

Capítulo 4: Estudio de las herramientas de simulación

Como ya se anticipó en la introducción del proyecto, se hará uso para el desarrollo del mismo de dos herramientas informáticas, como son *Microsoft Excel* y *Matlab*.

Se explica a continuación en detalle el uso que se ha hecho de estas herramientas, así como el uso de otras auxiliares.

4.1 MICROSOFT EXCEL

La herramienta *Excel* será la que se encargue de la generación de números aleatorios, así como de la representación gráfica de variables, y el cálculo de ciertos valores como son el perfil de velocidades de viento a 80 m sobre el nivel del suelo y el cruce de este perfil con la curva de potencia-frecuencia del aerogenerador. Todo esto se realizará en 13 ficheros de cálculo distintos, con el fin de agilizar la ejecución del programa de *Matlab*. A continuación se pasa a describir cada fichero y su contenido:

4.1.1 Resultados:

El fichero número 1 contendrá la tabla correspondiente al cálculo de los flujos de caja, vista con anterioridad en el estudio económico de la inversión. Asimismo, recogerá los valores de:

- C: coste unitario de inversión inicial (€/kW)
- P: potencia instalada del parque (kW)
- d: tasa de descuento real utilizada para el cálculo de la LCOE (%)
- WACC: Weighted Average Cost of Capital, para la actualización de los flujos de caja (pu)
- N: número de años de funcionamiento del parque

- Precio de las palas (€)
- Precio de la multiplicadora (€)
- tipo impositivo (pu)
- LI: inversión inicial anual nivelada (€/año)
- LCOE: Coste nivelado de la electricidad, en (€/año) para cada uno de los 20 años de estudio de la inversión.
- VAN y PB: índices económicos resultado del estudio.

4.1.2 Tasas de fallo y probabilidades:

El segundo fichero recoge los valores de las tasas de fallo de los componentes, así como su tiempo medio de reparación por fallo.

- Palas:

$$\lambda = 0.2 \text{ fallos/año} \quad (4.1)$$

$$r = 5 \text{ días/fallo} \quad (4.2)$$

- Multiplicadora:

$$\lambda = 0.13 \text{ fallos/año} \quad (4.3)$$

$$r = 7.6 \text{ días/fallo} \quad (4.4)$$

A partir de los valores de las expresiones (4.1) y (4.3), se obtienen las probabilidades de fallo para las palas y la multiplicadora mediante la expresión (2.11), que serán los valores con los que se compararán los números aleatorios generados, resultando:

$$P_{\text{fallo-palas}} = 3.80518 \times 10^{-6}$$

$$P_{\text{fallo-multiplicadora}} = 2.47336 \times 10^{-6}$$

La hoja también contiene los datos necesarios para el uso del modelo de Markov, por si se quisiera implementar este modelo.

4.1.3 Números aleatorios:

La hoja número 3 contiene dos matrices de números aleatorios, cada una de ellas correspondiente a uno de los dos componentes estudiados. Estos números aleatorios serán los usados para ser comparados con las probabilidades de fallo ya expuestas, obteniéndose así los fallos producidos y las etapas de funcionamiento y de no funcionamiento.

Estos números aleatorios se obtendrán mediante la función de *Excel* [22]:

=ALEATORIO()

Estos números serán recalculados para cada simulación mediante el botón: “*calcular ahora*” (F9).

Asimismo, el fichero cuenta con dos matrices, también correspondientes a ambos componentes, cuyas casillas, correspondientes cada una a un intervalo de medida (10 minutos), están cubiertas por los valores “1” o “0”:

- 1: significa que en ese momento ocurre un fallo.
- 0: significa que en ese momento no ocurre un fallo.

Los números calculados mediante estas matrices se obtienen mediante la función condicional:

= SI(*condición; valor verdadero; valor falso*)

Este fichero solo realiza una primera aproximación, ya que luego, mediante el programa realizado mediante el software *Matlab*, se deberán descartar los fallos ocurridos mediante la simulación aleatoria en los momentos de no funcionamiento de la turbina, tanto por altas o bajas velocidades del viento, como por reparación.

4.1.4 Datos de entrada de viento:

Este fichero contiene los datos de perfil de viento de la isla Laitec, correspondientes al periodo comprendido entre el 1 de Noviembre de 2002 y el 31 de Diciembre de 2003, con una frecuencia de 10 minutos entre cada medida, a las alturas de 10 m y 20 m sobre el nivel del suelo.

Esto hace un total de 52560 medidas por cada una de las dos alturas. Estos datos servirán para el cálculo de la longitud de rugosidad del terreno, así como el cálculo de la velocidad del viento a 80 m sobre el suelo (altura a la que se encuentra el buje).

4.1.5 Gráficas de velocidad de viento:

Se representan en este fichero las gráficas correspondientes a los perfiles de velocidad del viento a 10 m y 20 m sobre el suelo.

4.1.6 Curva de potencia-velocidad:

Este fichero contiene la curva de potencia-velocidad de la turbina usada, así como su tabla correspondiente, ya detalladas en el capítulo 2.

4.1.7 Rugosidad y v_{80} :

Se detalla aquí el cálculo del coeficiente z_0 (longitud de rugosidad) del terreno, desechando los errores debido a igualdad de velocidades a 10 y 20 metros del suelo.

Se realiza asimismo el cálculo del promedio de la serie resultante, su valor máximo, y del coeficiente de curtosis. Este último servirá para justificar el desechar todos aquellos valores $z_0 > 1$.

Con el promedio que se obtiene de esta última serie, se calcula el perfil de velocidad de viento en la ubicación a 80 m del suelo.

4.1.8 Gráfica v_{80} :

El fichero contiene la gráfica correspondiente al perfil de velocidad de viento a 80 m sobre el nivel del suelo, o lo que es lo mismo, a la altura del buje.

4.1.9 Potencia, fallos y energía:

Se calcula el cruce de la curva de potencia-velocidad de la turbina con la velocidad del viento a la altura del buje.

Para ello se hace uso de las funciones: “SI”, “O” y “BUSCAR” [22].

La función “SI” condicional servirá para poner la condición de parar la turbina ante altas o bajas velocidades de viento. La función “O” nos ayudará en este objetivo, para

encontrar coincidencias en la tabla de potencia-velocidad mediante la función “BUSCAR”.

= $SI(O(v(80) > 4; v(80) > 25); 0; BUSCAR(v(80); vector\ v\ de\ la\ turbina; vector\ P\ de\ la\ turbina))$

En esta misma hoja se volcarán los resultados del programa de *Matlab* correspondientes a la potencia real generada por el parque anualmente, los fallos reales ocurridos tanto en las palas como en la multiplicadora, la energía eléctrica no suministrada (EENS) anualmente, y la energía eléctrica suministrada (EES) en cada uno de los 20 años de estudio.

4.1.10 Datos económicos:

Este fichero corresponde al cálculo de los parámetros correspondientes a la retribución de la actividad de venta de energía eléctrica. Mediante la simulación de números aleatorios se establecen los precios medios del mercado para los próximos 20 años.

Ello se consigue mediante la función de distribución normal inversa, haciendo uso de la media y desviación típica de la serie de valores de precios medios del mercado correspondientes a los años 2008 a 2012 [34]:

= $DISTR.NORM.INV(probabilidad\ aleatoria; \bar{X}_{2008-2012}; S_{2008-2012})$

También puede observarse aquí el cálculo de los parámetros de prima de referencia y límites de retribución para los próximos 20 años, así como el cálculo de la prima real a recibir, que depende tanto de los precios medios del mercado, como de las primas de referencia y los límites de retribución calculados. La prima real se calcula mediante la anidación de funciones condicionales “SI” y el uso de la función “Y” para la definición de condiciones compuestas.

4.1.11 Cálculo de costes:

Se vuelcan en esta hoja de cálculo los distintos costes a los que tendrá que hacer frente la instalación, así como los ingresos obtenidos, en los casos de retribución con prima y retribución sin ella, solo a partir del precio medio del mercado. Los valores que aparecen en esta hoja son obtenidos mediante el programa *Matlab*, y volcados al fichero *Excel*.

4.1.12 Gráfica de potencia:

Esta hoja muestra la potencia generada anualmente por una turbina, sin tener en cuenta las desconexiones debidas a fallos imprevistos.

4.1.13 Resultados sin primas:

Esta hoja será análoga al fichero “*Resultados*”, salvo por el hecho de que en ella se analizarán los resultados de la simulación sin tener en cuenta la bonificación por prima en los ingresos [13].

4.2 MATLAB

Se hará uso de un programa de *Matlab* llamado “*auxiliarproyecto.m*” para el cálculo de la potencia producida, la energía suministrada, la energía no suministrada, el número real de fallos producidos tanto en las palas como en la multiplicadora, y los datos económicos necesarios para la obtención de los flujos de caja (Ingresos, distintos tipos de costes, impuestos a pagar...), así como los índices económicos objeto del estudio: VAN, PB y LCOE.

El fichero de *Matlab* comienza leyendo del fichero de *Excel* las matrices “A” y “B”, correspondientes a las matrices de simulación de *Montecarlo* correspondientes al fichero “Números aleatorios”. Asimismo, leerá el vector “P”, correspondiente al cruce de la curva de potencia-velocidad del aerogenerador con el perfil de viento en la zona.

```
A=xlsread('numeros aleatorios.xlsx','A3:BL52562');  
B=xlsread('numeros aleatorios.xlsx','B3:CH52562');  
P=xlsread('potencia, fallos y energia.xlsx','D4:D52563');
```

A continuación se crean, con valores nulos:

- Matriz M: matriz de potencia generada a lo largo de un año (vector columna) para cada uno de los 20 años (veinte columnas).
- Vector FP: vector que alberga el número real de fallos producidos en las palas para cada uno de los 20 años, habiéndose descontado ya aquellos producidos por la simulación de *Montecarlo* en momentos donde no puede producirse el fallo.
- Vector FM: vector que alberga el número real de fallos producidos en la multiplicadora para cada uno de los 20 años, habiéndose descontado ya aquellos producidos por la simulación de *Montecarlo* en momentos donde no puede producirse el fallo.

```
M=zeros(52560,20);
FP=zeros(1,20);
FM=zeros (1,20);
```

A continuación, se calculan los valores que conformarán estos vectores y matriz, con ayuda de bucles tipo “for” y “while”, así como el uso de funciones condicionales “if” y “elseif”.

Se podría resumir la casuística seguida de la siguiente manera. Se analizan las matrices A y B, cada elemento de una columna, columna a columna:

- Si no hay fallo de palas ni de multiplicadora en ese intervalo, se hace el valor de la potencia generada en ese intervalo igual a la potencia correspondiente del vector P, y se pasa al siguiente intervalo de la columna.
- Si hay fallo de palas en el intervalo pero no fallo de multiplicadora, y siempre que $P > 0$ en ese intervalo, se saltan los siguientes 720 intervalos (tiempo medio de reparación por fallo de palas de 5 días), y se contabiliza un fallo de palas.
- Si hay fallo de multiplicadora en el intervalo pero no fallo de palas, y siempre que $P > 0$ en ese intervalo, se saltan los siguientes 1095 intervalos (tiempo medio de reparación por fallo de palas de 7.6 días), y se contabiliza un fallo de multiplicadora.
- Si se produce en un intervalo fallo de palas y fallo de multiplicadora, siempre que $P > 0$ en el intervalo en cuestión, se saltarán del análisis los siguientes 1095 intervalos (correspondientes al fallo de multiplicadora, por ser el que más tarda en ser reparado) y se contabiliza un fallo de palas y uno de multiplicadora.
- Si $P < 0$, pase lo que pase, se pasa a analizar el siguiente intervalo.

```
for j=1:20
    i=1;
    while i<=52560
        if A(i,j)==0 && B(i,j)==0
            M(i,j)=P(i);
            i=i+1;

            elseif A(i,j)==0 && B(i,j)==1 && P(i)>0
                FM(j)=FM(j)+1;
                i=i+1095;

            elseif A(i,j)==1 && B(i,j)==0 && P(i)>0
```

```
FP(j)=FP(j)+1;
i=i+720;
```

```
elseif A(i,j)==1 && B(i,j)==1 && P(i)>0
    FM(j)=FM(j)+1;
    FP(j)=FP(j)+1;
    i=i+1095;
```

```
else
    i=i+1;
end
```

```
end
```

```
end
```

A continuación, se transcriben la matriz M, y los vectores FP y FM al fichero de *Excel* correspondiente, "*potencia, fallos y energía.xlsx*".

```
xlswrite('potencia, fallos y energia.xlsx',M,1,'L4:AE52563');
xlswrite('potencia, fallos y energia.xlsx',FP,1,'AH4:BA4');
xlswrite('potencia, fallos y energia.xlsx',FM,1,'AH10:BA10');
```

Se calcularán a continuación las matrices EENS y EES, correspondientes a la energía eléctrica no suministrada debida a los fallos imprevistos, y a la energía eléctrica suministrada.

El cálculo de la EENS se realizará por comparación de cada vector columna de la matriz M de potencia generada real, con el vector P. La diferencia para cada intervalo de estos valores, multiplicado por la duración del intervalo ($10 \text{ min} = \frac{10}{60} \text{ h}$), será la energía que no se suministra en ese intervalo. Se calculará el total para cada año, y se trasladará su valor a un vector en su correspondiente fichero *Excel*.

```
EENS=zeros(1,20);
```

```
for j=1:20
    i=1;
    while i<=52560
        EENS(j)=EENS(j)+(P(i)-M(i,j))*10/60;
        i=i+1;
    end
end
xlswrite('potencia, fallos y energia.xlsx',EENS,1,'AH16:BA16');
```

Para el cálculo de la energía eléctrica suministrada, se multiplican los valores de la matriz M por la anchura de cada intervalo, y se obtiene la energía suministrada en cada intervalo de 10 minutos. Se hace la suma de todos los intervalos para cada año, y se obtiene así la energía eléctrica suministrada anual.

```
N=M*(10/60);
EES=zeros(1,20);
for j=1:20
    i=1;
    while i<=52560
        EES(j)=EES(j)+N(i,j);
        i=i+1;
    end
end

xlswrite('potencia, fallos y energia.xlsx',N,1,'BD4:BW52563');
xlswrite('potencia, fallos y energia.xlsx',EES,1,'BD52566:BW52566');
```

A continuación, el programa leerá del fichero *Excel* los valores de los precios medios anuales del mercado sin tener en cuenta su crecimiento, las primas reales a recibir, y la TAMA:

```
PM=xlswrite('datos economicos.xlsx',1,'L62:L81');
PP=xlswrite('datos economicos.xlsx',1,'S62:S81');
TAMA=xlswrite('datos economicos.xlsx',1,'H13');
```

Se crea entonces el vector de costes debidos a la operación y mantenimiento normal del parque, a partir del vector de energía eléctrica suministrada EES, como:

```
COM=20*EES;
```

Se deben definir el grupo de variables que contendrán los valores necesarios para el cálculo.

```
ING=zeros(1,20);      (Ingresos)
```

```
CEENS=zeros(1,20);(Costes por Energía Eléctrica No Suministrada)
```

```
CEENSSP=zeros(1,20); (Costes por Energía Eléctrica No Suministrada Sin Primas)
```

```
CRP=zeros(1,20);      (Costes por Reparación de Piezas)
```

```
INGSP=zeros(1,20); (Ingresos Sin Primas)
```

```
COMA=zeros(1,20);      (Costes de Operación y Mantenimiento Actualizados)
```

```
LI=xlswrite('resultados.xlsx',1,'F38'); (Inversión Inicial Anual Nivelada)
```

```
WACC=xlswrite('resultados.xlsx',1,'F34'); (WACC)
```

LCOE=zeros(1,20); (Coste Nivelado de la Electricidad)

preciop=xlsread('resultados.xlsx',1,'F29'); (Precio de Palas)

preciom=xlsread('resultados.xlsx',1,'F30'); (Precio de Multiplicadora)

CAF=xlsread('resultados.xlsx',1,'D11:W11'); (Cuota de Amortización Financiera)

BAI=zeros(1,20); (Beneficios Antes de Impuestos)

BAISP=zeros(1,20); (Beneficios Antes de Impuestos Sin Primas)

IMP=zeros(1,20); (Impuestos a pagar)

IMPSP=zeros(1,20); (Impuestos a pagar, sin primas)

tipoimp=xlsread('resultados.xlsx',1,'F36'); (Tipo Impositivo)

BN=zeros(1,20); (Beneficio Neto)

BNSP=zeros(1,20); (Beneficio Neto Sin Primas)

CFO=zeros(1,20); (Flujos de Caja Operacionales)

CFOSP=zeros(1,20); (Flujos de Caja Operacionales Sin Primas)

RINV=xlsread('resultados.xlsx',1,'W17'); (Retorno de la Inversión)

RINVI=zeros(1,20); (Vector Auxiliar de Retorno de la Inversión)

```

for j=1:19
    RINVI(j)=0;
end
RINVI(20)=RINV;

```

El vector RINVI servirá para establecer el valor de RINV dentro de un vector, y así poderlo combinar en una matriz con los otros componentes de los flujos de caja, lo que ahorrará tiempo de ejecución al programa, al poder realizar así menos llamadas a la función “*xlswrite*”.

CFI=zeros(1,20); (Flujos de Caja)

CFISP=zeros(1,20); (Flujos de Caja Sin Primas)

CFIA=zeros(1,20); (Flujos de Caja Actualizados)

CFIASP=zeros(1,20); (Flujos de Caja Actualizados Sin Primas)

INVI=xlsread('resultados.xlsx',1,'C7') (Inversión Inicial)

$PMC=zeros(1,20);$ (Vector de Precios de Mercado Capitalizados mediante la inflación)

```
for j=1:20
    PMC(j)=PM(j)*(TAMA^j);
end
```

Se supondrá el crecimiento de los precios de mercado a partir del uso de la TAMA, según el año correspondiente.

El siguiente paso será el cálculo de los ingresos obtenidos por la venta de energía eléctrica, para ambos casos: teniendo en cuenta la percepción de prima, y sin tenerla en cuenta. El cálculo se hará para cada caso mediante sendos bucles *for*.

```
for j=1:20
    ING(j)=(PMC(j)+PP(j))*EES(j);
end
```

```
for j=1:20
    INGSP(j)=PMC(j)*EES(j);
end
```

Asimismo, se calculan para ambos casos los costes debidos a la energía eléctrica no suministrada a causa de los fallos imprevistos ocurridos, para cada uno de los 20 años. Se calculan también los costes por reparación y reposición de piezas, que serán los mismos en ambos casos de estudio.

```
for j=1:20
    CEENS(j)=(PMC(j)+PP(j))*EENS(j);
end
```

```
for j=1:20
    CEENSSP(j)=(PMC(j))*EENS(j);
end
```

```
for j=1:20
    CRP(j)=FP(j)*preciop+FM(j)*preciom;
end
```

El próximo cálculo a efectuar, será el coste de operación y mantenimiento programado de cada año, actualizado al año cero, que servirá a su vez para el cálculo anual de la LCOE.

```
for j=1:20
    COMA(j)=COM(j)/((1+WACC)^j);
end
```

```
for j=1:20
    LCOE(j)=(LI+COMA(j))/EES(j);
end
```

A continuación, se calcularán los *Beneficios Antes de Impuestos (BAI)* para ambos casos, de la siguiente manera:

```
for j=1:20
    BAI(j)=ING(j)-COM(j)-CRP(j)-CAF(j);
end
```

```
for j=1:20
    BAISP(j)=INGSP(j)-COM(j)-CRP(j)-CAF(j);
end
```

Para el cálculo de los impuestos a pagar, habrá que tener en cuenta que los años en que no se obtenga un valor de BAI positivos, la instalación no tendrá que pagar impuestos, y además, dispondrá de un crédito fiscal de valor igual al de los impuestos que debería pagar caso de ser el BAI de ese año positivo con el mismo valor absoluto, para disponer de él en el año/los años siguientes:

```
credf=0;
for j=1:20
    if BAI(j)>=0
        if credf<(BAI(j)*tipoimp)
            IMP(j)=BAI(j)*tipoimp-credf;
            credf=0;
        elseif credf>(BAI(j)*tipoimp)
            IMP(j)=0;
            credf=credf-(BAI(j)*tipoimp);
        end
    else
        IMP(j)=0;
        credf=credf+abs(tipoimp*BAI(j));
    end
end
credf=0;
for j=1:20
    if BAISP(j)>=0
        if credf<(BAISP(j)*tipoimp)
            IMPSP(j)=BAISP(j)*tipoimp-credf;
            credf=0;
        elseif credf>(BAISP(j)*tipoimp)
            IMPSP(j)=0;
            credf=credf-(BAISP(j)*tipoimp);
        end
    else
        IMPSP(j)=0;
        credf=credf+abs(tipoimp*BAISP(j));
    end
end
end
```

Antes de entrar en el bucle, se crea la variable “credf” (crédito fiscal), que almacenará a lo largo del periodo de la inversión el valor de este para cada año. Existen dos posibilidades para cada año: que el $BAI > 0$ o que el $BAI < 0$.

Si el $BAI > 0$, habrá que pagar impuestos ese año; si el crédito fiscal disponible es menor que los impuestos a pagar, se descuenta este crédito fiscal de los impuestos correspondientes, y el crédito se reduce a cero. En caso contrario, no se pagarán impuestos, y se descontarán del crédito fiscal que teníamos.

Si el $BAI < 0$, no se pagarán los impuestos correspondientes al tipo impositivo, y además se verá aumentado el crédito fiscal disponible, en una cuantía equivalente a los impuestos que se deberían pagar si el BAI fuese positivo con el mismo valor absoluto.

Con estos datos, es claro el cálculo del *Beneficio Neto (BN)*, como el BAI menos los impuestos a pagar:

```
for j=1:20
    BN(j)=BAI(j)-IMP(j);
end
```

```
for j=1:20
    BNSP(j)=BAISP(j)-IMPSP(j);
end
```

Los flujos de caja operacionales, CFO_i , se definen como el BN más la cuota de amortización financiera:

```
for j=1:20
    CFO(j)=BN(j)+CAF(j);
end
```

```
for j=1:20
    CFOSP(j)=BNSP(j)+CAF(j);
end
```

Finalmente, los flujos de caja CF_i son iguales a los flujos de caja operacionales durante los primeros 19 años, y al flujo de caja operacional correspondiente al año 20 más el retorno de la inversión, para el último año.

```
for j=1:19
    CFI(j)=CFO(j);
end
CFI(20)=CFO(20)+RINV;
```

```
for j=1:19
    CFISP(j)=CFOSP(j);
end
CFISP(20)=CFOSP(20)+RINV;
```

Se actualizarán al año cero los flujos de caja para el cálculo del VAN:

```
for j=1:20
    CFIA(j)=CFI(j)/((1+WACC)^j);
end

for j=1:20
    CFIASP(j)=CFISP(j)/((1+WACC)^j);
end
```

Y se programa el cálculo del VAN mediante las sumas parciales de los flujos de caja actualizados:

```
SUMP=0;
VAN=0;

for j=1:20
    SUMP=SUMP+CFIA(j);
end
VAN=-INVI+SUMP;
```

```
VANSP=0;
SUMP=0;
```

```
for j=1:20
    SUMP=SUMP+CFIASP(j);
end
VANSP=-INVI+SUMP;
```

Se calcula el *PayBack (PB)*, o periodo de retorno de la inversión, como el año para el cuál la suma acumulada de los flujos de caja, supera el valor de la inversión inicial.

```
SUMP=0;
PB=0;
for j=1:20
    SUMP=SUMP+CFI(j);
    if SUMP>INVI
        PB=j;
        break;
    end
end
```

```
end
```

```
SUMP=0;
PBSP=0;
for j=1:20
    SUMP=SUMP+CFISP(j);
    if SUMP>INVI
        PBSP=j;
        break;
    end
end
```

```
end
```

Finalmente, todos los resultados se transcriben al libro de cálculo de *Microsoft Excel*. Para el traslado a los ficheros “*Resultados*” y “*Resultados sin primas*” se crean dos matrices, que aglutinarán los distintos vectores que componen el cálculo de los flujos de caja:

```
MAT1=[ING;COM;CRP;CAF;BAI;IMP;BN;CAF;CFO;RINVI;CFI];
```

```
MAT2=[INGSP;COM;CRP;CAF;BAISP;IMPSP;BNSP;CAF;CFOSP;RINVI;CFISP];
```

```
xlswrite('resultados.xlsx',MAT1,1,'D8:W18');
xlswrite('resultados sin primas.xlsx',MAT2,1,'D8:W18');
```

```
xlswrite('resultados sin primas.xlsx',LCOE,1,'D42:W42');
xlswrite('resultados.xlsx',LCOE,1,'D42:W42');
xlswrite('calculo de costes.xlsx',COM,1,'A9:T9');
xlswrite('calculo de costes.xlsx',ING,1,'A14:T14');
xlswrite('calculo de costes.xlsx',INGSP,1,'W14:AP14');
xlswrite('calculo de costes.xlsx',CEENS,1,'A19:T19');
xlswrite('calculo de costes.xlsx',CEENSSP,1,'W19:AP19');
xlswrite('calculo de costes.xlsx',CRP,1,'A24:T24');
```

```
xlswrite('resultados sin primas.xlsx',VANSP,1,'E46');
xlswrite('resultados.xlsx',VAN,1,'E46');
```

```
xlswrite('resultados sin primas.xlsx',PBSP,1,'E50');
xlswrite('resultados.xlsx',PB,1,'E50');
```

Como resultado, aparecerán en pantalla los valores del VAN y el PB para los casos con prima y sin prima, y la palabra “*HECHO*”, dará fe de la finalización de los cálculos:

```
VAN
VANSP
PB
PBSP
```

```
disp('HECHO');
```

La ejecución correcta del programa se realizará mediante el cálculo de los ficheros “*números aleatorios.xlsx*” y “*datos económicos*” de *Microsoft Excel*, su guardado y cierre, y la ejecución del programa de *Matlab*. Tras la ejecución del susodicho programa, podrán verse en los archivos de *Excel* los distintos valores de las variables y parámetros actualizados para su estudio y análisis.

NOTA: Al separar los distintos ficheros de Excel, que originariamente formaron un solo libro, se pierden también las relaciones entre varios vectores y matrices. Dado que el programa de *Matlab* tardaba una hora en ejecutarse, se optó por la separación de los ficheros, que permite una ejecución en tres minutos, lo que facilita la realización de una gran cantidad de iteraciones de la simulación. Sin embargo, para dar la posibilidad de

cambiar fácilmente los distintos parámetros usados en la simulación, se adjunta el fichero *Excel* original con los 13 ficheros juntos, manteniendo todas las relaciones entre ellos.