Concurso de Modelización Matemática:

(2022)

Análisis crítico y propuestas de mejora del sorteo de la UEFA para la segunda fase de la Champions

Arturo Jerónimo Pérez, Julio Cesar Fernandez Kolmer, Diego Nicolás Lobato de la Cruz

3 octubre 2022

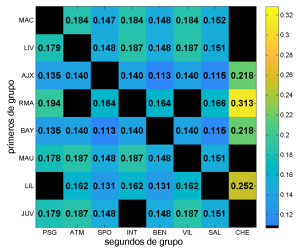
Índice general

1. Introducción al problema y presentación de criterios

El sorteo para la segunda fase de la UEFA no permite que la distribución de probabilidades de cada posible emparejamiento sea equiprobable debido a las restricciones que imponen:

- Todos los enfrentamientos tienen que ser entre un campeón y un subcampeón de grupo
- Los equipos no se pueden haber enfrentado en la fase de grupos.
- Los equipos deben pertenecer a diferentes torneos nacionales.

Figura 1: Sorteo UEFA



Utilizando la tabla proporcionada en el enunciado del problema que representa las probabilidades de cada enfrentamiento hemos podido observar que esta tabla, debido a las propias restricciones, crea unas situaciones que podrían juzgarse como inicuas. Nuestro equipo ha tratado de analizar esas potenciales iniquidades y establecer un criterio que permitiese analizar y comparar distintas tablas, resultados de imponer unas condiciones específicas, o resultados de algoritmos distintos. Nuestro equipo había considerado como condiciones que permiten buscar una solución más equitativa:

1. La minimización de la suma de la varianza por filas y por columnas:
$$min : \sum_{f=0}^{8} \frac{\sum_i^8 (p_i - \bar{P})^2}{N} + \sum_{c=1}^{8} \frac{\sum_j^8 (p_j - \bar{P})^2}{N}$$
2. La minimización de la distancia entre el valor máximo y mínimo de nuestra tabla
$$min : \text{máx}(P) - min(P)$$
3. La utilización de un algoritmo por el cual las elecciones se van haciendo de tal manera que los emparejamientos empiezan por el equipo con el menor número de enfrentamientos posibles y se suceden hasta llegar al equipo con más emparejamientos posibles.

Por lo tanto hemos definido la equidad como la igualdad de probabilidad de un equipo de enfrentarse a todos sus posibles rivales. Por lo que el sorteo más equitativo es aquel en el que los equipos tienen las probabilidades más parecidas posibles de enfrentarse a todos sus potenciales rivales

1.1. ¿Qué significa esto para no matemáticos?

El primer criterio se corresponde con la necesidad de crear una tabla en la cual las probabilidades de los posibles enfrentamientos estén lo más agrupadas posibles en torno al valor óptimo que representa la equiprobabilidad. Es decir, una manera de hacer que las probabilidades de cada partido sean lo más parecido al caso en el que son todas igual de probables evitando por lo tanto favorecer o desfavorecer uno o otro enfrentamiento. El segundo criterio, que reduce el rango de probabilidades en nuestra tabla, puede entenderse como tratar de hacer que aquellos partidos que debido a la restrictividad de la UEFA van a tener la probabilidad más altas o más bajas de ocurrir ocurran con lo menos y lo máximo posible dentro de las limitaciones que impone el torneo. En el caso del torneo del año pasado, como se puede ver en la tabla ofrecida por la UEFA la probabilidad máxima corresponde al partido del Real Madrid contra el Chelsea, y la mínima al partido entre el Ajax y el Benfica, pues con este método se trata de hacer que la probabilidad del primer encuentro sea lo más baja posible, y la del segundo lo más alta, de manera que no haya un partido extremadamente probable o improbable. Por último, con nuestro algoritmo queríamos crear un método que fuera más equitativo que el sorteo actual de la UEFA y que además se pudiera realizar con un sorteo con bolas para que todo el mundo pueda ver que, efectivamente, los emparejamientos se hacen por sorteo. Además, queríamos crear un método que no dependiera de un programa para evitar el bloqueo, es decir, que evitase la potencial necesidad de repetir el sorteo. El algoritmo además está diseñado para hacer que cada equipo pueda enfrentarse a cada rival con la misma facilidad.

2. Obtención de las tablas correspondientes a nuestros criterios:

Una vez definido el concepto de equidad nuestro equipo ha continuado programando en MATLAB el algoritmo que nos ha permitido realizar las tablas de nuestro tercer criterio que presentamos en el apéndice$_6$
Como se puede apreciar, el código que hemos usado utiliza como caso base el sorteo de Champions del año pasado. El código presenta una serie de ventajas sobre los demás métodos utilizados simplemente a partir de su construcción. Éste efectivamente está diseñado para no permitir bloqueos y el algoritmo es fácilmente convertible en un espectacular sorteo, lo que se explorará más adelante. En el código se ha usado la función de MATLAB randi para simular la aleatoriedad de la extracción de equipos para los emparejamientos. La función randi genera enteros pseudo aleatorios distribuidos de manera uniforme lo que nos permite cerciorarnos que nuestra simulación a ordenador es coherente con el modelo físico de extracción aleatoria mediante bolas. Además hemos realizado la operación sobre un espacio vario de sorteos, como se puede ver en las tablas, simulando respectivamente 200.000, 2.000.000 y 20.000.000 sorteos lo que nos ha permitido acercarnos con precisión a nuestra solución óptima y determinar la unicidad de la distribución obtenida con este método sin obtener en ninguno de los casos una situación de bloqueo (Figura 2). Las tablas efectivamente presentan variaciones en la cuarta cifra decimal. Efectivamente si observamos el caso del Chelsea, se puede observar que por como estaría efectuado el sorteo, si fuese uniformemente aleatorio el sorteo cada encuentro debería tener una probabilidad del 0,25 y en nuestra tabla el fluctúa de solo $\pm 0{,}0001$.

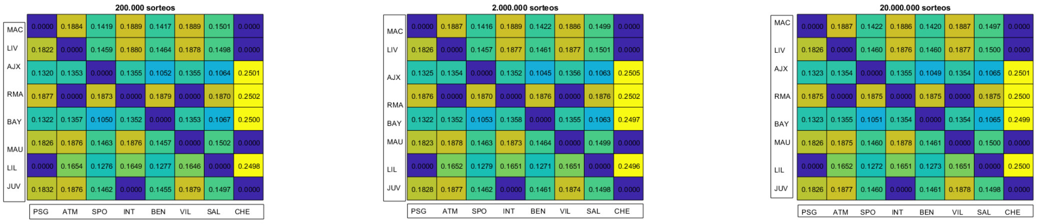
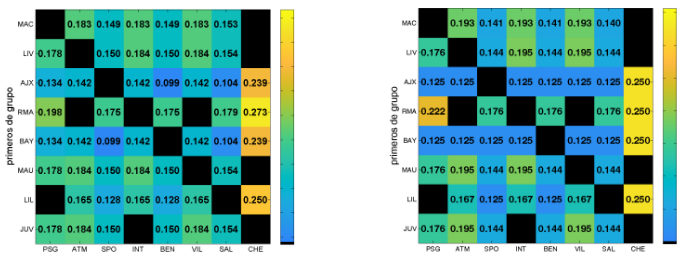


Figura 2: Criterio 3

Para el resto de criterios nos hemos referenciado a las tablas presentadas en el trabajo: 'Problemas del sorteo del torneo de campeones de la UEFA' por Enrique Castillo y Javier Girón donde se presentan los resultados y las tablas para las condiciones 1 y 2 que ahora procederemos a comparar.(Figura 3)



(a) Criterio 1 (b) Criterio 2

Figura 3

3. Por qué el algoritmo no puede causar un bloqueo.

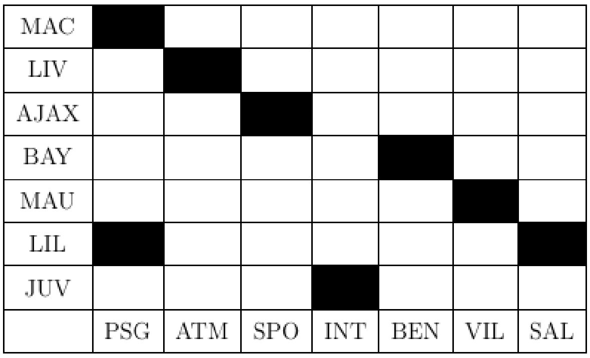
A continuación se ofrece una explicación de por qué no es posible alcanzar un bloqueo utilizando el algortimo que caracteriza el criterio número 3. Para dicha demostración utilizamos un ejemplo particular, pero el razonamiento puede generalizarse para una tabla cualquiera. Partimos de la tabla de enfrentamientos. Están representadas en negro las celdas de los enfrentamientos que no pueden llevarse a cabo debido a las restricciones impuestas por la UEFA. La colocación en la tabla de los campeones de grupo en las filas y los subcampeones de grupo en columnas ya marca la restricción de que no se pueden enfrentar primeros contra primeros o segundos contra segundos de grupo. A partir de ahora solo vamos considerar como posibles rivales los que hayan quedado en distinto puesto en la fase de grupos (campeón o subcampeón).

MAC	■							■
LIV		■						■
AJAX			■					
RMD		■		■		■		
BAY					■			
MAU						■		■
LIL	■						■	
JUV				■				■
	PSG	ATM	SPO	INT	BEN	VIL	SAL	CHE

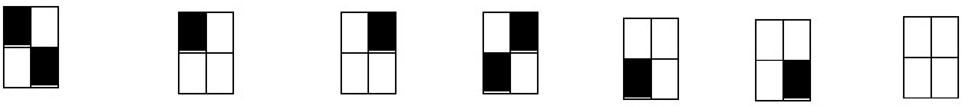
El equipo con menos rivales posibles es el Chelsea (4), por lo que es el primer elegido en el sorteo. Eliminando al Chelsea de la tabla, esta quedaría de la siguiente manera.

MAC	■						
LIV		■					
AJAX			■				
RMD		■		■		■	
BAY					■		
MAU						■	
LIL	■						■
JUV				■			
	PSG	ATM	SPO	INT	BEN	VIL	SAL

Si el Real Madrid no sale como rival del Chelsea, saldría en la siguiente ronda como el equipo con menos rivales posibles (4). La tabla quedaría de la siguiente manera:



En esta nueva tabla hay dos equipos con el menor número posible de rivales: PSG y Lille. El resto de los equipos se pueden enfrentar a todos los rivales restantes o a todos los rivales menos uno. Si no han salido en sorteos anteriores, los dos equipos habrían salido en el tercer y cuarto enfrentamiento (no se pueden enfrentar entre ellos). Por lo tanto, pasados cuatro emparejamientos todos los equipos pueden enfrentarse a todos los equipos restantes o a todos menos uno. Esta condición se cumple hasta cuando quedan dos equipos restantes: los equipos que pueden enfrentarse a todos los restantes lo van a seguir haciendo y los que pueden enfrentarse a todos menos uno, si no sale ese uno en un emparejamiento van a seguir con esa condición y si saliera podrían enfrentarse a todos. Llegamos a la situación en la que faltan dos emparejamientos para asignarse. Podríamos construir una tabla de 2×2. Como ningún equipo puede enfrentarse a ninguno de los dos, llegamos a las siguientes posibilidades:



Como se puede observar, en los 7 casos hay solución posible, por lo que nunca se llegaría a bloqueo.

4. ¿Cuál es la tabla ideal?

Para poder establecer qué tipo de sorteo es el más adecuado es necesario comparar las distintas tablas con un criterio que nos permita reconocer las ventajas que una tabla representa con respecto a la otra. Por lo tanto nuestro equipo ha decidido analizar las tablas, utilizando los distintos criterios y comparándolas entre ellas: En el caso de la tabla originada utilizando la varianza es evidente que parece presentar una mejoría con respecto a las tablas de la UEFA, efectivamente la probabilidad máxima, asignada al partido RMA-CHE es inferior en esta tabla, pero aún así su valor es evidentemente superior al de las tablas de probabilidad de los otros dos criterios. Esto podría parecer violar nuestra definición de equidad y por lo tanto nos induce a pensar que esta tabla no sea la mas adecuada para establecer un sorteo equanime. En el caso de las otras tablas el análisis puede resultar más complicado. Debido al distinto método de creación, tienen propiedades diferentes. La tabla generada minimizando el rango del máximo y el mínimo es cierto que tiene un rango total de valores menor que la tabla generada por el algoritmo, pero analizando más profundamente pueden encontrarse algunas desventajas. Por ejemplo, en el caso de las probabilidades del Real Madrid, aplicando el criterio 2 tiene dos valores que destacan sobre el resto de posibilidades mientras que en el caso del criterio 3 la distribución en dicha fila es mucho más homogénea. Por lo tanto hemos decidido analizar según los criterios las dos tablas:

	Varianza	Rango
Varianza:	**0.0134** (1)	0.1739 (3)
Rango:	0.0162 (4)	**0.1250** (1)
Algoritmo:	0.0144 (2)	0.1450 (2)
UEFA	0.0161 (3)	0.2096 (4)

Cuadro 1: Comparación de criterios.

El caso de la tabla generada minimimizando la varianza es claramente inferior si analizada según nuestro criterio de equidad. Efectivamente aunque su varianza sumada por filas y por columnas, es la menor de todas las tablas, existen equipos cuya distribución tiene una probabilidad muy alta para un encuentro y el resto probabilidades considerablemente inferiores, como por ejemplo pasa con el Ajax. Esto viola claramente nuestra definición de equidad por lo que hemos descartado esta tabla como óptima. La distribución generada por el algoritmo por lo tanto, tiene una distribución de probabilidad con una varianza menor por filas y columnas, presentando una distribución más homogénea. Además proporciona un sistema fácilmente realizable en la vida real mediante una extracción aleatoria y que no requiere de la necesidad de un programa que asegure la ausencia de bloqueo. En este sentido la tabla del tercer criterio parece encajar más correctamente con nuestro criterio de equidad, sin embargo es posible demostrar la mayor equidad de esta tabla ulteriormente. El rango total de la tabla representa únicamente como los valores de la tabla están acotados. Creemos que para que datos de este tipo representen más significativamente la distribución de probabilidades de los encuentros y su rango, se precisa comparar el rango de valores para ambas matrices por filas y por columnas:

	Filas con menor rango	Columnas con menor rango
Rango :	3/8 (3,5,7)	2/8 (3,5)
Algoritmo:	**5/8** (1,2,4,6,8)	**6/8**(1,2,4,6,7,8)

Cuadro 2: Análisis mas detallado del criterio 2

Es posible observar por lo tanto que, excepto en las filas y columnas mencionadas en la tabla, la distribución de probabilidad propuesta por nuestro equipo, pese a tener un rango total mayor sobre la tabla entera si tomamos el rango por filas y por columnas y lo comparamos con los equivalentes de la tabla del producida con el Criterio 2, en la en la mayoría de las columnas y filas es inferior. Por lo tanto las probabilidades de cada equipo están distribuidas más equitativamente en la tabla del criterio número 3, puesto que su distribución es la que permite la existencia de una variación menor con respecto a la equiprobabilidad en las filas y columnas. El rango medido por filas y por columnas resulta mucho más significativo puesto que representa la posible variación de las probabilidades de cada enfrentamiento para un mismo equipo. Por lo tanto nuestra recomendación es la de utilizar el criterio o método 3 para la realización del sorteo puesto que se adapta de manera óptima a nuestros criterios de equidad.

5. Cómo ha de realizarse el sorteo

En caso de que nuestra recomendación fuera aceptada, se podría realizar el sorteo de la siguiente manera, que resulta ser en ciertos aspectos extremadamente parecida a la actualmente propuesta por la UEFA pero que garantiza una mayor equidad, manteniendo la atractividad y emoción del sorteo y evitando la necesidad de usar un programa que evite el bloqueo.
El proceso sería el siguiente:

1. Se colocarían los equipos en una tabla 9x9, los primeros de grupo en la primera celda de las 8 primeras filas según la letra del grupo al que pertenecieran en la primera fase, y en las 8 últimas celdas de las 8 últimas columnas los equipos segundos de grupo también en orden según la letra de su grupo en la fase anterior. Esta colocación en tabla sirve para visualizar los posibles partidos.

2. A continuación, se tacha la diagonal porque los equipos no se pueden enfrentar con los de su grupo en la fase anterior, y los enfrentamientos entre equipos pertenecientes al mismo torneo local. La tabla para el sorteo de la pasada edición quedaría de la siguiente manera:

MAC	■							■
LIV		■						■
AJAX			■					
RMD		■		■		■		
BAY					■			
MAU						■		■
LIL	■						■	
JUV				■				■
	PSG	ATM	SPO	INT	BEN	VIL	SAL	CHE

3. Una vez realizada la tabla se puede comenzar el sorteo en sí. Para tener suficientes bolas se recomienda tener 16 bolas de cada equipo en 16 cuencos. De tal forma que en cada cuenco se sepa de qué equipo son las bolas. Aunque está claro que no vamos a necesitar las 16 bolas (este número se podría reducir dependiendo del sorteo) nos aseguramos no quedarnos sin bolas.

4. A la vista de la tabla, se determina el equipo/los equipos con menos rivales posibles (basta con ver el número de celdas en blanco de su fila/columna). Si hay más de un equipo posible, se debería realizar un sorteo entre ellos. Poner las bolas de estos equipos en un bombo y sacar una.

5. Posteriormente, se evalúa según la tabla sus posibles rivales y se colocan en otro bombo. Se sacaría una bola y ya quedaría emparejado el primer enfrentamiento.

6. Después, se tachan todas las filas y columnas de esos equipos y se vuelve a proceder de la misma manera hasta que quedan determinados todos los emparejamientos.

5.1. Un caso de interés

A continuación como conclusión se presenta un caso que hemos considerado de partículas interés, hemos cogido la clasificación actual por grupos de la Champions League de este año y la hemos sometido a nuestro algoritmo para calcular las distintas probabilidades obteniendo la siguiente tabla:

	LIV	LEV	BAR	TOT	ZAG	SHA	DOR	BEN
NAP	0.0000	0.1483	0.1531	0.1527	0.1165	0.1203	0.1559	0.1532
BRU	0.1483	0.0000	0.1535	0.1522	0.1165	0.1213	0.1557	0.1524
BAY	0.2132	0.0000	0.0000	0.2150	0.1884	0.1899	0.0000	0.1935
SPO	0.1748	0.1730	0.1792	0.0000	0.1378	0.1428	0.1924	0.0000
MIL	0.1443	0.1444	0.1473	0.1479	0.0000	0.1165	0.1491	0.1505
RMA	0.1681	0.1701	0.0000	0.1738	0.1348	0.0000	0.1956	0.1576
MAC	0.0000	0.2127	0.2159	0.0000	0.1877	0.1910	0.0000	0.1927
PSG	0.1513	0.1515	0.1510	0.1584	0.1183	0.1183	0.1513	0.0000

Figura 4: Sorteo con clasificación a 3/10/2022

Bibliografía

[1] Enrique Castillo y Javier Girón, *Problemas del sorteo del torneo de campeones de la UEFA*, Royal Academy of Engineering, Royal Academy of Sciences, 2022

6. Apéndice

En el siguiente apartado se presentan varios códigos hechos por nosotros en MATLAB para poder simular un sorteo y encontrar las distintas probabilidades:

6.1. Código para calcular probabilidades:

Caso general

```
A=[1 1 1 0 1; 1 2 1 0 2; 1 3 6 0 3; 1 4 2 0 4; 1 5 7 0 5; 1 6 1 0 6; 1 7 3 0 7; 1 8 4 0 8; 2 1 3 0 9; 2 2 2 0 10; 2 3 5 0 11; 2 4 4 0 12; 2 5 5 0 13; 2 6 2 0 14; 2 7 8 0 15; 2 8 1 0 16];
%La primera columna contiene un 1 si el equipo fue primero de grupo, y un 2
%si fue segundo de grupo. La segunda columna contiene un n mero
%correspodiente a la letra del grupo al que pertenec a en la fase de
%grupos. La tercera columna representa los pa ses y la cuarta el n mero de
%partidos posibles. La quinta representa el equipo.

%Inicializo un vector enf para contar todos los enfrentamientos. La posici n
%que corresponde a cada enfrentamiento es el de las tablas de los partidos
enf=zeros(8,8);

nsorteo=20000;
for w=1:nsorteo      %Realizamos el sorteo de la Champions 200.000 veces para sacar las probabilidades
A=[1 1 1 0 1; 1 2 1 0 2; 1 3 6 0 3; 1 4 2 0 4; 1 5 7 0 5; 1 6 1 0 6; 1 7 3 0 7; 1 8 4 0 8; 2 1 3 0 9; 2 2 2 0 10; 2 3 5 0 11; 2 4 4 0 12; 2 5 5 0 13; 2 6 2 0 14; 2 7 8 0 15; 2 8 1 0 16];
```

```
 for z=1:8   %El bucle se realiza ocho veces para sacar los ocho enfrentamientos
 [f,g]=size(A);
 for i=1:f       %Este bucle calcula los posibles enfrentamientos de cada equipo.
B=A(i,1:3)~= A(:,1:3);
x=all(B,2);
A(i,4)=sum(x);
end
 %Luego calculo qu  equipo tiene menos enfrentamiento posibles
v=A(:,4);
y=min(v);
a=find(v==y);
 %Si se hay varios equipos con el n mero m nimo de posibles enfrentamientos,
 %escoge uno al azar. En la vida real, se meter an los posibles equipos en
 %un bombo y se sacar a una bola al azar.
r=randi([1 length(a)]);
a=a(r);
 %el equipo elegido ser a el
equipo1=A(a,5);
 %Luego se proceder a a meter en el bombo los posibles equipos con los que
 %se podr a enfrentar. Los posibles equipos est n contenidos en la variable
 %posenf
B=A(a,1:3)~= A(:,1:3);
x=all(B,2);
posenf=find(x);
 %Estos equipos se meter an en un bombo y se escoger a una bola
r=randi([1 length(posenf)]);
```

```
%El equipo elegido estar a en la fila
b=posenf(r);
%El equipo 2 ser a
equipo2=A(b,5);
%El enfrentamiento ser a el equipo de la fila a contre el de la
fila r, es
%decir:
%Ahora vamos a contar cu ntas veces sale cada enfrentamiento
for t=1:8
if equipo1==t||equipo2==t
if equipo1==9||equipo2==9
enf(t)=enf(t) + 1;
elseif equipo1==10||equipo2==10
enf(8+t)=enf(8+t) + 1;
elseif equipo1==11||equipo2==11
enf(8*2+t)=enf(8*2+t) + 1;
elseif equipo1==12||equipo2==12
enf(8*3+t)=enf(8*3+t) + 1;
elseif equipo1==13||equipo2==13
enf(8*4+t)=enf(8*4+t) + 1;
elseif equipo1==14||equipo2==14
enf(8*5+t)=enf(8*5+t) + 1;
elseif equipo1==15||equipo2==15
enf(8*6+t)=enf(8*6+t) + 1;
elseif equipo1==16||equipo2==16
enf(8*7+t)=enf(8*7+t) + 1;
end
end
end
%Esos equipos quedan excluidos del cualquier bombo posterior.
%Para excluirlos en el programa de MATLAB los elimino de la matriz
```

```
%Para ello, hacemos que la r sea el menor  ndice  de las filas a eliminar y
%que la a sea el mayor  ndice  de las filas a eliminar
if b>a
k=a;
a=b;
b=k;
end
if b~=1
if a~=length(A(:,1))
A=[A(1:(b-1),:); A((b+1):(a-1),:); A((a+1):end,:)];
else
A=[A(1:(b-1),:); A((b+1):(end-1),:)];
end
else
if a~=length(A(:,1))
A=[A((2):(a-1),:); A((a+1):end,:)];
else
A=A((2):(end-1),:);
end
end
end
end
probenf=enf./nsorteo
```

6.2. Código para la simulación del sorteo

En este ultimo apartado hemos introducido los códigos que pueden ser utilizados en caso de interés para simular sorteos

Caso general

```
A=[1 1 1 0 1; 1 2 1 0 2; 1 3 6 0 3; 1 4 2 0 4; 1 5 7 0 5; 1 6 1 0 6; 1 7 3 0 7; 1 8 4 0 8; 2 1 3 0 9; 2 2 2 0 10; 2 3 5 0 11; 2 4 4 0 12; 2 5 5 0 13; 2 6 2 0 14; 2 7 8 0 15; 2 8 1 0 16];
%La primera columna contiene un 1 si el equipo fue primero de grupo, y un 2
%si fue segundo de grupo. La segunda columna contiene un n mero
%correspodiente a la letra del grupo al que pertenec a en la fase de
%grupos. La tercera columna representa los pa ses y la cuarta el n mero de
%partidos posibles. La quinta representa el equipo.


for z=1:8     %El bucle se realiza ocho veces para sacar los ocho enfrentamientos
[f,g]=size(A);
for i=1:f         %Este bucle calcula los posibles enfrentamientos de cada equipo.
B=A(i,1:3)~= A(:,1:3);
x=all(B,2);
A(i,4)=sum(x);
end
%Luego calculo qu  equipo tiene menos enfrentamiento posibles
v=A(:,4);
y=min(v);
a=find(v==y);
%Si se hay varios equipos con el n mero m nimo de posibles enfrentamientos,
```

```
%escoge uno al azar. En la vida real, se meter an los posibles equipos en
%un bombo y se sacar a una bola al azar.
r=randi([1 length(a)]);
a=a(r);
%el equipo elegido ser a el
equipo1=A(a,5);
%Luego se proceder a a meter en el bombo los posibles equipos con los que
%se podr a enfrentar. Los posibles equipos est n contenidos en la variable
%posenf
B=A(a,1:3)~= A(:,1:3);
x=all(B,2);
posenf=find(x);
%Estos equipos se meter an en un bombo y se escoger a una bola
r=randi([1 length(posenf)]);
%El equipo elegido estar a en la fila
b=posenf(r);
%El equipo 2 ser a
equipo2=A(b,5);
%El enfrentamiento ser a el equipo de la fila a contre el de la fila r, es
%decir:
if equipo1==1
disp('equipo 1 contra')
elseif equipo1==2
disp('equipo 2 contra')
elseif equipo1==3
disp('equipo 3 contra')
elseif equipo1==4
disp('equipo 4 contra')
```

```
elseif equipo1==5
disp('equipo 5 contra')
elseif equipo1==6
disp('equipo 6 contra')
elseif equipo1==7
disp('equipo 7 contra')
elseif equipo1==8
disp('equipo 8 contra')
elseif equipo1==9
disp('equipo 9 contra')
elseif equipo1==10
disp('equipo 10 contra')
elseif equipo1==11
disp('equipo 11 contra')
elseif equipo1==12
disp('equipo 12 contra')
elseif equipo1==13
disp('equipo 13 contra')
elseif equipo1==14
disp('equipo 14 contra')
elseif equipo1==15
disp('equipo 15 contra')
elseif equipo1==16
disp('equipo 16 contra')
end
if equipo2==1
disp('equipo 1')
elseif equipo2==2
disp('equipo 2')
elseif equipo2==3
disp('equipo 3')
elseif equipo2==4
```

```
disp('equipo 4')
elseif equipo2==5
disp('equipo 5')
elseif equipo2==6
disp('equipo 6')
elseif equipo2==7
disp('equipo 7')
elseif equipo2==8
disp('equipo 8')
elseif equipo2==9
disp('equipo 9')
elseif equipo2==10
disp('equipo 10')
elseif equipo2==11
disp('equipo 11')
elseif equipo2==12
disp('equipo 12')
elseif equipo2==13
disp('equipo 13')
elseif equipo2==14
disp('equipo 14')
elseif equipo2==15
disp('equipo 15')
elseif equipo2==16
disp('equipo 16')
end
%Esos equipos quedan excluidos del cualquier bombo posterior.
%Para excluirlos en el programa de MATLAB los elimino de la matriz
%Para ello, hacemos que la r sea el menor  ndice  de las filas a eliminar y
%que la a sea el mayor  ndice  de las filas a eliminar
if b>a
```

```
k=a;
a=b;
b=k;
end
if b~=1
if a~=length(A(:,1))
A=[A(1:(b-1),:); A((b+1):(a-1),:); A((a+1):end,:)];
else
A=[A(1:(b-1),:); A((b+1):(end-1),:)];
end
else
if a~=length(A(:,1))
A=[A((2):(a-1),:); A((a+1):end,:)];
else
A=A((2):(end-1),:);
end
end
end

```

Caso especifico para la pasada edición

```



A=[1 1 1 0 1; 1 2 1 0 2; 1 3 6 0 3; 1 4 2 0 4; 1 5 7 0 5; 1 6 1 0 6; 1 7 3 0 7; 1 8 4 0 8; 2 1 3 0 9; 2 2 2 0 10; 2 3 5 0 11; 2 4 4 0 12; 2 5 5 0 13; 2 6 2 0 14; 2 7 8 0 15; 2 8 1 0 16];
%La primera columna contiene un 1 si el equipo fue primero de grupo, y un 2
%si fue segundo de grupo. La segunda columna contiene un n mero
%correspodiente a la letra del grupo al que pertenec a en la fase de
%grupos. La tercera columna representa los pa ses y la cuarta el
```

```
 n mero de
%partidos posibles. La quinta representa el equipo.


for z=1:8    %El bucle se realiza ocho veces para sacar los ocho
 enfrentamientos
[f,g]=size(A);
for i=1:f        %Este bucle calcula los posibles enfrentamientos de
 cada equipo.
B=A(i,1:3)~= A(:,1:3);
x=all(B,2);
A(i,4)=sum(x);
end
%Luego calculo qu  equipo tiene menos enfrentamiento posibles
v=A(:,4);
y=min(v);
a=find(v==y);
%Si se hay varios equipos con el n mero m nimo de posibles
 enfrentamientos,
%escoge uno al azar. En la vida real, se meter an los posibles
 equipos en
%un bombo y se sacar a una bola al azar.
r=randi([1 length(a)]);
a=a(r);
%el equipo elegido ser a el
equipo1=A(a,5);
%Luego se proceder a a meter en el bombo los posibles equipos con los
  que
%se podr a enfrentar. Los posibles equipos est n contenidos en la
 variable
%posenf
B=A(a,1:3)~= A(:,1:3);
```

```
x=all(B,2);
posenf=find(x);
%Estos equipos se meter an en un bombo y se escoger a una bola
r=randi([1 length(posenf)]);
%El equipo elegido estar a en la fila
b=posenf(r);
%El equipo 2 ser a
equipo2=A(b,5);
%El enfrentamiento ser a el equipo de la fila a contre el de la fila r, es
%decir:
if equipo1==1
disp('Manchester City contra')
elseif equipo1==2
disp('Liverpool contra')
elseif equipo1==3
disp('Ajax contra')
elseif equipo1==4
disp('Real Madrid contra')
elseif equipo1==5
disp('Bayern contra')
elseif equipo1==6
disp('Manchester United contra')
elseif equipo1==7
disp('Lille contra')
elseif equipo1==8
disp('Juventus contra')
elseif equipo1==9
disp('Paris Saint Germain contra')
elseif equipo1==10
disp('Atl tico de Madrid contra')
elseif equipo1==11
```

```
disp('Sporting de Portugal contra')
elseif equipo1==12
disp('Inter contra')
elseif equipo1==13
disp('Benfica contra')
elseif equipo1==14
disp('Villarreal contra')
elseif equipo1==15
disp('Salzburgo contra')
elseif equipo1==16
disp('Chelsea contra')
end
if equipo2==1
disp('Manchester City')
elseif equipo2==2
disp('Liverpool')
elseif equipo2==3
disp('Ajax')
elseif equipo2==4
disp('Real Madrid')
elseif equipo2==5
disp('Bayern')
elseif equipo2==6
disp('Manchester United')
elseif equipo2==7
disp('Lille')
elseif equipo2==8
disp('Juventus')
elseif equipo2==9
disp('Paris Saint Germain')
elseif equipo2==10
disp('Atl tico de Madrid')
```

```
elseif equipo2==11
disp('Sporting de Portugal')
elseif equipo2==12
disp('Inter')
elseif equipo2==13
disp('Benfica')
elseif equipo2==14
disp('Villarreal')
elseif equipo2==15
disp('Salzburgo')
elseif equipo2==16
disp('Chelsea')
end
%Esos equipos quedan excluidos del cualquier bombo posterior.
%Para excluirlos en el programa de MATLAB los elimino de la matriz
%Para ello, hacemos que la r sea el menor  ndice  de las filas a eliminar y
%que la a sea el mayor  ndice  de las filas a eliminar
if b>a
k=a;
a=b;
b=k;
end
if b~=1
if a~=length(A(:,1))
A=[A(1:(b-1),:); A((b+1):(a-1),:); A((a+1):end,:)];
else
A=[A(1:(b-1),:); A((b+1):(end-1),:)];
end
else
if a~=length(A(:,1))
A=[A((2):(a-1),:); A((a+1):end,:)];
```

```
else
A=A((2):(end-1),:);
end
end
end
```