

Moreda, G.P. <sup>(1)</sup>, Moya, A. <sup>(1)</sup>,  
Gutiérrez, P. <sup>(1)</sup>, Perdigones, A. <sup>(2)</sup>,  
Ruiz-Altisent, M. <sup>(1)</sup>,  
Pérez de Rueda, R. <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Grupo de Investigación  
Laboratorio de Propiedades Físicas  
y Tecnologías Avanzadas en  
Agroalimentación, Universidad  
Politécnica de Madrid. E-mail:  
margarita.ruiz.altisent@upm.es

<sup>(2)</sup> Grupo de Investigación Energía  
y Riegos, Universidad Politécnica  
de Madrid.

**Figura 1: Vista desde atrás  
del prototipo experimental,  
compuesto por una doble  
banda en V (bandas o cintas  
de color blanco) y el anillo óptico,  
al fondo en color negro.**



## Un equipo para medir el tamaño de frutas y hortalizas

La máquina se basa en un sensor de anillo óptico que genera una especie de hélice envolvente de cada fruto, midiendo el tamaño y forma de productos irregulares

En la presente nota resumimos el funcionamiento y algunos resultados obtenidos con un equipo para la medición del tamaño -y bajo ciertas circunstancias de la forma- de productos de forma irregular como frutas y hortalizas, con el que hemos trabajado en los últimos años en el Laboratorio de Propiedades Físicas y Técnicas Avanzadas en Agroalimentación (grupo de investigación de la Universidad Politécnica de Madrid).

A pesar de que el Reglamento (CE) nº 1221/2008 (en vigor desde el 1 de julio de 2009) ha derogado las normas de comercialización específicas de 26 productos hortofrutícolas, sustituyéndolas por una norma general de comercialización que no incluye ninguna disposición relativa al calibrado ni la forma de estos productos, pensamos que ello no resta interés al equipo aquí descrito, principalmente por dos motivos:

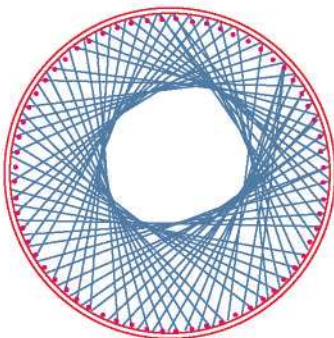
a) Hay otros 10 productos, de gran importancia comercial, para los que se mantienen

normas de comercialización específicas, con disposiciones relativas al calibrado y la forma de los frutos.

b) Para los 26 productos mencionados, independientemente de que se puedan empezar a comercializar frutos “fuera de calibre” y de forma “fea”, cuyo precio debería ser menor que la fruta de más calidad, el mercado previsiblemente seguirá demandando frutos clasificados por calibre.

### Breve descripción del equipo

La máquina o línea experimental que hemos utilizado consiste en una doble banda en V (figura 1) que lanza los frutos para que atraviesen uno detrás de otro un sensor de anillo óptico (Gall, 1997). Este sensor, en base al bloque de haces de luz (figura 2), genera una especie de hélice envolvente de cada fruto (figura 3), midiendo su volumen, longitud y ejes o diámetros máximos y mínimos en las secciones transversales.



**Figura 2: Captura de pantalla del software del anillo óptico, correspondiente a un instante en el que hay un objeto atravesando la “cortina” de infrarrojos. Los puntos de color azul son los emisores, mientras que los puntos de color rosa son los receptores.**

**Tabla 1:**

Precisión de las estimaciones de volumen de frutos realizadas por el anillo óptico para diferentes productos, y capacidad de trabajo asociada.

Producto	RMSE (ml) <sup>a</sup>	RMSPE(%) <sup>b</sup>	Velocidad de trabajo (frutos/s)
Calabacín	26,0	5,8	8
Kiwi	6,9	5,6	13
Mango	15,7 (10,3) °	3,1 (2,3) °	12
Pepino	8,4 (7,0) °	5,7 (5,0) °	15
Tomate	12,5	5,1	11
Zanahoria	4,5	8,4	9

<sup>a</sup> RMSE: Root mean squared error (Raíz cuadrada del error cuadrático medio).

<sup>b</sup> RMSPE: Root mean squared percentage error (Raíz cuadrada del error cuadrático porcentual medio).

(°) Valores obtenidos cuando el primer fruto medido no se incluye en el cálculo.



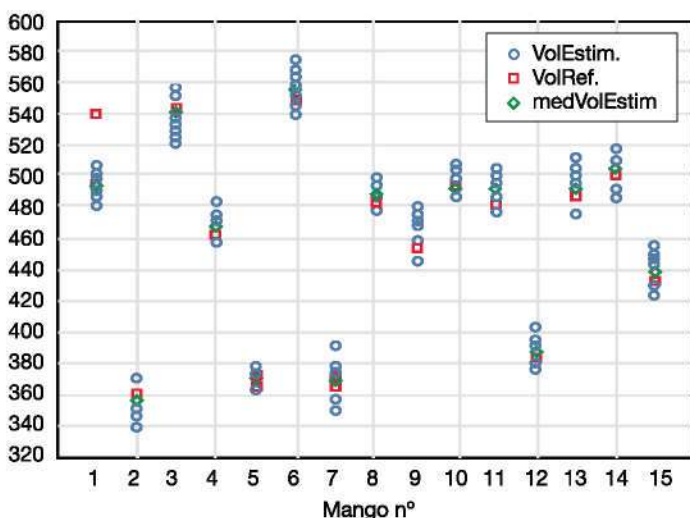
En la figura 3 la esfera truncada de color amarillo y el helicoide envolvente de la esfera truncada generada por el anillo óptico.

**Tabla 2:**

Parámetros de calidad externa de frutas y hortalizas medibles con tres sistemas electrónicos de inspección en línea.

	Volumen	Forma	Color	Defectos en piel	Calibres (diámetros)	Peso
Equipos de visión artificial (equipos "a videocámaras")	(*)	✓	✓	✓	✓	
Calibrador electrónico por peso						✓
Anillo óptico	✓	✓			✓	

(\*): Los equipos de visión a los que nos referimos aquí, a los que podemos denominar "basados en visión 2D", ya que analizan imágenes en planta, no pueden en general calcular el volumen, exceptuando un cálculo aproximado consistente en aplicar una fórmula según la forma típica del producto (por ejemplo, limón-elipsoide, mandarina-cilindro, etc.), mediante la inclusión en esa fórmula de medidas extractadas de las imágenes planas con las que se trabaja.



**Figura 4:** Estimaciones de volumen (VolEstim.) para cada uno de los 15 mangos, junto al volumen medio (medVolEstim.) y al de referencia (VolRef.) de cada uno. Obsérvese que con el mango n° 1 ocurrió algo anormal, ya que hay mucha distancia entre los cuadraditos verde y rojo.

## Resultados

Los resultados obtenidos en la medición de diversas frutas y hortalizas aparecen cuantificados en la Tabla 1 y en la figura 4 para el caso de mango. Como se observa en la Tabla 1, la mayoría de RMSPE (raíz cuadrada del error cuadrático porcentual medio) están en torno al 5%. Por otro lado, la Tabla 2 incluye una comparación de los parámetros que son capaces de medir tres sistemas o equipos diferentes. Según se aprecia en la Tabla 2,

el equipo más versátil es el de videocámaras. No obstante, el sensor de anillo óptico puede resultar de interés en alguna aplicación en la que no sea necesario clasificar el producto por color.

Las únicas limitaciones que presenta el sensor de anillo óptico son:

a) No es adecuado para medir el volumen de productos que presenten concavidades en su sección transversal -considerando que los frutos atraviesan el anillo con su eje longitudinal o polar del fruto

alineado con el eje longitudinal de la máquina o línea experimental-, como el pimiento. Sin embargo, sí resulta adecuado para productos con concavidades longitudinales, como la patata.

b) No es capaz de medir peras de la variedad Conferencia, caracterizadas por tener un pedúnculo relativamente largo y fino. Sin embargo, no hay ningún problema a la hora de medir otras variedades de pera -vgr. Ercolini- caracterizadas por pedúnculos más cortos y gruesos. La razón de este comportamiento no está muy clara y ha de ser estudiada más en profundidad.

Como resultado práctico de interés aplicado, tenemos que en el caso del kiwi, a partir de las mediciones del volumen de los frutos efectuadas por el sensor de anillo óptico, se consiguió cumplir la normativa de comercialización de este producto, que establece el calibre en función del peso unitario de los kiwis. La única condición requerida es que los frutos atraviesen el anillo óptico orientados longitudinalmente y sin moverse.