

Informe final sobre l'APAGADA

del 28 abril 2025 12.33 h

1. Resum executiu

El 28 d'abril de 2025 el sistema elèctric ibèric va patir una apagada total, la més rellevant a Europa en les darreres dues dècades. Els informes tècnics d'organismes com ENTSO-E indiquen que l'incident va ser conseqüència d'un augment ràpid i incontrolat de la tensió, combinat amb una pèrdua d'eficàcia dels mecanismes de control en un context d'elevada complexitat operativa.

Més enllà dels fets, l'apagada evidencia factors estructurals que tensionen el sistema: alta penetració de renovables sense inèrcia síncrona, manca de resposta dinàmica a la tensió, baixa interconnexió amb Europa, limitada observabilitat de la generació distribuïda i volatilitat operativa més elevada.

Aquest incident reflecteix un sistema en plena transformació. La transició energètica incrementa la complexitat, mentre que el marc regulatori i operatiu no evoluciona amb la mateixa velocitat. En aquest context, des del Col·legi es considera que la seguretat de subministrament ha de recuperar centralitat, davant d'un model que tendeix a prioritzar criteris econòmics.

En aquest context, es proposa avançar en tres grans àmbits d'actuació:

1. **Mesures operatives i tecnològiques (curt termini):**

Cal reforçar els mecanismes de control de tensió mitjançant l'automatització dels sistemes, exigir capacitats tècniques avançades a les instal·lacions renovables (incloent-hi serveis de control de reactiva i aportació d'inèrcia sintètica) i millorar el monitoratge en temps real de la generació distribuïda.

2. **Transformació estructural del sistema (mitjà i llarg termini):**

És imprescindible accelerar el desplegament d'infraestructures clau com l'emmagatzematge energètic, incrementar la capacitat d'interconnexió amb Europa i adaptar el disseny del

mercat perquè incorpori senyals que reflecteixin adequadament les necessitats de seguretat i estabilitat del sistema.

3. Governança i marc regulatori:

Cal dotar el sistema de més agilitat regulatòria i reforçar els mecanismes de coordinació entre els diferents agents. En aquest sentit, es considera necessari recuperar o reforçar una autoritat especialitzada en energia que situï la seguretat del sistema com a prioritat estratègica.

En síntesi, l'apagada del 28 d'abril posa de manifest que la transició energètica és també un repte de governança i operació. Garantir un sistema segur i resiliència requerirà anticipació, inversió i un millor equilibri entre criteris tècnics, econòmics i ambientals.

2. Introducció

El 28 d'abril a les 12.33 h es va produir un incident al sistema elèctric ibèric (Espanya i Portugal), considerat el més important del sistema elèctric europeu dels darrers 20 anys, que va causar una desconexió total del sistema. Els dispositius de protecció de les línies d'interconnexió amb França i el Marroc van evitar que aquests sistemes es veiessin afectats. La seva tensió mantinguda i els grups hidràulics amb sistema de posada en marxa autònom van ser essencials per iniciar el procés de reposició, de manera que, segons Red Eléctrica de España (REE), a les 04:00 totes les subestacions estaven energitzades.

Ha passat un any de l'incident del dia 28 d'abril i actualment s'han publicat un seguit d'informes com el de REE¹, el MITECO² i Aelec³ mentre que el panel d'expert creat per ENTSOE el 3 d'octubre va fer públic el Factual Report⁴ en què va fer un recull exhaustiu dels fets de l'incident sense entrar en les causes i recomanacions, que va deixar per un segon informe posterior, Final Report⁵ que ha fet públic el 20 de març de 2026.

En el primer informe recull les condicions del sistema el dia de l'incident i fa una descripció detallada de la seqüència d'esdeveniments que es van produir aquest dia a partir de les 9:00 en els sistemes elèctrics d'Espanya, Portugal i França. Segons indica en el seu preàmbul, no pretén atribuir responsabilitat a cap de les parts i, per tant, no es pot interpretar com a tal.

Posteriorment, el 20 de març de 2026, el panel d'experts de l'ENTSOE fa públic un informe final exhaustiu que té per objectiu "proporcionar un relat factual, tècnic i objectiu de l'incident per informar de manera transparent les parts interessades i els òrgans de govern". L'informe també pretén identificar les causes de l'incident i recomanar mesures que reforcin la resiliència del sistema elèctric europeu. Té com a objectiu donar suport a la transparència, l'aprenentatge i la millora contínua del funcionament del sistema a tot Europa.

En el preàmbul del Final Report, el panell d'expert torna a destacar, igual que en l'informe anterior, que aquest informe no pretén assignar responsabilitat a cap part i no s'ha d'interpretar com a tal de cap manera, per tant, només fa una anàlisi de les causes i dona un seguit de mesures i recomanacions per millorar la seguretat del sistema Europeu.

¹ https://d1n1o4zeyfu21r.cloudfront.net/WEB_Incidente_SistemaElectricoPeninsularEspaol_18junio2025.pdf

² <https://www.lamoncloa.gob.es/consejodeministros/resumenes/Documents/2025/Informe-no-confidencial-Comite-de-analisis-28A.pdf>

³ https://aelec.es/wp-content/uploads/2025/08/20250728_CL-Blackout-Spain_es.pdf

⁴ https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/clean-documents/Publications/2025/iberian-blackout/entsoe_incident_report_ES-PT_April_2025_06.pdf

⁵ <https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/clean-documents/Publications/2025/iberian-blackout/Final%20Report%20on%20the%20Grid%20Incident%20in%20Spain%20and%20Portugal%20on%2028%20April%202025.pdf>

El Grup de Treball de l'Apagada del Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya (COEIC), creat arran de l'incident del 28A amb membres de diverses comissions, ha recopilat els informes elaborats i ha elaborat diverses reflexions basades en la informació disponible. Des del COEIC només podem parlar de causes, no de responsabilitats i, per això, en aquest document separem els dos conceptes.

3. Descripció de les causes segons l'informe del panel d'experts de ENTSOE

Si ens fixem en l'informe final del panel d'experts de l'ENTSOE aquest conclou que l'incident es va produir a causa de:

- un augment ràpid i incontrolat de les tensions a causa de diversos factors.
- una pèrdua i falta d'eficàcia del control de les tensions.
- tot l'anterior agreujat per la reducció ràpida de generació en cascada per sobretensió que va portar a la pèrdua de sincronisme de la Península amb la resta d'Europa.

D'acord amb tot l'anterior les claus de l'apagada les podem trobar en l'operació reforçada⁶ que s'ha estat aplicant des de l'endemà a l'apagada fins ara. El sistema és cada vegada més complex de gestionar a causa de les seves noves condicions operatives i característiques estructurals.

En els seus informes l'ENTSO-E i la CNMC identifiquen, més enllà de la seqüència puntual, un seguit de factors estructurals com a condicionants de l'incident en què es pot destacar:

- **Alta penetració de generació renovable basada en convertidors (IBR):** en el moment de la pagada, la major part de la generació activa no disposa d'inèrcia sincrònica natural ni de control de tensió dinàmica.
- **Operació en mode factor de potència fix:** les plantes renovables no responien a les variacions de tensió; en reduir la potència activa, es va reduir proporcionalment la seva absorció de reactiva i, com a conseqüència, es va agreujar la sobretensió.
- **Compliment de Q-reference per unitats síncrones:** diverses centrals convencionals no van assolir la seva referència d'absorció de reactivació al matí de l'incident.
- **Maniobres manuals per a reactàncies:** la gestió manual d'equips d'absorció de reactivació és incompatible amb la velocitat dels fenòmens (segons).
- **Escassa interconnexió amb França:** Espanya opera amb menys del 3% de capacitat d'interconnexió sobre potència instal·lada, enfront del mínim del 10% recomanat per la Unió Europea.
- **Mercat quart-horari des de 2025:** les transicions entre programes de generació a una alta freqüència generant variacions ràpides de potència activa que es reflecteixen en variacions de tensió.
- **Falta d'observabilitat de la petita generació distribuïda:** una gran quantitat d'instal·lacions FV de potències inferiors a 1 MW sense telemesura en temps real dificulten la previsió del comportament de la xarxa.

⁶ <https://www.ree.es/es/conocenos/marco-regulatorio/procedimientos-de-operacion>

4. Condicions estructurals del sistema

La transformació del sistema elèctric

El sistema elèctric europeu es troba immers en un procés de transformació profund, impulsat principalment per la transició energètica, la descarbonització i la incorporació creixent de fonts d'energia renovable. Aquest nou escenari implica la coexistència de diverses tecnologies de generació que aporten característiques diferents des del punt de vista de flexibilitat, resposta i previsibilitat. El desenvolupament de les energies renovables s'ha de complementar amb recursos de gestió com són la instal·lació d'emmagatzemament (bateries i bombeig) que compensin la seva intermitència i variabilitat.

La combinació de diferents tipus de generació fa que la gestió del sistema sigui progressivament més complexa. L'operador ha d'adaptar-se contínuament a les condicions variables i als nous requisits imposats per la penetració de les renovables, la qual cosa exigeix una coordinació més sofisticada i una capacitat de resposta àgil per garantir la seguretat i estabilitat de la xarxa. Tot això suposa un augment de la complexitat en la gestió.

Paral·lelament, el ritme d'adaptació del marc regulatori no és suficient per donar resposta als canvis que requereix aquest nou sistema. Aquesta manca d'agilitat en la regulació afecta negativament tant el funcionament com la gestió de la infraestructura elèctrica, generant tensions addicionals i dificultant la implementació de solucions que podrien reforçar la resiliència del sistema davant els nous reptes.

El paper de la xarxa en la transformació del sistema elèctric

La xarxa elèctrica representa l'element fonamental sobre el qual se sustenta el sistema elèctric, especialment en el context actual de transició energètica i incorporació de fonts renovables. Per tal de garantir la seguretat i estabilitat del sistema davant la creixent complexitat derivada de la coexistència de diverses tecnologies de generació, és imprescindible que la xarxa evolucioni cap a un model més dinàmic i autònom.

Aquesta evolució requereix que la xarxa disposi d'una capacitat de captació de dades precisa, en temps real i adequada, per a donar resposta a les condicions variables i als nous requisits imposats per la penetració de les energies renovables i l'electrificació de la demanda. Només d'aquesta manera serà possible adaptar-se ràpidament als fenòmens que es produeixen, garantir una gestió eficient i contribuir al desenvolupament d'un sistema elèctric resiliència i flexible.

Figures clau en el desenvolupament del sistema elèctric

En el context de les transformacions que està experimentant el sistema elèctric, el procés de canvi implica la participació de tres figures fonamentals, cadascuna amb un rol específic que contribueix a la gestió i evolució del sistema:

Dissenyador del sistema: Aquest actor té la responsabilitat d'establir el marc general, el terreny i les regles de joc. Ho fa a través dels plans i la planificació, definint així les bases sobre les quals es construirà i operarà el sistema.

Desenvolupadors: En la part liberalitzada del sistema, aquests agents creen els mitjans necessaris per al funcionament del sistema, seguint els plans establerts pel dissenyador. La seva actuació es guia pels senyals econòmics rebuts i la seva capacitat inversora, adaptant-se al context de mercat i a les directrius fixades.

Conductor del sistema: Aquesta figura gestiona els mitjans que els desenvolupadors (inversors) posen a disposició del sistema, aplicant les regles que el regulador li aprova. El conductor es converteix així en l'element central de la gestió diària, assegurant que el sistema funcioni sota els paràmetres establerts.

Aquesta estructura permet entendre com es configura el sistema elèctric, posant de manifest la rellevància de la coordinació entre els diferents agents implicats per fer front als desafiaments associats a la transició energètica i la incorporació de noves tecnologies.

Supervisió institucional i impacte en la gestió del sistema elèctric.

El Ministeri i la Comissió Nacional dels Mercats i la Competència (CNMC) exerceixen un rol clau en la supervisió de les decisions tècniques que afecten el sistema elèctric. Aquesta supervisió es concreta a través de la revisió i aprovació de tots els procediments d'operació (PO), els quals es publiquen oficialment al Butlletí Oficial de l'Estat (BOE). La intervenció d'aquestes institucions assegura la transparència i el compliment de la legalitat en totes les fases de la gestió.

No obstant això, aquest procés de supervisió institucional comporta sovint una paralització de les decisions tècniques necessàries per a l'evolució del sistema. El fet d'haver de passar per una revisió i aprovació exhaustiva afegeix un nivell de complexitat addicional, dificultant la capacitat d'adaptació i resposta del sistema davant els nous reptes derivats de la transició energètica i la incorporació de tecnologies renovables. Així, la supervisió institucional, tot i ser imprescindible per garantir la transparència i la legalitat, pot esdevenir un obstacle per a la gestió àgil i eficient del sistema elèctric.

Impacte del trilema en la gestió del sistema elèctric.

El sistema elèctric es troba actualment en una situació en què el trilema entre economia, seguretat i sostenibilitat s'està inclinant progressivament cap a la dimensió de l'economia, aquest desequilibri comporta una pèrdua de pes tant de la seguretat com de la sostenibilitat, que passen a un segon pla en la presa de decisions. Aquesta tendència es reflecteix en la gestió del sistema, on els criteris econòmics adquireixen una influència creixent i condicionen de manera significativa l'operació. Com a conseqüència, es compromet l'òptim tècnic, ja que es prioritzen consideracions financeres per sobre de criteris tècnics i mediambientals, fet que pot conduir a una situació de vulnerabilitat en termes de fiabilitat i sostenibilitat.

L'economia com a variable tècnica en la gestió del sistema

En aquest context, possiblement l'economia tendeix a consolidar-se com una variable tècnica més en l'explotació del sistema elèctric, i fins i tot com la predominant. Això implica que les decisions operatives s'adaptin als condicionants econòmics, integrant-los dins dels criteris habituals de gestió.

Tanmateix, si aquesta integració no incorpora incentius adequats per garantir la seguretat de subministrament, es pot desvirtuar l'equilibri necessari entre els tres pilars del trilema. El resultat és un sistema cada vegada més orientat a l'eficiència econòmica, però potencialment més fràgil des del punt de vista tècnic i ambiental.

5. Conclusions i recomanacions

1. L'informe del panel d'experts atribueix l'apagada a un augment ràpid i incontrolat de les tensions a causa de diversos factors acompanyat d'una falta d'eficàcia del control de les tensions.
2. En el seu informe el panel d'experts identifica un seguit de factors estructurals que van condicionar l'incident:
 - 1) Alta penetració de generació renovable basada en convertidors (IBR):
 - 2) Operació en mode factor de potència fix de les plantes renovables.
 - 3) Diverses centrals convencionals no van assolir la seva referència d'absorció de reactiva.
 - 4) Les maniobres manuals de reactàncies són incompatibles amb la rapidesa de l'esdeveniment.
 - 5) Capacitat d'interconnexió amb França insuficient.
 - 6) La falta de telemesura en les instal·lacions de FV de potències inferiors a 1 MW dificulten la gestió de la xarxa.
3. El sistema elèctric està en una profunda transformació que implica una elevada penetració de renovables asíncrones que provoca un augment de la complexitat de la gestió.
4. Atès que les renovables són i seran una tecnologia base que a més de la descarbonització, incrementa els nivells d'autosuficiència energètica, es fa necessari crear mecanismes perquè també aportin inèrcia al sistema com fa la generació síncrona.
5. Cal la instal·lació d'emmagatzemament (bateries i bombeig) que compensin la intermitència i variabilitat de les energies renovables.
6. Des d'un punt de vista regulatori no anem a prou velocitat per als canvis que necessita el sistema. S'estan barrejant sistemes de generació diferents que augmenten la complexitat de tot el sistema.
7. Cal una coordinació més gran entre els tres actors claus en el desenvolupament del sistema com són el disseny, desenvolupadors i el conductor del sistema.
8. La supervisió institucional en la gestió del sistema és essencial per garantir la transparència i el compliment de la normativa, encara que pot representar una dificultat per a l'eficiència i agilitat de la gestió del sistema elèctric. Per tal d'assolir aquests objectius, és necessari impulsar la recuperació de la Comissió Nacional de l'Energia (CNE), amb una dedicació exclusiva al sector energètic i amb prioritats orientades, entre altres aspectes, a la seguretat del sistema i a la gestió de les reserves energètiques.
9. El trilema entre economia, seguretat i sostenibilitat s'està inclinant progressivament cap a l'economia. A mesura que l'economia guanya pes, es posa en perill l'òptim tècnic del sistema i, per tant, la seva seguretat. L'economia s'està convertint en una variable tècnica més de l'explotació que ha de donar els senyals adequats per tenir un sistema segur i resiliènt.

Barcelona, 24 d'abril del 2026