

El cero de tensión del sistema ibérico del 28 de abril de 2025

Informe preliminar

Luis Rouco Rodríguez, Enrique Lobato Miguélez y
Francisco M. Echavarren Cerezo

29 septiembre 2025

Contenidos

- Introducción
- Las fases del evento
- La inestabilidad de tensiones
- La baja generación síncrona en el sur y en el centro y la debilidad de la red de transporte
- Las oscilaciones del sistema
- Las desconexiones de generación y el colapso por sobretensión
- Conclusiones

Contenidos

- Revisión por pares
- Reflexiones finales



Introducción

- Endesa e Iberdrola han encargado al IIT un informe independiente en relación con el cero de tensión del sistema ibérico del 28 de abril de 2025.
- Los profesores Rouco, Lobato y Echavarren han elaborado un informe y un resumen del mismo, con los resultados más relevantes.
- Este informe tiene carácter preliminar.
- Endesa e Iberdrola han enviado dicho resumen a ENTSO-e.
- El informe ha sido elaborado utilizando la información del sistema eléctrico proporcionada por Endesa e Iberdrola a la que tienen acceso como agentes del mismo.
- La elaboración de este informe no habría sido posible utilizando información pública.
- Esta presentación muestra los resultados contenidos en el resumen del informe.

Fases del evento según el Comité de Análisis

- **Fase 0:** La inestabilidad de tensiones (los días precedentes y la mañana del día 28 de abril entre 9:00 y 12:00)
- **Fase 1:** Las oscilaciones del sistema (entre las 12 y 12:30)
- **Fase 2:** Las pérdidas de generación por sobretensión (entre las 12:32:00 y las 12:33:18)
- **Fase 3:** El colapso hasta el cero de tensión (entre las 12:33:18 y las 12:33:30)
- **Fase 4:** Reposición del suministro desde las 12:33:30 horas del 28 de abril hasta las 07:00 horas del 29 de abril para el 99,95% de la demanda

La fase 4 no será objeto de nuestro análisis

La inestabilidad de tensiones

- Según el Comité de Análisis

- “Algunos agentes han referido **episodios previos de inestabilidad en las tensiones** este mismo año, citando el 31 de enero, el 19 de marzo y el 22 y 24 de abril, y han relacionado la situación previa del día 28 con la de estos precedentes, particularmente con la del 22 y el 24 de abril.”
- “A partir de las 9:00 h se aprecia **mayor variabilidad en las tensiones**, inicialmente sin excursiones significativas. Es a partir de las 10:30 h cuando se aprecia una mayor excursión, es decir, variaciones de mayor amplitud en los valores de la tensión con respecto a los valores estándar.”
- “Según los datos aportados tanto por el Operador del Sistema como por los gestores de las redes de distribución, si bien en las primeras horas de la mañana del evento se vieron variaciones relevantes de tensión, **los niveles de tensión en la red de transporte parecen mantenerse dentro de los niveles** marcados por los procedimientos de operación 1.1 y 1.3 (entre los 380 y los **435 kV** en la red de 400, y entre los 205 y los 245 kV en la red de 220) en todo el periodo hasta las 12:30 h.”



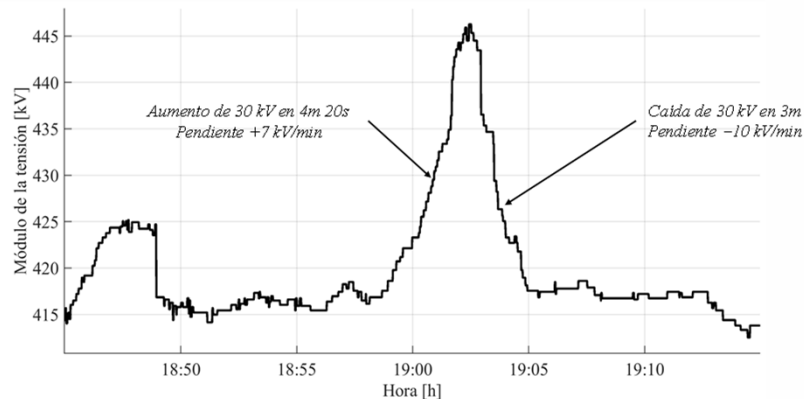
COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

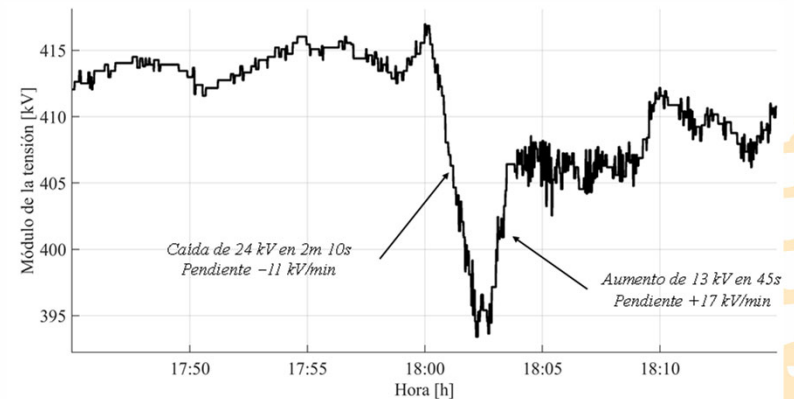
ICAI ICADE CIHS

La inestabilidad de tensiones

- Los eventos de los días 22 y 24 de abril estaban caracterizados por variaciones (**rampas de subida y bajada**) de decenas de kV en pocos minutos.
 - Registros en una subestación a 400 kV en Extremadura



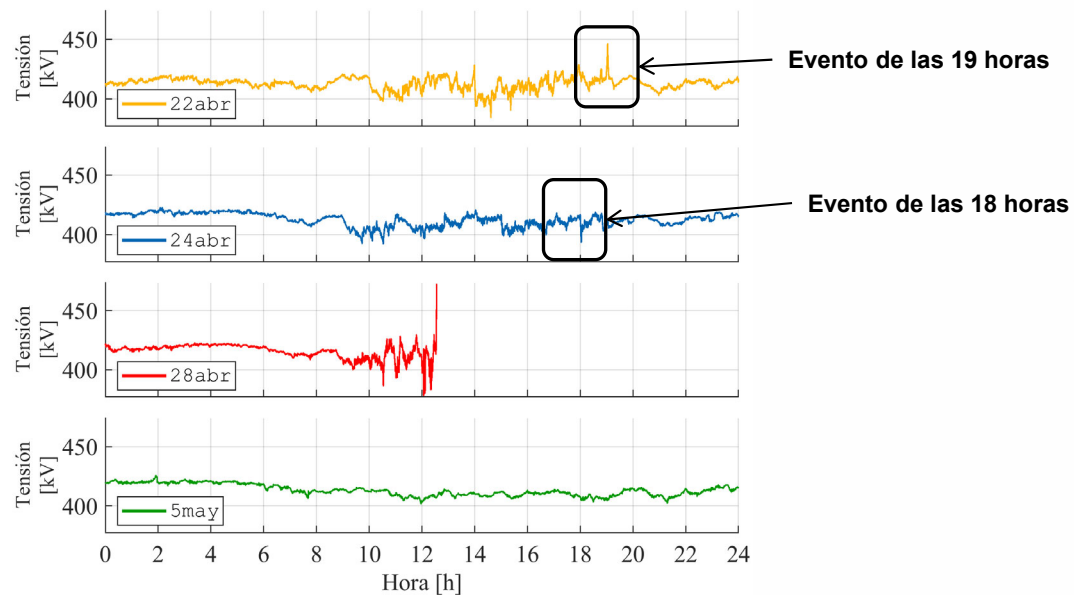
22 de abril



24 de abril

La inestabilidad de tensiones

- La **mera inspección** de la evolución temporal de las tensiones no ofrece información del estado del sistema.
 - Registros en una subestación a 400 kV en Extremadura los días 22, 24, 28 de abril y 5 de mayo:





COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

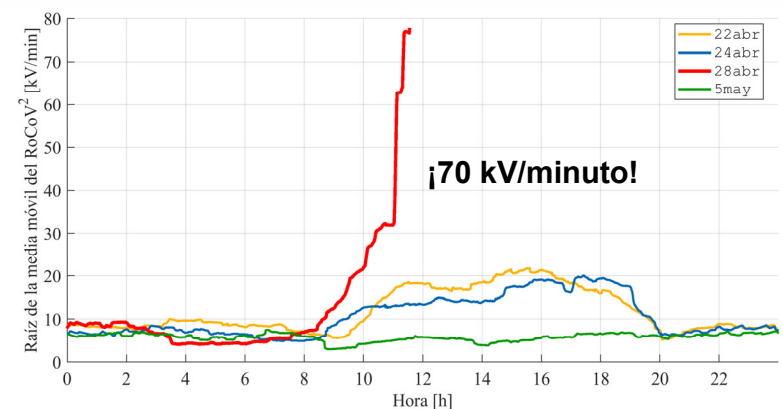
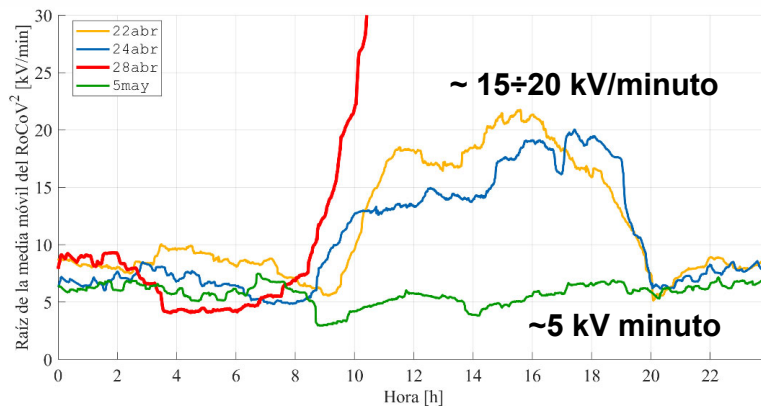
ICAI

ICADE

CIHS

La inestabilidad de tensiones

- Una métrica basada en la **derivada de la tensión** muestra con claridad los fenómenos apuntados por el Comité de Análisis y cómo han desaparecido después del día 28 abril.
 - Rampas elevadas de subida y baja de la tensión los días 22, 24 y 28 de abril



Aumentando la escala de eje de ordenadas para ver el último valor calculado el día 28 abril

La inestabilidad de tensiones

- Los fenómenos de inestabilidad los días precedentes y la mañana del día 28 de abril entre las 9:00 y las 12:00 muestran que el **sistema de control de tensión de la red de transporte** (con altísima penetración de generación renovable controlada con factor de potencia constante) **no realizaba satisfactoriamente su función**.
- ¿Cuál es la **función del sistema de control de tensión de la red de transporte**?
 - Lograr que **las tensiones sigan las consignas** independientemente de la forma de las propias consignas, de perturbaciones externas o cualquier cambio en la red.
- ¿Por qué?
 - Porque la **generación síncrona con control dinámico de tensión en el sur y el centro** era **baja**.

La baja generación síncrona en el sur y en el centro y la debilidad de la red de transporte

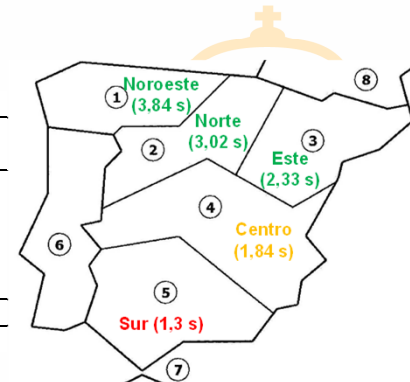
- Según el Comité de Análisis
 - “El **número final de grupos térmicos acoplados** a las 12:30, justo antes del evento, fue de 11 cifra que **no se ha registrado en ningún otro día del año.**”



La baja generación síncrona en el sur y en el centro y la debilidad de la red de transporte

- La inercia no estaba distribuida de forma uniforme en el sistema peninsular español.
- La inercia de las áreas sur y centro era inferior a la recomendada por ENTSO-e (2 segundos).
- **La inercia del área sur** (1,3 segundos) **era un 35% inferior** a la recomendada por ENTSO-e.

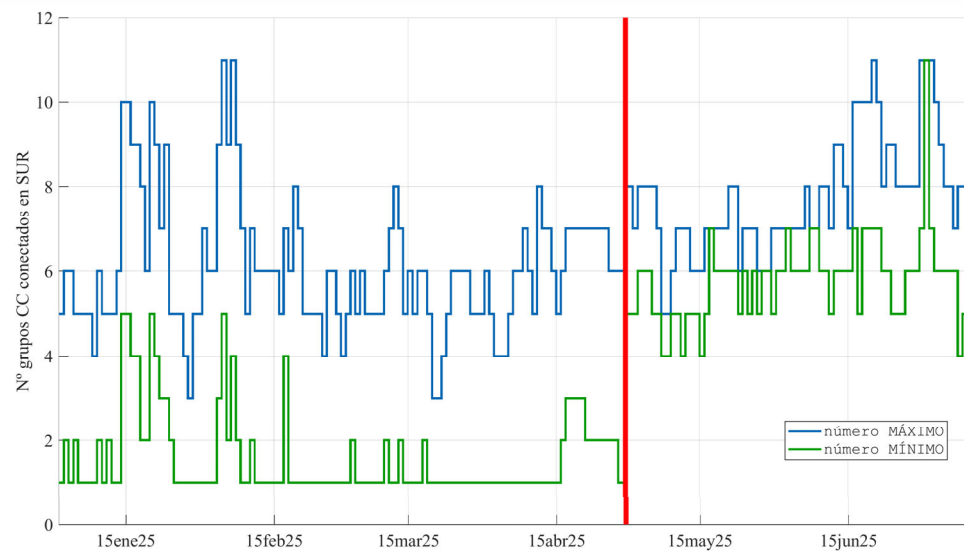
Área	Energía cinética de rotación [MWs]					Demanda			Inercia [s]
	Nuclear	Ciclo combinado	Carbón	Hidráulica	Total	Caso raw e-sios [MW]	Caso raw e-sios [%]	Estimación [MW]	
NOROESTE	0	3714	1746	6652	12111	3194	13%	3152	3,84
NORTE	0	2995	0	7843	10837	3633	15%	3585	3,02
ESTE	9642	0	0	4105	13747	5988	24%	5909	2,33
CENTRO	2906	8875	0	4204	15984	8780	35%	8664	1,84
SUR	0	2881	0	1535	4417	3443	14%	3398	1,30
TOTAL	12547	18465	1746	24339	57097	25038	100%	24708	2,31



El valor calculado de la inercia del sistema peninsular español (2,31 s) está en margen ofrecido por ENTSO-e (2,14-2,64 s)

La baja generación síncrona en el sur y en el centro y la debilidad de la red de transporte

- El **número mínimo de grupos de ciclo combinado conectados en Andalucía ha cambiado** significativamente desde el 28 de abril.



La baja generación síncrona en el sur y en el centro y la debilidad de la red de transporte

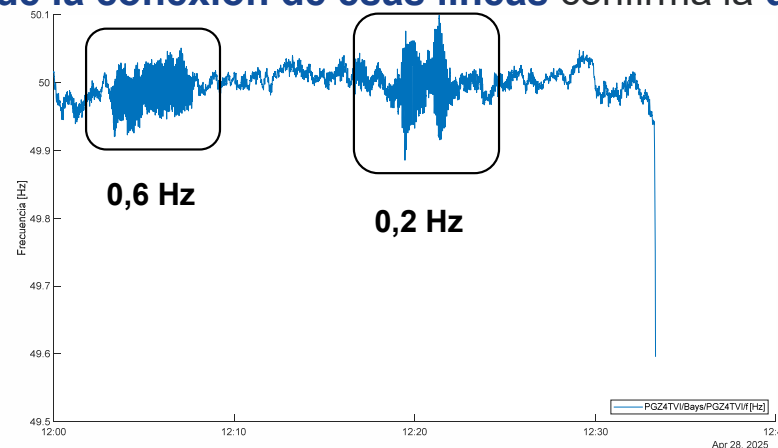
- La debilidad de la red de transporte

- El 35% de la extensión de la red a 400 kV estaba desconectada** a las 9:00 horas en las áreas centro y sur.

Área	% km líneas abiertas control tensión a las 9:00			% km líneas con indisponibilidades en curso			% km líneas trabajos previstos comenzar 28042025 antes 9:00			% km líneas todas causas	
	220 kV	400 kV	Total	220 kV	400 kV	Total	220 kV	400 kV	Total	220 kV	400 kV
NOROESTE		20,74%	10,5%	2,5%	0,9%	1,7%				2,5%	21,7%
NORTE		14,4%	7,3%	0,7%	1,6%	1,2%				0,7%	16,0%
ESTE	1,5%	8,5%	5,7%	2,8%	4,8%	4,0%	0,3%	1,3%	0,9%	4,6%	14,6%
CENTRO	7,0%	26,7%	16,2%	5,6%	2,2%	4,0%	0,4%	5,4%	2,7%	13,0%	34,3%
SUR		27,5%	12,6%		8,3%	3,8%					35,8%
TOTAL	1,8%	18,4%	10,3%	2,3%	3,8%	3,1%	0,2%	1,4%	0,8%		

Las oscilaciones del sistema

- Entre las 12:00 y las 12:30 horas tienen lugar dos eventos de oscilaciones muy poco amortiguadas (1%, inferior al 5% establecido en el Procedimiento de Operación 13.1).
 - En general, las oscilaciones ocurren por **transportes de energía eléctrica “elevados”** a través de **redes “débiles”**.
 - Red Eléctrica conecta 11 líneas en ese periodo para amortiguar dichas oscilaciones.
 - El propio **efecto favorable de la conexión de esas líneas** confirma la **debilidad de la red**.



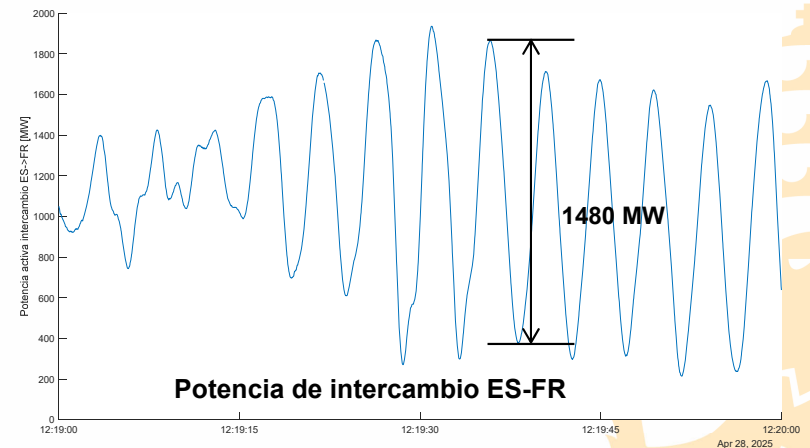
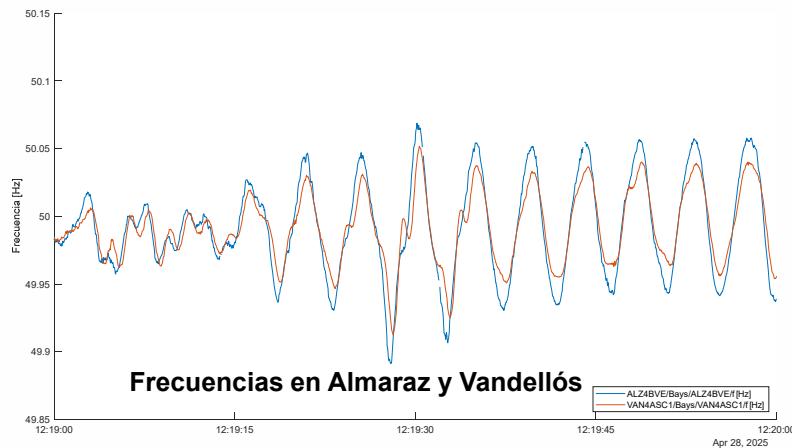


COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

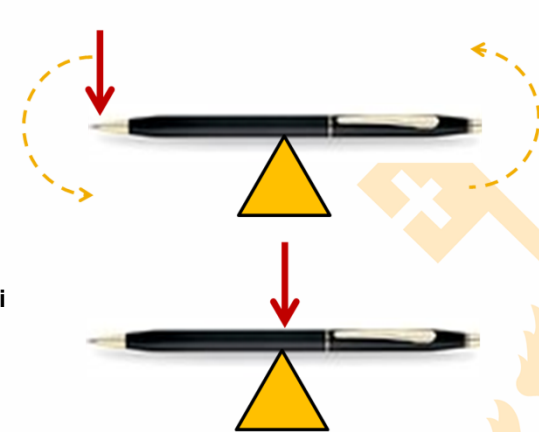
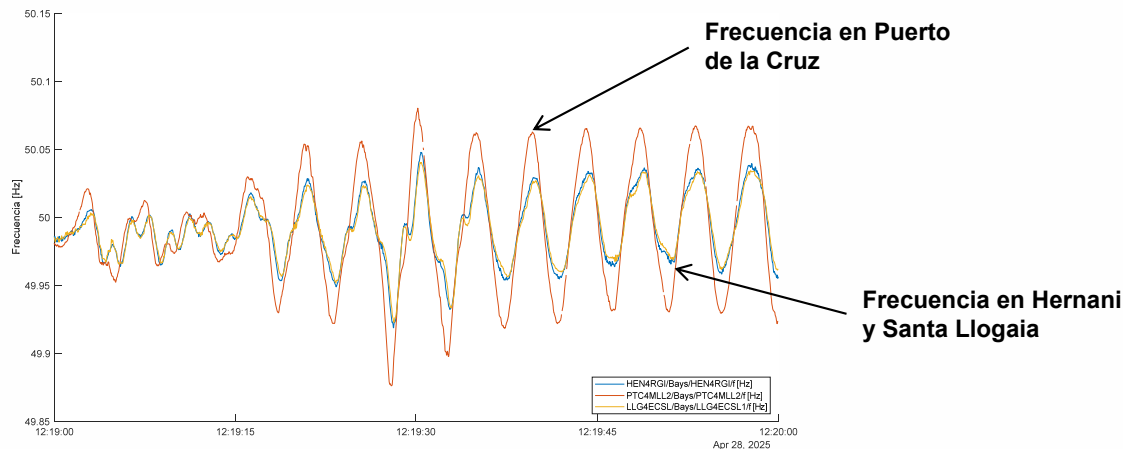
Las oscilaciones del sistema

- La **oscilación de 0,2 Hz** da lugar a una oscilación de orden **1480 MW**, pico a pico, en la potencia de intercambio con Francia.
 - Los **generadores de la península Ibérica** oscilan en fase e **intercambian energía con los generadores del resto del sistema continental europeo**.



Las oscilaciones del sistema

- Los **grupos de ciclo combinado de Andalucía** juegan un **papel muy importante** en el **amortiguamiento** de la oscilación de 0,2 Hz por
 - estar equipados con estabilizadores del sistema de potencia (PSSs) y
 - exhibir mayor observabilidad y controlabilidad de las oscilaciones.



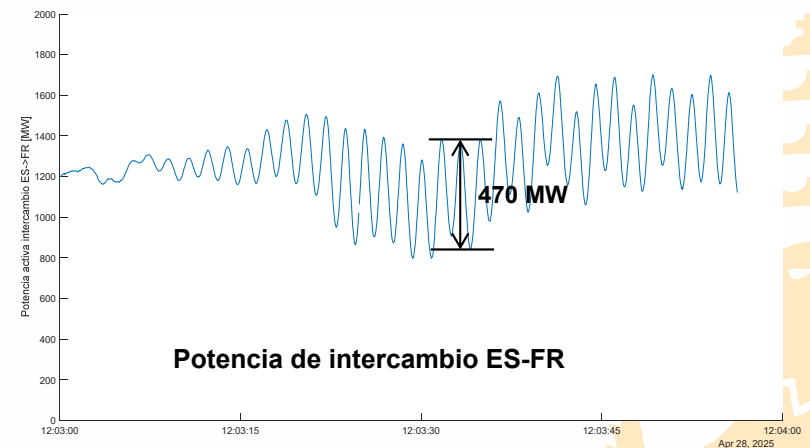
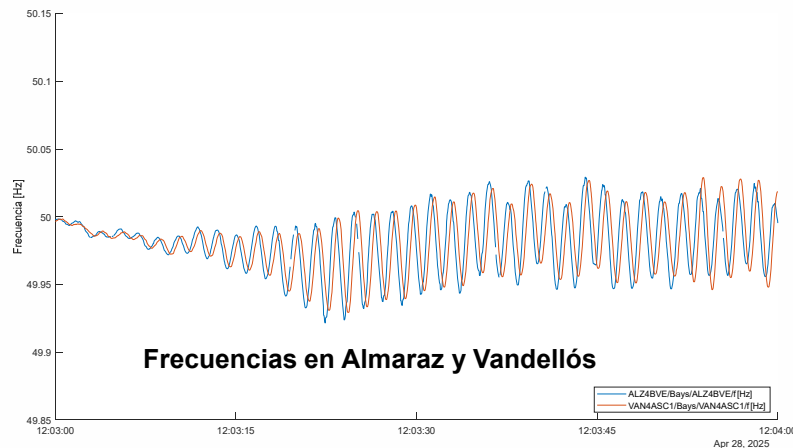


COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS

Las oscilaciones del sistema

- La **oscilación de 0,6 Hz** da lugar a una oscilación del orden de **470 MW** en la potencia de intercambio con Francia.
 - Los **generadores de la península Ibérica** oscilan casi en fase e **intercambian energía con los generadores del resto del sistema continental europeo**.



Las desconexiones de generación y el colapso por sobretensión

- Las desconexiones de generación por sobretensión
 - Según el Comité de Análisis

Descripción	Instante	Localización	Potencia [MW]	Potencia acumulada [MW]
Evento 1	12:32:57,140	Granada	355	355
Evento 2	12:33:16,460	Badajoz	730	1085
Evento 3	12:33:17,780	Sevilla	550	1635

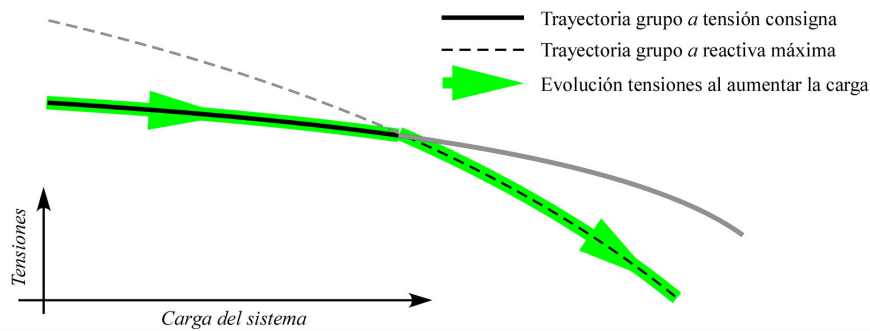
- Según el Procedimiento de Operación 13.1 y las Especificaciones de Detalle para el cálculo de la capacidad de acceso de la generación a las redes de transporte y distribución, el sistema debe soportar la pérdida de 3000 MW de generación tras una falta trifásica franca de 250 milisegundos.

Las desconexiones de generación y el colapso por sobretensión

- ENTSO-e ha señalado:
 - “The Expert Panel is looking particularly at the **cascading series of generation disconnections and voltage increases as the most probable trigger for the blackout**. Such cascading voltage increases have never before been linked to a blackout in any part of the European power system. If confirmed, this high-voltage blackout mode will require a thorough analysis and investigation by all power system experts of the ENTSO-E community.”
 - “El panel de expertos está mirando particularmente **la desconexión en cascada de generación y el aumento de la tensión como el más probable detonante del cero**. Ese incremento en cascada de la tensión no se había relacionado nunca con un cero en el sistema europeo. En caso de confirmarse requerirá un análisis e investigación por los expertos en sistemas eléctricos de la comunidad de ENTSO-e.”

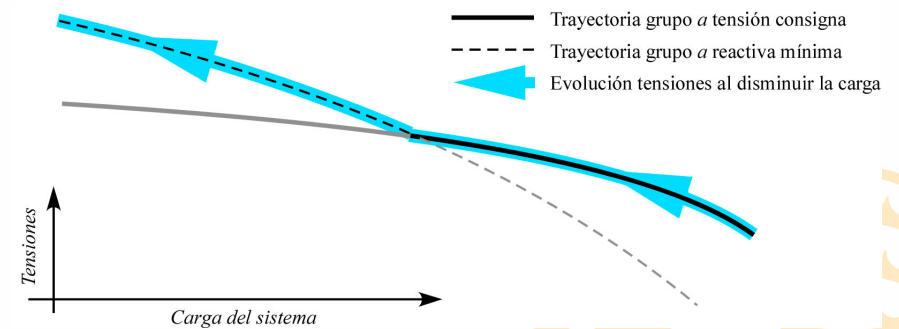
Las desconexiones de generación y el colapso por sobretensión

- El **colapso por sobretensión** frente al **colapso por subtensión**



Colapso por subtensión:

- La tensión disminuye al aumentar la carga del sistema
- Al agotarse el margen de generación de potencia reactiva se acelera la caída de las tensiones

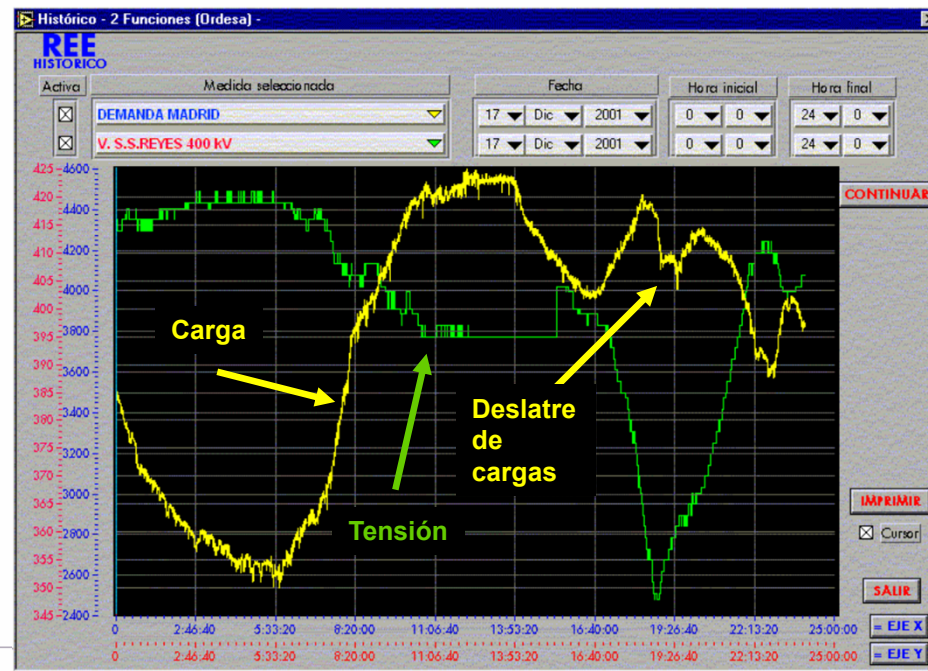


Colapso por sobretensión:

- La tensión aumenta al disminuir la carga del sistema
- Al agotarse el margen de absorción de potencia reactiva se acelera la subida de las tensiones

Las desconexiones de generación y el colapso por sobretensión

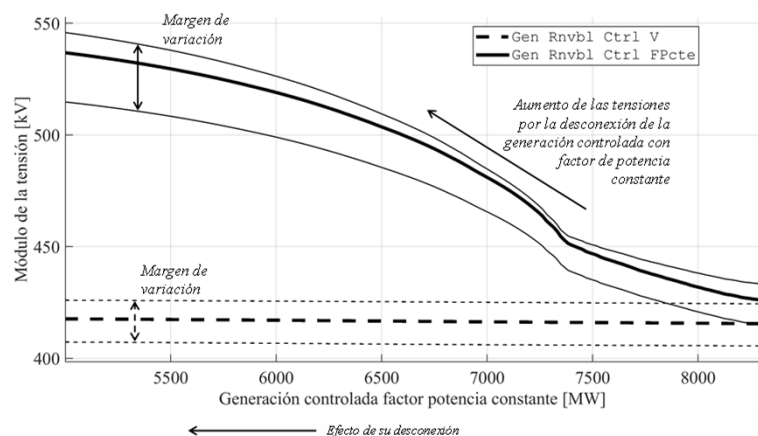
- Proximidad al colapso por subtensión el 17 de diciembre de 2001 en el sistema peninsular español



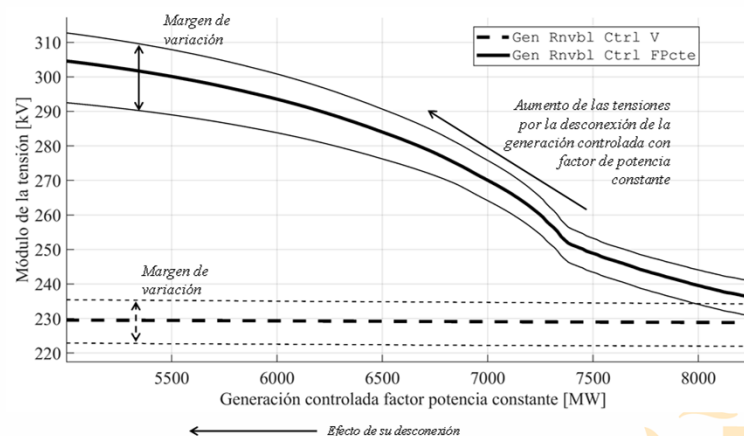
La tensión cae como consecuencia del aumento de carga y de los insuficientes recursos de potencia reactiva cerca de la carga

Las desconexiones de generación y el colapso por sobretensión

- Las **tensiones van aumentando** cuando la **generación renovable se va desconectando** progresivamente en Extremadura y Andalucía.



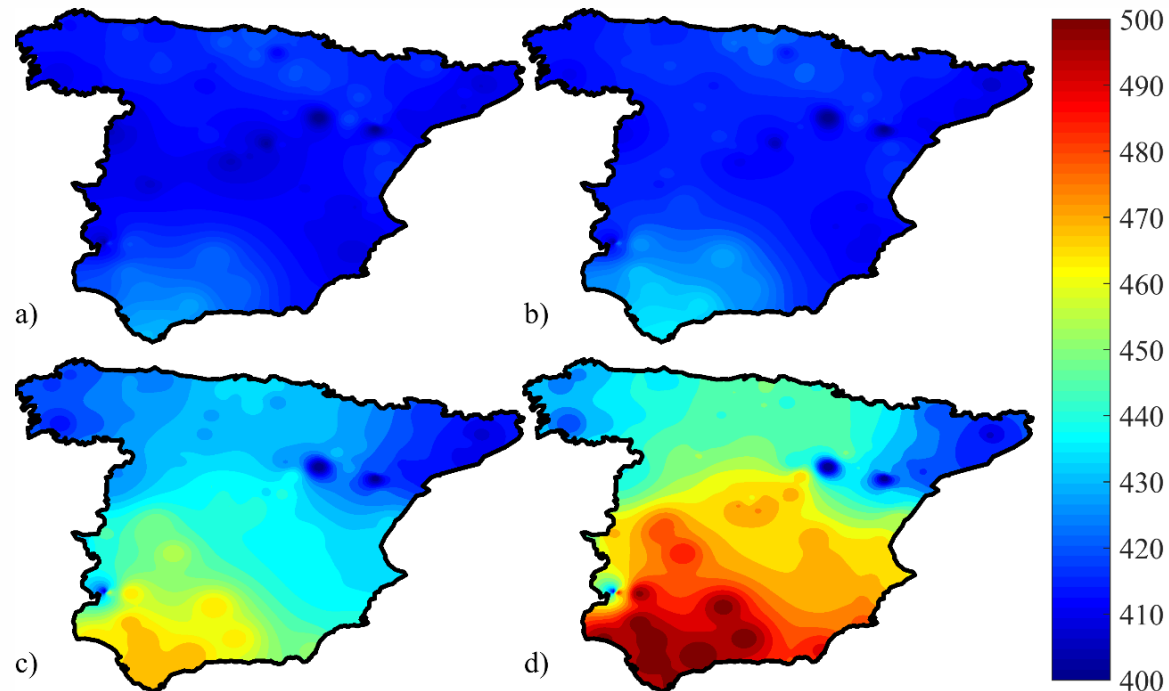
Carmona 400 kV



Guillena 220 kV

Las desconexiones de generación y el colapso por sobretensión

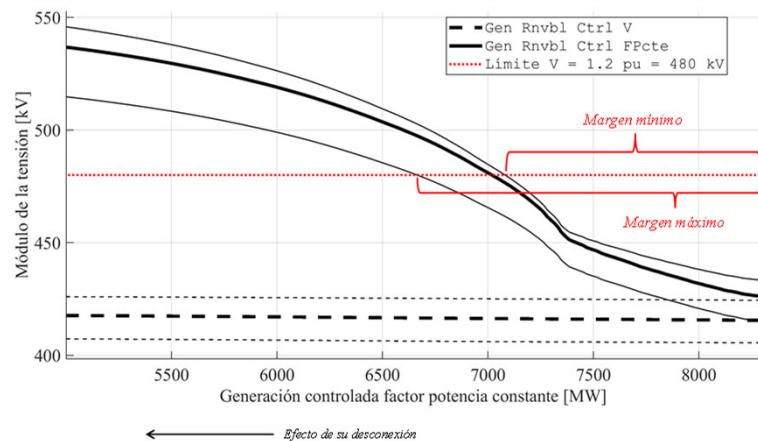
- **Mapas de tensión** en los **tres eventos de desconexión** de generación señalados por el Comité de Análisis



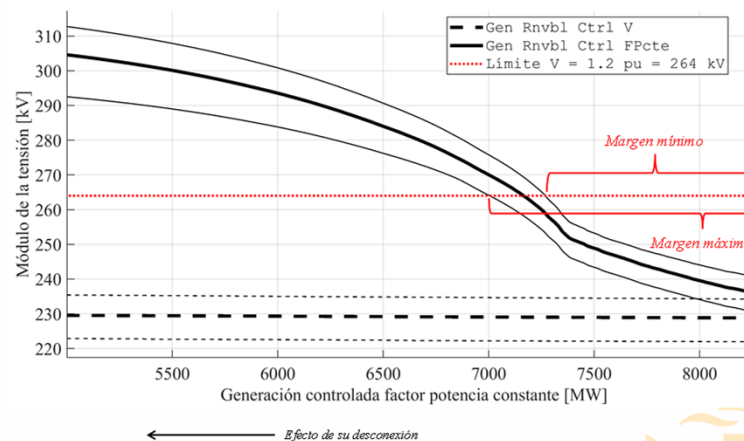
El tercer evento da lugar a sobretensiones en prácticamente todo el sistema peninsular salvo Cataluña gracias a sus centrales nucleares y el enlace en corriente continua con Francia

Las desconexiones de generación y el colapso por sobretensión

• Margen al colapso por sobretensión



Carmona 400 kV

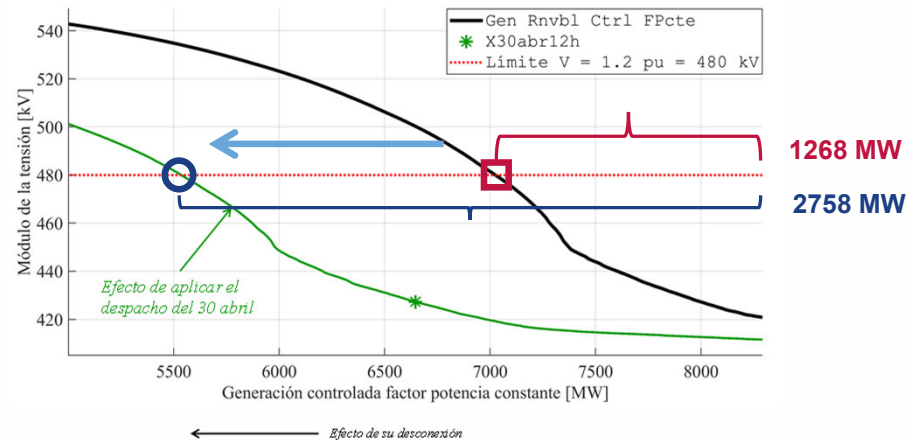


Guillena 220 kV

Nivel	Margen superior [MW]	Margen nudo seleccionado [MW]	Margen inferior [MW]
400	1625	1268	1213
220	1286	1199	1019

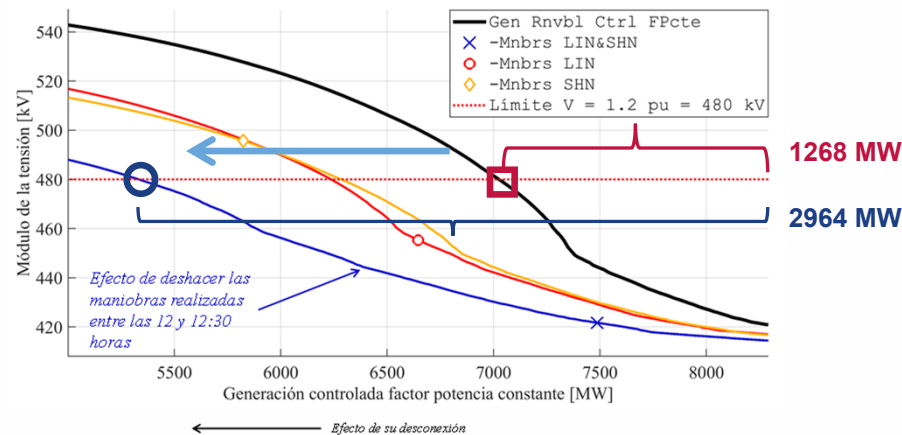
Las desconexiones de generación y el colapso por sobretensión

- ¿Cómo evoluciona el **margen al colapso por sobretensión** si se aplica **el despacho del día 30 de abril en el que cinco grupos ciclo combinado fueron conectados en Andalucía** en el proceso de solución de restricciones técnicas?
- El **margen al colapso por sobretensión** en Carmona 400 kV **habría pasado** de **1268 MW** a **2758 MW**.



Las desconexiones de generación y el colapso por sobretensión

- ¿Cómo evoluciona el **margen al colapso por sobretensión** si se **hubieran revertido las maniobras de líneas y reactancias** que Red Eléctrica realizó entre las 12:00 y 12:30 horas?
- El **margen al colapso por sobretensión** en Carmona 400 kV **habría pasado** de **1268 MW** a **2964 MW**.

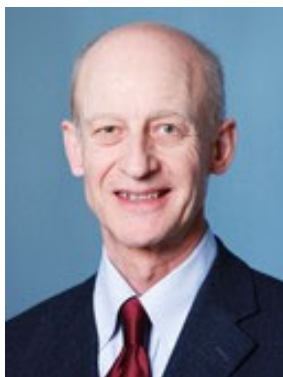


Conclusiones

- Una **métrica novedosa** ha confirmado la ocurrencia de **fenómenos de inestabilidad de tensiones** los días 22 y 24 de abril y la mañana del día 28.
- La **baja generación síncrona** en las áreas sur y centro y la **debilidad de la red** de transporte en esas áreas han quedado patentes al medirlas con **indicadores cuantitativos**.
- La **baja generación síncrona con control dinámico de tensión** está detrás de los **fenómenos de inestabilidad de tensión**.
- Las **oscilaciones** ocurren por **transportes de energía eléctrica “elevados”** a través de **redes “débiles”**.
- Los **grupos de ciclo combinado de Andalucía** juegan un **papel muy importante** en el **amortiguamiento de la oscilación** de 0,2 Hz.
- El **efecto favorable de la conexión de líneas en el amortiguamiento de las oscilaciones** confirma la **debilidad de la red**.

Conclusiones

- El fenómeno de **colapso por sobretensión** explica el crecimiento de las tensiones conforme se produce la desconexión de generación renovable en Andalucía y Extremadura.
- A las 12:30 horas **no había margen al colapso por sobretensión** para asumir la desconexión de generación por sobretensión.
- La **aplicación del despacho del día 30 de abril**, en el que se conectaron 5 grupos de ciclo combinado en Andalucía, **habría incrementado el margen al colapso por sobretensión** permitiendo asumir la desconexión de generación por sobretensión.
- La **carencia de suficiente generación síncrona con control dinámico de tensión** en el sur y en el centro fue la **causa del cero de tensión** del 28 de abril.



Prof. em. Dr. Göran Andersson
Professor Emeritus at the Department of
Information Technology and Electrical
Engineering
Swiss Federal Institute of Technology
(ETH) Zurich, Suiza

Revisión por pares



Prof. Em. Göran Andersson, Power Systems Laboratory, Dep. ITET, ETH Zurich, Switzerland

Statement on the report

EL CERO ACAECIDO EN EL SISTEMA ELÉCTRICO IBÉRICO EL DÍA 28 DE ABRIL DE 2025

Written by

DRS. LUIS ROUCO RODRÍGUEZ, ENRIQUE LOBATO MIGUÉLEZ Y,
FRANCISCO M. ECHAVARREN CEREZO
PROFESORES PROPIOS DE LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
(ICAI) DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS DE MADRID

I have been asked to review the report *EL CERO ACAECIDO EN EL SISTEMA ELÉCTRICO IBÉRICO EL DÍA 28 DE ABRIL DE 2025* and to make a short statement if the report is based on state-of-the-art engineering methods and practices, and if the conclusions in the report are supported by the analyses and simulations made in the report. My statement is primarily based on an English translation of the report, which I received on 18 September 2025. The report was translated to English by DeepL. I had also access to the Spanish original so I could clarify some sentences where the AI-translation had failed or was unclear. Further, I had a 1.5-hour Teams-meeting with Prof. Luis Rouco on 22 September, where he answered my questions and clarified some issues that were unclear to me. Thus, I feel confident in assessing the report and make a statement about it.

In general, I find the report easy to follow and logical in its structure. It states also what data that the investigation team has used and who has provided these data. It is stated what software that have been used for the simulations and analyses. Thus, the findings can be checked by other engineers and researchers, which is necessary for the credibility of the report. I conclude that report is based on good engineering and scientific practice.

One of the most important contributions of the report is the identification of the factors (system conditions and contingencies) that caused and contributed to the blackout. These factors are grouped into three categories:

1. Factors necessary for the blackout to occur
2. Factors triggering the blackout
3. Factors contributing to the occurrence of the blackout

These factors are identified and discussed in Chapter 7, which chapter is essential for the conclusions of the report.

- 1 -

One of the factors identified as necessary for the blackout, category 1 above, is high transmission grid voltages, which factor is analysed and investigated in more detail. From empirical data it is shown that the number of trips of PV power plants due to overvoltage has increased during the last years, and this number was above 100 in 2023. A new concept, margin to "overvoltage collapse", was introduced and defined. This margin was studied and demonstrated in a small model system, which captures the characteristics of the Spanish transmission grid, Annex 13. Studies of this small system give important and useful insights in the voltage behaviour when generators are disconnected. Simulations are also made for a more complete model of the Spanish system.

Two other necessary factors are identified, namely low level of synchronous generation in Andalusia and few nuclear power plants in the central of the system. These are discussed and analysed.

When it comes to the factors triggering the blackout the report identifies those, but a more detailed analysis and an establishment of a timeline would require data that were not available to the investigators. Such an analysis would require comprehensive data on what protection relays and other system controls were activated and the exact point in time they were activated. This is thus outside the scope of the report.

As contributing factors, the report finds that weakly damped oscillations occurring just before the blackout played a role, but they were not a direct cause to the blackout.

To summarize:

1. The study is performed according to good engineering practice, and state-of-the-art methods and tools are used. The report is based on good engineering judgement.
2. The conclusions are substantiated by simulations and analyses, which are based on the data available to the investigators. More detailed data concerning the actual operational situation before the blackout would probably result in a more detailed picture, but the main conclusions presented in the report would still be valid.
3. The new innovative concept of margin to "overvoltage collapse" is deemed to be a powerful tool for the analysis and would probably be used in future studies of systems with similar overvoltage problems as in the Spanish one.

If further information or clarifications are needed, please contact me.

Uppsala, 25 September 2025

Professor emeritus Göran Andersson
agoeran@ethz.ch
Power Systems Laboratory
Department of Information Technology and Electrical Engineering
ETH Zurich

- 2 -



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI ICADE CIHS



Prof. Dr. Pierluigi Mancarella
Chair Professor of Electrical Power
Systems at the University of Melbourne,
Australia, y
Professor of Smart Energy Systems at the
University of Manchester, Reino Unido

Revisión por pares



Melbourne, 28th September 2025

Re: Review of the report prepared on 18th September 2025 by Comillas University at the request of Iberdrola about the "zero" occurrence in the Iberian electricity system on 28 April 2025

I am the Chair Professor of Electrical Power Systems and Head of the Power and Energy Systems Group in the Department of Electrical and Electronic Engineering at The University of Melbourne, Australia, and Professor of Smart Energy Systems at The University of Manchester, UK.

Some of my key research interests and contributions refer to power system security, reliability and resilience. In this regard, I had the opportunity and privilege to collaborate with government bodies and industry in Australia after the South Australia blackout of September 2016, which was the first blackout in the world that was somehow associated with deep penetration of renewables. In particular, I led the "Power system security assessment of the future National Electricity Market" study for the Australian Chief Scientist's "Independent Review into the Future Security of the National Electricity Market" ("Finkel Review") in 2017, and provided support to the Australian Energy Market Commission throughout 2019-2023 in their projects to enhance power system reliability and resilience in the Australian power system and energy market. I have thus welcomed with enthusiasm the opportunity to review the report about the 'zero' occurrence in the Iberian electricity system on 28 April 2025 which was prepared at the request of Iberdrola by a renowned team at Comillas University led by Prof Luis Rouco and dated 18th September 2025.

I was provided by Prof Rouco the original version of the report, written in Spanish, as well as an English version automatically generated via the DeepL tool and style-corrected by Prof Rouco. I have used the English version for my review, so I acknowledge that some nuances may have been lost, possibly leading to misinterpretations, in the translation from Spanish to English, even if I tried to look into the original version in a few occasions to clarify a few terms that could be potentially ambiguous. I also read other official public relevant reports and documents, including the English version of the Red Elctrica report dated 18 June 2025 ("Blackout in Spanish peninsular electrical system the 8th of April 2025"), the report "Analysis of events leading to the peninsular blackout of April 28, 2025" by Compass Lexecon and INESC TEC of July 28, 2025, and various updates from the ENTSO-E website.

Overall, I found the Comillas report well written and of great interest, especially because of the quantitative insights that it sought to provide in terms of proxy metrics that could be used to assess, at the time the blackout occurred, the strength of the grid (e.g., volume of coupled lines and synchronous generators), the difficulties in providing voltage control (e.g., associated with the rate of change of voltage and the voltage FFT), and the system voltage stability risk as a function of volume of tripping renewable generation across different voltage levels of the transmission grid. The methodology developed to illustrate overvoltage stability margins as a function of volume of

Department of Electrical and Electronic Engineering
The University of Melbourne, Victoria 3010 Australia
T: +61 3 8344 6699 F: +61 3 8344 7412 W: ee.unimelb.edu.au



considering the loss of generation that had occurred up to that point. However, the loss of synchronism with France is evident (see e.g. Figure 4.24). I suspect this might be possibly due to a compounded effect of low levels of regional inertia and low level of system strength (including damping and synchronizing torques) in the southern regions. More studies in this direction would be welcome.

Finally, I'd like to note that in the future we should consider how system stability and security requirements and constraints could be better represented in market operation. In fact, while current market operation largely focuses on active power and energy aspects, the role of reactive power for voltage control is increasingly evident, including from the 28th April event. Markets where reactive power (and other essential system services) are not adequately considered or compensated for could thus in principle work against system operation, and system operators might not always have the time or resources to make short-term (e.g., 15-min ahead) security-driven adjustments, especially in the presence of complex phenomena under weak-grid conditions, as it might have happened during the Iberian blackout. Hence, a better alignment of system requirements and market operation, where for instance renewables as well as synchronous generators would naturally be incentivized to provide essential system services such as dynamic voltage regulation, would make the grid inherently stronger, more secure, and more resilient.

To conclude, I very much appreciated the opportunity I was given to review the report by Comillas on the 28th April 2025 Iberian peninsula blackout event. The report is well written and, apart from a few places where clarifications would be good, I believe it provides important insights into the root causes of the event, particularly the structural weakness of the Spanish grid lacking dynamic voltage support from renewables and operating with high endemic voltages, as elegantly illustrated through the novel over-voltage stability margin assessment methodology that was introduced. Several open questions of course remain, which hopefully will be addressed in the upcoming future.

Please feel free to contact me for any further information or inquiries.

Sincerely,

Pierluigi Mancarella

Prof Pierluigi Mancarella, FIEEE
Chair of Electrical Power Systems, Dept. of Electrical and Electronic Engineering
Energy Systems Program Leader, Melbourne Energy Institute
The University of Melbourne
Parkville Victoria 3010 Australia
T: +61 3 8344 8967
E: pierluigi.mancarella@unimelb.edu.au

Department of Electrical and Electronic Engineering
The University of Melbourne, Victoria 3010 Australia
T: +61 3 8344 6699 F: +61 3 8344 7412 W: ee.unimelb.edu.au

comillas.edu

Reflexiones finales

- Los sistemas eléctricos están experimentando una transformación sin precedentes desde los tiempos de Edison y Westinghouse debido a la transición energética que incorpora de forma masiva fuentes de energía intermitentes conectadas a la red a través de convertidores electrónicos.
- Está por determinar hasta qué nivel se puede prescindir de la generación síncrona.
- En cualquier caso, este nuevo sistema eléctrico va a necesitar unos sistemas de control muy sofisticados que hay que poner en servicio asegurando su robustez y fiabilidad.
- Hasta que esos sistemas de control sean robustos y fiables, es preciso seguir utilizando la generación síncrona para asegurar la calidad y seguridad del suministro de energía eléctrica, del cual depende la seguridad física y bienestar de nuestros compatriotas.

Reflexiones finales

- La complejidad del nuevo sistema eléctrico necesita de una estrecha colaboración entre todos los agentes.
- Teniendo presente la pluralidad de perfiles de los agentes, los llamados operadores dominantes (me gusta más el término operadores sistémicos tomado del mundo de la banca) deben jugar un papel esencial.