

Planificación de inversiones - escenario actual vs. posibles escenarios y análisis de arrepentimiento.

Autores:

Everton de Almeida

Mariana Corengia

Virginia Halty

Vivian Teixeira

Trabajo final, curso SimSEE

IIE – FING – UDELAR

Julio 2017

Montevideo – Uruguay.

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.

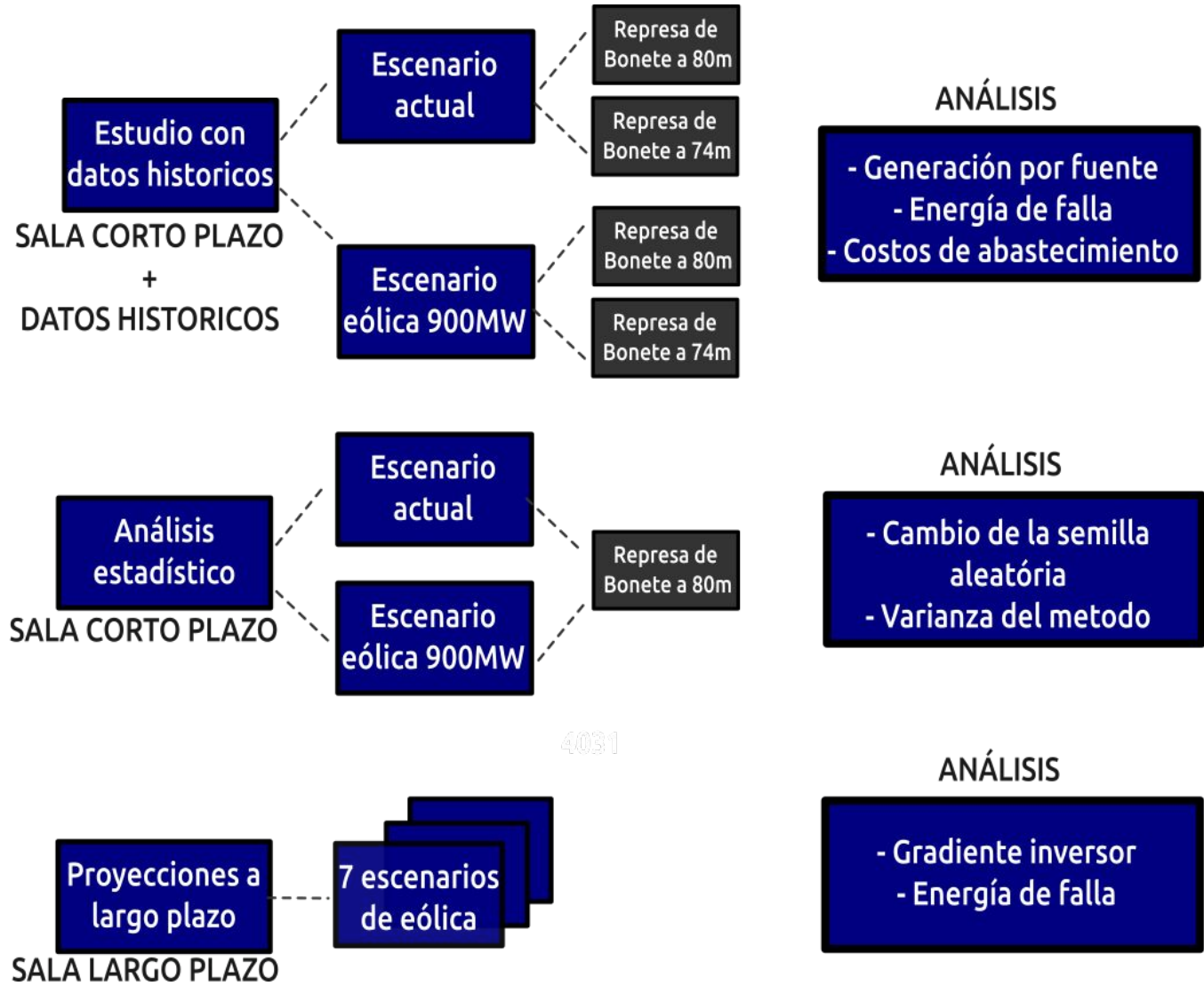
Objetivos

- Estudiar si existe un exceso en la inversión en energía eólica usando el software libre SimSEE.
- Comparar el desempeño del SIN con la instalación actual de eólica y una instalación menor usando datos históricos.
- Estudiar el signo del GI para diversas potencias instaladas de eólica.

Hipótesis de trabajo

- Hay un exceso de potencia eólica instalada.
- Alcanzaría con tener instalados 900 MW de eólica.
- Los valores actuales de potencia eólica instalada permiten disminuir la dependencia climática.
- El exceso de energía eólica se traduce en un aumento del CAD.

Metodología



Resultados del estudio

Estudio de casos con datos históricos

- Estudio de casos con datos históricos

	Altura Bonete 80 m	Altura Bonete 74 m
Eólica actual (1330 MW)	Caso 1	Caso 2
900 MW de eólica	Caso 3	Caso 4

Estudio de casos con datos históricos

- Estudio de casos con datos históricos

Sala estacional publicada por ADME correspondiente al período mayo-octubre 2017:

- Período optimización: 20/04/2017 - 01/01/2019
- Período simulación: 20/04/2017 - 01/01/2019
- Período SimRes3: 20/04/2017 - 20/04/2018
- Paso semanal.
- Número de crónicas optimización: 5
- Número de crónicas simulación: 100
- Número semilla aleatoria: 31
- Simulaciones con datos históricos de aportes hidráulicos de 1931 al 2009.
- Se enganchó con una sala de largo plazo con la eólica adecuada.

Estudio de casos con datos históricos

- Estudio de casos con datos históricos

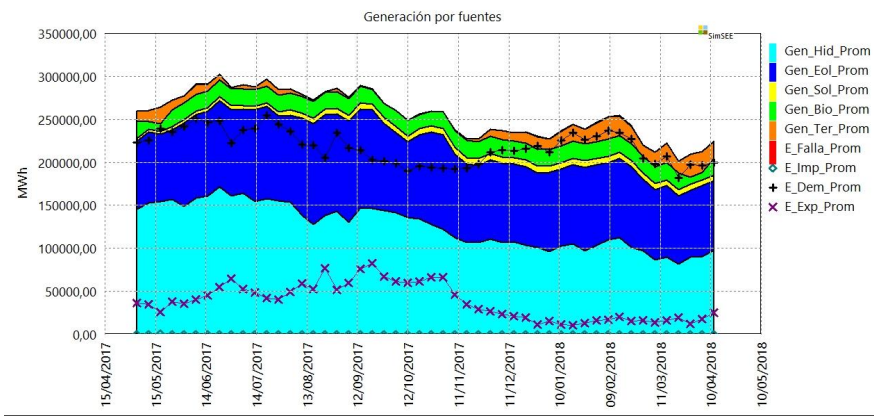
En cada caso se estudió:

- GPF promedio, la de 1944 y 1998 (eligiendo 2 crónicas de las históricas) y el 5% de las crónicas más secas y húmedas (con IH).
- Idem Energía de Falla, CAD medio y CAD.

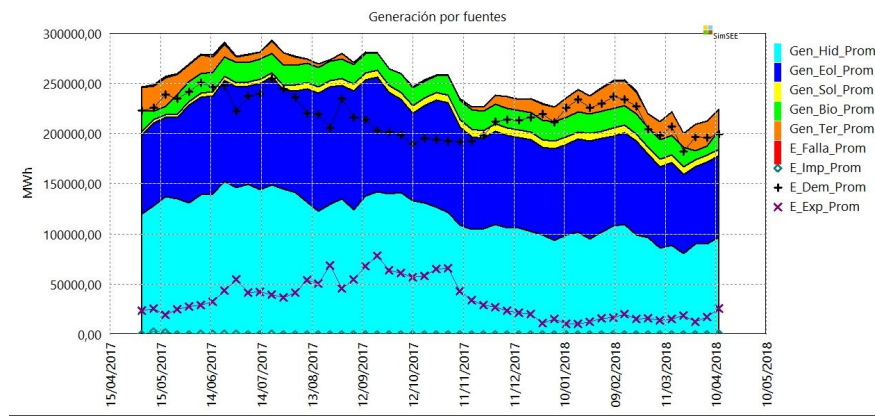
Estudio de casos con datos históricos

- GPF

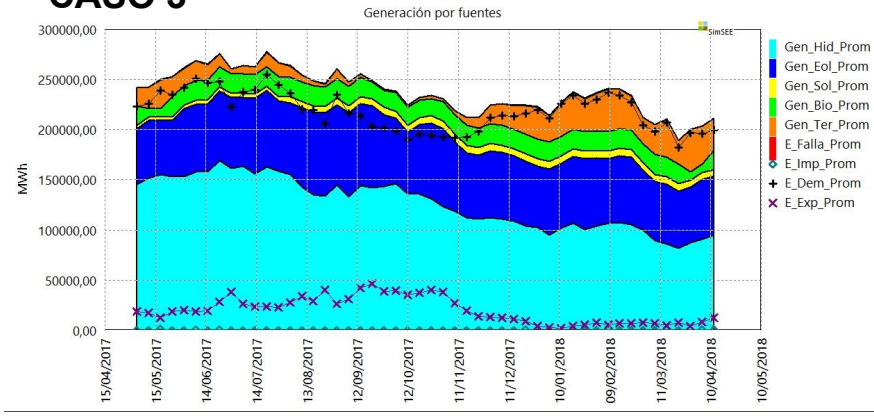
CASO 1



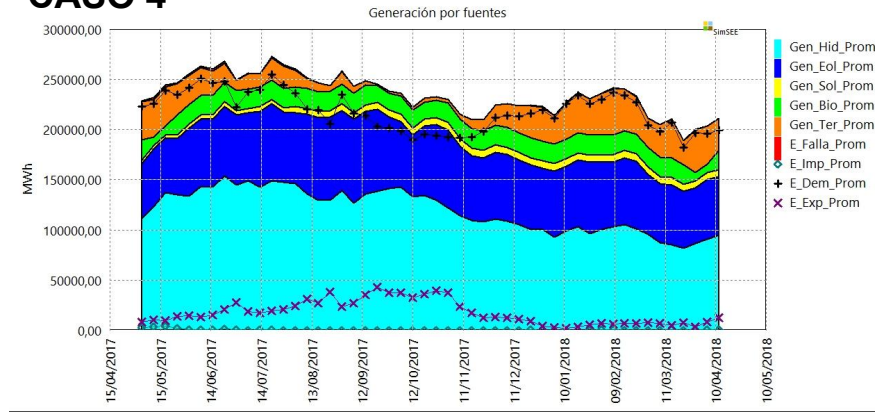
CASO 2



CASO 3



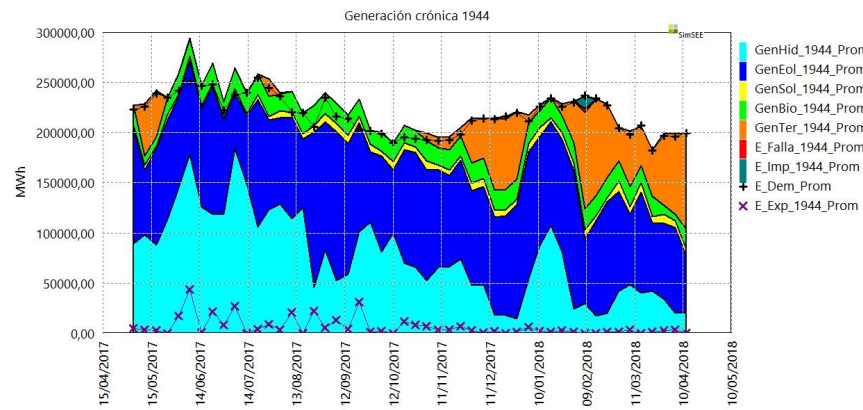
CASO 4



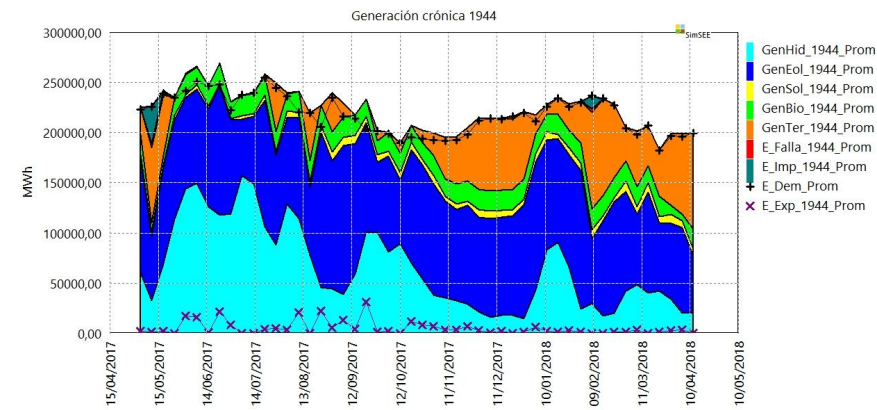
Estudio de casos con datos históricos

- GPF 1944

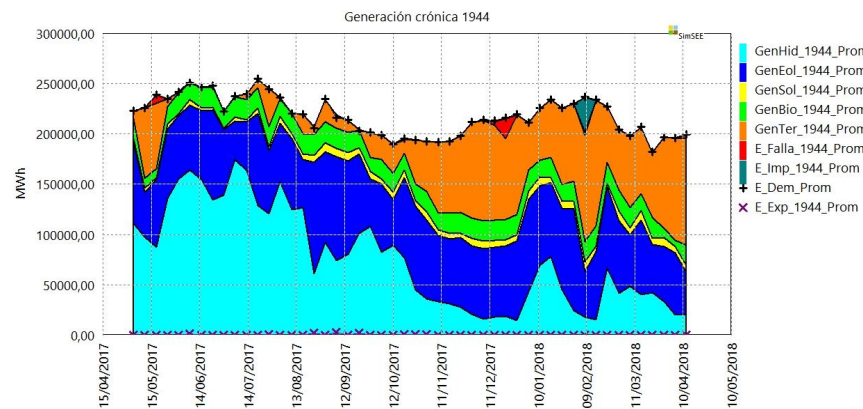
CASO 1



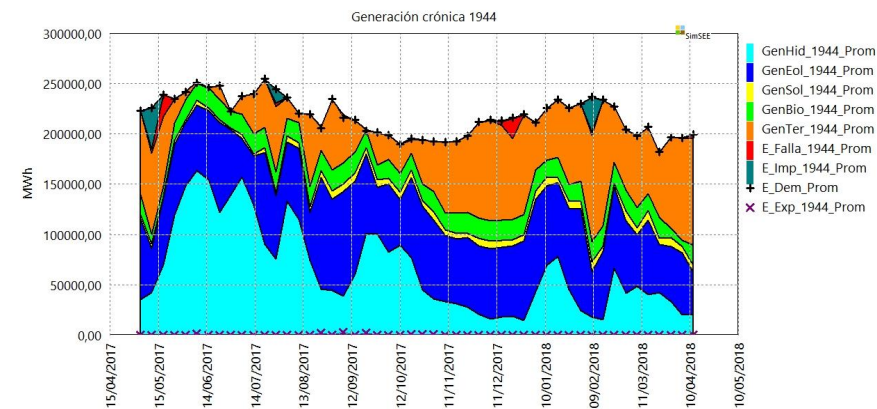
CASO 2



CASO 3



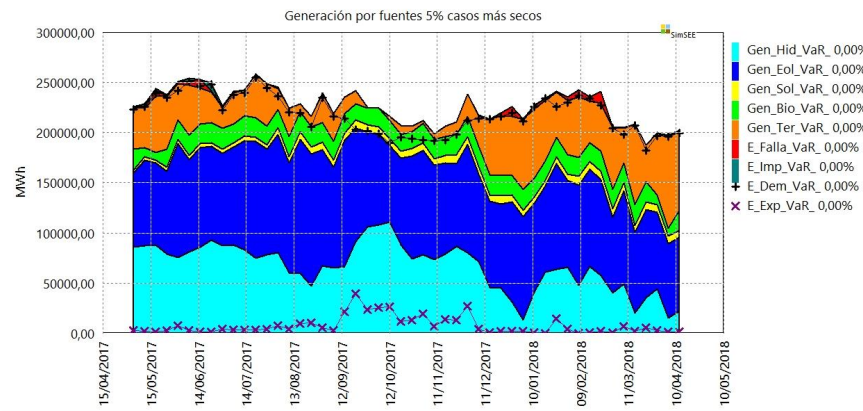
CASO 4



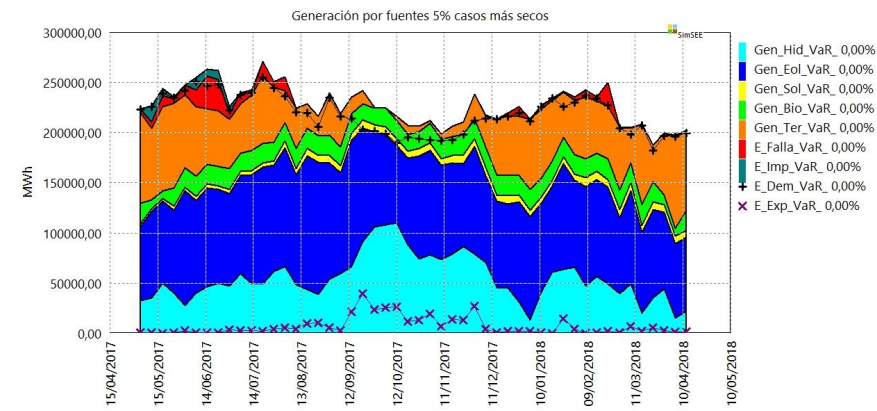
Estudio de casos con datos históricos

- GPF 5% secas

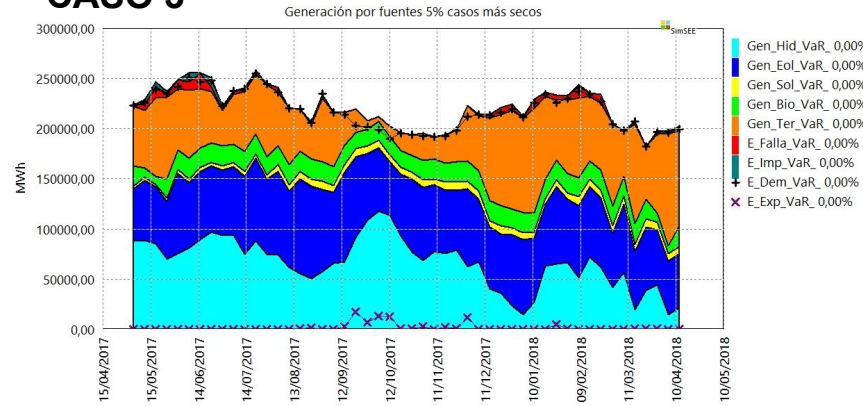
CASO 1



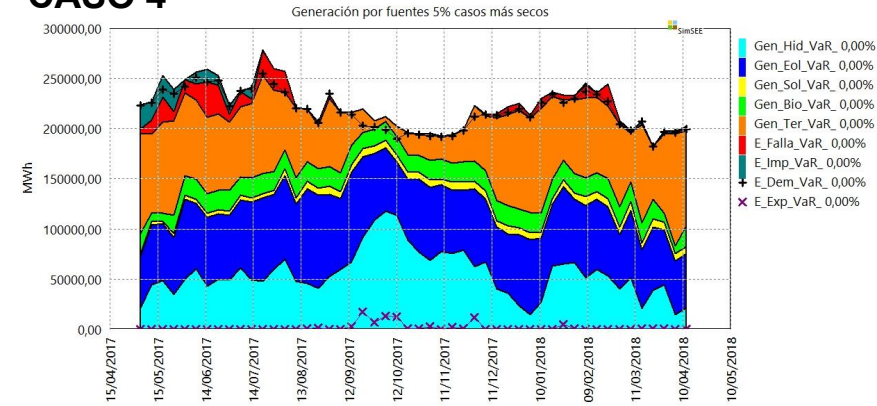
CASO 2



CASO 3



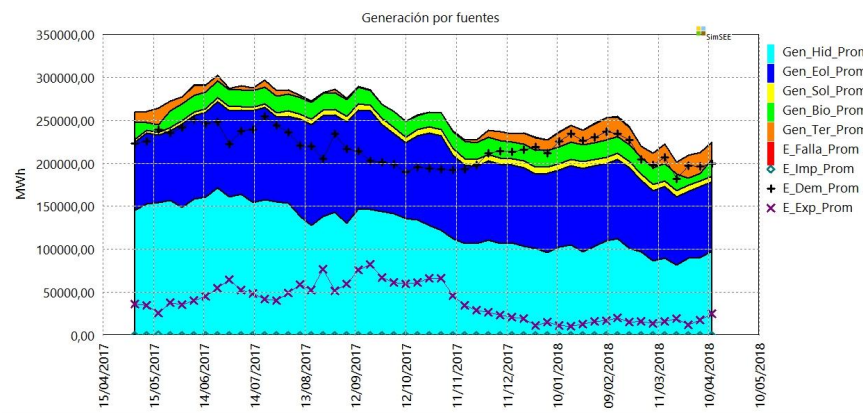
CASO 4



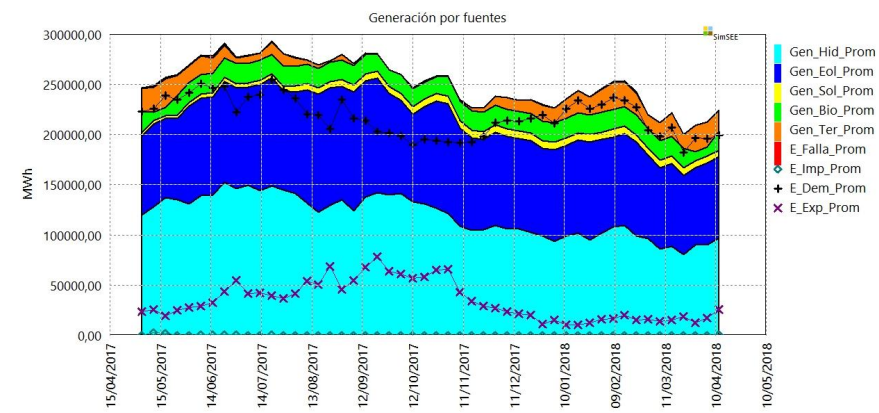
Estudio de casos con datos históricos

- GPF 1998

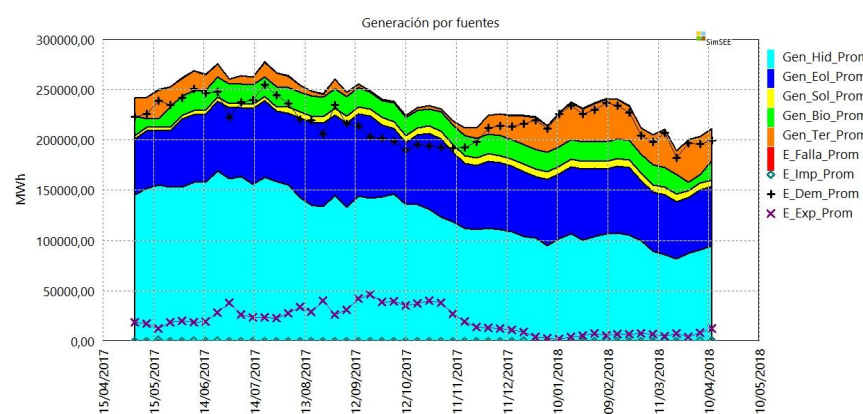
CASO 1



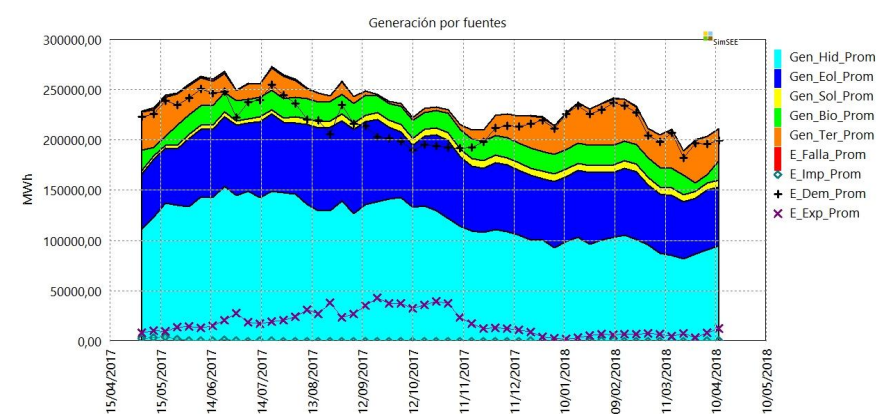
CASO 2



CASO 3



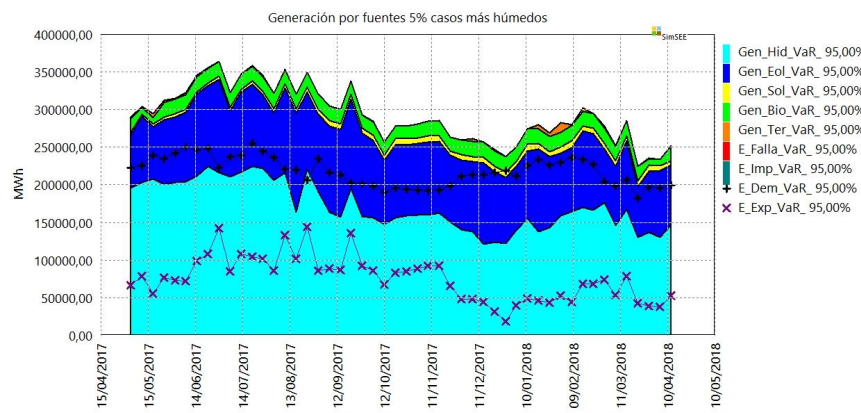
CASO 4



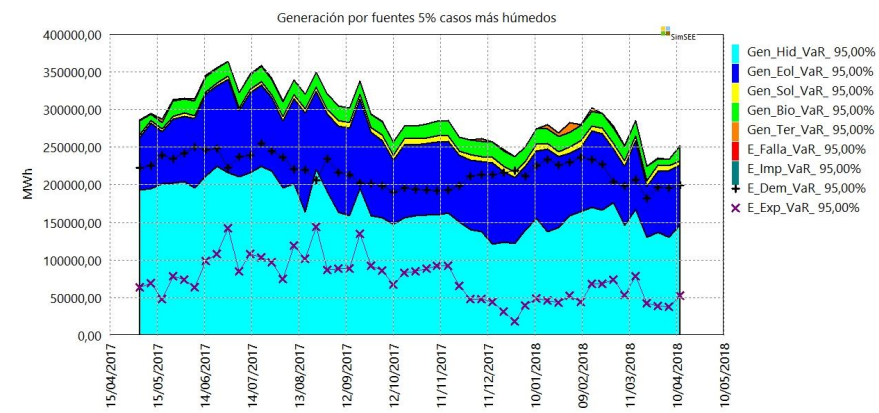
Estudio de casos con datos históricos

- GPF 5% húmedas

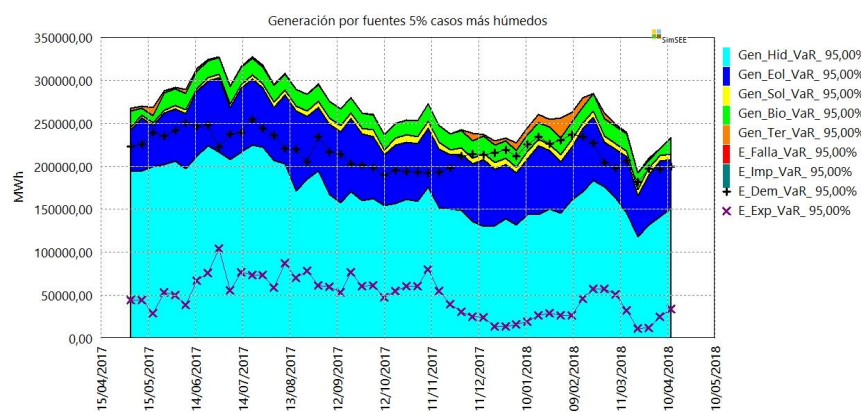
CASO 1



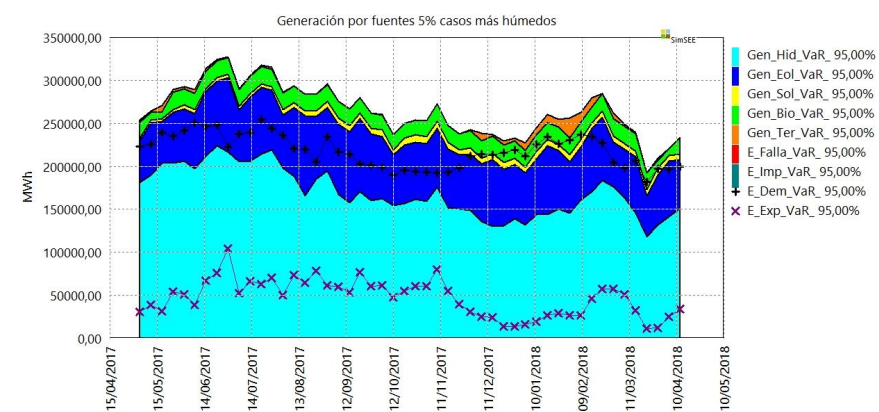
CASO 2



CASO 3



CASO 4



Estudio de casos con datos históricos

- GPF
 - En promedio hay elevados excedentes de energía.
 - En promedio, el sistema puede abastecerse con menor cantidad de eólica.
 - El sistema es más vulnerable a la variabilidad climática al tener menor instalación de eólica y cuando la altura inicial del embalse de Bonete es baja.
 - En años secos aumenta la energía térmica y de falla. Disminuye la seguridad de abastecimiento del sistema eléctrico.

Estudio de casos con datos históricos

- Falla

Tabla 1: Comparación de la energía de falla y el porcentaje que representa en la energía demandada en los cuatro casos estudiados.

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Promedio	3.921 MWh (0,03%)	13.122 MWh (0,11%)	8.659 MWh (0,07%)	23.610 MWh (0,20%)
Crónica 1944	43.202 MWh (0,34%)	13.788 MWh (0,12%)	38.681 MWh (0,33%)	59.889 MWh (0,51%)
Crónica 1998	6.085 MWh (0,05%)	0 MWh	3.111 MWh (0,03%)	3.111 MWh (0,03%)
5% más seco	62.588 MWh (0,53%)	193.009 MWh (1,65%)	133.157 MWh (1,14%)	303.266 MWh (2,59%)
5% más húmedo	0 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh

Estudio de casos con datos históricos

- Falla
 - Una mayor potencia instalada de eólica aumenta la seguridad de abastecimiento de la demanda, uno de los objetivos de la política energética de nuestro país.

Estudio de casos con datos históricos

- CAD medio

Tabla 2: Comparación del costo de abastecimiento de la demanda medio en los cuatro casos estudiados.

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Promedio	55,22 USD/MWh	57,98 USD/MWh	52,95 USD/MWh	57,30 USD/MWh
Crónica 1944	65,93 USD/MWh	72,32 USD/MWh	76,24 USD/MWh	84,54 USD/MWh
Crónica 1998	54,33 USD/MWh	57,28 USD/MWh	53,12 USD/MWh	58,42 USD/MWh
5% más seco	86,52 USD/MWh	114,84 USD/MWh	96,46 USD/MWh	133,73 USD/MWh
5% más húmedo	40,33 USD/MWh	40,35 USD/MWh	35,92 USD/MWh	36,01 USD/MWh

Estudio de casos con datos históricos

- CAD medio
 - Una mayor potencia instalada de eólica disminuye la variabilidad en los costos medios de generación entre años secos y húmedos a la mitad.

Estudio de casos con datos históricos

- CAD

Tabla 3: Comparación del costo de abastecimiento de la demanda y sus porcentajes del PBI del país en los cuatro casos estudiados.

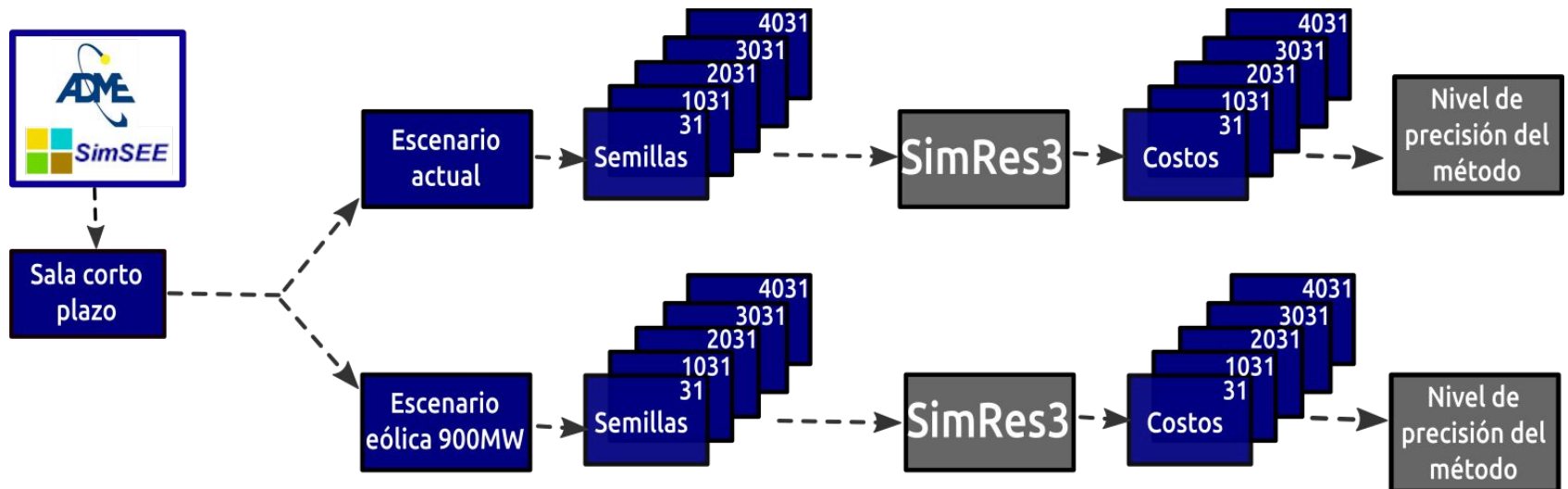
	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Promedio	599,82 MUSD (1,12%)	632,40 MUSD (1,18%)	575,83 MUSD (1,08%)	626,69 MUSD (1,17%)
Crónica 1944	712,11 MUSD (1,33%)	781,21 MUSD (1,46%)	819,46 MUSD (1,53%)	916,81 MUSD (1,72%)
Crónica 1998	607,52 MUSD (1,12%)	553,65 MUSD (1,04%)	494,71 MUSD (0,93%)	516,55 MUSD (0,97%)
5% más seco	768,05 MUSD (1,44%)	990,09 MUSD (1,85%)	829,87 MUSD (1,55%)	1130,67 MUSD (2,12%)
5% más húmedo	540,25 MUSD (1,01%)	538,94 MUSD (1,01%)	470,45 MUSD (0,88%)	470,21 MUSD (0,88%)

Estudio de casos con datos históricos

- CAD
 - Una mayor potencia instalada de eólica disminuye la variabilidad en los costos de generación entre años secos y húmedos de 660 MUSD (1.24% del PBI) a 230 MUSD (0.43% del PBI).

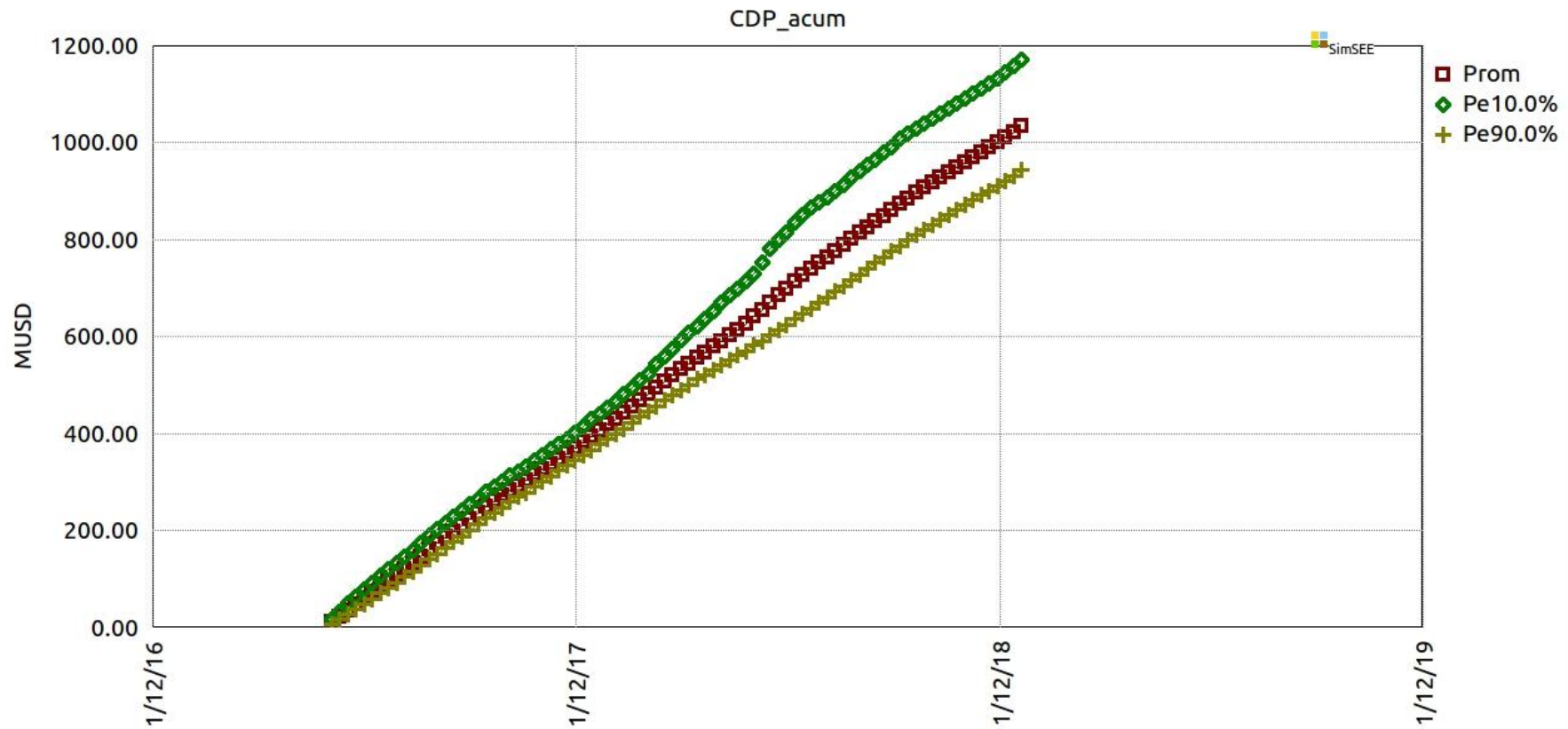
Análisis estadístico de los resultados

- **Optimización:** 20/04/2017 – 31/12/2020
- **Simulación:** 20/04/2017 – 01/01/2019
- **SimRes3:** a partir del 29/04/2017
- **Número de crónicas de la optimización:** 5
- **Número de crónicas de la simulación:** 1000
- Variación de la semilla aleatoria



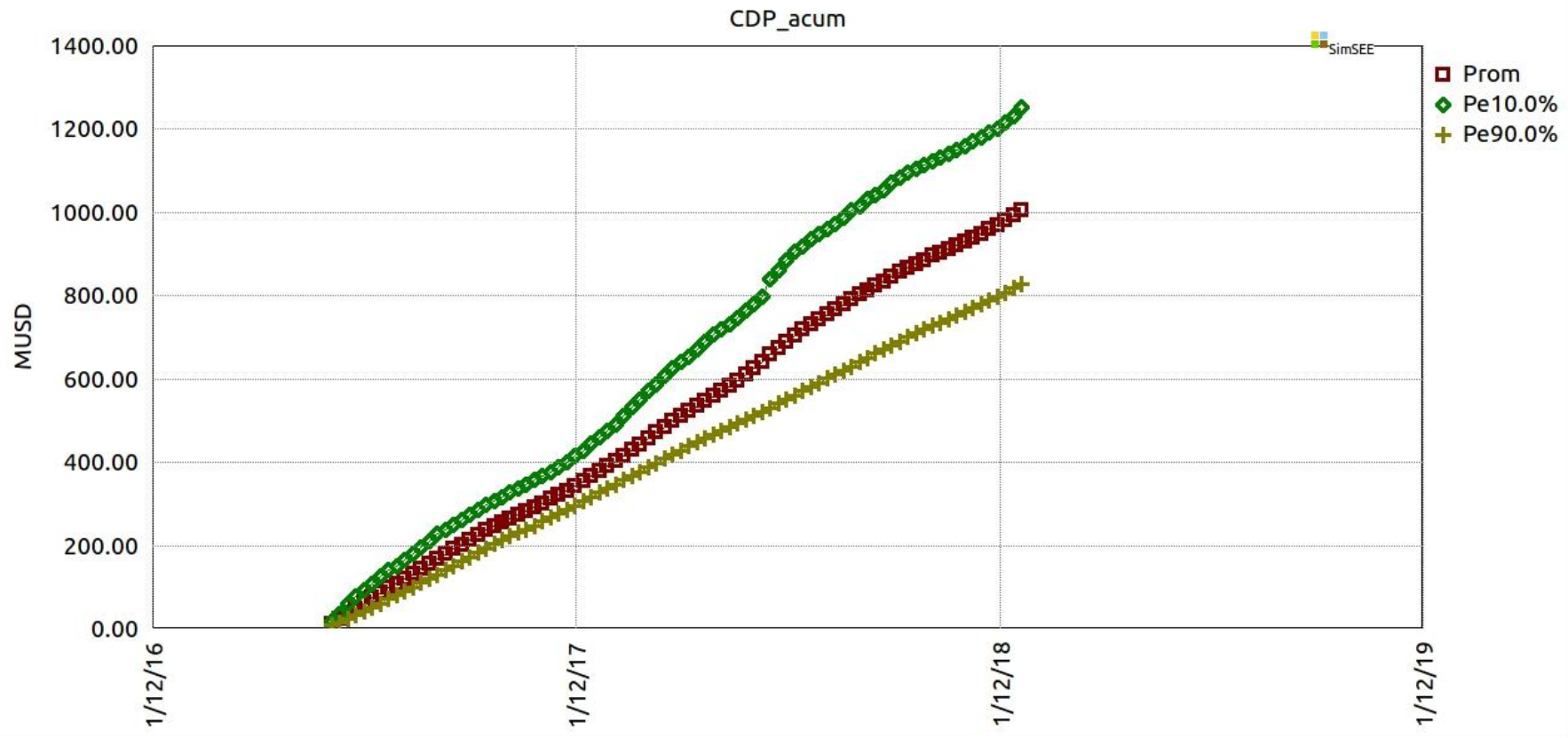
Análisis estadístico de los resultados

- Escenario actual



Análisis estadístico de los resultados

- Escenario 900 MW de eólica



Análisis estadístico de los resultados

- Escenario A y Escenario B

Semilla	CDP acumulado - Escenario A -(MUSD)	CDP acumulado - Escenario B -(MUSD)
31	530.29	513.64
1031	527.69	510.90
2031	527.31	511.06
3031	526.40	508.67
4031	529.78	512.70

Análisis estadístico de los resultados

- Escenario A y Escenario B (Varianza y Desviación Estándar)

	CDP acumulado - Escenario A -(MUSD)	CDP acumulado - Escenario B -(MUSD)
Media	528.3	511.4
Varianza	4.4	7.4
Desviación estándar	2.1	2.7

El costo es mayor en el caso A (instalación actual)

Proyecciones a largo plazo

- Estudio de casos con datos simulados
 - Optimización: 01/2015 – 12/2048
 - Simulación: 01/2016 – 12/2046
 - SimRes3: a partir de 01/2017
 - Paso semanal.
 - Número de crónicas optimización: 5
 - Número de crónicas simulación: 1000
 - Número semilla aleatoria: 31

 - No hay expansión de generación
 - No hay importaciones de energía

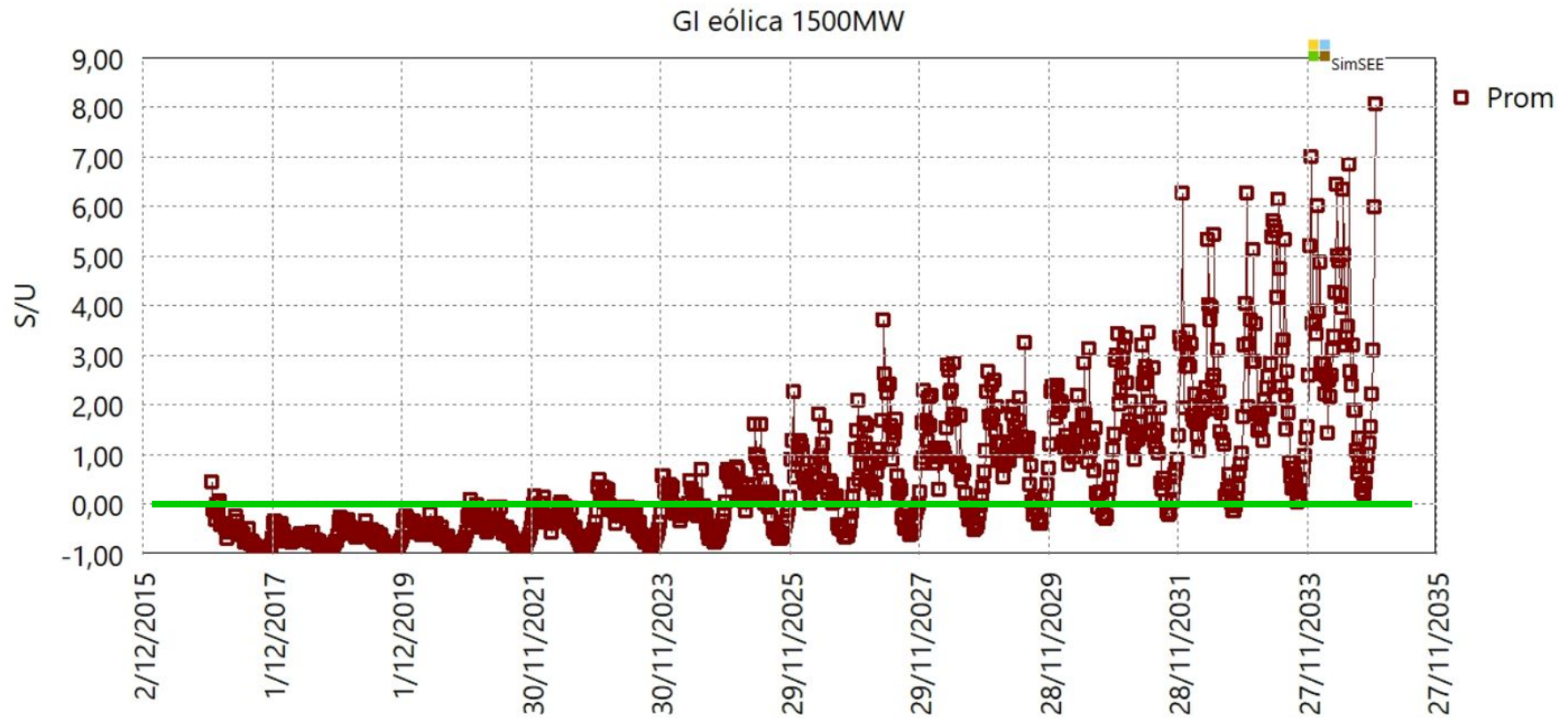
Proyecciones a largo plazo

- Único actor de generación eólica

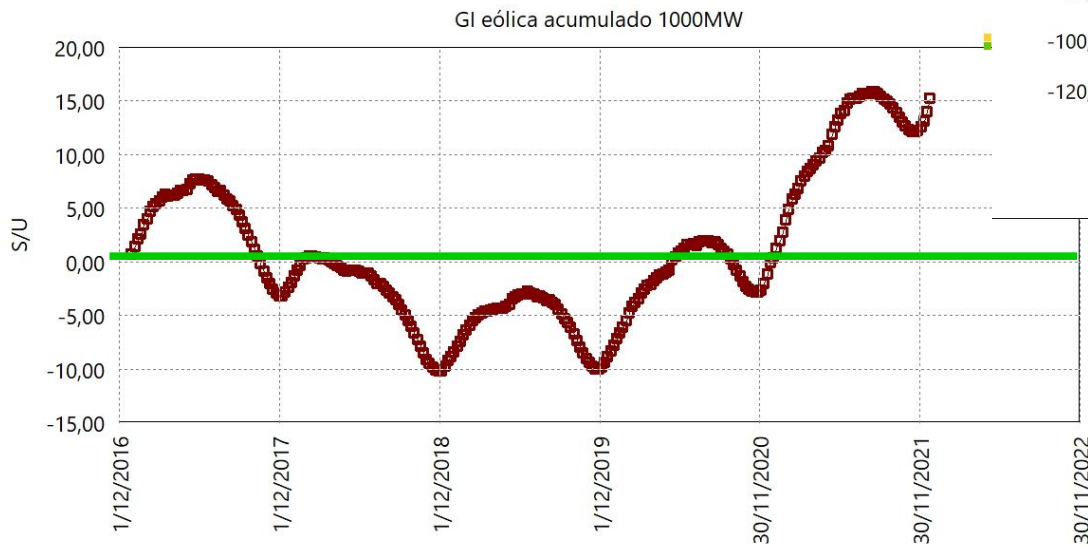
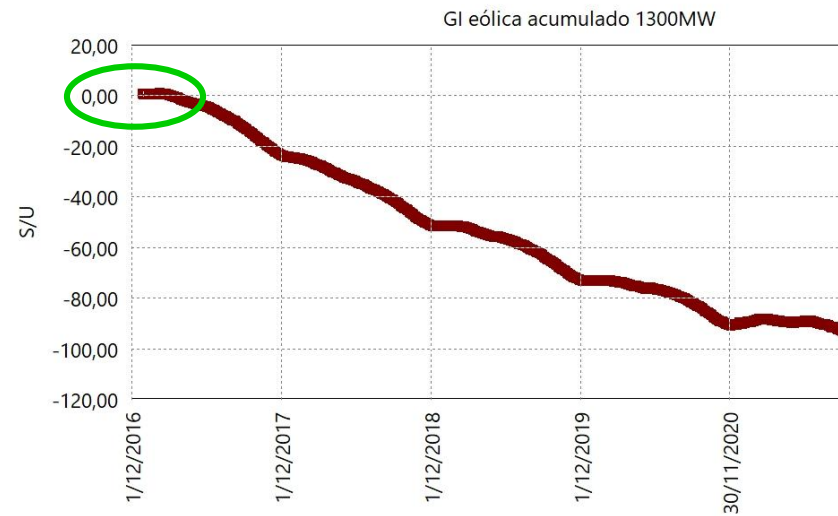
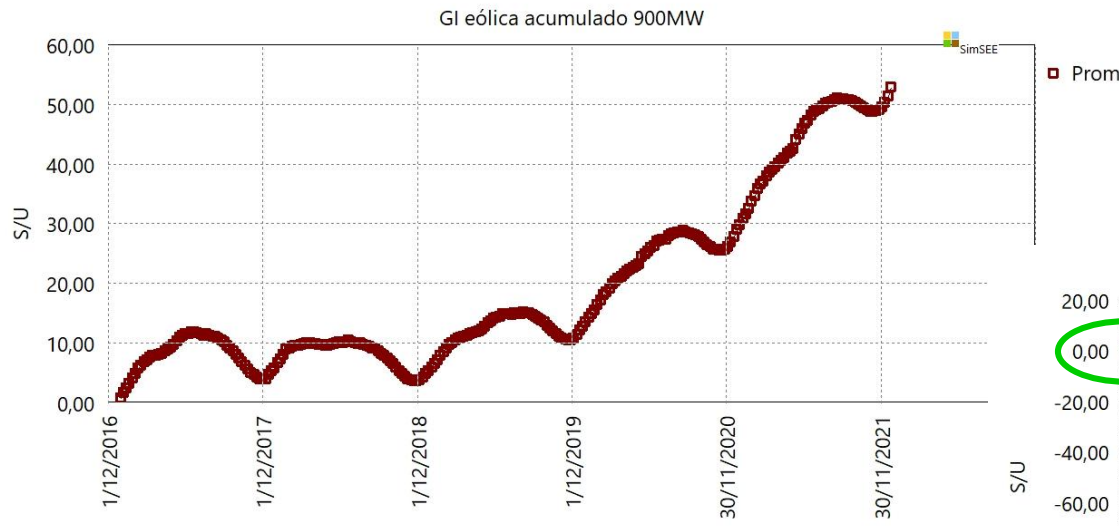
Nombre sala	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
Potencia (MW) 2015	0	0	0	0	0	0	0
Potencia (MW) 2016	900	900	900	900	900	900	900
Potencia (MW) 2017	900	1000	1100	1200	1300	1400	1400
Potencia (MW) 2018	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500

Proyecciones a largo plazo

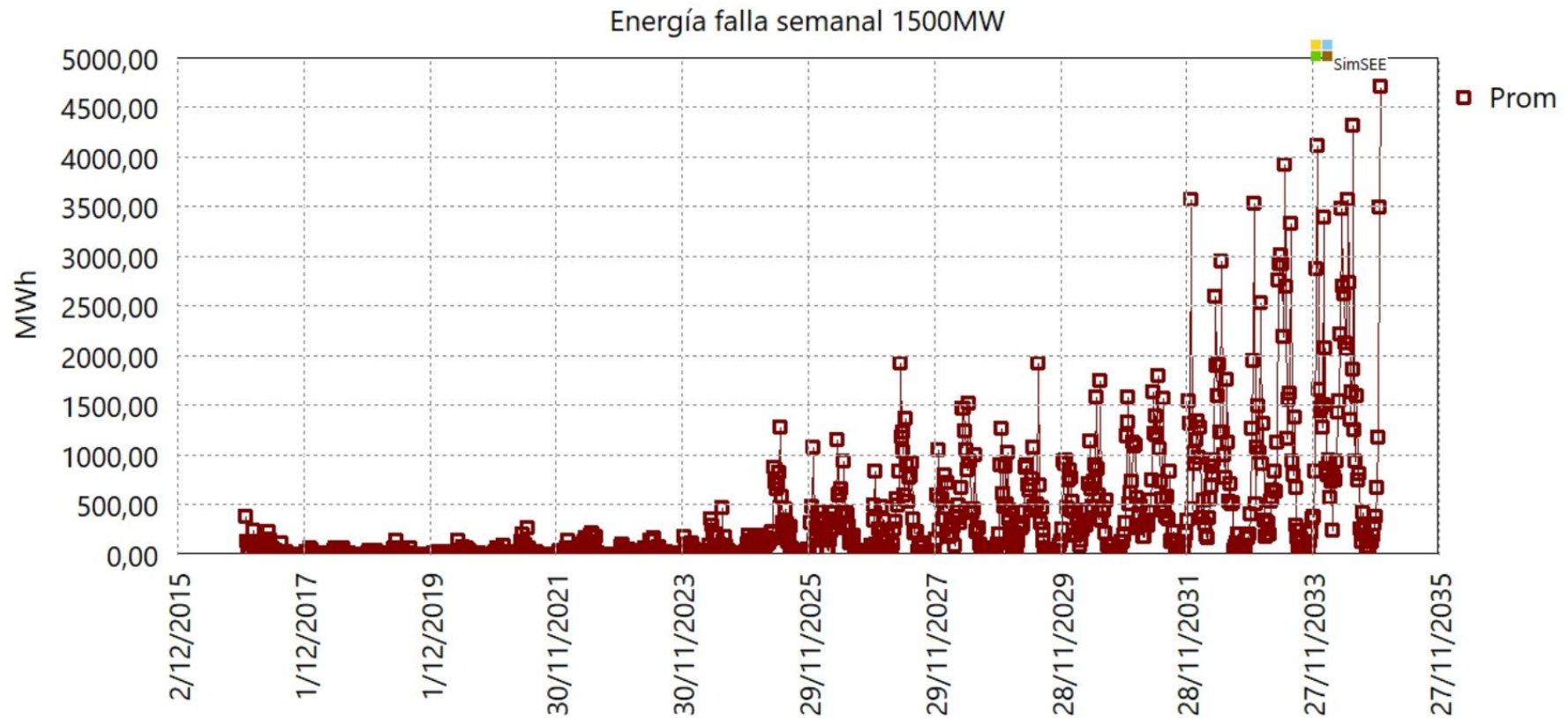
- GI



Proyecciones a largo plazo



Proyecciones a largo plazo



- Sin contemplar importaciones de energía.

Proyecciones a largo plazo

Nombre sala	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
Falla 2017-2021 (GWh) prom	27,1	20,9	16,1	12,3	9,3	7,2	5,9
Falla 2017-2021 (GWh) PE 90%	0	0	0	0	0	0	0
Falla 2017-2021 (GWh) PE 10%	81,0	63,5	50,6	41,1	33,5	25,7	21,1

- La energía demandada en promedio 2017-2021 es aproximadamente 1430 GWh.
- En promedio:
 - 2% de energía no satisfecha en el caso 900 MW
 - 0,4% de energía no satisfecha en el caso 1500 MW

Conclusiones

Conclusiones

- El análisis del GI sugiere que hay un exceso de energía eólica. El equilibrio se obtiene para 1000 MW.
- El estudio con datos históricos sugiere que el exceso instalado disminuye la dependencia climática, disminuyendo la probabilidad de falla y los sobrecostos asociados a años secos.
- El análisis estadístico muestra que el exceso de energía eólica se traduce en un aumento del CAD, con respecto a la instalación de 900 MW eólicos.

Posibles trabajos futuros.

- Realizar el análisis estadístico a las otras variables estudiadas.

FIN

- Gracias por vuestra atención.

Hipótesis de trabajo

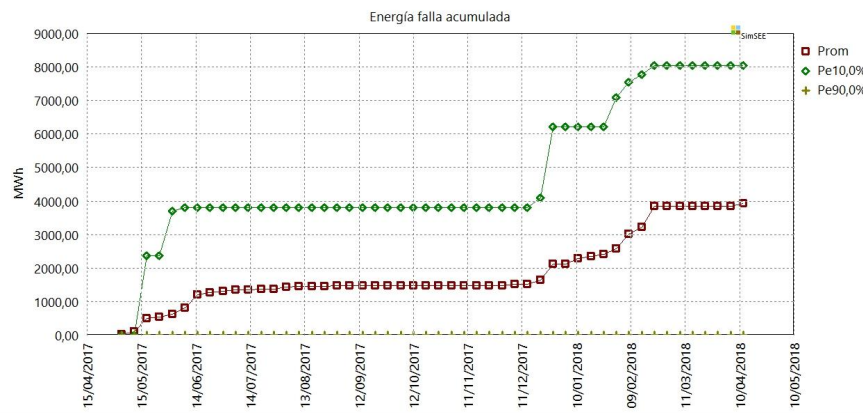
- Hay un exceso de potencia eólica instalada.
- Alcanzaría con tener instalados 900 MW de eólica.
- Los valores actuales de potencia eólica instalada permiten disminuir la dependencia climática.
- El exceso de energía eólica se traduce en un aumento del CAD.

Transparencias adicionales

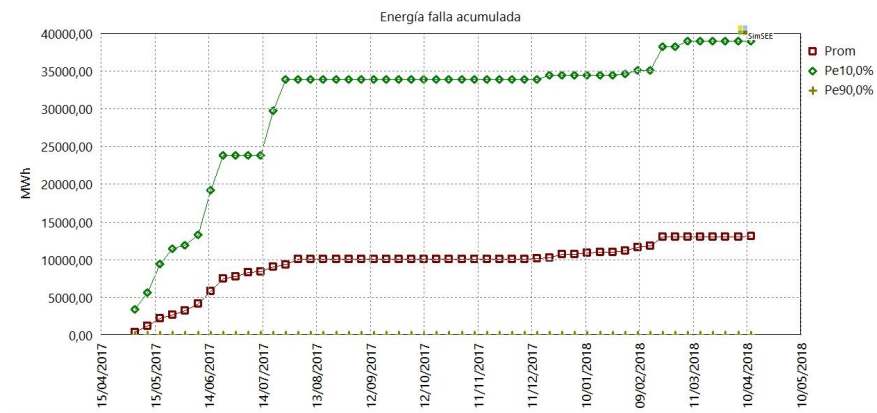
Estudio de casos con datos históricos

- Falla

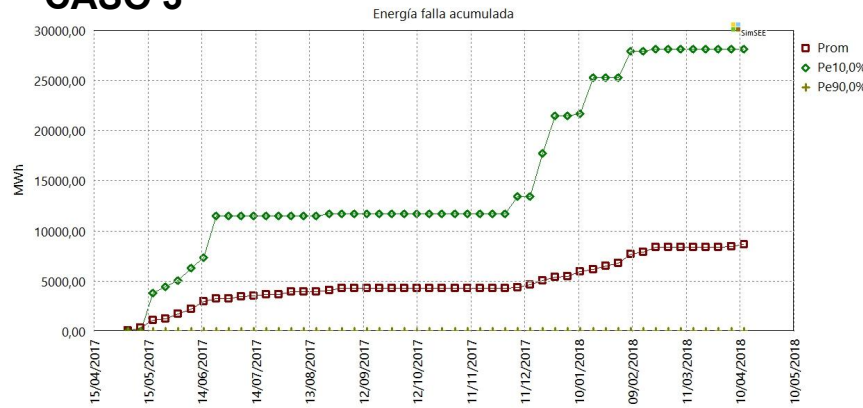
CASO 1



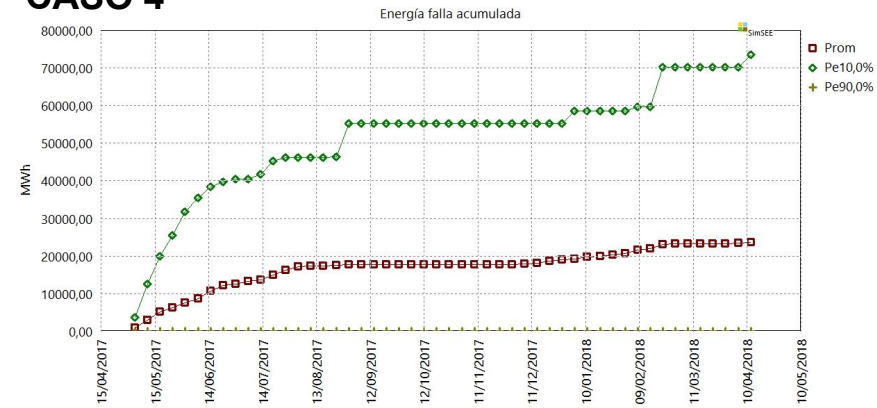
CASO 2



CASO 3



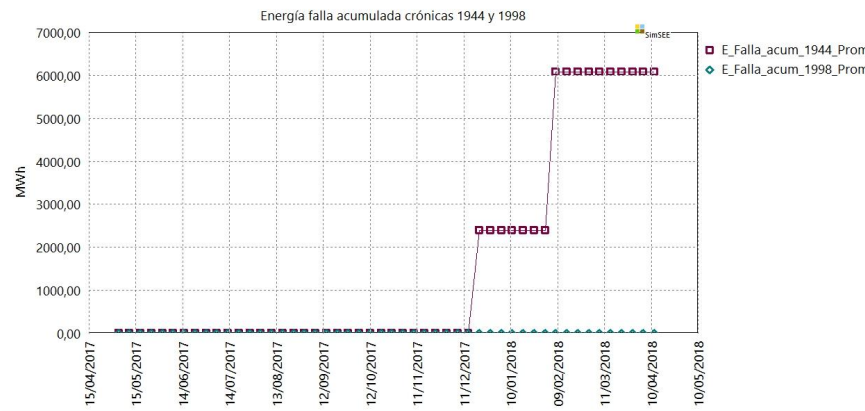
CASO 4



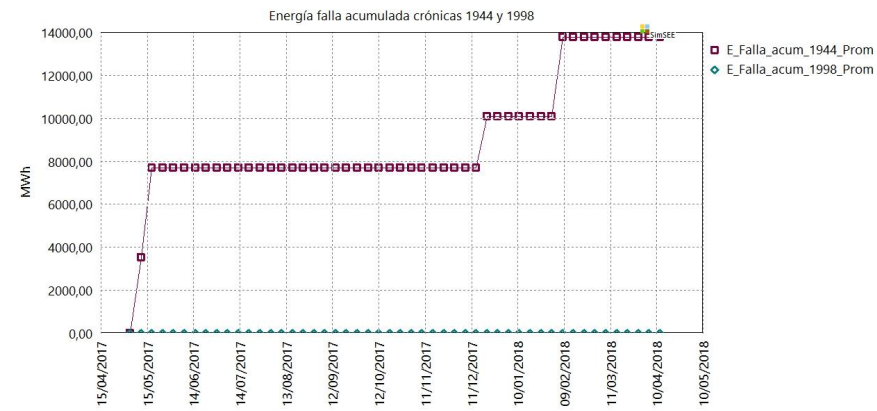
Estudio de casos con datos históricos

- Falla 1944 - 1998

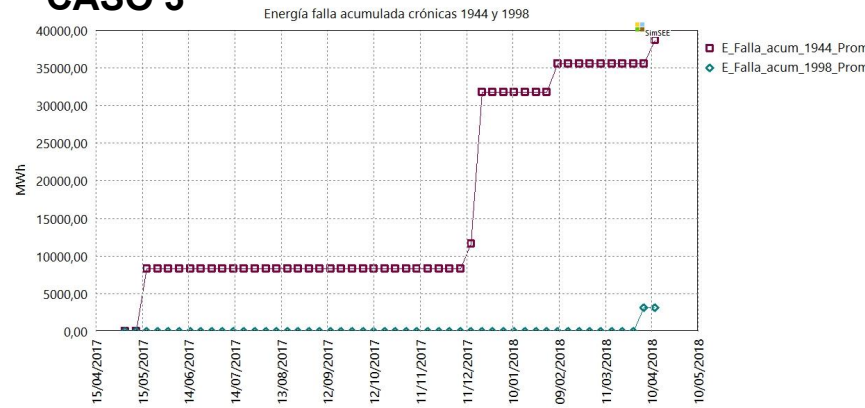
CASO 1



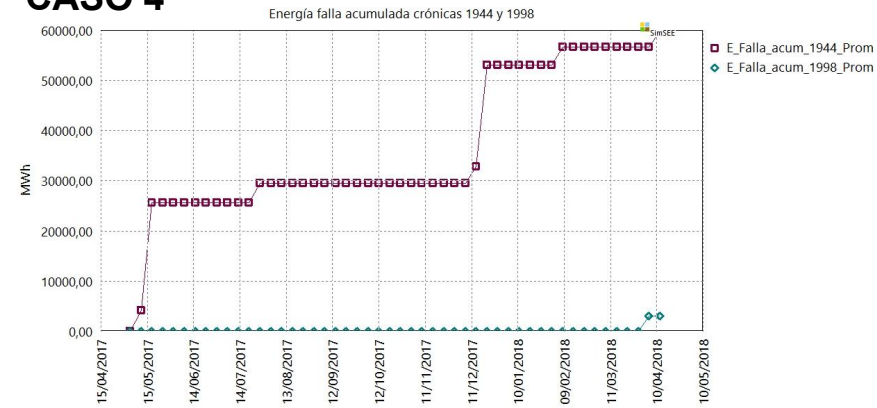
CASO 2



CASO 3



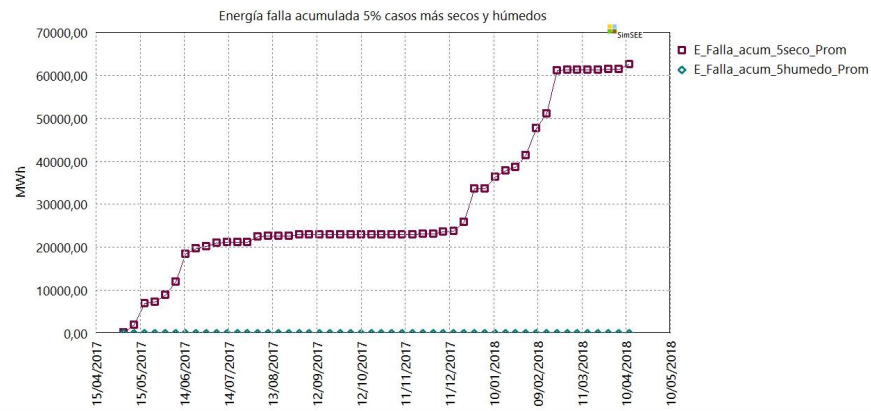
CASO 4



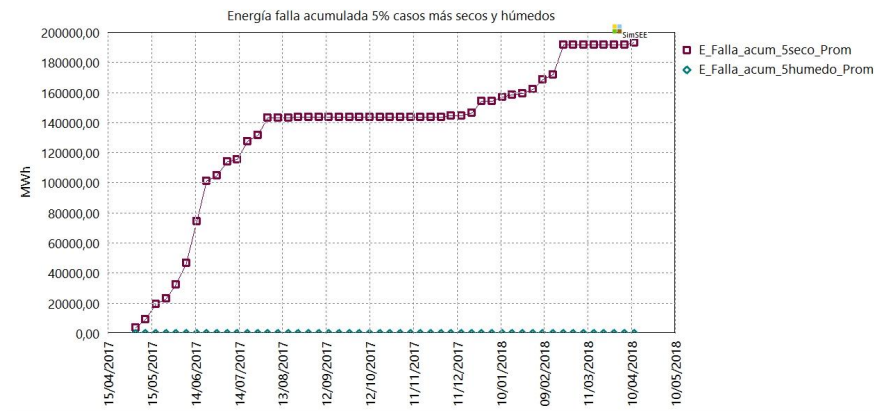
Estudio de casos con datos históricos

- Falla 5% secas y húmedas

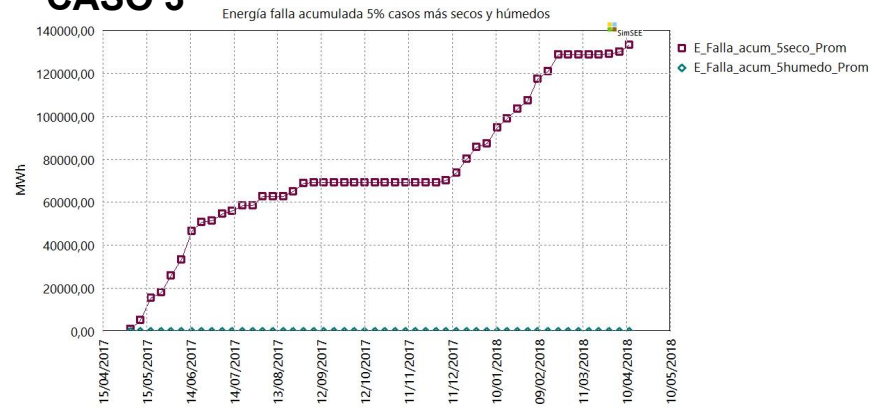
CASO 1



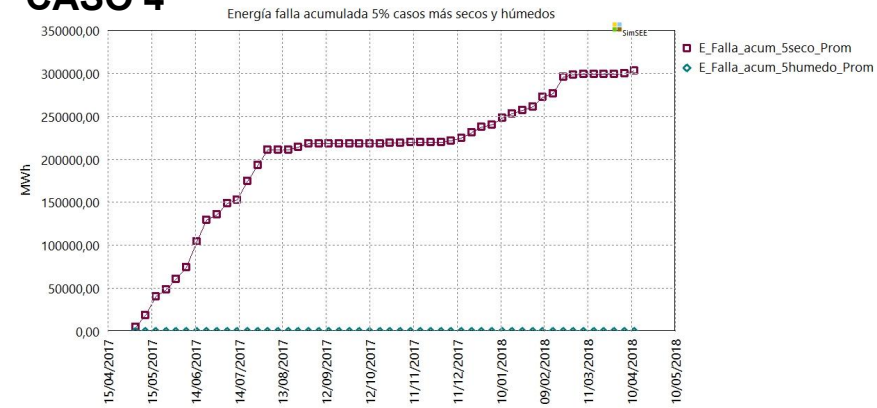
CASO 2



CASO 3



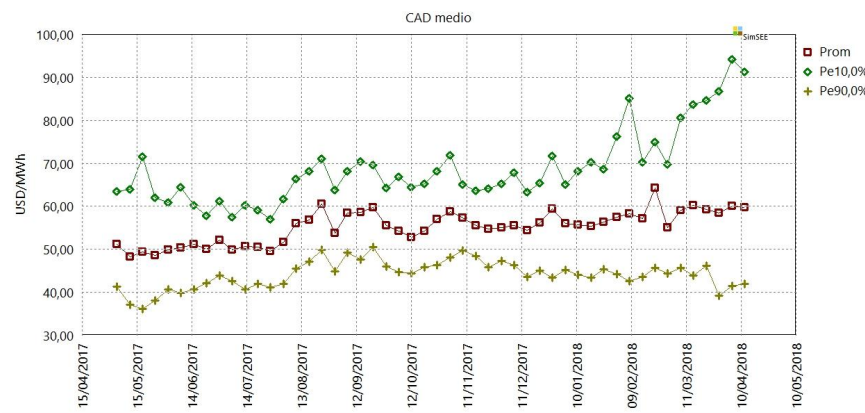
CASO 4



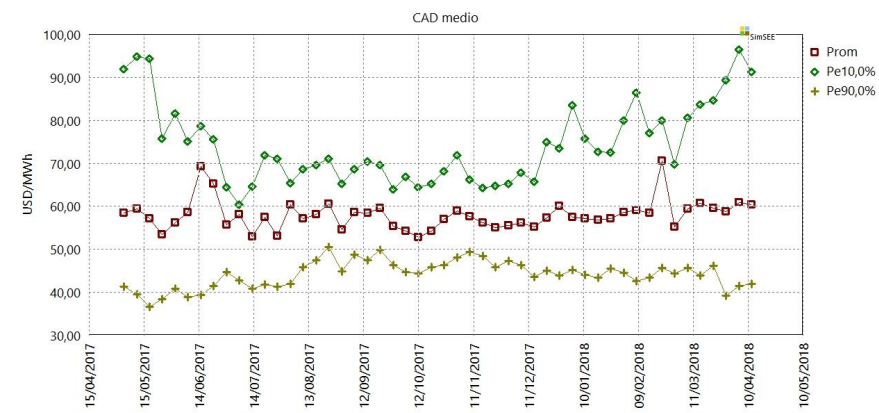
Estudio de casos con datos históricos

- CAD medio

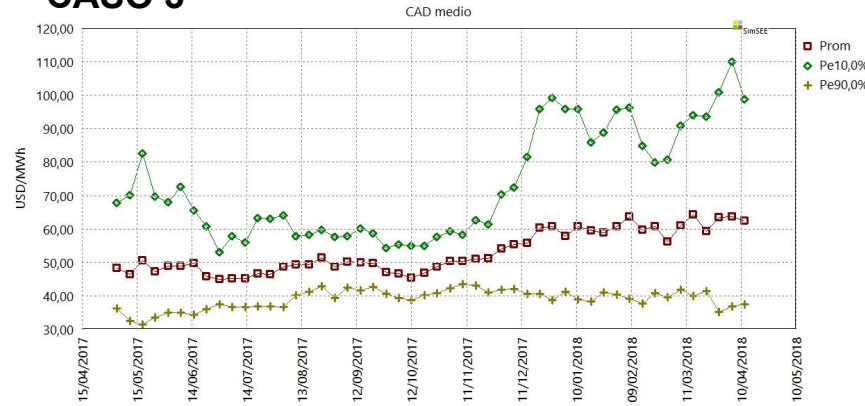
CASO 1



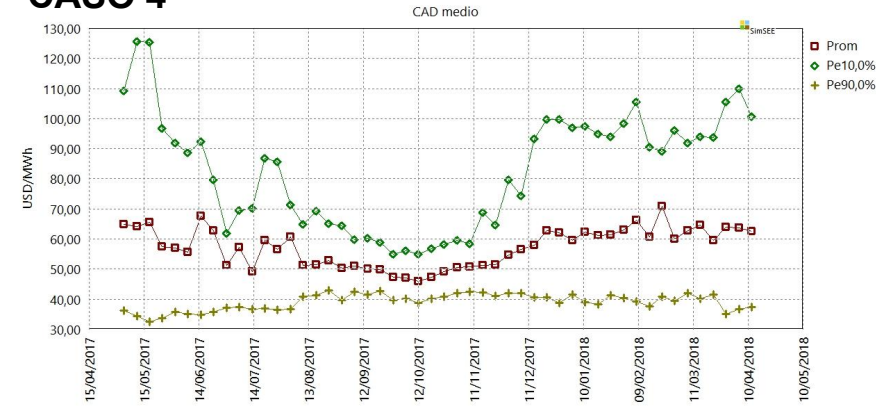
CASO 2



CASO 3



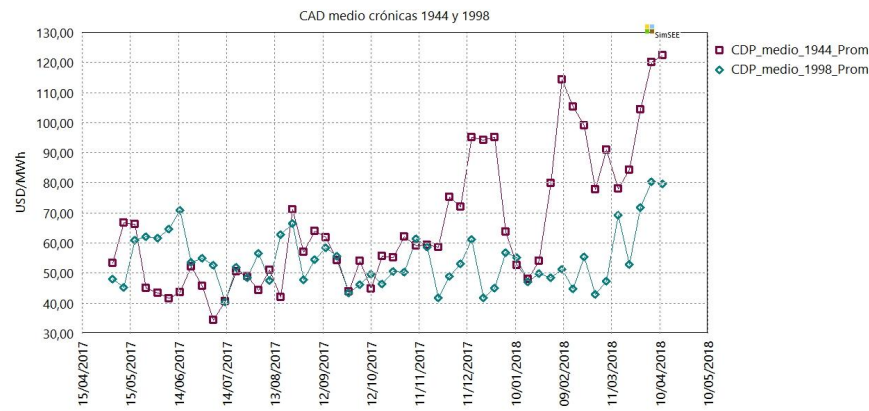
CASO 4



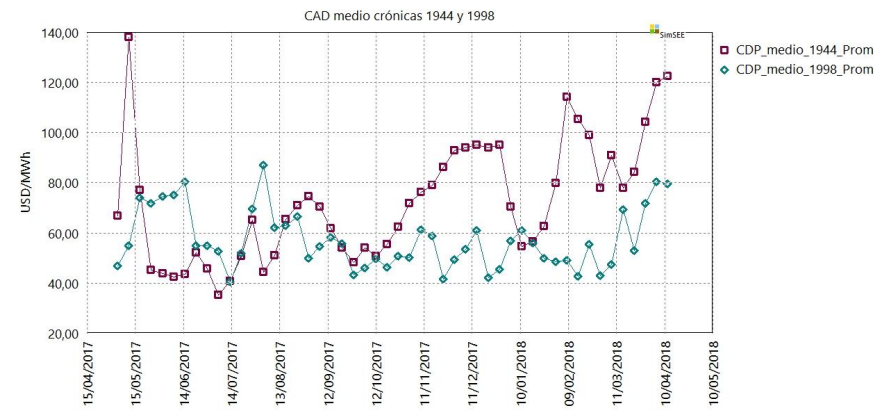
Estudio de casos con datos históricos

- CAD_{med} 1944 - 1998

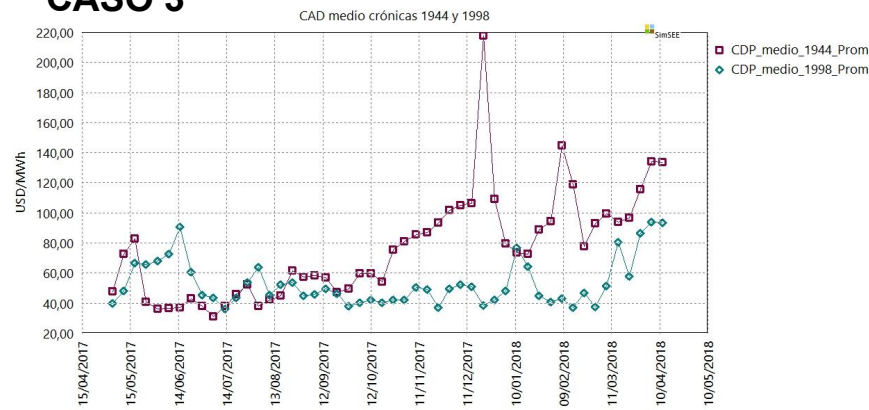
CASO 1



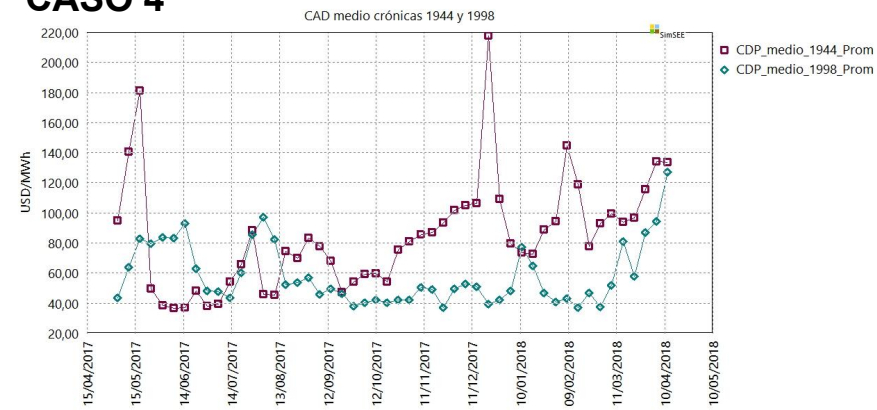
CASO 2



CASO 3



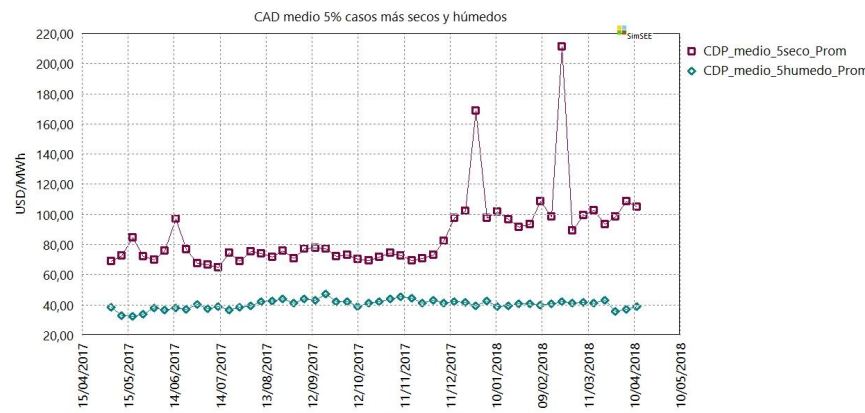
CASO 4



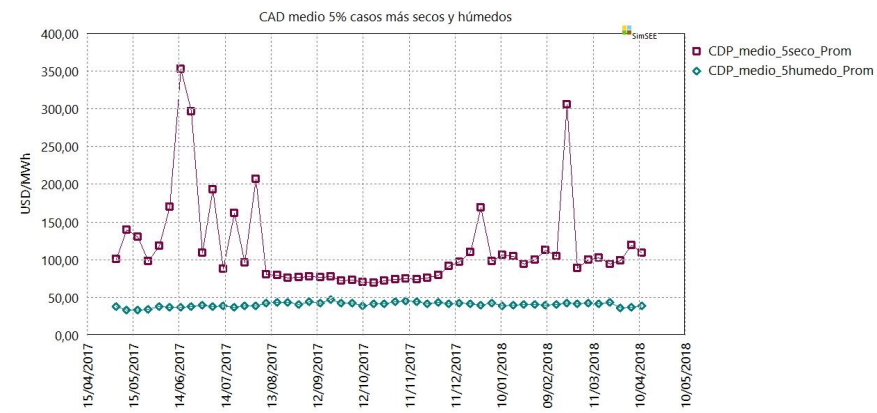
Estudio de casos con datos históricos

- CAD_{med} 5% secas y húmedas

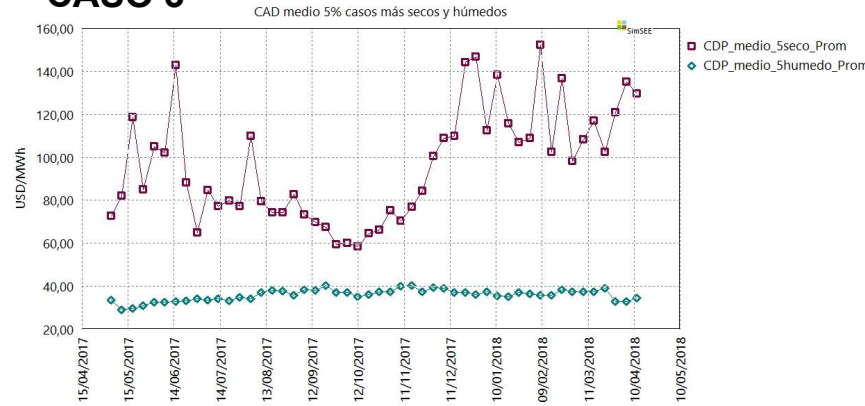
CASO 1



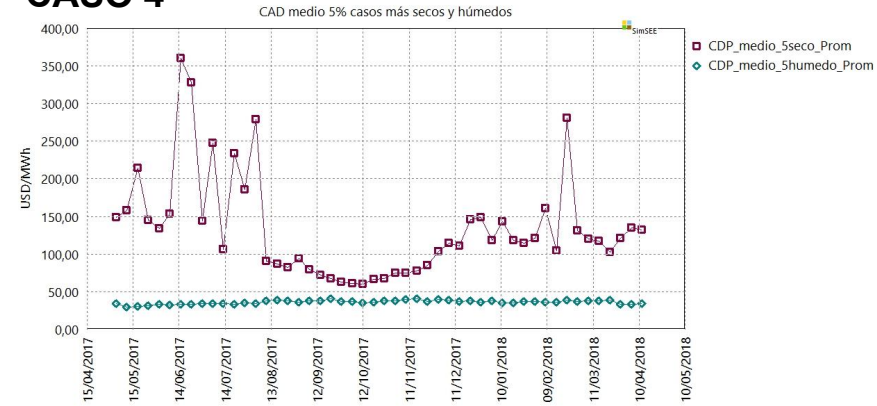
CASO 2



CASO 3



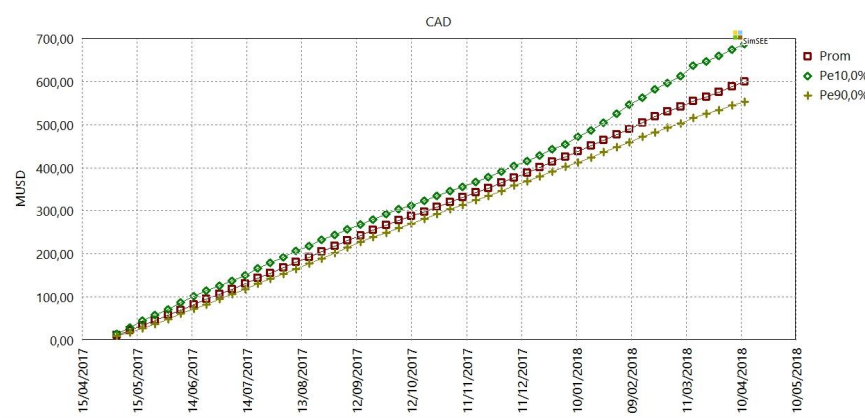
CASO 4



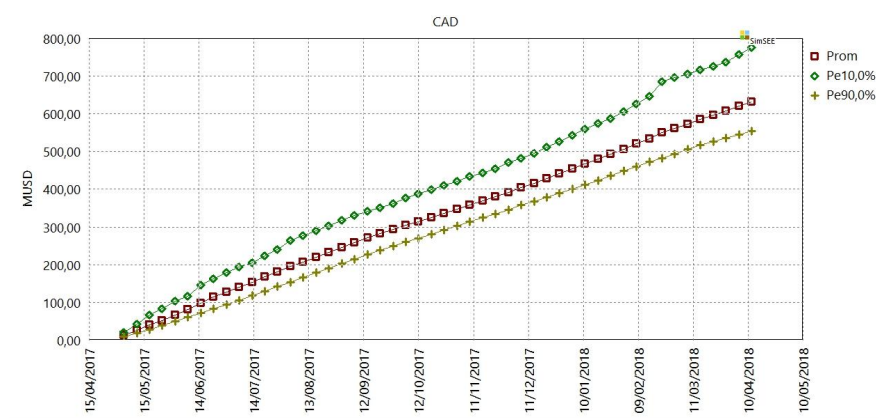
Estudio de casos con datos históricos

- CAD

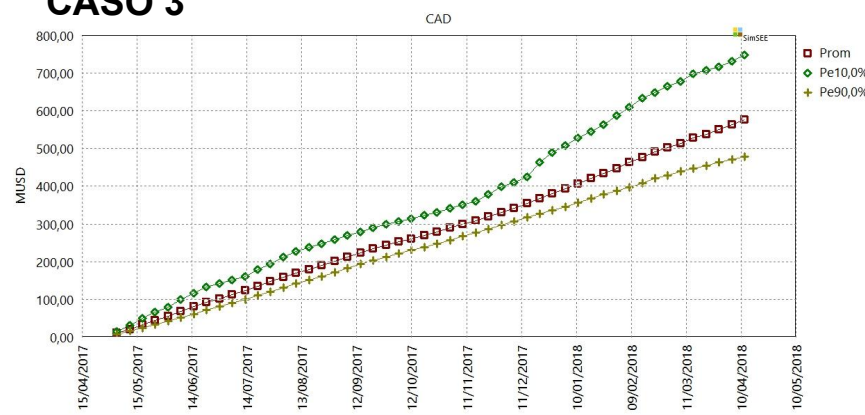
CASO 1



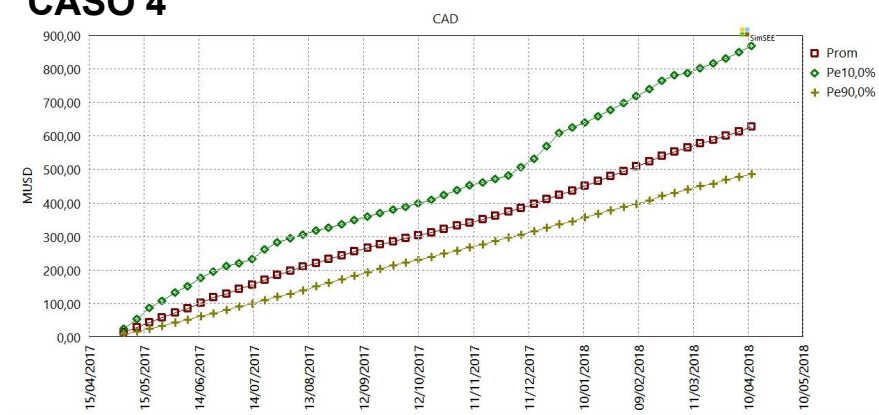
CASO 2



CASO 3



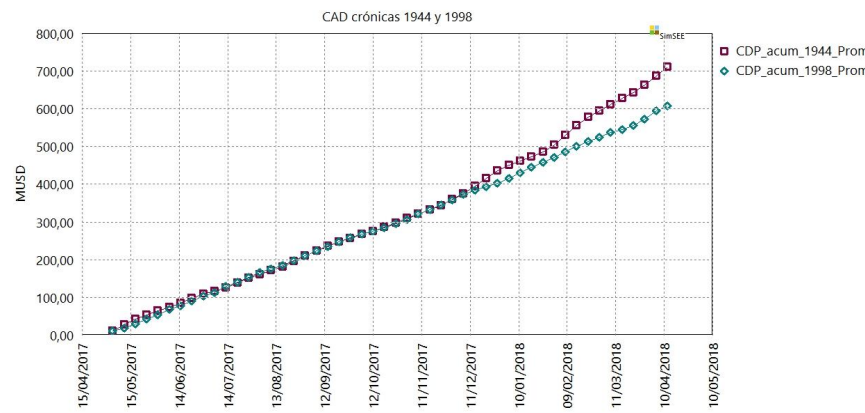
CASO 4



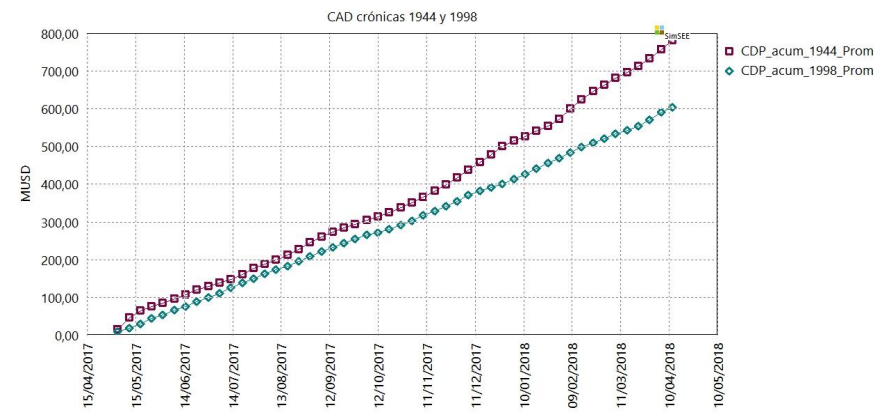
Estudio de casos con datos históricos

- CAD 1944 - 1998

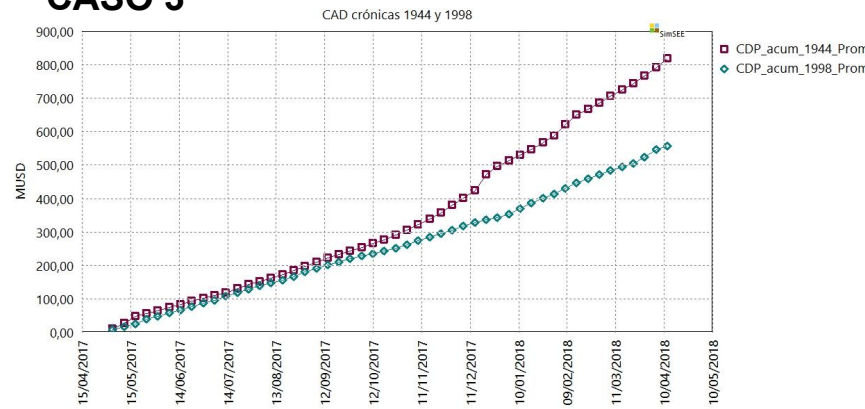
CASO 1



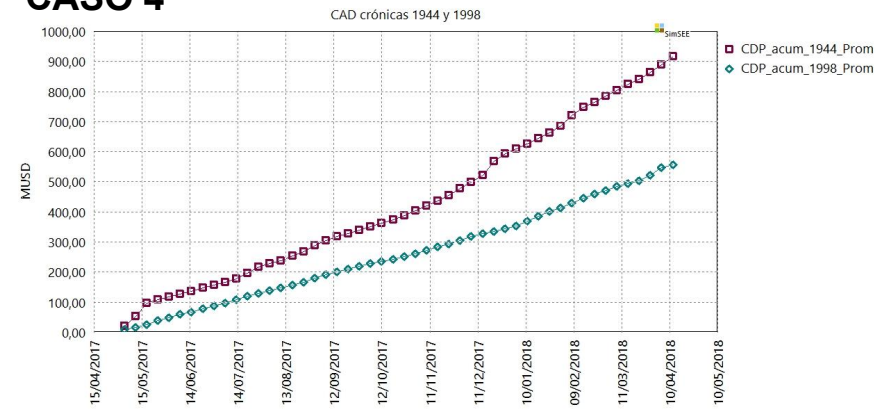
CASO 2



CASO 3



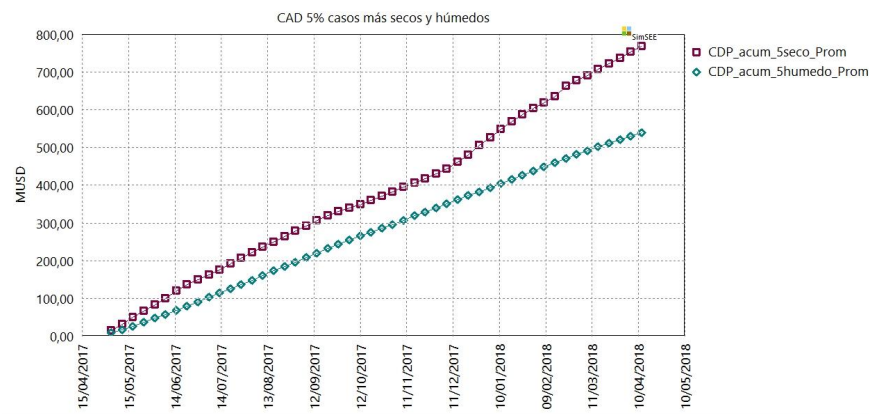
CASO 4



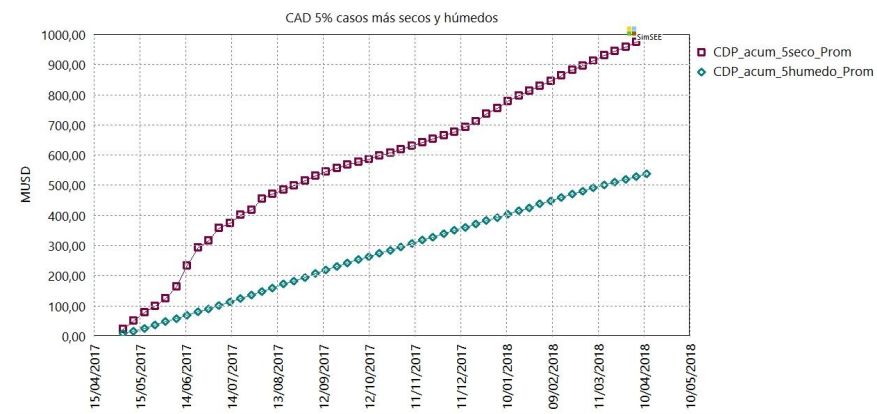
Estudio de casos con datos históricos

- CAD 5% secas y húmedas

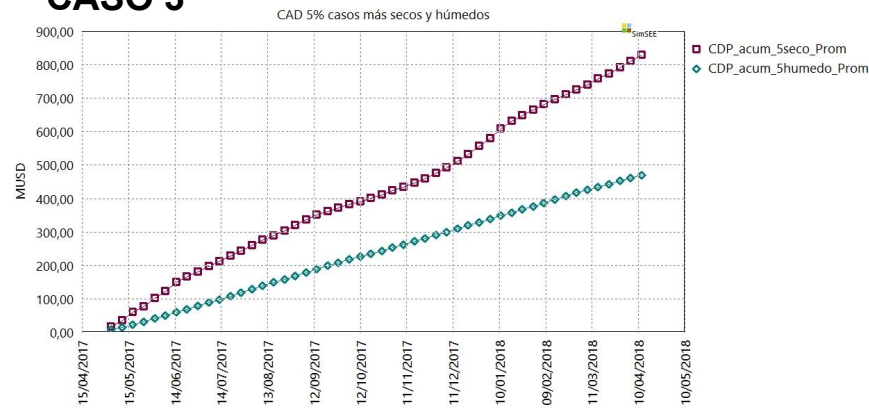
CASO 1



CASO 2



CASO 3



CASO 4

