

# Control de ROCOF y de Demanda Neta Mínima a Sistema Aislado

Autora: Belén Espino

Instituto de Ingeniería Eléctrica - FING.

Trabajo final curso SimSEE

Montevideo - Uruguay.

julio 2025

**IMPORTANTE:** Este trabajo se realizó en el marco del curso Simulación de Sistemas de Energía Eléctrica (SimSEE) y fue evaluado por el enfoque metodológico, la pericia en la utilización de las herramientas adquiridas en el curso para la resolución del estudio y por la claridad de exposición de los resultados obtenidos. Se quiere dejar expresamente claro que no es relevante a los efectos del curso la veracidad de las hipótesis asumidas por los estudiantes y consecuentemente la exactitud o aplicabilidad de los resultados. Ni la Facultad de Ingeniería, ni el Instituto de Ingeniería Eléctrica, ni el o los docentes, ni los estudiantes asumen ningún tipo de responsabilidad sobre las consecuencias directas o indirectas que asociadas al uso del material del curso y/o a los datos, hipótesis y conclusiones del presente trabajo.

## 1. Objetivo del trabajo

El objetivo de este trabajo es analizar el impacto que tiene la exclusión de ciertos actores del grupo "Internacional y Otros" en la operación del sistema eléctrico, a partir de simulaciones realizadas en la Sala MP de ADME. Para ello, se conservan únicamente los actores identificados como "Excedentes" y "Motores", eliminando el resto, y se comparan los resultados obtenidos con los del estudio original.

Se busca observar si esta modificación tiene efectos sobre variables clave del sistema, como la demanda neta, los recortes de generación, la inercia total y, especialmente, el comportamiento del ROCOF.

## 2. Hipótesis de modelado general

Se trabajó con las mismas hipótesis que en el trabajo original [1], es decir, se utilizó la sala Vates MP correspondiente al día 16/05/2025, la cual cuenta con 4 postes de 1, 4, 13 y 6 horas de duración respectivamente. La optimización se realizó con 5 crónicas y semilla 40031, mientras que para la simulación se utilizó 1 crónica de semilla 10031.

### 3. Metodología

La metodología adoptada consiste en repetir las simulaciones realizadas en el trabajo original [1], pero modificando la configuración de la Sala MP. En particular, se eliminan todos los actores del grupo "Internacional y Otros", excepto aquellos identificados como "Excedentes" y "Motores".

Se simulan nuevamente los mismos escenarios del análisis anterior:

1. **Caso base**, correspondiente al despacho original.
2. **Escenario con demanda neta mínima (540 MW)**.
3. **Escenario con control estático de ROCOF**, con un límite de 1,5 Hz/s ante una pérdida de generación de 100 MW.
4. **Escenario con control dinámico de ROCOF**, aplicando el mismo límite pero con una perturbación mínima de 80 MW y máxima de 150 MW.

Se comparan las curvas temporales de variables como la demanda neta (DemNet), la demanda total (Dem), los recortes, la inercia total del sistema (Sum\_SnH) y el ROCOF calculado con la misma formulación del trabajo original.

Al igual que en el trabajo anterior, se elaboran gráficos que permiten visualizar el comportamiento de estas variables en cada escenario y se contrastan con los resultados originales, con el fin de identificar posibles diferencias y evaluar su relevancia para la operación del sistema.

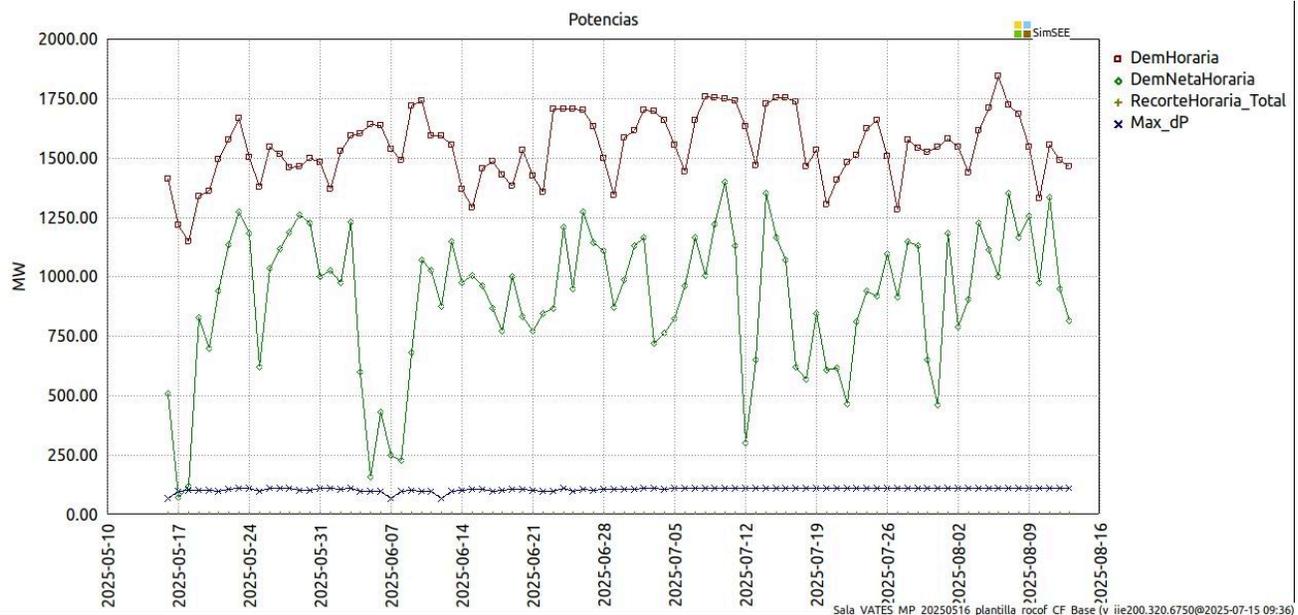
Se observa que, a pesar de la eliminación de actores, se optó por no re-optimizar el sistema dado el costo computacional de dicha re-optimización.

### 4. Casos simulados y resultados del estudio

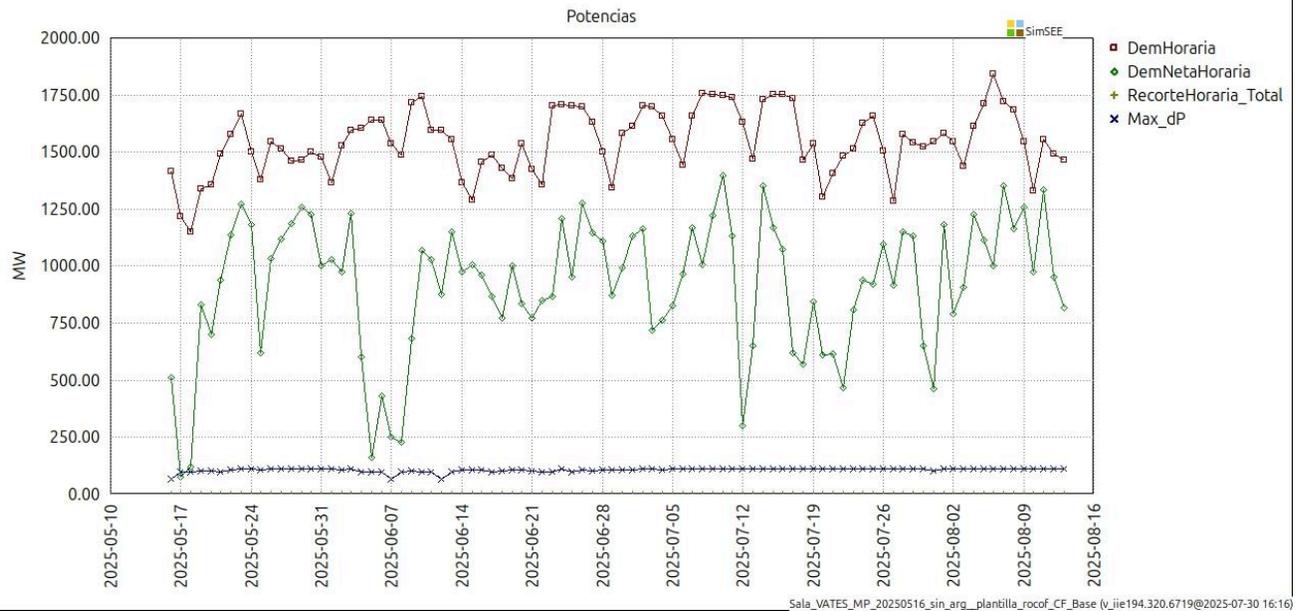
Al igual que en el trabajo original [1], para todos los casos se utilizó la sala MP del día 16/05/2025, descargada desde la web de ADME. En este caso, como se mencionó anteriormente, se eliminaron los actores del grupo "Internacional y Otros", exceptuando "Excedentes" y "Motores".

## 4.1. Caso base

En primer lugar, se simuló el comportamiento del sistema para un caso base en el que no se realiza ningún control. En la Figura 1, se pueden comparar las potencias de la demanda horaria, demanda neta horaria, recortes horarios y máxima variación de potencia para el caso original, Figura 1.a, y para el caso con el sistema cerrado, Figura 1.b. Se observa que, tras eliminar las conexiones internacionales, tanto la demanda horaria como la demanda neta horaria se mantienen similares, al igual que la perturbación dP. Se puede ver además, que no hay cambios en los recortes del sistemas, siendo estos últimos nulos en ambos casos.



(a) Original [1]

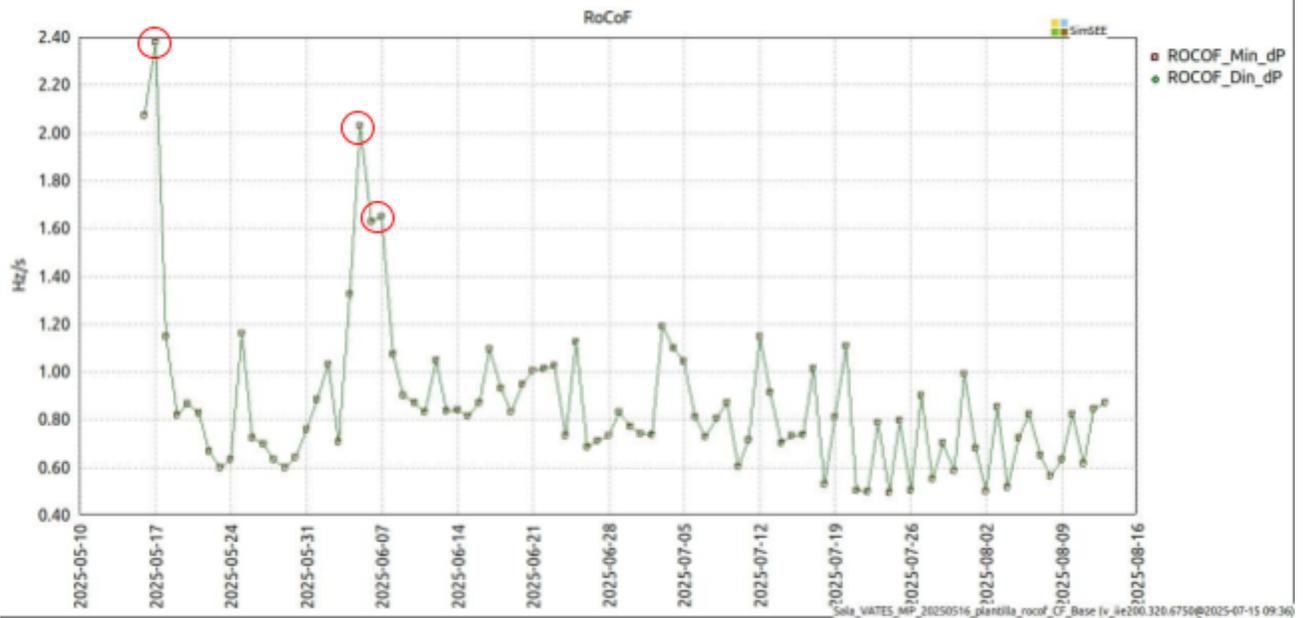


(b) Sistema Cerrado

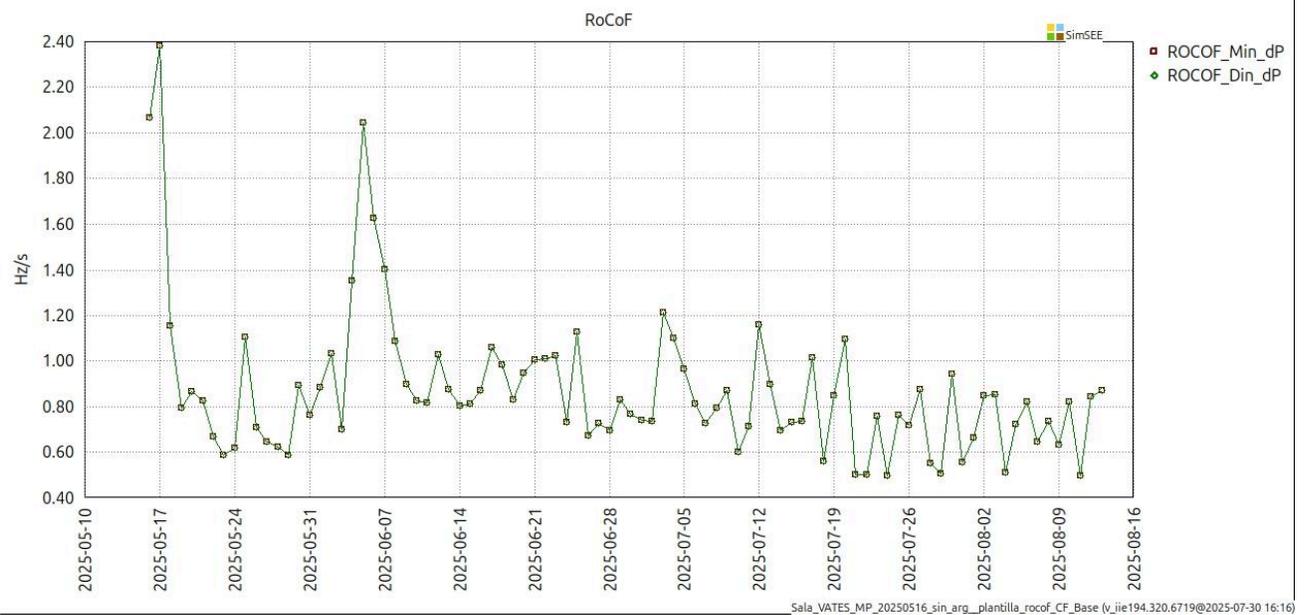
Figura 1: Gráfico de demanda y demanda neta horarias y máxima perturbación del sistema sin aplicar ningún control.

Por otro lado, al analizar el comportamiento del ROCOF, se tiene, en la Figura 2, que el mismo se mantiene nuevamente similar al que se observaba en el sistema original. Sin embargo, parece haber pequeñas disminuciones del mismo, las cuales se aprecian al comparar por ejemplo el tercer punto marcado en rojo del sistema original con su análogo para el sistema cerrado.

Al comparar las inercias, Figura 3, se puede ver que las mismas también se mantienen similares, aunque con un ligero aumento que es coherente con la disminución observada en el ROCOF.

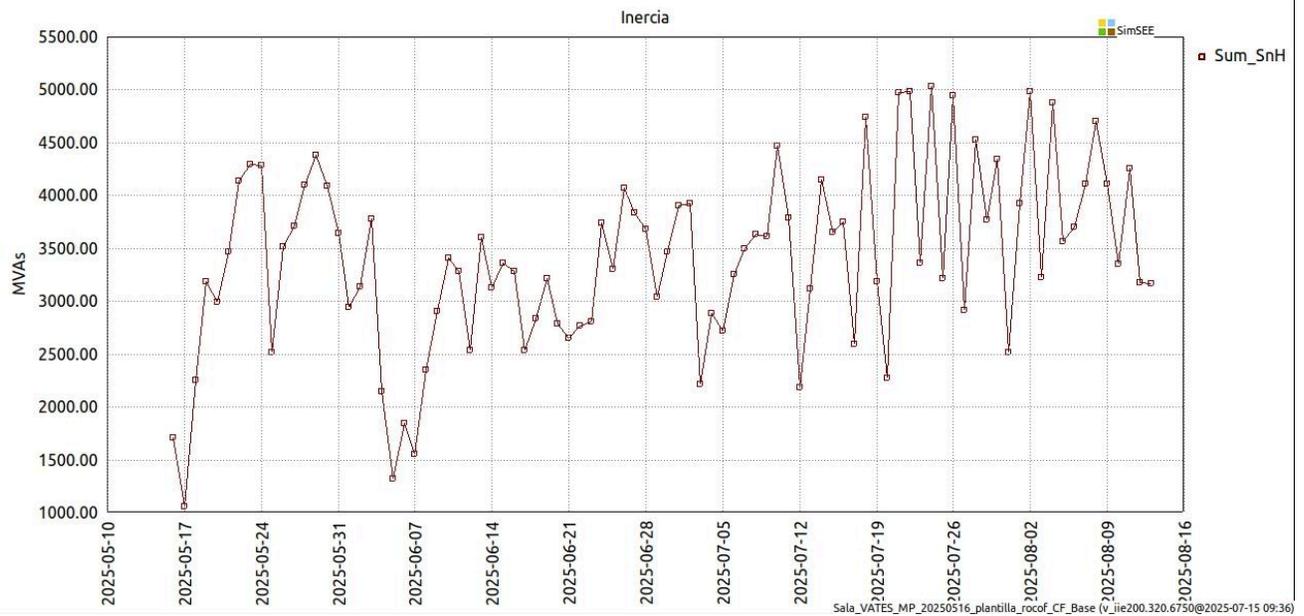


(a) Original [1]

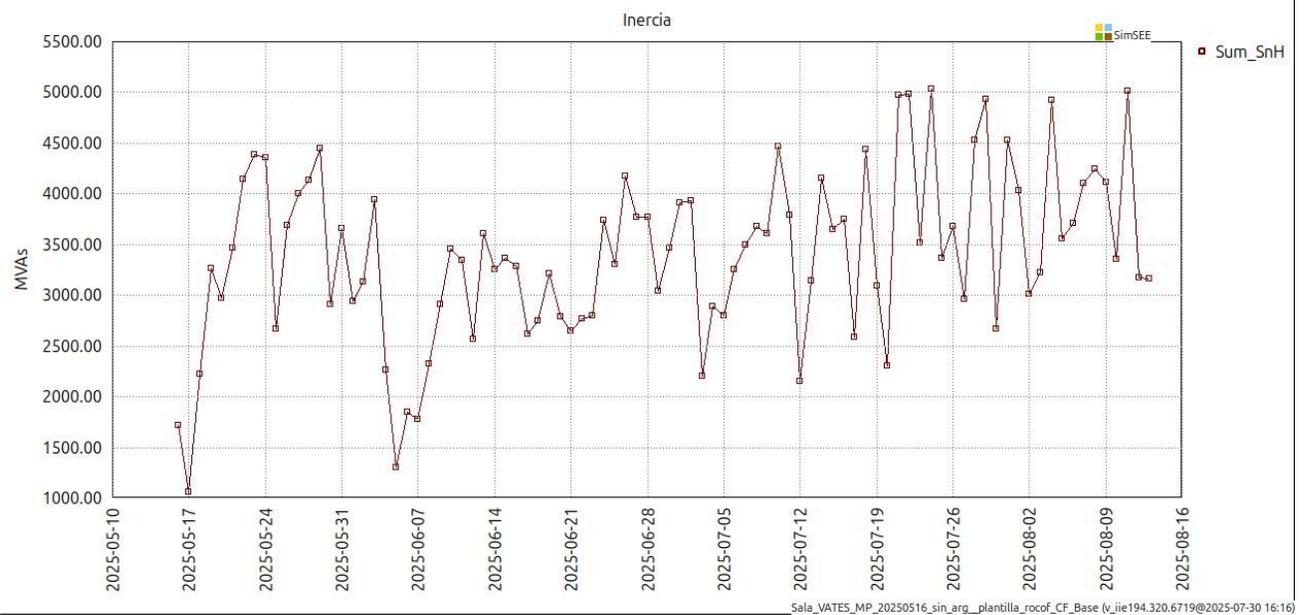


(b) Sistema Cerrado

Figura 2: Gráfico del valor de ROCOF del sistema sin aplicar ningún control.



(a) Original [1]

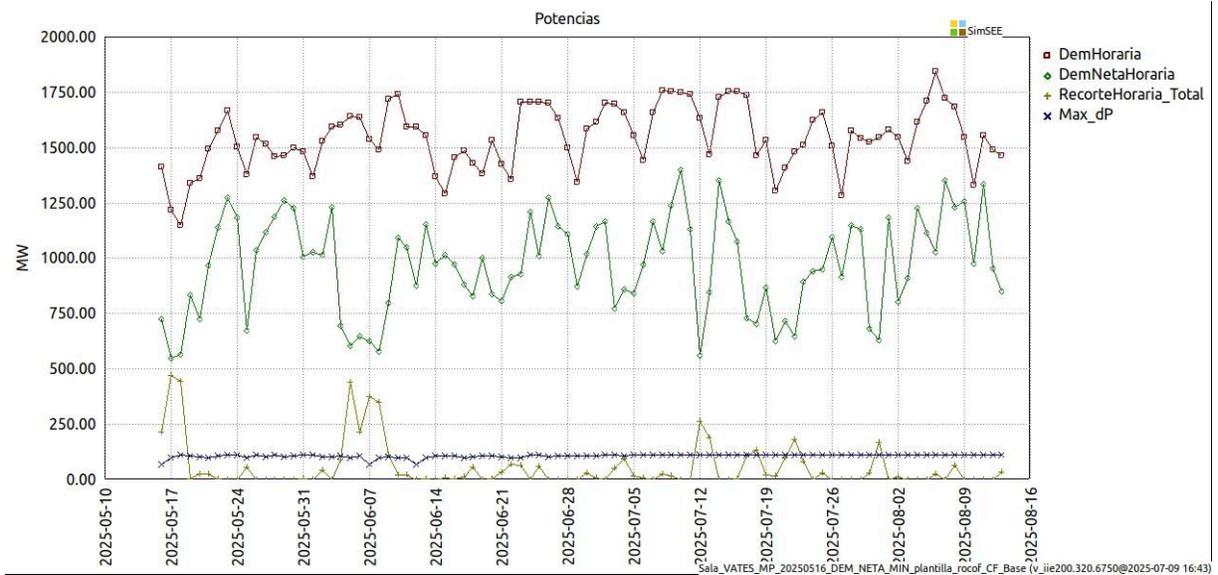


(b) Sistema Cerrado

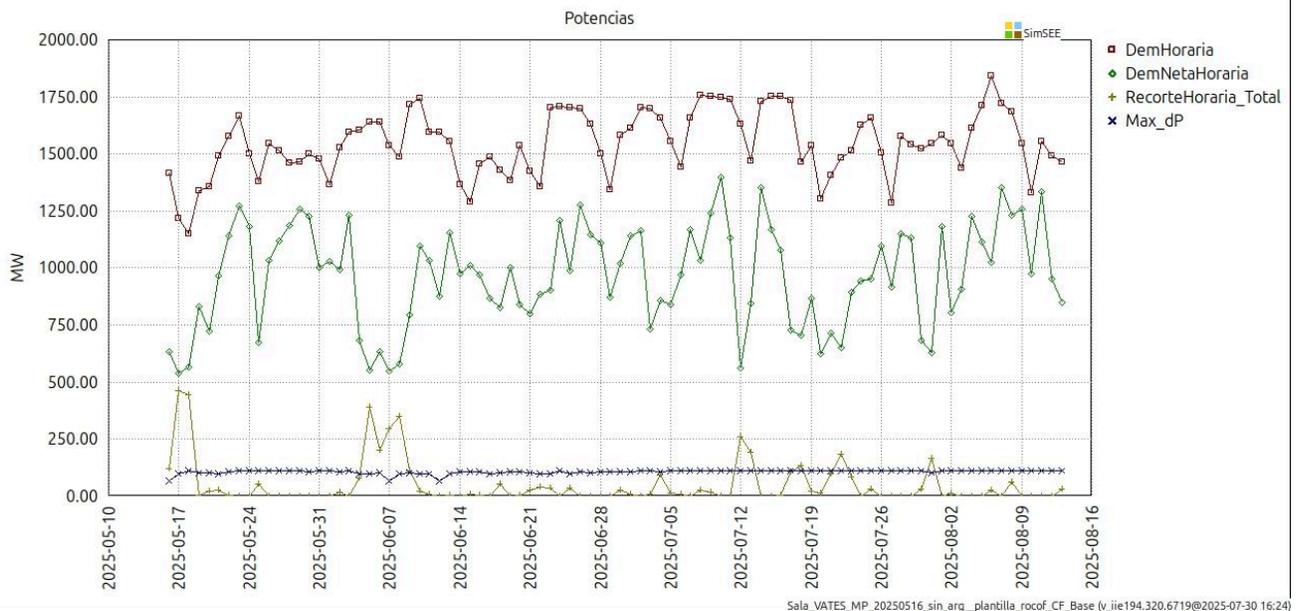
Figura 3: Gráfico del valor de Sum\_SnH del sistema sin aplicar ningún control.

## 4.2. Caso con demanda neta mínima

En el segundo escenario se aplicó un control con demanda neta mínima, imponiendo que la misma sea de 540MW. En la Figura 4 se observa que no hay cambios respecto al comportamiento de las demandas del sistema original al aplicar este tipo de control



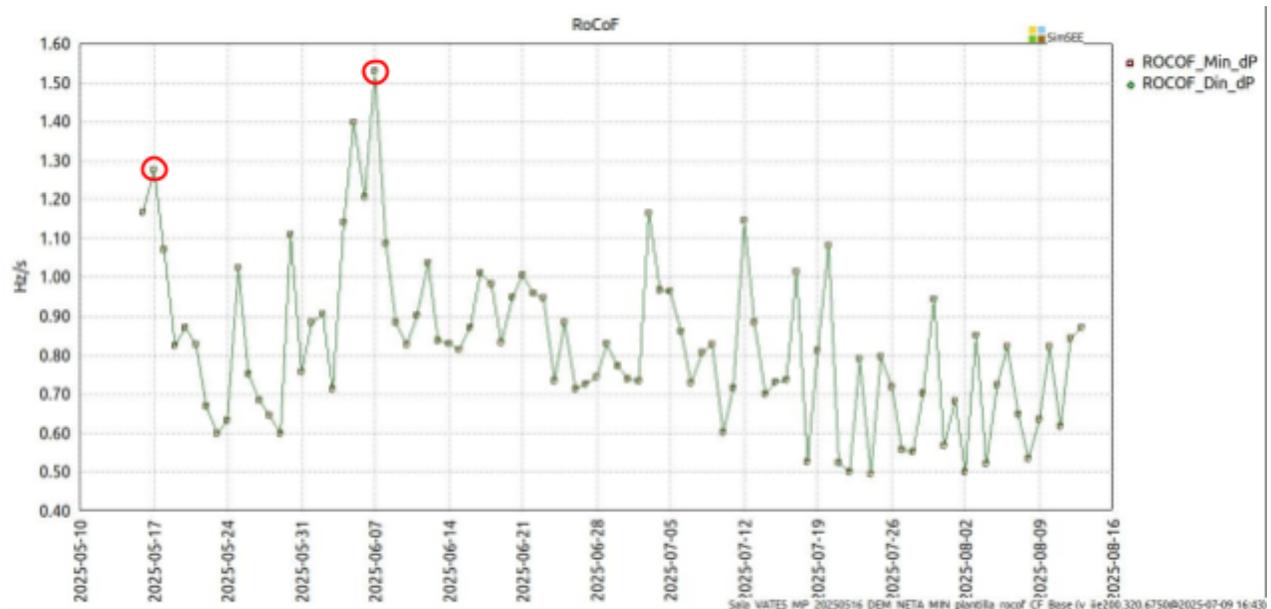
(a) Original [1]



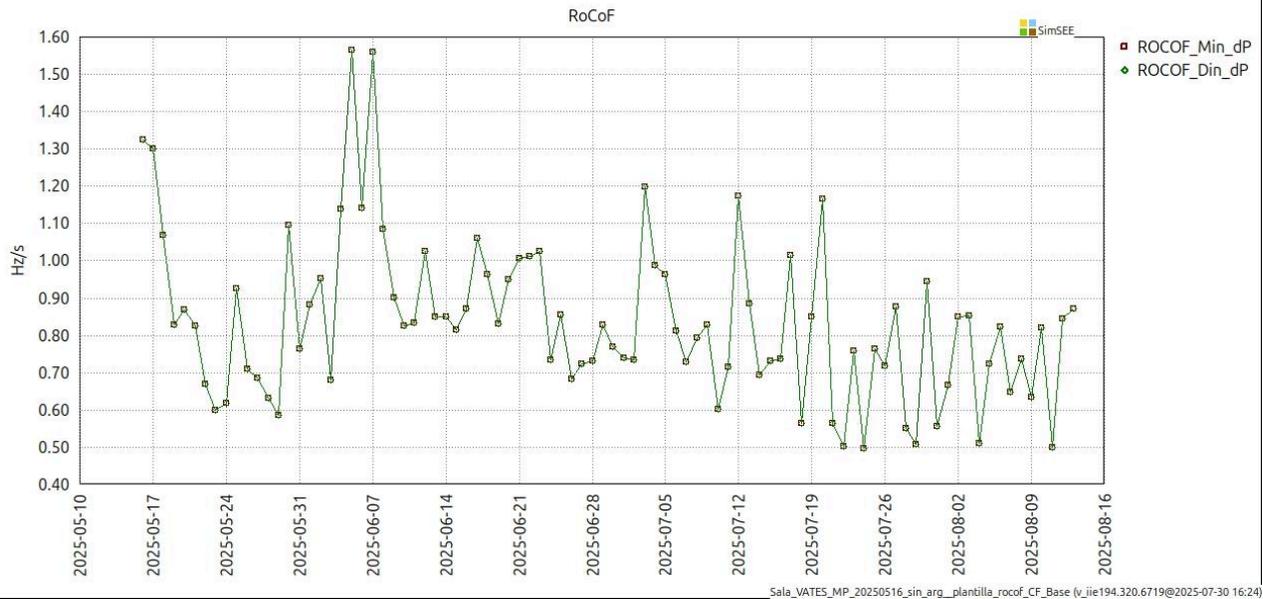
(b) Sistema Cerrado

Figura 4: Gráfico de demanda y demanda neta horarias, recortes aplicados y el valor la perturbación dP impuesta para el cálculo del ROCOF, aplicando el control de demanda neta mínima de 540 MW.

En la Figura 5 se observa que el sistema cerrado cuenta con un nuevo pico de rocof, pero que además de eso el comportamiento se mantiene muy similar al original. Por otro lado, la evolución de la inercia es consistente con el comportamiento observado del ROCOF, como se puede observar en la Figura 6.

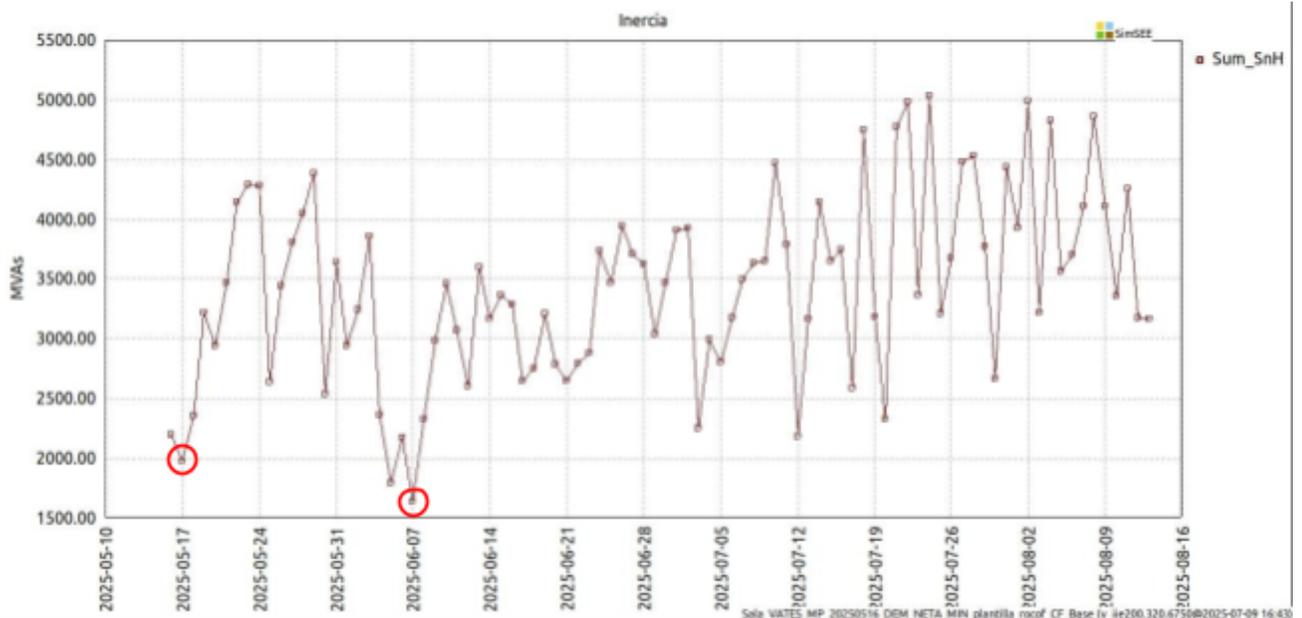


(a) Original [1]

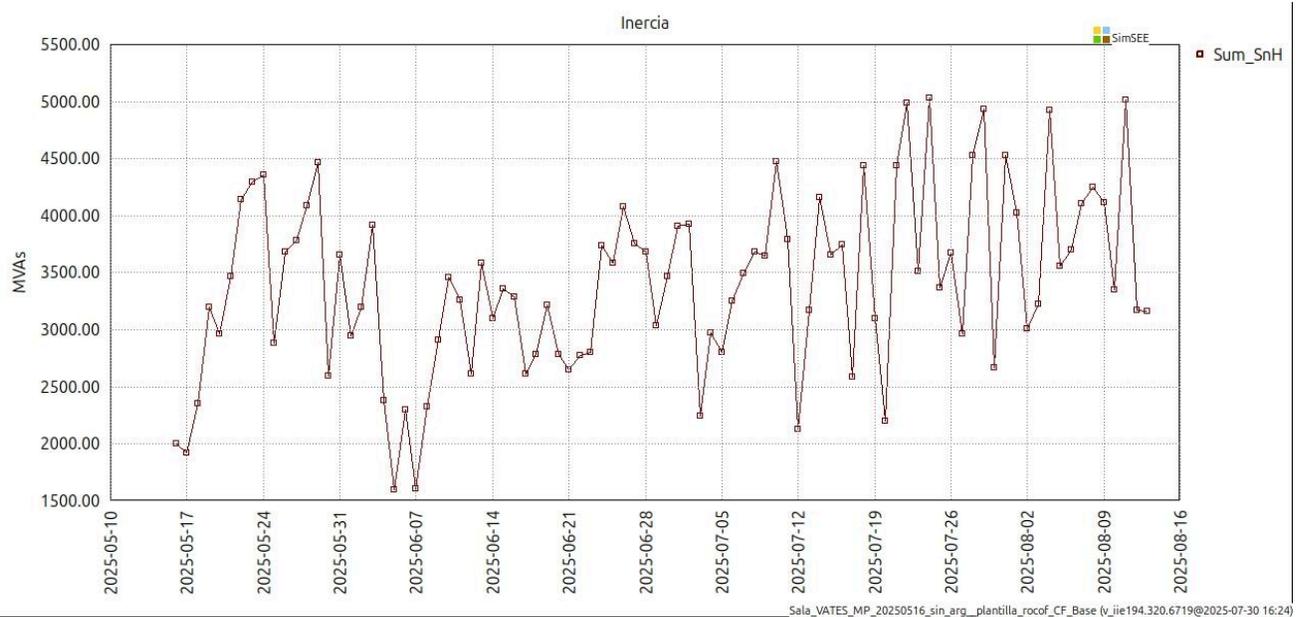


(b) Sistema Cerrado

Figura 5: Gráfico del valor de ROCOF del sistema para una perturbación dP de 100 MW aplicando el control de demanda neta mínima de 540 MW.



(a) Original [1]

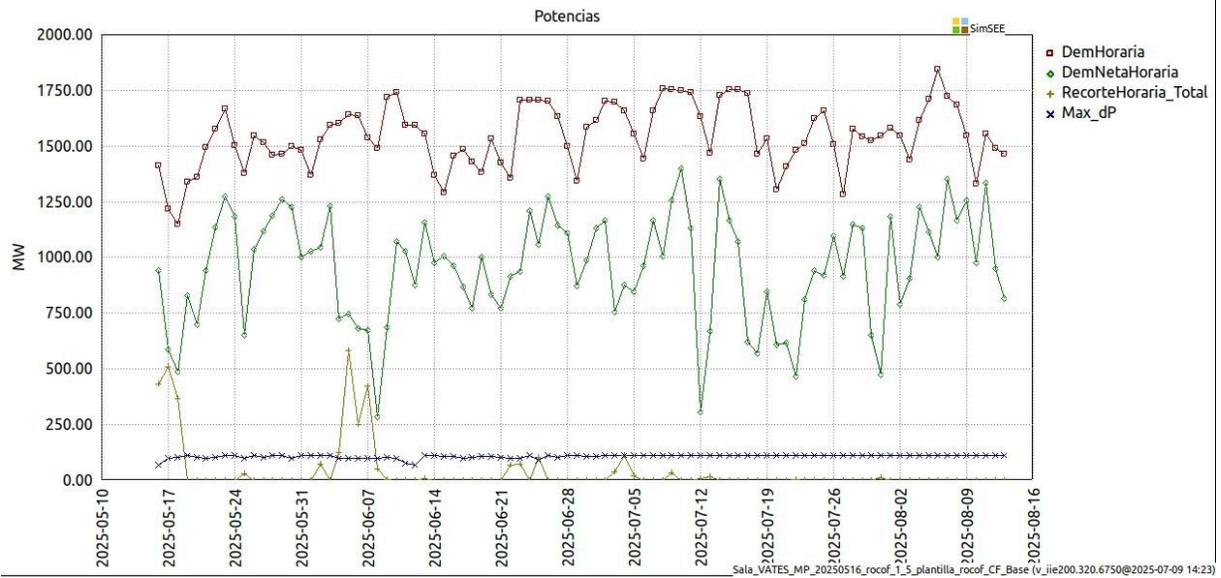


(b) Sistema Cerrado

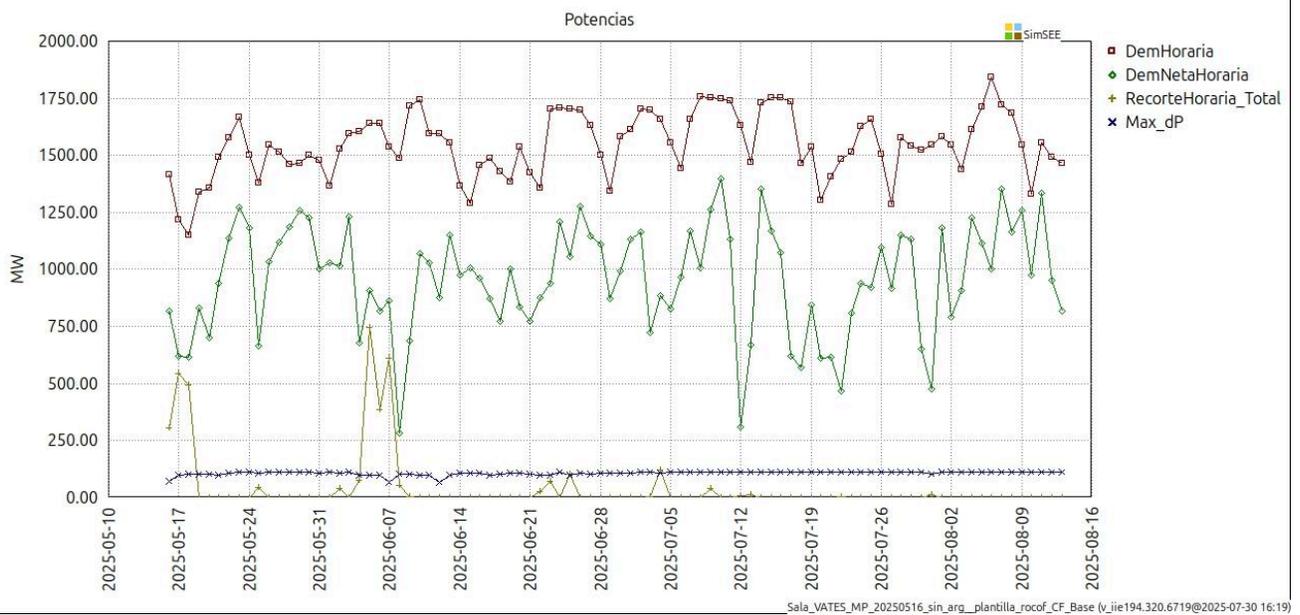
Figura 6: Gráfico del valor de la inercia del sistema aplicando el control de demanda neta mínima de 540 MW.

### 4.3. Caso con control estático de ROCOF

Al aplicar control estático de ROCOF, se observa un leve aumento en los recortes del sistema, teniendo por lo demás un comportamiento muy similar al del sistema original.



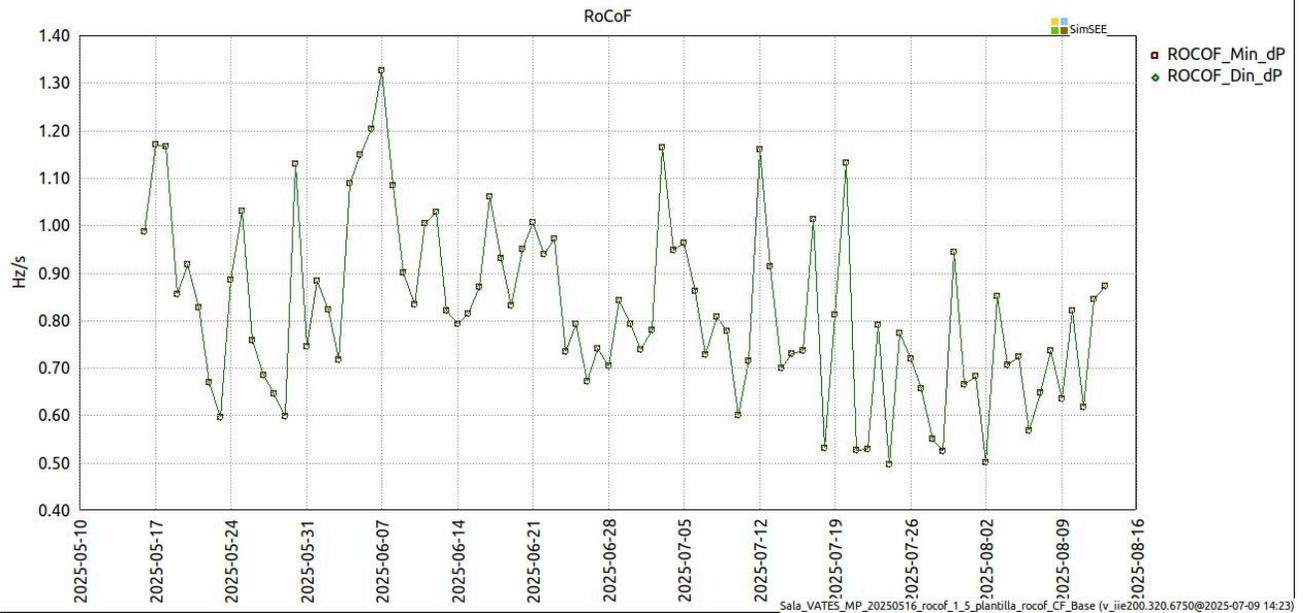
(a) Original [1]



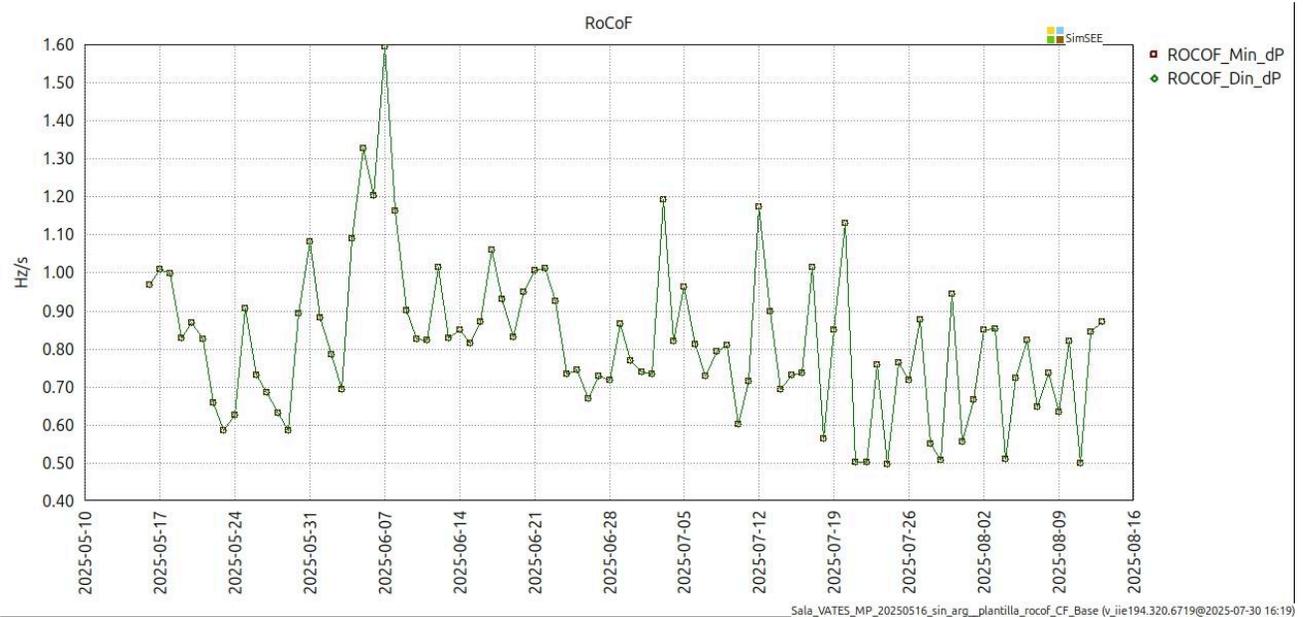
(b) Sistema Cerrado

Figura 7: Gráfico de demanda y demanda neta horarias, recortes aplicados y el valor la perturbación dP impuesta para el cálculo del ROCOF, aplicando el control de ROCOF de 1,5 Hz/s.

En la Figura 8 se observa como el ROCOF del sistema disminuye un poco al principio de la simulación, para luego tener un aumento importante en el día 07/06/2025, saliéndose incluso del límite impuesto para el control. Al comparar con la figura 9 vemos que la inercia se comporta de forma coherente.



(a) Original [1]



(b) Sistema Cerrado

Figura 8: Gráfico del valor de ROCOF del sistema para una perturbación dP de 100 MW aplicando el control de ROCOF estático de 1,5 Hz/s.

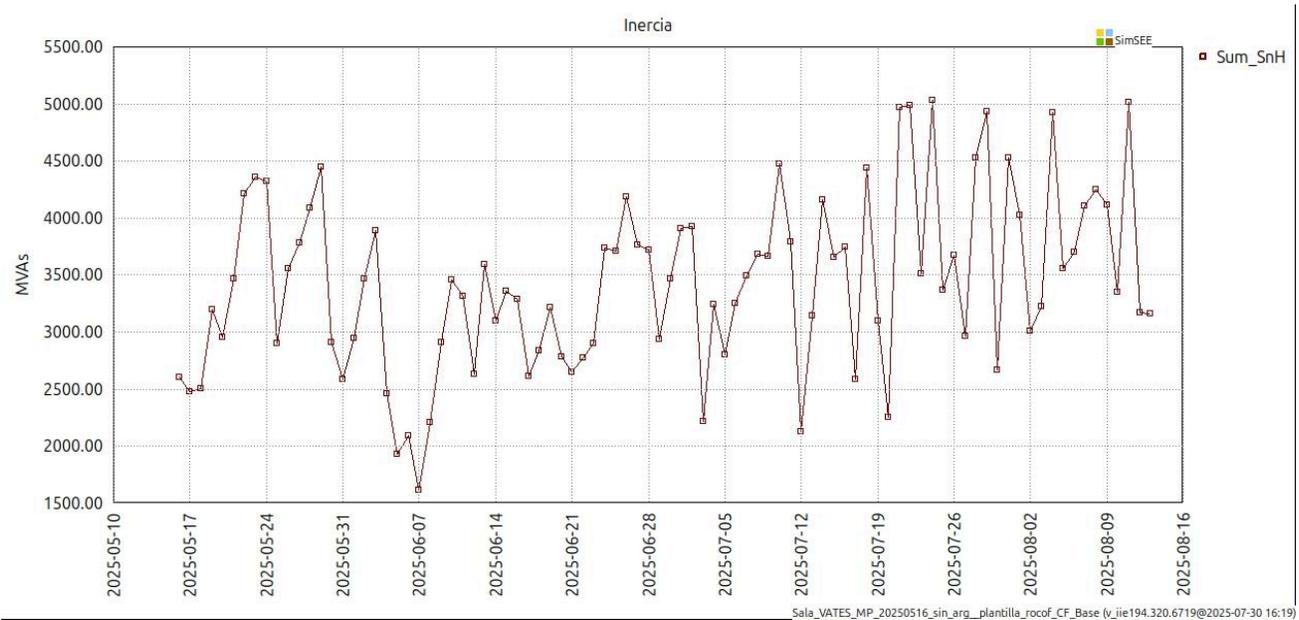
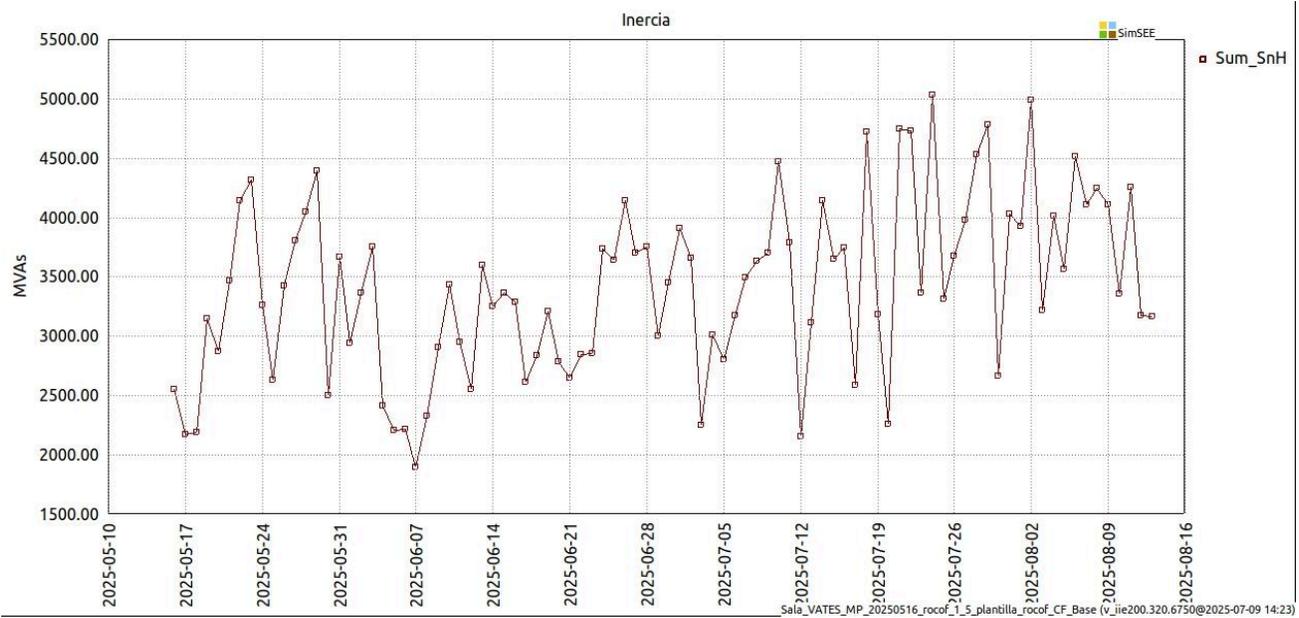
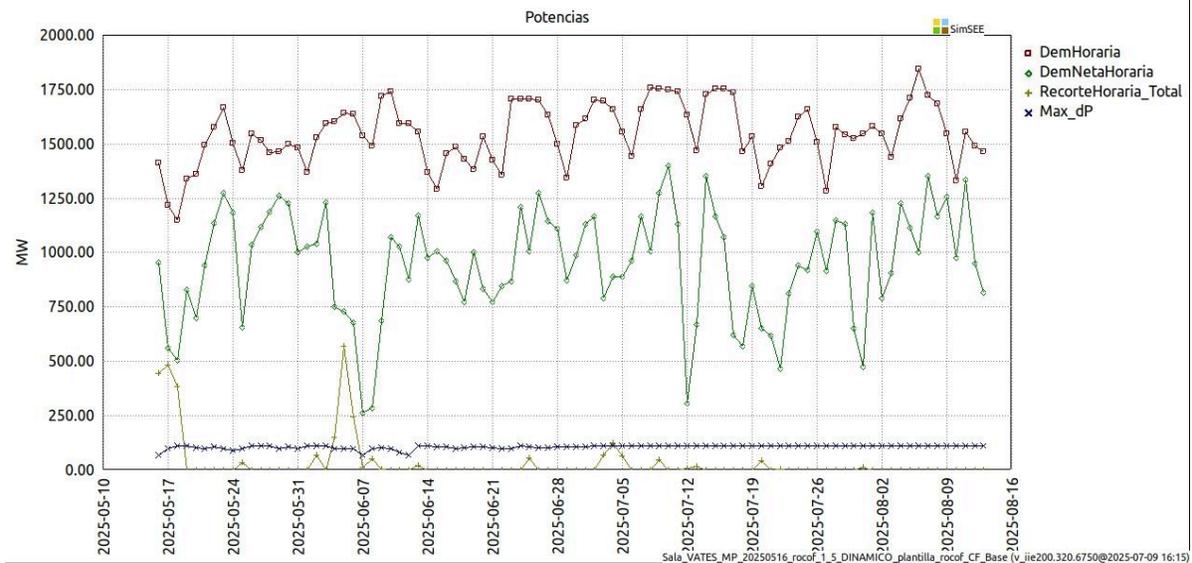


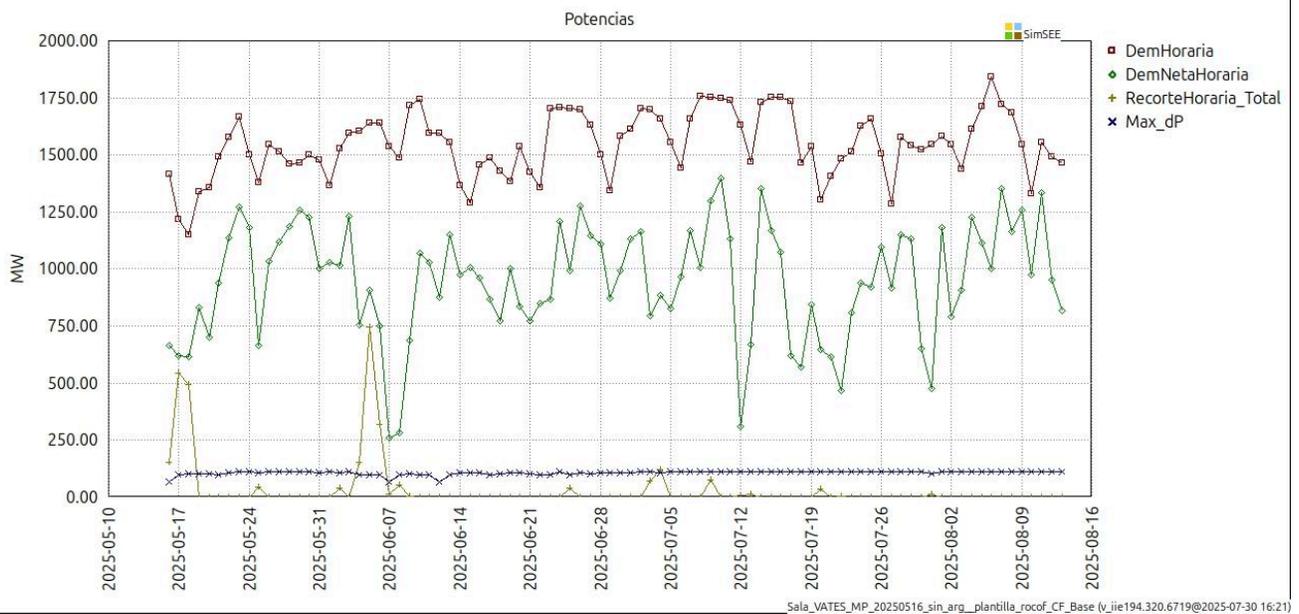
Figura 9: Gráfico del valor de la inercia del sistema aplicando el control de ROCOF estático de 1,5 Hz/s para una perturbación dP de 100 MW.

## 4.4. Caso con control dinámico de ROCOF

En este caso, observando la figura 10, nuevamente se tiene un pequeño aumento de los recortes.



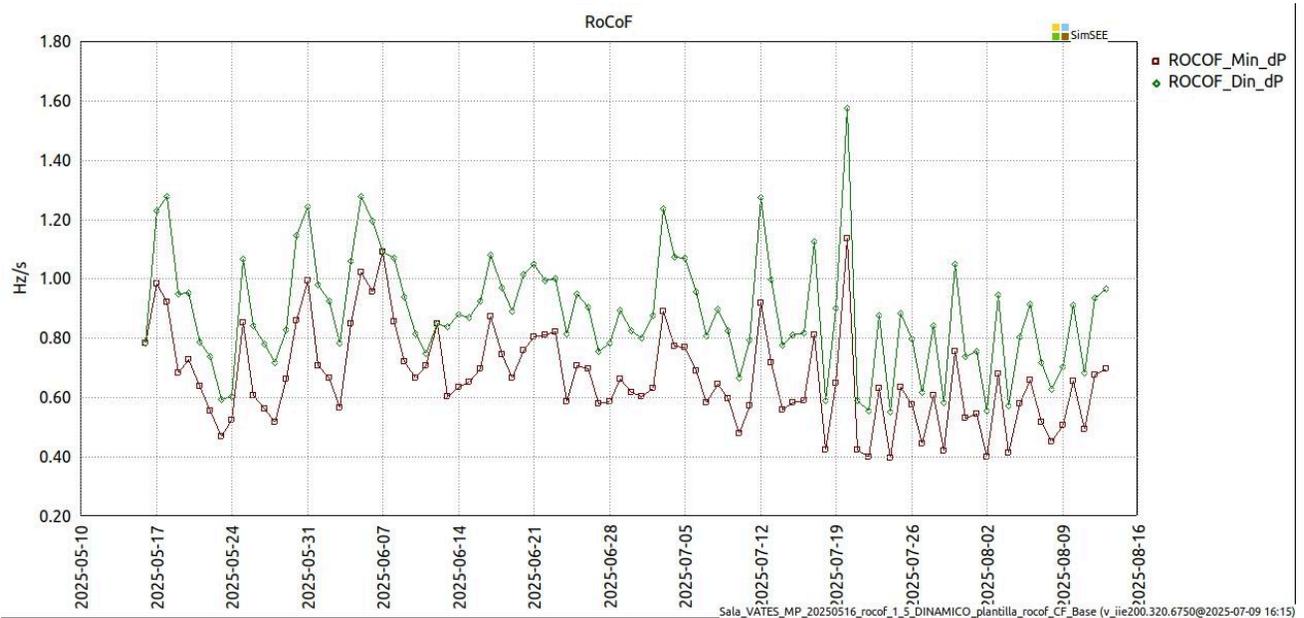
(a) Original [1]



(b) Sistema Cerrado

Figura 10: Gráfico de demanda y demanda neta horarias, recortes aplicados y el valor la perturbación  $dP$  impuesta para el cálculo del ROCOF, aplicando el control de ROCOF dinámico de 1,5 Hz/s con  $dP_{min} = 80 MW$  y  $dP_{max} = 150 MW$ .

Al igual que en el caso de con control estático de ROCOF, se ve una pequeña disminución del ROCOF al principio de la simulación, para luego tener un aumento importante cerca del día 07/06/2025. Fuera de eso, no se observan diferencias significativas con el ROCOF del sistema original.



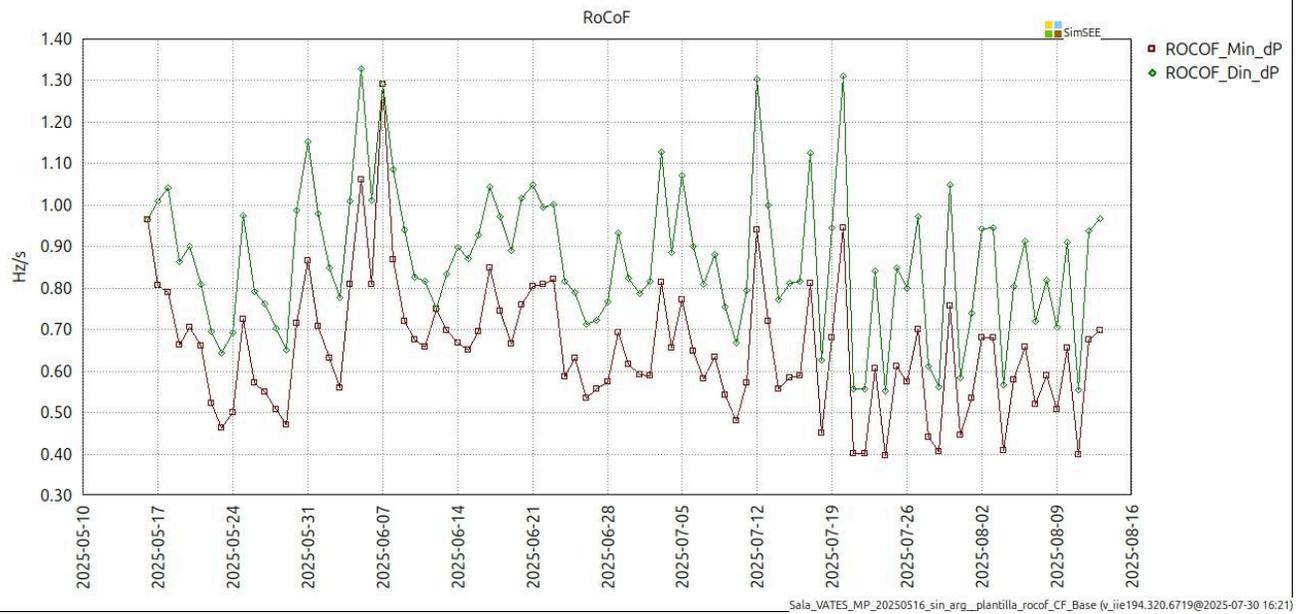
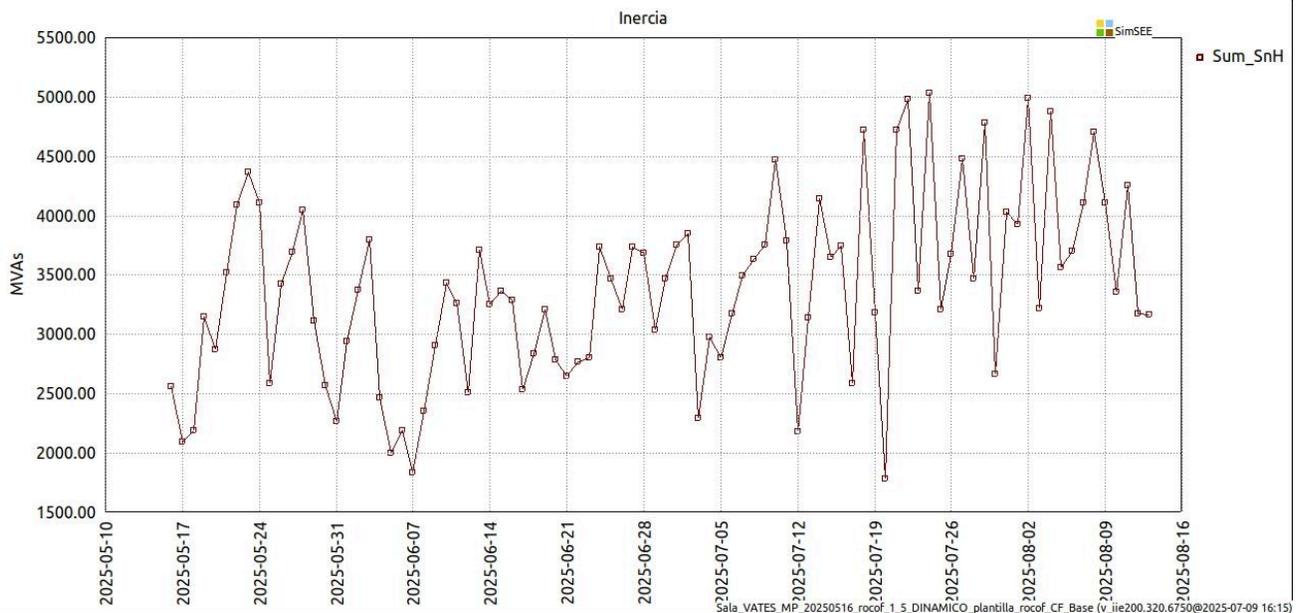
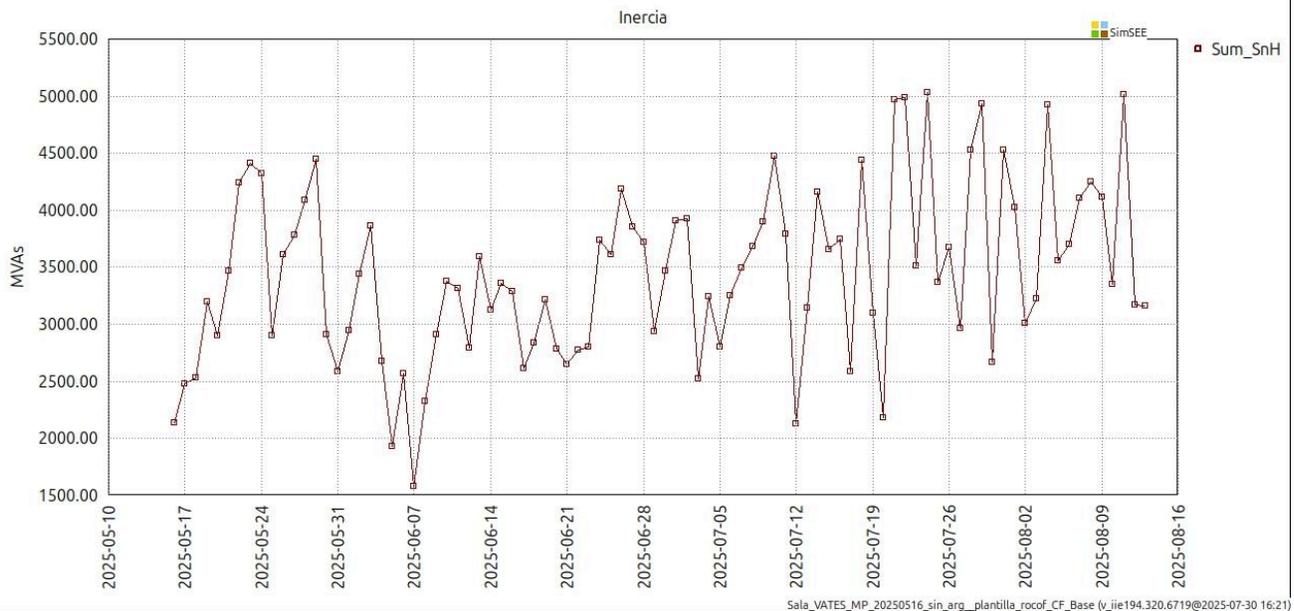


Figura 11: Gráfico del valor de ROCOF del sistema aplicando el control de ROCOF dinámico de 1,5 Hz/s con  $dP_{min} = 80 \text{ MW}$  y  $dP_{max} = 150 \text{ MW}$ .



(a) Original [1]



(b) Sistema Cerrado

Figura 12: Gráfico del valor de la inercia del sistema aplicando el control de ROCOF dinámico de 1,5 Hz/s con  $dP_{min} = 80 \text{ MW}$  y  $dP_{max} = 150 \text{ MW}$ .

## 5. Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que la eliminación de actores del grupo “Internacional y Otros”, manteniendo únicamente “Excedentes” y “Motores”, no genera variaciones significativas en las variables clave del sistema. La demanda neta, los recortes, la inercia total y el ROCOF muestran comportamientos similares a los del sistema original en todos los escenarios analizados. Se identifican algunas diferencias puntuales, como leves variaciones en los valores máximos de ROCOF o en los recortes, pero estas no alteran la tendencia general del sistema. En conjunto, los resultados sugieren que la exclusión de estos actores no compromete la validez de los controles evaluados, y que el sistema aislado conserva un comportamiento similar al del sistema original.

## 6. Posibles futuros trabajos

Si bien en este trabajo no se reoptimizaron los despachos debido al costo computacional, sería interesante estudiar el impacto que dicha reoptimización tendría sobre las variables analizadas, especialmente el ROCOF y los recortes. Esto permitiría evaluar si los resultados observados se mantienen bajo una operación más realista del sistema cerrado.

## Referencias

[1] B. Espino, E. Moalli, y M. Montichelli, *Control de ROCOF y de Demanda Neta Mínima*, Trabajo final de curso, Instituto de Ingeniería Eléctrica - FING, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, jul. 2025.