

Fuentes ornamentales: ahorros energéticos y de agua así como mejora del nivel de servicio

Ornamental fountains: energy and water savings as well as improving the service level

nnnn

Carlos De-la-Fuente-Borreguero y Alberto Ferrándiz-Albendea
ImesAPI (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8651>

1. INTRODUCCIÓN

El propósito del artículo es mostrar cómo conseguir importantes ahorros energéticos y de agua, así como mejorar el nivel de servicio de las fuentes ornamentales, mediante la implementación conjunta y coordinada de las siguientes tecnologías:

- El control anemométrico automático de los juegos de agua (surtidores de agua iguales, que funcionan de forma simultánea y son alimentados por una misma bomba), para evitar que la acción del viento perturbe su funcionamiento, lo que permite reducir el gasto de agua y aumentar los periodos de funcionamiento, mejorando el nivel de servicio. Se presentan los distintos sistemas empleados para el control anemométrico del funcionamiento de las fuentes ornamentales y las ventajas del sistema automático propuesto.
- La regulación del funcionamiento de las bombas mediante variadores de velocidad. Se exponen las razones por las que es necesario regular el funcionamiento de las bombas de las fuentes ornamentales, los distintos sistemas empleados y las ventajas de la regulación a velocidad variable, en particular la de obtener importantes ahorros energéticos [1, 2, 3 y 4].
- Un sistema de telecontrol para monitorizar los principales parámetros de funcionamiento de la fuente ornamental: magnitudes eléctricas, parámetros de calidad del agua, las horas de funcionamiento de las bombas en cada nivel de regulación, el consumo energético, el gasto de agua y la detección de averías. El sis-

tema de telecontrol propuesto también permite configurar y conocer las alarmas y eventos acontecidos, programar y comprobar el estado de los equipos, optimizar el control energético y conocer el aumento de los tiempos de funcionamiento de la fuente ornamental producidos por la instalación del control anemométrico automático [5 y 6].

El trabajo presenta como otra aportación un procedimiento para calcular los ahorros energéticos y de agua conseguidos con la aplicación de las tecnologías propuestas.

Por último se expone un ejemplo de implementación de estos sistemas a las fuentes ornamentales de la ciudad de Madrid, aportando información de los ahorros energéticos obtenidos, coste de la inversión realizada y un análisis de retorno de la inversión.

2. CONTROL ANEMOMÉTRICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS FUENTES ORNAMENTALES

En las fuentes ornamentales, uno de los elementos que más perturba su normal funcionamiento es la acción del viento sobre los juegos de agua. El viento puede alcanzar velocidades que pueden deteriorar considerablemente los juegos y derramar el agua fuera del vaso (estructura contenedora del agua y de los elementos finales de las instalaciones hidráulicas y eléctricas, necesarios para formar e iluminar los surtidores de agua), especialmente cuando la instalación se encuentra en un espacio abierto. El agua derramada puede formar charcos y balsas que pueden resultar muy peligrosas para la circulación, dañar las zonas ajardinadas que rodean los vasos y provocar situaciones molestas para los ciudadanos; además de pérdidas de agua que pueden llegar a ser importantes. Una situación de especial riesgo puede darse los días que la temperatura ambiente baja de cero

grados centígrados y el agua derramada a la vía pública se hiela, formando placas con riesgo para la circulación. Para evitarlo es necesario controlar la acción de viento sobre los surtidores, es decir, realizar un control anemométrico de su funcionamiento.

Existen dos formas de realizar este control, que se describen a continuación. Ambos sistemas emplean un sensor de viento (anemómetro), instalado sobre un soporte donde la acción del viento sea similar a la que incide sobre los surtidores de la fuente, que envía continuamente la información de la velocidad del viento.

2.1. CONTROL ANEMOMÉTRICO FIJO

En este sistema el anemómetro envía la señal de la velocidad de viento hasta una central de alarmas [7], instalada en el centro de mando de las bombas. Esta central integra el valor de los últimos segundos, denominado "tiempo de muestreo", y cuando se supera el valor de consigna establecido (alarma) se corta la alimentación a la bomba o bombas asociadas, no reiniciando su marcha hasta que transcurre un tiempo predeterminado (el recomendado por los fabricantes, que normalmente es de entre 8 y 10 minutos), siempre y cuando la velocidad del viento se mantenga por debajo de este valor de alarma. La razón de mantener las bombas paradas es evitar que se produzcan rápidas y sucesivas maniobras de arranque y parada que puedan dañarlas. De continuar la velocidad del viento por encima del valor de alarma las bombas permanecerán paradas. Tanto el tiempo de muestreo como el valor de alarma han de establecerse para cada fuente, en función de sus características constructivas y exposición al viento. Por su forma de funcionar este sistema de control anemométrico también se denomina "todo-nada".

Este sistema de control anemométrico presenta el inconveniente de que cuando se alcanza el nivel de alarma se paran las bombas durante periodos de tiempo indeterminados, que en ocasiones pueden ser muy prolongados y ser percibido por los ciudadanos como que la fuente está averiada.

2.2. CONTROL ANEMOMÉTRICO AUTOMÁTICO

En este sistema el anemómetro envía la señal de la velocidad de viento hasta un autómata programable o hasta variadores de velocidad, con entradas aptas para conectar esta señal [8]. Este sistema permite realizar una regulación individualizada de cada juego de agua, mediante la programación del tiempo de muestreo y una serie de niveles de regulación (normalmente tres o cuatro), definidos por un rango de velocidades de viento y una frecuencia de funcionamiento (Hz) de la bomba, y en consecuencia una altura y caudal de los surtidores. El paso de un nivel de regulación a otro se realiza de forma automática, de modo que a mayor velocidad de viento le corresponde menor altura y viceversa. Con ello se evita que el agua se derrame fuera del vaso, llegando incluso a parar la bomba si la velocidad del viento es excesiva, no reiniciando su marcha hasta que transcurre un tiempo predeterminado (normalmente de entre 8 y 10 minutos), por la razón expuesta en el apartado anterior.

Los niveles de regulación se establecen de forma individualizada para cada juego de agua, teniendo en cuenta: situación de la fuente; tamaño y/o forma constructiva del vaso; tipo, aspecto y altura de los surtidores (los fabricantes indican en su documentación técnica cómo afecta el viento a cada tipo de surtidor); exposición al viento; caudal circulante; etc. Esta regulación se tiene que realizar con sumo cuidado, a fin de evitar que la acción de viento provoque que el agua se salga del vaso, adecuando el funcionamiento de los distintos juegos de agua a las condiciones del entorno, teniendo en cuenta el riesgo o criticidad de cada uno.

Este sistema de control anemométrico es el propuesto en el presente trabajo para mejorar el nivel de servicio de las fuentes ornamentales y obtener importantes ahorros de agua, como se verá más adelante.

3. REGULACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS MEDIANTE VARIADORES DE VELOCIDAD APLICADO A FUENTES ORNAMENTALES

En las fuentes ornamentales, con mucha frecuencia es necesario variar la altura y caudal de los surtidores para adaptarlos a las condiciones del servicio, por dos razones fundamentales:

- Cuando se calcula una bomba, una

vez conocidas las necesidades hidráulicas que debe satisfacer (caudal y altura manométrica) se procede a su elección, optando por la normalizada inmediata superior capaz de proporcionarlas. Esto supone un sobredimensionado de la bomba, en lo que se refiere a caudal, altura y potencia del motor. El 75% de las bombas instaladas están sobredimensionadas entre un 10% y un 30% [4].

- En algunos juegos de agua, las condiciones de proyecto empleadas para los cálculos no se pueden reproducir cuando se ponen en servicio, en particular la altura, teniendo que optar por reducirla a fin de evitar salpicaduras fuera del vaso. Esto también supone un sobredimensionado de la bomba.

Ajustar las condiciones de funcionamiento de las bombas a las exigencias del servicio puede realizarse de dos formas distintas [1, 2, 4 y 9]:

- 1. Regulación a velocidad constante:** este sistema consiste en estrangular (cerrar parcialmente) la válvula reguladora de la tubería de impulsión para ajustar el caudal y obtener el deseado, pues a medida que se cierra la válvula se incrementa la resistencia al paso del flujo y viceversa, disminuye a medida que se abre. Esto supone modificar la curva del sistema (aumenta la carga), permaneciendo inalterada la velocidad de la bomba (la curva de bombeo no varía), lo que supone disminuir notablemente el rendimiento de la bomba. Tiene a su favor que es una regulación muy sencilla de adoptar.
- 2. Regulación a velocidad variable:** este sistema de regulación consiste en variar la velocidad de giro de la bomba. Es la forma de regulación más empleada, y recomendada por los especialistas en este tipo de instalaciones, sobre todo desde la aparición de los variadores de velocidad para el accionamiento de

"En el cambio de número de revoluciones de giro del motor n_1 a otro n_2 , el caudal (Q) varía linealmente, la altura (H) varía con el cuadrado, mientras que la potencia (P) lo hace aproximadamente con la tercera potencia de la relación del número de revoluciones". Se expresa con las siguientes relaciones:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2}; \quad \frac{n_1^2}{n_2^2} = \frac{H_1}{H_2}; \quad \frac{n_1^3}{n_2^3} = \frac{P_1}{P_2} \quad (1)$$

La velocidad de giro (n) del motor (y de la bomba) es proporcional a la frecuencia (f) de la alimentación eléctrica, según la expresión:

$$n \text{ (r.p.m.)} = \frac{60 \cdot f \text{ (Hz)}}{p \text{ (nº de pares de polos del motor)}} \quad (2)$$

De donde:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{f_2}{f_1} \right)^3 \quad (3)$$

Según estas expresiones, la potencia consumida se relaciona con la velocidad y con la frecuencia mediante relaciones cúbicas, por lo que la bajada de la velocidad de giro del motor supone un ahorro del consumo energético muy importante.

Se puede ver con mayor claridad con el siguiente ejemplo: una fuente ornamental con un único surtidor de agua vertical, alimentado por una bomba de 10 kW de potencia nominal. Para evitar que el agua se salga del vaso (su altura es excesiva para el tamaño del vaso) tiene la válvula del circuito impulsión parcialmente cerrada. Se instala un variador de velocidad y se procede a su ajuste. Para ello se abre completamente la válvula y se reduce la frecuencia hasta conseguir un surtidor semejante al existente antes de instalar el variador. Ahora funciona a 35 Hz, lo que supone que funcione a un 70% del régimen nominal (50 Hz) y que la potencia demandada por el motor sea un 34,3% de la nominal:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{f_2}{f_1} \right)^3 = 10 \left(\frac{35}{50} \right)^3 = 10 \times 0,343 = 3,43 \text{ kW} \rightarrow \text{Ahorro de un 65,7\%}$$

motores, pues el rendimiento de la bomba apenas sufre variación. La curva del sistema no se ve alterada y la curva de la bomba varía conforme a la velocidad del caudal y la ley de afinidad o de semejanza de Newton, que dice [9]:

En el apartado Material Suplementario se muestra cómo actúan los sistemas de regulación descritos, las ventajas de accionar los motores de las bombas de las fuentes ornamentales con variadores de velocidad y aspectos relacionados con los armónicos de intensidad que generan.

4. TELECONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS FUENTES ORNAMENTALES

Se propone un sistema de telecontrol con objeto de conocer los principales parámetros de funcionamiento de la fuente: magnitudes eléctricas, parámetros de calidad del agua, las horas de funcionamiento de las bombas en cada nivel de regulación, el consumo energético, el gasto de agua y la detección de averías. El sistema de telecontrol propuesto también permite programar el funcionamiento de los distintos equipos, optimizar el control energético, controlar el consumo de agua y mejorar el nivel de servicio.

La arquitectura planteada para el sistema de telecontrol propuesto se representa en la Figura 1:

Se compone de tres niveles diferenciados:

- Centros de mando de las fuentes: donde se instala un analizador de

redes para medida de parámetros eléctricos, un analizador para los parámetros de calidad del agua, un contador de agua (instalado en la acometida de llenado), un controlador (para la gestión y almacenamiento de los parámetros medidos) y un módem para comunicar con el servidor.

- Centro de control: donde se instalan los servidores que comunican con los diferentes centros de mando, almacenan la información recibida y la procesan, empleando un determinado software.
- Clientes: ubicado en el centro de control, donde se trata y visualiza la información almacenada en los servidores, se generan informes y se reciben las alarmas y eventos acontecidos.

Los principales parámetros a monitorizar se indican en la Tabla 1:

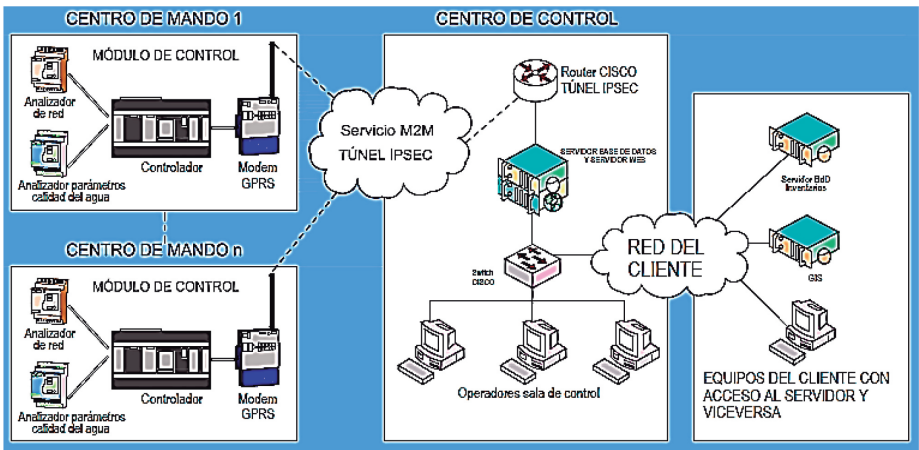


Fig. 1: Arquitectura del sistema de telecontrol propuesto

Magnitud	Unidad
Parámetros eléctricos	
Tensiones simple y compuesta	V
Intensidad	A
Frecuencia	Hz
Potencia activa	kW
Potencias reactiva	kVar
Factor de potencia	f.d.p.
cos φ	cos φ
Máxima demanda de potencia activa	kW
Consumo de energía activa	kWh
Consumo de energía reactiva	kVAh
Velocidad de viento (anemómetro)	Km/h
Frecuencia de trabajo de cada variador	Hz
Potencia demandada por la bomba (proporcionada por el variador)	kW
Tiempo de funcionamiento de cada variador dentro de un determinado rango de frecuencias	h
Parámetros de calidad y consumo de agua	
Magnitud	Unidad
pH	
Cloro	mg/l
Temperatura	°C
Consumo de agua	m³

Tabla 1: Principales parámetros a monitorizar

El sistema de telecontrol propuesto permite las siguientes funciones:

- Comunicación de eventos** (configurables):
 - Encendidos y apagados, diferenciando si se han realizado desde el centro de control o por accionamiento local.
 - Fallos de comunicación.
 - Notificación de que los siguientes parámetros vuelven al rango establecido como normal: tensión, corriente, consumo eléctrico, pH y cloro.
 - Cambios de los niveles de regulación de cada bomba.
- Comunicación de alarmas** (configurables):
 - Encendidos y apagados fuera del horario predeterminado.
 - Paradas por mantenimiento.
 - Valores de tensión y corriente fuera de los máximos y mínimos establecidos.
 - Consumos eléctricos con la instalación apagada.
 - Demandas de potencia mayores de las predeterminadas.
 - Salidas sin tensión en horario de funcionamiento.
 - Parámetros de pH y cloro fuera de rango.
- Programación y comprobación del estado de cada fuente.** Permite:
 - Consultar datos
 - Programar encendidos y apagados de las bombas y alumbrado, de forma individual o por grupos.
 - Conocer el tiempo de funcionamiento de las bombas en cada nivel de regulación.
 - Conocer el consumo diario e histórico de energía, realizando comparaciones para detectar y avisar de las desviaciones, avisando de las mismas (configurable).
 - Conocer el consumo diario e histórico de agua, realizando comparaciones y avisando cuando se superan los previstos (configurable).

5. CÁLCULO DE LOS AHORROS ENERGÉTICOS Y DE AGUA

El cálculo de la energía consumida por las fuentes ornamentales que tienen bombas accionadas con variadores de velocidad y control anemométrico automático de su funcionamiento, hay que realizarlo para cada bomba y nivel de regulación, según se indica a continuación:

Se calcula la energía (E) consumida por cada bomba funcionando en un

determinado nivel de regulación, durante un tiempo (t) en el que demanda una potencia (P_2), con la expresión:

$$E = P_2 \cdot t \quad (4)$$

Los valores de la potencia (P_2) y el tiempo de funcionamiento (t) se obtienen del sistema telecontrol propuesto. La potencia (P_2) también se puede calcular con la ecuación 3.

La energía total consumida (E_t) por la bomba en n periodos de tiempo (t_i), demandando en cada uno una potencia (P_i) se calcula con la expresión:

$$E_t = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i \quad (5)$$

Si la fuente tiene varias bombas se realiza este cálculo para cada una ellas, siendo la energía total consumida por la fuente la suma de todas.

El sistema de telecontrol propuesto permite conocer la energía consumida por cada bomba y la total demandada por la fuente ornamental, en un determinado periodo de tiempo.

El ahorro energético de la fuente, en un periodo determinado, es la diferencia entre el consumo energético funcionando con variadores y control anemométrico automático (obtenido mediante cálculo o proporcionado por el telecontrol), respecto del consumo funcionando sin variadores y sin control anemométrico automático (que si se desconoce se puede calcular sumando los productos de la potencia nominal de cada motor por las horas de funcionamiento).

El control anemométrico automático del funcionamiento de la fuente ornamental supone también ahorro de agua, pues evita el gasto que se produce cuando se derrama fuera del vaso por la acción del viento, Figura 2. Calcular este ahorro es de enorme dificultad, por la indeterminación de la principal variable de la que depende: el viento. No obstante, para una determinada fuente se puede calcular, de forma aproximada, comparando dos periodos de tiempo de igual duración: uno funcionando con control anemométrico automático y otro sin él. Se requiere que la fuente tenga contador de agua telecontrolado, que el vaso no tenga pérdidas y que durante ambos periodos no se vacíe para labores de mantenimiento. Se toman lecturas del contador de agua al inicio y final de cada periodo. En ambos casos se realizan las aportaciones de agua necesarias para

mantener invariables los niveles. Los consumos medidos son para reponer los gastos por evaporación y acción de viento. Se calculan los gastos por evaporación y se deducen de los totales medidos, obteniendo, en ambos casos, los gastos por acción de viento, que se comparan para conocer el ahorro de agua. Cuanto más largos sean los periodos considerados o más periodos se comparen más fiables son los resultados obtenidos.



Fig. 2: Agua derramada fuera del vaso por la acción del viento y afección al entorno

6. MEJORA DEL NIVEL DE SERVICIO

Se entiende por nivel de servicio, aplicado a fuentes ornamentales, el funcionamiento correspondiente a los sistemas asociados: juegos de agua, alumbrado y estaciones de tratamiento; según las características definidas para cada sistema y horario establecido.

Para los juegos de agua, las características de funcionamiento se refieren a su altura, trayectoria, caudal y aspecto de los surtidores, que será en cada momento el más adecuado a las condiciones del entorno y viento, con objeto de minimizar derrames de agua fuera del vaso y evitar situaciones molestas o peligrosas para las personas y bienes.

Antes de introducirse los sistemas de control anemométrico del funcionamiento de las fuentes ornamentales, se actuaba parando manualmente las bombas de los juegos afectados por la acción del viento, volviéndolas a poner en servicio cuando había cesado. Esta tarea la realizaban operarios que se desplazaban hasta las fuentes, dando lugar, con bastante frecuencia, a que algunas bombas se parasen demasiado tarde (provocando derrames de agua fuera del vaso) o que permaneciesen paradas más tiempo del necesario.

El control anemométrico fijo desconecta la bomba o bombas asociadas según unas determinadas consignas, durante periodos de tiempo indeterminados. Presenta la ventaja, frente a la parada manual, que evita derrames de agua por la actuación

tardía de los operarios. Su inconveniente es parar las bombas durante periodos de tiempo que pueden ser muy prolongados, lo que puede ser percibido negativamente por los ciudadanos.

El control anemométrico fijo actúa parando el juego de agua cuando se alcanza el primer nivel de alarma, frente al control anemométrico automático que actúa bajando su altura a medida que aumenta la velocidad de viento,

según los distintos niveles de regulación programados, permitiendo que funcione durante mayor tiempo. El sistema de telecontrol permite conocer este mayor tiempo de funcionamiento de cada juego de agua, pues informa de la duración de cada nivel de regulación.

El sistema de telecontrol también permite conocer las averías o situaciones que requieren asistencia técnica, lo que redundará en evitar consumos no deseados por funcionamiento innecesario y reducir los tiempos de respuesta ante averías, lo que sin duda supone una mejora del nivel de servicio. También permite parar las fuentes, desde el centro de control, los días en que la temperatura baja de cero grados centígrados.

7. UN CASO REAL DE APLICACIÓN EN FUENTES ORNAMENTALES DE LA CIUDAD DE MADRID

Durante los años 2015, 2016 y primeros meses de 2017 las fuentes ornamentales de la ciudad de Madrid que integran el contrato de Gestión Integral y Energética de Instalaciones Urbanas, lote 2, han sido objeto de obras de inversión que han consistido en [5]:

- La instalación de variadores de velocidad en las bombas de más de 5 kW de potencia. A las fuentes que ya tenían anemómetro se las ha dotado de un control anemométrico automático de su funcionamiento. Se instalaron un total de 299 variadores en 187 fuentes ornamentales.

Nº	Situación o denominación	Potencia bomba kW	Juego de agua	Niveles de regulación: Frecuencia (Hz) (1) y velocidad del viento (km/h)							
				Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4	
				Frecuencia variador	Rango velocidad del viento	Frecuencia variador	Rango velocidad del viento	Frecuencia variador	Rango velocidad del viento	Frecuencia variador	Rango velocidad del viento
24	Neptuno	7,5	Verticales y monumento	40	0 - ≤12	30	12 - ≤16	20	16 - ≤20	0	>20
24	Neptuno	15	Borbotón dcho.	50							
24	Neptuno	15	Borbotón izdo.	50							
110	República Argentina	45	Geiser	40	0 - ≤8	35	8 - ≤16	30	16 - ≤24	0	>24
110	República Argentina	45	Borbotón	40	0 - ≤8	34	8 - ≤16	26	16 - ≤24	0	>24
136	Pza. de España. Las Conchas.	22	Borbotones	35	0 - ≤11	35	11 - ≤21	35	21 - ≤31	35	>31
136	Pza. de España. Las Conchas	11	Geiser, abanicos y esculturas	40	0 - ≤11	35	11 - ≤21	25	21 - ≤31	0	>31
142	Ría Parque de Aluche	30	Geiser	50	0 - ≤15	40	15 - ≤34	0	>34		
264	Pza. Alonso Martínez	22	Parabólicos	35	0 - ≤6	29	6 - ≤10	24	10 - ≤30	0	>30
264	Pza. Alonso Martínez	7,5	Lanzas	50	0 - ≤6	50	6 - ≤10	50	10 - ≤30	0	>30
277	Gta. Ruiz Jiménez-2	45	Parabólicos	50	0 - ≤8	50	8 - ≤12	0	>12		
277	Gta. Ruiz Jiménez-2	45	Geiser	42	0 - ≤8	0	>8				
281	Gta. De Bilbao	45	Abetos	35	0 - ≤11	0	>11				
416	Pza. de Olavide	9,2	Geiser	45	0 - ≤5	38	5 - ≤11	30	11 - ≤16	0	>16

Tabla.2: Fuentes representativas donde se actuó, indicando potencia de bombas, juego de agua asociado y niveles de regulación

Nota:
(1) Cuando la frecuencia del variador es cero la bomba está parada

- La instalación de un sistema de telecontrol como el expuesto. Se instalaron un total de 353 equipos de telecontrol en 434 fuentes ornamentales (algunos equipos actúan en más de una fuente).

En la Tabla 2 se aporta información de algunas fuentes representativas donde se actuó.

En la Tabla 3 se presenta, para cada fuente, el consumo anual de energía, el ahorro energético conseguido, el coste de la inversión por la instalación de variadores y el sistema de telecontrol descrito, así como el periodo de retorno de la inversión, considerando un precio medio del kWh de 0,1514€:

8. CONCLUSIONES

En las fuentes ornamentales pueden obtenerse importantes ahorros energéticos y de agua y mejorar considerablemente

el nivel de servicio si se implementan, y gestionan de forma conjunta y coordinada, tecnologías basadas en el accionamiento de las bombas mediante variadores de velocidad, un sistema de control anemométrico automático de los juegos de agua y un sistema de telecontrol que permita monitorizar sus principales parámetros de funcionamiento, configurar y conocer los eventos y alarmas que se produzcan, así como programar y comprobar el estado de funcionamiento de los equipos de la fuente, optimizando el control energético.

Con la información proporcionada por el sistema de telecontrol propuesto también es posible calcular los ahorros energéticos y de agua conseguidos, así como el aumento de los tiempos de funcionamiento de los juegos de agua derivados de la instalación del sistema de control anemométrico automático.

Como se ha demostrado, con el caso real expuesto, la incorporación de las tec-

Nº	Situación o denominación	Consumo anual de energía kWh		Ahorro energético anual			Coste inversión (variadores + telecontrol) €	Retorno de la inversión años	Retorno de la inversión meses
		Sin variadores y sin control anemométrico automático	Con variadores y con control anemométrico automático	kWh	%	€			
24	Neptuno	241.538	145.694	95.844	39,68%	14.510,78	11.537	0,80	9,54
110	República Argentina	492.872	249.862	243.010	49,30%	36.791,71	15.230	0,41	4,97
136	Pza. de España. Las Conchas.	173.046	85.946	87.100	50,33%	13.186,94	10.214	0,77	9,29
142	Ría Parque de Aluche	163.284	94.595	68.689	42,07%	10.399,51	8.990	0,86	10,37
264	Pza. Alonso Martínez	175.565	94.184	81.381	46,35%	12.321,08	12.418	1,01	12,09
277	Gta. Ruiz Jiménez-2	377.469	244.132	133.337	35,32%	20.187,22	14.530	0,72	8,64
281	Gta. De Bilbao	204.271	111.994	92.277	45,17%	13.970,74	12.702	0,91	10,91
416	Pza. de Olavide	36.695	22.789	13.906	37,90%	2.105,37	7.534	3,58	42,94
	Total	1.864.740	1.049.196	815.544	43,73%	123.473,36	93.155	0,75	9,05

Tabla 3: Consumos anuales de energía, ahorros energéticos, costes y periodos de retorno de las inversiones

nologías presentadas permite obtener importantes ahorros energéticos, con unos periodos de retorno de las inversiones muy reducidos, lo que avala su implementación en otras fuentes ornamentales.

PARA SABER MÁS

[1] Mantilla-Peñalba LF, Cardona-Pardo JA. "Gestión Energética de los motores eléctricos: mejora de la eficiencia de los accionamientos con el uso de variadores de velocidad". <http://www.aedie.org/9CHLIE-paper-send/237-mantilla.pdf>

[2] Morales S, Culman M, Acevedo C, et al. "Quality evaluation of energy consumed in flow regulation method by speed variation in centrifugal pumps". <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/59/1/012011/meta>

[3] Carrillo-Romero JA, Rojas-Boyaca JA. "El variador de velocidad como método de arranque ideal de motores de inducción" http://revistas.upct.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/3414/3054

[4] Gaudrel L, Savreux A. "Tres pasos para reducir el coste total de la propiedad en sistemas de bombeo". Schneider Electric. <https://es.scribd.com/document/304894408/Tres-Pasos-Para-Reducir-El-Coste-Total-de-La-Propiedad-en-Sistemas-de-Bombeo>

[5] Ayuntamiento de Madrid. Contrato de Gestión Integral y Energética de Instalaciones Urbanas de la Ciudad de Madrid. Anexo A1, Anteproyecto de Obras de Instalación de Sistemas de Reducción del Consumo de Energía en Instalaciones Hidráulicas Ornamentales y Anteproyecto de Instalación de un Sistema de Telecontrol para las Instalaciones Hidráulicas Ornamentales. Madrid, 2013 <https://sede.madrid.es/sites/v/index.jsp?vgnextoid=a2f7909e42ae1410VgnVCM2000000c205a0aRCRD&vgne xtchannel=8afbd814231ede410VgnVCM1000000b205a0aRCRD>

[6] Jiménez-Andrés L, Lluna-Arriaga A, Monreal-Tolmo J. "Sistema de gestión energético-ambiental inteligente para la consecución de áreas optimizadas energéticamente en las Smart Cities". <http://www.ite.es/sistema-gestion-energetico-ambiental-inteligente-la-consecucion-areas-optimizadas-energeticamente-las-smart-cities/>

[7] Seac. C3A Control anemométrico de tres alarmas. http://www.seac.es/docs-pdf/GE_C3A_CAT_0001.pdf

[8] Schneider Electric. Automatización y control industrial. Variadores de velocidad y arrancadores. <https://www.schneider-electric.es/es/product-range/62317-altivar-process-atv600/?filter=business-1-automatizacion-y-control-industrial&parent-category-id=2900>

[9] Bombas Ideal. Datos técnicos de hidráulica. Bombas. <http://www.bombasideal.com/wp-content/uploads/catalogos/25-LIBRO%20HIDRAULICA%20D-020714.pdf>. 2016.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del artículo quieren manifestar que la aportación al conocimiento que pudiera derivarse del mismo, no hubiera sido posible sin el desempeño y la constancia que la Empresa ImesAPI tiene por esta actividad, desde hace muchos años, y concretamente su Departamento de Fuentes Ornamentales, donde los autores del artículo han aportado y recibido los conocimientos necesarios.

MATERIAL SUPLEMENTARIO

https://www.revistadyna.com/documentos/pdfs_adic/8651.pdf

