

Generación distribuida Modelado de micro-eólica y solar fotovoltaica.

*Ing. Juan Luján Machiavello.
Sr. Alejandro Pardo,*

Curso SimSEE
Instituto de Ingeniería Eléctrica – FING
Junio 2011
Montevideo – Uruguay

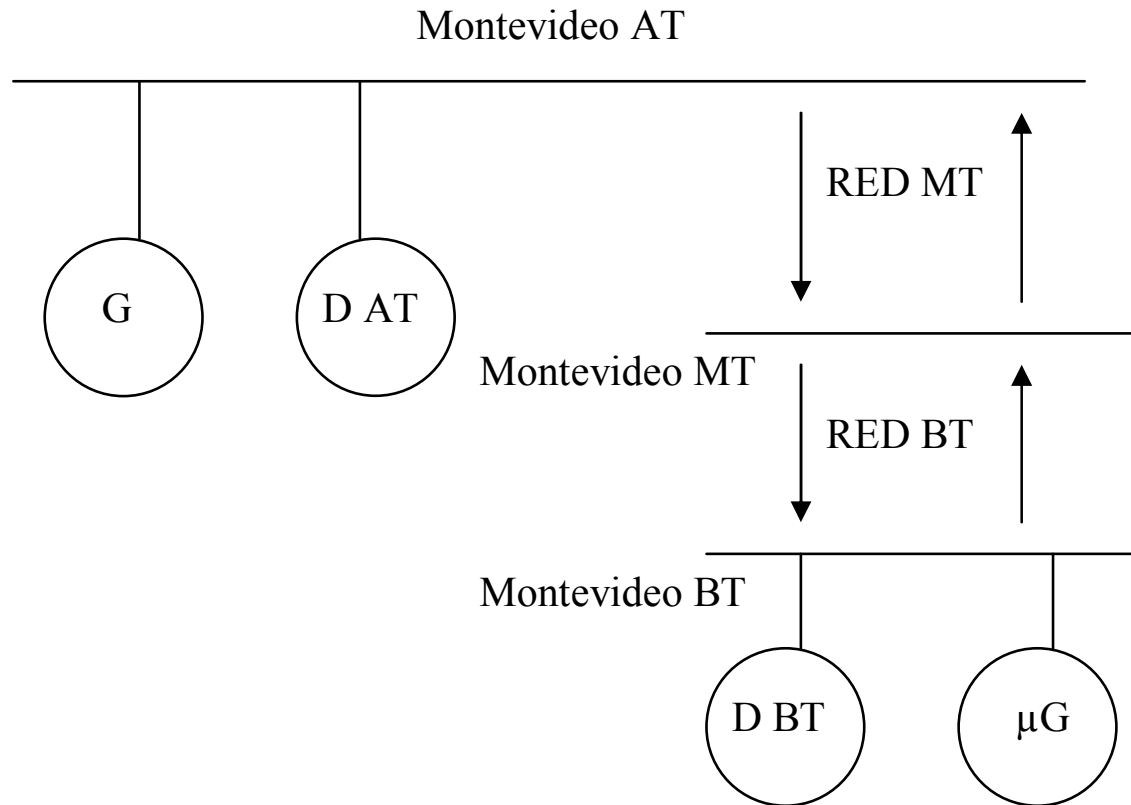
1) Objetivo:

Evaluar el comportamiento del sistema eléctrico por el ingreso de generación distribuida en baja tensión, tanto eólica como solar.

Se modela la generación distribuida creando una sala con una red de algunos nodos y arcos que representen en forma muy resumida la red eléctrica. La generación distribuida se modela como generadores asociados a los nodos, uno para Eólica y otro para Solar PV, con muchas unidades de pequeño porte. Cada parque de generadores se conectan a una fuente de viento o de radiación solar según corresponda.

Se busca calcular el costo de operación del sistema tomando en cuenta el beneficio esperado por la reducción de pérdidas en las redes del sistema eléctrico y el costo de generación en baja tensión de las energías solar y eólica.

Modelado del Sistema Red



Flujo de Energía en la red de Distribución

	Perdidas	Energía entrada MWh	% perdidas
Redes de Subtransmisión	60.708	8.574.501	0.71%
Transformación ST /MT	57.672	7.371.038	0.78%
Redes de Media Tensión	84.991	7.598.739	1.12%
Transformación MT/BT	176.053	6.561.759	2.68%
Total Perdidas MT	379.424		5.29%
Red de Baja Tensión	376.389	6.382.706	
	41.484		
Total BT	417.873		6.55%

La relación entre la demanda en Baja tensión y de la que no es en BT es la relación de energías $6.382.706 / 8.574.501$, equivalente a 74,43 %.

A los efectos de las simulaciones la demanda esperada para el sistema se divide en 25 % en AT y 75 % en BT

Arcos

Editar ficha de "RED BT" Arco

Fecha de inicio (dd/MM/yyyy) ?

Periodica?

Rendimiento[p.u.]	0.9345
Peaje[USD/MWh]	0
Factor de disponibilidad[p.u.]	1
Tiempo de reparación[horas]	3
Potencia maxima[MW]	100000

Editar ficha de "RED MT" Arco

Fecha de inicio (dd/MM/yyyy) ?

Periodica?

Rendimiento[p.u.]	0.9471
Peaje[USD/MWh]	3
Factor de disponibilidad[p.u.]	1
Tiempo de reparación[horas]	1.77
Potencia maxima[MW]	100000

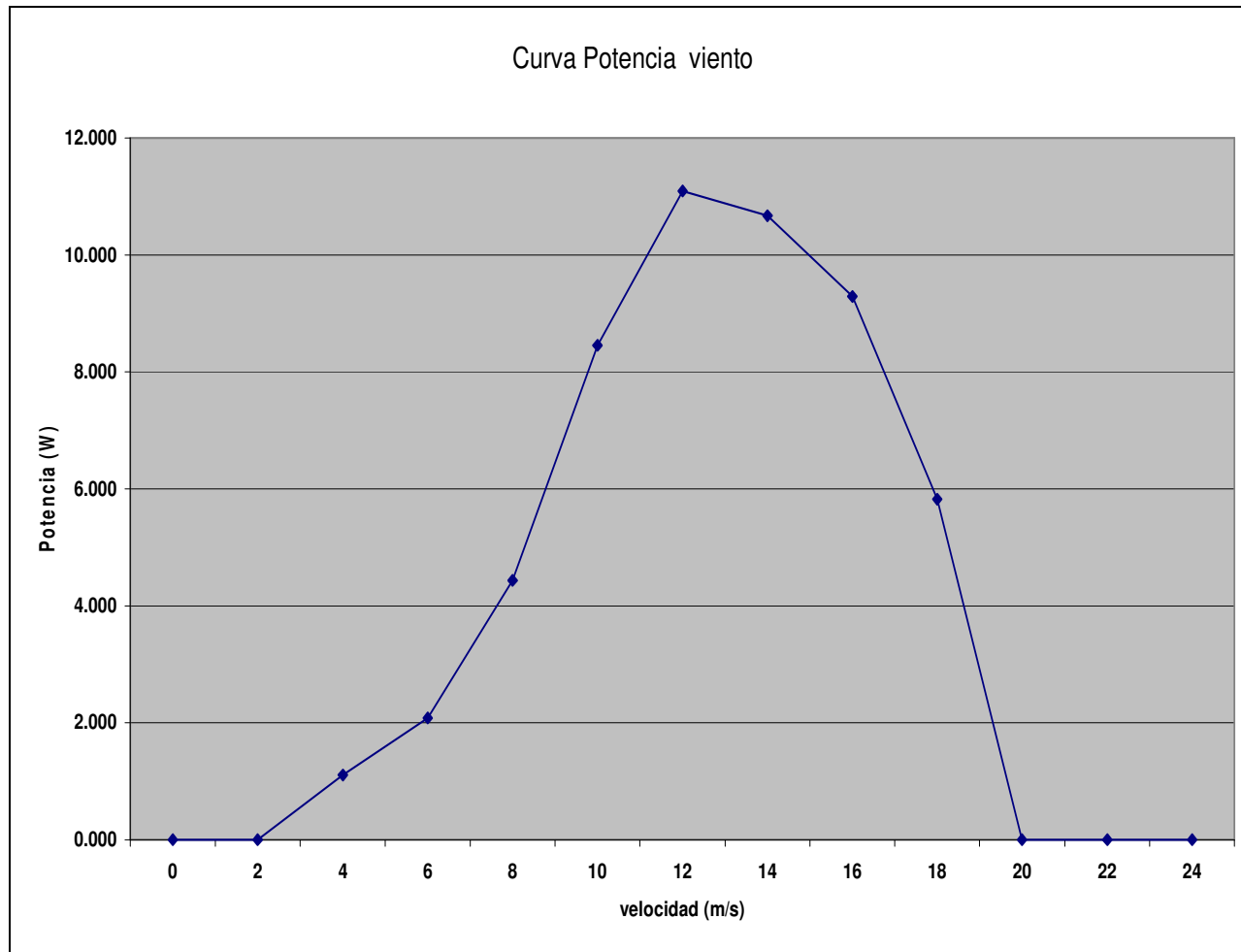
Precio de la Microgeneración

Año 2009	Mercado interno	
Categoría Tarifaria	Precio medio de venta (centavos de dólar por kWh)	Energía vendida GWh
General	18.41	660
Residencial	18.76	2728
Grandes consumidores	9.18	2113
Medianos consumidores	14.21	1205
Doble Horario General	18.97	22
Doble Horario Residencial	14.16	231
Alumbrado Público	17.34	230
Zafra estival	12.86	46
autoconsumos		67
Precio Prom Ponderado	14.94	
Tipo de cambio prom anual	22.528	7302

Estimación Precio medio micro - Generación Excluyendo Grandes, medianos y zafrales consumidores	18.34
--	--------------

Curva Potencia – Viento

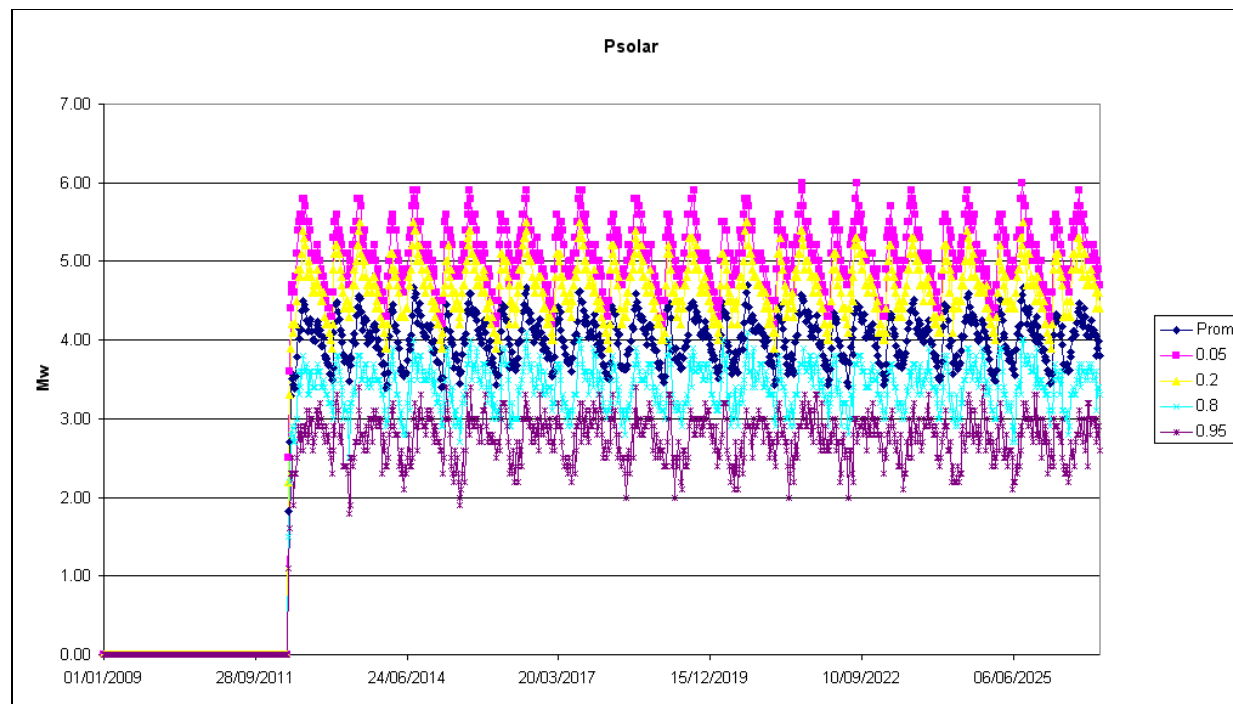
Aerogenerador 11kW



Modelo Generador Solar

La generación de energía solar se modela con el Generador Térmico básico con potencia y costo variable. En este se asigna a cada poste una fuente de potencia sintetizada

A modo de ilustración se muestra la grafica de potencial total solar generada obtenida de una sala de simulación en la que se instala una potencia 12650 Kwp.



Comparación de costo de generación y falla

Las máquinas que tienen un valor mayor son solamente dos:

1. La tablada : CTR gasoil : con un valor de 199.6 U\$\$ /MWh y una potencia instalada de 200 MW
2. Maldonado : TGAA_GO : con un valor de 263.6 U\$\$ /MWh y una potencia instalada de 15 MW :

EscalÃ³n				
Profundidad[p.u.]	0.05	0.075	0.075	0.8
Costo[USD/MWh]	250	400	1200	2400

Calculo del Costo de Operación

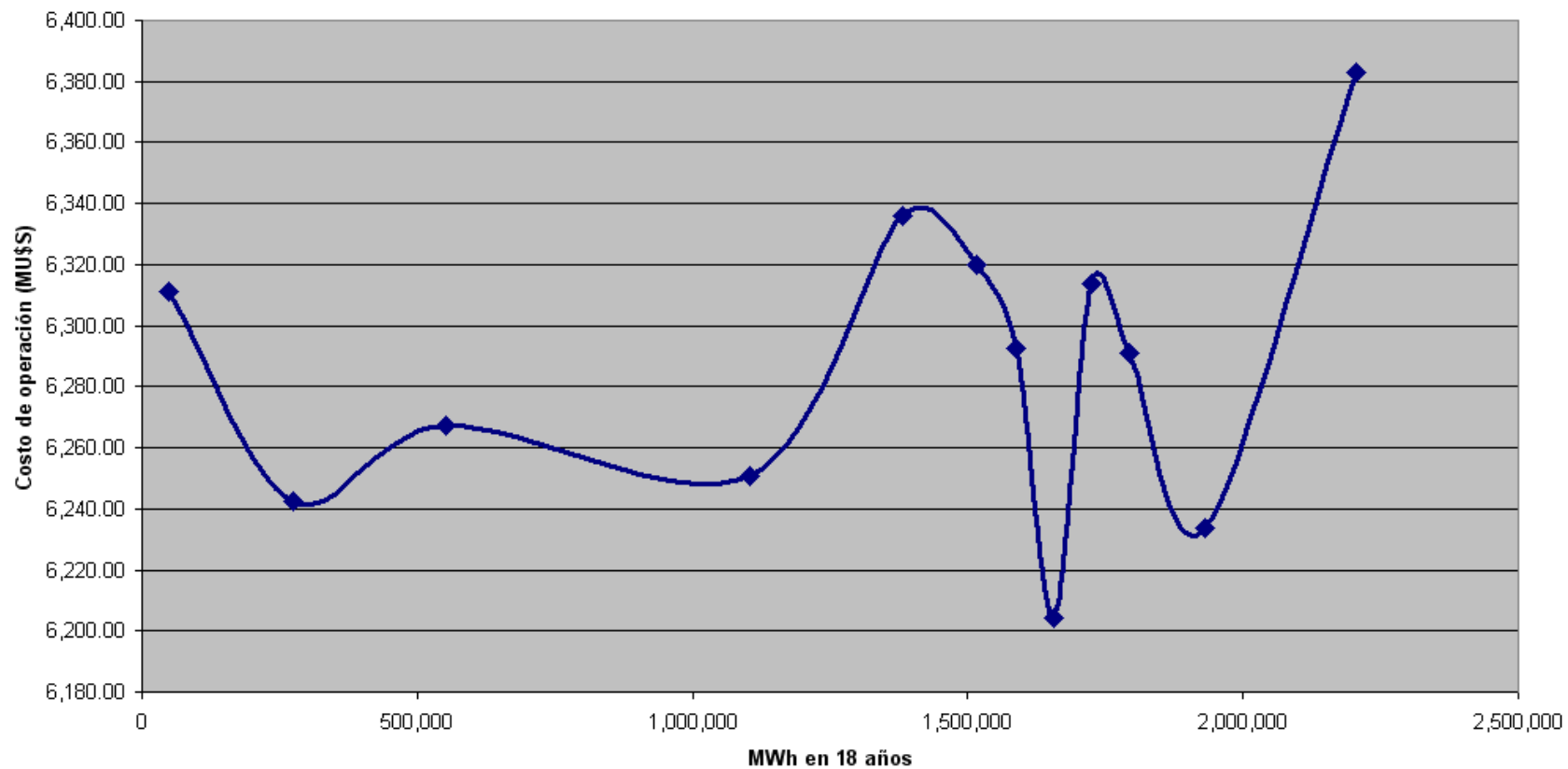
$$\text{Costo de operación}(k) = \frac{\text{Costo Futuro}(k)}{(1+\alpha)^{k-1}} + \sum_1^{k-1} \frac{\text{Costo directo de paso}(i)}{(1+\alpha)^{i-1}} + \sum_1^{k-1} \frac{\text{Costo enérgiasolar}(j)}{(1+\alpha)^{j-1}}$$

Calculo del Costo de Operación

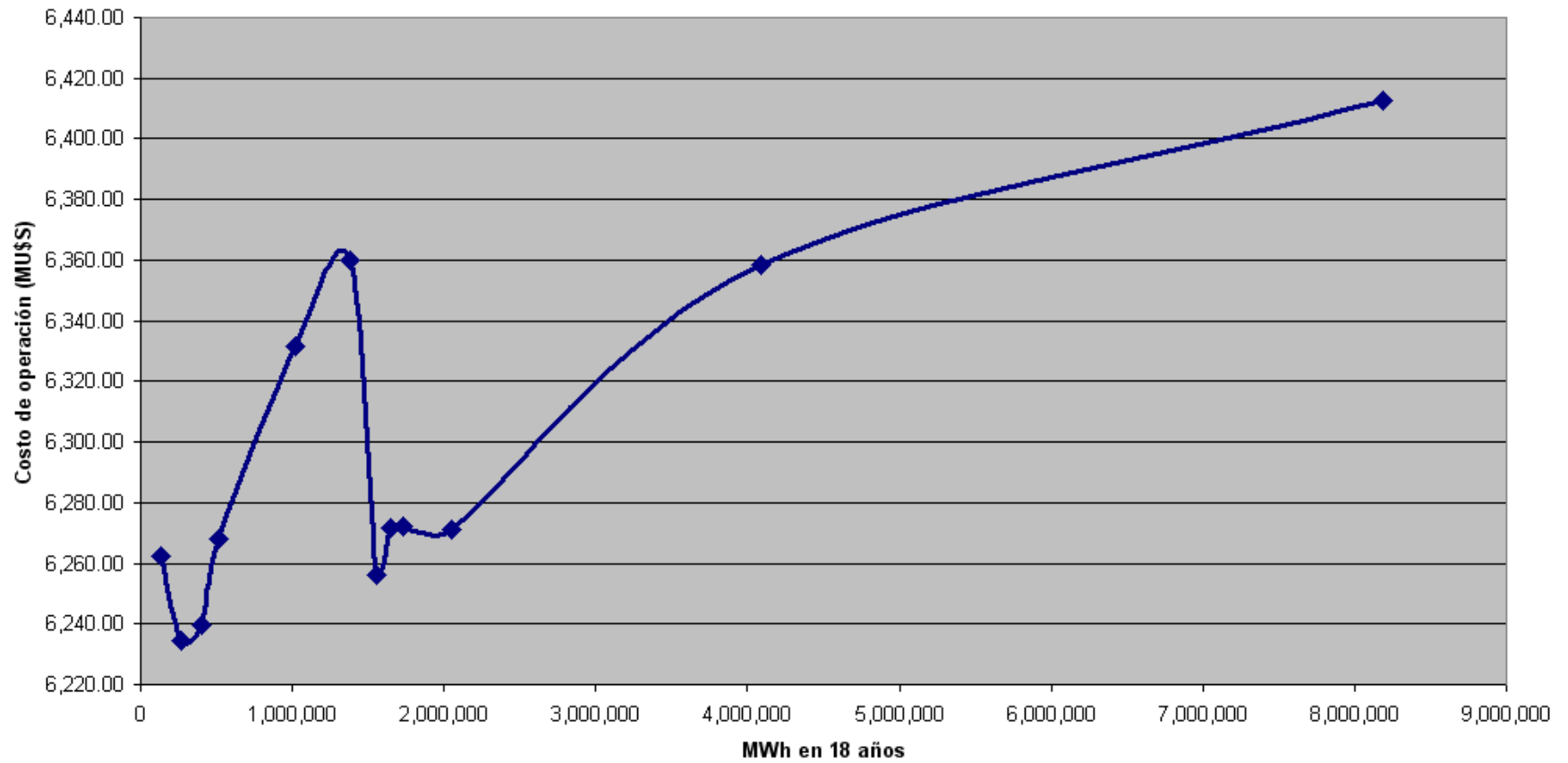
Resultados

Simulación	Potencia instalada KW	Eficiencia	micro Energía media MWh (18 años)	Costo de operación (MU\$S)	Energía perdidas MWh (18 años)	Δ Energía de Perdidas	Energía de falla MWh (18 años)	Δ Energía de Falla	Energía teórica generable
base	0		0	6,242.92	20191520.67		738409.798		
2300 solar	2300	13.87%	49605.815	6,311.34	20182419.29	-0.045%	759025.995	2.79%	357696
300 eolico	3300	25.97%	133285.166	6,262.34	20172260.32	-0.095%	757599.78	2.60%	513216
600 eolico	6600	25.98%	266627.172	6,234.60	20156893.5	-0.171%	741321.462	0.39%	1026432
12650 solar	12650	14.00%	275502.556	6,242.63	20153944.92	-0.186%	754716.116	2.21%	1967328
900 eolico	9900	26.03%	400785.252	6,239.42	20143055.32	-0.240%	703803.807	-4.69%	1539648
1150 eolico	12650	25.98%	511125.797	6,268.19	20126385.15	-0.323%	727748.959	-1.44%	1967328
25300 solar	25300	14.00%	551036.675	6,267.09	20120563.48	-0.351%	729755.453	-1.17%	3934656
2300 eolico	25300	25.95%	1021170.948	6,331.47	20058872.57	-0.657%	739894.918	0.20%	3934656
50600 solar	50600	14.02%	1103501.896	6,250.67	20045794.94	-0.722%	763251.545	3.36%	7869312
3100 eolico	34100	25.99%	1378148.464	6,359.86	20011769.26	-0.890%	742974.722	0.62%	5303232
63250 solar	63250	14.03%	1380305.185	6,335.90	20011795.9	-0.890%	743677.704	0.71%	9836640
69575 solar	69575	14.02%	1517444.404	6,320.04	19996712.33	-0.965%	714926.821	-3.18%	10820304
3500 eolico	38500	25.93%	1552500.992	6,256.22	19990722.48	-0.994%	731410.064	-0.95%	5987520
25300 solar y 2300 eolico	50600	19.99%	1573284.237	6,297.27	19987352.92	-1.011%	735730.597	-0.36%	7869312
72738 solar	72738	14.02%	1586107.061	6,292.49	19987464.45	-1.011%	721738.101	-2.26%	11312213.8
3700 eolico	40700	25.98%	1644319.964	6,271.74	19982540.26	-1.035%	693458.815	-6.09%	6329664
75900 solar	75900	14.02%	1655277.309	6,204.34	19979286.91	-1.051%	711161.269	-3.69%	11803968
79062 solar	79062	14.03%	1724545.508	6,313.97	19968944.74	-1.102%	724769.199	-1.85%	12295722.2
3900 eolico	42900	25.97%	1732898.244	6,272.25	19969595.21	-1.099%	711676.252	-3.62%	6671808
82225 solar	82225	14.03%	1793504.916	6,291.01	19957947.7	-1.157%	746470.865	1.09%	12787632
88550 solar	88550	14.02%	1930841.297	6,233.65	19941464.49	-1.238%	732982.089	-0.74%	13771296
4600 eolico	50600	26.03%	2048404.743	6,271.23	19931116.21	-1.290%	686029.239	-7.09%	7869312
25300 solar y 3450 eolico	63250	21.21%	2086622.16	6,297.15	19923200.42	-1.329%	710535.49	-3.77%	9836640
101200 solar	101200	14.02%	2206058.197	6,383.03	19905507.33	-1.417%	734422.836	-0.54%	15738624
4600 eolica	50600	29.53%	2323823.992	6,222.94	19893222.63	-1.477%	702829.407	-4.82%	7869312
12650 solar y 4600 eolico	63250	23.62%	2323823.992	6,222.94	19893222.63	-1.477%	702829.407	-4.82%	9836640
9200 eolico	101200	25.97%	4087511.078	6,358.56	19667405.56	-2.596%	676487.532	-8.39%	15738624
18400 eolico	202400	26.01%	8186500.952	6,412.67	19140627.68	-5.205%	621043.003	-15.89%	31477248

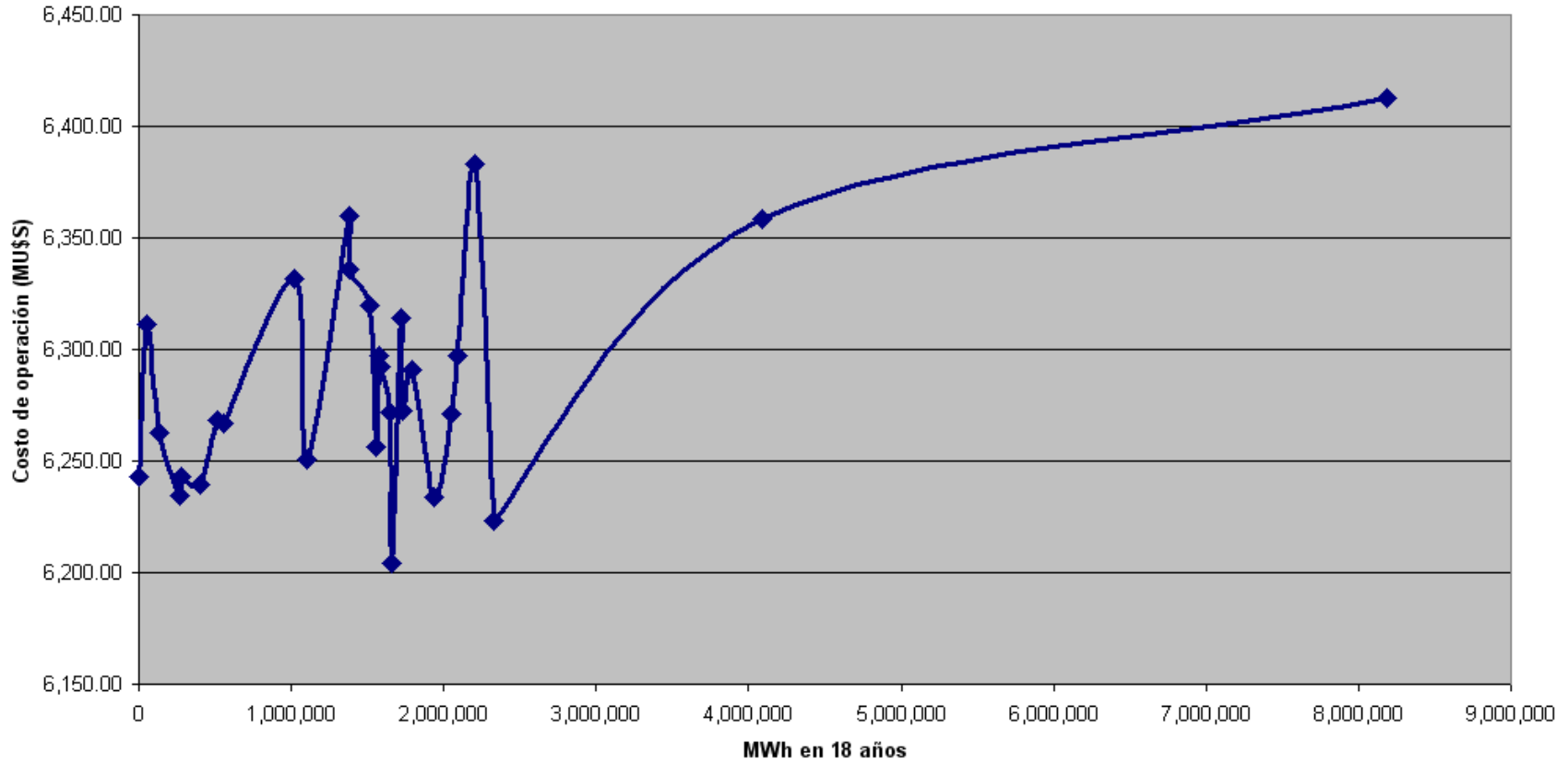
Costo de operación / Energía por microgeneración Solar



Costo de operación / Energía por microgeneración Eólico



Costo de operación / Energía por microgeneración



Balance económico para el generador distribuido

8.1 Caso eólico

Costoacumulado_microeol MU\$SS					
Potencia instalada (kW)	Prom	0.05	0.2	0.8	0.95
50.600	125.22	127.58	126.06	124.16	123.36
1	0.002475	0.002521	0.002491	0.002454	0.002438

El beneficio para el Generador Valor presente de la facturación menos la inversión es positivo. (U\$S 24.380 – U\$S 15.000 = U\$S 7.380).

8.2 Caso Solar

CostoSolarAcum MU\$SS					
Potencia instalada kW)	Prom	0.05	0.2	0.8	0.95
12.650	16.87	17.10	17.02	16.70	16.60
1	0.001333	0.001352	0.001346	0.001320	0.001312

El beneficio para el Generador Valor presente de la facturación menos la inversión es negativo (U\$S 1.312 – U\$S 2.916 = U\$S – 1.604)

Conclusiones

De las simulaciones realizadas no resulta evidente una mejora para el sistema la inclusión de microgeneración. No existe un rango de energía generada en baja tensión que garantice una reducción efectiva del costo de operación del sistema. Desde el punto de vista del inversor solamente resulta atractivo para la microgeneración eólica