

Diferencia entre la consideración de la volatilidad del petróleo mediante de escenarios o mediante un modelo CEGH agregando una variable de estado al sistema.

Lercy Barros
Arisbel Ambrossi

Instituto de Ingeniería Eléctrica – FING.

Julio 2010

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.

Objetivo

El petróleo es uno de los insumos más importantes para la generación de energía eléctrica. Tradicionalmente el precio del petróleo ha sido manejado mediante escenarios. Es decir, se hace un estudio con un valor esperado del precio y luego se repite con valores por debajo y por arriba del valor esperado. Este enfoque supone que la variable en cuestión es de variación lenta con lo cual conocido su valor es posible calcular la política de operación óptima suponiendo que su valor no cambia.

El objetivo es mostrar cómo cambiarían los costos marginales del sistema proyectados en la Programación Estacional del período Mayo-Octubre de 2010 si se integra la variabilidad del precio del petróleo mediante un modelo CEGH. Para ello se considerarán dos resultados de la programación: por un lado el precio estabilizado de la energía (ingreso que recibiría 1MW al spot despachado en la base) y por otro el valor del agua como política de uso de los recursos. Se evaluarán ambos resultados con la serie de precios del petróleo y con diferentes escenarios de precios para el barril.

Hipótesis de trabajo

El objetivo de la Programación Estacional es definir la política semestral del embalse de la central Gabriel Terra y analizar la operación esperada para el período comprendido en el semestre. Para ello se trabaja con el Simulador de Sistemas de Energía Eléctrica (SimSEE) con las siguientes hipótesis asumidas en el Informe de la Administración del Mercado de Energía (ADME) en el informe referente a la Programación Estacional del período mayo-octubre del 2010. Las más relevantes son las siguientes:

- Se supone un incremento anual de 4,88 % para la demanda del año 2010.
- Se considera una importación de energía en base al respaldo obtenido en el otoño –invierno del año 2009.

Generadores térmicos

A continuación se presentan las hipótesis asumidas para los generadores térmicos consumen derivados del petróleo. Se detallan disponibilidades, potencia, cantidad de unidades y costos variables de acuerdo a un precio del petróleo de USD 80.- el barril.

CURSO de SIMULACION de SimSEE
Julio 2010

GENERADORES	FECHA DESDE	MW	CANT.	Costos vbles (Combustibles+otros) USD
Motores	20/03/2010	10	8	106,7
	09/04/2011		0	
	23/04/2011		8	
	01/10/2011		0	
	15/10/2011		8	
CB-5ta-FOP	30/04/2010	77	1	129,4
CB-6ta-FOP	20/03/2010	113	1	132,6
	18/09/2010		0	
	25/12/2010		1	
PTI-GO	20/03/2011	48	4	162,4
	05/06/2010		5	
	10/07/2010		6	
SalaB-FO	20/03/2010	50	1	170,9
	01/05/2010		0	
	03/07/2010		1	
	13/06/2015		0	
CTR	20/03/2010	103,5	2	199,6
	15/05/2010		1	
	18/09/2010		2	
TGAA-GO	20/03/2010	20	0	280,6
	30/04/2010		1	
Grupos diesel	20/03/2010	1	6	300.0

Generadores hidráulicos

A continuación se presentan las hipótesis asumidas en la programación estacional acerca de los generadores hidráulicos. Se consideran tres represas sobre el Río Negro y Salto Grande sobre el Río Uruguay, compartida con Argentina. En cada caso se indica la existencia o no de embalse, potencia, cantidad de unidades y cota inferior (cota mínima o de descarga).

CURSO de SIMULACION de SimSEE
Julio 2010

REPRESAS		MW	CANT.	COTA INFERIOR
Bonete	Embalse	38,8	4	70 mts
Baygorria	De Pasada	36	3	40 mts
Palmar	De Pasada	111	3	7 mts
SG	De Pasada	135	7	5 mts

Comercio Internacional

Finalmente se detallan las hipótesis asumidas en la programación acerca de la importación o exportación de energía eléctrica, con su disponibilidad y potencia.

ORIGEN	FECHA DESDE	MW	Disponible
Exportación		-500	
Importación Concentrada	20/03/2010	0	0
	01/05/2010	350	1
	09/10/2010	267	1
Importación Contrato CEMSA	20/03/2010	0	0
	01/05/2010	150	1
	01/01/2012		0

Metodología.

Si bien el período de interés es el semestre mayo_ octubre de 2010, con el objetivo de obtener resultados mas estables la optimización y la simulación se realizaron para el período 20/03/2010 - 01/05/2013 y 20/03/2010 - 01/11/2010 respectivamente.

Se consideraron cuatro postes ordenando las 168 horas semanales de mayor a menor consumo. A continuación se detallan los postes y su duración:

Poste1 – Pico de 7 hs de mayor consumo.

Poste2 – Pico de 28 hs desde la hora 8 hasta la 35 de mayor consumo.

Poste4 – Valle de 42 hs considerando las horas de menor consumo.

Poste3 – Resto de 91 hs.

Los costos de las máquinas se indexaron con los precios del barril de petróleo. Para ello se procedió como se describe en los siguientes párrafos.

Se define una “Fuente Producto” denominada “iWTI” para denominar el precio del petróleo En consecuencia esta variable surge de multiplicar una fuente constante con el valor 1/80 con otra aleatoria que contiene la serie de precios del petróleo. De esta manera se logra incorporar al sistema la variable de estado precio del petróleo utilizando los modelos del simulador (CEGH).

En las salidas del SimSEE se presentan sólo algunos valores para las variables de estado. Se presentan los resultados utilizando los precios que acumulan 10, 30, 50, 70 y 90% de probabilidad una vez que se transforman los mismos utilizando una transformación normal de probabilidad. En la salida se observan los resultados -1.28, -0.524, 0, 0.524 y 1.28. Según el modelo normal de probabilidad estándar estos valores son los que acumulan 10, 30, 50, 70 y 90% de probabilidad y corresponden a los siguientes valores para el barril de petróleo: 50, 60, 67, 74 y 103 dólares.

CURSO de SIMULACION de SimSEE
Julio 2010

Con el objetivo de obtener resultados comparables con la serie de precios se obtuvieron las salidas considerando “Fuentes Constantes” de precios con los valores antes mencionados.

Se realizó una corrida diferente por cada una de las Fuentes Constantes definidas en el SimSEE. Las máquinas continúan indexadas por la misma variable “iWTI” pero se modificó la definición del producto considerando la fuente constante que correspondiera en cada caso. A modo de ejemplo, para obtener los resultados con un escenario del barril de petróleo de 50 dólares corresponde definir la variable “iWTI” como el producto de la fuente constante 50 por la fuente 1/80.

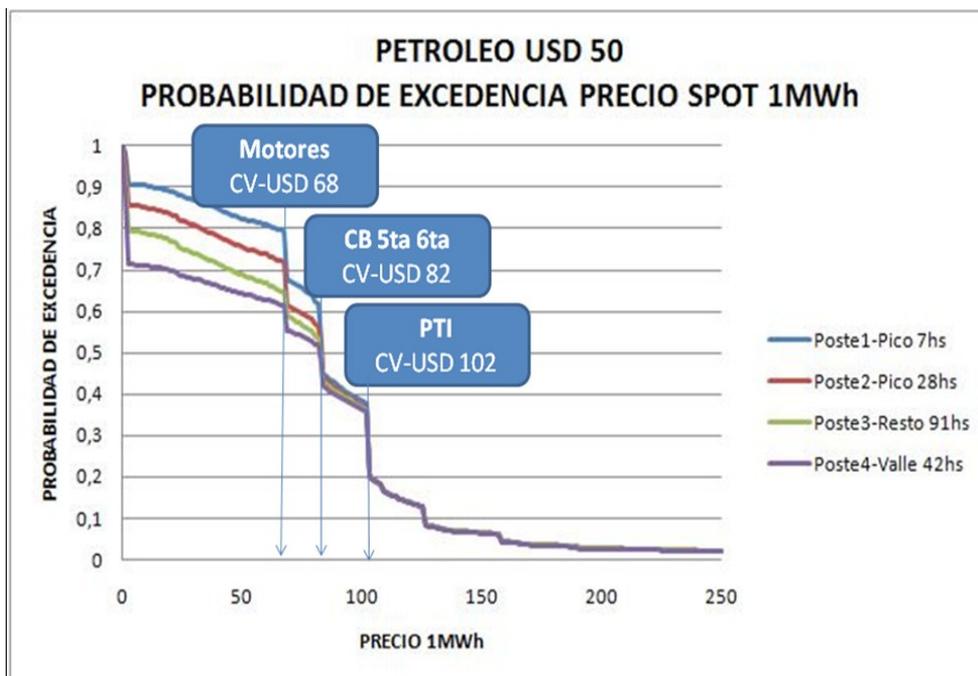
De esta manera se obtuvieron seis conjuntos de salidas. Una para cada uno de los cinco escenarios de precios del petróleo y la sexta considerando la volatilidad del petróleo según el modelo CEGH.

Resultados del estudio.

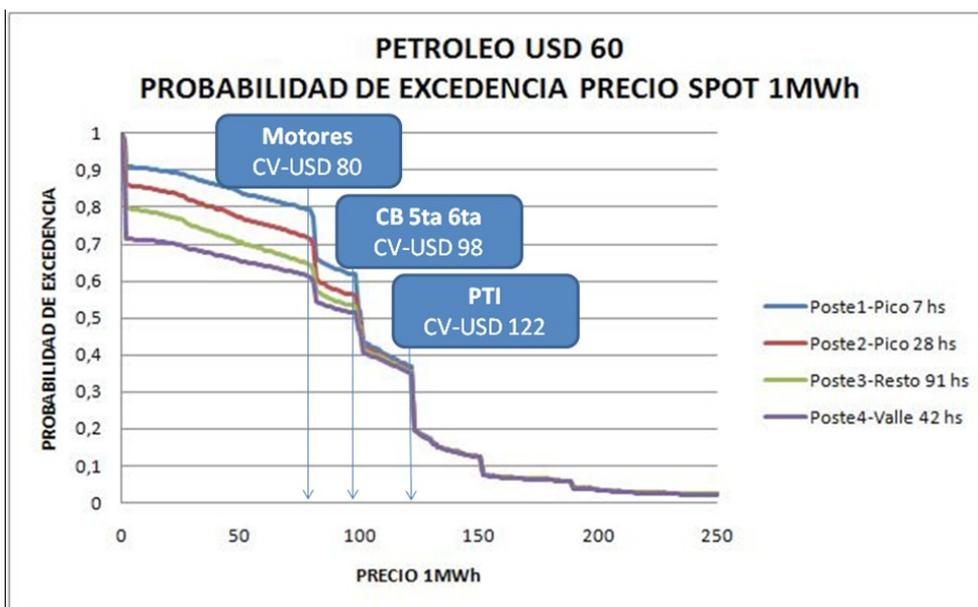
Probabilidad de Excedencia

A continuación se presentan las probabilidades de excedencia para cada uno de los escenarios considerados para el barril de petróleo. Se presentan las distribuciones de probabilidad discriminadas según los postes horarios.

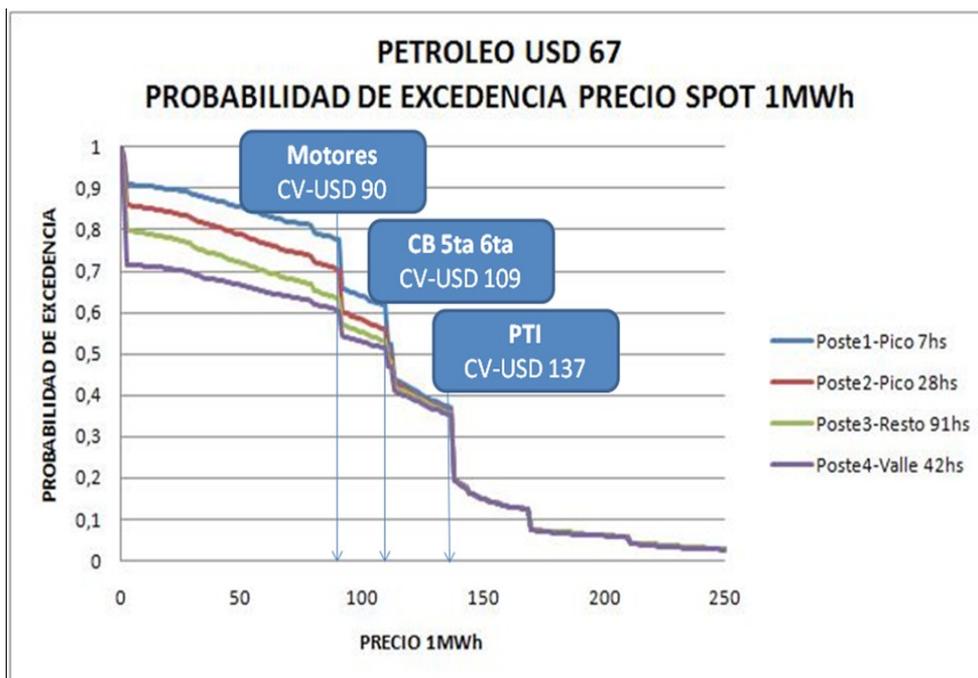
Para un precio del barril de petróleo de USD 50.- la probabilidad de que entren en funcionamiento los motores de la Central Batlle es de un 80% para el Poste1 (que son las 7 hs. de mayor consumo en una semana) y el precio de 1 MWh correspondería a USD 68.-, a su vez la probabilidad de que entren en funcionamiento la 5ta. y 6ta. unidad de la Central Batlle es de un poco más de 60% para el mismo “poste” y a un precio spot de USD 82.- y con un poco mes de un 40% de probabilidad entraría la térmica de “Punta del Tigre = PTI” a un precio spot de USD 102.- el MWh.



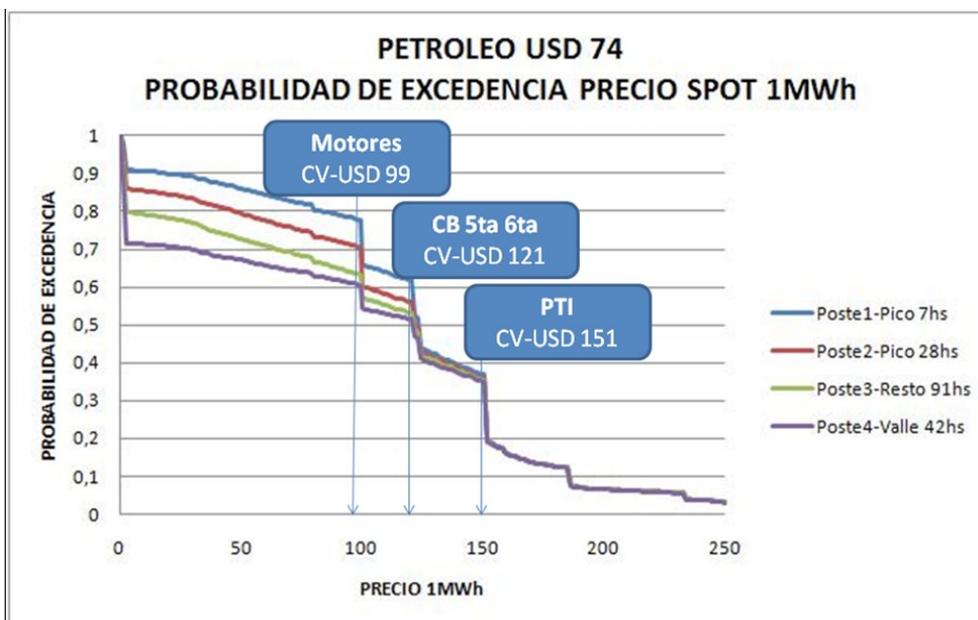
Para el caso de que el precio del barril de petróleo sea de USD 60.- considerando los mismos elementos de la gráfica de USD 50.-, los costos variables totales (combustibles más otros costos variables) aumentan para los motores hasta USD 80, para la CB 5ta y 6ta alrededor de USD 98.- y para “PTI” a USD 122.-



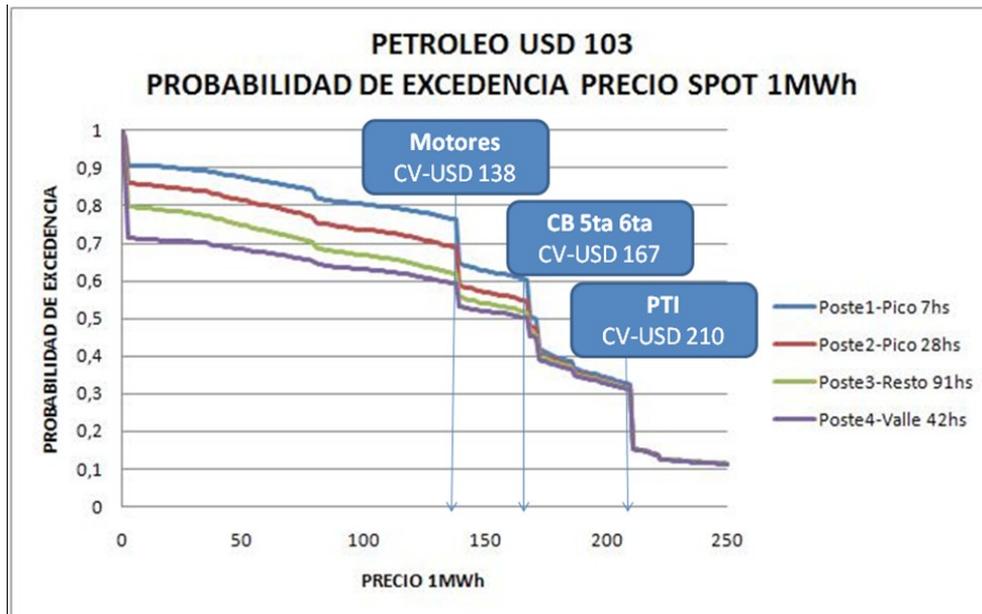
Para el caso de que el precio del barril de petróleo sea de USD 67.- considerando los mismos elementos de la gráfica de USD 50.-, los costos variables totales (combustibles más otros costos variables) aumentan para los motores hasta USD 90, para la CB 5ta y 6ta alrededor de USD 109.- y para “PTI” a USD 137.-



Para el caso de que el precio del barril de petróleo sea de USD 74.- considerando los mismos elementos de la gráfica de USD 50.-, los costos variables totales (combustibles más otros costos variables) aumentan para los motores hasta USD 99, para la CB 5ta y 6ta alrededor de USD 121.- y para “PTI” a USD 151.-

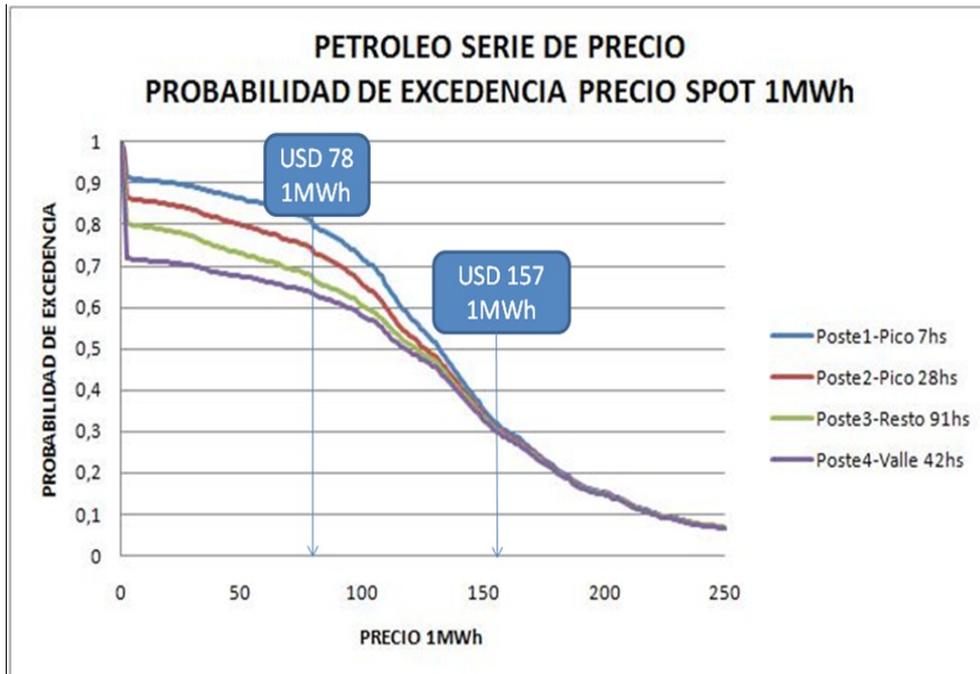


Para el caso de que el precio del barril de petróleo sea de USD 103.- considerando los mismos elementos de la gráfica de USD 50.-, los costos variables totales (combustibles más otros costos variables) aumentan para los motores hasta USD 138, para la CB 5ta y 6ta alrededor de USD 167.- y para “PTI” a USD 210.-

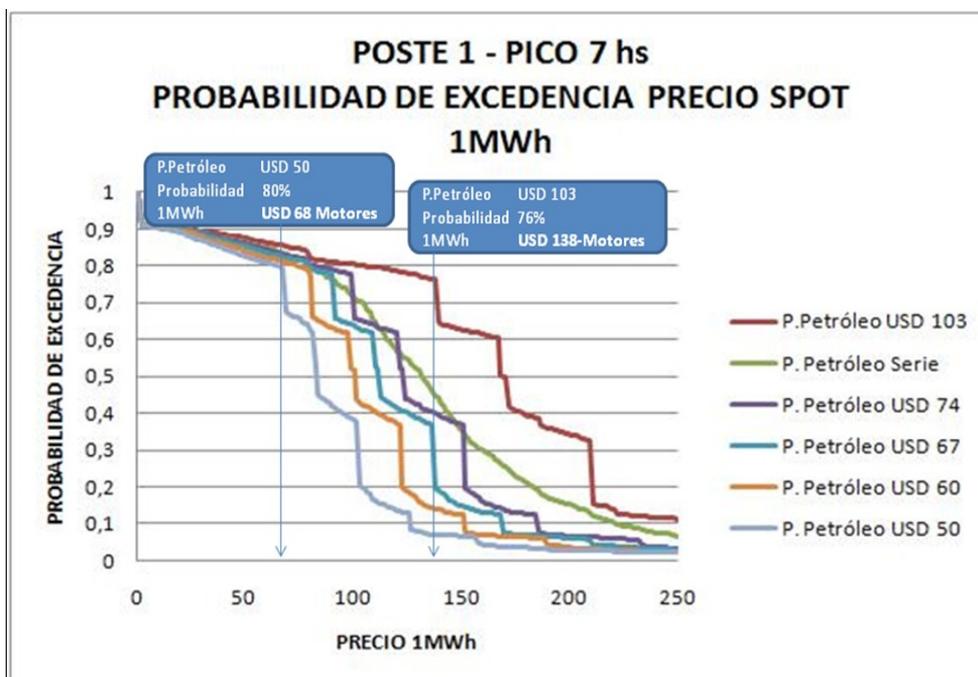


En las cinco gráficas anteriores se puede observar como a medida que se considera un escenario con mayor precio para el petróleo se incrementan las probabilidades de excedencia. Es decir, para un precio dado de 1 MWh es más probable que el precio spot supere dicho valor.

Al considerar la serie de precios del petróleo también se puede observar como se incrementan las probabilidades de que el precio spot supere valores dados al estar en postes horarios de mayor consumo. A continuación se presentan las probabilidades de excedencia calculadas para los cuatro postes horarios cuando se trabaja con la volatilidad del precio del petróleo incorporando el precio del petróleo como variable de estado al sistema.



A modo de ejemplo se presenta la comparación de las probabilidades de excedencia para el poste 1 (las 7 horas de mayor consumo) considerando los cinco escenarios fijos para el precio del petróleo y la serie de precios como fuente aleatoria.



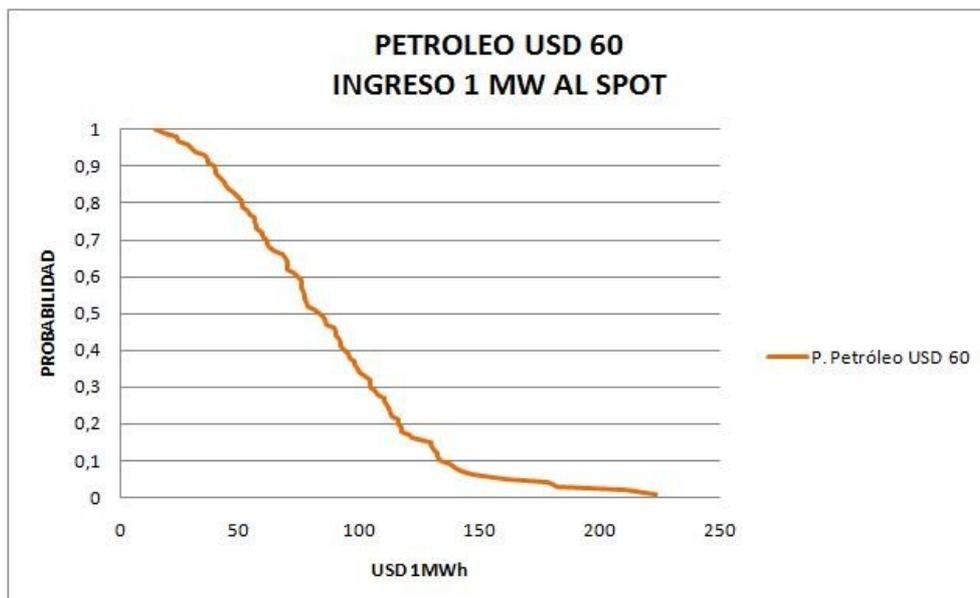
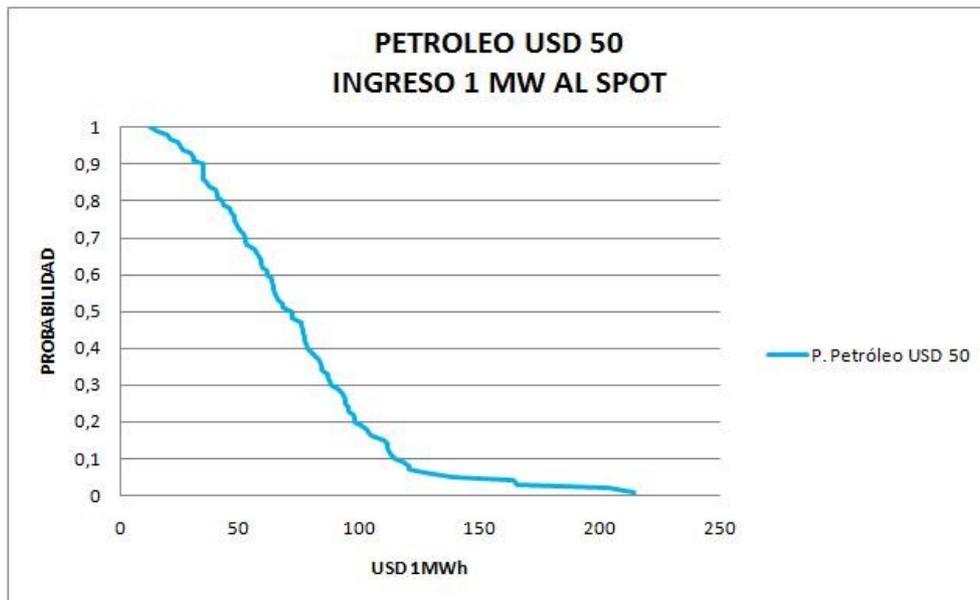
Cuándo se trabaja con escenarios de precios fijos, se puede ver que las probabilidades de excedencia para el escenario de mayor precio (103 UDS) son siempre mayores que al considerar la serie de precios del petróleo. Asimismo se observa que las probabilidades de excedencia al trabajar con escenarios de precios del barril más bajos (50 a 74 UDS) son siempre menores.

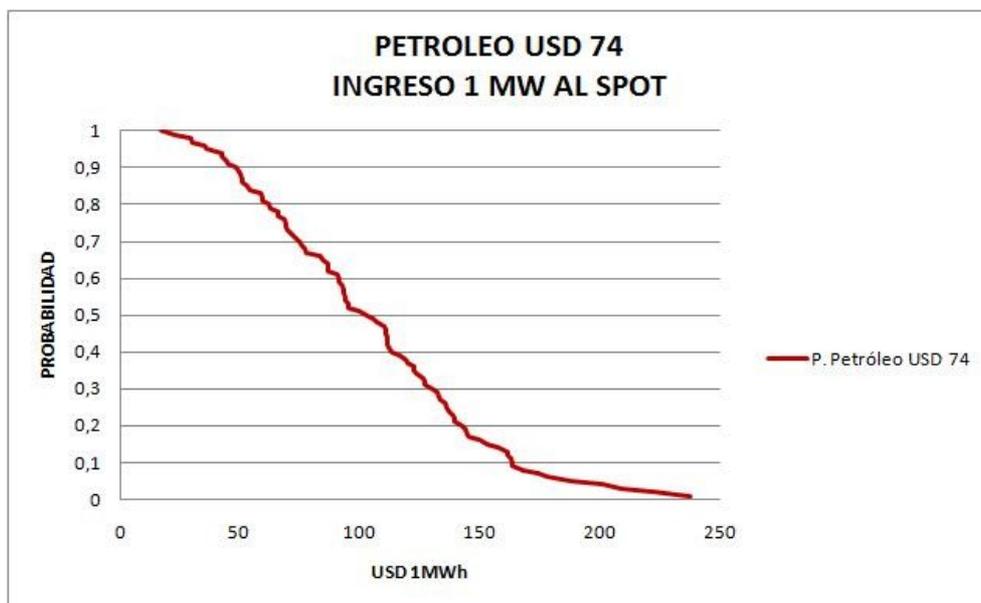
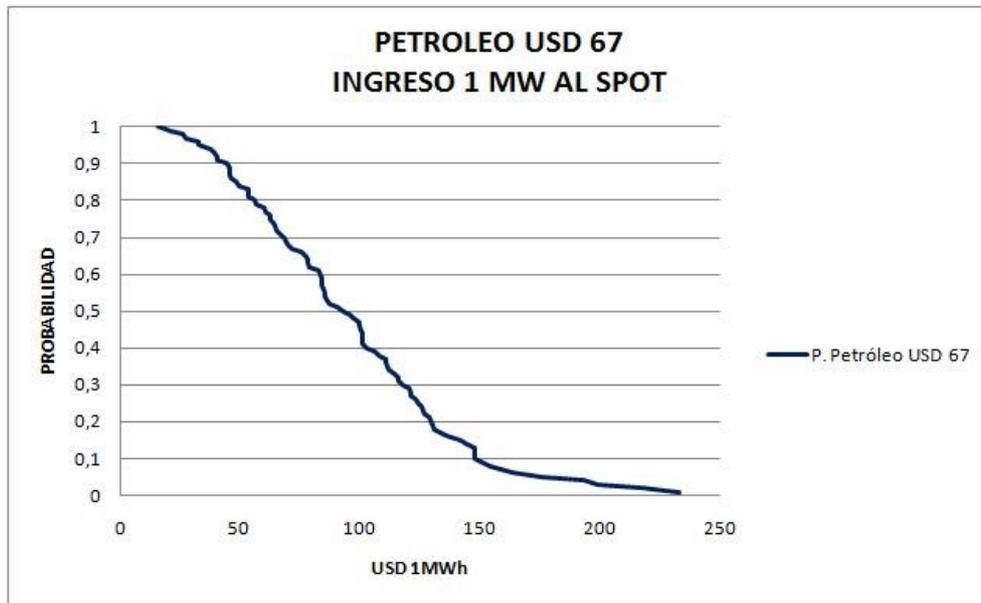
Al trabajar con escenarios fijos para el precio del petróleo se piensa que el petróleo no va a cambiar de precio (al menos a corto plazo), sin embargo, al incorporar la volatilidad de los precios del petróleo a través de la serie de precios mediante un modelo CEGH se asume que el petróleo bajará o subirá de precio dependiendo de los niveles de precios de ese momento. Si el petróleo está en niveles bajos se espera que suba de precio y previendo esto resulta un precio spot un poco mayor con la serie que con los escenarios fijos. Si el precio del petróleo está muy alto, se espera que el mismo baje y las probabilidades de excedencia son un poco menores al trabajar con la serie que si se pensara que el valor del barril de petróleo se mantuviera en esos niveles (escenario de 103 UDS el barril).

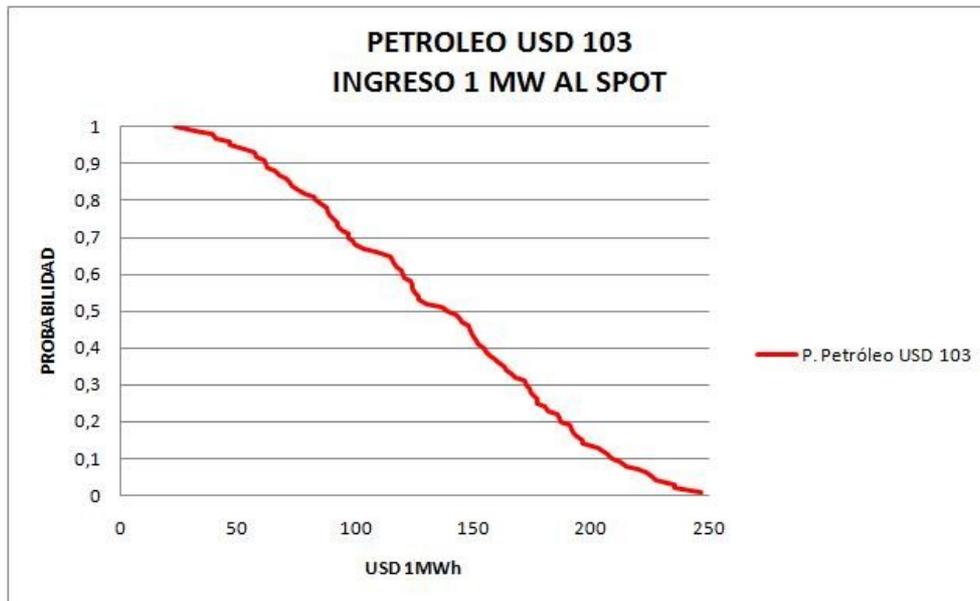
Ingreso 1 MW al Spot

El “Ingreso 1 MW al Spot” está definido como el “costo marginal” con tope en USD 250.- multiplicado por las horas de cada postes, dividido la cantidad de horas.

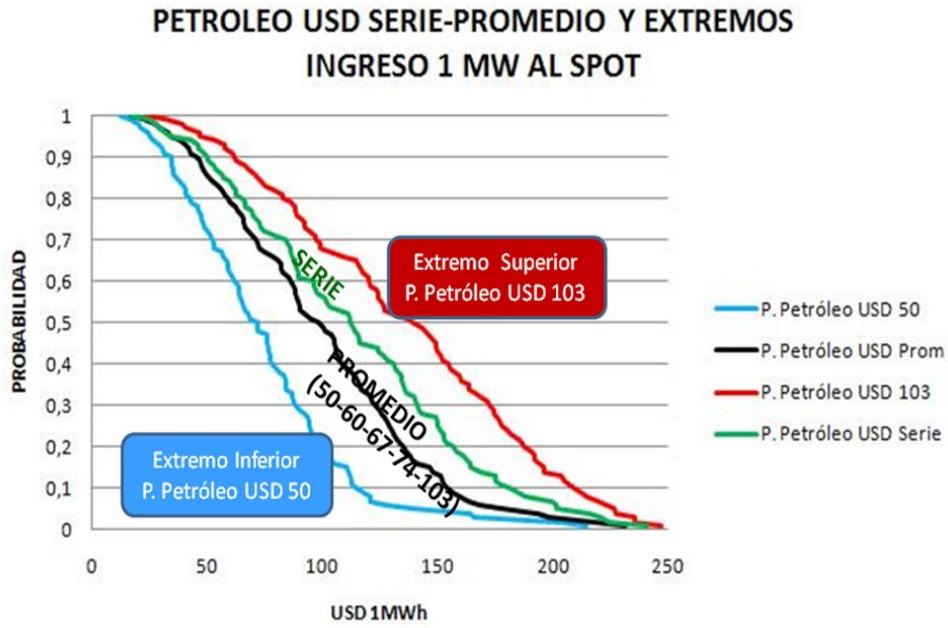
A continuación se presentan los ingresos de 1 MW al spot para cada uno de los escenarios fijos con los precios del barril de petróleo.







En la siguiente gráfica se presenta el ingreso de 1 MW al spot resultante al trabajar con la serie de precios del petróleo y se lo compara con el que resultaría del ingreso que esperarían los operadores si recibieran la información por escenarios e hicieran un promedio simple asumiendo escenarios equiprobables. La serie denominada “promedio” fue construida asumiendo escenarios con la misma probabilidad y muestra las probabilidades de que el ingreso esperado sea mayor que un ingreso dado. Se observa nuevamente la no linealidad del problema pues se esperan menores ingresos al promediar la información con escenarios fijos del petróleo que al trabajar con la volatilidad del petróleo mediante el modelo CEGH.

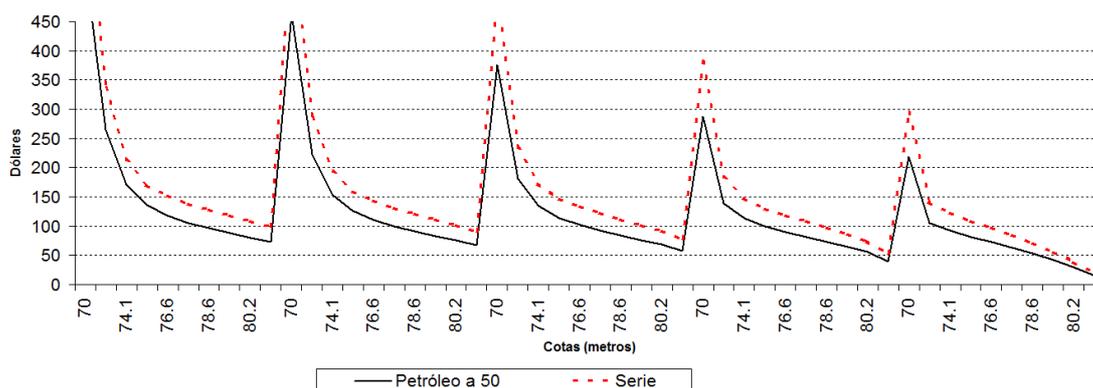


Gráfica: Probabilidad de ingreso por 1 MWh al Spot, considerando precios fijos y modelo CEGH.

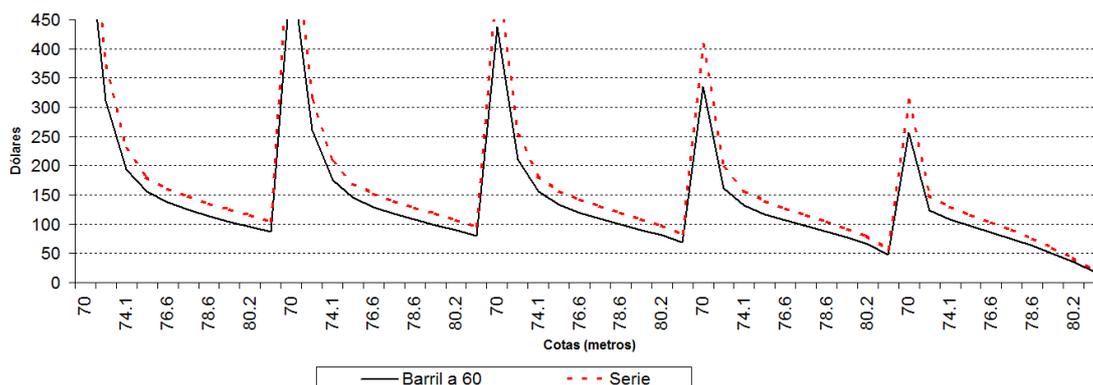
Valor del Agua

A continuación se presentan los valores del agua obtenidos con cada uno de los escenarios anteriormente mencionados para el precio del petróleo. En cada caso se compara con los valores del agua obtenidos con la serie de precios del petróleo.

Valor promedio del Agua con escenario a 50 y con la Serie de precios del Petróleo



Valor promedio del Agua con escenario a 60 y con la Serie de precios del Petróleo

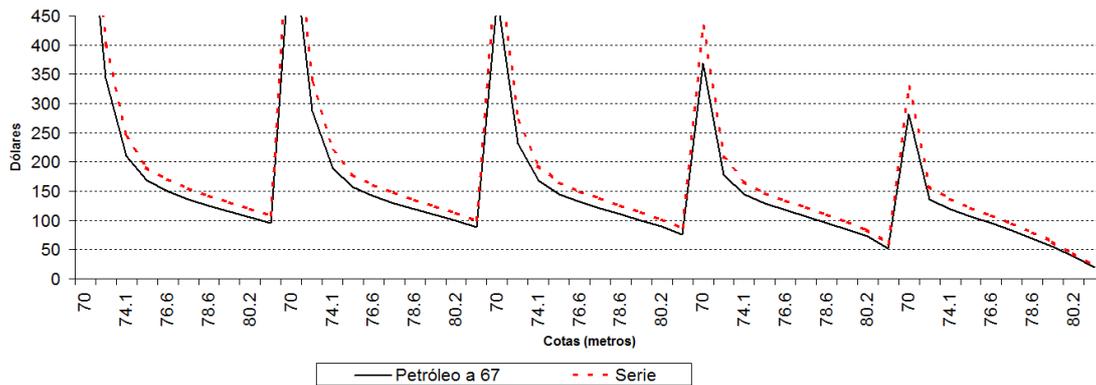


Los valores del agua son valores promedios obtenidos como promedio de los valores a lo largo del período que fue utilizado en la optimización.

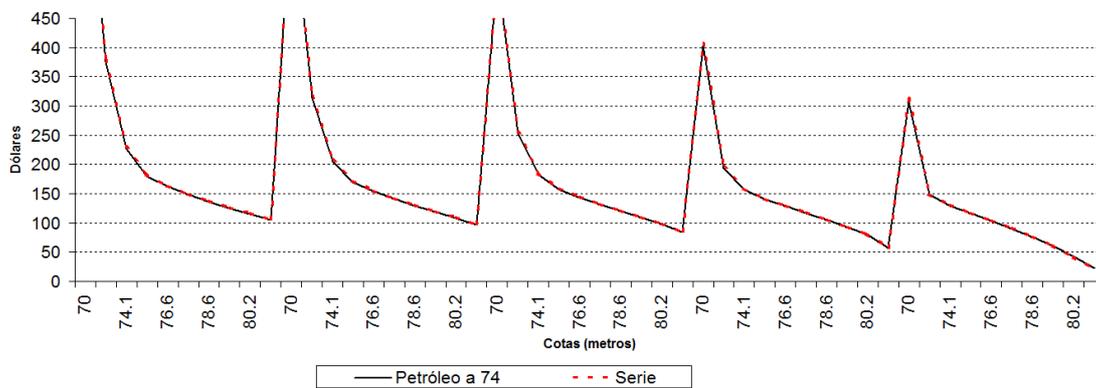
Se puede observar claramente como el Simulador arroja valores más altos del agua a

medida que se trabaja con valores más altos para el precio del petróleo.

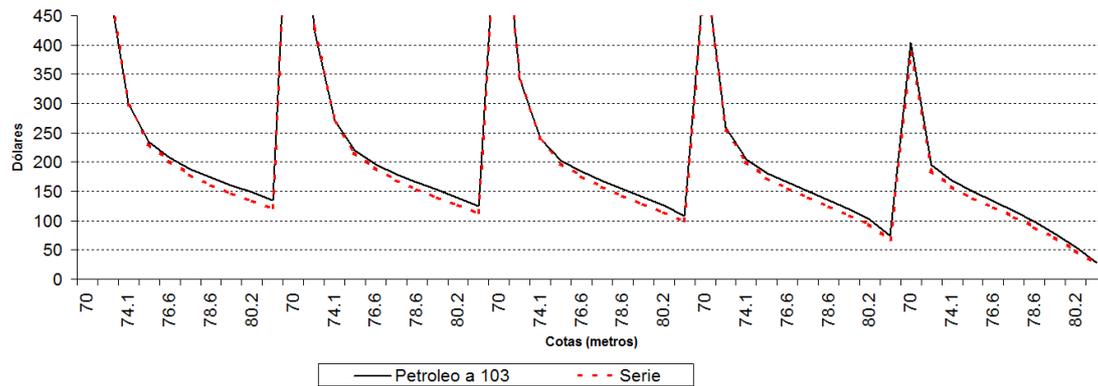
Valor promedio del Agua con escenario a 67 y con la Serie de precios del Petróleo



Valor promedio del Agua con escenario a 74 y con la Serie de precios del Petróleo



Valor promedio del Agua con escenario a 103 y con la Serie de precios del
Petróleo



Del análisis de los gráficos precedentes se observa que:

- En los tres primeros, en los que se asumen escenarios con los valores mas bajos para el precio del petróleo (50, 60 y 67 UDS el barril) se obtienen valores menores del agua que si se trabajara con la serie de precios del petróleo.
- Para el escenario en el que se supone un precio del barril de 74 UDS es casi indiferente trabajar con este precio fijo o con la serie de precios.
- Finalmente, para el escenario en el que se supone el mayor precio del petróleo (103 UDS el barril) se obtienen valores del agua más altos que los que se obtienen al trabajar con la serie de precios.

La conclusión que se puede extraer de estos resultados es la siguiente. Al trabajar con escenarios fijos para el precio del petróleo se piensa que el petróleo no va a cambiar de precio (al menos a corto plazo), sin embargo, al incorporar la volatilidad de los precios del petróleo a través de la serie de precios mediante un modelo CEGH se asume que el petróleo bajará o subirá de precio dependiendo de los niveles de precios de ese momento. Si el petróleo está en niveles bajos se espera que suba de precio y previendo esto se asigna al valor del agua un valor un poco mayor. Si el precio del petróleo está muy alto, se espera que el mismo baje y se asigna al agua un valor un poco menor que si se pensara que el valor del barril de petróleo se mantuviera en esos niveles.

CURSO de SIMULACION de SimSEE
Julio 2010

Nuevamente la no linealidad del sistema hace que la consideración por escenarios no sea simétrica respecto del resultado obtenido con la serie. Aparentemente, el operador valora mucho menos al recurso hidrológico (se vuelve mucho más "regalón") si sabe que el petróleo estará fijo en un precio bajo respecto de lo conservador que se vuelve si piensa que el precio del petróleo se mantendrá fijo en un precio alto. Eso hace que los valores del agua de la serie no sean similares al escenario mediano (de probabilidad 50%), sino al escenario medio (74 UDS).