

# Benchmarking del uso del agua y la energía en campos de golf

FERNANDO EXPÓSITO MUÑOZ

Ingeniero Agrónomo

MSc in Water Management.

Advanced Irrigation Systems

Los costes asociados al uso de agua y energía han aumentado significativamente en el sector del golf en los últimos años, ya que ambos recursos tienen un alto valor económico y medioambiental. La introducción de sistemas de riego presurizados en campos de golf ha incrementado la importancia del consumo energético particularmente en relación con la planificación y programación del calendario de riegos. Además, los recursos hídricos se han visto afectados por la incesante demanda de minimización de impactos en las abstracciones de agua del medioambiente. Un uso eficiente de estos

recursos es esencial para optimizar el mantenimiento de la superficie vegetal con el mínimo impacto, y para ello benchmarking es una herramienta que puede favorecer a conseguir este objetivo.

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El benchmarking es un proceso cíclico, que consiste en la identificación y planificación, recopilación de

datos, análisis, integración, acción, seguimiento y evaluación para identificar las diferencias de organización y desempeño de los diferentes aspectos asociados a la gestión, en este caso, de campos de golf. Con el fin de optimizar el uso del agua y la energía en el golf, hay un conjunto de indicadores de rendimiento que se pueden comparar entre sí para comprobar la eficacia en la gestión de las diferentes áreas de un campo de golf y establecer las mejores prácticas. Las técnicas de benchmarking no son nada más que la búsqueda de éstas mejores prácticas, con el fin de definir un protocolo de manejo y actuación de acuerdo a todos los factores que influyen en la gestión de campos de golf.

En este sentido, el Programa Internacional para la Investigación Tecnológica sobre el Riego y el Drenaje (IPTRID) publicó las "Directrices para la evaluación comparativa del rendimiento en el sector del riego y el drenaje" (Malano y Burton, 2001). El documento trata de explicar el concepto de benchmarking y su aplicación en la regulación de las actividades de riego y drenaje. En cuanto al benchmarking del uso de la energía, el Plan de Acción 2008-2012 para la eficiencia energética en España, considera que las regulaciones para la agricultura de regadío se centran en las comunidades de regantes, lo que puede ser perfec-



tamente aplicado a los campos de golf a través de auditorías energéticas. El "Protocolo de auditoría energética para las comunidades de regantes" (IDEA, 2008) es un protocolo diseñado para combinar el diseño de sistemas de riego con el uso adecuado de los recursos agua y energía.

De esta manera, este estudio se centra en el análisis de campos de golf en España y el Reino Unido para obtener información real sobre el uso y gestión del suministro de agua de riego y el sistema de bombeo para optimizar el

## 2008-12

### PLAN DE ACCIÓN

para la eficiencia energética en España, considera que las regulaciones para la agricultura de regadío



mantenimiento de la calidad del césped con el mínimo impacto. Los objetivos de este estudio son principalmente tres: en primer lugar, recopilar datos históricos de cuatro campos de golf diferentes en cuanto a características generales, datos climáticos para estimar las necesidades teóricas de agua, fuentes de suministro de agua, captaciones de agua de riego, volúmenes de agua que se bombea, especificaciones de la estación de bombeo y las facturas de electricidad para calcular el consumo anual de energía. En segundo lugar, desarrollar un

**ESTUDIO**  
Este estudio comparativo se centró en aplicar las técnicas de benchmarking en los campos de golf seleccionados para el año 2009

## Una de las diferencias entre España y el Reino Unido en la gestión de la energía en el golf es el tipo de facturación de energía

conjunto de indicadores de rendimiento basados en referencias fiables para medir el uso del agua y la energía en estos campos de golf. Y por último, demostrar la eficiencia de las técnicas de benchmarking, y comparar y evaluar la gestión de los diferentes campos de golf de acuerdo a los resultados de eficiencia en el uso del agua y la energía e identificar las posibles medidas correctoras para el futuro.

### METODOLOGÍA

La primera parte del estudio se centra en la selección de los campos de golf y la recogida de información. Para la recopilación de datos, un cuestionario es enviado a los greenkeepers de los diferentes campos de golf en el que se les pregunta sobre los detalles del campo de golf, las fuentes de suministro de agua, detalles de riego y drenaje y las especificaciones de la estación de bombeo. También se solicita el volumen anual de agua de riego y las facturas de electricidad relacionadas con el consumo de energía para riego en la estación de bombeo. Es importante aclarar que este estudio comparativo se centró en aplicar las técnicas de benchmarking en los campos de golf seleccionados para el año 2009. La recopilación de dicha información para cada temporada hace posible que se pueda evaluar anualmente la gestión de cada campo de golf.

Los datos históricos del clima como la precipitación y la evapotranspiración de referencia se solicitan para estimar el indicador agroclimático Potencial máximo de déficit de humedad en el suelo

(PSMD máximo) alcanzado cada año. Se supone que, al comienzo de la temporada, cada año, el PSMD inicial es 0. Ocasionalmente puede ocurrir que, debido a las tormentas o lluvias torrenciales que suelen ocurrir en cortos periodos de tiempo, el valor del PSMD sea negativo. En este caso, es corregido y asumido como 0.

Para el análisis de los datos, dado que la mayoría de los campos de golf tienen su propia estación meteorológica, se solicita que proporcionen datos históricos de ET y precipitaciones para calcular el PSMD máximo para cada año de manera más precisa. Por el contrario, para aquellos que no disponen de estas facilidades, los datos son tomados de la estación meteorológica más cercana con el fin de estimar una evolución razonable del contenido de agua en el suelo y comparar estos resultados con la demanda real de agua de riego y de suministro.

Una de las diferencias entre España y el Reino Unido en la gestión de la energía en el golf es el tipo de facturación de energía. En España, existen diferentes periodos de facturación en función de la época del año y la hora del día. Los precios son diferentes en cada uno de ellos, calculados en función de la potencia contratada y la potencia consumida, medidas en €/kW/año, el consumo de energía activa en €/kWh/año y el consumo de energía reactiva, expresado en €/kVArh/año, cuyo pago sólo se realiza por penalización en caso de

**TABLA 1**
**RESUMEN DEL CONJUNTO DE INDICADORES DESARROLLADOS PARA EL ESTUDIO DE LOS CAMPOS DE GOLF**

	Indicadores	Unidades	Campo 1	Campo 2	Campo 3	Campo 4
<b>Funcionamiento Sistemas</b>	1.1. Área total del campo de golf (ha)	ha	85	70	50	46.54
	1.2. Área total regada del campo de golf (ha)	ha	72	45	45	10.12
	1.3. Volumen anual de agua de riego recibido en el campo de golf (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	558085	395000	91695	12648
	1.4. Volumen anual de agua de riego aplicado al campo de golf (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	513438	493000	91695	12648
	1.5. Volumen anual de agua que entra al sistema (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	883734	595808	364224	68108
	1.6. Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m <sup>3</sup> /ha)	m <sup>3</sup> /ha	7751	8778	2037	1249
	1.7. Volumen de agua de riego aplicado por unidad de área regada (m <sup>3</sup> /ha)	m <sup>3</sup> /ha	7131	10956	2038	1250
	1.8. Suministro relativo de agua (RWS)		0.98	1.21	1.10	1.17
	1.9. Suministro relativo de agua de riego (RIS)		0.97	1.32	1.59	4.7
	1.10. Capacidad máxima de bombeo (l/s)	l/s	105	125	100	5.5
	1.11. O de suministro de agua		1.89	3.27	4.83	1.03
<b>Funcionamientos</b>	2.1. Coste del agua por unidad de superficie regada (€/ha)	€/ha	844	2107	98	55
	2.2. Coste del agua de riego por metro cúbico aplicado (€/m <sup>3</sup> )	€/m <sup>3</sup>	0.11	0.24	0.05	0.04
	2.3. Número total de empleados por unidad de superficie regada (nº/ha)	persons/ha	0.4	0.6	1.8	0.6
<b>Potencia</b>	3.1. Potencia anual contratada (kW)	kW	150	370	n/a	n/a
	3.2. Potencia anual consumida (kW)	kW	165.5	314.5	n/a	n/a
	3.3. Potencia máxima registrada (kW)	kW	192	160	n/a	n/a
	3.4. Rendimiento de la potencia consumida (%)	%	144	85	n/a	n/a
<b>Energía</b>	4.1. Consumo anual de energía activa (kWh)	kWh	177186	343023	28356	3857
	4.2. Consumo anual de energía reactiva (kVArh)	kVArh	53337	107290	7640	1267
	4.3. Factor de potencia del sistema		0.94	0.95	0.95	0.95
	4.4. Coste anual de electricidad (€)	€	26942	49141	2552	347
	4.5. Energía unitaria (kWh/m <sup>3</sup> )	kWh/m <sup>3</sup>	0.35	0.70	0.31	0.30
<b>Rendimiento</b>	5.1. Potencia anual contratada por superficie total del campo de golf. (kW/ha)	kW/ha	1.76	5.29	n/a	n/a
	5.2. Potencia anual consumida por superficie regada (kW/ha)	kW/ha	2.31	6.99	n/a	n/a
	5.3. Energía anual consumida por superficie regada (kWh/ha)	kWh/ha	2461	7623	630	381
	5.4. Energía anual consumida por volumen de agua recibido en el campo de golf (kWh/m <sup>3</sup> )	kWh/m <sup>3</sup>	0.32	0.87	0.31	0.30
	5.5. Coste energético por superficie regada (€/ha)	€/ha	374.2	1092	56.7	34.3
	5.6. Coste energético por área total (€/ha)	€/ha	317	702	51	7.5
	5.7. Coste energético por m <sup>3</sup> de agua que entra al sistema (€/m <sup>3</sup> )	€/m <sup>3</sup>	0.05	0.15	0.03	0.03
<b>Eficiencia</b>	6.1. IDE: Tasa de Dependencia Energética (%)	%	58	83	25	19
	6.2. ICE: Índice de Carga Energética (m)	m	75	90	82.7	82
	6.3. PEE: Eficiencia Energética de los Bombeos (%)	%	59	35	73	73





de bombeo; la energía anual consumida por unidad de agua recibida en el campo de golf ( $\text{kWh}/\text{m}^3$ ), que nos indica la energía unitaria requerida de acuerdo con el volumen total de agua recibida para el riego; la tasa de dependencia energética (IDE), para estimar el uso del sistema de riego a presión para desarrollar la programación del riego y la eficiencia energética del bombeo (PEE), que evalúa el rendimiento de la estación de bombeo de acuerdo a la carga de presión de funcionamiento y el volumen de agua bombeado.

A cada campo de golf que se le ha asignado un nombre estándar: los campos de golf españoles son el 1 y 2, mientras que los ingleses son el 3 y 4, a fin de no revelar información confidencial acerca de cada campo y respetar la política de privacidad de cada club de golf.

La tabla 1 muestra el estudio comparativo entre los cuatro campos de golf.

En cuanto a los indicadores más representativos, la diferencia más significativa es el volumen total de agua aplicada entre los campos 2 y 3 a pesar de tener la misma superficie regada. Las condiciones climáticas, junto con las estrategias de riego son las responsables de esta diferencia. El suministro de agua de riego anual por superficie regada varía entre  $1249 \text{ m}^3/\text{ha}$  y  $10955 \text{ m}^3/\text{ha}$ , valores que son elevados en muchos casos, en comparación con muchos cultivos agrícolas. Además, los costes de suministro de agua varían considerablemente según las fuentes, ya que el agua depurada que utiliza el campo de golf 2 es más cara que la de una comunidad de regantes o el uso de aguas subterráneas. El consumo anual de energía depende de la tasa de dependencia energética del campo de golf. El consumo de energía normalmente se estima en  $2 \text{ kW}/\text{ha}$  para la agricultura, mientras que el campo de golf 2 necesita casi  $7 \text{ kW}/\text{ha}$ . Una justificación

un exceso en el consumo. La facturación energética de los campos de golf ingleses es totalmente diferente, ya que no existen períodos tarifarios y no se fijan los precios por kW y kWh para calcular el coste anual de potencia y energía para los campos de golf.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, para garantizar la uniformidad en la comparación de los resultados, cada campo de golf se analiza por separado en función de sus características funcionales, observando la evolución de las condiciones climáticas del campo y un estudio histórico de la gestión del agua de riego y el uso de energía. Una vez conocidas las variables técnicas necesarias para calcular los indicadores de benchmarking, éstos se calculan de acuerdo con el protocolo definido.

Los registros históricos climáticos son muy importantes para

identificar una buena gestión del riego. Parámetros como las precipitaciones, la temperatura media y la evapotranspiración de referencia deben ser registrados diariamente en cada campo, por lo que resalta la importancia de contar con una estación meteorológica propia en cada campo de golf. En términos de indicadores de rendimiento, conforme a la lista de indicadores proporcionados en este estudio (Tabla 1), los indicadores más representativos para evaluar la gestión de los campos son: el suministro de agua de riego anual por superficie regada ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ), con el fin de compararlo con el de los cultivos agrícolas de regadío; los indicadores RWS y RIS, que evalúan la eficiencia en la programación y aplicación del riego; la potencia anual contratada por el área total del campo ( $\text{kW}/\text{ha}$ ), puesto que este indicador da una idea de la presión requerida en la estación

## CONSUMO

El consumo de energía normalmente se estima en  $2 \text{ kW}/\text{ha}$  para la agricultura, mientras que el campo de golf necesita casi  $7 \text{ kW}/\text{ha}$

**TABLA 2**

**IMPLICACIÓN DE LOS COSTES ENERGÉTICOS EN LOS COSTES MOM TOTALES EN LOS CAMPOS DE GOLF**

	Costes totales MOM (Mantenimiento, Operación y Gestión) por volumen de agua aplicado (€/m <sup>3</sup> )	Coste de energía por volumen de agua aplicado (€/m <sup>3</sup> )	Ratio de Energía en los costes totales MOM (%)
<b>Campo 1</b>	0.11	0.05	44
<b>Campo 2</b>	0.24	0.12	52
<b>Campo 3</b>	0.05	0.03	58
<b>Campo 4</b>	0.04	0.03	62

podría ser la necesidad de regar todo el campo durante la noche, lo que requiere una alta capacidad de bombeo para desarrollar la programación en un corto período de tiempo. Como consecuencia de ello, la eficiencia energética del bombeo indica el grado de eficiencia de la programación del sistema de riego de acuerdo a las necesidades hídricas del césped.

Por otra parte, la importancia de la energía en el total de los costes de gestión, operación y mantenimiento (MOM) se muestran en la **Tabla 2**, donde el precio del agua en función de la fuente de suministro influye en los costes de MOM totales.

**CONCLUSIONES**

Se demuestra así la importancia de una buena programación del riego en la gestión de las diferentes variedades de césped de un campo de golf, ayudando a producir y mantener una superficie de juego óptima y de gran calidad. Los resultados muestran grandes volúmenes de agua de riego aplicados con valores elevados del RIS que indican un exceso en el suministro de agua y un riego excesivo. Sin embargo, el consumo de energía destaca como el recurso más importante en el golf y se hace hincapié en la importancia de diseñar una estación de bombeo óptima de acuerdo a las

**IRIEGO**  
**La eficiencia energética del bombeo indica el grado de eficiencia de la programación del sistema de riego de acuerdo a las necesidades hídricas del césped**

necesidades de riego del campo para garantizar un ahorro energético que puede ser significativo en los costes totales de MOM. Sin embargo, la sostenibilidad de este deporte es esencial ya que este entorno natural es un negocio que supone un importante generador de empleo local y desarrollo rural, contribuyendo significativamente a las economías locales.

Comparando la situación entre España y el Reino Unido, mientras que los campos de golf españoles estudiados toman el agua de las comunidades de regantes y las plantas de tratamiento de aguas residuales, en el Reino Unido son las abstracciones de los ríos y aguas subterráneas, junto con el uso de los suministros públicos de la red principal, mostrando una diferencia de precio por metro cúbico de entre 0,06 €/m<sup>3</sup> para las licencias de abstracción y 0,24 €/m<sup>3</sup> para las aguas residuales tratadas. En cuanto al uso de la energía, la tasa de dependencia energética anual en los campos de golf Españoles es superior al 50% con unos requisitos de energía anuales ocho veces superiores a los de los campos Británicos.

En definitiva, este estudio demuestra la importancia de las técnicas de benchmarking como un instrumento clave para garantizar un uso eficiente de los recursos hídricos y la energía en el golf. ■

**BIBLIOGRAFÍA**

- **Abadía R., Rocamora C., Ruiz-Canales A. 2008.** *Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes.* Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Spain.
- **Allen, R.G. et al. 1998.** *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.* FAO Irrigation and Drainage paper 56. Rome. Italy
- **Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2005.** *Ahorro y eficiencia energética en la agricultura de regadío.* Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Spain.
- **Malano, H. and Burton, M. 2001.** *Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector.* International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage (IPTRID). Secretariat FAO. Roma. Italia.
- **Rodríguez-Díaz, J.A., Weatherhead, E.K., García Morillo, J., and Knox, J.W. 2010.** *Benchmarking irrigation water use in golf courses – a case study in Spain.* Irrigation and Drainage (in press).