



# Guía para determinar la uniformidad de riego en el green de un campo de golf\*

Se ha realizado este estudio debido a los problemas que se pueden encontrar en el sistema riego de greens en un campo de golf. Los greens son las áreas más sensibles y para mantenerlos en óptimas condiciones las necesidades requeridas son mayores que en las otras áreas verdes del campo.

Las necesidades de agua pueden ser calculadas correctamente con un programa de riego de acuerdo con la variedad cespitosa, pero si el sistema de riego no aplica el agua uniformemente sobre el green, el césped reflejará rápidamente problemas relacionados con carencia o exceso de agua. Por lo tanto, es esencial saber qué cantidad de agua es aplicada y cómo es distribuida en el green.

Para calcular la uniformidad de riego se ha utilizado el método de los pluviómetros. El objetivo de este trabajo ha sido conseguir una guía basada en un número de pluviómetros y un tiempo de riego, bajo unas mismas condiciones de viento, para medir la uniformidad de riego en los greens. La metodología llevada a cabo consta de dos partes, la primera consiste en calcular el número mínimo de pluviómetros requeridos, y en segundo lugar calcular el tiempo de riego mínimo requerido.

Se ensayaron seis greens con diferentes sistemas de riegos y los resultados logrados, muestran que diez pluviómetros y cinco minutos de riego son valores suficientes de esos parámetros para medir la uniformidad del aporte hídrico en el green.



por JORGE LLORÉNS SAN JOSÉ

MSc Sports Surface Technology.  
Universidad de Cranfield (UK).

Ingeniero Agrónomo. Universita  
Miguel Hernández

Ingeniero Técnico Agrícola Universita  
Miguel Hernández

Greenkeeper en la construcción del campo de golf «Ochando golf» de 27 hoyos diseñado por el arquitecto D. Manuel Artigas

Jefe de Obra y greenkeeper en construcción del campo de golf «Castilblanco Golf» diseñado por el arquitecto D. Antonio García Garrido.

Becario del Programa Leonardo Da Vinci II, llevado a cabo en Golf de Joyenal en el departamento de Mantenimiento, bajo la supervisión de D. Stephen Okula.

Prácticas en Alicante Golf en el mantenimiento del campo de golf bajo la supervisión de D. Rafael González-Carrascosa.

\*Este artículo es un resumen de la tesis final del Master en Ciencias «Tecnología de Superficies Deportivas» realizado en la Universidad de Cranfield (UK).

En países desarrollados, el golf se ha convertido en un deporte que cada día atrae a más adeptos. El número de jugadores españoles hoy en día es tres veces mayor que hace 10 años y éste número sigue incrementándose cada año.

Según Soria *et al* (2005) cuando se habla de campos de golf de una manera informal, aparecen tópicos que no son realidades. Uno de ellos y de los más importantes es la cantidad y calidad de agua utilizada para el riego de los campos de golf. Actualmente, los campos de golf ya se diseñan para ahorrar la máxima cantidad de agua, lo que es logrado fundamentalmente con mejoras de infraestructura del campo como: perfil del suelo, sistema de drenaje, sistema de riego, etc.

El tema que nos ocupa es el sistema de riego, ya que su principal objetivo es garantizar la mejor eficiencia del uso del agua para conseguir el estado óptimo de la planta. Esto se consigue con la aplicación del agua requerida por la planta de una manera apropiada y homogénea.

El concepto básico uniformidad de riego consiste en que todas las partes de una zona regada reciban la misma cantidad de agua. Desafortunadamente, es un hecho que incluso los sistemas de riego más eficientes no consiguen. Huck establece, basándose en los datos del Irrigation Training and Research Center of California Polytechnic State University (ITRC) que «una uniformidad de distribución en un campo del 85% se considera excelente. Esto significa que los mejores sistema de riego ya adolecen de al menos un 15% de ineficiencia». Esto no es del todo correcto ya que uniformidad de distribución no es un término de eficiencia. Por ejemplo, un riego uniforme pero de excesiva duración puede generar escorrentía superficial y percolación profunda lo que se traduce en una baja eficiencia de riego.

Hay diferentes métodos para saber si el agua es aplicada con una buena uniformidad. El método de los pluviómetros es bueno para valorar el funcionamiento de un sistema de riego por aspersión. Los datos obtenidos con los pluviómetros son usados en las fórmulas de Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CU) o Uniformidad de Distribución (DU). Zoldoske en 2003 propone que un sistema de riego con un CU de un 80% o mayor se considera adecuado. Sin embargo Huck, según el ITRC, considera la siguiente tabla en cuanto a DU.

Excelente	Muy bueno	Bueno	Justo	Pobre
85% o mayor	80%	75%	70%	65% o menos

Tabla 1. Uniformidad de distribución (DU) % Fuente: California State Polytechnic University Irrigation Research and Training Center.

Antes de usar cualquier método de cálculo de uniformidad de riego, lo primero que se debe hacer es conocer varios parámetros importantes sobre el sistema de riego del campo de golf a estudiar. Parámetros como el espaciamiento y la distribución geométrica de los aspersores (debe ser uniforme), proveedor de los aspersores, modelo y combinaciones de boquillas, presiones de trabajo, velocidad de rotación de los aspersores, ángulo de rotación en los que sean sectoriales y otros como altura de los aspersores, pendientes del terreno, etc.

## OBJETIVOS

El objetivo de esta tesis fue conseguir una guía rápida y sencilla para medir la uniformidad de riego en los greens de cualquier campo de golf.

El método aplicado fue el de los pluviómetros basando el estudio en dos objetivos, el primer objetivo fue encontrar el mínimo número de pluviómetros requeridos para calcular una uniformidad significativa y real del green. El segundo fue buscar el tiempo mínimo de riego para lograr esa uniformidad.



Ilustración 1. Pluviómetro y probeta (Llorens, 2006)

## METODOLOGÍA

Los ensayos de esta tesis se llevaron a cabo en tres campos de golf de la provincia de Alicante. Los ensayos fueron realizados siguiendo el mismo patrón de metodología en los tres campos.

Para desarrollar la guía, se consideraron los siguientes parámetros:

### Parámetro A

**Pluviómetros:** La cantidad máxima elegida para comenzar las pruebas fue 60 pluviómetros. Cada uno tenía unas dimensiones de 19,5 cm de altura por 21,0 cm de diámetro, un área de 346 cm<sup>2</sup> y un volumen de 6,75 dm<sup>3</sup>. Todas las medidas de agua se realizaron con una probeta de 1 dm<sup>3</sup> de capacidad.



Ilustración 2. Green con la malla de pluviómetros

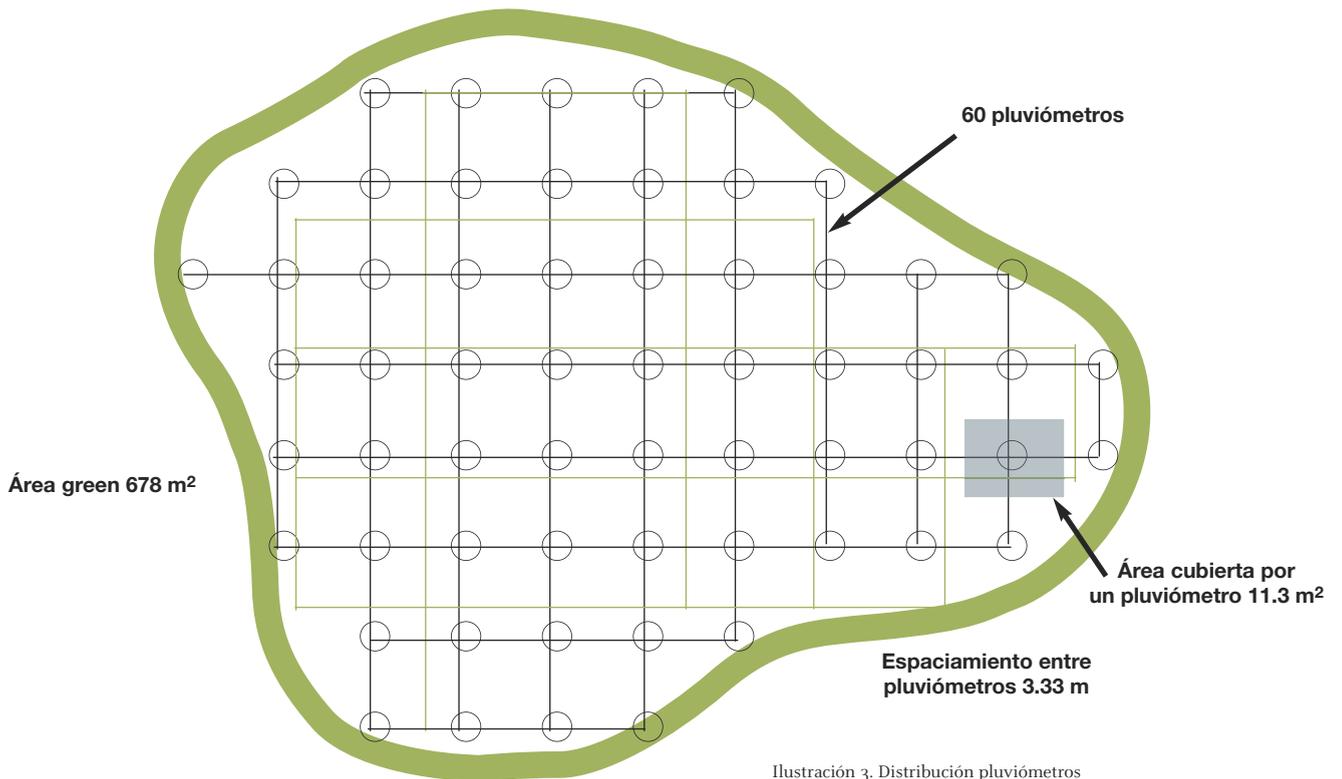


Ilustración 3. Distribución pluviómetros



Los pluviómetros se distribuyeron de manera uniforme formando una malla, sobre la superficie del green. Para el cálculo de esta malla se tomó el área de cada green dividiéndola entre el número total de pluviómetros, consiguiendo así el área cubierta por cada pluviómetro. La raíz cuadrada de éste área es el lado del cuadrado existente entre cada pluviómetro. De esta manera se calculó la distancia entre pluviómetros y se distribuyó la malla.

**Parámetro B**

Tiempos: Se ensayaron cuatro periodos de tiempo diferentes (5 minutos, 10 minutos, 15 minutos y 20 minutos).

Cada periodo de tiempo se repitió tres veces con 60 pluviómetros midiendo la cantidad de agua recogida entre repetición y repetición.

Los resultados obtenidos se usaron para calcular el Coeficiente de Uniformidad de Christianssen (CU) y la Uniformidad de Distribución (DU).

En términos de encharcamiento, regar un green durante 15 min. (5 min + 5 min + 5 min) seguidos no debe acarrear ningún problema para el césped, un riego de 30 min. (10 min + 10 min + 10 min) podría acarrear problemas, pero 45 min. (15 min + 15 min + 15 min) o 60 min. (20 min + 20 min + 20 min) sí que podrían suponer importantes problemas para la superficie cespitosa.

Los aspersores se levantaban con una diferencia entre 5 y 30 segundos, pero todos ellos regaban el mismo tiempo. La posición de cierre del aspersor de los primeros 5 minutos era la misma, que la de inicio de los siguientes 5 min, por lo tanto el error era muy pequeño y se podían contar dos periodos de 5 min como un periodo de 10 min. Se necesitaban tres días para estudiar un green en cada campo ya que el máximo riego dado era de 20 min por día.

Como se muestra en la Tabla 2, agrupamos repeticiones de periodos de tiempo. Así, en lugar de efec-

Primer día	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	Primer día	3 repeticiones 5 min.
	5 min.					2 repeticiones 10 min.
	5 min.	1 repetición 15 min.				
	5 min.	1 repetición 20 min.				
Segundo día	10 min.	15 min.	20 min.	Segundo día	1 repetición 10 min.	
	5 min.				1 repetición 15 min.	
	5 min.				1 repetición 20 min.	
Tercer día	15 min.	20 min.	Tercer día	1 repetición 15 min.		
	5 min.			1 repetición 20 min.		

Tabla 2. Esquema de las pruebas de tiempo y la agrupación de tiempos en cada día

tuar tres pruebas de los 4 tiempos, lo cual representaría 2 horas y 30 minutos (15 min + 30 min + 45 min + 60 min) aprovechamos los datos conseguidos cada día, para obtener de manera rápida y sencilla el objetivo del ensayo.

Por ejemplo, las pluviometrías de las tres repeticiones de 5 minutos nos sirven también como dato de pluviometría de una repetición de 10 min. (5 + 5) y como dato de una repetición de 15 min (5 + 5 + 5). Así pues, el tiempo total requerido es de 1 hora.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los tres campos se estudiaron los greens con 60 pluviómetros y los cuatro periodos de tiempo 5 min, 10 min, 15 min, 20 min. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante un Análisis de varianza (ANOVA). El ANOVA demostró que no existían diferencias significativas entre periodos de tiempo, lo que quiere decir que existe el mismo CU y DU para 5 min. de riego que para 10 min, 15 min y 20 min.

60 Pluviómetros	R1	R2	R3	Total	Media
5min	82.90	78.63	83.33	244.86	81.62
10 min	82.49	80.98	81.26	244.73	81.58
15 min	83.35	82.72	84.24	250.31	83.44
20 min	83.16	82.97	86.01	252.15	84.05
Total	331.90	325.30	334.84	992.05	330.68
Media	82.98	81.33	83.71	248.01	82.67

Tabla 3. Comparación entre tiempos y repeticiones de CU superando el nivel del 80% de aceptable con 60 pluviómetros en un green de un campo comercial de 18 hoyos. R: repetición.

60 Pluviómetros	R1	R2	R3	Total	Media
5min	79.14	78.63	60.34	208.34	69.45
10 min.	76.28	80.98	74.43	218.35	72.78
15 min.	73.80	82.72	75.64	226.12	75.37
20 min.	73.66	82.97	76.24	224.43	74.81
Total	302.88	325.30	286.66	877.24	292.41
Media	75.72	81.33	71.66	219.31	73.10

Tabla 4. Comparación entre tiempos y repeticiones de CU no superando el nivel del 80% de aceptable con 60 pluviómetros un green de un campo comercial de 18 hoyos. R: repetición.

Para el desarrollo de la guía se fijó la variable tiempo para el periodo de 5 min. De esta manera fueron descartados los periodos de tiempo 10min, 15min y 20 min.

Una vez fijada la variable tiempo, la tesis se centró en el primer objetivo de reducir al mínimo posible, el número de pluviómetros. Lo que se hizo fue reducir aleatoriamente los datos de los pluviómetros instalados en el green ya obtenidos. De esta manera se obtuvieron muchas variaciones posibles, desde dos variaciones de 30 pluviómetros hasta 10 variaciones de 6 pluviómetros. Este resultado aleatorio resulto errático porque, mientras que en algunas no existían diferencias de CU y DU, en otras sí. Eso fue debido, a un criterio erróneo en la selección de los pluviómetros.

Ante esta situación, se planteó hacer mallas de 30, 20, 15, 10 y 6 pluviómetros y superponerlas a la malla de 60 pluviómetros ensayada. En ésta malla, cada pluviómetro tenía un dato real, entonces al superponer la malla de 30, se tomaban los 30 valores más cercanos de la malla de 60. Al no haber diferencias significativas se redujo el número sucesivamente hasta 6 pluviómetros, dónde el análisis de varianza mostró que existían diferencias significativas.



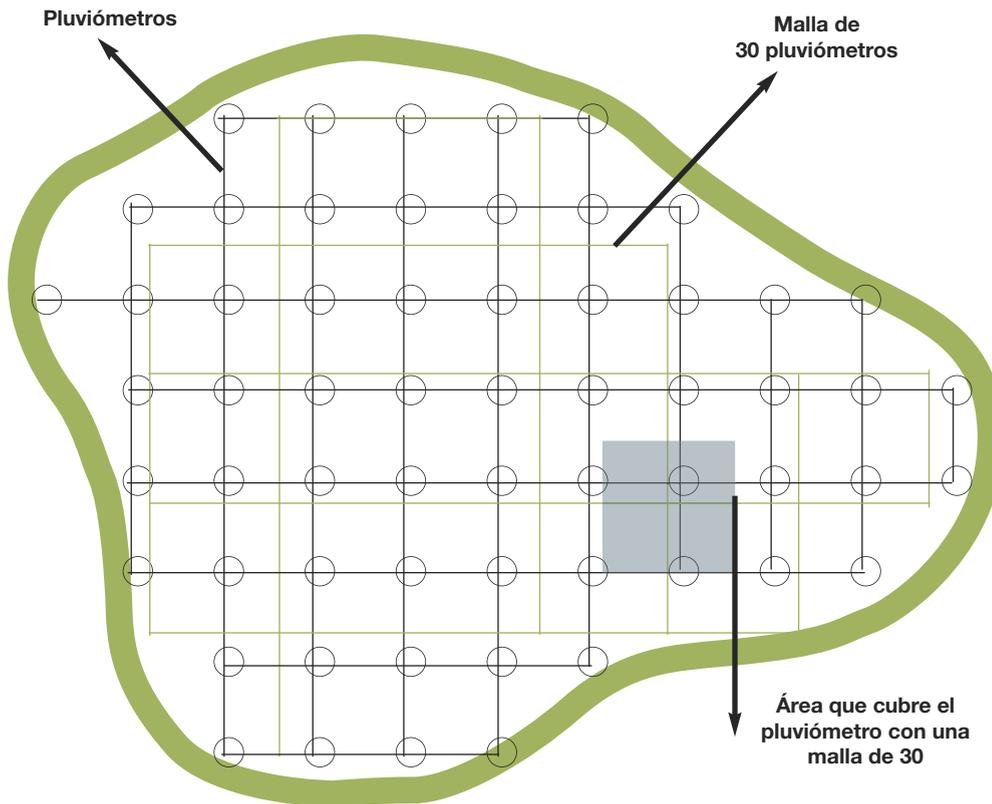


Ilustración 4. Malla de 30 pluviómetros superpuesta en la malla de 60

10 Pluviómetros	R1	R2	R3	Total	Media
5 min	80.93	82.05	85.81	248.78	82.93
10 min	83.02	84.74	81.85	249.62	83.21
15 min	85.15	83.86	82.00	251.01	83.67
20 min	85.48	83.79	86.47	255.74	85.25
Total	334.58	334.44	336.13	1005.16	335.05
Media	83.65	83.61	84.03	251.29	83.76

Tabla 5. Comparación entre tiempos y repeticiones de CU superando el nivel del 80% de aceptable con 10 pluviómetros un green de un campo comercial de 18 hoyos. R: repetición.

10 Pluviómetros	R1	R2	R3	Total	Media
5 min	76.12	71.01	51.16	198.29	66.10
10 min.	74.57	62.22	72.39	209.18	69.73
15 min.	65.67	73.54	82.66	221.87	73.96
20 min.	67.84	71.54	80.45	219.83	73.28
Total	284.20	278.31	286.65	849.16	283.05
Media	71.05	69.58	71.66	212.29	70.76

Tabla 6. Comparación entre tiempos y repeticiones de CU no superando el nivel del 80% de aceptable con 10 pluviómetros un green de un campo comercial de 18 hoyos. R: repetición.

Los resultados obtenidos indicaron que 10 pluviómetros podrían ser suficientes para ser el dato del parámetro A.

Este dato se comprobó en campo. Se hicieron dos pruebas, una con 60 pluviómetros durante un periodo 5 min.(G-1-60) y otra con 10 pluviómetros con el mismo periodo de tiempo (G-2-10). Para compararlos estadísticamente se necesitan al menos tres variables, La tercera variable (G-3-10) se consiguió superponiendo una hipotética malla de 10 pluviómetros sobre la malla de la prueba G-1-60. (Como se explica anteriormente).

Las dos variables conseguidas en campo y la variable hipotética comparadas entre si, estadísticamente mostraron no tener diferen-

60 Pluviómetros	G-1-60
5 min	83,85
10 Pluviómetros	G-2-10
5 min	84,88
10 Pluviómetros	G-3-10
5 min	80,80

Tabla 7. Comparación del CU de las pruebas G-1-60, G-2-10, G-3-10

cias significativas. También demostraron que cuando mayor era el número de pluviómetros mayor era la precisión de la uniformidad.

Cuanto mayor es la precisión, menor es el intervalo. En el gráfico 1 se puede apreciar como la precisión es mucho mayor en la repetición de 60 pluviómetros que en las de 10 pluviómetros

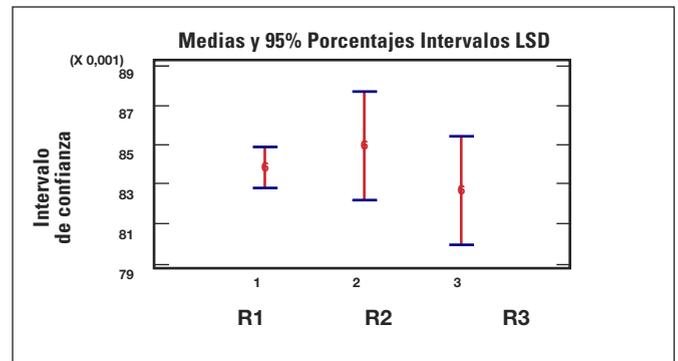
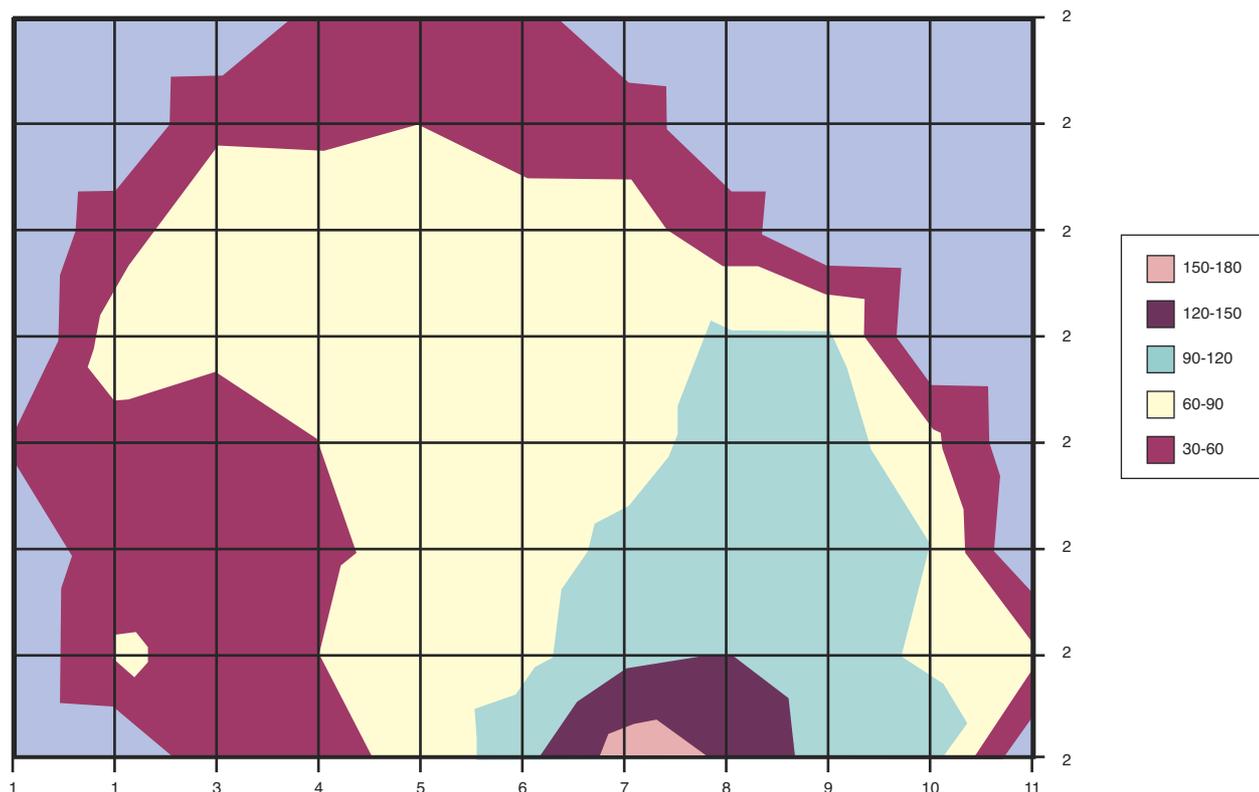


Gráfico 1. ANOVA de la comparación de la tabla 7

También se puede realizar con los volúmenes recogidos por los pluviómetros, un mapa de distribución de agua en el green. Donde se marcaran las zonas más secas y las zonas más húmedas, como se puede apreciar en el Mapa 1.



Mapa 1 Distribución del agua en el green después de un riego

La cantidad de agua recogida en los 60 pluviómetros durante 5 minutos fue de 4470 mm. Si se establece la media pluviométrica en 74.5 mm. Se pueden diferenciar perfectamente las zonas más secas de las zonas más regadas.

### CONCLUSIÓN

Los ensayos realizados y los resultados obtenidos mostraron que se puede medir la uniformidad de riego de un green usando tan sólo 10 pluviómetros colocados uniformemente y con un riego de 5 minutos.

Cuanto mayor es el número de pluviómetros, mayor será la precisión. Por lo tanto la metodología planteada para medir la uniformidad de riego en los greens sería:

1. Conocer el área del green.
2. Dividir el área del green entre 10 pluviómetros
3. Cubrir la superficie del green con la malla de 10 pluviómetros.
4. 5 minutos de riego.
5. Contar volumen de agua recogido
6. Utilizar fórmula de Christiansen para calcular el CU.

Si el CU sale por debajo del 80% establecido, entonces se deberán comprobar los parámetros anteriormente citados del sistema de riego. ■



### Bibliografía

Huck M (sin fecha). «Irrigation Uniformity». Irrigation and Turfgrass services. [http://www.turf.msu.edu/docs/74th\\_Conference/Huck\\_Water\\_Irrigation.pdf](http://www.turf.msu.edu/docs/74th_Conference/Huck_Water_Irrigation.pdf)  
Fecha de visita: 03/08/2006.

Soria A. Caro M, Contreras F. 2005. «Estimación de las necesidades de agua de las gramíneas cespitosas de un campo de golf». Sistema de información agraria de Murcia (S.I.A.M.) Instituto murciano de investigación y desarrollo agrario y alimentario. (I.M.I.D.A.)

Zoldoske D.F. 2003. «Improving Golf Course Irrigation Uniformity: A California Case Study.» California Agricultural Technology Institute. California State University. Fresno.