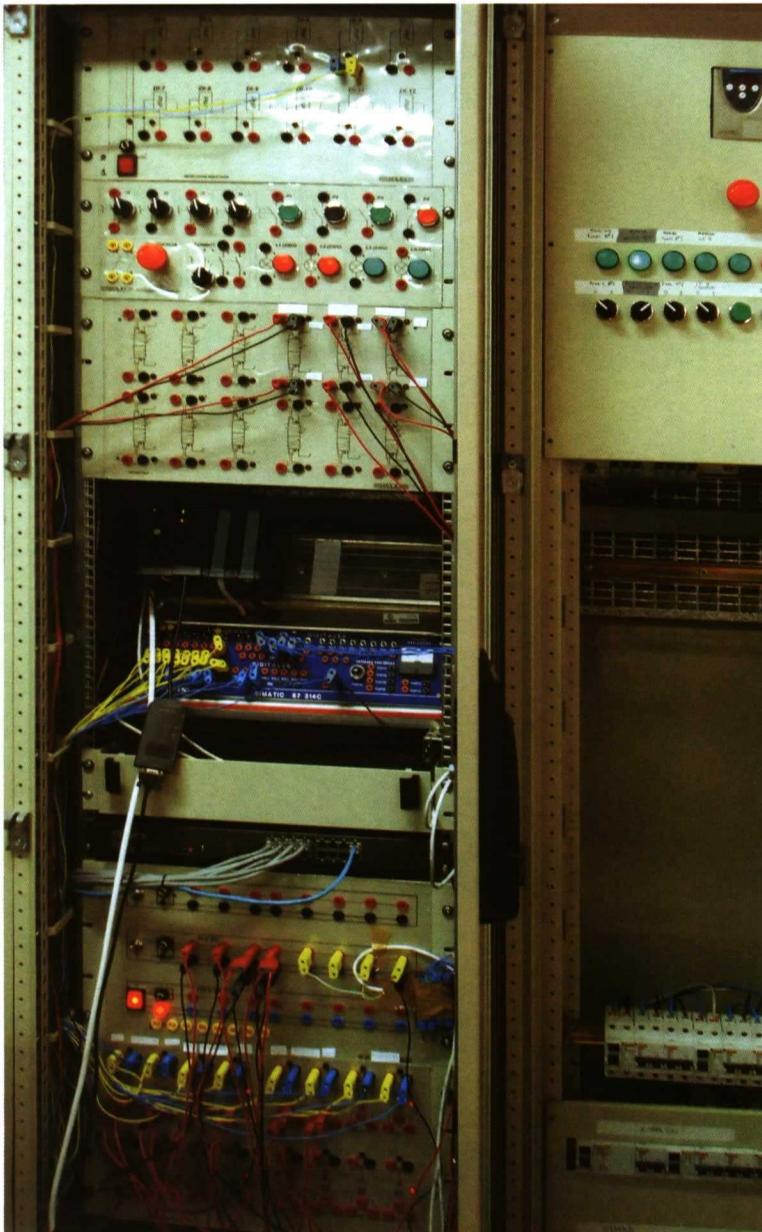


Descripción del montaje, la configuración eléctrica y el uso de una línea de manipulación experimental basada en bandejas orientada al desarrollo de estudios experimentales.

Desarrollo de un banco de ensayos de sensores en línea

BELÉN DIEZMA IGLESIAS
PILAR BARREIRO ELORZA
MARCIA EIKO ATARASI
MARGARITA RUIZ-
ALTISENT

belen.diezma@upm.es



Fotografía 1:
sistema de control centralizado.

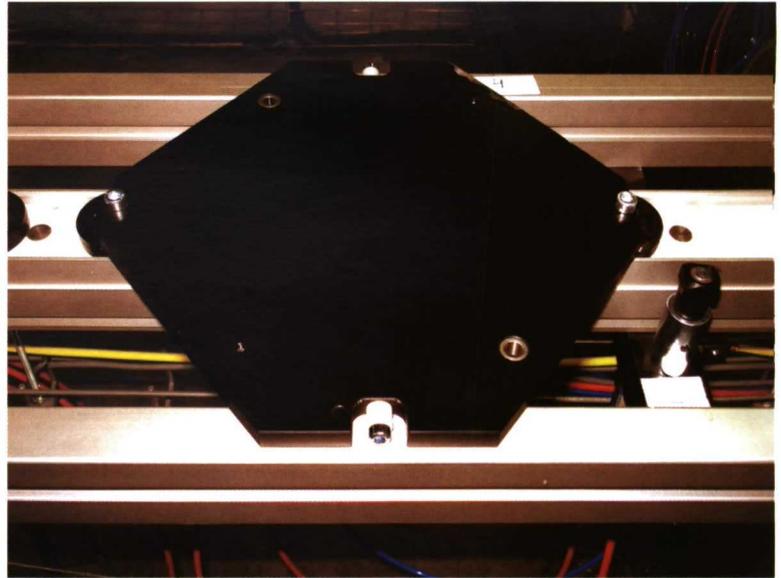
En entornos anglosajones la evaluación objetiva de la calidad de los productos agroalimentarios se denomina off-line, at-line, in-line y on-line en función del lugar en que se lleva a cabo. La evaluación off-line tiene lugar fuera de la central hortofrutícola; en el análisis at-line la evaluación se realiza en el laboratorio de calidad situado en dicha central y en las proximidades de la línea de confección. El análisis in-line corresponde a procedimientos no destructivos que por su lentitud no pueden ser aplicados a todas las unidades de producto, pero sí a una amplia representación de la partida. En este caso el sensor o sensores se montan en la línea de confección sobre un by-pass o ruta alternativa que permite el paso de un determinado porcentaje de producto. Por último, la evaluación on-line supone la evaluación no destructiva total de producto procesado.

■ Las mayores ventajas se consiguen con la incorporación de medidas no destructivas on-line, al realizar una evaluación completa de las partidas y no tener restricciones de material en cuanto a generación de costes adicionales y residuos

Es evidente que las mayores ventajas se consiguen con la incorporación de medidas no destructivas on-line, al realizar una evaluación completa de las partidas y no tener restricciones de material en cuanto a generación de costes adicionales y residuos. Sin embargo, la instalación de sensores en línea supone ciertas restricciones y condicionantes en el funcionamiento del sistema. Entre ellos podemos destacar: a) tiempo de presentación de la muestra al sensor que solo es irrelevante en sistemas sin contacto fruto-sensor; b) tiempo de adquisición de la señal que limita la velocidad de alimentación de la línea (ha de ser inferior a 100 ms para líneas que avanzan a 1 m/s); c) tiempo de procesado de la señal que determina la distancia a la que ha de colocarse el sensor y el sistema de expulsión del fruto, considerando que el desplazamiento del fruto ha de ser perfectamente predecible para que no se produzcan errores de clasificación; d) volumen de datos en bruto generados que generalmente no se almacena para evitar el colapso del sistema, y que sin embargo suponen una información de gran valor actualmente desaprovechada.

En las líneas de confección y clasificación de productos hortofrutícolas existen dos tendencias. La más tradicional y preponderante desplaza el fruto a lo largo de la línea pasando de un elemento al siguiente mediante puntos de transferencia, mientras que la más novedosa incorpora bandejas móviles sobre las que se encuentran los frutos. La primera opción, las líneas tipo en este momento, presenta como principal contrapartida los daños que se producen al producto en su avance. En un primer momento se sustituyó el trasiego mecánico por flujo con agua, pero esta alternativa sólo es válida para frutos menos densos que el agua y presenta los inconvenientes de favorecer las contaminaciones fúngicas y de precisar secado.

Fotografía 2: detalles de bandeja de transporte, inductivo y pistón de parada.



La ventaja fundamental de la segunda opción es la posibilidad de manipular productos complejos como tomates en rama, pero tiene el inconveniente de menor límite de velocidad, dada la necesidad de arrastrar la bandeja, lo que se hace fundamentalmente por fricción.

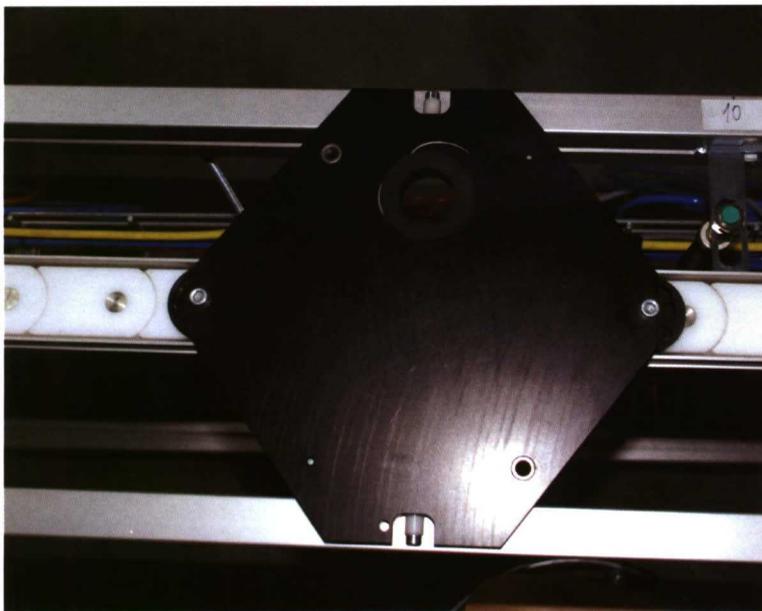
■ **Las líneas que incorporan bandejas móviles ofrecen un marco muy adecuado para el montaje experimental de nuevos sistemas de determinación de calidad para frutas, hortalizas y productos alimentarios diversos**

Línea experimental: banco de ensayo de sensores

El grupo de investigación de la Universidad Politécnica de Madrid "Laboratorio de Propiedades Físicas y Técnicas Avanzadas en Agroalimentación" (LPF-TAG), ha experimentado ya con ambos tipos de líneas a través de convenios y colaboraciones con empresas fabricantes y usuarias (Maxfrut S.L., Multiscan Technologies S.L., Anecoop S. Coop., F. Esther S.A., Agrotécnica Extremeña S.L...). De esta experiencia se deduce que las líneas que incorporan bandejas móviles ofrecen un marco muy adecuado para el montaje expe-



Fotografía 3:
vista general
de la línea. Túneles
de iluminación.



Fotografía 4:
bandeja perforada
para aplicación
en sistema de
transmitancia.

rimental de nuevos sistemas de determinación de calidad para frutas, hortalizas y productos alimentarios diversos.

En este artículo se describe el montaje, la configuración eléctrica y el uso de una línea de manipulación experimental basada en

bandejas orientada al desarrollo de estudios experimentales que permitan la adaptación de sistemas in-line y at-line a configuraciones de tipo on-line. Asimismo, se presentan las posibilidades de utilización de este tipo de líneas en las centrales hortofru-

colas como líneas de escandallo o muestreo, y se propone como una instalación a disposición de la industria para verificar nuevas tecnologías de determinación de la calidad en frutas y hortalizas.

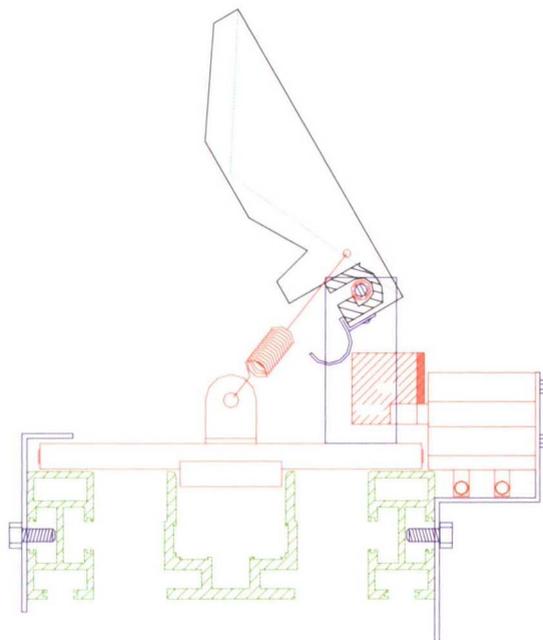
La fotografía 2 ofrece un detalle de la línea, que consta de un bastidor y de una cinta de fricción de nylon en la banda central para el arrastre de las bandejas. En una de las esquinas se sitúa un motor trifásico de 0,5 kW cuyo régimen es regulable mediante un variador de frecuencia. La línea admite movimiento horario y antihorario, y velocidades de hasta 0,5 m/s; nótese la diferencia con las líneas comerciales que habitualmente trabajan a 1 m/s.

La línea admite varios tipos de bandejas todos ellos hexagonales (25, 35 y 45 cm del extremo anterior al posterior). Esta configuración permite la incorporación de dos patines de fricción que son arrastrados por la cinta de nylon, y disponen asimismo de dos estabilizadores laterales que apoyan sobre las bandas laterales de la línea. La configuración hexagonal genera huecos entre bandejas lo que es especialmente conveniente para contabilizar individualmente el paso de bandejas empleando al efecto sensores de tipo inductivo. En caso necesario pueden incorporarse puntos de parada, diseñados a partir de un cilindro neumático montado en el bastidor de la línea que se eleva interponiéndose en el camino de la bandeja y provocando la detención de ésta al vencer la fuerza de fricción entre los patines y la cadena.

Las bandejas son por defecto planas y exigen el diseño y fabricación de cazoletas para cada producto (fotografía 5), que en la mayoría de los casos han de estar dotados de al menos un grado de libertad que permite al vuelco sobre una línea de expulsión (Figura 1). El diseño de la cazoleta del producto debe estar asimismo adaptado a la configuración del sistema de medida que se

Figura 1:

Detalle del dispositivo de vuelco de una cazoleta montada sobre bandeja de transporte



desea evaluar; por ejemplo si se desea un sistema de transmitancia la cazoleta debe permitir el paso de la radiación a su través (fotografía 4).

Tal y como se ha indicado la línea de trasiego está preparada para trabajar tanto en continuo como en discreto, empleando en el segundo caso paradores neumáticos gestionados a través de un sistema de control centralizado. El sistema de control centralizado consta de un autómata programable (Siemens S7 315) en el que se han configurado 20 entradas y 20 salidas digitales a través de un entrenador con borneros (fotografía 6). Todo ello permite conectar y desconectar de forma flexible entradas digitales como sensores de tipo inductivo, células fotoeléctricas, sensores de ultrasonido, palpadores mecánicos y finales de carrera, así como salidas digitales como electroválvulas neumáticas, cilindros y motores eléctricos paso a paso. El entrenador permite verificar el funcionamiento de los

Fotografía 5:
cazoleta para fruto grande sobre bandeja transportadora.

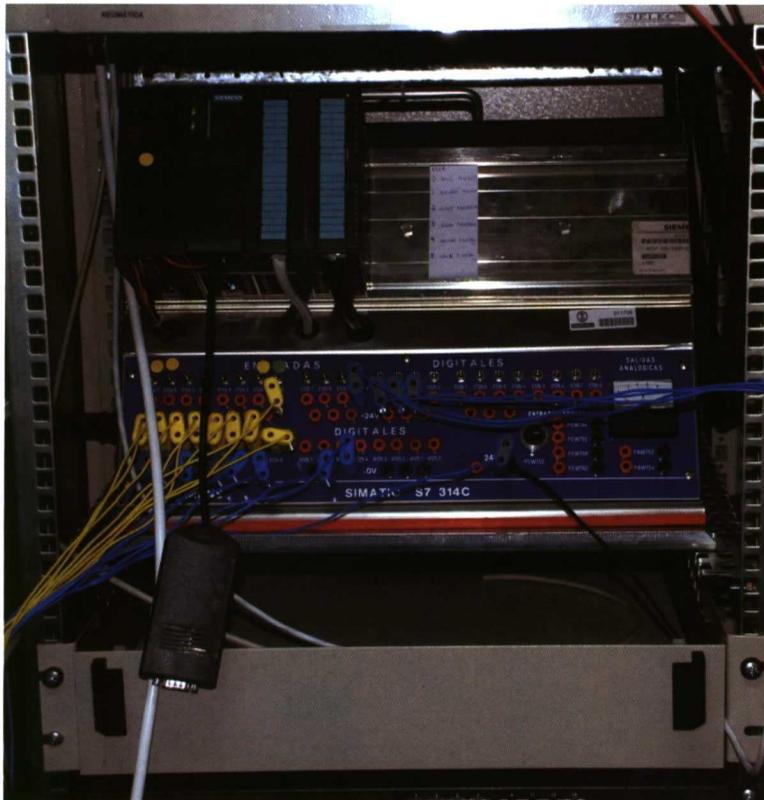
programas y los errores sin necesidad de conectar los circuitos eléctricos correspondientes.

Un aspecto de especial relevancia en la configuración de la línea es el tipo de perfiles de aluminio del bastidor, que permite la fácil adaptación de elementos portantes sobre los que montar el sistema de determinación de la calidad no destructivo (fotografía 7).

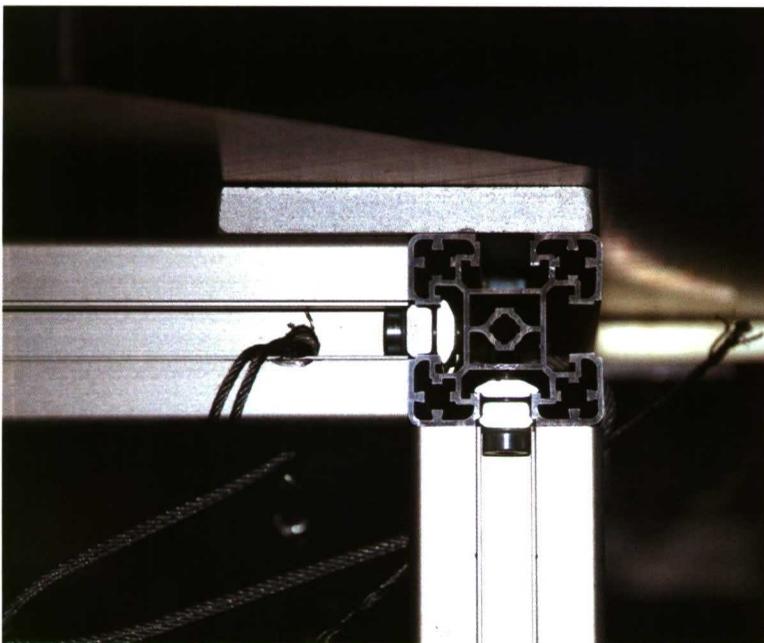
En la configuración actual la línea de pruebas dispone de dos túneles de iluminación halógena y fluorescente (fotografía 3), la primera es imprescindible para

la obtención de espectros electromagnéticos (visión multispectral e hiperspectral) en un amplio rango de longitudes de onda (UV IR medio), mientras que la segunda dotada de balastos electrónicos, es especialmente adecuada para sistemas de adquisición de imágenes RGB. La iluminación halógena puede ser asimismo sustituida por sistemas de iluminación LED (Light Emitting Diode) que ya han sido probados e implementados con éxito por algunas casas comerciales (Multiscan Technologies S.L.). Toda esta instalación está ubicada en un espacio destinado a albergar las instalaciones del IMDEA-Alimentación (Instituto Madrileño de Estudios Avanzados) en un futuro. Ha sido concebida con una triple vocación docente, investigadora y de transferencia de innovación. Por ello se ha hecho especial hincapié en los sistemas de seguridad, así por ejemplo la línea dispone de 5 paradores de seguridad (uno en el sistema de control centrali-

La transparencia genera confianza y la universidad puede ser un adecuado agente mediador entre las empresas de altas tecnologías y los usuarios finales en esta línea



Fotografía 6: entrenador del sistema de control centralizado.



Fotografía 7: detalle de los perfiles de aluminio que conforman el bastidor de la línea.

zados y cuatro repartidos en cada una de las patas principales del bastidor). Además se emplean en las conexiones conectores de seguridad (fotografía 1).

Todo lo expuesto muestra claramente que estas líneas automa-

tizadas, convenientemente adaptadas a cada situación con uno o más sensores, constituyen una alternativa a los muestreos sistemáticos que se realizan en las centrales hortofrutícolas. La utilización de estos sistemas como

líneas de escandallo en los procesos productivos de los almacenes puede incrementar la cantidad de unidades muestreadas, disminuir las pérdidas de producto y aportar más información sobre el estado de las partidas.

En los últimos seis meses se ha hecho una primera aproximación a la instalación de un equipo acústico existente at-line para sandías y melones. En un primer momento el sistema se ha montado sin apenas modificación del diseño original de manera que la experiencia previa así como los algoritmos de clasificación sean

■ **La existencia de un banco de ensayos de estas características posibilita la definición de protocolos de actuación que sean transferibles a las industrias para cuantificar la viabilidad de una tecnología y establecer indicadores objetivos de la calidad del trabajo**

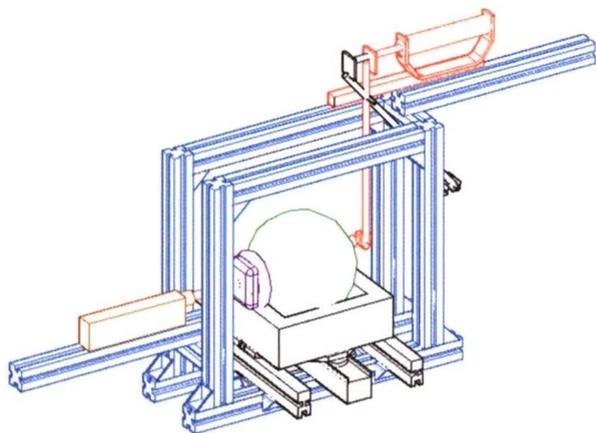
directamente utilizables. Este trabajo se ha llevado a cabo mediante una colaboración con la Universidade Estadual de Campinas (Brasil), siguiendo la vocación docente e investigadora ya mencionada.

Instalación de un sistema acústico

El estudio de la respuesta acústica de los productos hortofrutícolas a impactos de baja intensidad, es una técnica no destructiva largamente empleada en numerosas investigaciones para la

Figura 2:

Vista general del sistema de clasificación acústica.



determinación de diferentes propiedades de calidad interna (firmeza, defectos internos...). El LPFTAG ha desarrollado dispositivos de laboratorio y portátiles para la clasificación de frutos de

gran tamaño (sandías y melones) basados en el análisis de las vibraciones en el rango audible. Estos desarrollos y los resultados obtenidos en sus aplicaciones, constituyen la base del sistema que se incorpora a la línea automatizada.

El dispositivo acústico montado en la línea automatizada consiste básicamente en un mecanismo de excitación (impacto controlado), un sistema de captación y registro del sonido y los elementos de soporte y guía (figura 2).

El sistema de impacto está compuesto por un pistón neumático configurado para que el vástago tenga un movimiento de salida lento y un movimiento de recogida rápido, y un péndulo con una semiesfera metálica en su extremo; el desplazamiento del pistón sobre el péndulo produce el impacto de éste sobre el pro-

■ Todo lo expuesto muestra claramente que estas líneas automatizadas, convenientemente adaptadas a cada situación con uno o más sensores, constituyen una alternativa a los muestreos sistemáticos que se realizan en las centrales hortofrutícolas

ducto. El elemento encargado de registrar la respuesta vibratoria es un micrófono ubicado en un receptáculo que permite generar un espacio cerrado entre la su-



Calidad & Diversidad



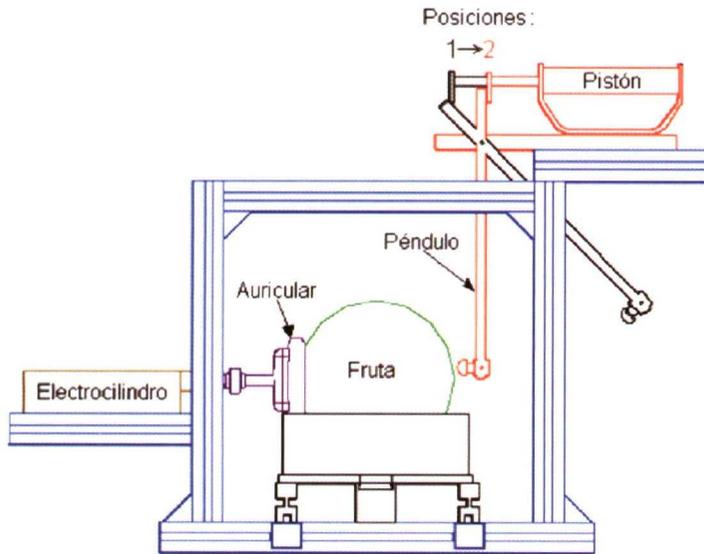
Dentro de nuestra gran selección de productos podrán encontrar: Chirivillas, Calabazas, Calabacines, Lechugas, Puerros, Brócoli, Pimientos Picantes, Cebollas, Coles, Maíz Dulce, Tomates, Hierbas Aromáticas, Espinacas, Orientales, Baby Leaf, Y otros productos de cuarta gama.

Solicite nuestro Catálogo, donde podrán ver detalles de nuestras variedades.

Tozer Ibérica S.L.U. Apdo. Correos 35, 30320 Fuente Álamo, Murcia.
Telf. 968 10 33 28 / Fax. 868 10 30 71



TOZER IBERICA

Figura 3:**Posiciones del sistema de excitación: preparación (1) e impacto (2)**

perficie del fruto y el micrófono, pero evitando el contacto entre ambos. La aproximación óptima del receptáculo a la fruta se consigue mediante un electroci-

El conocimiento y la experiencia adquiridos en los trabajos de diseño, montaje y uso de la línea automatizada en este ámbito, constituyen un valioso potencial directamente transferible a las centrales hortofrutícolas para la implantación de líneas de escandallo o muestreo

lindro acoplado a aquel con una rótula, y con 4 finales de carrera instalados en la parte externa del receptáculo. La incorporación del electrocilindro permite

carreras variables de su vástago en función del tamaño de la fruta. El ciclo de medida se inicia en el momento en que el sensor inductivo próximo al dispositivo acústico detecta la presencia de un plato, se acciona entonces el pistón de parada correspondiente y el electrocilindro inicia la salida del vástago empujando así al micrófono. Durante la aproximación, la rótula permite una perfecta adaptación al contorno de la fruta, y los finales de carrera se encargan de activar la detención del vástago del electrocilindro. Inmediatamente después el pistón neumático es accionado para aplicar la excitación. Tras la realización de la medida los elementos móviles vuelven a su posición inicial y el plato es liberado.

Los elementos de soporte están formados por los mismos perfiles que el resto de la línea, lo que permite variar fácilmente el movimiento relativo de los elementos del dispositivo acústico para adaptarlos a diferentes tamaños de producto.

En estos momentos se programan los trabajos de optimización del sistema para introducir el proce-

sado de las señales acústicas y consecuentemente la asignación de categorías, en el sistema de control centralizado.

Conclusión

A título de conclusión el LPF-TAG considera vital la disponibilidad de un entorno automatizado para la evaluación de técnicas potencialmente relevantes para el análisis no destructivo de la calidad de frutas y hortalizas. La existencia de un banco de ensayos de estas características posibilita la definición de protocolos de actuación que sean transferibles a las industrias para cuantificar la viabilidad de una tecnología y establecer indicadores objetivos de la calidad del trabajo. Estos protocolos podrían ser la herramienta que lleve transparencia en el sector de las nuevas tecnologías de cara a los usuarios finales. La transparencia genera confianza y la universidad puede ser un adecuado agente mediador entre las empresas de altas tecnologías y los usuarios finales en esta línea.

El conocimiento y la experiencia adquiridos en los trabajos de diseño, montaje y uso de la línea automatizada en este ámbito, constituyen un valioso potencial directamente transferible a las centrales hortofrutícolas para la implantación de líneas de escandallo o muestreo en las centrales hortofrutícolas.

Para saber más...

- Puede encontrar más información en la Plataforma Horticom, www.horticom.com.

- Otros artículos relacionados con el tema en:

" Desarrollo de sensores para evaluar la calidad de los alimentos", www.horticom.com?68491.