

ESTUDIO de LÍNEAS de MANIPULACIÓN de FRUTA de HUESO y CÍTRICOS con AYUDA de FRUTOS ELECTRÓNICOS

RESUMEN

Se emplearon dos frutos electrónicos simulados IS-100 de diferente tamaño (grande: 300.6 g y 8.8 cm de diámetro; pequeño: 114.7 g y 6.2 cm de diámetro) para evaluar la calidad de las operaciones de post-recolección. Con la ayuda de los frutos electrónicos IS-100 es posible detectar en qué lugar y con qué intensidad se produce un impacto, así como el tipo de material contra el que estos frutos están impactando.

Se estudiaron cuatro líneas de manipulación en varias cooperativas (dos de fruta de hueso y dos de cítricos). En la mayoría de puntos de transferencia se registran impactos con intensidades superiores a 50 g's. Los impactos registrados en las líneas de manipulación de cítricos son mayores que los correspondientes a las líneas de fruta de hueso.

Para estudiar el efecto de las líneas sobre diferentes variedades de las especies manipuladas en ellas, se diseñó un ensayo de interacción fruta-línea de manipulación, a través del cual se comparan lotes de fruta manipulados y sin manipular, cuantificándose los daños atribuibles a la recolección y a la manipulación. En todos los casos estudiados, más del 50% de los frutos ya manipulados presentan algún tipo de daño. La observación de estos daños al cabo de 2 días, en el caso de la fruta de hueso, y 10 días, en el caso de los cítricos, revela que estos daños evolucionan, siendo mayores y más patentes en la segunda fecha de observación.

Palabras clave: Daño mecánico, Fruto electrónico, Línea de manipulación.

ABSTRACT

Study of packing lines of stone and citrus fruits with instrumented spheres. Two instrumented spheres IS 100 were used to evaluate the quality of post-harvest operations. Results obtained from measurements made with both IS (8.8 cm Ø and 6.2 cm Ø) show significant differences. Both IS measure the same values of the same variables for soft materials, but not for hard surfaces. Four packing lines belonging to different cooperatives of the region of Murcia (two for stone fruits and two for citrus) were tested. IS values obtained in transfers belonging to the tested lines lay well above 50 g's in most of them. Much higher impact intensities are registered in citrus lines than in stone fruit packing lines. To study the incidence of a certain packing line on different products an interaction fruit-packing line test was performed. In all cases, more than 50% of fruits belonging to the post-handling sample showed some kind of damage. Bruises evolve after 48 hours storage at room temperature.

Keywords: Instrumented Sphere, Mechanical damage, Packing line.

INTRODUCCIÓN

Desde que los frutos alcanzan su madurez en el árbol hasta que llegan a manos del consumidor, están expuestos a numerosos procesos de manipulación (recolección, transporte, manipulación en las líneas, confección) a lo largo de los cuales pueden resultar dañados (KAMPP Y PEDERSEN, 1990). Estos daños pueden suponer una pérdida efectiva de la calidad del producto y, en consecuencia, de su valor comercial.

Con la ayuda de los frutos electrónicos (ZAPP *et al.*, 1989) se han llevado a cabo numerosos estudios referentes a las líneas de manipulación y confección de fruta (MILLER *et al.*, 1991; GARCÍA *et al.*, 1994) así como sobre cómo ocurren exactamente los impactos a lo largo de éstas. La clave del estudio no radica exclusivamente en la identificación espacial y temporal del impacto, sino en el conocimiento del tipo de impacto que se ha producido (ZAPP *et al.*, 1990; BOLLEN, 1993). Para ahondar en este conocimiento se recomienda el uso de tantos medios

Francisco GARCÍA GARCÍA⁽¹⁾,
Margarita RUIZ ALTISENT⁽²⁾
Fernando RIQUELME
BALLESTEROS⁽³⁾

(1) Ingeniero Agrónomo.
Dpto. de Ingeniería Rural.
E.T.S.I.A. - U.P.M. MADRID.

(2) Dr. Ingeniero Agrónomo,
Profesora Titular de Universidad.
Dpto. de Ingeniería Rural.
E.T.S.I.A. - U.P.M. MADRID.

(3) Dr. Ing. Agrónomo,
Colaborador Científico del CSIC.
CEBAS. MURCIA.



1.- Punto de transferencia nº 7 (elevador alvéolos-cazoletas individuales a través de rodillo decelerador) de la línea de manipulación de fruta de hueso nº2.

gráficos como sea posible (cámaras fotográficas y de vídeo), dado que éstos pueden proporcionar gran cantidad de información sobre cada impacto. El estudio de las líneas cobra su verdadero sentido al relacionar la susceptibilidad a daños de los frutos que allí se manipulan con la información derivada de dicho estudio. Los objetivos de los trabajos que engloban el estudio de las líneas y la susceptibilidad a daños de los frutos son predecir la probabilidad de daño (BOLLEN *et al.*, 1991) y determinar los umbrales de daño para las distintas especies y variedades (SCHULTE-PASON, 1990; PANG *et al.*, 1991; SCHULTE *et al.*, 1992). Los frutos electrónicos también se emplean para detectar la incidencia de impactos a lo largo de los procesos de recolección (BARREIRO, 1994) y otras operaciones de post-recolección, como por ejemplo, el transporte, ya sea desde el campo hasta el centro de manipulación o desde el centro de manipulación hasta su mercado de destino (SCHULTE-PASON *et al.*, 1990).

Los dos objetivos principales del presente trabajo son la evaluación del potencial efecto nocivo de algunas líneas de manipulación pertenecientes a varias cooperativas de la Región de Murcia, y el estudio de la influencia de una de estas líneas sobre diferentes variedades de fruta de hueso desde el punto de vista de los daños mecánicos.

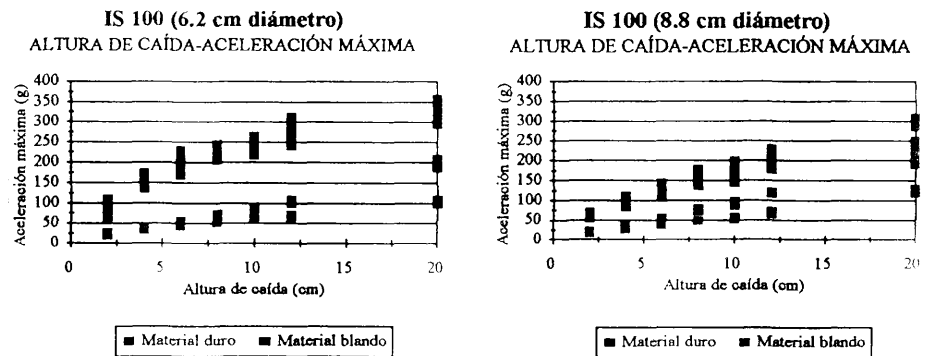
El presente trabajo se ha realizado dentro del marco de un proyecto PETRI bianual cuyos objetivos son medir la susceptibilidad a daños de diversas variedades de cítricos y fruta de hueso expuestas a diferentes tratamientos y evaluar la calidad de las operaciones de recolección y post-recolección, estudiando cada una de ellas independientemente en cooperativas de la región de Murcia. El objetivo final del proyecto es mejorar todas estas operaciones efectuando las modificaciones necesarias y aplicando los tratamientos más adecuados, con el único fin de mejorar la calidad final del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon dos esferas instrumentadas IS-100 para evaluar las operaciones

GRÁFICO 1

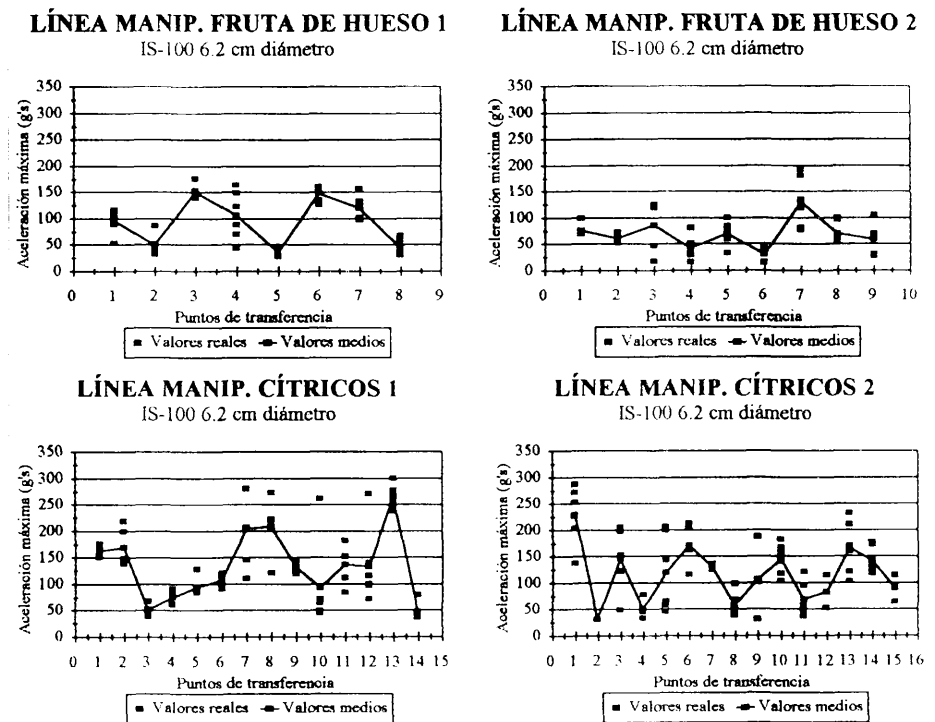
Comparación entre las IS-100 grande y pequeña



Para las mismas condiciones de impacto, la IS-100 de 6.2 cm Ø registra picos de aceleración similares a los que registra la IS-100 de 8.8 cm Ø para materiales blandos, y valores superiores para superficies.

GRÁFICO 2

Perfil de valores de aceleración máxima en las líneas estudiadas



«Valores reales» son los valores medidos y «Valores medios» son la media de seis pasadas.

de manipulación, clasificación y envasado. Estos dispositivos fueron desarrollados por un equipo de investigación del USDA-ARS perteneciente a la Universidad del Estado de Michigan. Se emplearon dos unidades IS-100 de diferente tamaño: la primera, de dimensiones similares a una naranja, pesaba 300.6 g's y tenía un diámetro de 8.8 cm, la segunda, parecida a un melocotón o una mandarina, con un peso de 114.7 g's

y un diámetro de 6.2 cm. El funcionamiento de ambas unidades es idéntico: ambas están equipadas con un acelerómetro triaxial, un reloj, una batería y una memoria. Cada impacto se expresa como aceleración (g's), medida como múltiplo de la aceleración de la gravedad, donde 1 g's = 9.81 m/s² (ZAPP *et al.*, 1989). También se registra la duración del impacto, en m/s. Operando con estos dos parámetros es posible crear

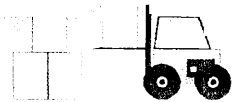
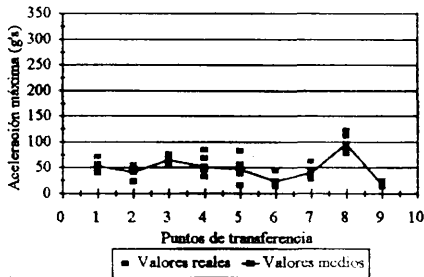


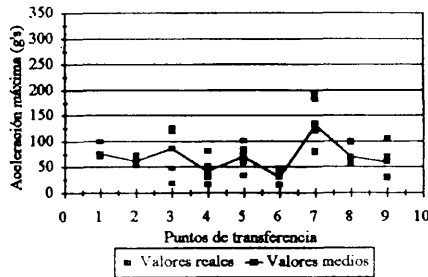
GRÁFICO 3

Comparación de la eficacia del punto de transferencia nº 7. Croquis de funcionamiento y valores registrados por las IS-100

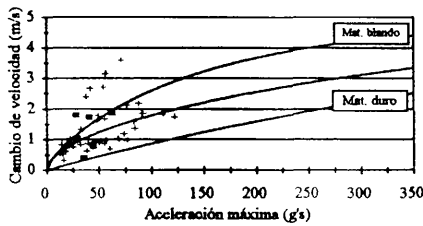
LÍNEA MANIP. FRUTA DE HUESO 2
IS-100 8.8 cm diámetro



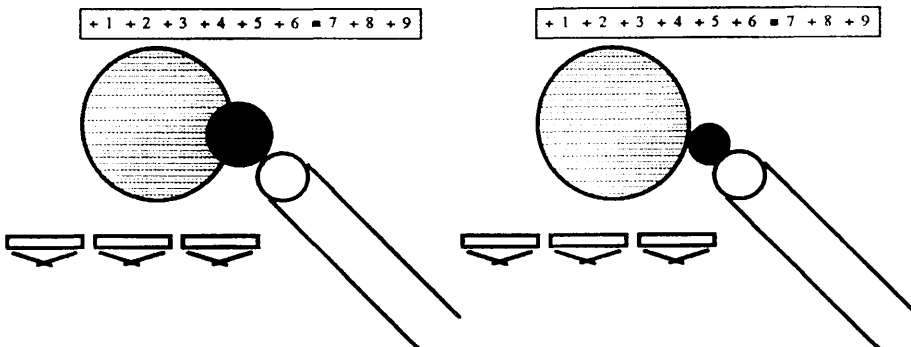
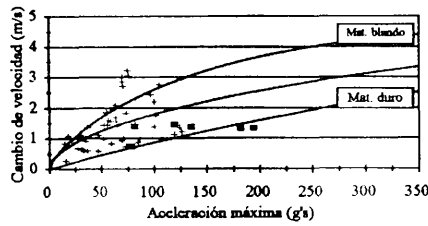
LÍNEA MANIP. FRUTA DE HUESO 2
IS-100 6.2 cm diámetro



LÍNEA MANIP. FRUTA DE HUESO 2
IS-100 8.8 cm diámetro



LÍNEA MANIP. FRUTA DE HUESO 2
IS-100 6.2 cm diámetro



En él se deceleran correctamente los frutos grandes pero no los pequeños, permitiendo que éstos atraviesen este punto de transferencia a alta velocidad.

otras variables útiles (BROWN *et al.*, 1990).

Dado que los resultados obtenidos al efectuar mediciones de los mismos fenómenos con ambas IS presentaban diferencias significativas, se hace patente la necesidad de llevar a cabo unos ensayos de calibración de ambas esferas con el fin de saber si ambas esferas miden exactamente lo mismo bajo idénticas condiciones de impacto, como se supone que tiene que ser. Se efectuaron ensayos de impacto en caída libre, desde siete alturas diferentes, sobre cuatro tipos de material de diferente dureza.

Se ensayaron ocho líneas de manipulación pertenecientes a seis cooperativas diferentes de la región de Murcia. En esta presentación sólo se incluyen los resultados de dos líneas de fruta de hueso, en la localidad de Cieza, y dos de cítricos, en Librilla.

El ensayo en cada línea se repitió al menos 6 veces, con el fin de que los resultados fueran representativos y fidedignos.

Se tomaron fotografías e imágenes de vídeo para ampliar la información sobre cada impacto, desde el punto de vista de identificación del tipo y forma de im-

pacto, de la naturaleza de la superficie impactada, etc. Para completar esta información se midió la velocidad de trabajo de los elementos integrantes de cada línea con ayuda de un tacómetro digital Ono Sokki HT-5200.

El ensayo de cada línea se realizó según la siguiente secuencia: a) Observación de la línea de manipulación y envasado. Dibujo de un croquis de la misma. b) Cronometraje de la línea. Toma de tiempos de paso de la esfera en todos los puntos de transferencia (transiciones entre elementos consecutivos). c) Toma de datos: Poner la IS-100 al principio de la línea y dejar que realice todo el recorrido junto al resto de frutos. Anotar tiempos de paso por cada punto de transferencia con un reloj externo. d) Análisis de datos: Identificación de impactos (magnitud, lugar, tipo, etc).

Con el fin de estudiar la incidencia de una línea de manipulación sobre diferentes productos se diseñó y realizó un ensayo denominado interacción fruta-

Especialistas en maquinaria para la FRUTICULTURA

Plataformas para la recolección de fruta MARCOBSE

Atomizadores,
Picadoras de hierba y leña,
Elevadores, Abonadoras,
Compresores,
Rotovators,
etc...

BARQUÉ
MAQUINARIA AGRÍCOLA

BARQUÉ
C/ Carretera, s/n
Tel./Fax (973) 60 28 03
25241 GOLMÉS (Lleida)

línea de manipulación. Aunque se ha realizado tanto en fruta de hueso como en cítricos, sólo se exponen los resultados del ensayo efectuado con fruta de hueso, dado que la observación de daños en cítricos presenta mayor dificultad y todavía se encuentra en fase de puesta a punto. Se estudió la interacción entre la línea de manipulación nº1 y una variedad de albaricoque (*Búlida*) y tres de melocotón (*Springcrest*, *Caterina* y *Baby Gold*).

Siguiendo la norma UNE 34-117-81. ISO 874: Frutas y verduras frescas. Muestreo, se establecían dos muestras del mismo tamaño con fruta recién recolectada procedente de la misma partida. La primera muestra se constituía en el momento de la recepción de la fruta en el almacén, procedente del campo. Esta primera muestra es el control, no será sometida a ninguna operación. La segunda muestra está constituida por fruta que ya ha sido manipulada y ha atravesado toda la línea de manipulación. Tendremos por



2.- Buen sistema de volcado instalado en la línea de manipulación de fruta de hueso nº3.

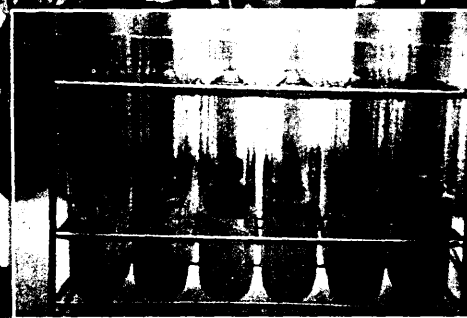
tanto, dos muestras, una sin manipular y otra manipulada.

Se procede entonces a la observación individual de cada elemento integrante de la muestra (\equiv fruta), contabilizando

todos los daños longitudinales y superficiales que presentan, clasificándolos en las categorías de daño recogidas en el Cuadro 1. Ambas muestras se almacenan durante 48 h a 20 °C y se realiza una nueva observación de daños tras

la tecnología genética al servicio de nuestros clientes.

VARIEDADES DE OBTENCIÓN PROPIA



Viveros de árboles frutales
Viveros de Espárrago y Fresa
Semilla de AJO



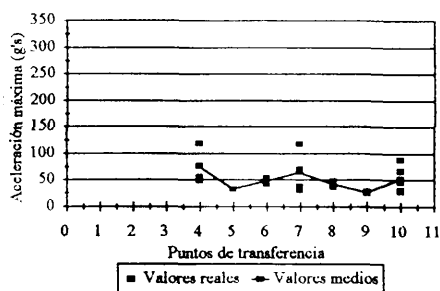
PLANTAS DE NAVARRA, S.A.
Carreter de Sarriena, km.1
31514 VALTIERRA (Navarra)
Tel. (948) 40 72 66 - Fax (948) 86 72 66

Variedades: I.P.S.
M.F.S.
Nuevos Portainjertos
Plantas de Injerto de primavera

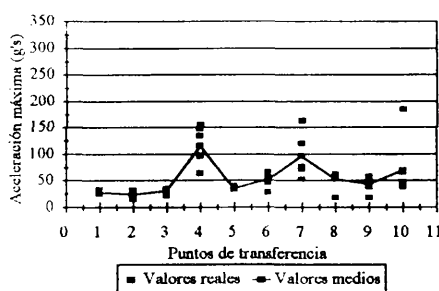
GRÁFICO 4

Línea de manipulación de fruta de hueso 3

LÍNEA MANIP. FRUTA DE HUESO 3
IS-100 8.8 cm diámetro



LÍNEA MANIP. FRUTA DE HUESO 3
IS-100 6.2 cm diámetro



Obsérvense las bajas intensidades de impacto en el volcado.

este período. Se observa el desarrollo de algunas magulladuras detectadas el primer día y la existencia de nuevos daños no presentes en la primera observación.

Para simplificar el manejo de la información derivada de este ensayo, las categorías de daño se reagruparon, resultando dos nuevas categorías, basadas en la Norma de Calidad de la UE y en función del número de daños de cada tipo y categoría: si un fruto no presenta ningún daño o presenta sólo una magulladura superficial tipo «a» y/o un daño longitudinal tipo «a», el fruto será categoría Extra o Clase I y pertenecerá a la «categoría exportable»; si presenta más de un daño de cualesquiera de las categorías definidas en el Cuadro 1 será un fruto de Clase II o inferior -según la normativa europea- y lo consideraremos «categoría no exportable». Los resultados de este ensayo se presentarán en estos términos.

RESULTADOS

Calibración entre la IS-100 de 8.8 cm Ø y la IS-100 de 6.2 cm Ø

Ambas esferas registran los mismos valores de las mismas variables para materiales blandos, no así para materiales duros. Deben haber sido calibradas para materiales blandos. La IS-100 de 6.2 cm Ø mide mayores «aceleraciones máximas» que la IS-100 de 8.8 cm Ø bajo idénticas características de impac-

to (Gráfico 1). Esto podría deberse a las diferentes dimensiones de ambas esferas, lo que les obliga a moverse de forma diferente dentro de la línea. Considerando que la esfera pequeña es más parecida a los frutos ensayados, en términos de dimensiones, y en consecuencia, que se moverá de forma más parecida a éstos que la grande, prestaremos más atención a los resultados de la IS-100 de 6.2 cm Ø en estos ensayos previos. En cualquier caso, en esta comunicación se reflejan los resultados de ambos dispositivos.

Comparación entre cuatro líneas de manipulación

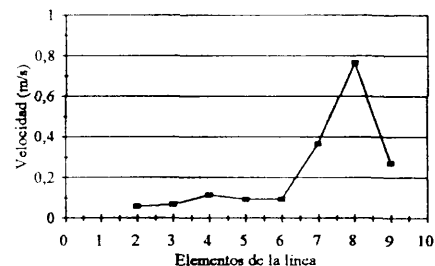
En la mayoría de los puntos de transferencia pertenecientes a las líneas estudiadas, los valores que registran las esferas IS son superiores a 50 g's. BARREIRO concluyó que un impacto de 50 g's provoca, en fruta de hueso, una magulladura de 50 mm², siendo éste el límite que establece la normativa comunitaria entre la Clase I y la Clase II, es decir, entre la categoría exportable y la no exportable (Gráfico 2). Aunque existe una muy alta variabilidad en las medidas efectuadas con los frutos electrónicos en cada punto de transferencia (se realizaron seis pasadas por línea), los valores medios, en su mayoría, están por encima de este umbral de riesgo.

En el Cuadro 2 se recogen las probabilidades superior e inferior de impacto

GRÁFICO 5

Velocidad de los elementos de la línea de manipulación de fruta de hueso 3

LÍNEA MANIP. FRUTA DE HUESO 3



igual o superior a 50 g's de todos los puntos de transferencia de cada línea, así como la proporción de éstos que se ajustan a esa probabilidad. La probabilidad de impacto igual o superior a 50 g's en cada punto de transferencia se calculó como el cociente entre el número de pasadas en las que el impacto es igual o superior a 50 g's y el número total de pasadas.

Como se observa en el Gráfico 2 y con la información del Cuadro 2 puede concluirse que las líneas de manipulación de cítricos, en general, están peor diseñadas y/o reguladas que las de fruta de hueso. En aquellas se registran intensidades de impacto superiores que en éstas.

También se han detectado impactos que no se corresponden con los puntos de transferencia identificados y cuya intensidad se sitúa también por encima de los 50 g's. Los frutos resultan golpeados no sólo en los lugares esperados (puntos de transferencia) sino también en otros lugares no identificados dentro de la línea.

Influencia del diseño y la regulación de los elementos de la línea

A través de un buen diseño y una correcta regulación de los elementos y puntos de transferencia es posible disminuir el número y la intensidad de los impactos.

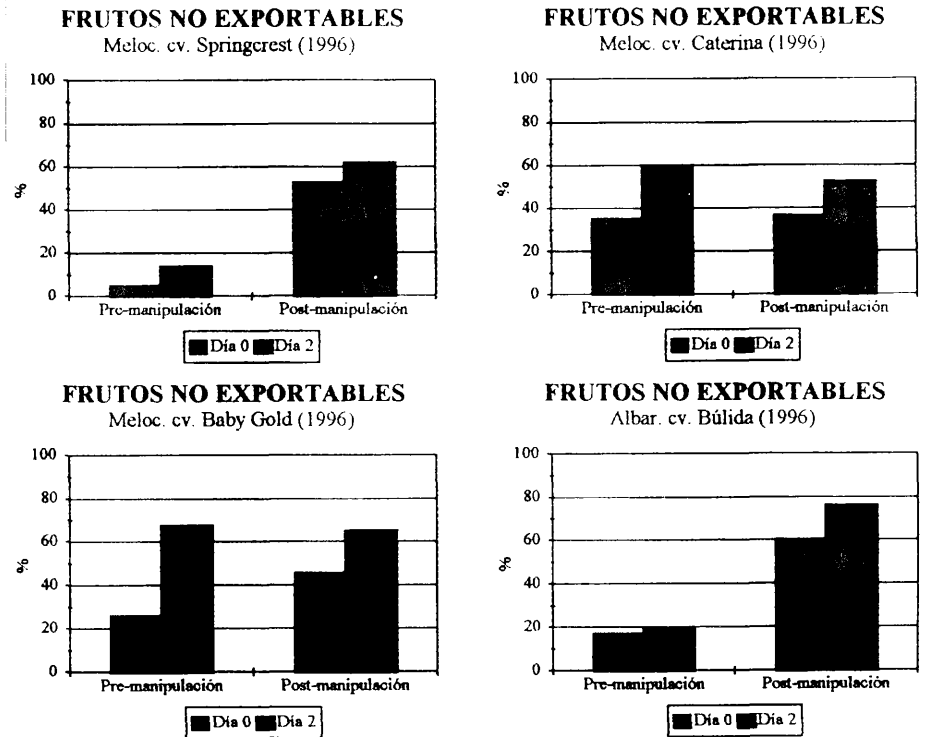
El punto de transferencia 7 (transferencia del elevador de alvéolos a las cazoletas individuales, *Gráfico 3, Foto 1*) es un ejemplo de mala regulación. Este punto de transferencia es un elemento decelerador eficaz para frutos grandes (IS-100 de 8.8 cm Ø), no así para frutos más pequeños (IS-100 de 6.2 cm Ø); las aceleraciones máximas medias son 44 y 130 g's respectivamente. El dispositivo amortiguador es eficaz para la IS grande, dado que la envuelve completamente. Sin embargo, la distancia entre este elemento y el alvéolo de soporte del otro elemento es demasiado grande y permite el paso de la IS-100 de 6.2 cm Ø sin apenas envolverla y disminuir su velocidad. Los gráficos de la derecha del *Gráfico 3*, «aceleración máxima» vs «cambio de velocidad», ponen de manifiesto que la esfera grande está impactando contra una superficie blanda, mientras la pequeña impacta contra una superficie dura.

El diseño de los elementos es también de extraordinaria importancia. El volcado de la fruta desde las cajas de campo a la línea de manipulación es uno de los puntos más conflictivos en casi todas las líneas (ver punto de transferencia 1 en el *Gráfico 2*). A través de un diseño óptimo de este elemento pueden evitarse impactos de alta intensidad (ver punto de transferencia 1 del *Gráfico 4 y Fotos 2 y 3*). Los datos del *Gráfico 4* corresponden al volcador de la *Foto 2*. Este es un ejemplo de diseño adecuado. La IS-100 de 8.8 cm Ø no registró ningún impacto en este punto, mientras que la IS-100 de 6.2 cm Ø registró, en una de las pasadas, un máximo de 32.9 g's. La *Foto 3* es un ejemplo de diseño inadecuado. Este modelo de volcador es el más frecuentemente encontrado en las líneas estudiadas. Las aceleraciones máximas medias de este tipo de volcador varían entre 53 y 117 g's para la IS-100 de 8.8 cm Ø y entre 77 y 231 g's para la IS pequeña.

La velocidad de los elementos (cintas transportadoras, rodillos, cazoletas, etc.) juega un papel de no menor importancia que el diseño; atañe también a la regulación de los elementos.

GRÁFICO 6

Porcentajes de frutos «no exportables» (≡ frutos no pertenecientes a Clase Extra o I, según la normativa comunitaria) **antes y después de la manipulación**



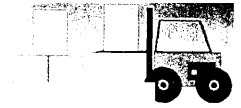
Velocidades reducidas y sobretodo pequeñas diferencias de velocidad entre elementos consecutivos reducen sustancialmente la incidencia de impactos (*Gráficos 4 y 5*). A pesar de que la velocidad de los elementos no es el único factor determinante, los primeros elementos de la línea de manipulación de fruta de hueso 3 presentan velocidades reducidas y similares, lo que se traduce en que ambas esferas registran bajas intensidades de impacto (*Gráfico 4*): la IS grande no registró ningún impacto en los tres primeros puntos de transferencia, mientras que la IS-100 de 6.2 cm Ø registró 28.04, 13.9 y 31.2 g's como aceleración máxima media en los tres primeros puntos de transferencia respectivamente.

Interacción fruta-línea de manipulación

Todos los resultados resumidos en este epígrafe deben interpretarse teniendo en cuenta que a lo largo de todo el proceso que tiene lugar sobre la línea de

manipulación existe una operación que es la tria y que consiste en la retirada manual de los frutos defectuosos del caudal de fruta que atraviesa la línea. En consecuencia, las magulladuras que presentan los frutos a la salida de la línea son fundamentalmente debidas al proceso de manipulación mecánica en sí mismo.

En todos los casos, más del 50% de los frutos pertenecientes a la muestra manipulada en la línea presentaban algún tipo de daño. Considerando exclusivamente las proporciones de no exportables, podemos decir que varían desde el 37% en melocotón *Caterina* hasta el 61% de frutos no exportables en albaricoque *Búlida*. Tras 48 h de almacenamiento a 20 °C estos porcentajes evolucionaban hasta 53% y 76% respectivamente. El *Gráfico 6* muestra que las magulladuras evolucionan transcurridos dos días desde la manipulación mecánica en todas las variedades estudiadas, incrementándose los porcentajes de fruta no exportable.



CUADRO 1

**Clases de daño.
Dimensión de magulladuras**

Categoría de daño	Tipo de daño	
	superficial	longitudinal
a	s.m. < 0.5 cm ²	l.d. < 1 cm
b	0.5 ≤ s.m. < 1 cm ²	1 ≤ l.d. < 2 cm
c	s.m. ≥ 1 cm ²	l.d. ≥ 2 cm

s.m.: superficie de magulladura
l.d.: longitud del daño longitudinal

CONCLUSIONES

Aunque se supone que los dos frutos electrónicos IS-100 miden los mismos valores de las mismas variables bajo idénticas condiciones de impacto, registran rangos de valores similares para materiales blandos, no así para materiales duros.

La mayoría de los puntos de transferencia de todas las líneas estudiadas deben ser revisados. En ellos encontramos altas probabilidades de impactos de alta intensidad.

Próximos ensayos deben determinar las regulaciones óptimas para cada punto de transferencia y para cada producto, en términos de distancia entre elementos consecutivos, velocidad de los elementos y otros parámetros regulables.

Más del 50% de los frutos manipulados mecánicamente muestran algún tipo de daño. Estas magulladuras evolucionan significativamente tras 48 h de almacenamiento a temperatura ambiente. Esto es una consecuencia del mal estado de las líneas.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a las cooperativas Agraria del Guadalentín, Ciezana de Frutas, SAT Frutos Librilla, El Limonar de Santomera, La Molinense y El Valle de Abarán, a FECOAM (Federación de Cooperativas Agrarias de Murcia), así como al personal auxiliar del CEBAS y del Dpto. de Ingeniería Rural de la E.T.S.I. Agrónomos de Madrid, que

CUADRO 2

Probabilidades máxima y mínima de impacto mayor o igual a 50 g's en los puntos de transferencia de cada línea de manipulación

Líneas de manipulación	8.8 cm Ø-IS 100				6.2 cm Ø-IS 100			
	m	%T(m)	M	%T(M)	m	%T(m)	M	%T(M)
Fruta de hueso 1	0.167	37.5	1	25	0	12.5	1	50
Fruta de hueso 2	0	22.2	1	22.2	0	11.1	1	44.4
Cítricos 1	0	7.1	1	35.7	0.167	7.1	1	78.6
Cítricos 2	0	13.3	1	53.3	0	6.7	1	46.7

m: Probabilidad mínima de impacto igual o superior a 50 g's en cualquier punto de transferencia

%T(m): Proporción de puntos de transferencia con probabilidad m

M: Probabilidad máxima de impacto igual o superior a 50 g's en cualquier punto de transferencia

%T(M): Proporción de puntos de transferencia con probabilidad M

han colaborado en la realización de estos trabajos, financiados por la CICYT en el proyecto PTR94-0082.

BIBLIOGRAFÍA

BARREIRO, P. 1994. Modelos para la simulación de daños mecánicos y desarrollo de un algoritmo de evaluación de maquinaria para los principales cultivos de albaricoque, manzana, melocotón y pera. Tesis Doctoral. Dpto. Ing. Rural. ETSIA-UPM.

BARREIRO, P.; STEINMETZ, V.; RUIZ-ALTISENT, M. 1995. Neural bruise prediction models for fruit handling and machinery evaluation. International Workshop on Control Applications in Post-harvest and Processing Technology (CAPPT'95). June, 1,2. Ostende, Belgium.

BOLLEN, A.F.; DELA RUE, B.T. 1990. Impact analysis using video with an instrumented sphere. Inter. Summer Meeting of ASAE. Paper nr. 90 6078. Columbus, Ohio. June 1990.

BOLLEN, A.F.; COX, N.R. 1991. A technique for predicting the probability of bruising for use with an instrumented sphere. Inter. Winter Meeting of ASAE. Paper nr. 91 6595. Chicago, Illinois. December 1991.

BOLLEN, A.F. 1993. Apple-apple

impact evaluation using an instrumented sphere. *Agricultural Engineering Journal* 1993, 2(1&2): 1-14.

GARCÍA, J.L.; BARREIRO, P.; RUIZ-ALTISENT, M. VICENTE, M. 1994. Use of electronic fruits to evaluate fruit damage along the handling process. *AgEng 94* (Milano). Report nr. 94-G-045.

GARCÍA, J.L.; BARREIRO, P.; RUIZ-ALTISENT, M; VICENTE, M. 1995. Estimación de daños por magulladura en el manejo de fruta mediante frutos electrónicos. VI Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Abril, 25-28. Barcelona.

KAMPP, J.; PEDERSEN, J. 1990. Quality of imported and domestic fruits and vegetables in the Danish retail trade with special reference to mechanical damages. 22 International Conference on Agricultural Mechanization. Zaragoza. Vol. II pp: 9-16

MILLER, W.M.; WAGNER, C. 1991. Florida citrus packing line studies with an instrumented sphere. *Applied Engineering in Agriculture*. Vol. 7, Nr. 5, pp 577-581.

MILLER, W.M.; WAGNER, C. 1991. Impact studies in Florida citrus packinghouses using an instrumented sphere. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 104: 125-127.

PANG, W.; STUDMAN, C.; BANKS,