
NORMA CUBANA

NC

EN 14049: 2013
(Publicada por el CEN en 2005)

**TÉCNICAS DE RIEGO — INTENSIDAD DE APLICACIÓN DE
AGUA — PRINCIPIOS DE CÁLCULO Y MÉTODOS DE
MEDIDA (EN 14049:2005 + EMD:2006, IDT)**

**Irrigation techniques - Water application intensity - Calculation principles and
measurement methods**

ICS: 65.060.35

1. Edición Diciembre 2013
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.
Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio
Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC) es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 89 de Maquinaria Agrícola y Tractores, integrado por representantes de las siguientes entidades:

- | | |
|--|---|
| - Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. - MINAG | - Instituto Nacional de Investigaciones de la caña de azúcar. - MINAZ |
| - Grupo Empresarial GELMA | - Unión Agropecuaria Militar - UAM |
| - Instituto de Investigaciones Forestales. MINAG | - Centro de Tecnología y Calidad del SIME |
| - Instituto Nacional de Inv. de Sanidad Vegetal. | - Oficina Nacional de Normalización. |
| - Dirección de Ingeniería Agropecuaria MINAG | - Grupo de aseguramiento y control de la calidad del MINAG. |
| - Centro de Mecanización Agropecuaria del MES | |

- Es una adopción idéntica de la Norma Europea EN 14049:2005. Técnicas de riego – Intensidad de aplicación de agua. Principios de cálculo y métodos de medida. Con la enmienda del 2006.

© NC, 2013

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba.

TÉCNICAS DE RIEGO — INTENSIDAD DE APLICACIÓN DE AGUA — PRINCIPIOS DE CÁLCULO Y MÉTODOS DE MEDIDA

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Cubana establece:

- principios y fórmulas para calcular la intensidad de aplicación de agua en sistemas de riego por aspersión (fijos y móviles);
- métodos de ensayo y directrices para la medición de la intensidad de aplicación de agua en los diferentes sistemas de riego tanto en campo como en laboratorio.

Se aplica a sistemas fijos de riego por aspersión: bloque de aspersión, sistemas de riego automático de zonas verdes, aspersores y difusores para sistemas de microirrigación, y a sistemas móviles de riego por aspersión: enrolladotes, pivotes y laterales.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación:

EN 12324-1:1998 – Técnicas de riego – Sistemas con enrolladores. Parte 1: Series dimensionales.

EN 12324-2:1999 – Técnicas de riego – Sistemas con enrolladores. Parte 2: Especificaciones de los tubos de polietileno para enrolladores.

EN 12324-3:1999 – Técnicas de riego – Sistemas con enrolladores. Parte 3: Presentación de la características técnicas.

NC-EN 12324-4:1999 – Técnicas de riego – Sistemas con enrolladores. Parte 4: instrucciones para el usuario.

EN 12325-3:1999 – Técnicas de riego – Instalaciones de pivote central y de avance frontal. Parte 3: Terminología y clasificación.

ISO 11545:2007 Equipos de riego – Pivote central y sistemas de avance frontal con boquillas para aspersores o difusores. Determinación de la uniformidad de la distribución del riego.

ISO 7749-1 – Equipos de riego. Aspersores giratorios. Parte 1: Requisitos de diseño y funcionamiento.

ISO 7749-2 – Equipos de riego. Aspersores giratorios. Parte 2: Uniformidad de la distribución y métodos de ensayo.

ISO 8026 – Equipos agrícolas para riego. Difusores. Requisitos generales y métodos de ensayo.

3 TERMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de esta norma, se aplican los términos y definiciones dados en las Normas EN 12324-1:1998, EN 12324-2:1999, NC-EN 12324-3, EN 12324-4:1999, EN 12325-3:1999, y las siguientes.

3.1 sistema de riego por aspersión: Conjunto de quipos de riego (como un aspersor aislado, un conjunto de aspersores fijos en un bloque de aspersión, el conjunto de aspersores o boquillas acoplados a la barra de un sistema con enrolladotes, pivote central o lateral, el cañón móvil acoplado a un enrollador, un cañón de extremo en un pivote y lateral) que aplica agua sobre un área determinada (es decir, la superficie instantáneamente mojada).

3.2 sistema de riego móvil: Cualquier tipo de sistema de riego que se mueve durante el riego. El movimiento puede ser lineal o circular y/o continuo o intermitente.

3.3 lámina de riego (D): Profundidad media (mm) de agua distribuida sobre una zona durante un único riego.

3.4 intensidad instantánea de aplicación de agua (I): Lámina de riego aplicada por unidad de tiempo durante un período de tiempo dado (normalmente un período corto de tiempo), en un punto establecido (normalmente sobre un área pequeña). La unidad de medida más común para la intensidad de aplicación de agua es (mm h⁻¹).

3.5 intensidad media de aplicación de agua (Ia): Lámina media aplicada por unidad de tiempo (mm h⁻¹) medida o calculada como la media de la lámina de riego recogida: (i) por tiempo, durante un período de tiempo (por ejemplo, durante un período de riego), y/o (ii) por área (por ejemplo, sobre una parcela de riego o parte de ella).

3.6 área mojada (S): Área de una parcela que recibe o ha recibido agua.

3.7 período de riego: El período de riego al cual se refiere la intensidad de aplicación de agua que puede ser tanto un período de tiempo, cuando la IAA (intensidad de aplicación de agua) se obtiene a partir de parámetros hidráulicos, o el tiempo de riego para una evaluación local bajo un sistema móvil o fijo.

4 METODOS DE CÁLCULO EN RELACION A LA INTENSIDAD DE APLICACIÓN DE AGUA

4.1 Lámina de riego

La lámina de riego (D) es el volumen de agua total al final del riego (Δv) aplicada sobre un elemento de superficie (ΔS) desde el inicio hasta el final del período de riego.

$$D = 1000 \cdot \frac{\Delta v}{\Delta S} \quad (1)$$

donde:

D lámina de riego (mm);

Δv volumen de agua aplicado por superficie ΔS durante el período de riego (m³);

ΔS superficie que recibe agua del sistema de riego (m^2).

A nivel del sistema, considerando que el volumen de agua distribuida (v) es $v = Q \times t$, se puede expresar la lámina de riego media (D) como:

$$D = 1000 \cdot \frac{Q \cdot t}{S} \quad (2)$$

donde:

D lámina de riego media (mm);

Q caudal que pasa por el sistema de riego (m^3/h);

t duración del riego del área especificada (h);

S superficie regada por el sistema de riego (m^2).

4.2 Intensidad de aplicación de agua (IAA)

4.2.1 Generalidades. El cálculo de la IAA sobre una superficie (ΔS) depende del período de riego Δt de la aplicación. Se deben incluir ΔS e Δt en el informe del ensayo.

4.2.2 Intensidad instantánea de aplicación de agua. La intensidad de aplicación instantánea se calcula mediante la fórmula general:

$$I = 1000 \frac{\Delta v}{\Delta S \cdot \Delta t} \quad (3)$$

donde:

I intensidad instantánea de aplicación de agua (mm/h);

Δv volumen de agua aplicada en la superficie ΔS durante el período de riego (m^3);

ΔS superficie que recibe agua (m^2);

Δt período de tiempo para el cálculo de la dosis de aplicación instantánea (h).

4.2.3 Intensidad media de aplicación de agua. Ya que a menudo se realiza el riego por aspersión mediante chorros giratorios y/o máquinas giratorias/avance frontal, el concepto de "intensidad media de aplicación de agua" se deriva de la fórmula (3) seleccionando una duración de tiempo lo bastante larga para guardar coherencia con: (i) la duración de la rotación del (de los) chorro(s) de (de los) aspersor(es), cuya orden de magnitud es normalmente de uno o varios minutos, o (ii) la duración del trayecto de la máquina de riego a lo largo de la parcela o del riego dentro de la parcela, cuyo orden de magnitud es normalmente de una o varias horas.

$$I_a = \frac{D}{t} \quad (4)$$

$$Ia = 1000 \frac{Q}{S} \quad (5)$$

donde:

Ia intensidad media de aplicación de agua (mm/h);

Q caudal del sistema de riego (m^3/h);

S superficie regada por el sistema de riego (m^2);

D lámina de riego aplicada (mm) durante el período de riego;

T duración del período de riego (h).

4.2.4 IAA media para un bloque de aspersión. La fórmula (6) se aplica a todos los tipos de bloques de aspersión con aspersores de giro total.

Mediante el caudal aplicado por un único aspersor, la expresión (5) de (Ia) se convierte en:

$$Ia = 1000 \frac{q}{L_s \cdot L_l} \quad (6)$$

donde:

Ia intensidad media de aplicación de agua (mm/h);

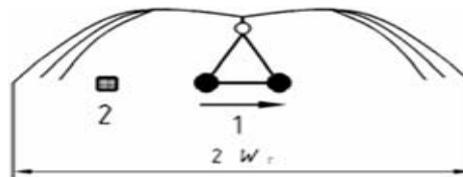
q caudal de un único aspersor (m^3/h);

L_s espacio entre aspersores (m);

L_l espacio entre ramales (m).

4.2.5 IAA media para aspersores de giro total en sistemas móviles

4.2.5.1 Generalidades. Se establece un punto (donde se puede colocar un pluviómetro) que permanece dentro del alcance del aspersor móvil durante un período de tiempo t que depende del radio mojado Wr (es decir, el radio de alcance) del aspersor.



Leyenda

1 Desplazamiento

2 Pluviómetro

Figura 1 – Anchura mojada ($2xWr$) por un aspersor de giro total móvil (es decir, diámetro mojado)

La fórmula (4) para el cálculo de la intensidad media de aplicación de agua sigue siendo necesaria.

La duración del tiempo de riego t dependerá de la velocidad real de la máquina. Este valor puede ser muy diferente de su velocidad teórica. Por lo tanto, tiene que ser comprobada cuando se realicen mediciones o cálculos. Esta comprobación puede ser directa (véase el capítulo 5) o indirecta, mediante el cálculo de la velocidad media durante la cobertura total de la parcela por la máquina. Entonces se puede realizar el cálculo de la duración del riego mediante la fórmula 7.

$$t = \frac{2Wr}{V} \quad (7)$$

donde:

t duración del riego en un pluviómetro situado bajo la máquina (h);

Wr radio mojado del aspersor (m);

V velocidad media real del aspersor móvil (m/h).

4.2.5.2 IAA media para sistemas de avance frontal (laterales). Utilizando la fórmula (2) se puede obtener T mediante la medición o cálculo de la velocidad real V de la máquina ($T = L_T/V$), y S se puede obtener a partir de la longitud L_T y anchura L de la parcela ($S = L \times L_T$). La lámina de riego real (D en mm) será:

$$D = 1000 \frac{Q \cdot T}{L \cdot L_T} \quad (8)$$

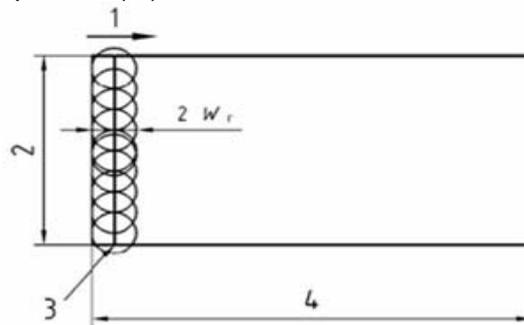
donde:

Q caudal del sistema de riego (m³/h);

T duración del riego para toda la parcela (h);

L anchura efectiva (véase la Norma ISO 11545) de la parcela regada por la máquina (es decir, longitud del lateral);

L_T longitud total de la parcela (m).



Leyenda

1 Desplazamiento

2 Longitud de la máquina o de la barra L

3 Caudal aplicado Q

4 Longitud de la parcela L_T

Figura 2 – Disposición de una parcela regada por una máquina de riego de avance frontal

Se puede obtener el mismo cálculo de D a partir de la superficie regada instantánea, es decir, $S = L \times 2Wr$, y el tiempo t empleado en cubrir esta superficie medido o calculado según la fórmula (7).

$$D = 1000 \frac{Q \cdot t}{L \cdot 2Wr} \quad (9)$$

La intensidad de aplicación se puede expresar también:

$$Ia = 1000 \frac{Q}{L \cdot 2Wr} \quad (10)$$

donde:

Ia intensidad media de la aplicación de agua (mm/h);

Q caudal del sistema de riego (m^3/h);

L anchura efectiva (véase la Norma ISO 11545) de la parcela regada por la máquina, o longitud del ramal o de la barra (m);

Wr radio mojado de los aspersores acoplados a la máquina móvil (m).

NOTA – La expresión de la intensidad media de la aportación de agua es independiente de la lámina de riego aplicada durante un riego y también es independiente de la velocidad de avance de la máquina. La intensidad de riego proyectada depende únicamente del caudal proyectado de la máquina y del radio mojado previsto de los aspersores.

4.2.5.3 IAA de sistemas de riego de pivote central

4.2.5.3.1 Generalidades. No se necesita saber ni medir la velocidad de la máquina para calcular la intensidad de aplicación de agua en sistemas con pivote central ni con ramales móviles. Aun así su valor real puede ser muy diferente al teórico. Por ello se aconseja evaluar este valor real o al menos la duración real de una rotación completa de la máquina.

4.2.5.3.2 Intensidad de aplicación a la distancia r del eje de giro (figura 3).

La duración de riego $t(r)$ en un punto situado a una distancia r desde el eje de giro, se calcula según la fórmula (7):

$$t(r) = \frac{2Wr \cdot R_{LT}}{V \cdot r} \quad (11)$$

donde:

$t(r)$ duración del riego a la distancia r (h);

Wr radio mojado efectivo del aspersor situado a una distancia r (m);

V velocidad real de la máquina a la distancia R_{LT} desde el eje de giro ($m \cdot h^{-1}$);
 R_{LT} distancia desde el eje de giro hasta el último punto de apoyo del pivote (m);

r distancia desde el eje de giro hasta el punto de medición (m).

y la lámina de riego media aplicada D se calcula a partir de las fórmulas (1) y (2):

$$D = 1\,000 \times \frac{Q \times t}{\pi \times R^2} = 1\,000 \times \frac{Q \times 2\pi \times R_{LT}}{\pi \times V \times R^2} = 1\,000 \times \frac{Q \times 2 \times R_{LT}}{V \times R^2} \quad (mm) \quad (12)$$

donde:

D lámina de riego media aplicada en una pasada de la máquina (mm);

t tiempo empleado por el pivote para realizar una pasada completa (h)

$$t = \frac{\pi \times R_{LT}^2}{V}$$

Q caudal que atraviesa el sistema de riego (m^3/h);

R_{LT} distancia desde el eje de giro hasta el último punto de apoyo del pivote (m);

V velocidad real del pivote a la distancia R_{LT} desde el eje de giro (m/h).

R radio de giro efectivo del pivote (m).

Sustituyendo la fórmula (4) las fórmulas (11) y (12), la intensidad media de aplicación de agua a una distancia r desde el eje de giro es:

$$I(r) = \frac{D}{t} = 1\,000 \times \frac{Q \times 2 \times R_{LT}}{R^2 \times V} \times \frac{V \times r}{2 \times W_r \times R_{LT}} = 1\,000 \times \frac{Q \times r}{R^2 \times W_r} \quad (mm/h) \quad (13)$$

donde:

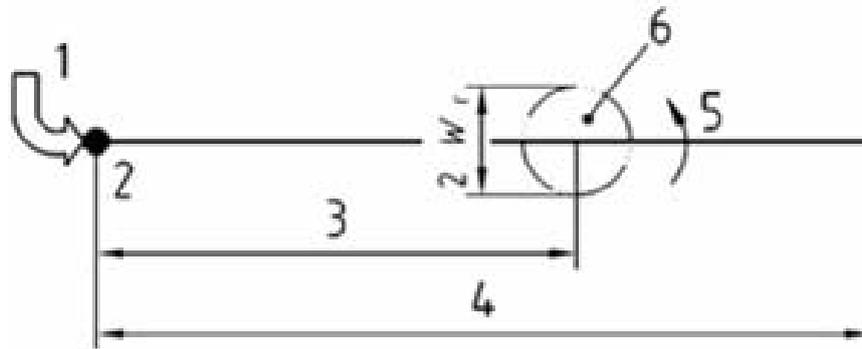
$I(r)$ intensidad media de aplicación de agua a una distancia r desde el eje de giro (mm/h);

Q caudal que atraviesa el sistema de riego (m^3/h);

r distancia desde el eje de giro y el punto de medición (m);

R radio mojado efectivo del pivote (m);

W_r radio mojado por el aspersor a la distancia r (m).

**Leyenda**

- 1 Caudal Q que pasa a través del pivote
- 2 Eje de giro
- 3 r , distancia desde el aspersor hasta el eje de giro
- 4 R_{LT} , distancia desde la última torre al eje de giro de la máquina
- 5 R , radio mojado efectivo del pivote
- 6 Dirección del movimiento
- 7 Superficie mojada por el aspersor de medición

Figura 3 – Aspersor rotando alrededor del eje de giro

4.2.5.3.3 Máxima Intensidad de aplicación de agua media a lo largo de un pivote central.

La media de la Intensidad de aplicación de agua, alcanza generalmente su máximo valor en la distancia más alejada desde el eje de giro (sin tener en cuenta el funcionamiento eventual de un cañón en el extremo final).

Sustituyendo $r = R$, donde:

r Distancia desde el eje de giro al punto de medición (m);

R Radio mojado efectivo del pivote de acuerdo a la norma NC ISO 11545 (m).

En la fórmula (13), se tiene que:

$$I_{m\acute{a}x} = 1000 \frac{Q}{L_T \cdot Wr} \text{ (mm / h)} \quad (14)$$

donde:

$I_{m\acute{a}x}$ máxima intensidad de aplicación de agua a lo largo del pivote (mm/h);

Q caudal que atraviesa el sistema de riego (m^3/h);

R Radio mojado efectivo del pivote según la norma ISO 11545 (m);

Wr radio mojado efectivo del aspersor a la distancia R (m).

4.2.6 IAA media para aspersores con giro parcial en sistemas móviles. Se aplica la fórmula (16) a los cañones instalados en máquinas con enrolladores, o a los cañones de extremo montados en pivotes centrales o en laterales.

Considerando que el cañón riega un sector angular ΔS (figura 4) que tiene un radio mojado Wr , la superficie mojada es:

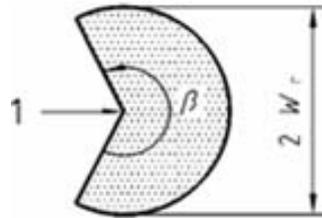
$$\Delta S = \frac{\beta}{360} \cdot \pi \cdot Wr^2 \quad (15)$$

donde:

ΔS elemento superficial regado por el sistema de riego (m^2);

β sector angular del aspersor ($^\circ$);

Wr radio mojado del aspersor (m).



Leyenda

1 Caudal medio en el cañón

Figura 4 – Aspersor con giro parcial

Mediante la fórmula (5) se obtiene:

$$l = 1000 \frac{Q \cdot 360}{\beta \cdot \pi \cdot Wr^2} \quad (16)$$

donde:

l intensidad media de aplicación de agua sobre la superficie del sector angular ΔS (mm/h);

Q caudal que pasa a través del sistema de riego (m^3/h);

β sector angular en el que funciona el aspersor ($^\circ$);

Wr radio mojado del aspersor (m).

5 MÉTODOS DE MEDICIÓN PARA LA INTENSIDAD DE APLICACIÓN DE AGUA

5.1 Generalidades

Este capítulo establece directrices para la evaluación de la intensidad de aplicación de agua en condiciones de campo y en el laboratorio.

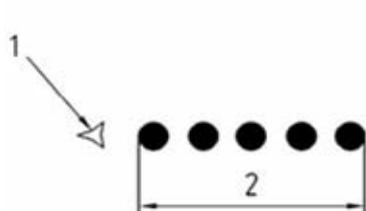
Los pluviómetros deben estar de acuerdo a las especificaciones de la Norma ISO 11545. Sin embargo se recomienda usar aberturas de los pluviómetros con diámetros superiores a 0,15 m.

5.2 Intensidad media de aplicación de agua

5.2.1 Generalidades. La intensidad media de aplicación de agua se puede estimar y medir de tres maneras para las cuales se establece la escala (duración) promedio según objetivos diferentes:

- en sistemas fijos, intensidad media de aplicación de agua a las diferentes distancias desde los puntos de medición hasta las posiciones de los aspersores. Al calcular el promedio de dosis de riego se intenta eliminar el efecto del ciclo rotativo de los chorros de los aspersores;
- en sistemas móviles, la intensidad media de aplicación de agua sobre un pluviómetro en función de la posición de la máquina sobre la parcela y en algún caso, en función de la distancia desde el pluviómetro hasta la trayectoria del cañón o hasta el eje de giro;
- al calcular la intensidad media de aplicación de agua durante el tiempo en que la máquina está en movimiento sobre pluviómetro (tiempo que normalmente es mucho más largo que la duración de los ciclos rotativos de los aspersores) se intenta eliminar el efecto de rotación de los chorros y los efectos del movimiento de la máquina, como si en este caso la intensidad de aplicación fuese constante durante la duración total del riego sobre el pluviómetro;
- intensidad de aplicación de agua como una función de la distancia desde el pluviómetro hasta la posición del aspersor en sistemas móviles, con el objetivo de medir la intensidad de aplicación “instantánea” mientras la máquina está casi parada o se mueve muy lentamente considerando la duración de los ciclos rotativos de los chorros de los aspersores.

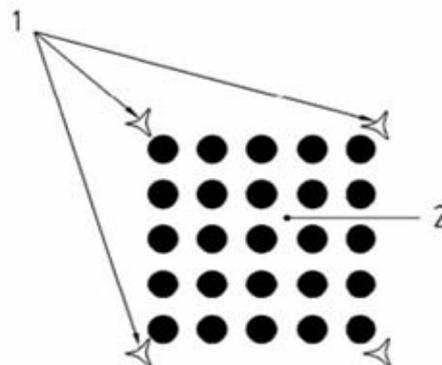
5.2.2 Caso de aspersores fijos. Para bloques de aspersión, la intensidad media de aplicación de agua a una distancia r del aspersor o en un punto dentro de una parcela de riego es equivalente a su volumen de distribución, los métodos de medición están descritos en la norma ISO 7749-2, Normas sobre Métodos de Ensayo para cada tipo de aspersor.



Leyenda

- 1 Posición del aspersor
- 2 Pluviómetro

Figura 5 – Ubicación de los pluviómetros para un único aspersor fijo



Leyenda

- 3 Aspersores en bloque
- 4 Pluviómetro

Figura 6 – Ubicación de los pluviómetros en un bloque de 4 aspersores fijos

5.2.2.1 Métodos de medición

5.2.2.1.1 Generalidades. Se selecciona una duración de ensayo Δt lo bastante larga para guardar coherencia con la duración de rotación de los chorros, y según las especificaciones de las Normas ISO relevantes (Norma ISO 7749-2 para aspersores giratorios).

Se colocan los pluviómetros y se miden las láminas de riego (D_i) recogidas en el interior durante el tiempo que dura el ensayo Δt .

5.2.2.1.2 Medida bajo un único aspersor. Se mide la lámina de riego (D_i) en un radio o en una malla bajo condiciones de laboratorio (Norma ISO 7749-1, Norma ISO 8026) y/o,

Se mide la lámina de riego (D_i) en un radio, en varios radios o en una malla (Norma ISO 7749-2, Norma ISO 8026).

Se mide la duración del ensayo Δt .

5.2.2.1.3 Medidas bajo un bloque de aspersión. Se mide la lámina de riego (D_i) utilizando una malla de pluviómetros situados en el interiores de un bloque de aspersión.

Se mide la duración del ensayo Δt .

5.2.2.2 Interpretación. Cuando estén disponibles, se deben usar los métodos de ensayo normalizados para calcular el volumen de distribución. Se debe establecer la intensidad media de la aportación de agua junto con el volumen de distribución.

Cuando no se especifica un método normalizado, se debe calcular la intensidad media de aplicación (I_{ai}) en todos los pluviómetros i mediante la fórmula (1) y la fórmula (4) donde ΔS es el área colectora de un pluviómetro, a partir de los valores registrados de ΔV y Δt .

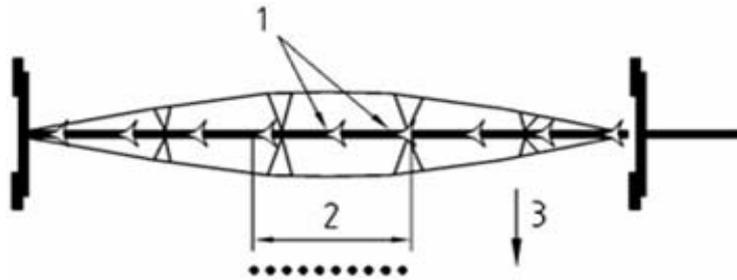
NOTA – Para bloques de aspersión, la media de I_i debería acercarse a la intensidad media de aplicación de agua calculada según fórmula (6) a partir de las características q , L_s , L_f .

5.2.3 Caso de máquinas móviles

5.2.3.1 Generalidades. La intensidad media de aplicación de agua en un punto bajo la máquina de riego puede resultar del solape de uno o varios aspersores regando este punto.

Puede ser importante intentar estimar la máxima intensidad media de aplicación de agua en estos puntos cuando pasa la máquina.

Por ello es esencial para la evaluación de la intensidad, seleccionar correctamente la posición de los pluviómetros en puntos de alta intensidad en relación a la máquina.

**Leyenda**

1 Aspersores

2 Línea de pluviómetros

3 Desplazamiento

Figura 7 – Posición de los pluviómetros en el caso de máquinas móviles

5.2.3.2 Métodos de medición. Se debe calcular la intensidad de aplicación de agua en un punto bajo la trayectoria de la máquina de riego mediante la fórmula (4) a partir de la lámina de riego D recogida en ese punto y de la duración efectiva del riego sobre este punto mientras la máquina está en movimiento, t .

Se debería medir la duración t directamente pero también puede calcularse mediante la fórmula (7) en el caso de aspersores de giro completo.

Mediante la fórmula (7) se calcula la duración estimada del ensayo a partir de la duración máxima Δt durante la cual los pluviómetros recibirán agua de los aspersores móviles. El tiempo de ensayo debe ser lo bastante largo para guardar coherencia con la duración de la rotación o del avance frontal de la máquina en la que están instalados los aspersores.

Se sitúan los pluviómetros en una o varias líneas perpendiculares al movimiento de los aspersores (figura 7) según las especificaciones de la Norma NC-ISO 8224-1 o la Norma ISO 11545, dependiendo del tipo de máquina. La(s) línea(s) de pluviómetros debe(n) ser lo bastante grande(s) como para cubrir al menos 2 espacios entre aspersores. Debe haber al menos 6 pluviómetros por línea, distanciados regularmente. Se asegura que una de las líneas esté situada cerca de una rueda o patín de manera que se pueda calcular la velocidad de avance de la máquina y se colocan dos estacas (t_{p1} y t_{p2}) separados una distancia (d) de 10 a 20 m.

Se pasa la máquina sobre la(s) línea(s) de pluviómetros y, con la ayuda de un cronómetro, se registran los valores t_{ib} y t_{ie} correspondientes a los tiempos observados respectivamente al principio y al final del riego en un número restringido de pluviómetros i .

Se registran los tiempos cuando la rueda o el patín pasan por las estacas t_{p1} y t_{p2} .

Se mide y registra las láminas de riego D_i recogidas en esos pluviómetros i durante el ensayo.

5.2.3.3 Interpretación. Se calcula la velocidad de avance de la máquina $V = (\text{distancia desde } p1 \text{ hasta } p2) / (t_{p2} - t_{p1})$.

Usando el valor registrado anteriormente de Wr , se calcula t mediante la fórmula (7).

Se calcula la intensidad de aplicación media I_{ai} en cada pluviómetro i mediante la fórmula (4) partiendo de los valores registrados D_i y t .

5.2.4 Caso de aspersores instalados en una máquina fija

5.2.4.1 Generalidades. El siguiente procedimiento permite calcular la intensidad media de aplicación de agua en varios puntos bajo una máquina que funciona en una posición dada en el campo, o solo en líneas perpendiculares a la trayectoria de los aspersores, como se especifica en las Normas NC-ISO 8224-1 y ISO 11545, sino de una manera más detallada usando distancias muy pequeñas entre los pluviómetros situados en líneas perpendiculares o paralelas a la trayectoria.

5.2.4.2 Método de medición. El método de ensayo es análogo al método descrito en el apartado 5.2.2 con adaptaciones para el tipo de máquina de riego:

Se debe mantener la máquina fija durante la medición.

Se deben colocar los pluviómetros en al menos varias líneas paralelas a la trayectoria de los aspersores (figura 8).

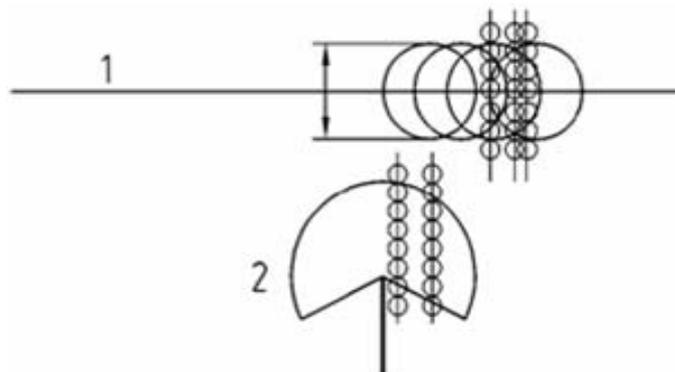
La distancia entre pluviómetros debe atenerse a lo especificado en la Norma ISO 7749-2, tanto dentro como a los lados del área mojada, y debe proporcionar, de manera general, al menos 20 mediciones de intensidad de aplicación de agua que sean superiores a cero.

Por ejemplo, la distancia podría ser entre 5 m y 10 m para un cañón, de 1 m a 3 m para aspersores y bloques fijos, de 0,5 m a 1 m para pulverizadores o aspersores de riego localizado, en función del radio mojado.

Se debe presurizar la máquina para una duración de ensayo conforme a las especificaciones de la Norma ISO 7749-1.

Se deben registrar la duración del ensayo Δt y las láminas de riego D_i .

5.2.4.3 Interpretación. Se calcula la intensidad media de aplicación de agua I_{ai} en cada pluviómetro i y se registra la distancia desde la posición del aspersor mediante la fórmula (4) partiendo de los valores registrados de D_i y Δt .



Leyenda

- 1 Ramal móvil, sistema de pivote, en posición fija 2 Máquina con enrolladores, en posición fija

Figura 8 – Colocación de líneas de pluviómetros bajo una máquina fija

5.3 Intensidad “instantánea” local de aplicación de agua

5.3.1 Generalidades. Para calcular este valor parafines de investigación, se recomienda registrar la aportación de agua en función del tiempo.

El valor de la intensidad “instantánea” local de aplicación de agua depende en gran parte del fin perseguido (en comparación del grado de infiltración “instantánea”, evaluación de la energía cinética, etc.), que impone el tiempo de muestreo empleado en medir y registrar la evolución temporal de la lámina de riego en un pluviómetro dado.

De esta forma es posible calcular la curva de variación de la dosis de aplicación, y por lo tanto obtener su valor máximo.

Las mediciones se deben llevar a cabo con la máquina en posición fija.

5.3.2 Método de medida. Para la medición de la dosis de aplicación local “instantánea” en un punto bajo un sistema de riego por aspersión:

- se utiliza un medidor automático de lluvia, o se coloca un pluviómetro en una balanza automática;
- se conecta este censor al dispositivo de almacenamiento de datos apropiado;
- se presuriza el sistema durante un período de tiempo establecido o se pasa la máquina sobre el censor;
- se registra continuamente la secuencia de volúmenes recogidos por el pluviómetro en función del tiempo.

La duración de la medición debe ser lo bastante larga como para permitir un número suficiente de rotaciones de los aspersores, al menos 30.

5.3.3 Interpretación. Se calcula la dosis de aplicación instantánea mediante la fórmula (3) donde ΔS es la superficie de un pluviómetro.