

VALORIZACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE PREVISIONES DE APORTES HIDROLÓGICOS EN LA PROGRAMACIÓN A CORTO PLAZO

Autores:
Alejandra De Vera
Andrea Viscarret

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.

Trabajo final, Curso SimSEE

IIE – FING – UDELAR

Agosto 2017
Montevideo – Uruguay

Objetivo

- Evaluar el efecto de incorporar información de **previsiones de aportes hidrológicos** a las centrales hidroeléctricas en la **programación semanal** realizada en base a la plataforma SimSEE, en comparación a la programación que se realizaría en caso de no disponer de dicha información.
- En particular, la evaluación se centrará en determinar el **impacto económico asociado**, producto de una política de operación del sistema más precisa (con menor incertidumbre).
- No se pretende dar una respuesta cuantitativa, sino mostrar cómo podría utilizarse la herramienta SimSEE para modelar y analizar el problema planteado.
- Se destaca el empleo del “**Sintetizador CEGH**” para la incorporación de los pronósticos hidrológicos y la aplicación “**SimRes3**” para el post-procesamiento de los resultados.

Hipótesis de trabajo

- Sala base

Programación semanal para la **semana 22** del presente año (27/05/2017 al 02/06/2017)*

Horizonte de simulación y optimización de una semana.

Paso de tiempo horario.

Enganche con sala de mediano plazo.

Demanda detallada con aleatoriedad de $\pm 3\%$.

Generador hidráulico con embalse: Bonete, Palmar, Salto Grande.

Generador hidráulico de pasada: Baygorria (central encadenada: aguas arriba Bonete y aguas abajo Palmar).

Eólica y solar determinísticos.

Generadores térmicos, Comercio internacional, ...

* <http://adme.com.uy/mmee/progsemnodo/progsem.php>

Hipótesis de trabajo

- **Modificaciones a la sala base**

Variables globales

- ✓ Horizonte de tiempo: Extensión hasta el 10/06/2017 (2 semanas)

Actores

- ✓ Demanda: Demanda principal extendida y ParaExportacion
- ✓ Hidráulicas: Nivel inicial y discretización de los embalses
- ✓ Internacional y Otros: Sumidero de energía a 0.1 USD/MWh

Fuentes

- ✓ BPS_iN34_cmoBR_Horario: Sintetizador CEGH horario
- ✓ apo_bay: Fuente constante de 0 m³/s
- ✓ eol1MW y sol1MW: Fuentes CEGH con cono de pronóstico con incertidumbre desde el inicio de la simulación (NPCC = 168, NPLC = 0, NPSA = 0 y NPAC = 200)

Hipótesis de trabajo

- **Definición de bloques de energía exportable**

Se asume el siguiente criterio:

Se exporta a 80 USD/MWh toda la energía excedente que pueda asegurarse con una probabilidad de excedencia del 90%, el resto de la energía excedente se vende a 7 USD/MWh.

- **Ingresos debido a la exportación de energía**

$$Ing_EXP = 80. (ExcAcumPe90) + 7. (ExcAcum - ExcAcumPe90)$$

Donde:

ExcAcum es el acumulado de energía excedente.

ExcAcumPe90 es el acumulado de energía excedente con una probabilidad de excedencia del 90%.

Metodología

- Generación de las “series de pronóstico” de aportes hidrológicos.
- Incorporación de los pronósticos hidrológicos al sintetizador CEGH.
- Metodología de evaluación de impactos.
- Modificaciones en la plantilla de resultados del SimRes3.
- Evaluación e interpretación de resultados.

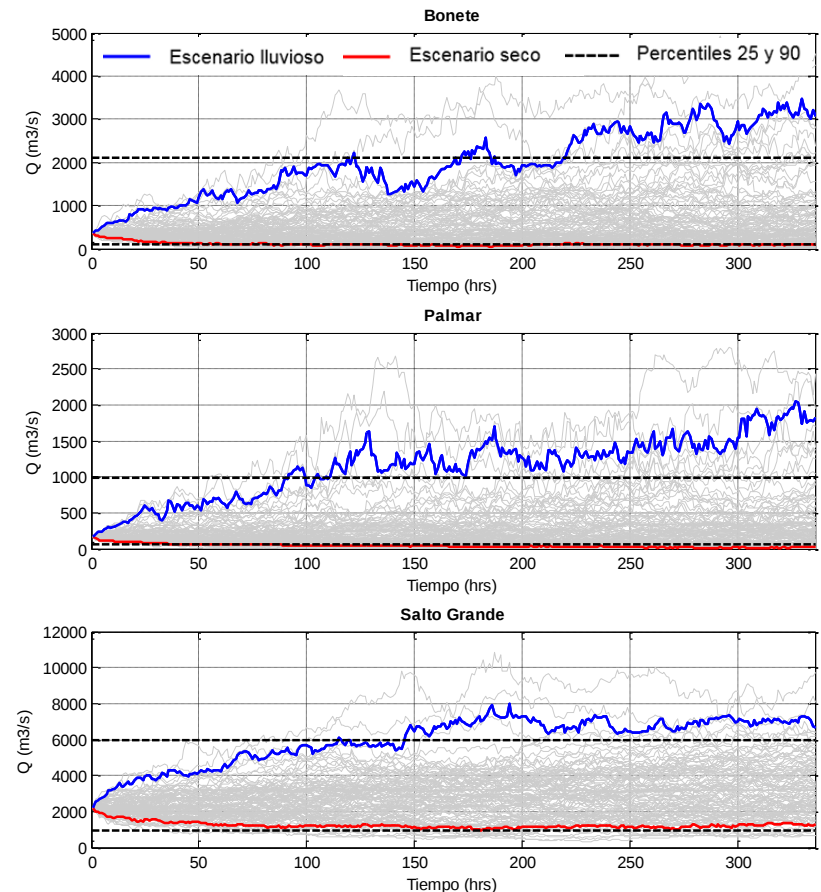
Metodología

Generación de las “series de pronóstico” hidrológico

- Simulación de 100 crónicas de paso horario, con una condición inicial dada (percentil 50) y sin valores guía de pronóstico.

Condición inicial	
Central	Caudal
Bonete	349 m ³ /s
Palmar	168 m ³ /s
Salto Grande	2189 m ³ /s

(*) Obtenida a partir de las funciones deformantes de los aportes medios semanales obtenidas del Sintetizador CEGH de paso semanal.



Ensemble de 100 series sintéticas de aportes horarios y crónicas seleccionadas para los escenarios seco y lluvioso.

Metodología

Incorporación de los pronósticos hidrológicos al sintetizador CEGH

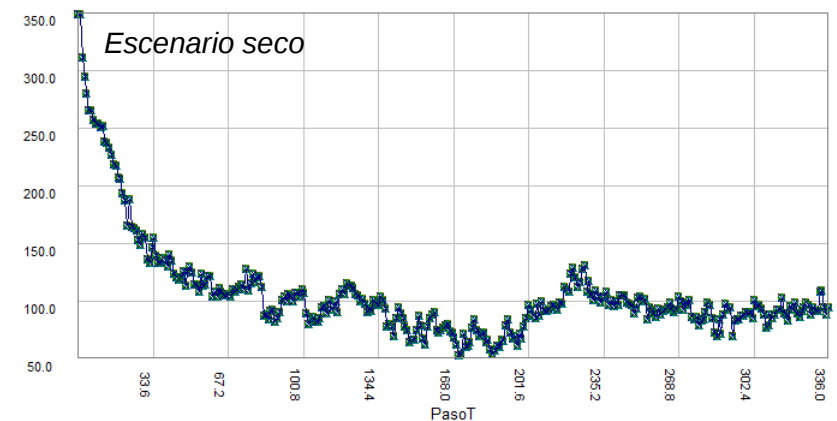
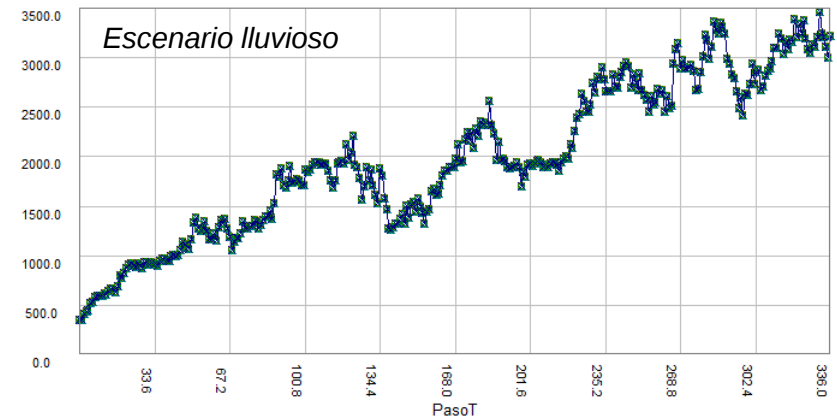
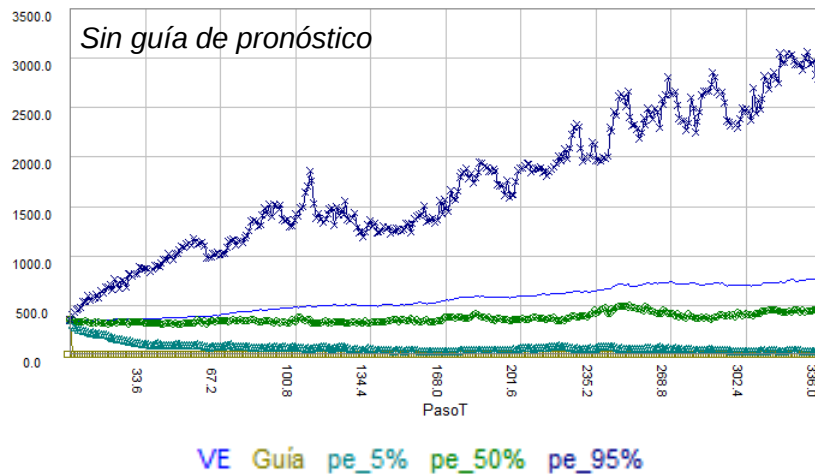
- Aportes hidrológicos representados por un **proceso estocástico lineal en espacio Gaussiano**.
- Posibilidad de incluir información que surja de un pronóstico, a través de una **guía de pronóstico**.
- **Pronóstico determinístico**: sin incertidumbre a lo largo de todo el horizonte temporal.

Parámetro	Valor (hrs)	Definición
NPCC	336	Nº de pasos en que se sigue la guía de pronóstico
NPLC	0	Nº de pasos en que la guía se reajusta con la climatología
NPSA	336	Nº de pasos sin incertidumbre
NPAC	0	Nº de pasos en que la incertidumbre pasa de 0 a su valor climatológico

Metodología

Incorporación de los pronósticos hidrológicos al sintetizador CEGH

Ejemplo: Evolución del cono de pronóstico para Bonete

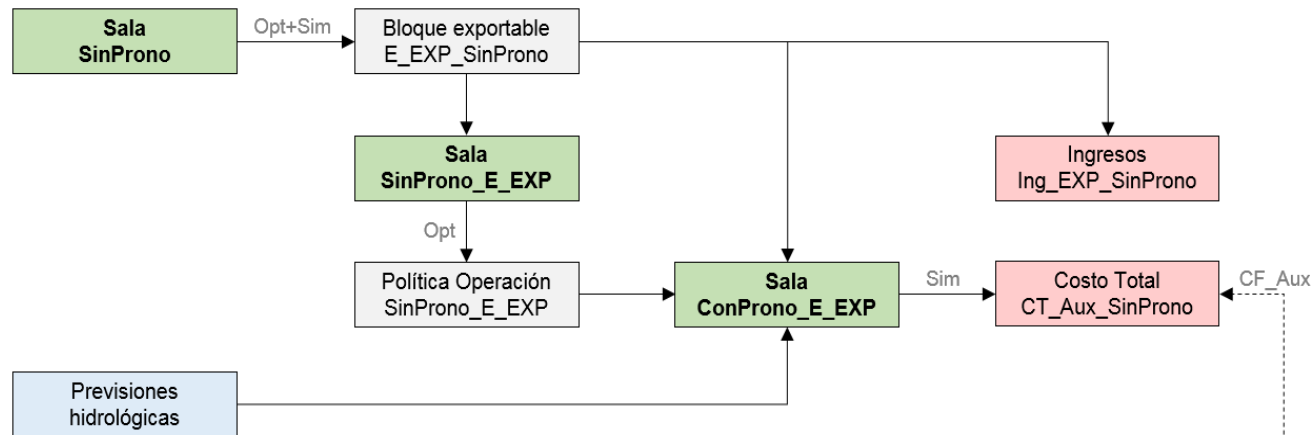


Obs: La condición inicial es la misma para los tres casos considerados (escenario seco, escenario lluvioso y sin pronóstico), coincidente con el percentil 50 para la semana 22.

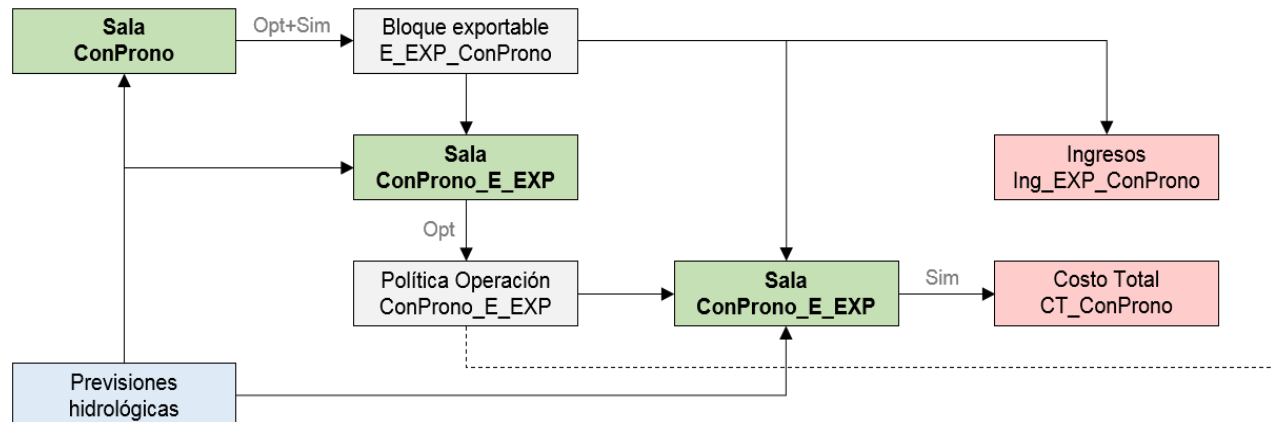
Metodología

Evaluación de impactos

Modelo SinProno



Modelo ConProno (Seco/Lluvioso)



Metodología

Evaluación de impactos

- **Costo total del sistema al finalizar la primera semana:**

$$CT = CD(x, k) + CF(x, k + 1)$$

Donde:

CD es el costo directo acumulado de la operación del sistema.

CF es el costo futuro al final del dicho período.

Para el caso **SinProno** se considera un **costo futuro auxiliar** (CF_Aux), que coincide con la función CF_ConProno_E_EXP correspondiente a la optimización con que se determinó PO_ConProno_E_EXP (operador más informado).

Metodología

Evaluación de impactos

- **Ingresos debido a la exportación de energía:**

$$Ing_EXP = 80. (ExcAcumPe90) + 7. (ExcAcum - ExcAcumPe90)$$

Donde:

ExcAcum es el acumulado de energía excedente.

ExcAcumPe90 es el acumulado de energía excedente con una probabilidad de excedencia del 90%.

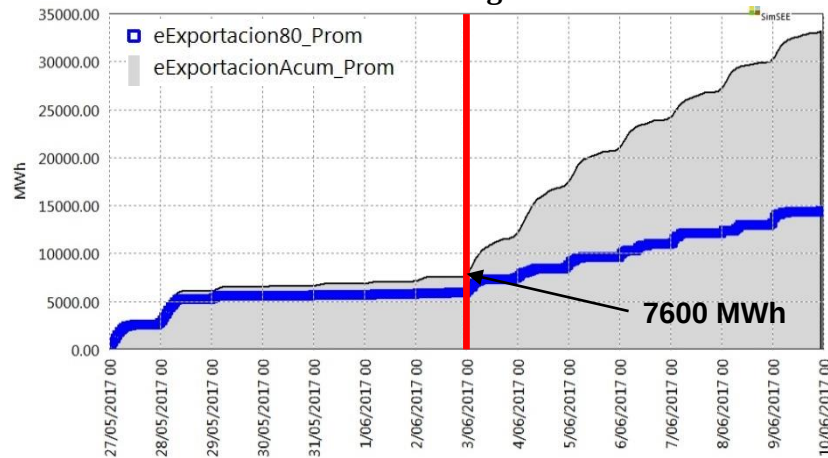
- **Beneficio económico en valor esperado (100 crónicas):**

$$Beneficio (USD) = \Delta Ingresos - \Delta CT$$

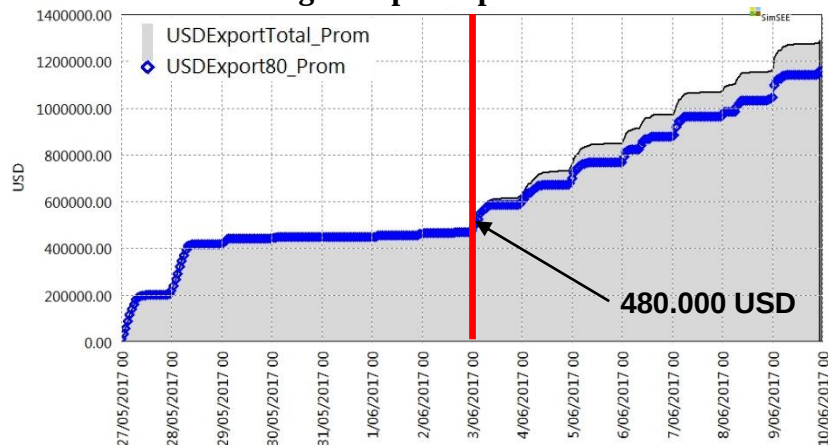
Resultados del estudio

SinProno

Acumulado de energía excedente

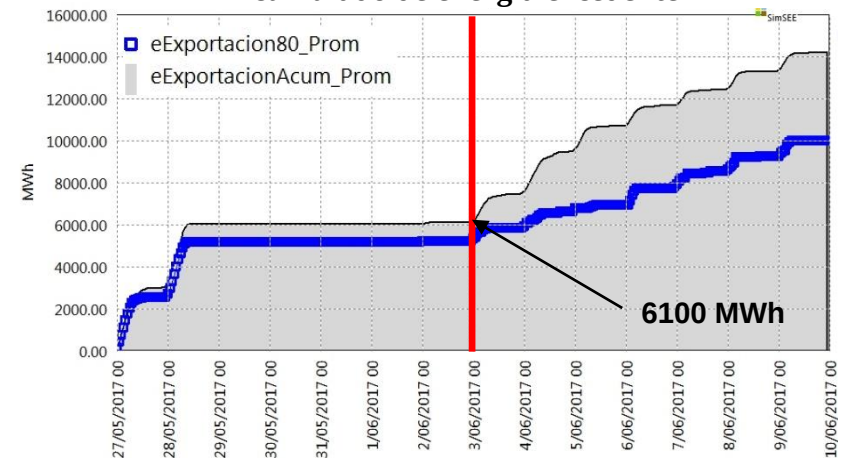


Ingresos por exportación

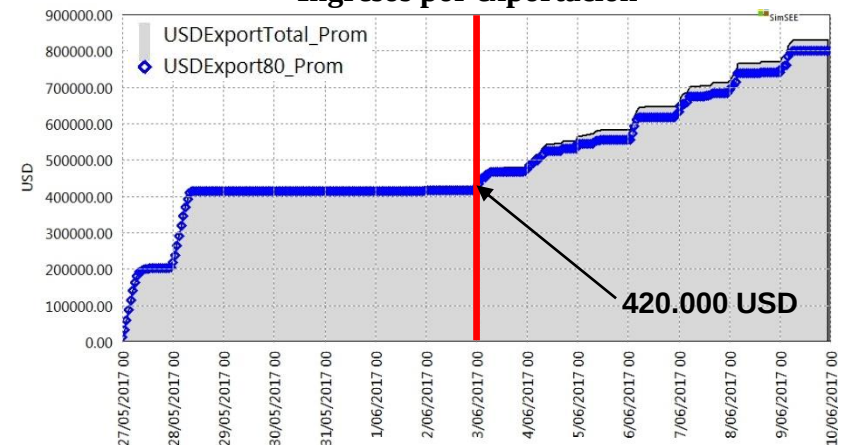


PronoSeco

Acumulado de energía excedente



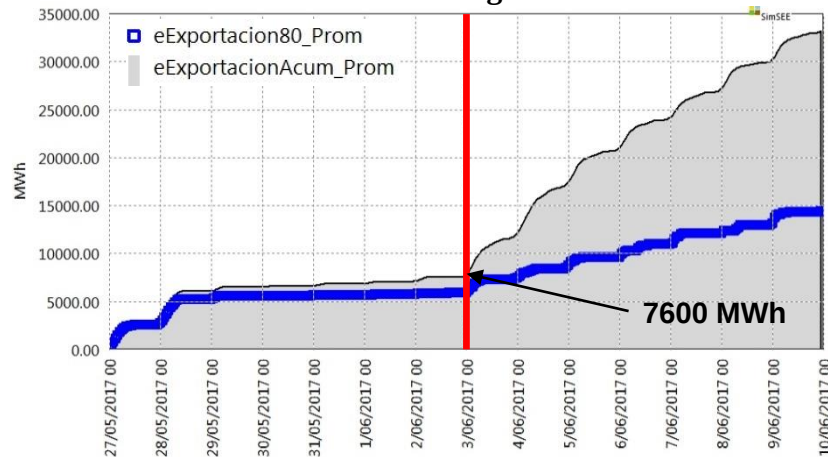
Ingresos por exportación



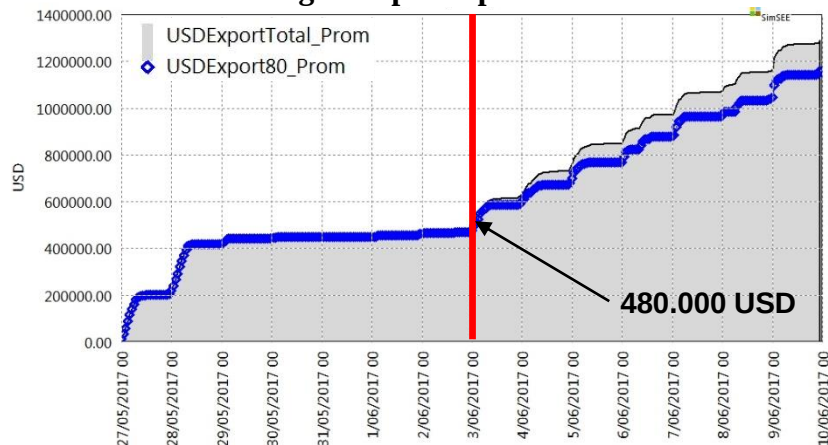
Resultados del estudio

SinProno

Acumulado de energía excedente

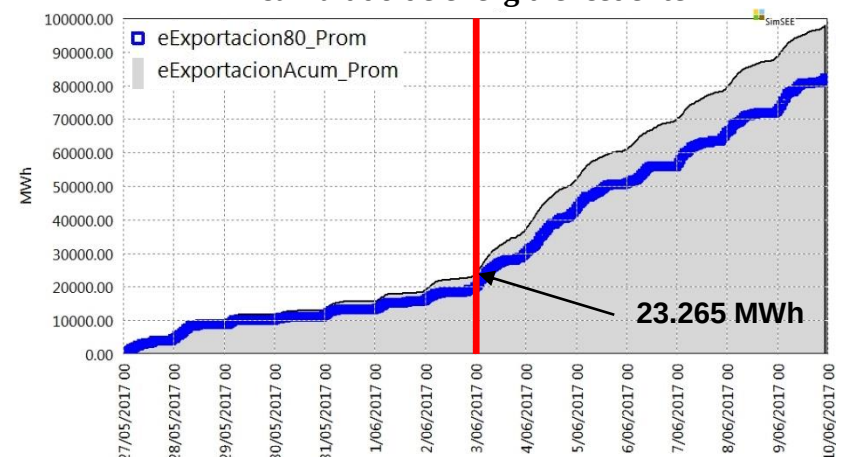


Ingresos por exportación

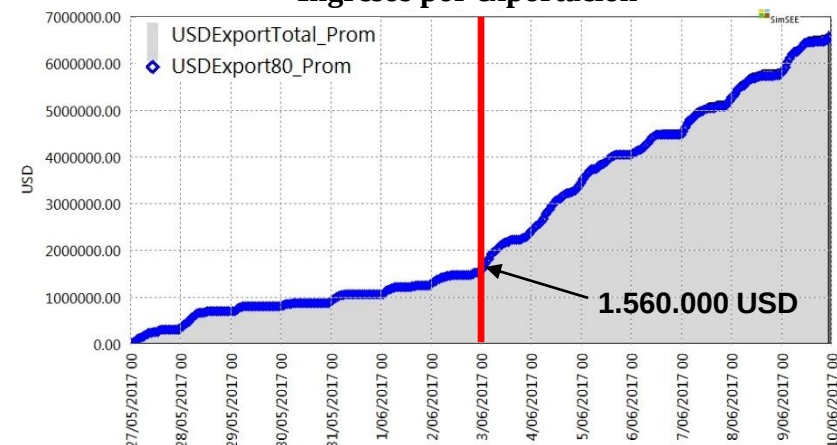


PronoHumedo

Acumulado de energía excedente



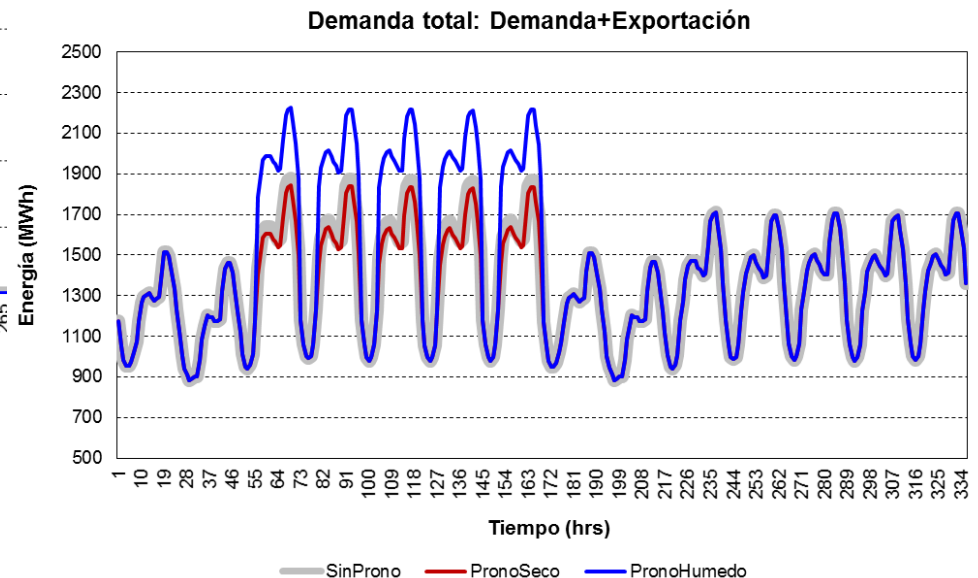
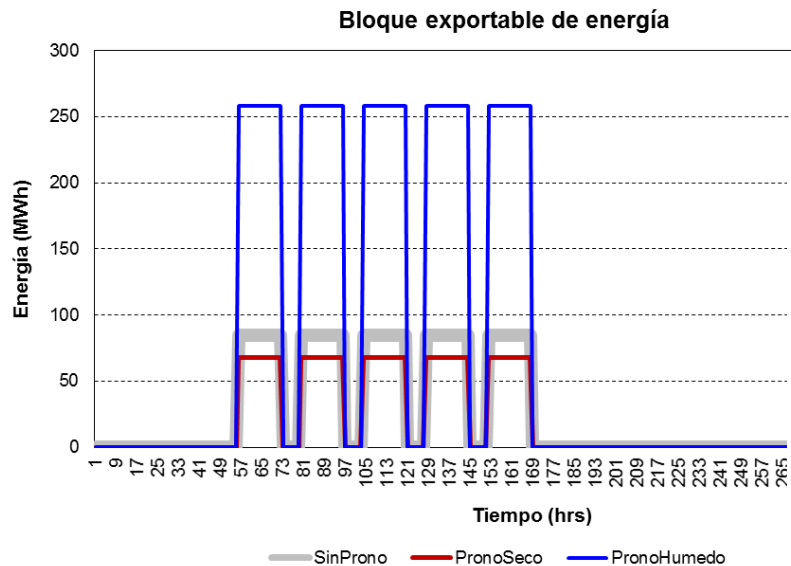
Ingresos por exportación



Resultados del estudio

• Definición del bloque de energía exportable

- Acumulado de energía excedente durante la primera semana.
- Se representa como una demanda del tipo “Demanda detallada”, distribuida uniformemente de lunes a viernes de 7 a 23 hrs, con los mismos escalones de falla que la demanda principal.

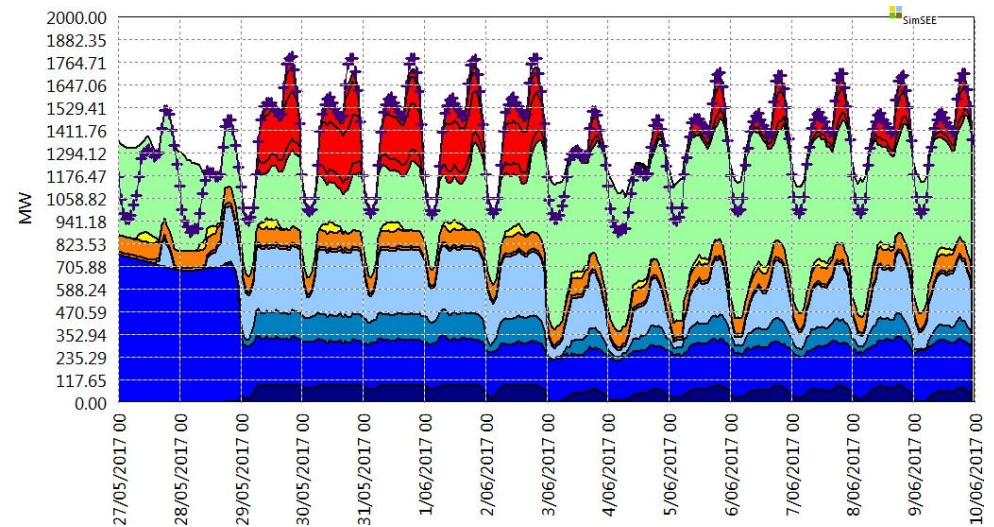


Resultados del estudio

• Escenario seco: Generación por fuente

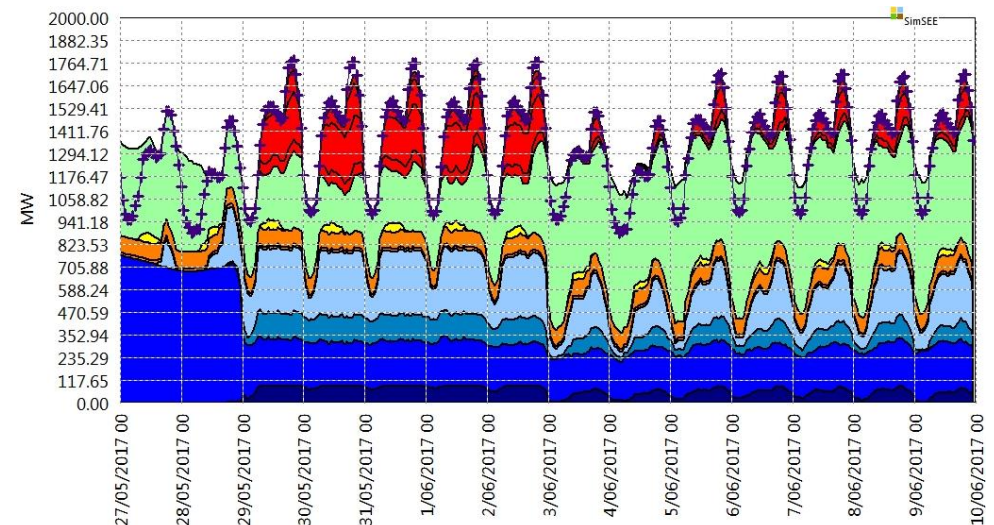
SinProno_E_EXP_SimSeco

Generación 1era Semana	
Fuente	Fracción
Hidráulica	54%
Biomasa	7%
Solar	1%
Eólica	25%
Térmica	13%
Total (MWh)	233.800



PronoSeco_E_EXP

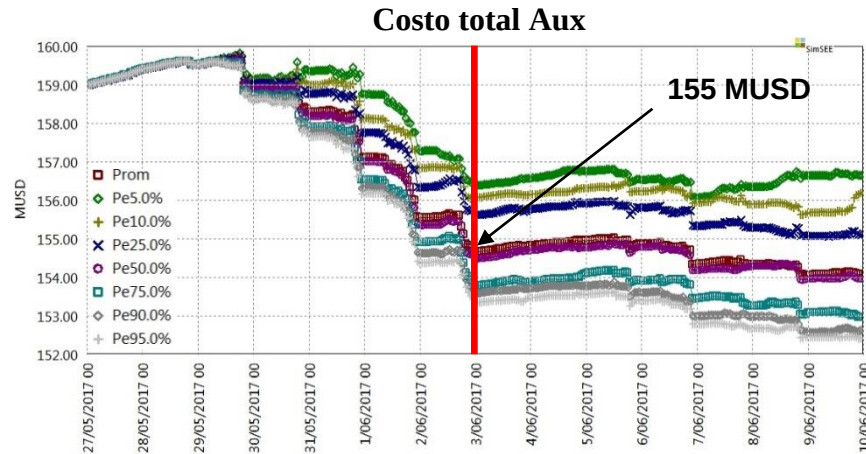
Generación 1era Semana	
Fuente	Fracción
Hidráulica	54%
Biomasa	7%
Solar	1%
Eólica	25%
Térmica	13%
Total (MWh)	232.600



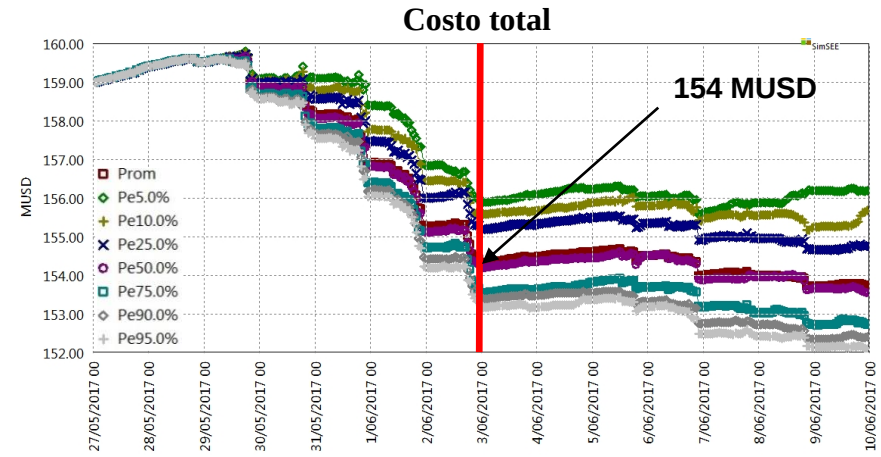
pBay_Prom
 pSG_Prom
 pBon_Prom
 pPal_Prom
 pUPM_Prom
 pGenDis_Prom
 pSOL_Prom
 pEOL_Prom
 pMots_Prom
 pPTIgas_Prom
 pPTIs_Prom
 pCTRs_Prom
 pTGAA_Prom
 pAPR_1_Prom
 pAPR_2_Prom
 pGO_Prom
 pGrupos_diesel_Prom
 DemandaTotal_Prom

Resultados del estudio

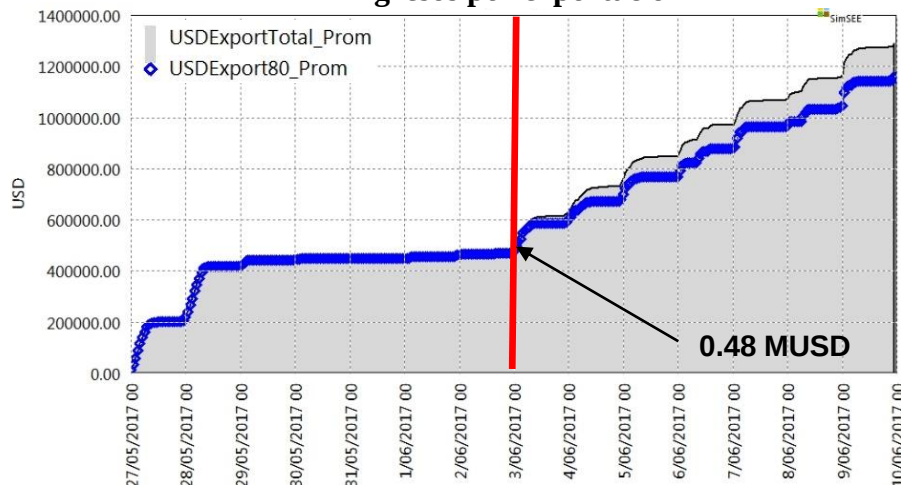
SinProno_E_EXP_SimSeco



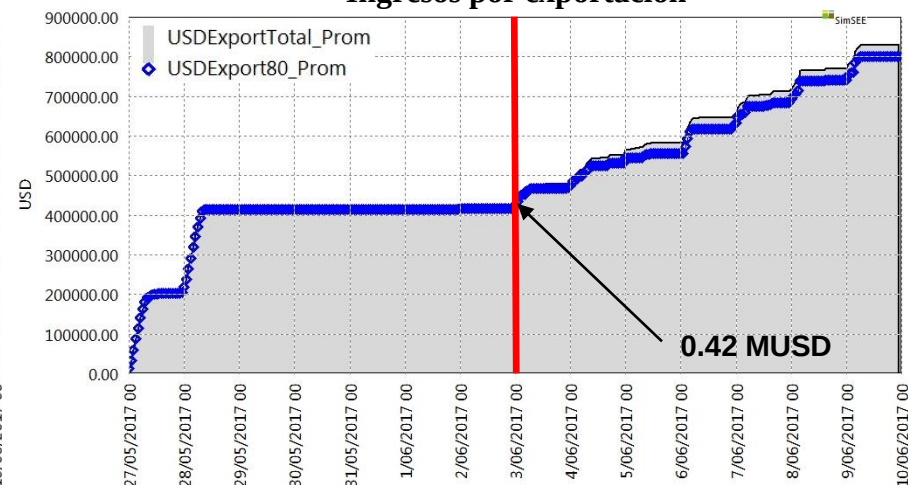
PronoSeco_E_EXP



Ingresos por exportación



Ingresos por exportación



Resultados del estudio

- **Escenario seco: Resumen**

Operador	Energía generada (MWh)	CD Acum (MUSD)	CT (MUSD)	Ingresos (MUSD)	Estado final (H)		
					Bonete (m)	Palmar (m)	SG (m)
SinProno	233800	4.77	155	0.48	78.25	38.63	30.00
ConProno	232600	4.43	154	0.42	78.25	38.70	30.00
Diferencia	-1200	-0.34	-0.34	-0.06	-0.01	0.07	0.00

Beneficio económico

280.000 USD

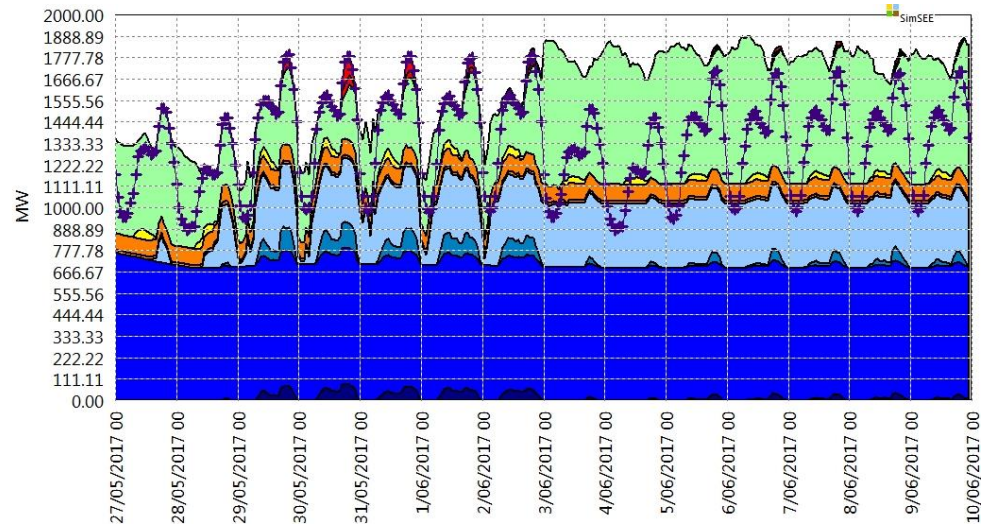
$$Beneficio (USD) = \Delta Ingresos - \Delta CT$$

Resultados del estudio

• Escenario húmedo: Generación por fuente

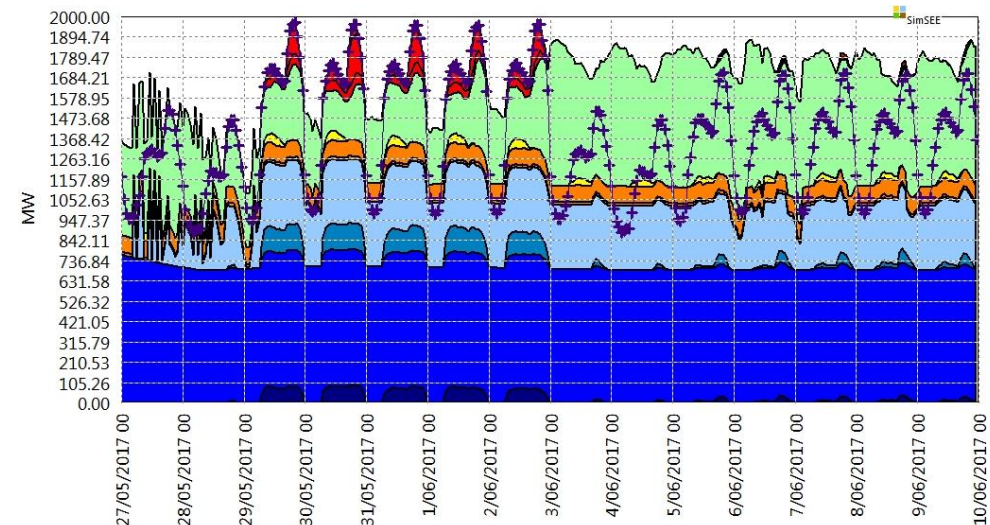
SinProno_E_EXP_SimHumedo

Generación 1era Semana	
Fuente	Fracción
Hidráulica	68%
Biomasa	7%
Solar	1%
Eólica	24%
Térmica	1%
Total (MWh)	244.350



PronoHumedo_E_EXP

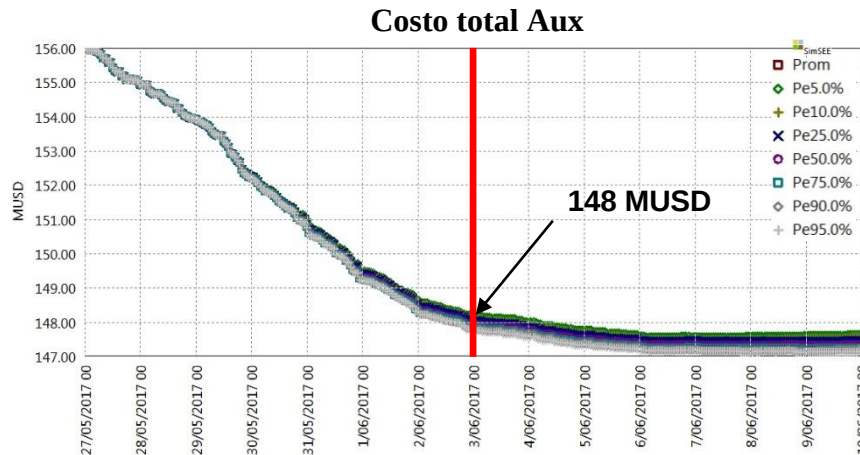
Generación 1era Semana	
Fuente	Fracción
Hidráulica	68%
Biomasa	6%
Solar	1%
Eólica	21%
Térmica	4%
Total (MWh)	267.300



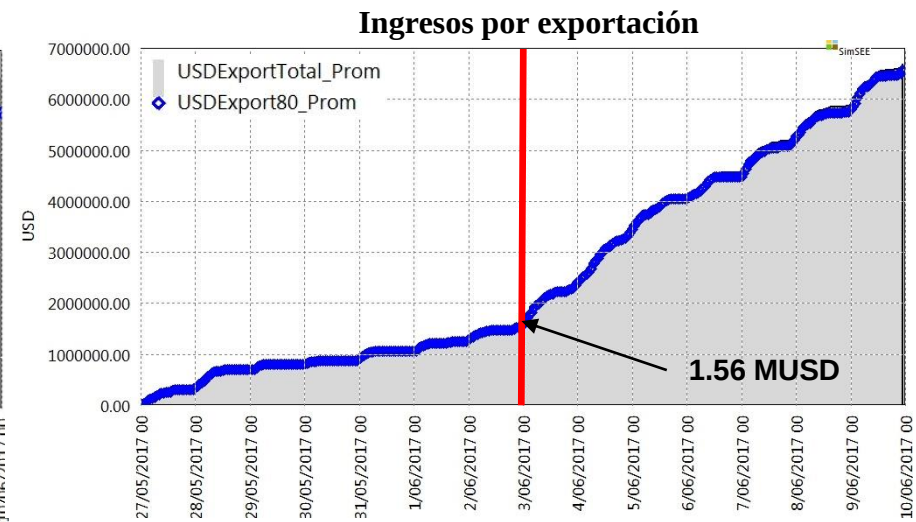
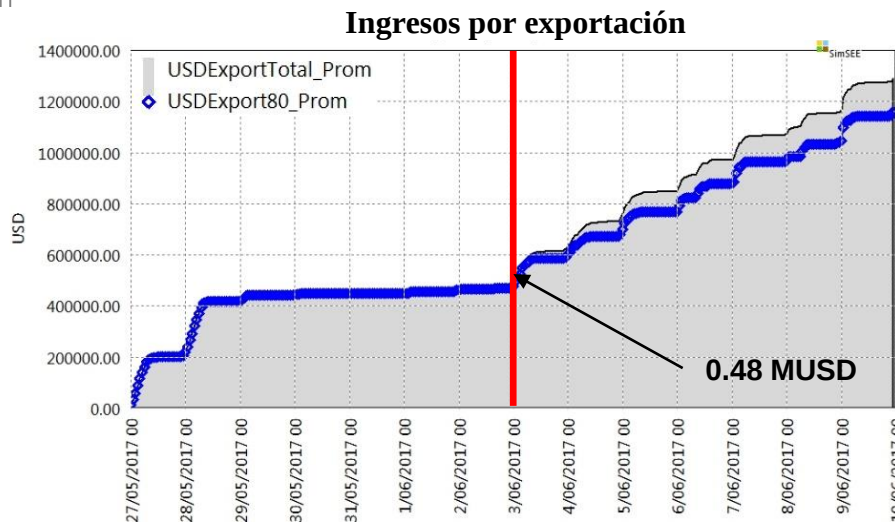
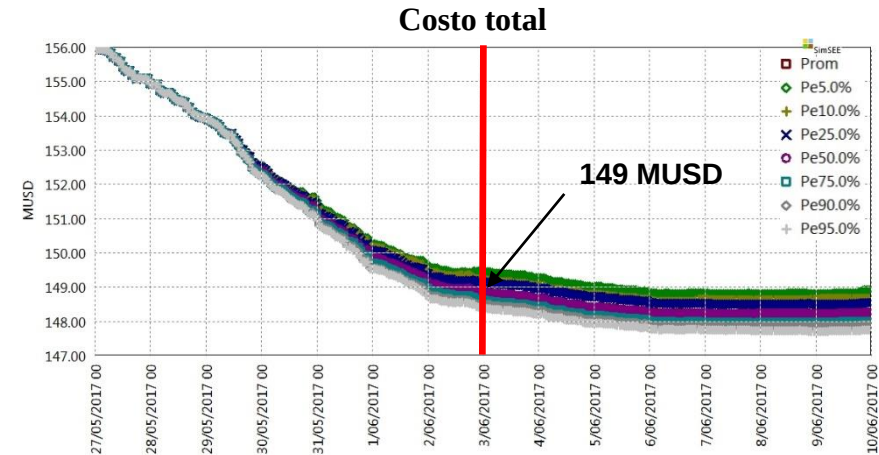
pBay_Prom
 pSG_Prom
 pBon_Prom
 pPal_Prom
 pUPM_Prom
 pGenDis_Prom
 pSOL_Prom
 pEOL_Prom
 pMots_Prom
 pPTIgas_Prom
 pPTIs_Prom
 pCTRs_Prom
 pTGAA_Prom
 pAPR_1_Prom
 pAPR_2_Prom
 pGO_Prom
 pGrupos_diesel_Prom
 DemandaTotal_Prom

Resultados del estudio

SinProno_E_EXP_SimHumedo



PronoHumedo_E_EXP



Resultados del estudio

- **Escenario húmedo: Resumen**

Operador	Energía generada (MWh)	CD Acum (MUSD)	CT (MUSD)	Ingresos (MUSD)	Estado final (H)		
					Bonete (m)	Palmar (m)	SG (m)
SinProno	244350	0.28	148	0.48	79.15	39.86	30.87
ConProno	267300	1.16	149	1.56	79.08	39.59	30.87
Diferencia	22950	0.88	0.89	1.08	-0.06	-0.27	0.00

Beneficio económico

180.000 USD

$$Beneficio (USD) = \Delta Ingresos - \Delta CT$$

Conclusiones

- La incorporación de información de previsiones de aportes hidrológicos a las centrales hidroeléctricas en la programación semanal resulta en un **impacto económico positivo** (en valor esperado), en comparación a la programación que se realizaría en caso de no disponer de dicha información.
- En particular, pareciera que se tiene un desempeño marginalmente superior en el escenario seco, cuando los costos de operación son más altos.
- Por otro lado, además de la reducción de costos, es de esperar beneficios adicionales en cuanto a la **reducción del “riesgo”**, producto de una política de operación más informada.

Posibles trabajos futuros

- Análisis de sensibilidad de los resultados respecto a la semilla aleatoria considerada (valor por defecto: 31).
- Análisis de sensibilidad de los resultados respecto a la cota inicial de los lagos de las centrales hidroeléctricas.
- Análisis de sensibilidad de los resultados a la demanda neta (demanda total - generación autodespachada) y su incertidumbre, fundamentalmente asociada a la incertidumbre de los pronósticos de potencia eólica y solar.
- Repetir el análisis considerando series de previsiones hidrológicas “reales”, de manera de cuantificar el impacto real de disponer de dicha información y eventualmente incluyendo una evaluación de la calidad de los pronósticos disponibles.
- En lugar de considerar pronósticos hidrológicos determinísticos en el sintetizador CEGH, introducir pronósticos probabilísticos en los que la amplitud del cono de pronóstico representa adecuadamente la incertidumbre esperada en función de la predictibilidad de la situación meteorológica.

VALORIZACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE PREVISIONES DE APORTES HIDROLÓGICOS EN LA PROGRAMACIÓN A CORTO PLAZO

FIN

Muchas gracias!!!

Alejandra De Vera
Andrea Viscarret