

Parámetros de explotación y uniformidad de riego en la máquina de pivote central OTECH-IRRIMEC

Operation and irrigation uniformity parameters in the central pivot machine OTECH-IRRIMEC

Esequiel Rolando Jiménez Espinosa¹, Miguel Domínguez González², Ricardo Pérez Hernández³

RESUMEN. En este trabajo se realizaron evaluaciones de campo de la uniformidad y calidad del riego de la máquina de riego pivote central OTECH IRRIMEC, utilizando la distribución de boquillas difusoras nacionales (IIRD) y las boquillas Spray Nelson D3000K, según los procedimientos establecidos en la norma 11545 de la NC ISO. Bajo estas condiciones se realizaron cuatro pruebas a 1 y 2 metros de altura, con contrapesos y sin ellos y reguladores, donde se determinaron los parámetros de uniformidad del riego. Estos fueron: Coeficiente de uniformidad de Heermann y Hein (CU_h), Uniformidad de distribución ($UD_{25\%}$), Coeficiente de uniformidad de variación según Bremond y Molle (CU_v) y el Área Regada Adecuadamente (ARA), Área Regada Excesivamente (ARE) y Área Regada Insuficientemente (ARI). Se procesaron los datos y los resultados mostraron que la mejor variante en cuanto a la uniformidad y calidad del riego fue la de utilizar *boquilla difusora IIRD a 1m de altura, sin regulador de flujo y con contrapesos*, debido a que posee mejores valores de CU_h con 82,33%, $UD_{25\%}$ con 68,08%, CU_v con 77,51% y un ARA de un 56%.

Palabras clave: calidad del riego, boquillas difusoras, evaluación de campo.

ABSTRACT. In this work were carried out field tests of uniformity and irrigation quality of central pivot irrigation machine OTECH IRRIMEC using distribution of national sprayers (IIRD) and sprayers Nelson D3000K, according to standard procedure 11545 of the NC ISO. Under these conditions four tests were carried out to 1 and 2 meters high, with counterbalances and without them and regulators, where the parameters of irrigation uniformity were determined. These parameters were: Coefficient of uniformity of Heermann and Hein (CU_h), Uniformity of Distribution ($UD_{25\%}$), Coefficient of variation uniformity according to Bremond and Molle (CU_v) and the Area Irrigated Appropriately (ARA), Area Irrigated Excessively (ARE) and Area Irrigated Insufficiently (ARI). The data were processed and the results show that the best variant of uniformity and irrigation quality is given by *spray IIRD at 1m of height, without regulator of flow and with counterbalances*, because of it possesses better values of CU_h with 82,33%, $UD_{25\%}$ with 68,08%, CU_v with 77,51% and an ARA of 56%.

Keywords: irrigation quality, sprayers, field evaluation.

1 M.Sc. Investigador Agregado, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, IAGRIC. Ave. Camilo Cienfuegos y Calle 27, Apdo. 6090, Ciudad de la Habana, Cuba, E-mail: esequiel@iagric.cu

2 Dr. Ciencias Técnicas. Investigador Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, IAGRIC.

3 Dr. Ciencias Técnicas. Especialista, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, IAGRIC.

Recibido 10/03/10, aprobado 15/05/11, trabajo 02/11, investigación.

INTRODUCCIÓN

En nuestro país, sin riego no es posible obtener rendimientos agrícolas óptimos al menos durante seis meses en el año. Y aunque el 70% del potencial hídrico se dedica a esta actividad, aún así resulta insuficiente, en relación con las áreas potencialmente cultivables. La baja eficiencia en la operación de los sistemas de riego constituye uno de los problemas más agudos que afectan a las áreas bajo riego en Cuba, por tal razón, todo trabajo que se relacione con la cuantificación de índices de eficiencia de aplicación del agua para la optimización del aprovechamiento de los recursos hídricos y energéticos y la preservación del medio ambiente, adquiere un valor considerable para las zonas bajo regadío.

El mejoramiento de la eficiencia de los sistemas de riego es un tema también prioritario para la mayoría de los países del mundo, donde se plantea que este es un factor importante para el aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos en función de potenciar los rendimientos

y contribuir a la seguridad de la alimentación de los pueblos (Madramootoo y Fyles, 2010).

En los últimos años el Ministerio de la Agricultura de Cuba ha desarrollado importantes inversiones para la modernización de los sistemas de riego en las cuales están incluidos con un gran peso los pivotes. Existen en estos momentos diferentes firmas extranjeras que proveen estos equipos de tecnología moderna. Entre estas está la IRRIMEC que ha suministrado al país algunos equipos. En la Unidad de Desarrollo Científico Técnico de Riego y Drenaje, en Pulido, Alquizar, al sur de la provincia de La Habana, está instalada una máquina de riego de pivote central de esta firma con el objetivo de ser evaluada y utilizada en la investigación. El objetivo de este trabajo es determinar algunos parámetros de explotación de la Máquina de Pivote Central OTECH-IRRIMEC, así como establecer la mejor variante de operación de la misma en cuanto a los parámetros de uniformidad de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área

El proyecto está ubicado en la Unidad de Desarrollo Científico Técnico (UDCT) de Riego y Drenaje, en Pulido, Alquizar. El mismo se referencia con las siguientes coordenadas geográficas: 23° 46' 59,76" Latitud Norte y 82° 36' 4,59" Longitud Oeste, y altura de

8m sobre el nivel del mar. El cultivo que estaba sembrado en el momento de las evaluaciones fue la malanga, en un cuadrante (3,33 ha). La máquina de riego de pivote central evaluada en esta área es de la marca OTHECH IRIMEC y en la Figura 1 se ilustran las partes fundamentales de su estructura.



FIGURA 1. Partes esenciales de la estructura de la máquina de riego de pivote central OTHECH IRIMEC.

Determinación de la calidad del riego

Se realizaron siete ensayos de campo a la máquina; a diferentes velocidades, con el objetivo de determinar la calidad del riego. La norma utilizada para los ensayos fue la NC ISO 11545 (2005). Las mismas, se efectuaron con

los emisores Spray Nelson D3000K y Spray IIRD colocados a 1 y 2 m de altura (Figura 2). El espaciamiento entre emisores es de 2m.

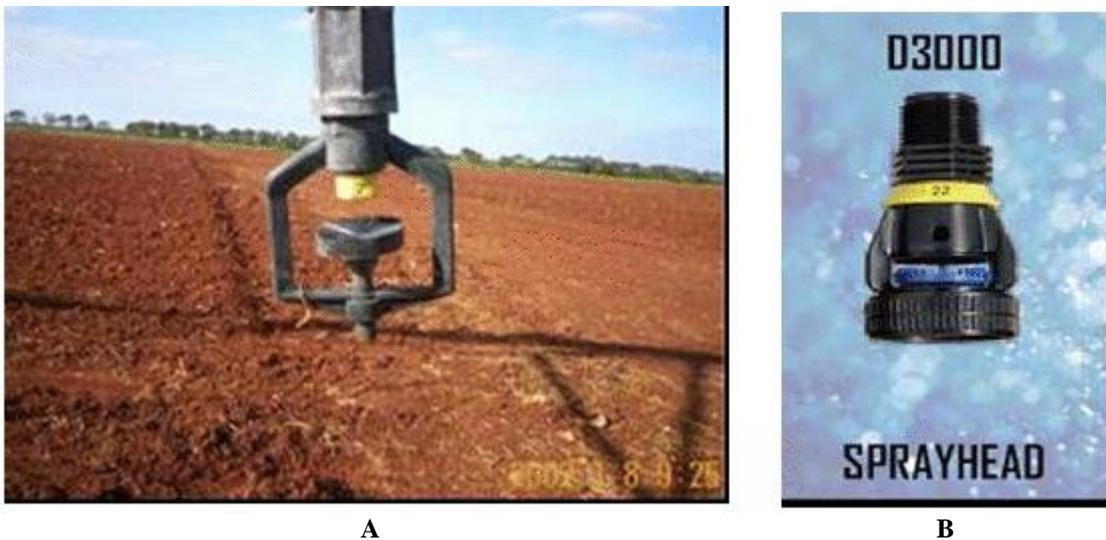


FIGURA 2. Emisores utilizados en las evaluaciones: A-boquilla difusora IIRD y B-Spray Nelson D3000K.

Las **variantes utilizadas** para cada evaluación son las siguientes:

Evaluación 1: con Spray Nelson D3000K, 1 m de altura, con regulador de presión, y con contrapeso.

Evaluación 2: con Spray Nelson D3000K, 1 m de altura, con regulador de presión, y sin contrapeso.

Evaluación 3: con Spray Nelson D3000K, 2 m de altura, con regulador de presión, y con contrapeso.

Evaluación 4: con Spray Nelson D3000K, 2 m de altura, con regulador de presión, sin contrapeso.

Evaluación 5: con boquillas difusoras IIRD, 1 m de altura, con regulador de presión, sin contrapeso.

Evaluación 6: con boquillas difusoras IIRD, 1 m de altura, sin regulador de presión, sin contrapeso.

Evaluación 7: con boquillas difusoras IIRD, 1 m de altura, sin regulador de presión, con contrapeso.

Los **indicadores que se determinaron** fueron los siguientes:
Coeficiente de uniformidad de Heermann y Hein (1968):

$$CU_h = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n D_i |C_i - M_c|}{\sum_{i=1}^n C_i D_i} \right] \cdot 100 \quad (\%) \quad M_c = \frac{\sum_{i=1}^n C_i D_i}{\sum_{i=1}^n D_i}$$

donde:

n – número de colectores;

C_i - cantidad recogida por el colector (con *i* variando entre 1 y *n*);

D_i - área regada por el colector *i* o distancia del centro del pivote al colector *i*;

M_c - media ponderada de las cantidades recogidas por los *n* colectores.

Coeficiente de uniformidad de variación según Bremond y Molle (1995):

$$CU_v = \left[1 - \frac{1}{\frac{\sum C_i D_i}{D_i}} \sqrt{\frac{\sum \left(C_i - \frac{\sum C_i D_i}{\sum D_i} \right)^2 D_i}{\sum D_i}} \right] \cdot 100 \quad (\%)$$

Uniformidad de distribución: $UD_{25\%} = \frac{\text{Lámina media en el 25\% del área menos regada}}{\text{Lámina media de toda el área}} \cdot 100 \quad (\%)$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se reflejan los resultados de las evaluaciones técnicas y de calidad del riego realizadas a la máquina de pivote central OTECH-IRRIMEC. En las evaluaciones se observa en primer lugar una disminución de la lámina de aplicación medida respecto al valor de la misma suministrado por el fabricante. Dicha disminución es de 2,85 mm como promedio. Esto es debido fundamentalmente a que las velocidades medidas del avance de la última torre de los pivotes, son mayores a las nominales.

Sin embargo, en la **evaluación 3** la lámina medida supera a la del fabricante en 1,53 mm. Esto se explica por el mismo ciclaje del motogenerador, que tuvo sus efectos en la disminución de la velocidad de la máquina, en un momento donde no coincidió con las mediciones de velocidad realizadas.

Por su parte los valores del Coeficiente de Uniformidad de Hermann y Hein (**CU_h**) oscilaron entre 64,79% y 82,33%, obteniéndose el mayor valor en la **evaluación 7** con *boquilla difusora IIRD a 1m de altura, sin regulador de flujo y con contrapesos*. Este rango del valor del **CU_h** se acerca al criterio de Tarjuelo (1999) de que una parcela está bien regada cuando se logra un **CU_h**

entre 85 y 90%. También se introdujo en las primeras posiciones los reguladores de presión ya que el diámetro mínimo de las boquillas difusoras IIRD es de 2,5 mm, cuando generalmente en las posiciones iniciales de las máquinas dichos diámetros son inferiores. Otro elemento es que se evita el encharcamiento alrededor de la cimentación del pivote, lo cual es extremadamente peligroso pues puede provocar el vuelco de la estructura pivotante de la máquina.

La Uniformidad de Distribución (**UD_{25%}**) también posee uno de los mayores valores en la **evaluación 7**, donde el porcentaje de la lámina media del 25% del área menos regada, es uno de los que más se aproxima a la lámina promedio en toda la superficie con un 68,08%. Este parámetro es solo superado por las **evaluaciones 4 y 5**.

En cuanto al Coeficiente de uniformidad de variación (**CU_v**), también la **evaluación 7** posee el valor más alto con un 77,51%. Este parámetro estadístico, según Bremond y Molle (1995), está basado en el Coeficiente de Variación, por lo que es más sensible a las variaciones extremas de lámina recogida por los colectores que el **CU_h**.

La distribución de la lámina de agua aplicada por la máquina en cada evaluación, así como los valores de Área

Regada Adecuadamente (**ARA**), Área Regada Excesivamente (**ARE**) y Área Regada Insuficientemente (**ARI**) mostraron en sentido general que el **ARA** no sobrepasa en ninguna de las evaluaciones el 60%. La variante de la **evaluación 2** posee la mayor **ARE** con un 35% (**Figura 3**) y la variante de la **evaluación 3** el mayor **ARI** de un 50% (**Figura 4**). Por estas razones estas dos variantes con spray Nelson D3000K a 1 m y 2 m de

altura, con regulador de presión, y sin o con contrapesos, resultan inadecuadas para la operación de esta máquina en cuanto a la calidad del riego.

Nuevamente en estos indicadores sigue siendo la mejor variante la **evaluación 7** con **boquilla difusora IIRD a 1m de altura, sin regulador de flujo y con contrapesos**, ya que el **ARA** es superior a todos con un 56% (**Figura 5**).

TABLA 1. Algunos parámetros técnicos y de calidad del riego, de la máquina eléctrica de Pivote Central OTECH-IRRIMEC

Parámetros	UM	Evaluaciones						
		1	2	3	4	5	6	7
Lámina real obtenida	mm	5,92	5,43	19,78	17,44	10,2	17,82	18,36
Lámina según fabricante	mm	6,8	6,8	18,25	18,25	18,25	21,1	21,1
Lámina del 25% de menor pluviometría.	mm	3,74	3	10,6	12	7,4	10,7	12,5
Coficiente de uniformidad (CU _h)	%	71,17	66,55	64,79	80,52	79,14	76,96	82,33
Coficiente de Uniformidad de Variación (CU _v)	%	63,28	58,71	54,51	74,13	72,69	69,72	77,51
Uniformidad de distribución (UD _{25%})	%	63,28	55,22	53,7	68,94	72,7	60,33	68,08
Presión de trabajo	kPa	120	120	120	120	150	180	160
Velocidad el viento	km/h	7,2	9	10,18	13,5	12	7,7	10,44
Velocidad de avance según carta de aspersión.	m/h	85,92	85,92	32,22	32,22	32,22	64,44	64,44
Velocidad real de avance	m/h	100	93,75	42,91	36,98	-	73	64,86

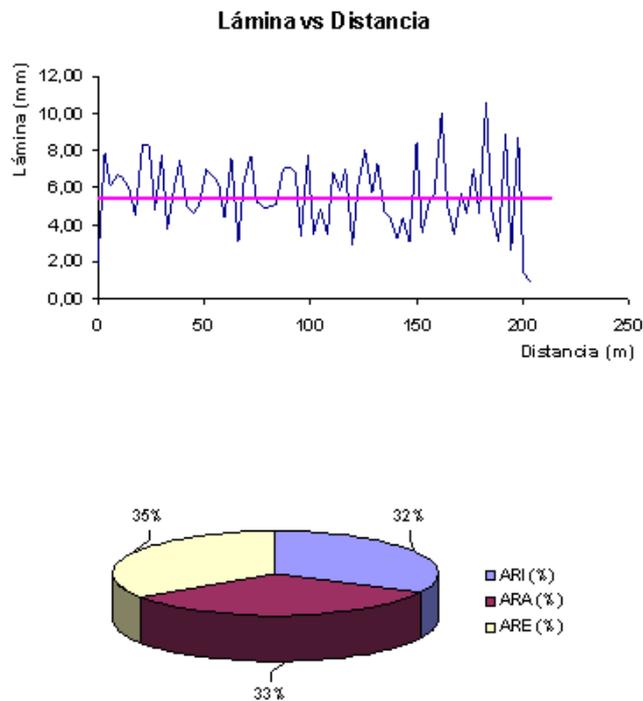


FIGURA 3. Distribución de la lámina de la Máquina OTEES-IRRIMEC y distribución de las áreas regadas (Evaluación 2).

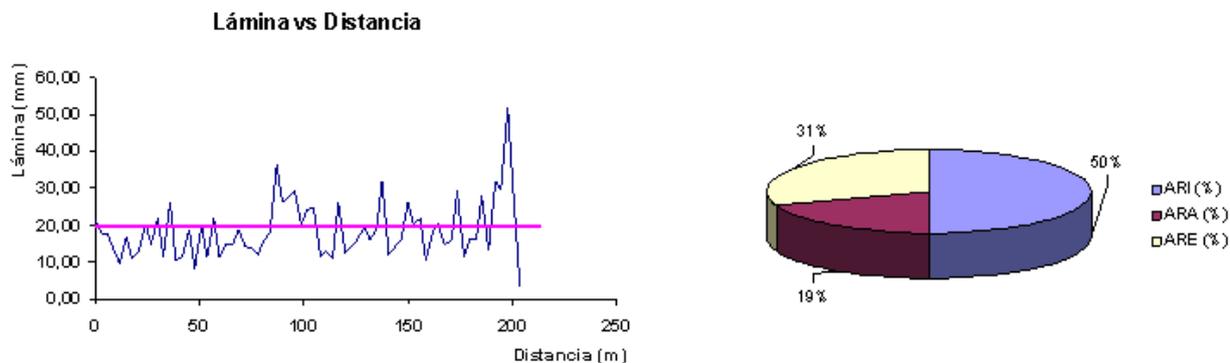


FIGURA 4. Distribución de la lámina de la Máquina OTECH-IRRIMEC y distribución de las áreas regadas (Evaluación 3).

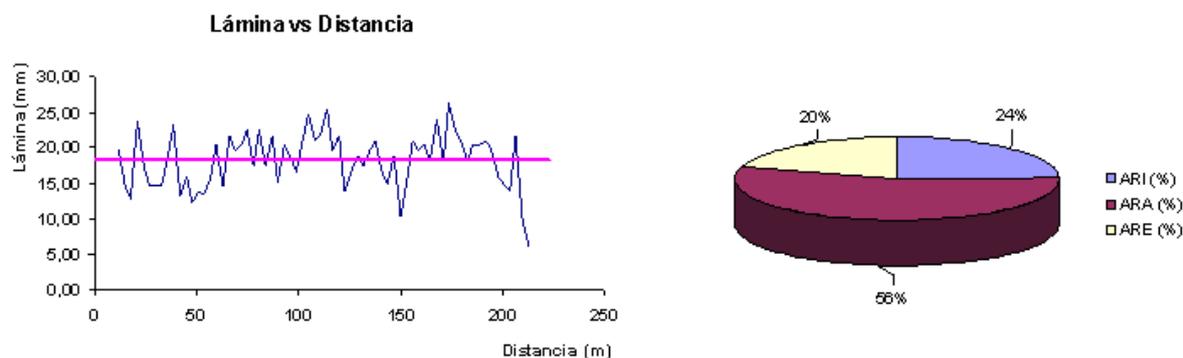


FIGURA 5. Distribución de la lámina de la Máquina OTECH-IRRIMEC y distribución de las áreas regadas (Evaluación 7).

CONCLUSIONES

- La disminución promedio de la lámina aplicada medida fue de 2,85 mm respecto al valor definido por el fabricante, lo que se debe fundamentalmente a los problemas del ciclaje del motogenerador de electricidad.
- Se define como mejor variante de operación en cuanto a la uniformidad y calidad del riego para la máquina de riego de pivote central OTECH IRROIMEC la de utilizar *boquilla difusora IIRD a 1m de altura, sin regulador de flujo y con*

contrapesos, ya que se obtuvo el mejor Coeficiente de uniformidad de Hermann y Hein (CU_h) 82,33%, la Uniformidad de Distribución ($UD_{25\%}$) dio que la lámina promedio del 25% del área menos regada, representa el 68,08% de la lámina media del área completa, que el Coeficiente de uniformidad de variación (CU_v) alcanzó el mayor valor, con un 77,51%, reflejando el mayor porcentaje del Área Regada Adecuadamente (ARA), con un 56%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BREMOND, B. , y B. MOLLE : Characterization of rainfall under center pivot: influence of measuring procedure, *J. Irrig. Drain. Eng.*, 121(5): 347-353, 1995.
- GONZALEZ, P.: Metodología para el Diseño y Evaluación de los Sistemas de Riego con Maquinas de Pivote Central: Un Nuevo Enfoque, **Tesis (en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas)**, Etapa de inscripción y Pre-Defensa, UNAH-IIRD, La Habana, 2007.

HEERMANN, D. F., y P.R. HEIN: Performance characteristics of self-propelled center pivot sprinkler irrigation system, *Transactions of the ASAE* 11(1): 11-15, 1968.

MADRAMOOTOO CHANDRA A. Y HELEN FYLES: Irrigation in the context of today's global food crisis, *Irrigation and Drainage*, 59: 40-52, 2010.

MINAG: *Reglamento para la Organización, Operación y Mantenimiento de los Sistema de Riego y Drenaje*, Ministerio de la Agricultura, Octubre, La Habana, Cuba, 2004.

NC ISO 11545:2005: *Máquinas agrícolas para riego – Pivotes centrales y maquinas de avance frontal equipadas con boquillas difusoras o aspersores–determinación de la uniformidad de distribución del agua* (ISO 11545:2001, IDT), Vig. Julio 2005

OTECH: *Nomenclatures*, Pivot ST168, Groupe IRRIMEC. France, 2001.

TARJUELO, J.M.: *El riego por aspersión y su tecnología*, Ed. Mundi-Prensa, Segunda Edición, 569pp., Madrid, España, 1999.

**...sistemas integrales de ingeniería agrícola,
nuestra contribución a la seguridad alimentaria...**



IAgric
Instituto de Investigaciones
de Ingeniería Agrícola

**desarrollamos
y comercializamos**

- Elementos para Sistemas de Riego.
- Implementos y Equipos de Mecanización Agropecuaria.
- Asistencia Técnica especializada para la instalación, y explotación de tecnologías agrícolas.
- Servicios de ingeniería para el diseño de sistemas de riego y drenaje y equipos y máquinas agrícolas.
- Servicios de pruebas y validación de tecnologías agrícolas.
- Servicios de capacitación y entrenamiento especializados en los campos de la ingeniería agrícola.

INFORMACIÓN: Unidad de Producciones Tecnológicas y Comercial
Avenida Camilo Cienfuegos y Calle 27 Arroyo Naranjo
E-mail: comercial@ilrd. cu Teléfonos(537) 691 2533 / 691 2665