



tanto, la mayoría del estudio se centró en los primeros 2-3 años tras la construcción, por lo que los efectos a largo plazo están aún por estudiar. La mayoría de las enmiendas inorgánicas analizadas son usadas en la renovación de greens o en programas de “pinchado y relleno”. Por tanto, el objetivo del presente proyecto es examinar el impacto de las enmiendas inorgánicas comunes sobre greens de Bermuda cuando las enmiendas eran incorporadas como parte de programas de renovación de greens mediante pinchado y relleno.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio ha sido un green de prácticas en el Country Club Saugahatchee en Opelika (Alabama), el cual fue construido originalmente como un Green “push-up” con Bermuda Tifdwarf en el año 2002. Dicho Green nunca ha sido renovado siguiendo las recomendaciones USGA sufriendo de una pobre infiltración.

El superintendente fue responsable de todas las aplicaciones fitosanitarias y de fertilizante, recogiendo todos los elementos aplicados. El green fue sembrado con ryegrass perenne cada otoño (septiembre) realizando una

**Tabla 1. Enmiendas incorporadas mediante el proceso “agujerear y rellenar” en un green con Bermuda híbrida Tifdwarf.**

Tratamiento nº	Tratamientos	
	Enmienda	% enmienda/arena (por volumen)
1	Arena	0/100
2	Profile	50/50
3	Profile	25/75
4	Clinolite	50/50
5	Clinolite	25/75
6	Axis	50/50
7	Axis	25/75
8	Nada	



Un método de agujerear-y-rellenar fue usado para incorporar las enmiendas en el green

transición natural de vuelta a la Bermuda cada primavera.

## TRATAMIENTOS

El 28 de junio de 2004, el 30 de junio de 2005 y el 13 de junio de 2006, se realizaron ocho tratamientos en el Green de prácticas de Country Club Saugahatchee (tabla 1). Los tratamientos incluyen Profile, una cerámica porosa

proveniente de la arcilla ilita (CIC: 13 centímoles de carga (cmolc)/kilogramo); Clinolite, una zeolita clinoptilolita (CIC: 58 cmolc/kilogramo); y Axis, tierra diatomácea (CIC: 6cmolc/kilogramo). Los mismos tratamientos fueron aplicados a las mismas parcelas durante un periodo de tres años.

Las enmiendas fueron aplicadas usando una pinchadora-inyectora

El objetivo es examinar el impacto de las enmiendas inorgánicas comunes cuando las enmiendas eran incorporadas como parte de programas de renovación de greens mediante pinchado y relleno

**Tabla 2. Fósforo extraíble del suelo, potasio, calcio y magnesio, y pH de suelo tras diez meses después de la incorporación de enmiendas (abril 2007).**

Características del análisis de suelo					
	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	pH
<b>Tratamiento</b>	<b>Libras/acre</b>				
Arena	70a	50c	602ab	68 a	6.0 a
Profile (50%)	77a	70bc	623ab	77 a	5.9 a
Profile(25%)	70a	60bc	613ab	71 a	6.0 a
Clinolite(50%)	76a	100a	774a	77 a	6.1 a
Clinolite(25%)	80a	118a	628ab	76 a	6.1 a
Axis(50%)	74a	56c	545b	63a	5.8 a
Axis(25%)	77a	62bc	593ab	68a	5.9 a
Nada	79a	70bc	714ab	81a	6.0 a

Dentro de cada característica del análisis de suelo (columna), las diferencias mostradas con la misma letra no son diferentes significativamente

**Tabla 3. Densidad-longitud radicular (en pies y metros) de la Bermuda híbrida Tifdwarf en marzo, junio y septiembre de 2006**

Tratamiento	Marzo 2006		Junio 2006		Septiembre 2006	
	Pies	Metros	Pies	Metros	Pies	metros
Arena	21.0 cd	6.4 cd	15.1 ab	4.6 ab	13.5 a	4.1 a
Profile(50%)	33.1 ab	10.1 ab	19.7 ab	6.0 ab	10.5 a	3.2 a
Profile(25%)	24.6 bcd	7.5 bcd	13.1 b	4.0 b	13.1 a	4.0 a
Clinolite(50%)	18.4 d	5.6 d	25.3 a	7.7 a	15.1 a	4.6 a
Clinolite(25%)	24.6 bcd	7.5 bcd	17.7 ab	5.4 ab	12.1 a	3.7 a
Axis(50%)	28.2 bc	8.6 bc	22.6 ab	6.9 ab	11.8 a	3.6 a
Axis(25%)	37.7 a	11.5 a	19.7 ab	6.0 ab	9.8 b	3.0 b
Nada	26.6 bcd	8.1 bcd	16.4 ab	5.0 ab	9.8 b	3.0 b

Dentro de cada fecha de muestreo (columna), las diferencias mostradas con la misma letra no son diferentes significativamente

comercial, realizando agujeros de 7/8 de pulgada (2,2 centímetros) de diámetro [aproximadamente 6 pulgadas (15,2 centímetros) de profundidad] sobre el Green de Bermuda Tifdwarf. El suelo fue resultante fue retirado, y diferentes mezclas de enmiendas fueron incorporadas en los agujeros.

El tratamiento 1 (tabla 1) fue un pinchado con los agujeros rellenos al 100% por arena. Los tratamientos del 2 al 7, el volumen restante del material de relleno consistía en arena. Por ejemplo, el tratamiento 2 el material de relleno

consistía en un 25% del volumen con Profile y por tanto un 75% de arena. El tratamiento 8, el de control, no recibía nada, no se hicieron agujeros ni se aplicó enmienda.

La arena fue comprada de arenas Red Bay en Florida y cumplía todas las recomendaciones USGA. La arena fue apilada y usada en los tres años de estudio.

#### Recolección de datos

A lo largo de los tres años de estudio, los datos recogidos incluyeron: toma de muestras trimestral de suelo

de 0-3 pulgadas (0-7,62 cm.) de profundidad, analizadas para conocer el fósforo disponible para la planta, potasio, calcio, magnesio y pH del suelo; dos veces al año se hacía una evaluación de densidad (incluyendo la densidad de la resiembra); una vez al año una evaluación de la profundidad radicular; dos veces al año se tomaban lecturas con un medidor de infiltración de doble anillo; y una vez al año una determinación en laboratorio de la conductividad hidráulica saturada (sólo los años 2004 y 2005)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados del test de suelo

En el primer año de trabajo, existieron pequeñas diferencias en el nivel de nutrientes atribuible al volumen o tipo de enmienda. Tras dos años de incorporación de enmiendas (las enmiendas se incorporaron en junio de 2004 y 2005), existieron diferencias en el nivel de nutrientes en suelo como resultado de las enmiendas. La tabla 2 muestra diferencias en el fósforo extraíble, potasio, calcio, magnesio y pH influido por el volumen y tipo de enmienda tras el tercer año de incorporación. El fósforo y magnesio analizado en suelo y el pH del suelo no se vieron afectados por la enmienda (este fue el caso en todos los análisis de suelo durante todos los años), indicando que el programa de fertilización llevado a cabo por el superintendente era lo suficientemente frecuente y abundante como para cubrir las recomendaciones nutricionales para dichos nutrientes.

### Potasio

El nutriente más afectado por la incorporación de varias enmiendas fue el potasio, especialmente las parcelas rellenas con cualquier cantidad de Clinolite, que retuvieron de manera significativa mayor cantidad de potasio que cualquier otro tratamiento. Este efecto fue observado primeramente en el segundo año de estudio, cuando las parcelas enmendadas con Clinolite mostraron un mayor contenido de

Clinolite incrementó la retención de potasio en el green en el segundo y tercer año de estudio

**Tabla 4. Recolección de datos de infiltración del doble anillo el 30 de agosto de 2005, dos meses después de la segunda aplicación de enmiendas**

Datos de infiltración del doble anillo, 2005	
Tratamiento	Pulgadas/horaH
Arena	3.0 a
Profile (50%)	2.4 a
Profile (25%)	2.8 a
Clinolite 50%)	2.2 a
Clinolite(25%)	3.4 a
Axis (50%)	3.4 a
Axis (25%)	2.2. a
Nada	3.4 a

raramente se vio afectada por los diferentes tratamientos de las enmiendas. En noviembre de 2005, todas las parcelas que habían sido aireadas mediante pinchado presentaban un mayor número de tallos (densidad) que las parcelas control que no habían sido aireadas. Por tanto el incremento de la densidad no tiene relación con las enmiendas, sino que está relacionado con los beneficios asociados a la aireación de un green.

En dos fechas de toma de datos, una en septiembre de 2006 y

incorporación de enmiendas), no se apreciaron diferencias significativas en la densidad del Ryegrass. En marzo de 2006, la parcelas con Clinolite (50%), contenían de manera significativa más Ryegrass que la parcela control sin tratamiento y que las parcelas con Profile (50% o 25%). Sin embargo, en enero de 2007, las parcelas con Clinolite (50%) y Profile (25%) obtuvieron una mayor densidad de Ryegrass que las parcelas con Axis (50% y 25%), sólo arena y control. En abril de 2007, tales diferencias desaparecieron, con diferencias no significativas en la población de Ryegrass resultante de los tratamientos.

**Tabla 5. Determinación en laboratorio de la conductividad hidráulica saturada afectada por las enmiendas. Los cilindros de suelo fueron recogidos tras la primera incorporación de enmiendas (septiembre 2004) y la segunda incorporación de enmiendas (noviembre 2005 y marzo 2006)**

Tratamiento	Conductividad hidráulica saturada (pulgadas / hora)		
	Septiembre 2004	Noviembre 2005	Marzo 2006
Arena	16 a	18 ab	10 ab
Profile (50%)	13 a	14 ab	11 ab
Profile (25%)	11 a	11 b	7 ab
Clinolite (50%)	12 a	23 ab	12 ab
Clinolite (25%)	14 a	12 b	14 a
Axis (50%)	14 a	24 a	13 ab
Axis (25%)	10 a	15 ab	6 b
Nada	11 a	14 ab	8 ab

Dentro de cada fecha de muestreo (columna), las diferencias mostradas con la misma letra no son diferentes significativamente

### Longitud radicular

Los datos de longitud radicular también fueron altamente variables de muestreo en muestreo. La tabla 3 muestra datos de muestras de longitud radicular de 2006, con datos de marzo de 2006 previos a la tercera incorporación de enmiendas, datos de junio recogidos dos semanas después de la tercera incorporación, y datos recogidos en septiembre, cuatro meses después a la tercera incorporación. En marzo de 2006, sólo los tratamientos con Axis (25%) mostraron un mayor crecimiento radicular con respecto a las parcelas con arena y control. En junio de 2006, el mayor crecimiento radicular de la Bermuda se obtuvo en la parcela con Clinolite (50%), que no fue significativamente mejor que la longitud radicular de las parcelas control. En septiembre de 2006, la incorporación de cualquier enmienda (excepto Axis 25%) mejoró la longitud radicular de la Bermuda comparándolo con la parcela control sin airear.

### Color del césped y calidad/respuesta de la planta

El color de la Bermuda y la calidad fueron evaluados mensualmente en una escala del 1 al 9, donde el 1 era completamente marrón o el césped

potasio que cualquier otra parcela. La tabla 2 muestra que el valor medio del contenido de potasio extraíble en las parcelas de Clinolite fue 109 libras de potasio/ acre. Significativamente mayor que en cualquier otro tratamiento. De las enmiendas incorporadas, Clinolite presentaba la mayor capacidad de intercambio catiónico, y por tanto debería ser capaz de retener cationes como el potasio mejor que cualquier otro tratamiento.

### VARIABLES DE LA PLANTA

#### Densidad

A lo largo del transcurso del estudio, la densidad de Bermuda y Ryegrass

### NO AFECTA

La infiltración in situ (doble anillo) no se vio afectada por las enmiendas y fue baja para ese green en particular.

otra en abril de 2007, las parcelas con Profile (50%) obtuvieron una mayor densidad que otras parcelas con otros tratamientos. La densidad no se vio afectada por las enmiendas en cualquier otra fecha (noviembre, marzo, junio o enero de cualquier año). Debido a que se tomaron datos de densidad a final de otoño e invierno, también se midieron los valores de densidad del Ryegrass reseñado. Las enmiendas causaron algunas diferencias de densidad en el Ryegrass, pero no se apreció una tendencia diferencial consistente a lo largo de los tres años de muestreo. Por ejemplo, en noviembre de 2005 (tras un año de

## Tras tres años de incorporación de enmiendas acumulativas, no se apreció una mejora sustancial en la infiltración, capacidad de retención de nutrientes, o cualidades del césped (densidad, masa radicular)

estaba muerto y 9 es un césped verde oscuro o exuberante. También se evaluó la salida de la latencia primaveral (en una escala del 1 al 9) y la retención de color durante el otoño. Ninguna medida mensual, ya sea color o calidad, se vio afectada por los tratamientos (los resultados no se muestran). De manera adicional, ni la salida de la latencia ni la retención de color otoñal se vieron afectadas por los tratamientos.

### DATOS DE INFILTRACIÓN

Se recogieron dos tipos diferentes de datos de infiltración. El primer tipo – medidas de infiltración con doble anillo- se recogieron en campo (in situ). Para recoger estos datos, se insertaron dos anillos en el green, uno con un diámetro exterior de 12 pulgadas (30,5 centímetros) y un diámetro interior de 6 pulgadas (15,2 centímetros). Se rellenó el anillo interior y exterior con agua, y el aporte se realizó hasta obtener un nivel constante. Se midió entonces la bajada de altura en un periodo determinado, obteniendo una valoración de la tasa de infiltración del green. Este tipo de colección de datos es tediosa, rigurosa y susceptible a variación, pero ayuda a obtener valores de infiltración de la “vida real”.

El segundo tipo de valores de infiltración recogidos fue la conductividad hidráulica saturada (Ksat). Para recoger estos datos, se trasladaron al laboratorio los cilindros de suelo obtenidos del pinchado del green, donde se determinó la tasa de movimiento de agua a través del

cilindro de suelo saturado. Se tomaron los valores de Ksat en los dos primeros años de estudio, pero no en el tercero.

La tabla 4 muestra un ejemplo del tipo de datos de infiltración recogidos del experimento con el doble anillo. A lo largo de los tres años de recolección de datos, no se apreció un incremento importante en la tasa de infiltración de este green como resultado de la incorporación de enmiendas, y la tasa de infiltración no se incrementó debido, bien a la aireación o la incorporación de enmiendas. Como se muestra en los datos, la infiltración raramente se incrementó por encima de 3,5 pulgadas (8,9 centímetros) por hora, un valor relativamente bajo de entrada de agua en un green.

Los datos de la tabla 5 indican que los cilindros de suelo obtenidos tenían una conductividad hidráulica relativamente alta, con valores por debajo o justo en el límite de las recomendaciones aportadas por la USGA de 6-12 pulgadas (15,2-30,5 centímetros)/ hora. Sin embargo en tres bloques de muestras, la incorporación de enmiendas nunca mejoró la conductividad hidráulica saturada por encima de las parcelas no aireadas. Pudiera ser que las mezclas de los greens aplicadas a este green en particular eran adecuadas, y que el pobre (o inexistente) drenaje en profundidad fuera posiblemente el principal culpable detrás de las bajas tasas de infiltración de campo.

La falta de diferencias en las medidas de laboratorio y campo de



Después de que los agujeros fueran realizados y los cilindros fueran extraídos, los agujeros fueron rellenados con la mezcla de la enmienda. Aquí se muestra una mezcla de 25% de Profile y 75% de arena (por volumen).

### MANEJO No hay que olvidar los principios básicos- aireación, verticut, recebo y manejo del colchón

los tratamientos no fueron sorprendentes. Tales datos son altamente variables, especialmente debido al proceso aleatorio de extracción de suelo donde se incorporaban las enmiendas. Por tanto, la cantidad actual de enmiendas en cada hueco podría variar, y las medidas por tanto ser también altamente variables. La replicación e intenso muestreo por parcela (se tomaron dos cilindros por parcela) son siempre usados para limitar la variabilidad, pero los datos de infiltración siguen siendo susceptibles a una gran variabilidad (4.8)

### ALGUNAS CONCLUSIONES

- ◉ Clinolite incrementó la retención de potasio en el green en el segundo y tercer año de estudio.
- ◉ La densidad del Ryegrass fue en algunas ocasiones mayor cuando se estableció en parcelas con Clinolite (50%).



◉ La infiltración in situ (doble anillo) no se vio afectada por las enmiendas y fue baja para ese green en particular.

◉ Las diferencias en la conductividad hidráulica saturada (medidas en laboratorio) como de resultado de la incorporación de enmiendas nunca fueron consistentes.

◉ Tras tres años de incorporación de enmiendas acumulativas, no se apreció una mejora sustancial en la infiltración, capacidad de retención de nutrientes, o cualidades del césped (densidad, masa radicular).

◉ La calidad del césped, color, salida de la latencia primaveral y retención de color otoñal no se vieron afectadas por la incorporación de enmiendas.

◉ Aunque investigaciones previas muestran beneficios de este tipo de enmiendas cuando se usan como parte de una nueva construcción, el presente estudio examinó estas enmiendas para renovación. En

**ARENAS**  
Investigar aparte de lo que se aporta en este estudio acerca de la selección de arenas (con qué se va a mezclar la enmienda) es tan importante como la enmienda en sí

este estudio, la incorporación de enmiendas en agujeros provenientes de la aireación no mostraron beneficios, y la reconstrucción del green (con un drenaje apropiado) hubiera sido una mejor opción.

## OTRAS REFLEXIONES

◉ Considerando la capa de drenaje en profundidad –en nuestro caso, ¿el mayor problema era una mezcla de greens con características inadecuadas, o la falta de drenaje?

◉ Mantener las necesidades nutricionales. ¿Cuánto fertilizante se puede comprar por el coste de una enmienda?

◉ No hay que olvidar los principios básicos- aireación, verticut, recebo y manejo del colchón.

◉ Investigar aparte de lo que se aporta en este estudio acerca de la selección de arenas (con qué se va a mezclar la enmienda) es tan importante como la enmienda en sí.

◉ La incorporación de enmiendas será probablemente una decisión muy específica de cada lugar.

Agradecimientos al Instituto Medioambiental de Golf por proporcionar financiación para esta investigación. ■

## Conclusión

Tres años de incorporación acumulativa de enmiendas no resultaron en una mejora sustancial de la infiltración, capacidad de retención de nutrientes o características del césped (densidad, masa radicular)

La calidad del césped, color, salida de la latencia primaveral o retención de color otoñal no se vieron afectadas por la incorporación de enmiendas

En este estudio, la incorporación de enmiendas en los agujeros de la aireación no mostraron beneficios

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 ■ Bigelow, C.A., D.C. Bowman and O.K. Cassel. 2004. Physical properties of three sand size classes amended with inorganic materials or sphagnum peat moss for putting green rootzones. *Crop Science* 44:900-907.
- 2 ■ Bigelow, C.A., D.C. Bowman, O.K. Cassel and I.W. Rufty Jr. 2001. Creeping bentgrass response to inorganic soil amendments and mechanically induced subsurface drainage and aeration. *Crop Science* 41 :797-805.
- 3 ■ Huang, Z.I. and A.M. Petrovic. 1995. Physical properties of sand as affected by clinoptilolite zeolite particle size and quantity. *Journal of Turfgrass Management* 1:1-15.
- 4 ■ Huang, Z.I. and A.M. Petrovic. 1995. Physical properties of sand as affected by clinoptilolite zeolite particle size and quantity. *Journal of Turfgrass Management* 1:1-15.
- 5 ■ Murphy, J.A., H. Samaranyake, J.A. Honig, U. Lawson and S.L. Murphy. 2005. Creeping bentgrass establishment on amended-sand root zones in two microenvironments. *Crop Science* 45 :1511-1520.
- 6 ■ Nus, J.L., and S.E. Brauen. 1991. Clinoptilolitic zeolite as an amendment for establishment of creeping bentgrass on sandy media. *HortScience* 26:117-119.
- 7 ■ Ok, C.-H., S.H. Anderson and E.H. Ervin. 2003. Amendments and construction systems for improving the performance

# Gestión de la energía en campos de golf: estaciones de bombeo

ANDREW J. STAPLES  
[astaples@gollresourcegroup.net](mailto:astaples@gollresourcegroup.net)

Nota del editor: Este artículo es propiedad de GCSAA/GCM y fue publicado en la edición julio 2009 de la revista GCM. [www.gcsaa.org](http://www.gcsaa.org)

Las estaciones de bombeo y el uso del agua de riego deben gestionarse adecuadamente para reducir el coste energético en campos de golf.

Este artículo es el segundo de una trilogía de artículos sobre la gestión de la energía en campos de golf. El estudio está basado en un programa divulgativo de encuestas sobre eficiencia energética realizado en 320 campos de golf del sur de California (EE.UU.) desde 2006 a 2008. El programa fue el primer estudio energético de este tipo realizado y completamente gratis para el consumidor. En él se identifican áreas con oportunidades de ahorro energético, prestando atención a la gestión del agua y su uso para el riego, al igual que la iluminación del campo y la recarga de las baterías de los buggies. El programa ofrece al consumidor un análisis de costes y beneficios para un desarrollo potencial del trabajo. Los ejemplos que se exponen indican un ahorro energético potencial de un 30% para los campos que participaron.

► **Cuestión 1:** Expertos estiman la demanda energética de las estaciones de bombeo en un 20% de la demanda energética mundial.

► **Cuestión 2:** La estación de bombeo para el riego de un campo de golf puede superar el 50% de las necesidades energéticas totales de las instalaciones de un campo de golf (información del programa energético del Golf ResourceGroup en el sur de California).

► **Cuestión 3:** Si se realiza incorrectamente, un variador de frecuencia



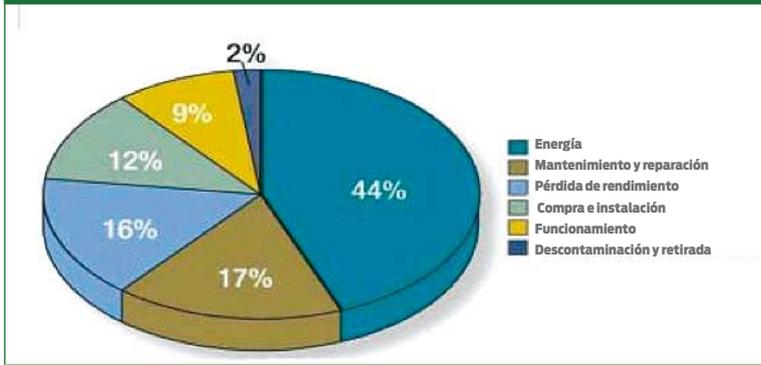
Estación de bombeo formada por tres bombas verticales

**ENERGÍA**  
 La demanda energética de las estaciones de bombeo representa un 20% de la demanda energética mundial

Figura 1. Ciclo de costes de la vida útil de una bomba

Energía	44%
Mantenimiento y reparaciones	17%
Perdida de producción	16%
Adquisición e instalación	12%
Funcionamiento	9%
Desinfección y eliminación	2%

Coste medio del ciclo de vida útil de una bomba



puede provocar que la estación de bombeo sea menos eficiente energéticamente que una estación típica de arranque a velocidad constante.

Este programa divulgativo pone de manifiesto que la mayoría de los superintendentes controlan la instalación esencial que consume

la mayor parte de la energía de un campo de golf: la estación de bombeo. Por ejemplo, un sistema de bombeo típico de cuatro bombas, donde cada una de las bombas tiene 75 CV, consume aproximadamente 225 kW, mientras que el consumo de las instalaciones de una Casa Club

común es normalmente menor de 100 kW. La estación de bombeo es también la principal responsable de que sea posible regar el campo de golf cada noche, asegurando de esta forma unas condiciones óptimas de juego para los jugadores que pagan para disfrutar de las instalaciones.

## ¿CUÁL ES EL COSTE REAL DE UN SISTEMA DE BOMBEO EFICIENTE?

Expertos estiman que el coste inicial de una bomba es el 12% del coste total a lo largo de los 20 años de su vida útil (Figura 1).

Por lo tanto, si una bomba cuesta 27.000 euros, el coste total a lo largo de su vida útil es de 225.000 euros aproximadamente. Esto significa que 135.000 euros corresponden al consumo eléctrico y a los costes de mantenimiento durante la vida útil de la misma. La mayoría de los campos de golf disponen de más de una bomba, con una media de entre dos y diez bombas. Esto nos lleva a hacernos la siguiente pregunta: ¿es esencial asegurar un funcionamiento óptimo de las bombas de manera eficiente?

Normalmente, la capacidad de una estación de bombeo se describe estimando el caudal total por hora que es capaz de suministrar a una presión determinada. Por ejemplo, una estación que se diseña para suministrar un caudal de 540 m<sup>3</sup>/h requiere una presión aproximada de 8 bares. Sin embargo, para evaluar con precisión la eficiencia de una estación de bombeo, debemos calcular el "Punto de Funcionamiento Eficiente del Bombeo" (OPE, Operating Pumping Plant Efficiency), que mide la eficiencia en el arranque de las bombas para bombear agua al sistema. Para hacer este cálculo debemos medir la potencia necesaria para suministrar el caudal necesario y la presión total del sistema (presión de elevación y pérdidas de carga) Tabla 1.

Muy pocas veces se describe una estación de bombeo en términos de eficiencia, ya que en la ma-

**Tabla 1. Valores medios de eficiencia de las estaciones de bombeo**

Motor (CV)	BAJO%	MEDIO%	BUEN%	EXCELENTE%
3-5	41.9 o menos	42-49.9	50-54.9	55 o superior
7-10	44.9 o menos	45-52.6	53-57.9	58 o superior
15-30	47.9 o menos	48-55.9	56-60.9	61 o superior
40-60	52.9 o menos	53-59.9	60-64.9	65 o superior
75 o más	55.9 o menos	56-62.9	63-68.9	69 o superior

yoría de las ocasiones la eficiencia es un dato que se desconoce. Sin embargo, el desgaste que sufren las estaciones de bombeo con el tiempo supone una reducción en el caudal suministrado de entre un 10-20% menos de lo que debería suministrar, lo que indica un bombeo ineficiente. Como los costes energéticos continúan subiendo, conocer el Punto de Funcionamiento Eficiente en el bombeo será realmente importante para ahorrar costes en el futuro.

## ¿CUÁL ES EL COSTE REAL DE UN SISTEMA DE BOMBEO INEFICIENTE?

Si siguiendo el ejemplo anterior de un campo de golf que adquiere una bomba por 27.000 euros y tiene que asumir un coste de 135.000 euros en consumo energético y mantenimiento durante la vida útil de la misma. En el caso de tener ocho bombas, los gastos asociados al consumo y mantenimiento ascenderían a 1.080.000 euros. Si cada bomba está funcionando al 90% de su eficiencia, se considera un coste extra de 105 euros durante la vida útil de cada bomba, lo que se traduce en un coste extra total de 5.300 euros al año. Además, habrá un 10% de desgaste extra del motor, el eje y el impulsor de cada bomba y, en teoría, las bombas tendrán que ser sustituidas un 10% antes del tiempo estimado de vida útil.

## CÓMO AHORRAR ENERGÍA Y DINERO

Un campo de golf debe centrarse en realizar mejoras que tengan el mayor impacto inicial posible, y encontrar la manera más rápida de amortizar la inversión realizada. Las estaciones de bombeo consumen

más energía que cualquier otra instalación en un campo de golf, debido al tamaño de las bombas y la energía que se requiere para arrancarlas. Debido a que la facturación se basa en la carga total del sistema, el funcionamiento de una estación de bombeo costará más cuantos más caballos de vapor (CV) actúen, y por consiguiente, mayor será el consumo de kilovatios (kW). Según los resultados del programa energético en el sur de California, la forma más fácil de ahorrar con la amortización del coste inicial más corta se puede conseguir de tres maneras distintas:

- ☛ Instalando programadores de eficiencia energética: un variador de frecuencia; una bomba jockey de entre 15-40 CV controlada por un variador de frecuencia; y motores premium eficientes certificados por la NEMA (National Electrical Manufacturers Association).
- ☛ Asegurando que el sistema de bombeo trabaja en el punto de mayor eficiencia (BEP, Best Efficiency Point) durante tanto tiempo como sea posible, maximizando el caudal a la cantidad demandada por los aspersores.
- ☛ Regando menos, lo que supone bombear menos.

## INSTALACIÓN DE PROGRAMADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

### Variadores de frecuencia

Si se instalan correctamente, un variador de frecuencia es quizás la mejor medida disponible de ahorro energético para la estación de bombeo de un campo de golf. El variador produce un "arranque suave" de las bombas, lo que permite al

## DESGASTE

**El desgaste que sufren las estaciones de bombeo con el tiempo supone una reducción en el caudal suministrado de entre un 10-20% menos de lo que debería suministrar, lo que indica un bombeo ineficiente**



motor ascender lentamente hasta su máxima velocidad de trabajo. Los variadores de frecuencia aumentan la capacidad de controlar el caudal relativo a la cantidad de energía consumida por las bombas de velocidad constante. El arranque suave también reduce el desgaste del sistema de riego, reduciendo el golpe de ariete y alargando la vida útil de las tuberías. Debido a que la demanda de riego en un campo de golf varía considerablemente a lo largo del año, un variador de frecuencia en una bomba es una necesidad cuando se trata de administrar el uso de la energía. Los datos recogidos para el estudio en los diferentes campos de golf por el Golf ResourceGroup indican que una bomba de pozo también se puede beneficiar de la instalación de un variador de frecuencia. Puesto que el nivel de los acuíferos varía a lo largo del año, un variador de frecuencia puede ajustarse para tener en cuenta estas oscilaciones, reduciendo el coste del bombeo considerablemente.

La creciente popularidad de los variadores de frecuencia ha traído consigo una serie de malas aplicaciones que realmente aumentan los costes energéticos: por ejemplo, si una estación de bombeo trabaja sólo a su máxima capacidad de bombeo durante un corto periodo de tiempo o a un bajo flujo de bombeo durante un periodo prolongado, la bomba estará funcionando ineficientemente y lejos del punto de mayor eficiencia (BEP) en la curva de funcionamiento de la bomba, causando un incremento de los costes energéticos. Para todos estos casos de malas prácticas, se recomienda la investigación o el asesoramiento de un técnico de riego. Estos problemas surgen cuando se adquieren nuevas bombas o se diseña la estación de bombeo sin calcular las necesidades reales de riego.

### **Bomba jockey controlada por un variador de frecuencia**

El programa de encuestas en el sur de California descubrió que los campos de golf se han alejado de la uti-

**MAL USO**  
La creciente popularidad de los variadores de frecuencia ha traído consigo una serie de malas aplicaciones que realmente aumentan los costes energéticos

lización de bombas jockey de menor tamaño (bombas de entre 15-25 CV, diseñadas para suministrar bajos caudales de riego). La razón que existe tras este cambio es que las bombas de menor tamaño no serían necesarias de aquí en adelante, ya que los variadores de frecuencia de las bombas de gran tamaño serían capaces de hacer frente y regular tanto las altas como las bajas demandas de bombeo y energía.

Esta solución no es eficiente energéticamente porque las bombas de gran tamaño trabajan con caudales bajos durante periodos prolongados de tiempo, para aplicaciones de riego pequeñas como los riegos con manguera o el arranque de varios aspersores únicamente. Debido a que el sistema de bombeo no suministra a su máxima capacidad, la bomba no trabaja a su punto de mayor eficiencia a lo largo de su curva, causando un uso ineficiente de la energía (Figura 2).

Para determinar cuando la energía está siendo usada eficientemente, debemos medir los kilowatios hora entre la cantidad media de agua bombeada (normalmente medida en m<sup>3</sup>/h). Los valores más bajos de kWh consumidos por m<sup>3</sup>/h de agua bombeada se registrarán cuando la bomba esté trabajando en el punto más alto de la curva de la misma. Cuando los caudales son bajos durante periodos prolongados, consumen más kWh para bombear la misma cantidad de agua, y los variadores de frecuencia provocan un arranque de las bombas ineficiente. Si esto sucede continuamente, las ineficiencias aumentan con el tiempo e incrementan incluso más los costes energéticos.

En zonas como el sur de California, los campos de golf pueden usar una bomba jockey más pequeña para el riego con manguera y el syringing en momentos del día con picos de demanda y bloquear las bombas más grandes para de esta forma eliminar los cargos más altos cargos de consumo registrados por estas

Debido a que la demanda de riego en un campo de golf varía considerablemente a lo largo del año, un variador de frecuencia en una bomba es una necesidad cuando se trata de administrar el uso de la energía

Motor (CV)	eficiencia standard del motor	kWh anuales en 2000 horas para funcionamiento	Eficiencia motor premium	kWh anuales en 2000 horas para funcionamiento	Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro energético (\$/año)
25	90	31.080	93.9	29.800	1280	143
50	91.2	61.357	94.8	59.044	2313	254
100	92.7	120.679	95.4	117.271	3408	375
150	93.1	180.331	95.8	175.136	5195	571

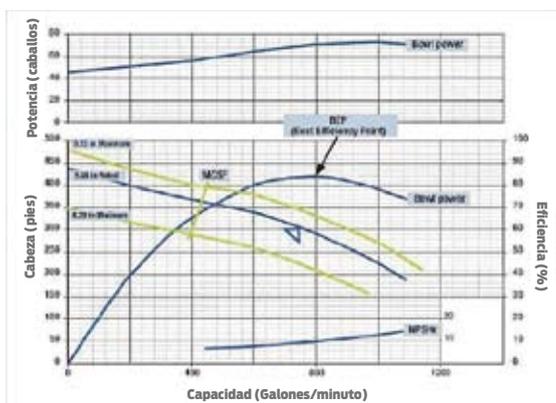


Figura 2: Curva característica del funcionamiento de una bomba

bombas. El coste extra de una bomba jockey con un variador de frecuencia incrementará la inversión inicial de una nueva estación de bombeo. Sin embargo, en 15 de las 20 evaluaciones energéticas del programa donde una bomba jockey se consideró como una opción, se estimó que los costes de la misma se amortizarían en menos de cinco años.

### Motores premium eficientes

De acuerdo a la National Electrical Manufacturers Association's (NEMA), los motores premium certificados por su eficiencia son probablemente el proyecto más fácil de llevar a cabo en un campo de golf. La inversión es sencilla: instalar motores eléctricos que tengan la mayor eficiencia energética eléctrica acorde con las necesidades de bombeo (es necesario asegurarse de que los motores son los certificados por la NEMA, ya que las diferentes clasificaciones pueden inducir a error). Los motores premium eficientes pueden amortizarse en pocos años y a veces en tan

### CAUDALES

**Cuando los caudales son bajos durante periodos prolongados, consumen más kWh para bombear la misma cantidad de agua, y los variadores de frecuencia provocan un arranque de las bombas ineficiente**

poco tiempo como en unos meses (Tabla 2). Estos motores continuarán ahorrando costes energéticos más allá de la amortización del coste de su adquisición. Comprender los verdaderos costes de utilización de estos motores, y no sólo los costes de inversión iniciales, deben ser los factores motivadores a la hora de realizar mejoras de eficiencia energética.

### FUNCIONAMIENTO EFICIENTE DEL SISTEMA DE BOMBEO

La gestión del funcionamiento de las bombas es esencial para maximizar el ahorro relativo a los costes energético. Unas de vías más sencillas de usar la energía de manera eficiente es maximizando la cantidad de agua que sale de la estación de bombeo y hacerla coincidir con la cantidad máxima que es capaz de suministrar cada bomba. En otras palabras, si una bomba de 75 CV suministra un caudal máximo de 170 m<sup>3</sup>/h, entonces el programa de riego de esa bomba debería diseñarse para que bombee 170 m<sup>3</sup>/h. Es sorprendente descubrir la de veces que este concepto ha sido pasado por alto. Cada bomba usada durante la programación del riego debe ser diseñada para suministrar su caudal máximo o la bomba no optimizará su consumo energético. Como este aspecto no es siempre posible, la idea es diseñar el programa de riego para llevar cada bomba a su máxima capacidad el mayor tiempo posible. En el caso de bombas con variador de frecuencia instalado, al maximizar el caudal de cada bomba se minimiza el potencial de arran-

que de las bombas con flujos de caudal bajo durante periodos de tiempo prolongados y se optimiza la energía necesaria para dicho bombeo.

El funcionamiento individual de cada bomba es solamente una parte de la ecuación. Asegurarse de que todas las bombas del sistema trabajan secuencialmente entre ellas maximiza la capacidad global del sistema para ahorrar energía.

La precisión y actualización de la programación del sistema de riego, junto con unos conocimientos de hidráulica adecuados, son fundamentales para optimizar el consumo energético. En particular, el caudal y la presión de salida del agua en la estación de bombeo deben ajustarse al tamaño de las tuberías de la red principal de riego. Los expertos informan de que la mayoría de las estaciones de bombeo de los campos de golf están mal diseñadas para la demanda de riego que tienen que abastecer. Ya sea debido a que el caudal de bombeo o la presión sean demasiado elevados, o bien porque las tuberías de riego son demasiado pequeñas. Todos estos factores deberían de tenerse en cuenta a la hora de programar un sistema de riego existente, o bien a la hora de mejorar o renovar una estación de bombeo. Cada campo de golf debería, siempre que le sea posible, acudir a un asesor de diseño de sistemas de riego cualificado para que participe y asesore en la selección final de la estación de bombeo y en el funcionamiento global del sistema de riego.

Uno de los mayores conceptos erróneos que se ha descubierto durante la realización de este pro-

grama divulgativo en el sur de California ha sido la concepción que se tiene de que una nueva estación de bombeo es automáticamente más eficiente que una estación de bombeo existente de cierta antigüedad. El programa divulgativo ha descubierto que la utilización de las bombas adecuadas junto con una programación equilibrada del sistema de riego es esencial para conseguir un bombeo eficiente. En casi todos los casos estudiados, la antigua estación de bombeo ha sido reemplazada por un sistema de bombeo más eficiente y de mayor tamaño, pero muy pocos si acaso, han realizado modificaciones en la red de tuberías principales de distribución del riego. La capacidad de bombeo superior del sistema nuevo, junto con la falta de programación provoca que el sistema de bombeo trabaje de manera menos eficiente de lo que realmente puede. Como resultado, el nuevo sistema de bombeo consume la misma, y algunos casos más energía que el sistema de bombeo antiguo.

## DISMINUCIÓN DEL RIEGO

Un campo de golf tiene otra alternativa para reducir el consumo energético, regar menos. El agua ha sido usada y continuara siendo uno de los mayores recursos medioambientales asociado a los campos de golf. Factores como la localización, el diseño, la orografía o el tipo de suelo influyen en la cantidad de agua que un campo de golf requiere, y esta cantidad de agua puede variar considerablemente de un campo a otro, incluso entre campos de una misma región. Regar menos supone depender me-

nos en la máxima capacidad de abastecimiento de la estación de bombeo y otorga menor prioridad en asegurar que el campo se pueda regar en el menor tiempo posible. Reducir el suministro total del sistema de bombeo implica que se necesita menos energía para aplicar el agua de riego al campo de golf. En consecuencia, menos riego es igual a menor consumo energético.

Aunque la disminución del riego puede lograrse con pocas o incluso ninguna modificación del diseño y la orografía del campo de golf, un rediseño o reajuste de los elementos del campo tendrá un mayor impacto, ya que la superficie de césped, el diseño de los bunkers, el tamaño y el grado de los taludes, etc., están directamente relacionados con los recursos necesarios para mantener el campo en las condiciones necesarias para atraer a los jugadores de golf. Un campo de golf con fuertes pendientes, bunkers y greens de gran tamaño y amplias zonas regables que no se consideran de juego incrementan los costes de mantenimiento. Por lo tanto, ajustando el diseño de todas estas zonas (sin modificar el modelo de juego del campo) puede suponer una enorme diferencia en todos los costes asociados al mantenimiento del campo a largo plazo, incluida la gestión del consumo energético.

## CONCLUSIONES

El conocimiento de la gestión de la energía en un campo de golf puede permitir a los superintendentes usar la energía de manera más eficiente y reducir la demanda media de kilovatios. El ahorro de demanda puede

**AHORRO**  
El ahorro de demanda energética puede lograrse en áreas como la programación del riego, el diseño hidráulico del sistema de bombeo y la disposición de los aspersores en el campo, al igual que en la gestión del agua de riego.

lograrse en áreas como la programación del riego, el diseño hidráulico del sistema de bombeo y la disposición de los aspersores en el campo, al igual que en la gestión del agua de riego. La investigación en estas áreas de trabajo puede incrementar los costes iniciales, pero de igual manera se podrían identificar grandes oportunidades de ahorro. Puesto que los recursos son cada vez más escasos o caros o ambas cosas, la realización de ajustes en el mantenimiento general en los campos de golf será cada vez más importante y necesario. ■

## BIBLIOGRAFÍA

- **Hovstadius, G. 2006.** Understanding the economics of variable speed pumping. ITT Flygt Corp. and PlantServices.com. [www.plantservices.com/articles/2006/0i7.html](http://www.plantservices.com/articles/2006/0i7.html) (verified June 2, 2009).
- **U.S. Department of Energy. 2001.** A guide to LCC analysis for pumping systems. Pump life cycle costs: executive summary. Office of Industrial Technologies Energy Efficiency and Renewable Energy. [www.eere.energy.gov/industry/bestpractices/pdfs/pumplcc\\_1001.pdf](http://www.eere.energy.gov/industry/bestpractices/pdfs/pumplcc_1001.pdf) (verified June 2, 2009).
- **U.S. Department of Energy. 2005.** Energy Efficiency and Renewable Energy Industrial Technologies Program — Best Practices. [www.eere.energy.gov/industry/bestpractices/printable\\_versions/news\\_detail.asp?news\\_id=9035](http://www.eere.energy.gov/industry/bestpractices/printable_versions/news_detail.asp?news_id=9035) (verified June 2, 2009)

El funcionamiento individual de cada bomba es solamente una parte de la ecuación. Asegurarse de que todas las bombas del sistema trabajan secuencialmente entre ellas maximiza la capacidad global del sistema para ahorrar energía