



UNIVERSITAT  
JAUME I

# L'enginyeria de producte. Els seus reptes

Fernando Romero Subirón

Lliçó inaugural del curs 2004/05

Fernando Romero Subirón

**L'enginyeria de producte.  
Els seus reptes**

**Lliçó inaugural  
del curs 2004/05**

**Castelló de la Plana, 22 de setembre de 2004**



## Introducció

L'elecció d'aquesta temàtica, per a la primera classe del curs 2004-2005, respon al meu interès per reflexionar, amb vosaltres, sobre tot un conjunt de problemes i reptes que ha d'afrontar l'enginyeria i, per extensió, la societat. Per assolir aquest objectiu analitzaré, així, algunes de les problemàtiques i de les respostes que s'estan donant, en els últims anys, en el terreny de l'enginyeria de producte.

Per centrar conceptes i fixar l'abast d'aquesta, començaré per definir alguns termes, en particular el d'enginyeria. La *Royal Academy of Engineering* i l'*Engineering Council*, del Regne Unit [EC, 02], en un informe conjunt, definiren, recentment, l'enginyeria com: «el coneixement requerit, i el procés aplicat, per concebre, dissenyar, fer, construir, operar, sostenir, reciclar o retirar allò que posseeix un contingut tècnic significatiu per aconseguir un propòsit específic: un concepte, un model, un producte, un mecanisme o equip, un procés, un sistema, un servei, una tecnologia. El coneixement requerit és el compendi creixent de fets, experiències i destreses en els camps de la ciència, l'enginyeria i la tecnologia, unides per a una entesa dels camps d'aplicació».

Ara bé, de totes les activitats i objectes d'atenció que constitueixen l'univers de l'enginyer són les de concebre, dissenyar, desenvolupar i llançar (d'ara endavant dissenyar i/o desenvolupar, de manera general), aplicades al producte de consum o el bé d'equip de fabricació massiva i base mecànica, l'objecte de la nostra àrea d'atenció, l'enginyeria de producte o de productes. Es tracta d'una parcel·la multidisciplinària on s'aborden múltiples aspectes tècnics (anàlisis resistents, de fabricabilitat, ergonòmiques, etcètera); esteticoformals, i de gestió.

El disseny o desenvolupament de nous productes és un procés que, en el camp de l'enginyeria mecànica, es desenvolupa, fonamentalment,

entre dos moments: una idea, que emana per satisfer una necessitat detectada, i la materialització física de la idea: un artefacte (producte, màquina, mecanisme). Des que es detecta aquesta necessitat i s'esbossa una idea o concepte, fins que es construeix un producte capaç de satisfer-la, transcorre un temps, més o menys llarg (moltes vegades d'anys), i es du a terme una gran quantitat de tasques, que pertanyen a diferents camps d'especialització. Tot un conjunt de circumstàncies que confereixen, en molts casos, una gran complexitat al procés.

Es tracta d'un procés que és complex i de difícil gestió, però que és fonamental per al desenvolupament econòmic, sobretot quan es fomenten totes aquelles activitats que afavoreixen la introducció de productes que poden ser reconeguts pels mercats com productes innovadors. Per això, l'increment dels recursos destinats al procés de disseny i desenvolupament de nous productes i a la millora d'aquest constitueix, indubtablement, una de les estratègies més clares per sustentar la competitivitat d'una organització o territori. Aquesta manera de procedir troba la justificació en dades com les representades a la Figura 1, que ens mostren que per a l'etapa de disseny se sol destinar uns recursos que suposen, de mitjana, sobre el 5% del cost total d'un producte, quan les decisions que es prenen en aquesta etapa determinen un 70% del cost.

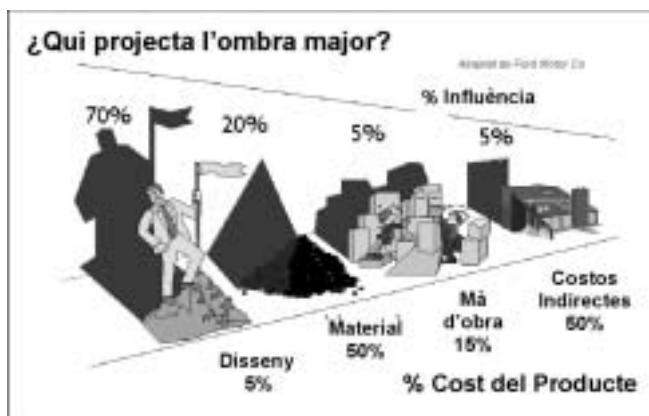



FIGURA 1. Influència sobre el cost del producte de les diverses àrees de l'empresa




Però la importància del disseny no es redueix a la dimensió economicoproductiva, perquè entra de ple en la dimensió sociocultural. L'objecte o producte és el resultat de l'*Homo faber*, perquè és concebut en un temps i en un lloc determinat i s'adreça a satisfer les necessitats i aspiracions d'una societat concreta. Per tant, és portador dels valors i dels avanços i coneixements tecnològics vigents.

Per això, és de vital importància que el procés del disseny considere totes les dimensions que conté el producte. La dimensió de l'ús, la funció o destinació (dimensió pragmàtica) és fonamental, però també ho és la dimensió sintàctica, vinculada amb els aspectes més tecnològics de la configuració de l'objecte (elements, ordre i composició) o la semàntica, que pertany a l'esfera íntima i personal, al significat o valor emocional que té el producte. Es tracta de preveure totes les relacions objecte-usuari des de totes les perspectives possibles, circumstància que està afavorint un *disseny centrat en l'usuari*, que relega els *dissenys centrats en el mercat o en la tecnologia*.

I bé, a pesar dels múltiples atributs que adornen al procés de disseny o de desenvolupament de productes, i que fan d'aquest un dels camps d'activitat amb més relleu de l'enginyeria, el procés encara s'entèn poc i està mal gestionat. Avui encara, es troba a faltar una investigació i un corpus comú, que determinen l'extensió i que unifiquen la terminologia i les metodologies a utilitzar, circumstància que ha dificultat la tan cercada integració d'àrees i disciplines i, en última instància, el desenvolupament. La fragmentació que ha originat l'especialització i la dificultat de gestionar la multidisciplinarietat inherent al disseny de molts productes continua sent un problema. Tanmateix, també són necessàries contribucions que ajuden a difondre la necessitat d'invertir en la transformació dels processos de disseny, a implantar una visió integradora i a millorar la gestió.

En aquestes raons, i en les oportunitats de reflexió que ens ofereix, més que en l'expertesa en tots aquests temes de qui us parla, heu de cercar els motius de l'elecció com a tema d'aquesta lliçó inaugural. Per això excuseu-me, per endavant, les simplificacions o punts de vista parcials que poguéu contenir l'exposició, des de la perspectiva dels especialistes.

L'exposició, per tractar de complir amb l'objectiu plantejat, l'articularé entorn de quatre apartats, i unes conclusions. En els dos pri-



mers apartats compartiré amb vosaltres certes reflexions sobre el disseny i/o el desenvolupament de productes, al voltant de dos eixos: el primer, centrat en context social en què es desenvolupa aquesta activitat, i el segon en el de les bones pràctiques. Tot això, amb la intenció de desgranar les incògnites, reptes i orientacions de futur que avui estan presents en el desenvolupament d'aquesta disciplina. Finalment, en els dos últims apartats, us presentaré algunes de propostes de solució més innovadores que han aparegut en els últims anys: l'enginyeria concurrent i la gestió del cicle de vida del producte.


## **La societat tecnològica. Repercussions en l'activitat de dissenyar i/o desenvolupar productes**

A partir de la meitat del segle passat, la societat industrial, que es va configurar des de finals del segle XIX, ha patit a grans canvis i ha evolucionat cap a uns altres tipus o variants, coneguts com: societat postindustrial, societat de consum, societat postmoderna i, últimament, societat de la informació o societat del coneixement. Denominacions que serveixen per descriure algunes de les característiques d'aquesta societat. Es tracta, en definitiva, d'un conjunt de subtipus de la societat tecnològica, que comparteixen tot un conjunt de característiques i una cultura que s'aparta sovint dels valors humanistes i, allò que és més difícil de comprendre, dels aspectes més directament vinculats amb la pròpia vida i la naturalesa, per això es presenten grans problemes de sostenibilitat.

Llavors, d'entre tots aquests canvis ens fixarem, per la influència que tenen sobre el cicle de desenvolupament i introducció de nous productes, en aquells que han configurat dos d'aquests subtipus: la societat del risc i la societat de la informació.

### ***La societat del risc***

No és objecte de discussió, perquè és àmpliament admès, que amb la revolució industrial es va obrir un període històric d'avanços im-




portants, que han possibilitat que una part molt xicoteta de la població augmente d'una forma important la seua qualitat de vida –perquè convé recordar que l'esperança que la democratització en el consum de béns i serveis arribara a àmplies capes de l'univers, encara que només fóra per cobrir les necessitats més bàsiques del ser humà, continua sent una utopia per la qual lluitar. Però, de la mateixa manera, també és cert i evident que amb aquest procés d'incorporació de les tecnologies i de les utilitats d'aquestes, s'han incorporat riscos que avui ja no és possible amagar sota l'estora del desenvolupament.

Avui, aquests riscos reclamen un estatut d'igualtat junt amb els efectes positius del desenvolupament. Entre els pensadors que es fan ressò d'aquesta problemàtica ens trobem el sociòleg Beck (a través de [Mir, 00]) que ens desvela els macroperrills de la industrialització tardana, i defineix un nou tipus social, que denomina societat del risc. Es tracta d'una nova societat que té el seu origen en l'escandalós fracàs de les institucions per fer front al potencial de destrucció que comporta un ús inadequat de la tecnologia i una cultura consumista desenfrenada.

Avui, la percepció del risc és una característica important de la societat i adquireix un caràcter polític rellevant. Els problemes de seguretat i els vinculats amb el medi ambient no poden ser considerats problemes tècnics circumscrits a l'entorn físic; sinó problemes socials. És a dir, problemes del ser humà amb transcendència en les seues condicions econòmiques, culturals i polítiques. Ara la tipologia dels conflictes ha canviat; si abans, en la societat industrial, els conflictes es produïen entre capital i treball o pel repartiment de la riquesa, en la societat del risc apareixen nous conflictes entre els productors del risc i els afectats per aquest i, també, entre el capital i els treballadors, que es manifesten per conflictes entre sectors d'activitat.

Ens trobem davant d'una problemàtica economicosocial nova, que condiona l'activitat de l'enginyer o de l'enginyera, i que canvia el quadre de requeriments formatius. A aquests aspectes feia referència el doctor Hedberg (president de la Societat Europea de Formació en Enginyeria, SEFI) quan indicava [Hed, 99] que «el principal problema d'avui no és definir la qualificació o capacitació de l'enginyer global del futur, sinó com transferir, durant els estudis, tota una sèrie de valors i actituds importants (el currículum ocult)». Segons Hedberg, *l'en-*






*ginyer global*: «és necessari per fer avançar la tecnologia en harmonia amb l'evolució de la societat i amb els somnis i desitjos dels ciutadans» i és responsabilitat seua aplicar les seues destreses tècniques i la seua competència a alguns dels problemes de la nostra societat –medi ambient, energia, falta d'aliments, pobresa, escassetat d'aigua, etcètera– de manera adequada.

## ***La societat de la informació***

Si una de les maneres d'observar la realitat actual i futura de la nostra societat la marca la denominada societat del risc; una altra perspectiva, no menys important, ens l'aporta l'efecte de les noves tecnologies de la informació i la comunicació, que han fet emergir la denominada societat de la informació o societat del coneixement. Una denominació que tracta d'explicar la importància que les noves tecnologies de la informació i la comunicació i la gestió dels actius intangibles tenen a l'hora d'explicar aquesta societat.

Segons M. Castells, un dels teòrics més importants d'aquesta, la societat de la informació «és una manera específica d'organització social en què la generació, el processament i la transmissió de la informació es converteixen en les fonts fonamentals de la productivitat i el poder, a causa de les noves condicions tecnològiques que sorgeixen en aquest període històric». Nascuda a mitjan dels anys setanta, la societat de la informació ha creat: una nova economia d'informació/global; una nova estructura social dominant, la societat en xarxa; i una nova cultura, la cultura de la realitat virtual. Tot un conjunt de noves realitats que repercuteixen fortament en l'àmbit de la producció.

La dimensió global de la xarxa obliga a les empreses a estar present en aquesta i, d'aquesta manera, Internet està aconseguint modificar radicalment el món industrial i està transformant les organitzacions. M. Castells (a través [Barceló, 00]) acostuma dir que «Internet es la fàbrica del segle XXI », en el sentit de que les activitats productives s'estan organitzant a la xarxa. Una vegada que l'empresa està en la xarxa, aquesta està subjecta a una ràpida evolució, en un medi que posa el client, però també el competidor, «a la distància d'un clic». Internet és



una xarxa oberta i transparent, que fa que s'entre en un procés d'aprenentatge i de canvi constant, que accelera el procés d'innovació.


Però, perquè això siga possible, les empreses han d'abordar una contínua transformació organitzativa i cultural, que millore les seues capacitats d'innovació i d'adaptació al nou entorn competitiu.

Les empreses que incorporen processos d'innovació contínua als seus processos, i els incorporen a la pròpia estratègia de l'empresa, i que adopten una actitud oberta al canvi, es posicionen millor en el mercat. Es tracta d'un procés que ha d'aprofitar els avantatges de les innovacions tecnològiques –sistemes automàtics avançats, sistemes integrats d'informació, TIC, etcètera–, però que també ha d'acompanyar-se d'aquelles innovacions de domini comercial –nous mitjans de promoció de vendes, noves combinacions estètica-funcionalitat, nous sistemes de distribució i noves formes de comercialització de béns i serveis (franquícies, comerç electrònic, etcètera)– i organitzatiu, que possibiliten un major accés al coneixement i un millor aprofitament dels recursos materials i financers.

Entre les innovacions organitzatives de possible aplicació a l'empresa podem distingir-ne dues: les que actuen a nivell extern i les que ho fan a nivell intern. A nivell extern, les que en els últims anys han adquirit un major relleu són les que es refereixen a la constitució de xarxes entre empreses i altres agents del sistema econòmic per afavorir la cooperació entre aquests, i les que aborden la projecció dels negocis i activitats productives en l'àmbit internacional. A nivell intern, destaquen les que s'adrecen a millorar el treball en grup, bé a través de la gestió de les interfícies, o del funcionament intern de l'equip.

Però amb aquestes noves maneres de comercialització i en aquestes noves organitzacions, s'imposen noves maneres de treballar, en les quals és necessari aprendre a compartir la informació/coneixement, a seleccionar el coneixement transcendent, a treballar en equip i a prendre decisions de forma consensuada, etcètera. Tota una sèrie d'habilitats i competències que són necessàries per competir en un món en xarxa, on el valor d'una organització no el donen els actius físics, sinó el seu capital intel·lectual i relacional.

Tot un conjunt de noves competències per al treball, que haurien d'anar compassades amb les necessàries transformacions en les competències ciutadanes, en la cultura cívica.



La cultura de l'empresa que empenta per col·locar els seus productes, sense més, ha de donar pas a una empresa preocupada per atendre les necessitats, els desigs i les aspiracions dels seus clients (interns i externs), i de la societat. Cada vegada és més important fomentar aquest tipus d'empreses i uns mercats oberts, transparents i justos, als que concórreguen uns consumidors/ciudadans formats i ben informats, capaços de discernir entre la immensa oferta de «realitats virtuals», que simplifiquen i banalitzen unes circumstàncies i uns fets cada vegada més complexos. Uns ciudadans conscients del seu lloc en aquest món, com ho va ser Ortega i Gasset, en 1933, quan reclamava atenció als problemes d'un progrés tecnològic irrenunciable:


... La col·locació de l'home actual davant la seua pròpia vida és més irreal, més inconscient que la de l'home medieval i té menys noció, que aquell, de les condicions sota les quals viu. D'on resulta que a l'home mitjà se li ha fet avui la seua pròpia vida menys transparent que el que la seua era per l'home d'altres temps. La tècnica, la missió de la qual és resoldre a l'home els seus problemes, s'ha convertit, de sobte, en un nou i gegantí problema.

### ***Respostes des de l'enginyeria de productes***

La tasca de l'enginyer sempre ha estat unida a la creació d'artefactes i, per tant, a la creació d'un ambient artificial, per això aplica els seus coneixements científics i d'enginyeria, soluciona problemes tècnics i optimitza les solucions, a través de tot un conjunt d'activitats, que avui s'enfronten a grans interrogants.

Com ja hem comentat, d'entre tota aquesta plèiade d'interrogants la sostenibilitat és un dels què major tranquil·litat generen. El mite que el progrés exigeix un increment desenfrenat de la producció i distribució de productes industrials comença a ser qüestionat. Avui, la societat i els polítics han pres consciència dels grans riscos mediambientals i aposten per unes polítiques que conduïsquen la nostra societat a un model de desenvolupament sostenible.

Una mostra d'aquesta nova sensibilitat es va donar amb l'aprovació, a la cimera de Rio, de l'Agenda 21, que planteja la necessitat im-



periosa de «detenir el consum de recursos naturals i, si cal, disminuir el desgast d'aquests, mitjançant un augment dels rendiments dels matèixos i la promoció de les polítiques de reciclatge».


Es tracta d'un compromís que s'ha traduït en les polítiques industrials de la Unió Europea, que plantegen el desenvolupament d'uns programes orientats per: l'adopció de solucions integrades contra la contaminació; la reducció i foment de la gestió de residus; l'extensió de les etiquetes verdes per als productes. En concret, en el desenvolupament de futures normes de producte, s'aposta per l'enfocament del cicle de vida del producte i la possibilitat d'aplicació de taxes als productes d'aquells agents que contaminen.

Ens trobem, per tant, davant unes noves tendències en les polítiques mediambientals i de protecció del consumidor, que responsabilitzen de forma creixent al fabricant dels problemes de mal funcionament o seguretat dels seus productes, que reclamen noves propostes al camp de l'enginyeria.

L'enginyeria *de cicle de vida* és la resposta de l'enginyeria de producte a aquesta societat del risc. Es tracta d'una filosofia i de tot un conjunt de metodologies i tècniques que plantegen que els productes han de dissenyar-se per a tot el cicle de vida, per a la fabricació, distribució, ús i retirada d'aquests, de manera que la influència en el medi ambient, salut laboral i ús de recursos dels productes es minimitze o siga acceptable. Per això, s'ha de fonamentar en un nou model de costos que no menystinga els costos que la societat ha d'assumir per la falta de seguretat, la reciclabilitat, l'excés de consum d'energia, la pol·lució, etcètera, del producte.

Si les noves sensibilitats mediambientals i de seguretat han potenciat el concepte de cicle de vida, el fort desenvolupament de les tecnologies TIC i la intensa competència que ha suposat l'obertura de molts mercats emfasitzen la necessitat millorar les connexions intra i inter empresa. Des de mitjans de la dècada dels vuitanta, s'insisteix en la necessitat d'afavorir la col·laboració entre els successius actors, des del que aporta la primera idea del producte, al consumidor final: per poder, així, satisfer millor les necessitats dels clients i fer-ho a costos baixos.

Per donar resposta a aquests nous reptes, moltes de les empreses ja potencien la participació en projectes que cerquen la col·laboració interempresarial, que moltes vegades emmarquen baix el concepte




d'empresa estesa, i la integració de totes els participants i interessats en el cicle de disseny del producte (àrees funcionals i individus) que es desenvolupen, baix el concepte de *desenvolupament integrat de producte*.

Baix el concepte d'empresa estesa s'amaga «una nova forma d'operar de les empreses de fabricació que preveu tots els participants en la fabricació d'un producte» (Fan, a través de [CE-NET, 01]) que últimament té un fort èxit, sustentat per la major tendència de les empreses a subcontractar i a establir aliances en les cadenes de subministrament. Unes aliances, per produir, que també poden estendre's a les cadenes de col·laboració que s'estableixen per planificar, dissenyar, desenvolupar i suportar un producte.

Però, per aconseguir aquests avantatges, a través d'aquestes cadenes, és fonamental que tota la informació crucial del producte i del mercat estiga disponible i fluïska a través de l'organització o de les organitzacions. El fet de poder compartir informació global del producte permet obtenir unes entrades riques que, al mateix temps, poden tenir un efecte significatiu sobre els costos, la qualitat, la innovació i la pròpia competitivitat de l'empresa.

L'altre concepte, impulsat per la societat de la informació i la competència global és el de desenvolupament integrat del producte, que orienta el disseny del producte cap a les necessitats del client i les capacitats de producció de l'organització. Es tracta d'una nova orientació que intenta que l'empresa es veja d'una forma més integrada, que trenca les barreres que s'estableixen entre departaments i cicles de gestió. Per aconseguir-ho, actua en tres dimensions:

- La integració estratègica, que permet enllaçar la presa de decisions i el model d'activitats d'empresa, en una direcció adequada que permeti a l'organització distingir-se en el mercat.
- La integració funcional, que organitza i connecta les diferents àrees funcionals d'una empresa per treballar de forma conjunta, més efectivament i optimitzar el resultat total.
- La integració de la cadena logística o de subministrament, que estén conceptes d'integració més enllà de les quatre parets de fabricació, cap als clients i els seus proveïdors.



Amb aquesta integració es busca: el llançament de productes més madurs, que poden ser produïts i suportats amb major efectivitat amb els sistemes de producció existents o planificats; la reducció dels temps d'introducció, per complir les demandes de la tecnologia canviant i del client; i l'augment de la flexibilitat de l'empresa.

Pel que fa a les demandes dels clients, també convé realitzar un últim apunt, de gran transcendència per a la indústria manufacturera i per al cycle de disseny. Avui, moltes empreses, conscients que els nínxols de mercat s'estreixen i que les preferències dels clients canvien, literalment, de la nit al dia, segueixen una vigorosa carrera per adoptar estratègies de personalització de productes.


Aquesta personalització significa que els clients (directament o a través dels distribuïdors) poden seleccionar, ordenar, i rebre un producte configurat específicament per ell o ella –sovint triat d'entre centenars d'opcions–, perquè d'aquesta manera el producte pugui ajustar-se a les seues necessitats específiques. Es tracta d'una personalització que ha sigut impulsada, d'una manera important, per les tecnologies web, a través de les aplicacions de configuració de productes, i que ha de ser compatible amb la producció massiva, pels avantatges de preu i temps de servei que aquesta proporciona.

## **Bones pràctiques. Factors clau d'èxit**

En l'exposició de l'apartat anterior ha quedat prou clar que la innovació de productes i la personalització són claus en aquests mercats globals, dominats pels forts avanços tecnològics i per unes necessitats dels clients, altament canviant; com també ho és arribar a temps en preu i qualitat.

També hem vist que la col·laboració i integració intra i inter empresa i el disseny per al cycle de vida són conceptes fonamentals per a la conducció del procés de disseny i desenvolupament de nous productes. Però, aquests conceptes són suficients? o, hi ha altres elements, potser de menor nivell, que també cal preveure?

Tenir èxit, sobre la base de nous productes, no és fàcil. S'estima que un 46% dels recursos utilitzats en la concepció, desenvolupament i



llançament de nous productes van a aventures que no tenen èxit, perquè fracassen en el mercat o, fins i tot, no arriben a eixir al mateix.

Per això, abans de traçar camins que ens conduïsquen a bons resultats empresarials a través de la potenciació del procés disseny i desenvolupament de nous productes, pot resultar d'interès analitzar algunes de les experiències desenvolupades, i fixar-nos en alguns dels factors que han estat presents en les experiències amb èxit. Entre aquests factors, la literatura destaca [Cooper, 00] els següents:

- *Cercar productes diferenciats i superiors*


Aquests productes tenen un índex d'èxit cinc vegades superior i unes quotes de mercat i de beneficis que són més de quatre vegades superiors als que no posseeixen aquests ingredients. Però, a pesar de ser ben coneguda aquesta circumstància, la majoria dels nous productes a penes es distingeixen dels de la competència o són «una solució tècnica a la recerca d'un mercat o un monument a l'autor». En el llistat de criteris de selecció de projectes sol estar absent, amb massa freqüència, el de *superioritat del producte*, circumstància que es repeteix quan analitzem la presència de passos en el procés que persegueixen aquest objectiu. A més, la preocupació actual per la reducció del temps cicle i la tendència a afavorir projectes simples i barats penalitza la realització d'aquest tipus de projectes. Els projectes de desenvolupament de nous productes han de veure's com una inversió.

- *Fer els deures com més prompte millor*

Per desgràcia, les empreses només dediquen una mitjana d'un 7% dels fons dedicats a projectes i un 16% del temps de personal a aquestes activitats de predesenvolupament. Un percentatge que és clarament insuficient, com veurem posteriorment.

- *Basar-se en la veu del client*

Els projectes de nous productes, caracteritzats per unes bones accions d'anàlisi dels mercats es beneeixen amb uns índexs d'èxit superiors al doble, i unes quotes de mercat un 70% superiors que els que tenen unes accions de màrqueting pobre. Desgraciadament, en els pro-



jectes de nous productes de moltes empreses no està molt present l'orientació al mercat i l'enfocament al client.

- *Exigir una definició del producte clara i estable des del principi*

Molts projectes poden qualificar-se amb termes com: «projecte d'abast confús», «amb especificacions de producte inestables», etcètera. S'han d'implantar regles que impedisquen que cap projecte passe a l'etapa de desenvolupament sense una definició clara del producte. A més, aquesta definició ha de guiar les revisions que s'han d'establir en i entre les diferents etapes del procés de desenvolupament de nous productes.

- *Establir un pla de llançament al mercat, de qualitat i amb promptitud*

Aquesta planificació ha de considerar-se com a part integral del procés de concepció i desenvolupament de nous productes i ha de començar-se prompte. Les millors companyies solen tenir el pla de llançament enllestit abans d'iniciar la fase de desenvolupament.

- *Desenvolupar, amb l'establiment de punts d'aprovació o de retirada (portes), zones de convergència en els processos*

Els projectes solen avançar per la fase de desenvolupament, amb massa freqüència, sense cap escrutini (model túnel). La probabilitat que siguin retirats quan ja han començat és realment baixa. El resultat és que alguns projectes marginals són aprovats i que l'ús dels recursos limitats no és l'adequat. Allò correcte és crear portes (model embut) en els processos de nous productes, que limiten el progrés dels projectes en base a criteris rigorosos i consistents.

- *Organitzar equips de treball interdisciplinari*

Tom Peters va dir: «Separeu els projectes desenvolupats pobrament i trobareu, indefectiblement, que un 75% del fracàs és atribuïble a 1) a preses de decisions realitzades basant-se en memoràndums que van cap amunt i cap avall en una organització vertical, compartimentada, o per la «xarxa de cuina» i 2) per resoldre els problemes seqüencialment». Una bona organització de disseny és aquella on els projectes els gestionen equips interdisciplinaris, dirigits per un líder del projecte sòlid, responsable del projecte des del principi al final.




- *Potenciar una orientació internacional en els processos de nous productes.*

L'estratègia de dissenyar per al mercat local i després adaptar els dissenys per a l'exportació no sol donar bons resultats. És millor fer-ho de forma contrària, dissenyar els productes segons un conjunt de requeriments internacionals, per aconseguir: un producte glocal (una versió per al món sencer) o un producte global (un sol concepte i un esforç de desenvolupament únic, però amb adaptacions per a cada mercat local).

Hi ha dos camins, que exploten els factors crítics abans descrits, pels quals les companyies poden aconseguir l'èxit quan desenvolupen nous productes i que marquen la diferència entre l'èxit i el fracàs. El primer és *fer els projectes correctes* (sobre aquest camí, que es fonamenta en el bon ús de les tècniques de gestió de les carteres de productes i projectes, no en parlarem), mentre que el segon és *fer-los de manera correcta*. Per aconseguir aquest segon objectiu, les empreses líders han orientat la seua acció cap als processos d'innovació, concepció i desenvolupament de nous productes, llançant projectes dirigits a:

- Canviar d'un model de procés tradicional, seqüencial, a un model concurrent, basat en el treball en equip multidisciplinari.
- Potenciar les primeres etapes del cicle de disseny.
- Establir estratègies que permeten la personalització dels productes, mantenint les bases que caracteritzen la producció massiva.
- Millorar la gestió de totes les activitats del cicle de disseny, incorporant-hi tècniques de gestió de processos (cicles de treball), d'assegurament de qualitat (processos *Stage-gate* o *Pace*), de gestió de programes i projectes, etcètera.
- Aprofitar els avantatges que proporcionen les noves tecnologies per crear entorns de col·laboració on tots els membres dels equips puguen participar en les activitats, i compartir i intercanviar informació i dades dels productes, segons els papers i autoritzacions atorgades.

Es tracta de tot un conjunt d'orientacions de millora que, en confluïr i integrar-se amb els conceptes exposats en el punt anterior (ci-



cle de vida, empresa estesa i desenvolupament integrat de producte), han configurat, amb el temps, dues grans àrees d'integració o iniciatives de transformació: l'enginyeria concurrent i la gestió del cicle de vida del producte. Dues propostes que comparteixen molts elements i que, per tant, es complementen i reforcen mútuament.

## **L'enginyeria concurrent**

És una proposta que va nàixer a finals dels anys 80 com a resposta a la major influència, als mercats, de les grans organitzacions multinacionals, que des dels inicis d'aquella dècada guanyaven quotes en base, fonamentalment, a l'increment de la complexitat dels productes i l'aplicació de tecnologies innovadores. Circumstància que va afectar directament la capacitat de les organitzacions per desenvolupar i introduir nous productes en un mercat on la vida dels productes es reduïa significativament cada dia.

Un estudi alemany recent revela que els cicles de vida s'han reduït en un 400%, en un ampli ventall de tipus de productes, en els últims cinquanta anys. Es tracta d'una tendència imparabile, que ha adquirit major rellevància en els sectors de major component tecnològic i en especial en la indústria de l'electrònica.

L'enginyeria concurrent té els seus orígens en la indústria japonesa de finals dels anys vuitanta, encara que la seua formalització, investigació i impuls siga de la indústria americana i occidental. Mentre les indústries occidentals continuaven treballant amb l'enfocament tradicional, enginyeria seqüencial, amb els problemes inherents a aquesta de costos i temps de desenvolupament; les indústries japoneses practicaven un enfocament –no identificat terminològicament– basat en els equips de treball, que permetia reduir dràsticament els temps de desenvolupament, com es pot veure perfectament en els estudis realitzat en les indústries de l'automòbil, en comparar els temps de posada en el mercat dels fabricants japonesos i europeus (figura 2).

Aplicant aquesta filosofia les empreses japoneses van obtenir els beneficis que proporciona un llançament ràpid del producte. En portar el producte més ràpidament al mercat s'aconsegueix el millor benefi-

ci. Alguns dels models teòrics desenvolupats per mesurar l'impacte del retard en l'entrega d'un producte són prou concloents. Per exemple, el de Carter i Baker [Carter, 92] aplicat a una finestra de mercat de 12 mesos (vida esperada del producte de 24 mesos) i amb un retard de dos mesos a llançar un nou producte, preveu un 24% de pèrdues en els retorns totals.

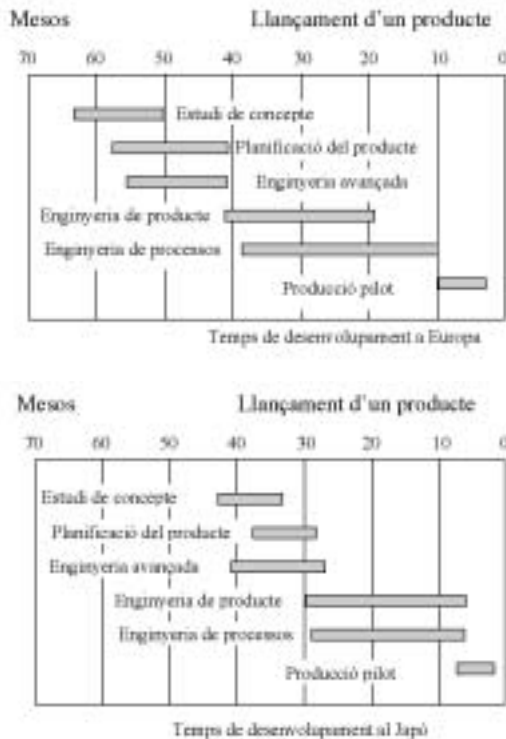



FIGURA 2. Comparació dels temps de llançaments de productes entre filosofies europees (seqüencial) i filosofies japoneses (treball en equip)

Però, per aconseguir els beneficis que proporciona un llançament ràpid del producte no és prou de desenvolupar disseny basant-se en equips interdisciplinaris sense més; perquè aquests han d'atacar les cau-



ses del retard en el procés de desenvolupament. Aquesta és una necessitat que s'incrementa quan els productes tenen un temps de vida curt, i, per tant, no hi ha temps per corregir possibles errors de disseny i, menys, per proposar millores finals que augmenten la qualitat o disminuisquen el cost. En aquest context, s'ha de renunciar a la filosofia de refer fins que isca bé, que s'ha de canviar per la de fer les coses bé a la primera, i s'han de millorar els mecanismes de coordinació i integració.

### ***Debilitats de l'enginyeria seqüencial***

La investigació, concepció i desenvolupament de nous productes requereix, com ja hem comentat, la col·laboració de diversos camps de treball. Es tracta d'un procés on, tradicionalment, els diferents experts participen seqüencialment, realitzen la seua contribució i passen els resultats del seu treball (troballes, propostes, etcètera) a experts d'uns altres camps.

Com exemple d'aquesta manera de procedir, podem fixar-nos en la típica seqüència de desenvolupament d'un automòbil nou. El treball s'inicia amb la proposta de diversos dissenys conceptuals preliminars, que els enginyers, posteriorment, en començar el seu treball, analitzen des de diferents perspectives; per exemple, l'aerodinàmica o la de seguretat, suggerint canvis en el disseny global. Però més tard, quan s'estableix que el disseny aerodinàmic, de seguretat, etcètera, no pot fabricar-se econòmicament, el treball de disseny i enginyeria ha de repetir-se. Amb posterioritat, el muntatge del prototip funcional pot descobrir nous problemes, que conduiran a nous canvis en fabricació, en les peces subministrades, en el treball d'enginyeria i, possiblement, fins i tot, en el disseny original. Finalment, quan l'automòbil és comercialitzat, el personal de manteniment i reparació pot descobrir, encara, nous problemes.

Aquesta manera de treballar fa que les correccions es produïsquen en moments inadequats, quan ja s'han desenvolupat moltes activitats, que caldrà refer, i quan s'han compromès molts recursos (figura 3). Circumstància que fa que aquestes correccions resulten costoses, en termes de temps, diners i satisfacció del client.

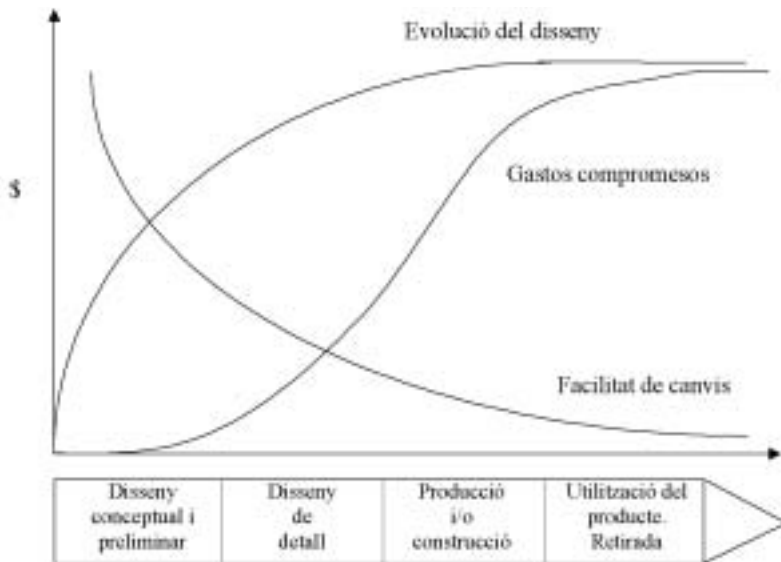


FIGURA 3. Facilitat d'efectuar canvis durant el cicle de vida del producte

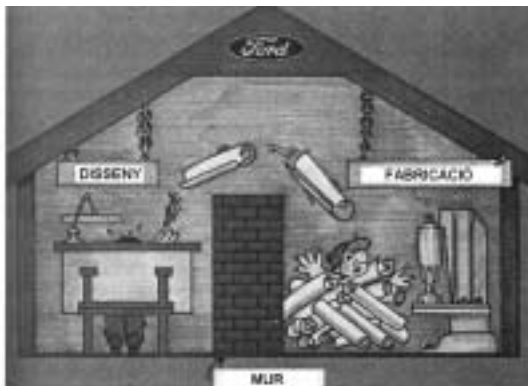


FIGURA 4. Murs entre disseny i fabricació [Boothroyd, 94]

A més, es tracta d'una forma de procedir que consumeix la vitalitat de l'empresa, com vol posar de manifest la denominació alternati-

va d'enginyeria *del salt del mur*, que es va popularitzar amb la publicació de la vinyeta, elaborada per l'empresa Ford, que es mostra a la figura 4. En aquesta, es vol representar que les entregues que es produeixen entre els diferents departaments, en aquest cas entre disseny i fabricació, no es produeixen en unes condicions desitjables, com a fruit dels murs que la incomunicació alça entre els diferents departaments.

### ***La solució: l'enfocament concurrent***

Les dificultats inherents a un procés seqüencial i les percepcions d'aquestes poden mitigar-se si adoptem un nou model o enfocament, l'enginyeria concurrent, que es pot definir (Dr. Cleetus del CERC a través de [Vila, 00]) com: «Una aproximació al desenvolupament integrat del producte que preveu les demandes dels clients i reforça els valors del treball en equip —com la cooperació, la confiança i comparteix dades— de manera que la presa de decisions, que es realitza en el treball en paral·lel de les distintes àrees del cicle de vida del producte, es produísca de forma sincronitzada, s'assegure l'intercanvi constant d'informació i es base en el consens».

El fet que les activitats dels equips de treball es desenvolupen en paral·lel i que el començament de cada fase no depenga del total acabament de l'etapa precedent (figura 5), obliga que les diferents funcions s'integren. Això permet un intercanvi d'informació continu i complet.

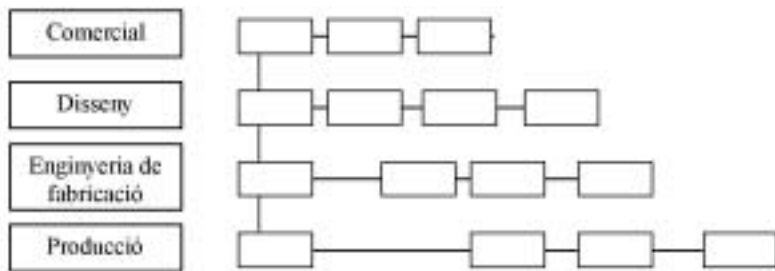



FIGURA 5. El procés de l'enginyeria concurrent




La posada en pràctica efectiva de l'enginyeria concurrent requereix de bones comunicacions entre les diferents funcions associades amb el cicle de vida del producte. La informació ha de tenir un propietari comú, ha de ser compartida i ha de ser accessible de forma lliure i fàcil. Per això, com en les companyies organitzades funcionalment, la informació suposa poder i, per tant, es reserva, s'han de cercar estructures organitzatives més obertes, que permeten una gestió matricial i faciliten el treball en equip. Però, a més, serà necessària la integració de tots els mitjans de la companyia que calen per al desenvolupament del producte, incloent-hi les persones, les ferramentes, els recursos informàtics, les dades i la informació.

### ***La gestió de la concurrència ha de moure's del caos a l'ordre***

Una bona gestió del procés concurrent no resulta gens fàcil. Ens hauria de permetre que aquest es mogués des de les preguntes a les respostes; des de la percepció divergent a la convergent; des de la creativitat individual a la implementació en equip; del pensament abstracte a una experimentació ràpida que concrete l'acció amb uns resultats de qualitat; del caos deliberat a l'inici a un ordre emergent cap al final. Però tot això, a més, retallant el temps de desenvolupament.

El responsable del projecte i líder de l'equip, ha d'aconseguir involucrar ben prompte tots els especialistes. Ha de permetre que aquells que tradicionalment s'involucren al final del procés d'investigació i desenvolupament puguin expressar aviat les seues preocupacions sobre tots aquells problemes puntuals que poden sorgir més tard. Els resultats establits en aquestes etapes inicials, i les percepcions sobre problemes potencials futurs, han de compartir-se com més prompte, millor.

Tot el grup ha d'explorar idees i cercar solucions als problemes puntuals, abans que emergisquen, aprofitar els coneixements i l'experiència de tots els especialistes que el componen. Tanmateix, la creativitat i la innovació, forces conductores de la productivitat que romanen sobretot en les ments d'aquells més íntimament relacionats



amb el treball, han d'explotar-se adequadament, fent participar a totes aquestes persones lo abans possible.

L'avantatge del model concurrent és que els problemes s'aborden més ràpidament que en el procés seqüencial. En les primeres etapes del model de percepció concurrent, hi ha més caos, més experimentació i canvi; però això redueix la necessitat de desfer i refer el producte més tard i, consegüentment, el temps de desenvolupament.

Però, allò més important d'aquest enfocament és que estableix un entorn d'aprenentatge que transcendeix de les tradicionals fronteres entre especialitats que han de col·laborar en la investigació i el desenvolupament.

### ***Àrees de desenvolupament de l'enginyeria concurrent***

Per aconseguir una implantació amb èxit i aconseguir un entorn d'enginyeria concurrent competitiu hi ha cinc àmbits per abordar i millorar [Romero, 01], relacionats amb:

- La creació d'equips de treball multidisciplinari.
- L'adopció de metodologies formals de disseny.
- La utilització de ferramentes assistides per ordinador. Tant les de propòsit específic o funcionals (CAx), com les de comunicació, gestió de dades, etcètera.
- L'establiment de models d'empresa que cobrisquen totes les dimensions que afecten el producte, el procés i el projecte.
- Les arquitectures dels sistemes d'informació i els estàndards d'integració de dades del producte (STEP, etcètera).

De tots aquests àmbits només ens detindrem, encara que només siga breument, en els dos primers.

La pràctica de l'enginyeria concurrent demanda, com ja he indicat, una aproximació d'equips multidisciplinaris. Equips que han de tenir individus de diferents departaments (figura 6), i incloure-hi els principals subministradors i clients. Tots els membres de l'equip han de treballar com a part d'un grup amb els mateixos objectius; objectius que han de



ser precisos. Es tracta d'equips que podran intervenir en diferents etapes (preconcepte, detall, llançament, producció, etcètera) i que es podran expandir o reduir al llarg del seu temps d'intervenció.

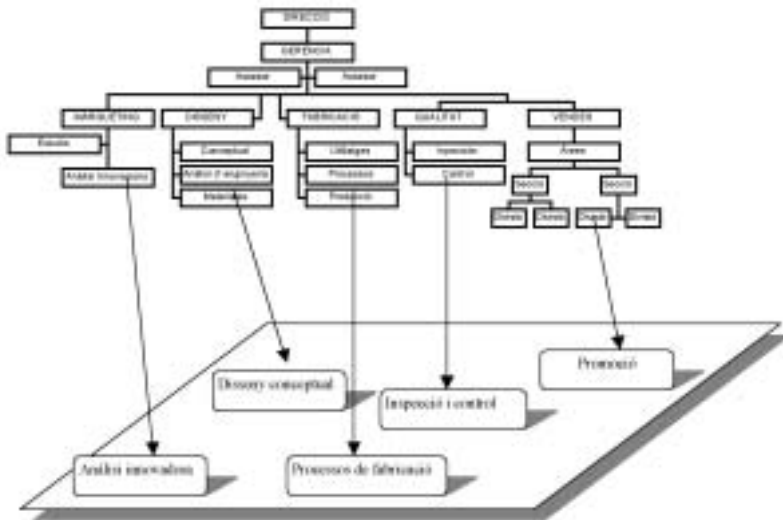


FIGURA 6. Exemple de les àrees d'una empresa participants en un determinat projecte

Als equips multidisciplinaris se'ls ha de donar quasi tota l'autoritat per a les decisions a prendre en el projecte, i han de ser responsables del complet desenvolupament del nou producte. Aquesta autoritat incrementa la motivació i el compromís dels membres de l'equip, i estableix un entorn de pertinença comuna i d'identitat amb el projecte.

En els equips multidisciplinaris, la comunicació efectiva entre els membres és crucial, d'aquesta dependrà l'èxit de l'enginyeria concurrent. La tipologia de comunicació que s'estableix és funció de les persones implicades i de les ferramentes utilitzades en el desenvolupament del producte.

Aquestes comunicacions poden efectuar-se d'una manera personal, amb els membres de l'equip treballant en proximitat, preferiblement

en una oficina d'espais oberts; però la utilització de sistemes informàtics, amb les facilitats que proporcionen per establir comunicacions i per suportar ferramentes d'anàlisi pròpies de l'enginyeria i de suport a la decisió, és una opció que pot proporcionar una ajuda importantíssima a l'equip, en ampliar la seua configuració i, fins i tot, la seua internacionalització.

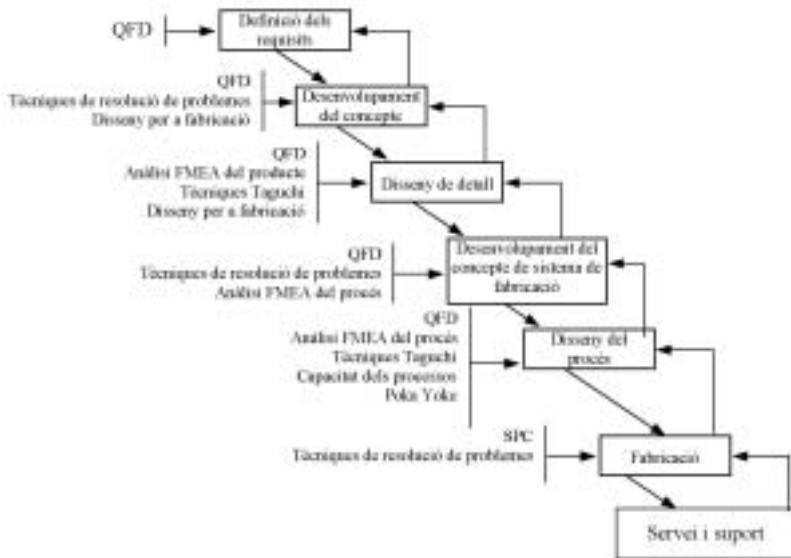



FIGURA 7. Metodologia de Lucas Automotive

Però, per afavorir la col·laboració no és prou d'impulsar el treball en equip i d'establir una bona gestió de les activitats que aquests realitzen, també resulta fonamental la utilització d'unes metodologies i tècniques adequades i fer-ho en l'etapa de disseny, i en el moment adequat (figura 7). Entre les distintes teories o metodologies per al treball en equip, millora de la qualitat o del propi projecte de disseny, hi ha algunes que són prou importants en l'enginyeria concurrent. La llista de mètodes formals disponibles en l'actualitat és molt ampla, però entre aquests podem citar: el desplegament de la funció de qualitat (QFD), l'anàlisi de valor, el disseny d'experiments, els mètodes Taguchi, l'anà-



lisi de modes de fallada i efectes (FMEA), gestió de la qualitat total (TQM), control estadístic de processos (SPC); disseny per a fabricació, disseny per a acoblament, disseny per a manteniment, disseny per a reciclatge, etcètera, (de forma genèrica, disseny per a X (DFX), prototipatge ràpid, tècniques de millora de la productivitat (JIT, OPT), tècniques de millora contínua, tècniques de valoració de la maduresa del disseny i de costos, etcètera. Tot un conjunt de mètodes i tècniques que poden proporcionar grans beneficis i que, en l'actualitat, s'han implementat en ferramentes informàtiques.

## **La gestió del cicle de vida del producte**

En l'apartat anterior, dedicat a l'enginyeria concurrent, fèiem referència a que també és necessari impulsar les àrees de les aplicacions informàtiques de suport per compartir i gestionar dades, etcètera i, també, la de les arquitectures dels sistemes d'informació, entre altres, com a mecanismes que afavoreixen la comunicació i la col·laboració que l'enginyeria concurrent propugna. Bé, al voltant d'aquests requeriments bàsics, i per impulsar un procés d'enginyeria (particularment el de definició del producte) que no se circumscriba a la pròpia empresa, amb l'aprofitament dels avantatges de les tecnologies de la web, s'han desenvolupat tècniques i solucions informàtiques de nova generació, que s'engloben dins de l'àrea de desenvolupament, que s'ha denominat enginyeria de col·laboració entre empreses o col·laboració electrònica, que àmplia la visió de l'enginyeria concurrent i que, per tant, pot veure's com la successora d'aquesta. D'entre les solucions informàtiques d'empresa que emanen d'aquesta visió sobreixen, per l'amplitud, les de gestió del cicle de vida del producte (PLM).

Els canvis en els processos d'enginyeria ens han conduït a una situació que Eigner descriu [ProStep, 03] amb la següent frase: «l'agonia de tot enginyer o enginyera és no tenir temps suficient per a la innovació». L'augment del nombre de processos que ara es desenvolupen en paral·lel i que abans s'executaven seqüencialment, l'increment de les demandes d'assegurament de la qualitat, la necessitat d'estendre la col·laboració internacional en la pròpia empresa i la creació d'equips

de desenvolupament entre empreses, ha fet créixer la proporció de temps no creatiu, com és el dedicat al treball d'informació, documentació i comunicació (figura 8). Alleujar aquesta càrrega que avui suporten els enginyers i enginyeres, proveir un suport eficient a aquestes tasques i a unes altres és un dels reptes a què s'enfronta la gestió del cicle de vida del producte.

L'èxit en el procés de disseny i desenvolupament de nous productes i a l'empresa, per extensió, es pot aconseguir a través de projectes de millora que es concentren, d'una banda, en l'automatització dels processos estables i madurs i, d'una altra, a promoure activament la col·laboració en els processos creatius i que afegixen valor, en basar-se en compartir informació. Amb la implantació d'aquestes millores podrem augmentar la rapidesa dels processos de disseny i de desenvolupament, i racionalitzar, tant el catàleg de productes, com la cartera de projectes.

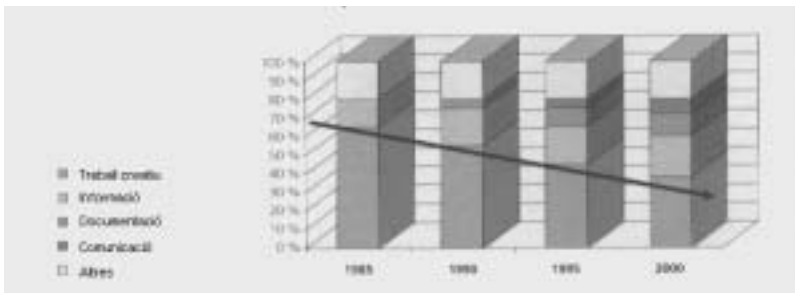


FIGURA 8. Disminució del temps per l'innovació

Els PLM són solucions informàtiques que s'han construït a partir de les utilitats que proporcionaven les tradicionals aplicacions de gestió de dades de producte (*Product Data Management* o PDM) –que suporten una col·laboració asíncrona i en sèrie, gestionant les dades i l'accés a la informació– i de treball cooperatiu assistit per ordinador (*Computer Supported Cooperative Work* o CSCW) –que faciliten la col·laboració síncrona (en temps real), que permet la visualització, discussió, anotació i modificació de qualsevol tipus d'informació. A les funcionalitats bàsiques d'aquestes aplicacions, que constitueixen els

antecedents fonamentals, s'han afegit unes altres funcionalitats relacionades amb la definició del producte en tot el cicle de vida, com són la gestió de l'estructura de productes, la gestió de les ordres de canvi, la gestió de les configuracions (variants), la gestió dels requeriments, la gestió dels fluxos de treball (*workflow*), la gestió de projectes, la gestió de la cartera de productes, la gestió dels sistemes de classificació, etcètera. Es tracta de solucions informàtiques, fonamentals per al desenvolupament d'entorns de disseny en col·laboració (actius intangibles), que també poden utilitzar-se en àrees d'aplicació que no pertanyen a la definició del producte (disseny i desenvolupament, servei, retirada, etcètera). Algunes d'aquestes extensions últimes es dirigeixen a la gestió dels actius (manteniment preventiu, etcètera), la gestió de qualitat o la gestió del medi ambient i seguretat d'equips.

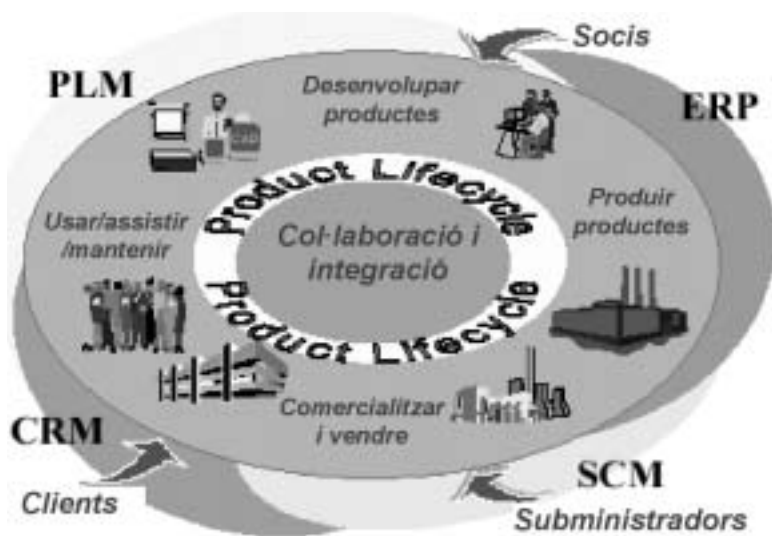



FIGURA 9. Aplicacions per a la gestió integrada de l'empresa

Avui aquestes solucions PLM, que pertanyen al cicle de vida del producte i que hem vist que són fonamentals per la competitivitat de l'empresa que té una estratègia centrada en el producte, s'estan integrant amb aquelles altres solucions de gestió integrada de l'empresa distri-



buïda que es concentren en l'àmbit del cicle de vida de la producció i subministrament (ordres), com són les populars ERP (gestió de recursos de l'empresa) o les més recents de CRM (gestió de les relacions amb els clients) o SCM (gestió de la cadena de subministrament). Tal com es veu a la figura 9, aquesta macrosolució es construeix en base a unes mateixes utilitats d'integració i col·laboració i a una informació que ha de cobrir tot el cicle de vida dels productes.

El repte de la col·laboració i de la integració, com es percep a la figura 9, transcendeix, dons, al procés de disseny i desenvolupament de nous productes, abastant tots els de l'empresa. Per tant, aconseguir aquesta integració i col·laboració, mitjançant la incorporació de les noves solucions informàtiques de gestió integrada, es un dels reptes més importants de l'empresa manufacturera d'avui.


## Conclusions

Com diu Porter «no pots protegir el teu camí a l'èxit» tractant d'impedir que et copien o imiten en activitats aïllades, siga quin siga el camp a què pertanyen (de la tecnologia del producte, de la cadena de subministrament, etcètera), perquè no és possible. No obstant això, les activitats lligades són difícils de duplicar i condueixen a la invulnerabilitat.

Llavors, els conceptes, orientacions i tecnologies que acabe de presentar-vos i que hi fonamenten els projectes d'enginyeria concurrent i d'implantació de Solucions PLM, crec que presenten aquesta singularitat. Però, dit açò, també he d'indicar-vos que implantar-les amb èxit en una organització concreta no és una tasca fàcil, perquè es tracta d'una transformació que requereix canvis culturals i organitzatius importants i inversions significatives en formació i tecnologia.

Es tracta d'un camí que necessita múltiples aportacions; entre aquestes, les que poden proporcionar les institucions de formació superior i investigació i les mateixes empreses d'un territori.


De nosaltres depèn que aquests recursos estiguen disponibles. A les universitats, si revisem els nostres processos educatius i les línies d'I+D+I, i a les empreses si prioritzen les inversions i projectes que les afavoreixen, apostant per la formació i pel talent i talent de les persones.



Açò es tot, i per finalitzar, un desig: que les reflexions que acabe de compartir amb vosaltres ajuden a augmentar la consciència sobre la importància d'invertir en els processos d'innovació i desenvolupament de nous productes i, especialment, en els conceptes, tecnologies i competències professionals que poden impulsar-los i que han guiat aquesta exposició.

## Referències

- [Boothroyd, 94] Boothroyd, G. Dewhurst, P. i Knight, W. "Product design for manufacture and assembly". Marcel Dekker. 1994.
- [Barceló, 00] Barceló i Roca, M. "Impacte de la societat del coneixement sobre la creació, la producció i la distribució de béns i productes". Llibre d'actes del 1r Congrés d'enginyers de llegua catalana. Manresa. Desembre 2000.
- [Carter, 92] Carter, D. E. i Baker, B.S. "Concurrent Engineering. The product Development Environment for the 1990s". Addison-Wesley. 1992.
- [CE-NET, 01] Deliverable D03. "CE Taxonomy". CE-NET Concurrent Enterprising Network of Excellence. IST-1999-29107.
- [Cooper, 00] Cooper, R. "Doing it right. Winning with new products". Business Journal. August 2000.
- [EC, 02] Engineering Council (UK). "Overview of the Engineering Council Examination". [www.engc.org.uk](http://www.engc.org.uk).
- [Hed, 99] T. Hedberg. "The role of the Global Engineer- A european view. Educating the Engineer for the 21st Century". Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Workshop on Global Engineering Education. Kluwer Academic Publishers. 2001.
- [Mir, 00] Mir i Soler, N. "Per qué i fins quin punt és sostenible el nostre model de societat? El posicionament de Beck en el debat sobre la sostenibilitat de la societat industrial". Llibre d'actes del 1r Congrés d'enginyers de llegua catalana. Manresa. Desembre 2000.
- [ProStep, 03] "ProStep iViP Science Days 2003". Product Data Journal, Vol 10. 2003.



[Romero, 01] Romero F. “Ingeniería Concurrente”. I Jornadas-Seminario Internacional de Ingeniería de Fabricación. UNEXPO. Puerto Ordaz (Venezuela). Octubre 2001.

[Vila, 00] Vila, C. “Estrategias de implantación de nuevas tecnologías en el ámbito de la Ingeniería Concurrente”. Tesis Doctoral de la Universitat Jaume I. 2000.