

Capítulo 5: Simulación del sistema y validación del programa

En el presente capítulo se procederá a la simulación del sistema mediante 20 iteraciones, comparándose los resultados numéricos obtenidos entre ellas, y a su vez, los resultados entre el modelo primado y el modelo sin primas. Asimismo, para facilitar las comparaciones, se obtendrán gráficos comparativos.

Por último, se realizará un análisis de sensibilidad para estudiar la variación de resultados en función del valor de la WACC, es decir, en función de la rentabilidad exigida a la inversión, o del riesgo de esta.

5.1 SENSIBILIDAD A FALLOS IMPREVISTOS

Se recogen en este apartado, como muestra, los resultados de la primera iteración realizada, a WACC constante e igual a:

$$WACC = 5.9\%$$

En el Anexo adjunto, se incluyen las tablas con los resultados obtenidos correspondientes a cada una de las 20 iteraciones realizadas en el estudio.

Mediante el estudio de todas las simulaciones, podrá observarse, a parte de los valores entre los que se mueven el VAN y el PB, cómo se ven afectados estos por los distintos fallos imprevistos, así como el efecto de las primas.

Las tablas incluidas para la simulación, son:

- Fallos imprevistos producidos: tanto en las palas, como en la multiplicadora (Tabla 5-1 y Tabla 5-2).
- Energía eléctrica suministrada: durante cada uno de los 20 años de estudio (Tabla 5-3).

- Energía eléctrica no suministrada: es la energía que hemos dejado de producir debido a los fallos imprevistos acaecidos (Tabla 5-4).
- Costes de operación y mantenimiento: los costes de operación y mantenimiento normal del parque, obviando los que son consecuencia de los fallos imprevistos (Tabla 5-5).
- Costes por reposición de piezas: costes debidos a la reposición de palas o multiplicadora, necesarias debido a los fallos imprevistos (Tabla 5-6).
- Ingresos: teniendo en cuenta el apercibimiento de primas (Tabla 5-7), o sin tenerlo en cuenta (Tabla 5-9).
- Costes por energía no suministrada: teniendo en cuenta las primas (Tabla 5-8), y sin tenerlas en cuenta (Tabla 5-10), representa el coste de oportunidad de los fallos imprevistos, es decir, los ingresos que dejamos de percibir debido a ellos.
- LCOE: coste nivelado de la energía, para cada año, es independiente de las primas (Tabla 5-11).
- VAN y PB: para el caso de percibir primas (Tabla 5-12), y el caso de no percibir las (Tabla 5-13).

NOTA: Al haberse calculado el PB sin tener en cuenta la actualización del capital, en los casos en los que obtengamos un VAN negativo, el valor del PB seguirá saliendo menor a 20 años en muchos casos, debido a que aunque no recuperas el valor de la inversión inicial a precios corrientes, si lo recuperas a precios constantes, es decir, la inversión no será rentable, debido a que la actualización del capital hace que los flujos de caja de los años más lejanos al “año 0” tengan menos valor en el cómputo del VAN, pero sí se recupera la cantidad constante de la inversión inicial.

5.1.1 ITERACIÓN 1

Fallos imprevistos producidos:

Puede verse en las Tablas 5-1 y 5-2 que en la simulación mostrada, solo ocurre un fallo en una pala en el decimonoveno año de funcionamiento del parque, no ocurriendo ningún fallo en la multiplicadora.

Tabla 5-1: Fallos imprevistos en palas

FALLOS EN PALAS CADA AÑO																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Tabla 5-2: Fallos imprevistos en la multiplicadora

FALLOS EN MULTIPLICADORA CADA AÑO																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Energía eléctrica suministrada (EES):

Se observa en la Tabla 5-3, que la energía suministrada anualmente corresponde a la máxima cantidad posible dadas las condiciones de viento, salvo en el año en que ocurre el fallo en las palas (año 19), que se suministra menos energía.

Tabla 5-3: Energía suministrada anualmente por el aerogenerador

Año	Energía Eléctrica suministrada (MWh)	Año	Energía Eléctrica suministrada (MWh)
1	4508.78667	11	4508.78667
2	4508.78667	12	4508.78667
3	4508.78667	13	4508.78667
4	4508.78667	14	4508.78667
5	4508.78667	15	4508.78667
6	4508.78667	16	4508.78667
7	4508.78667	17	4508.78667
8	4508.78667	18	4508.78667
9	4508.78667	19	4437.75683
10	4508.78667	20	4508.78667

Energía eléctrica no suministrada (EENS):

Se observa en la Tabla 5-4 la energía que cada año deja de ser suministrada por el aerogenerador debido a los fallos ocurridos en las palas y la multiplicadora durante la simulación. Como se observa, solo en el año 19 esta cantidad es positiva, debido al fallo que se produce en una pala.

Tabla 5-4: Energía no suministrada anualmente por el aerogenerador, debido a los fallos imprevistos en palas y en multiplicadora

Año	Energía Eléctrica no suministrada (MWh)	Año	Energía Eléctrica no suministrada (MWh)
1	0	11	0
2	0	12	0
3	0	13	0
4	0	14	0
5	0	15	0
6	0	16	0
7	0	17	0
8	0	18	0
9	0	19	71.0298333
10	0	20	0

Costes de Operación y Mantenimiento (O&M):

En la Tabla 5-5 se muestran los costes de operación y mantenimiento normales, sin tener en cuenta los fallos imprevistos, y que dependen proporcionalmente a la energía entregada por el parque. El valor del coste solo es menor durante el año en que se produce el fallo.

Tabla 5-5: Costes anuales de Operación y Mantenimiento normal del parque

Año	Costes de Operación y Mantenimiento (€)	Año	Costes de Operación y Mantenimiento (€)
1	90175.7333	11	90175.7333
2	90175.7333	12	90175.7333
3	90175.7333	13	90175.7333
4	90175.7333	14	90175.7333
5	90175.7333	15	90175.7333
6	90175.7333	16	90175.7333
7	90175.7333	17	90175.7333
8	90175.7333	18	90175.7333

9	90175.7333	19	88755.1367
10	90175.7333	20	90175.7333

Costes por reposición de piezas:

Se muestra en la Tabla 5-6 los costes anuales por reposición de las piezas estudiadas, reposición necesaria a causa de los fallos acaecidos. Como se observa, estos costes son nulos salvo en el decimonoveno año, en que el valor alcanza el coste de una pala del aerogenerador, debido a que ese es el único fallo que acontece durante la simulación.

Tabla 5-6: Costes anuales por reposición de piezas (palas y multiplicadora)

Año	Costes por reposición de piezas (€)	Año	Costes por reposición de piezas (€)
1	0	11	0
2	0	12	0
3	0	13	0
4	0	14	0
5	0	15	0
6	0	16	0
7	0	17	0
8	0	18	0
9	0	19	139860
10	0	20	0

Ingresos con primas:

Se muestran en la Tabla 5-7 los ingresos brutos generados por el parque debido a la venta de energía en el mercado, según el modelo primado.

Tabla 5-7: Ingresos brutos obtenidos de la venta de energía en el modelo primado

Año	Ingresos con primas (€)	Año	Ingresos con primas (€)
1	423911.011	11	415712.744
2	360844.306	12	429458.69
3	363619.422	13	416516.678
4	371053.146	14	421083.326

5	382310.266	15	451760.014
6	386184.216	16	439136.603
7	391618.423	17	424904.709
8	396857.088	18	470016.486
9	397473.966	19	456705.608
10	418891.83	20	438249.434

Costes por energía no suministrada con primas:

La Tabla 5-8 recoge los valores del coste de oportunidad por la energía eléctrica no suministrada debido a los fallos imprevistos acontecidos en las palas y en la multiplicadora, es decir, lo que se deja de ingresar debido a la ocurrencia de estos fallos, en el modelo primado.

Tabla 5-8: Costes de oportunidad debido a la energía no suministrada a causa de fallos imprevistos en las piezas estudiadas en el modelo con primas

Año	Costes por energía no suministrada con primas (€)	Año	Costes por energía no suministrada con primas (€)
1	0	11	0
2	0	12	0
3	0	13	0
4	0	14	0
5	0	15	0
6	0	16	0
7	0	17	0
8	0	18	0
9	0	19	7309.93707
10	0	20	0

Ingresos sin primas:

La Tabla 5-9 es análoga a la Tabla 5-7, pero para el modelo sin primar.

Tabla 5-9: Ingresos brutos obtenidos de la venta de energía en el modelo sin primar

Año	Ingresos sin primas (€)	Año	Ingresos sin primas (€)
1	311385.744	11	288423.684
2	240158.092	12	335699.093
3	182167.375	13	231299.406
4	230237.55	14	229839.166
5	311034.751	15	353812.346
6	283823.371	16	268249.472
7	279677.12	17	184888.375
8	275292.143	18	352068.056
9	236939.783	19	300123.887
10	350011.068	20	188320.507

Costes por energía no suministrada sin primas:

La Tabla 5-10 es análoga a la Tabla 5-8, pero para el modelo sin primar.

Tabla 5-10: Costes de oportunidad debido a la energía no suministrada a causa de fallos imprevistos en las piezas estudiadas en el modelo sin primas

Año	Costes por energía no suministrada sin primas (€)	Año	Costes por energía no suministrada sin primas (€)
1	0	11	0
2	0	12	0
3	0	13	0
4	0	14	0
5	0	15	0
6	0	16	0
7	0	17	0
8	0	18	0
9	0	19	4803.72189
10	0	20	0

Coste nivelado de la energía (LCOE):

En la Tabla 5-11 se recogen los valores del Coste Nivelado de la Energía, para cada uno de los 20 años de funcionamiento del parque.

Tabla 5-11: LCOE anual

Año	LCOE (€)	Año	LCOE (€)
1	46.60939	11	38.36935
2	45.55721	12	37.77625
3	44.56365	13	37.21619
4	43.62544	14	36.68733
5	42.7395	15	36.18794
6	41.90293	16	35.71637
7	41.11296	17	35.27107
8	40.367	18	34.85058
9	39.6626	19	34.89726
10	38.99745	20	34.07858

VAN y PB con primas:

Se muestran en la Tabla 5-12 los valores obtenidos para la simulación del Valor Actual Neto, así como del PayBack, para el modelo primado.

Tabla 5-12: VAN y PB obtenidos del modelo con primas

VAN con primas (€)	PB con primas (años)
448159.9	11

VAN y PB sin primas:

Análogamente, se muestran los valores del VAN y el PB para el modelo sin primar en la Tabla 5-13.

Tabla 5-13: VAN y PB obtenidos del modelo sin primas

VAN sin primas (€)	PB sin primas (años)
-648564.561	15

Estos resultados pueden compararse con el caso base para esta simulación; es decir, el caso en que con los mismos precios de mercado de esta simulación, no ocurra ningún fallo imprevisto en las palas ni en la multiplicadora. En ese caso, los valores obtenidos, son los siguientes:

Tabla 5-14: VAN y PB del caso base obtenidos del modelo con primas

VAN con primas (€)	PB con primas (años)
482490.5313	11

Tabla 5-15: VAN y PB del caso base obtenidos del modelo sin primas

VAN sin primas (€)	PB sin primas (años)
-609424.417	15

No se observan cambios drásticos en este caso respecto de la iteración 1, debido a que solamente se produce un fallo en las palas durante toda la operación del parque.

5.2 SENSIBILIDAD AL WACC

Estudiaremos en este apartado la sensibilidad que muestran el VAN, el PB y el LCOE, tanto en el caso de retribución con primas como en el caso de retribución sin ellas, frente al valor de la tasa de actualización (WACC), mediante la realización de una serie de simulaciones para los valores del WACC comprendidos entre 5.5 y 7.0, en incrementos de 0.1. Para ver claramente el efecto del WACC, se usará un mismo caso de fallos para las 16 simulaciones realizadas, mostrado en las Tablas 5-14 y 5-15:

Tabla 5-16: Fallos imprevistos en las palas, para el caso de estudio de sensibilidad al WACC

FALLOS EN PALAS CADA AÑO																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabla 5-17: Fallos imprevistos en la multiplicadora, para el caso de estudio de sensibilidad al WACC

FALLOS EN MULTIPLICADORA CADA AÑO																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Se tabularán los resultados correspondientes a las distintas simulaciones para poderlos graficar y comparar, para una mejor extracción de conclusiones.

5.2.1 VARIACIÓN DEL VAN RESPECTO DEL WACC

Se representan en la Tabla 5-16 los resultados obtenidos del experimento de simular el comportamiento de los modelos con primas y sin ellas para un mismo caso de ocurrencia de fallos ante distintos valores crecientes del WACC:

Tabla 5-18: Variación del VAN respecto del WACC para los casos de modelo primado y sin primar

WACC	VAN con primas	VAN sin primas	WACC	VAN con primas	VAN sin primas
5.5	217237.376	-1138697.72	6.3	26684.8042	-1253014.39
5.6	192304.133	-1153693.29	6.4	4239.5461	-1266434.22
5.7	167699.312	-1168480.63	6.5	-17916.0882	-1279670.90
5.8	143417.759	-1183063.06	6.6	-39786.5749	-1292727.32
5.9	119454.408	-1197443.88	6.7	-61376.3123	-1305606.31
6.0	95804.2825	-1211626.28	6.8	-82689.6225	-1318310.67
6.1	72462.4948	-1225613.44	6.9	-103730.753	-1330843.15
6.2	49424.2416	-1239408.47	7.0	-124503.876	-1343206.42

Respecto a los valores del PB en este caso, no varían, debido a que al estar trabajando con el PB simple, es decir, sin tener en cuenta en su cálculo la actualización del capital, es claro que el WACC no va a influir en el, ya que el WACC representa precisamente la actualización del capital.

Así, en estas simulaciones, el PayBack será constante:

$$PB \text{ con primas} = 12 \text{ años}$$

$$PB \text{ sin primas} = 20 \text{ años}$$

5.2.2 VARIACIÓN DEL LCOE RESPECTO AL WACC

En cuanto al LCOE, si se tabulan los valores promedio entre los 20 años de la inversión para cada uno de los valores del WACC estudiados, obtenemos los siguientes resultados mostrados en la Tabla 5-17:

Tabla 5-19: Valores promedio durante los 20 años de duración de la simulación, del LCOE para los diversos valores del WACC ensayados

WACC	LCOE promedio	WACC	LCOE promedio
5.5	39.758417	6.3	39.0037619
5.6	39.6598926	6.4	38.9146055
5.7	39.5626029	6.5	38.8265418
5.8	39.4665292	6.6	38.7395543
5.9	39.3716529	6.7	38.6536271
6.0	39.2779557	6.8	38.568744
6.1	39.1854199	6.9	38.4848897
6.2	39.0940277	7.0	38.4020488

Como ya se ha comprobado, los valores del LCOE no se ven afectados por las primas, sino que son indiferentes a estas.

5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección, se presentarán las gráficas comparativas de los resultados obtenidos, analizándose los mismos en busca de conclusiones.

5.3.1 LCOE

LCOE sensibilidad a fallos imprevistos

Si se calculan los promedios del LCOE durante los 20 años de que consta cada simulación y se grafican, se obtiene la Figura 5.1:

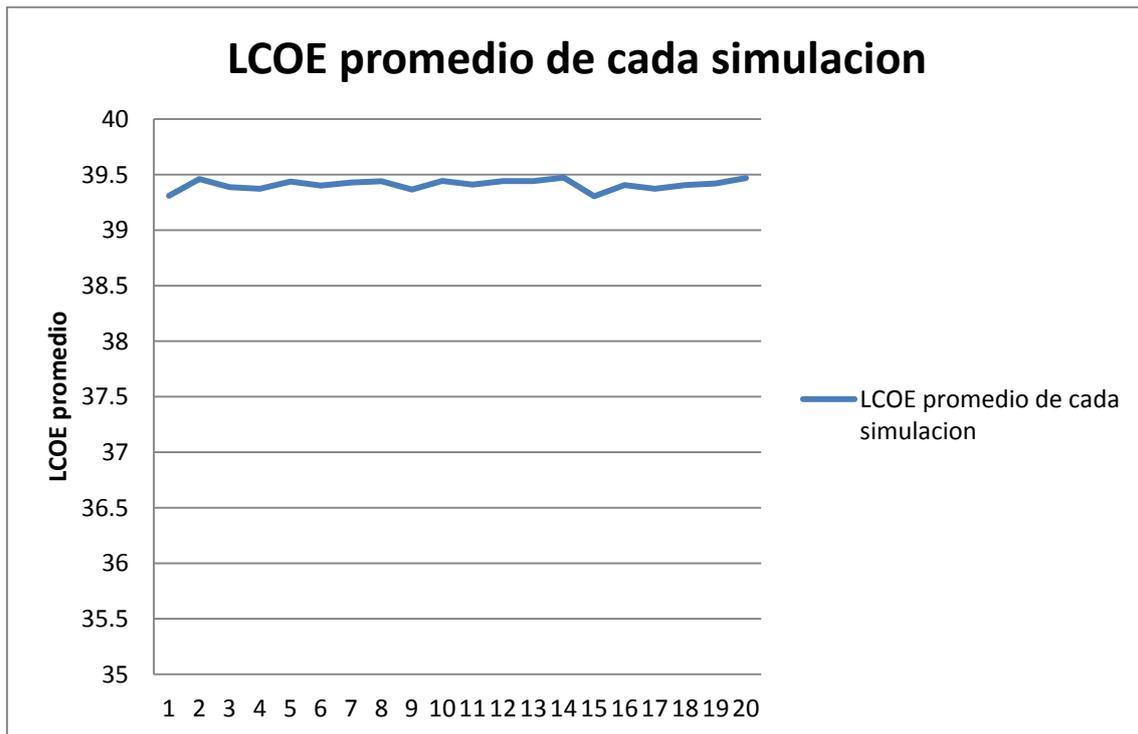


Figura 5.1: Valor del LCOE promedio para cada simulación con WACC=5.9%

Se puede observar en la Figura 5.1 que estos valores, al depender de la energía suministrada y los costes de operación y mantenimiento previstos, diferirán entre cada simulación, pero aun así, se observa que su oscilación es bastante pequeña, variando los valores promedio entre los 20 años que dura cada simulación entre el valor máximo de 39.474115 y un valor mínimo de 39.3054835, de lo cual se desprende que los valores se mantienen en una estrecha franja a pesar del factor introducido por la aleatoriedad de los fallos imprevistos.

A su vez, estos valores no se ven afectados por la retribución con o sin primas, como se aprecia a partir de la fórmula de cálculo del LCOE.

Se puede estudiar también la desviación estándar de cada simulación (Figura 5.2), para ver cuán representativos son estos promedios usados en la gráfica del LCOE.

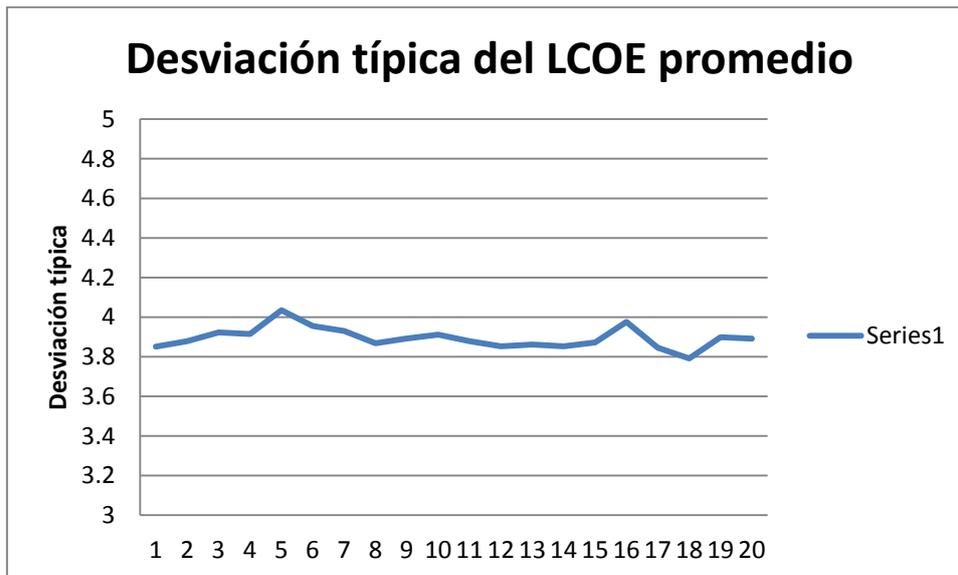


Figura 5.2: Desviación típica del LCOE promedio para cada simulación con WACC=5.9%

Como se observa, para cada simulación realizada la desviación típica del LCOE promedio es considerablemente pequeña y estable, situándose para cada simulación entre un valor máximo ligeramente por encima de 4 y un valor mínimo algo inferior a 3.8.

LCOE sensibilidad al WACC

En cuanto a la influencia del WACC en el LCOE, la Figura 5.3 muestra los siguientes resultados:

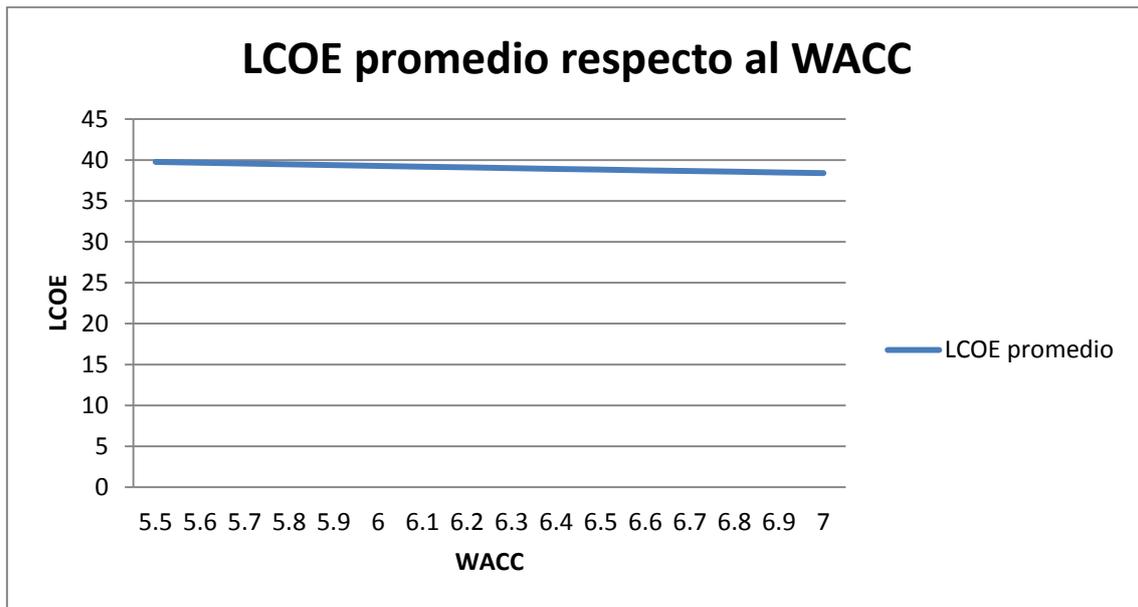


Figura 5.3: Valor del LCOE promedio para cada valor del WACC ensayado para un caso fijo de fallos imprevistos ocurridos

Como se comprueba, los valores del coste nivelado de la electricidad caen con el WACC, pero el efecto es muy poco importante en realidad.

5.3.2 COSTES POR EENS

En este epígrafe se estudiarán los costes totales por energía eléctrica no suministrada en cada una de las simulaciones realizadas, para ver cómo se ven influidos por los fallos imprevistos acaecidos, así como la influencia de las primas en estos costes.

Costes por EENS con primas

Como se desprende de la Figura 5.4, lo que dejamos de ganar durante los 20 años totales de la inversión, se ve altamente influenciado por la ocurrencia de fallos imprevistos en las palas y la multiplicadora, debido tanto al hecho del fallo en sí, como en qué momento ocurre, es decir, qué velocidades del viento se están produciendo en el intervalo durante el cual la máquina está parada.

Se puede observar que las oscilaciones entre simulación y simulación son enormes, del orden de decenas de miles de euros. Cabe destacar que estos valores están sin actualizar, es decir, a precios constantes, luego el efecto se vería agravado por la actualización de los costes mediante el WACC, especialmente para el caso de fallos ocurridos en los primeros años de la inversión.

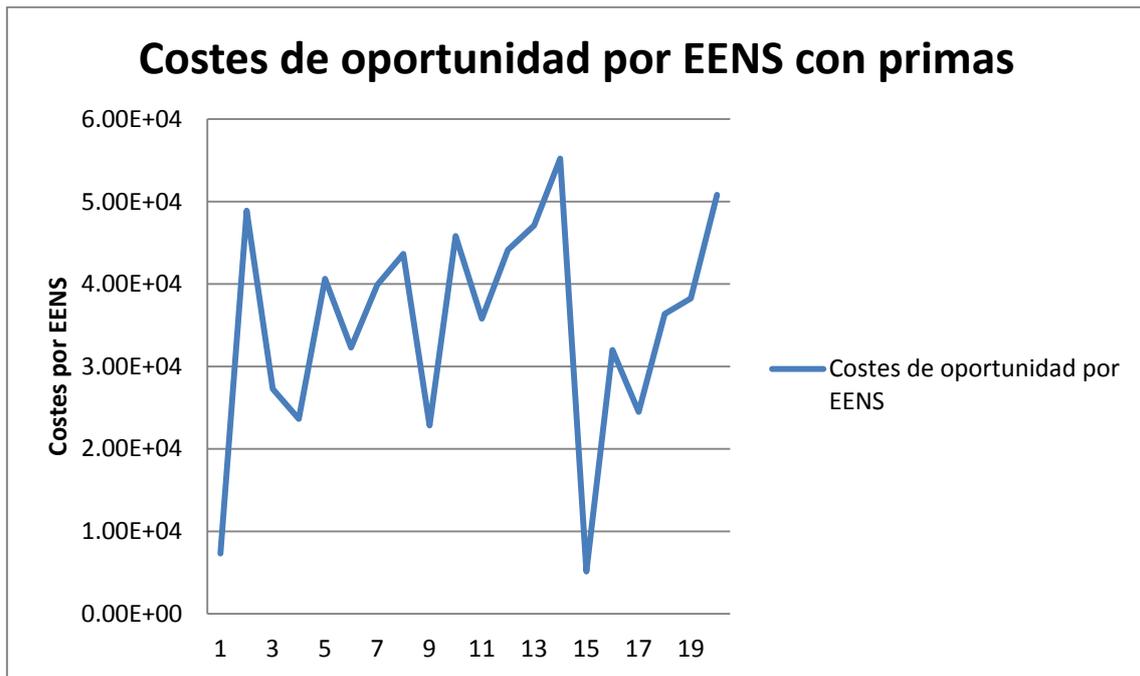


Figura 5.4: Costes de oportunidad por energía eléctrica no suministrada derivados de los fallos imprevistos en el modelo primado para el caso de WACC=5.9%

Costes por EENS sin primas



Figura 5.5: Costes de oportunidad por energía eléctrica no suministrada derivados de los fallos imprevistos en el modelo no primado para el caso de WACC=5.9%

En el caso de no contar con las primas complementarias (Figura 5.5), se observa que el efecto es el mismo, solo que los costes de oportunidad son de menor valor, es decir,

dejamos de obtener menos ingresos debido a los mismos fallos, por el hecho de que ya no percibimos las primas. O, equivalentemente, si no ocurrieran los fallos imprevistos que han ocurrido, se obtendrían ingresos menores en este caso que en el caso con primas.

5.3.3 INGRESOS

Se exponen aquí los resultados comparados de los ingresos brutos obtenidos en cada simulación por la venta de energía al mercado, de forma que podamos apreciar la influencia de los fallos en estos. Se mostrarán, asimismo, los ingresos recibiendo las primas, y sin recibirlas.

Ingresos con primas

Los ingresos totales para cada una de las 20 simulaciones hechas, durante el tiempo total de duración de la inversión se representan en la Figura 5.6:

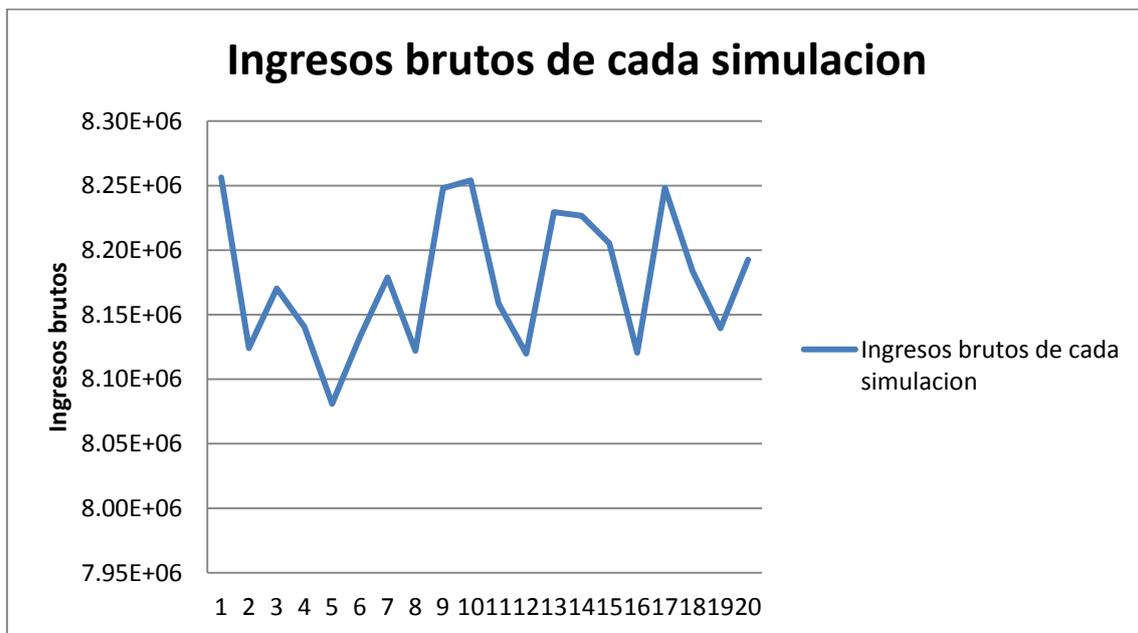


Figura 5.6: Ingresos brutos de cada simulación para WACC=5.9% en el modelo primado

Como puede verse en la figura, los ingresos brutos a precios constantes, es decir, sin actualizar el valor del dinero, durante todo el periodo de funcionamiento, se sitúan por encima de los 8 millones de euros para todas las simulaciones, superando en el punto máximo los 8.25 millones de euros, y algo por debajo de los 8.1 millones, en la simulación más desfavorable en este sentido. Las oscilaciones observadas se deben a los fallos imprevistos en las palas y la multiplicadora.

A la vista de los valores de estos ingresos, así como de los valores de EENS con primas, podemos ver que:

Coste por EENS promedio/ Ingresos promedio:

$$\frac{35078.88277}{8176609.764} \times 100 = 0.429\%$$

Respecto a este dato, si bien es un porcentaje pequeño, se debe tener en cuenta el hecho de que al ocurrir el fallo, no solo se dejan de percibir ingresos por venta de energía, sino que también se requiere un desembolso para la reposición del componente o componentes afectados.

Se muestran ahora en la Figura 5.7 los ingresos promedio anuales para cada una de las 20 simulaciones realizadas. Este dato es fuertemente dependiente de los fallos acaecidos, muy concretamente del momento en el que ocurren, por lo que no es un dato muy a tener en cuenta, cosa que es fácilmente observable si se calcula la desviación típica de cada muestra de 20 años (simulación), las cuales resultan en valores muy altos, lo que da a entender que los valores de la muestra son muy dispersos.

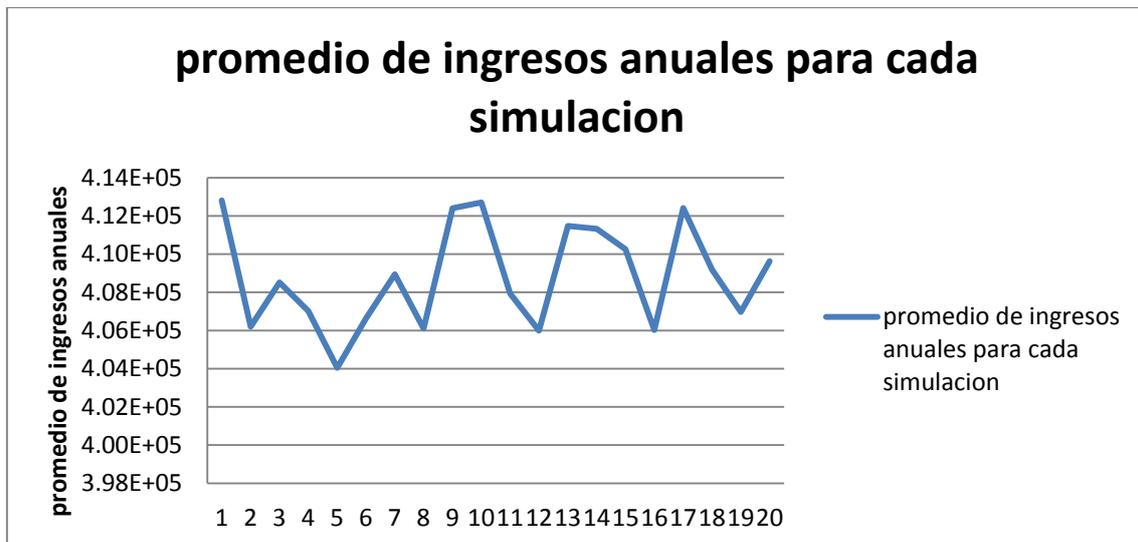


Figura 5.7: Promedio de ingresos brutos anuales para cada simulación realizada a WACC=5.9% para el modelo con primas

Ingresos sin primas

En este caso análogo al anterior, podrá apreciarse la disminución de los ingresos brutos debido a la ausencia de las primas. Los ingresos brutos para cada una de las 20 simulaciones, quedan recogidos en la Figura 5.8:

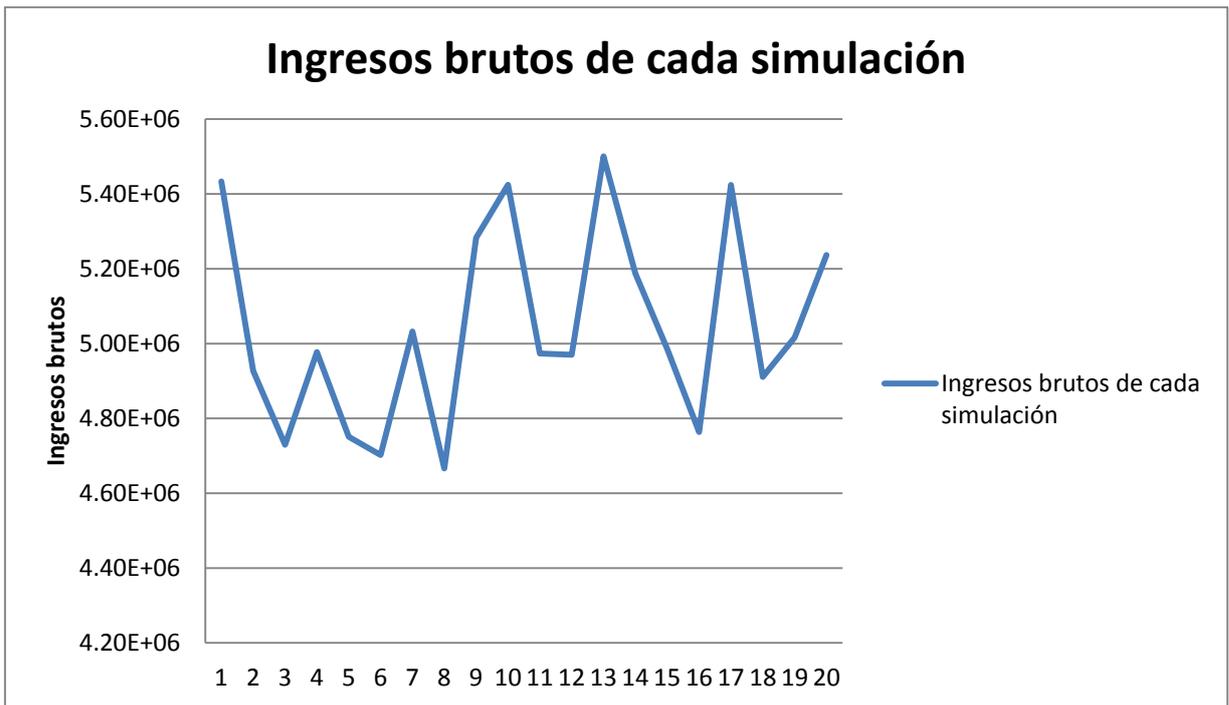


Figura 5.8: Ingresos brutos de cada simulación para WACC=5.9% en el modelo no primado

Se aprecia la disminución de ingresos claramente, situándose en este caso entre un valor máximo algo superior a los 5.4 millones, y un valor mínimo algo superior también a los 4.6 millones de euros.

En este caso, el ratio Coste por EENS promedio/ Ingresos promedio sin primas, se mantiene constante, con las mismas consideraciones del caso anterior, ya que son las mismas simulaciones en lo que a fallos y precios de la energía se refiere.

Al igual que para el caso anterior, se muestran en la Figura 5.9 los ingresos promedio anuales para cada simulación, teniendo igualmente presente la inestabilidad de los datos: el promedio es poco representativo. Volverá a apreciarse la gran disparidad de valores debidos a los fallos, la disminución de estos debido a la ausencia de las primas, así como valores muy elevados de las desviaciones típicas, señal de la poca representatividad de estos valores promedio.

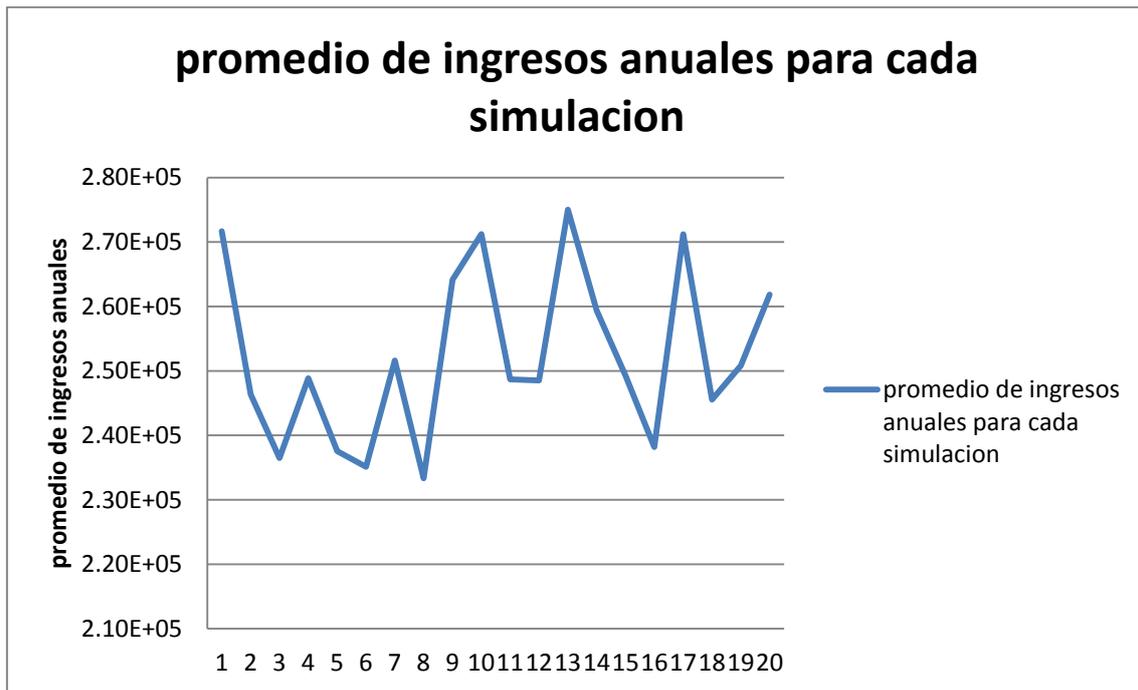


Figura 5.9: Promedio de ingresos brutos anuales para cada simulación realizada a WACC=5.9% para el modelo sin primas

5.3.4 VAN Y PB

Bajo este epígrafe serán analizados los resultados obtenidos en relación al VAN y al PayBack de la inversión, tanto de la simulación a WACC constante de valor 5.9 %, como en el caso de análisis a WACC variable.

VAN y PB sensibilidad a fallos imprevistos

Las gráficas que representan el VAN obtenido para cada una de las 20 simulaciones realizadas para los casos de retribución con primas y retribución sin ellas se muestran en las Figuras 5.10 y 5.11 respectivamente:

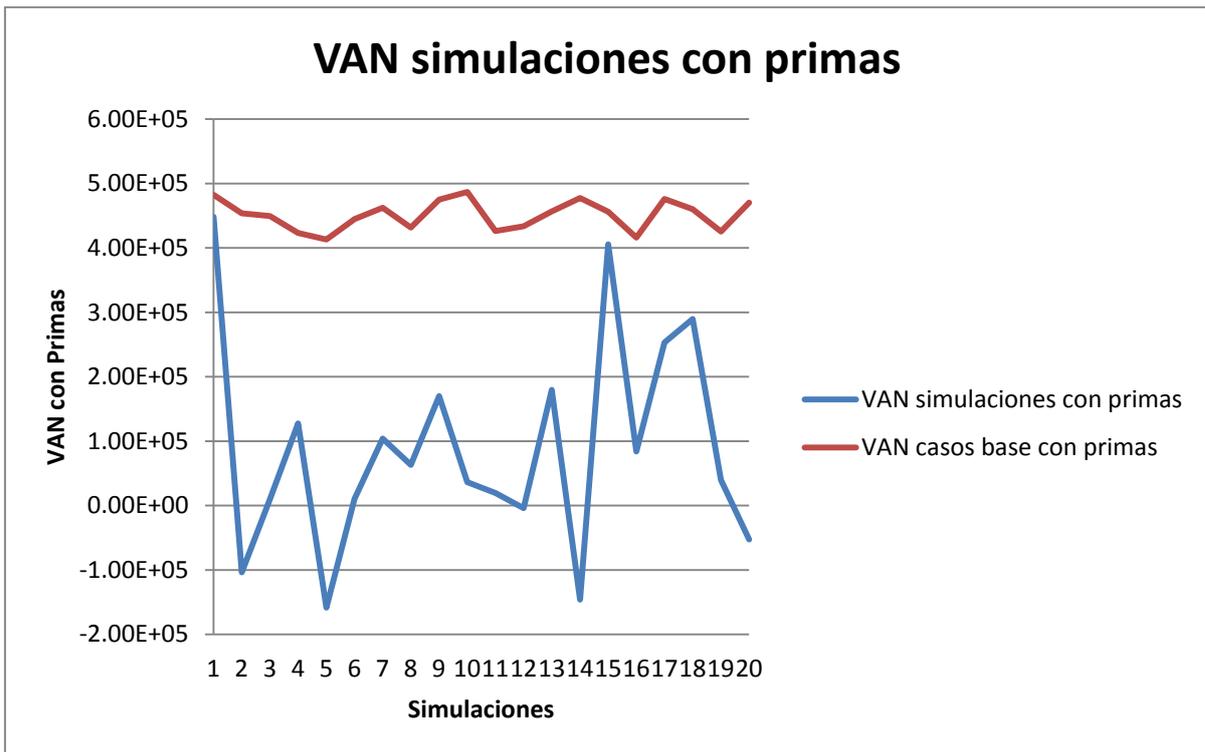


Figura 5.10: Valores del VAN para cada una de las simulaciones realizadas con WACC=5.9% en el modelo primado

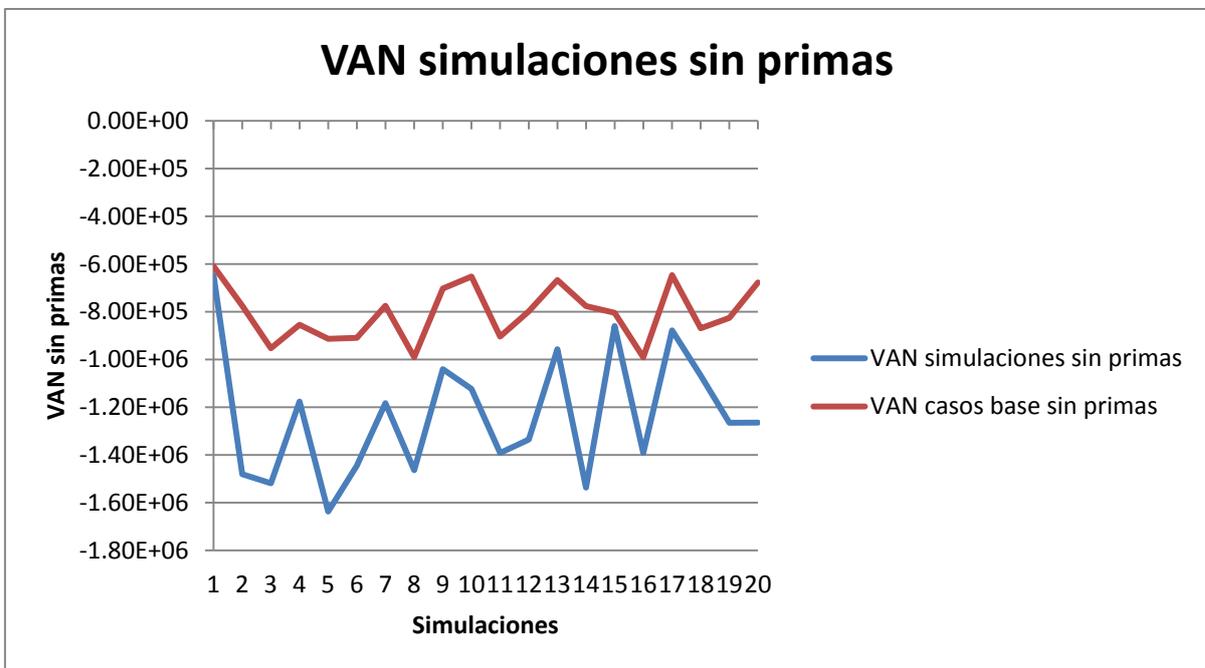


Figura 5.11: Valores del VAN para cada una de las simulaciones realizadas con WACC=5.9% en el modelo no primado

En ambos casos, si se calculan las desviaciones típicas de las muestras, podrá verse que alcanzan unos muy altos valores, señal de la fuerte dependencia del VAN con los fallos imprevistos. Esto puede observarse perfectamente tanto en la Figura 5.10 como en la 5.11, que muestran una gran disparidad de valores de una simulación a otra.

En cuanto al efecto de la bonificación por prima, si se superponen ambas gráficas podrá verse claramente la influencia de estas en la Figura 5.12:

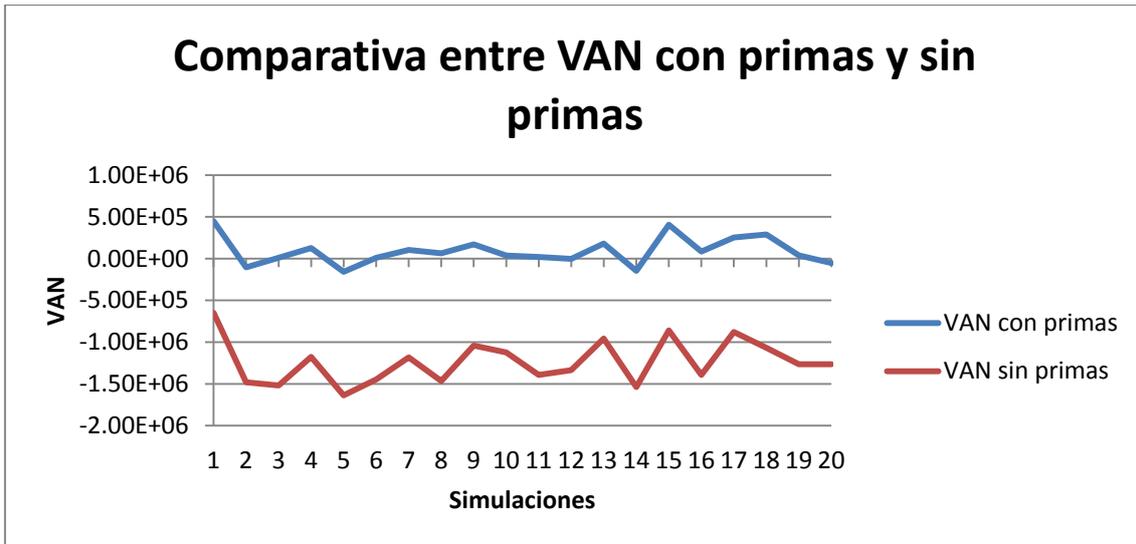


Figura 5.12: Gráfica comparativa entre los valores del VAN del modelo primado y el VAN del modelo no primado, para cada una de las simulaciones realizadas a WACC=5.9% constante

Puede observarse que las diferencias en sí mismas son cuantiosas, existiendo valores críticos, simulaciones en las cuales la retribución por primas hace que el VAN sea superior a cero, y por tanto, hacen que la inversión sea rentable respecto al caso de la no percepción de primas, donde la inversión no lo es en ningún caso.

Para el caso del PB simple (sin tener en cuenta la actualización del capital), los valores obtenidos son mucho más estables (Figura 5.13), es decir, la desviación típica de la muestra, y, por lo tanto, la dispersión de la misma, son menores, con lo cual, el valor promedio sí será significativo en este caso.

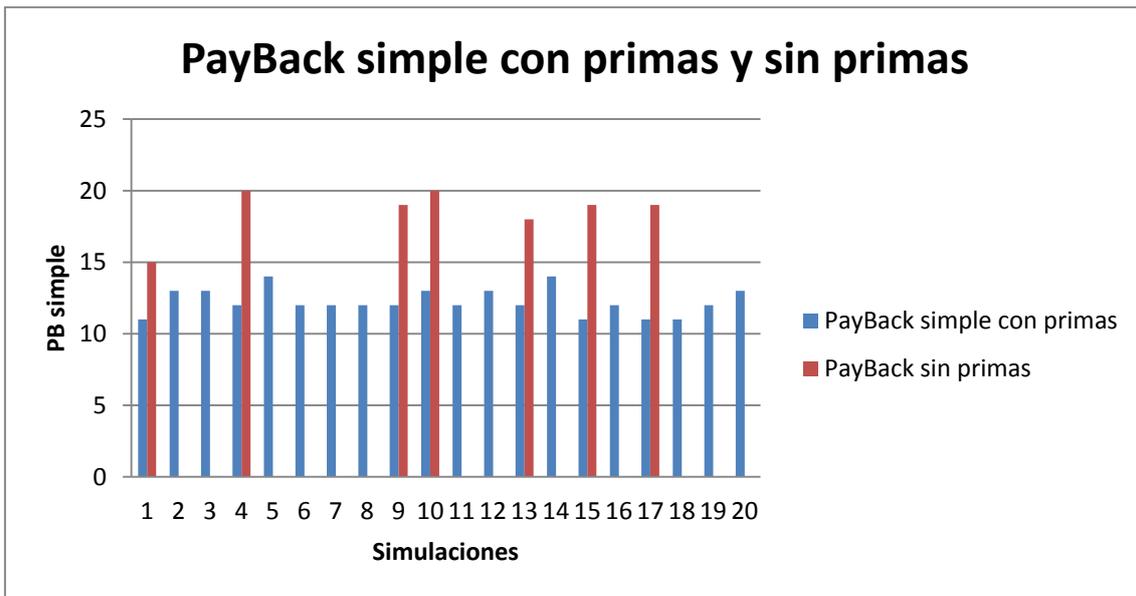


Figura 5.13: Valores del PB simple obtenidos en cada simulación a WACC=5.9%, para ambos modelos

Como se observa en la Figura 5.13, el PB con primas oscila entre un valor mínimo de 11 años, y uno máximo de 14 años. En este caso, el valor promedio alcanzado entre las 20 simulaciones es de:

$$PB_{promedio} = 12.25 \text{ años}$$

En cuanto al modelo sin primar, en la mayoría de las simulaciones, el PB simple supera los 20 años de estudio de la inversión, lo que significa que no se recuperaría el capital invertido nunca; debido a esto, en la Figura 5.13 solo se representan las simulaciones del modelo sin primas en las que el PB obtenido ha sido menor a 20. En esos casos, se observa que el tiempo de retorno simple en el modelo sin primar es harto mayor que en el modelo primado.

VAN sensibilidad al WACC

En este caso, como ya se especificó anteriormente, no se analizará el efecto sobre el PB, ya que al tratarse del PB simple, no se verá afectado por la WACC. Se realiza la gráfica en este caso del VAN para los casos en que se perciben y no se perciben las primas, llegando a los resultados mostrados en las Figuras 5.14 y 5.15, siempre para una misma simulación constante, a la que se va variando la tasa de actualización o WACC.

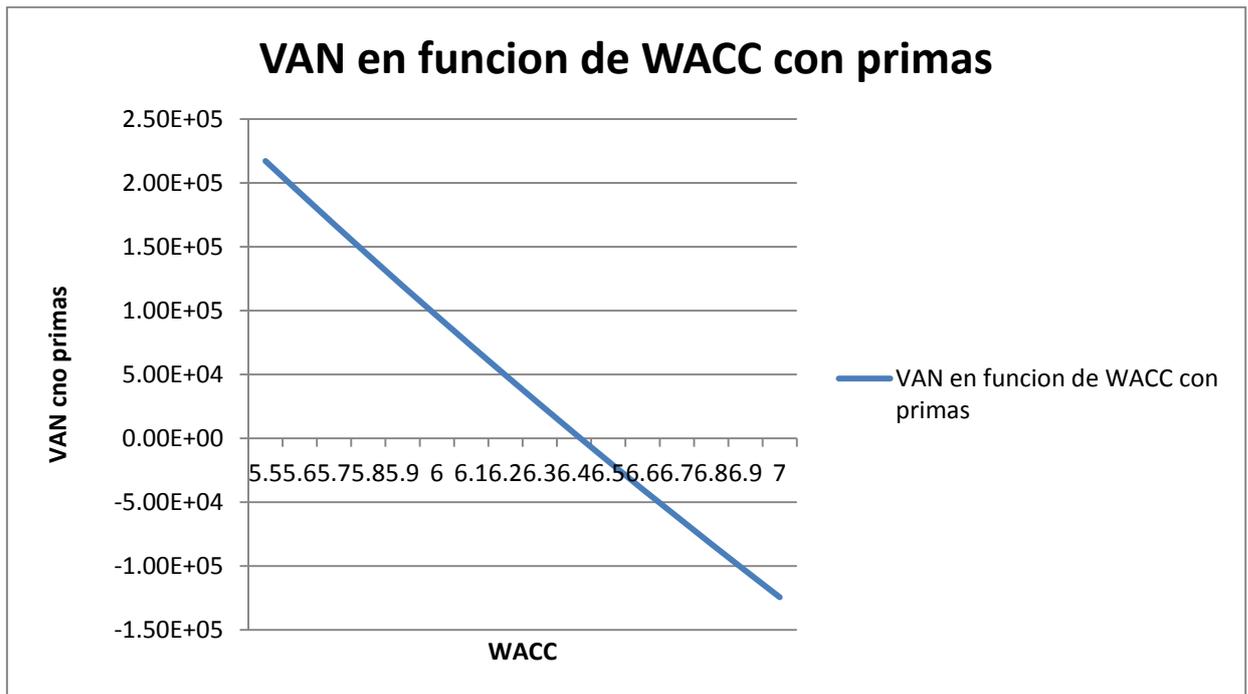


Figura 5.14: Valores del VAN obtenidos en la simulación a WACC variable para un caso de fallos constante, para el modelo primado

Se observa claramente en la Figura 5.14 la disminución de la rentabilidad a medida que crece el WACC, pasando la inversión a ser no rentable en este caso a partir de un valor de

$$WACC = 6.5 \%$$

En el caso sin primas (Figura 5.15), la evolución es totalmente análoga, salvo por el hecho de que los valores del VAN son todos menores que cero para los valores de WACC entre 5.5% y 7%, aunque también disminuye su valor conforme aumenta el valor del WACC. Se ha extendido en este caso la gráfica a valores del WACC menores, para observar a qué valor del mismo sería rentable la instalación. En este caso, ese valor de coste capital medio ponderado es del 0.4%, debido principalmente a la influencia de las primas.

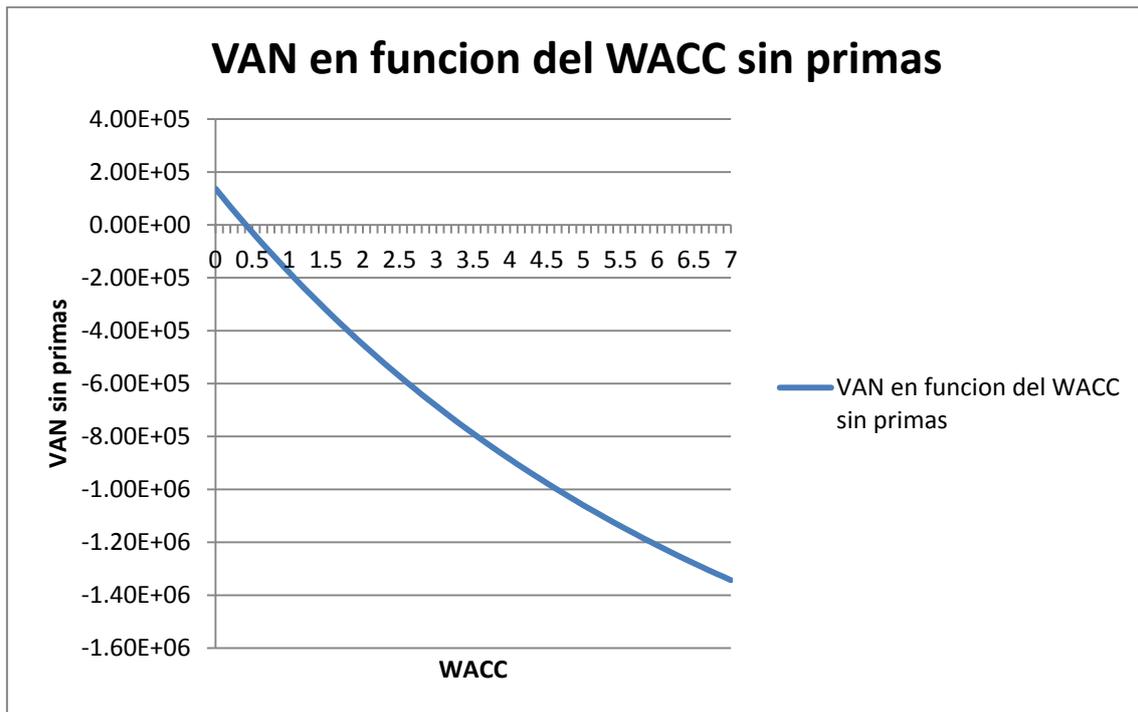


Figura 5.15: Valores del VAN obtenidos en la simulación a WACC variable para un caso de fallos constante, para el modelo no primado

Se puede apreciar gráficamente la analogía entre ambos casos, con la diferencia de valores entre ambos, estando la línea correspondiente al caso con primas siempre por encima de la correspondiente al caso sin primas (Figura 5.16).

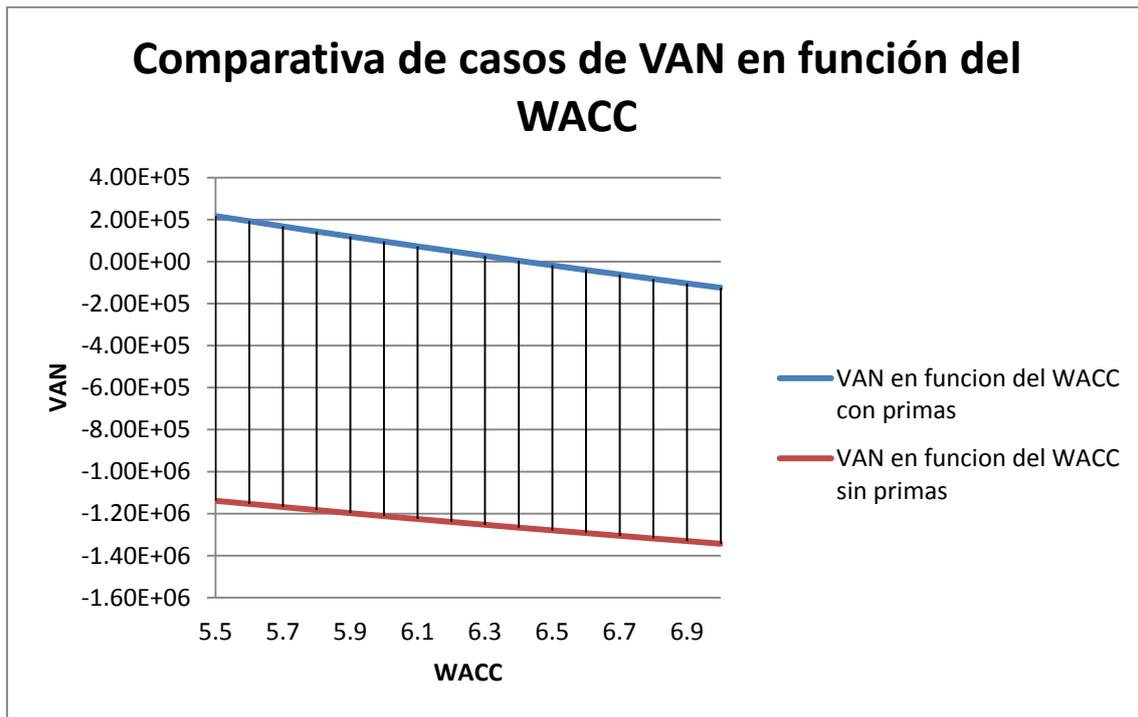


Figura 5.16: Gráfica comparativa entre los valores del VAN obtenidos para las distintas simulaciones a WACC variable y fallos ocurridos constantes, para los modelos primado y sin primar.

5.3.5 RESUMEN HORAS DE FALLOS Y HORAS DE FUNCIONAMIENTO

Se incluye a continuación un breve cuadro resumen de fallos y horas de funcionamiento de la turbina.

Algunos datos de interés son:

Nº de horas totales durante los 20 años: 175200 h (24 horas por día, 365 días por año, 20 años)

Nº de horas que funcionaría la turbina en 20 años si no se produjera ningún fallo: 129713.33 h (se resta al número de horas totales, el número de horas que la turbina permanece inactiva debido a altas o bajas velocidades del viento)

Nº de horas de inactividad que provoca un fallo en las palas: 120 h (5 días, tiempo medio de reparación por fallo)

Nº de horas de inactividad que provoca un fallo en la multiplicadora: 182.5 h (7.6 días, tiempo medio de reparación por fallo)

La Tabla 5.18 recoge los fallos producidos durante los 20 años en cada una de las 20 simulaciones con WACC= 5.9%:

Tabla 5-20: Resumen de fallos durante las simulaciones a WACC constante.

Simulación	nº fallos pala	nº fallos multiplicadora	Simulación	nº fallos pala	nº fallos multiplicadora
1	1	0	11	4	2
2	2	5	12	3	3
3	5	1	13	2	2
4	3	1	14	2	5
5	4	2	15	1	0
6	5	1	16	3	1
7	4	1	17	1	2
8	3	2	18	4	0
9	3	1	19	3	2
10	6	1	20	5	2

Así mismo, en la Tabla 5.19 se recoge el número de horas totales de funcionamiento durante el tiempo de operación del parque, para cada una de las 20 simulaciones realizadas a WACC = 5.9%

Tabla 5-21: Horas de funcionamiento en % sobre horas totales durante los 20 años de cada simulación a WACC constante.

Simulación	Horas de funcionamiento (%)	Simulación	Horas de funcionamiento (%)
1	73.97	11	73.55
2	73.38	12	73.52
3	73.59	13	73.69
4	73.73	14	73.38
5	73.55	15	73.97
6	73.59	16	73.73
7	73.66	17	73.76
8	73.62	18	73.76
9	73.73	19	73.62
10	73.52	20	73.49