Comissió d'Energia
Grup de Treball de Transport, Distribució i Comercialització d'Energia

PNIEC 2021-2030 Anàlisi d'infraestructures del sector elèctric

Estratègia d'optimització de les inversions en generació

Versió 02

ÍNDEX

1 Resum executiu 3
1.1 Alternatives al tancament de quatre centrals nuclears entre 2027 i 2030 5
1.2 Valoració global i conclusions 6
2 Introducció 7
3 Antecedents 8
3.1 Informe de la CETE (*Comisión de Expertos para la Transición Energética*) 8
3.2 PNIEC 2021-2030 (esborranys) i objectius de la UE 10
3.3 Esborrany PNIEC 2021-2030 (escenaris) 10
4 Anàlisi de la cobertura de potència als escenaris del PNIEC per l'horitzó 2030 12
4.1 Consideració prèvia 12
4.2 Anàlisi de la cobertura de potència pels escenaris 2030 Tendencial i Objectiu del PNIEC 14
5 Anàlisi de l'energia nuclear 16
5.1 L'energia nuclear al món 16
5.2 L'energia nuclear a Espanya 17
5.3 El 7è Pla General de Residus Radioactius (7è PGRR) 17
6 Substitució de quatre grups nuclears (alternatives) 18
6.1 Alternativa: bombeig pur (8 h) + eòlica + fotovoltaica 19
6.2 Alternativa: bombeig pur (8 h) + fotovoltaica 20
6.3 Alternativa: bateries (2 h) + bombeig pur (8 h) + fotovoltaica 20
7 Substitució de set grups nuclears abans de 2035 (alternatives) 21
7.1 Horitzó 2035. Escenari Objectiu: inversions addicionals necessàries per cobrir el tancament de set grups nuclears 22
8 Cobertura de la demanda d'energia i de potència ferma en l'horitzó 2030 23
9 Anàlisi del PNIEC 2021-2030: Portugal 24
10 Anàlisi del PNIEC 2021-2030: França 24
11 Consideracions prèvies a les conclusions 26
11.1 Entorn de l'energia nuclear 26
11.2 Entorn de l'emmagatzematge 27
12 Conclusions 28

1 Resum executiu

L'estudi realitzat per l'Associació / Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya desenvolupa i justifica una nova estratègia optimització d'inversions en generació elèctrica de manera que es posposa el tancament dels quatre grups nuclears a partir de 2032.

La conseqüència directa és un estalvi d'inversions de prop d'11.000 M€ en el període 2021-2030 depenent de quina sigui l'alternativa seleccionada de les tres que es proposen.

L'esborrany actualitzat del Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima (PNIEC) preveu per a l'any 2030 una disminució d'emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) del 23 %, una potència total instal·lada en el sector elèctric de 161 GW, dels quals 50 GW seran energia eòlica; 39 GW, solar fotovoltaica; 27 GW, cicles combinats de gas (CCGT); 15 GW, hidràulica; 9 GW, bombeig; 7 GW, solar termoelèctrica; i 3 GW, nuclear, així com quantitats menors d'altres tecnologies.

La Comissió d'Energia, en vista a aquests objectius, ha analitzat detalladament el contingut del PNIEC sota els següents paràmetres:

- L'objectiu prioritari de descarbonització al voltant del qual s'articula el Pla.
- La cobertura de la demanda tant des del punt de vista d'energia com de potència.
- Les circumstàncies actuals a causa de la pandèmia de la COVID-19 i el seu efecte social i econòmic.
- L'optimització d'inversions tenint en compte l'escassetat de recursos disponibles.

1) Descarbonització del sistema elèctric

- Els objectius del PNIEC s'articulen entorn de la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle, les energies renovables i l'eficiència energètica per al què proposa:
- Una instal·lació massiva en les energies renovables fotovoltaica i eòlica per a la generació d'energia.
- El Projecte de Llei de canvi climàtic i transició energètica, PLCCTE, en el seu Títol I, Article 3, apartats 1 i 2, fixa els objectius de penetració d'energies renovables en un 35 % per a les energies primàries i en un 70 % per a la generació d'energia elèctrica d'origen renovable.
- La instal·lació de noves capacitats d'energia hidràulica, termosolar hibridada, bombeig hidràulic i emmagatzematge en bateries per garantir el subministrament en les hores d'intermitència de les energies renovables solar i eòlica, com a mitjana més del 50 % del temps, i garantir les puntes de demanda.

2) La cobertura de la demanda tant des del punt de vista d'energia com de potència

S'ha estudiat i valorat la cobertura de la demanda d'energia i de punta de potència.

- L'AEIC/COEIC ha realitzat una anàlisi de potència garantida per cobrir les puntes de demanda, basada en coeficients de disponibilitat i garantia de cadascuna de les tecnologies i constata un dèficit de potència garantida valorat en 4,3 GW, sense quantificar el temps de dèficit de potència ni l'energia deixada de subministrar.
- L'anàlisi que aporta el PNIEC està basada en la modelització del funcionament del sistema elèctric, amb paràmetres similars als d'operació utilitzats per Red Eléctrica de España (REE), tenint en compte les característiques de les tecnologies utilitzades i l'optimització tècnica i econòmica del seu compliment en estudis de comportament horari del sistema a llarg termini. No quantifica els dèficits de potència però sí l'energia deixada de subministrar. Conclou que: "la demanda es troba garantida, encara que puguin donar-se situacions d'energia no subministrada en una mitjana de 0,007 hores l'any amb una esperança d'energia no subministrada anual de 6,8 MWh. La probabilitat de pèrdua de càrrega obtinguda cada hora és de 0,0008 %". A més, en l'Escenari Objectiu 2030 el sistema elèctric espanyol és molt flexible en la cobertura de la demanda analitzada com a nus únic i, per fer l'anàlisi, s'ha comptat, a més, amb 11,2 GW d'interconnexió amb França i Portugal.

Com que el PNIEC afirma que la previsió per l'horitzó 2030 és adequadament fiable i entre el sistema que aplica el COEIC i el del PNIEC existeixen diferencies de prop del 10 % de potència garantida disponible pel 2030, pot ser que al PNIEC es consideri que no sigui

necessària la reserva del 10 % de potència garantida que el sistema elèctric peninsular històricament ha considerat convenient (per raons de seguretat i per incidència dels anys hidràulicament secs i possibles indisponibilitats de llarga durada d'importants grups de generació de llarga durada).

Això no obstant, ambdós sistemes podrien considerar-se complementaris i no contradictoris per la qual cosa, globalment, com diu el PNIEC, el sistema és adequadament fiable i, per tant, ambdós sistemes es validen per ser utilitzats a l'hora d'establir conclusions de l'estudi.

En la cobertura de la demanda de l'energia, l'estudi de l'AEIC/COEIC proposa tres alternatives d'optimització d'inversions en generació elèctrica basades en posposar el tancament dels quatre grups nuclears a partir de 2030 garantint no solament la cobertura de l'energia en termes de GWh, sinó també una potència garantida entorn de 52 GW amb un dèficit de potència ferma inferior a 1 GW. Tanmateix, fa una extrapolació al 2035, millorant a el mateix temps el compliment dels objectius de descarbonització.

3) Les circumstàncies derivades de la pandèmia

És important considerar les circumstàncies actuals, radicalment diferents de les de gener de 2020, a causa de l'efecte de la pandèmia de la COVID-19 que ha creat greus problemes socials, de salut pública i la caiguda de l'activitat econòmica més important en moltes dècades i que exigirà un esforç inversor de recuperació, de dimensions desconegudes i centenars de milers de milions d'euros a tota la UE per reconstruir l'activitat econòmica.

En aquest sentit, s'ha considerat convenient calcular quin seria l'efecte tècnic i econòmic sobre les inversions del sector energètic si es posposa el tancament de les centrals nuclears previstes al PNIEC fins al 2030. Això suposaria allargar la seva activitat almenys fins al final del període habitual de llicència d'operació de 10 anys, i garantiria les condicions de seguretat d'acord amb l'obligat informe del Consell de Seguretat Nuclear (CSN), de manera que la primera central que haurà de renovar l'autorització el 2022 allargaria el seu funcionament fins al 2032, i la resta seguirien segons la seqüència de caducitat de les seves autoritzacions d'operació.

S'estudien diverses alternatives de les inversions susceptibles de posposar-se si continuen en servei les quatre centrals nuclears i la seva quantificació tècnica i econòmica garantint el subministrament d'energia i fins i tot millorant els objectius de descarbonització.

En efecte, el PNIEC preveu que els cicles combinats de gas (CCGT) cobreixin, en la mesura del que sigui necessari, els dèficits d'energia de base que es produiran fins al 2030 a conseqüència del tancament de les centrals tèrmiques de carbó i dels grups nuclears, a més de servir de back up del sistema. En aquest sentit set CCGT haurien d'operar al mínim tècnic per garantir l'estabilitat del sistema.

Aquest funcionament genera emissions de GEH que, si es mantenen en funcionament els grups nuclears, s'evitarien en la major part, la qual cosa suposaria millorar l'objectiu prioritari de la reducció al màxim de les emissions de GEH. És a dir, es complirien i fins i tot es milloraria l'objectiu de descarbonització.

A més, s'endarreririen les inversions necessàries per al desmantellament de les centrals nuclears i tractament dels residus, la qual cosa permetria, d'una banda, incrementar els recursos econòmics provinents de la fiscalitat sobre residus i, de l'altra, disposar de més temps per desenvolupar el necessari MTC (Magatzem Transitori Centralitzat). L'import econòmic de posposar el tancament dels quatre grups nuclears més enllà de 2030 pel que fa al tractament dels residus nuclears –inclòs el desmantellament– pot avaluar-se –segons l'esborrany del Pla de Residus del 16 de març de 2020– en un retard de la despesa de 5.175 M€.
Al mateix temps, es compliria amb el què expressa el Projecte de Llei de Canvi Climàtic i Transició Energètica (PLCCTE), Títol VI, Mesures de transició justa, Article 24.1 i 24.2: "Adopció de mesures que garanteixin un tractament equitatiu i solidari a treballadors i territoris en aquesta transició".

Optimitzar i posposar inversions de fins a 15.000 M€ en el període 2021-2030, com demostra l'estudi, facilitaria la reconstrucció del teixit econòmic i social en les actuals circumstàncies en què tots els recursos seran escassos i amb una transició justa en els territoris amb alta dependència econòmica de l'operació de les centrals nuclears i activitats industrials relacionades.

4) Optimització d'inversions

S'analitza en detall el possible funcionament del sistema si es retardés el tancament dels grups nuclears, mitjançant el càlcul de les inversions en renovables i en emmagatzematge, bombeig o bateries, que en paral·lel també es retardarien, amb la qual cosa es garantiria la cobertura de la demanda d'energia i de puntes de potència.

Actualment el parc de centrals nuclears aporta al sistema elèctric peninsular de l'Estat espanyol una energia al voltant de 56.000 GWh anuals que cobreix el 20 % de la demanda d'energia elèctrica amb una disponibilitat superior al 90 % i una garantia de potència superior als 6.500 MW, equivalent al 15 % de la màxima potència demandada.

Els quatre grups nuclears que el PNIEC planteja aturar abans de 2030 i el tancament dels quals proposem retardar aporten al sistema:

4.067 MW de potència instal·lada, que amb el coeficient de cobertura del 92 % suposen uns 3.742 GW de potència ferma <> el 8,05 % de la punta de demanda prevista per l'any 2030 per l'Escenari Objectiu.

Generen 29,5 TWh d'energia sense emissions de GEH <> a 11,3 % de la demanda de l'any 2030.
Aquests valors es prenen com a referència a l'hora d'avaluar les inversions susceptibles de ser retardades per garantir la fiabilitat del sistema elèctric.

INCREMENTOS DE GENERACIÓN RENOVABLE PREVISTOS EN EL PNIEC. ENERO DE 2020 (EN GW)

Eòlica	20,5
Fotovoltaica	29,4
Bombeig	3,5
Termosolar	5,0
Bateries	2,5

Aquest increment d'energies renovables no gestionables addicionalment genera 13,8 TWh de vessaments i 39,3 TWh d'excedents..

1.1 Alternatives al tancament de quatre centrals nuclears entre 2027 i 2030

Analitzem tres alternatives:

1.- Bombeig pur (8 h) + eòlica + fotovoltaica
2.- Bombeig pur (8 h) + fotovoltaica
3.- Bateries (2 h) + bombeig pur (8 h) + fotovoltaica

Per calcular aquestes alternatives s'han tingut en compte els següents criteris:

*** Garantir una generació d'energia equivalent, inclosa l'energia necessària per compensar el rendiment dels bombeigs i assegurar la potència demandada.**

*** Les hores anuals de funcionament de cada tecnologia –fotovoltaica i eòlica– basades en les previsions del PNIEC en l'Escenari Objectiu que coincideixen amb l'estadística de funcionament de l'eòlica i fotovoltaica dels anys 2015-2019.**

Alternativa 1: bombeig pur (8 h) + eòlica + fotovoltaica

Aplicant aquests criteris, per a la cobertura de la generació de producció equivalent a la corresponent als quatre grups nuclears seria necessari instal·lar una potència quantificada en:

- 9 GW fotovoltaics que funcionen 1.795 h/any i generen, per tant, 16.155 GWh/any
- 6,6 GW eòlics que funcionen 2.172 h/any i generen, per tant, 14.335 GWh/any
- 4.262 MW de potència ferma de bombeig pur

El valor de les inversions posposades d'aquesta alternativa, segons les dades i el càlcul que s'aporten en l'informe, serà:

Inversions:

Bombeig: 4.262 MW x 1,325 M€/MW.	5.647 M€
Fotovoltaica: 9.000 MW x 0,56 M€/MW.	5.040 M€
Eòlica: 6.600 MW x 0,883 M€/MW .	5.828 M€
Total inversions posposades	**16.515 M€**
Despesa posposada de tractament de residus radioactius i desmantellament centrals nuclears:	5.175 M€
Despesa d'inversió centrals nuclears*	2.440 M€
Total inversió posposada.	**19.250 M€**

Seguint el mateix sistema de càlcul:

Alternativa 2: bombeig pur (8 h) + fotovoltaica

Fotovoltaica:	16.740 MW
bombeig:	4.860 MW
Total inversió posposada	**18.559 M€**

Alternativa 3: bateries (2 h) + bombeig pur (8 h) + fotovoltaica

Fotovoltaica:	16.713 MW;
Bombeig pur (8 h):	2.430 MW;
Bateries (2 h):	2.079 MW
Total inversió posposada	**16.568 M€**

* No es disposa a l'Estat espanyol d'informació concreta sobre les despeses d'inversió per prolongar l'explotació de les centrals nuclears, com s'indica en l'informe adjunt, per això s'han pres com a referència les facilitades per Électricité de France (EDF) per a la prolongació de la vida útil de les centrals nuclears per períodes de 20 anys. Per tant, la valoració indicada entenem que és conservadora.

1.2 Valoració global i conclusions

Mantenir operatius fins al final del període habitual de llicència els quatre grups nuclears que el PNIEC preveu tancar abans de 2030 suposa posposar un mitjana de cinc anys unes inversions valorades entre 11.000 M€ i 15.000 M€, complir els objectius de descarbonització i fins i tot disminuir les emissions de GEH; la qual cosa facilitaria la reconstrucció del teixit industrial, econòmic i social en les actuals circumstàncies en què tots els recursos seran escassos.

Permetria ocupar aquests recursos econòmics en altres finalitats dins del sector elèctric com l'eficiència energètica, la digitalització o en altres camps com inversions en la reconstrucció industrial, canvis de model productiu, etc.

Aquesta optimització d'inversions serà fonamental i facilitarà una transició energètica justa en els territoris amb una alta dependència econòmica de l'operació de les centrals nuclears i activitats industrials relacionades.

Facilitaria considerablement la implantació de les energies renovables ja que l'objectiu del PNIEC és molt ambiciós, i disminuiria així la pressió sobre els terminis d'implantació i d'aquesta manera les incerteses del seu compliment.

En definitiva, representaria l'optimització social, tècnica i econòmica de les inversions en el període 2021-2030.

2 Introducció

La transició energètica. Condicions per la posta fora de servei de la generació no renovable

La resposta dels europeus a la crisi climàtica en la qual estem immersos és fer-hi front liderant la transformació de la societat vers una economia sostenible amb neutralitat climàtica l'any 2050.

Els efectes sobre el sistema energètic d'aquest plantejament suposen un repte extraordinari de modificació dels sistemes de producció i consum energètics. Requereixen l'eliminació progressiva de la producció d'energies a partir de recursos contaminants, la substitució de combustibles tradicionals, l'aparició de nous vectors energètics com l'hidrogen, l'estalvi i l'autoconsum i l'eficiència energètica en tots els processos, i d'altres com les comunitats energètiques, els agregadors energètics, etc., és a dir, una autèntica revolució energètica.

La necessitat de reduir radicalment l'ús de combustibles fòssils generadors de gasos d'efecte hivernacle és un plantejament que posa en qüestió les bases en què els sistemes energètics han estat funcionant des que James Watt va modificar la màquina de vapor de Newton afegint-hi un cambra de condensació del vapor separada. Això era l'any 1765, l'inici de la revolució industrial i energètica basada, en gran part, en l'ús d'energies fòssils. Volem canviar en 30 anys —una generació— els sistemes energètics que utilitzem des de fa més de 250 anys.

Modificar el sistema elèctric de què disposem, fonamentalment en el mercat elèctric de la península Ibèrica, no es pot fer a qualsevol preu. **La transició ha de ser compatible amb la prestació de subministraments energètics a preus compatibles amb la competitivitat empresarial, dels proveïdors dels serveis energètics i dels consumidors.**

Les fases i terminis d'implantació de nous sistemes de generació de nous vectors energètics han de ser prou flexibles, clars, amb determinació, i amb risc raonable, a fi que els actors i inversors es mobilitzin per participar en els nous mercats energètics que es definiran.

Europa contribueix en una part molt petita a la crisi climàtica planetària. Europa vol fer un exercici de lideratge tecnològic que ens situï al capdavant de les noves tecnologies que es derivaran d'aquests canvis que es produiran durant la propera generació. Lideratge i prosperitat fonamentats en una economia que no malbarata recursos. Europa ha concretat aquest repte en el que anomenem el Green Deal.

En aquest context de reducció del parc de generació nuclear –que no és un objectiu derivat de la crisi climàtica, sinó dels potencials riscos mediambientals que comporta– s'han de definir amb cura quines són les seves fases i condicionants, i se situen en fase subordinada les condicions de compliment de la suficiència i garantia de generació de servei d'energia renovable.

La crisi per la COVID-19 s'ha de gestionar amb una optimització del calendari d'inversions del sector energètic, per tal que l'impuls a la reactivació econòmica no en surti perjudicat.

L'objecte d'aquest estudi no pretén entrar en un debat sobre quines haurien de ser les fases de la transició de l'energia nuclear a renovable. Fases que, en molts casos, depenen de l'evolució tecnològica de nous vectors energètics com l'hidrogen i el desplegament i posta en servei de generació, bombeig i emmagatzematge renovable. **L'estudi basat en les dades públiques, disponibles dels sistemes elèctrics del nostre entorn, <u>pretén calcular quins són els costos que comporten en diferents escenaris el procés de parada dels generadors nuclears, i la seva viabilitat tècnica i econòmica</u>.**

El MITERD ha elaborat una proposta anomenada ***Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC 2021-2030),*** que ha estat analitzat per la Comissió d'Energia de l'AEIC mitjançant un document que porta el títol ***d'Anàlisi i valoració del PNIEC Versió 1-0***.

L'objectiu prioritari del PNIEC és complir els objectius de les directives de la UE i preferentment obtenir per l'horitzó 2030 les màximes reduccions d'emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH). El PNIEC proposa tancar abans de 2030 quatre dels set grups nuclears actualment operatius al sistema elèctric peninsular, i proposa que abans de 2035 es procedeixi a tancar la totalitat dels set grups nuclears. Tanmateix, les centrals nuclears **suposen una aportació per a la reducció de gasos d'efecte hivernacle i una garantia permanent de cobertura de la punta de demanda elèctrica molt important** (de prop de 6.000-7.000 MW).

Més encara tenint en compte que l'aportació a la demanda anual d'energia elèctrica supera el 20 % i que la disponibilitat horària anual de la potència instal·lada és superior al 90 % sense un estudi de les garanties d'energia i potència disponibles que s'han d'assolir pel seu tancament, en l'actual context de crisi econòmica pensem que aquesta decisió hauria de ser reconsiderada en el sentit d'endarrerir lleugerament el seu tancament.

L'Informe de la Comissió d'Energia del COEIC sobre el PNIEC, assenyalava aspectes com la dificultat de cobrir la punta de demanda amb les hipòtesis adoptades pel PNIEC i recomanava considerar la conveniència de prolongar el cicle de vida de les centrals nuclears, més enllà dels 40 anys de disseny.

En el present informe, ens proposem aprofundir en determinar quines han de ser les condicions i terminis efectius pel tancament de les centrals nuclears. Per fer-ho analitzarem:

- Els efectes que el suposat tancament dels quatre grups nuclears abans de 2030 produirien en la cobertura de la garantia de potència de punta del sistema elèctric. Analitzarem la projecció per l'horitzó 2030 i l'Escenari Objectiu de la cobertura de potència, així com les possibilitats, o no, d'obtenir recolzament des dels sistemes elèctrics veïns de Portugal i França.
- Els efectes sobre la viabilitat de compliment dels objectius del Pla General de Residus Radioactius (PGRR) que provocaria el suposat tancament dels quatre grups nuclears.
- Les alternatives de subministrament d'energia i de potència ferma en substitució dels esmentats quatre grups nuclears i, per tant, poder donar resposta al plantejament de l'informe: què cal fer en el sistema elèctric peninsular per tal de poder complir l'objectiu fixat pel PNIEC 2021-2030 i mantenint l'objectiu de tancar quatre dels set grups nuclears existents abans del horitzó 2030, poder gaudir de garanties de subministrament de les demandes de potència i energia previstes?
- Encara que el PNIEC 2021-2030 no analitza la projecció del sistema elèctric peninsular en l'horitzó 2035, s'hi fixa com a objectiu el tancament abans de 2035 de la totalitat dels set grups nuclears existents. Per tant, també tractarem d'aportar alternatives per gaudir de garanties de subministrament de potència i d'energia, compatibles amb el compliment d'aquest objectiu fixat pel PNIEC 2021-2030.

3 Antecedents

3.1 Informe de la CETE (*Comisión de Expertos para la Transición Energética*)

El 19 de març de 2018, s'aprovava ***l'"Informe de la Comisión de Expertos para la Transición Energética. Análisis y propuestas para la descarbonización"***, comissió que va ser creada per acord del **Consell de Ministres del 7 de juliol de 2017**.

Aquest acord estableix com a objectiu de l'informe que "la Comisión de Expertos deberá remitir al Gobierno a través del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, un Informe que analice las posibles propuestas de política energética, el impacto medioambiental, las alternativas existentes y su correspondiente coste económico y la estrategia necesaria para cumplir los objetivos (en materia de energía y clima) de la forma más eficiente, garantizando la competitividad de la economía, el crecimiento económico, la creación de empleo y la sostenibilidad ambiental".

L'equip redactor del PNIEC indica que entre la documentació que ha utilitzat hi ha el document

elaborat per la CETE, fet pel qual nosaltres també ens hi referim ja que es considera d'utilitat.
L'informe analitzava dos escenaris per a l'horitzó 2030:

- Escenari de Generació Distribuïda (**GT**)
- Escenari de Transició Sostenible (**TS**)

Les principals característiques dels escenaris **GT** i **TS** són les següents:

	Escenari GT	Escenari TS
Demanda TWh	296	285
Demanda GW	48.652	46.595
Excedents TWh	33,30	37,46
Vessaments TWh	3,03	2,51
Coef. cobertura punta	1,1	1,1
Dèficit cobertura GW	-4.700	+0,213
Emissions Mt de CO2	13,9	16,2

Taula 1: Principals característiques dels escenaris GT i TS

En ambdós escenaris, **es manté el 100% del parc nuclear i es tanca el parc de generació amb carbó**. A l'horitzó 2030, a **l'escenari GT** es produeix **un dèficit de potència ferma de -4,7 GW** i, en canvi, a **l'escenari TS**, la potència ferma cobreix la demanda **amb un petit superàvit de 0,2 GW**.

S'efectua la simulació del tancament del parc nuclear amb els resultats següents:

- A **l'escenari GT**, el dèficit de potència disponible s'incrementa fins als **11,8 GW**. El cost marginal s'incrementa **entre 2,5 i 3,2 €/MWh** i les emissions de CO2 s'incrementen entre **14 i 15 Mt/any**.
- A **l'escenari TS** (que complia la demanda de potència ferma per l'any 2030 amb un excedent de 0,2 GW), es produeix un dèficit de **6,9 GW**, el cost marginal del sistema s'incrementa entre un 2,3 i 2,5 €/ MWh i les emissions de CO2 s'incrementen entre **14 i 15 Mt/any**.

Tot i que es dedica un capítol a analitzar el problema econòmic de l'emmagatzematge dels residus nuclears, de la taxa pel desmantellament dels emplaçaments i aborda la necessitat d'actualitzar la taxa per MWh generat, si es pretén obtenir l'equilibri per tractar de finançar el fons necessari a fi que ENRESA disposi de recursos necessaris al final de la vida útil inicial de 40 anys, no aporta dades reals sobre el balanç disponible ni dels pressupostos necessaris per a un **nou PGRR (Pla General de Residus Radioactius**).

L'Informe de la CETE analitza les hipòtesis de tancament de cinc o dels set grups nuclears. De l'anàlisi de cobertura de la punta de demanda en dóna els següents resultats:

	5 grups nuclears	7 grups nuclears
Demanda GW	46.595	46.595
Demanda x 1,1 GW	51.255	51.255
Potència ferma disponible GW	46.520	44.352
Dèficit GW	**4.735**	**6.903**
Emissions Mt de CO2	26,08	31,20

Taula 2: Tancament 2030 de 5 i 7 grups nuclears

Comparant aquests resultats amb els de l'escenari Tendencial (TS), que complia la garantia de potència amb coeficient 1,1 –que per part de REE, com a operador del sistema, és el mínim necessari per donar resposta segura a la previsible demanda– constatem que el tancament de cinc o de set grups nuclears provoca:

- Uns dèficits de potència ferma de 4.735 GW si es tanquen cinc grups nuclears o de 6.903 GW si es tanquen set grups nuclears.
- Un increment d'emissions de CO_2 de 9,8 Mt si es tanquen cinc grups nuclears o de 14,9 Mt de CO_2 si es tanquen els set grups nuclears respectivament referides a l'escenari TS 2030.

A partir d'un dels vots particulars del **President de la Comissió d'Experts (Jorge Sanz**), es dedueix, que la CETE, tot i havent exposat els efectes negatius d'un possible tancament de les

centrals nuclears en explotació, aquesta decisió la deixa en mans del govern de l'Estat i fa advertències en el sentit que la possible extensió de vida de les centrals nuclears, més enllà dels 40 anys de vida útil de disseny, serà necessari: **"que els operadors titulars de les mateixes gaudeixin d'un marc regulador estable i segur que els permeti recuperar les inversions necessàries per adaptar-les en criteris de seguretat, destacant l'inestable marc polític del país amb postures molt fortes per procedir al seu tancament als 40 anys".**

3.2 PNIEC 2021-2030 (esborranys) i objectius de la UE

Després del primer esborrany del document "***Borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030",*** que va ser enviat a la UE i després de les observacions fetes per la Comissió, va ser revisat i va donar lloc a la vigent segona versió de data 20 de gener de 2020. Al PNIEC 2021-2030 (versió 20-01-2020) hi ha hagut alguns petits canvis respecte a la primera versió, i la proposta queda amb els objectius que detallem a la taula 3..

	UE	PNIEC 2030
Reducció GEH/any 1990	40 %	23 %*
Energies renovables	32 %	42 % (74 % en energia elèctrica)
Millor eficiència	32,5 %	39,5 %
Interconnexions internacionals	15 %	4,3 %

Taula 3: Objectius de la UE i del PNIEC 2030

- La reducció d'emissions de GEH de la generació elèctrica al 2030 respecte a les de 2015 és d'un 73 %. El 2015, el sector elèctric suposava un 22 % de les emissions totals, se li exigeix una reducció d'un 40 % de la totalitat de les emissions i **el PNIEC tan sols assoleix una reducció del 23 %**, tot i que aporta un percentatge superior en un 10 % de les energies renovables respecte als objectius de la UE, així com set punts de millora d'eficiència energètica respecte als objectius fixats per la UE.
- Al 2030, segons el PNIEC, s'hauran reduït les emissions totals en un 30 % respecte al 2015. Tot això, reflecteix que **l'esforç de reducció d'emissions es concentra predominantment en la generació elèctrica.**
- Per complir l'objectiu traçat per la UE pel 2030 del 40 % respecte al 1990 —per sobre dels objectius del 40 %— restarien unes 54 Mt de CO2, xifra molt superior a les emissions previstes pel PNIEC, que pel sector elèctric s'emetrien 19,6 Mt de CO2 **que es podrien reduir a les 8,8 Mt de CO2 previstes a l'Escenari Objectiu del PNIEC per al 2030 si no es tanquen els quatre grups nuclears**. En aquest supòsit, el sector elèctric només emetria el 3,9 % de les emissions previstes pel PNIEC per l'horitzó 2030.
- Sobre la capacitat d'interconnexió internacional, la UE considera el mercat ibèric integrant també Portugal. El 15 % és un criteri referit al 100 % de la potència instal·lada. **La suma de potències previstes al PNIEC i al PNIEC portuguès (escenari baix) és de 156,97 + 28,6 = 185,57 GW**. Com que l'objectiu del PNIEC per 2030 són 8 GW de capacitat d'interconnexió amb França, la ràtio és de 8/185,6 x 100 = 4,3 %, ben allunyat del 15 % requerit per la UE.
- Per complir l'objectiu del 15 % al 2030 fixat per la UE, seria necessària una capacitat de 27,8 GW que amb el percentil del 70 % donaria lloc a 40 GW de potència nominal de les interconnexions internacionals exigides per la UE, que suposarien haver d'arribar a gaudir de fins a l'estratosfèrica quantitat de 40 circuits de línia de 400 kV d'1 GW de potència. Xifra autènticament inabastable.

3.3 Esborrany PNIEC 2021-2030 (escenaris)

El PNIEC 2021-2030 en la versió del 20 de gener de 2020 proposa dos escenaris del desplegament de l'evolució de les tecnologies per als horitzons 2020, 2025 i 2030:

- Escenari Tendencial
- Escenari Objectiu

A la taula 4, hi exposem les principals característiques dels dos escenaris, per l'horitzó 2030.

	Tendencial	Objetiu
Demanda TWh	268	263
Demanda GW	49,6	47,8
Excedents TWh	2,3	39,3
Vessaments TWh	0,17	14
Emissions Mt de CO2	43	20,5
Potència instal·lada GW	114,9	154
Producció TWh	272	307

Taula 4: Principals característiques dels escenaris Tendencial i Objectiu

L'Escenari Tendencial:

- Es caracteritza per mantenir 2,08 GW de generació amb carbó; es manté el 100 % del parc nuclear operatiu; no s'amplia el bombeig ni s'instal·len bateries; no s'instal·la més termosolar; l'eòlica s'incrementa en +10 GW respecte al 2020, i la fotovoltaica en +10 GW.
- La potència instal·lada creix molt poc ja que passa de 111,6 GW al 2020 a 114,9 al 2030 i la producció total queda molt ajustada a la demanda, perquè tant el saldo d'intercanvis amb Portugal com amb França, així com els vessaments, són mínims.
- En canvi, l'objectiu de reducció d'emissions de CO2 és molt insatisfactori, perquè la generació elèctrica al 2030 genera 43 Mt de CO2 amb una reducció de tan sols el 25 % respecte al 2020 i del 35 % respecte al 1990.

L'Escenari Objectiu (que propugna el MITERD)

- Es caracteritza per proposar tancar abans de 2030 quatre grups nuclears, eliminar el 100 % del parc de carbó i s'incrementa respecte al 2020: l'eòlica en +20,5 GW, la fotovoltaica en +29,4 GW, el bombeig pur en +3,5 GW, la termosolar en +5 GW, proposa instal·lar +2,5 GW en bateries (2 h) i redueix la cogeneració en -0,7 GW.
- El gran increment de l'eòlica i de la fotovoltaica provoca dos efectes negatius com són: **uns vessaments de 13,8 TWh i un saldo d'excedents de 39,3 TWh**. Més endavant analitzarem les possibilitats de col·locar-los, ja sigui a Portugal o bé a França.
- Considerem molt positiva la reducció d'emissions que s'obté, ja que amb 20,6 Mt de CO2 al 2030, s'assoleix una reducció del 64 % respecte a les de 2020 i del 69 % respecte a les de 1990. **Això no obstant, el manteniment de la totalitat del parc nuclear per 2030, permetria reduir les emissions de CO_2 en unes 11 Mt addicionals**.

4 Anàlisi de la cobertura de potència als escenaris del PNIEC per l'horitzó 2030

4.1 Consideració prèvia

L'anàlisi realitzada per l'AEIC és de caràcter probabilístic, igual que la taula que s'esmenta a continuació. Segons s'indica en el text del PNIEC, les noves anàlisis s'han realitzat mitjançant mètodes molt més sofisticats basats en l'anàlisi d'escenaris amb una repetició horària al llarg de l'any tant de la cobertura de demanda en energia com en potència.

L'anàlisi realitzada en aquest estudi arriba a quantificar el dèficit de potència en 4,3 GW amb un índex de cobertura del 110 % –essent la potència instal·lada de 48,251 GW i una demanda de 47,768 GW– sense valorar quina seria la probabilitat, si escau, de dèficit d'energia subministrada.

Per contra, l'anàlisi del PNIEC realitza una valoració de la cobertura de la demanda quantificant l'energia potencialment no subministrada amb probabilitat de garantir el subministrament d'energia en termes de temps: "*la cobertura de la demanda es troba assegurada, encara que poden donar-se situacions d'energia no subministrada en una mitjana de 0,007 h/any amb una esperança d'energia no subministrada anual de 6,8 MWh/any. La probabilitat de pèrdua de càrrega cada hora obtinguda és de 0,0008 %".* És a dir, es reconeix que hi ha un dèficit de potència en alguns moments. Per realitzar aquesta simulació, el PNIEC indica que a més d'altres paràmetres s'han tingut en compte *"[...] la utilización de índices de cobertura, la disponibilidad de fuentes primarias y las capacidades de interconexión entre sistemas*". (Annex D, pàg. 353).

Com que es desconeixen els criteris i els termes de l'algoritme de càlcul utilitzat per a aquesta avaluació, és impossible determinar el dèficit de potència garantida, ni quin factor de cobertura s'hi aplica, per tant, és complicat fer l'anàlisi de les xifres que s'aporten i el seu significat real.

És, doncs, impossible afirmar si hi ha contradicció entre els càlculs realitzats per l'AEIC i els del PNIEC. Si el PNIEC no considerés el factor de cobertura d'1,1, com podria deduir-se de la redacció literal, el dèficit de potència garantida seria més gran.

L'AEIC/COEIC ha avaluat el document "Esborrany de l'estratègia d'emmagatzematge" i en les seves consideracions remeses al MITERD constata que en l'esmentat document s'estableixen unes previsions d'emmagatzematge de 20 GW. Aquesta xifra –molt més elevada que els 9,GW que s'indicaven al PNIEC– ratifica que hi ha una manca de potència instal·lada en emmagatzematge que aquest document cobreix amb l'anomenat "emmagatzematge estacional" que no defineix.

Fins ara en la planificació tradicional es comptava amb tecnologies de generació amb una disponibilitat que era calculable estadísticament i, a més a més, eren gestionables per l'operador del sistema.

A mesura que creix la introducció de les tecnologies de generació no gestionables pel que fa a la seva intensitat i activitat en el temps, el sistema es complica i cal acceptar posicions d'incertesa, situació que fa necessari un sistema d'anàlisi com el que s'ha utilitzat pel PNIEC, i que caldrà traslladar al mercat elèctric amb innovacions de gestió en la distribució (DSO) i nous papers dels consumidors "prosumers".

En el sistema elèctric, a més d'aquest problema de gestionabilitat, hi ha altres factors que faciliten o compliquen la seva operació com són:

- L'increment dels sistemes d'emmagatzematge. Bombeig i bateries.
- La gestió de la demanda sobretot amb l'increment de la digitalització del sistema.
- L'increment de l'autoconsum i de la generació distribuïda que disminueixen la demanda de potència a sistema centralitzat.
- L'aparició de noves figures com són els agregadors de potència, les comunitats energètiques, etc.

Tot això ens indica que, tot i que el disseny d'un sistema amb un alt grau de potència garantida és una condició important, la seva definició amb

precisió és molt complexa i té un grau menor de criticitat.

És comprensible, doncs, que amb aquestes dificultats, la primera versió del PNIEC no donés resultats d'anàlisi de la cobertura de potència previstos per a l'escenari 2030.

A la versió de gener de 2020, s'analitza **a l'annex D.2 per l'Escenari Objectiu**.

En el text anuncia la taula D.12 —que no publica— on suposadament hi figurarien els resultats de la simulació del període 2021-2030, i en canvi publica la taula D.11 on detalla els resultats de la simulació del període 1982-2015.

ANEXO D. INFORMES RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

Tabla D.11. Resultados del análisis probabilístico de la cobertura. Escenario Objetivo 2030. Caso Base. España

	Demanda		Indicadores cobertura		
	Demanda total(TWh)	Punta(GW)	EENS (MWh/año)	LOLE (h/año)	LOLP (%)
1982	279	45	0	0	0%
1983	280	49	0	0	0%
1984	262	48	0	0	0%
1985	282	51	0	0	0%
1986	282	47	0	0	0%
1987	280	48	0	0	0%
1988	279	47	0	0	0%
1989	278	46	0	0	0%
1990	280	46	0	0	0%
1991	284	47	0	0	0%
1992	281	47	0	0	0%
1993	282	48	0	0	0%
1994	280	47	0	0	0%
1995	277	46	0	0	0%
1996	278	47	0	0	0%
1997	276	46	0	0	0%
1998	280	45	0	0	0%
1999	281	47	0	0	0%
2000	279	47	0	0	0%
2001	280	48	0	0	0%
2002	277	44	0	0	0%
2003	282	48	0	0	0%
2004	281	46	0	0	0%
2005	284	48	0	0	0%
2006	281	48	0	0	0%
2007	279	47	0	0	0%
2008	280	45	0	0	0%
2009	280	48	230,46	0,3	0%
2010	283	49	0	0	0%
2011	278	47	0	0	0%
2012	282	48	0	0	0%
2013	281	45	0	0	0%
2014	277	45	0	0	0%
2015	280	47	0	0	0%
Valor medio			6,8	0,007	0,00008%

Fuente: Red Eléctrica de España

Ho justifica afirmant "para verificar la garantía de suministro en el escenario en lo que respecta a la cobertura de la demanda", i aporta l'anàlisi del període de sèrie anual, que va des de 1982 a 2015 (adjuntem la taula D.11).
Sota la taula D.11 s'afirma:

"Los resultados obtenidos del análisis de cobertura del sistema peninsular español para este Escenario 2030 Objetivo indican que la cobertura de la demanda se encuentra asegurada, aunque pueden darse situaciones de energía no suministrada en un promedio de 0,007 horas al año con una esperanza de energía no suministrada anual de 6,8 MWh/año. La probabilidad de pérdida de carga en cada hora obtenida es de 0,00008 %". És a dir, anticipa que en alguns moments podria haver-hi un dèficit de potència en el sistema.

"Se puede concluir, por tanto, que con las hipótesis de demanda y generación del Escenario Objetivo 2030, el sistema eléctrico español es muy flexible en términos de la cobertura de la demanda de nudo único".

En base a aquest text, es pot afirmar:

- L'anàlisi amb el sistema ENTSO-E, i a partir dels estudis d'anàlisi de cobertura a mig termini i dels resultats obtinguts que es detallen a la taula D.11 es pot afirmar: "que el sistema elèctric espanyol **ha estat molt fiable en el període 1982-2015" (com també ho reconeix la taula D.11). Qüestió que era prou coneguda i fàcilment constatable en els informes anuals del sistema que publica REE, on l'índex de cobertura anual ha estat cada any molt per sobre d'1,1.**
- Que ens quedem sense conèixer quins són els resultats de l'anàlisi amb l'indicat sistema per a les previsions de l'Escenari Objectiu en el període 2021-2030.

Per tant, és evident que amb aquesta versió del PNIEC, el MITERD no ha facilitat la divulgació dels resultats de l'anàlisi realitzada per aquest període.

Com que no tenim accés a l'indicat sistema d'anàlisi, a continuació passem **a fer l'anàlisi amb el sistema clàssic amb el qual l'operador del sistema (REE) analitza la cobertura per dissenyar la Planificació de la Xarxa de Transport d'Energia**. Volem destacar que fent l'anàlisi emprant els coeficients de cobertura clàssics de REE, els resultats per les hipòtesis de tancament de grups nuclears que avaluem són similars als que donava l'informe de la CETE, i que també s'ajusten a la previsió que dona REE en la Planificació 2012-2018. Així mateix, també s'ajusta als resultats que RTE dona per França per l'escenari Ampere.

4.2 Anàlisi de la cobertura de potència pels escenaris 2030 Tendencial i Objectiu del PNIEC

S'apliquen els coeficients de cobertura que utilitza REE per la Planificació de la Xarxa de Transport, les dades d'entrada de potències previstes per l'any 2030 i les demandes de potència previstes en els dos escenaris. Històricament, a efectes de planificació i previsió de la cobertura de les màximes potències demandades en el sistema elèctric espanyol, la cobertura de potència ha estat objecte d'un model desenvolupat per REE, en el qual a cada tecnologia se li assigna un coeficient d'aplicació a la potència instal·lada i la suma dels resultats parcials es compara amb la previsió anual de la demanda de potència del sistema peninsular. També, històricament, REE ha considerat indispensable comptar amb un 10 % suplementari de potència ferma disponible per sobre de la màxima demanda prevista, el que s'anomena "índex de cobertura", que REE considera que ha de ser, com a mínim, d'1,1.

Que REE segueix aplicant aquest criteri, així ho confirmen:

- Que l'informe elèctric anual del sistema que REE publica any rere any dona el "coeficient de garantia de potència".
- Que en l'últim document publicat "Planificación de los sectores de electricidad y gas 2012-2020", a la pàgina 69 s'especifica el següent:

Planificación de los sectores de electricidad y gas 2012-2020

Las siguientes tablas recogen los balances de potencia, en situación hidrológica seca, la más desfavorable en términos de potencia disponible, para los valores previstos de punta extrema de invierno, tanto en el escenario de Diseño como en el escenario Tendencial.

Las necesidades posteriores de potencia firme en el sistema han sido calculadas suponiendo que se cumplen como mínimo los objetivos previstos para las distintas tecnologías.

Potencia instalada a final de año (MW)	2010	2012	2014	2016	2020
Hidráulica convencional y mixta	14.110	14.110	14.310	14.310	14.310
Bombeo puro	2.550	2.550	3.180	3.900	5.700
Nuclear	7.720	7.720	7.260	7.260	7.260
Carbón	11.380	8.870	8.390	7.910	7.490
Fuel/gas	2.860	320	320	320	320
Ciclos combinados	25.235	25.235	25.235	25.235	25.235
Eólica	20.600	23.190	25.930	28.690	34.320
Eólica marina	0	0	20	50	750
Solar FV	3.610	4.370	4.800	5.330	6.760
Solar termoeléctrica	630	2.030	2.720	3.300	4.800
Otro Régimen Especial Renovable[1]	2.700	3.040	3.230	3.530	4.610
Cogeneración	6.960	7.860	8.970	9.450	10.390
Otro Régimen Especial no renovable	80	80	80	100	160
TOTAL POTENCIA BRUTA INSTALADA	98,435	99,375	104,445	109,385	122,105
TOTAL POTENCIA NETA DISPONIBLE INVIERNO[2]	54.720	54.450	55.430	56.180	59.360
PUNTA DE INVIERNO "Escenario de Diseño"	43.600	46.100	48.300	50.700	55.500
INDICE DE COBERTURA	**1, 26**	**1,18**	**1,15**	**1,11**	**1,07**
POTENCIA FIRME ADICIONAL para IC=1,1	0	0	0	0	**1.800**

Es detallen les previsions de potències instal·lades per tecnologies en MW pels anys 2010, 2012, 2014, 2016 i 2020, així com les previsibles demandes de potència i els "**índexs de cobertura**".

Els valors de "**coeficients de potència ferma" aplicats històricament per REE són**:

	Coeficient
Nuclear, carbó, CC, F/G	0,92
Hidràulica convencional	0,44
Bombeig pur	0,77
Eòlica	0,07
Termosolar	0,12
Cogeneració i resta	0,55
Nuclear, carbó, CC, F/G	0,92

Taula 5: Coeficients de potència ferma

Aplicant aquests coeficients al detall anual de potències instal·lades a la taula de potències per tecnologies previstes per REE, els resultats coincideixen exactament amb **l'índex de cobertura** de la taula 3.9 de l'indicat document. **Això suposa un contrast que homologa els indicats coeficients per fer els balanços de cobertura de potència**.

A continuació, podem veure els resultats de la simulació tant per l'Escenari Tendencial com per l'Objectiu del PNIEC amb les potències previstes per a l'horitzó 2030:

•

TECNOLOGIA	ESCENARI TENDENCIAL			ESCENARI OBJECTIU		
	Potència instal·lada MW	Coeficient	Potència ferma	Potència instal·lada	Coeficient	Potència ferma
N+C+CCGT+F/G	33.762	0,92	31.061	27.610	0,92	25.401
H Convencional	16.787	0,42	7.386	17.697	0,44	7.787
Bombeig pur	3.353	0,77	2.582	6.853	0,77	5.277
Eòlica	36.350	0,07	2.545	48.550	0,07	3.399
Fotovoltaica	18.144	0	0	38.404	0	0
Termosolar	2.300	0,12	276	8.300	0,12	996
Cogeneració + resta	2.790	0,55	1.535	5.710	0,55	3.141
Bateries	0	0,9	0	2.500	0,9	2.250
TOTAL	**114.306**		**45.385**			**48.251**
DEMANDA			**49.628**			**47.768**
DEMANDA X 1,1			**54.590**			**52.545**
DÉFICIT			**9.205**			**4.294**
Aportació quatre grups nuclears				4.067	0,92	3.742
Bombeig pur				720	0,77	555
SUMA						**4.297**
EXCEDENTS						**3**

Taula 6: Anàlisi de la cobertura de potència en els escenaris Tendencial i Objectiu – horitzó 2030

Per a **l'Escenari Tendencial**, el dèficit de potència efectiva disponible arriba a l'enorme xifra de **9.205 MW**.

- Per a **l'Escenari Objectiu**, el dèficit és més reduït i és de **4.294 MW**, el que suposa que per poder procedir a tancar els quatre grups nuclears que proposa l'Escenari Objectiu del PNIEC, seria necessari incloure alternatives a les hipòtesis d'equipament per posar en servei abans de procedir al tancament i així poder garantir la cobertura de la potència demandada.

Aquest dèficit, si es mantenen operatius els quatre grups nuclears, es reduiria a 552 MW, es podrien cobrir posant en servei al 2030, 720 MW addicionals de bombeig pur. (Tot i considerant que si en un termini relativament curt per part del MITERD no es defineixen condicions de regulació i de simplificació administrativa sobre tramitació d'instal·lacions de bombeig pur, **serà molt difícil que per l'any 2030 puguin estar operatius els 3,5 GW de nous bombeigs previstos a l'Escenari Objectiu, que haurien d'ampliar-les en 4,2 GW addicionals per poder gaudir d'un coeficient de cobertura d'1,1 respecte a la potència de punta de la demanda prevista).**

A la vista d'aquests resultats, tal com ja es va anticipar en el document recentment redactat per la Comissió d'Energia del COEIC sobre l'anàlisi del PNIEC, **se suggereix al MITERD la conveniència de prorrogar la vida útil dels set grups nuclears actualment operatius al sistema elèctric més enllà dels 40 anys de cicle de vida de disseny i tenir com a referència una vida útil com a mínim fins a la fi del proper període de llicència de servei, és a dir, tancar el primer grup nuclear a partir de 2032, i incrementar la previsió de nous bombeigs fins 4,2 GW, addicionals als 3,5 previstos al PNIEC**. Més enllà de la raó més fonamental –com és la seva aportació de la nuclear a la garantia de potència efectiva per cobrir la demanda– hi ha altres raons que passem a analitzar en el capítol 3.

5 Anàlisi de l'energia nuclear

5.1 L'energia nuclear al món

L'any 2018 al món hi operaven 453 reactors nuclears amb una potència instal·lada de 399,2 GW, que van generar 2.572 TWh, el que suposa un funcionament a plena càrrega de 6.450 h/any i un factor de càrrega del 73,65 %. En el mateix any, estaven en fase de construcció 53 reactors amb una potència total de 53,6 GW.

En 12 països, hi havia un total de 147 reactors amb llicència d'explotació per un període superior als 40 anys de cicle de vida de disseny, encapçalats pels EUA (líder mundial d'energia nuclear), amb un total de 90 grups (dels 98 existents als EUA) amb llicència per operar durant 60 anys.

Al desembre de 2018 l'NRC autoritzava a la central nuclear de Turkey Point (Florida) per operar fins als 80 anys.

Tots el reactors dels EUA són o bé de tecnologia PWR (reactor d'aigua pesada) —el 65 %—, o bé de BWR (reactor d'aigua en ebullició) —el 35 %—, tecnologies que empren els set grups nuclears actualment operatius a l'Estat espanyol.

Del total del parc nuclear mundial, tecnològicament en destaquen les disposicions de PWR amb 301 unitats en explotació (66 %) i BWR amb 72 unitats (16 %), que conjuntament representen el 82 % del total mundial.

No es té coneixement que l'allargament de vida d'aquests 147 grups nuclears hagi modificat l'estàndard de seguretat del parc nuclear mundial. Segueixen operant en excel·lents condicions.

A la taula 7, hi detallem la composició per estats del parc de reactors nuclears actualment operatius a tot el món:

País	Nombre de reactores	Factor disponibilidad 2018 (%)
Estats Units	**98**	**92,8**
França	**58**	**71,7**
Xina	46	76,6
Japó	42	14,0
Rússia	36	80,4
Corea del Sud	24	64,5
Índia	22	64,7
Canadà	19	80,4
Ucraïna	15	73,5
Regne Unit	15	75,6
Suècia	8	84,5
Alemanya	7	86,2
Espanya	**7**	**85,9 (90,1 últims 10 anys)**
Tot el món	**453**	**73,6**

Taula 7: Composició del parc de reactors nuclears

S'evidencia l'elevadíssima taxa de disponibilitat del parc espanyol (85,9 %), perfectament equiparable a la del líder mundial (EUA) i molt superior a la del segon país (França) i a la de la resta del món (73,6 %).

5.2 L'energia nuclear a Espanya

Espanya, actualment disposa de set grups nuclears amb una potència instal·lada de 7.117 MW.

Tecnològicament, es disposa d'un grup BWR (Cofrentes) i de sis grups PWR (la resta). **Aquestes tecnologies coincideixen amb les de la totalitat de grups nuclears que als EUA han obtingut les llicències d'explotació fins als 60 anys**.

Al 2019, el factor de disponibilitat ha estat del 91,1 % i han generat 55.824 GWh, el que suposa una altíssima ocupació equivalent a 7.844 h/any. Al PNIEC se li assignen 7.253 h/any, a l'Escenari Objectiu.

S'està desenvolupant el protocol d'inversions previst per ***l'Stress Test Post-Fukushima***, que suposa un importantíssima millora de la seguretat en l'explotació del parc..

5.3 El 7è Pla General de Residus Radioactius (7è PGRR)

Des del 16 de març de 2020, es disposa d'una nova versió de ***l'Esborrany de Pla General de Residus Radioactius***, que contempla tant la gestió de residus d'alta, mitja i baixa activitat com el desmantellament dels recintes dels emplaçaments dels grups nuclears clausurats i en explotació.

El cost global previst en el període 1985-2100 és de **23.044,972 M€,** dels quals al 2020 en queden pendents **16.745.190 M€,** i dels quals actualment (2018) **ENRESA en disposa 5.674.180 M€.** Per tant, és necessari recaptar **11.071,010 M€,** per poder finançar la construcció del previst MTC (**Magatzem Transitori Centralitzat**), així com el desconfinament dels recintes dels emplaçaments de totes les centrals nuclears, tant les actualment operatives com les clausurades.

Un cop clausurada una instal·lació nuclear, la responsabilitat i la gestió de l'emmagatzemament i desmantellament correspon totalment a ENRESA (empresa 100 % pública).

El principal ingrés d'ENRESA és la taxa que els operadors de les centrals nuclears abonen anualment a raó de 8 €/MWh produït. En base a la producció nuclear prevista a l'Escenari Tendencial del PNIEC, que és de 51,63 TWh, la recaptació anual d'aquest fons seria d'uns 413 M€/any.

Si el 100 % de la recaptació dels fons es destina íntegrament a dotar aquest fons —tot i mantenint en explotació els set grups nuclears—, per autofinançar les despeses previstes pel 7è PGRR a partir de 2020, seria necessari mantenir la totalitat del parc nuclear en explotació durant 26 anys [11.071 / 413 = 26], situació que suposaria mantenir en explotació tot el parc nuclear existent fins l'any 2046, per tal de cobrir els costos d'emmagatzemament i desconfinament previstos al 7è PGRR.

Si com apunta el PNIEC es proposa tancar quatre grups abans de 2030 i es procedeix al tancament de la totalitat del parc de generació nuclear el 2035, l'any 2035 quedaria pendent d'aprovisionar l'equivalent a la taxa de 15 anys, **el que suposaria que els pressupostos de l'Estat haurien d'assumir un cost de prop de 6.060 M€.**

Com a **possibles solucions per minorar aquest "gap econòmic",** proposem estudiar:

- Allargar les llicències d'explotació dels set grups nuclears, tenint en compte les inversions necessàries per procedir a les adaptacions requerides per poder seguir l'explotació amb total seguretat, amb la qual cosa es podria abaratir el cost d'explotació, el que permetria incrementar la taxa d'emmagatzemament i desconfinament.
- L'abandonament del projecte d'MTC previst a Villar de Cañas (decisió ja ferma d'ENRESA) pot permetre una solució que evitaria els costos de transport de quasi el 50 % dels residus d'alta activitat, com podria ser fer dos magatzems MTC als emplaçaments actuals d'Ascó i Almaraz, que amb tota seguretat compleixen els requisits sobre sismicitat.

6 Substitució de quatre grups nuclears (alternatives)

La generació nuclear aporta grans avantatges, tant per la cobertura de la demanda elèctrica com per la reducció de les emissions de GEH.

Aporta una garantia de disponibilitat de potència efectiva del 92 % (el coeficient d'indisponiblitat no programada del parc espanyol en els darrers 10 anys ha estat de tan sols el 2,4 %). Per tant, la probabilitat d'una disponibilitat superior al 92 % durant el període de crisi de la punta de demanda d'hivern és molt elevada.

La generació nuclear d'energia neta sense emissions de GEH és molt elevada. Les previsions del PNIEC els hi atorga 7.253 h/any. Les emissions evitades pel parc actual són de 18.000 kt de CO2/any.

Els quatre grups que el PNIEC planteja aturar abans de 2030 aporten:

- 4.067 MW de potència instal·lada, que amb el coeficient de cobertura del 92 % suposen uns 3.742 GW de potència ferma <> el 8,05 % de la punta de demanda prevista per l'any 2030 per l'Escenari Objectiu.

- Generen 29,5 TWh d'energia sense emissions de GEH <> a 11,3 % de la demanda de l'any 2030 i eviten 10,4 Mt de CO2 i considerant que redueixen la generació de les CCGT cremant gas.

- Les inversions addicionals necessàries per mantenir en explotació els grups nuclears fins al final del teòric període de llicència són difícils de calcular, ja que aquestes venen definides en el condicionat que realitza el CSN quan emet el seu informe, que reglamentàriament té un horitzó de 10 anys, informe, per altra banda, previ a la concessió de prolongació de la llicència d'operació responsabilitat del Ministeri. Una gran part d aquestes inversions ja s'han de fer pel fet d'obtenir la nova llicència, situació en la qual a partir del pròxim any es troben tots els grups de generació nuclear que han de

renovar la seva llicència d'operació a partir de 2022.

- Els costos globals d'inversió per allargar la vida útil dels grups nuclears per damunt dels 40 anys poden avaluar-se en 2.440 M€, fent un càlcul per excés.* (Emprant valors que dona EDF pel seu parc nuclear de França).
- No es coneixen els costos d'explotació del sistemes renovables.

Per la substitució dels quatre grups nuclears:
Per complir els objectius de descarbonització, l'energia produïda per aquests grups nuclears s'haurà de produir mitjançant les inversions previstes pel PNIEC en energia fotovoltaica i eòlica.

El present estudi quantifica, en tres alternatives diferents, tant tècnicament com econòmicament, la potència fotovoltaica i eòlica i l'import de les inversions que implicaria aquesta substitució. Així mateix, es calcula la quantitat d'emmagatzematge necessari per garantir que el comportament del sistema basat en fotovoltaica i eòlica fos equivalent al de les quatre centrals nuclears que es preveu desclassificar entre 2027 i 2030.

Per garantir l'estabilitat dinàmica del sistema elèctric, el PNIEC (Annex D, pàg. 334) estableix una generació mínima necessària que correspon a la generació a mínim tècnic de cinc grups nuclears i cinc grups tèrmics, carbó o cicle combinat per als escenaris amb horitzó 2025 i l'Escenari Tendencial amb horitzó 2030 i tres grups nuclears i set grups de cicle combinat per a l'Escenari Objectiu amb horitzó 2030.

És a dir, el tancament de quatre grups nuclears abans de 2030 implica mantenir a mínim tècnic dos CCGT més, cosa que incrementa les emissions de GEH, ja que passen de cinc a set el nombre de CCGT necessaris per garantir l'estabilitat del sistema.

Descartem alternatives que puguin incloure nous cicles combinats, tot i la seva flexibilitat de funcionament i adaptació a corba monòtona de carga, i no estimem convenient incrementar el parc generador dels cicles combinats perquè el seu funcionament incrementa les emissions de GEH.

Així doncs, analitzem tres alternatives:

6.1 Alternativa: bombeig pur (8 h) + eòlica + fotovoltaica

Amb aquesta alternativa per la cobertura de l'energia que generen els quatre grups nuclears, la preveiem generar amb eòlica + fotovoltaica en la mateixa proporció, 40 % - 60 %, en què aquestes tecnologies es desenvolupen en el període 2021-2030 en l'Escenari Objectiu del PNIEC.

Els quatre grups nuclears amb 4.067 MW instal·lats funcionen 7.252 h/any i generen 29,5 GWh als quals caldrà sumar 0,46 GW que consumiran els bombeigs que caldrà instal·lar per obtenir la mateixa potència garantida que aporten els quatre grups nuclears.

Aplicant aquests criteris, la cobertura de la generació de producció equivalent a la corresponent als quatre grups nuclears es desglossa amb:

- 9 GW fotovoltaics que funcionen 1.795 h/any i generen, per tant, 16.155 GWh/any.
- 6,6 GW eòlics que funcionen 2.235 h/any i generen, per tant, 14.750 GWh/any.

Respecte a la cobertura de potència, els 6,6 GW eòlics ens aporten 6,6 x 0,07 = 0,46 GW de potència ferma.

Per tant, per substituir la potència ferma que aporten els 4.067 MW dels quatre grups nuclears, de 4.067 x 0,92 = 3.742 MW menys els 460 MW aportats per l'eòlica, necessitem 2.282 MW de potència ferma aportada pel bombeig, el que suposarà necessitar 3.282/ 0,77 = 4.262 MW de bombeig pur.

Els costos d'inversió d'aquesta alternativa seran (emprem els costos que l'IREC aporta sobre el PNIEC per la fotovoltaica i l'eòlica; i els costos del Bilan prévisionnel d'RTE-France pel bombeig):
Inversions:

- Bombeig: 4.262 MW x 1,325 M€/ MW = 5.647 M€
- Fotovoltaica: 9.000 MW x 0,56 M€/ MW = 5.040 M€
- Eòlica: 6.600 MW x 0,883 M€/MW = 5.828 M€

- Suma de les inversions = 5.647 + 5.040 + 5.828 = 16.515 M€

A aquestes inversions els hi caldrà sumar els costos d'emmagatzemament de combustible nuclear + desmantellament que, si es tanquen els quatre grups nuclears al 2030, seria de 5.175 M€.
Per tant, amb aquesta alternativa, el tancament dels quatre grups nuclears previstos al PNIEC 2021-2030 per abans de 2030 (si es tanquen el 2030) comporta **un sobrecost d'inversions de 21.532 – 2.440 = 19.092 M€.**

En aquesta alternativa, la inversió addicional que es necessita seria de 19.092 M€, i la inversió necessària seria 7,8 vegades superior a la d'allargar el cicle de vida dels quatre grups nuclears fins als 60 anys.

6.2 Alternativa: bombeig pur (8 h) + fotovoltaica

Atès que el bombeig pur —segons REE— aporta un índex de cobertura de 0,77 sobre la potència instal·lada, per aportar la mateixa potència ferma que els quatre grups nuclears caldria instal·lar una potència en bombeig pur P = 4.067 x 0,92/0,77 = 4.860 MW, que consumiran 0,94 TWh/any.

Per garantir una producció equivalent a la corresponent als quatre grups nuclears es necessitaran 16.740 MW de fotovoltaica, que generaran 30,44 TWh/any.

Les inversions a realitzar serien:
- Fotovoltaica: 16.740 MW x 560.000 €/MW = <> **9.374 M€**
- Bombeig: 4.860 MW x 1.325.000 €/MW = <> **6.450 M€**
- Inversió total: 9.374 + 6.450 **= 15.824 M€**

A aquestes inversions hi caldrà sumar els costos d'emmagatzemament de combustible nuclear + desmantellament, que al 2030, –si es tanquen els quatre grups nuclears– serien de 5.175 M€, és a dir, un total de **20.999 M€.**

Per tant, amb aquesta alternativa si el 2030 es tanquen els quatre grups nuclears previstos al PNIEC 2021-2030, **hi haurà un sobrecost d'inversions de 20.999 – 2.440 = 18.559 M€.**

En aquesta alternativa d'inversió addicional, hi hauria **18.559 € d'inversió necessària, una xifra 7,6 vegades superior a la requerida per allargar el cicle de vida dels quatre grups nuclears fins als 60 anys**.

6.3 Alternativa: bateries (2 h) + bombeig pur (8 h) + fotovoltaica

A causa de les dificultats que la possible disposició de la potència instal·lada necessària per disposar de la potència garantida requerida per les alternatives 4.1 i 4.2 en bombeig pur, aportem una alternativa repartint el 50 % de la garantia de potència que aporten els quatre grups nuclears, mitjançant el 50 % amb bateries (2 h) i el 50 % amb bombeig.

Els 4.067 MW dels quatre grups nuclears aporten una potència garantida de 4.067 x 0,92 = 3.742 MW que es reparteixen al 50 % entre bateries (2 h) i bombeig pur (és una opció amb menys garantia que les que donen els bombeigs purs que garanteixen 8 h de cobertura).

Per tant, al 2030 necessitaríem disposar de: 3.742/2 x 0,9 = 2.080 MW en bateries (2 h) i de 3.742/2 x 0,77 = 2.430 MW en bombeigs purs (8 h).

Com que els bombeigs consumirien 0,47 TWh/any i l'energia que generen els quatre grups nuclears és de 29,5 TWh/any, la producció equivalent a aquesta generació nuclear + el consum dels bombeigs seria de 30 TWh/any, una xifra que per aportar-la amb fotovoltaica, requeriria instal·lar 30/1.697 = 16.713 MW de fotovoltaica.

Les inversions a realitzar serien:
- Fotovoltaica: 16.713 MW x 560.000 €/MW = 9.359.280 € <> **9.359 M€**
- Bombeig pur (8 h): 2.430 MW x 1.325.000 €/MW = 3.219.750 € <> **3.220 M€**
- Bateries (2 h): 2.079 MW x 603.000 €/MW = 1.253 6.37 <> **1.254 M€**
- Total: 9.359 + 3.220 + 1.254 = **13.833 M€**

A aquestes inversions ens caldrà sumar-hi el cost d'emmagatzemament del combustible

nuclear i del desmantellament dels quatre grups nuclears de 5.175 M€, per tant el cost total serà de 13.833 + 5.175 = 19.008 M€.
El sobrecost respecte al manteniment dels quatre grups nuclears i el seu allargament de vida fins als 60 anys serà de 19.008 – 2.440 = 16.568 M€, és a dir, 6,8 vegades superior als costos d'allargament per 20 anys dels quatre grups nuclears.

7 Substitució de set grups nuclears abans de 2035 (alternatives)

Un cop feta l'anàlisi dels escenaris horitzó 2030 del PNIEC, i a l'objecte de poder concretar possibles reforços procedents dels sistemes elèctrics de Portugal i de França, passem a veure una petita síntesi dels mateixos sobre les previsions de la seva cobertura de potència i constatar si tenen dèficits o excedents.

Partim per fixar les demandes de potència i energia d'uns creixements pel període 2030-2035 similars als emprats pel PNIEC 2021-2030 pel període 2025-2030.

Això suposa assolir per l'any 2035 unes demandes de:

- Energia: 268 TWh
- Potència: 49.120 MW

Si es mantenen en explotació els set grups nuclears, els 24.560 MW de cicles combinats, i les mateixes potències previstes pel PNIEC (Escenari Objectiu) per a l'horitzó 2030-2035 en hidràulica convencional, termosolar, resta i cogeneració, i l'eòlica i fotovoltaica creixen en la mateixa progressió considerada en el període 2025-2030, el balanç de potència ferma ens donaria per l'any 2035 un dèficit de 3.400 MW de potència ferma, que caldria que cobrís amb 1.020 MW de bateries addicionals i 3.222 MW de bombeig pur instal·lats.

Aplicant els coeficients emprats per REE a les potències instal·lades amb les hipòtesis considerades per l'any 2035, el dèficit de potència ferma que provoca el tancament dels set grups nuclears és de 6.548 MW, i l'energia deixada de produir serà de 51,6 TWh/any.

Amb la hipòtesi de l'alternativa considerada de cobrir el dèficit de potència amb bateries (2 h) i bombeigs purs (8 h) + eòlica i l'energia al 50 % d'eòlica + fotovoltaica, es necessitarien instal·lar addicionalment 11,6 GW d'eòlica que generarien 25,8 TWh/any i 15,2 GW de fotovoltaica, que generarien 25,8 TWh/any.

L'eòlica aportaria 11,6 x 0,07 = 0,81 GW de potència ferma, amb un resultat de dèficit a

cobrir amb bateries (2 h) de 1.694 MW instal·lats i de 5.355 MW instal·lats en bombeig pur.

7.1 Horitzó 2035. Escenari Objectiu: inversions addicionals necessàries per cobrir el tancament de set grups nuclears

Les inversions addicionals necessàries per cobrir els dèficits de potència i energia pel tancament dels set grups nuclears serien, per tant:

- **Eòlica**: 11.600 MW x 0,883 M€/MW = 10.243 M€
- **Fotovoltaica**: 15.200 MW x 0,56 M€/MW = 8.512 M€
- **Bateries** (2 h): 1.694 MW x 0,603 M€/MW = 1.022 M€
- **Bombeig pur** (8 h): 5.355 W x 1,325 M€/MW = 7.095 M€
- Total inversions addicionals = 26.872 M€

El tancament al 2035 dels set grups nuclears provoca **un dèficit de 6.060 M€** per cobrir els costos d'emmagatzemament dels residus nuclears i desmantellament.

Per tant, **el sobrecost del tancament serà de 32.932 M€.**

Si s'opta per mantenir en explotació el funcionament dels set grups nuclears, el cost d'adaptació per la prolongació de la vida útil per 20 anys seria de 7.117 MW x 0,6 M€/ MW = **4.270 M€.**

Per tant, **el sobrecost d'inversió necessària per cobrir la potència ferma i la producció d'energia sense emissions de GEH dels set grups nuclears abans de 2035 serà de 32.932 - 4.270 = 28.662 M€, és a dir, 6,7 vegades superior al necessari per allargar la vida útil dels set grups nuclears per 20 anys.**

8 Cobertura de la demanda d'energia i de potència ferma en l'horitzó 2030

Qualsevol de les tres alternatives estudiades garanteix una producció equivalent a les quatre centrals nuclears en l'horitzó 2030.

Pel que fa a la potència garantida, el comportament es mostra a les taules següents..

Potència instal·lada i ferma segons el PNIEC (en MW

Tecnología	Pot. Instal·lada PNIEC	Pot. Ferma PNIEC
N+C+CCGT+F/G	27.610	25.401
Eòlica	48.550	3.399
Fotovoltaica	36.350	0
Altres	41.060	19.451
Total pot. inst.	155.624	
Pot. ferma		48.251

Potència instal·lada i ferma en les diferents alternatives (en MW)

	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Tecnologías	Pot. instal.	P. firme	Pot. instal.	P. firme	Pot. instal.	P. firme
N+C+CCGT+F/G	31.687	29.152	31.687	29.152	31.687	29.152
Eòlica	41.950	2.936	48.550	3.399	48.550	3.399
Fotovoltaica	29.904	0	21.664	0	21.664	0
Bombeig	6.853	6.853	6.853	6.853	6.853	6.853
Bateries	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Altres	31.707	31.707	31.707	31.707	31.707	31.707
Total	144.101	51.539	142.961	52.002	142.961	52.002

L'estudi de l'AEIC/COEIC constata un dèficit de potència, dèficit que també es ratifica en el document del MITERD "*Esborrany d'Estratègia d'Emmagatzematge*" en el qual s'estableix una potència objectiva d'emmagatzematge de 20.000 MW, gairebé el doble de la prevista al PNIEC (9.353 MW).

En conseqüència, en la formulació de la taula anterior s'ha mantingut constant la potència d'emmagatzematge i, malgrat l'aportació de potència garantida de 3.742 MW dels quatre grups nuclears que continuen en servei, hi ha un dèficit valorat entre 500 i 1.000 MW per cobrir els 52.545 avaluats per l'estudi de l'AEIC/COEIC. En aquest sentit, creiem que, en general, les previsions d'emmagatzemament del PNIEC són curtes i així es constata en el Full de ruta de l'emmagatzemament publicat pel MITERD.

Es pot deduir que amb la proposta de prolongació de l'operació dels quatre grups nuclears fins a la fi del període habitual de llicència, en qualsevol de les alternatives es poden posposar instal·lacions eòliques o fotovoltaiques i, per tant, inversions d'entre 12.000 M€ i 15.000 M€. El sistema es trobaria més equilibrat amb una menor probabilitat d'energia deixada de subministrar i es reduiria el dèficit de potència ferma que es podria compensar instal·lant bateries o bombeig.

9 Anàlisi del PNIEC 2021-2030: Portugal

Portugal proposa dos escenaris:

Escenari baix: amb una demanda de potència prevista per a l'escenari 2030 de 10,5 GW i 28,6 GW instal·lats. **La cobertura de potència presenta un dèficit de 2,9 GW**.

Escenari alt: amb una potència instal·lada de 31,7 GW. **La cobertura de potència**, tot i que amplia la potència en bombeigs des de 3,6 a 9,9 GW, **presenta un dèficit de 2,7 GW**.

Per aquesta raó, ha previst assolir una capacitat d'interconnexió de 4,2 GW, que li permet complir el criteri del 15 % sobre la potència instal·lada i amb més del 30 % de la màxima demanda, amb l'objecte de tractar de cobrir el seu dèficit de cobertura de potència i així poder tancar, abans de 2030, el seu parc generador de carbó.

10 Anàlisi del PNIEC 2021-2030: França

El PNIEC de França, presentat a la UE, no fa balanços de demanda d'energia ni de potència per a l'horitzó 2030. Per a l'anàlisi de l'evolució del parc generador nuclear com de la cobertura de potència ens podem basar en algunes consideracions que exposa el PNIEC:

- Es **fixa un objectiu de reduir la participació de l'energia nuclear en el mix d'electricitat des d'un 72 % actual fins un 50 %,** per tractar de disminuir l'elevat risc de monodependència de la generació nuclear (és l'estat del món amb més alta participació de la generació nuclear en el mix energètic).
- En el període 2020-2025, preveu dificultats per poder tancar la generació amb carbó fins a disposar d'un nou grup nuclear de 1.600 MW i d'un nou cicle combinat de 800 MW.
- Exposa dificultats en ampliar la capacitat de nova instal·lació de bombeig reversible i cita que en el moment actual tan sols disposa d'un inventari d'emplaçaments per instal·lar fins a 1,5 GW de bombeig.
- Cita que en l'escenari de reducció del parc nuclear al 50 % del mix energètic, per cobrir talls de subministrament en punta de més de 3 hores de duració confia en recórrer a incrementar la potència interrompible actual de 2 GW, a reduir la tensió a la xarxa de distribució fins a un 5 % i incrementar la capacitat d'interconnexió internacional en +10 GW efectius (10 GW amb percentil 0,7 suposen uns 14 GW de potència nominal, el que suposaria haver de construir uns 14 nous circuits de línies de Molt Alta Tensió d'1 GW/unitat).

Per tal de poder posar xifres, recorrem a la publicació que fa l'operador del sistema RTE ***Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricite en France (Edition 2017***).

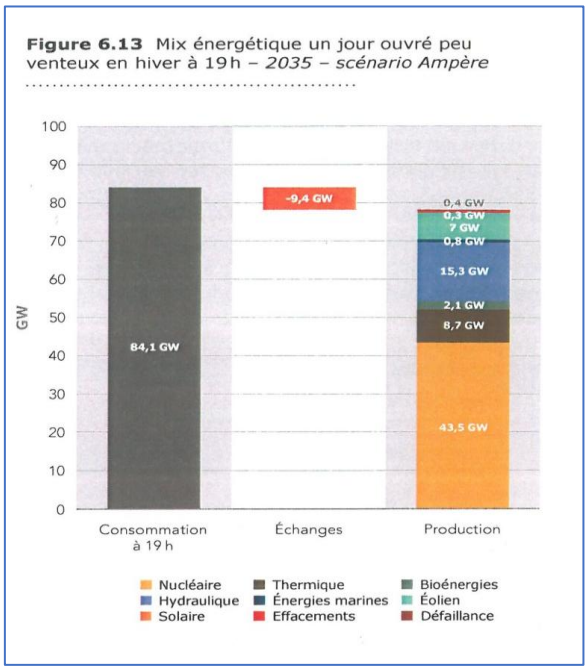
Emprem dades dels escenaris Ampere que per l'any 2035 projecten una generació de 635 TWh, dels quals preveu un saldo exportador de 134 TWh i una generació nuclear de 294 TWh <> 46 % del total, la qual cosa suposa el tancament de 16,2 GW nuclears.

Tot i que **la punta de demanda històrica va ser de 102,1 GW el 8 de febrer de 2012**, en aquest escenari preveu **una punta de demanda** de tan sols **84,1 GW**, cosa que suposa que l'esforç per aconseguir aplanar la corba monòtona de la demanda hagi estat molt important.

El resultat el podem veure a la figura **6.13 del Bilan prévisionnel.**

El resultat és que, amb la reducció de la potència nuclear des de 63,1 GW fins als 48,5 GW que preveu l'escenari Ampere per a 2035, amb una punta de demanda de 84,1 GW el sistema elèctric de França tan sols garanteix 74,7 GW, i per tant, per a un índex de cobertura de tan sols 0,89 es detecta un **dèficit de potència de 9,4 GW**, impossible de cobrir aplicant interrompibilitat. **Amb el criteri de REE d'índex de cobertura d'1,1, el dèficit estructural seria de 17,8 GW.**

Volem deixar constància, que aplicant els coeficients històrics de REE a les potències previstes al sistema elèctric de França a l'escenari Ampere, el resultat obtingut és de 74,2 GW, per tant, pràcticament coincident amb el que aplica RTE en la seva simulació.



Es posa en evidència que la projecció del PNIEC 2021-2030 del sistema elèctric de França si es volen complir els objectius de reducció del parc generador nuclear per sota del 50 % de l'energia d'aquest origen **aboca l'indicat sistema a un dèficit molt important de potència garantida**.

Per tant, vist que tant el PNIEC de Portugal com el de França apunten a escenaris amb forts dèficits de potència garantida, **el PNIEC 2021-2030 en el seu Escenari Objectiu no podrà (encara que les interconnexions amb França es reforcin), confiar en ajudes de França ni de Portugal.**

En conseqüència, si es vol mantenir la proposta de tancament de quatre grups nuclears, per cobrir la demanda de potència prevista per a l'horitzó 2030, s'haurien de posar en servei noves instal·lacions en tecnologies que puguin suplir els dèficits que s'avaluen en aquest informe.

11 Consideracions prèvies a les conclusions

11.1 Entorn de l'energia nuclear

- L'esborrany del PNIEC 2021-2030 (versió 20-01-2020), no aporta dades sobre la garantia de cobertura de la demanda de potència, quantificant el dèficit potencial, en l'Escenari Objectiu que proposa.
- Amb l'anàlisi que fem des de l'AEIC (Comissió d'Energia), emprant els coeficients històrics i els criteris de l'operador del sistema (REE) s'avalua per l'horitzó 2030 (Escenari Objectiu) un dèficit de potència garantida de 4,3 GW. Cal destacar que aquest resultat és quasi coincident amb el resultat obtingut per a l'informe de la CETE, que pel cas del tancament de cinc grups nuclears donava un dèficit de potència garantida de 4.735 MW que si extrapolem al tancament de quatre grups nuclears donaria un dèficit de 3.800 MW.
- Si no es produeix el tancament dels quatre grups nuclears previstos al PNIEC, amb la instal·lació addicional de set GW de bombeig pur el coeficient de cobertura de la demanda de punta prevista per l'horitzó 2030 seria de l'1,1.
- Les centrals nuclears del sistema elèctric nacional es caracteritzen per una gran fiabilitat i seguretat. La disponibilitat mesurada pel factor de càrrega és equiparable al dels EUA (líder mundial en centrals nuclears) amb 98 grups en operació (25 % de la potència nuclear mundial). Als EUA, en l'actualitat, 90 dels 98 grups nuclears han estat operant en vida estesa a 60 anys i entre ells quatre grups han obtingut llicència per operar a 80 anys.
- La tecnologia dels set grups de l'Estat espanyol (PWR i BWR) és la mateixa que predomina en el parc dels EUA.
- El sistema nuclear de l'Estat espanyol no ha tingut cap accident classificat a l'escala INES en nivell quatre o superior, nivells a partir dels quals es poden produir radiacions ionitzants en l'exterior del recinte de la instal·lació. El màxim incident històric del parc nacional va ser el de **Vandellòs I** que va ser qualificat pel CSN com de nivell 3 a l'escala INES. Tot i que l'incendi d'un coixinet exterior al reactor permetia perfectament continuar l'explotació, l'operador de la central (HIFRENSA) va renunciar a abordar les inversions que el CSN va fixar per assegurar la seva continuïtat. La resta d'incidents han estat sempre de nivell 0, 1 o 2 de l'escala INES. El tancament, per tant, va ser degut a la renúncia de l'operador (HIFRENSA) a fer les inversions requerides pel CSN i no per falta de seguretat.
- A l'estat actual de les tecnologies, constatem que en els propers anys l'enorme desplegament de les energies renovables (eòlica i fotovoltaica) requerirà un ***back up*** important a causa de la característica d'una generació aleatòria i no programable.
- Fins no poder gaudir d'un ús rendible de l'hidrogen es produiran uns excedents molt importants (de prop de 40 TWh per a l'horitzó 2030 quasi impossible de col·locar, perquè tant Portugal com sobretot França —com ja hem explicat—, preveuen uns excedents enormes).
- Estimem que el ***back up*** de l'eòlica serà bàsicament la generació amb gas realitzada pels cicles combinats, que actualment no gaudeixen d'unes condicions òptimes de retribució de la seva operació, i existeix una possible tendència al confinament si aquesta situació no es redreça. Per altra banda, tot i que el PNIEC considera que el cicle de vida d'aquesta tecnologia és de 40 anys, UNESA, actualment AELEC (la patronal del sector elèctric), al 2010 considerava que el cicle de vida seria de 25 anys (ja que estan sotmeses a un règim de funcionament no òptim), i per tant, a partir de l'any 2025 podria ser necessari procedir a efectuar millores per la seva extensió de vida per tractar d'evitar el seu tancament, qüestió que crearia un insoluble problema de cobertura de potència i d'adaptació de la generació a la corba monòtona horària de càrrega.
- Abans de prendre una decisió sobre tancar o mantenir operatius els quatre grups nuclears que apunta el PNIEC 2021-2030, cal tenir en compte:
  - Poder garantir la cobertura de la demanda de potència.
  - Avaluar la incidència del tancament en les emissions dels GEH.
  - Considerar que el tancament pot provocar un encariment del preu horari de l'energia

que ha estat avaluat per damunt dels 2 €/MWh.

11.2 Entorn de l'emmagatzematge

Com es posa de manifest al llarg de el document disposar d'instal·lacions d'emmagatzematge és crític i imprescindible per garantir l'estabilitat tècnica de el sistema elèctric.

Les tecnologies disponibles actualment son bateries i instal·lacions de reversibles de bombament i turbinat hidràulic. Les bateries són una tecnologia nova, encara en desenvolupament, que ens dona garantia de potència però amb una limitació pel que fa a energia disponible és a dir al temps que podem disposar d'aquesta potència, hores o com a molt dies. Per a sistemes amb grans potències i sobretot amb una gran capacitat d'emmagatzematge en termes d'energia la tecnologia ja disponible amb un bon rendiment i experiència en la seva utilització és el bombament hidràulic pel que afegim algunes consideracions.

- El bombament hidràulic dona a sistema una flexibilitat molt important en la seva gestió i operació tant en la programació de la generació a mig i curt termini, com en les resposta ràpida davant incidències de sistema que poden tenir durada significativa, com algunes situacions climatològiques.
- **Segons la UE, Espanya figura en el rànquing europeu de capacitat de bombeig com a líder amb una capacitat de fins a 13,85 GW instal·lats**, en els quals s'inclouen els 3,3 GW actualment operatius. Atès que el PNIEC proposa instal·lar fins a 3,5 GW de bombeig pur abans de 2030, restaria un potencial de fins a 7,2 GW, xifra que supera les previsions de dèficit de potència avaluades amb aquest informe i el de la CETE, per tant, **existeix capacitat per realitzar els bombeigs necessaris per arribar a fer viable el tancament dels grups nuclears recomanats pel PNIEC.**
- Tot i ser possible el desenvolupament dels bombeigs necessaris, volem posar en evidència que aquestes instal·lacions amb la conjuntura actual, tant pels terminis necessaris per la tramitació administrativa de les concessions d'aigua com per l'agenda de la seva realització, així com per l'actual indefinició de la regulació que pugui garantir la rendibilitat dels projectes, es veu difícil que en el programa de 2030 es puguin complir les previsions del PNIEC de 3,5 GW de bombeig i encara més difícil si es pretén disposar de 7-8 GW.
- Per a nous bombeigs, **estimem que serà molt difícil (per no dir impossible) crear embassaments** a les lleres dels rius i, per tant, caldrà estudiar repotenciacions o nous bombeigs tractant d'aprofitar al màxim embassaments inferiors ja siguin destinats a generació elèctrica o altres usos. **No cal descartar la creació de dipòsits superiors, tal com proposen els dos grans projectes inclosos a la llista de la UE, que proposen emprar com a embassament inferior el de Ribarroja al riu Ebre.**
- **Un objectiu que pot facilitar la contribució dels bombeigs a la cobertura de la garantia de potència, pot ser el disseny de bombeigs de 8-9 hores de reserva per turbinació, que poden ser un back up excel·lent per cobrir l'aleatorietat de l'energia fotovoltaica**.
- La tipificació de bateries de dues hores de reserva i bombeigs de vuit hores pot tractar de cobrir la garantia de potència i minimitzar els excedents de generació provocats pel necessari creixement dels parcs de generació d'energies renovables, i pot permetre facilitar la cobertura de potència de la demanda del sistema peninsular.
- Una vegada consultada la llista de possibles bombeigs publicada per la UE, que inclou iniciatives empresarials de projectes en fase de tramitació administrativa, estimem que existeix un altre gran potencial de bombeigs possibles que consistiria en:
  - Repotenciació de centrals de bombeig existents (on els tràmits poden ser ràpids i la construcció també, perquè no és necessari construir nous embassaments).
  - Conversió o repotenciació de grups de generació de centrals hidroelèctriques convencionals instal·lats a peu de preses enllaçades per bombejar. També poden ser de tramitació i execució ràpida.
  - Aprofitament de llacs naturals recrescuts ja emprats per centrals hidroelèctriques convencionals, equipables amb

embassaments inferiors existents i la seva conversió a centrals de bombeig de 8-9 hores de reserva en turbinació.

- Aprofitament de llacs naturals com a embassaments superiors (sense necessitat de recreixement), enllaçables amb embassaments inferiors existents i la seva conversió a centrals de bombeig de 8-9 hores de reserva en turbinació.
- Repotenciació de centrals de bombeig existents que sense recréixer embassaments ni conduccions, poden ésser repotenciats per assolir una reserva de 8-9 hores. Com és ben evident, totes aquestes propostes comportarien impactes mediambientals molt febles

12 Conclusions

C.1.- Amb les previsions del PNIEC 2021-2030, el tancament de quatre grups nuclears que preveu l'Escenari Objectiu per a l'horitzó 2030, es provocaria, segons els càlculs de l'AEIC (aplicant els coeficients de potència ferma per tecnologies de REE), un dèficit de potència garantida per cobrir la demanda de potència de punta de prop de 4,3 GW.

C.2.- L'anàlisi del PNIEC assenyala que fins i tot comptant amb les interconnexions es produeix una petita quantitat d'energia no subministrada i un dèficit de potència que no quantifica. **L'anàlisi de l'AEIC/COEIC avalua un dèficit de potència de fins a 4,3 GW**.

C.3.- **De l'anàlisi dels PNIEC de Portugal i de França, se'n dedueix que les previsions per a l'horitzó 2030 seran estructuralment i fortament deficitàries en potència garantida, raó per la qual Espanya no podrà ser auxiliada des dels sistemes elèctrics connectats al sistema peninsular. Els cicles de funcionament de les energies renovables de Portugal, España i França són molt similars de manera que quan aquí hi hagi excedents, també n'hi haurà a França i Portugal i viceversa, però no serà fàcil intercanviar amb ells, fet pel qual haurem de pensar en mercats de més al nord de França**.

C.4.- L'anàlisi històrica de l'explotació del parc de centrals nuclears de l'Estat espanyol així com el reforçament de la seguretat dels darrers anys, a causa de l'aplicació dels ***Stress Test Post Fukushima*, evidencien la inexistència de mancança de seguretat que pugui justificar la conveniència de no prorrogar el seu cicle de vida per damunt dels 40 anys de disseny**.

C.5.- Les possibles alternatives per cobrir la producció i la potència garantida dels quatre grups de centrals nuclears proposats pel PNIEC 2021-2030 abans de l'horitzó 2030, **comportarien unes inversions entre 6,8 a 7,9 vegades més elevades**, respecte a les que es poden necessitar per procedir a la seva adaptació per estendre la seva vida útil a la fi del proper període teòric d'autorització de servei, allargament que ja s'està produint en els

90 grups nuclears de similars característiques tecnològiques als EUA. **Les conseqüències de la seva aturada comportarien un encariment del preu horari de l'energia superior a uns 2 €/MWh, i unes emissions de GEH superiors a unes 12 Mt de CO2/any**.

C.6.- El manteniment en explotació del 100 % del parc nuclear del sistema elèctric peninsular, pot ser clau per permetre procedir a la necessària adaptació de l'important parc de centrals de gas de cicle combinat i facilitar la transició energètica fins a l'horitzó 2045, data en què, molt probablement, s'hauran desenvolupat sistemes d'emmagatzemament tan per l'evolució tecnològica de les bateries com de l'hidrogen, que seran decisives per acumular excedents transitoris de les tecnologies aleatòries així com l'adaptació de combustibles sense emissions de GEH al transport de mercaderies.

C.7.- Per poder donar garantia de potència efectiva disponible al sistema elèctric peninsular a l'horitzó 2030, si es procedeix al proposat tancament de quatre grups nuclears, en les alternatives analitzades per l'AEIC en aquest informe serà necessari disposar d'entre **4.260 MW de bombeig pur addicional (8 h) (alternativa 1) i 2.079 MW de bateries (2 h), en servei, abans de 2030**.

C.8.- Per poder complir la garantia de potència efectiva de la demanda previsible a l'horitzó 2035 i poder fer efectiva la proposta de tancament dels set grups nuclears del sistema elèctric peninsular, serà necessari **que abans de 2035 es posin en servei 5.355 MW de bombeig pur (8 h) i 1.694 MW de bateries (2 h).**

.C.9.- Per a l'anàlisi de costos de substitució d'energia nuclear deixada de produir pels grups nuclears, hem emprat la ràtio de cost de 1,325 M€/MW que dona RTE (França) per a noves centrals de bombeig, que inclou els costos de modificació d'embassaments, sense la necessitat de crear-ne de nous.

La ràtio de costos més fiable sobre bombeigs ens la proporciona l'IDAE en la seva publicació ***Evolución tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables (Estudios Técnicos PER 2011-2020)*** **i l'avalua en uns 0,7 M€/MW instal·lat, que tenint en compte que els bombeigs es dissenyen per vuit hores de reserva i una vida útil de més de 60 anys, és un preu molt competitiu respecte als costos de bateries per dues i quatre hores de reserva i 20 anys de vida útil.**

La major part de les instal·lacions proposades per bombeigs reversibles se situen en l'interval d'inversió compresa entre 0,5 i 1 M€/MW.

C.10.- Els estalvis d'inversions posposades, que poden ser de fins a 15.000 M€ a 2030 i de fins a 33.000 M€ a 2035 si es manté tot l'equip nuclear actual, podrien dedicar-se a altres inversions com podrien ser:

- **Eficiència energètica**
- **Incrementar l'emmagatzematge**
- **Reconstrucció industrial**
- **Canvis en el model productiu**

La qual cosa seria extremadament important en l'època de post-pandèmia en què no anirem sobrats de recursos, sinó més aviat tot el contrari, per tant la racionalització i optimització de les inversions serà fonamental.

C.11.- En resum, la continuïtat d'explotació dels grups nuclears comportaria:

- **Una major garantia de disponibilitat de potència ferma.**
- **Una major reducció de les emissions de GEH.**
- **Una important reducció d'excedents de generació molt difícils de col·locar i que, per tant, serien vessats.**
- **Una reducció del preu horari de la generació d'energia.**
- **Unes importants reduccions de les inversions previstes en el PNIEC fins a 2030 que podrien ajudar a superar els efectes post COVID-19.**
- **Facilitar una "transició justa" als territoris on s'ubiquen les quatre centrals nuclears.**
- **Atorgar temps necessari per desenvolupar la tramitació i posada en servei de nous grups de bombeig pur, que seran estratègics després del tancament dels grups nuclears.**

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