

Evaluación de 2 modelos CEGH de generación de histogramas de velocidad de viento y radiación solar.

Autores:

Andrés Guggeri

Paolo Sassi

Trabajo final, curso SimSEE

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.

IIE – FING – UDELAR

Junio 2016

Montevideo – Uruguay.

Objetivo

- Comparar dos modelos CEGH.
 - Acoplado: tiene en cuenta la relación entre la velocidad del viento y la radiación solar. Un solo CEGH da valores de velocidad de viento e índice de claridad, kt.
 - Desacoplado: se usan dos modelos CEGH separados, uno que da valores de velocidad de viento y otro independiente que da valores del índice de claridad, kt.

Objetivo

Para realizar este trabajo se utilizó el programa de Simulación de Sistemas de Energía Eléctrica (SimSEE), en el cual se implementan las diferentes situaciones a analizar y se crea una plantilla de SimRes3, donde se realizan operaciones crónicas para evaluar los resultados.

Hipótesis de trabajo

- Se utilizan las salas vistas en clase para estudio de complementariedad.
- Estudio con demanda fija para dos años base con demanda prevista en la sala base del curso de planificación 2016-2046:
 - Año 2020: 11.577 GWh.
 - Año 2040: 18.970 GWh.
- Horizontes: simulación 2023, optimización 2030
- Paso de tiempo: semanal (168 hs)
- 5 Postes de 5, 30, 91, 28 y 14 hs.
- Se considera un único nodo al cual se le adjudica toda la demanda y toda la generación.

Variables Globales

Variables Globales | Fuentes | Actores | Estados | Mantenimientos | Monitores | Simulador | ? | Flucar | CO2 | SimRes3 | Combustibles

Horizonte de Tiempo

Fecha de Inicio: 01/01/2020 Fecha de Fin: 01/06/2030 (03/06/2016 18:29:57)

Optimización: 01/01/2020 01/06/2030

Simulación: 01/01/2020 07/01/2023 Fecha Guarda Sim: 07/01/2022

Paso de Tiempo

Unidades del paso de tiempo

- Horas
 Minutos

Número de Postes: Postes Monotonos?

Poste Nº	1	2	3	4	5
Duración	5	30	91	28	14

Informativo.

Duración del Paso del Tiempo [h]: Pasos de Optimización: Pasos de Simulación:

Hipótesis de trabajo

- Generación
 - Centrales Hidroeléctricas: Igual que en la sala base
 - Centrales Térmicas:
 - 125 MW de Biomasa
 - 8 MotoGeneradores de 10 MW
 - Turbinas de Gas – Se busca el óptimo. – ppd 14,47 usd/MWh
 - Parque Eólico: 4 parques de igual potencia. – pped 65 usd/MWh
 - Parque Solar: 3 parques de igual potencia y uno de mayor potencia ubicado en Salto – pped 85 usd/MWh
- Sumidero – Pmin de 2500 MW – 2 usd/MWh

Turbinas de Gas

Nombre del Generador: TG_BASE ?

Asignado al Nodo: Montevideo

Calcular Gradiente de Inversión.

Emissiones CO2
 Ton-CO2/MWh: 0 Low Cost Must Run
 Clean Development Mechanism

Fichas:

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?		
01/01/1900	PMax= 280 MW, cv= 13...	NO		

Fecha de inicio (dd/MM/yyyy): 01/01/1900 ?

Capa: 0

Periodica?

Inicio del Periodo: 0

Fin del Periodo: 0

Largo del Periodo: 1 Años

Ciclos Activa	
Ciclos Inactiva	
Desplazamiento	

Potencia máxima [MW]: 280

Costo variable incremental [USD/MWh]: 136,4

FD [p.u.]: 0,8

Costo variable no combustible [USD/MWh]: 8,2

TMR [h]: 168

Factor de reserva[pu]: 0

EMaxPaso[MWh]:

Indice de Precios por Combustible[p.u. del precio]: i_PET

Borne: Borne Por Defecto

Pago por potencia [USD/MWh]: 14,47

Pago por energía [USD/MWh]: 0 (Adicional al CV e igual indexación)

Hipótesis de trabajo

- Generación
 - Centrales Hidroeléctricas: Igual que en la sala base
 - Centrales Térmicas:
 - 125 MW de Biomasa
 - 8 MotoGeneradores de 10 MW
 - Turbinas de Gas – Se busca el óptimo. – ppd 14,47 usd/MWh
 - Parque Eólico: 4 parques de igual potencia. – pped 65 usd/MWh
 - Parque Solar: 3 parques de igual potencia y uno de mayor potencia ubicado en Salto – pped 85 usd/MWh
- Sumidero – Pmin de 2500 MW – 2 usd/MWh

Parques Eólicos

Nombre del Generador: RM

Asignado al Nodo: Montevideo

Pago por energía entregada [USD/MWh]: 0

Pago por energía disponible [USD/MWh]: 65

Calcular Gradiente de Inversión.

Parámetros de un aerogenerador:

- Factor de disponibilidad [p.u.]: 0,95
- Tiempo medio de reparación [h]: 96
- Velocidad de arranque [m/s]: 3
- Velocidad Máxima [m/s]: 25

Editar Curva Velocidad-Potencia

Restar para postizar.

Editar Unidades Disponibles

Factor de pérdida aerodinámica del parque según dirección de ataque del viento:

Exportar a Excel Importar Desde Excel

Dirección	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO
factores de pérdidas[p.u.]	0,94	0,94	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,94	0,94	0,94	0,97	0,98	0,98	0,98

Multiplicador de la velocidad: 1 (multiplica a los factores por dirección)

Fuente de vientos

Fuente De Viento: Eolica desacop (Sólo se puede seleccionar una fuente con paso de sorteo HORARIO)

Borne_vx: V_X_RM

Borne_vy: V_Y_RM

Emisiones CO2

Ton-CO2/MWh: 0 Low Cost Must Run

Clean Development Mechanism

Editar Unidades Disponibles

Ver Expandida Agregar Ficha

Fecha de Inicio	Instaladas	En M.Prog.	Periodica?	Capa			
Auto	155	0	NO	0			

Editar unidades de RM

Comienzo: Auto Capa: 0

Unids instaladas: 155 En Mant. Prog.: 0 Alta Incierta Inicio Crónica Incierto

Periodica?

Inicio del Periodo: 0 Ciclos Activa

Fin del Periodo: 0 Ciclos Inactiva

Largo del Periodo: 1 Años Desplazamiento

Guardar Cancelar

Hipótesis de trabajo

- Generación
 - Centrales Hidroeléctricas: Igual que en la sala base
 - Centrales Térmicas:
 - 125 MW de Biomasa
 - 8 MotoGeneradores de 10 MW
 - Turbinas de Gas – Se busca el óptimo. – ppd 14,47 usd/MWh
 - Parque Eólico: 4 parques de igual potencia. – pped 65 usd/MWh
 - Parque Solar: 3 parques de igual potencia y uno de mayor potencia ubicado en Salto – pped 85 usd/MWh
- Sumidero – Pmin de 2500 MW – 2 usd/MWh

Parques Solares

Nombre del Generador: SASol

Asignado al Nodo: Montevideo

Calcular Gradiente de Inversión.

Emissiones CO2
 Ton-CO2/MWh: 0
 Low Cost Must Run
 Clean Development Mechanism

Restar para postizar.

Editar Unidades Disponibles

Editar Forzamientos

Guardar Cambios Cancelar

Fuente Kt: kt_horaria (solo puede ser una fuente de paso horario)
 Borne: KTM_SA

Fecha de inicio (dd/MM/yyyy hh:mm) Auto

Capa: 0

Periodica?

Pagos (no considerados en el despacho)
 Pago por energía disponible [USD/MWh]: 85
 Pago por energía entregada [USD/MWh]: 0

Parámetros del generador:

PMax [MW]:	1	Latitud [grados]:	-31,28
Disponibilidad[p.u.]:	1	Longitud [grados]:	-57,92
Tiempo de Reparación [horas]:	90	Inclinación [grados]:	31,28
Area [m2]:	5600	Azmut [grados]:	0
Rendimiento complejo [pu]:	0,18	Reflectividad del suelo:	0,26

Guardar Cambios Cancelar

Editar Unidades Disponibles

Ver Expandida Agregar Ficha

Fecha de Inicio	Instaladas	En M.Prog.	Periodica?	Capa			
Auto	306	[0]	NO	0			

Comienzo: Auto

Capa: 0

Unids instaladas: 306 En Mant. Prog.: 0 Alta Incierta Inicio Crónica Incierto

Periodica?

Inicio del Periodo: 0 Ciclos Activa

Fin del Periodo: 0 Ciclos Inactiva

Largo del Periodo: 1 Años Desplazamiento

Guardar Cancelar

Metodología

- Ensayo y error: se optimiza y simula para valores fijos de potencia instalada de Energía Eólica, Solar y Turbinas de Gas.
- Se calcula el promedio anual del Gradiente de Inversión para cada tecnología:
 - $GI > 0 \rightarrow$ Es conveniente instalar más.
 - $GI < 0 \rightarrow$ Se instaló demasiado.

SimRes3

- Índices
- Variables Crónicas
- Operaciones Crónicas
- Post-Operaciones Crónicas
- Impresión de Variables Crónicas

Índices

Editor SimRes3 - (G_Inv.sr3)

Archivo SimRes: {\$carpetaCorrida}simres_{\$semillaSim}x{\$nCronicasSim}_{\$escenario}.xlt

Fecha de Inicio: {\$fechaIniSim} Usar FechaIniSim Fecha de Fin: {\$fechaFinSim} Usar FechaFinSim

Índices Variables Crónicas Operaciones Crónicas Post Operaciones Impresión de Variables Crónicas Ejecutar ?

Agregar Índice

Nombre	Actor	Variable	Número de SimRes				
Idx_GradInv_JI	JI	GradInv	1				
Idx_GradInv_JIsol	JIsol	GradInv	1				
Idx_GradInv_OT	OT	GradInv	1				
Idx_GradInv_OTsol	OTsol	GradInv	1				
Idx_GradInv_RM	RM	GradInv	1				
Idx_GradInv_RMsol	RMsol	GradInv	1				
Idx_GradInv_SA	SA	GradInv	1				
Idx_GradInv_SAsol	SAsol	GradInv	1				
Idx_GradInv_TG_BASE	TG_BASE	GradInv	1				
Idx_PD_Demanda	Demanda	PD	1				
Idx_P_JI	JI	P	1				
Idx_P_JIsol	JIsol	P	1				
Idx_P_OT	OT	P	1				
Idx_P_OTsol	OTsol	P	1				
Idx_P_RM	RM	P	1				
Idx_P_RMsol	RMsol	P	1				
Idx_P_SA	SA	P	1				
Idx_P_SAsol	SAsol	P	1				
Idx_P_TG_BASE	TG_BASE	P	1				
Idx_P_Bonete	Bonete	P	1				
Idx_P_Baygorria	Baygorria	P	1				
Idx_P_Palmar	Palmar	P	1				
Idx_P_Sc	Sc	P	1				

- JI – Jose Ignacio
- RM – Rosendo Mendoza
- OT – Otamendi
- SA - Salto

Edición de índice

Nombre: Idx_GradInv_JI

Actor: JI

Variable: GradInv

SimRes Nº: 1

Guardar Cancelar

SimRes3

- Índices
- Variables Crónicas
- Operaciones Crónicas
- Post-Operaciones Crónicas
- Impresión de Variables Crónicas

Operaciones Crónicas

Editor SimRes3 - (G_Inv.sr3)

Archivo SimRes: {\${carpetaCorrida}simres_{\${semillaSim}x{\${n}CronicasSim}_{\${escenario}.xlt

Fecha de Inicio: {\${fechaIniSim} Usar FechaIniSim Fecha de Fin: {\${fechaFinSim} Usar FechaFinSim

Índices Variables Crónicas Operaciones Crónicas Post Operaciones Impresión de Variables Crónicas Ejecutar ?

Agregar Operación Crónica

Tipo de operación	Resultados	Parámetros índice	Parámetros adicionales					
promedio_m	GI_eol	Idx_GradInv_JI, Idx_GradInv_OT, Idx_G...	-					
promedio_m	GI_sol	Idx_GradInv_JI_sol, Idx_GradInv_OT_sol,...	-					
suma	GI_ter	Idx_GradInv_TG_BASE	-					
promedioPonderadoPorDurpos	Dem	Idx_PD_Demanda	-					
promedioPonderadoPorDurpos	pJI_eol	Idx_P_JI	-					
promedioPonderadoPorDurpos	pOT_eol	Idx_P_OT	-					
promedioPonderadoPorDurpos	pRM_eol	Idx_P_RM	-					
promedioPonderadoPorDurpos	pSA_eol	Idx_P_SA	-					
promedioPonderadoPorDurpos	pJI_solar	Idx_P_JI_sol	-					
promedioPonderadoPorDurpos	pOT_solar	Idx_P_OT_sol	-					
promedioPonderadoPorDurpos	pRM_solar	Idx_P_RM_sol	-					
promedioPonderadoPorDurpos	pSA_solar	Idx_P_SA_sol	-					
promedioPonderadoPorDurpos	Pot_TG	Idx_P_TG_BASE	-					
promedioPonderadoPorDurpos	Pot_Bonete	Idx_P_Bonete	-					
promedioPonderadoPorDurpos	Pot_Baygorria	Idx_P_Baygorria	-					
promedioPonderadoPorDurpos	Pot_palmar	Idx_P_Palmar	-					
promedioPonderadoPorDurpos	Pot_SG	Idx_P_SG	-					
promedioPonderadoPorDurpos	Pot_MotoGen	Idx_P_MotoGen	-					
promedioPonderadoPorDurpos	Pot_BioMasa	Idx_P_Biomasa Base	-					
promedioPonderadoPorDurpos	Dem2	Idx_P_Demanda	-					

Edición de promedio_m

Resultado: GI_eol

Índice: <Seleccione un Índice> [Agregar]

Índice	
Idx_GradInv_JI	[X]
Idx_GradInv_OT	[X]
Idx_GradInv_RM	[X]
Idx_GradInv_SA	[X]

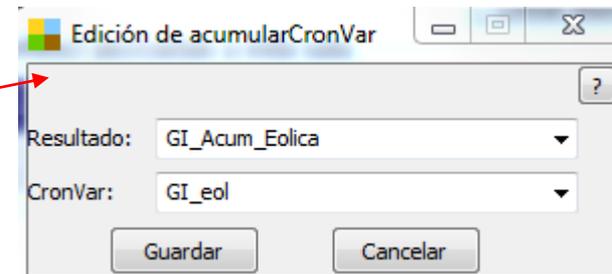
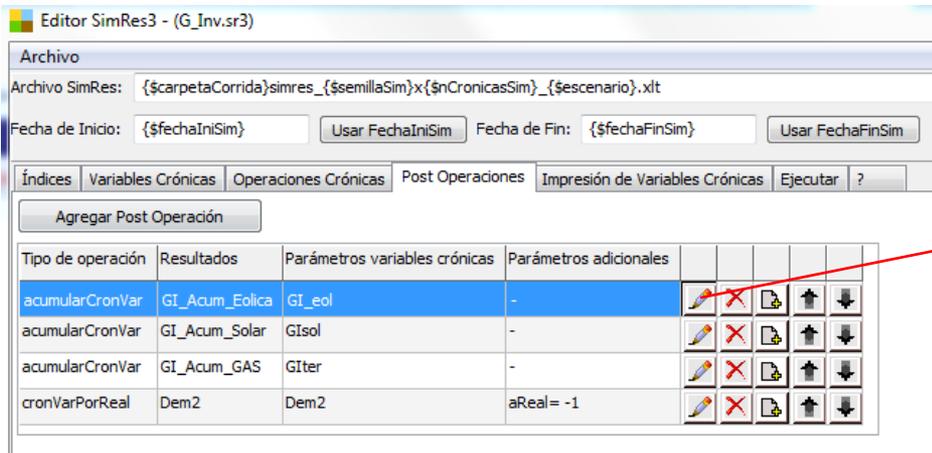
[Guardar] [Cancelar]

‘promedio_m’: calcula el G.I. promedio entre los cuatro puntos del país de esa tecnología y en cada paso temporal

SimRes3

- Índices
- Variables Crónicas
- Operaciones Crónicas
- Post-Operaciones Crónicas
- Impresión de Variables Crónicas

Post-Operaciones Crónicas

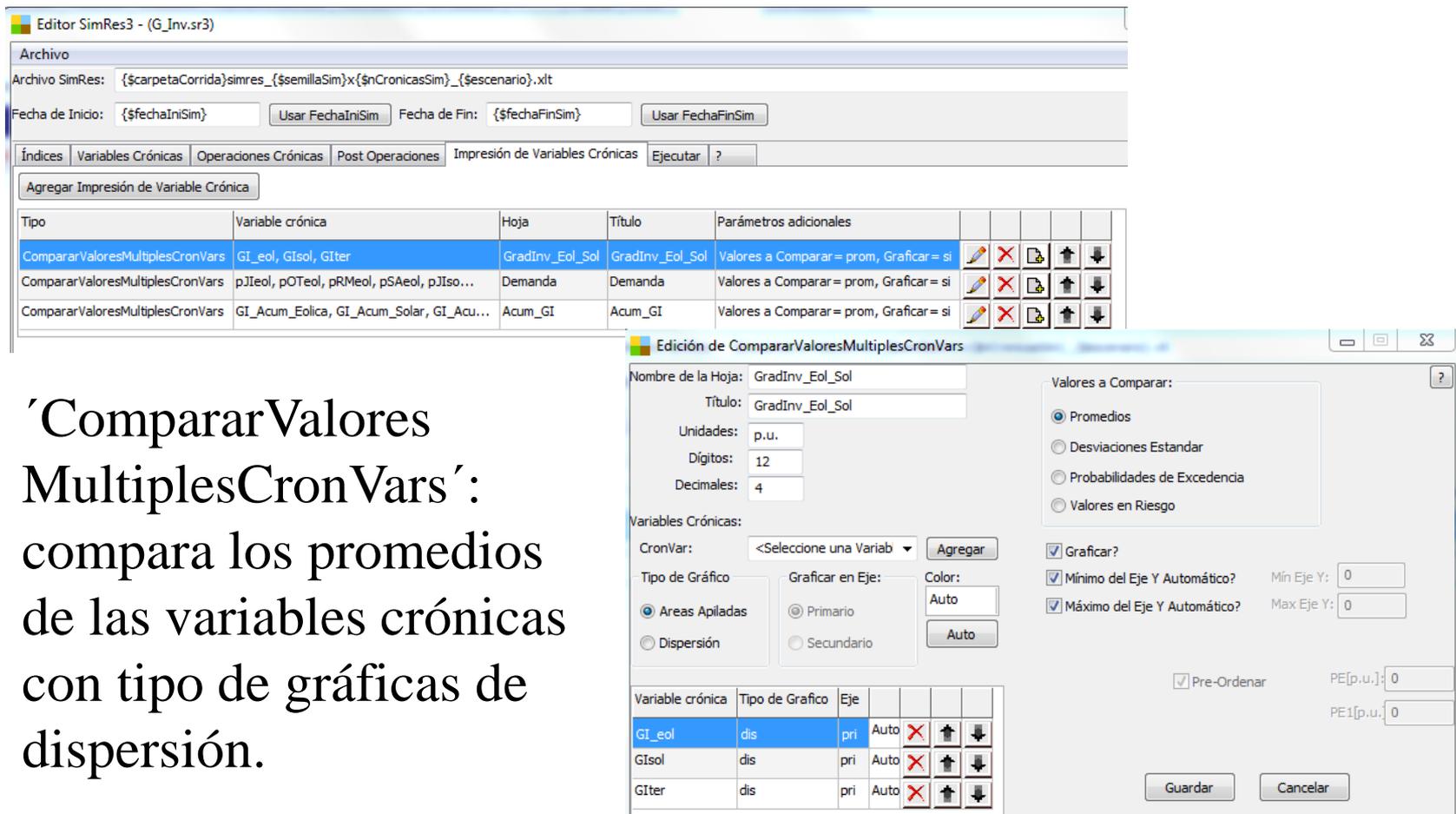


‘AcumularCronVar’: calcula la suma del G.I. correspondiente a ese paso temporal mas el G.I. de todos los pasos anteriores (Integra en el tiempo).

SimRes3

- Índices
- Variables Crónicas
- Operaciones Crónicas
- Post-Operaciones Crónicas
- Impresión de Variables Crónicas

Impresión de Variables Crónicas



The screenshot shows the 'Editor SimRes3' application with the 'Impresión de Variables Crónicas' menu open. Below the menu is a table listing variables to be printed. The 'Edición de CompararValoresMultiplesCronVars' dialog box is also visible, showing configuration options for comparing variables.

Table: Impresión de Variables Crónicas

Tipo	Variable crónica	Hoja	Título	Parámetros adicionales
CompararValoresMultiplesCronVars	GI_eol, GIsol, GIter	GradInv_Eol_Sol	GradInv_Eol_Sol	Valores a Comparar= prom, Graficar= si
CompararValoresMultiplesCronVars	pJIeol, pOTEol, pRMeol, pSAeol, pJiso...	Demanda	Demanda	Valores a Comparar= prom, Graficar= si
CompararValoresMultiplesCronVars	GI_Acum_Eolica, GI_Acum_Solar, GI_Acu...	Acum_GI	Acum_GI	Valores a Comparar= prom, Graficar= si

Dialog: Edición de CompararValoresMultiplesCronVars

Nombre de la Hoja: GradInv_Eol_Sol
Título: GradInv_Eol_Sol
Unidades: p.u.
Dígitos: 12
Decimales: 4

Valores a Comparar:
 Promedios
 Desviaciones Estandar
 Probabilidades de Excedencia
 Valores en Riesgo

Variables Crónicas:
CronVar: <Seleccione una Variab...> [Agregar]
Tipo de Gráfico: Areas Apladadas
Graficar en Eje: Primario
Color: Auto

Graficar?
 Mínimo del Eje Y Automático? Mín Eje Y: 0
 Máximo del Eje Y Automático? Max Eje Y: 0

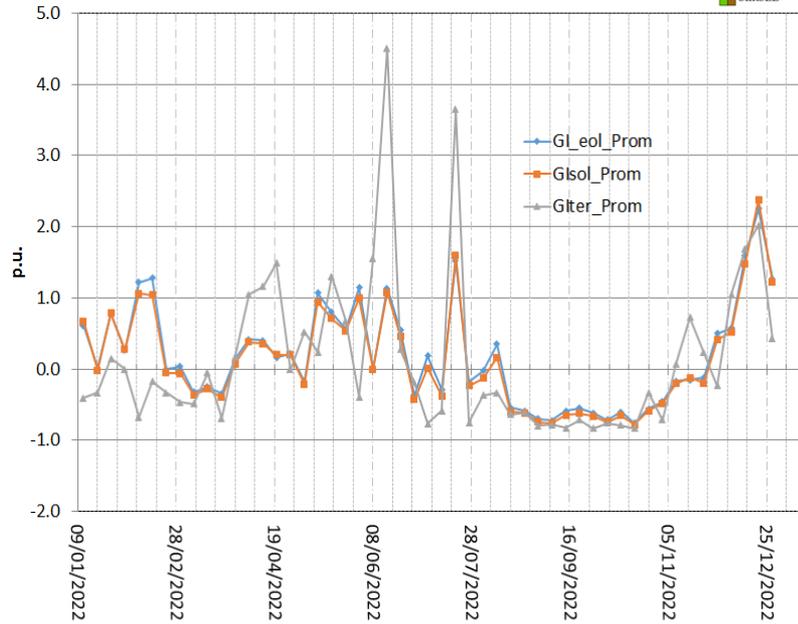
Pre-Ordenar PE[p.u.]: 0
PE1[p.u.]: 0

[Guardar] [Cancelar]

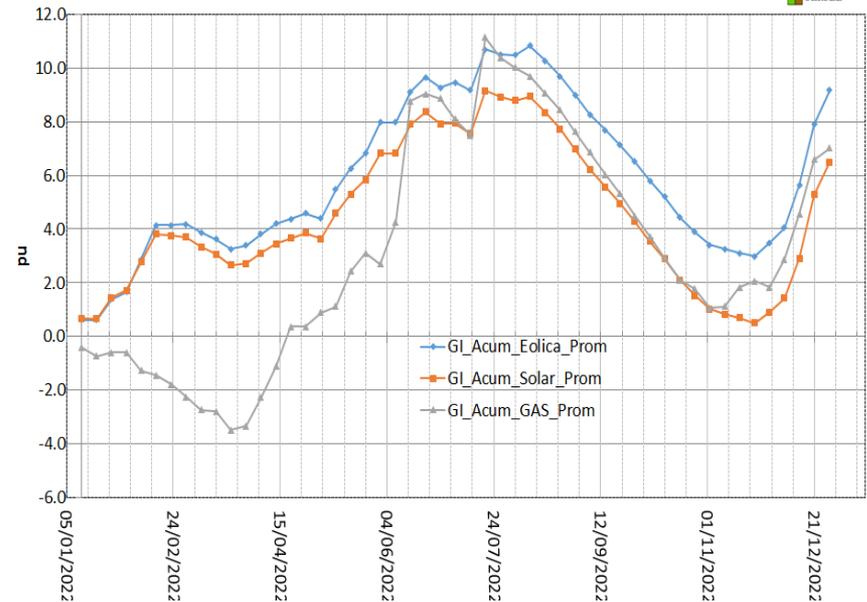
‘CompararValores MultiplesCronVars’:
 compara los promedios de las variables crónicas con tipo de gráficas de dispersión.

Cálculo de GI

Evolución semanal del GI



GI Acumulado

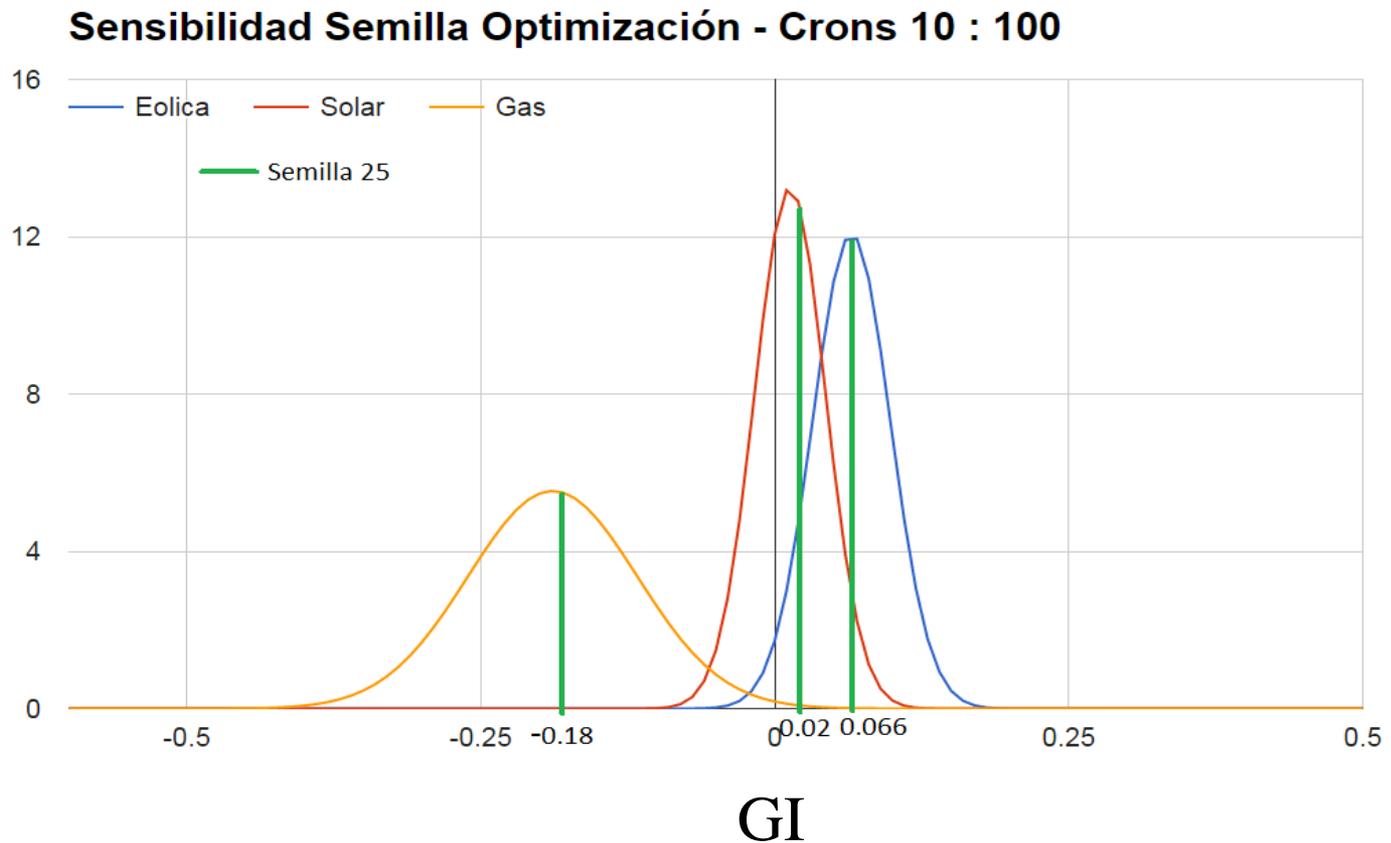


$$GI = \frac{\textit{Beneficio país} - \textit{Costo inversión}}{\textit{Costo inversión}}$$

Resultados del estudio.

- Se encuentra mix óptimo para ambos modelos CEGH
- Análisis de sensibilidad respecto de las semillas de optimización y simulación.
- Determinación de semillas más aproximadas a la media

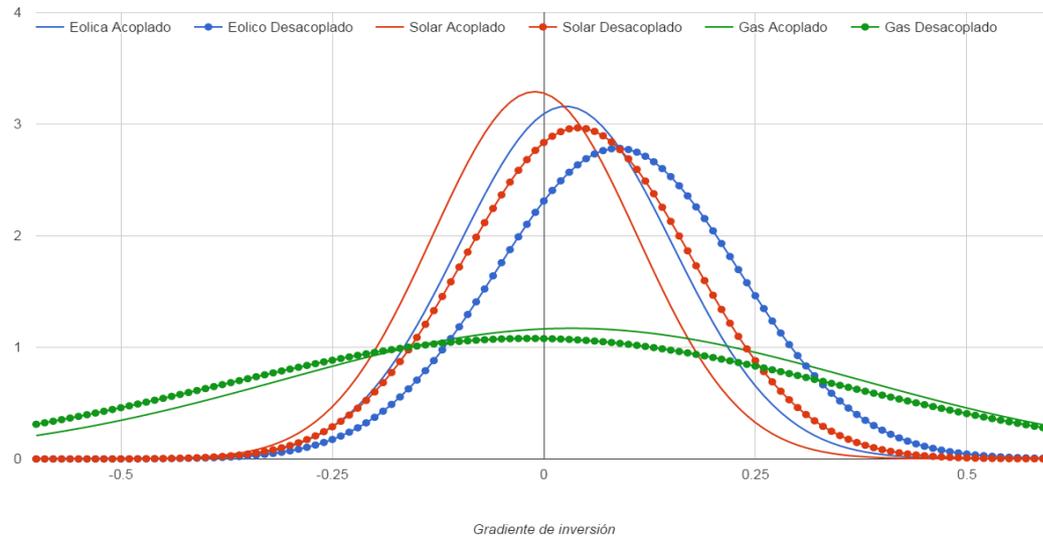
Distribución normal de resultados de análisis de sensibilidad



Mix óptimo año 2020

Año 2020 - Demanda 11.577 GWh									
	Eólica			Solar			Gas		
	MW Inst.	Media	Desv. stdr.	MW Inst.	Media	Desv. Stdr.	MW Inst.	Media	Desv. Stdr.
Acoplado	1256	0.026	0.126	380	-0.011	0.121	260	0.032	0.341
Desacoplado	1240	0.087	0.143	360	0.040	0.134	280	-0.017	0.370
Diferencia	16	-0.061	0.270	20	-0.051	0.256	-20	0.049	0.710

Comparación y sensibilidad de GI



Mix óptimo año 2040

Año 2040 - Demanda 18.970 GWh						
	Eólica		Solar		Gas	
	MW instalados	G.I.	MW instalados	G.I.	MW instalados	G.I.
Acoplado	2640	-0.115	1900	0.078	600	-0.038
Desacoplado	2640	-0.02	1900	0.183	650	-0.087
Diferencia	0	0.095	0	0.105	50	0.049

- Los mix óptimos encontrados para cada modelo (acoplado y desacoplado) no difieren significativamente
- La diferencia entre las medias de los gradientes de inversión es mucho menor a la desviación estándar correspondiente
- Esto muestra que ambos modelos son prácticamente equivalentes cuando se considera la demanda prevista para el año 2020 y 2040.

FIN

Gracias por vuestra atención

¿Preguntas?