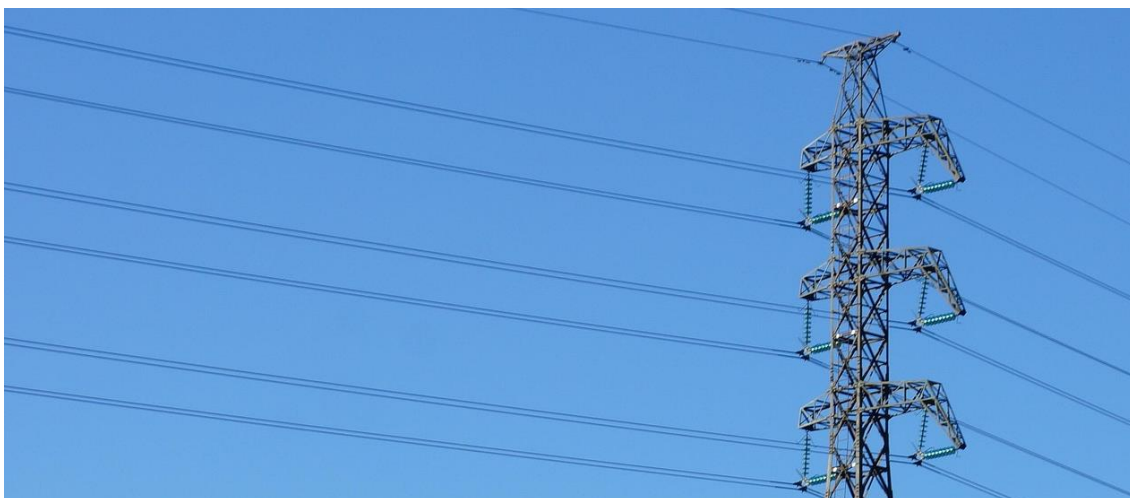




DE LA DEPENDÈNCIA A LA RESILIÈNCIA

INDÚSTRIA I SERVEIS DAVANT UNA APAGADA

Enginyers Industrials de Catalunya. Associació/Col·legi

Octubre 2025



COORDINADORS:

Jeroni Farnós
Lluís Pinós

REDACCIÓ I SUPERVISIÓ:

Jeroni Farnós
Lluís Pinós
Lluís Puerto
Jordi Ruppman
M. Àngels Sebastià
Joan J. Vallvé

COL·LABORACIONS:

Xavier Conesa
Lluís Fontanals
Anna Masdeu (Infocentre)
Daniel Montesinos
Rosa Nomen
Ignasi Rafel
Julià Sempere
Manel Torrent

Primera edició: octubre de 2025

EDITA

Col·legi/Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya
Via Laietana, 39
08003 Barcelona
93 319 23 00
www.eic.cat



ÍNDEX

1. Resum executiu i recomanacions	Pàg. 4
2. Què va passar el 28 d'abril de 2025 a Espanya i Portugal?	7
3. Antecedents	9
3.1 Altres apagades anteriors a Catalunya	10
3.2 Casos internacionals	10
3.3 Resum de les millores de la resiliència apreses en aquestes apagades generalitzades:	
a. Equipament	10
b. Plans d'actuació	10
4. Efectes i conseqüències de l'apagada generalitzada a Espanya del 28 d'abril del 2025	12
4.1. Sector empresarial	12
4.2. Ciutat de Barcelona	12
4.3. Sector industrial	13
4.4. Sector logístic	14
4.5. Sector terciari (serveis)	14
5. Pot tornar a passar a Catalunya, a Espanya o a Europa? Probabilitats i possibles impactes	17
6. Anàlisi i propostes de millora de la resiliència en l'àmbit de Catalunya per mitigar els efectes d'una apagada elèctrica	19
6.1. Activitats essencials amb regulació específica en cas d'apagades	19
6.2. Activitats sense regulació en cas d'apagades	31
7. Aspectes econòmics, legals, responsabilitats, reclamacions i assegurances	35
7.1. Efectes econòmics de l'apagada elèctrica del 28 d'abril	35
7.2. Assegurances i cobertures de l'apagada elèctrica	35
7.3. Reclamacions	36
7.4. En resum	36
8. Conclusions	37
9. Referències i fonts d'informació	38
10. Annex de mesures generals per diferents sectors	39





1. RESUM EXECUTIU I RECOMANACIONS

Aquest document té per objectiu resumir què va passar a l'apagada general del sistema elèctric a Espanya i Portugal el dia 28 d'abril de 2025, pel que fa als seus efectes i conseqüències, resumir les principals recomanacions relatives al sistema elèctric i, molt especialment, estudiar les recomanacions relatives per planificar la millora de la resiliència per les indústries i principals activitats dels sectors logístic i terciari davant de possibles apagades de llarga durada.

L'apagada del 28 abril va demostrar la importància i la dependència de l'energia elèctrica que tenen la nostra societat i economia, ja que va afectar l'activitat normal d'uns 60 milions de persones entre Espanya i Portugal i la gran majoria de sectors d'activitat. Malgrat la complexitat del sistema, la recuperació va ser relativament ràpida i s'estan fent tots els esforços i plans d'actuació i prevenció per assegurar la fiabilitat del sistema elèctric.

Per una altra banda, el consum d'electricitat, que representa actualment un 25% del mix energètic total, es preveu que augmenti fins a nivells de l'ordre del 75% cap al 2050. Amb aquestes previsions, seria possible tornar a patir una nova apagada general tot i que difícilment seria a escala nacional. Per això, és important estudiar la resiliència dels sectors industrial, logístic i terciari enfront de talls de subministrament elèctric tant en sectors estratègics i essencials, i tant en els que estan regulats com en els que no tenen una regulació específica.

En aquest document, entenem la resiliència dels sectors com el resultat del conjunt de plans d'actuació per a la prevenció, resposta, revisió i recuperació per fer front a talls del subministrament elèctric.

El Ministeri per a la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic (MITECO) ha emès el seu informe en data 17 de juny de 2025 amb les principals recomanacions que es resumeixen a continuació pel que fa al sistema elèctric en el seu conjunt:

- En vista de les conclusions obtingudes a l'anàlisi, el Comitè proposa una sèrie d'actuacions per evitar que es repeteixi un incident d'aquest tipus, entre les quals destaca el reforç de la supervisió i la verificació del compliment de les obligacions per part de tots els agents del sistema elèctric, així com mesures tècniques que reforcin les capacitats per al control de tensió i protecció contra les oscil·lacions en el sistema. En aquest punt, és clau l'actualització del PO 7.4, en mans de la Comissió Nacional dels Mercats i la Competència (CNMC), que permetrà a les instal·lacions asíncrones aplicar solucions d'electrònica de potència per gestionar les variacions de tensió. Això pot contribuir a reduir costos en entrar les tecnologies més competitives.
- A més, es proposa augmentar la flexibilitat de la demanda del sistema elèctric. Tot això contribuirà a la planificació de l'electricitat pel període 2025-2030, que prioritzarà els consums industrials, l'increment de la capacitat d'emmagatzematge i una revisió de la regulació dels serveis d'ajust i les restriccions tècniques del sistema.
- Igualment, cal mantenir la prioritat governamental d'incrementar el nivell d'interconnexió amb els nostres països veïns.
- Pel que fa a la ciberseguretat, es proposa agilitzar la transposició de normativa europea. S'han d'aplicar controls i segmentació de xarxes, a més d'implementar sistemes de detecció i correlació d'esdeveniments, que proporcionin un nivell més alt de vigilància.



La implementació i aplicació pràctica d'aquestes recomanacions dependrà dels acords polítics als quals s'arribi i es tradueixin en nova legislació i reglaments.

Un aspecte que també es va posar en evidència va ser la importància i transversalitat dels sistemes d'informació i comunicacions (TIC), que es tracten específicament en aquest document i la necessitat de millorar la seva resiliència de manera integral.

Respecte als efectes, les seves conseqüències i els plans de millora de la resiliència a considerar per aquests casos, tot seguit es llista un breu resum de les recomanacions a tenir en compte.

Per les **activitats i sectors essencials amb una regulació i normativa** específica aplicable:

- **Aigua:** el sistema va funcionar en el seu conjunt, però s'haurien de revisar els sistemes de suport i l'autonomia d'aquests sistemes per a parades llargues, per tal d'assegurar el subministrament en quantitat i qualitat.
- **Energia:** el sector energètic, especialment pel que fa a l'energia elèctrica, va ser l'epicentre de la crisi i és l'element més important del pla de millora de la resiliència. Les recomanacions s'han resumit anteriorment.
- **Salut i sistemes sanitaris:** el sector salut va funcionar correctament, però cal revisar i mantenir en continu les obligacions legals de les instal·lacions, infraestructures i serveis crítics sanitaris per suportar apagades de llarga durada. En particular, assegurar els subministraments de combustibles pels generadors de suport i el manteniment i funcionament d'aquests sistemes de suport pel que fa a les instal·lacions i la seva operativitat en tot moment.
- **Tecnologies de la informació i de les comunicacions (TIC):** aquest sector és transversal i és essencial per assegurar la informació i comunicació en temps real de

totes les activitats i per les persones. L'alt nivell d'informatització i comunicacions fan que una fallada de les TIC impacti a tots els sectors, paralitzant-ne la majoria. Aquest sector ha de revisar el seu pla de millora de la resiliència enfront d'apagades elèctriques i incidències similars, perquè no es repeteixi la situació del 28 d'abril de 2025, en què les comunicacions van caure al cap de poc temps i van impactar en molts aspectes de l'activitat i la societat.

- **Transport:** aquest sector també és transversal i bàsic pel funcionament de tots els sectors i per les persones i ha de revisar els plans de millora de la resiliència en diferents aspectes per assegurar els més crítics i permetre evacuacions amb tota seguretat dels usuaris. En el transport públic i amb un esdeveniment d'aquestes característiques, s'ha d'assegurar el desallotjament dels trens i les estacions, el manteniment amb tensió dels equips crítics, i la recuperació dels equips quan es torna a tenir tensió.

En el cas dels trens, aquells que es troben a les estacions o que per inèrcia poden arribar a una estació, desallotgen a les andanes. Els que es queden als túnels, s'han d'anar a buscar segons els protocols establerts per donar suport en l'evacuació pel túnel fins a l'estació. Equipaments com els enclavaments o els centres de control i altres equips crítics estan alimentats per elements de protecció que han de permetre les maniobres necessàries.

L'enllumenat d'emergència i els ascensors a les estacions, així com els sistemes de megafonia i els pous d'esgotament són també equipaments que requereixen nivells alts de fiabilitat de la seva protecció.

S'han de preveure equips de protecció amb la màxima autonomia i preveure revisions periòdiques del seu bon funcionament. Cal assegurar que les comunicacions segueixen estant disponibles.



Els operadors de transport públic han de comptar amb plans d'autoprotecció davant d'emergències que apliquen en casos com aquest.

S'ha de considerar el reforç/prolongament del transport en superfície com el bus (vehicles i treballadors), especialment els vehicles propulsats amb combustibles fòssils que poden donar servei per una durada més llarga.

En els semàfors i infraestructura, com en qualsevol altra emergència en el transport, cal disposar d'un pla d'actuació documentat. Alguns aspectes que cal assegurar són: la il·luminació d'emergència als túnels, accessos i estacions de servei per mantenir el servei durant el màxim temps possible, així com disposar de sistemes de senyalització i comunicacions redundants.

Les estacions de servei han de poder assegurar un mínim de subministrament de combustibles per permetre el transport de mercaderies, persones i mobilitat.

Respecte al transport aeri, les companyies aèries van poder mantenir els vols i els sistemes van funcionar correctament en general, però va haver-hi nombroses cancel·lacions de vols pels problemes amb el transport terrestre i altres aspectes aliens al sistema aeri. Els sistemes d'emergència i suport s'han de mantenir operatius en continuïtat.

El transport marítim va poder funcionar per l'autonomia dels vaixells així com l'Autoritat

Portuària, però les instal·lacions terrestres tenien les limitacions que els van afectar, implicant els moviments dels contenidors.

- **Alimentació:** un aspecte clau, de nou, és el relacionat amb les TIC per a assegurar el funcionament dels terminals de punt de venda (TPV). D'altra banda, les diferents indústries alimentàries han de revisar els seus plans de millora de la resiliència per mantenir un nivell mínim de fred que permeti la conservació dels aliments peribles, en cas d'apagades.

Per les activitats i sectors que no estan regulats, el seu pla de millora de la resiliència serà individual, voluntari i fruit d'una anàlisi cost-benefici que consideri tots els aspectes de l'activitat. Es descriuen les recomanacions i elements claus a considerar utilitzant sistemes com el HAZOP (*Hazard and Operability Analysis*) per fer els estudis sistemàtics dels riscos, el qual és un bon mètode per considerar les criticitats i accions a prendre en cas de fallades dels diferents factors.

L'apagada del 28 d'abril de 2025 va suposar un problema major, que es va poder reposar relativament ràpidament, però també és una oportunitat per millorar la resiliència dels sistemes bàsics de la nostra societat i economia.

La clau és la prevenció, la capacitat de resposta i de recuperació ràpida i coordinada i la capacitat d'aprenentatge.



2. QUÈ VA PASSAR EL 28 D'ABRIL DE 2025 A ESPANYA I PORTUGAL?

L'apagada del 28 d'abril del 2025

El 28 d'abril de 2025, a les 12.33 h, es va produir un incident al sistema elèctric ibèric (Espanya i Portugal) que va provocar una apagada total. L'actuació dels sistemes de protecció de les línies d'interconnexió amb França i el Marroc van evitar que l'incident es propagués pel nord d'Àfrica i Europa.

La posterior reconexió d'aquestes interconnexions, juntament amb la disponibilitat de grups hidràulics amb capacitat d'arrencada autònoma, va ser clau per iniciar el procés de reposició del servei en el sistema elèctric. Segons Red Eléctrica de España (REE), a les 16.00 h totes les subestacions ja estaven energitzades i restava només la xarxa de distribució que al cap d'unes poques hores més, ja estava també del tot en servei i operativa.

El sistema elèctric és un **sistema dinàmic** que funciona condicionat al balanç zero entre la potència generada i la potència consumida. Quan es perd aquesta estabilitat, el sistema es torna inestable. La tensió i la freqüència assoleixen valors fora dels normals i el sistema, per tal de protegir-se, s'ha de desconectar. No fer-ho tindria conseqüències destructives pels elements físics que el formen i també les càrregues connectades a ell, així com als processos que usen l'energia elèctrica. Aquesta estabilitat de la potència s'ha de produir en l'àmbit global, però també pel que fa a cada node de la xarxa. Quan en un node no es pot aconseguir l'estabilitat, cal desconectar-lo. Però això, pot afectar l'estabilitat dels nodes adjacents a aquest, i produir un efecte en cadena.

En els dies previs i durant el mateix matí de l'incident, es van registrar oscil·lacions locals de potència, tensió i freqüència entre alguns nusos i també en algunes interconnexions amb Europa. L'origen no s'ha pogut identificar. Aquestes oscil·lacions van ser causades per petits incidents, no anormals, però podrien considerar-se indicadors d'una estabilitat transitòria reduïda. En l'operació normal del sistema, aquestes oscil·lacions es van poder controlar i van desaparèixer sense provocar cap desconexió ni incident.

En els instants previs a l'incident, la generació, la càrrega pròpia i les exportacions es mantenien d'acord amb la programació establerta. La situació meteorològica era estable, sense fenòmens elèctrics rellevants propers o llunyans. Tots els elements connectats a la xarxa de transport de 400 kV es trobaven en estat correcte i complien les condicions normatives vigents d'operació de REE. Les inspeccions posteriors van confirmar que no hi havia avaries als equips. Sí que es van detectar tensions anòmalament elevades en alguns nusos de la xarxa.

Després d'un període de funcionament gairebé estacionari, es va produir la desconexió sobtada i pràcticament simultània de tres parcs generadors, amb una pèrdua de producció de 2,2 GW. Aquesta desconexió es va atribuir a l'activació de les proteccions de sobretensió dels parcs, probablement a causa d'un valor anòmalament elevat de la tensió. Aquest fet va generar un greu desequilibri entre la producció i la demanda. L'incident es va produir en una situació de funcionament prolongat en règim estacionari, i es pot associar, principalment, a la regulació de la



tensió al nivell de 400 kV, sense necessitat de considerar la resposta dels equips en processos transitoris com la inèrcia, la regulació primària o la regulació d'excitació.

El sistema no va ser capaç d'autoregular-se, i ajustar-se en cada node el balanç de potència, i va entrar en un procés de gran inestabilitat, que no es va poder aturar ni limitar. Això va desembocar en la desconexió total del sistema. L'equilibri entre producció i demanda es va veure greument alterat per les desconexions de generació, desencadenant un procés **transitori, ràpid i intens** que es va propagar per tot el sistema elèctric peninsular. El sistema va intentar automàticament un nou repartiment de la potència activa, cosa que va provocar noves desconexions per protecció, incloses les dues interconnexions síncrones amb la xarxa europea de 400 kV i les connexions amb el nord d'Àfrica. L'incident es va propagar fins a afectar tota la xarxa, excepte alguns sistemes insulars o molt aïllats de la resta del sistema elèctric, com poden ser les Illes Balears. La desconexió de la línia que connecta les Illes amb la península, va protegir el funcionament de la xarxa en aquella zona.

En aquesta fase, van ser determinants les característiques d'inèrcia i la resposta dels

equips davant situacions d'inestabilitat transitòria, així com l'actuació dels sistemes de protecció, la desconexió de càrregues i altres automatismes locals. Les oscil·lacions de potència enregistrades prèviament es poden considerar un avís d'un marge d'estabilitat reduït.

La reposició del servei va començar pocs minuts després de produir-se l'incident. Aquest s'inicia per les interconnexions internacionals disponibles i les centrals amb capacitat d'arrencada en negre, moltes d'elles hidràuliques. La recuperació de la xarxa de transport de 220 kV i 400 kV es va produir de manera **efectiva i gradual**, energitzant node a node per tal de verificar el correcte funcionament dels sistemes i assegurar el balanç de potència. A mesura que es podien connectar més centrals als nodes ja actius, es van poder connectar més càrregues a aquests. La recuperació del sistema de transport es va donar per acabada a les 4:00 h del matí de l'endemà de l'incident. A partir d'aquest punt es va poder completar la recuperació també del sistema de distribució. El temps necessari per a la restitució total del servei es pot considerar relativament curt per la magnitud de l'incident. Va ser inferior al d'altres incidents de menor abast.



3. ANTECEDENTS

3.1. Altres apagades anteriors a Catalunya

Es descriuen breument, algunes de les apagades locals que hi ha hagut.

17 d'octubre de 1987	Afectació de part de Catalunya i del País Valencià	Bloqueig d'un pol de l'interruptor de 400 kV a la SE Sentmenat sortida SALLENT.
24 d'agost de 1993	Afectació parcial a Catalunya	Llamp a la SE Sant Andreu 220 kV. Provoca curtcircuit en el Trafo (transformador) 220/110. i la parada de la CN Vandellòs II.
14 de desembre de 2001	Afectació a Catalunya	Nevada general a Catalunya. Es produeix l'explosió de l'interruptor de sortida Mas Figueres en la SE Foix 220 kV.
23 de juliol de 2007	Afectació important a Barcelona ciutat	Caiguda d'un cable de terra sobre les barres a la SE Collblanc 220 kV. Provoca l'explosió de l'interruptor SF6 SE Maragall 220 kV i l'incendi de la SE de Maragall.
8 de març de 2010	Afectació Girona i Maresme	Caiguda de torres i cables per efecte de la neu collant (acumulació de gel) en els conductors.

A més, hi ha hagut errors generals del sistema elèctric que han provocat apagades massives a diferents països al llarg de la història, amb diverses extensions i conseqüències. Aquests esdeveniments solen ser complexos i, sovint, són el resultat d'una combinació de factors tècnics, climàtics, humans o fins i tot intencionals.

3.2. Casos internacionals

Recollim alguns casos importants d'apagades generals.

Apagada del Nord-est dels EUA i Canadà (1965)	Va afectar uns 30 milions de persones en vuit estats dels EUA i la província d'Ontario. Va durar fins a 13 hores en algunes àrees.
Apagada de Nova York (1977)	Va afectar la ciutat de Nova York durant gairebé 24 hores, i va impactar a 9 milions de persones.
Apagada d'Itàlia (2003)	Una apagada massiva que va deixar gran part d'Itàlia, al voltant de 57 milions de persones, sense electricitat. Va durar diverses hores.
Apagada del Nord-est dels EUA i Canadà (2003)	El més gran en la història d'Amèrica del Nord, va afectar uns 50 milions de persones a 8 estats dels EUA i Ontario, Canadà. Va durar fins a dos dies en algunes zones.
Apagada de Java-Bali (2005)	L'apagada del 2005 va afectar a més de 100 milions de persones a l'illa de Java i Bali. Va durar diverses hores.



Apagada del Brasil (2009)	Va afectar uns 87 milions de persones al Brasil i parts del Paraguai. Va durar diverses hores.
Apagades de l'Índia (2012)	Dues apagades massives van afectar a més de 600 milions de persones, gairebé el 10% de la població mundial, al nord de l'Índia. Van durar diverses hores i, en algunes zones, fins a un dia.
Apagada de l'Argentina i Uruguai (2019)	Va afectar gairebé tot el territori de l'Argentina i Uruguai, més de 50 milions de persones. Va durar més de 12 hores.
Apagada de Veneçuela (2019 en endavant)	Veneçuela ha experimentat una sèrie d'apagades generalitzades i perllongades des del 2019, afectant la pràctica totalitat del país.
Apagades del Pakistan (2021/2023)	El Pakistan va patir apagades que van afectar la major part del país, a cents de milions de persones i van durar fins a 24 hores.
Apagada de Xile (2025)	Va afectar el 98,5% de la població, més de 19 milions de persones, i es va allargar més de 7 hores.

3.3. Resum de les millores de la resiliència apreses en aquestes apagades generalitzades

a. Equipament

- Diversificació i redundància de la generació i transmissió per no dependre d'una font o ruta de transmissió única.

Fomentar la generació distribuïda i la interconnexió amb múltiples punts.

- Manteniment rigorós de la infraestructura: la manca d'inversió i de manteniment és una causa recurrent de fallades. Cal establir programes preventius i correctius estrictes.
- Sistemes de proteccions i d'automatització avançats: implantar sistemes de protecció i control que puguin aïllar errors ràpidament per evitar cascades d'esdeveniments imprevistos i que no siguin vulnerables a un únic punt de fallada (ex., errors de programari).
- Generadors auxiliars i SAI (UPS) en infraestructures crítiques: assegurar que hospitals, centres de comunicacions, estacions de bombament d'aigua, etc. tinguin sistemes d'energia de suport robusts com generadors o bateries de llarga durada amb combustible suficient i plans de reabastiment prioritari.

b. Plans d'actuació

- Plans de comunicació d'emergència: establir xarxes de comunicació alternatives (satel·litals, radioaficionats, ràdios d'ona curta,...) que no depenguin de la xarxa elèctrica comercial per coordinar la resposta i mantenir informada la població.
- Formació i simulacres constants: el personal de les empreses elèctriques, els serveis d'emergència i les autoritats ha d'estar capacitat per respondre i operar sota estrès. Els simulacres periòdics són essencials per identificar fallades al pla.



- Coordinació interinstitucional i col·laboració publicoprivada: és fonamental una col·laboració estreta entre governs, serveis d'emergència, empreses elèctriques, forces de seguretat i altres actors clau per a una resposta eficaç. Cal establir centres de crisi unificats.
- Seguretat (*Security*) de la cadena de subministrament (especialment, de combustible d'automoció i d'aigua potable): assegurar reserves de combustible per a generadors i vehicles d'emergència i plans de contingència per garantir el subministrament d'aigua potable (bombes amb sistemes auxiliars, dipòsits, etc.), aliments, telecomunicacions i mobilitat.
- Protocols de resposta a emergències sanitàries i de seguretat pública: desenvolupar plans per gestionar el

trànsit (ex. semàfors sense energia), la seguretat ciutadana (evitar saquejos), l'evacuació de persones atrapades (ascensors, trens,...) i l'atenció de malalts i ferits.

- Conscienciació i preparació ciutadana: educar la població sobre què fer durant una apagada perllongada (kit d'emergència, llanternes, ràdios de piles, reserves d'aigua i aliments, no fer servir ascensors, precaució en conduir,...).

Aquests esdeveniments han servit a la comunitat internacional com a grans oportunitats per visionar i impulsar la millora de la resiliència de les xarxes elèctriques i el desenvolupament de plans de contingència més robustos. La complexitat de les xarxes modernes i la interdependència dels serveis fan que la preparació sigui cada cop més crucial.



4. EFECTES I CONSEQÜÈNCIES DE L'APAGADA GENERALITZADA A ESPANYA I PORTUGAL DEL 28 D'ABRIL DE 2025

L'apagada elèctrica que va afectar Espanya i Portugal el 28 d'abril de 2025 va tenir un impacte significatiu i generalitzat en diversos sectors i amb pèrdues econòmiques molt importants. Va afectar uns 60 milions de persones. Econòmicament, diferents sectors i organismes han intentat avaluar les pèrdues o costos i els mitjans de comunicacions han donat estimacions globals compreses en una forquilla molt àmplia, segons les diferents fonts, que no se citen a causa de la gran dispersió de les xifres. Però el que és cert, és que va tenir conseqüències molt significatives per als sectors industrials i terciaris, amb impactes econòmics i operatius de gran abast.

La recuperació del subministrament elèctric va ser relativament ràpida i l'activitat general i econòmica va ser diferent segons els sectors i àmbits. A continuació, es presenta un resum general significatiu i les afectacions produïdes als sectors considerats en el present informe.

4.1. Sector empresarial

Segons el sondeig realitzat per la CECOT

Un 97% de les empreses van patir afectacions a la seva activitat. Les afectacions principals comunicades van ser:

- Tancament temporal de l'establiment (28%)
- Aturada total de la producció (25%)
- Problemes amb les vendes i sistemes informàtics (16%)
- Afectació logística (12%)
- Problemes de mobilitat del personal (12%)
- Interrupció parcial de l'activitat (6%)

La durada aproximada de l'afectació va variar:

- Més de 12 hores el 17,8%
- De 8 a 12 hores el 39,6%
- De 4 a 8 hores el 35,6%
- Menys de 4 hores el 5,9%

Pràcticament totes les empreses van sofrir un impacte econòmic derivat de l'apagada, només un 11% comuniquen que no va ser apreciable.

Un 86% de les empreses van haver de suspendre o ajornar serveis, comandes o lliuraments.

Pràcticament totes les empreses van ser afectades i la majoria ho qualifiquen de molt greu (34%) o greu (26%).

La recuperació el dia 29 d'abril va ser ràpida segons la majoria d'empreses (52%) però altres van tenir dificultats tècniques o només van poder recuperar la producció parcialment. Un 6% de les empreses no van poder iniciar la seva activitat

4.2. Ciutat de Barcelona

Per la seva importància, incloem un resum de la ciutat de Barcelona.

L'endemà de l'apagada, el 29 d'abril, l'Ajuntament de Barcelona va informar que la ciutat havia recuperat pràcticament la totalitat dels serveis, concretament va dir:

- Mobilitat fluida i sense incidències remarcables: bus, ferrocarrils, bicings i semàfors en funcionament; el servei de



metro es restableix gairebé per complet a partir de les 03:00 h.

- No es registren incidents rellevants de seguretat, ni d'ordre públic, ni d'activitat delictiva.
- Els centres hospitalaris i sanitaris funcionen amb normalitat.
- Els equipaments d'emergència habilitats inicien la seva desactivació.

La ciutat tornava a estar en ple funcionament abans de migdia del 29 d'abril. Aquell mateix vespre es van celebrar amb normalitat els esdeveniments programats, com el concert al Palau Sant Jordi (9.000 assistents), la missa funeral pel papa Francesc a la Catedral (1.500 assistents) i la Fira d'Abril.

El comunicat acabava agraint a la ciutadania per la seva contribució a la gestió exitosa de l'emergència amb la seva actitud cívica, responsable i col·laboradora.

4.3.Sector industrial

L'industrial, que representa al voltant del 16% del PIB espanyol, va ser un dels sectors més afectats per l'apagada. Moltes fàbriques van haver d'aturar les línies de producció, incloent-hi plantes clau d'automoció, alimentació, farmàcia, metal·lúrgia, petroquímica, química, etc.

Al sector petroquímic i de refinament, la interrupció va obligar a fer parades tècniques no programades en els complexos petroquímics, en instal·lacions crítiques i en plantes químiques. Es van activar protocols d'emergència, es van fer despressuritzacions controlades i no hi va haver incidències de seguretat significatives, gràcies a la preparació prèvia d'aquestes indústries.

A més, la interrupció va afectar la cadena global de subministrament, especialment en

sectors com la fabricació de semiconductors i components electrònics, generant colls d'ampolla i retards a la producció. La paralització va provocar pèrdues immediates per aturades de producció, vendes no realitzades i despeses addicionals per l'ús de generadors dièsel i d'hores extres per recuperar el temps perdut.

D'altra banda, algunes plantes van sofrir danys en alguns equips i van trigar dies o setmanes senceres en poder tornar a operar normalment.

En resum, les conseqüències van incloure:

- Paralització de la producció: nombroses fàbriques, com les d'automoció, les químiques i les metal·lúrgiques, van haver d'aturar les línies de producció immediatament. Això va ocasionar pèrdues econòmiques significatives per la manca de subministrament elèctric.
- Pèrdua de productes: a la indústria alimentària, es van produir pèrdues de productes peribles a causa de la manca de refrigeració.
- Danys en equips: es van registrar desperfectes en equips industrials que no estan dissenyats per a interrupcions abruptes, com forns, premses hidràuliques i sistemes de climatització.
- Descoordinació operativa: la manca d'energia va afectar els sistemes de control i comunicació interns, generant descoordinació entre operaris i supervisors.
- Pèrdua de capacitat productiva: empreses més petites com tallers, fusteries i impremtes van veure les seves eines essencials inutilitzades, cosa que va provocar una pèrdua immediata de capacitat productiva i ingressos irrecuperables.



- Problemes de logística: la interrupció del transport i les comunicacions va afectar la cadena de subministrament i la distribució de productes.

En tot cas, cal destacar que, en general, la seguretat a la Indústria no es va veure afectada, ni va afectar de cap manera la població.

4.4. Sector logístic

El sector logístic representa el 4,6 % del PIB, entre emmagatzematge amb operacions de logística interna i transport de mercaderies, en totes les seves versions: terrestres com carretera i ferrocarril, marítimes i aèries. En aquest sector, algunes incidències principals que es poden destacar les resumim a continuació.

- **Emmagatzematge frigorífic**, tant en fred positiu com negatiu: tot aturat, excepte els que tenien grups electrògens.
- **Operacions a magatzems automàtics i robotitzats**: tot aturat, excepte els que tenien grups electrògens. A part d'altres de menors com aturada dels elements de manutenció discreta (carretons elevadors de tota mena) per manca de recàrrega i manca de llum a l'interior de magatzems de gran altura o zones de preparació de comandes a plantes baixes o sota altells.
- A la **indústria** no hi va haver massa afectació logística, en general hi ha sobre capacitat i l'activitat d'aquell dia no estava a màxims, així que, en un curt període de temps (menys d'un dia), es va poder recuperar els volums perduts. Això sí, es va aturar tota la manutenció contínua, tot i que la majoria de les bàscules de pesatge funcionen amb grups auxiliars.

- **Transport per carretera** per manca de proveïment: afectacions reduïdes. Els vehicles generalment tenien els dipòsits plens. Per una altra part, és de destacar que no es coneixen incidents en el transport de matèries perilloses.
- **Transport ferroviari**: tot aturat.
- **Transport marítim**: al Port de Barcelona, l'entrada i sortida de vaixells va funcionar, perquè els vaixells tenen energia pròpia. Hi ha sistemes de reforç. L'Autoritat Portuària va funcionar.
- Terminals de **mercaderies aturades**, sobretot les portuàries: les terminals consumeixen molta potència i no van funcionar excepte elements crítics. No es van entregar contenidors ni hi va haver moviments interns de grues. L'endemà, hi havia cues significatives, si bé es van normalitzar al cap de dos dies.
- El flux d'informació dels **operadors logístics** va mantenir-se mentre hi va haver els SAIs (Sistemes d'Alimentació Ininterrompuda) i les comunicacions actives.

4.5. Sector terciari (serveis)

El sector terciari, que representa la major part del PIB (74%), i que abasta una àmplia gamma d'activitats, va patir un impacte massiu a la seva operativa, que de manera molt succinta el resumim a continuació.

Comerç

- **Impossibilitat de realitzar vendes en la majoria d'establiments**: els terminals de punt de venda (TPV) i sistemes de cobrament digital van quedar fora de servei, implicant la facturació i, en molts casos, fins i tot els pagaments en efectiu per manca de connectivitat bancària.



- **Pèrdues addicionals** per deteriorament de mercaderies a causa de la manca de refrigeració en els comerços amb inventari perible.
- **Tancament de comerços:** moltes botigues detallistes i supermercats van haver de tancar. Els que van romandre oberts es van veure obligats a operar manualment, cosa que va alentir les transaccions i va reduir els seus ingressos, afectant l'operativitat i la seguretat en alguns casos.
- **Compres de pànic:** es van reportar compres de pànic de productes bàsics en alguns supermercats.
- **Sistemes de seguretat** com alarmes i persianes elèctriques compromeses: va augmentar el risc de robatoris i pèrdues econòmiques al sector comercial.

En general, entre el 60% i el 70% dels comerços, especialment PIMEs sense sistemes de suport, van registrar pèrdues directes.

Hostaleria i restauració

- **Cancel·lacions de reserves:** es van produir nombroses cancel·lacions de reserves en hotels i restaurants.
- **Pèrdua d'aliments:** aliments preparats i plats en curs
- **Desorganització operativa:** La manca d'il·luminació a cuines, la impossibilitat d'accedir a sistemes de comandes digitals i els sistemes de pagament fora de servei van generar un caos operatiu i la impossibilitat de funcionar en molts casos.

Transport de persones

- Paràlització del transport públic: sistemes de metro, tramvies i trens de rodalies i llarga distància van ser paràlitzats, cosa que va afectar milers de viatgers. Algunes

fonts xifren en unes 30.000 persones que van quedar bloquejades en trens i moltes més en Metro i Trens de Rodalies.

- Es van generar embussos als carrers per falta del funcionament de molts semàfors i l'increment de l'ús del vehicle privat.
- Respecte al transport aeri, les companyies aèries van poder mantenir els vols i els sistemes van funcionar correctament en general, però va haver-hi nombroses cancel·lacions de vols pels problemes amb el transport terrestre i altres aspectes aliens al sistema aeri.
- Desallotjaments: en el cas del transport ferroviari, hi va haver desallotjaments de trens que van quedar aturats al mig del seu recorregut o en túnels.
- No es van produir uns índexs d'accidentalitat superiors als habituals, tot i la manca de senyalització a la ciutat.

Banca i finances

- Inoperativitat de serveis: les entitats bancàries no van poder oferir serveis als seus clients a causa de la manca d'energia en caixers automàtics i oficines.
- Bloqueig d'accés a informació: es va interrompre l'accés a la informació operativa clau (inventari, comandes, transaccions, etc.).

Telecomunicacions

- Fallada de connectivitat: les operadores de telecomunicacions van lluitar per restaurar el servei, especialment en àrees rurals, així i tot, van deixar moltes persones incomunicades.
- La ràdio va ser dels pocs mitjans d'informació estables que va permetre l'accés a la informació en temps real.



Serveis essencials i serveis públics

- Hospitals i centres de salut: una bona part dels hospitals van poder funcionar en els aspectes bàsics. Encara que molts comptaven amb grups electrògens d'emergència, les reserves de combustible d'alguns eren limitades per a una apagada perllongada. La UME va haver de mobilitzar generadors i combustible per donar-los suport.
- Educació: escoles i universitats van haver de suspendre classes.
- Seguretat pública: la manca de semàfors va causar embussos i va dificultar la

gestió del trànsit i l'operativa dels serveis de seguretat pública.

En resum, l'apagada del 28 d'abril de 2025 va paraitzar tant la producció industrial com la vida quotidiana durant diverses hores. Va generar pèrdues milionàries i va afectar cadenes de subministrament crítiques; la logística va patir alteracions i paraitzacions parcials, mentre que el sector terciari va patir tancaments forçosos, pèrdues en vendes i problemes operatius i el perjudici corresponent per les persones.



5. POT TORNAR A PASSAR A CATALUNYA, ESPANYA O EUROPA? PROBABILITATS I POSSIBLES IMPACTES

L'experiència mostra que és possible que pugui tornar a haver-hi apagades del sistema elèctric de diferent abast de territori que poden ser locals, comarcals, regionals, nacionals o inclús que afectin diversos països com ha estat el cas del 28 d'abril. L'extensió dependrà de la concatenació d'incidents, de la robustesa del sistema i els seus efectes, de la durada de l'apagada i de la reposició i recuperació del sistema, així com de la preparació dels diferents sectors.

Segurament, els incidents viscuts aportaran millores en els sistemes elèctrics actuals que han de minimitzar la probabilitat de fallades i els riscos de les apagades generalitzades i també la protecció dels diferents sectors.

Els plans relacionats amb la transició energètica preveuen passar del 25% actual d'energia elèctrica en el mix energètic a valors de l'ordre del 75%. A mesura que s'avanci en aquesta electrificació, la seguretat i robustesa del sistema elèctric serà més important pel que és essencial tenir uns bons plans de contingència associats.

L'apagada generalitzada a Espanya i Portugal del 28 d'abril del 2025 va ser un esdeveniment excepcional i significatiu que va posar de manifest el grau de la vulnerabilitat de les xarxes elèctriques modernes. Les fallades a gran escala a les xarxes elèctriques de països o regions, com l'experimentat aquell dia, solen ser el resultat d'una combinació de factors i situacions, que es poden classificar en diverses categories de factors i situacions. Si també considerem les altres apagades referenciades en aquest document, es pot fer la següent enumeració de causes que recollim a continuació.

Errors o danys en la infraestructura crítica

- **Plantes de generació:** avaries o parades imprevistes en centrals elèctriques (ja siguin nuclears, de cicle combinat, renovables, etc.) poden provocar una caiguda sobtada en la capacitat de subministrament de difícil compensació.
- **Subestacions:** una fallada o danys en una subestació pot interrompre la capacitat d'alimentació a grans àrees.
- **Línies de transmissió d'alta tensió:** danys, per exemple, per condicions climàtiques, accidents o vandalisme, poden desconnectar regions senceres de la xarxa deixant-les aïllades.

Desequilibris a la xarxa (oferta i demanda)

Factors externs i fenòmens naturals.

Esdeveniments climàtics extrems

- **Tempestes** (vents forts, llamps, calamarsa): poden danyar directament la infraestructura (línies, pals, transformadors). Els llamps poden impactar transformadors o altres instal·lacions crítiques.
- **Nevades intenses o gelades:** poden causar la caiguda de línies pel pes o l'acumulació de neu i gel.
- **Inundacions:** danyen equips elèctrics subterranis o pel que fa al sòl en subestacions.
- **Onades de calor:** augmenten la demanda d'electricitat per l'ús d'aire condicionat, principalment, i poden reduir l'eficiència d'algunes plantes de generació.
- **Terratrèmols:** poden provocar danys estructurals greus a tota la xarxa.



- **Tempestes solars:** encara que menys comuns, poden generar corrents induïts geomagnèticament que sobrecarreguin transformadors.

Errors humans i problemes tècnics

- Errors d'operació o manteniment: errors en la gestió de la xarxa per part dels operadors, o un manteniment inadequat que porta al deteriorament d'equips i components (aïlladors, conductors, proteccions...).
- Fallades en l'aïllament: el deteriorament de l'aïllament elèctric en cables i equips pot provocar curtcircuits.
- Curtcircuits: és poc habitual que provoquin incidències perquè els sistemes de protecció de línies i subestacions ho eviten. Venen originats per un contacte directe entre dos punts amb diferent potencial elèctric, la qual cosa podria provocar un flux de corrent excessiu que podria danyar els equips i la xarxa. Poden ser causats per cables pelats, dispositius defectuosos, sobreescalfament, intents de furt de cables o, fins i tot, per fauna silvestre.
- Problemes de programari o maquinari: defectes o envelliment dels sistemes de control automàtic poden desencadenar desconexions no desitjades.

Ciberatacs:

- La dependència dels sistemes digitals i la connectivitat fa que les xarxes elèctriques siguin un objectiu potencial per a ciberatacs. Un atac amb èxit podria manipular els sistemes de control, causant interrupcions massives.

Vandalisme, atacs terroristes o conflictes armats

- Sabotatges dirigits a infraestructures crítiques com subestacions o línies d'alta tensió.
- Finalment, encara que són situacions excepcionals que no esperem ni desitgem veure ni viure, és clar que en els conflictes armats els sistemes energètics són objectius prioritaris.

Efecte dòmino, el zero energètic

Tenint en compte totes les possibles causes d'una eventual apagada es pot dir que:

- És possible que torni a passar.
- La probabilitat que torni a passar, però, és baixa.
- No podem preveure ni quan, ni on, ni com pot passar així com tampoc la durada dels possibles incidents futurs (incert).



6. ANÀLISI I PROPOSTES DE MILLORA DE LA RESILIÈNCIA EN L'ÀMBIT DE CATALUNYA PER MITIGAR ELS EFECTES D'UNA APAGADA ELÈCTRICA

Tot i que una apagada local, regional o nacional és poc probable, el fet que sigui possible fa que sigui necessari estudiar les **criticitats dels diferents sectors** i preparar els plans d'emergència, contingència i recuperació per millorar la resiliència (pla de millora de la resiliència).

Per fer-ho, en primer lloc, hem de distingir entre activitats essencials que, per la seva criticitat ja hi ha una regulació i normativa que s'ha d'aplicar, i altres activitats, on implantar mesures pot ser opcional i, per tant, una decisió de les empreses i entitats.

6.1. Activitats essencials amb regulació específica en cas d'apagades

A Espanya i Catalunya no hi ha normativa específica que reguli aspectes de les apagades elèctriques de llarga durada per als diferents sectors (essencials o no essencials).

En tot cas, en l'àmbit legislatiu hi tenen relació:

- els requisits de qualitat i garantia del subministrament elèctric
- les obligacions de protecció de les infraestructures crítiques

a. Qualitat i garantia del subministrament elèctric

Existeix una legislació classificada en el tema "Qualitat i garantia del subministrament elèctric", disponible en el servei [DL Abstract](#) d'Enginyers Industrials de Catalunya.

Encara que no es descriurà en detall, inclou legislació de la Unió Europea (DOUE), d'Espanya (BOE) i de Catalunya (DOGC).

Aquesta legislació podrà ser modificada a la vista de les recomanacions precisament de l'apagada del 28 abril 2025.

b. Protecció d'infraestructures crítiques

A Espanya existeix una legislació que regula la protecció de les infraestructures crítiques la legislació principal és la següent:

- [Ley 8/2011, de 28 de abril, por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas.](#)
- [Real Decreto 704/2011, de 20 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de protección de las infraestructuras críticas.](#)

A l'enllaç

<https://cnpic.interior.gob.es/es/legislacion/normativa-pic/> hi ha recollida tota la legislació bàsica sobre protecció d'infraestructures crítiques, tant de l'àmbit nacional com de l'àmbit europeu.

Els sectors estratègics es troben a la Llei 8/2011 i són els següents:

- Administració
- Espai
- Indústria nuclear
- Indústria química
- Instal·lacions de recerca
- Aigua
- Energia
- Salut
- Tecnologies de la Informació i les Comunicacions (TIC)
- Transport
- Alimentació
- Sistema financer i tributari



El Catálogo Nacional de Infraestructuras Estratégicas (CNIE) és un registre que conté informació completa, actualitzada i contrastada sobre totes les infraestructures estratègiques del país.

El Centro Nacional de Protección de Infraestructuras Críticas (CNPIC) és l'òrgan del Ministeri de l'Interior encarregat de l'impuls, la coordinació i supervisió de totes les activitats que té encomanades la Secretaría de Estado de Seguridad en relació amb la Protecció d'Infraestructures Críiques en el territori nacional.

(<https://cnpic.interior.gob.es/es/inicio/>).

D'altra banda, la normativa principal que aborda la continuïtat de serveis críics a Espanya és la Llei 17/2015, de 9 de juliol, del Sistema Nacional de Protecció Civil, juntament amb el Reial decret 524/2023, de 20 de juny, pel qual s'aprova la Norma Bàsica de Protecció Civil, i el Reial decret 311/2022 Nacional de Seguretat (ENS) per als sistemes d'informació. A més, normatives sectorials específiques regulen la continuïtat dels serveis a cada àmbit.

Per tant, a Espanya, per causes excepcionals, hi ha activitats i serveis essencials que compten amb una regulació específica a causa de la seva criticitat per al funcionament del país i el benestar de la ciutadania. Aquestes activitats han d'assegurar-se el funcionament malgrat la manca d'alimentació elèctrica, i per això s'estableixen una sèrie d'obligacions i mesures.

Efectes de l'apagada sobre les activitats essencials i recomanacions, si s'escauen

L'apagada elèctrica que va tenir lloc a Espanya el 28 d'abril del 2025, si bé la reposició del

servei es va considerar un referent internacional per la seva rapidesa, va exposar les vulnerabilitats de les infraestructures críiques del país, malgrat l'existència de la Llei 8/2011 i el Reial decret 704/2011.

A continuació, es resumeixen de manera molt sintètica els efectes i el comportament dels sectors estratègics el dia de l'apagada, segons els informes i anàlisis disponibles i les recomanacions que es poden fer.

Administració. El sector públic es va veure greument afectat en el funcionament i la majoria d'activitats van quedar paralizades. La manca d'energia elèctrica va interrompre la connectivitat i l'accés a la informació operativa clau a moltes oficines, i va impedir la realització de tràmits, la gestió de documents digitals i la comunicació interna i externa de la majoria de serveis.

Recomanació: les administracions públiques haurien de revisar la seva resiliència i plans d'actuació enfront d'apagades locals o generals per garantir el funcionament dels aspectes críics i estratègics i per assegurar especialment la informació i seguretat de totes les activitats i de les persones.

Espai. No es disposa d'informació específica sobre el sector espacial, però es pot inferir que els centres de control i seguiment haurien activat els sistemes de suport per mantenir l'operativitat i la seguretat de les infraestructures críiques sota la seva supervisió.

Recomanació: el sector de l'espai està relacionat sovint amb telecomunicacions, previsions atmosfèriques i meteorològiques que són, també, essencials en casos extrems. Per tant, han d'assegurar els



seus plans de continuïtat en cas d'apagades

Indústria nuclear. Les centrals nuclears, per la seva naturalesa crítica, compten amb sistemes de seguretat redundants i autònoms. En un esdeveniment com una apagada generalitzada, les plantes nuclears activen els seus protocols d'emergència, que inclou l'ús de generadors dièsel de seguretat, per garantir els serveis auxiliars que alimenten la refrigeració dels reactors i mantenen les mesures de seguretat essencials. Per tant, és una reacció enfront de l'apagada segons el previst. No es van veure afectats per la falta de subministrament elèctric.

En aquest cas, no hi ha recomanacions més enllà de mantenir i complir els seus plans com a activitat essencial

Indústria química. La indústria química va patir la paralització de les seves línies de producció. Els efectes van incloure la interrupció de processos continus, la pèrdua de primeres matèries en curs de processament i la necessitat de procediments de seguretat especials per evitar riscos associats a la interrupció abrupta de la maquinària i de parades no programades. També alguns equips van patir alguns danys a conseqüència de l'apagada total però sense conseqüències externes ni de seguretat. En general, va funcionar davant l'apagada segons el previst, activant els protocols d'emergència i amb la utilització de generadors i d'equips dièsel i sistemes de bateries pels aspectes crítics i de seguretat. Aquest sector, com la indústria nuclear, i altres apliquen i treballen normalment amb els HAZOP, capes i barreres de protecció de manera ordinària i continuada i també tenen plans de seguretat i prevenció coordinats amb les administracions.

En aquest cas, no hi ha recomanacions més enllà de mantenir i complir els seus plans com a activitat essencial

Instal·lacions de recerca. Els centres de recerca amb equipament sensible i experiments en curs es van veure obligats a recórrer als sistemes de suport. La interrupció perllongada del subministrament elèctric va poder causar la pèrdua de dades, el deteriorament de mostres o la fallada d'equips especialitzats, amb un impacte a la investigació.

Recomanació: cal assegurar la seguretat de les instal·lacions i processos crítics fronts a parades no programades, especialment aquells que puguin suposar un risc, així com guardar les dades periòdicament.

Aigua. El sector de l'aigua va funcionar bé en general, però va experimentar, en alguns casos, interrupcions al bombament i tractament, afectant el subministrament en algunes zones. Les infraestructures crítiques d'aigua tenen sistemes de suport, però una apagada prolongada pot comprometre la seva capacitat per mantenir el servei de manera ininterrompuda. La falta d'alimentació elèctrica compromet el funcionament dels grups de pressió i, per tant, la qualitat del subministrament.

Recomanació: l'aigua és un element indispensable per totes les activitats i les persones i s'ha de garantir el seu funcionament en tota circumstància. S'haurien de revisar els sistemes de suport i l'autonomia d'aquests sistemes per parades llargues

Energia. El sector energètic, especialment el relatiu a l'energia elèctrica, va ser l'epicentre de la crisi. L'apagada va deixar sense generació elèctrica tot el país i les empreses



energètiques i el sistema elèctric en el seu conjunt van haver de treballar en la restauració del servei, fet que va implicar una complexa coordinació per a la reactivació progressiva de les plantes de generació i la xarxa de distribució. Tot i els protocols i plans de contingència del sistema elèctric, es va demostrar la vulnerabilitat del sistema davant errors multifactorials. També s'ha de remarcar positivament la rapidesa en restaurar tot el sistema i tornar a subministrar energia elèctrica.

Recomanació: Les recomanacions a tenir en compte seran el resultat dels informes del MITECO i de ENTSOE que són els organismes competents en l'operació del sistema elèctric espanyol i europeu.

Salut i sistemes sanitaris. Els hospitals, considerats infraestructures crítiques de primer nivell, van activar els seus generadors de suport i la gran majoria de sistemes crítics van funcionar. Tot i això, es van evidenciar desafiaments significatius: el subministrament de combustible per als generadors és finit, la capacitat d'aquests sistemes no sempre és suficient per alimentar la totalitat de les instal·lacions, cosa que obliga a prioritzar serveis (UCI, quiròfans) en detriment d'altres (climatització, esterilització), i es va posar de manifest la necessitat d'un manteniment i proves.

Un altre aspecte són els serveis crítics dels malalts als seus domicilis (respiradors, avisa, etc.) i les urgències domiciliàries, que no es tracten en aquest document, però que són una part important del sistema sanitari.

Recomanació: Revisar i mantenir en continu les obligacions legals de les instal·lacions, infraestructures i serveis crítics sanitaris per suportar apagades

de llarga durada a determinar. En particular, dimensionar adequadament els dipòsits de combustible i assegurar el seu subministrament pels generadors de suport i el manteniment i funcionament d'aquests sistemes de suport pel que fa a les instal·lacions i la seva operativitat en tot moment. També cal assegurar les comunicacions amb els malalts als seus domicilis i en els centres d'atenció primària

Tecnologies de la informació i de les comunicacions (TIC). L'apagada va provocar una interrupció massiva i total de les comunicacions mòbils i d'Internet. La manca d'energia va afectar el conjunt del sistema de comunicacions, cosa que va generar problemes als sistemes de pagament electrònic, als sistemes informàtics empresarials i personals, a l'accés a la informació i a la comunicació en el seu conjunt. S'estima que el sector va tenir pèrdues econòmiques molt importants i especialment que la major part dels 60 milions de persones que viuen a Espanya i Portugal va quedar incomunicada i sense informació en temps real, amb la ràdio com únic mitjà d'informació.

Recomanació: Aquest sector és transversal i, avui dia és essencial per assegurar la informació i comunicació en temps real de totes les activitats i per les persones. El desenvolupament accelerat i la implantació generalitzada de la informàtica i de les comunicacions mòbils en totes les activitats econòmiques i personals fan que el seu funcionament sigui imprescindible per al funcionament normal de la societat. Aquest alt nivell d'informatització i comunicacions fan



que una fallada de les TIC impacti a tots els sectors, i en paralitzi la majoria. Cal un pla de sistemes d'alimentació ininterrompuda que garanteixi les TIC en el seu conjunt, en cas de falta d'alimentació elèctrica dels equips. Cal definir els temps mínims.

Aquest sector ha de revisar el seu pla de contingència davant d'apagades elèctriques i incidències similars perquè no es repeteixi la situació viscuda el 28 d'abril. En aquest document, hi ha un capítol més extens i dedicat específicament a les TIC per la seva transversalitat amb tots els sectors i aspectes de la vida diària.

Transport. El transport va ser un dels sectors més visiblement afectats. El metro i les línies de tren es van paraitzar i van afectar milers d'usuaris. El trànsit es va col·lapsar per la falta de semàfors, i els aeroports van patir retards crítics als seus vols per diferents factors. La dependència de l'electricitat per als sistemes de control i senyalització va quedar en evidència. Cal dir que els avions i el seu control va estar assegurat i van poder aterrar amb normalitat.

El transport de persones i mercaderies i l'activitat basada en vehicles alimentats amb combustibles, en principi, va funcionar tot i que amb dificultats, com ara la problemàtica dels semàfors, però hi va haver problemes greus per posar gasolina per la fallada de les estacions de serveis a causa de la manca d'electricitat i també de comunicacions que impediien fer les transaccions.

Recomanacions: Aquest sector també és transversal i bàsic pel funcionament de tots els sectors i per les persones ha de revisar els plans de millora de la resiliència en diferents aspectes per

assegurar els més crítics i permetre evacuacions amb tota seguretat dels usuaris:

- **Transport públic:** les tres principals tasques a realitzar en una situació d'aquestes característiques, de caiguda total de la tensió (de tracció i de les estacions) són:
 - el desallotjament dels trens i les estacions.
 - el manteniment amb tensió (mitjançant SAIs) dels equips crítics.
 - la recuperació dels equips quan es torna a tenir tensió.

En el cas dels trens que es troben a les estacions o que per inèrcia poden arribar a una estació, desallotgen a les andanes. Els trens que es queden als túnels, s'han d'anar a buscar segons els protocols establerts per donar suport en l'evacuació pel túnel fins a l'estació. Els equipaments com els enclavaments o els centres de control i altres equips crítics estan alimentats per elements de protecció que permeten les maniobres necessàries.

L'enllumenat d'emergència de les estacions, sobretot als primers metres de túnel, i els ascensors de les estacions són altres equipaments que requereixen nivells alts de fiabilitat de la seva protecció. Han de tenir sistemes de rescat amic de situació automàtica el nivell més proper i estar ben mantinguts. També cal tenir en aquestes condicions els sistemes de megafonia i pous d'esgotament.

S'han de preveure equips de protecció amb la màxima autonomia i preveure revisions periòdiques del seu bon funcionament. Cal,



també, assegurar que les comunicacions segueixen estant disponibles.

Els operadors de transport públic han de comptar amb plans d'autoprotecció davant d'emergències que apliquen en casos com aquest.

S'ha de considerar el reforç/prolongament del transport en superfície com el bus (vehicles i treballadors), especialment els vehicles propulsats amb combustibles fòssils que poden donar servei per una durada més llarga.

- **Semàfors i infraestructura:** com en qualsevol altra emergència en el transport, cal disposar d'un pla d'actuació documentat que inclogui:
 - o Definir què es considera emergència pel sistema de transport (apagada total, errors de xarxa, caiguda de comunicacions...)
 - o Definir un organigrama amb jerarquies de responsabilitat: qui coordina, responsabilitats dels diferents nivells d'operació, sistema d'avaluació post-situació per millorar protocols, etc.
 - o Acords amb serveis (bombers, policia de trànsit, guàrdia urbana, protecció civil, etc.) empreses de manteniment d'infraestructures, autoritats municipals, autonòmiques i estatals.

Alguns aspectes que cal assegurar són la il·luminació d'emergència als túnels, accessos i estacions de servei a través de sistemes SAI amb generadors o bateries, per mantenir el servei durant el màxim temps possible, així com disposar de sistemes de senyalització i comunicacions redundants.

- **Estacions de servei:** han de poder assegurar un mínim de subministrament

de combustibles per permetre el transport de mercaderies, persones i mobilitat.

- **Transport aeri:** s'han de revisar en continuïtat els generadors de suport i assegurar-ne el manteniment així com revisar, també, els protocols associats, per assegurar que els combustibles dels generadors estiguin en bones condicions d'operació i prou capacitat per una apagada. És la manera d'assegurar les operacions crítiques aèries i també de seguretat en terra.
- **Infraestructures portuàries:** s'han d'assegurar les operacions crítiques i relacionades amb la seguretat, tot i saber que no es podran fer les operacions normals de càrrega i descàrrega de contenidors de gran capacitat.

Alimentació: Les grans cadenes d'alimentació i alguns petits i mitjans comerços van haver de suspendre la venda per la fallada dels TPV, dels ordinadors i sistemes informàtics la impossibilitat de garantir la conservació d'aliments peribles. Les fàbriques de la indústria alimentària van aturar les línies de producció i es van generar importants pèrdues econòmiques i malbaratament d'aliments principalment per la pèrdua de les condicions de fred necessàries en les càmeres de conservació dels aliments peribles i els congelats.

Recomanacions: d'una banda, és clau poder assegurar el funcionament dels TPV (està relacionat amb les TIC. De l'altra, les diferents indústries alimentàries, les plataformes logístiques d'aliments refrigerats i congelats i les grans cadenes



d'alimentació han de revisar els seus plans de contingència per permetre la conservació dels aliments peribles, en cas d'apagades, diferenciant dues línies d'actuació:

Bones pràctiques de caràcter obligatori per a totes les empreses del sector que requereixin mantenir condicions de fred.

Caldria establir com a requisit mínim que totes les instal·lacions disposin de protocols d'aturada controlada i manteniment de la temperatura passiva en cas d'apagada, encara que no tinguin generadors propis. Això inclouria:

- Mantenir i verificar periòdicament el bon estat de l'aïllament tèrmic (cambres, portes, juntes) per reduir la càrrega tèrmica en situació d'aturada.
- Disposar de procediments operatius per tancar cambres i limitar l'entrada de calor (tancament immediat de portes, bloqueig d'accessos no essencials, minimització de trànsit intern, etc.).
- Definir equips mínims de personal per assegurar la vigilància de les cambres i la gestió de riscos durant l'aturada.

Aquest conjunt de bones pràctiques és assequible i permetria que qualsevol instal·lació pogués aguantar diverses hores o fins i tot més d'un dia sense energia i evitar, així, la pèrdua immediata de mercaderia i els danys als equips.

Recomanació de generació elèctrica pròpia per a centres grans o crítics.

Per a magatzems frigorífics de gran capacitat o plantes alimentàries estratègiques, sí que seria convenient recomanar la instal·lació de grups electrògens d'alta potència, amb capacitat de mantenir el fred durant 24–48 hores. Ara bé, això té un cost elevat:

- CAPEX: Per grups de potència elevada (per exemple més de 1000KVA podem anar per sobre dels 0,5 milions d'euros).
- Un OPEX de 10.000€ per manteniment preventiu d'aquests grups i pensar que també requereix espai físic, permisos ambientals i proves periòdiques de funcionament.

Per tot això, caldria plantejar-ho no com una obligació general sinó com una recomanació per a centres clau o d'elevada capacitat, i que tinguin efectes en rebaixa de prima d'assegurances i dins d'un pla de resiliència, un suport públic per facilitar-ne la viabilitat econòmica.

Sistema financer i tributari. Tot i que no hi ha detalls explícits sobre el sector tributari, el sistema financer i el tributari es van veure afectats per la interrupció dels sistemes de pagament electrònic i la incapacitat de processar transaccions. La manca de connectivitat i la fallada dels sistemes informàtics van paralitzar l'activitat a moltes entitats. Impossibilitat de disposar d'efectiu donat que els caixers automàtics de les entitats de crèdit no funcionaven.

Recomanacions: En aquest cas de sistemes transversals que afecten totes les activitats econòmiques i personal, els sistemes crítics de dades i de funcionament s'han de garantir. No s'entra en detall perquè no formen part de l'abast d'aquest document.

Sistemes d'Informació i Comunicacions (TIC), consideracions específiques. Atesa la creixent centralitat de les tecnologies digitals en tots els àmbits socials i econòmics, considerem necessària una mirada específica des del punt de vista TIC, orientada a millorar la capacitat



de resposta davant situacions disruptives de caràcter tecnològic, amb origen en el subministrament elèctric o en altres vectors d'inestabilitat. Aquest enfocament és especialment rellevant si tenim en compte que, una apagada generalitzada afecta de manera immediata la capacitat de comunicació, coordinació i accés a la informació, i deixa sense funcionalitat nombrosos serveis essencials i operacions bàsiques tant en l'àmbit públic com en el privat. Ara com ara, podem dir que pràcticament totes les activitats i serveis queden afectats i, amb la creixent digitalització de la societat, això només farà que augmentar.

Desenvolupem a continuació les principals propostes específiques a les TIC en tres àmbits diferenciats: aspectes generals de governança i estratègia digital, propostes tècniques per reforçar la resiliència digital, i línies d'actuació específiques per facilitar la implantació pràctica d'aquests criteris.

Aspectes generals de governança, estratègia i marc conceptual

En primer lloc, cal fer una reflexió profunda sobre la creixent dependència digital de la nostra societat i de les estructures de govern i producció. Els sistemes d'informació i comunicacions (TIC) han passat de ser una eina de suport a constituir-se com una infraestructura crítica transversal. Aquesta condició implica que han de ser abordats amb la mateixa atenció que altres sectors ja regulats com l'energia, l'aigua, el transport o la salut.

Per això, proposem que s'hauria d'incorporar de manera estructural el concepte de "resiliència digital de país", entès com la capacitat de garantir el funcionament mínim dels sistemes essencials d'informació i

comunicació en situacions de crisi, més enllà de l'impacte energètic immediat. Aquesta resiliència ha de formar part integral dels plans de continuïtat de servei i ha de ser dissenyada amb un enfocament de "Digital-First, Resilient-by-Design", és a dir, integrant la resiliència des del disseny de qualsevol nova infraestructura, servei o procés digital.

També considerem necessari impulsar la creació d'un marc de governança digital per a emergències, que defineixi les responsabilitats, prioritats, nivells d'intervenció i canals de comunicació entre actors públics i privats, en cas d'una disrupció digital generalitzada. Aquest marc hauria d'incloure, entre d'altres, una matriu de criticitat digital, una classificació de serveis mínims essencials, i mecanismes de coordinació ràpida entre proveïdors tecnològics, operadors de serveis crítics i administracions.

Propostes tècniques per reforçar la resiliència TIC

Des del punt de vista més operatiu i tècnic, considerem necessari considerar diversos àmbits de les TIC per tal d'oferir orientacions més precises sobre com dissenyar infraestructures digitals resilient davant d'una fallada generalitzada.

En primer lloc, és necessari aprofundir en la segmentació de les **infraestructures TIC**. Cal diferenciar clarament entre les infraestructures físiques crítiques (com centres de dades, nodes de xarxa, estacions base o cables submarins), els sistemes TIC de suport a l'activitat (com ERP, sistemes de TPV o plataformes Cloud), i la infraestructura TIC d'usuari final, que inclou des de dispositius mòbils fins a sistemes domòtics o d'assistència personal. Aquesta classificació és clau per



prioritzar els esforços de contingència i recuperació segons l'impacte directe o indirecte sobre la població i l'economia.

Pel que fa a la **infraestructura de comunicacions**, s'hauria de considerar el desenvolupament de xarxes de comunicació alternatives i redundants amb un alt grau d'autonomia energètica. La implantació de xarxes Mesh locals, sistemes de comunicació LoRaWAN, ràdios definides per software o sistemes de comunicació satel·lital pot garantir una mínima capacitat d'intercanvi d'informació en situacions de fallada. Aquests sistemes han de ser especialment prioritzats per a serveis d'emergència, autoritats de protecció civil, centres sanitaris i infraestructures logístiques així com activitats que poden ser crítiques per aspectes de seguretat, impacte exterior i també aspectes econòmics.

En l'àmbit de la **ciberseguretat**, és indispensable abordar de manera específica el risc de ciberatacs coincidents amb crisis elèctriques. Les infraestructures TIC poden ser víctimes de sabotatges híbrids que combinen atacs físics i digitals. Proposem, per tant, que es promogui l'adopció de models de seguretat avançats com l'arquitectura Zero Trust i l'ús de tecnologies de monitoratge autònoma, detecció d'anomalies i segmentació dinàmica de xarxes. També és recomanable explorar l'ús de *blockchain* per autenticar transmissions i accions crítiques durant períodes de fallada.

Finalment, cal introduir criteris específics per garantir la **sobirania digital** en context de crisi. Això implica promoure la presència de centres de dades regionals o nacionals amb capacitat de gestió autònoma, fomentar l'ús de núvols públics europeus i establir protocols de replicació de dades entre jurisdiccions. Aquesta sobirania és essencial per preservar la continuïtat institucional i econòmica davant

disrupcions transfrontereres o decisions unilaterals de proveïdors globals.

Línies d'actuació i propostes complementàries per a una implementació eficaç

Per facilitar la implementació efectiva d'aquestes recomanacions, proposem desenvolupar un model estandarditzat de "Pla de Contingència Digital" que pugui ser aplicat per empreses, administracions locals, hospitals, escoles i altres entitats que gestionen recursos crítics i vulnerables. Aquest model hauria de contemplar aspectes com la disponibilitat de Plans de Seguretat (SP) actualitzats i provats de cada empresa, organització i entitats, incloent-hi Plans de Continuïtat de Negoci (BCP), Plans de recuperació davant de desastres (DRS), Plans de Contingències (CP), en la que hi constaran entre ells, l'inventari de sistemes crítics, la classificació de riscos, els temps màxims d'inoperativitat (RTO) i pèrdua de dades acceptable (RPO), els mecanismes de recuperació i els recursos mínims requerits per garantir la continuïtat digital en situació d'emergència.

Igualment, recomanem impulsar la creació d'una **eina d'autoavaluació basada en indicadors de maduresa digital per a la resiliència**. Aquesta eina hauria de permetre a qualsevol entitat avaluar la seva preparació davant una fallada elèctrica o digital, sobre la base de criteris com la disponibilitat de SAI, generadors, còpies de seguretat fora de línia, capacitat d'autonomia digital o protocols d'actuació manual.

També considerem oportú establir una línia específica d'**ajuts i finançament públic** per facilitar que les pimes i les entitats sense regulació específica puguin implementar les



mesures bàsiques de resiliència digital. Aquest suport hauria d'incloure tant recursos econòmics com assistència tècnica per al disseny dels plans de contingència.

Finalment, creiem que és necessari promoure de manera activa la **cultura de la resiliència digital** mitjançant formació, simulacres regulars i campanyes de sensibilització. La capacitat del personal, l'assaig dels protocols i la preparació dels equips humans és tan important com la tecnologia en si. Aquest enfocament ha de ser transversal i arribar tant als serveis públics com a les empreses privades i la ciutadania.

Mesures d'assegurament generals

A continuació, amb més detall, es descriuen algunes de les principals mesures d'assegurament d'alguns dels sectors regulats i esmentats anteriorment. De manera general, un aspecte clau serà revisar, redefinir i assegurar les autonomies mínimes dels sistemes d'alimentació auxiliars pels diferents sectors.

	ACTIVITATS	REGULACIONS I OBLIGACIONS	MESURES D'ASSEGURAMENT
Serveis sanitaris	Hospitals, centres de salut amb quiròfans, sales de cures i equips d'alimentació elèctrica acoblables a pacients, laboratoris clínics, bancs de sang, farmàcies	El Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió (REBT) estableix requisits específics per a les instal·lacions elèctriques en aquests centres, inclosos sistemes de subministrament d'auxili, reserva i duplicat.	Grups electrògens: la majoria dels centres sanitaris compten amb grups electrògens (generadors dièsel o de gas) que s'activen automàticament en cas de tall de subministrament, garantint l'energia per a quiròfans, UCI, equips mèdics vitals, il·luminació d'emergència i sistemes de suport vital. Sistemes d'Alimentació Ininterrompuda (SAI/UPS): per a equips crítics que requereixen una transició sense talls (per exemple, equips de reanimació, monitors, sistemes informàtics hospitalaris), s'utilitzen SAls amb bateries que proporcionen energia durant un període curt mentre els generadors arrenquen. Emmagatzematge de combustible: han de disposar de reserves de combustible suficients per mantenir els generadors operatius durant un període prolongat. En alguns casos caldrà redefinir una autonomia mínima. Plans d'emergència: plans detallats de contingència per a la gestió de pacients, personal i recursos en cas d'apagada, incloent-hi prioritització de serveis.



Serveis d'emergència i seguretat	Forces i cossos de seguretat de l'Estat (Policia Nacional, Guàrdia Civil), Polícies Autonòmiques i Locals, Bombers, Protecció Civil, serveis d'emergències (112).	Aquestes entitats són considerades serveis crítics i han de mantenir una capacitat operativa constant. La Llei del sistema nacional de protecció civil els atorga un paper fonamental en la resposta a emergències.	Sistemes de comunicacions robustos: xarxes de ràdio, satèl·lit i telefonia amb redundància i suport energètic per mantenir la comunicació fins i tot si les xarxes públiques fallen. Centres de comandament i control: equipats amb generadors, SAIs i sistemes de comunicació alternatius. Vehicles i equipament: manteniment de vehicles i equips (bombes d'aigua, eines) que no depenguin exclusivament de la xarxa elèctrica per al seu funcionament. Combustible: assegurement de reserves de combustible per a vehicles i generadors.
Transport i les seves infraestructures	Torres de control aeri, sistemes de senyalització ferroviària, semàfors, sistemes de control de trànsit marítim, sistemes de peatge, estacions de metro i tren.	El sector del transport aeri, ferroviari i marítim té regulacions estrictes per garantir la seguretat operativa i la continuïtat dels serveis.	Sistemes de suport energètic: generadors i SAIs per a torres de control, sistemes de comunicació, llums de pista, radars i sistemes de seguretat crítics. Procediments d'emergència: plans per a la gestió del trànsit i la seguretat en cas de fallada elèctrica, incloent-hi operació manual de sistemes si és necessari. Il·luminació d'emergència: en túnels, estacions i àrees crítiques.
Serveis de subministrament bàsic	Aigua: captació, potabilització, bombament i distribució d'aigua potable, i tractament d'aigües residuals. Combustibles: transport i distribució de gas, petroli i els seus derivats. Gestió de residus: recollida, tractament i gestió de residus urbans i perillosos.	Les empreses gestores d'aquests serveis tenen l'obligació de garantir la continuïtat del subministrament i la gestió adequada.	Grups electrògens: en plantes de bombament, potabilitzadores, depuradores i centres de distribució. Bombes alternatives: en algunes infraestructures hídriques, sistemes de bombament alternatius que no depenen de l'electricitat, o reserves d'aigua per a un consum limitat. Transport i emmagatzematge de combustibles: manteniment d'infraestructures segures i amb capacitat d'operació autònoma en cas de fallada elèctrica.



Telecomunicacions	Centrals telefòniques, estacions de telefonia mòbil, nodes d'internet, centres de dades.	Les empreses operadores de telecomunicacions tenen obligacions de continuïtat del servei i de disponibilitat de xarxes d'emergència.	Bateries i generadors: totes les instal·lacions crítiques (centrals, estacions base) estan equipades amb bateries que proporcionen autonomia durant hores i grups electrògens per a períodes més llargs. Redundància: Implementació de rutes i equips redundants per garantir que una fallada en un punt no interrompi tot el servei. Combustible: abastament de combustible per als generadors.
Serveis financers	Bancs, borses de valors, sistemes de pagament.	El sector financer és altament regulat quant a la resiliència i continuïtat de les seves operacions per evitar el col·lapse econòmic. L'Esquema Nacional de Seguretat (ENS) és aplicable per a l'administració electrònica, però els seus principis s'estenen a infraestructures crítiques	Centres de dades redundants: en diferents ubicacions geogràfiques per garantir la disponibilitat dels sistemes. SAIs i generadors: per mantenir operatius els servidors, sistemes de comunicació i terminals. Plans de continuïtat de negoci (BCP) i recuperació de desastres (DRP): Plans detallats per a la represa d'operacions en cas d'interrupció, incloent-hi la possibilitat d'operar manualment o des d'ubicacions alternatives.
Mitjans de comunicació	Ràdio i televisió (especialment emissores públiques com RTVE), agències de notícies.	Els mitjans de comunicació, especialment els públics, compleixen una funció vital d'informació a la ciutadania en situacions d'emergència.	Grups electrògens: per mantenir les emissions. Sistemes de comunicació alternatius: Per a la recopilació i la difusió d'informació. Estudis alternatius: preparats per operar en cas d'indisponibilitat de la seu principal.
Centres penitenciar	Manteniment de la seguretat i l'ordre a les presons.	Són infraestructures crítiques que han de mantenir la seguretat en tot moment.	Grups electrògens, sistemes de seguretat amb suport de bateria (càmeres, portes, alarmes), plans de contingència per a la gestió d'interns i personal.

Aspectes generals i transversals

Plans d'autoprotecció: moltes d'aquestes instal·lacions crítiques i sectors essencials estan obligades a disposar de plans d'autoprotecció que inclouen mesures per a la

continuïtat operativa en cas d'emergències, incloent-hi apagades elèctriques.

Auditories i simulacres: es fan auditories periòdiques i simulacres per verificar



l'efectivitat dels sistemes de seguretat i els plans d'emergència.

Col·laboració publicoprivada: la coordinació entre el sector públic i les empreses privades que gestionen aquestes infraestructures és fonamental per a una resposta eficaç.

En resum, la capacitat d'Espanya per afrontar errors elèctrics generalitzats es basa en una **combinació de regulació, inversió en infraestructura redundant i sistemes de suport, i la planificació detallada de la continuïtat de les operacions als serveis més crítics.**

6.2. Activitats sense regulació en cas d'apagades: consideracions per les propostes de millora de la resiliència

Moltes activitats i sectors no estan regulats i, per tant, tot pla de contingència i resiliència serà individualitzat, voluntari i fruit d'una anàlisi cost benefici considerant tots els aspectes de l'activitat en cada cas. En tot cas, un pla de contingència i Resiliència per a la continuïtat de sistemes industrials i terciaris importants (més enllà dels essencials) per a la seguretat del país després d'una caiguda generalitzada del subministrament elèctric ha de ser exhaustiu i multifacètic.

A continuació, es donen una sèrie de recomanacions i elements claus a considerar. A moltes indústries (en particular la química, la nuclear i sectors relacionats) ja s'utilitza el sistema HAZOP (Hazard and Operability Analysis) i equivalents per fer els estudis sistemàtics dels riscos. És un bon mètode per considerar les criticitats i accions a prendre en cas de fallades dels diferents factors. Es llisten a continuació una sèrie d'elements clau d'un pla de millora de la resiliència davant d'una

apagada generalitzada. Aquestes consideracions no són exhaustives i s'han d'aplicar adequadament a cada sector, segons correspongui:

Elements clau d'un pla de millora de la resiliència davant d'una apagada generalitzada

1. Anàlisi de riscos i criticitat

- **Identificació d'actius crítics:** a més dels sectors essencials ja regulats, es tracta de tenir un llistat detallat de les plantes industrials i/o equipaments, sistemes de comunicació, infraestructures de transport (semàfors, trens), punts de subministrament de combustibles, serveis públics essencials (hospitals, subministrament d'aigua, sanejament), i ascensors, etc., la interrupció dels quals posaria en risc la seguretat nacional o la vida de les persones.
- **Avaluació d'impacte:** determinar l'impacte potencial de la interrupció de cadascun d'aquests actius en termes de seguretat, economia, salut pública, ordre social i ecologia.
- **Determinació del Temps Crític de Recuperació (RTO) i Punt de Recuperació Objectiu (RPO):** Establir quant de temps poden romandre inoperatius els sistemes abans que les conseqüències siguin inacceptables i fins a quin punt es pot perdre informació o funcionalitat.
- Aquests aspectes bàsics han de servir per dimensionar aspectes com bateries, SAI, dipòsits de combustibles i sistemes equivalents

2. Fonts de subministrament elèctric redundants, alternatives i auxiliars

- **Generadors elèctrics:**
 - **Tipus i capacitat:** cal especificar el tipus de generadors (dièsel, gas, etc.)



i la capacitat necessària per cobrir la demanda de cada actiu crític.

- **Ubicació estratègica:** distribuir els generadors de manera que cobreixin geogràficament les necessitats.
- **Manteniment preventiu:** establir un rigorós programa de manteniment i proves periòdiques per assegurar-ne l'operativitat.
- **Combustible:** garantir reserves suficients de combustible i plans de reabastiment prioritari durant la contingència.
- **Sistemes d'Alimentació Ininterrompuda (SAI/UPS):** per a equips crítics que requereixen una transició immediata i sense talls (ex. sistemes de comunicacions, equips mèdics).
- **Microxarxes i generació distribuïda:** fomentar la implementació de microxarxes amb capacitat de generació local (fotovoltaica amb emmagatzematge, cogeneració) en àrees crítiques o plantes industrials per a l'autosuficiència durant l'apagada.
- **Connexions auxiliars/de reforç:** en casos on sigui possible, explorar la possibilitat de connexions a xarxes elèctriques adjacents o de menor nivell que puguin estar operatives.

3. Sistemes de comunicació de contingència

- **Redundància de canals:** Establir múltiples canals de comunicació independents de la xarxa elèctrica convencional (ràdios d'ona curta, satèl·lit, xarxes de radioaficionats per a emergències, etc.).
- **Energia per a comunicacions:** Cal assegurar que els centres d'operació de comunicacions (centrals, repetidors) disposin de fonts d'energia de seguretat robustes.

- **Protocols de comunicació:** Definir protocols clars per a la comunicació entre les autoritats, els serveis d'emergència, els operadors d'infraestructures crítiques i la població.

4. Logística i cadena de subministrament

- **Combustible:** prioritització del subministrament i la distribució de combustible a generadors, vehicles d'emergència i punts de servei essencials. Establir contractes amb múltiples proveïdors de combustible i mantenir reserves superiors a les habituals, amb plans de proveïment prioritari.
- **Aigua i aliments:** plans per assegurar el subministrament d'aigua potable i aliments a la població, especialment a hospitals i centres d'acollida.
- **Materials essencials:** identificació i emmagatzematge de recanvis crítics per als sistemes de seguretat i per a la reparació d'infraestructures.

5. Seguretat

- **Protocols d'aturada segura:** desenvolupar i practicar procediments de parada segura de la producció per minimitzar danys a equips, riscos d'explosions o fuites i contaminació ambiental. Això inclou sistemes que no depenen de la xarxa elèctrica per activar-los.
- **Redundància de control:** cal assegurar que els sistemes de control crítics (PLC, DCS) tinguin fonts d'alimentació ininterrompuda i capacitat d'operar de manera manual si cal.
- **Sostres solars:** Als edificis logístics, incrementar la instal·lació de sostres solars per promoure l'autoconsum i



un mínim d'energia elèctrica en cas d'emergència.

- **Centres de control** i de processament de dades equipats amb SAIs: això ja és molt comú i aplicable a la gran majoria de centres tant industrials, logístics com terciaris i es tracta d'assegurar que són operatius.
- Considerar la conveniència de sistemes de bateries duplicades per elements de manteniment discreta,
- Assegurar l'enllumenat d'emergència a zones operatives fosques que puguin comportar un risc.
- En casos de documentació crítica/imprecindible i necessària per emergències o operacions crítiques, disposar d'alternatives documentals en suport físic actualitzat.

6. Recursos humans i capacitat

- **Equips d'intervenció ràpida:** formació d'equips multidisciplinaris capaços de respondre a emergències, operar sistemes de suport i fer reparacions.
- **Rols i responsabilitats:** definir clarament els rols i les responsabilitats de cada persona i departament durant una contingència. Cal establir protocols de gestió de crisi que cobreixin 24/7 un lideratge autònom de la crisi davant la circumstància que impedeixi les comunicacions amb els responsables habituals.
- **Formació i simulacres:** realitzar simulacres periòdics per provar l'eficàcia del pla, identificar debilitats i capacitar el personal.

- **Plans de mobilització:** com mobilitzar personal essencial si el transport públic està aturat.

7. Seguretat i ordre públic

- **Reforç de la seguretat:** desplegament de forces de seguretat per protegir infraestructures crítiques, prevenir el saqueig i mantenir l'ordre públic.
- **Il·luminació d'emergència:** sistemes d'il·luminació d'emergència a punts clau (hospitals, estacions de transport, refugis).
- **Gestió d'evacuacions:** plans d'evacuació si certes àrees esdevenen inhabitable o perilloses.

8. Coordinació i col·laboració interinstitucional

- **Centre de Coordinació de Crisi (CCC):** Establir un centre de comandament i control únic per a la presa de decisions i la coordinació de totes les operacions de resposta.
- **Acords amb proveïdors:** Signar acords de nivell de servei amb proveïdors de combustible, manteniment de generadors i altres serveis essencials.
- **Col·laboració publicoprivada:** Fomentar la col·laboració entre el govern, les empreses elèctriques, les indústries i els serveis públics per a una resposta coordinada.
- **Comunicació pública:** Estratègia per informar la població sobre la situació, les mesures a prendre i els punts d'ajuda.

9. Legislació i finançament

- **Marc legal:** Revisar i adaptar la legislació per permetre la ràpida implementació de mesures



d'emergència i la mobilització de recursos.

- **Pressupost de contingència:**
Assignar un pressupost específic per

a l'adquisició d'equips de suport, manteniment i capacitació.

10. **Planificació de la millora:** a partir de les lliçons apreses



7. ASPECTES ECONÒMICS, LEGALS, RESPONSABILITATS, RECLAMACIONS I ASSEGURANCES

Aquest document està centrat en els efectes de l'apagada del 28 d'abril i les recomanacions per tenir Plans de Contingència robustos per aportar Resiliència a la Indústria, Logística i sector terciari i no pretén entrar en els aspectes econòmics, legals, de responsabilitats, assegurances i possibles reclamacions, malgrat que són aspectes molt importants per les empreses i entitats afectades. A continuació només es fa un brevíssim resum d'aquests aspectes per la importància que també tenen per les empreses.

7.1. Efectes econòmics de l'apagada elèctrica del 28 d'abril

- Les pèrdues econòmiques segons les avaluacions dels sectors que hi ha publicats a diferents mitjans de comunicacions estarien en una forquilla molt àmplia, segons les diferents fonts i no existeix un consens avui en dia en unes xifres fiables.
- Els sectors més afectats van ser els serveis (el 70% del PIB espanyol), la indústria (especialment l'automoció, la petroquímica i la metal·lúrgia) i la logística (amb menys incidència); moltes empreses van veure parades les plantes i cadenes de producció durant dies.
- El consum privat va caure un 34% aquell dia i centenars de milers de persones i empreses van patir interrupció de l'activitat, perdre mercaderies peribles, i afrontar sobre costos en hores extra i equips d'emergència.

Assegurances i causes de l'apagada elèctrica

- **Causes de l'apagada**
- L'origen va ser una fallada massiva de control de tensió, donant lloc a un "zero elèctric" amb apagada total a la península.
- Hi ha un debat entre el Govern, Red Eléctrica de España i les companyies elèctriques sobre les causes de l'apagada.
- Haurem d'esperar un temps per conèixer amb exactitud les causes.

7.2. Assegurances i cobertures per a empreses afectades

- Les pòlisses estàndard d'interrupció de negoci solen exigir dany material directe per activar-se, per la qual cosa moltes empreses no han pogut reclamar si només van experimentar aturada d'activitat sense danys físics. Cada empresa i sector haurà d'estudiar les seves assegurances i cobertures per intentar compensar les pèrdues patides degudes a l'apagada.
- Hi ha cobertures opcionals (fallida de subministrament o contingent) que són necessàries per cobrir pèrdues només per cessament de subministrament; no totes les empreses les contracten.
- El Consorci de Compensació d'Assegurances no cobreix pèrdues per apagada elèctrica, excepte en circumstàncies molt específiques; els danys indirectes i les pèrdues a l'activitat estan generalment exclosos.
- Algunes assegurances de comerç i comunitats poden cobrir danys elèctrics directes en maquinària, equips i mercaderies, així com



aliments peribles, si aquests danys deriven del tall o de pujades de tensió.

7.3. Reclamacions

- Cada empresa o entitat haurà de veure com actuar, a escala general és recomanable reclamar primer l'assegurança; si la pòlissa cobreix pèrdues per error de subministrament, es podrà sol·licitar indemnització per lucre cessant, danys materials i pèrdues de mercaderia.
- Si l'asseguradora denega la reclamació o si el dany no està cobert, l'empresa pot presentar una reclamació davant de la companyia elèctrica subministradora. En molts casos, l'asseguradora ho podria fer en nom del client.
- En el marc actual, en alguns casos s'anticipa un llarg procés judicial, ja que les companyies elèctriques rebutgen la responsabilitat i preveuen recórrer davant dels tribunals les reclamacions per danys, intentant

traslladar la càrrega a Red Eléctrica. Les empreses poden acudir tant a la via civil com, eventualment, a l'Audiència Nacional o instàncies internacionals per cercar indemnitzacions.

- També caldria plantejar, no com una obligació general, sinó com una recomanació per a centres clau o d'elevada capacitat, i que tingui efectes en rebaixa de prima d'assegurances i dins d'un pla de resiliència, un suport públic per facilitar-ne la viabilitat econòmica.

7.4. En resum

L'apagada va suposar pèrdues milionàries i greus afectacions en indústria, logística i serveis; persisteix el debat de responsabilitats entre agents del sector elèctric i el Govern, mentre que les assegurances ofereixen una cobertura limitada que depèn del tipus de pòlissa contractada. Haurem d'esperar un temps com es resol tot, però probablement moltes reclamacions acabaran als tribunals.



8. CONCLUSIONS

L'apagada del 28 d'abril va suposar un problema major al seu moment, que afortunadament es va poder reposar relativament ràpidament, però també és una oportunitat per millorar la resiliència dels sistemes bàsics de la nostra societat i economia.

Evidentment, el primer aspecte és la resiliència de tot el sistema elèctric, que és i cada vegada serà més important per tots els sectors i activitats. Aquest aspecte ha estat resumit breument en aquest document i ha estat i és l'objecte dels estudis i documents de la Comissió d'Energia dels Enginyers Industrials de Catalunya.

A banda, posa de manifest la importància de les TIC, que tenen un molt protagonisme, per la qual cosa considerem que és pertinent i imprescindible una visió estratègica i tècnica des del món TIC. L'elevada dependència digital de les estructures socials i econòmiques fa que la resiliència tecnològica hagi de ser considerada com una dimensió central i transversal de la protecció civil, de la seguretat energètica i de la continuïtat institucional.

Finalment, cada sector i activitat ha de considerar la millora de la seva resiliència davant d'apagades i altres esdeveniments similars, tal com s'ha indicat pels diferents sectors. Els plans de millora de la resiliència per a les indústries i activitats de logística i del sector terciari han de ser documents i sistemes vius, adaptats a cada sector i empresa/entitat, provats regularment amb simulacres d'emergències i contingències, actualitzats amb les lliçons apreses i que involucri tots els actors rellevants, per assegurar la resiliència davant d'un esdeveniment d'aquesta magnitud que, malgrat que és poc probable, continua sent possible.

La clau és la prevenció, la capacitat de resposta i de recuperació ràpida i coordinada i la capacitat d'aprenentatge.

Tanmateix, volem posar de manifest la necessitat que qualsevol mesura que es derivi d'aquestes propostes no comporti una càrrega administrativa addicional innecessària, especialment per a les petites i mitjanes empreses, que constitueixen el teixit majoritari del nostre país. És fonamental evitar que les iniciatives orientades a reforçar la resiliència derivin en una burocratització excessiva, en línia amb certes tendències normatives observades en l'àmbit europeu, que sovint penalitzen la productivitat i la capacitat d'innovació de les empreses.

Per tant, proposem que les noves exigències es fonamentin en **criteris de proporcionalitat, simplificació administrativa i aplicabilitat real**, amb especial atenció al context i capacitat operativa de cada organització. **La resiliència no pot anar en detriment de la competitivitat.**

Les aportacions aquí exposades volen contribuir a fer dels plans de millora de la resiliència una eina no només reactiva, sinó també proactiva, que permeti transformar l'amenaça en una oportunitat per reforçar la sobirania digital, la confiança ciutadana i la robustesa del nostre teixit industrial i institucional.

En aquesta direcció, el Col·legi i l'Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya posem a disposició el nostre coneixement i col·laboració per a futures revisions, proves pilot o projectes normatius vinculats a la resiliència elèctrica, digital i de les activitats industrials, logístiques i terciàries del país.



9. REFERÈNCIES, FONTS D'INFORMACIÓ

- Recull de legislació del servei [DL Abstract](#) dels Enginyers Industrials de Catalunya classificada en el tema “Qualitat i garantia del subministrament elèctric”.
- Inclou legislació de la Unió Europea (DOUE), d'Espanya (BOE) i de Catalunya (DOGC).
- [Ley 8/2011, de 28 de abril, por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas.](#)
- [Real Decreto 704/2011, de 20 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de protección de las infraestructuras críticas.](#)
- A l'enllaç <https://cnpic.interior.gob.es/es/legislacion/normativa-pic/> hi ha recollida tota la legislació bàsica sobre Protecció d'Infraestructures Críiques, tant de l'àmbit nacional com de l'àmbit europeu.
- El **Catàleg Nacional d'Infraestructures Estratègiques (CNIE)** és un registre que conté informació completa, actualitzada i contrastada sobre totes les infraestructures estratègiques del país.
- El **Centre Nacional de Protecció d'Infraestructures Críiques (CNPIC)** és l'òrgan del Ministeri de l'Interior encarregat de l'impuls, la coordinació i supervisió de totes les activitats que té encomanades la Secretaria de Estado de Seguridad en relació amb la Protecció d'Infraestructures Críiques en el territori nacional. (Web: <https://cnpic.interior.gob.es/es/inicio/>)
- Informe de gestió i resposta. Apagada General de 15 de maig de 2025 (<https://es.slideshare.net/slideshow/informe-global-incidencias-apagada-electrica/279395736#1>)
- Sondeig Empresarial de CECOT de 29-05-2025
- CaixaBank Research Notas
- PROENCAT 20250
- PNIEC 2023-2030



10. ANNEX DE MESURES GENERALS PER DIFERENTS SECTORS

Com a complement a les consideracions generals per la millora de la resiliència, s'adjunta una llista resumida d'algunes de les recomanacions essencials per plantes industrials, logística i de sistemes terciaris, que s'han d'estudiar i adaptar a cada sector i cas específic amb més detall.

Per a complexos, plantes industrials i logística:

- **Autogeneració in situ:** és fonamental que aquestes plantes inverteixin en sistemes d'autogeneració elèctrica robustos, redundants i amb autonomia adequada, capaços de mantenir almenys les funcions crítiques de seguretat (sistemes de parada d'emergència, refrigeració de processos, control d'emissions). També a considerar per magatzems frigorífics i automàtics
- **Emmagatzematge d'energia:** considerar sistemes d'emmagatzematge d'energia (bateries de gran escala) que puguin proporcionar energia durant el temps d'arrencada dels generadors o per a pics de demanda.
- **Protocols de parada segura:** desenvolupar i practicar procediments de parada segura de la producció per minimitzar danys a equips, riscos d'explosions o fuites i contaminació ambiental. Això inclou sistemes que no depenen de la xarxa elèctrica per activar-los.
- **Redundància de control:** cal assegurar que els sistemes de control crítics (PLC, DCS) tinguin fonts d'alimentació ininterrompuda i capacitat d'operar de manera manual si cal.
- **Combustible:** establir contractes amb múltiples proveïdors de combustible i mantenir reserves superiors a les

habituals, amb plans de proveïment prioritari.

- **Sostres solars:** als edificis logístics, incrementar la instal·lació de sostres solars per promoure l'autoconsum i un mínim d'energia elèctrica en cas d'emergència.
- **Centres de control** i de processament de dades equipats amb SAIs: això ja és molt comú i aplicable a la gran majoria de centres tant industrials, logístics com terciaris i es tracta d'assegurar que són operatius.
- Considerar la conveniència de sistemes de bateries duplicades per elements de manteniment discreta
- Assegurar l'enllumenat d'emergència a zones operatives "fosques" que puguin comportar un risc
- En casos de documentació crítica / imprescindible i necessària per emergències o operacions crítiques, disposar d'alternatives documentals en suport físic actualitzat.
- **Col·laboració industrial:** crear xarxes de col·laboració entre indústries properes per compartir recursos i coneixements durant una emergència.

Per a sistemes terciaris i de serveis per a la població (hospitals, comunicacions, transport, subministrament de combustibles, ascensors, etc.):

- **Centres sanitaris, hospitals:**
 - **Generació 100% autònoma:** els hospitals han de ser capaços d'operar de manera completament autònoma quant a electricitat, amb generadors i combustible per a diversos dies. Això inclou sistemes de suport vital, quiròfans, UCI i laboratoris.



- **Plans de contingència mèdica:** establir protocols per prioritzar pacients, traslladar els més vulnerables si cal, i gestionar l'escassetat de subministraments mèdics.
- **Aigua potable i sanejament:** cal assegurar el subministrament d'aigua i la capacitat de gestionar aigües residuals independentment de la xarxa elèctrica.
- **Serveis públics de seguretat i emergències essencials (polícia, bombers, protecció civil, etc.):** ja existeixen protocols al respecte, que no son part d'aquest document.
- **comunicacions (telefonía, internet, radiodifusió):**
 - **Bateries i generadors a torres i centrals:** totes les infraestructures crítiques de comunicacions (torres de telefonía, centrals) han de tenir suport de bateries i generadors dièsel amb capacitat per a diversos dies.
 - **Sistemes de comunicació per satèl·lit:** garantir l'accés a sistemes de comunicació per satèl·lit com a alternativa a les xarxes terrestres.
 - **Ràdios d'emergència:** equipar les forces de seguretat i serveis d'emergència amb ràdios que no depenguin de la infraestructura comercial.
- **Transport (semàfors, trens):**
 - **Semàfors:** implementar sistemes de semàfors que puguin operar amb bateries o generadors portàtils, o bé tindre plans per al control manual del trànsit per part d'agents.
 - **Trens:** els sistemes ferroviaris elèctrics quedaran aturats. El pla ha d'incloure com evacuar els passatgers dels trens immobilitzats i com gestionar les vies per a una possible represa. A Espanya, la majoria dels trens de rodalies són elèctrics, els de mercaderies poden utilitzar locomotores dièsel, però la majoria són elèctriques, els d'alta velocitat són elèctrics.
- **Combustible per a vehicles essencials i un mínim d'estacions de servei operatives:** prioritzar el subministrament de combustible a vehicles d'emergència, el transport d'aliments i les forces de seguretat. Preveure generadors a centres de proveïment de combustible i per la recàrrega de vehicles elèctrics.
- **Subministrament de combustibles:**
 - **Generadors a benzineres clau:** cal assegurar que un nombre estratègic de benzineres disposin de generadors per poder dispensar combustible.
 - **Seguretat de dipòsits:** protegir els dipòsits de combustible i garantir-ne el subministrament ininterromput als punts essencials.
- **Ascensors:**
 - **Sistemes de rescat de persones:** implementar sistemes de rescat automàtic o manual per a persones atrapades en ascensors durant un tall d'energia.
 - **Sistemes de bateries:** considerar ascensors amb sistemes de bateries que permetin portar la cabina a la planta més propera en cas de tall.
- **Serveis públics essencials (aigua, sanejament, recollida de residus):**



- **Bombes d'aigua i depuradores amb generadors:** cal assegurar que les estacions de bombament d'aigua, depuradores i plantes de tractament tinguin generadors i combustible suficient.
- **Plans de gestió de residus:** davant la parada de maquinària elèctrica, **cercar alternatives per a la recollida i gestió de residus per evitar problemes de salubritat.**