

# L'ecodisseny industrial com a eina de sostenibilitat ambiental

Francesc Castells\*, Julio Rodrigo\*\* i Guido W. Sonnemann\*

Grup d'Anàlisi i Gestió Ambiental (Grup AGA)

\*Departament d'Enginyeria Química, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química, fcastell@etseq.urv.es

\*\* Grup AGA – Centre d'Innovació Tecnològica SIMPPLE, Universitat Rovira i Virgili

L'ecodisseny permet tractar la problemàtica ambiental associada a un producte en la seva pròpia fase de desenvolupament; per tant, implica considerar la variable ambiental com un requeriment més del producte, a més de la resta d'objectius convencionals del disseny: cost, seguretat, manufacturabilitat, utilitat, etc. La integració de la variable ambiental en el procés de desenvolupament d'un producte, procés o activitat ha de portar-se a terme sense comprometre la resta de propietats i combinant preu i millora ambiental de forma sensible. Tot amb la finalitat de fabricar productes amb una menor càrrega ambiental global associada a tot el seu cicle de vida, al mateix temps que es generen importants estalvis i beneficis econòmics.

Ecodesign allows the environmental problems related to a product to be tackled within the development phase itself. Hence, it involves the consideration of the environmental variable as one more requirement of the product, in addition to the other conventional design objectives: cost, security, manufacturability, utility, etc. The integration of the environmental variable in the development of a product, process or activity has to be carried out combining price and environmental improvement in a sensible manner, without jeopardising the other properties of the product. The final aim is to produce goods with a lower environmental load throughout their entire life cycle, while at the same time generating substantial savings and economic benefits.

**L**a societat anomenada industrial està sotmesa de forma permanent a contradiccions, sovint de difícil resolució. Una de les més evidents és el foment de la producció de béns de consum, molts dels quals innecessaris, per assolir un desenvolupament econòmic creixent i de difícil compatibilitat amb la preservació dels recursos naturals i la protecció acurada de l'entorn.

La sostenibilitat ambiental pot ésser entesa com un model social de creixement que ens permet satisfer les nostres necessitats sense comprometre o posar en risc que les futures generacions ho puguin continuar fent [1]. En aquest context, i tenint en compte que a la pràctica no existeixen processos sense cap efecte ambiental negatiu en l'entorn, l'assoliment d'un desenvolupament més sostenible requereix un pacte tàcit entre productor i consumidor mitjançant les seves respectives organitzacions. En aquest compromís cap a la sostenibilitat, el productor hauria de satisfer de forma més eficient, innovadora i respectuosa amb el medi les necessitats del consumidor, i a la vegada aquest darrer es comprometria a equilibrar raonablement els requeriments de les seves necessitats mitjançant un consum més responsable, alhora que exigiria al productor la reducció dels efectes ambientals adversos derivats de la producció dels béns i serveis proporcionats.

El diferent grau del que podem anomenar *consciència ambiental* dels diferents tipus de comunitats, fa que allí on no arribés la capacitat de pacte entre productor i consumidor hi

hauria d'arribar l'Administració ambiental, imposant a ambdues parts unes normes i uns límits mínims de compliment obligat.

Per a l'èxit del procés, resultaria clau que el productor estigués conscienciat i/o obligat a reduir *globalment* els efectes ambientals negatius o càrregues ambientals associades als seus productes i serveis. Aquesta visió global implicaria la consideració de diferents principis ambientals bàsics: la prevenció de la contaminació, la minimització de residus, el no transvasament de contaminants d'un medi a un altre, etc. A més, també comportaria la consideració global de l'impacte ambiental associat al cicle de vida del producte [2 i 3], en el sentit que el fabricant no únicament ha de considerar la càrrega ambiental generada durant el propi procés de producció, sinó que també ha de considerar l'impacte de tota la *història* o *vida* del producte: començant per l'extracció de les primeres matèries que el componen, seguint pels processos intermedis de producció i de distribució i acabant pel seu ús i pel seu final de vida útil.

Si parléssim de la fabricació d'un *assegador de cabell convencional*, es valoraria positivament l'ús de plàstic reciclat per a la carcassa enlloc de polímer verge. Es consideraria favorable el fet que durant l'etapa d'ús tingués un consum elèctric relativament baix i que un cop fora de servei fos fàcilment desmuntable per poder valorar els seus materials i components i així tancar al màxim el cicle de materials. L'avaluació dels efectes ambientals derivats d'un producte o activitat al llarg del seu cicle de vida s'anomena *avaluació del cicle de vida* (ACV) [4, 5 i 6].

## L'ecodisseny com a eina de sostenibilitat

Un desenvolupament més sostenible pot ésser assolit amb productes i processos de disseny innovador capaços de satisfer plenament les necessitats dels consumidors i alhora garantir un nivell elevat de protecció de l'entorn. L'ecodisseny és una metodologia òptima per a la producció de béns i serveis més sostenibles. L'ecodisseny es fonamenta en el principi bàsic d'introduir la variable ambiental durant el procés de desenvolupament d'un producte o servei, mitjançant el seguiment i l'aplicació d'una sèrie de bones pràctiques i consells ambientals (*Guies d'Ecodisseny*, [7, 8, 9, 10 i 11]). La finalitat és reduir els efectes ambientals adversos associats a tot el cicle de vida del producte o servei en el moment òptim: quan és més fàcil i econòmic.

Seguint l'exemple de l'assegador de cabell, l'aplicació de la metodologia de l'ecodisseny comprendria, entre d'altres, els aspectes següents:

- Utilitzar materials de fabricació obtinguts a partir de primeres matèries reciclades, reciclables i/o renovables.
- En el cas de poder escollir entre diferents proveïdors de materials i components, escollir aquells que hagin emprat menys energia durant el procés de fabricació i en general aquells que hagin ocasionat un menor impacte sobre el medi: menys residus generats, menys emissions, etc.
- Utilitzar materials que es puguin separar fàcilment, a fi de facilitar-ne la valoració posterior (reutilització, reciclatge, etc.).
- Emprar tecnologies de fabricació netes que redueixin o minimitzin els efectes ambientals negatius durant la fase de producció.
- Promoure l'eficiència durant l'etapa d'ús, que permeti assecar adequadament el cabell, amb un consum mínim o reduït d'electricitat.
- Reduir el pes del producte. A més de fer més còmode l'ús de l'equip, aquesta mesura comporta, entre d'altres, els beneficis ambientals següents: estalvi de primera matèria consumida, reducció en la generació de residus, reducció del consum d'energia i combustible durant el transport de primeres matèries i del producte acabat, etc.
- Proporcionar consells d'ús de l'assegador amb l'objectiu d'estalviar energia, com ara eixugar primer bé el cabell

amb una tovallola seca, procurar que l'aire ambient sigui al més sec possible, etc.

- Indicar clarament que quan arribi el producte al seu final de vida aquest sigui portat a una deixalleria i que en cap cas no sigui dipositat en un contenidor de brossa domèstica.
- Dissenyar un sistema de muntatge que permeti un fàcil desacoblament dels diferents materials, components i parts de l'equip, amb la finalitat que quan arribi al final de la seva vida útil la seva valoració potencial sigui elevada.

Aquestes indicacions, de caire molt divers, comporten diferents estratègies d'actuació, cadascuna de les quals requereix els seus tipus d'especialitats i de professionals. Algunes de les pautes donades són d'aplicació genèrica, per a gairebé qualsevol tipus de producte o sector, mentre que d'altres són no més aplicables a un producte o sector determinat.

## L'ecodisseny industrial i les diferents eines de sostenibilitat

Dins la perspectiva de la directriu europea 96/61/CE relativa a la prevenció i al control integrats de la contaminació [12], consistent bàsicament a no tractar els problemes de contaminació com a fenòmens aïllats, sinó amb la perspectiva d'una millora ambiental global, s'han anat desenvolupant durant els darrers anys diferents conceptes, eines ambientals, instruments polítics i normes, amb l'objectiu final i comú de possibilitar l'assoliment d'un desenvolupament més sostenible. L'ecodisseny, tot i que és una metodologia que pot permetre d'una manera òptima l'assoliment d'una major sostenibilitat, no és l'única aproximació possible que pot ésser emprada amb aquesta finalitat.

La figura 1 [13 i 14] ens mostra alguns dels elements més importants (conceptes, eines, etc.) que intervenen o poden intervenir en l'assoliment de l'objectiu comú d'un desenvolupament més sostenible.

Una recopilació exhaustiva de les diferents eines de sostenibilitat existents es troba, entre d'altres fonts, en els documents elaborats per la xarxa europea Chainet [15]. En aquests documents es proporciona informació relativa a l'aplicabilitat de les eines descrites, en funció de l'objectiu buscat. Cal trencar

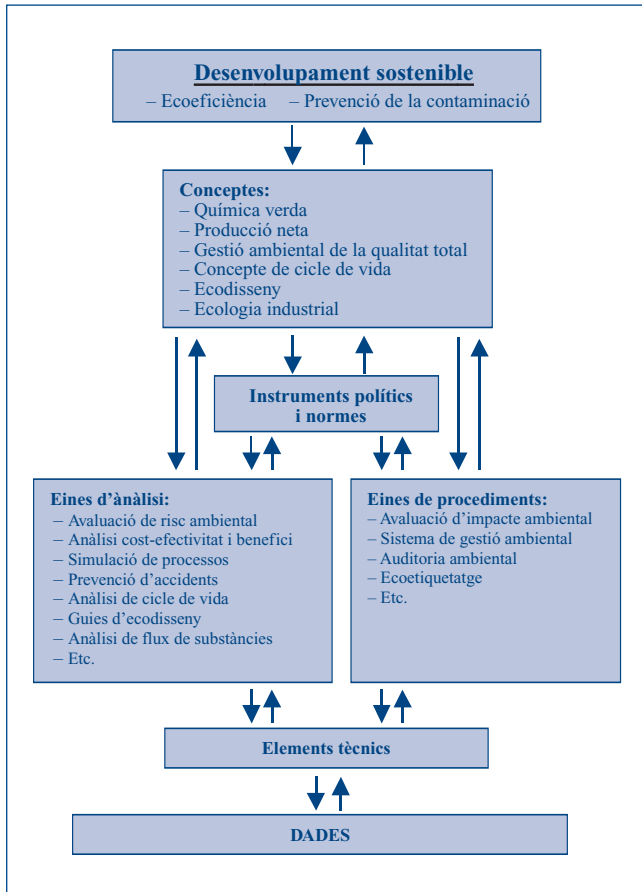


FIGURA 1. Eines conceptuals relacionades amb el desenvolupament sostenible.

la falsa creença sobre l'existència d'eines universals que són aplicables a qualsevol situació o cas, independentment de l'objectiu perseguit. En molts casos, l'objectiu no es pot satisfer amb l'aplicació d'una única eina o metodologia.

## Importància de l'ecodisseny

La metodologia de l'ecodisseny (figura 2) [7 i 10] tracta la problemàtica ambiental d'un producte, procés o activitat en la seva pròpia fase de desenvolupament; per tant, implica considerar la variable ambiental com un requeriment més del producte a més de la resta d'objectius convencionals de disseny: cost, seguretat, manufacturabilitat, utilitat, etc. La integració de la variable ambiental en el procés de desenvolupament d'un producte, procés o activitat ha de portar-se a terme sense comprometre la resta de propietats i combinant preu i millora ambiental de forma sensible. Tot, amb la finalitat de fabricar productes amb una menor càrrega ambiental global



FIGURA 2. Altres possibles denominacions de l'ecodisseny.

associada a tot el seu cicle de vida, al mateix temps que es generen importants estalvis i beneficis econòmics.

A continuació, s'estudia amb detall per què resulta atractiva des d'una perspectiva ambiental (a), social i de negoci (b) la introducció de consideracions ambientals en la indústria (negoci). Ens centrarem en l'efectivitat de l'ecodisseny per a la correcta i òptima introducció de la qualitat ambiental en les activitats empresarials.

### a) Perspectiva ambiental

L'actual immoderat ritme de l'activitat humana causa múltiples impactes sobre el medi ambient. Aquesta situació és responsable del creixent deteriorament constant del medi i fa evident la necessitat de la introducció del concepte de qualitat ambiental en el procés de desenvolupament dels nous productes, processos i activitats.

Tots els productes, processos i activitats, en més o en menor grau, contribueixen al deteriorament continu i constant del medi ambient i són responsables de múltiples impactes ambientals:

- Tots ells consumeixen recursos, tant renovables com no renovables, al llarg del seu cicle de vida: recursos fòssils, minerals i d'altres de renovables, energia, etc.

- Tots ells generen residus, perillosos i no perillosos, al llarg del seu cicle de vida (des de l'adquisició de les primeres matèries fins a la gestió final del producte al terme de la seva vida útil). Diferents substàncies són emeses directament sobre el medi: emissions atmosfèriques, aigües residuals, disposició de residus en abocadors, etc.

Malauradament, els criteris ambientals acostumen a no ésser considerats durant la concepció del producte, procés o activitat, moment en què és més fàcil i econòmic millorar el seu comportament ambiental i reduir l'impacte potencial ocasionat al llarg de tot el seu cicle de vida. Normalment, el final del projecte acostuma a ésser el punt inicial per a la consideració de la problemàtica ambiental. Òbviament, aquesta actitud reflecteix pràctiques passades (i, per descomptat, inefectives i cares) en què la protecció ambiental es limitava a *tractaments de final de línia*.

El comportament ambiental d'un producte i molts dels seus impactes associats al llarg de tot el seu cicle de vida han estat *fixats o predeterminats* abans que el producte s'hagi fet servir i fins i tot s'hagi fabricat. La integració de la qualitat ambiental en el seu procés de desenvolupament (ecodisseny) és una estratègia molt efectiva per millorar el seu comportament ambiental i reduir els efectes perjudicials sobre el medi. Els dissenyadors, o altres responsabilitats amb incidència directa sobre el procés de disseny o desenvolupament del producte, estan particularment ben ubicats per contribuir de forma constructiva i activa en la creació de productes ambientalment més respectuosos.

La integració de la qualitat ambiental en el procés de desenvolupament és una estratègia proactiva i efectiva d'assolir una societat més sostenible: societat que satisfà les seves necessitats sense comprometre o posar en risc que les generacions futures puguin continuar satisfent-les.

#### b) *Perspectiva social i de negoci*

Afortunadament, moltes estratègies orientades a la prevenció o reducció dels danys (o impactes) ambientals són econòmicament viables, satisfan les expectatives dels clients, responen als desigs de la societat, són font de motivació per als empleats de la mateixa companyia, permeten i faciliten la innovació, incrementen la valoració potencial dels productes en el seu final de vida, etc. Per tant, poden considerar-se interes-

sants des d'una perspectiva social i de negoci (perspectiva econòmica i de competitivitat).

Existeixen moltes altres influències internes i externes que motiven la integració de la qualitat ambiental en les empreses:

- Consideracions ètiques: responsabilitat vers la societat i el medi, etc.
- Consideracions de màrqueting: pressió del mercat, ecoetiquetatge, etc.
- Consideracions econòmiques: reducció de costos d'operació, subvencions, etc.
- Consideracions normatives: pressió legislativa, ISO 14.000, EMAS, etc.
- Beneficis interns: qualitat total de producte, comunicació corporativa, etc.

L'estratègia ambiental o política ambiental d'una companyia té importants conseqüències ambientals, socials, econòmiques i competitives, o, en unes altres paraules, la política ambiental d'una companyia està fortament condicionada i afectada per influències ambientals, socials, econòmiques i competitives. L'ecodisseny és una metodologia que permet respondre d'una manera efectiva a totes aquestes influències.

## Metodologia de l'ecodisseny

El concepte d'ecodisseny té un origen molt recent, l'any 1992, com a conseqüència dels esforços d'unes quantes firmes especialitzades en electrònica (Associació Americana d'Electrònica) que intentaven incorporar la conscienciació ambiental en el desenvolupament dels seus productes.

L'ecodisseny és una estratègia efectiva per introduir la qualitat ambiental en les activitats industrials, millorant el comportament ambiental dels seus productes, processos i activitats al llarg de tot el seu cicle de vida, sense comprometre les restants propietats del producte, i alhora generant importants estalvis i beneficis econòmics. L'ecodisseny se centra en el propi *cor* de la problemàtica ambiental: el procés de desenvolupament i de disseny [7 i 10].

Aquesta nova aproximació holística considera la problemàtica ambiental més enllà dels estrictes límits de producció (facto-

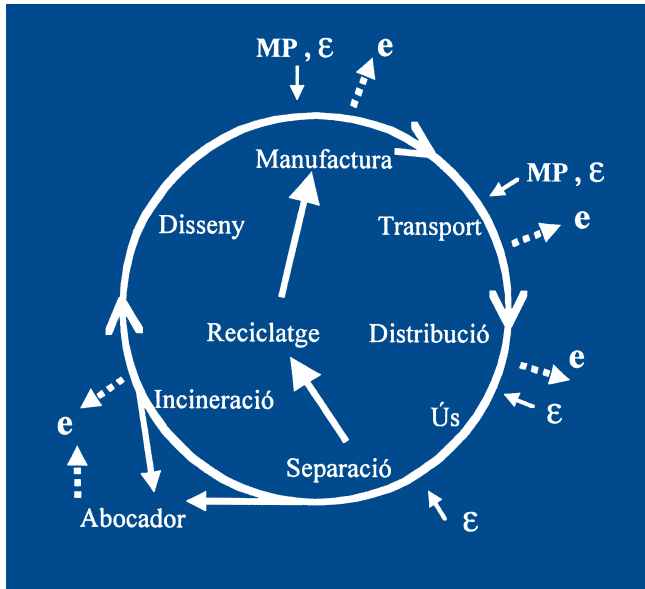


FIGURA 3. Cicle de vida complet d'un producte.



FIGURA 4. Procés clàssic de desenvolupament d'un producte.

ria) i la contaminació generada en aquesta fase. Cal incorporar una visió global del cicle de vida complet del producte, procés o activitat (figura 3).

L'estructura bàsica del procés de desenvolupament d'un producte —procés o activitat— no canvia de forma significativa amb la integració de la variable ambiental (figura 4).

La introducció de la variable ambiental (ecodisseny) com un requeriment més del producte implica la consideració addi-

cional d'alguns conceptes i activitats durant el procés clàssic de desenvolupament:

1. Introducció del requeriment de qualitat ambiental.
2. Avaluació ambiental.
3. Aplicació de guies d'ecodisseny.

#### 1. Introducció del requeriment de qualitat ambiental

La introducció de la qualitat ambiental en el procés de desenvolupament implica que la variable ambiental sigui considerada un requeriment més dins el conjunt d'especificacions convencionals: seguretat, manufacturabilitat, cost, utilitat, etc. (figura 5).

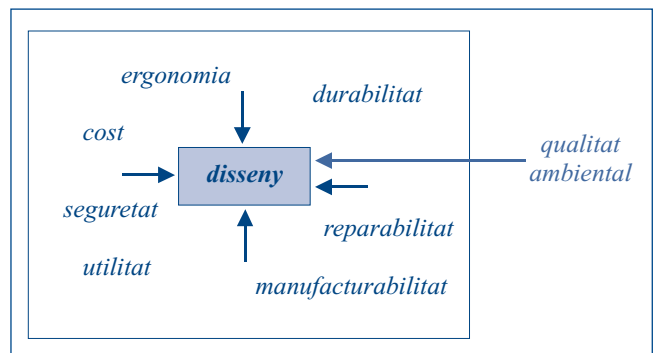


FIGURA 5. Requeriments de disseny.

Aquesta integració s'ha de fer sense comprometre la resta de propietats del producte, procés o activitat i molt especialment combinant cost i millora ambiental de forma sensible. Tot, amb la intenció de fabricar productes més respectuosos amb el medi, o, en unes altres paraules, amb una menor càrrega ambiental associada a tot el seu cicle de vida.

#### 2. Avaluació ambiental

La introducció de la qualitat ambiental en el procés de desenvolupament d'un producte, procés o activitat implica una avaluació ambiental qualitativa o quantitativa, cobrint totes les etapes del seu cicle de vida.

El propòsit de l'avaluació és proporcionar informació ambiental objectiva que ajudi a la presa de decisions durant el procés de desenvolupament i de disseny. D'aquesta forma, les etapes ambientalment crítiques, amb els seus principals impactes associats, poden ésser identificades i la millor solució ambiental

pot ésser escollida. Òbviament, en la implementació de qual-sevol millora ambiental és necessari trobar l'adequat equilibri cost-millora ambiental i la no-afectació de les restants propietats del producte.

*Avaluació ambiental qualitativa.* Es pot portar a terme una avaluació qualitativa amb diferent nivell de detall. Aquests mètodes no són gaire complets, però sí econòmics i fàcils d'aplicar. El resultat de l'avaluació proporciona la identificació d'oportunitats de millora ambiental cobrint totes les etapes del cicle de vida del producte. Existeixen diferents eines d'avaluació ambiental qualitativa, algunes de les quals són les següents [16]:

- MET Matrix (UNEP, França).
- Eco-indicator 99 (Pré Consultant, Països Baixos).
- Ecscan 2.1 (Turtle Bay, Països Baixos).

*Avaluació ambiental quantitativa.* És la manera més aconsellable de portar a terme una valoració ambiental, ja que permet una quantificació objectiva dels danys ambientals. Una de les eines més generalitzades d'avaluació dels efectes ambientals associats al cicle de vida complet d'un producte, procés o activitat és l'Avaluació de Cicle de Vida (ACV) [4, 5 i 6].

D'acord amb la sèrie de normes ISO 14.040 [2], una ACV hauria d'incloure la definició de l'objectiu i l'abast, l'anàlisi d'inventari, l'avaluació d'impacte i la interpretació de resultats, tal com s'indica en la figura 6.

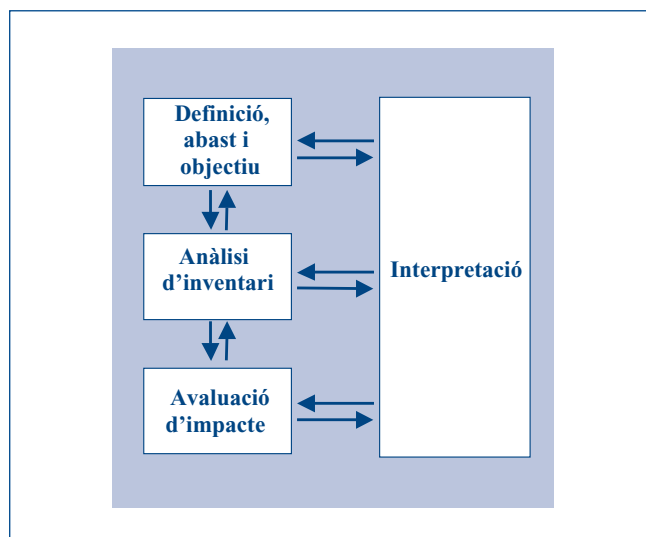


FIGURA 6. Etapes de l'Avaluació de Cicle de Vida (ACV) segons ISO 14.040.

*Definició de l'objectiu i l'abast.* En aquesta fase es defineix l'objectiu de l'estudi, l'abast de l'estudi, la unitat funcional sobre la qual es desenvoluparà l'estudi, els límits del sistema i els requisits de qualitat de les dades.

*Anàlisi d'inventari.* En aquesta fase es comptabilitzen totes les càrregues ambientals (contaminació atmosfèrica, efluent líquids, residus, consum energètic, etc.) corresponents als corrents d'entrada i sortida de massa i energia del sistema avaluat. Aquesta comptabilització pot dur-se a terme de forma diferenciada per a cadascuna de les etapes integrants del sistema o globalment per a tot el conjunt. Totes les càrregues s'han de distribuir entre els productes de sortida del sistema, de tal manera que si es fa un balanç global, les càrregues d'entrada més les produïdes en el sistema han d'ésser igual a les de sortida (figura 7).

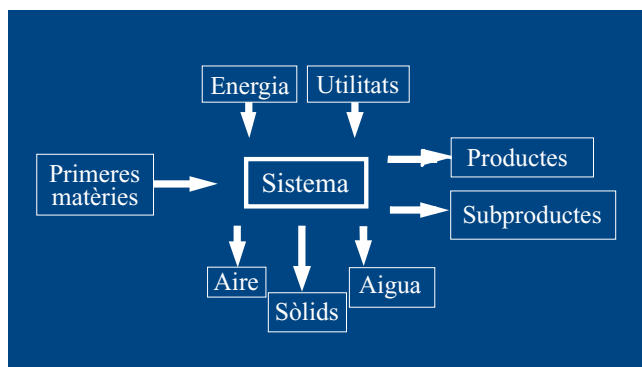


FIGURA 7. Esquema d'Inventari de Cicle de Vida d'un sistema.

D'aquesta manera es calcula la càrrega ambiental associada al producte, procés o activitat que estem avaluant, que és representada per una llarga llista d'emissions i efectes ambientals avaluats. Per facilitar la comprensió d'aquest perfil ambiental, aquestes càrregues s'agrupen en valors d'impacte ambiental.

*Avaluació d'impacte.* Aquesta fase de l'ACV va dirigida a avaluar la importància dels impactes ambientals potencials utilitzant els resultats de l'anàlisi de l'inventari. En general, aquest procés implica l'associació de dades de l'inventari amb impactes ambientals específics, i es tracta de valorar aquests impactes. La fase d'avaluació d'impacte pot incloure, entre d'altres, els elements següents: 1. Assignació de les dades de l'inventari a categories d'impacte (classificació). 2. Modelització de les dades de l'inventari dins les categories d'impacte

(caracterització). 3. Possible agregació dels resultats en casos concrets i només quan sigui adient (valoració).

A continuació, s'esmenten algunes de les categories d'impacte generalment acceptades:

- Consum de recursos no renovables.
- Pèrdua de biodiversitat.
- Acidificació del medi.
- Canvi climàtic.
- Destrucció de la capa d'ozó.
- Formació d'oxidants fotoquímics.
- Eutrofització.
- Contaminació per metalls pesants.
- Contaminació per carcinògens.
- Generació de residus sòlids.

*Interpretació dels resultats.* La interpretació és la fase d'un ACV en la qual es combinen els resultats de l'anàlisi d'inventari amb l'avaluació d'impacte. Aquesta informació pot servir de referència per verificar les millores ambientals derivades dels canvis efectuats en el disseny avaluat. La interpretació dels resultats pot adquirir la forma de conclusions i recomanacions útils per a la presa de decisions, de forma consistent amb l'objectiu i l'abast de l'estudi.

### 3. Aplicació de guies d'ecodisseny

Òbviament, com ja hem dit, els dissenyadors (i d'altres responsables amb implicació directa en el procés de desenvolupament i de disseny) gaudeixen d'una ubicació privilegiada per reduir de forma molt significativa l'impacte ambiental ocasionat per un producte, procés o activitat al llarg de tot el seu cicle de vida. Indubtablement, els dissenyadors han de disposar de la informació necessària que els permeti portar a terme la millora ambiental dels productes, processos i activitats existents (ecodisseny) i/o a la vegada crear-ne de nous amb qualitat ambiental suficient (ecodisseny). En unes altres paraules, els dissenyadors han de disposar de guies ambientals de disseny o guies d'ecodisseny [7, 8, 9, 10 i 11] que proporcionin diferents vies, alternatives, estratègies, processos, etc. que els permetin i els facilitin la millora ambiental dels seus dissenys. Naturalment, poden (o *deuen*) ésser utilitzades per a la millora dels punts més crítics detectats en l'etapa d'avaluació ambiental.

Les guies de disseny ambiental o guies d'ecodisseny proporcionen una sèrie d'estratègies, tècniques, materials i altres consideracions de disseny que es classifiquen en la o les fases del cicle de vida en què tenen influència:

1. Producció i adquisició de materials, components i parts.
2. Manufactura final del producte.
3. Distribució o transport a clients.
4. Utilització del producte.
5. Final de vida del producte.

Les guies d'ecodisseny poden ésser elaborades internament dins la companyia a partir del coneixement adquirit en matèria ambiental. També poden adquirir-se externament en el mercat, ja que avui dia hi ha al mercat diverses guies d'ecodisseny adreçades a diferents sectors: sector elèctric-electrònic [10], sector d'envasos [11], etc.

En el present escrit s'ha presentat la manera com la introducció de la variable ambiental modifica el procés clàssic de desenvolupament i de disseny de productes, processos i activitats mitjançant la introducció d'alguns nous conceptes i activitats (introducció del requeriment de qualitat ambiental, avaluació ambiental i utilització de guies d'ecodisseny), però cal recordar que la introducció de la qualitat ambiental en el procés de desenvolupament està altament influenciada per l'actitud, estratègia o política ambiental de la companyia, o, en unes altres paraules, pel *mix* entre el que una empresa pot, vol i està obligada a fer en matèria de medi ambient, tot sota una important pressió o influència ambiental, social, econòmica i competitiva.

## Bibliografia

1. FIKSEL, J. *Ingeniería de diseño medioambiental. DFE*. Madrid: Mc Graw Hill, 1997.
2. UNE-EN ISO 14040 Gestión Medioambiental. *Análisis de ciclo de vida. Principios y estructura*. Març 1998.
3. FULLANA P.; PUIG, R. *Análisis del ciclo de vida*. Barcelona: Rubes, 1997.
4. CASTELLS, F.; AELION, V.; ABELIOTIS, K.; PETRIDES, D. «An Algorithm for Life Cycle Inventory Analysis», i «Life Cycle Inventory Analysis of Energy Loads in Chemical Process». AICHE Symposium Series on *Pollution Prevention via Process and Product Modifications*, vol. 90, núm. 303 (1995), p. 151-160 i 161-167.

5. AELION, V.; CASTELLS, F.; VEROUTIS, A. «Life Cycle Inventory Analysis of Chemical Processes». *Environmental Progress*, vol. 14, núm. 3 (1995), p. 193-200.
6. SONNEMANN, G. W.; SCHUHMACHER, M.; CASTELLS, F. «Framework of the environmental damage assessment of an industrial process chain». *Journal of Hazardous Materials B77* (2000), p. 91-106.
7. BREZET, H.; VAN HEMEL, C. *Ecodesign. A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*. Delft University of Technology, The Netherlands, 1997.
8. BIGORRA, J.; ALONSO, J. C.; CASTELLS, F. *Best Practices in the application of LCA and DfE methodologies in the Design of new Products*. Paper ENV2, SAE Conference, Març 1999.
9. CASTELLS, F.; RODRIGO, J.; ALONSO, J. C.; BIGORRA, J. *Eco-design of a car electric distribution system*. The International Conference and Exhibition on Life Cycle Assessment: Tools for Sustainability, United States Environmental Protection Agency (USEPA), Arlington, Virginia (Washington DC Metro Area), 25-27 d'abril de 2000.
10. RODRIGO, J.; CASTELLS, F.; ALONSO, J. C.; BIGORRA, J. *Electrical and Electronic Ecodesign Guidebook*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili, 1999.
11. RIERADEVALL, J.; DOMÈNECH, X.; BALA, A.; GAZULLA, C. *Ecodiseño de envases*. Barcelona: Elisava, 2000.
12. «Directriu 96/61/CE del Consell, de 24 de setembre de 1996, relativa a la prevenció i al control integrats de la contaminació».
13. SONNEMANN, G. W.; CASTELLS, F.; RODRIGO, J. «Guide to the inclusion of LCA in environmental management». A: *8è Congrés Mediterrani d'Enginyeria Química*. Barcelona: Expo-químia, 10-12 novembre 1999.
14. SONNEMANN, G. W.; RODRIGO, J.; CASTELLS, F. *El ACV como herramienta de gestión ambiental en la empresa. Tecnología ambiente*, núm. 104 (2000), p. 49-53.
15. CHAINET (European Network on Chain Analysis for Environmental Decision Support). *Analytical tools for environmental design and management in a systems perspective, Report to European Union*. Centre of Environmental Science, Leiden University, octubre 2000.
16. SIMON, M.; EVANS, S.; MCALOONE, T.; SWEATMAN, A.; BHAMRA, T.; POOLE, S. *Ecodesign Navigator. A key resource in the drive towards environmentally efficient product design*. Manchester Metropolitan University, Cranfield University and EPSRC, 1998.

## Autors

*Francesc Castells i Piqué és catedràtic d'enginyeria química a la Universitat Rovira i Virgili, on actualment dirigeix el Grup de Recerca d'Anàlisi i Gestió Ambiental (Grup AGA). Habitualment, imparteix docència en les àrees d'Operacions Bàsiques i Tecnologia Ambiental. És coautor d'un llibre d'ecodisseny adreçat al sector elèctric-electrònic i imparteix periòdicament cursos sobre aquesta temàtica.*

*Julio Rodrigo Fuentes és llicenciat en química (1996), màster en enginyeria i gestió ambiental (1998) i màster en gestió i administració d'empreses (2000) per la Universitat Rovira i Virgili. És enginyer de recerca del Grup AGA i tècnic de l'àrea d'enginyeria ambiental del Centre d'Innovació Tecnològica SIMPPLE (Sistemes Intel·ligents de Modelat de Processos de Producció i de Logística a l'Empresa) de la mateixa universitat.*

*Guido Sonnemann és enginyer ambiental per la Technische Universität de Berlín (1995), màster en química i microbiologia de l'aigua de la Universitat de Poitiers (1996) i suficiència investigadora en enginyeria química per la Universitat Rovira i Virgili (1998). Actualment, és enginyer de recerca del Grup AGA de la Universitat Rovira i Virgili i consultor de la UNEP en la seva iniciativa sobre cicle de vida.*