix per avaluar el comportament ambiental d'un producte al llarg de tot el seu cicle de vida ("des del bressol a la tomba"). Això vol dir que l'estudi inclou, a més de la fabricació d'aquest producte, la producció de les seves matèries primeres, el seu ús i manteniment i la gestió del residu un cop ha acabat la seva vida útil <sup>(1, 2)</sup>.

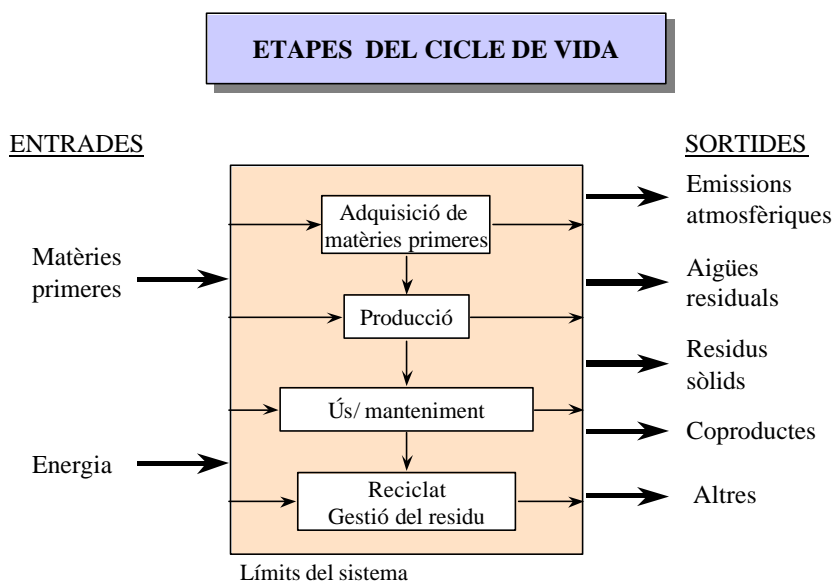


Figura 1.1 Etapes del cicle de vida

Els estudis d'ACV utilitzen una metodologia molt concreta, que té 4 fases: la **definició d'objectius i abast** de l'estudi, la realització d'un **inventari** dels consums (de matèria i energia) i les emissions de cadascuna de les etapes del cicle de vida, l'**avaluació dels impactes** que aquests consums i emissions poden provocar sobre el medi ambient i finalment una **interpretació** dels resultats obtinguts (vegeu la Figura següent, extreta de la norma ISO 14040<sup>(3)</sup>).

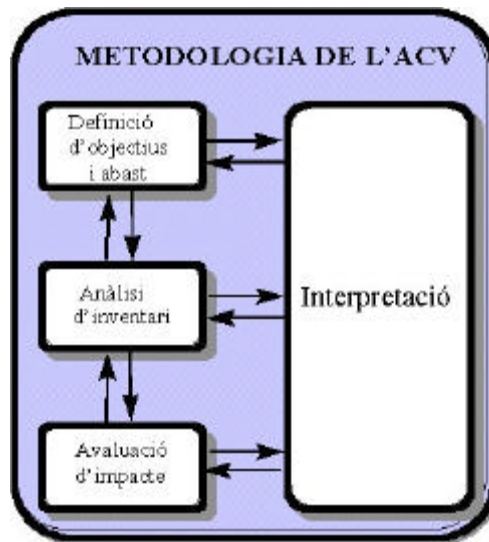


Figura 1.2 Fases de la metodologia de l'ACV segons la norma ISO 14040

## 1.1 Fase 1 ACV: Definició d'objectius i abast

### 1.1.1 Objectiu

La realització d'un estudi d'ACV es pot fer per diferents motius o amb diferents objectius. Pot haver-hi per exemple ACV que tinguin l'objectiu de comparar ambientalment dos productes o serveis, o bé dos processos, etc. Per exemple, un estudi fet amb el propòsit d'avaluar si és millor ambientalment, per a una determinada beguda, un envàs de vidre reutilitzable o bé un envàs de plàstic reciclable.

Hi ha altres estudis, en canvi, que tenen l'objectiu de determinar les etapes del cicle de vida que contribueixen més a determinats impactes per tal de poder proposar millores ambientals. Per exemple, avaluar el cicle de vida d'una nevera a fi de veure quines etapes influeixen més significativament en els impactes ambientals, per treure'n els criteris que hauran de complir aquest tipus de productes per aconseguir l'ecoetiqueta.

### 1.1.2 Unitat funcional

La unitat funcional serà la unitat a la qual aniran referides totes les dades del sistema (tant de consums com d'emissions).

Aquesta unitat pot ser **de tipus físic**; per exemple en el cas d'avaluar el cicle de vida d'una nevera, es podria agafar com a unitat funcional "una nevera de característiques x". O bé, **de tipus funcional**; per exemple si volem comparar dues pintures d'exterior podríem agafar com a unitat funcional "la quantitat de pintura necessària per mantenir ben pintat 1 m<sup>2</sup> de paret durant 10 anys".

Normalment quan es vol fer algun tipus de comparació (cal tenir en compte que només es podran comparar productes o serveis que compleixin una mateixa funció), és necessari agafar

una unitat de tipus funcional, és a dir, que vagi referida a la funció que desenvolupen els productes o serveis a comparar. Llavors els productes o serveis es compararan segons la unitat funcional. En l'exemple de les pintures anomenat anteriorment, no tindria cap sentit agafar com a unitat funcional "100 kg de pintura", ja que potser amb 100 kg de la pintura A s'obtingria millor rendiment que amb la mateixa quantitat de la pintura B (perquè una té més aigua que l'altra, o una necessita menys manteniment que l'altra, etc.).

És molt important a l'hora de fer un estudi d'ACV, d'agafar una unitat funcional adequada.

### 1.1.2.1 Exercicis

1.- Una empresa que produeix mistos vol avaluar l'impacte ambiental del seu producte. Quina podria ser la unitat funcional de l'estudi?

Solució: En aquest cas pot agafar-se una unitat de tipus físic, per exemple una capsa de mistos.

2.- Aquesta mateixa empresa vol comparar l'impacte ambiental dels mistos que produeix amb l'impacte ambiental d'un encenedor. Quina podria ser en aquest cas la unitat funcional?

Solució: En aquest cas no pot agafar-se una unitat de tipus físic, no es pot comparar una capsa de mistos amb un encenedor. Per tant, s'haurà de considerar una unitat de tipus funcional, per exemple: 100 cigarrets encesos. S'ha de tenir en compte que si l'objectiu és encendre els fogons d'una cuina, el resultat seria diferent ja que no ens trobaríem en un ambient exterior com passa normalment a l'hora d'encendre un cigarret.

3.- A partir de les característiques mostrades a la taula següent. Quina pintura (A, B o C) és preferible des d'un punt de vista ambiental? Desenvolupa la resposta.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1. Poder de recobriment (m <sup>2</sup> /kg de pintura)	10	8	6
2. Capacitat de l'envàs (kg de pintura)	25	50	25
3. Durada (anys)	2.5	2	2
4. Preu (euro/kg de pintura)	7.35	6.25	5.30
5. Escalfament global (kg CO <sub>2</sub> /kg de pintura)	12	10	7

Solució: Pintura A

L'únic paràmetre ambiental del qual disposem per a la resposta són les emissions de CO<sub>2</sub>. (Si volguéssim prendre en consideració el material usat per a l'envàs hauríem de saber quant pesa cada envàs, i no ho sabem). Si prenem com a unitat funcional 10 m<sup>2</sup> durant 10 anys:

Kg CO <sub>2</sub> / u.f. = fila 5/ (fila 1·fila 3) ·100	<b>48</b>	62.5	58.3
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>

La informació sobre el preu és irrellevant si l'únic criteri de preferència és l'ambiental.

4.- A partir de les característiques mostrades a la taula següent. Quin suavitzant (A, B o C) és preferible des d'un punt de vista ambiental? Desenvolupa la resposta.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Capacitat de l'envàs (litres)	1	4	2.5
Preu (euro / ampolla de suavitzant)	4.35	6.25	5.30
Rentades / litre de suavitzant	10	5	12
Pes de l'envàs (g HDPE* / ampolla)	45	236	185

\*HDPE: polietilè d'alta densitat

### Solució: Suavitzant A

L'únic paràmetre ambiental del qual disposem per a la resposta és el pes de l'envàs. (Si volguéssim prendre en consideració els litres de suavitzant utilitzats per rentada hauríem de conèixer l'impacte per litre, i no el sabem). Si prenem com a unitat funcional 100 rentades:

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
g HDPE / u.f. = fila 4/ (fila 1·fila 3) ·100	<b>450</b>	1180	616.7

La informació sobre el preu és irrellevant si l'únic criteri de preferència és l'ambiental.

### 1.1.3 Límits del sistema

S'entén per límits del sistema o abast de l'estudi a la definició clara de què és el que s'inclou dins el sistema estudiat i què és el que queda fora.

Per exemple, a la Figura 1.3 es mostren les etapes del cicle de vida d'un perfum; sobre fons groc hi ha les etapes que entren dins l'estudi i a la dreta, sobre fons blanc, les etapes que se n'han exclòs (fabricació de la cel·lofana, del concentrat de perfum, etc.). Normalment s'exclouen de l'estudi aquelles etapes que es preveu que no serien significatives (que no tindrien un pes important).

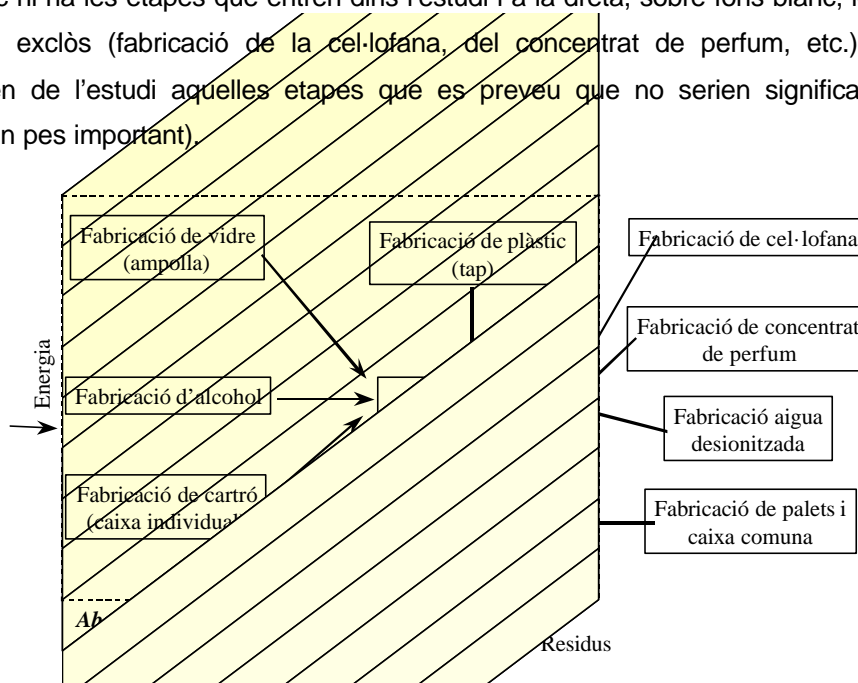


Figura 1.3 Diagrama de procés i límits del sistema per a l'ACV d'un perfum <sup>(1)</sup>

#### 1.1.4 Assignació de càrregues

S'hauran d'assignar càrregues sempre que un sistema (o subsistema) condueixi a diversos productes (o realitzi diverses funcions) i no tots ells entrin dins els límits de l'estudi. En aquests casos s'han de repartir les càrregues ambientals del sistema (o subsistema) entre els diferents productes que s'obtenen.

El millor en aquests casos és expandir els límits del sistema estudiat per tal d'incloure-hi l'obtenció del producte B', que serà substituït pel B que obtindrem junt amb l'A que ens interessava (tal com mostra la Figura 1.4).

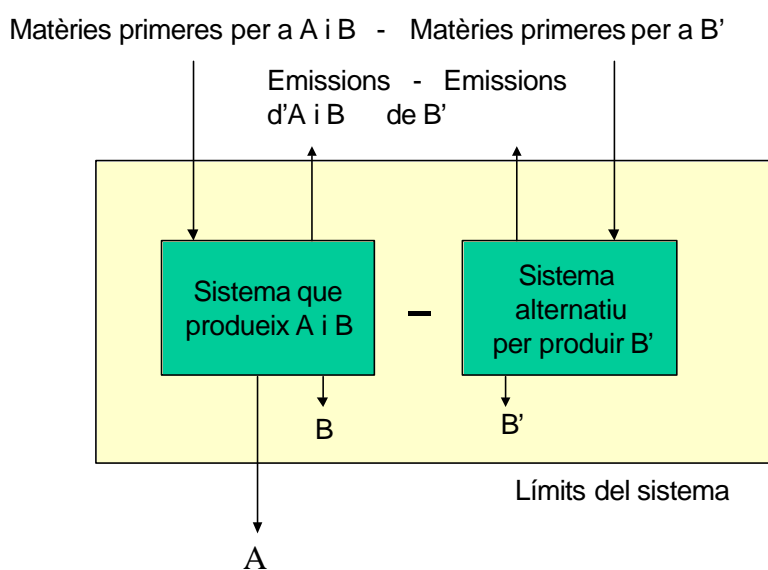


Figura 1.4 Expansió dels límits del sistema estudiat per tal d'evitar fer assignació de càrregues entre A i B.

Si no és possible expandir els límits del sistema tal com s'indica anteriorment, o bé aquesta expansió suposa allargar innecessàriament l'estudi, llavors l'assignació de càrregues s'hauria de fer pel principi de causalitat, és a dir, assignar les càrregues al producte que les causa, o bé al producte a causa del qual aquella activitat existeix. Quan aquest principi no és aplicable, o bé no és prou adequat, es pot fer per altres mètodes com són: la quantitat (massa, molaritat, nombre, etc.), el preu o una combinació d'ambdós.

Per exemple, en el cicle de vida d'una sabata de pell, s'ha d'anar a l'origen de la pell i estudiar els consums i les emissions per a l'engreix de l'animal a la granja i després els consums i emissions a l'escorxador, etc. A l'escorxador s'obté un producte principal que és la carn i després altres subproductes, entre ells la pell. Seguint el principi de causalitat, s'haurien d'assignar totes les càrregues ambientals de l'engreix i la matança de l'animal a la carn, ja que aquest és el producte que fa que existeixin les granges. De tota manera, la pell és un coproducte de valor econòmic també important i, per tant, es pot pensar en assignar-li la proporció de càrregues ambientals que li corresponen (càrregues ambientals a la granja i a l'escorxador, la causa de les quals sigui la pell). Aquesta assignació de càrregues es pot fer per

pes (partint del supòsit que es consumeix el mateix per obtenir 1kg de carn que per 1kg de pell).

#### 1.1.4.1 Exercicis

1.- A partir de 5.000 kg de soja es produeixen 1.000 kg d'oli de soja (producte) i 4.000 kg de farina (coproducte) <sup>(4)</sup>.

a) L'assignació de càrregues es fa per pes. Quin impacte s'hauria d'assignar a l'oli i quin a la farina?

Solució: 1/5 de les càrregues a l'oli i 4/5 a la farina

b) El valor comercial de l'oli és 3 vegades superior al valor comercial de la farina. Realitzant l'assignació de càrregues, segons el valor econòmic, quin impacte ambiental s'hauria d'assignar a cada producte?

Solució:  $\text{Impacte oli} = (3 \times 1.000) / (3 \times 1.000 + 1 \times 4.000) = 3/7$  . S'assignarien 3/7 de les càrregues ambientals a l'oli i 4/7 a la farina.

2. Una empresa química fabrica tres productes diferents: el producte A, el B i el C. Com assignaries a cadascun dels productes les càrregues ambientals produïdes per la neteja de la instal·lació en cadascun dels casos següents?

Cas 1 El producte A s'obté en una àrea de la fàbrica, mentre que el B i el C es produeixen simultàniament en una altra.

Cas 2 Tots tres productes es produeixen en el mateix procés i en la mateixa àrea de la fàbrica, però un d'ells requereix una neteja especial.

Cas 3 Tots tres productes s'emmagatzemen en el mateix magatzem, però ocupen superfícies diferents.

#### Solució

Cas 1. Per causalitat, s'assignarà al producte A la neteja de la zona de la instal·lació que li correspon. La neteja de l'altra zona de la fàbrica es repartirà entre els productes B i C per valor afegit (valor econòmic de cadascun ponderat per la quantitat produïda).

Cas 2. Les càrregues a causa de la neteja especial s'assignaran al producte que la requereix, mentre que les de la neteja normal es repartiran entre els altres dos per valor afegit com abans.

Cas 3. La neteja del magatzem s'assignarà a cada producte, segons l'àrea ocupada per aquest.

## 1.2 Fase 2: Inventari

La fase d'inventari consisteix en una recopilació de dades per quantificar les entrades i sortides (de matèria i energia) del sistema estudiat.

És la fase més llarga i que s'ha de realitzar amb més cura per evitar incorporar errors que després puguin afectar els resultats finals.

S'ha d'arribar a fluxos materials i energètics que vinguin o vagin directament a la natura, és a dir, si d'un procés surten unes aigües residuals que es depuraran, o uns residus que es tractaran, s'han d'incloure els consums a causa d'aquests tractaments i també les emissions de contaminants que arribaran finalment al medi (en forma de gasos, etc.).

Per realitzar l'inventari s'agafen normalment dades genèriques (d'una base de dades) per a les etapes secundàries i dades de camp (les ha d'obtenir i/o calcular el propi analista) per a les etapes principals. Per exemple, en el cas de l'AV d'un perfum (vegeu la Figura 1.3), les dades de consums i emissions a causa de la pròpia fabricació del perfum (barrejar els ingredients, macerar, filtrar, envasar, etc.) seran normalment dades de l'empresa mateixa que segurament ha encarregat l'estudi, mentre que les dades per a la fabricació del vidre de l'ampolla, per simplificar l'estudi, poden ser d'una base de dades (vegeu la Taula 1.1). Les ACV serien moltes vegades inviables si no es disposés de bases de dades generals per als aspectes més habituals de l'ACV (energia, transports, gestió de residus...)

Per fer un inventari d'ACV es pot utilitzar un full de càlcul, que permetrà també després a partir d'aquestes dades fer l'avaluació d'impactes, o bé utilitzar un programari específic (Ex. Simapro<sup>(5)</sup>, Ecopro<sup>(6)</sup>, LCA Inventory Tool<sup>(7)</sup> etc.), que normalment facilitarà la fase d'avaluació.

Es poden veure diferents exemples d'inventari en els 6 casos didàctics resolts que es presenten en aquest llibre.

Taula 1.1 Diferents fonts per a les dades d'inventari

Inventaris realitzats	Fonts utilitzades
Consum energètic	Bases de dades (programari...)
Transports	Bases de dades (programari...)
Producció de material	Bases de dades (programari...) + autoabastiment
Tractament de materials	Bases de dades (programari...) + autoabastiment
Gestió de residus	Bases de dades (programari...) + autoabastiment (reutilització reciclatge)

Pel que fa a les **bases de dades per a ACV**, les més conegudes i utilitzades a nivell internacional són:

- **BUWAL-ETH (Suïssa): energia, transports, i materials d'envasos i embalatges**
- IDEMAT (Holanda): energia, transports, i materials industrials
- PRé (Holanda)

- IVAM (Holanda): agricultura i materials de construcció
- TEAM (França, Regne Unit, Estats Units, Itàlia, Japó): És el grup de programes que funcionen amb la base de dades d'Ecobilan, una empresa consultora multinacional. Les diferents bases de dades estan especialitzades en tractament de residus (WIZARD), productes electrònics (EIDE), general (TEAM), etc.
- Boustead (Regne Unit)
- PIRA (Regne Unit)
- Chalmers (Suècia): materials d'envasos i embalatges, energia, transports
- GaBi (Alemanya)

### 1.3 Fase 3: Avaluació d'impactes ambientals en l'ACV <sup>(8)</sup>

En aquesta fase es tracta de convertir la informació obtinguda en l'inventari en una informació interpretable: Dels centenars de valors d'**intervencions ambientals** (emissions, recursos consumits, etc.) obtinguts en l'inventari, cal reduir el nombre de criteris als efectes sobre un nombre reduït d'**impactes ambientals**. Aquest procés es desenvolupa normalment en quatre passos:

- **Classificació:** Les diferents intervencions ambientals s'agrupen en les categories d'impacte ambiental a què afecten
- **Caracterització:** S'avalua l'efecte total del sistema del producte sobre cadascuna de les categories d'impacte ambiental
- **Normalització:** Els resultats de la caracterització es contrasten respecte a un valor de referència (p. ex: efectes sobre cada categoria d'impacte produïts per una persona durant un dia), per tal de veure'n la rellevància
- **Valoració:** S'estableix el valor relatiu de cada categoria d'impacte ambiental, per tal de poder prioritzar les accions que redueixin els impactes ambientals més problemàtics en un moment i lloc determinats. Sovint acaba amb un únic valor o índex, resultat de fer una suma ponderada entre les contribucions a tots els impactes ambientals. Aquest element de l'ACV implica que s'introdueixin valors subjectius en la metodologia, de manera que cal vigilar molt com s'està fent.

La qüestió que cal resoldre en l'avaluació d'impactes és que els resultats de l'inventari no es poden interpretar. Per exemple, quan volem saber si és millor el producte A o el producte B, és impossible determinar quins components del producte generen més impacte ambiental en una llista de centenars de substàncies que representen entrades i sortides del sistema. Per això s'estudia la contribució del conjunt de totes aquestes substàncies a una sèrie d'impactes ambientals més o menys coneguts (caracterització). Amb aquest pas es redueix el nombre de variables, d'uns centenars d'intervencions ambientals (**inventari**) al voltant de la desena d'impactes ambientals (**caracterització**). Moltes vegades no en tenim prou amb aquesta reducció de paràmetres, ja que interpretar 10 valors diferents per a diverses opcions de disseny

(producte A i producte B) és també complex. Aleshores es fa una **valoració**, que consisteix a posar valors relatius als diferents impactes ambientals per tal de fer-ne una suma ponderada i obtenir així un sol índex per a cadascun dels productes o components que estem analitzant. El producte A genera un impacte “25” i el producte B genera un impacte “38”.

En aquest procés, s'està augmentant la incertesa i la subjectivitat de l'anàlisi, ja que estem canviant de nivell d'anàlisi, des de la “tecnosfera” cap a la “valoresfera”, passant per l'“ecosfera”:

Taula 1.2 Grau d'objectivitat de cadascuna de les fases de l'ACV

	<b>Tecnosfera</b>	<b>Ecosfera</b>	<b>Valoresfera</b>
<b>Fase de l'ACV</b>	<b>Inventari</b>	Classificació, <b>Caracterització</b>	Normalització, <b>valoració</b>
<b>Què es modela?</b>	Sistemes tècnics concrets i coneguts	<b>Cadenes de causa-efecte (des de la intervenció a l'impacte)</b>	Valors i preferències de la societat
<b>Verificació</b>	Sovint possible	Molt difícil o impossible	NO EXISTEIX una veritat absoluta
<b>Principals problemes</b>	Límits del sistema Assignació de càrregues	Manca de dades Comprensió limitada d'alguns mecanismes naturals	<b>Com es mesuren els valors de la societat?</b>
<b>Incertesa</b>	Baixa i mesurable	Alta, sovint no mesurable	Alta, i depenent de diversos factors

En tot aquest procés, però, cal tenir en compte que la incertesa i la subjectivitat s'inclouen sempre que es pren una decisió. Quan s'opta pel producte A s'estan valorant més els aspectes pels quals és millor el producte A que el B. L'avantatge de l'ACV és que deixa clares quina incertesa i quina subjectivitat s'estan incloent en el procés (transparència).

### 1.3.1 Caracterització

Les categories d'impacte que se solen tenir en compte en tota ACV són:

- **L'efecte hivernacle:** És l'escalfament previsible de l'atmosfera terrestre provocat per l'augment del diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) i altres gasos a l'atmosfera. Aquests gasos (en bona part subproductes del consum de combustibles fòssils), formen una capa que reté la calor de l'atmosfera. Aquesta retenció de calor pot provocar un augment de la temperatura mitjana a la Terra. L'ascens de temperatura pot afectar els oceans fins al punt que pugui el nivell del mar, amb greus conseqüències per a la tercera part de la humanitat que viu a les zones litorals. Els canvis climàtics també podrien afectar dràsticament els esquemes del temps i les estacions arreu del món, i de retruc també l'agricultura. Altres substàncies que

també contribueixen a augmentar l'efecte hivernacle són el metà ( $\text{CH}_4$ ), component bàsic del gas natural i emès també en pantans i zones negades; el vapor d'aigua; l'òxid nítrics ( $\text{N}_2\text{O}$ ), emès per exemple pels sòls amb un excés de nitrogen; etc. L'efecte hivernacle és un impacte a escala global.

En l'ACV, l'efecte de les diferents substàncies que afecten l'escalfament global es mesura en funció de la seva capacitat d'absorbir i irradiar la calor de la Terra en relació amb la capacitat radiativa del  $\text{CO}_2$ . Així, per exemple, el  $\text{N}_2\text{O}$  té un efecte 290 vegades més intens que el  $\text{CO}_2$ , i per tant les emissions de  $\text{N}_2\text{O}$  es multipliquen per 290 per tal de tenir la contribució total a l'escalfament global en **kg equivalents de  $\text{CO}_2$**  (al valor pel qual es multiplica la quantitat emesa d'un contaminant per convertir-lo en Kg equivalents d'un altre, se l'anomena factor de caracterització).

- **Disminució de l'ozó estratosfèric:** Les capes altes de l'atmosfera (estratosfera) contenen ozó ( $\text{O}_3$ ), forma molecular de l'oxigen que absorbeix la major part de les perilloses radiacions ultraviolades. Sense l'ozó, probablement la vida a la Terra no hauria arribat a la seva forma actual. Determinats productes químics que contenen àtoms de clor o de brom alliberats a l'atmosfera perjudiquen la capa d'ozó. Per exemple, l'acumulació de clorofluorocarbonis (CFC) o halons a l'estratosfera està reduint el gruix de la capa d'ozó i ens està privant de la protecció dels raigs ultraviolats. Això pot comportar l'augment dels índexs de càncer de pell i pot perjudicar els ecosistemes naturals i artificials. Els CFC es produeixen en la fabricació d'escumes i s'utilitzen com a propulsors dels aerosols vaporitzadors (tot i que en diversos països ja se n'ha prohibit la utilització). La minva de la capa d'ozó també és un impacte a nivell planetari, bo i que el seu efecte es deixa notar més en certes àrees que en d'altres.

Per a la caracterització dels impactes en l'ACV, es mesura la capacitat de destrucció de molècules d'ozó de cada substància, en relació amb el CFC-11 (s'ha pres aquest compost com a referència, perquè està molt ben estudiat el seu efecte i ha estat una de les principals responsables de la destrucció d'ozó estratosfèric). La capacitat de destrucció de l'ozó depèn de la quantitat d'àtoms de clor i/o brom en la molècula i el temps que triga a degradar-se a l'atmosfera. Per exemple, el CFC-12 ( $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ) té menys àtoms de clor que el CFC-11 ( $\text{CFCl}_3$ ) i per això té un efecte menys intens: el seu potencial de destrucció d'ozó és de **0,82 g equivalents de CFC-11** per g de substància. Els HCFC estan substituint els CFC perquè es degraden més ràpidament a l'atmosfera i per això tenen un efecte negatiu menor (el seu potencial de destrucció d'ozó és d'entre 0,02 i 0,12 g equiv. CFC-11/g). Els halons, en canvi, poden tenir efectes més intensos; per exemple, l'haló 1301 ( $\text{CF}_3\text{Br}$ ) té un efecte 12 vegades més fort que el CFC-11.

- **Pluja àcida:** L'ús de combustibles fòssils provoca emissions d'òxids de sofre (principalment  $\text{SO}_2$ ) i de nitrogen ( $\text{NO}_x$ ) a l'aire. Aquests contaminants es combinen amb la humitat de l'atmosfera i formen àcids sulfúric ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) i nítric ( $\text{HNO}_3$ ) que cauen en forma

de pluja àcida. La pluja àcida afecta negativament els llacs i els boscos, la flora i la fauna, les terres agrícoles, les reserves d'aigua i la salut humana. Els efectes de la pluja àcida depenen de la sensibilitat de les zones afectades. A més, els òxids de nitrogen i de sofre no poden ser transportats a escala global, de manera que es diu que la pluja àcida és un impacte regional. Tanmateix, les regions a les quals pot afectar són extenses i sovint allunyades dels focus emissors.

Per caracteritzar l'efecte de diferents substàncies sobre la pluja àcida en l'ACV, ens basem en la capacitat de cada substància per formar protons (fer el pH més àcid) en el medi receptor. Aquesta capacitat l'expressem en relació amb la capacitat del diòxid de sofre ( $\text{SO}_2$ ), ja que és una de les principals substàncies generadores de pluja àcida emeses per l'activitat humana. Els òxids de nitrogen ( $\text{NO}_x$ ), per exemple, tenen un efecte potencial sobre la pluja àcida de **0,7 kg equivalents de  $\text{SO}_2$**  per kg de  $\text{NO}_x$ .

- **Eutrofització:** L'eutrofització es produeix quan els nutrients (matèria orgànica i mineral) s'acumulen als ecosistemes aquàtics, incrementen el creixement de plantes i exhaureixen els nivells d'oxigen. Els sediments provinents de les aigües residuals domèstiques i industrials afavoreixen l'eutrofització. El procés de descomposició és natural, però quan els residus presents a les aigües s'acumulen poden provocar el creixement ràpid de la població de descomponedors aeròbics, els quals exhaureixen de seguida l'aportació d'oxigen, de manera que no poden continuar la seva funció. Si aquests residus fossin tractats i retornats al sòl i no als cursos d'aigua i als aqüífers, es reduiria aquest problema. L'eutrofització també és un impacte d'abast regional.

Atès que els principals nutrients en els medis terrestre i aquàtic són el nitrogen i el fòsfor, el potencial d'una substància de generar eutrofització es calcula a partir de la quantitat de nitrogen i/o fòsfor que aquesta substància aporta al medi en ser emesa. En l'ACV, els efectes s'expressen en relació amb els nitrats ( $\text{NO}_3^-$ ), de manera que l'efecte total sobre l'eutrofització s'expressa en g **equivalents de  $\text{NO}_3^-$** . Els fosfats ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), que són també contaminants típics que afecten l'eutrofització, tenen un efecte potencial de 10,45 g equiv.  $\text{NO}_3^-$ /g.

- **Toxicitat:** En molts processos industrials moderns s'utilitzen substàncies perilloses o tòxiques per a les persones i/o per als ecosistemes. La toxicitat d'una substància dependrà de la pròpia substància, però també de la via d'administració o exposició, la dosi, la manera com s'administra, etc. Fins i tot els contaminants i les substàncies presents al medi en baixa concentració (metalls pesants com el plom, el mercuri, etc. o substàncies orgàniques com les dioxines, els PCB, alguns pesticides, etc.) es poden acumular fins a nivells crítics o letals en els nivells tròfics superiors a través de la biomagnificació. Altres intervencions sobre el medi que poden causar toxicitat són l'emissió de partícules (que poden penetrar als pulmons i causar problemes respiratoris) i l'emissió de radiacions de les centrals nuclears de producció d'electricitat o altres instal·lacions associades al cicle nuclear. També sembla que es generen problemes a la salut a causa dels camps

electromagnètics generats per les línies d'alta tensió o les microones rebudes pels receptors de telefonia mòbil.

És molt difícil agrupar tots els possibles efectes tòxics en un sol impacte. Generalment, es distingeix entre toxicitat per a les persones i toxicitat per als ecosistemes, ja que les vies d'exposició en un i altre cas són molt diferents. També es distingeix entre toxicitat aguda i toxicitat crònica, ja que moltes substàncies són emeses en concentracions molt baixes com per matar un individu (toxicitat aguda), però en canvi el seu efecte es nota a llarg termini (toxicitat crònica). Alguns tipus de càncer, per exemple, són el resultat de l'exposició prolongada a determinades substàncies o a radiacions.

- **Exhauriment de recursos:** L'origen bàsic de tots els béns materials són els recursos naturals (materials i energia obtinguts o precedents del medi ambient). Els recursos no renovables són els que es renoven mitjançant cicles naturals extremament lents (combustibles fòssils) o aquells que a efectes d'utilització per part de les persones, no es renoven en cicles naturals (dipòsits minerals). El consum per càpita global de recursos augmenta contínuament. S'ha calculat que el planeta Terra és capaç de sostenir com a màxim mil milions d'habitants (davant dels prop de sis mil milions actuals) si tothom visqués en els estàndards de què gaudeix la major part dels països rics. Aquests països, amb el 20% de la població mundial, consumeixen el 80% dels recursos de la Terra. El creixement de la població, l'augment del consum individual i la mala gestió porten a l'esgotament dels recursos naturals.

Generalment, en l'ACV es mesura l'efecte relatiu del consum de recursos sobre l'exhauriment d'aquests recursos tenint en compte la seva escassetat relativa i l'horitzó temporal en el qual es creu que s'esgotaran. Així, la rellevància ambiental del consum d'un recurs és inversament proporcional a la seva abundància (com més hi ha, "menys important" és consumir-lo), i directament proporcional al ritme d'explotació (si es consumeix molt ràpidament, s'exhaurirà abans, i per tant ha de ser més important).

Per comprendre millor aquests impactes ambientals i la seva modelització en l'ACV podeu consultar diverses fonts bibliogràfiques (<sup>9, 10, 11</sup>)

### 1.3.2 Valoració

No existeix la veritat absoluta. Hi ha molts punts de vista possibles sobre les coses, i en els problemes ambientals això es fa ben palès sobretot pels interessos enfrontats dels diversos grups socials. Això implica que mai no podrem arribar a una solució "100% certa", però no vol dir que no es pugui fer una anàlisi ambiental; simplement, cal tenir en compte que el resultat pot dependre dels valors que posem a l'hora d'avaluar els impactes. Aquesta dependència no fa l'anàlisi menys útil; de fet, és totalment natural (dues persones poden tenir eleccions diferents quan se'ls ofereixen els mateixos productes, simplement perquè tenen criteris – valors – diferents).

Hi ha diferents mètodes per escollir els factors de valoració; tots intenten copsar els valors de la societat, i es diferencien en com s'hi aproximen. Alguns dels més coneguts i utilitzats en l'àmbit de l'ACV són <sup>(1, 2, 12)</sup>:

- **Ecopunts (Suïssa):** Aquest mètode es basa en els nivells actuals de pol·lució i en la legislació destinada a reduir aquests nivells. En funció de la distància a què ens trobem de l'objectiu marcat per la llei, una substància té més o menys pes. Així, si l'objectiu de reducció d'emissions d'amoníac és molt restrictiu, valorarem més les emissions d'amoníac (seran més greus).
- **CML (Holanda):** El mètode de l'Institut de Medi Ambient CML es limita a la normalització. Proposa diversos nivells de normalització: Holanda, Europa, Món, prenent com a valors de referència les emissions totals de cada impacte produïdes en aquests àmbits.
- **Coordinador 95:** L'Ecolíndicator'95 va ser desenvolupat per la consultora PRé (els autors del SimaPro) per al govern holandès. Es fa una normalització amb els nivells d'emissió europeus (de 1990), i la valoració segueix el criteri de la distància a l'objectiu, com els ecopunts.
- **Coordinador 99:** Tot i ser la revisió de l'anterior, es va fer seguint uns criteris totalment nous, que li donen una consistència més elevada. Basa la valoració en una anàlisi del dany que una determinada substància pot fer a una àrea d'interès per als humans (com la salut humana, la integritat dels ecosistemes, etc.). Proposa tres conjunts de valors diferents per reflectir tres possibles visions extremes: la *igualitària* (pròpia dels ecologistes; els impactes futurs es valoren tant com els presents; principi de prevenció). La *jeràrquica* (pròpia dels científics; s'inclou allò del que hi ha suficients proves científiques). La *individualista* (pròpia dels empresaris; inclou només allò per al qual hi ha certesa científica; els impactes futurs no importen).

#### 1.4 Fase 4: Interpretació dels resultats

Aquesta és la fase de l'ACV on es combina la informació obtinguda en l'inventari i l'avaluació d'impactes interpretant els resultats d'acord amb els objectius de l'estudi, per treure'n una sèrie de conclusions i/o recomanacions.

Per exemple, en l'ACV d'un perfume (que es mostra en la Figura 1.3) es treia com a conclusió que l'envàs era el que contribuiria més a tots els impactes, seguit de la fabricació de l'alcohol. A més, dels productes que constituïen l'envàs, el cartró era el principal causant d'impactes, seguit del polietilè (utilitzat per al tap) i del vidre (de l'ampolla). Per tant, la recomanació feta per tal de reduir l'impacte ambiental del perfume era fer un nou disseny de l'envàs, reduint el pes dels elements que el constitueixen: caps de cartró, tap de plàstic i ampolla de vidre.

## 1.5 Altres consideracions de l'ACV <sup>(8)</sup>

### 1.5.1 Dependència metodològica de l'aplicació

L'ACV és, de fet, un conjunt de metodologies que poden variar lleugerament en la forma de ser utilitzades bo i mantenint sempre una mateixa estructura. El tipus de metodologia a emprar (eina) depèn de l'aplicació que es vulgui realitzar (objectiu), de la mateixa manera que per descarregar un cargol sempre fem servir la mateixa eina (el tornavís), però la punta del tornavís és diferent en funció del tipus de cargol que volem descarregar.

El tipus concret de metodologia utilitzada ha de quedar determinada en la definició d'objectius i abast de l'estudi. Així, a la taula següent veiem com varien en funció de l'aplicació les fases de l'ACV necessàries per a una interpretació correcta dels resultats:

Taula 1.3 Fases de l'ACV que s'hauran de realitzar, segons l'objectiu de l'estudi

<b>Aplicació</b>	<b>Decisor/ usuari</b>	<b>Grau de comprensió</b>	<b>Necessitat agregació</b>	<b>Fases ACV</b>
Disseny i millora de productes	Dissenyador	Baix	<b>Alt</b>	Valoració
Decisions a llarg termini/ a gran escala	Tècnics admin./ polítics	Alt/ mitjà/ baix	Baix/ mitjà	Caracterització/ normalització
Ús extern de la informació: ecoetiqueta, comunicació ambiental	Tècnics ambientals	Alt	<b>Baix</b>	Inventari/ caracterització
Elecció de proveïdors/ materials	Tècnics ambientals/ enginyers	Alt/ mitjà	Baix/ mitjà	Inventari/ caracterització
Ús intern de la informació	Tècnics ambientals	Alt	Baix	Inventari/ caracterització

### 1.5.2 Principals grups metodològics de l'ACV

En funció de l'aplicació que es fa de l'ACV, es distingeixen dos grans grups de mètodes: l'ACV retrospectiva i l'ACV prospectiva. Fonamentalment, l'objectiu que persegueixen les ACV en un i altre cas són:

- **ACV retrospectiva:** El producte ja existeix, i volem conèixer-ne els aspectes ambientals (fases del cicle de vida responsables de la major part dels impactes ambientals: "punts calents").

- **ACV prospectiva:** Volem esbrinar els efectes d'un canvi en el producte o el seu sistema (el nou producte no existeix).

Taula 1.4 Característiques metodològiques principals d'una ACV retrospectiva i una ACV prospectiva

	ACV retrospectiva	ACV prospectiva
<b>Límits del sistema</b>	Addició, <u>completesa</u>	Parts del sistema afectades, <u>rellevància</u>
Assignació	<u>Causes</u> del sistema; partició de càrregues	<u>Efectes</u> del sistema; extensió del sistema
Dades	<u>Mitjanes</u>	<u>Marginals</u> (almenys parcialment)

Així, en una ACV retrospectiva es volen conèixer els principals impactes ambientals associats al producte, i per tant fóra un error no incloure alguna part del sistema del producte que s'analitza. Per això els límits del sistema han d'incloure totes les fases del cicle de vida del producte, de la manera més completa possible i sense deixar res fora d'aquests límits. En canvi, en una ACV prospectiva es volen estudiar els efectes d'un canvi, de manera que només cal incloure en l'anàlisi les fases afectades per aquest canvi. No s'estudia tot el cicle de vida complet, sinó només aquelles fases que es veuen afectades pel canvi en el producte. En aquest sentit, en l'ACV prospectiva també es recomana estendre el sistema quan hi ha problemes d'assignació de càrregues. Això és degut al fet que cal modelar detalladament quins són els efectes del canvi en el producte, i si aquests es produeixen en un altre sistema, doncs cal incloure'l.

Per altra banda, en l'ACV retrospectiva ens interessa identificar només els impactes associats al sistema estudiat, i per això s'utilitza un sistema d'assignació de càrregues basat en les causes del sistema. Sovint, la causa de l'existència d'un sistema és el profit econòmic que se'n treu, i per això se solen utilitzar mesures econòmiques per obtenir els valors de partició de les càrregues.

Exemple: si produïm un test per a plantes fet de plàstic, i en volem analitzar els impactes ambientals, utilitzarem una ACV retrospectiva. Cal incloure totes les fases del cicle de vida a l'estudi, per tal de detectar les més problemàtiques: des de l'extracció de recursos (petroli) fins a la gestió de residus (com a residu sòlid municipal), incloent la fabricació del test (emmotllat del plàstic), la distribució i l'ús. En el cas que el test es recicli, es pot considerar que el material que surt del sistema s'enduu part de les càrregues ambientals; concretament, se li assignen les càrregues corresponents a la part proporcional del valor del material reciclat respecte del material verge. Com que la causa del reciclatge és l'obtenció d'un valor econòmic, és justificat l'ús del valor econòmic com a referència per al factor de partició de les càrregues ambientals.

En canvi, si el que volem és analitzar quins efectes tindria començar a utilitzar plàstic reciclat per al test, hem de fer una ACV prospectiva. En aquest cas, només analitzarem la fase que

queda afectada per aquest canvi: l'obtenció de matèries primeres (suposant que la producció no quedi per l'alteració de la matèria primera). Els efectes d'aquest canvi seran un augment de la demanda de material reciclat, i una disminució de la demanda de petroli, de manera que haurem d'incloure tant el reciclatge del plàstic com l'obtenció de petroli en l'estudi, i comparar els dos sistemes: només plàstic procedent de petroli, o bé una part de plàstic procedent del petroli més una part de plàstic procedent del reciclatge, sense necessitat d'assignar càrregues al plàstic reciclat, perquè ja s'inclou tot el seu sistema (s'ha estès el sistema d'anàlisi).

Finalment, i pel que fa al tipus de dades utilitzades, en l'ACV retrospectiva utilitzem dades mitjanes que representin els sistemes de suport al del producte analitzat. En canvi, l'anàlisi d'un canvi implica utilitzar dades marginals, almenys en les etapes que realment estan afectades pel canvi.

Així, per exemple, si analitzem el cicle de vida d'una màquina de cosir elèctrica amb una ACV retrospectiva, calcularem els impactes ambientals causats en la producció d'electricitat, segons la mitjana de les tecnologies utilitzades per produir electricitat (mix elèctric regional). En canvi, si millorem l'eficiència energètica de la màquina i en volem analitzar els efectes, hem de detectar quina és la tecnologia marginal per a la producció d'electricitat. És a dir, en reduir el consum energètic no estalviem producció d'electricitat de tots els tipus de tecnologia existents al mix regional; per exemple, les centrals nuclears no s'aturen davant de petits canvis en la demanda, ni tampoc les fonts renovables. En canvi, es redueix la producció d'electricitat de les centrals que s'utilitzen com a reguladores, les tecnologies marginals (freqüentment, la hidroelèctrica i les centrals tèrmiques convencionals).

### 1.5.3 Punts forts i febles de l'ACV

<u>Punts forts</u>	<u>Punts febles</u>
Objectiva (fins a la valoració)	<b>Forta inversió en temps i coneixements: CARA COMPLEXA</b>
<b>Anàlisi dels impactes ambientals</b>	
<b>Assenyala els aspectes rellevants</b>	
Bon coneixement del sistema del producte	
Normalitzada i comparable	
Transparent	

### 1.5.4 Limitacions actuals en l'ús de l'ACV

Tot i que ja actualment l'ACV és àmpliament utilitzada per moltes empreses en la fase de desenvolupament dels seus productes, hi ha encara algunes limitacions que n'impedeixen un ús més estès. Algunes d'aquestes limitacions són:

- Aspectes metodològics poc desenvolupats: assignació de càrregues, noves categories d'impactes ambientals (ús del sòl, toxicitat per radiacions...). En determinats productes, aquests impactes poden ser determinants, de manera que una metodologia que no els consideri és menys útil per avaluar-los.
- Manca de dades (el procés d'obtenció de dades és car; a l'Estat espanyol encara no existeix una base de dades representativa de la tecnologia actual). Sense aquestes dades, l'aplicació de l'ACV és més cara, i els resultats poden ser menys fiables.
- Poc consens internacional en algunes fases (valoració, normalització).
- Desconeixement de l'ACV per part de professionals del procés productiu. En molts països l'ACV ja s'inclou normalment en les escoles de disseny i enginyeria, però a l'Estat espanyol el desconeixement és encara gran.

Per a una bona discussió sobre les limitacions de l'ACV a l'Estat espanyol, podeu consultar la bibliografia<sup>(13)</sup>

## Bibliografia

1. P.Fullana, R.Puig, *Análisis del ciclo de vida*, ed. Rubes, 1997. [www.rubes.es/editorial](http://www.rubes.es/editorial)
2. P.Fullana, S. Samitier. *Iniciació a l'Avaluació del Cicle de Vida*. Dept de Medi Ambient (Generalitat de Catalunya), Barcelona, 1996
3. <http://www.icontec.org.co/basesdatos/14000/ntc14040.pdf>
4. N.W. Van den Berg, C.E. Dutilh, G. Huppes; *Beginning LCA: a guide into environmental Life Cycle Assessment*, Center of Environmental Science (CML), Leiden, 1995
5. <http://www.pre.nl>
6. <http://www.empa.ch>
7. <http://www.ekologik.cit.chalmers.se>
8. Llorenç Milà i Canals. *Impacte ambiental i ecoproductes, enginyeria tècnica en disseny industrial*. 2000-2001.
9. Xavier Domènech. 1991. *La Contaminació Atmosfèrica*. Barcanova. Barcelona, 1991.

10. Xavier Domènech. 1999. *Química de la Contaminación*. Miraguano Ediciones. Madrid, 1999.
11. Henrik Wenzel, Michael Hauschild, Leo Alting. 1997. *Environmental Assessment of Products* (vol. 2). Scientific background. Chapman & Hall
12. Sima Pro User Manual. PPRé Consultants B.V. Holanda. November, 1997.  
[Http://www.pre.nl](http://www.pre.nl)
13. Pere Fullana, Joan Rieradevall (coords.), Raquel Adrià, Silvia Ayuso, Andrés Carrión, Xavier Domènech, Llorenç Milà, Marta Vallès. 1998. ACV 2000. *Estado actual y perspectivas de futuro del Análisis del Ciclo de Vida en España*. CV Edicions. Barcelona, 1998.

## 2 Ecodisseny de tres components elèctrics-electrònics de l'automòbil emprant l'ACV

J. Rodrigo<sup>1</sup>, Castells F.<sup>2</sup>, Alonso J.C.<sup>3</sup> i Bigorra J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Grup AGA – Centre d'Innovació Tecnològica SIMPPLE  
Universitat Rovira i Virgili, Edif. STQ, Av. Països Catalans, 18 - 43007 Tarragona  
Tel. 977558723, fax 977558205, [jrodrigo@stq.urv.es](mailto:jrodrigo@stq.urv.es)

<sup>2</sup>Universitat Rovira i Virgili, Departament d'Enginyeria Química, Grup AGA (Anàlisi i Gestió Ambiental)

Av. Països Catalans, 26 - 43007 Tarragona, Tel. 977559644, [fcastell@etseq.urv.es](mailto:fcastell@etseq.urv.es)

<sup>3</sup>European Technological Center, Lear Automotive (EEDS) Spain, SL  
C/ Fusters s/n, Polígon Industrial, Planta 1, PO Box 23, 43800 Valls  
[jbigorra@lear.com](mailto:jbigorra@lear.com) [jalonso01@lear.com](mailto:jalonso01@lear.com)

### 2.1 Justificació

L'objectiu principal d'aquest estudi és generar informació ambiental objectiva que permeti a Lear Automotive EEDS Spain, SL i al seu Centre Tecnològic Europeu la millora del comportament ambiental dels seus productes actuals i generar coneixement que permeti garantir un comportament ambiental adequat dels seus nous dissenys. La finalitat última és fabricar components amb una càrrega ambiental menor associada a tot el seu cicle de vida sense que aquest fet suposi comprometre o posar en risc la resta de requeriments convencionals de disseny (cost, seguretat, funcionalitat, etc.).

### 2.2 Definició d'objectius i abast

#### 2.2.1 Objectius

Lear Automotive (EEDS) Spain, SL, un proveïdor de sistemes interiors i de components elèctrics-electrònics del sector de l'automòbil, conjuntament amb el seu Centre Tecnològic Europeu i en estreta col·laboració amb el Grup AGA (Anàlisi i Gestió Ambiental) - SIMPPLE de la Universitat Rovira i Virgili treballen en la integració de la variable ambiental en el procés de desenvolupament i disseny de nous components elèctrics-electrònics de l'automòbil. La finalitat última és millorar el comportament ambiental dels seus productes al llarg de tot el seu Cicle de Vida, és a dir, des de l'etapa d'adquisició de matèries primeres fins al final de la seva vida útil quan esdevenen un residu.

En aquest estudi, tres components elèctrics-electrònics de l'automòbil – **BRIM, SMAC i ASJB**–, també anomenats SEP (Smart Electronic Products) desenvolupats pel Centre Tecnològic Europeu de Lear, han estat estudiats, o en unes altres paraules, han estat avaluats i millorats ambientalment. Tots tres SEP contenen un bon nombre de components elèctrics i electrònics imprescindibles per al seu funcionament normal. L'avaluació ambiental d'aquests tres SEP,

mitjançant la metodologia de l'Anàlisi de Cicle de Vida, ha estat portada a terme emprant la base de dades EIME (Environmental Information and Management Explorer, versió 1.3.2 d'Ecobilan–PriceWaterhouseCoopers) i considerant totes les etapes que comprenen el seu cicle de vida. D'aquesta forma, l'etapa ambientalment més crítica de cadascun dels components ha estat identificada i també ho han estat els aspectes ambientals més significatius i responsables d'aquest fet.

Una vegada realitzada l'avaluació ambiental dels tres SEP, s'ha abordat la millora ambiental dels seus dissenys, emprant la metodologia de l'ecodisseny i, més concretament, una guia pràctica d'ecodisseny pròpia, la qual ha estat publicada molt recentment (**Electrical and Electronic Practical Ecodesign Guide** (gener 2002)).

Els tres SEP (Smart Electronic Products) objecte d'estudi:

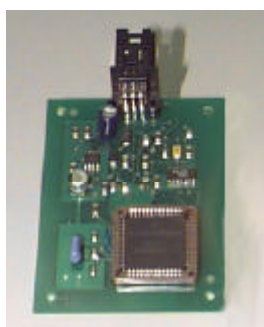


Figura 2.1 BRIM

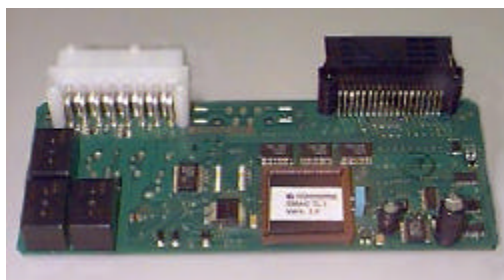


Figura 2.2 SMAC

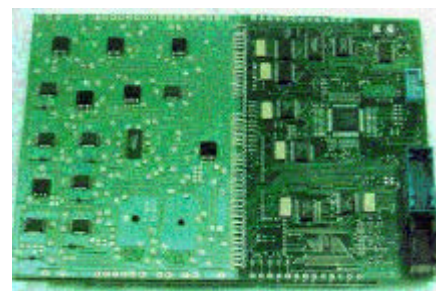


Figura 2.3 ASJB

## 2.2.2 Unitat funcional

La unitat funcional considerada per a la realització del present estudi, consistent en l'avaluació i millora ambiental de tres components elèctrics-electrònics de l'automòbil o també anomenats SEP, ha estat: 1 unitat de BRIM, 1 unitat de SMAC i 1 unitat d'ASJB.

## 2.2.3 Abast

Totes les etapes del cicle de vida (adquisició de matèries primeres, fabricació, distribució, ús i final de vida) dels tres SEP han estat considerades dins l'abast del present estudi amb l'excepció de l'etapa de final de vida (darrera etapa del cicle de vida), la qual ha estat exclosa per la manca d'informació real que faci possible la reproducció del comportament ambiental dels SEP en els seus escenaris de final de vida (deposició en abocador, incineració, reciclatge, etc.). Les etapes de distribució i ús dels SEP, malgrat haver estat considerades dins l'abast de l'estudi, no seran presentades ni discutides en el present document. Aquesta decisió es fonamenta en la seva escassa importància o rellevància ambiental davant l'etapa d'adquisició de matèries primeres i la pròpia fabricació final dels SEP (en endavant, aquestes dues etapes

s'anomenaran conjuntament com a "fabricació dels SEP"). Per tant, en aquest document únicament és presentat i es discutirà l'etapa de **fabricació dels SEP** o, en unes altres paraules, l'etapa que ha estat identificada com a més rellevant sota una perspectiva d'impacte ambiental.

#### **2.2.4 Assignacions de càrrega**

El criteri seguit per a l'assignació de càrregues ambientals ha estat en tots els casos el criteri màssic o, en unes altres paraules, l'assignació de les càrregues ambientals als materials, components i processos implicats al llarg del cicle de vida de BRIM, SMAC i ASJB, s'ha fet tenint en consideració la seva massa i la dels propis SEP estudiats.

#### **2.2.5 Consideracions**

En el present estudi ha estat suposat que la informació de l'inventari de cicle de vida (LCI) relativa als materials, processos i components de BRIM, SMAC i ASJB correspon o equival a la dels seus homòlegs continguts en la base de dades d'EIME. Aquest fet esdevé una limitació de l'estudi, ja que òbviament les càrregues ambientals associades als materials, processos i components dels tres SEP estudiats (BRIM, SMAC i ASJB) no són exactament les mateixes que les associades als seus homòlegs continguts en la base de dades emprada (EIME). Una altra limitació de l'estudi és la no consideració de l'etapa de final de vida dins l'abast de l'estudi dels tres SEP, la qual ha estat exclosa per la manca d'informació real que faci possible reproduir el comportament ambiental d'aquests en els seus escenaris de final de vida.

### **2.3 Inventari**

En el present estudi, dues fonts d'informació han estat emprades:

**Composició i fabricació dels SEP.** Tota la informació relativa a la composició i fabricació de BRIM, SMAC i ASJB ha estat proporcionada pel propi fabricant (Lear Automotive (EEDS) Spain, SL i el seu Centre Tecnològic Europeu). Per motius de confidencialitat, aquesta informació no pot ser presentada en aquest document.

**Informació ambiental.** Els inventaris de cicle de vida (LCI) dels tres SEP considerats (BRIM, SMAC i ASJB) han estat realitzats emprant la base de dades d'EIME (Environmental Information and Management Explorer, versió 1.3.2 d'Ecobilan-PriceWaterhouseCoopers). Aquesta base de dades, especialitzada en el sector elèctric-electrònic, conté informació ambiental proporcionada per cinc fabricants del sector elèctric-

electrònic (IBM, Alcatel, Legrand, Schneider i Thomson). Per motius de confidencialitat, aquesta informació tampoc no pot ser presentada en aquest document.

## 2.4 Avaluació d'impactes

A continuació, es presenten en forma de taules els resultats de l'avaluació d'impacte d'alguns dels materials, components i processos ambientalment més significatius i rellevants per a cadascun dels tres SEP estudiats (BRIM, SMAC i ASJB). Tal com ja ha estat esmentat anteriorment, els resultats únicament mostren el comportament ambiental de l'etapa d'adquisició de materials i fabricació del propi producte, anomenada globalment com a **fabricació dels SEP**, etapa que ha estat identificada com la més rellevant o significativa sota una perspectiva d'impacte ambiental.

Taula 2.1 Alguns components de **BRIM** i la seva contribució (en %) a cadascun dels indicadors d'impacte

Component	RMD Raw Material Depletion	ED Energy Depletion	WD Water Depletion	GW Global Warming	OD Ozone Depletion	AT Air Toxicity	POC Photochemical Ozone Creation	AA Air Acidification	WT Water Toxicity	WE Water Eutrophication	HWP Hazardous Waste Production
Capacitors c	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Integrated circuits	23	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>97</b>	<b>97</b>	<b>92</b>	<b>87</b>	<b>91</b>	<b>69</b>	44	<b>98</b>
Resonator	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Printed circuit board	2	1	1	1	1	1	1	1	25	<b>54</b>	1
Connector	5	-	1	-	-	4	-	5	3	-	-
Wave soldering	<b>54</b>	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-

Taula 2.2 Alguns components de **SMAC** i la seva contribució (en %) a cadascun dels indicadors d'impacte

Component	RMD Raw Material Depletion	ED Energy Depletion	WD Water Depletion	GW Global Warming	OD Ozone Depletion	AT Air Toxicity	POC Photochemical Ozone Creation	AA Air Acidification	WT Water Toxicity	WE Water Eutrophication	HWP Hazardous Waste Production
Relays	<b>38</b>	1	2	1	4	19	1	24	15	1	-
Integrated circuits	10	<b>93</b>	<b>93</b>	<b>93</b>	<b>91</b>	<b>65</b>	<b>83</b>	<b>59</b>	<b>50</b>	39	<b>96</b>
Printed circuit board	1	1	1	1	1	1	1	1	22	<b>58</b>	1
Connector a	2	-	1	-	-	3	-	3	2	-	-
Connector b	7	1	2	1	1	9	1	10	8	-	1
Wave soldering	28	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-

Taula 2.3 Alguns components d'ASJB i la seva contribució (en %) a cadascun dels indicadors d'impacte

Component	RMD Raw material depletion	ED Energy depletion	WD Water depletion	GW Global warming	OD Ozone depletion	AT Air toxicity	POC Photochemical ozone creation	AA Air acidification	WT Water Toxicity	WE Water eutrophication	HWP Hazardous waste production
Integrated circuits (a)	3	49	49	49	47	19	42	15	28	16	51
Printed circuit board (b)	7	1	2	1	3	1	1	1	17	32	-
Printed circuit board (s)	5	1	1	1	2	1	1	1	10	20	-
Wave soldering	20	1	-	1	1	1	12	-	-	-	-
Integrated circuits (b)	4	39	40	39	38	15	34	12	23	13	41
Plastic Box	-	2	1	2	1	57	1	64	1	2	1

## 2.5 Discussió de resultats

La principal conclusió que es pot extreure de la interpretació dels resultats de l'avaluació ambiental realitzada a BRIM, SMAC i ASJB és la següent:

- El major impacte ambiental, des d'un punt de vista global, està associat als circuits integrats (IC) com a conseqüència dels elevats requeriments energètics necessaris per a la seva fabricació. La integració de funcions en un menor nombre o massa d'IC permetria i facilitaria una reducció molt important de l'impacte global dels SEP.

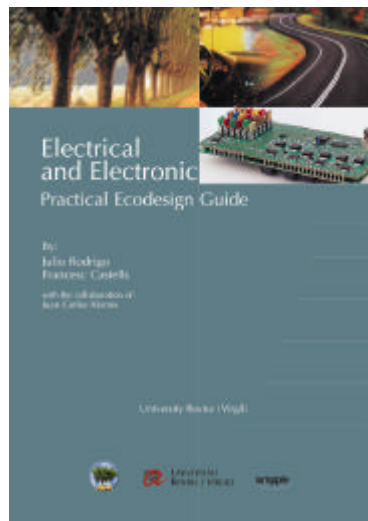
A continuació, es procedeix a la discussió dels resultats de l'avaluació ambiental realitzada a ASJB. Una discussió i conclusions anàlogues es poden fer i extreure per al cas de BRIM i SMAC, tot tenint en consideració les diferències de composició i massa existents entre tots tres SEP.

- L'impacte ambiental global més gran està associat als circuits integrats (IC) com a conseqüència dels elevats requeriments energètics necessaris per a la seva fabricació.
- El procés de *wave soldering* té la contribució més gran a RMD (Raw Material Depletion) a causa del consum de plom (Pb) i estany (Sn).
- El procés de *wave soldering* té una important contribució a POC (Photochemical Ozone Creation) a causa del flux de soldadura emprat.
- Els ponts o *male terminals* tenen una important contribució a RMD (Raw Material Depletion) a causa del seu elevat contingut en coure (Cu) i estany (Sn).

- Les PCB (Printed Circuit Boards) presenten la contribució més important a WE (Water Eutrophication) a causa de la presència de dicianodiamida ( $C_2H_4N_4$ ). El procés d'atac àcid fa que les PCB tinguin una important contribució en la WT (Water Toxicity).
- La PCB (a) té una contribució important a RMD (Raw Material Depletion) pel seu contingut elevat en coure (làmina d'un gruix de 400  $\mu$ ).
- La carcassa plàstica exterior té la contribució més important a AA (Air Acidification) i a AT (Air Toxicity) a causa de l'ús de PA (generació de  $NO_x$  i  $SO_x$ ).

## 2.6 Conclusions finals

Posteriorment a l'avaluació ambiental de BRIM, SMAC i ASJB, el Centre Tecnològic Europeu de Lear va portar a la pràctica l'aplicació de la metodologia de l'ecodisseny, escollint per a aquest propòsit de millora ambiental o ecodisseny, el SEP anomenat ASJB. El nou prototipus, anomenat **green ASJB**, va ser desenvolupat tenint en consideració les tecnologies netes disponibles, els estudis d'ACV i ecodisseny realitzats per Lear i la nostra guia pràctica d'ecodisseny (Electrical and Electronic Practical Ecodesign Guide (gener 2002)). El nou prototipus, green ASJB, ha superat amb èxit tots els tests de funcionalitat en el laboratori.



[http://www.etse.urv.es/DEQ/web\\_cat/recerca/aga/](http://www.etse.urv.es/DEQ/web_cat/recerca/aga/) o <http://www.stq.urv.es/simpple>

Figura 2.4- Electrical and Electronic Practical Ecodesign Guide – gener 2002

Els objectius tècnics de millora ambiental van ser els següents:

**Ús de components electrònics amb menor impacte ambiental** (sense retardants bromats de flama, sense substàncies considerades com a perilloses, etc.). Es van establir diferents contactes amb proveïdors i es va constatar la no disponibilitat de

productes comercials sense retardants bromats de flama en les seves carcasses (aquest tipus de productes es troben actualment en fase de desenvolupament).

**Ús de PCB (Printed Circuit Boards) sense retardants bromats de flama.** Es va desenvolupar, en col·laboració amb un proveïdor, un nou substrat de PCB lliure de substàncies halogenades. Aquest nou substrat elimina el risc d'emissions perilloses com a conseqüència de la incineració del substrat. Es va assolir una reducció d'un 95% en el contingut de brom.

**Integració de components electrònics.** El disseny va ser modificat amb la finalitat d'aconseguir integrar totes les funcions requerides en un menor nombre o massa de circuits integrats (IC). Els estudis d'ACV van mostrar que aquests tipus de components tenen un impacte ambiental important associat com a conseqüència dels requeriments energètics per a la seva fabricació. La reducció del nombre d'IC va ser assolida sense quedar afectada la fiabilitat del nou prototipus. La integració també va permetre l'optimització de l'àrea o superfície de PCB requerida.

**Optimització de la superfície de PCB i reducció del contingut de coure.** Els estudis d'ACV van posar de manifest la importància del contingut de coure en l'impacte ambiental associat a la PCB. Es va assolir una reducció d'un 54% de coure en el nou disseny (d'una làmina de Cu de 400  $\mu$  de gruix a una de 210  $\mu$ ).

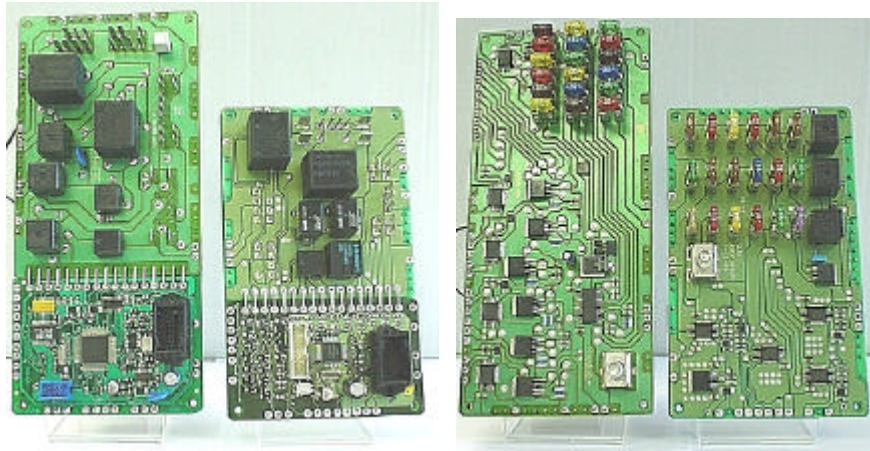
**Ús de soldadura lliure de plom.** La utilització de tecnologies alternatives per al soldat (per exemple SnAg) van possibilitar una reducció d'un 99% en el contingut de plom (Pb) del nou disseny i es va facilitar la valorització i/o gestió del nou producte en el seu final de vida.

**Ús de plàstic reciclat post consum.** Es van portar a terme dos projectes paral·lels amb la finalitat d'avaluar la viabilitat d'utilització de materials reciclats: 1) en la carcassa plàstica exterior (PA) i 2) en les parts aïllants internes (PP). En el prototipus final, les parts aïllants internes estan fetes en un 100% de PP reciclat.

**Reducció de la massa total.** La integració de components electrònics i la reducció en el contingut de coure van suposar una reducció del 19% en la massa total del nou prototipus.

**Facilitació del desmuntatge de components.** Increment de la facilitat de components amb substàncies perilloses mitjançant el seu posicionament en indrets de fàcil accés.

La figura següent mostra les diferències entre les dues versions (cares top i bottom). En ella s'aprecia clarament la integració de components que ha tingut lloc en la versió *green ASJB* (dreta):



*Figura 2.5- ASJB (esquerra) i green ASJB (dreta)*

El nou prototipus **green ASJB** va ser avaluat ambientalment, mitjançant la metodologia de l'ACV, emprant el programari SIMAPRO (Eco-Indicator 95 method for Impact Assessment). La reducció de l'impacte ambiental assolida va ser:

- Etapa de fabricació: 46%
- Etapa d'ús (reducció total de massa): 19%
- Reducció de l'impacte total: 38%

L'etapa de final de vida tampoc no va ser avaluada en aquest cas per la manca d'informació sobre el tema. De totes formes, es dedueix la seva millora ambiental com a conseqüència de la reducció assolida en el contingut de materials i substàncies perilloses.

L'aplicació de la metodologia de l'Anàlisi de Cicle de Vida permet a Lear Automotive EEDS Spain, SL i al seu Centre Tecnològic Europeu la identificació i quantificació dels impactes ambientals més significatius associats als seus productes i processos. Aquests impactes poden ser abordats i, per tant, reduïts en l'etapa de disseny i desenvolupament mitjançant l'aplicació de la metodologia de l'ecodisseny. Les millores assolides poden ser monitoritzades mitjançant indicadors d'impacte. La combinació d'ambdues metodologies és una eina potent per a la millora continuada dels productes actuals i futurs, i la companyia es va anticipar a les exigències legals futures i requeriments de clients.

## 2.7 Nota bibliogràfica

El present estudi es va fer públic per primera vegada al congrés The International Conference and Exhibition on Life Cycle Assessment: Tools for Sustainability organitzat per l'Agència de Protecció del Medi Ambient dels Estats Units (US-EPA) a la ciutat d'Arlington-Virginia (Washington DC Metro Area) els 25-27 d'abril de 2000.

## 3 Aplicació de l'ACV a una marquesina

R. Puig, C. Cuéllar, M. Solé, A. Rius

Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial d'Igualada (EUETII- L'Escola d'Adoberia)  
Plaça del Rei, 15. 08700 Igualada (Barcelona)  
Tel. 93 803 53 00, fax 93 803 15 89, [rpuig@euetii.upc.es](mailto:rpuig@euetii.upc.es)

### 3.1 Justificació

L'estudi consistirà a avaluar ambientalment una marquesina d'autobusos emprant l'ACV.



*Figura 3.1. Marquesina instal·lada a la ciutat de Barcelona*

La marquesina és un element que té, com a missió principal, protegir els usuaris del servei d'autobusos de les inclemències del temps, i també tindrà una funció publicitària (o propagandística) i d'informació referent al servei d'autobusos.

Aquest treball forma part d'un projecte més ampli consistent en l'avaluació ambiental de quatre elements de mobiliari urbà que l'empresa AVENIR ESPANYA S.A. va encarregar a l'EUTTI d'Igualada.

Aquest estudi es demanava com a requisit en el plec de condicions reguladores necessàries per presentar-se al concurs públic convocat per l'Ajuntament de Barcelona l'any 1999, per tal d'aconseguir l'adjudicació de conservació, instal·lació i explotació del mobiliari urbà.

## 3.2 Objectius i abast

### 3.2.1 Objectiu

L'objectiu d'aquest treball és aplicar la metodologia de l'ACV seguint la norma ISO/DIS 14040:1996(E), a una marquesina per tal d'avaluar les etapes del seu cicle de vida que afectin més el medi.

En aquest estudi d'ACV es pretén obtenir la informació ambiental adequada per tal que l'empresa AVENIR ESPANYA SA pugui emprar-la per aconseguir millores ambientals, des de la fase de disseny de la marquesina, per justificar la compatibilitat de cadascun dels nous elements de mobiliari proposats, amb un desenvolupament sostenible i respectuós amb les condicions mediambientals.

### 3.2.2 Unitat funcional

La unitat funcional és la unitat a què aniran referides totes les entrades i sortides del sistema, que en aquest cas es referirà a "una marquesina de dimensions 1788 mm x 4912 mm i 2540 mm d'alçada durant un període de concessió de 8 anys".

### 3.2.3 Sistema

El sistema a estudiar es representa mitjançant un diagrama de procés, que inclou totes les fases del cicle de vida del producte.

En el cicle de vida de la marquesina s'han considerat com a subsistemes: la fabricació i el processament de matèries primeres; el muntatge i la instal·lació de la marquesina; l'ús i el manteniment i finalment la gestió de residus, tal com es descriu en la figura 3.2.

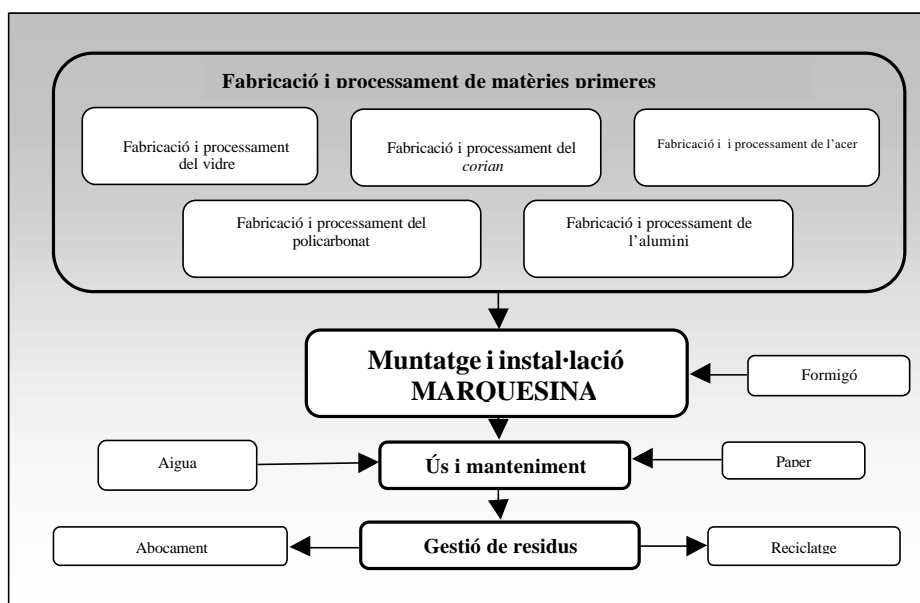


Figura 3.2 Diagrama de procés del sistema

En la **fabricació i el processament de matèries primeres** l'estudi s'ha dividit en sis subapartats: fabricació i processament de l'acer inoxidable, del vidre, del *corian*, de l'alumini i del policarbonat, que són els materials que conformen la marquesina.

El **muntatge i la instal·lació** inclouen transport de les matèries primeres des del seu lloc d'origen, el muntatge, la distribució dels elements de mobiliari fins al lloc on s'instal·laran i finalment la pròpia instal·lació de la marquesina a un dels carrers de Barcelona.

En l'**ús i el manteniment** s'inclouen l'ús, que consisteix a posar els cartells de propaganda que es canviaran cada setmana i il·luminar-los, i també la neteja, la inspecció i la reparació.

En la **gestió de residus**, un cop passat el temps de concessió, el mobiliari serà desmantellat i seleccionat per tal de poder realitzar la gestió específica per a cada tipus de producte (el *corian* a abocador i tots els altres materials a reciclatge).

S'exclouen de l'estudi tots els productes i components que no siguin significatius. Per exemple, en la neteja no s'ha considerat la fabricació del sabó, ni dels estris de neteja.

**L'assignació o la repartició de les càrregues ambientals** s'ha fet sempre que era possible assignant a cada producte les càrregues de les quals és la causa.

### 3.3 Inventari del cicle de vida

Per a l'anàlisi d'inventari es fa un balanç de la matèria i l'energia del sistema.

Es fa l'inventari dels 4 subsistemes ja descrits anteriorment i especificats, segons la figura 3.2.

En les etapes d'obtenció d'energia, de transport i de gestió de residus, que són comunes a tot el procés, es fan les consideracions següents:

- L'energia tèrmica utilitzada i les emissions associades inclouen l'obtenció de combustible des del seu origen fins a la seva combustió.

Les emissions de l'energia elèctrica utilitzada depenen del seu perfil d'obtenció, que en el cas català el seu origen era l'any 99: 77% nuclear; 14% hidroelèctric; 4,6% tèrmic i 4,7% d'altres.

- Distingirem entre 4 tipus de transport:
  - Urbà o interurbà: utilització de furgoneta.
  - Local: utilització d'un camió de 16 t (distàncies inferiors a 60 km).
  - Regional: utilització d'un camió de 28 t (distàncies superiors a 60 km).
  - De llarga distància: utilització d'un camió de 40 t (desplaçaments entre regions o països).

Les càrregues ambientals produïdes pel transport depenen de la quantitat de material transportat (en tones) i del recorregut (en km).

- Es consideren dos tipus de gestió dels residus:
  - Abocament. Es considera que és en abocador controlat sense recuperació d'energia, amb dades dels abocadors catalans.
 

Materials inerts: la runa, l'acer, el plàstic, el paper i el vidre. No tenen emissions de gasos a l'atmosfera ni produeixen lixivats.
  - Reciclatge. Quan el material va al reciclatge no es consideraran les seves càrregues ambientals a causa del seu reciclatge ja que s'allibera del sistema. En tot cas s'hauran de tenir en compte en el sistema que en farà ús.

### 3.3.1 Subsistema 1: Fabricació i processament de matèries primeres

Per a l'obtenció de les dades de consums i emissions a causa de la fabricació de tots els materials que conformen la marquesina s'utilitza la base de dades BUWAL 250 continguda en el programa SimaPro.

Taula 3.1 Materials que formen la marquesina

Material	Pes (kg)	Consideracions
Acer	1.050,1	Acer estàndard X2CrNiMo1712 (316L) I.
Vidre	593,2	Blanc per a envàs amb un 55% de vidre reciclat.
Corian	12,6	Material compost d'un 60% d'alumini i un 40% de minerals i resina de polièster.
Policarbonat	60,6	Fabricat per General Electric Plastics, d'Holanda.
Alumini	54,3	Alumini estàndard segons les dades de la BUWAL 250.

### 3.3.2 Subsistema 2: Muntatge i instal·lació de la marquesina

- **Transport i muntatge**

S'han de calcular les càrregues ambientals a causa del transport dels diferents materials de què està composta la marquesina, des del seu lloc d'origen fins a Barcelona.

Taula 3.2 Distància recorreguda i tipus de transport utilitzat per portar cada material des del seu lloc d'origen

Material	Pes (t)	Lloc d'origen	Distància (km)	Tipus de transport
<b>Acer</b>	1,0500	País Basc	580	Llarga distància (camió 40t)
<b>Vidre</b>	0,5932	Vilafranca	60	Regional (camió 28t)
<b>Policarbonat</b>	0,0606	Itàlia	1.500	Llarga distància (camió 40t)
<b>Corian</b>	0,0126	Olot	100	Regional (camió 28t)
<b>Alumini</b>	0,0543	Astúries *	850	Llarga distància (camió 40t)

\* S'extreu a Astúries i es processa a Valladolid, Gijón o Sabiñánigo. Es considerarà una distància mitjana de 300 km entre el punt d'extracció i el de processament, i de 550 km entre el punt de processament i el d'utilització (Barcelona).

Les dades de l'inventari de la Taula 1 es refereixen al transport d'una tona durant un quilòmetre i en la columna TOTAL al valor real de transport.

- **Emmagatzemament i distribució**

Aquest subsistema inclou l'emmagatzemament de tots els components del mobiliari en un recinte, i la seva posterior distribució fins al lloc on s'instal·laran.

En la distribució es comptabilitzarà el transport del mobiliari, des del magatzem fins al lloc d'instal·lació i tornada del camió buit. La despesa energètica del magatzem es considera negligible.

**Taula 3.3 Dades considerades pel transport de la marquesina**

Element	Pes (kg)	Distància (km)	Tipus de transport
Marquesina	1770,81	10	Camió de 16 t

Les dades de l'inventari de la Taula 1 es refereixen al transport d'una tona durant un quilòmetre i en la columna TOTAL al valor real de transport.

- **Instal·lació**

S'ha de fer una perforació al terra, omplir-la de formigó i posar els ancoratges d'acer en els quals poder subjectar l'estructura de la marquesina.

S'inclou la fabricació del formigó i el transport de la runa cap a la seva destinació final (abocador).

Es faran 5 forats de 30 x 30 x 30 cm, cadascun dels quals s'omplirà amb 59,4 kg de formigó.

Els consums considerats en l'etapa d'instal·lació (es mostren a la Taula 3.4)

*Taula 3.4 Consums considerats per a la instal·lació de la marquesina*

<b>Formigó</b>	59,4 kg de formigó per forat amb un 14% de ciment, un 36% de sorra, un 46% de grava i un 4% d'aigua.	297 kg
<b>Runa</b>	80 kg per cada forat. Anirà a l'abocador.	400 kg
<b>Electricitat</b>	S'utilitza un martell pneumàtic de 2 200 W, que tarda 15 minuts per forat.	2,75 kWh

Les dades de l'inventari de la Taula 3.5 es refereixen a 1.000 kg de formigó, 1.000 kg de residu inert i 1 kWh d'electricitat i les de la columna TOTAL al valor real de formigó, de residu inert i d'electricitat consumida.

MUNTATGE I INSTAL·LACIÓ										
VALORS REALS		Transport i muntatge			Emmagat. i distribució		Instal·lació			
		7,46E+02	3,69E+01		1,77E+01		2,97E+02	4,00E+02	2,75E+00	
		t-km	t-km		t-km		kg	kg	kW·h	
Substàncies	Unitat	Camió 40 t	Camió 28 t	Total	Camió 16 t	Total	Formigó	Residu inert	Electricitat	Total
<b>M.P. I ENERGIA</b>										
Aigua	t	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,64E+00	0,00E+00	1,14E+01	5,18E-01
energia total	MJ	1,26E+00	2,07E+00	1,02E+03	3,11E+00	5,51E+01	8,03E+02	6,53E+01	9,52E+00	2,65E+02
<b>EMISSIONS A L'AIRE</b>										
ammonia	µg	2,52E+00	4,13E+00	2,03E+03	6,19E+00	1,10E+02	1,41E+00	0,00E+00	2,80E-01	4,20E-01
CO2	g	9,25E+01	1,52E+02	7,46E+04	2,28E+02	4,04E+03	6,27E+01	2,54E+00	4,52E-02	1,96E+01
HCl	mg	1,89E+02	3,10E+02	1,52E+05	4,66E+02	8,25E+03	1,86E+01	0,00E+00	8,72E+00	5,55E+00
HF	µg	1,98E+01	3,24E+01	1,60E+04	4,87E+01	8,62E+02	1,12E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,33E+00
methane	mg	1,13E+02	1,85E+02	9,11E+04	2,77E+02	4,91E+03	9,94E+00	0,00E+00	1,61E-01	2,95E+00
N2O	mg	2,23E+00	3,67E+00	1,80E+03	5,50E+00	9,74E+01	1,22E+02	1,00E+02	3,84E-01	7,62E+01
NO2	g	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,04E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,09E+01
NOx	g	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,29E+02	2,84E+01	1,12E-01	7,94E+01
NOx (as NO2)	g	1,66E+00	2,73E+00	1,34E+03	4,10E+00	7,26E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
SO2	g	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,05E+01	0,00E+00	1,34E-01	9,06E+00
SOx	g	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,43E+01	8,50E+00	0,00E+00	2,25E+01
SOx (as SO2)	mg	1,39E+02	2,29E+02	1,12E+05	3,43E+02	6,07E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
<b>EMISSIONS A L'AIGUA</b>										
COD	mg	4,15E+00	6,81E+00	3,35E+03	1,02E+01	1,81E+02	3,67E+01	0,00E+00	2,55E-01	1,09E+01
Fosfats	mg	3,66E+04	6,01E+04	2,95E+07	9,01E+04	1,60E+06	0,00E+00	0,00E+00	1,78E+00	4,90E-03
Kjeldahl-N	mg	5,23E+02	8,59E+02	4,22E+05	1,29E+00	2,28E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
NH3	mg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,10E+01	0,00E+00	3,32E+00	3,28E+00
NH4+	mg	3,09E+00	5,07E+00	2,49E+03	7,61E+00	1,35E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Nitrats	mg	9,28E+02	1,52E+00	6,92E+05	2,28E+00	4,04E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,98E+00	5,45E-03
N-tot	mg	3,02E+00	4,95E+00	2,44E+03	7,42E+00	1,31E+02	9,13E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,71E+00
<b>EMISSIONS SÓLIDES</b>										
Residus sòlids	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,45E+03	0,00E+00	5,80E+02

Taula 3.5. Resum de l'inventari per al subsistema de muntatge i instal·lació.

### 3.3.3 Subsistema 3: Ús i manteniment

- **Ús**

En l'etapa d'ús de la marquesina es comptabilitza la despesa elèctrica per a la il·luminació i la quantitat de paper consumit, i el transport per canvi dels cartells de propaganda.

El panell d'informació municipal (PIM) que conté la marquesina té 4 fluorescents i el suport per als codis d'identificació de línies, en té 2. Aquests fluorescents són de 36 W cadascun i es consideren 4.280 h d'il·luminació a l'any.

El paper publicitari es canvia cada setmana. Una marquesina té 2 cartells publicitaris amb un pes de 200 g/unitat.

Les emissions a causa del transport per canvi de cartells es calcularan a partir de les dades de tones transportades per km recorregut.

**Taula 3.6 Dades considerades per al transport de cartells publicitaris**

TRANSPORT				
	Distància/setmana (km/setmana)	Distància/any (km/any)	Distància/8 any (km/8 any)	Pes transportat (t)
<b>Canvi de cartells</b>	0,371	19,3	154,8	0,004
<b>Cartells a reciclar</b>	0,016	0,8	6,7	0,0004

Per tant, els consums i les emissions associades a l'etapa d'ús seran les corresponents a la producció de: 7 395,8 kWh d'electricitat i 166,9 kg de paper; i al transport amb furgoneta de 0,6192 t·km (canvi de cartells) i 0,00268 t·km (cartells a reciclar).

- **Neteja**

La neteja de la marquesina s'efectuarà amb una periodicitat de cada 15 dies i inclourà un transport amb furgoneta de l'equip de neteja, des de la central fins a la destinació on s'ha d'efectuar el servei. S'han calculat en els 8 anys un consum de 0,912 t.km.

Només es considerarà el consum d'aigua (no s'inclouen els detergents ni els estris de neteja: galleda, fregall i baieta, etc). S'ha considerat que es gasta 1l d'aigua cada vegada i, per tant, 195 l en els 8 anys.

- **Inspecció i reparació**

En aquest estudi es considera una inspecció cada 2 dies. El magatzem on hi ha les peces de recanvi i les furgonetes per a la inspecció és a Barcelona mateix. En un dia es poden inspeccionar diversos elements de mobiliari urbà (953) i, per tant, es calculen els km necessaris

per a una marquesina (aproximadament 0,16 km per marquesina i dia) i les tones transportades (0,2t repartides entre 953 elements de mobiliari inspeccionat).

### 3.3.4 Subsistema 4: Gestió de residus

- **Desinstal·lació i selecció**

La desinstal·lació consisteix a treure els ancoratges del mobiliari. La selecció consistirà a separar els materials que componen el mobiliari en tipus, per tal de poder fer una gestió més adequada.

La gestió del vidre, l'acer, el policarbonat i l'alumini consistirà a transportar tots els materials d'aquesta naturalesa fins a la planta de reciclatge. S'ha considerat que es reciclen en un 100%, ja que totes les peces de vidre són fàcilment separables.

Taula 3.7 Dades considerades per a la gestió dels diferents materials recuperats de la marquesina

	<b>Pes (kg)</b>	<b>Distància (km)</b>	<b>Tipus de camió</b>	<b>Destinació</b>
<b>Vidre</b>	593,2	15	16 t	Planta de reciclatge
<b>Acer</b>	1050,0	580	40 t *	Planta de reciclatge (al País Basc) *
<b>Policarbonat</b>	60,6	15	16 t	Planta de reciclatge
<b>Alumini</b>	54,3	15	40 t	Planta de reciclatge (St. Andreu de la Barca)
<b>Corian</b>	12,6		16 t	Abocador

\* Es considera una distància mitjana de 15 km fins al desballestador i d'uns 580 km fins a la planta de reciclatge (en el País Basc). Els 15 km amb camió de 16 t no es consideren, davant els 580 km amb camió de 40 t.

### 3.4 Avaluació d'impactes del cicle de vida

El mètode d'avaluació d'impactes utilitzat serà el proposat pel SETAC i basat fonamentalment en el model desenvolupat pel CML. Les categories d'impacte considerades han estat: l'acidificació; l'eutrofització; l'escalfament global; el consum d'energia; la quantitat de residus i el consum d'aigua.

S'han escollit les categories d'impacte referent a sortides (escalfament global, eutrofització i acidificació) perquè són les que estan internacionalment consensuades. A més d'aquestes, s'ha considerat el consum d'aigua, consum d'energia i quantitat de residus, perquè tots aquests temes, són bastant preocupants en l'àmbit català.

En la Taula 3.8 es presenten els contaminants que afecten cadascuna de les categories d'impacte escollides i els seus factors de caracterització (són els desenvolupats pel CML holandès).

Taula 3.8 Factors de caracterització utilitzats en aquest estudi

CLASSE	CONTAMINANT	EUTROFITZACIÓ	ESCALFAMENT GLOBAL	ACIDIFICACIÓ
aire	Amoníac	0.33		1.88
aire	CH <sub>4</sub>		11,00	
aire	CO <sub>2</sub>		1,00	
aire	Fosfats	1,00		
aire	HCl			0.88
aire	HF			1.6
aire	N <sub>2</sub> O		270,00	
aire	Nitrats	0,10		
aire	NO	0,20		1.07
aire	NO <sub>x</sub> i NO <sub>2</sub>	0.13		0.7
aire	P	3.06		
aire	SO <sub>x</sub> i SO <sub>2</sub>			1,00
aigua	COD	0.022		
aigua	Fosfats	1,00		
aigua	Kjeldahl-N	0.42		
aigua	NH <sub>3</sub>	0.33		
aigua	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.33		
aigua	Nitrats	0.1		
aigua	N-total	0.42		
aigua	P-tot	3.06		

En el consum d'aigua es comptabilitzarà la quantitat d'aigua (en kg) consumida en cada subsistema.

El consum d'energia s'expressa en MJ i s'obté després de comptabilitzar la quantitat d'energia tèrmica, el transport i l'electricitat consumits per un subsistema. Aquest valor inclou l'energia necessària per obtenir el combustible que s'ha cremat. El valor de l'energia elèctrica (en kWh) s'ha convertit a energia tèrmica tenint en compte la seva eficàcia de conversió a Catalunya, que és del 37,8%<sup>1</sup>.

La quantitat de residus sòlids s'expressarà en kg i s'obté de sumar tots els residus sòlids que surten d'un subsistema i que passen a formar part del sòl, després d'haver sofert ja els tractaments adequats (incineració, descomposició en abocador, etc.).

El valor d'escalfament global s'expressa en kg de CO<sub>2</sub> i s'obté a partir de la suma ponderada següent:

$$EG = f_{CO_2} \times m_{CO_2} + f_{N_2O} \times m_{N_2O} + f_{CH_4} \times m_{CH_4}$$

i és  $f_i$  el factor de caracterització  
 $m_i$  el pes dels contaminants.

<sup>1</sup> Fullana, Pere i Puig, Rita "Análisis del ciclo de vida". Ed. Rubes S.L. 1997.

El valor d'eutrofització per a cada subsistema s'expressa en kg de  $\text{PO}_4^{3-}$  i s'obté a partir d'una suma ponderada (similar a l'anterior) de la quantitat de contaminants emesos, que afecten aquesta categoria, pel seu factor de caracterització (vegeu la taula anterior).

I, finalment, el valor de l'acidificació s'expressa en kg de  $\text{SO}_2$  i s'obté de forma anàloga.

Els resultats numèrics i en percentatges dels impactes sobre les categories estudiades són els que es donen en la Taula 3.9. En l'última part de la Taula 3.9 hi ha els resultats totals donats per a cada un dels 4 subsistemes estudiats.

	Acidificació %		Eutrofització %		Escalfament global %		Consum d'energia %		Quantitat de residus %		Consum d'aigua %	
<b>Fabricació de matèries primeres</b>												
Vidre	2,65E+00	1,52	1,89E-01	7,77	4,49E+02	7,00	7,18E+03	7,50	4,04E+01	9,09	0,00E+00	0,00
Acer	1,58E+02	90,67	1,89E+00	77,99	5,18E+03	80,71	6,92E+04	72,34	3,37E+02	75,90	1,35E+01	0,46
Corian	1,39E+00	0,80	6,49E-02	2,67	1,25E+02	1,95	1,11E+03	1,16	5,01E+01	11,29	9,05E+01	3,07
Alumini	1,04E+01	5,99	1,33E-01	5,49	5,81E+02	9,06	7,93E+03	8,29	1,00E+01	2,25	1,48E+01	0,50
Polycarbonat	1,76E+00	1,01	1,47E-01	6,08	8,24E+01	1,28	1,02E+04	10,71	6,48E+00	1,46	2,82E+03	95,96
<b>TOTAL</b>	<b>1,74E+02</b>		<b>2,43E+00</b>		<b>6,41E+03</b>		<b>9,57E+04</b>		<b>4,44E+02</b>		<b>2,94E+03</b>	
<b>Muntatge i instal·lació</b>												
Transport i muntatge	1,18E+00	87,72	4,92E-01	95,37	7,61E+01	76,19	1,02E+03	76,07	0,00E+00	0,00	0,00E+00	0,00
Emmagatz. i distribució	5,69E-02	4,22	9,56E-03	1,85	4,12E+00	4,12	5,51E+01	4,12	0,00E+00	0,00	0,00E+00	0,00
Instal·lació	1,09E-01	8,06	1,43E-02	2,78	1,97E+01	19,68	2,65E+02	19,81	5,96E+02	100,00	8,96E+04	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>1,35E+00</b>		<b>5,16E-01</b>		<b>9,99E+01</b>		<b>1,34E+03</b>		<b>5,96E+02</b>		<b>8,96E+04</b>	
<b>Ús i manteniment</b>												
Ús	2,39E+00	99,92	2,59E-01	99,91	4,76E+02	99,89	7,65E+04	99,99	6,10E+01	100,00	9,68E+04	99,80
Neteja	1,90E-03	0,08	2,20E-04	0,08	5,05E-01	0,11	6,73E+00	0,01	0,00E+00	0,00	1,95E+02	0,20
Inspecció i reparació	1,03E-04	0,00	1,19E-05	0,00	2,72E-02	0,01	3,62E-01	0,00	0,00E+00	0,00	0,00E+00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>2,39E+00</b>		<b>2,60E-01</b>		<b>4,77E+02</b>		<b>7,65E+04</b>		<b>6,10E+01</b>		<b>9,70E+04</b>	
<b>Gestió de residus</b>												
Vidre	2,86E-02	3,09	4,80E-03	1,46	2,07E+00	3,41	2,77E+01	3,46	0,00E+00	0,00	0,00E+00	0,00
Acer	8,94E-01	96,43	3,23E-01	98,21	5,75E+01	94,59	7,67E+02	95,95	0,00E+00	0,00	0,00E+00	0,00
Corian	3,58E-04	0,04	4,80E-05	0,01	9,26E-01	1,53	8,23E-01	0,10	1,48E+01	100,00	0,00E+00	0,00
Alumini	1,20E-03	0,13	4,32E-04	0,13	7,68E-02	0,13	1,03E+00	0,13	0,00E+00	0,00	0,00E+00	0,00
Polycarbonat	2,92E-03	0,32	5,92E-04	0,18	2,11E-01	0,35	2,83E+00	0,35	0,00E+00	0,00	0,00E+00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>9,27E-01</b>		<b>3,29E-01</b>		<b>6,07E+01</b>		<b>8,00E+02</b>		<b>1,48E+01</b>		<b>0,00E+00</b>	
<b>SISTEMA</b>												
Fabricació de matèries primeres	1,74E+02	97,39	2,43E+00	68,71	6,41E+03	90,96	9,57E+04	54,89	4,44E+02	39,78	2,94E+03	1,55
Muntatge i instal·lació	1,35E+00	0,76	5,16E-01	14,61	9,99E+01	1,42	1,34E+03	0,77	5,96E+02	53,42	8,96E+04	47,25
Ús i manteniment	2,39E+00	1,34	2,60E-01	7,35	4,77E+02	6,76	7,65E+04	43,88	6,10E+01	5,47	9,70E+04	51,19
Gestió de residus	9,27E-01	0,52	3,29E-01	9,32	6,07E+01	0,86	8,00E+02	0,46	1,48E+01	1,33	0,00E+00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>1,78E+02</b>		<b>3,53E+00</b>		<b>7,05E+03</b>		<b>1,74E+05</b>		<b>1,12E+03</b>		<b>1,90E+05</b>	

Taula 3.9 Resum dels impactes produïts per a cada un dels elements dels diferents subsistemes.



Per poder veure la contribució de cada un dels elements considerats en les categories d'impacte estudiades, es poden representar les dades en forma gràfica, de manera similar a la Figura 3.3.

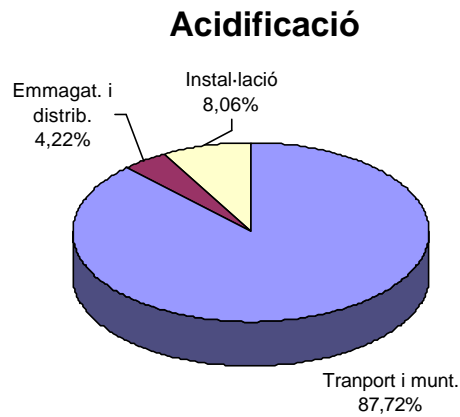


Figura 3.3 Subsistema 2. Muntatge i instal·lació

Com a resum final, la contribució dels 4 subsistemes a les diverses categories d'impacte estudiades, es pot veure en forma gràfica a la figura 3.4.

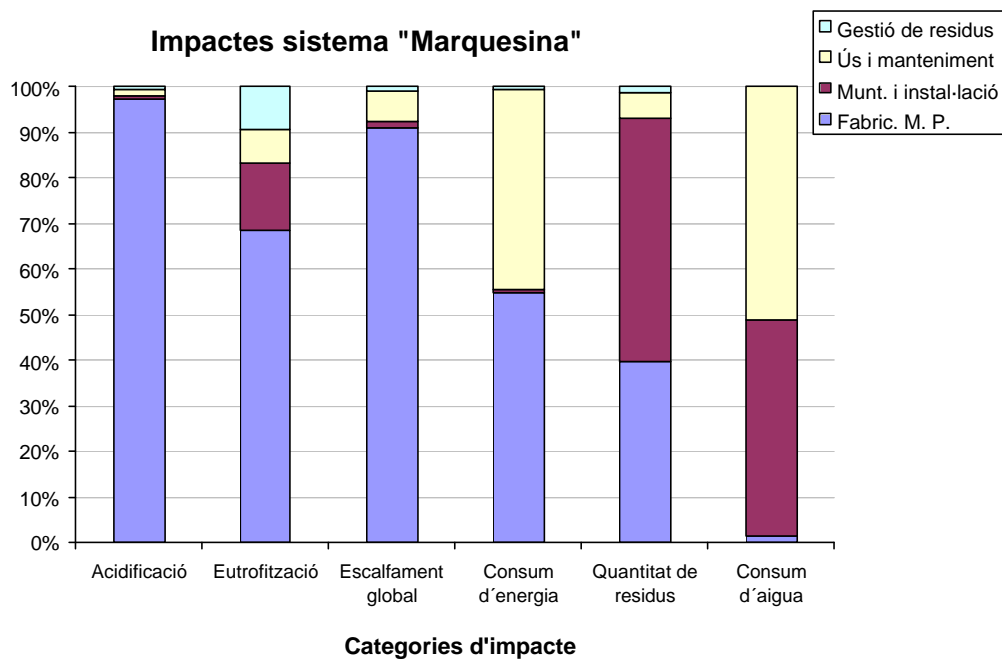


Figura 3.4 Resum d'impactes per a tot el sistema

### 3.5 Discussió de resultats

A partir dels gràfics que es poden fer amb les dades de la Taula 3.9, es van analitzant els resultats per a cada subsistema i també per al sistema global.

Per exemple, per al subsistema de **muntatge i instal·lació**, el transport i el muntatge és el subsistema dominant sobre les 4 primeres categories d'impacte, a causa principalment del transport de l'acer des del País Basc fins a Barcelona, del policarbonat des d'Itàlia i de l'alumini des d'Astúries. L'etapa d'instal·lació domina sobre el consum d'aigua i la quantitat de residus, a causa de la fabricació del formigó i a l'obtenció de runes.

Les conclusions més importants són:

1. En general, el subsistema de fabricació de matèries primeres és el més impactant en totes les categories estudiades i, per tant, és el que s'ha de procurar millorar, especialment en l'acer, que és el primer causant de l'acidificació, eutrofització i escalfament global, i està en segon lloc en les categories de consum d'energia i quantitat de residus.
2. L'etapa d'ús és la primera causant del consum d'energia i consum d'aigua i el tercer causant de l'escalfament global i la quantitat de residus. S'hauria de millorar el paper (dels cartells) i el consum elèctric de la il·luminació.
3. L'alumini i el policarbonat, encara que no siguin elements majoritaris, tenen un pes important en els impactes d'acidificació i escalfament global. L'alumini també en té en el consum d'energia i el policarbonat en el consum d'aigua.
4. El muntatge i la instal·lació tenen un efecte important sobre la categoria d'impacte de quantitat de residus, a causa principalment de la generació de runa en la instal·lació de la marquesina.
5. La gestió de residus té uns impactes mínims, ja que s'ha considerat el reciclatge dels materials, excepte el *corian*, que és un plàstic especial, i que s'enviarà a l'abocador.

### 3.6 Conclusions finals

Es poden fer algunes hipòtesis que permetin reduir i millorar els impactes de la marquesina. Per exemple, com que el subsistema de fabricació de matèries primeres és el que dona els impactes més elevats es va fer un nou disseny que reduïa el pes de materials:

Taula 3.10 Nou disseny de la marquesina: disminució del pes dels diferents materials que la formen

	<b>Pes del disseny anterior (kg)</b>	<b>Pes del disseny nou (kg)</b>	<b>Reducció de pes de M. P. (%)</b>
<b>Vidre</b>	593,2	453,5	23,5
<b>Acer</b>	1050,0	743,9	29,2
<b>Policarbonat</b>	60,6	51,4	15,2
<b>Alumini</b>	54,3	36,2	33,3

Aquests canvis afecten tant la fase de fabricació com les de transport i muntatge, emmagatzemament i distribució i finalment la gestió final.

La reducció d'impactes afecta totes les categories estudiades tal com es mostra a la Taula 3.11

**Taula 3.11 Reducció dels diferents impactes ambientals amb el nou disseny**

	Valor disseny anterior	Valor disseny nou	Reducció del valor de l'impacte (%)
<b>Acidificació</b> (kg SO <sub>2</sub> )	1,78E+02	1,27E+02	28,7
<b>Eutrofització</b> (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	3,53E+00	2,63E+00	25,5
<b>Escalfament global</b> (kg CO <sub>2</sub> )	7,05E+03	5,18E+03	26,5
<b>Consum d'energia</b> (MJ)	1,74E+05	1,47E+05	15,5
<b>Quantitat de residus</b> (kg)	1,07E+03	9,54E+02	10,8
<b>Consum d'aigua</b> (kg)	1,32E+05	1,32E+05	0,00

També es podria pensar en la utilització d'altres materials, amb menor impacte ambiental, per substituir l'alumini (si és possible) i el policarbonat.

En l'etapa d'ús es podria posar una il·luminació de més eficiència, utilitzar paper reciclat per als cartells de propaganda o reutilitzar els mateixos cartells per les dues bandes.

També contribuiria a la millora ambiental allargar la vida útil de la marquesina per sobre dels 8 anys considerats.

### 3.7 Exercicis

1. A partir de la Taula 3.9, feu els gràfics pertinents per arribar a saber dins cadascun dels 4 subsistemes estudiats, quina és la influència de les diferents activitats que s'hi realitzen sobre cadascun dels impactes.
2. Una vegada fet l'exercici anterior, sabríeu dir quin material (l'acer, l'alumini o el policarbonat) és ambientalment pitjor i per què? Feu una mica de discussió.

## **4 ACV comparativa del compostatge i l'abocament de la fracció orgànica dels residus municipals (FORM)**

I. Muñoz, L. Milà i Canals, X. Domènech, J. Rieradevall.

Centre d'Estudis Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona.

Edifici Cn, Torre C-5, 4<sup>a</sup> planta 08193 Bellaterra (Barcelona)

Tel. 935811702 Fax 935812920 [Ivan.Munoz.Ortiz@uab.es](mailto:Ivan.Munoz.Ortiz@uab.es)

### **4.1 Justificació**

L'entrada en vigor de la Directiva 1999/31/CE, relativa a l'abocament de residus, afecta de manera molt important la gestió dels residus orgànics en tots els estats membres, ja que limita les quantitats de residus biodegradables que podran tenir com a destí l'abocament controlat. Una de les alternatives a l'abocament, per a aquest tipus de residus, és el compostatge, tecnologia que ja avui dia s'està veient afavorida gràcies a la implantació de la recollida selectiva. No obstant això, manquen estudis objectius que avaluïn l'impacte global de totes dues opcions de gestió, per constatar fins a quin punt el compostatge és més respectuós amb el medi ambient que l'abocament.

### **4.2 Abast de l'estudi**

#### **4.2.1 Funció del sistema**

Gestionar la fracció orgànica dels residus municipals (FORM).

#### **4.2.2 Unitat funcional**

Tractament d'una tona de FORM fins a la seva estabilització bioquímica.

#### **4.2.3 Descripció del sistema**

De manera general, el sistema comença amb la recollida i el transport dels residus, amb el posterior tractament, i el tractament dels residus secundaris que es puguin generar. En el sistema abocament, la FORM és recollida en massa conjuntament amb la resta de residus domiciliaris i transportada a un abocador, on té lloc la lenta biodegradació dels residus. Part del biogàs produït és captat i utilitzat per produir electricitat. Els lixiviats també són captats i tractats adequadament. En el sistema de compostatge, la FORM és recollida selectivament i transportada a una planta de compostatge de tipus intensiu, on s'aplica un tractament de descomposició en túnels i maduració en piles capgirades.

#### 4.2.4 Assignació de càrregues

Tant en el sistema d'abocament com en el sistema de compostatge, el consum d'energia (combustibles i electricitat) s'ha assignat per pes. Les emissions produïdes en l'abocador s'han calculat a partir de la composició elemental del residu abocat (C, N, S, Cl, P) i aplicant factors de destí als diferents contaminants. El rebuig del sistema de compostatge va a parar a l'abocador, on s'ha considerat inert. En el procés de compostatge, les càrregues s'han assignat per pes entre la fracció vegetal (FV) i la FORM. En els dos sistemes, s'han tingut en compte càrregues evitades gràcies a la valorització del residu. En l'abocament s'han descomptat les càrregues de produir energia elèctrica a partir de tecnologies marginals (70% hidroelèctrica i 30% tèrmica), mentre que en el compostatge s'han descomptat les càrregues de la producció equivalent de fertilitzants minerals de N, P i K, tenint en compte la riquesa del compost en aquests nutrients.

#### 4.2.5 Límits del sistema

El sistema d'abocament inclou la producció i l'ús dels combustibles utilitzats en el transport i l'abocament, així com les emissions produïdes a causa de la degradació dels residus en l'abocador. S'inclou l'eliminació de contaminants gràcies al tractament de lixiviats, però no el consum energètic d'aquest procés, ni la gestió dels fangs produïts. També s'inclou la producció d'electricitat a partir del biogas i les emissions produïdes.

El sistema de compostatge inclou la producció i l'ús dels combustibles i l'electricitat utilitzats en el transport i en el procés de compostatge. S'inclouen les emissions a l'atmosfera d'aquest procés, tenint en compte l'eficiència dels equips de biofiltració. No s'inclou la gestió posterior del compost produït, però sí el transport i l'abocament del rebuig produït.

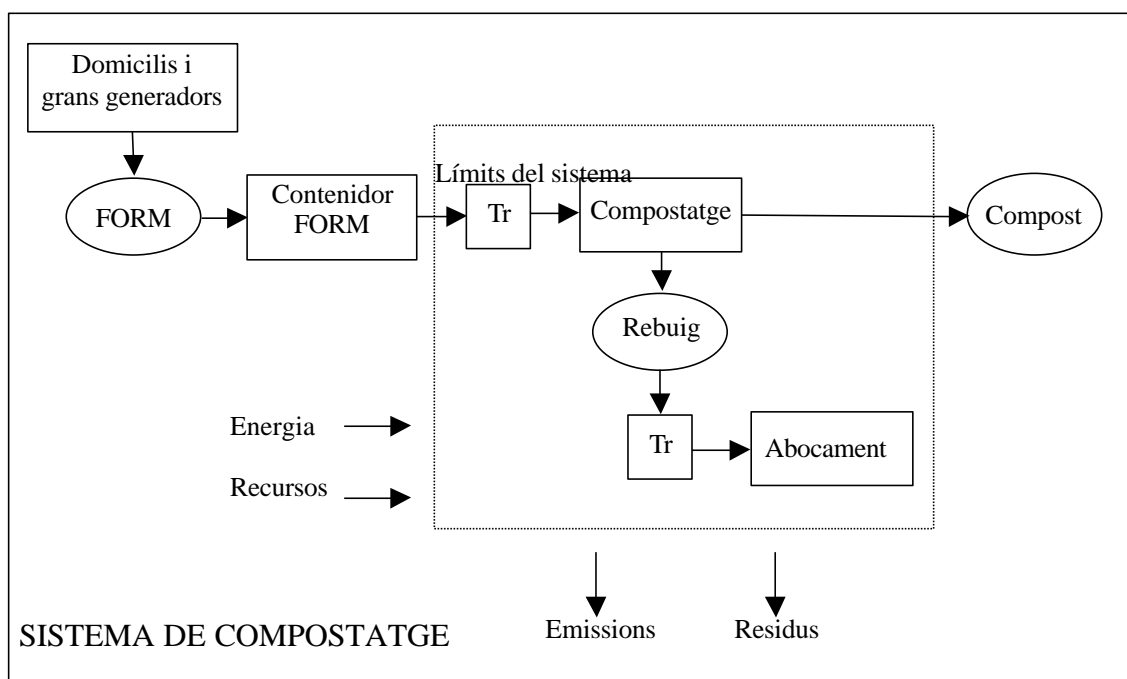


Figura 4.1 Diagrama de procés per al sistema de compostatge

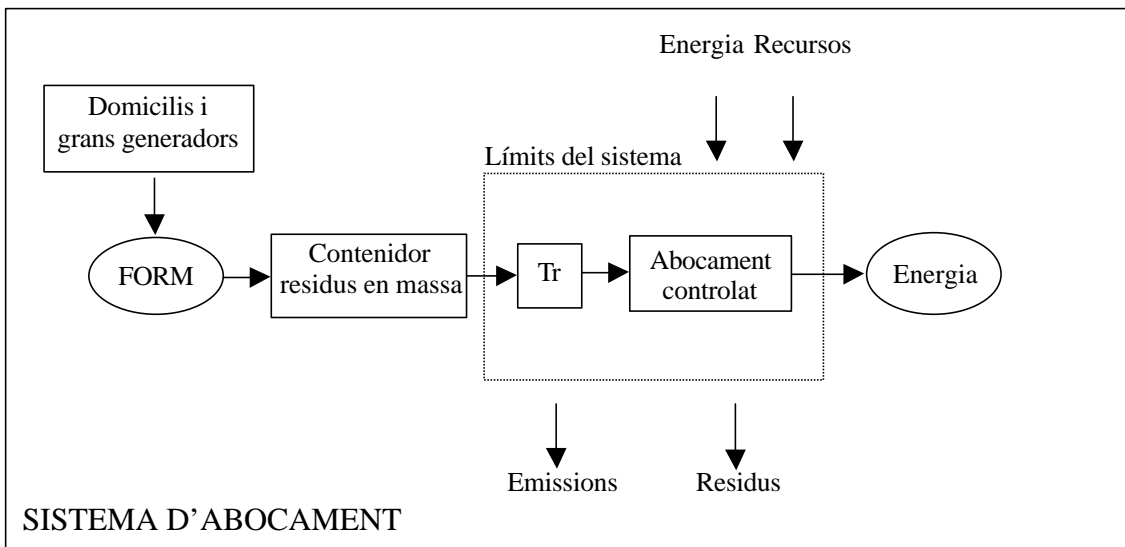


Figura 4.2 Diagrama de procés per al sistema d'abocament de la fracció orgànica de residus municipals

### 4.3 Inventari

Taula 4.1 Inventari

<b>SISTEMA DE COMPOSTATGE</b>		
<b>Processos de gestió de residus</b>		<b>Comentaris</b>
Transport de la FORM	115,2 MJ	1,92 MJ de gasoli/t-km segons el model de camió de 28 t. Base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 60 km (incloent anada i tornada). La quantitat transportada és una tona.
Compostatge	1 t	Procés de compostatge en túnels i maduració en piles capgirades. Inclou consums energètics i emissions del procés a l'atmosfera. Dades bibliogràfiques i de camp.
Transport del rebuig	5,8 MJ	Transport del rebuig produït en la planta de compostatge (50 kg) fins a l'abocador. 1,92 MJ de gasoli/tm-km segons el model de camió de 28 t. Base de dades BUWAL 250. S'ha considerat una distància de 60 km (incloent anada i tornada).
Abocament del rebuig	1 MJ	Abocament del rebuig (50 kg). S'ha considerat inert en l'abocador. El consum de gasoli de la maquinària ( <i>buldòzer</i> + compactador de rodes d'acer) és d'uns 19 MJ/t (0,5 litres). Dades bibliogràfiques.
<b>Càrregues ambientals evitades</b>		<b>Comentaris</b>
Producció de fertilitzants nitrogenats (CAN)	19,5 kg	Desplaçat pel N-total contingut en el compost. Dades producció CAN mitjanes Europa occidental.
Producció de fertilitzants fosfatats (TSP)	7,75 kg	Desplaçat pel P-total contingut en el compost. Dades producció TSP mitjanes Europa occidental.
Producció de fertilitzants potàssics (KCI)	5,5 kg	Desplaçat pel K contingut en el compost. Dades producció KCI mitjanes Europa occidental.
<b>SISTEMA D'ABOCAMENT</b>		
<b>Processos de gestió de residus</b>		<b>Comentaris</b>
Transport de la FORM	115,2 MJ	1,92 MJ de gasoli/t-km segons el model de camió de 28t. Base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 60 km (incloent anada i tornada). La quantitat transportada és una tona.
Abocament de la FORM	1t	Abocament de la FORM, inclou consum energètic de la maquinària, emissions a l'atmosfera i hidrosfera. El 50% del biogas recollit s'utilitza per produir electricitat. El 90% dels lixiviats es capta i tracta. La resta de biogas i lixiviats marxa de l'abocador sense control. Dades bibliogràfiques.
<b>Càrregues ambientals evitades</b>		<b>Comentaris</b>
Producció d'electricitat	87 kWh	Desplaçat per l'electricitat produïda a partir del biogas. Perfil marginal de producció: 70% hidroelèctrica, 25% tèrmica de carbó i 5% tèrmica de gas.

## 4.4 Avaluació d'impactes

### 4.4.1 Categories utilitzades

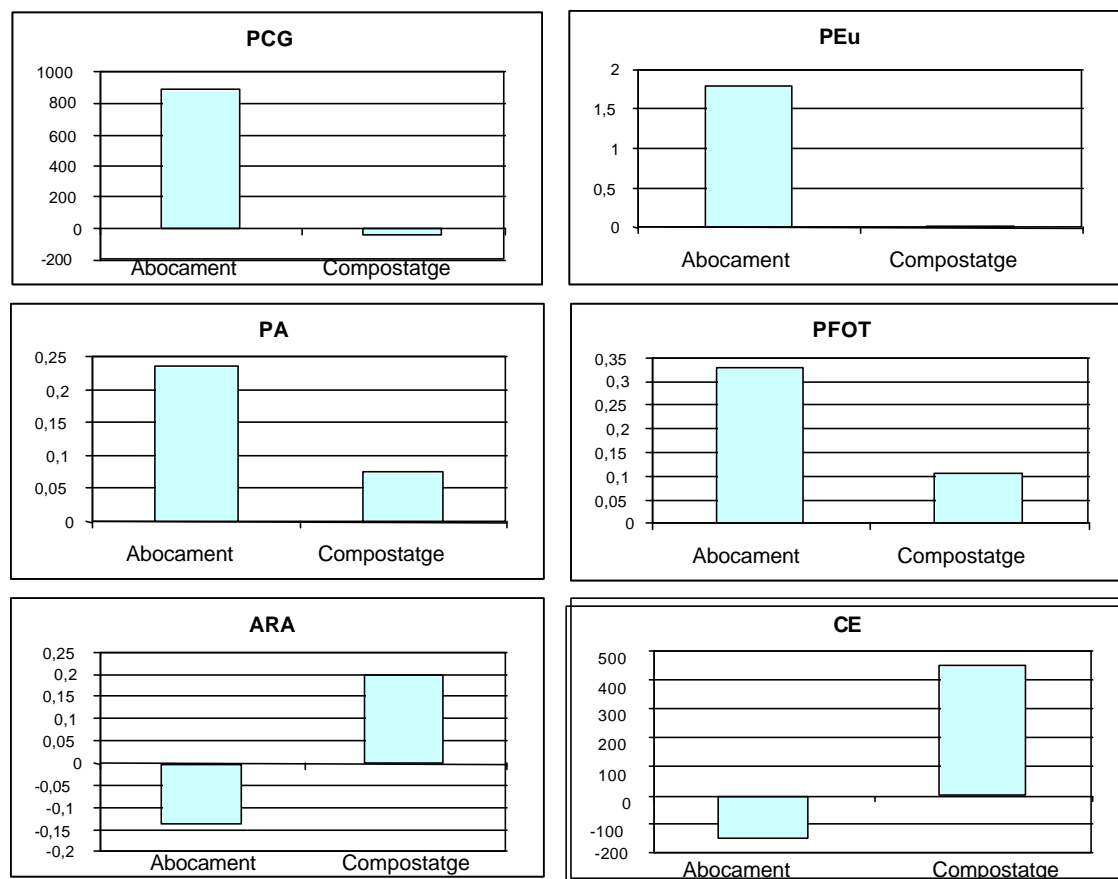
Taula 4.2 Categories utilitzades per fer l'inventari

Categories d'impacte	Unitats
Esgotament de recursos abiòtics (ARA)	kg equivalents de mineral d'Antimoni
Potencial d'escalfament global (PCG)	kg equivalents de diòxid de carboni (CO <sub>2</sub> )
Potencial d'acidificació (PA)	kg equivalents de diòxid de sofre (SO <sub>2</sub> )
Potencial d'eutrofització (PEu)	kg equivalents de fosfat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )
Potencial de formació d'ozó troposfèric (PFOT)	kg equivalents d'etilè (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )
Indicadors	Unitats
Consum d'energia (CE)	Megajoules

### 4.4.2 Resultats de la caracterització

Taula 4.3 Resultats de la caracterització

Categoria d'impacte/indicador	Unitats	Sistema d'abocament	Sistema de compostatge
PCG	kg CO <sub>2</sub>	887	-52,6
PEu	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,8	0,0215
PA	kg SO <sub>2</sub>	0,236	0,0749
PFOT	kg POCP	0,328	0,104
ARA	kg Sb	-0,142	0,201
CE	MJ LHV	-153	448



**Figura 4.3 Resultats de l'avaluació d'impactes (fase de caracterització), expressats en forma gràfica**

#### 4.5 Discussió de resultats

Els resultats mostren que la recollida selectiva i el compostatge són preferibles en quatre de les sis categories d'impacte/indicadors. En el PEG i PFOT els resultats són favorables al compostatge, ja que l'abocament suposa unes emissions de metà elevades. El PEu és molt favorable també al compostatge, ja que l'abocament implica emissions de contaminants importants en els lixiviats, tot i que la major part es recullen i tracten. El PA és més elevat en l'abocament, a causa de les emissions d'amoniac i d'òxids de nitrogen causades pel biogas fugitiu i el cremat per produir electricitat. En la categoria ERA i l'indicador CE els resultats són favorables a l'abocament de la FORM, i arriba fins i tot a constituir un estalvi ambiental (resultats inferiors a zero). Això es deu, per una banda, al fet que el compostatge implica un consum d'energia fòssil (gasoli i electricitat) relativament elevat, mentre que el consum associat a l'abocament es veu compensat per la recuperació energètica del biogas. Aquest estalvi energètic i de recursos en l'abocament es deu al fet que hem considerat que un 25% de l'electricitat desplaçada és tèrmica de carbó. Per tant, s'estalvia una quantitat important d'aquest mineral.

## 4.6 Conclusions

- L'ACV ha permès comparar ambientalment dues opcions de gestió de residus, d'una manera objectiva i quantificada.
- Els resultats obtinguts mostren que la recollida selectiva i el compostatge són més respectuosos amb el medi ambient que l'abocament controlat pel que fa a quatre categories d'impacte relacionades amb l'emissió de contaminants.
- No obstant això, el compostatge suposa un major consum d'energia i de recursos naturals. En aquest sentit, la recollida en massa i l'abocament de la FORM és preferible, sempre que es produeixi la valorització energètica del biogas.
- Cal tenir en compte que aquesta anàlisi no ha inclòs altres aspectes que poden ser rellevants, com ara impactes relacionats amb la toxicitat, el soroll, les olors o l'ús del sòl.

## 4.7 Exercicis

- Tecnologia mitjana / tecnologia marginal. Explica què comporta utilitzar-ne una o una altra en calcular les càrregues evitades. Què passaria si l'energia de l'abocador es recuperés durant la nit, quan hi ha un excedent d'energia a la xarxa elèctrica?
- El rebuig considerat en la planta de compostatge és del 5% (50 kg per tona). Tenint en compte les dades actuals, resultaria ambientalment molt rellevant aconseguir una recollida selectiva més eficient? Quins altres aspectes caldria considerar en una hipotètica presa de decisions sobre una campanya d'educació ambiental per millorar la separació en origen?
- En els factors de caracterització podeu veure que el CO<sub>2</sub> d'origen renovable (procedent de la FORM) no s'ha considerat com a contribuïdor al PEG. Quin efecte creieu que podria tenir en els resultats incloure'l (CO<sub>2</sub>-re = 1)? I si en comptes d'utilitzar un horitzó temporal de 100 anys s'utilitzés el de 20 (CH<sub>4</sub> = 60, N<sub>2</sub>O = 290, CO<sub>2</sub> = 1)?
- Si es considera que el compost no és de fet un fertilitzant que aporta nutrients, sinó una esmena orgànica, quins efectes tindria sobre els resultats finals de l'estudi? Què caldria considerar aleshores com a càrregues evitades pel compostatge.

## ANNEX 1. TAULES D'INVENTARI PER A MATERIALS I PROCESSOS

Taula 1. Inventari <b>agregat</b> per a la producció i combustió de gasoli (1 MJ).		
ENTRADES DES DE LA NATURA		
<b>Recursos</b>		
Carbó ETH	192	mg
Benzina sense refinar ETH	24	g
Lignit ETH	256	mg
Gas natural ETH	1,21	l
SORTIDES A LA NATURA		
<b>Emissions a l'atmosfera</b>		
Amoníac	2,15	µg
CO	434	mg
CO <sub>2</sub>	79,1	g
HCl	162	µg
metà	96,3	mg
N <sub>2</sub> O	1,91	mg
no metà VOC	493	mg
NOx (com NO <sub>2</sub> )	1,42	g
SOx (com SO <sub>2</sub> )	119	mg
<b>Emissions a l'aigua</b>		
N-tot	2,58	mg
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,64	mg
nitrat	793	µg
fosfat	31,3	µg

Font: BUWAL 250

Taula 3. Inventari <b>desagregat</b> per a l'abocament controlat d'una tona de FORM.		
ENTRADES		
ENTRADES DESDE LA TECNOSFERA		
<b>Residus</b>		
FORM	1	t
<b>Vectors energètics</b>		
Gasoli	19	MJ
SORTIDES		
SORTIDES A LA NATURA		
<b>Emissions a l'aire</b>		
amoníac	43	g
CO <sub>2</sub> -re	390	kg
H <sub>2</sub> S	32	g
metà-re	43	kg
NOx (com NO <sub>2</sub> )	120	g
SOx (com SO <sub>2</sub> )	60	g
<b>Emissions a l'aigua</b>		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,5	kg
Nitrat	7,7	kg
P-tot	49	g
SORTIDES A LA TECNOSFERA		
<b>Vectors energètics</b>		
Electricitat	313	MJ

Font: Elaboració pròpia.

Taula 2. Inventari <b>desagregat</b> pel compostatge d'una tona de FORM		
ENTRADES		
ENTRADES DES DE LA TECNOSFERA		
<b>Residus</b>		
FORM + FV	1	t
<b>Materials auxiliars</b>		
Aigua	150	litres
<b>Vectors energètics</b>		
Gasoli	232	MJ
Electricitat	108	MJ
SORTIDES		
SORTIDES A LA NATURA		
<b>Emissions a l'aire</b>		
CO <sub>2</sub> -re	328	kg
amoníac	57,7	g
2-propanol	19,1	g
acetona	17,8	g
etanol	19	g
Acetat etílic	13,5	g
no metà VOC (other)	35,8	g
SORTIDES A LA TECNOSFERA		
<b>Productes/residus</b>		
Compost	0,25	t
Rebuig	0,05	t

Font: Elaboració pròpia.

<b>Taula 4. Inventari <b>agregat</b> per a la producció d' 1 MJ d'electricitat a Espanya, segons perfil</b>			
<b>ENTRADES DES DE LA NATURA</b>			
<b>Recursos</b>			
<b>Substància</b>	<b>Producció marginal</b>	<b>Producció Espanya 2000</b>	<b>Unitats</b>
carbó ETH	43,3	58,2	g
benzina sense refinar ETH	0,597	6,57	g
lignit ETH	426	698	mg
gas natural ETH	3,84	7,82	l
<b>SORTIDES A LA NATURA</b>			
<b>Emissions a l'atmosfera</b>			
<b>Substància</b>	<b>Producció marginal</b>	<b>Producció Espanya 2000</b>	<b>Unitats</b>
amoníac	408	572	µg
CO	12,4	24,1	mg
CO <sub>2</sub>	78,6	131	g
HCl	20,8	27,9	mg
metà	320	466	mg
N <sub>2</sub> O	0,498	1,13	mg
no metà VOC	8,65	58,9	mg
NO <sub>x</sub> (com NO <sub>2</sub> )	196	317	mg
SO <sub>x</sub> (com SO <sub>2</sub> )	283	574	mg
<b>Emissions a l'aigua</b>			
<b>Substància</b>	<b>Producció marginal</b>	<b>Producció Espanya 2000</b>	<b>Unitats</b>
N-tot	38,5	336	µg
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	108	787	µg
nitrat	1,63	2,41	mg
fosfat	4,14	5,56	mg

Perfil Espanya 2000: 33,2% carbó, 10,1% gas natural, nuclear 29,6%, fuel 7,5%, 16,9% hidroelèctrica, 2,7% altres renovables.

Perfil tecnologies marginals: 70%hidroelèctrica, 25% carbó, 5% gas.

<b>Taula 5. Inventari agregat per a la producció i aplicació d'1 kg dels fertilitzants clorur potàssic (KCl), nitrat amònic càlcic (CAN) i triple súper fosfat (TSP)</b>				
<b>ENTRADES DES DE LA NATURA</b>				
<b>Recursos</b>				
<b>Substància</b>	<b>Producció i aplicació KCl</b>	<b>Producció i aplicació CAN</b>	<b>Producció i aplicació TSP</b>	<b>Unitats</b>
carbó ETH	511	760	5,92E+04	mg
benzina sense refinar ETH	71,4	-6,01	159	g
lignit ETH	681	821	6,27E+04	mg
gas natural (feedstock)	-	0,0934	-	m3
gas natural (vol)	-	0,0243	-	m3
gas natural ETH	3,59	6,32	18,3	l
roca de fosfat	-	-	8,3	kg
<b>SORTIDES A LA NATURA</b>				
<b>Emissions a l'aire</b>				
<b>Substància</b>	<b>Producció i aplicació KCl</b>	<b>Producció i aplicació CAN</b>	<b>Producció i aplicació TSP</b>	<b>Unitats</b>
amoníac	6,67E-06	6,8	0,000644	g
CO	75,3	3,55	350	mg
CO <sub>2</sub>	234	65,7	691	g
HCl	694	453	3,95E+04	µg
methane	0,278	1,17	1,09	g
N <sub>2</sub> O	0,00238	14,57	0,00829	g
no metà VOC	589	103	1,42E+03	mg
NOx (com NO <sub>2</sub> )	0,333	1,881	2,82	g
SOx (com SO <sub>2</sub> )	353	-7,96	2,90E+04	mg
<b>Emissions a l'aigua</b>				
<b>Substància</b>	<b>Producció i aplicació KCl</b>	<b>Producció i aplicació CAN</b>	<b>Producció i aplicació TSP</b>	<b>Unitats</b>
N-tot	5,7	115	11,6	mg
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5,87	-0,488	13	mg
nitrat	1,77	-0,116	6,6	mg
P-tot	-	-	0,000692	kg
fosfat	79,3	70,2	5,73E+03	µg

Font: Elaboració pròpia a partir de Davis & Haglund, 1999; Audsley i altres, 1997.

## ANNEX 2. FACTORS DE CARACTERITZACIÓ UTILITZATS

<b>Taula 6. Factors de caracterització pel PCG (kg eq. CO<sub>2</sub>/kg), en un horitzó temporal de 100 anys</b>		
<b>Compartiment</b>	<b>Substància</b>	<b>Factor</b>
aire	CO <sub>2</sub>	1
aire	CO <sub>2</sub> -re	0
aire	metà	21
aire	metà-re	21
aire	N <sub>2</sub> O	310

Font: Adaptat de CML, 2001.

<b>Taula 7. Factors de caracterització pel PEu (kg eq. PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/kg)</b>		
<b>Compartiment</b>	<b>Substància</b>	<b>Factor</b>
aire	amoníac	0,33
aire	NOx	0,13
aire	NOx (com NO <sub>2</sub> )	0,13
aigua	COD	0,022
aigua	Kjeldahl-N	0,42
aigua	N-tot	0,42
aigua	NH <sub>3</sub>	0,33
aigua	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,33
aigua	nitrat	0,1
aigua	P-tot	3,06
aigua	fosfat	1

Font: CML, 1992

<b>Taula 8. Factors de caracterització pel PA (kg eq. SO<sub>2</sub>/kg)</b>		
<b>Compartiment</b>	<b>Substància</b>	<b>Factor</b>
aire	amoníac	1,88
aire	HCl	0,88
aire	HF	1,6
aire	NOx	0,7
aire	NOx (com NO <sub>2</sub> )	0,7
aire	SO <sub>2</sub>	1
aire	SOx	1
aire	SOx (com SO <sub>2</sub> )	1

Font: CML, 1992

<b>Taula 9. Factors de caracterització pel PFOT (kg eq. C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/kg)</b>		
<b>Compartiment</b>	<b>Substància</b>	<b>Factor</b>
aire	2-butanol	0,400
aire	2-propanol	0,200
aire	acetona	0,178
aire	benzè	0,189
aire	CO	0,03
aire	CxHy aromàtic	0,761
aire	CxHy clor	0,021
aire	èter dietílic	0,398
aire	etanol	0,268
aire	acetat etílic	0,2
aire	Isobutanol	0,300
aire	metà-re	0,007
aire	metà	0,007
aire	Methyl acetate	0,03
aire	non methane VOC	0,416
aire	PAH	0,761

Font: CML, 1992; Hauschild i Wenzel, 1998.

<b>Taula10. Factors de caracterització per l'ERA (kg eq. Sb/kg)</b>		
<b>Compartiment</b>	<b>Substància</b>	<b>Factor</b>
Raw	K;potassi	3,13E-08
Raw	fòsfor (P)	8,44E-05
Raw	urani (U)	2,87E-03
Raw	carbó d'alt contingut en sofre	1,34E-02
Raw	carbó de baix contingut en sofre, lignit	6,71E-03
Raw	gas natural	1,87E-02
Raw	benzina sense refinar	2,01E-02

Font: CML, 2000

<b>Taula 11. Factors de caracterització pel CE (MegaJoules LHV)</b>			
<b>Compartiment</b>	<b>Substància</b>	<b>Factor</b>	<b>Unitat</b>
Raw	carbó ETH	18	kg
Raw	benzina sense refinar	41	kg
Raw	energia (indef.)	1	MJ
Raw	lignit ETH	8	kg
Raw	gas natural (vol)	36,6	m <sup>3</sup>
Raw	gas natural ETH	35	m <sup>3</sup>
Raw	urani (mineral)	1110	kg

## Bibliografia

- AUDSLEY E. (coord.) i altres (1997). *Harmonisation of Environmental Life Cycle Assessment for Agriculture. Final Report*. Concerted Action AIR3-CT94-2028. European Commission. DG VI Agriculture.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (BUWAL) (1996). *Ökoinventare für Verpackungen*. Schriftenreihe Umwelt 250, Bern, 1996.
- CE (1999). *Directiva 1999/31 del Consejo, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos*. DOCE 16/7/1999.
- HAUSCHILD, M., WENZEL, H. (1998). *Environmental Assessment of Products*. Vol. 2: "Scientific background.". Chapman & Hall.
- HEIJUNGS, R. i altres (1992). *Environmental Life Cycle Assessment of Products. Guide and Backgrounds*. Centre of Environmental Science Leiden University (CML), Leiden, the Netherlands.
- GUINÉE J.B. (final editor) i altres (2001). *Life Cycle Assessment An operational guide to the ISO standards, Volume 1, 2, 3*. Centre of Environmental Science Leiden University (CML), Leiden, the Netherlands.

## 5 Anàlisi del cicle de vida del gel de dutxa HIDRO-GENESSE

P. Fullana<sup>1</sup>, Vallès M.<sup>1</sup>, Montcada E.<sup>1</sup>, Melián J.<sup>2</sup>, Borghi V.  
<sup>1</sup>Randa Group, S.A  
C/Cardenal Vives i Tutó, 41 Entl. 12, 08034-Barcelona  
Tel. 932800258 Fax 932053744 [pfullana@randagroup.es](mailto:pfullana@randagroup.es)

<sup>2</sup>Antonio Puig, S.A.  
C/ Potosí 21, 08030 Barcelona  
Tel. 934007000 Fax 934007121 [jordi.melian@puig.es](mailto:jordi.melian@puig.es)

### 5.1 Aspectes generals

Aquest estudi correspon a una anàlisi del cicle de vida (en endavant ACV) del Gel-Body Hidro-Genesse. Aquesta ACV el va encarregar la companyia Antonio Puig SA el juliol de 1999, i l'empresa Randa Group, S.A el va dur a terme entre els mesos de gener i abril de 2000. Aquesta ACV segueix els principis generals i el marc definit per la normativa internacional ISO 14040:1997 i les normes espanyoles UNE-EN ISO 14040:1998 Gestió Mediambiental. Anàlisi del Cicle de Vida. Principis i Estructura, i UNE 150041:1998 Anàlisi del Cicle de Vida Simplificada. Per realitzar aquells aspectes per als quals no hi ha cap metodologia estandarditzada, s'han seguit les recomanacions que al respecte han elaborat els grups de treball de la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) i els esborranys de la norma ISO.

### 5.2 Definició d'objectius i abast

#### 5.2.1 Objectius

L'estudi d'ACV que es presenta a continuació pretén informar amb transparència i objectivitat de l'impacte mediambiental potencial ocasionat per la fabricació, la distribució, i el final de vida del Gel de dutxa Hidro-Genesse, d'Antonio Puig, SA Així doncs, el seu objectiu és estudiar el cicle de vida d'aquest gel i avaluar quines són les fases o els components del producte que tenen associat un impacte ambiental més fort.

Un cop definides les càrregues ambientals associades a les diferents etapes del cicle, els components i/o els materials i els impactes ambientals potencials inherents a aquestes càrregues, es coneixeran quines són les fases ambientalment més perjudicials, i cap on s'han de dirigir els esforços per reduir al mínim els impactes potencials del producte, tant en la seva etapa de disseny inicial i futures modificacions, com en la seva distribució i eliminació. La informació ambiental objectiva que proporciona l'ACV permetrà, a més, modificar els

programes i els procediments del sistema de gestió ambiental per a aquelles fases sobre les quals es té més control de gestió.

Per aquest motiu, és objectiu explícit de l'estudi mostrar amb tot detall i gran transparència els fluxos energètics i de materials dels processos de fabricació, distribució, ús i eliminació d'aquest gel.

### 5.2.2 Funció del producte i unitat funcional

La funció del producte estudiat és la de netejar, condicionar i hidratar el cos d'una persona en una dutxa o bany, i durant un període de temps. La quantitat utilitzada en cada bany/dutxa i el nombre de banys/dutxes per any pot variar molt segons el tipus d'usuari. Per aquest motiu, s'ha escollit una unitat funcional del tipus físic que coincideix amb una quantitat determinada de gel. La unitat funcional és aquella a la qual aniran referides totes les entrades i sortides del sistema. En el cas d'aquest estudi, la unitat funcional que s'ha escollit és:

**1 ampolla de 750 ml de gel de dutxa Hidro-Genesse**

### 5.2.3 Cicle de vida del gel de dutxa Hidro-Genesse

A continuació es mostren els principals subsistemes del gel:

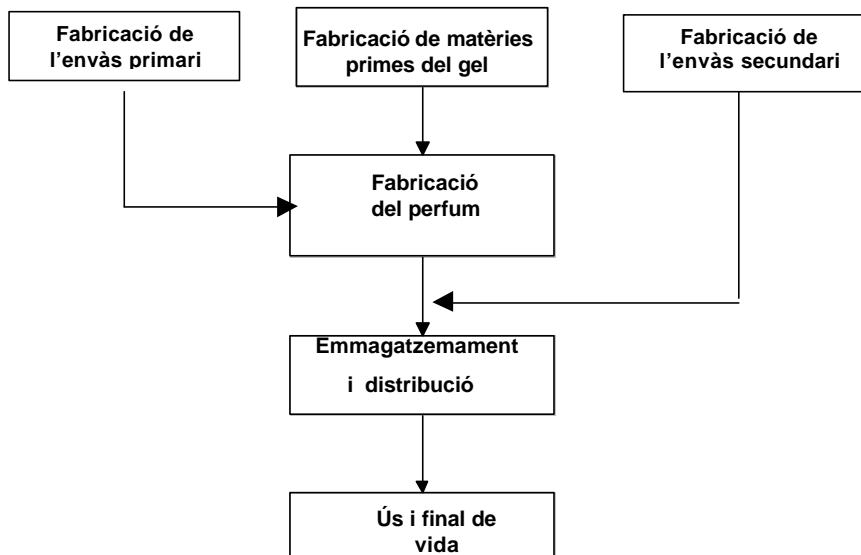


Figura 5.1 Principals subsistemes del cicle de vida del gel de dutxa

### 5.2.4 Límits del sistema

El sistema estudiat inclou l'extracció i el processat de matèries primeres (o el reciclatge de materials als quals es dóna una segona vida), la fabricació dels diferents components que formen el gel, la seva elaboració i envasat, i el transport entre aquestes fases (les hipòtesis

seguides s'expliquen en la fase d'inventari). També s'inclou l'impacte provocat per la distribució del producte en els punts de venda i el tractament final com a residu.

En la fase d'ús no es considera cap impacte.

Els límits del sistema ens donen principalment els productes i/o les quantitats que, per raons de confidencialitat, s'ha considerat preferible ometre. Igualment, no s'han tingut en compte els productes que intervenen en el sistema de manera minoritària, així com altres productes químics dels quals no s'han trobat dades de qualitat (estirè, isotiazolinones, proteïnes làcties...) D'aquesta manera, dels productes químics que formen el gel, només s'han considerat el base, que és el detergent, i l'impacte de l'aigua descalcificada i desionitzada.

Els processos estudiats amb més profunditat han estat els que efectua l'empresa que encarrega l'estudi, i els relacionats amb l'emalatge, perquè són de gran interès per a l'empresa. Per als processos realitzats en l'àmbit dels diferents proveïdors s'han utilitzat dades genèriques de bases de dades europees i dades de proveïdors. S'ha tingut en compte la situació geogràfica dels proveïdors, el país d'origen, i s'han escollit les dades bibliogràfiques més convenients.

### **5.2.5 Regles d'assignació de càrregues ambientals**

L'assignació de càrregues ambientals de les dades bibliogràfiques utilitzades ja la donen els autors corresponents. Els consums d'aigua i energia (electricitat i gas) s'assignen proporcionalment per unitat produïda. En l'etapa de transport, l'assignació de càrregues es fa per pes, i per a la resta de dades recollides directament l'assignació de càrregues s'ha realitzat majoritàriament per causalitat.

### **5.2.6 Metodologia d'avaluació d'impacte**

El mètode d'avaluació d'impacte utilitzat, suggerit per la norma ISO 14 040, es basa fonamentalment en el model desenvolupat pel CML de Leiden<sup>2</sup>. S'han considerat les categories d'impacte següents: eutrofització, destrucció de la capa d'ozó, escalfament global i acidificació. A més, s'han estudiat tres indicadors de flux: consum d'energia, consum d'aigua i producció de residus.

### **5.2.7 Requisits de qualitat de les dades**

Les dades bibliogràfiques utilitzades majoritàriament han estat revisades dins del període dels 4 darrers anys per experts de prestigi internacional reconegut (inclosos els de la base de dades pròpia de Randa Group). En general, corresponen a dades centreeuropees procedents de bases de dades i a dades espanyoles en les etapes on s'ha aprofundit més.

---

<sup>2</sup> Centre of Environmental Science (Leiden), "Environmental LCA of Products-Guide" (1992)

### 5.3 Inventari

#### Electricitat

En les dades del consum d'electricitat de les plantes d'Antonio Puig i dels seus proveïdors, s'ha considerat el perfil de producció d'electricitat català<sup>1</sup> que es mostra a continuació:

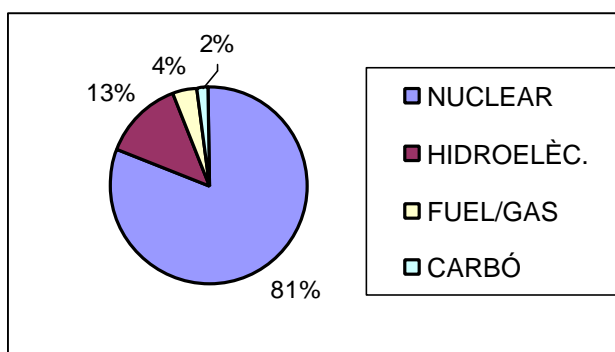


Figura 5.2 Perfil de producció d'electricitat considerat en l'estudi

#### Transport

S'ha considerat que el transport, tant de distribució com de subministrament de matèries primeres, es realitza en camions de 16 tones, amb una càrrega del 50% (que ve a ser el mateix que el viatge d'anada amb una càrrega del 100% i el viatge de tornada amb una càrrega del 0%).

S'assumeix que les matèries primeres importades des de grans distàncies també es transporten en vaixell.

#### **5.3.1 Producció de materials d'emalatge**

En la producció dels materials d'emalatge es consideren:

##### MATERIALS PLÀSTICS

##### CARTRÓ

#### **5.3.2 Fabricació de components d'emalatge**

##### TAP

Ampolla de plàstic

---

<sup>1</sup> Institut Català d'Energia (ICAEN), dades de 1998

Etiquetatge

Producció de la capsa d'embalatge secundari



Figura 5.3 Ampolla amb etiqueta

### 5.3.3 Producció de matèries primeres i material de condicionament del producte

Producció del detergent base

Producció d'aigua desionitzada i descalcificada

Lactosa i proteïnes làcties

### 5.3.4 Elaboració / envasat del gel de dutxa

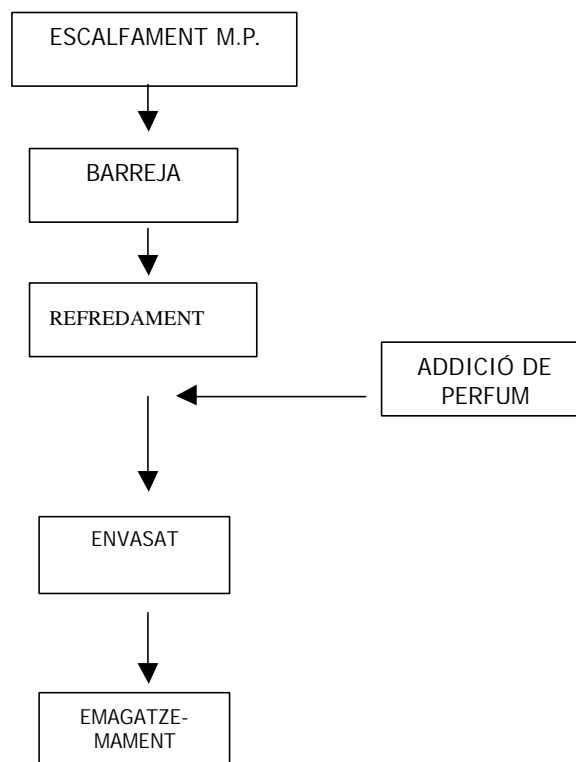


Figura 5.4 Etapes considerades dins el subsistema Elaboració/envasat del gel de dutxa

En aquest estudi no s'ha analitzat l'impacte causat per la fase d'ús, que queda fora dels límits del sistema.

### 5.3.5 Final de vida

Actualment els residus generals es gestionen principalment en tres tipus d'instal·lació: abocador, incineradora i planta de compostatge. Les dades quantitatives de les diverses alternatives a Espanya són les que s'exposen en la Taula 3.4. Se suposa que el camió que recull els residus fa un recorregut mitjà de 50 km.

Taula 5.1 Gestió dels residus a Espanya. Font: Estadística de medi ambient a Espanya de 1996<sup>3</sup>

Instal·lació	Quantitat de residus tractats
Abocador incontrolat	1.768.529 t/a
Abocador controlat	9.989.386 t/a
Incineració	705.348 t/a
Compostatge	2.394.162 t/a

Fins al moment, gairebé totes les plantes de compostatge actual reben residus generals sense separació prèvia de la matèria orgànica. Mitjançant diverses operacions físiques, se separen els materials compostables dels que no ho són. Si un envàs arriba a les plantes de compostatge, s'ha de separar i es porta a reciclar o bé a un abocador. En aquest estudi es pren com a hipòtesi que un envàs de gel de dutxa va a parar a l'abocador i, per tant, es considera que el 95% s'hi aboquen (ja sigui en un abocador controlat o incontrolat), i que només un 5% dels components són incinerats.

---

<sup>3</sup> Ministeri de Medi Ambient, 1997

## 5.4 Avaluació d'impactes del cicle de vida

### 5.4.1 Impactes ambientals considerats

Les dades de l'inventari s'assignen a diverses categories d'impacte, segons l'efecte ambiental produït. En l'avaluació d'impacte d'aquest estudi es consideraran les categories d'impacte següents, a més de tres indicadors de flux de gran interès:

<u>Categories d'impacte</u>	<u>Indicadors de flux</u>
Eutrofització	Consum d'energia
Destrucció de l'ozó estratosfèric	Producció de residus
Escalfament global	Consum d'aigua
Acidificació	

Per obtenir indicadors ambientals, les dades de les diferents càrregues ambientals s'afegeixen dins d'una categoria d'impacte utilitzant factors de pes reconeguts. Aquestes categories d'impacte s'han triat tant per la seva importància com per l'elevat consens que hi ha en la quantificació dels factors de pes esmentats.

Dues d'aquestes categories són avui una preocupació important a nivell mundial: la destrucció de la capa d'ozó i l'escalfament global. L'acidificació té una escala més regional, i l'emissió de contaminants afectarà sobretot els països del centre i del nord d'Europa. Finalment, l'eutrofització té una escala més local i de gran importància en els països mediterranis, on els cursos d'aigües superficials són poc cabalosos i, per tant, els abocaments contaminants suposen de seguida concentracions de càrregues elevades.

També es comptabilitzen tres indicadors de flux que, a més de ser els responsables d'aquests i altres impactes ambientals, tenen un interès des del punt de vista econòmic.

### 5.4.2 Impacte ambiental del cicle de vida

A continuació s'exposen els resultats obtinguts per a la fabricació d'una unitat funcional, ampolla de gel de dutxa:

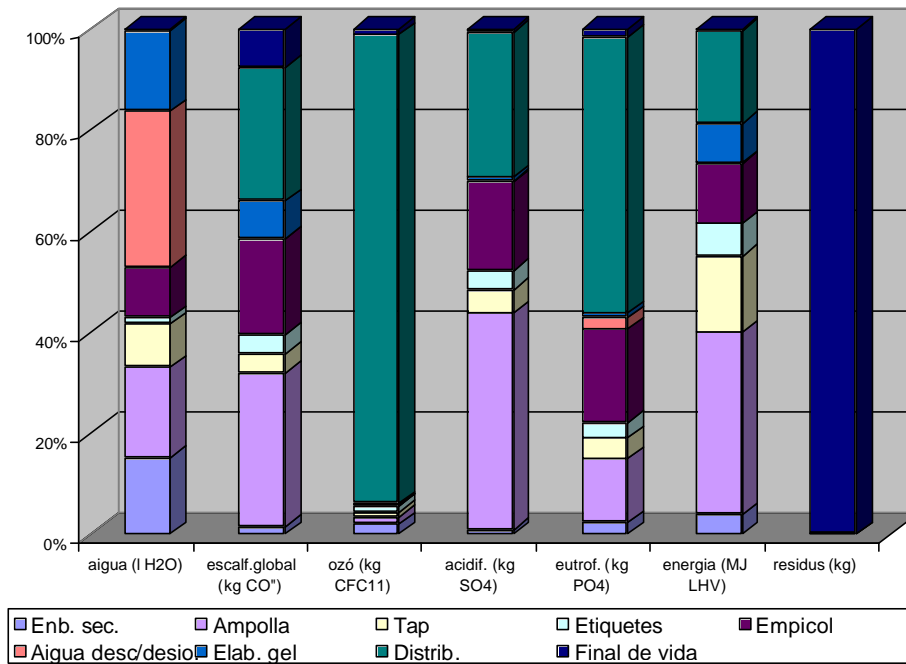


Figura 5.5 Impacte ambiental relatiu de les diverses fases del cicle de vida del gel

Observant l'impacte ambiental del cicle de vida complet d'Hidro-Genesse, es pot veure que l'etapa de distribució, present en 5 de les 7 categories d'impacte, és la que provoca més impacte, malgrat que no hi és present ni en el consum d'aigua ni en la producció de residus. De fet, en aquesta darrera categoria només es reflecteixen els residus produïts en el final de vida.

L'impacte produït per la fabricació de l'ampolla de polietilè també es reflecteix com a important, ja que es troba en sis categories d'impacte, i és especialment important pel que fa a l'acidificació, l'escalfament global i el consum d'energia.

La fabricació del tap genera pràcticament els mateixos tipus d'impacte que genera la fabricació de l'ampolla, però en menys proporció, perquè hi intervé menys quantitat de material.

La fabricació de l'embalatge secundari, cartró, només ocasiona un impacte significatiu en el consum d'aigua.

Si agrupem els processos relatius a l'embalatge (fabricació del tap, l'ampolla i l'embalatge secundari) i els relacionats amb el mateix gel (aigua descalcificada i desionitzada, fabricació del detergent base i la pròpia elaboració), observem que l'impacte que ocasionen aquests darrers és menor que el que provoca l'embalatge en totes les categories d'impacte.

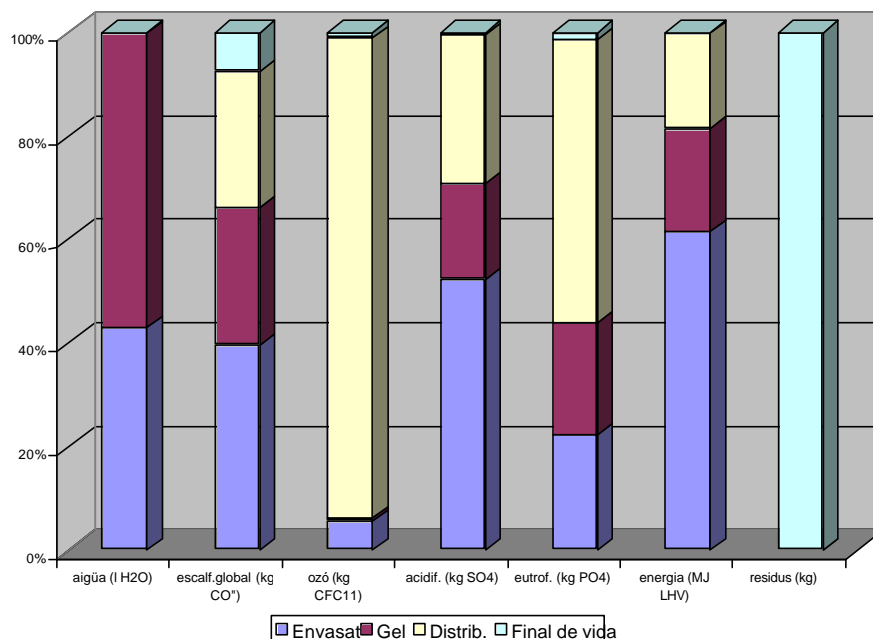


Figura 5.6 *Impacte ambiental relatiu de les fases d'envasat, processos relacionats amb el propi gel, distribució i final de vida*

Quan fem aquesta consideració és important tenir en compte que malgrat que disposem de la major part de les dades referents a l'emalatge, pel que fa a l'elaboració del gel només s'han considerat els tres components majoritaris, i que les dades de fabricació s'han obtingut de calcular la mitjana de les dades de tota la fàbrica.

#### 5.4.2.1 Eutrofització

L'eutrofització de les aigües és l'augment desmesurat de nutrients, principalment nitrogen i fòsfor. Això altera l'equilibri ecològic dels rius o llacs que pateixen aquest problema, i provoca l'increment d'espècies oportunistes. Per tant, són els compostos amb nitrogen i fòsfor els que contribueixen més a aquesta categoria d'impacte.

En el procés d'eutrofització l'etapa més impactant és la de distribució. Com que el transport es fa amb camions, les emissions que s'alliberen a l'atmosfera arriben a l'aigua. Els òxids de nitrogen són els principals responsables d'aquest impacte

La fabricació del detergent base, en especial la del seu component principal, el lauril sulfat sòdic, també contribueix de manera important a l'eutrofització. I això és degut a l'ús d'hidrocarburs fòssils en la seva fabricació.

Per aquest mateix motiu, també provoca eutrofització la fabricació de l'ampolla i del tap.

#### 5.4.2.2 Destrucció de l'ozó estratosfèric

L'ozó és una forma de l'oxigen amb tres àtoms ( $O_3$ ) que, en les capes altes de l'atmosfera, forma una capa que protegeix la biosfera. L'ozó estratosfèric absorbeix els raigs ultraviolats d'alta energia procedents del sol, i evita que aquests raigs afectin els organismes vius de la Terra. Les substàncies d'origen antropogènic que més impacte causen en l'ozó estratosfèric són els freons o clorofluorocarbonis (CFC) (que es poden trobar en aerosols, refrigeradors, aparells d'aire condicionat, escumes de plàstics, dissolvents i detergents), els hidroclorofluorocarbonis (HCFC) (que s'han utilitzat temporalment per substituir els CFC, perquè resulten menys destructius per a l'ozó), els halons o bromofluorocarbonis (molècula que es troba principalment en els extintors de foc) i el tetraclorur de carboni (que s'utilitza per a la fabricació dels CFC).

L'única etapa del cicle de vida del gel de dutxa que causa un cert impacte sobre la capa d'ozó és la de distribució, amb un valor de l'ordre de  $10^{-7}$ . El CFC causant d'aquest impacte es produeix en el processament del petroli cru.

Cap altra etapa no contribueix de manera significativa en la destrucció de l'ozó estratosfèric.

#### 5.4.2.3 Escalfament global

L'atmosfera crea un efecte hivernacle 'natural' al voltant de la Terra. Sense aquest fenomen, la temperatura mitjana de la superfície de la Terra no superaria els 18 graus negatius, tota l'aigua es congelaria i el planeta seria inhabitable.

Des de principis de segle, el consum d'energia en els països industrialitzats ha augmentat considerablement, per la qual cosa, aquest efecte d'hivernacle natural s'ha accentuat fins a un nivell potencialment perillós a causa de l'augment artificial dels gasos que produeixen aquest efecte. El gas amb efecte d'hivernacle principal és el  $CO_2$  generat per la cremació de combustibles fòssils (oli, carbó i gas natural).

L'ús de matèries primeres derivades del petroli i l'energia utilitzada, tant per al seu processament com per al transport, són els principals causants d'aquest impacte en el cicle de vida del gel de dutxa.

En la fabricació de l'envàs, l'ampolla i el tap, es produeixen 0,15 kg de  $CO_2$  equivalent. En un 95%, això és degut al fet que l'origen de la seva matèria primera és petroli i gas natural.

En canvi, el  $CO_2$  produït en la fase de distribució té un origen molt diferent, ja que prové del combustible fòssil utilitzat en el transport amb camió.

En el cas de la producció del detergent base, les dades que es refereixen a emissions atmosfèriques no diferencien el seu origen, ja que no s'ha pogut imputar la càrrega a cada una de les seves fases de producció. Sí que és important destacar, però, que la major part dels processos es fan en països que tenen com a font d'energia principal els recursos fòssils.

El  $CO_2$  produït en l'elaboració del gel es deu a l'ús de gas natural com a energia en el seu procés de fabricació, i el produït en la fase de final de vida es deu al 5% del producte que s'incinera.

Val a dir, però, que l'energia utilitzada en la major part dels processos és l'elèctrica. I com que gairebé tots els processos tenen lloc a Catalunya, excepte el de producció del detergent base, i a Catalunya només el 4% prové d'energia fòssil, les emissions de CO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub> que tenen el seu origen en els processos productius són molt baixes. Ara bé, cal tenir en compte que un 80% de l'energia és nuclear, i els residus que aquesta energia genera sí que són molt abundants. Aquests residus no entren en cap de les categories d'impacte recollides en aquest estudi, de manera que el seu impacte no queda reflectit en l'informe.

#### 5.4.2.4 Acidificació

L'acidificació és un problema de caràcter regional que afecta els sòls i, per tant, les plantes i els animals, l'aigua, els edificis (corrosió de façanes i monuments històrics i artístics), etc. L'acidificació dels sòls i les aigües continentals es deu a la pluja àcida. La pluja àcida, amb un pH molt inferior a 7 i que en algunes ocasions pot arribar a un pH pròxim a 3, s'acidifica quan es renten partícules gasoses com el diòxid de sofre (SO<sub>2</sub>), els òxids de nitrogen (NO<sub>x</sub>) i l'amoniac (NH<sub>3</sub>) que, combinades amb les partícules d'aigua (H<sub>2</sub>O) i la radiació solar, es converteixen en les seves formes àcides.

El cas de l'acidificació és pràcticament igual al de l'efecte d'hivernacle. De fet, les fases més impactants són les mateixes en totes dues categories i en la mateixa proporció. El SO<sub>2</sub> equivalent es produeix quan es cremen hidrocarburs fòssils, tant per al seu ús com a energia, de procés o transport, com per a matèria primera.

Potser l'única diferència es troba en l'etapa d'elaboració del gel, perquè com que en la seva fabricació s'utilitza gas natural, no es genera SO<sub>4</sub>. Mentre que el petroli i el carbó emeten una gran quantitat de gasos quan es cremen, entre ells SO<sub>4</sub> i d'altres responsables de l'acidificació, el gas natural només emet H<sub>2</sub>O i CO<sub>2</sub>.

Cal recordar que, igual que el CO<sub>2</sub>, les emissions de SO<sub>2</sub> i equivalents durant el procés de fabricació són molt baixes a causa de l'origen nuclear de l'energia elèctrica.

La producció de detergent base genera una quantitat important de SO<sub>2</sub> i equivalents perquè el seu processament es realitza en gran part amb energia d'origen fòssil.

#### 5.4.2.5 Consum d'energia

L'indicador de flux *consum d'energia* comptabilitza el consum d'energia primària. Val a dir que l'energia elèctrica es tracta d'una energia de tipus secundari que necessita una energia primària neta per a la seva producció. Des d'una perspectiva d'ACV s'han de tenir en compte els impactes ambientals produïts en tota la cadena energètica. En la cadena energètica es distingeix entre:

- 1) Energia primària bruta: Recurs energètic en el seu estat natural. Aquesta energia és la que conté el mateix material per a les matèries primeres de què està constituït.
- 2) Energia primària neta: S'obté a partir de la bruta a través de les diferents etapes d'extracció (mineria), tractament (refinat, preparació de combustible, etc.), transport i distribució,

posada a punt per a la seva conversió en energia útil o secundària. En són exemples: carbons (antracites, hules i lignits), fuels, gasolis, benzines, GLP, gas natural, combustible nuclear, hidràulica (en forma d'aigua embassada), etc.

- 3) Energia secundària: Forma d'energia no finalista que se situa entre la primària neta i l'útil. Per exemple, l'electricitat.
- 4) Energia útil: És la forma final com es fa servir l'energia per part de l'usuari final de la cadena energètica. Per exemple: calor, fred, mecànica motriu, llum, etc.

En aquesta categoria s'inclou l'energia consumida en el procés productiu i l'energia interna del mateix material.

Les etapes que consumeixen més energia són la fabricació de l'ampolla i del tap. Els processos d'obtenció i fabricació dels plàstics, juntament amb l'energia que contenen constitueixen el 80% de l'energia consumida. En els processos d'injecció i emmotllament o extrusió del plàstic es consumeix menys del 20% del total de l'energia.

És interessant veure l'energia consumida per les etiquetes, que representen un percentatge baix en pes de producte (0,6%) i en canvi consumeixen un 5% del total. Aquesta xifra es deu al consum originat en el procés de fabricació, l'origen dels seus materials (90%) i el transport (5%).

L'energia per a la producció del detergent base es consumeix en la seva major part (98%) per a l'obtenció del lauril sulfat sòdic o de les seves matèries primeres. Algunes d'aquestes matèries procedeixen de països on la font d'energia és d'origen fòssil i, per aquest motiu, les emissions de CO<sub>2</sub> i SO<sub>4</sub> són elevades. Del total de l'energia utilitzada, un 57% correspon a energia intrínseca de les matèries primeres, un 7% al transport, i un 36% al mateix procés de producció. Pel que fa a aquest darrer percentatge, és interessant comentar la importància de l'ús de la biomassa com a font energètica, un 63% del total.

#### **5.4.2.6 Consum d'aigua**

A nivell regional, l'aigua és un recurs natural cada vegada més escàs, i és per aquest motiu que s'ha de reduir al mínim el seu consum i garantir que els abocaments que s'hi fan siguin el màxim de respectuosos amb el medi ambient.

A nivell general, s'ha de dir que l'aigua que es consumeix durant tot el cicle de vida del gel de dutxa és relativament poca, si es compara l'aigua utilitzada, 2,49 litres, amb la que conté el producte, que és gairebé el 20%.

Pel que fa a les etapes més impactants, tant per a la fabricació de l'ampolla com per a l'elaboració del gel i la fabricació de l'envàs de cartró es consumeix pràcticament el mateix, al voltant dels 0,4 litres.

Mentre que en el cas de l'ampolla, l'aigua es consumeix en l'obtenció de l'energia (l'aigua per escalfar i refredar els motlles es troba en un circuit tancat), en l'elaboració del gel i el cartró, l'aigua es consumeix en la seva major part en el mateix procés

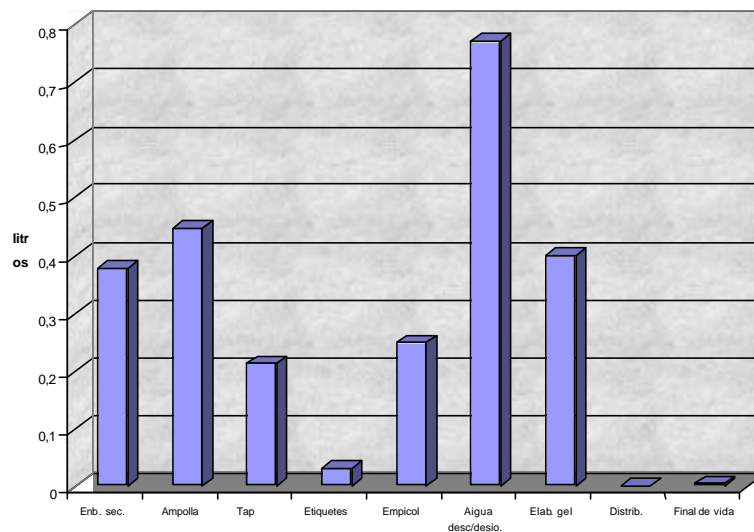


Figura 5.7 Contribució de les diverses fases del cicle de vida al consum d'aigua

#### 5.4.2.7 Producció de residus

Com es pot observar en la Figura 4.9, aproximadament el 72% dels residus es genera en la fase final del cicle de vida, quan el 95% dels envasos es dipositen en un abocador. Aquest residu està format bàsicament per l'envàs de HDPE i PP.

El 20% restant es genera en la producció de l'ampolla, i són bàsicament restes del plàstic utilitzat i residus generats en la producció d'energia.

### 5.5 Conclusions

A partir de l'estudi d'Anàlisi del Cicle de Vida del gel de dutxa, s'exposen a continuació les principals conclusions assolides:

La distribució apareix en 5 de les 7 categories d'impacte i de manera molt important, per la qual cosa s'haurien de prendre mesures per millorar el seu comportament ambiental.

Sense cap mena de dubte, la part del gel que més impacte genera és l'envàs (ampolla i tap). Els seus impactes més importants són els que estan relacionats amb el consum d'energia i amb la matèria primera utilitzada. També s'ha de tenir en compte que una gran part del residu generat prové de l'envàs.

S'observa que les etiquetes tenen un impacte important en proporció amb el seu pes, que és reduït.

Pel que fa als impactes ocasionats pels materials analitzats que formen part del gel de dutxa, només la fabricació del lauril sulfat sòdic és present de manera important en alguna categoria. Si l'objectiu principal de l'estudi fos l'anàlisi de les matèries primeres del gel, caldria realitzar un esforç més gran i buscar informació referent a aquests elements, però com que es tracta de

compostos químics complexos i de poques quantitats, no s'han tingut en compte en aquesta anàlisi.

L'ús d'energia elèctrica i el fet que la major part de les fàbriques siguin a Catalunya redueix les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle i acidificants, malgrat que augmenten els residus nuclears.

Caldria realitzar un estudi més profund de l'etapa d'elaboració del gel, associant el consum d'energia, aigua i matèries primeres i les emissions a les diferents subetapes, per obtenir accions concretes a realitzar.

Seria necessari ampliar la informació referida en l'etapa d'ús, incloent com a categoria d'impacte l'ecotoxicitat.

## **6 ACV comparativa dels paviments amortidors de caigudes utilitzats en parcs infantils**

Autors: Cristina Gazulla Santos, Marta Arrufí i Franch, Llorenç Milà i Canals,  
Joan Rieradevall Pons i Xavier Domènech Antúnez.

Grup de Recerca en Ecodisseny de l'Escola Superior en Disseny ELISAVA.

C/ Ample, 11-13, 08003 Barcelona

Tel. 93 317 47 15 Fax 93 317 83 53

### **6.1 Justificació**

El sector del mobiliari urbà es troba molt implantat a Catalunya amb una clara repercussió social i en l'entorn. Actualment, des de l'Administració es demana que aquests elements urbans siguin durables i que requereixin un manteniment mínim. En el cas concret de parcs infantils s'exigeixen també unes condicions mínimes de seguretat. Pel que fa a aspectes ambientals aquests encara són molt escassos. S'observa, però, una certa presència tant en les empreses com en l'Administració (normalment es tracta de criteris ambientals monovectorials). És important, però, incorporar aquests criteris en l'etapa de disseny d'aquest producte ja que és l'etapa on queden determinats la majoria d'impactes ambientals que tindrà aquest producte en la resta de fases del seu cicle de vida.

Aquest estudi pretén avaluar els impactes ambientals d'aquests elements urbans des de la visió de cicle de vida per tal de donar eines per poder incorporar el criteri ambiental en totes les fases del cicle de vida dels parcs infantils, sobretot en la seva etapa de disseny. En aquest estudi es van realitzar ACV comparatives per a cada tipus de components principals que formen els parcs infantils (estructura externa o estructura de joc, sistema de fixació d'aquesta estructura al sòl i paviment amortidor de caigudes). A continuació es presenta l'ACV comparativa del paviment amortidor de caigudes.

### **6.2 Abast de l'estudi**

#### **6.2.1 Funció del sistema**

Prevenir els efectes d'una caiguda i les consegüents lesions que ocasiona sobre els nens i les nenes.

#### **6.2.2 Unitat funcional**

Amortir l'impacte ocasionat per la caiguda d'un nen des d'una alçada igual o superior als 1.7 m dins d'una àrea d'1 m<sup>2</sup> de manera que eviti una lesió cranioencefàlica, al llarg de 10 anys.

### 6.2.3 Descripció del sistema

Es compararan ambientalment 5 tipologies de paviments amortidors: 3 de tipus sintètic (lloseta A, lloseta B i paviment continu) i 2 àrids (sorra i grava). Les llosetes A i B varien en la seva composició com es pot veure a la taula següent, on es mostren les característiques dels paviments a analitzar:

Taula 6.1 Característiques dels paviments a analitzar

	Llosetes A		Llosetes B		Paviment continu		Sorra	Grava
Densitat (kg/m <sup>3</sup> )	900.0		900.0		1150.0		1550.0	1650.0
Gruix de la capa (cm)	4.0		4.0		6.0		30.0	30.0
Kg de material / m <sup>2</sup>	36.0		36.0		69.0		465.0	495.0
Composició del material :	% pes	Kg/m <sup>2</sup>	% pes	Kg/m <sup>2</sup>	% pes	Kg/m <sup>2</sup>		
Cautxú reciclat	71%	25.6	94%	33.8	60%	41.4		
EPDM	23%	8.3	-	-	30%	20.7		
Resina PUR	6%	2.2	6%	2.2	10%	6.9		
Kg cola/ m <sup>2</sup>	0.2		0.2		-			
Kg formigó (solera)	233.0		233.0		233.0			

### 6.2.4 Assignació de càrregues

L'assignació de càrregues ambientals en els processos en què s'han utilitzat dades procedents de fonts de referència publicades (estudis previs, guies, bases de dades, etc.), s'ha mantingut, segons els criteris d'aquestes referències, per la qual cosa no s'expliquen aquí. En el cas de dades recollides en un emplaçament específic l'assignació de càrregues s'ha realitzat seguint un principi de causalitat. En el cas que l'element analitzat tingui més d'un cicle d'ús, cal repartir les càrregues ambientals associades al sistema entre aquests. El criteri utilitzat per realitzar aquest repartiment ha estat, en el present estudi, el de la duració temporal de cada cicle.

En els sistemes de reciclatge obert, les càrregues del sistema de reciclatge que cal assignar als diferents sistemes han quedat repartides de la manera següent:

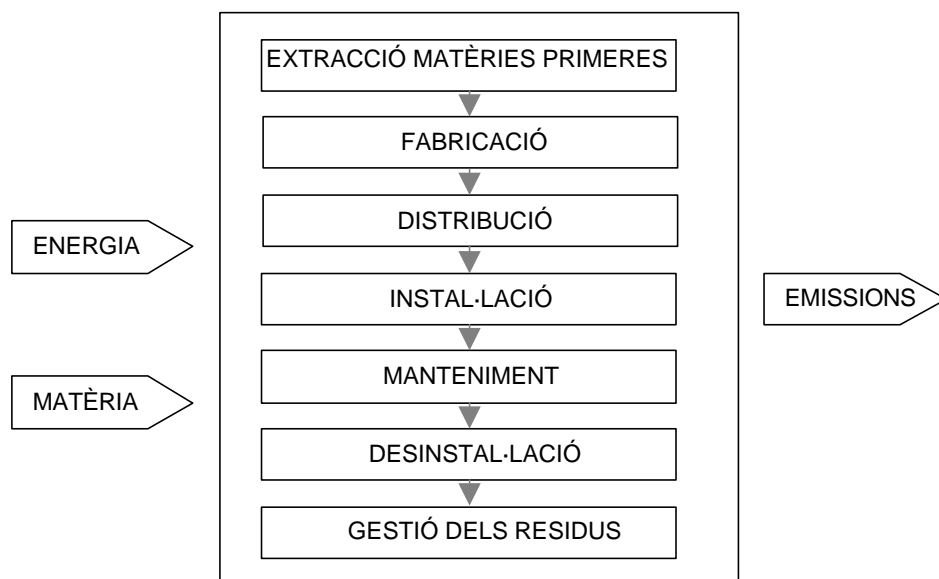
Taula 6.2 Càrregues ambientals assignades a cada sistema en el present estudi

	FASE DEL CICLE DE VIDA EN QUÈ S'ASSIGNEN LES CÀRREGUES	
	Matèries primeres	Gestió de residus
Càrregues ambientals assignables al sistema 1	MP1	+ R1 – Q2/Q1*MP1
Càrregues ambientals assignables al sistema 2	Q2/Q1*MP1	+ R2 – Q3/Q1*MP1
Càrregues ambientals assignables al sistema 3	Q3/Q1*MP1	+ W3

En el cas dels paviments amortidors sintètics de parcs infantils, s'utilitza cautxú reciclat procedent de pneumàtics, de manera que es considera un sistema amb dos cicles d'ús (cautxú en pneumàtics i cautxú en el paviment). Per determinar els factors de qualitat, Q1 i Q2, s'han consultat fonts del sector sobre el valor econòmic del cautxú verge i la granalla de cautxú reciclat. Segons aquestes fonts, el preu del cautxú verge per a pneumàtics és d'uns 1,50 euros/kg, davant els 0,17 – 0,20 euros/kg de la granalla de cautxú reciclat (considerem 0,18 euros/kg). A més, en el procés de trituració dels pneumàtics per obtenir-ne la granalla es perd aproximadament un 3% del material. Així doncs, el factor Q2/Q1 és aproximadament un 11,6% (0,18 euros/kg X 97% recuperació / 1,5 euros/kg). Conseqüentment, les càrregues assignades al cautxú reciclat són l'11,6% de les càrregues d'obtenció de cautxú verge més les càrregues ambientals del tractament del cautxú com a residu un cop s'ha fet servir de paviment. El cautxú dels pneumàtics s'enduria el 88,4% dels impactes de l'obtenció de les matèries primeres més els impactes del reciclatge.

### 6.2.5 Sistema d'estudi i límits

El sistema que ha estat objecte de l'Anàlisi del Cicle de Vida és el representat a l'esquema:



**Esquema 6.1 Diagrama de procés del sistema**

**Reposicions de materials durant el període considerat de 10 anys.** S'estimen unes condicions de desgast mitjà del paviment a causa de les quals aquest anirà perdent qualitat. En funció del paviment i de la seva resistència al desgast, caldrà reparar-lo amb major o menor freqüència afegint més o menys quantitat de material. Per tant, en el còmput total de materials del sistema, cal sumar les reposicions de materials necessàries en aquest període per als diferents paviments analitzats. Així, en el cas de les llosetes s'hauran de substituir en la seva totalitat en aquest període. En el cas del paviment continu, només cal reposar la capa més superficial (la d'EPDM). Per últim, en el cas de la sorra i la grava, anualment s'ha d'afegir un 25% d'aquests materials per compensar les pèrdues per l'ús. Un cop passats els 10 anys, es realitzarà la **restauració del terreny** per tal que quedi en les mateixes condicions de partida. Aquesta operació inclou, a més

Per últim, en el cas de la sorra i la grava, anualment s'ha d'afegir un 25% d'aquests materials per compensar les pèrdues per l'ús. Un cop passats els 10 anys, es realitzarà la **restauració del terreny** per tal que quedi en les mateixes condicions de partida. Aquesta operació inclou, a més de l'extracció dels paviments, la de la solera de formigó sobre la qual es fixen els paviments sintètics. A més, en tots els casos, es col·loca una capa de sorra de 10 cm de gruix per cobrir i anivellar el terreny. Tant els residus generats durant les reposicions de materials com els de la desinstal·lació dels paviments, són abocats.

### 6.3 Inventari

Taula 6.3 Inventari lloseta A

<b>LLOSETA A</b>		
<b>ETAPES</b>		<b>Comentaris</b>
Extracció de matèries primeres	3,0 kg de cautxú verge 8,3 kg EPDM 2,2 kg PUR	Obtenció de material que compon el paviment. En el cas del cautxú reciclat s'assimila a cautxú verge (1kg de cautxú reciclat equival a 0,12 kg de cautxú verge).
Transport de matèries primeres fins al fabricant	13,6 MJ	2.88 MJ de gasoil/t-km segons el model de camió de 16 t. Base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 350.0 km (incloent anada i tornada).
Transport del paviment fins al parc	1,94 MJ	Transport en un camió de 16 t i de consum 2.88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 50.0 km (incloent anada i tornada).
Col·locació del paviment	233,0 kg de formigó 89,53 MJ	Realització forat de 10 cm de profunditat amb una retroexcavadora (consum 18.75 l/h) i d'una solera de formigó amb una formigonera que consumeix 1 MJ/t. S'inclou el transport del formigó en un camió de 16 Tm de consum 2.88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250.
Manteniments: reposició de material	3,0 kg de cautxú verge 8,3 kg EPDM 2,2 kg PUR 13,6 MJ	Obtenció de materials que componen el paviment de reposició. S'inclou transport en un camió de 16 t i de consum 2.88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 350.0 km (incloent anada i tornada).
Transport de les llosetes desgastades fins als gestors dels residus	1,94 MJ	Transport en un camió de 16 t i de consum 2.88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 50.0 km (incloent anada i tornada).
Desinstal·lació	6,75 MJ 155,0 kg de sorra 22,32 MJ	Extracció de la solera de formigó amb un martell pneumàtic (energia elèctrica) i reompliment del forat (incloent el seu transport)
Transport de materials un cop desinstal·lats fins al gestor de residus.	35,50 MJ	Transport en un camió de 16 t i de consum 2.88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 50.0 km (incloent anada i tornada).
Gestió de residus	260 kg 13,78 MJ	Abocament de material substituït, paviment i formigó (260 kg). S'ha considerat inert en l'abocador. El consum de gasoil de la maquinària és d'uns 53 MJ/t (1,5 litres). Dades bibliogràfiques.

Taula 6.4 Inventari lloseta B

<b>LLOSETA B</b>		
<b>ETAPES</b>		<b>Comentaris</b>
Extracció de matèries primeres	3,9 kg de cautxú verge 2,2 kg PUR	Obtenció de materials que componen el paviment. En el cas del cautxú reciclat s'assimila a cautxú verge (1kg de cautxú reciclat equival a 0,12 kg de cautxú verge).
Transport de matèries primeres fins al fabricant	6,15 MJ	2,88 MJ de gasoil/t-km segons el model de camió de 16 t. Base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 350,0 km (incloent anada i tornada).
Transport de matèries primeres fins al parc	0,88 MJ	Transport en un camió de 16 t i de consum 2,88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 50,0 km (incloent anada i tornada).
Col·locació del paviment	233,0 kg de formigó 89,53 MJ	Realització del forat de 10 cm de profunditat amb una retroexcavadora (consum 18,75 l/h) i d'una solera de formigó amb una formigonera que consumeix 1 MJ/t. S'inclou el transport del formigó en un camió de 16 t de consum 2,88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250.
Manteniments: reposició de material	3,9 kg de cautxú verge +2,2 kg PUR 6,15 MJ	Obtenció de materials que componen el paviment de reposició. S'inclou transport en un camió de 16 t i de consum 2,88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 350,0 km (incloent anada i tornada).
Transport de les llosetes reposades	0,88 MJ	Transport en un camió de 16 t i de consum 2,88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 50,0 km (incloent anada i tornada).
Desinstal·lació	6,75 MJ 155,0 kg de sorra 22,32 MJ	Extracció de la solera de formigó amb un martell pneumàtic (energia elèctrica) i reompliment del forat (incloent el seu transport)
Transport dels materials fins als gestors dels residus	34,43 MJ	Transport en un camió de 16 t i de consum 2,88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 50,0 km (incloent anada i tornada).
Gestió de residus	239,1 kg 12,67 MJ	Abocament de material substituït, paviment i formigó (239,1 kg). S'ha considerat inert en l'abocador. El consum de gasoil de la maquinària és d'uns 53 MJ/t (1,5 litres). Dades bibliogràfiques.

Taula 6.5 Inventari paviment continu

<b>PAVIMENT CONTINU</b>		
<b>ETAPES</b>		<b>Comentaris</b>
Extracció de matèries primeres	4,8 kg cautxú verge +20,7 kg EPDM +6,9 PUR	Obtenció de material que componen el paviment. En el cas del cautxú reciclat s'assimila a cautxú verge (1kg de cautxú reciclat equival a 0,12 kg de cautxú verge).
Transport de matèries primeres fins al fabricant	32,66 MJ	2,88 MJ de gasoil/t·km segons el model de camió de 16 t. Base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 350,0 km (incloent anada i tornada).
Transport de materials fins al parc	4,66 MJ	Transport en un camió de 16 t i de consum 2,88 MJ de gasoil/t·km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 50,0 km (incloent anada i tornada).
Col·locació del paviment	233,0 kg formigó 89,53 MJ	Realització forat de 10 cm de profunditat amb una retroexcavadora (consum 18,75 l/h) i d'una solera de formigó amb una formigonera que consumeix 1 MJ/t. S'inclou el transport del formigó en un camió de 16 t de consum 2,88 MJ de gasoil/t·km segons base de dades BUWAL 250).
Manteniments: reposició de la capa d'EPDM desgastada	20,7 kg EPDM 20,86 MJ	Obtenció de material que compon el paviment de reposició. S'inclou transport en un camió de 16 t i de consum 2,88 MJ de gasoil/t·km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 350,0 km (incloent anada i tornada).
Descol·locació	6,75 MJ 155,0 kg sorra 22,32 MJ	Extracció de la solera de formigó amb un martell pneumàtic (energia elèctrica) i reompliment forat (incloent el seu transport)
Transport materials fins al gestor dels residus	38,22 MJ	Transport en un camió de 16 t i de consum 2,88 MJ de gasoil/t·km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 50,0 km (incloent anada i tornada).
Gestió de residus	265,4 kg 14,07 MJ	Abocament material substituït, paviment i formigó (239,1 kg). S'ha considerat inert en l'abocador. El consum de gasoil de la maquinària és d'uns 53 MJ/t (1,5 litres). Dades bibliogràfiques.

Taula 6.6 Inventari sorra

<b>SORRA</b>		
<b>ETAPES</b>		<b>Comentaris</b>
Extracció de matèries primeres	465,0 kg de sorra	Obtenció de la sorra.
Transport de matèries primeres fins al parc	66,96 MJ	Transport en un camió de 16 t i de consum 2,88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 50,0 km (incloent anada i tornada).
Col·locació del paviment	178,72 MJ	Realització d'un forat de 30 cm de profunditat amb una retroexcavadora (consum 18,75 l/h).
Manteniments: reposició de material	1086,2 kg sorra 156,41 MJ	Obtenció de la sorra que compona el paviment de reposició. S'inclou transport en un camió de 16 t i de consum 2,88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 50,0 km (incloent anada i tornada).
Desinstal·lació	155,0 kg sorra 22,32 MJ	Obtenció de la sorra de reompliment final del forat. S'inclou transport en un camió de 16 t i de consum 2,88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 50,0 km (incloent anada i tornada).
Transport dels materials fins als gestors dels residus	-	Es considera que la grava es deixa com a substrat del parc i, per tant, no s'aboca.
Gestió de residus	-	Es considera que la grava es deixa com a substrat del parc i, per tant, no s'aboca.

Taula 6.7 Inventari grava

GRAVA		
ETAPES		Comentaris
Extracció de matèries primeres	495,0 kg de grava	Obtenció de la grava.
Transport de matèries primeres fins al parc	71,28 MJ	Transport en un camió de 16 t i de consum 2,88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 50,0 km (incloent anada i tornada).
Col·locació del paviment	178,72 MJ	Realització d'un forat de 30 cm de profunditat amb una retroexcavadora (consum 18,75 l/h).
Manteniments: reposició de material	1113,7 kg grava 160,37 MJ	Obtenció de la grava que compona el paviment de reposició. S'inclou transport en un camió de 16 t i de consum 2,88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 50,0 km (incloent anada i tornada).
Desinstal·lació	155,0 kg sorra 22,32 MJ	Obtenció de la sorra de reompliment final del forat. S'inclou transport en un camió de 16 t i de consum 2,88 MJ de gasoil/t-km segons base de dades BUWAL 250. S'ha considerat un recorregut de 50,0 km (incloent anada i tornada).
Transport dels materials fins als gestors dels residus	-	Es considera que la grava es deixa com a substrat del parc i, per tant, no s'aboca.
Gestió de residus	-	Es considera que la grava es deixa com a substrat del parc i, per tant, no s'aboca.

## 6.4 Avaluació d'impactes

### 6.4.1 Categories utilitzades

Taula 6.8 Categories utilitzades per fer l'inventari

Categories d'impacte	Unitats
Esgotament de Recursos Abiòtics (ERA)	kg equivalents de mineral d'antimoni
Potencial d'Escalfament Global (PEG)	kg equivalents de diòxid de carboni (CO <sub>2</sub> )
Potencial de Destrucció d'Ozó Estratosfèric (PDOE)	kg equivalents de clorofluorocarboni 11 (CFC11)
Potencial d'Acidificació (PA)	kg equivalents de diòxid de sofre (SO <sub>2</sub> )
Potencial d'Eutrofizació (PE)	kg equivalents de fosfat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )
Potencial de Formació de Partícules en Suspensió (PFPS)	kg equivalents de partícules en suspensió (SPM)
Indicadors	Unitats
Consum d'Energia (CE)	Megajoules
Producció de residus (PR)	Kilograms

### 6.4.2 Resultats de la caracterització

Taula 6.9 Resultats de la caracterització

Categoria d'impacte/ indicador	Unitats	LLOSETA	LLOSETA	CONTINU	GRAVA	SORRA
		A	B			
PEG	kg CO <sub>2</sub>	1,39E+02	1,14E+02	1,98E+02	1,57E+02	1,52E+02
PDOE	kg CFC11	4,47E-04	4,37E-04	7,03E-04	3,35E-05	3,43E-05
PA	kg SO <sub>2</sub>	9,64E-01	8,01E-01	1,28E+00	1,43E+00	1,40E+00
PFPS	kg SPM	3,23E+00	3,10E+00	3,47E+00	8,22E-01	8,12E-01
PE	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,24E-01	1,20E-01	1,39E-01	2,41E-01	2,38E-01
CE	MJ	1,41E+03	1,53E+03	1,70E+03	4,16E+02	4,06E+02
ERA	kg-12	2,03E-01	2,19E-01	2,52E-01	9,40E-03	5,74E-03
PR	kg	2,68E+02	2,56E+02	2,96E+02	9,43E-01	3,55E-01

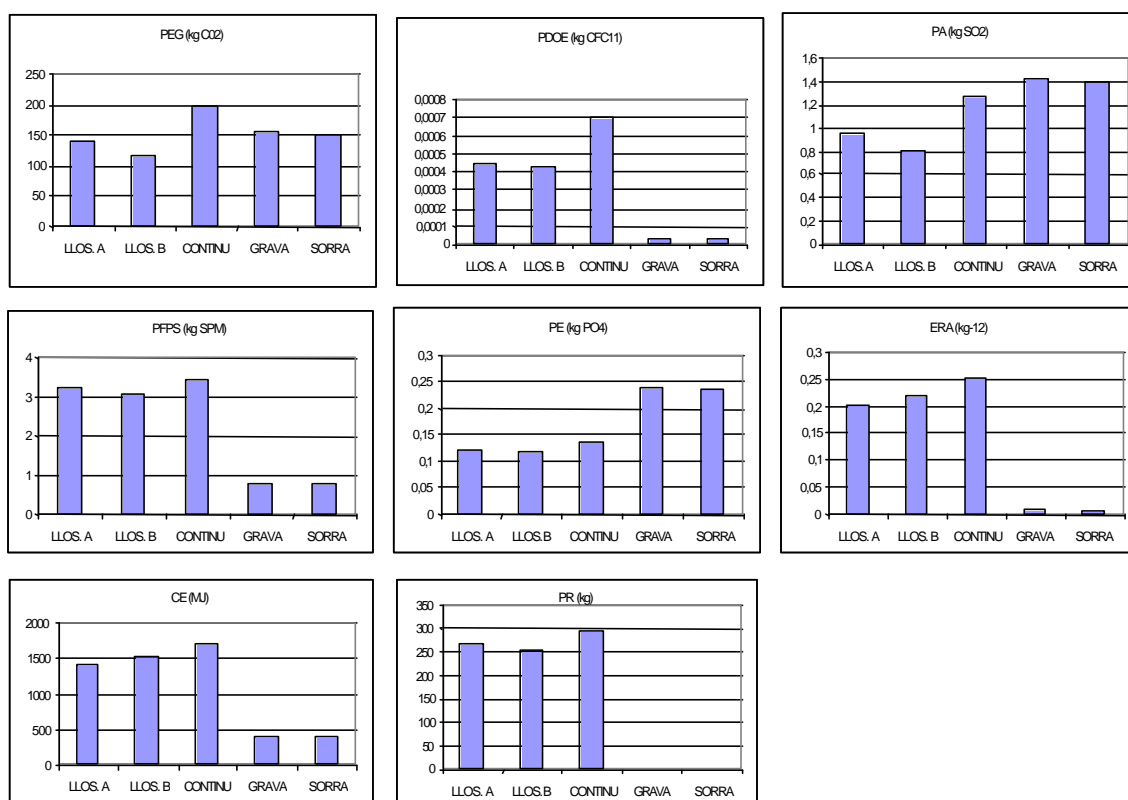


Figura 6.1 Resultats de l'avaluació d'impactes 8fase caracterització), expressats en forma gràfica

## 6.5 Discussió de resultats

El paviment continu és de tots els analitzats el de major impacte ambiental, a excepció de la categoria d'impacte PE (a la de PA la diferència amb la grava i la sorra no és rellevant). Atès que segons la categoria analitzada són més o menys impactants els paviments sintètics o els àrids, no es pot observar clarament quin dels dos tipus és més adequat des del punt de vista ambiental. Tanmateix, en general sembla que són els àrids els de menor impacte.

El **PEG** és ocasionat en tots els casos per la combustió de combustibles d'origen fòssil utilitzats

en la fase de col·locació dels paviments (mitjançant la retroexcavadora) i en el cas dels paviments sintètics, a més, per a la producció de resines de PUR i EPDM. En aquesta categoria és el paviment continu el de major impacte, pel fet de contenir una major quantitat d'EPDM i PUR. D'altra banda, els paviments àrids requereixen un forat de major profunditat i, per tant, el consum de la retroexcavadora és major que el de les llosetes.

En el cas del **PDOE** els paviments sintètics tenen un valor clarament superior al dels àrids, a causa de l'ús de PUR. Durant la fabricació d'aquest material, s'emet tetraclorometà (CCl<sub>4</sub>) i diferents tipus de CFC. També durant la fabricació de l'EPDM es genera haló 1301 (retardant de la flama de combustibles derivat del petroli).

La grava i la sorra presenten uns valors de **PA** superior el dels paviments sintètics, a causa d'un major ús de combustible fòssil durant la seva col·locació. A continuació, el paviment continu presenta uns valors lleugerament inferiors pel consum menor de la retroexcavadora, tot i les elevades emissions de SO<sub>2</sub> produïdes durant la fabricació d'un dels components de l'EPDM (el carbó negre). Finalment, la lloseta B presenta el valor d'impacte més baix en aquesta categoria en no contenir EPDM.

La categoria **PE** també té un valor superior en el cas de la grava i la sorra per l'emissió de NO<sub>x</sub> durant la combustió del dièsel utilitzat per la retroexcavadora. D'altra banda, en el cas dels paviments sintètics, aquest contaminant i d'altres que afecten el PE, són emesos durant la fabricació del PUR, el cautxú i l'EPDM.

En tots els paviments analitzats, la combustió de dièsel de la retroexcavadora durant la seva instal·lació emet SO<sub>2</sub> i afecta el **PFPS** (a més d'afectar el PA). Tanmateix, és la producció de formigó necessari per a la creació de la solera de formigó on van adherits els paviments sintètics, el procés que més emissions de partícules sòlides en suspensió genera i, per aquest motiu, els paviments sintètics presenten uns valors més elevats. Per últim, les diferències existents entre aquests tres paviments és deguda a la diferent quantitat de dièsel cremat durant les fases del seu cicle de vida, en funció dels processos que l'integren.

Els paviments sintètics tenen un valor de la categoria **ERA** més notable per, majoritàriament, l'ús de gas natural durant la producció del PUR i cautxú, així com del ciment integrant del formigó. El CE associat al cicle de vida dels paviments sintètics és superior al de la sorra grava, principalment a conseqüència de l'ús de gas natural en la producció de PUR, cautxú i, en menor mesura, del formigó utilitzat en la solera. En el cas de la sorra i la grava, el seu consum energètic es concentra principalment en la fase d'instal·lació, és a dir, en la realització de forats (de major profunditat que els del paviment sintètic).

La **PR** és major en el cas dels paviments sintètics ja que els àrids queden integrats dins de l'entorn on es trobaven instal·lats un cop finalitzada la seva vida útil i, per tant, no es consideren residus. Les diferències existents entre els paviments sintètics són degudes a les diferents quantitats de materials utilitzats al llarg del seu cicle de vida (incloent les reposicions d'algunes parts).

## 6.6 Conclusions

- L'ACV ha permès comparar ambientalment cinc tipologies diferents de paviments amortidors de caigudes per a parcs infantils, d'una manera objectiva i quantificada.
- Els valors d'impacte relatius entre els paviments àrids i sintètics varien, segons la categoria d'impacte, sense que hi hagi una preferència ambiental clara. Tot i així, s'ha pogut veure que la tendència general és que els paviments àrids tenen un impacte menor (la diferència d'impacte entre aquests és negligible). D'entre els paviments sintètics, s'ha observat un impacte menor dels de tipus llosetes davant del continu.
- En aquesta anàlisi cal tenir en compte que no s'han inclòs alguns processos que poden ser rellevants, com ara la fabricació de les llosetes i alguns aspectes de la col·locació del paviment sintètic continu.

## 6.7 Exercicis

1 Com variaria el valor d'impacte en la categoria PEG suposant que la distància del fabricant de paviments sintètics fos de 350 km (a l'igual que la grava i sorra)? (vegeu dades Taula 6.3 i 6.4)

2 En l'estudi s'ha considerat que en el cas dels paviments àrids i en el sintètic continu es produeix un desgast i pèrdua de material durant l'ús. Aquest material ha quedat fora de l'avaluació d'impactes. De quina manera es podria haver considerat la seva gestió?

3 En el cas del manteniment dels paviments amortidors només s'ha considerat la reposició de peces o materials necessaris. Quines altres operacions es podrien haver inclòs? Quines serien les dades necessàries per avaluar aquestes operacions?

4 Quines substàncies afecten principalment la categoria d'impacte corresponent al potencial de formació de partícules en suspensió (PFPS)?

5 En quina mesura variarien els resultats si es considerés que el cautxú utilitzat per als paviments sintètics fos verge? I si no s'assignessin càrregues ambientals al cautxú reciclat?

## ANNEX 1. TAULES D'INVENTARI PER MATERIALS I PROCESSOS

<b>Taula 1. Inventari agregat per la producció i combustió de gasoli (1 MJ).</b>		
<b>ENTRADES DES DE LA NATURA</b>		
<i>Recursos</i>		
carbó ETH	192	mg
benzina sense refinar ETH	24	g
lignit ETH	256	mg
gas natural ETH	1,21	l
<b>SORTIDES A LA NATURA</b>		
<i>Emissions a l'atmosfera</i>		
amoníac	2,15	µg
CO	434	mg
CO <sub>2</sub>	79,1	g
HCl	162	µg
metà	96,3	mg
N <sub>2</sub> O	1,91	mg
no metà VOC	493	mg
NOx (as NO <sub>2</sub> )	1,42	g
SOx (as SO <sub>2</sub> )	119	mg
<i>Emissions a l'aigua</i>		
N-tot	2,58	mg
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,64	mg
nitrat	793	µg
fosfat	31,3	µg

Font: BUWAL 250

**Taula 2. Inventari agregat per a la producció d'1 MJ d'electricitat a Espanya, segons el perfil**

<b>ENTRADES DES DE LA NATURA</b>			
<i>Recursos</i>			
<b>Substància</b>	<b>Producció marginal</b>	<b>Producció d'Espanya 2000</b>	<b>Unitats</b>
carbó ETH	43,3	58,2	g
benzina sense refinar ETH	0,597	6,57	g
lignit ETH	426	698	mg
gas natural ETH	3,84	7,82	l
<b>SORTIDES A LA NATURA</b>			
<i>Emissions a l'atmosfera</i>			
<b>Substància</b>	<b>Producció marginal</b>	<b>Producció d'Espanya 2000</b>	<b>Unitats</b>
amoníac	408	572	µg
CO	12,4	24,1	mg
CO <sub>2</sub>	78,6	131	g
HCl	20,8	27,9	mg
metà	320	466	mg
N <sub>2</sub> O	0,498	1,13	mg
no metà VOC	8,65	58,9	mg
NOx (as NO <sub>2</sub> )	196	317	mg
SOx (as SO <sub>2</sub> )	283	574	mg
<i>Emissions a l'aigua</i>			
<b>Substància</b>	<b>Producció marginal</b>	<b>Producció d'Espanya 2000</b>	<b>Unitats</b>
N-tot	38,5	336	µg
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	108	787	µg
nitrat	1,63	2,41	mg
fosfat	4,14	5,56	mg

<b>Taula 3. Inventari agregat per a la producció de grava (1 t)</b>		
<b>ENTRADES DES DE LA NATURA</b>		
<b><i>Recursos</i></b>		
energia hidràulica	4,56E+02	kJ
gas provinent del petroli	6,38	dm3
plom mineral	379	mg
níquel mineral	19,3	mg
aigua	143	kg
fusta	19,6	g
<b>SORTIDES A LA NATURA</b>		
<b><i>Emissions a l'atmosfera</i></b>		
CO <sub>2</sub>	5,81	kg
HALON-1301	31,3	µg
HCl	800	mg
metà	18,6	g
NOx (as NO <sub>2</sub> )	13,3	g
SO <sub>2</sub>	14,7	g
<b><i>Emissions a l'aigua</i></b>		
fosfat	177	mg
<b><i>Emissions sòlides</i></b>		
residus finals inerts	860	g
producció de residus no inerts	41,2	g

<b>Taula 4. Inventari agregat per a la producció de sorra (1 t)</b>		
<b>ENTRADES DES DE LA NATURA</b>		
<b><i>Recursos</i></b>		
energia hidràulica	165	kJ
gas provinent del petroli	2,31	dm3
plom mineral	137	mg
níquel mineral	6,98	mg
aigua	54,7	kg
fusta	7,11	g
<b>SORTIDES A LA NATURA</b>		
<b><i>Emissions a l'atmosfera</i></b>		
CO <sub>2</sub>	2,16	kg
HALON-1301	138	µg
HCl	290	mg
metà	8,58	g
NOx (as NO <sub>2</sub> )	4,84	g
SO <sub>2</sub>	5,58	g

<b>Emissions a l'aigua</b>		
N-tot	57,6	mg
NH <sub>3</sub>	39,8	mg
fosfat	65,6	mg
<b>Emissions sòlides</b>		
residus finals inerts	312	g
producció de residus no inerts	15	g

<b>Taula 5. Inventari agregat per a la producció de ciment Portland (1 t)</b>		
<b>ENTRADES DES DE LA NATURA</b>		
<b>Recursos</b>		
carbó	11,4	kg
benzina sense refinar IDEMAT	23,5	kg
gas natural	99,9	kg
urani mineral	41,4	g
aigua	1,69	kg
<b>SORTIDES A LA NATURA</b>		
<b>Emissions a l'atmosfera</b>		
CO <sub>2</sub>	354	kg
dust (SPM)	10	kg
NO <sub>2</sub>	743	g
NOx	194	g
SO <sub>2</sub>	19,2	g
SOx	404	g
<b>Emissions sòlides</b>		
inorgàniques en general	309	kg

<b>Taula 6. Inventari agregat per a la producció d' EPDM (1 t)</b>		
<b>ENTRADES DES DE LA NATURA</b>		
<b>Recursos</b>		
energia hidràulica	16,8	MJ
gas provinent del petroli	1,14	m3
plom mineral	874	mg
níquel mineral	494	mg
estany mineral	38,6	mg
aigua	1,52	ton
fusta	567	g

<b>SORTIDES A LA NATURA</b>		
<b><i>Emissions a l'atmosfera</i></b>		
CO <sub>2</sub>	1,53	ton
HALON-1301	31,4	mg
NOx (com NO <sub>2</sub> )	1,06	kg
SO <sub>2</sub>	9,41	kg
<b><i>Emissions a l'aigua</i></b>		
N-tot	12,5	g
NH <sub>3</sub>	8,09	g

<b>Taula 7. Inventari agregat per a la producció de cautxú (1 t)</b>		
<b>ENTRADES DES DE LA NATURA</b>		
<b><i>Recursos</i></b>		
carbó	62,3	kg
benzina sense refinar IDEMAT	719	kg
energia (indef.)	3,19	MWh
gas natural	1,01	ton
aigua	61,8	ton
<b><i>Emissions a l'atmosfera</i></b>		
CO <sub>2</sub>	1,23	ton
dust (SPM)	1,73	kg
NO <sub>2</sub>	688	g
NOx	9,75	kg
SO <sub>2</sub>	885	g
SOx	9,75	kg
<b><i>Emissions a l'aigua</i></b>		
COD	1,67	kg
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	60	g
<b><i>Emissions sòlides</i></b>		
residus químics	16,5	kg
residus industrials	1,88	kg
residus minerals	8,25	kg
escòries	3	kg

<b>Taula 8. Inventari agregat per a la producció de PUR (1 t)</b>		
<b>ENTRADES DES DE LA NATURA</b>		
<b>Recursos</b>		
carbó	638	kg
benzina sense refinar IDEMAT	871	kg
gas natural	2,59	ton
aigua	173	kg
<b>Emissions a l'atmosfera</b>		
CFC (dur)	23,9	g
CO <sub>2</sub>	6,95	ton
carbonissa (SPM)	33,6	g
NO <sub>2</sub>	2,46	kg
NOx	11,5	kg
SO <sub>2</sub>	2,82	kg
sutge	112	g
tetraclorometà	66,7	g
<b>Emissions sòlides</b>		
residus finals inerts	8,83	kg
inorgàniques en general	18,5	kg

## ANNEX 2. FACTORS DE CARACTERITZACIÓ UTILITZATS

Potencial d'escalfament global			
Medi	Substància	Unitats	kg CO <sub>2</sub> equivalents
aire	1,1,1-tricloretà	kg	100
	CFC (dur)	kg	7100
	CFC (tou)	kg	1600
	CFC-11	kg	3400
	CFC-113	kg	4500
	CFC-114	kg	7000
	CFC-115	kg	7000
	CFC-116	kg	6200
	CFC-12	kg	7100
	CFC-13	kg	13000
	CFC-14	kg	4500
	CO <sub>2</sub>	kg	1
	Diclorometà	kg	15
	HALON-1211	kg	4900
	HALON-1301	kg	4900
	HCFC-123	kg	90
	HCFC-124	kg	440
	HCFC-141b	kg	580
	HCFC-142b	kg	1800
	HCFC-22	kg	1600
	HFC-125	kg	3400
	HFC-134 <sup>a</sup>	kg	1200
	HFC-143 <sup>a</sup>	kg	3800
	HFC-152 <sup>a</sup>	kg	150
	Metà	kg	11
	N <sub>2</sub> O	kg	270
	Tetraclorometà	kg	1300
Triclorometà	kg	25	

Font: CML, 1992

<b>Potencial de destrucció de l'ozó estratosfèric</b>			
<b>Medi</b>	<b>Substància</b>	<b>Unitats</b>	<b>kg CFC 11 equivalents</b>
aire	CFC (dur)	kg	1
	CFC (tou)	kg	0,055
	CFC-11	kg	1
	CFC-113	kg	1,07
	CFC-114	kg	0,8
	CFC-115	kg	0,5
	CFC-12	kg	1
	Metil bromur	kg	0,6
	HALON-1201	kg	1,4
	HALON-1202	kg	1,25
	HALON-1211	kg	4
	HALON-1301	kg	16
	HALON-2311	kg	0,14
	HALON-2401	kg	0,25
	HALON-2402	kg	7
	Tetraclorometà	kg	1,08
	1,1,1-tricloretà	kg	0,12
	HCFC-123	kg	0,02
	HCFC-124	kg	0,022
	HCFC-141b	kg	0,11
	HCFC-142b	kg	0,065
HCFC-22	kg	0,055	
HCFC-225ca	kg	0,025	
HCFC-225cb	kg	0,033	
CFC-13	kg	1	

Font: CML, 1992

<b>Potencial d'acidificació</b>			
<b>Medi</b>	<b>Substància</b>	<b>Unitats</b>	<b>kg de SO<sub>2</sub> equivalents</b>
aire	HCl	kg	0,88
	HF	kg	1,6
	NH <sub>3</sub>	kg	1,88
	NO	kg	1,07
	NO <sub>2</sub>	kg	0,7
	NO <sub>x</sub>	kg	0,7
	SO <sub>2</sub>	kg	1
	SO <sub>x</sub>	kg	1

Font: CML, 1992

<b>Potencial d'eutrofització</b>			
<b>Medi</b>	<b>Substància</b>	<b>Unitats</b>	<b>kg PE</b>
aire	Nox	kg	0,13
	NH <sub>3</sub>	kg	0,33
	NO	kg	0,2
	NO <sub>2</sub>	kg	0,13
	Nitrats	kg	0,1
	Fosfats	kg	1
	P	kg	3,06
Aigua	DQO	kg	0,022
	NH <sub>3</sub>	kg	0,33
	Nitrats	kg	0,1
	Fosfats	kg	1
	NH <sup>4+</sup>	kg	0,33
	N Kjeldahl	kg	0,42
	N-tot	kg	0,42
	P-tot	kg	3,06

Font: CML, 1992

<b>Potencial de formació de partícules en suspensió</b>			
<b>Medi</b>	<b>Substància</b>	<b>Unitats</b>	<b>kg SPM</b>
aire	carbó negre	kg	1
	carbonissa (PM10)	kg	1
	carbonissa (SPM)	kg	1
	partícules fèrriques	kg	1
	material particulat	kg	1
	SO <sub>2</sub>	kg	1
	sutge	kg	1
	SOx	kg	1
	SOx (com SO <sub>2</sub> )	kg	1

Font: CML, 1992

<b>Exhauriment de recursos abiòtics</b>		
<b>Substància</b>	<b>Unitats</b>	<b>10<sup>-12</sup>/kg</b>
Cadmi	kg	1869,16
Coure (mineral)	kg	0,02286
Petrolí	kg	0,00809
Coure	kg	2,857
Gas natural	kg	0,00914
Mercuri	kg	175438
Plom (mineral)	kg	0,40004
Mercuri (mineral)	kg	1754,39
Níquel	kg	18,5185
Níquel (mineral)	kg	0,25925
Plom	kg	13,3333
Estany	kg	234,741
Estany (mineral)	kg	12,347
Urani	kg	596,367
Zinc (mineral)	kg	0,40816
Zinc	kg	6,802

Font: CML, 1992

### **Bibliografia**

- HEIJUNGS, R. i altres (1992): "Environmental Life Cycle Assessment of Products. Guide and Backgrounds". Centre of Environmental Science Leiden University (CML), Leiden, the Netherlands.

## 7 ACV comparativa entre contenidors metàl·lics i contenidors de plàstic.

R.Sans<sup>1</sup>, E. Kint<sup>2</sup>, D. Alvarez<sup>1</sup>, N. Garrido<sup>1</sup>, C. Forné<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup>Grup Medi Ambient. Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Terrassa  
(EUETIT– UPC)  
C/ Colom, 1 08222 Terrassa (Barcelona)  
Tel. 937398250 // 937398653 . [ramon.sans@upc.es](mailto:ramon.sans@upc.es), [nuria.garrido@upc.es](mailto:nuria.garrido@upc.es), [carles.forne@upc.es](mailto:carles.forne@upc.es) ,  
[alvarezd@eq.upc.es](mailto:alvarezd@eq.upc.es)

### 7.1 Justificació

Avui en dia, el respecte per al medi ambient ja no és una opció, ha de ser una prioritat, tant en la gestió dels residus que es generen, com en la producció dels productes que generaran aquests residus.

Moltes vegades un producte amb la mateixa finalitat pot ser fabricat de maneres diferents. La pregunta que cal fer és: com es pot decidir quina és la millor manera des d'un punt de vista medi ambiental? L'ACV (Anàlisi de Cicle de Vida) ens ajudarà a trobar la resposta.

L'ACV és una eina de gestió que serveix per avaluar el comportament ambiental d'un producte al llarg de tot el seu cicle de vida ("des del bressol a la tomba"). Això vol dir que l'estudi inclou, a més de la fabricació d'aquest producte, la producció de les seves matèries primeres, el seu ús i manteniment i la gestió del residu un cop ha acabat la seva vida útil.

En aquest treball de recerca es pretén comparar dos productes que tenen la mateixa finalitat per veure quin és més respectuós amb el medi ambient. Aquests productes són: un contenidor metàl·lic i un de plàstic. Aquests tipus de contenidors són utilitzats per molts municipis (entre ells, Terrassa) per a la recollida selectiva de paper i cartró.

### 7.2 Definició d'objectius i abast

#### 7.2.1 Objectius

L'objectiu d'aquest treball de recerca és decidir, de manera objectiva, quin tipus de contenidor, metàl·lic o plàstic, és millor des d'un punt de vista ambiental.

Els contenidors objectes d'estudi són utilitzats a Terrassa per a la recollida selectiva del paper i el cartró.



Figura 7.1 Contenidor metàl·lic



Figura 7.2 Contenidor de plàstic

Taula 7.1 Característiques dels contenidors

	Contenidor metàl·lic	Contenidor de plàstic
Volum total	3.5 m <sup>3</sup>	2.5 m <sup>3</sup>
Volum net	3 m <sup>3</sup>	2.5 m <sup>3</sup>
Alçada total	1.835 m	1.690 m
Amplada total // diàmetre	1.200 m	1.560 m
Profunditat total	1.750 m	
Pes	250 kg	100 kg
Altres consideracions:	Rectangular, cantonades arrodonides. Els costats tenen goma. Pintat de color blau	Material HDPE. Forma d'iglú

Per realitzar l'estudi es va utilitzar el programari SimaPro 4.0, que analitza i calcula els diferents impactes sobre el medi ambient (efecte d'hivernacle, destrucció de la capa d'ozó...) que causen els dos contenidors al llarg del seu cicle de vida. Per això, el programari utilitza una sèrie de bases de dades que contenen informació sobre les emissions al medi ambient que es donen com a conseqüència dels diferents processos industrials implicats en la fabricació dels dos contenidors. Atès que actualment no es disposa d'una base de dades pròpia de l'Estat espanyol s'han utilitzat les bases de dades del mateix programari.

### 7.2.2 Unitat funcional

La unitat funcional considerada per a la realització del present estudi ha estat:

La quantitat de material necessari per recollir 15.000 litres de paper i cartró. El paper i el cartró vénen del sector domèstic del municipi de Terrassa. Assumim que l'ús i el manteniment és el mateix per als dos tipus de contenidors. La vida útil del contenidor metàl·lic és més llarga que la

vida útil del contenidor de plàstic. Per cada 2 contenidors metàl·lics produïts és necessari produir 3 contenidors de plàstic.

### 7.2.3 Abast

Totes les etapes del cicle de vida (adquisició de matèries primeres, fabricació, distribució, ús i final de vida) dels dos contenidors han estat considerades dins l'abast del present estudi.

La reticència de les empreses a donar dades sobre el procés de fabricació dels contenidors, ha fet que les dades utilitzades siguin més generals del que hagués estat desitjable.

Els resultats obtinguts de l'ACV són significatius sempre que les dades introduïdes també ho siguin. Això implica que en la interpretació dels resultats s'han de tenir en compte les hipòtesis fetes i les dades introduïdes.

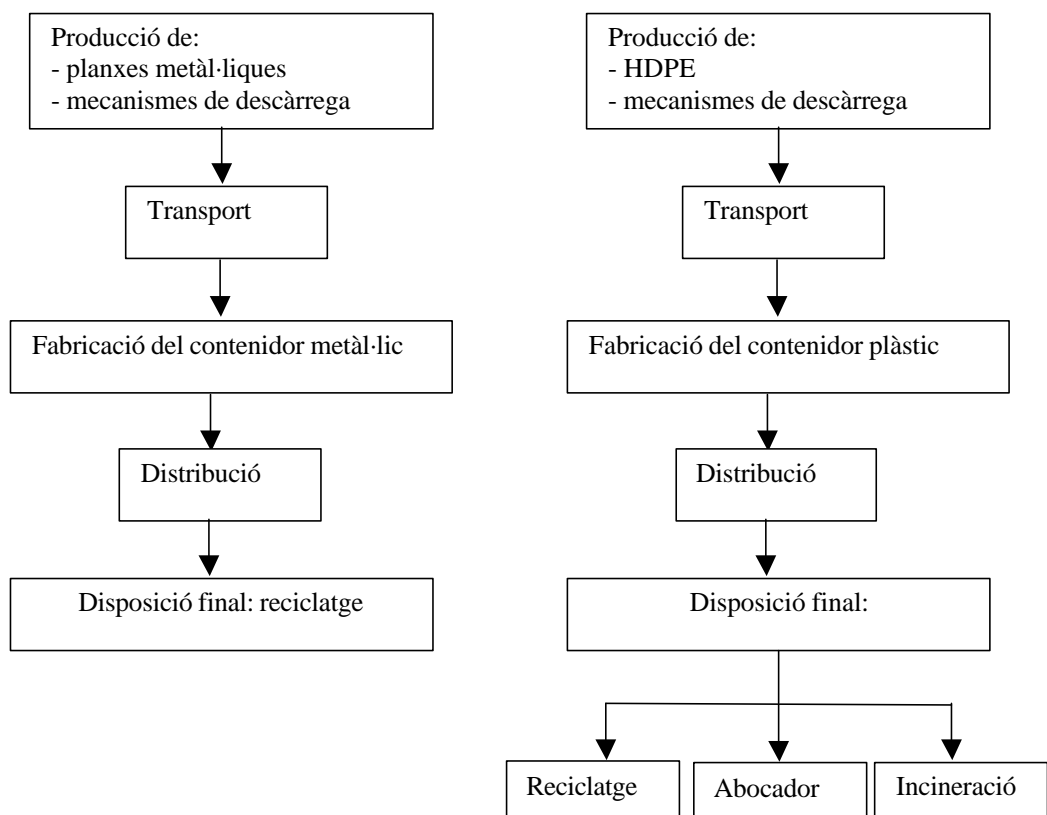


Figura 7.3 Arbre per al contenidor metàl·lic i de plàstic

### 7.2.4 Assignacions de càrrega

El criteri seguit per a l'assignació de càrregues ambientals ha estat en tots els casos el criteri màssic o, en unes altres paraules, l'assignació de les càrregues ambientals als materials, components i processos implicats al llarg del cicle de vida dels contenidors metàl·lics i de plàstic s'ha fet tenint en consideració la seva massa.

### 7.2.5 Consideracions

Com s'ha dit anteriorment, en el present estudi ha estat suposat que la informació de l'inventari de cicle de vida (LCI) relativa als materials, processos i components dels contenidors metàl·lic i de plàstic correspon o equival a la dels seus homòlegs continguts en la base de dades del SIMAPRO.

Els processos i materials del cicle de vida que no s'han inclòs en aquest estudi són els següents:

- Procés de producció i materials de les diferents parts del mecanisme de descàrrega. S'ha considerat que aquest mecanisme és bàsicament el mateix per a tots dos contenidors, així que no es considera significatiu, ja que el que és vol fer és una comparació dels dos contenidors.
- Visos i femelles: Aquests elements també s'utilitzen en els dos contenidors. La quantitat no és exactament la mateixa, però el procés per fabricar-los és el mateix. Seguint el mateix criteri que l'exposat anteriorment, no es tenen en compte les parts comunes dels dos contenidors
- Cautxú o goma: Aquest material s'utilitza per als dos tipus de contenidors. La importància relativa d'aquest component és molt baixa, així que es decideix no tenir-ho en compte.
- Pintura: El contenidor metàl·lic és pintat després de ser fabricat i en el contenidor de plàstic la pintura s'inclou en el procés de producció. La base de dades utilitzada no té cap informació referent a la pintura, i és per aquest motiu que aquest procés no s'ha tingut en compte.
- Ús i manteniment: Malgrat que el contenidor de plàstic té menys volum que el metàl·lic, la freqüència de buidat és la mateixa. Per altra banda, segurament, el contenidor metàl·lic necessita ser tornat a pintar després d'un temps. Com s'ha dit, el procés de pintura no s'ha pogut tenir en compte, així doncs el manteniment no s'ha considerat en aquest estudi.
- No s'ha inclòs l'efecte ambiental "pesticides" ja que no s'utilitza cap pesticida al llarg de la vida dels contenidors.
- Per al procés de transport i distribució s'ha utilitzat un camió Truck 28t B250 i s'ha escollit una distància de 30 km per a la distribució i 100 km per al transport.

### 7.3 Inventari

**Composició i fabricació dels contenidors:** Tota la informació relativa a la composició i fabricació dels contenidors ha estat proporcionada per les empreses: Al-Car, Laminados Velasco (contenedor metàl·lic) i per recerca bibliogràfica (contenedor plàstic metàl·lic). També es van tenir contactes amb l'empresa Ros Roca (fabricant de contenidors) i Eco Equip (empresa encarregada del buidatge i manteniment dels contenidors a Terrassa).

#### Contenedor metàl·lic

Taula 7.2 Contenedor metàl·lic

Nom	Quantitat	Unitat	Comentari
<b>Muntatge</b> (metall)			El contenidor està format per planxes metàl·liques. Té un volum de 3 m <sup>3</sup> i pesa 250 kg tenint en compte el mecanisme de descàrrega.
Material			
C 15 l	155	kg	El contenidor pesa 155 kg sense tenir en compte el mecanisme de descàrrega
Processos			
Soldadura elèctrica 2 acer	23	m	Soldadura utilitzada per unir les planxes metàl·liques. Quantitat per un contenidor
Electrodeposició crom l	15	m <sup>2</sup>	Les planxes es cobreixen amb crom. Quantitat calculada per a un contenidor
Electroplating Zinc l	15	m <sup>2</sup>	Les planxes es cobreixen posteriorment amb zinc. Quantitat calculada per a un contenidor
Transformació freda de l'acer	110	kg	Les planxes es doblen sense escalfar. Quantitat calculada per a un contenidor metàl·lic

Nom	Quantitat	Unitat	Comentari
<b>Cicle de vida</b>			Cicle de vida excloent ús i manteniment
Muntatge			
Metall	5	unit	El volum del contenidor és de 3 m <sup>3</sup> . La unitat funcional és de 15 m <sup>3</sup> de recollida. El resultat és 5 unitats
Processos			
Truck 28 t B250	7.75	kgkm	Distància de transport 100 km 5 unit* 155 kg/unit = 775 kg; 775 kg/100 km= 7.75 kgkm
Truck 28 t B250	25.8	kgKm	Distància de distribució 30 km 5 uni * 155 kg/unit = 755 kg; 775 kg/30km= 25.8 kgkm

Nom	Quantitat	Unitat	Comentari
Escenari de disposició final			Tots els contenidors seran recollits i reciclats
Muntatge			
Metall	5	unit	Unitat funcional és 15 m <sup>3</sup> , la capacitat de cada contenidor: 3 ,m <sup>3</sup> . 15m <sup>3</sup> /3 m <sup>3</sup> /unit = 5 unitats
Escenari de reciclatge			
Contenidor metàl·lic	100%	reciclat	Tots els contenidors seran recollits i reciclats

### Contenidor de plàstic

Taula 7.3 Contenidor de plàstic

Nom	Quantitat	Unitat	Comentari
<b>Muntatge (Plàstic)</b>			El contenidor està fet per HDPE. Té un volum de 2.5 m <sup>3</sup> i pesa 100 kg tenint en compte el mecanisme de descàrrega.
Material			
HDPE B250	120	kg	El contenidor només conté 80 kg de HPDE. Aquest número s'ha multiplicat per 1,5 perquè la vida útil del contenidor metàl·lic és més llarga que la de plàstic
Processos			
Modelatge per bufat	120	kg	La tècnica utilitzada per donar forma al contenidor de HDPE és el modelatge per bufat.

Nom	Quantitat	Unitat	Comentari
<b>Cicle de vida</b>			Cicle de vida excloent l'ús i el manteniment
Muntatge			
Plàstic	6	unit	El volum del contenidor és 2,5 m <sup>3</sup> . La unitat funcional és 15 m <sup>3</sup> de recollida. El resultat és de 6 unitats
Processos			
Truck 28 t B250	24	kgkm	Distància de transport 100 km 6 unit* (80*1.5) kg/unit = 720 kg; 720 kg/100 km= 7,2 kgkm
Truck 28 t B250	25,8	kgKm	Distància de distribució 30 km 6 uni * (80*1.5) kg/unit = 720 kg; 720 kg/30km= 24 kgkm

Nom	Quantitat	Unitat	Comentari
Escenari disposició final			50 % serà reciclat, 30% abocador i 20% incineració
Muntatge			

Nom	Quantitat	Unitat	Comentari
Plàstic	6	unit	La unitat funcional és de 15 m <sup>3</sup> , la capacitat de cada contenidor: 2,5 m <sup>3</sup> . 15m <sup>3</sup> /2,5 m <sup>3</sup> /unit = 6 unitats
Escenari de reciclatge			
Només reciclat	50%	reciclat	50% dels contenidors seran recollits i reciclats
Incineració B250	20%	incinerar	20% dels contenidors seran incinerats
Abocador B250	30%	abocador	30% dels contenidors aniran a abocador

**Informació ambiental:** Els Inventaris de Cicle de Vida (LCI) dels contenidors considerats (metàl·lic i de plàstic) han estat realitzats emprant la base de dades IDEMAT i PRé 4 (metàl·lic) i BUWAL 250 i PRé 4 (plàstic).

#### 7.4 Avaluació d'impactes

A continuació, es presenten en forma de gràfics els resultats de l'avaluació d'impacte dels contenidors metàl·lics i de plàstic. Per arribar a aquests resultats s'ha utilitzat el mètode de l'eicoindicador. Aquest mètode consta de 4 etapes: classificació i caracterització, normalització, avaluació i indicador.

La classificació dels impactes estudiats són: l'efecte d'hivernacle, la destrucció de la capa d'ozó, l'acidificació, l'eutrofització, els metalls pesants en l'aire i l'aigua, els cancerígens, la boira d'hivern, la boira d'estiu, l'energia i rels esidus sòlids. Tot seguit es du a terme l'etapa de caracterització en la que es quantifiquen els efectes de les càrregues i s'agreguen a les diferents categories d'impacte. Per poder realitzar aquest pas s'ha utilitzat les taules de l'Eicoindicador 95. No totes les substàncies estan definides en aquest llistat; per tant, no s'ha pogut tenir en compte totes les substàncies.

En aquest punt, no es pot veure la importància relativa dels efectes ja que tots estan escalats agafant com a referència del 100% per al valor més alt. Per evitar això cal passar a l'etapa de normalització. Els valors de normalització són extrets d'una mitjana de dades europees (excloent Rússia) de diferents fonts. (any de referència 1990).

Aquests resultats encara no són definitius. No ens diuen prou sobre la importància relativa dels efectes, ja que un efecte molt petit pot ser el més important. Per tant, s'ha de ponderar aquest resultat. S'ha de donar un pes específic a cada un dels impactes. El pes donat a cada un d'ells s'ha trobat seguint els criteris especificats per PRé Consultants B.V., 1997. Finalment, els resultats obtinguts es poden veure en el següent gràfic. El resultat de la suma dels punts obtinguts per a cada impacte ens permet comparar ambientalment els dos contenidors.

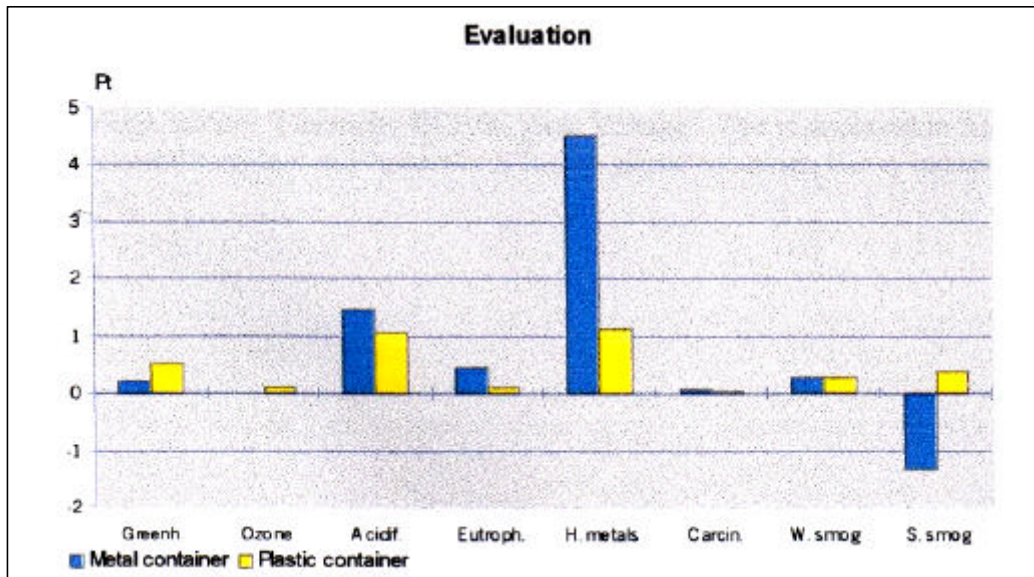


Figura 7.4 Resultats de l'etapa d'avaluació.

Una altra manera d'expressar aquests resultats és fer-ho en un sol gràfic: l'indicador

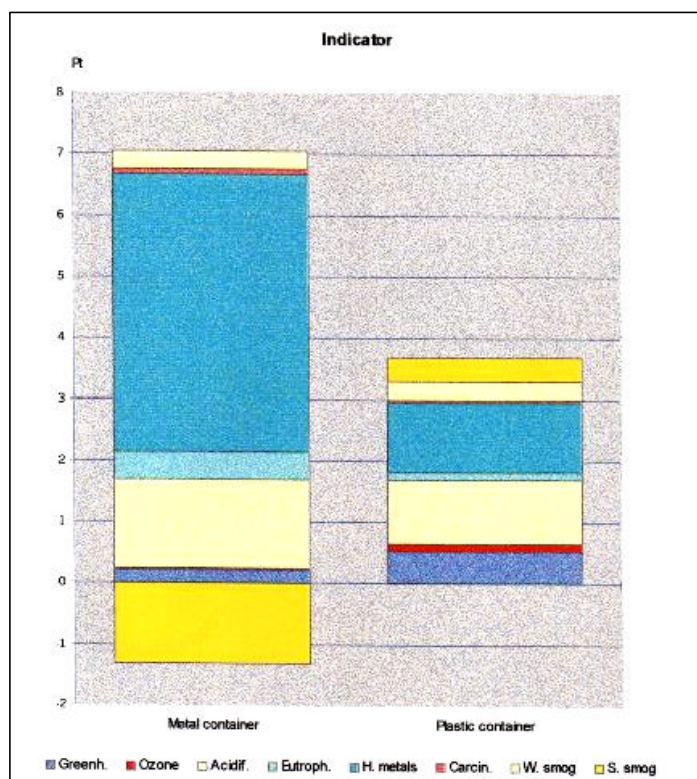


Figura 7.5 Indicador

## 7.5 Discussió de resultats

A continuació es procedeix a la discussió dels resultats de l'avaluació ambiental d'ambdós contenidors. Cal tenir presents totes les limitacions exposades, les hipòtesis fetes i els valors que no s'han pogut definir en l'estudi. Els resultats obtinguts són els següents:

- L'impacte ambiental global més gran està associat al contenidor metàl·lic degut sobretot per l'impacte dels metalls pesants en el medi.
- Pel que fa a l'efecte d'hivernacle, el contenidor de plàstic és més perjudicial que el contenidor metàl·lic.
- Referent a la destrucció de la capa d'ozó, el contenidor metàl·lic pràcticament no té cap impacte i sempre molt més baix que l'associat al contenidor de plàstic.
- L'impacte per l'acidificació és lleugerament superior en el cas del contenidor metàl·lic que en el del plàstic.
- En el cas de l'eutrofització, el contenidor metàl·lic és considerablement més impactant que el de plàstic.
- Per als metalls pesants, l'impacte és molt més superior per al contenidor metàl·lic que per al de plàstic. Aquest factor és el més important a l'hora de poder decidir quin dels dos tipus de contenidors és més contaminant.
- L'impacte associat als cancerígens és pràcticament menyspreable en comparació amb els altres.
- No hi ha diferències considerables respecte a l'impacte *boira d'hivern* (winter smog).
- Cal destacar el valor negatiu de l'impacte *boira d'estiu* (summer smog) associat al contenidor metàl·lic. Aquest fet és resultat del 100% de reciclatge del contenidor metàl·lic.

## 7.6 Conclusions finals

Considerant totes les limitacions exposades, les hipòtesis fetes i els valors que no s'han pogut definir en l'estudi, és difícil extreure'n una conclusió definitiva. Malgrat això, i tenint en compte l'exposat anteriorment, es podria dir que:

- El major impacte ambiental de manera global està associat als contenidors metàl·lics, tenint en compte totes les incerteses, hipòtesis i valors no definits en el procés.