
4. EL RISC TECNOLÒGIC, LES MATÈRIES PERILLOSES. MITE I REALITAT

Bartomeu Sigalés*

Segons Pompeu Fabra, *risc* és la 'contingència a la qual està exposat algú o alguna cosa, perill incert'. Quantitativament en termes actuariaus, es pot expressar com l'esperança matemàtica del dany, igual al producte de la probabilitat d'un succés pel dany causat per les seves conseqüències. El risc tecnològic a la societat actual ha esdevingut el més important per a la vida humana, superant el risc natural tradicional.

La tecnologia comporta riscos professionals o interns, suportats pels treballadors i empleats d'una determinada activitat industrial, minera, etc., però a més, i cada cop més, representa uns riscos addicionals externs que afecten la població no involucrada en l'activitat. D'aquest darrer tipus són alguns dels accidents de transport, de generació nuclear d'electricitat, d'indústries de procés (químiques) i de grans emmagatzematges. Aquests dos últims riscos són deguts a les substàncies i matèries perilloses involucrades i són l'objecte d'aquesta exposició.

Els riscos que presenten certes substàncies es materialitzen en danys quan aquestes queden fora de control per fuita, explosió o incendi i és quan poden manifestar els perills que comporten.

Malgrat la multitud de substàncies i matèries perilloses que fem servir, quan es produeix el trencament de les barreres que les aïllen del seu entorn, els fenòmens que poden produir danys es poden agrupar en només tres tipus: mecànics (sobrepessió i projectils), tèrmics (combustió i flux de calor) i químicofisiològics

* Departament de Màquines i Motors Tèrmics. Universitat Politècnica de Catalunya. 08028 Barcelona.

(corrosió i toxicitat), tots ells sotmesos a les lleis de la natura (física, química i biologia). En concret l'extensió de la matèria fora de control verifica sempre les lleis de conservació de la matèria, de la conservació de l'energia i d'Euler de la dinàmica (balanços de forces i moments).¹

Els subjectes passius dels danys, persones i béns, es denominen en el llenguatge especialitzat *elements vulnerables* i la susceptibilitat a patir el dany, *vulnerabilitat*, característica molt complexa que depèn del fenomen, del subjecte passiu i de les circumstàncies, cosa que fa que solament es pugui establir en forma estadística. En gros, els danys són funció de la dosi o quantitat de substància o energia incorporada al subjecte, sigui quina sigui la via d'exposició, i de la intensitat d'aquesta incorporació.

Per als efectes mecànics, valors relativament petits amb durades pràcticament instantànies de les magnituds perilloses són molt destructius, així doncs una sobrepressió d'1/3 d'atmosfera pot enderrocar un edifici de construcció corrent (maons) i una sobrepressió de només 1,31 d'atmosfera trenca els vidres de les finestres; calen però sobrepressions de 6 atmosferes o més per produir la mort d'un adult per rebentament dels pulmons.

Per als efectes tèrmics, els valors perillosos de l'escalfor també són baixos, així doncs un flux radiant durant 10 segons, com el que rebrien a 15 metres d'un incendi massiu del contingut d'una cisterna de butà, té efectes letals per a l'home.

Els efectes químics (corrosius) i biològics o tòxics (letals, irritants, narcòtics, cancerígens, productors d'alteracions genètiques) són més complexos i variats, però són sempre funció de la dosi i també la concentració instantània de la substància activa.

En qualsevol cas la intensitat del fenomen perillós disminueix amb la distància,² de manera que a distància suficient, aïllant el perill,

1. B. SIGALÉS, *Transmissió de calor*, vol. 1, *Bases de la transmissió de calor*, Barcelona, UPC, 1992, p. 185-142, 146-152.

2. Això és conegut des de fa molt temps, per exemple *La enciclopedia moderna de literatura, ciencias, artes, agricultura, industria y comercio*, publicada per Francisco de P. Mellado a Madrid l'any 1852, en l'article *aislamiento* diu textualment: «En cuanto a las cosas la prudencia aconseja a veces que se conserven aisladas una de otras; así las fábricas de salitres y polvorines deben estar colocados a grandes distancias de las casas, establecimientos, aldeas, etc., que podrían ser destruidas por su explosión. Del mismo modo ciertos establecimientos y manufacturas, considerados como insalubres, deben aislarse de las ciudades y poblaciones en un espacio donde corra el aire libremente y no pueda temerse su influencia».

els riscos de les matèries perilloses desapareixen. Aquesta particularitat dels fenòmens perillosos s'obvia, no s'explota correctament, en molts casos per l'aparent dificultat, que no vol dir la impossibilitat, de calcular-ne l'abast. El fet és que una determinació acurada i correcta de l'abast dels fenòmens perillosos demostra que, malgrat la seva espectacularitat, l'abast de la seva majoria és relativament curt i permet situar sense risc les instal·lacions perilloses a distàncies molt més petites dels elements vulnerables del que es pensa habitualment.

Malgrat això s'han publicat notícies a la premsa com la de la figura 1.

Faro de Vigo, sábado 2 de enero de 1988

La dirección de las protestas sobre la ubicación de CAMPSA de Teis ha cambiado de objetivo. El consejo de Esquerda Unida de este barrio considera que la responsabilidad no es de la dirección del monopolio, sino del Ayuntamiento ya que las instalaciones se ubicaron en la zona antes que muchas viviendas que hoy rodean el perímetro de la factoria. Para los responsables de este partido, un accidente significaría la destrucción de 60 kilómetros a la redonda.

FIGURA 1. Article publicat al *Faro de Vigo* el 2 de gener de 1988.

Com es pot fer una afirmació com aquesta d'uns dipòsits de combustible d'ús quotidià i generalitzat, ja que es tracta de matèries que portem al cotxe, que estan en els trens i vaixells o que fem servir per a la nostra calefacció? Molt senzillament: aplicant lleis de la física simplificades en excés. Per fer-ho entenedor, si s'apliquen

les lleis de la mecànica sense fregament, un automòbil no es mouria del lloc, si no es té en compte la viscositat; es podria portar aigua suficient de l'Ebre a Barcelona sense bombes per impulsar-la, etc. Les simplificacions excessives en la determinació de l'abast dels fenòmens perillosos provocats per certs accidents o en el seu arbitrari postulat són, quan assoleixen magnituds tan alarmants, tan falses com els resultats de la mecànica abans esmentats, però atesa l'aparença científica dels càlculs i la innata tendència dels testimonis humans, des dels viatgers medievals fins als pescadors aficionats, a l'exageració de les descripcions morboses, en aquest cas la gent tendeix a creure-s'ho.

A les figures 2³ i 3⁴ es mostren dos plànols esquemàtics dels accidents amb matèries perilloses potser més terribles ocorreguts mai (deixant a part l'ús bèl·lic). L'un amb matèries inflamables i l'altre amb gasos tòxics que són, respectivament, l'incendi i les explosions

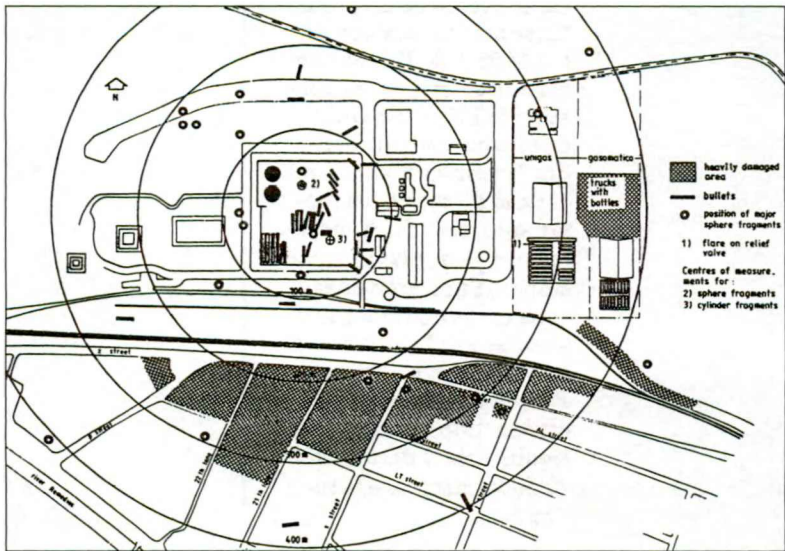


FIGURA 2. Àrea afectada i posició de les bombones i de la major part dels fragments en aquesta àrea (San Juanico, Mèxic).

3. Segons I. C. M. PIETERSEN i S. CENDEJAS HUERTA, «Analysis of the LPG Incident in San Juan Ixhuatepec, Mexico City, 19 november 1984», TNO, l'Haia, 1984.

4. Segons B. BOWONDER i T. MIYAKE, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 19, 1987, p. 237-269.

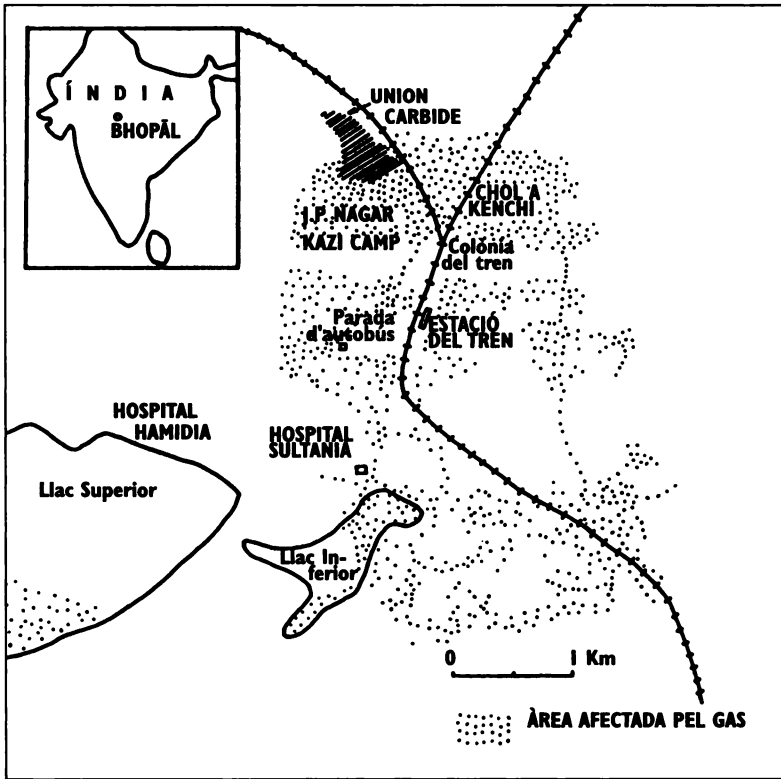


FIGURA 3. Àrea afectada per la fuga de gas a Bhopāl (Índia).

de la instal·lació d'un magatzem de butà i propà a San Juanico (Mèxic), i la fuga d'isocianat de metil (MIC) a Bhopāl (Índia).

En el primer cas els efectes tèrmics només van sobrepassar lleugerament un radi de 300 metres de la instal·lació⁵ i solament els projectils van tenir un abast molt considerable: fins a una mica més d'1 quilòmetre. En el segon cas els efectes letals van assolir una gran distància: van sobrepassar els 4 quilòmetres i van produir un nombre enorme de víctimes, s'ha parlat⁶ de 2.500 morts i innumerable afectats a causa de l'existència d'amuntegaments d'humans en barraques al costat mateix de la instal·lació.

5. Les zones afectades a més de 300 metres eren les que contenien combustible.
6. *TIME*, (1 abril 1985), p. 45.

Aleshores com es poden fer afirmacions com la del final de la notícia de premsa de la figura 1? Molt fàcilment i aparentment d'acord amb les lleis de la física i la química. La terminal de Vigo té una capacitat de 60.199 metres cúbics d'hidrocarburs.⁷ A plena capacitat poden ser unes 50.000 tones, el poder calorífic de les quals (calor després de cremar) és el mateix que 500.000 tones de TNT. En un terreny sense obstacles l'ona de sobrepressió de l'explosió de tal quantitat de TNT assoliria un valor que trencaria vidres a 45 quilòmetres (per als 60 quilòmetres caldria una terminal el doble de gran). Què passa realment en el cas d'un incendi? Doncs que no és possible la combustió simultània de tot el combustible, perquè els hidrocarburs cremen a una velocitat relativament petita, que impedeix que detonin, però sí detonen quantitats molt petites de gas en condicions especials de confinament. En el cas d'un vessament, sense un incendi previ, només una petita part de la gasolina podria deflagrar i això a distàncies bastant inferiors a 1 quilòmetre de l'origen i afectaria una zona que difícilment tindria més de 100 metres de radi.

Aquest cas és quasi grotesc, però malauradament s'han publicat, fins i tot en l'àmbit oficial, molts resultats amb grans errors, sempre pel costat tremend, per culpa de càlculs inexactes. Potser el descuit més importat és el de negligir l'efecte dels obstacles, que fan de barrera impenetrable, com en casos de radiació tèrmica (calor), o bé que encara que pateixin els efectes del fenomen, com en el cas de l'ona de sobrepressió, absorbeixen l'energia corresponent, de manera que esgoten ràpidament el fenomen perillós (si l'ona de pressió enderroca un edifici, normalment el següent queda incòlume; si un gas ataca la vegetació, el núvol s'esgota abans, etc.).

El fet és que aquests càlculs no rigorosos i els resultats corresponents que podríem qualificar de frívols, si no es revisen i es refan quan calgui, poden tenir unes repercussions urbanístiques i socials, com reflecteix la primera part de la notícia de la figura 1, en resum econòmiques, de gran transcendència perquè l'aplicació de la legislació sobre aquesta base falsa pot tenir efectes contraproductius, i crear un neguit injustificat a la població i una aurèola catastrofista a la indústria química. Això, si no es desmitifica, provocarà unes

7. *Enciclopedia nacional del petroleo, petroquímica y gas*, Madrid, OILGAS, 1990.

penalitzacions econòmiques, degudes a costos superflus, que perjudicaran el desenvolupament industrial general i, a la llarga, el social.

A la vista d'aquests resultats i com a extrapolació d'altres activitats on l'abast del perill és molt gran i perdurable,⁸ les Imperial Chemical Industries (ICI) han proposat considerar com a criteri de seguretat per al funcionament de la indústria química un risc no nul, especialment després de l'accident de Flixborough⁹ l'any 1974. Cal assenyalar que aquest concepte també permet garantir la immunitat respecte als perills específics d'una instal·lació, ja que encara que un accident que contradigui les lleis físiques i químiques és sempre possible, es pot fer que el risc per a un element vulnerable en el cas d'un accident d'aquest tipus sigui zero, perquè sempre es pot anul·lar el factor danyós del producte que provoca el risc amb un allunyament suficient.

La raó fonamental que hi ha en l'opinió favorable a considerar la disminució del risc amb mesures tecnològiques en comptes de l'exigència de l'aïllament o separació, és l'intensiu ús del sòl als països de la Comunitat Econòmica Europea, on algunes instal·lacions perilloses estan realment prop de zones excessivament habitades, cosa que als complexos químics més importants espanyols (Tarragona, Huelva) no passa.

Com ja s'ha dit,¹⁰ l'enfocament d'admetre el risc addicional no nul per a instal·lacions fixes¹¹ enfront del basat en l'allunyament, que té un risc superior en l'abast dels possibles danys, presenta al-

8. Com és el cas de les emissions radioactives. Aquesta pràctica d'actuació fou introduïda l'any 1967 per als estudis sobre la seguretat de les plantes nuclears per F. R. Farmer, amb les seves conegudes corbes («Siting criteria-a new approach», a *IAEA Symp. on the Containment and Siting of Nuclear Power Reactors*, Viena, abril 1967, SM/89/34).

9. Una fuga de ciclohexà va deflagrar explosivament dins d'una planta, i va produir 28 víctimes mortals entre el personal i danys per valor de 48 milions de \$, de l'època, a la planta, i 132 milions més per als afectats externs (per als 53 ferits i per a les trencadisses diverses en unes 1.821 vivendes i per a 167 botigues amb danys) dels pobles de Flixborough i Amcotts, situats a 600 metres de la instal·lació; encara que la trencadissa de vidres va afectar poblacions situades a 3 i 3,7 quilòmetres de l'explosió.

10. B. SIGALÉS «Estado actual del análisis de consecuencias de accidentes en la industria química», Ponència inaugural de la sessió II de la Conferència sobre Plans d'Emergència en Instal·lacions Industrials, Barcelona, 4, 5, 6 de desembre de 1985; també *Ingeniería Química*, (desembre 1989), p. 86.

11. La probabilitat del transport no permet risc addicional no nul.

guns inconvenients, cosa que no significa que no sigui útil, però sí que la seva utilitat és limitada. El seu punt més feble és l'atemporalitat del concepte de la probabilitat, que fa que el succés més improbable pugui passar demà,¹² cosa que segons per a qui i segons quins siguin els elements vulnerables, podem no admetre. També limita la llibertat individual i col·lectiva d'elecció i pot no ser acceptable que s'imposi a les persones, ja que els riscos normalment assumits, excepte l'enfermetat, són voluntaris o els genera l'individu mateix amb la seva conducta. Fins i tot si es considera que la societat ha d'admetre certs riscos imposats per la seva administració, el nivell d'aquest risc és molt discutible, perquè és pràcticament impossible definir objectivament els conceptes necessaris¹³ i a molts països vulnera els drets constitucionals.¹⁴ El tercer inconvenient és la dificultat per a la determinació de les probabilitats, ja que, afortunadament, les poblacions amb fallades i amb accidents registrades són, a més de molt heterogènies, insuficients quasi sempre per permetre estimacions de valors estadísticament fiables, fins i tot pel que fa a la magnitud.

S'ha afirmat també¹⁵ que si es dóna prioritat al criteri d'eliminar el risc addicional a l'existent en un determinat emplaçament,¹⁶ i s'estableixen distàncies d'acord amb l'anàlisi de les conseqüències, tal cosa frenaria el progrés tecnològic destinat ha fer més segures les instal·lacions mitjançant salvaguardes tecnològiques, millors dissenys de processos i equips, materials més adequats, etc. Tal cosa no és certa, ja que el criteri de risc zero normalment només pot aplicar-se a elements exteriors a una instal·lació fixa, per la qual cosa la inte-

12. Segons les corbes de Farmer, la freqüència d'un accident com la caiguda d'un Boeing 727 el passat 4 d'octubre de 1992 a Amsterdam, és de 10^{-6} víctimes per any, valor indicat a l'article 4t, punt 3.4, de la Directriz básica para la elaboración y homologación de los planes especiales del sector químico com a lllindar per considerar adients les salvaguardes tecnològiques d'una instal·lació perillosa.

13. B. SIGALÉS, *Ingeniería Química*, (setembre 1985), p. 31-33.

14. Segons l'article 16 de la Constitució espanyola aquesta interpretació és possible. En qualsevol cas, la societat cada cop ho veu menys clar, vegueu Josep M. ESPINÁS «A LA VORA DE...Pot passar», *Avui*, (14 febrer 1993), p. 48.

15. Roger GROLLIER-BARON, «Les Accidents Industriels Majeurs. Quelles leçons en tirer?», Col·loqui organitzat per CERCHAR, París 20-21 de setembre de 1990.

16. Recordeu que les probabilitats de successos independents es sumen i que la seva seqüència en el temps no depèn del valor de la probabilitat.

gritat del personal de la factoria, exigència inclosa a totes les legislacions nacionals, només pot protegir-se reduint els riscos.¹⁷

La solució del problema que crea l'actual mitificació dels riscos per les matèries perilloses, riscos que existeix com a tota activitat humana que afecta un gran nombre de persones, només es pot assolir, en termes reals, amb una planificació urbanística racional¹⁸ i amb una informació rigorosa. Cal una zonificació acurada, fonamentada en càlculs i determinacions precises, que només elimini certes instal·lacions fixes dels espais en què calgui realment i disminueixi el risc, inevitable, del transport. Això ha de permetre que continuï el progrés d'unes activitats que han donat i han de donar, un balanç benefici/cost, en el sentit més ampli, altament positiu per al conjunt de la humanitat.

17. A part dels imperatius legals, els incentius econòmics cada cop són més considerables. Als EUA, per exemple, la Mobil Chemical Co., en 3 anys va reduir les indemnitzacions per accidents al personal en 1,6 milions de \$ (*Chemical Engineering*, (setembre 1992), p. 5).

18. I basada en el principi de la solidaritat, com a conseqüència del reconeixement que el valor del sòl no el crea una propietat passiva sinó que és fruit de la tasca de la societat en el seu conjunt, en expandir nuclis urbans, construir comunicacions, facilitar serveis i generar la capacitat adquisitiva de la població.