



## Trabajo Fin de Grado

Evaluación de la Eficiencia de la Superliga de  
Voleibol 2013/14

Autor/es

Beatrix Molinos Senante

Director/es

Manuel Espitia Escuer

Facultad Economía y Empresa – Universidad de Zaragoza  
2014

## **ÍNDICE:**

	<b>Página</b>
Resumen	1
1. Introducción	2
2. Marco de análisis	3
3. Metodología	5
3.1. Concepto de eficiencia	5
3.2. Análisis Envolvente de Datos (DEA)	11
3.3. Contraste de hipótesis	16
4. Descripción de la muestra	17
4.1. Muestra seleccionada	17
4.2. Justificación de inputs y outputs	18
5. Resultados y discusión	20
5.1. Evaluación de la eficiencia de los equipos de la Superliga de voleibol	20
5.2. Evaluación de la eficiencia de los jugadores masculinos de la Superliga de voleibol	23
5.3. Evaluación de la eficiencia de las jugadoras femeninas de la Superliga de voleibol	26
5. Conclusiones	29
Bibliografía	32

## **RESUMEN:**

La eficiencia, entendida como la relación entre inputs y outputs, ha sido evaluada para numerosos deportes como el fútbol, baloncesto, tenis o béisbol. Sin embargo, en el ámbito del voleibol no se han realizado estudios de este tipo. Por ello, en este trabajo se evalúa la eficiencia de los equipos masculinos y femeninos de la Superliga española de voleibol. A nivel individual, se evalúa la eficiencia de los jugadores (masculinos y femeninos) de voleibol diferenciando entre posición defensiva y ofensiva. Para ello, se hace uso de un modelo análisis envolvente de datos radial bajo orientación output y rendimientos constantes a escala. En un análisis de segunda etapa se verifica que no hay diferencias estadísticamente significativas en la eficiencia de los jugadores internacionales y no internacionales. Así mismo, se puede concluir que dentro de las posiciones defensivas, los jugadores/as líberos son más eficientes que los receptores. Por el contrario, en las posiciones ofensivas (central, opuesto y atacante) las diferencias de eficiencia no son significativas.

## **1. INTRODUCCIÓN:**

La eficiencia, entendida en sentido amplio como la relación entre inputs y outputs, tanto de equipos como de jugadores ha sido evaluada para diversos deportes. Así, por ejemplo, en el ámbito del fútbol, Santin (2014) evalúa la eficiencia de las denominadas leyendas del Real Madrid y Tiedemann et al. (2011) analiza la eficiencia de los jugadores de fútbol de la liga alemana atendiendo a la posición que ocupan. Otros trabajos se han centrado en evaluar la eficiencia de los equipos de fútbol de diferentes ligas. A modo de ejemplo, se pueden citar los trabajos de Espitia-Escuer y García-Cembrán (2006); García-Sánchez (2007); Boscá et al. (2009) o Cadenas et al. (2010) para la Liga española; Ribeiro y Line (2012) y Barros et al. (2010) para la liga portuguesa y Arabzad et al. (2014) en el caso de la Premier inglesa. En este contexto, Kulikova y Goshunova (2013) analizan los enfoques utilizados para evaluar la eficiencia de los equipos de fútbol profesionales. En este trabajo se identifica que son los equipos británicos los que han sido más estudiados y que la metodología más comúnmente utilizada es el análisis envolvente de datos o DEA por sus siglas en inglés (Data Envelopment Analysis).

Otros deportes que también han sido objeto de estudios de eficiencia son el baloncesto, el béisbol y más recientemente el tenis. Así, diferentes modelos DEA han sido aplicados para evaluar la eficiencia de los jugadores de béisbol de la liga estadounidense (Chen y Johnshon, 2010; Volz, 2009). En el ámbito del baloncesto, Yang et al. (2014) evalúan la eficiencia de los equipos de la NBA mientras que Cooper et al. (2009) se centran en la eficiencia de los jugadores de dicha competición. Más recientemente, Toloo (2013) y Ruiz et al. (2013) haciendo también uso de la metodología DEA evalúan la eficiencia de jugadores profesionales de tenis.

No obstante y a pesar de la popularidad que está adquiriendo el voleibol en sus diversas modalidades, no se han realizado estudios previos dirigidos a evaluar la eficiencia ni de los equipos ni de los jugadores de este deporte. Así, el trabajo desarrollado a continuación es pionero en el ámbito de la evaluación de la eficiencia en competiciones deportivas y jugadores de voleibol.

El presente trabajo presenta los objetivos generales:

- 1) Evaluar la eficiencia de los equipos que disputan tanto la fase regular de la Superliga Masculina como de la Superliga Femenina de Voleibol durante la temporada 2013/14.
- 2) Evaluar la eficiencia de los jugadores que disputan la Superliga Masculina y Femenina de Voleibol durante la temporada 2013/14 diferenciando entre jugadores defensivos y ofensivos.
- 3) Confirmar o rechazar la hipótesis de que los jugadores internacionales son más eficientes que los no internacionales.
- 4) Confirmar o rechazar la hipótesis de que la eficiencia de los jugadores atendiendo a su posición específica (receptor y líbero para jugadores defensivos y central, opuesto y atacante para los jugadores ofensivos) es distinta.

## **2. MARCO DE ANÁLISIS:**

El voleibol es un deporte que enfrenta a dos equipos formados por seis jugadores sobre un terreno de juego liso de 18x9 metros separados por una red central. El objetivo es pasar el balón por encima de la red y hacer que éste toque el suelo del campo contrario. Para ello, cada equipo dispone de tres toques para devolver el balón hacia el campo contrario con golpes limpios sin ser parado, sujetado, retenido o acompañado, un jugador no puede golpear dos veces consecutivas el balón. Además, los jugadores tienen que ir rotando sus posiciones a medida que van consiguiendo puntos.

Para conseguir pasar el balón al otro campo y hacer que este toque el suelo del campo contrario existen diversas técnicas que se utilizarán dependiendo de la situación del juego, como son saque o servicio, bloqueo, recepción, colocación, ataque o remate y defensa. Existen competiciones tanto femeninas como masculinas, además de otras modalidades muy populares como el vóley playa.

Los partidos de voleibol se disputan al mejor de cinco sets. En el momento en que uno de los dos equipos acumula tres sets ganados, gana el partido. Un equipo gana un set cuando alcanza 25 puntos con ventaja de dos sobre el adversario. En el caso de ser necesario el quinto set, se sigue la modalidad “takebreath”, es decir, sólo es necesario alcanzar 15 puntos con dos de ventaja sobre el adversario.

A nivel mundial, en 1947 se crea la Federación Internacional de Voleibol (FIBV) y los primeros campeonatos mundiales tuvieron lugar en 1949 en modalidad masculina y en 1952 en femenina y, desde 1964 se considera deporte olímpico. A nivel nacional, la entidad encargada de organizar tanto el voleibol como el vóley playa es la Real Federación Española de Voleibol (RFEVB) creada en 1959 para integrar federaciones autonómicas, clubes deportivos, árbitros y entrenadores, además de organizar las principales competiciones de voleibol en España.

Tal y como se muestra en la Tabla 1, la RFEVB organiza diversas competiciones regulares:

	<b>MASCULINA</b>	<b>FEMENINA</b>
<b>Liga Regular</b>	Superliga	Superliga
	Superliga 2	Superliga 2
	Superliga Junior Masculina	Superliga Junior Femenina
	Primera División	Primera División
	Segunda División Nacional	Segunda División Nacional
	Campeonato Nacional Juvenil	Campeonato Nacional Juvenil
	Campeonato Nacional Cadete	Campeonato Nacional Cadete
	Campeonato Nacional Infantil	Campeonato Nacional Infantil
<b>Torneos de Copa</b>	Copa de S.M. El Rey	Copa de S.M. La Reina
	Supercopa	Supercopa
	Copa Príncipe de Asturias	Copa Princesa de Asturias

Tabla 1: Competiciones regulares organizadas por la Real Federación Española de Voleibol (RFEVB).

Fuente: Real Federación Española de Voleibol.

De todas las competiciones regulares, la Superliga, fundada en 1983, es la máxima competición masculina y femenina respectivamente en España. En base a ello y teniendo en cuenta además la disponibilidad de datos, nuestro estudio se centrará en dicha competición. Actualmente, en Superliga compiten hasta un máximo de doce equipos. La competición se basa en una fase regular a doble vuelta y tras finalizar la misma tiene lugar la semifinal entre los primeros cuatro clasificados, enfrentándose por una parte el primer y cuarto clasificado y, por otra parte el segundo y el tercero. Ambos encuentros son al mejor de tres partidos y los ganadores disputan la final al mejor de cinco encuentros.

Resultado(sets)	3 – 0	3 - 1	3 – 2	2 - 3	1 - 3	0 - 3
Puntuación obtenida	3 puntos	3 puntos	2 puntos	1 punto	0 puntos	0 puntos

Tabla 2: Puntuación obtenida por el equipo local según el resultado obtenido en un encuentro de voleibol de la Superliga.

Fuente: Elaboración propia.

Una característica destacable de la Superliga, es el sistema de puntuación en la fase regular ya que éste depende del resultado del partido pero teniendo en cuenta el número de sets ganados y/o perdidos, tal y como se recoge en la Tabla 2.

Por otro lado, hay que destacar que los siete mejores equipos de la Superliga en la primera vuelta de la fase regular más otro equipo, el organizador, disputan la Copa del Rey de Voleibol. Ambas competiciones condicionan los equipos participantes en la Supercopa de Voleibol, puesto que en ella se enfrentan los dos primeros clasificados de la Superliga y de la Copa del Rey de la temporada anterior.

### **3. METODOLOGÍA:**

#### **3.1 Concepto de eficiencia**

Desde un punto de vista económico, el término eficiencia está asociado al uso racional de los recursos disponibles, es decir, una unidad es eficiente cuando no existe otra posible asignación de los mismos que mejore su situación sin perjudicar a otra unidad. Se trata, por tanto, de un concepto relativo, basado en la comparación de la actuación

de una unidad con la de otras similares. La extensión de dicho concepto a otros campos implica que la eficiencia mide el uso de inputs para la producción de outputs.

El uso de ratios o cocientes entre magnitudes es el procedimiento habitualmente utilizado para medir la eficiencia de las diferentes unidades (Bonilla et al., 2002). Cuando solo existe un output y un input, la medida de eficiencia se realizará mediante el siguiente cociente:

$$Eficiencia = \frac{Output}{Input} \quad (1)$$

Sin embargo, en la mayoría de los procesos de producción existen varios outputs y/o inputs por lo que es necesario buscar una medida de eficiencia relativa definida, tal como se indica en las fórmulas 2 y 3.

$$Eficiencia = \frac{\text{Suma ponderada de los output}}{\text{Suma ponderada de los input}} \quad (2)$$

$$Eficiencia \text{ de la unidad } j = \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots} = \frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \quad (3)$$

donde,  $u_1$  es el peso asignado al output  $i$ ;  $y_{ij}$  es el valor del output  $i$  para la unidad  $j$ ;  $v_1$  es el peso asignado al input  $i$  y  $x_{ij}$  es el valor del input  $i$  para la unidad  $j$ .

Al hablar del concepto de eficiencia productiva deben distinguirse dos dimensiones distintas, la eficiencia técnica y la asignativa, de modo que la consecución de la eficiencia global requiere el logro de ambas. La primera se refiere a que se produce una determinada cantidad de output con una mínima cantidad de inputs o, de forma alternativa, que se produce el máximo posible con una determinada cantidad de input. De esta forma, el análisis de la eficiencia técnica puede tener una orientación hacia la maximización del output o la minimización de los inputs. La eficiencia asignativa está relacionada con la capacidad de combinar los inputs, pero teniendo en cuenta sus precios. La eficiencia asignativa se consigue cuando se obtiene un nivel de output con un menor coste, o bien, cuando a partir de un determinado coste de los inputs, se consigue la mayor cantidad posible de output.

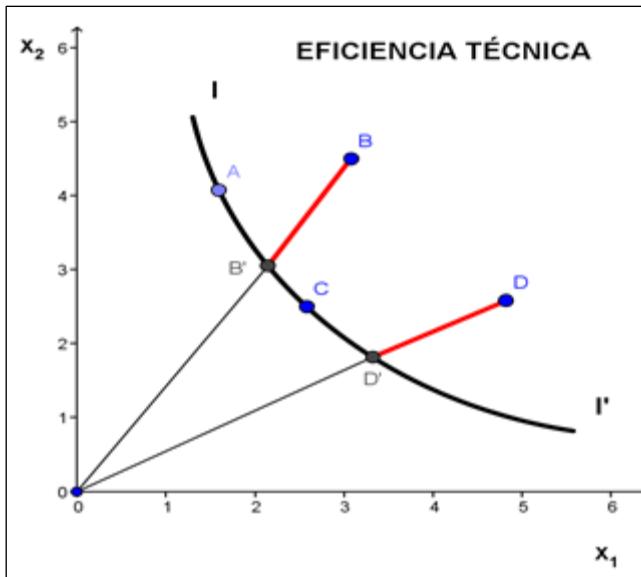


Figura 1. Eficiencia técnica.

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se describe en la Figura 1 se ha considerado la existencia de cuatro unidades (A, B, C, D), cada una de las cuales obtiene un único output empleando para ello dos inputs ( $x_1, x_2$ ). La isocuanta (todas las combinaciones posibles con la misma producción)  $I-I'$  representa las infinitas combinaciones de inputs que son eficientes, de tal forma que todos los puntos (combinaciones de inputs) que se encuentren por encima resultan ineficientes. Las unidades B y D son ineficientes técnicamente, puesto que ambas podrían reducir la cantidad de inputs y seguir produciendo la misma cantidad de output que representa la isocuanta  $I-I'$ . La ineficiencia de estas unidades vendrá representada por la distancia  $B B'$  y  $D D'$ , respectivamente.

Se podría calcular numéricamente el valor de la eficiencia técnica como:

$$\text{Eficiencia técnica de } (B) = \frac{OB'}{OB} \quad (4)$$

Definida de esta forma, la eficiencia técnica sólo puede tomar valores comprendidos entre cero y uno. Si una unidad tiene un valor de eficiencia técnica cercano a uno, nos indica que esa unidad está muy próxima a ser técnicamente eficiente, que se logrará cuando tenga un valor de eficiencia técnica igual a uno ya que ello nos indica que la unidad se encuentra sobre la isocuanta eficiente, como es el caso de las unidades A y C de la Figura 1.

Para determinar la eficiencia asignativa, tal como se observa en la Figura 2, se introduce la línea isocoste sobre la representación de la Figura 1. De las unidades que presentaban eficiencia técnica (unidades A y C), solamente la unidad C resulta también eficiente en precios, puesto que se sitúa tanto en la isocuanta como en la recta isocoste. La unidad A debería reducir los costes hasta situarse en el punto A' situado sobre la recta isocoste. La ineficiencia asignativa de la unidad A vendría representada por la distancia A' A.

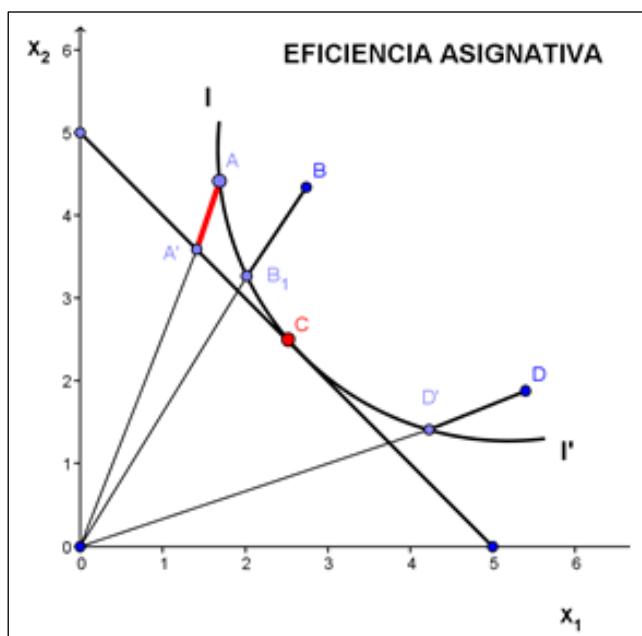


Figura 2. Eficiencia asignativa.

Fuente: Elaboración propia.

El valor numérico de la eficiencia asignativa se puede obtener como la relación entre la línea desde el origen hasta el punto en la recta isocoste y la longitud de la línea que une el origen al punto sobre la isocuanta eficiente. Para la unidad A, vendría determinado por:

$$\text{Eficiencia asignativa de } (A) = \frac{OA'}{OA} \quad (5)$$

Nuestro trabajo se centra exclusivamente en el concepto de eficiencia técnica y los mecanismos que puede emplearse en su medición, puesto que la evaluación de los equipos y jugadores de voleibol se refiere a su rendimiento deportivo.

El primer autor que define el concepto de eficiencia técnica fue Koopmans (1951) que la define como un vector compuesto por inputs y outputs donde es tecnológicamente imposible incrementar algún output (o reducir algún input) sin reducir simultáneamente algún otro output (o incrementar algún otro input). Posteriormente, Farrell (1957) desarrolló una medida radial que permitiera cuantificar el nivel de eficiencia con el que actuaban los productores. La frontera de producción viene determinada por el máximo nivel de outputs alcanzables con una cierta combinación de inputs, o bien, por el mínimo nivel de inputs necesario para producir un cierto nivel de outputs. Así, la medida de la eficiencia está comprendida entre [0,1], donde 1 indica que la unidad es completamente eficiente y 0 que es totalmente ineficiente.

Los modelos de evaluación de la eficiencia pueden ser clasificados en dos grandes grupos:

1. *Modelos que no utilizan la frontera de producción.* Estos modelos analizan la eficiencia de cada unidad de forma independiente. Calculan, por criterios estadísticos, el valor medio del output que puede obtenerse dada la cantidad de inputs disponible.

2. *Modelos que utilizan la frontera de producción.* Se determina una frontera de producción, a partir de las unidades más eficientes de la muestra. El análisis de la eficiencia de cada unidad se realiza comparando su comportamiento con la frontera eficiente.

De los dos modelos descritos, ha encontrado una mayor aceptación por la literatura especializada los modelos tipo frontera, debido a que permiten comparar el comportamiento de unas unidades (ineficientes) con el de las que alcanzan la máxima producción (situadas en la frontera de producción) (Cooper et al., 2007).

La estimación empírica de la frontera de producción puede realizarse siguiendo diversas aproximaciones que suelen dividirse en dos grandes grupos:

### *a) Aproximación paramétrica*

Estos modelos utilizan una forma funcional predeterminada con parámetros constantes para construir la función de producción. A partir de técnicas econométricas, generalmente por mínimos cuadrados ordinarios, se estiman estos parámetros. Dentro de estos modelos se suelen distinguir a la vez aquellos que tienen un carácter determinista de los estocásticos. Los primeros atribuyen toda la posible desviación existente a la ineficiencia técnica, mientras que los segundos consideran que las unidades evaluadas pueden verse afectadas por diversos factores al margen de la propia ineficiencia del producto, añadiendo un componente aleatorio que representa sucesos que no son controlables por la unidad productiva.

Las principales críticas que han recibido estos modelos se centran, sobre todo, en la excesiva dependencia de los resultados obtenidos respecto a la función de producción utilizada y la distribución del error, sobre todo cuando únicamente se dispone de datos de corte transversal (Sala-Garrido et al., 2012).

### *b) Aproximación no paramétrica*

Los métodos no paramétricos tienen la característica de que no requieren la utilización de una función de producción determinada, ya que es suficiente con la definición de un conjunto de propiedades formales que debe satisfacer el conjunto de posibilidades de producción. La flexibilidad que implica esta estructura representa una importante ventaja sobre todo para aquellos procesos productivos, como el de los deportes, cuya modelización a través de una función productiva resulta demasiado compleja (Caballero-Fernández et al., 2012).

En términos generales, se acepta por la literatura que no existe ninguna aproximación que resulte totalmente óptima o que manifieste su superioridad respecto a la otra, por lo tanto, serán las propias características del sector analizado, así como las restricciones de información, las que determinen, en cada caso, cuál es la técnica de análisis más apropiada.

Teniendo en cuenta que nuestro propósito es la evaluación de la eficiencia de los equipos y jugadores de voleibol de la Superliga, se ha considerado más conveniente el uso de métodos no paramétricos y en particular el análisis envolvente de datos (DEA). Todo ello debido a la gran capacidad que tiene esta técnica para adaptarse a un contexto en el que se utilizan múltiples inputs y outputs y por su mayor flexibilidad para la construcción de la frontera, lo que permite una mejor adaptación a un entorno en el que el conocimiento exacto de la función de producción resulta complejo.

### 3.2 Análisis Envolvente de Datos (DEA)

El análisis envolvente de datos o DEA fue desarrollado en 1978 por Charnes, Cooper y Rhodes (1978). Es un método no paramétrico cuyo objetivo es obtener una envolvente que incluya a todas las unidades eficientes, junto con sus combinaciones lineales, quedando el resto de unidades (ineficientes) por debajo de la misma. Dicha envolvente se identifica con la figura de la frontera eficiente, de manera que la distancia de las unidades evaluadas DMU<sup>1</sup> a la envolvente, proporciona una medida de su nivel de ineficiencia.

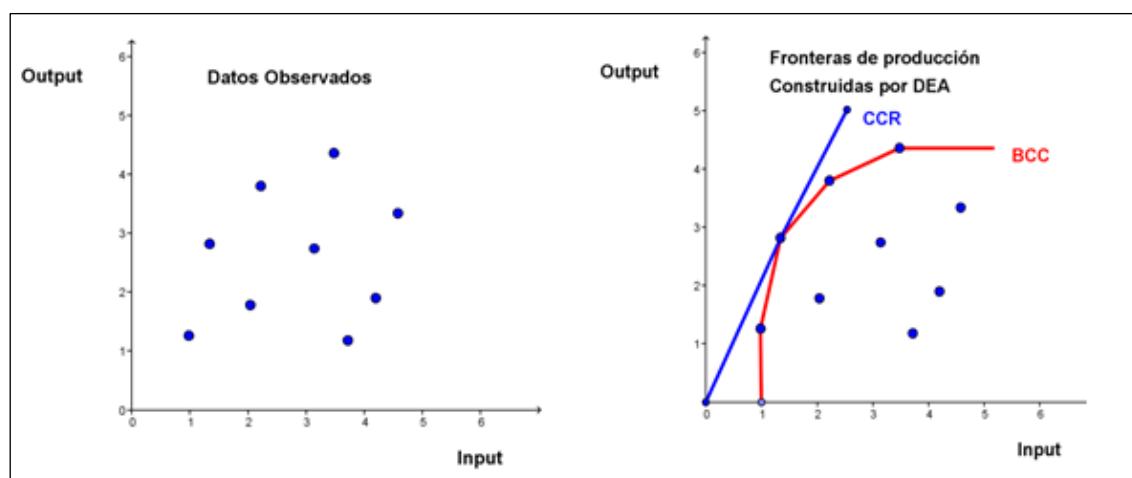


Figura 3. Fronteras de producción construidas a través de DEA.

Fuente: Elaboración propia.

Desde el punto de vista de su formulación, el DEA plantea un problema de programación matemática para cada DMU, cuya resolución permite asignarle un índice de eficiencia. Por lo tanto, las DMUs que delimitan la frontera de producción se

<sup>1</sup> Este término es la abreviatura de “Decision Making Unit” empleada por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) para referirse a los productores evaluados.

consideran unidades eficientes y las que no se encuentran en la frontera, son consideradas unidades ineficientes (Figura 3), es decir, son unidades en las que es posible mejorar alguno de sus outputs o inputs sin empeorar sus otros inputs u outputs.

La formulación estándar de este programa puede adoptar varias formas, en función de que se opte por una orientación de minimización de inputs o por la maximización de outputs (Figura 4). Sin embargo, todas ellas comparten el mismo enfoque: la eficiencia de cada unidad depende de la capacidad de cada productor para mejorar sus resultados o reducir el consumo de recursos, estando sujeto a una serie de restricciones que reflejan la actividad del resto de productores.

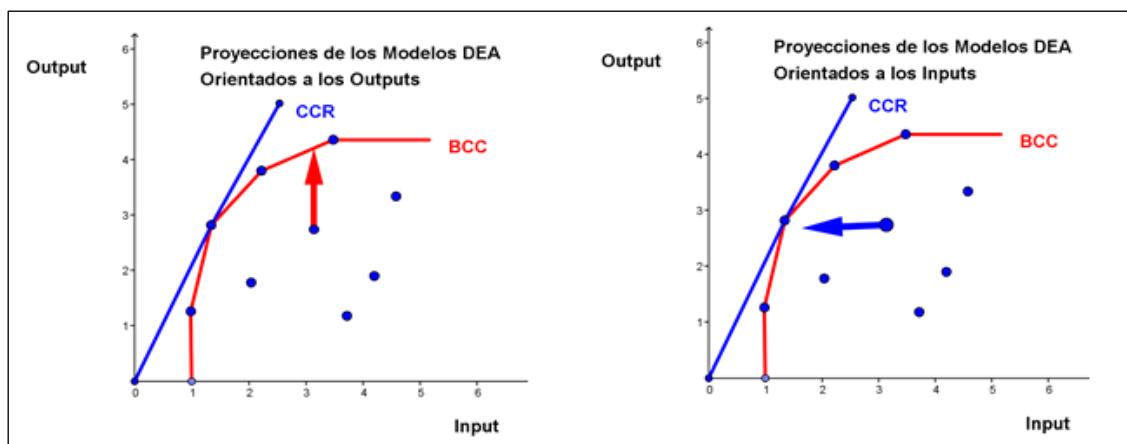


Figura 4. Modelos DEA con orientación output e input

Fuente: Elaboración propia

Los modelos DEA pueden ser clasificados atendiendo a diferentes criterios, entre ellos se pueden citar los siguientes:

a) *Según el tipo de medida de eficiencia*

Según este criterio se pueden diferenciar dos modelos:

- Modelos radiales. Son aquellos que miden la eficiencia global de cada DMU. Se mide la máxima reducción radial (proporcional) de todos los inputs (o incremento en todos los outputs) que produciría un aumento de la eficiencia de las DMUs hasta el nivel de las unidades más eficientes (Sueyoshi y Goto, 2011).

- Modelos no radiales. Son aquellos que evalúan las posibles reducciones en cada uno de los inputs de forma individual (o aumento en los outputs). Este tipo de modelos proporcionan un indicador de eficiencia para cada una de las variables en el proceso.

*b) Segundo el tipo de orientación*

Según Charnes et al. (1985), la eficiencia puede evaluarse tomando como base dos orientaciones:

- Modelo DEA con orientación input. El objetivo es utilizar la mínima cantidad inputs para producir un determinado output. Una DMU es ineficiente cuando es posible reducir cualquier input sin disminuir sus outputs.
- Modelo DEA con orientación output. El objetivo es producir la máxima cantidad de outputs dado un vector de inputs permaneciendo en la frontera de producción. Desde esta orientación, una DMU no puede definirse como eficiente si es posible aumentar cualquier output sin incrementar sus inputs.

De esta forma, se considera que una DMU es eficiente si, y sólo si, no es posible aumentar su cantidad de outputs manteniendo fijas las cantidades inputs (orientación input) o no es posible disminuir la cantidad de inputs sin alterar las cantidades de outputs generados (orientación output) (Charnes et al. 1996).

*c) Segundo los rendimientos a escala*

Para evaluar la eficiencia de un conjunto de DMUs, es necesario identificar el tipo de rendimiento a escala que caracteriza el proceso. Los rendimientos de escala es un concepto que refleja el grado en el que un aumento proporcional de todos los inputs incrementará los outputs. Se distinguen tres tipos de rendimientos:

- Rendimientos constantes a escala. Los outputs se incrementan en el mismo porcentaje que los inputs.
- Rendimientos crecientes a escala. Los outputs se incrementan en un porcentaje mayor que los inputs.

- Rendimientos decrecientes a escala. Los outputs aumentan en un porcentaje menor que los inputs.

Matemáticamente, si  $f(cX) = c^t f(X)$  (función homogénea), donde  $f(X)$  representa la función de producción (tecnología);  $X$  es un vector de inputs y,  $c$  es un escalar:

$t = 1$ : rendimientos constantes a escala (grado de homogeneidad igual a 1);

$t > 1$ : rendimientos crecientes a escala (grado de homogeneidad mayor que 1) y;

$t < 1$ : rendimientos decrecientes a escala (grado de homogeneidad menor que 1).

A través de DEA se detectan algunas características de la frontera construida usando las mejores prácticas observadas. El modelo CCR (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978) asume rendimientos constantes de escala, mientras que el modelo BCC (Banker, Charnes y Cooper, 1984) asume rendimientos variables a escala.

Para poder aplicar la metodología DEA es necesario que las DMU compartan un cierto grado de homogeneidad, en el sentido de que utilicen el mismo tipo de inputs (aunque en diferentes cantidades) y producen los mismos outputs -también en cantidades diferentes- (Pastor y Aparicio, 2010). El hecho de que el DEA no requiera ninguna hipótesis de relación funcional entre inputs y outputs y no asuma ningún tipo de distribución de la ineficiencia (Banker, 1993), lo ha configurado, en las dos últimas décadas, como una de las técnicas más recomendables para la evaluación de la eficiencia de los equipos deportivos y jugadores.

A pesar de toda esta serie de bondades, dicha metodología también cuenta con una serie de limitaciones (Medal y Sala, 2011), entre las que podemos destacar:

- La metodología DEA es una técnica determinista, por lo tanto, no tiene en cuenta la incertidumbre, es decir, la presencia de observaciones atípicas puede alterar los scores de eficiencia. En consecuencia, algunas unidades pueden ser definidas como ineficientes debido a cualquier "shock" aleatorio.

- Los métodos no paramétricos suelen pasar por alto los precios y sólo miden la ineficiencia técnica cuando se utilizan demasiados inputs o se producen pocos outputs.
- Problemas de sensibilidad, causados por la existencia de valores atípicos y ruido estadístico.
- DEA converge lentamente a la eficiencia absoluta, es decir, no muestra el comportamiento de una unidad en relación con un "máximo teórico".
- El análisis DEA no funciona bien cuando el número de DMUs es bajo. El criterio propuesto por Banker et al. (1989) afirma que el número de observaciones analizadas es mayor al número total de variables multiplicado por tres, aun careciendo de justificación teórica, ha sido utilizado en multitud de estudios aplicados y suele considerarse como criterio válido para “garantizar” la fiabilidad de los resultados obtenidos.
- Al tratarse de un método no paramétrico, es difícil aplicar pruebas de hipótesis estadísticas.

En nuestro caso de estudio, tanto para los equipos como de jugadores de voleibol, se ha utilizado un modelo radial puesto que el objetivo es evaluar la eficiencia global de cada unidad analizada. Así mismo, se ha seguido una orientación output ya que, el objetivo en ambos casos es maximizar los puntos obtenidos. En cuanto a los rendimientos a escala, debido a la inexistencia de estudios previos se asume que estos son constantes.

En la evaluación de la eficiencia tanto de los equipos como de los jugadores de voleibol se ha considerado que a partir de un conjunto de inputs, se producen una serie de outputs, todos ellos deseados. Una extensión a esta aproximación, y que se deja para futuros trabajos, sería incluir en el análisis las acciones negativas como outputs no deseados.

El modelo básico DEA-CCR con orientación output es el planteado en la Ec. (6):

$$\text{Max } \emptyset$$

s. a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &\leq x_{ij0} & i = 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} &\geq \emptyset y_{rj0} & r = 1, \dots, s \\ \lambda_j &\geq 0 & j = 1, \dots, n \end{aligned} \tag{6}$$

En la función objetivo, la variable  $\emptyset$  mide la máxima expansión equiproporcional que podrían experimentar todos los outputs de la unidad analizada sin cambiar el valor de sus inputs. Además, el valor del índice,  $\emptyset$ , mide la distancia radial desde la unidad evaluada a la frontera de producción construida por las DMUs eficientes.

Una unidad será considerada eficiente si su score de eficiencia es igual a 1. De lo contrario, la unidad será ineficiente, porque incluso con la combinación más ventajosa de pesos, es posible encontrar otra unidad con un mejor score de eficiencia, o la unidad obtiene una ratio igual a 1 pero a costa de que alguna de las variables consideradas en el análisis tenga un peso igual a cero. La comparación entre los valores de inputs outputs de cada una unidad evaluada y las que constituyen la frontera de producción permite establecer la reducción de inputs y/o aumento de outputs que sería necesario para lograr que cada una de las unidades fuese eficiente.

### 3.3 Contraste de hipótesis

Una vez obtenidos los índices de eficiencia para caja jugador de voleibol, el siguiente paso es confirmar o rechazar, desde un punto de vista estadístico, las siguientes hipótesis: (i) los jugadores internacionales presentan índices de eficiencia superiores a los no internacionales; (ii) la eficiencia de los jugadores atendiendo a su posición específica (receptor y líbero para jugadores defensivos y central, opuesto y atacante para los jugadores ofensivos) es distinta.

Este tipo de problemas se resuelve con la aplicación de pruebas paramétricas y test estadísticos, como la t de student o el tradicional análisis de varianza (ANOVA). No obstante, como nuestra población no cumple todas las hipótesis necesarias para la aplicación de dichas pruebas (como, por ejemplo, la homocedasticidad y la normalidad de la muestra) se recurre al uso de pruebas no paramétricas equivalentes.

Con este objeto, se han aplicado los tests no paramétricos de Mann-Whitney y de Kruskal-Wallis. A nivel estadístico, ambos métodos se utilizan para verificar si un grupo de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, ambos tests son idénticos al ANOVA con los datos reemplazados por categorías. El test de Kruskall-Wallis es una extensión de la prueba de la U de Mann-Whitney para 3 o más grupos. Por lo tanto, utilizamos uno u otro dependiendo del número de grupos en los que se divide la muestra inicial.

El contraste de Mann-Whitney (Kruskall-Wallis para 3 o más grupos) sirve para contrastar la hipótesis de que k muestras cuantitativas han sido obtenidas de la misma población, es decir, si existen diferencias entre varias muestras no relacionadas. En consecuencia, la hipótesis a contrastar es la siguiente:

$H_0$  = Las k muestras provienen de la misma población.

$H_1$  = Alguna muestra proviene de una población diferente al resto.

Si como resultado de la aplicación de dicha prueba se obtiene un nivel de significación estadística (p) menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula definida. Esto implica que las diferencias de eficiencia entre los grupos son estadísticamente significativas al 95%.

#### **4. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**

##### **4.1 Muestra seleccionada:**

En el análisis por equipos se evalúan todos los equipos de voleibol que han disputado la fase regular de la Superliga Masculina y Femenina durante la temporada 2013/14. En cuanto a la evaluación de jugadores, tanto masculinos como femeninos, éstos han sido categorizados como jugadores ofensivos o jugadores defensivos. Debido al

elevado número de jugadores, en este estudio se analizará la eficiencia de los 50 jugadores defensivos y 50 ofensivos (para ambas competiciones) que han disputado mayor número de sets.

Así mismo, dentro de los jugadores ofensivos y defensivos se pueden diferenciar varias posiciones específicas tal y como se muestra en la tabla 3.

Función	Posición específica
Defensivo	Colocador
	Líbero
	Receptor
Ofensivo	Atacante
	Central
	Opuesto

Tabla 3: Relación de posiciones de jugadores en un equipo profesional de voleibol con su función.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que los colocadores actúan de intermediarios entre la acción defensiva y la acción ofensiva, es por ello, por lo que no son considerados ni jugadores defensivos ni jugadores ofensivos. Por ese motivo, estos jugadores no se tendrán en cuenta a la hora de evaluar la eficiencia de los jugadores.

La fuente de datos para desarrollar esta investigación es la página web de la Real Federación Española de Voleibol (RFEVB) (<http://www.rfevb.com/>). En ella se encuentran disponibles tanto las estadísticas por equipo como por jugadores.

#### 4.2 Justificación de inputs y outputs:

En cuanto a la selección de inputs and outputs, para el análisis de equipos se ha considerado como output los puntos obtenidos en la fase regular. En cuanto a los inputs, se toman las acciones que contribuyen en mayor medida a conseguir el punto, y por tanto, ganar el encuentro. Estas acciones son los puntos directos de saque, las defensas y los ataques positivos. La primera de ellas porque supone sumar directamente un punto para el equipo, las defensas positivas porque contribuyen a realizar un buen ataque teniendo todas las acciones posibles y, por último los ataques positivos puesto que, acaban dando el punto al equipo que lo realiza.

La segunda parte de la investigación, centrada en los jugadores que disputan la competición también se llevará a cabo bajo un análisis tradicional de DEA en el que para los jugadores defensivos el output serán las defensas positivas y los inputs el resto de defensas y los sets disputados. Para los jugadores ofensivos, el output serán los ataques positivos y los inputs el resto de ataques y los sets disputados.

A continuación, tablas 4 y 5 muestran un resumen de las variables escogidas para la evaluación de la eficiencia de equipos y jugadores, respectivamente.

ANÁLISIS DEA – CCR EQUIPOS SUPERLIGA VOLEIBOL	
<i>Output</i>	<i>Inputs</i>
Puntuación obtenida	Saque directos Defensas positivas Ataques positivos

Tabla 4: Variables escogidas análisis DEA equipos Superliga Voleibol 2013/14.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DEA –CCR JUGADORES SUPERLIGA VOLEIBOL			
Jugadores defensivos		Jugadores ofensivos	
<i>Output</i>	<i>Inputs</i>	<i>Output</i>	<i>Inputs</i>
Defensas positivas	Resto defensas Sets disputados	Ataques positivos	Resto ataques Sets disputados

Tabla 5: Variables escogidas análisis DEA jugadores Superliga Voleibol 2013/14.

Fuente: Elaboración propia.

Las tablas 6 y 7 se recogen las principales medidas estadísticas de los datos utilizados para la evaluación de la eficiencia de los jugadores.

Variable	Superliga Masculina		Superliga Femenina	
	Media	Des. Tip.	Media	Des. Tip.
Puntuación	30	17	33	16
Punto directo saque	71	18	75	25
Defensa positiva	423	47	582	132
Ataque positivo	860	78	939	96

Tabla 6: Principales medidas estadísticas de las variables para los equipos militantes de la Fase Regular de las Superligas Masculina y Femenina de Voleibol 2013/14.

	Variable	Superliga Masculina		Superliga Femenina	
		Media	Des. Tip.	Media	Des. Tip.
<b>Jugadores defensivos</b>	Defensa positiva	85	52	124	77
	Resto defensas	179	112	198	99
	Sets disputados	54	19	66	16
<b>Jugadores ofensivos</b>	Defensa positiva	147	67	169	77
	Resto defensas	189	95	296	153
	Sets disputados	65	8	74	8

Tabla 7: Principales medidas estadísticas de las variables para los jugadores de la Fase Regular de las Superligas Masculina y Femenina de Voleibol 2013/14.

Fuente: Elaboración propia.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

### 5.1 Evaluación de la eficiencia de los equipos de la Superliga de voleibol:

A continuación se muestran los resultados de la evaluación de eficiencia para los equipos masculinos. La tabla 8 muestra la puntuación obtenida por cada uno de los equipos en la fase regular y su índice de eficiencia. Las barras de la Figura 5 muestran el índice de eficiencia para cada equipo y al final de las mismas se indica la posición en la que concluyeron la fase regular de la Superliga.

Equipo	Puntuación fase regular	Índice Eficiencia
CAI Voleibol Teruel	59	1,0000
Unicaja Almería	48	0,8048
Ushuaïa Ibiza Voley	43	0,9225
Vecindario ACE Gran Canaria	41	0,9233
Cajasol Juvasa	33	0,6287
UBE L`Illa Grau	31	1,0000
Rio Duero San José	28	0,6182
Emevé Élide	21	0,3878
CV Andorra	12	0,2548
VP Madrid	10	0,2692
Club Vigo Voleibol	4	0,1263

Tabla 8: Resultados eficiencia equipos Superliga Masculina Voleibol 2013/14.

Fuente: Elaboración propia.

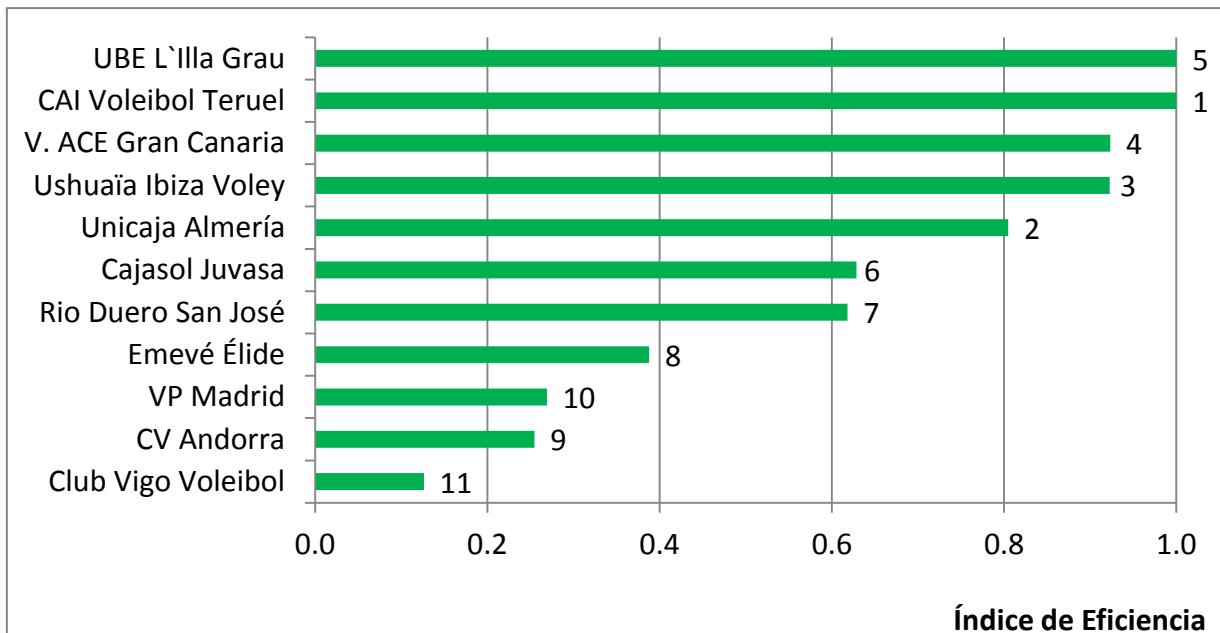


Figura 5: Resultados eficiencia y posición en la clasificación (final de las barras) de los equipos de la Superliga Masculina Voleibol 2013/14.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que sólo 2 de los 11 equipos analizados son eficientes. Si bien el índice de correlación entre el nivel de eficiencia y la clasificación en la fase regulares de 0,92, debe destacarse que los dos equipos eficientes ocuparon la primera y la quinta en la fase regular de la Superliga. La elevada correlación entre el índice de eficiencia y la posición en la liga se debe al bajo número de equipos evaluados y a la consideración de los puntos de la fase regular como output. A pesar de ello, hay que destacar que los cuatro primeros clasificados en la fase regular y, por tanto los clasificados para los Playoff, no se corresponden con los equipos más eficientes.

Analizando las holguras de los 9 equipos ineficientes, el 88,88% tienen holgura exclusivamente en las recepciones positivas, y sólo el 11,12% la tiene exclusivamente en los ataques perfectos. Es de destacar que ningún equipo tiene holgura en los saques directos.

Los resultados del análisis DEA para los equipos de la Superliga Femenina de voleibol para la pasada temporada vienen recogidos en la tabla 9 y la figura 6.

Equipo	Puntuación fase regular	Índice Eficiencia
Embalajes Blanco Tramek Murillo	62	1,000
GH Leadernet	54	0,8808
CVB Barça	42	0,8022
CV ACE Gran Canaria 2014	38	0,7072
Valeriano Allés Menorca Volei	37	0,6110
Haro Rioja Voley	36	0,7258
FeelVolley Alcobendas	33	0,6843
Extremadura Arroyo	32	0,6573
CVVH Dulde de leche Mardel	27	0,5938
CV Aguere	19	0,4867
CV SantCugat	12	0,2639
UCAM Voley Murcia	4	0,1161

Tabla 7: Puntuación obtenida en la fase regular y valores de eficiencia para los equipos femeninos de Superliga de Voleibol 2013/2014.

Fuente: Elaboración propia.

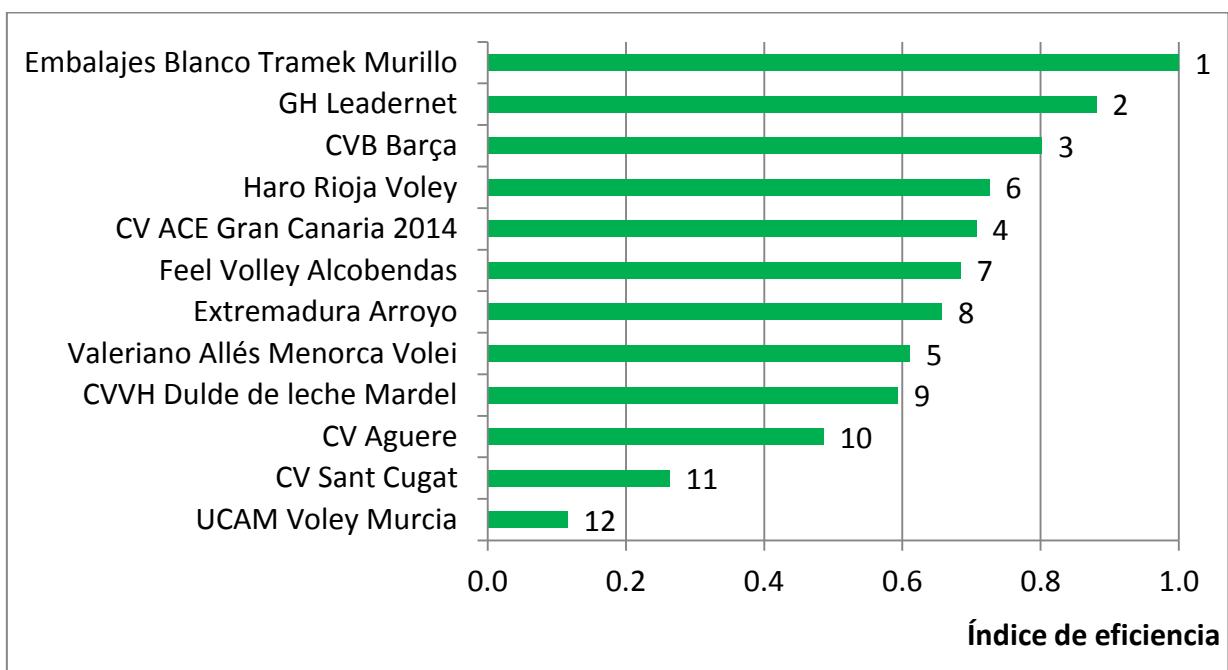


Figura 6: Resultados eficiencia y posición en la clasificación equipos Superliga Femenina de Voleibol 2013/14.

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la Superliga Femenina solamente hay un equipo que es eficiente, que en este caso es el primer clasificado. Además, como en la liga masculina, los cuatro

primeros clasificados no son los equipos más eficientes. No obstante, la correlación entre el índice de eficiencia y la posición en la fase regular es muy elevada, 0,91.

## 5.2 Evaluación de la eficiencia de los jugadores masculinos de la Superliga de voleibol:

Tal y como se ha explicado anteriormente, para la evaluación de la eficiencia de los jugadores, se ha diferenciado entre jugadores defensivos y jugadores ofensivos. En ambos casos, se ha evaluado la eficiencia de los 50 jugadores que han disputado mayor número de sets. Así, en el Anexo 2 se presentan los resultados obtenidos para los 100 jugadores masculinos analizados mientras que la tabla 8 muestra un pequeño resumen de los mismos.

	Jugadores Defensivos	Jugadores Ofensivos
<b>Media</b>	0,4620	0,7122
<b>Des. Tip.</b>	0,2259	0,1785
<b>% Eficientes</b>	4,00%	8,00%

Tabla 8: Resumen resultados análisis de eficiencia jugadores Superliga Masculina de Voleibol 2013/14.

Fuente: Elaboración propia

La eficiencia media de los jugadores ofensivos es considerablemente superior a la de los jugadores defensivos. Este hecho se constata igualmente en el porcentaje de jugadores eficientes. Así en el caso de los jugadores defensivos, sólo 2 jugadores son eficientes mientras que en el caso de los jugadores ofensivos, son 4 los eficientes. Por otra parte, la desviación típica de los jugadores defensivos es mayor que la de los ofensivos, indicándonos que se trata de un grupo más heterogéneo desde el punto de su eficiencia.

La figura 7 muestra la distribución de los índices de eficiencia tanto para los jugadores defensivos como ofensivos. En el caso de los jugadores defensivos, la mayoría de ellos tienen un índice de eficiencia comprendido entre el 25% y el 50%. En cambio para los jugadores ofensivos el mayor porcentaje, casi del 50%, se encuentra en un intervalo de eficiencia superior, entre 0,50 y 0,75. Esto viene explicado por la preferencia de los

entrenadores ante las jugadas ofensivas ante las defensivas tratando de perfeccionar las primeras frente a las segundas.

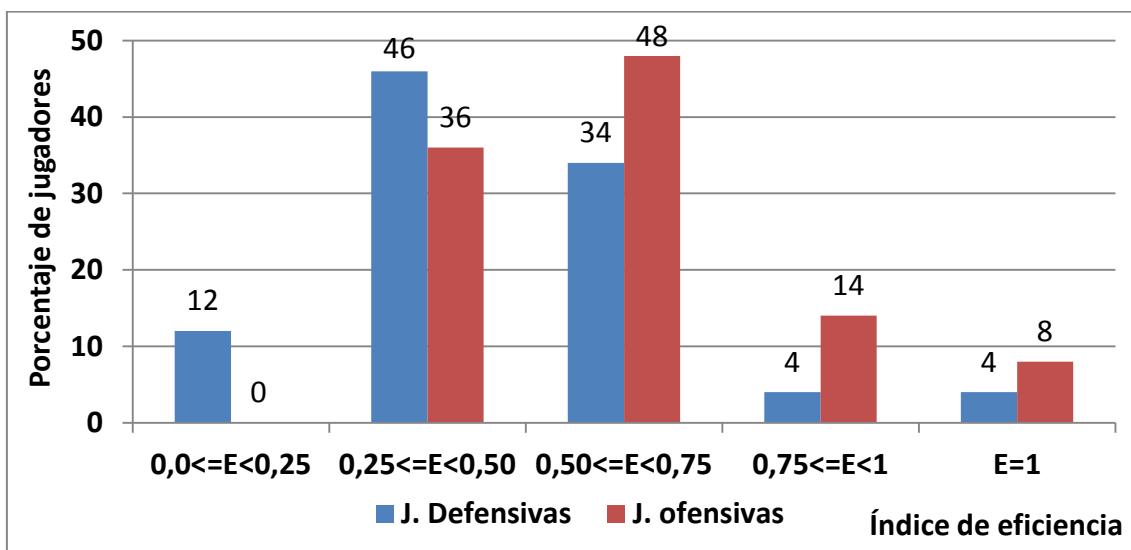


Figura 7: Distribución de eficiencia para jugadores defensivos y ofensivos de la Superliga Masculina de voleibol 2013/14.

Fuente: Elaboración propia.

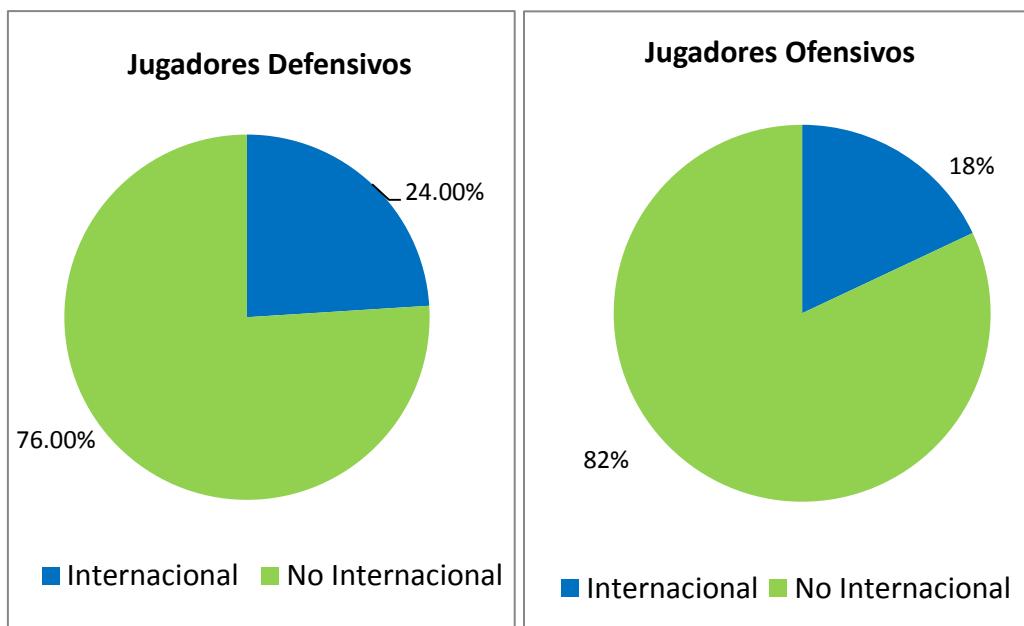


Figura 8: Porcentaje de jugadores internacionales y no internacionales según su posición.

Fuente: Elaboración propia.

Otro de los objetivos planteados en la investigación es evaluar si los jugadores internacionales son más eficientes que los no internacionales. Para ello, se ha agrupado cada una de las dos muestras, jugadores defensivos y jugadores ofensivos, en dos grupos, jugadores internacionales y no internacionales. La figura 8 muestra que

en el caso de los jugadores defensivos, el 24% son internacionales mientras que sólo el 18% de los jugadores ofensivos son internacionales.

La tabla 9 muestra la eficiencia media y la desviación típica de los jugadores internacionales y no internacionales tanto de los jugadores defensivos como ofensivos.

	<b>Jugadores Defensivos</b>		<b>Jugadores Ofensivos</b>	
	Media	Des. Tip.	Media	Des. Tip.
<b>Internacionales</b>	0,5118	0,1318	0,7719	0,1846
<b>No internacionales</b>	0,4438	0,2463	0,6991	0,1722

Tabla 9: Resultados de eficiencia para jugadores defensivos y ofensivos de la Superliga Masculina de voleibol 2013/14 según internacionalidad o no.

Fuente: Elaboración propia.

A priori podría pensarse que los jugadores internacionales son más eficientes que los no internacionales ya que su eficiencia media es superior. No obstante, para confirmar dicha hipótesis se plantea el test no paramétrico de Mann – Whitney puesto que solamente tenemos dos grupos, jugadores internacionales y jugadores no internacionales. La hipótesis nula a contrastar es que la eficiencia de los jugadores internacionales y la de los no internacionales es estadísticamente diferente.

En el caso de los jugadores defensivos se obtiene un p-valor de 0,214 mientras que en el de los ofensivos es de 0,220, es decir, en ambos casos, el p-valor es superior al nivel de confianza establecido, 5%. Por ello, se rechaza la hipótesis nula, asegurando que las diferencias en los índices de eficiencia entre jugadores internacionales y no internacionales no son estadísticamente significativas.

El último análisis planteado para los jugadores de Superliga Masculina estudiados es la evaluación de su eficiencia por posiciones en el campo. Para ello, se han agrupado a los jugadores defensivos en líbero y receptor y a los jugadores ofensivos en central, opuesto y atacante.

Los resultados medios de eficiencia y desviaciones típicas para cada uno de los grupos se muestran en la tabla 10. Para poder afirmar que los líberos son más eficientes que los receptores en las posiciones defensivas y que los centrales son más eficientes que

los opuestos y los atacantes en las posiciones ofensivas se plantea un contraste de hipótesis haciendo uso de los test no paramétricos.

	Posiciones Defensivas		Posiciones Ofensivas		
	Receptor	Líbero	Central	Opuesto	Atacante
<b>Media</b>	0,4344	0,5599	0,7765	0,7211	0,6679
<b>Des. Tip.</b>	0,2234	0,1952	0,1605	0,1506	0,1821

Tabla 10: Resumen de evaluación de eficiencia jugadores Superliga Masculina voleibol 2013/14 según posiciones en el campo.

Fuente: Elaboración propia.

Para las posiciones defensivas se plantea el test no paramétrico de Mann-Whitney puesto que sólo tenemos dos grupos, líberos y receptores, en cambio para los jugadores ofensivos se plantea el test de Kruskal-Wallis debido a que tenemos tres grupos, central, opuesto y atacante. La hipótesis nula a contrastar es que la eficiencia de los jugadores que ocupan distintas posiciones es estadísticamente diferente.

En el caso de los jugadores defensivos el p-valor obtenido es de 0,010, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula. En otras palabras, confirmar con un 95% de significación que la eficiencia de los líberos es mayor que la de los receptores. En el caso de los jugadores ofensivos, el p-valor es de 0,117. Así, en este caso, se rechaza la hipótesis nula concluyendo que las diferencias de eficiencia entre centrales, opuestos y atacantes no son estadísticamente significativas.

### 5.3 Evaluación de la eficiencia de las jugadoras femeninas de la Superliga de voleibol:

Los resultados de la evaluación de eficiencia para las 100 jugadoras analizadas se muestran en el anexo 3. En la Tabla 11 se recogen dichos resultados de una forma más resumida para las jugadoras defensivas y ofensivas.

	Jugadoras Defensivas	Jugadoras Ofensivas
<b>Media</b>	0,4472	0,6716
<b>Des. Tip.</b>	0,1798	0,1831
<b>% Eficientes</b>	4,00%	8,00%

Tabla 11: Resumen resultados análisis de eficiencia jugadoras Superliga Masculina de Voleibol 2013/14.

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la Superliga Femenina sucede como en la Masculina, la eficiencia media de los jugadores ofensivos es muy superior a la de los jugadores defensivos y el porcentaje de jugadoras eficientes ofensivas es el doble al porcentaje de jugadoras eficientes defensivas.

La distribución de los índices de eficiencia en las jugadoras de la Superliga Femenina es muy similar a la de la Superliga masculina. Así, casi la mitad de las jugadoras defensivas tienen una eficiencia comprendida entre el 0,25 y el 0,50. En cambio, para las posiciones ofensivas más de la mitad de las jugadoras evaluadas presentan una eficiencia entre el 0,50 y 0,75.

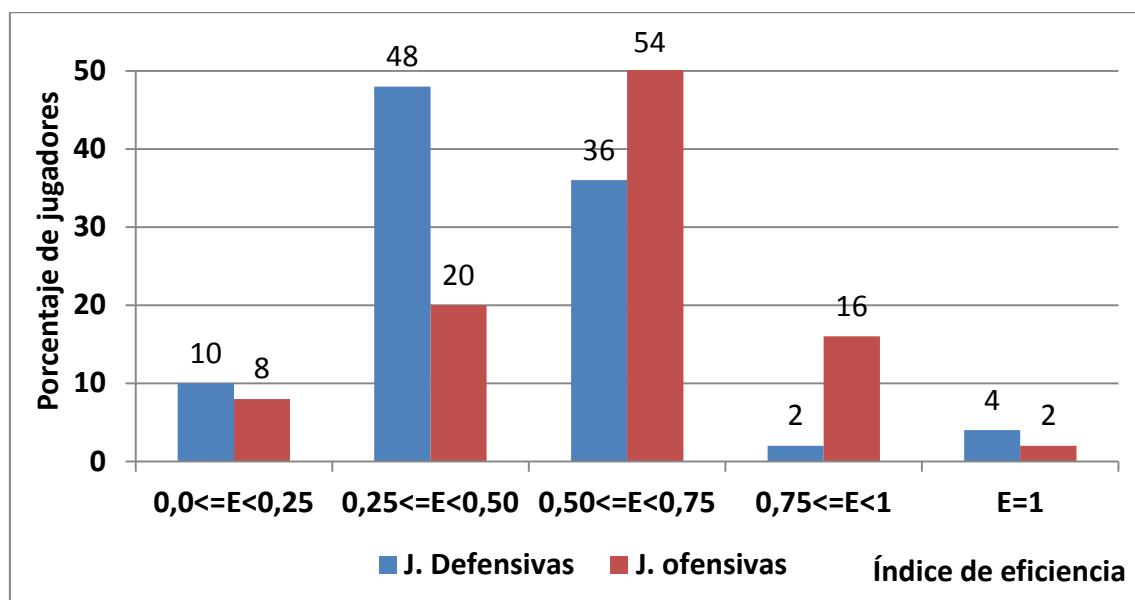


Figura 9: Distribución de eficiencia para jugadores defensivos y ofensivos de la Superliga Masculina de voleibol 2013/14.  
Fuente: Elaboración propia.

Con el objetivo de verificar si las jugadoras internacionales son más eficientes que las no internacionales, se han agrupado las muestras de las jugadoras defensivas y ofensivas y se ha realizado un análisis estadístico da las mismas. La Figura 10 muestra que el 40% de las jugadoras defensivas analizadas son internacionales mientras que en el caso de las ofensivas dicho porcentaje se reduce al 32%.

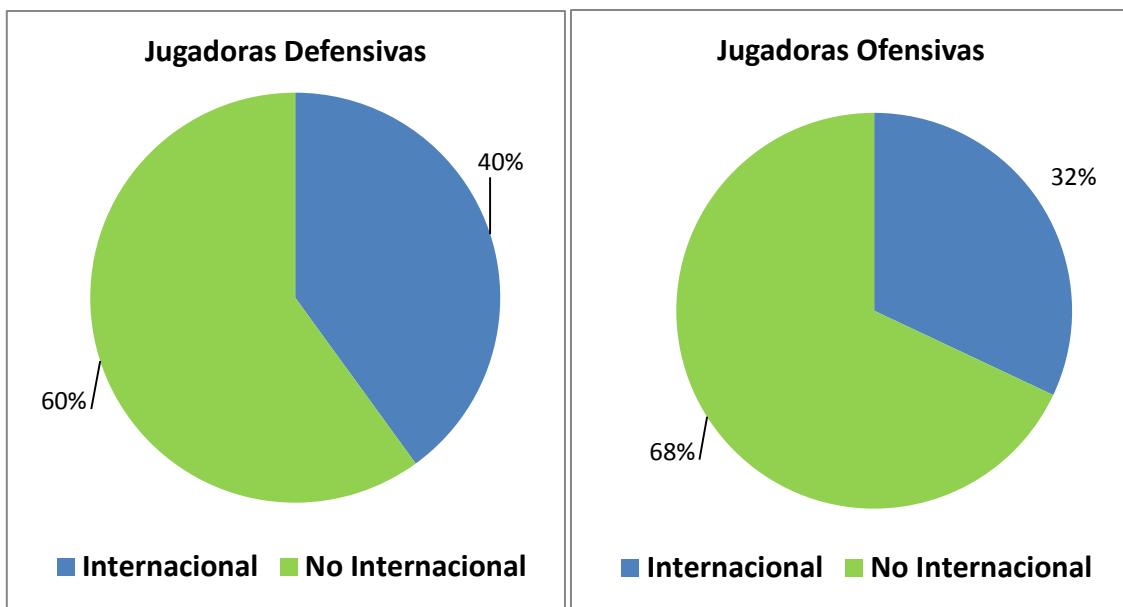


Figura 10: Porcentaje de jugadoras internacionales y no internacionales según su posición.

Fuente: Elaboración propia.

	Jugadoras Defensivas		Jugadoras Ofensivas	
	Media	Des. Tip.	Media	Des. Tip.
Internacionales	0,5550	0,1408	0,6800	0,0990
No internacionales	0,4633	0,1877	0,6671	0,2185

Tabla 12: Resumen resultados análisis de eficiencia jugadoras Superliga Masculina de Voleibol 2013/14.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 12 muestra que tanto para las jugadoras defensivas como ofensivas, la eficiencia media de las jugadoras internacionales es superior a la de las no internacionales. Para confirmar si dichas diferencias son estadísticamente significativas se realiza un contraste de hipótesis haciendo uso del test no paramétrico de Mann-Whitney. Al igual que en el caso de la Superliga masculina, la hipótesis nula a contrastar es que la eficiencia de las jugadoras internacionales y la de las no internacionales es estadísticamente diferente.

En el caso de las jugadoras defensivas, el p-valor obtenido es de 0,062 mientras que en el de las ofensivas es de 0,493. Por lo tanto, en ambos casos las diferencias de eficiencia entre jugadoras internacionales y no internacionales no son significativas al 95%. No obstante, en el caso de las jugadoras defensivas, se podría rechazar la hipótesis nula con el 90% de significación.

Por último, se analiza a las jugadoras según la posición que ocupan, líbero, receptor (defensivas), central, opuesto o atacante (ofensivas), para evaluar si las jugadoras de una determinada posición son más eficientes que las otras. Los resultados medios de eficiencia para cada una de las posiciones se muestran en la tabla 13.

	Posiciones Defensivas		Posiciones Ofensivas		
	<i>Receptor</i>	<i>Líbero</i>	<i>Central</i>	<i>Opuesto</i>	<i>Atacante</i>
<b>Media</b>	0,4472	0,6418	0,6968	0,5878	0,6705
<b>Des. Tip.</b>	0,1798	0,1463	0,1619	0,2166	0,1853

Tabla 13: Resumen de evaluación de eficiencia jugadoras Superliga Femenina voleibol 2013/14 según posiciones en el campo.

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de las posiciones defensivas, la eficiencia media de las jugadoras líbero es superior a la de receptor. Para las posiciones ofensivas, las centrales son las jugadoras con mayor eficiencia mientras que las opuesto son las que presentan menor eficiencia. Para comprobar si dichas diferencias de eficiencia son estadísticamente significativas, al igual que para la Superliga masculina, se plantean los tests no paramétricos de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis con un nivel de confianza del 95%. La hipótesis nula a contrastar es que la eficiencia de los jugadores que ocupan distintas posiciones es estadísticamente diferente.

En el caso de las posiciones defensivas, el p-valor del test de Mann-Whitney es de 0,001. Por lo tanto, con un nivel de significación del 95% se puede concluir que las diferencias en los índices de eficiencia son estadísticamente significativas. Esto implica que las jugadoras líberos son más eficientes en defensa que las jugadoras receptoras.

En el caso de las posiciones ofensivas, el p-valor del test de Kruskal-Wallis es de 0,627. Por lo tanto, en este caso las diferencias de eficiencia entre las tres posiciones analizadas no son estadísticamente significativas al 95%.

## 6. **CONCLUSIONES:**

En el ámbito de la economía del deporte, la eficiencia, entendida como la relación entre input y outputs, ha sido evaluada fundamentalmente para deportes como fútbol, baloncesto, tenis y béisbol. Debido a la importancia que están adquiriendo otros

deportes, concretamente el voleibol y por la ausencia de trabajos previos, el objetivo general de este trabajo es evaluar la eficiencia en tanto de los equipos como de los jugadores de voleibol haciendo uso de la metodología DEA.

En relación a los equipos de voleibol, se ha evaluado la eficiencia tanto de los equipos masculinos y femeninos de la Superliga de voleibol, máxima competición a nivel nacional, en la temporada 2013-14. En particular, se han analizado 11 equipos masculinos y 12 equipos femeninos. En cuanto al análisis de jugadores, tanto para masculinos como femeninos, se ha diferenciado entre posiciones defensivas y ofensivas. Así, se ha evaluado la eficiencia de los 50 jugadores defensivos y 50 ofensivos, masculinos y femeninos, que han disputado mayor número de sets en la fase regular de la Superliga de voleibol.

Adicionalmente, se ha investigado si hay diferencias estadísticamente significativas en los índices de eficiencia de los jugadores internacionales y los no internacionales. Dado que dentro de las posiciones defensivas y ofensivas, los jugadores pueden ocupar diferentes posiciones específicas, también se ha analizado si la eficiencia de los jugadores acorde dichas posiciones específicas es diferente desde un punto de vista estadístico.

Para realizar dicho estudio, metodológicamente se ha utilizado un modelo tradicional DEA radial con orientación output y asumiendo que los rendimientos a escala son constantes. Es decir, se trata de un modelo DEA-CCR, en el que tanto para la evaluación de los equipos como de los jugadores, el objetivo es maximizar los outputs dados unos inputs fijos. Concretamente, en el caso de los equipos la variable output han sido los puntos obtenidos en la clasificación regular y las variables inputs escogidas han sido los puntos directos de saque, las defensas perfectas y los ataques perfectos. En la evaluación de los jugadores defensivos, se han considerado las defensas positivas como output mientras que los inputs son el resto de defensas y los sets disputados. En relación a los jugadores ofensivos, el output son los ataques positivos y los inputs son el resto de ataques y los sets disputados.

Los resultados obtenidos para los equipos de la Superliga Masculina y Femenina son muy similares. Así, la eficiencia media de los equipos masculinos es de 0,63 mientras que la de los equipos femeninos es de 0,62. Debe destacarse que para el caso masculino, dos de los once equipos evaluados son eficientes, si bien no son los equipos que han ocupado la primera y segunda posición en la fase regular de la Superliga. En el caso femenino, únicamente un equipo, el primer clasificado en la fase regular es eficiente. En este sentido, la correlación entre el índice de eficiencia y la clasificación obtenida en la fase regular, tanto para los equipos masculinos como femeninos, es alta. Ello se debe al bajo número de unidades evaluadas y a la selección de los inputs y outputs.

En cuanto a los resultados de los jugadores, se observa el mismo patrón en los jugadores masculinos que en las femeninas. Así, en ambas competiciones se observa que la media de eficiencia de los jugadores ofensivos es muy superior a la de los jugadores defensivos. Además, casi la mitad de jugadores defensivos presentan una eficiencia comprendida entre 0,25 y 0,50, mientras que para el caso de los ofensivos es superior, ya que la mitad de la muestra está comprendida entre 0,50 y 0,75.

Si bien la eficiencia media de los jugadores internacionales es ligeramente superior a la de los no internacionales, el p-valor obtenido en el test no paramétrico de Mann-Whitney no permite asegurar que dichas diferencias de eficiencia sean estadísticamente significativas al 95%. Por lo tanto, no se puede asegurar que los jugadores internacionales sean más eficientes que los no internacionales. Esto es así tanto para los jugadores masculinos como femeninos.

El contraste de hipótesis realizado tanto para los jugadores como para las jugadoras según su posición en el campo, muestra diferentes resultados para las posiciones defensivas y ofensivas. Así, dentro de las posiciones defensivas, el test de Mann-Whitney permite confirmar que los jugadores líberos son más eficientes que los receptores tanto en Superliga Masculina como Femenina. Por el contrario, dentro de las posiciones ofensivas, las diferencias de eficiencia entre centrales, opuestos y atacantes no son estadísticamente significativas.

En conclusión, en este trabajo ha sido evaluada por primera vez la eficiencia tanto de los equipos como de los jugadores de voleibol. Posteriormente, en un análisis de segunda etapa se han contrastado hipótesis relativas a las diferencias de eficiencia entre jugadores internacionales y no internacionales y entre las posiciones específicas que ocupan los jugadores.

### **BIBLIOGRAFÍA:**

- Arabzad, S.M., Ghorbani, M., Shirouyehzad, H. (2014). A new hybrid method for seed determination in sport competitions: The case of European Football Championship 2012. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 17 (3), 259-274.
- Banker, R. D. (1993). Maximum likelihood, consistency and data envelopment analysis. A statistical foundation. *Management Science*, 39 (10), 1265 – 1273.
- Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, 1078 – 1092.
- Barros, C.P., Assaf, A., Sá-Earp, F. (2010). Brazilian football league technical efficiency: A Simar and Wilson approach. *Journal of Sports Economics*, 11 (6), 641-651.
- Bonilla, M., Medal, A., Casaus, T., Sala, R. (2002). The traffic in Spanish ports: An efficiency analysis. *International Journal of Transport Economics*, 29 (2), 215-230.
- Boscá, J.E., Liern, V., Martínez, A., Sala, R. (2009). Increasing offensive or defensive efficiency? An analysis of Italian and Spanish football. *Omega*, 37 (1), 63-78.
- Caballero-Fernández, R., Gomez-Nuñez, T., Sala-Garrido, R. (2012). Analysis of the Efficiency of Spanish Soccer League Players (2009/10) Using the Metafrontier Approach. *Estudios de Economía Aplicada*, 30, 565-578.
- Cadenas, J.M., Liern, V., Sala, R., Verdegay, J.L. (2010). Fuzzy linear programming in practice: An application to the Spanish football league. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 254, 503-528.

Charnes, A. Clark, C. T. Cooper, W. W. and Golany, B. (1985).A Developmental Study of Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Maintenance Units in the U.S. Air Forces. *Annals of Operation Research*, 2, 95 – 112.

Charnes, A., Cooper, W.W., and Rhodes, E. (1978).Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429 – 444.

Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, A.Y. and Seiford, L.M. (1996). Data envelopment analysis: theory, methodology and application. Kluwer Academic Publishers, Boston.

Chen, H.-T., Chen, H.-S., Hsiao, M.-H., Tsai, W.-J., Lee, S.-Y.(2010). A trajectory-based ball tracking framework with visual enrichment for broadcast baseball videos. *Journal of Information Science and Engineering*, 24 (1), 143-157.

Cooper, W.W., Ruiz, J.L., Sirvent, I. (2009). Selecting non-zero weights to evaluate effectiveness of basketball players with DEA. *European Journal of Operational Research*, 195 (2), 563-574.

Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K. (2007). Data Envelopment Analysis. New York, Springer.

Espitia-Escuer, M., Garcí-Cebrián, L.I. (2006). Performance in sports teams results and potential in the professional soccer league in Spain. *Management Decision*, 44 (8), 1020-1030.

Farrell MJ. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society Association*, 120, 253 – 281.

García-Sánchez, I.M. (2007). Efficiency and effectiveness of Spanish football teams: A three-stage-DEA approach. *Central European Journal of Operations Research*, 15 (1), 21-45.

Koopmans, T.C. (1951). An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities" en Koopmans, T.C. (ed.): Activity Analysis of Production and Allocation,

Cowies Commission for Research in Economics, Monograph nº 13, New York: John Wiley and Sons, Inc.

Kulikova, L.I., Goshunova, A.V. (2013). Measuring efficiency of professional football club in contemporary researches. *World Applied Sciences Journal*, 25 (2), 247-257.

Medal, A., Sala, R. (2011). Efficiency analysis in the Spanish Port System: Framework, Evolution and Perspectives. Ed. Fundación Valencia Port. Valencia.

Pastor, J.T., Aparicio, J. (2010). The relevance of DEA benchmarking information and the Least-Distance Measure: Comment. *Mathematical and Computer Modelling*, 52 (1-2), 397 – 399.

Real Federación Española de Voleibol. Disponible en: <http://www.rfevb.com/>

Ribeiro, A.S., Lima, F. (2002). Portuguese football league efficiency and players' wages. *Applied Economics Letters*, 19 (6), 599-602.

Ruiz, J.L., Pastor, D., Pastor, J.T. (2013). Assessing Professional Tennis Players Using Data Envelopment Analysis (DEA). *Journal of Sports Economics*, 14 (3), 276-302.

Sala-Garrido, R., Hernández-Sancho, F., Molinos-Senante, M. (2012). Assessing the efficiency of wastewater treatment plants in an uncertain context: A DEA with tolerances approach. *Environmental Science and Policy*, 18, 34-44.

Santín, D. (2014). Measuring the technical efficiency of football legends: Who were Real Madrid's all-time most efficient players?. *International Transactions in Operational Research*, 21 (3), 439-452.

Sueyoshi, T., Goto, M. (2011). DEA approach for unified efficiency measurement: Assessment of Japanese fossil fuel power generation. *Energy Economics*, 33 (2), 292 – 303.

Tiedemann, T., Francksen, T., Latacz-Lohmann, U. (2011). Assessing the performance of German Bundesliga football players: A non-parametric metafrontier approach. *Central European Journal of Operations Research*, 19 (4), 571-587.

Tolo, M. (2013). The most efficient unit without explicit inputs: An extended MILP-DEA model. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 46 (9), 3628-3634.

Volz, B. (2009). Minority status and managerial survival in Major League Baseball. *Journal of Sports Economics*, 10 (5), 522-542.

Yang, C.-H., Lin, H.-Y., Chen, C.-P. (2014). Measuring the efficiency of NBA teams: Additive efficiency decomposition in two-stage DEA. *Annals of Operations Research*, 217 (1), 565-589.