
ELS IMPACTES DE LA CRISI ECONÒMICA EN ELS RISCOS TECNOLÒGICS

JOSEP M. RENAU I FOLCH¹

Professor emèrit de la Universitat Rovira i Virgili

El tema que es presenta és el de l'impacte de la crisi econòmica actual en els riscos tecnològics, és a dir en la seguretat de determinats processos productius associats al risc, com són el sector químic, petroquímic i energètic (refinatge de petroli, nuclear) o al transport de mercaderies perilloses. No hi ha una resposta clara perquè si bé és cert que en determinats casos la crisi econòmica pot fer reduir o eliminar partides que són essencials per a la seguretat també és veritat que es pot aprofitar un moment com aquest per dur a terme una catarsi que desemboqui en una gestió més eficient de la seguretat. En qualsevol cas les empreses han de saber per què es produeixen els accidents i han de poder calcular els costos tangibles i intangibles que aquests suposen. Només una anàlisi del tipus cost-benefici podrà determinar l'autèntic benefici que una empresa i el conjunt de la societat aconseguen quan, aplicant polítiques preventives, es minimitza el nombre d'accidents.

The topic presented here is the impact of the current economic crisis on technological risks, in other words on the safety of certain manufacturing processes associated with risk, such as the chemical, petrochemical and energy industries (oil refinery, nuclear power, etc.) or the transportation of hazardous materials. There is no clear answer because while it is true that in certain cases the economic crisis can result in a reduction or cancellation of aspects that are essential to safety, it is also true that a moment like this can be capitalised on to carry out a process of catharsis that would lead to more efficient safety management. Either way, companies have to know why accidents occur and how to calculate the tangible and intangible costs that they incur. Only a cost/benefit analysis can determine the real benefit to a company and to society as a whole when accidents are reduced by applying policies of risk prevention.

1. PREÀMBUL

Com pot afectar l'actual crisi a la seguretat? Augmenten els riscos tecnològics —com el risc químic, el nuclear, el del transport de mercaderies perilloses, etc.— amb les retallades pressupostàries que tant el sector privat com el públic s'imposen?

La resposta és ambivalent ja que depenent de com actuïn les empreses —i les administracions públiques en la part que els pertoca—, de com s'aprofiti aquest període d'incertesa i de manca de recursos financers, el resultat d'una crisi com la que estem vivint podria ser positiu o negatiu per a la seguretat.

El missatge que acompanya la crisi aquests darrers mesos té sens dubte una part negativa però al costat dels auguris pessimistes —o realistes, segons com es

1. Adreça postal: C/ València, 281, 3r 2a. 08009-Barcelona. Adreça electrònica: josep.renau@urv.cat. Telèfon: 616 938 884.

miri— també s'han alçat veus que veuen la crisi com una oportunitat per revisar conceptes i enfocar el funcionament de la societat del futur des de l'òptica de la qualitat, la sostenibilitat i —ens agradaria poder afegir— del control dels mercats financers.

La paraula *crisi* ens ha arribat a través del llatí però és d'origen grec. El verb original κρινειν significa, entre altres coses, separar o decidir. En aquest sentit *crisi* seria el moment que separa una manera de ser o una sèrie de fenòmens, d'una altra diferent.

La crisi obliga a analitzar el moment actual de la nostres empreses, a reflexionar sobre les peculiaritats del nostre teixit industrial, a posar en evidència tant els nostres punts forts com els febles, així com les amenaces que limiten el nostre creixement. I també a definir què entenem per creixement o quina mena de creixement desitgem, si és possible l'elecció.

En definitiva, com a objectiu i conseqüència d'aquest acte de reflexió, cal determinar el model empresarial més adequat per fer front a una competitivitat sense fronteres que haurà de basar-se més que mai en la innovació i en la qualitat de productes i serveis.

Un temps de crisi —en el qual es posen entredit la funció dels mercats financers però també els sistemes productius— pot ser un bon moment per analitzar la seguretat en les empreses del nostre país, adequar-ne les estructures, millorant-ne el sistema de gestió de la seguretat.

Com poden els gestors de seguretat de les empreses administrar més eficientment els recursos que tenen a la seva disposició? Aquesta és una de les qüestions fonamentals que tractarem en el present article. Potser no serà el moment de fer grans inversions en protecció —si no estan justificades— però sí de millorar la gestió, la prevenció i, en general, la cultura preventiva.

Però aquesta crisi, com qualsevol altra, té dues cares i al costat de l'optimista, positiva i creativa té la corresponent cara pessimista, negativa i indolent.

És un fet que la seguretat —especialment en les empreses que no tenen una clara consciència que, a més d'una qüestió ètica que a tothom obliga, és un tema que afecta positivament la qualitat i la productivitat i, per tant, a la curta o a la llarga, el seu compte de resultats— pot quedar tocada per aquesta segona cara de la crisi.

Una empresa que pensi que per superar la conjuntura actual cal simplement retallar els pressupostos assignats als àmbits de la seguretat, medi ambient o qualitat, cometria un greu error. Una cosa molt diferent és buscar l'eficiència en l'assignació de recursos.

En el present article es posarà de manifest l'elevat cost dels accidents i per tant la necessitat d'analitzar en profunditat les inversions i despeses necessàries i, per damunt de tot, els canvis organitzatius requerits per reduir-ne la freqüència i les conseqüències.

2. ELS COSTOS DE LA SEGURETAT

Per desenvolupar aquest tema intentarem expressar amb una base qualitativa quins són els principals costos de la seguretat, tant els de capital (inversions) com els costos anuals i quina influència tenen en els riscos tecnològics.

Una empresa que deixi d'invertir o gastar en seguretat tindrà aparentment menys costos en la seva comptabilitat però només aparentment ja que els accidents que es puguin produir per aquest motiu i les aturades, parcials o totals, de la seva producció, provocades per aquests accidents poden representar un cost inassumible a la llarga o fins i tot de manera immediata.

Per entendre el concepte de risc i seguretat industrial és necessari comprendre com es produeixen els accidents.

Un accident industrial acostuma a ser el resultat visible i danyós d'una cadena d'esdeveniments negatius que s'han anat succeint, sovint sense tenir-ne consciència. Aquesta cadena pot ser molt curta, amb la qual cosa els accidents es produïrien freqüentment o, contràriament, molt llarga i els accidents tindrien lloc de manera molt ocasional.

En general es pot assegurar que quan es produeix un accident, ja s'havien donat abans, potser centenars de vegades, algunes o moltes de les condicions perquè l'accident tingués lloc. Només en comptades ocasions l'accident passa com a conseqüència d'un acte extern d'impossible predictibilitat.

La imatge d'una cadena amb les seves baules també dona una idea positiva de les oportunitats que es tenen a l'abast per evitar l'accident. En efecte, igual com una cadena necessita totes les seves baules per mantenir la integritat, un accident també necessita cadascun dels esdeveniments per arribar a produir-se. Si es treballa per evitar aquests esdeveniments, es treballa per reduir la freqüència accidental.

2.1 CATEGORIES D'ACCIDENTS INDUSTRIALS

A l'efecte del tema que s'està tractant cal distingir dues categories d'accidents, que es detallen a continuació.

2.1.1 Els accidents greus associats als riscos tecnològics

Aquests tipus d'accidents poden comportar un nombre important de víctimes a l'interior o a l'exterior d'un establiment industrial i/o la necessitat d'una mobilització de persones i grups operatius (activació d'un pla d'emergència, per exemple) prop de l'establiment i/o pèrdues econòmiques significatives.

En aquesta categoria entrarien els accidents en el transport de mercaderies perilloses per carretera o ferrocarril que poguessin provocar víctimes, no per l'accident de circulació en si, sinó per la naturalesa de la substància perillosa transportada. Per exemple, una camió cisterna que transporti gas líquid de petroli (GLP), a causa d'un xoc a la carretera, pot explotar i provocar víctimes relativament allunyades del lloc de l'explosió que altrament no s'haguessin vist implicades en l'accident.

En general es pot dir que una característica d'aquesta mena d'accidents és la baixíssima probabilitat d'ocurrència que fa que, encara que les conseqüències dels accidents puguin ser molt importants, fins i tot catastròfiques, el risc associat és baix i generalment assumible pel conjunt de la societat.

Això es deu al fet que el risc es defineix com una probabilitat que es concreti en un dany determinat. Tot i que el dany pugui ser potencialment gran, si la probabilitat que l'accident es produeixi és baixa, el risc també ho seria.

Per posar un exemple extrem, considerem una instal·lació química amb emmagatzematge de substàncies tòxiques i inflamables. Un accident que significués la ruptura de les parets d'algun dels dipòsits comportaria un abast enorme dels efectes perniciosos, fins i tot, a vegades, de quilòmetres de distància, amb la qual cosa el nombre de persones potencialment afectades podria ser molt alt.

El quid de la qüestió no és només el de poder disposar d'un pla d'emergència exterior que protegeixi les persones, sinó sobretot evitar que es produeixi la ruptura de les parets del dipòsit i per això cal incidir en el disseny, la construcció i el muntatge del recipient, en el seu manteniment i en l'enginyeria del control que modifiqui les condicions del procés a partir d'una informació contínua de l'estat del dipòsit i del seu contingut.

En definitiva, a més de diverses mesures de protecció com serien la de col·locar aquest dipòsit dins d'una estructura de formigó o l'aprovació d'un pla d'autoprotecció o un pla d'emergència exterior, cal sobretot aplicar un conjunt de mesures de caire preventiu, basat en els aspectes esmentats en el paràgraf anterior.

Les empreses productives del sector químic o petroquímic en general inverteixen molts diners en seguretat de processos perquè les conseqüències d'un accident catastròfic poden significar un daltabaix des del punt de vista econòmic, fins i tot pot comportar la desaparició de l'empresa, com va ser el cas d'Union Carbide per l'accident de Bhopal el 3 de desembre de 1984.

A títol comparatiu, fora de l'àmbit industrial però dins de la categoria d'accidents greus, s'hi inclourien els accidents aeris. Les conseqüències d'un accident en aquest mitjà de transport solen ser catastròfiques, notícia de primera plana dels mitjans de comunicació, però la probabilitat que succeeixi és baixíssima, pràcticament negligible.

És prou conegut que les companyies aèries que més accidents tenen són les que menys recursos materials dediquen al manteniment, a la revisió periòdica dels seus aparells i de ben segur, a la formació i el control de les tripulacions.

2.1.2 Accidents laborals amb efectes d'abast limitat

Aquests tipus d'accidents industrials afecten una o poques persones, solen comportar costos relativament baixos (per comparació amb els accidents catastròfics) a una empresa a títol individual però molt elevats quan es considera el conjunt d'empreses d'un país.

Les conseqüències *potencials* dels accidents laborals, tot i que poden ser molt greus individualment, són de menor entitat —pel que fa al nombre de persones afectades en un únic accident— que les dels accidents catastròfics, però en canvi la *probabilitat d'ocurrència* és relativament elevada. Això fa que el nombre total d'accidents laborals en un territori concret sigui molt elevat.

No cal mostrar xifres de sinistralitat per deixar constància escrita que el nombre de víctimes mortals per accidents laborals és molt superior al de víctimes per accidents greus o catastròfics.

Un aspecte diferent, que no es desenvoluparà en aquest article, és la percepció que en tingui la gent. Normalment els accidents que ocorren d'una manera freqüent, especialment en àmbits coneguts, solen tolerar-se més bé que els accidents greus.

Si es consideren exclusivament les empreses industrials amb risc tecnològic (és a dir, les del sector químic, petroquímic i energètic) el risc individual de mort, tant per accident laboral com greu o catastròfic, és molt baix, per sota del d'altres sectors.

2.2 SEQÜÈNCIA ACCIDENTAL

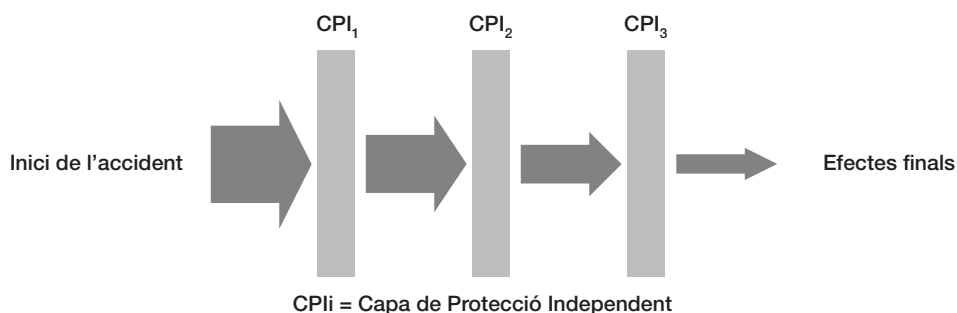
Com ja s'ha comentat anteriorment, un accident és el resultat final d'una sèrie, més o menys llarga, d'esdeveniments negatius que es produeixen d'una manera successiva o simultània. Alguns d'aquests esdeveniments s'originen per fallades que estan latents, és a dir per fallades d'elements que en el moment d'entrar en servei són en estat de fallada i per tant no són capaços de corregir l'acció de desviament del procés que porta fins a l'accident.

El coneixement dels camins que porten a un accident és de vital importància perquè permet identificar-ne els esdeveniments negatius, proporciona oportunitats per corregir les fallades potencials del procés i objectiva l'anàlisi de les inversions o despeses a realitzar per reduir el risc d'aquest accident en concret.

La minimització del risc d'un accident d'un procés amb substàncies perilloses es du a terme implantant capes de protecció o barreres independents (així si una falla, les altres no tenen perquè fallar) que, com si es tractés de les diferents capes d'una ceba, separen el nucli central —la planta química on es concentra el risc— de les persones, tant empleats com població exterior.

Qualsevol instal·lació de caire tecnològic està subjecta a un risc d'accident per fallada d'alguna de les barreres que la protegeixen. Veiem l'esquema següent (figura 1) per comprendre millor el significat del concepte de *capas de protecció*.

Figura 1. Model esquemàtic de l'evolució d'un accident amb capas de protecció



Un accident pot iniciar-se —encara que potser ningú no se n'adoni— però no continua evolucionant perquè una barrera ho impedeix. D'aquí la importància de dissenyar les barreres adequades i mantenir-les en correcte estat de funcionament.

El gruix de les fletxes simbolitza la freqüència d'un accident, la qual va disminuint en cada etapa gràcies a les accions de les capes de protecció.



En la fase de disseny d'una instal·lació química s'analitza si el nombre de barres és suficient i si les seves característiques són les adequades.

3. FACTORS DEL RISC LABORAL

Els factors del risc laboral —sobre els quals es pot actuar per reduir-lo— es poden classificar en els quatre grups que s'expressen a continuació (Cortés 1997, 28). Després de cada factor es fa una menció breu a la reducció del risc corresponent.

3.1 FACTORS O CONDICIONS DE SEGURETAT

Aquests factors inclouen les condicions materials que influeixen sobre l'accidentabilitat: passadissos i superfícies de trànsit, aparells i equips d'elevació, màquines, eines, vehicles de transport, instal·lacions elèctriques, etc. La *seguretat del treball*, com a tècnica de prevenció dels accidents de treball, s'encarrega del coneixement i l'estudi d'aquests factors.

Reducció del risc

Manteniment d'aparells, màquines, vehicles, instal·lacions elèctriques, modificació de les estructures de pas dels treballadors, senyalitzacions, redacció de procediments específics, formació adequada sobre la prevenció dels accidents.

3.2 FACTORS D'ORIGEN FÍSIC, QUÍMIC I BIOLÒGIC

S'hi inclouen els *contaminants físics* (soroll, vibracions, il·luminació, radiacions ionitzants i no ionitzants...), els *contaminants químics* presents en l'ambient de treball en forma de gasos, vapors, boires, aerosols, fums, pols... i els *contaminants biològics*, constituïts per microorganismes (bacteris, virus, fongs...). La *higiene de treball*, com a tècnica de prevenció de les malalties professionals, s'encarrega de l'estudi i el coneixement d'aquests factors.

Reducció del risc

Proteccions adequades a les emissions tant líquides com gasoses, canvis de substàncies químiques per altres no danyoses, sistemes d'extracció de gasos i vapors, aparells respiratoris, senyalització de les substàncies, redacció de procediments específics, formació per al coneixement del risc de les substàncies.

3.3 FACTORS DERIVATS DE LES CARACTERÍSTIQUES DEL TREBALL

Aquest factors es relacionen amb les exigències que la tasca imposa a l'individu en forma d'esforços, postures, manipulació de càrrega, nivells d'atenció, etc. L'*ergonomia* és la ciència o tècnica que estudia l'adaptació de les condicions de treball a les persones.

Reducció del risc

Adequació dels llocs de treball a les diferents tasques.

3.4 FACTORS DERIVATS DE L'ORGANITZACIÓ DEL TREBALL

Es tracta d'aspectes com els horaris, la velocitat d'execució de les tasques, les relacions jeràrquiques, etc. i que poden comportar problemes d'insatisfacció o d'estrès. La psicociologia és la disciplina que estudia aquests factors de risc.

Reducció del risc

Modificacions en les estructures i l'organització del treball. Aquest és un punt important en època de crisi per la temptació que pot haver-hi per reduir plantilles però mantenir alhora la mateixa capacitat productiva.

Com es pot veure hi ha unes inversions a fer, que poden ser molt significatives, com per exemple, en maquinària o equips més segurs, en obres per modificar estructures, en extractors, en aparells de respiració, en adequacions dels llocs de treball i despeses relacionades amb el manteniment dels equips en general, en anàlisis per configurar una estructura òptima i en formació del personal.

Al costat d'aquestes inversions i costos, hi hauria el benefici —o més pròpiament, reducció de cost— que s'obtidria evitant els accidents laborals. Diverses institucions i científics especialitzats han estudiat quins són els costos dels accidents laborals. No és aquest l'espai per detallar-los però apuntem-ne uns quants, a títol informatiu:

- costos salarials directes i indirectes pel temps perdut per la persona o persones accidentades, pels seus companys i pels comandaments intermedis;
- pèrdua de negoci per beneficis no generats, pèrdues de comandes, penalitzacions per retards en els lliuraments dels productes, etc;
- danys materials als equips i productes fets malbé;
- increment de costos en forma d'hores extraordinàries per recuperar la producció perduda;
- despeses generals en el material dels primers auxilis, costos de trasllat per persones accidentades, sancions, actes judicials, danys a tercers, etc.

Al costat d'aquesta mena de costos que podrien quedar coberts per una pòlisa d'assegurances, ja que són relativament fàcils de quantificar, hi hauria els costos ocults o intangibles, de difícil avaluació. Per exemple, el bon nom de l'empresa,

que quedaria entredit, o la degradació de l'ambient de treball que, com se sap, està molt influenciat per les condicions de l'entorn.

Juan Somavia, director general de l'Oficina Internacional del Treball (OIT), en el seu missatge de 28 d'abril de 2010 amb motiu del Dia Mundial de la Seguretat i la Salut en el Treball, va manifestar que cada dia moren sis mil tres-centes persones per accidents o malalties relacionades amb el treball, la qual cosa representa dos milions tres-centes mil morts a l'any en tres-cents trenta-set milions d'accidents (OIT, 2010). I també va manifestar que:

El cost econòmic en pèrdues de lloc de treball, tractament mèdic i prestacions en efectiu és el 4% del PIB mundial. Aquesta xifra supera el valor total de les mesures d'estímul adoptades per respondre a la crisi econòmica de 2008-2009... Sorgeixen nous riscos en àmbits emergents, com el de l'aplicació nanotecnològica i la bioquímica.

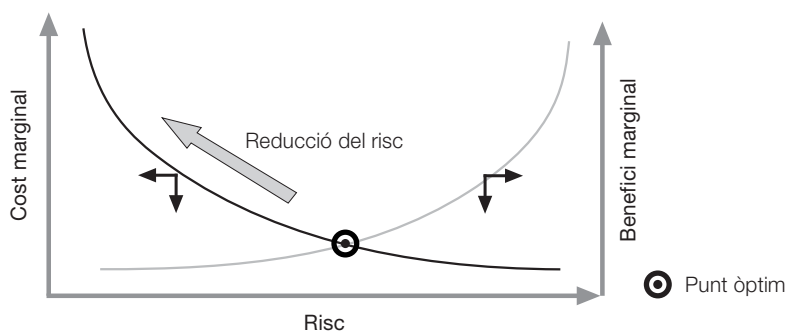
4. L'ANÀLISI COST-BENEFICI

Si amb motiu de la crisi econòmica un gerent o responsable de la seguretat d'un establiment se sent obligat a reduir costos hauria de determinar els que pot minimitzar o eliminar sense reduir significativament la seguretat, ans al contrari, augmentant-la.

Per fer això cal que analitzi els costos de la seguretat però també els beneficis que l'empresa obtindria pel fet de reduir el risc. Una eina molt interessant per dur a terme aquesta mena d'estudis és l'anàlisi cost-benefici.

Si es representen els costos marginals i beneficis marginals en funció del risc, s'obté un gràfic amb una forma similar al següent:

Gràfic 1. Costos i beneficis marginals en funció del risc



S'entén per cost marginal el necessari per reduir el risc en una unitat predefinida de caire econòmic, i benefici marginal, el que s'obté pel fet d'haver reduït aquesta unitat de risc. El risc òptim es troba en la confluència entre la corba de cost marginal i la del benefici marginal.

Pot semblar xocant parlar d'un risc òptim quan hom diria que l'òptim és l'absència total de risc. Això no és així per una qüestió de limitació de recursos i per la consideració que no es pot eliminar completament la probabilitat d'un accident. Els recursos mal assignats no reporten cap benefici, no ja per a l'empresa sinó per al conjunt de la societat. Si ja s'han assolit els objectius de seguretat prefixats, és millor aplicar-los a activitats que comportin beneficis més elevats. Per tant és necessari buscar aquesta optimització.

En la realitat, com es veurà més endavant, per als escenaris accidentals amb conseqüències greus (que cada empresa d'acord amb la seva metodologia pot definir) es calculen, d'una banda, les inversions a fer i els costos associats, i d'altra banda, els beneficis de l'actuació.

Un problema que es presenta és com determinar aquest benefici. Hom ha proposat diverses maneres de mesurar-lo però si partim de la base que la millora de la seguretat no es pot entendre separada de la millora de la qualitat i la productivitat, és difícil precisar (en aquest cas hauríem de dir «calcular amb exactitud») el valor real.

El Health and Safety Executive (HSE) en el seu document «*Cost Benefit (CBA) checklist*» (HSE, 2009) indica els criteris que creu que s'han d'aplicar en una anàlisi cost-benefici (ACB) per determinar els costos i les inversions raonables per fer front a un accident potencial catalogat com a greu.

Quant als beneficis, l'HSE, en el document esmentat, inclou una taula de 2003 amb valors de beneficis que s'obtenen pel fet d'evitar morts o ferits de consideració diversa en implantar mesures de reducció de risc. Així, a títol indicatiu:

- una mort: £1.336.800 (el doble si és un càncer)
- incapacitat permanent: £207.200
- ferit greu: £20.500
- ferit lleu: £300
- malaltia (+ 1 setmana): £2.300 + £180 per dia d'absència

Amb una anàlisi de risc es podria calcular el nombre de víctimes (o en general, les conseqüències de tota mena) que comportaria un escenari accidental analitzat. També s'hauria de determinar amb quina probabilitat anual o freqüència tindria lloc aquest accident.

Suposem que el càlcul sobre una explosió en un reactor químic, que pot passar amb una freqüència d' $1 \cdot 10^{-5}$ ocasions/any (una vegada cada cent mil anys), dóna com a resultat tres morts, vuit ferits greus i dotze de lleus.

Considerant el temps de vida del reactor de vint-i-cinc anys, els «beneficis» obtinguts serien (on *oc* és ocasions):

$$25 \text{ anys} \times 1 \cdot 10^{-5} \text{ oc/any} (3 \text{ morts/oc} \times 1.336.800 + 8 \text{ ferits greus/oc} \times 20.500 + 12 \text{ ferits lleus/oc} \times 300) = 1.044 \text{ £}$$

El total de 1.004 £ seria el benefici que s'obtindria pel fet de no tenir víctimes en haver eliminat l'explosió del reactor.

Ara bé, si un accident, com és el cas de l'exemple, pot tenir conseqüències

greus, el resultat s'ha de multiplicar per un factor de 10 per obtenir el que seria raonable gastar per evitar l'accident. En aquest cas, unes 10.000 £ (11.800 €).

Si extrapolem l'exemple d'aplicació del mètode de l'HSE per tenir en compte els danys materials, la quantitat a invertir és molt superior però no tant pel valor del reactor químic que ha esclatat sinó, sobretot, per la pèrdua de producció durant el temps de parada.

A tall d'exemple, un accident com el descrit pot suposar un temps de parada mínim de tres mesos. Si en el reactor es produeixen 50.000 t/a d'una substància que es ven a 1 €/kg, es deixarien d'ingressar 17 M€. Suposem que per reparar els danys l'empresa es gasta 3 M€. El cost total seria de 20 M€. Els «beneficis» per aquest concepte serien de:

$$25 \text{ anys} \times 1 \cdot 10^{-5} \text{ oc/any} \times 20 \text{ M€} = 5.000 \text{ €}$$

Amb el factor de 10, serien 50.000€ que sumats als 11.800€ calculats més amunt donaria un total de 61.800€.

Aquesta seria la quantitat que l'empresa hauria de gastar per reduir la probabilitat de l'escenari accidental greu fins a un valor negligible. El que és més normal és cobrir l'accident catastròfic amb una pòlissa d'assegurances, externalitzant els costos i els beneficis.

La manera apropiada de reduir costos d'accidents en una empresa és aplicar polítiques preventives. L'autèntica política de seguretat busca minimitzar el risc mitjançant la prevenció.

5. CRISI I MANTENIMENT

Hi ha estadístiques a l'abast sobre les causes dels accidents greus en el sector de risc tecnològic que mostren amb claredat que la principal causa és la fallada mecànica, seguida de l'error humà. La fallada mecànica pot ser deguda a un manteniment inadequat. D'aquí la importància de dur a terme un bon manteniment per minimitzar riscos.

Una empresa en crisi pot estar temptada de reduir la partida destinada al manteniment però, com es demostrarà, aquesta política comporta un increment innecessari del risc que no resol el problema de fons i en canvi pot suposar greus conseqüències econòmiques i personals.

5.1 TIPUS DE MANTENIMENT

Podem distingir entre tres menes de manteniment (Renau, 2010):

- a) *Manteniment correctiu*: prové de la necessitat d'intervenció i reparació de les avaries. Portar un bon registre permet treure'n conclusions sobre seguretat: si un element falla més que d'altres hauran d'esbrinar-ne les causes i, si cal, substituir-lo per un altre més eficient.

- b) *Manteniment preventiu*: es duen a terme inspeccions periòdiques dels elements d'una instal·lació per reparar-los o substituir-los abans que l'avaria es produeixi. Com que l'element causant de la fallada s'ha eliminat, es redueix la probabilitat de la fallada. És necessari que el servei de manteniment porti un control exhaustiu del funcionament dels equips i n'hagi pogut deduir —els subministradors de maquinària solen donar informació sobre això— la durada esperada dels diferents elements.
- c) *Manteniment predictiu*: es basa en la mesura continuada de variables o paràmetres que configuren el funcionament d'una màquina o instal·lació. Per exemple, amb la mesura de les vibracions d'un equip rotatiu es pot controlar en tot moment l'estat de l'equip i fixar accions preventives amb més fiabilitat. Aquesta categoria de manteniment necessita tecnologia més avançada però procura més temps entre la detecció d'una possible fallada i la fallada en si, la qual cosa permet planificar més bé els treballs i adquirir els materials necessaris. El procés productiu queda sens dubte menys afectat per aquest manteniment.

5.2 BASE MATEMÀTICA

La probabilitat que un component no falli durant un interval de temps (0, t) està determinada per l'expressió següent:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

on R = fiabilitat (de l'anglès *reliability*)

Quan t tendeix a infinit, la fiabilitat és zero, o sigui que l'equació mostra la tendència d'un element a espatllar-se amb el pas del temps.

λ = taxa de fallades que s'expressa com fallades/unitat de temps. Com més gran sigui λ , més ràpida serà la tendència a la fallada.

La probabilitat de fallada és el complement de la fiabilitat, és a dir:

$$P(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2)$$

L'interval de temps entre dues fallades, conegut amb la sigla MTBF (*mean time between failures*), pot determinar-se amb l'expressió següent:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

El valor de λ no és constant. Molts components tenen una taxa de fallades que varia amb el temps: a l'inici, la taxa és elevada (mortalitat infantil) i baixa fins a un valor més o menys constant que es manté durant un període determinat. Cap al final de la vida útil, la taxa torna a incrementar-se (vellesa).

Per minimitzar el risc d'un accident en un establiment industrial, caldrà reduir fins on sigui possible la taxa de fallades dels components de la instal·lació.

Hi ha una diferència fonamental entre el que es coneix com a fallades revelades i les no revelades o latents. Les revelades són òbvies però hi ha fallades que no es coneixen fins que els elements es necessiten. És el cas d'una alarma que avisa que alguna cosa està fallant. Per exemple, una llumeta, la coneguda com a reserva, que indica que el nivell del dipòsit de gasolina en el cotxe és baix: si ens refiem i no funciona, podem trobar-nos que ens quedem sense gasolina. Les fallades no revelades o latents només poden posar-se de manifest amb una inspecció o manteniment.

La disponibilitat d'un sistema (A, de l'anglès *availability*) és la probabilitat que el component o procés estiguin funcionant. La indisponibilitat (U, de *unavailability*) és el complement a la disponibilitat. Pot arribar-se a la conclusió que per fallades revelades:

$$U = \lambda \tau_r \quad (4)$$

$$A = \lambda \tau_o \quad (5)$$

on τ_r = temps de reparació i τ_o = temps d'operació

Per a fallades no revelades:

$$U = \frac{1}{2} \lambda \tau_i \quad (6)$$

on τ_i = interval d'inspecció

Quan τ_i augmenta, la indisponibilitat del sistema també ho fa. És a dir, quan el manteniment es fa pitjor (per exemple, per estalviar diners, en lloc de fer les inspeccions cada mes es fan cada dos mesos), el sistema està menys disponible.

5.3 EXEMPLE

S'ha determinat mitjançant tècniques especialitzades que un sistema complex format per alarmes i interruptors d'emergència té una taxa de fallades de 0,1 fallades/any. El nombre d'inspeccions que es du a terme és d'una vegada al mes (és a dir, un interval d'inspeccions de $1/12 = 0,083$ anys). Es vol comprovar quina influència té en la probabilitat de fallada del sistema la reducció del nombre d'inspeccions anuals i el canvi del sistema per un altre amb taxes de fallada superiors.

El sistema ha d'estar sempre preparat per actuar però només ho fa en cas d'emergència. La indisponibilitat (la probabilitat que el sistema d'alarmes falli en el moment en què el procés sol·licita el seu servei) seria, d'acord amb (6):

$$U = \frac{1}{2} \cdot 0,1 \cdot 0,083 = 4,15 \cdot 10^{-3}$$

és a dir, una probabilitat de fallada —o de no resposta del sistema quan se'l requereixi— del 0,415%.

Si per estalviar diners es disminueix el nombre d'inspeccions i se'n fa una cada sis mesos (és a dir un interval d'inspeccions de 0,5 anys), la probabilitat de fallada seria:

$$U = \frac{1}{2} \cdot 0,1 \cdot 0,5 = 0,025$$

és a dir, amb una probabilitat de fallada del 2,5%.

Aquesta indisponibilitat és sis vegades més gran que l'anterior, la qual cosa vol dir que l'increment del risc de fallada global del sistema i per tant el d'un accident podria ser significatiu.

Si, d'altra banda, a mesura que van fallant els elements del sistema es van substituint per altres d'inferior qualitat el resultat és un sistema encara menys segur. Si, per exemple, els elements nous tinguessin una taxa de 0,2 fallades/any, en lloc de 0,1 fallades/any, la indisponibilitat es duplicaria.

Això vol que si, per estalviar costos, reduïm el nombre d'inspeccions d'una al mes fins a dos a l'any, i els elements que es van substituint tenen una taxa de fallades el doble de gran que els anteriors, la indisponibilitat seria dotze vegades més gran.

6. CONCLUSIONS

La crisi econòmica actual pot portar com a conseqüència un increment del risc de les empreses productives i del transport de mercaderies perilloses si s'aprofita la conjuntura per retallar pressupostos en l'àmbit de la seguretat.

No és segur que les estadístiques d'aquests anys mostrin que això sigui així. Segurament en sectors molt específics com el de la construcció es veurà una reducció del nombre d'accidents totals però potser ens trobarem amb un increment del nombre d'accidents per hora treballada si d'altra banda l'ambient de treball pot no ser el més adequat a causa de les tensions internes que molts estan vivint en l'àmbit laboral i/o personal.

Però vist des d'una altra òptica, un moment com l'actual pot ser l'ideal per corregir els errors comesos en el passat i aplicar polítiques de prevenció que evitin l'accident des de la seva arrel.

És completament necessari conèixer les causes bàsiques dels accidents i l'evolució des de l'inici fins arribar al final de la cadena accidental. Aquest coneixement dóna informació al personal tècnic en seguretat per comprovar els punts febles.

Per prendre una decisió fonamentada els gestors de la seguretat han d'analitzar els costos que els accidents poden suposar per a la seva empresa i, per tant, si donen la volta al mitjà, els beneficis que obtindrien amb una correcta gestió de la seguretat i una política de prevenció d'accidents. Al costat d'això hauran de determinar les inversions a realitzar i les despeses anuals necessàries per mantenir aquesta política.

Però, a més, actuar en aquest sentit vol dir una productivitat més gran ja que un entorn de treball favorable i un personal motivat és vital per aconseguir els objectius de producció i de qualitat fixats per l'empresa.

BIBLIOGRAFIA

CORTÉS, J.M. *Técnicas de prevención de riesgos laborales*. 2a ed. Madrid: Tébar Flores, 1997, p. 28-29.

OFICINA INTERNACIONAL DEL TREBALL (OIT). *Mensaje de Juan Somavia, director general de la OIT*, 28 de abril de 2010. <http://www.un.org/es/events/safeworkday/oitmessage.shtml>

REGNE UNIT. Health and Safety Executive (HSE) *Cost Benefit Analysis (CBA) checklist*, 2009. <http://www.hse.gov.uk/risk/theory/alarpccheck.htm>

RENAU, J.M. «La seguretat i el manteniment en temps de crisi». *Informe 2009 de l'Observatori del Risc*. Institut d'Estudis de la Seguretat, p. 67-71.