



E-07-2023

Comunicación científico-técnica

Aspersión y microaspersión, eficiencia de distribución y tamaño de gota como indicadores de la optimización del sistema de riego

Sprinkling and microsprinkling, distribution efficiency and drop size as indicators of irrigation system optimization

Autores: Sánchez de Ribera, A¹; Cervantes, A¹; Madurga, C¹; Muñoz, D¹; Rodríguez, D¹.

1 TRAGSA (CENTER_MAPA), asanche4@tragsa.es

Resumen:

Desde el Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER), perteneciente al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) se quiere seguir concienciando de la importancia y el beneficio que tiene el saber y conocer cómo se comportan los diferentes equipos de riego en las distintas instalaciones y condiciones de uso.

El objetivo de este estudio es ensayar todos los aspersores y microaspersores posibles. Se ha empezado por aquellos equipos que actualmente se usan como dispositivos antihelada, comparando no solo los métodos de caracterización de distribución en malla completa y método radial en varias posiciones, sino también el tamaño de gota a distintas posiciones y distancias.

La información obtenida de las curvas de distribución, las curvas caudal presión, la velocidad y el tamaño de las gotas es clave para realizar la correcta elección del equipo que mejor se ajusta a una instalación teniendo en cuenta, entre otros factores, el uso, las condiciones climáticas o el cultivo.

De los resultados de los modelos analizados inicialmente se puede obtener como principal conclusión que la calidad y los acabados de los equipos es importante, aunque aparentemente sean iguales, no es así. Algunos modelos, que en principio tienen prestaciones parecidas, presentan comportamientos totalmente distintos, ocurriendo incluso en muestras del mismo



XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)

18, 19, 20 de octubre de 2023



equipo, simplemente al variar ciertas condiciones de instalación y manejo, por lo que es importante conocerlos.

Actualmente con plantaciones cada vez más tecnificadas e intensivas, producciones más ajustadas en cantidad y en precio, estar prevenidos y técnicamente adaptados ante cualquier contratiempo e inclemencia, empieza a ser casi obligatorio. Cada vez se exige más a las distintas variedades de cultivos y se ven plantaciones en ciertas latitudes donde antes era impensable. Las variedades genéticas están avanzado a ritmo acelerado y es necesario que la tecnificación de los sistemas de riego y la buena aplicación y manejo de los mismos, estén también a la altura, ya que uno sin el otro hacen difícil su viabilidad.

Según la experiencia adquirida por el CENTER, el ensayo y las exigencias a las que se someten de los equipos, son necesarios para conocerlos y garantizar una mínima calidad del producto que luego va a estar trabajando en condiciones hostiles (calor y frío extremo, abonos, fertilizantes etc.). Es por eso que las carencias observadas en los ensayos de laboratorio seguramente se multipliquen una vez estén trabajando en campo.

Toda esta información debe ser usada para optimizar las redes de riego donde están instalados, para poder realizar una gestión eficiente del recurso hídrico, lo que resulta un uso más sostenible del agua y un mejor rendimiento de los cultivos, contribuyendo así a la rentabilidad y la sostenibilidad de la agricultura.

Palabras clave: CENTER, rentabilidad, eficiencia hídrica, instalaciones, regadío sostenible

Abstract:

The National Centre for Irrigation Technology (CENTER), belonging to the Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAPA), continues to raise awareness of the importance and benefit of knowing how irrigation equipment behaves in different facilities and terms of use.

The objective of this study is to test all possible sprinklers and micro-sprinklers, starting with equipment that are used as anti-frost devices. The testing includes not only full-mesh and radial distribution characterization methods at various positions but also, droplet size at different positions and distances.

The information obtained from the distribution curves, the pressure flow curves, the speed and the size of the drops is key to make the correct choice of the equipment that best suits in an installation. Other factors must be considered too, such as, use, climatic conditions, installed crops, etc.

From the results of the tested models, the main conclusion is that the quality and finish of the equipment is important. Some models with similar features, have different behaviours, even in samples of the same equipment.

Currently, with increasingly more technical and intensive crops, tighter production in quantity and price, being prepared and technically adapted to any setback and inclement weather is almost mandatory. Increasing demands are placed on different crop varieties and plantations are seen in certain latitudes where it was previously unthinkable. Genetic varieties are advancing, and it is necessary that the modernization of irrigation systems and their good application and management are also up to date, since one without the other makes viability difficult.

Testing the quality of the products is necessary to know them, and guarantee a minimum quality of the product, that will be working in adverse conditions (extreme heat and cold, fertilizers, etc.). That is why the deficiencies observed in the tests in some samples will surely multiply once they are working in the field.

All this information should be used to optimize the irrigation networks, to be able to carry out efficient management of the water resource, which results in a more sustainable use of water and better crop performance, thus contributing to profitability and the sustainability of agriculture.

Keywords: CENTER, efficiency, modernization, irrigation, sustainability.



Nº de trabajo E-07 -2023

Scientific-technical communication

1. Introducción

El riego es un aspecto fundamental en la agricultura, ya que permite mantener un suministro adecuado de agua para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, el uso eficiente del agua es, ahora mismo, un desafío importante debido, fundamentalmente, a su escasez en muchas zonas. Es por eso que, cada gota, se ha convertido en un recurso para suministrar a la planta, agua, nutrientes, abonos, etc., y a su vez darle otras aplicaciones como protección frente a heladas o refrigeración en épocas de exceso de calor.

Llegados a este nivel de tecnificación, la buena caracterización de los equipos se hace, si cabe, más importante, ya que la eficiencia en su manejo es clave para todo ello.

El objetivo de este estudio realizado en el Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER), perteneciente al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), es tratar de ensayar el máximo número de modelos de aspersores y microaspersores presentes en el mercado, empezando por aquellos equipos que actualmente se usan como dispositivos antihelada, comparando no solo métodos de caracterización de distribución en malla completa y método radial en varias posiciones, sino también la caracterización del tamaño de gota a distintas posiciones y distancias.

Cada vez se ve más cómo fabricantes y usuarios mejoran y amplían el uso de estos equipos de manera polivalente y eficiente. Por ello el Laboratorio Central para Ensayo de Materiales y Equipos de Riego del CENTER, comprometido con el control de calidad, el asesoramiento y la investigación trata de impulsar y promover el uso de equipos de calidad, además de manejos coherentes y eficaces, enfocados al ahorro de agua y el conocimiento de la tecnología.

Un ejemplo es la utilización de aspersores y microaspersores como sistema antihelada, que protegen a las plantas contra las bajas temperaturas, al generar una fina neblina que se congela alrededor de los cultivos, liberando calor latente que evita los daños de las heladas. Este tipo de riego requiere un cuidadoso control y monitoreo de la temperatura, así como un diseño adecuado del sistema de riego para garantizar una protección efectiva y, de esta forma, salvar a muchos agricultores de posibles pérdidas de producción en sus plantaciones. En otras latitudes o circunstancias pueden usarse como sistema de refrigeración, proporcionando al cultivo una disminución del estrés que puede mermar la producción.

El tamaño de gota generado por los aspersores y microaspersores es un factor crítico para lograr una eficiente aplicación del agua, ya que gotas demasiado grandes pueden rebotar en las plantas, dañarlas y caer fuera del área de riego, mientras que las gotas muy pequeñas pueden ser arrastradas por el viento antes de llegar a su objetivo. Es clave seleccionar aspersores y microaspersores que generen gotas de tamaño adecuado para el cultivo específico, asegurando así una aplicación precisa y eficiente del agua.

2. Materiales y métodos (Trabajo de innovación: descripción de la innovación)

Este estudio se ha dividido en tres fases, basándose en la norma de referencia para aspersión ISO 1886 "Agricultural irrigation equipment –Sprinklers" en todas sus partes, pero en especial la parte 3 en su última versión del 2021 "Characterization of distribution and test methods".

Todos los ensayos se han realizado en el banco de ensayo de aspersión del Laboratorio Central para Ensayo de Materiales y Equipos de Riego del CENTER.

En una primera fase se ha elegido una muestra de 4 modelos de microaspersores y 3 modelos de aspersor, todas ellas con varias muestras por modelo, con la intención de seguir ampliando el estudio más adelante. Se han elegido estas muestras ya que bien por el alcance que tienen o bien por las características descritas por el fabricante, pueden ser usados, no solo para riego, sino también como sistema de protección contra heladas, refresco de hojas o tratamientos foliares, entre otros.

Para ello, se ha empezado caracterizando la distribución de los equipos elegidos, utilizando el método radial y el método de malla completa, en función de cada caso y validándolo con ambos métodos en otros. La curva de distribución permite ajustar la elección de los marcos de instalación y así garantizar, con un buen manejo, un porcentaje de uniformidad alto para regar eficientemente (>85%). Un ejemplo de esto se muestra a continuación en la siguiente gráfica:

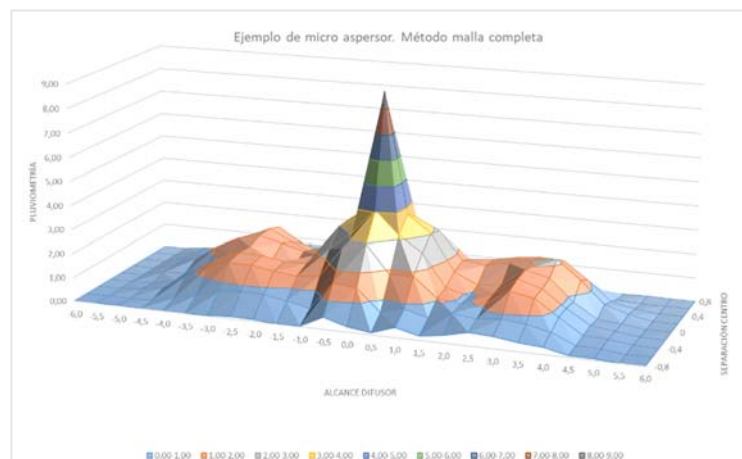


Figura 1: Gráfico de distribución obtenido por el método de malla completa.

En esta primera fase también se ha comprobado, si así lo recoge su ficha técnica, si se modifica o no la curva de distribución por trabajar a las distintas presiones de trabajo. Un equipo que trabaja sin variar su curva de distribución en un rango de presiones, permite que se pueda mantener una mejor uniformidad dentro de una instalación o un sector de riego. Otro ejemplo de esta variación se muestra a continuación:

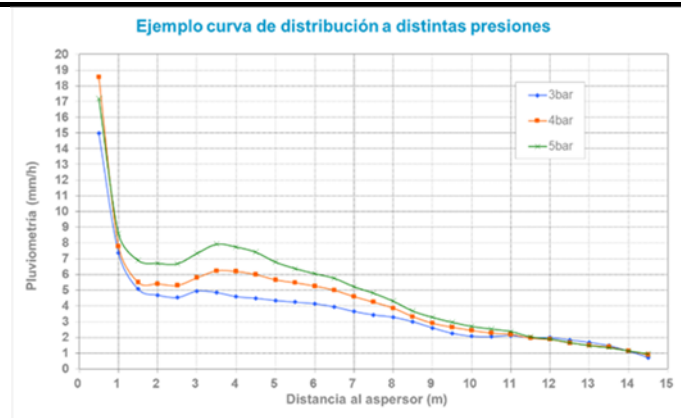


Figura 2: Gráfico de distribución obtenido por método radial distintas presiones.

En una segunda fase se ha comprobado y caracterizado la curva caudal presión de los equipos en estudio, dato importante para conocer el gasto que tiene una instalación. Además, la curva de distribución de algunos equipos se puede comportar de manera muy distinta en función de la presión y del caudal, incluso siendo el mismo modelo, como se muestra a continuación:

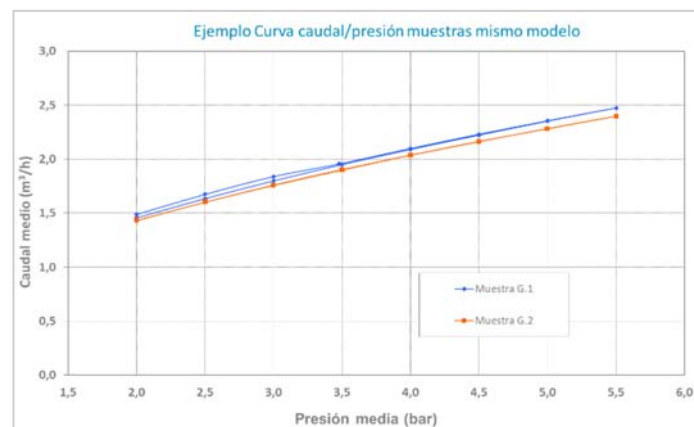


Figura 3: Gráfico de curva caudal presión para dos muestras del mismo aspersor.

Una vez caracterizado el comportamiento de los equipos en cuanto a su curva de distribución y curva caudal presión, así como variaciones dentro de los propios modelos, la última fase que se ha realizado es una de las partes que se considera más importante en este estudio y aunque requiere un gran esfuerzo de recursos, es un aspecto fundamental hoy en día. Se trata de la distribución y el tamaño de las gotas de aspersores y microaspersores. Se han realizado mediciones de velocidad (m/s), diámetro (mm) y número de partículas a distintas distancias del equipo para conocer y caracterizar los modelos estudiados. Este dato debe ser tenido muy en cuenta en la elección de un equipo, ya que dependiendo del uso y del cultivo pueden afectar a la producción y el buen desarrollo del mismo.

Las pruebas de la fase 3 se han realizado con un disdrómetro óptico cuyo principio de medición consiste en generar una banda de luz horizontal entre un emisor y un receptor que se

encuentran integrados en una única carcasa protectora, capaz de clasificar pequeñas gotas desde 0,1mm a velocidades a partir de 0,05m/s.

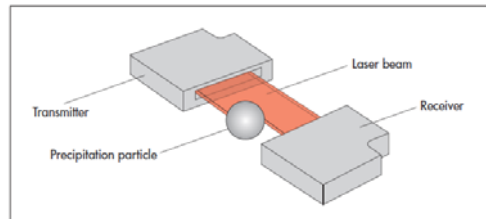


Figura 4: Gráfico de funcionamiento de un disdrómetro óptico.

Se obtienen gráficas y datos muy resolutivos que dan una idea del comportamiento a distintas separaciones, en función su uso, de los equipos mejor adaptados a las condiciones que se van a tener en campo. Velocidades y tamaños elevados pueden dañar ciertos cultivos, erosionar el terreno y rebotar fuera del área de riego y, en cambio, partículas muy pequeñas pueden dar lugar a arrastres por viento y alcances reducidos que hacen caer exponencialmente la uniformidad en los riegos. Esto se verá a continuación:

3. Resultados y discusión

Ante la dificultad de exponer la totalidad del volumen de los datos obtenidos se va a mostrar un resumen de los mismos, así como los criterios más relevantes encontrados.

Respecto a las curvas de distribución se muestran los gráficos de los equipos con prestaciones parecidas que poseen caudales de gasto similar.

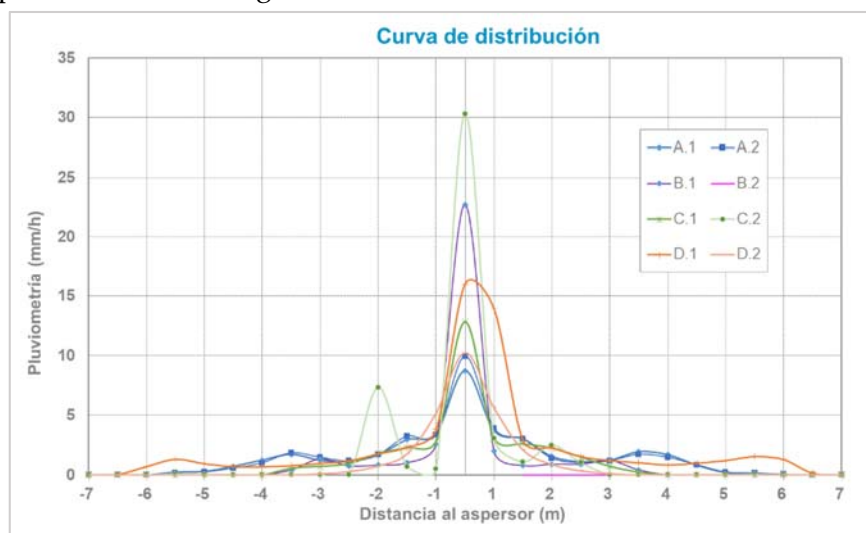


Figura 5: Gráfico de la curva distribución radial.

Como se muestra en la figura anterior, son las medias de la curva de distribución de cada una de las seis muestras ensayadas. Se observa la disparidad entre ellas, aunque el gasto es parecido (30-35 l/h) y la presión de ensayo es la misma para las seis muestras (2,5bar).

Se observa mucha disparidad entre ellas, por lo que queda claro que, el modelo que se quiera instalar, debe elegirse en función de los datos obtenidos.

Tanto es así que incluso, dentro de un mismo modelo, los resultados para dos muestras iguales, muchas veces no son iguales. A continuación, se muestran dos ejemplos:

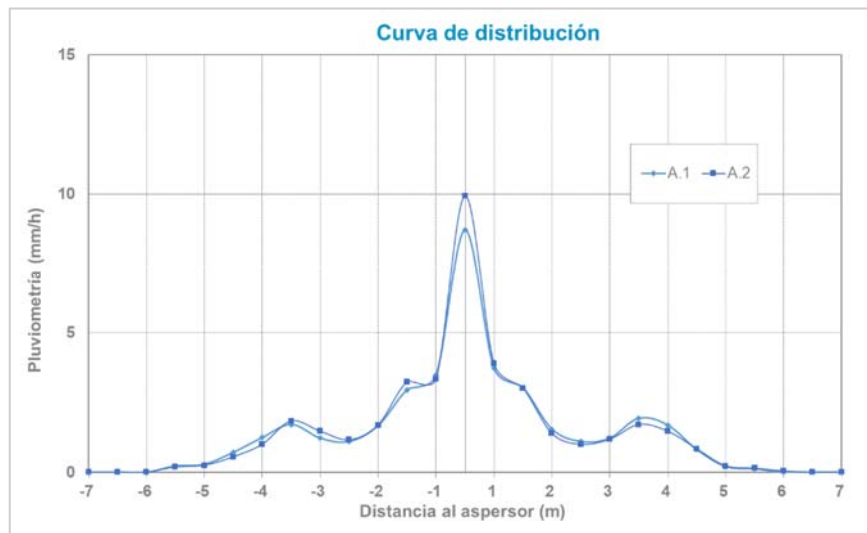


Figura 6: Gráfico de la curva distribución radial de dos muestras del mismo modelo.

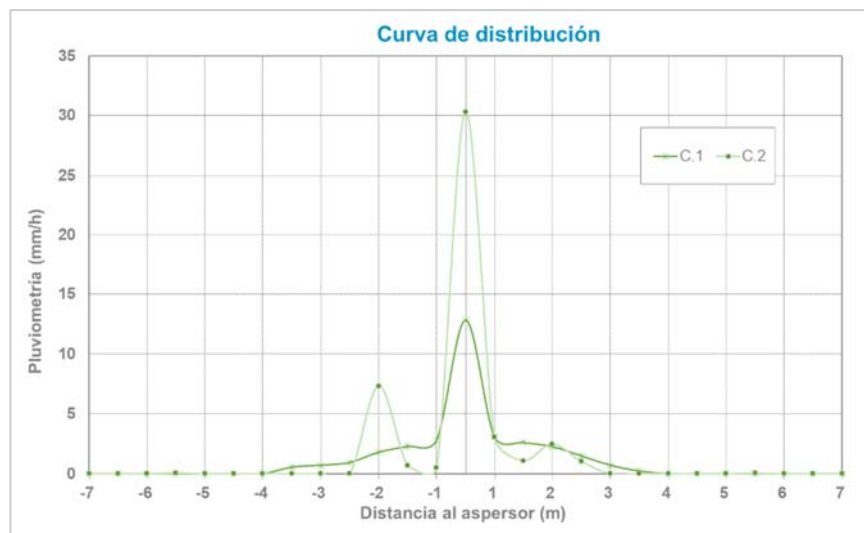


Figura 7: Gráfico de la curva distribución radial de dos muestras del mismo modelo.

Como se puede observar en el primer gráfico, (**figura 6**), como debería ocurrir siempre, las dos muestras tienen comportamientos parecidos, y las posibles variaciones que puede haber, son menores de un 5%.

En el siguiente gráfico, (**figura 7**) se puede observar que las dos muestras difieren mucho de lo requerido, para que se consideren muestras válidas. En el caso de este modelo, también se tuvo problemas para obtener los resultados de tamaño de gota, a medida que iba funcionando la distribución variaba, por lo que se pone en consideración que, en casos como este, se ve la importancia de realizar estas pruebas. La calidad debe tenerse en cuenta.

En el caso del tamaño de gota, se observa que estos comportamientos erráticos también aparecen a la hora de realizar los ensayos.

Se pone el ejemplo de la tabla de resultados obtenidos a una distancia del aspersor de 75 cm, para poder mostrar un número relevante de partículas obtenidas, ya que en función de la distancia varía mucho el número de partículas medidas en cada muestra.

Tabla 1. Resumen de los datos obtenidos del ensayo de tamaño de gota para una distancia de 75cm.

| Posición | Velocidad partículas (m/s) | | | Tamaño partícula (mm) | | | nº partículas | | |
|----------|----------------------------|------------|-------|-----------------------|------|-------|---------------|-----|---------|
| | Max (P>50) | Min (P>50) | Media | Max | Min | Media | Max | Min | TOTALES |
| A.1 | 3,00 | 0,25 | 1,51 | 1,63 | 0,44 | 0,61 | 43114 | 55 | 306867 |
| A.2 | 3,00 | 0,15 | 1,49 | 2,75 | 0,44 | 0,64 | 48634 | 52 | 302335 |
| B.1 | 2,60 | 0,25 | 1,76 | 1,63 | 0,44 | 0,65 | 27232 | 53 | 125523 |
| B.2 | 2,60 | 0,25 | 1,81 | 1,19 | 0,44 | 0,66 | 29332 | 54 | 133651 |
| C.1 | No válido | | | | | | | | |
| C.2 | 2,60 | 0,25 | 1,73 | 1,88 | 0,44 | 0,65 | 58680 | 54 | 239724 |
| D.1 | 3,00 | 0,25 | 1,23 | 1,06 | 0,44 | 0,58 | 59547 | 56 | 355062 |
| D.2 | 3,00 | 0,25 | 1,34 | 1,19 | 0,44 | 0,60 | 58296 | 66 | 279324 |

Se observa que la muestra C.1 dejó de funcionar correctamente a lo largo de los ensayos por lo que no se pudo continuar con ellos.

Las muestras agrupadas dos a dos son modelos iguales y se observa que la tendencia es la misma en cuanto a velocidades y número de partículas.

Los tamaños máximos varían ligeramente y es aquí, en este caso, donde podríamos decidir cuál sería el modelo más conveniente, teniendo también en cuenta la curva de distribución.

De forma gráfica se muestran algunos de los datos reflejados anteriormente:

Tabla 2. Resumen de los datos obtenidos del ensayo de tamaño de gota Modelo A2 a una distancia de 75cm.

| V(m/s)/mm | 0,31 | 0,44 | 0,56 | 0,69 | 0,81 | 0,94 | 1,06 | 1,19 | 1,38 | 1,63 | 1,88 | 2,13 | 2,38 | 2,75 | 3,25 | 3,75 | 4,25 | Sumatorio |
|-----------|------|----------|-----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|-----------|
| 4,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 3,8 | | | | | 2 | 1 | | | | | | | 2 | 1 | 2 | | 1 | 9 |
| 3,4 | | | | 9 | | 2 | | 1 | | | | | 4 | 7 | 2 | 5 | | 30 |
| 3 | | | 82 | 54 | 46 | 47 | 45 | 35 | 39 | 59 | 87 | 70 | 52 | 23 | 3 | | | 642 |
| 2,6 | | 263 | 186 | 423 | 1168 | 3484 | 3240 | 1883 | 942 | 1029 | 436 | 123 | 26 | 10 | 2 | 1 | | 13216 |
| 2,2 | | 392 | 560 | 7349 | 13070 | 5226 | 1827 | 757 | 299 | 235 | 71 | 21 | 3 | | | | | 29810 |
| 1,9 | | 318 | 2177 | 15696 | 3004 | 1166 | 308 | 97 | 42 | 20 | 5 | | | | | | | 22833 |
| 1,7 | | 578 | 14369 | 16111 | 3408 | 681 | 180 | 60 | 22 | 17 | 3 | | 2 | | | | | 35431 |
| 1,5 | | 1739 | 40228 | 8917 | 2589 | 383 | 107 | 35 | 17 | 4 | 3 | | | | | | | 54022 |
| 1,3 | | 8680 | 48634 | 9503 | 1317 | 183 | 31 | 18 | 6 | 6 | 1 | | | | | | | 68379 |
| 1,1 | | 19403 | 22201 | 5035 | 729 | 100 | 25 | 13 | 2 | 2 | | | | | | | | 47510 |
| 0,95 | | 6365 | 2621 | 1345 | 170 | 26 | 2 | 1 | | | | | | | | | | 10530 |
| 0,85 | | 2342 | 2539 | 1059 | 112 | 7 | 2 | | | | | | | | | | | 6061 |
| 0,75 | | 922 | 2733 | 596 | 43 | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | | | 4297 |
| 0,65 | | 573 | 2667 | 346 | 17 | 1 | | | | | | | | | | | | 3604 |
| 0,55 | | 738 | 1088 | 156 | 6 | | | | | | | | | | | | | 1988 |
| 0,45 | | 846 | 935 | 78 | 4 | | | | | | | | | | | | | 1863 |
| 0,35 | | 168 | 1350 | 36 | 1 | | | | | | | | | | | | | 1555 |
| 0,25 | | 8 | 362 | 32 | 3 | | 1 | | | | | | | | | | | 406 |
| 0,15 | | 20 | 41 | 8 | 10 | 3 | 2 | | | | | | | | | | | 84 |
| 0,05 | | | 4 | 21 | 23 | 12 | 4 | | | | | | | | | | | 64 |
| Sumatorio | 0,00 | 43355,00 | 142777,00 | 66774,00 | 25722,00 | 11323,00 | 5775,00 | 2900,00 | 1369,00 | 1372,00 | 607,00 | 220,00 | 91,00 | 37,00 | 11,00 | 2,00 | 0,00 | 302335 |

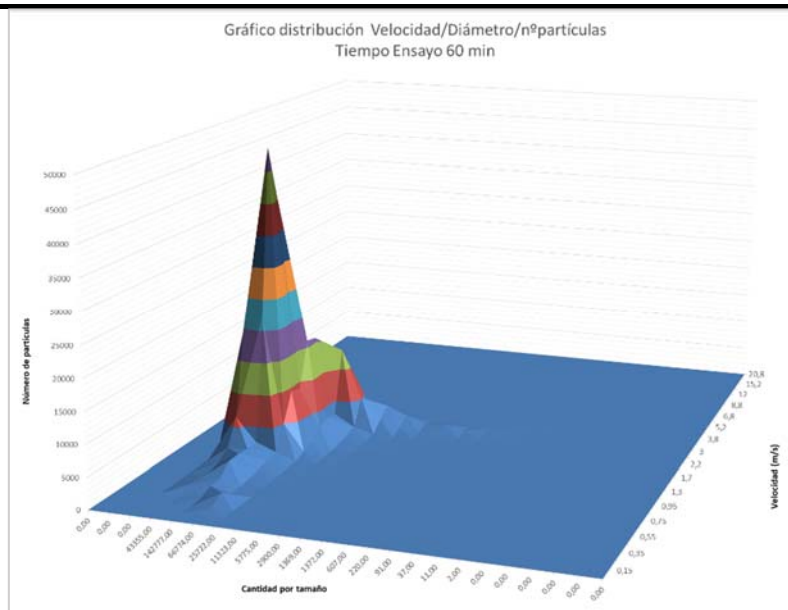


Figura 8: Gráfico de distribución. Ensayo de tamaño de gota para el modelo A2 a 75cm de distancia.

Con los resultados que se muestran, se podría también caracterizar el aspersor y validar los datos de pluviometría obtenida en cada caso, con las curvas de distribución.

Eligiendo correctamente las distancias deseadas para el ensayo, se puede ajustar el comportamiento del equipo ensayado, para poder valorar mejor su funcionamiento.

4. Conclusiones

Desde el CENTER se quiere concienciar de la importancia y el beneficio que tiene saber y conocer cómo se comportan los diferentes equipos de riego en las distintas instalaciones y condiciones de uso. Es fundamental para maximizar la eficiencia del riego en agricultura. Por ello se podría destacar las siguientes conclusiones:

- Gracias a su capacidad para generar una distribución uniforme del agua, adaptarse a diferentes cultivos y condiciones del terreno, y su versatilidad, en aplicaciones como el riego antihelada, refrescos y tratamientos foliares los microaspersores son una opción competitiva a tener en cuenta. Para ello, el resultado del ensayo de tamaño de gota es una información necesaria para su correcta elección.
- Actualmente con plantaciones cada vez más tecnificadas e intensivas, producciones más ajustadas en cantidad y en precio, estar prevenidos y técnicamente adaptados ante cualquier contratiempo e inclemencia empieza a ser casi obligatorio. Cada vez se exige más a las distintas variedades de cultivo y se ven plantaciones en ciertas latitudes donde antes era impensable. Las variedades genéticas están avanzado a un ritmo acelerado y es necesario que la tecnificación de los sistemas de riego y la buena aplicación y manejo de los mismos, estén también a la altura, ya que uno sin el otro hacen difícil la viabilidad.
- Como se ha visto, conocer con detalle el sistema de riego de una instalación es viable por lo que solo queda realizar un buen manejo y un buen mantenimiento del mismo para poder sacar el mejor rendimiento tanto de la plantación como de la instalación.



XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)

18, 19, 20 de octubre de 2023



-
- La eficiencia de distribución y el tamaño de gota son aspectos interdependientes en el diseño y la optimización de sistemas de riego. Un sistema bien calibrado puede lograr una distribución eficiente de gotas de tamaño adecuado.
 - La elección de la tecnología de riego (aspersión o microaspersión) debe basarse en las necesidades específicas del cultivo y las condiciones del terreno.
 - La inversión en tecnología de riego de calidad, la calibración regular del sistema y el monitoreo continuo son esenciales para lograr la máxima eficiencia de distribución y el tamaño de gota óptimo.
 - En última instancia, la optimización del sistema de riego conlleva una gestión eficiente del recurso hídrico, lo que resulta un uso más sostenible del agua y un mejor rendimiento de los cultivos, contribuyendo así a la rentabilidad y la sostenibilidad de la agricultura.

Referencias

1. [Norma ISO 15886 Todas sus partes.](#)
2. Manual y Procedimiento normalizado de Trabajo del Banco de Aspersión del Laboratorio de Ensayo de Materiales y Equipos de Riego del CENTER.