NIVELES DE POTENCIA FIRME DE EXPORTACIÓN A BRASIL

Autores:
Jorge Caramés
Federico Lurner
Juan Manuel Moliné
Ponciano Torrado

Trabajo final curso SimSEE edición 2017
Instituto de Ingeniería Éléctrica – FING – UDELAR
Agosto 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.

OBJETIVO

- **Evaluación técnica-económica** del nivel de potencia firme excedentaria del SIN conveniente para exportar a Brasil.

- **Brindar herramientas** para la toma de decisión.

- **Utilización del SimSEE** para obtener, entre otros, los costos marginales del sistema y costos de abastecimiento de la eventual exportación.

HIPÓTESIS

- SIN con **frecuentes excedentes de generación**.
- Exportación en **modalidad firme**.
- Se busca **optimización de utilidades económicas**.
- Brasil toma energía en todas las horas de la semana menos los fines de semana y Patamar de Carga leve.
- Sin restricciones de red ni de interconexiones.
- Toda la **exportación es en 500 kV**, asumiendo que hay una capacidad de interconexión de 570 MW (solo afecta costos).
- Sala semanal (mayo 2017) tomada de AMDE.

HIPÓTESIS

- Consideración de costos fijos y variables (costos de generación) del sistema y de Brasil.
- **CFU (Costos Fijos Uruguay)**:
  - Peajes de Interconexión: 40,48 USD/MWh
  - Peajes del SIN: 83,7 $/MWh para 500 kV
  - Tasas e Impuestos: 1 USD/MWh (valor aprox)
  - Remuneración del Comercilizador UTE: 3%
- **CFB (Costos Fijos Brasil)** : Se consideraron nulos a los efectos de este trabajo, dado que no se dispone de información.

CONSIDERACIONES

• Brasil despacha la exportación siempre que el **Precio de Exportación (PE) resulte menor que el PLD**.

• **PE**=Costo Variable Energía+CFU+CFB+Beneficio.

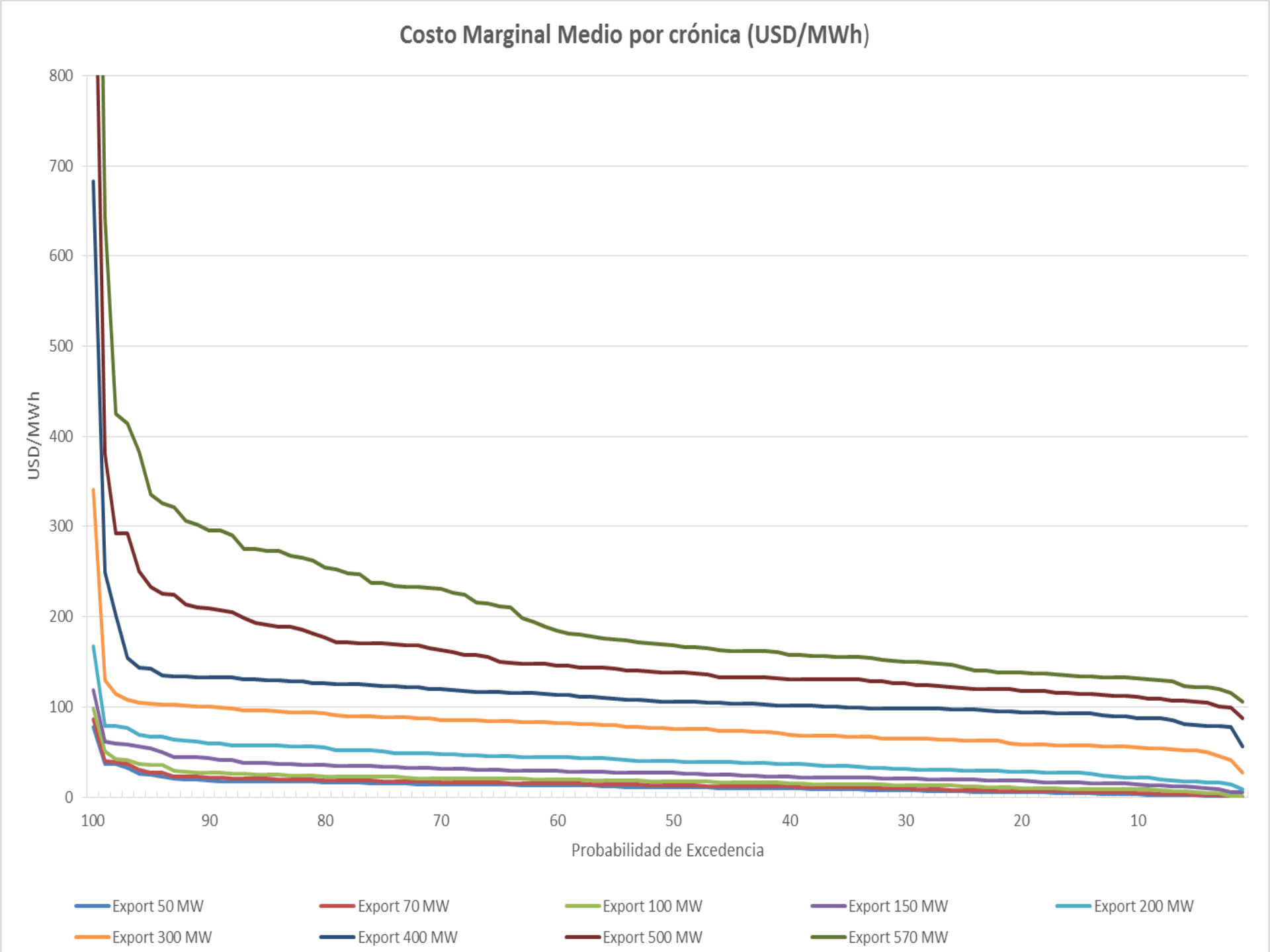
• **Precio de Comparación** = PLD – CFU – CFB.

• El PC representa el máximo valor por costos variables de generación que se pueden cargar al Precio de Exportación (si se considerara un beneficio nulo).

METODOLOGÍA y RESULTADOS

CMg, CMg medio y Valor esperado

- Se corrieron **9 escenarios** de exportación: 50 MW, 70 MW, 100 MW, 150 MW, 200 MW, 300 MW, 400 MW, 500 MW, 570 MW.
- Se realizaron **2 optimizaciones** y **100 simulaciones**, obteniendo 100 valores de energía exportada valorizada al costo marginal de cada hora y para cada escenario.
- Se calculó del **CMg medio** semanal del sistema para cada escenario.
- Se calculó el **valor esperado del CMg Medio** para cada escenario, tomando para ello las 100 crónicas.


Costo Marginal Medio por crónica (USD/MWh)
800
700
600
500
400
300
200
100
0
USD/MWh
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
Probabilidad de Excedencia
Export 50 MW
Export 70 MW
Export 100 MW
Export 150 MW
Export 200 MW
Export 300 MW
Export 400 MW
Export 500 MW
Export 570 MW

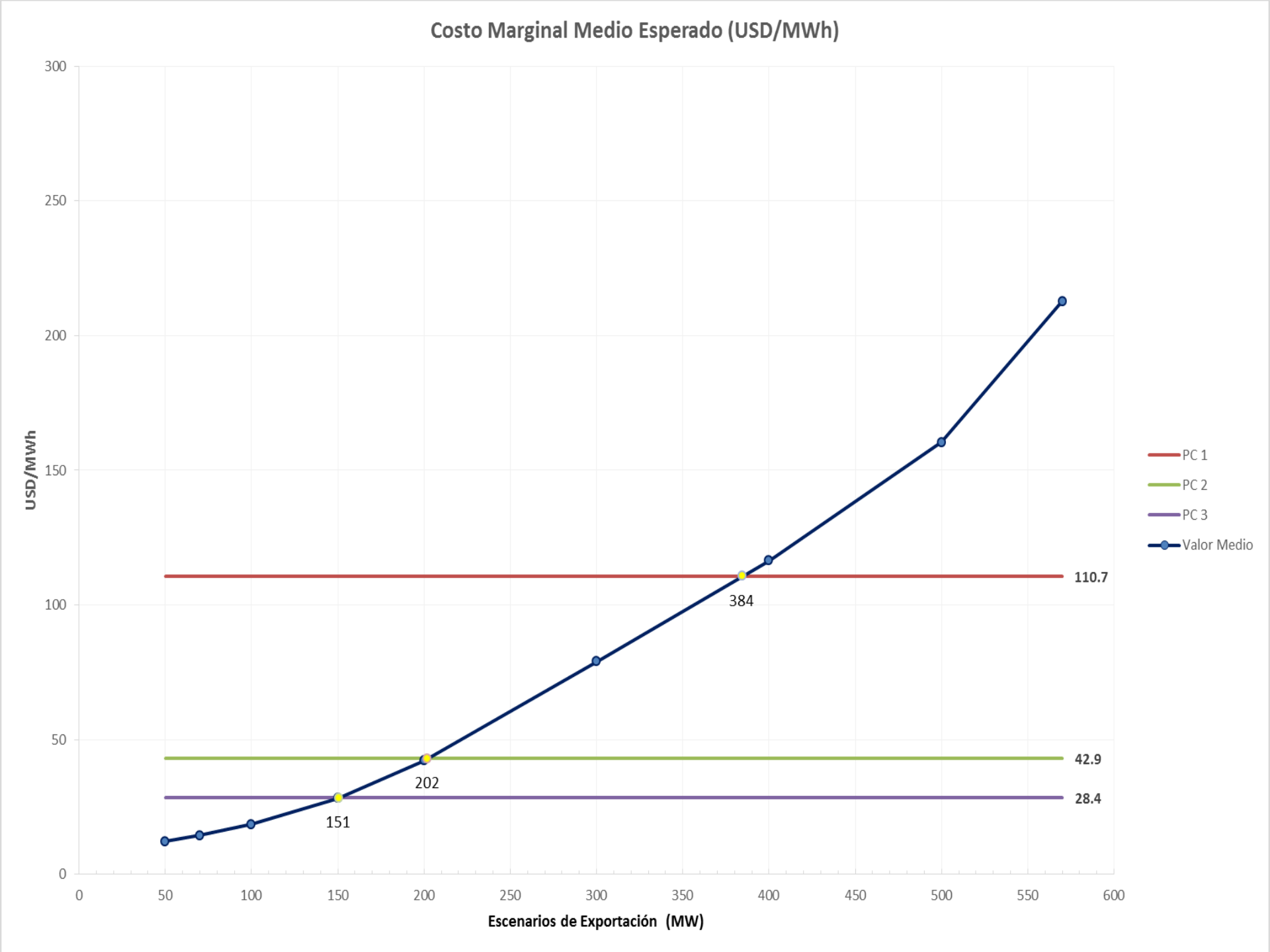
POTENCIA DE EXPORTACIÓN

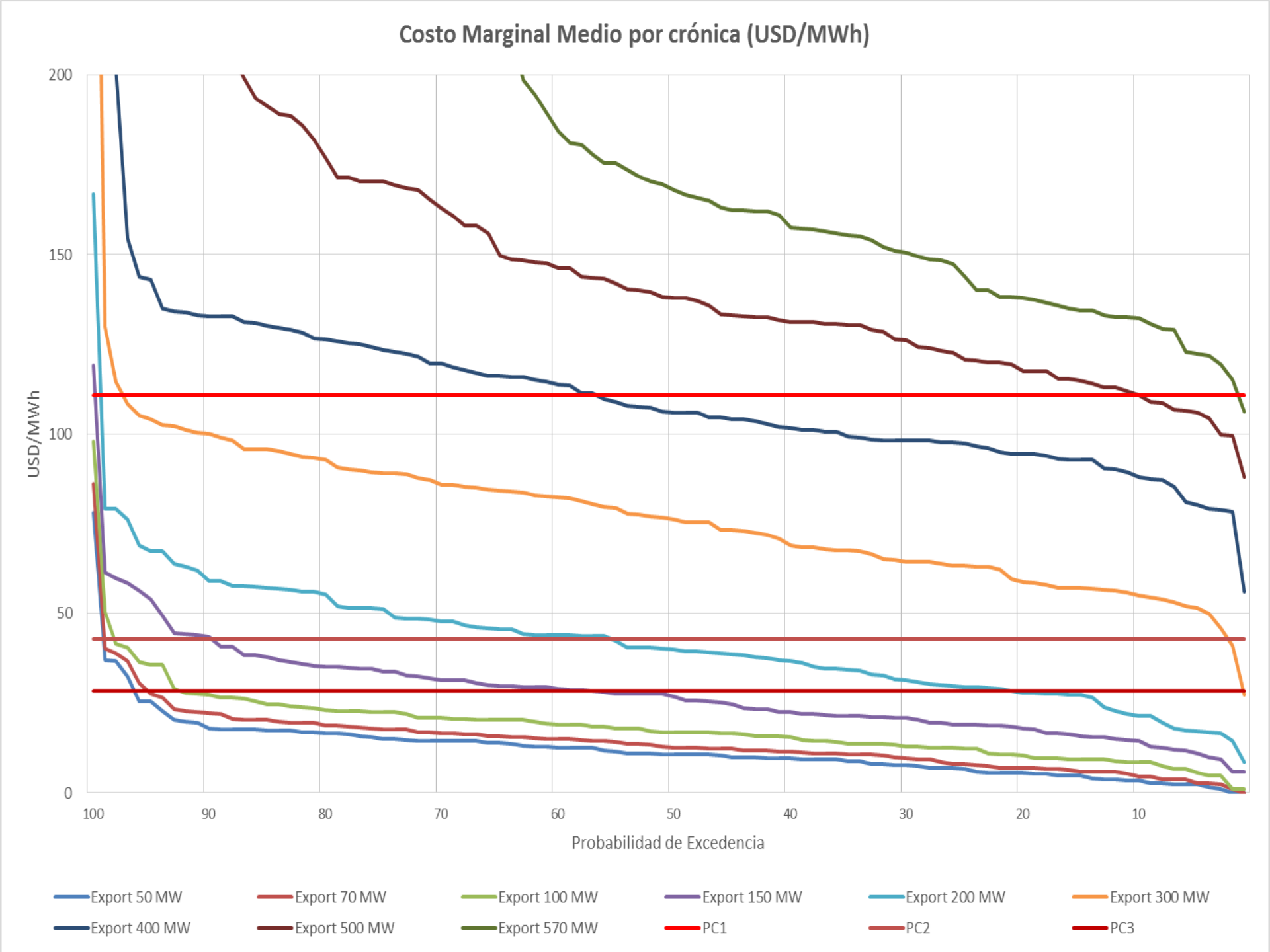
• Se grafican y comparan conjuntamente la curva de **valor esperado del CMg. Medio** con los siguientes **PC**:

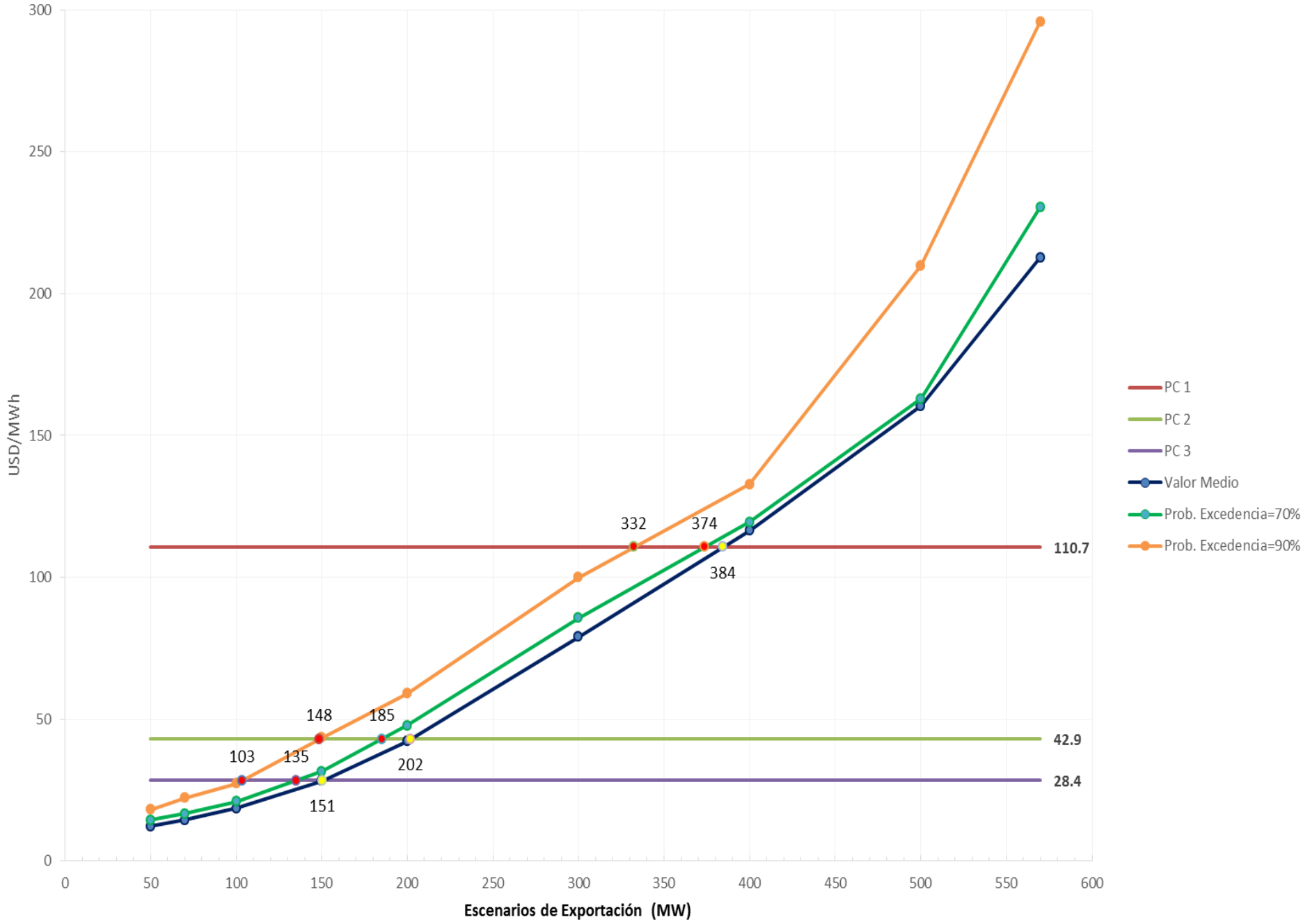
- PC = 110.7 USD/MWh (PLD = 159.8 USD/MWh)
- PC = 42.9 USD/MWh (PLD = 90 USD/MWh)
- PC = 28.4 USD/MWh (PLD = 75 USD/MWh)

• Se obtiene por la **intersección** la potencia de exportación conveniente económicamente bajo este criterio.

• Posteriormente se verifica si la potencia de exportación definida cuenta con una probabilidad de excedencia adecuada. **Para ello se definió un valor superior a 70%**.


Costo Marginal Medio Esperado (USD/MWh)
USD/MWh
300
250
200
150
100
50
0
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
Escenarios de Exportación (MW)
PC 1
PC 2
PC 3
Valor Medio
110.7
42.9
28.4
384
202
151


Costo Marginal Medio por crónica (USD/MWh)
USD/MWh
200
150
100
50
0
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
Probabilidad de Excedencia
Export 50 MW
Export 70 MW
Export 100 MW
Export 150 MW
Export 200 MW
Export 300 MW
Export 400 MW
Export 500 MW
Export 570 MW
PC1
PC2
PC3

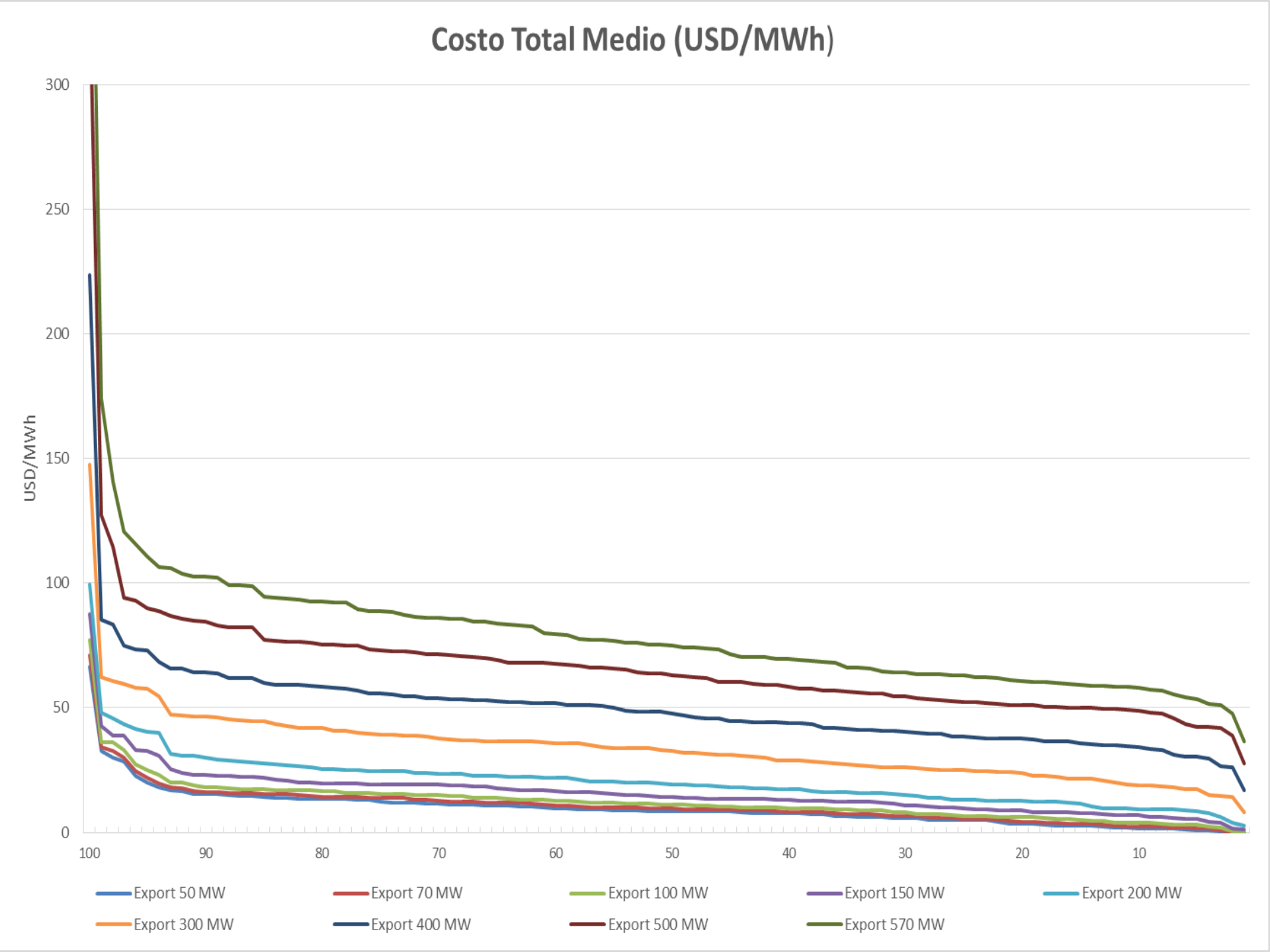

Costo Marginal Medio Esperado, Prob.Excedencias 70% y 90% (USD/MWh)
USD/MWh
Escenarios de Exportación (MW)
PC 1
PC 2
PC 3
Valor Medio
Prob. Excedencia=70%
Prob. Excedencia=90%
110.7
42.9
28.4
103
135
148
151
185
202
332
374
384

COSTO DE LA EXPOTACIÓN

• Se calculó el **Costo Total** (CT) del SIN, incluyendo la demanda nacional y la exportación, considerando para ello los **costos directos** y **costos futuros**.

• Se resta del CT de los distintos escenarios el caso base (0 MW), para obtener el CT exclusivo de la exportación.

• Se calcula el CT medio por crónica para cada uno de los escenarios.


Costo Total Medio (USD/MWh)
USD/MWh
300
250
200
150
100
50
0
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
Export 50 MW
Export 70 MW
Export 100 MW
Export 150 MW
Export 200 MW
Export 300 MW
Export 400 MW
Export 500 MW
Export 570 MW

ESTIMACIÓN DE UTILIDAD

La diferencia entre los Precios Comparativos elegidos y el CT medio asociado a cada nivel de potencia de exportación obtenido, constituye una aproximación al beneficio por cada unidad de energía que se exporte.

Pot. Export. MW	Ene. Export. MWh	CT 70% USD/MWh	CTm USD/MWh	PC USD/MWh	Beneficio (CTm) USD	Beneficio (CT 70%) USD
374	31,790	49.7	45.8	110.7	2,062,246	1,937,240
185	15,725	22.1	19.4	42.9	370,359	327,300
135	11,475	18.0	15.0	28.4	153,808	119,302

SIMULACIÓN EN SimSEE

Índices

Nombre	Actor	Variable	Número de SimRes
Idx_PD_Demanda	Demanda	PD	1
Idx_PD_Brasil	Brasil	PD	1
Idx_cmg_Montevideo	Montevideo	cmg	1
Idx_CPDirecto	-	CPDirecto	1
Idx_CF_AlInicioDelPaso	-	CF_AlInicioDelPaso	1

Variables Crónicas

Nombre					
dUY					
dBR					
dUY+dBR					
cmg UY+BR					
CostoExpMax					
Acum dBR					
Acum CostoExpMax					
CD					
CF					
CT					
CD Acum					

Operaciones Crónicas

Tipo de operación	Resultados	Parámetros índice	Parámetros adicionales
suma	dUY	Idx_PD_Demanda	-
suma	dBR	Idx_PD_Brasil	-
combinar	dUY+dBR	Idx_PD_Demanda, Idx_PD_Brasil	coeficientes= [1, 1]
suma	cmg UY+BR	Idx_cmg_Montevideo	-
suma	CD	Idx_CPDirecto	-
suma	CF	Idx_CF_AlInicioDelPaso	-

SIMULACIÓN EN SimSEE

Post Operaciones

Tipo de operación	Resultados	Parámetros variables crónicas	Parámetros adicionales
multiplicacionCronVars	CostoExpMax	dBR, cmg UY+BR	-
combinarCronVars	dUY+dBR	dUY, dBR	coeficientes= [1, 1]
acumularCronVar	Acum CostoExpMax	CostoExpMax	-
acumularCronVar	Acum dBR	dBR	-
aplicarActualizador	CD	CD	q= 0,999989119
aplicarActualizador	CF	CF	q= 0,999989119
acumularCronVar	CD Acum	CD	-
combinarDespCronVars	CT	CD Acum, CF	coeficientes= [1, 1], desplazamientos...

Impresión de Variables

Tipo	Variable crónica	Hoja	Título	Parámetros adicionales
matrizDeDatos	Acum CostoExpMax	Matriz	Acum CostoExpMax	Imprimir Promedio= NO, Graficar= SI
matrizDeDatos	Acum dBR	Matriz2	Acum dBR	Imprimir Promedio= NO, Graficar= SI
matrizDeDatos	CT	CT	CT	Imprimir Promedio= NO, Graficar= SI

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

•Se realizó un análisis de la precisión realizando simulaciones con **distintas semillas**.

• Se tomó como variable para realizar el estudio el **Costo Marginal Medio Esperado**, correspondiente al escenario de **150 MW** de potencia de exportación.

•El valor que se había obtenido para la semilla 31 había sido de **28.22 USD/MWh**.

• Si se supone una distribución normal, con una confianza de 95% el Costo Marginal Medio Esperado, se encontrará en 28.69 ± 2.41 USD/MWh, es decir, dentro del intervalo de confianza **26.28 USD/MWh** y **31.10 USD/MWh**.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Semilla	Escenarios de Exportación		
	70 MW	150 MW	400 MW
31	14,44	28,22	116,50
1031	14,44	28,22	116,63
2031	14,74	28,46	114,07
3031	14,62	28,74	113,98
4031	14,62	27,20	111,17
5031	13,89	27,69	110,27
6031	15,25	28,48	110,56
7031	15,57	29,70	115,08
8031	15,00	29,42	115,03
9031	14,52	27,79	111,69
10031	16,79	31,69	115,02
Media	14,90	28,69	113,64
Desvio Std	0,7698	1,2292	2,3248
Var	0,5927	1,5110	5,4045
Cota inf Interv	13,3884	26,2830	109,0792
Cota sup Interv	16,4062	31,1015	118,1923

POSIBLES TRABAJOS FUTUROS

• Estudio de diversas ofertas de potencia firme con **diferentes niveles de precios**.

• Resolver el mismo problema **sin considerar la hipótesis de potencia firme** de exportación, es decir de energía interrumpible.

•Análisis de exportación con **precios por debajo de los costos fijos**, en particular con energía proveniente de costos variables nulos.

SimSEE

THANK
YOU
GRACIAS
ARIGATO
SHUKURIA
BOLZÏN
MERCI
BÏYAN
SHUKRIA
TINGKI
DANKSCHEEN
SPASSIBO
NUHUN
SNACHALHUYA
CHALTU
YAQHANYELAY
TASHAKKUR ATU
YUSPAGARÂTAM
HUI
WABEEJA
MAITEKA
SUKSAMA
EKHMET
SPASIBO
DENKAUJA
NENACHALHYA
MERSI
UNIAL.CHÊESH
DHANYABAAD
AHHIA
ATTO
GUI
HÂTUR
EKOJU
SIKOMO
MAKETAI
MINMONCHAR
MEHRBANI
GRAZIE
PALDIES
MAAKE
KOMAPSUMNIDA
SAHCO
MERASTAWHY
GAEJTHO
LAH
GOZAIMASHITA
EFCHARISTO
AGUYJE
FAKAAUE
TAVTAPUCH
MEDAWAGSE
BARKA
JUSPAXAR