

ANÁLISIS DE ELEMENTOS MECÁNICOS PARA REDUCIR DAÑOS A LA FRUTA EN LÍNEAS DE MANIPULACIÓN

J. García; J. Ortiz, M. Ruiz-Altisent
Dept. Ingeniería Rural, Universidad
Politécnica de Madrid
Madrid, España.

Abstract

Testing of mechanical devices to reduce damage to fruit on commercial packing lines
Correct design of transporter belts structure and testing of decelerator elements (brush and curtain) to reduce damages to fruit were analyzed on an experimental packing line, designed and located in the Rural Engineering Department of the Polytechnic University of Madrid, using two instrumented spheres IS 100 (8.8 cm Ø and 6.2 cm Ø). Results showed that impact intensities registered by the instrumented spheres on transfer points can be reduced (until 53%) using decelerator elements with a correct regulation. Fruit size and transfer point design must be analyzed to undertake an accurate regulation of the decelerator elements. Otherwise the design of transporting belts supported by structural rollers in transfer points can be improved changing its location with the aim of reducing the impact intensities received by the fruit.

Keywords: Instrumented sphere, Impact, Fruit handling, Decelerator element, Transporting belt,

Resumen

En una línea experimental de manipulación de fruta, diseñada e instalada en el Departamento de Ingeniería Rural de la Universidad Politécnica de Madrid, fue estudiado el diseño correcto de la estructura de las cintas transportadoras y la regulación y eficacia de elementos deceleradores (cepillo y cortina), con el objetivo de reducir el daño infringido a la fruta, utilizando dos frutos electrónicos IS 100 (8.8 cm Ø y 6.2 cm Ø). Los resultados mostraron que las intensidades de impacto registradas por los frutos electrónicos en los puntos de transferencia pueden ser reducidas (hasta un 53%) utilizando elementos deceleradores bien regulados. El tamaño de la fruta a manipular y el diseño del punto de transferencia deben ser analizados para llevar a cabo una correcta regulación del elemento decelerador. Por otro lado, la ubicación de rodillos estructurales bajo cintas transportadoras en los puntos de transferencia debe ser evitada con el fin de reducir la intensidad del impacto recibido por la fruta.

Palabras clave: Fruto electrónico, Impacto, Manipulación de fruta, Elemento decelerador, Cinta transportadora

1. Introducción

Durante su proceso de manipulación en líneas comerciales, la fruta recibe cargas mecánicas (impacto y compresión) que producen daños que reducen su calidad y como consecuencia su valor comercial (Brown et al., 1987).

La fruta es dañada durante su manipulación por diferentes motivos: diseño incorrecto de la línea, condiciones de trabajo inadecuadas, ausencia de elementos deceleradores y amortiguadores, mala regulación de los mismos, etc. Para detectar las zonas de las líneas de manipulación dónde la fruta sufre daños se utilizan frutos electrónicos (Zapp et al., 1989, García J.L. et al., 1994). Los frutos electrónicos son capaces de cuantificar el impacto recibido por la fruta y la dureza de la superficie contra la que ésta golpea (Zapp et al. 1990). Los datos aportados por los frutos electrónicos deben ser relacionados con el tipo y características de la fruta manipulada en línea para predecir su probabilidad de daño (Schulte et al., 1992).

Dentro de una línea de manipulación no todos los elementos infringen el mismo daño a la fruta (Miller et al., 1991), siendo los puntos de transferencia entre elementos los lugares donde la fruta recibe mayores impactos normalmente. Sin embargo, todavía existen muchos aspectos sobre las causas de los daños que no se conocen exactamente. El nivel de la carga aplicada a la fruta puede ser reducido de diferentes formas: mejora de elementos concretos de las líneas de manipulación (Marshall et al., 1992), estudio de materiales amortiguadores óptimos (Armstrong et al., 1995), nuevos diseños de elementos, etc. Se ha comprobado que en la gran mayoría de las líneas existentes en España los problemas de daños a la fruta son grandes, en parte debido a su diseño y en parte a las condiciones de utilización.

Un diseño apropiado de los puntos de transferencia y el uso y correcta regulación de elementos deceleradores y amortiguadores (García F., et al., 1996) es un requisito esencial para optimizar las líneas de manipulación comerciales con el fin de reducir daños a la fruta. Con tal objetivo se han realizado diferentes pruebas en una línea experimental de manipulación de fruta. La línea ha sido diseñada e instalada en el Departamento de Ingeniería Rural de la Universidad Politécnica de Madrid dentro del marco del proyecto CICYT "Desarrollo de dispositivos mecánicos para minimizar daños y medir la firmeza en líneas de manipulación de frutas" en colaboración con la empresa MAXFRUT, S.L que actúa como EPO en dicho proyecto.

2. Material y métodos

Sobre una línea experimental de manipulación de fruta (Ortiz-Cañavate et al., 1999) (Fig. 1) han sido analizados diferentes elementos deceleradores.

En los ensayos se han utilizado dos frutos electrónicos comerciales IS 100 (Instrumented sphere: esfera electrónica) (Zapp. et al., 1990). Los frutos empleados tienen dos tamaños: el primero 300.6 g de peso y 8.8 cm de diámetro (IS 100 G), el segundo 114.7 g de peso y 6.2 cm de diámetro (IS 100 P). Cada fruto dispone de un acelerómetro triaxial, un reloj, una batería y una memoria. Para cada impacto los frutos electrónicos registran dos parámetros: aceleración expresada como número de veces la aceleración de la gravedad (g's), donde $1\text{ g} = 9.8\text{ m/s}^2$ y duración del impacto (ms). En este trabajo sólo se detallan los datos registrados por el fruto electrónico IS 100 G (300.6 g de peso y $\pm 8.8\text{ cm}$) (Zapp et al., 1990)

Se realizaron diversas pruebas con el objetivo de determinar la regulación óptima de elementos de transferencia y deceleradores y el efecto de un diseño incorrecto de las cintas transportadoras en los puntos de transferencia entre elementos.

- Estudio de efectividad y regulación de un cepillo de transferencia. En el punto T2 de la línea experimental (Fig. 1), transferencia transportador de rodillos (2) - alineador (3) con una altura de caída de 21 cm, fue estudiada la efectividad de un cepillo de transferencia (Fig. 2.1) de cerdas de polietileno despuntado de 0.20 cm de diámetro y 10 cm de longitud. El cilindro donde se insertan las cerdas tiene un diámetro de 7 cm. El cepillo gira a la misma velocidad que

el transportador de rodillos y en sentido contrario. La velocidad de trabajo del transportador de rodillos fue de 20 m/min. La transferencia T2 fue analizada en diferentes condiciones de trabajo: sin cepillo de transferencia y con cepillo de transferencia situado a cuatro alturas distintas entre la punta de las cerdas y la base del alineador (3 cm, 5 cm, 7 cm y 9 cm). La distancia entre la punta de las cerdas del cepillo y el borde del transportador de rodillos 2 era de 8.5 cm. En cada una de las situaciones se realizaron 24 pasadas con cada fruto electrónico. Como comprobación de los resultados obtenidos con el fruto electrónico se realizaron ensayos en T2 en las utilizando manzana "Golden Smoothie" procedente de la cooperativa de Gimenezs (Lleida) en tres condiciones de trabajo: sin cepillo de transferencia, con cepillo situado a 16.5 cm de distancia y 7 cm de altura (mal regulado) y con cepillo situado a 8.5 cm de distancia y 5 cm de altura (bien regulado). Las manzanas, fueron recolectadas tres días antes de los ensayos y permanecieron en cámara a 1°C y 85% H.R. hasta las veinticuatro horas previas al ensayo durante las que estuvieron a temperatura ambiente (24.1 °C) y a una humedad relativa del 43%. En cada posición del cepillo se pasaron 30 manzanas en las que se midió presencia o no de magulladura y área media de cada magulladura determinando el porcentaje de manzanas pertenecientes a la Categoría I de la Normativa Comunitaria. Se llega a la conclusión de que valores por encima de 50 g's producen magulladuras y, por encima de 100 g's (en manzana) son causa de magulladuras mayores de 1 cm² (Schulte et al., 1992, Barreiro, 1994). Este umbral es genérico y aproximado, debiendo ser establecido en ensayos específicos para especies y variedades determinadas. Según la normativa comunitaria relativa a la calidad de manzanas de mesa, se considera Categoría I a aquellas manzanas cuya superficie total de defectos externos no exceda 1 cm² con excepción del moteado y que no presenten defectos de forma alargada de la epidermis mayores de 2 cm.

- Estudio de efectividad y regulación de una cortina deceleradora. En T1, transferencia cinta transportadora 1 - transportador de rodillos 2 (Fig. 1), con una altura de caída de 13.5 cm, se analizó la efectividad y regulación de una cortina deceleradora (Fig. 2.2) de cerdas de polietileno despuntado de 0.20 cm de diámetro y 13.5 cm de longitud. La velocidad de la cinta transportadora 1 fue de 32.7 m/min y la del transportador de rodillos 2 de 20 m/min La transferencia T1 fue analizada en diferentes condiciones de trabajo: sin cortina deceleradora y con cortina deceleradora situada a cuatro alturas distintas entre la base del transportador de rodillos y la punta de las cerdas (4.5 cm, 5.5 cm, 6.5 cm y 7.5 cm). La distancia entre la cortina y el borde de la cinta transportadora 1 era de 8 cm. En cada situación se realizaron 24 tomas de datos con cada fruto electrónico.

- Estudio del efecto de la presencia de un rodillo estructural bajo una cinta transportadora. En T8 (Fig. 1), transferencia cinta transportadora 8 - cinta transportadora 1, con una altura de caída de 14 cm, fue analizado el efecto de que la fruta, al caer sobre una cinta transportadora, golpease contra una zona hueca de ésta, o sobre una zona bajo la cual hay un rodillo que forma parte de su estructura (Fig. 2.3). El estudio fue realizado de dos formas distintas: dinámica y estática. En el primer caso, el estudio se realizó con los frutos electrónicos pasando por T8 con una velocidad de las cintas transportadora 8 y 1 de 32 m/min. En el segundo caso, sin movimiento, los frutos electrónicos se dejaron caer desde una altura de 14 cm sobre la zona hueca de la cinta transportadora 1 y sobre la zona bajo la cual había un rodillo estructural (Fig 2.3). En ambos casos se realizaron 16 tomas de datos.

3. Resultados

3.1. Estudio de efectividad y regulación del cepillo de transferencia

El impacto medio registrado por el fruto electrónico varió de forma manifiesta en función de las diferentes regulaciones del cepillo en T2. Así, pasar de una situación de ausencia de cepillo de transferencia a una situación con una regulación de altura óptima (distancia entre la punta de las cerdas y la base del alineador de 3cm) permitió disminuir el nivel medio de impacto registrado por el IS (8.8 cm de diámetro y 300.6 g) drásticamente, pasando de un nivel medio de impacto de 87.8 g's a 41.1 g's (reducción del 53%, fig 3.1). Del mismo modo, la probabilidad de que hubiese impactos superiores a 50 g's pasó del 87.5% al 4.1% (Fig 3.2). Analizando la evolución del nivel y la probabilidad de impacto en función de las diferentes regulaciones del cepillo, se puede apreciar que los impactos recibidos por el fruto electrónico disminuyen progresivamente a medida que disminuye la altura del cepillo de transferencia con respecto al alineador. El cepillo de transferencia debe ser regulado de forma que su altura respecto al elemento al que transfiere la fruta sea mínima pero permitiendo una correcta circulación de fruta para lo cual hay que regular el cepillo en función del calibre máximo de la fruta manipulada en la línea. En situaciones en que haya una gran diferencia de calibres, la eficacia del elemento disminuirá con los frutos de menor tamaño

En los ensayos paralelos realizados con manzana "Golden Smoothee" los resultados concordaron con los datos aportados por el fruto electrónico. El porcentaje de manzanas magulladas, el número medio de magulladuras por manzana y el área media de cada magulladura descendió notablemente desde la situación sin cepillo a la situación con cepillo a una altura de 5 cm y distancia de 8.5 cm, el porcentaje de manzanas pertenecientes a la Categoría I aumentó del 57% al 90% (Tabla 1).

3.2. Estudio de efectividad y regulación de la cortina deceleradora

Los niveles de impacto registrados por los frutos electrónicos variaron en función de las diferentes condiciones de trabajo existentes en T1. Así, los niveles medios de impacto registrados por el IS pasaron de 56.5 g's en la situación sin cortina a 35.3 g's en la situación con cortina y distancia entre cerdas y transportador de rodillos de 5.5 cm (reducción del 37%, Fig 4.1). En cuanto a las probabilidades de impacto, la probabilidad de que hubiera impactos por encima de 50 g's pasó del 62.5% al 0% (Fig. 4.2).

3.3 Efecto del rodillo estructural bajo cinta transportadora en un punto de transferencia

El nivel de impacto registrado por el fruto electrónico varió notablemente en función de que golpease sobre la zona de la cinta transportadora bajo la cual se encuentra el rodillo estructural o sobre una zona hueca de la misma. Esta diferencia fue mayor en el ensayo estático, 82.1 g's frente a 11.5 g's (reducción del 86%), que en el ensayo dinámico, 39.2 g's frente a 20.7 g's (reducción del 47%) (Fig 5.1 y 5.2). La naturaleza de la superficie contra la que impactó el IS no varió a pesar de que el fruto electrónico golpease sobre la zona de la cinta transportadora bajo la cual había rodillo estructural. El IS siempre golpeó sobre superficies blandas, tanto en el ensayo estático (Fig. 5.3) como en el dinámico (Fig. 5.4).

4. Discusión

- La utilización de elementos deceleradores y de transferencia en aquellos puntos donde la fruta es susceptible de recibir altos impactos es un medio útil y eficaz para disminuir el nivel de los mismos. Se comprueba que la presencia y correcto diseño y regulación de

elementos deceleradores puede llegar a evitar en su mayor parte los golpes producidos a la fruta en transferencias con caída. Esto nos impulsa a avanzar en el análisis detallado de los elementos deceleradores existentes actualmente, y en el diseño de nuevos elementos perfeccionados. Los elementos deceleradores y de transferencia deben estar regulados en función del diseño de la transferencia y del tamaño de la fruta a manipular. - Tanto los cepillos de transferencia como las cortinas deceleradoras disminuyen el impacto recibido por la fruta en los puntos de transferencia entre elementos en líneas de manipulación, sin embargo, los cepillos son más eficaces, produciendo una mayor disminución (53% frente a 37%) en el nivel medio del impacto recibido por la fruta entre las situaciones de ausencia de elemento decelerador o de transferencia y existencia de elemento bien regulado(en el caso de cepillos y cortinas de cerdas de plástico).

- Los rodillos estructurales de las cintas transportadoras deben ser ubicados en zonas en las que no coincidan con puntos de transferencia entre elementos de las líneas de manipulación, en especial en aquellos puntos en que la fruta cae verticalmente, como por ejemplo en elementos volcadores, ya que el impacto recibido por la misma es mayor que cuando la fruta se desplaza con movimiento horizontal.

- Los frutos electrónicos son unas herramientas útiles para analizar la correcta regulación y eficacia de los distintos elementos deceleradores y para detectar fallos de diseño que producen altos impactos a la fruta en los puntos de transferencia de las líneas de manipulación.

- Sería muy conveniente establecer programas de revisión y mejora de las actuales instalaciones en todas las regiones productoras de fruta, lo cual tendría importantes efectos en la mejora de la calidad de la misma.

5. Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT: Proyecto ALI 97-0954) y a la Comunidad Autónoma de Madrid (Beca FPI) por la financiación de este proyecto.

6.- Referencias

Armstrong, P. R., G. K. Brown, and E. J. Timm. 1995. Cushioning choices can avoid produce bruising during handling. Harvest and Postharvest Technologies for Fresh Fruits and Vegetables. ASAE Publication. 1995. 183-190.

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.

García, F., Riquelme, F., Ruiz-Altisent, M., Barreiro, P. 1996. Study of packing lines for stone fruits and citrus using two instrumented spheres in some cooperatives in the region of Murcia (Spain). AgEng Madrid 96. Paper 96F-038.

García J.L., Ruiz-Altisent, M., Barreiro, P., 1994. Factors influencing apple and pear physical properties and bruise susceptibility. AgEng Milano'94. Report 94-G-062.

Marshall, D. E., G. K. Brown, and R. J. Wolthuis. 1992. Commercial bag filler modifications to reduce bruise damage to fresh market apples. Applied Engineering in Agriculture. 8(4): 421-424.

Miller, W.M., Wagner, C. 1991. Florida citrus packing line studies with an

instrumented sphere. Applied Engineering in Agriculture. 7(5): 577-581.

Ortiz-Cañavate, J., García-Ramos, J., Ruiz-Altisent, M., 1999. Línea experimental de manipulación de fruta con el objetivo de mejorar elementos para reducir daños. VIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. SECH. Murcia, abril 1999.

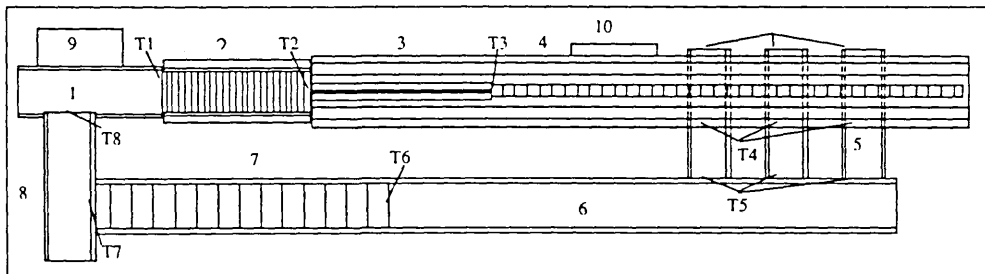
Schulte-Pason, N.L., Brown, G.K., Timm, E.J. 1992. Apple impact damage threshold. Applied Engineering in Agriculture. 8(1): 55-60.

Zapp, H.R., Brown, G.K., Armstrong, P.R., Sober, S. 1989. Instrumented sphere performance: dynamic measurements and demonstration. ASAE paper 89-0008.

Zapp, H.R., Ehlert, S.H., Brown, G.K., Armstrong, P.R., Sober, S. 1990. Advanced instrumented sphere (IS) for impact measurements. Transactions of the ASAE. 33(3): 955-960.

Tabla 1. Ensayos realizados con manzana "Golden Smoothee" en T2.

	Nº de manzanas	% de manzanas magulladas	Nº medio de magulladuras/manzana	Area magulladura (cm ²)	% manzanas categoría I
Cepillo H = 5 cm, D = 8.5 cm	30	50	1.33	0.66	90
Cepillo H = 7 cm, D = 16.5 cm	30	80	1.33	0.97	57
Sin cepillo	30	73	2	1.3	57



- | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Cinta transportadora | 5. Cintas transportadoras de salida | 9. Repisa para cajas de fruta |
| 2. Transportador de rodillos | 6. Cinta transportadora | 10. Cuadro de control eléctrico |
| 3. Alineador | 7. Elevador | 11. Bandejas de recogida de fruta |
| 4. Calibrador de diabólos | 8. Cinta transportadora | T1 - T8: Puntos de transferencia |

Figura 1. Línea experimental de manipulación de fruta

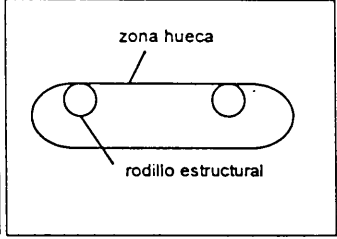
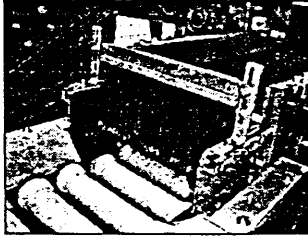
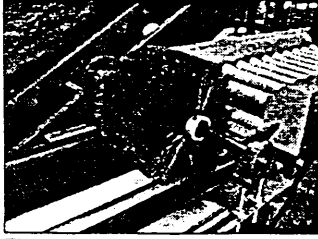


Figura 2.1.- Cepillo de transferencia en T2

Figura 2.2.- Cortina deceleradora en T1

Figura 2.3.- Rodillo estructural en cinta transportadora

Figura 2. Elementos estudiados en la línea experimental

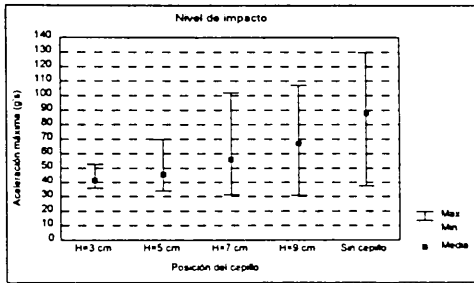


Figura 3.1. Nivel de impacto con cepillo en T2

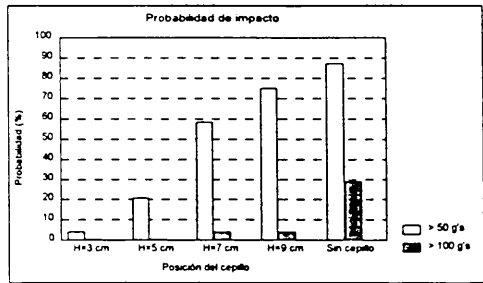


Figura 3.2. Probabilidad de impacto con cepillo en T2

Figura 3. Gráficos de impacto con cepillo en T2

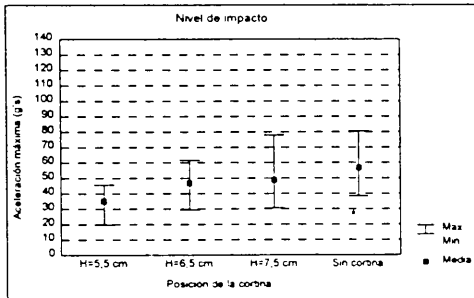


Figura 4.1. Nivel de impacto con cortina en T1

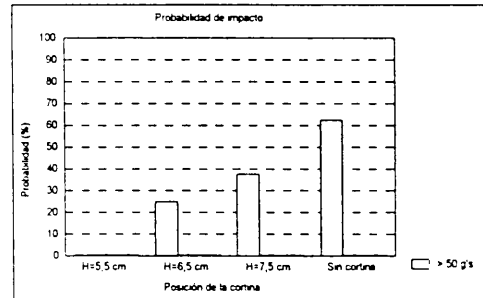


Figura 4.2. Probabilidad de impacto con cortina en T1

Figura 4. Gráficos de impacto con cortina en T1

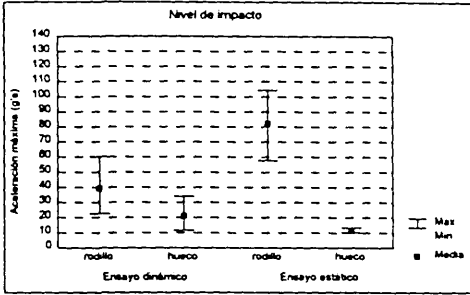


Figura 5.1. Nivel de impacto en ensayos de rodillo bajo cinta transportadora en T8

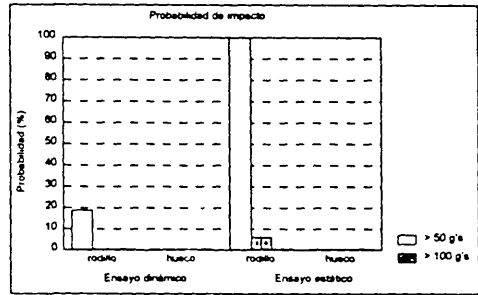


Figura 5.2. Probabilidad de impacto en ensayos de rodillo bajo cinta transportadora en T8

Figura 5. Gráficos de impacto en T8

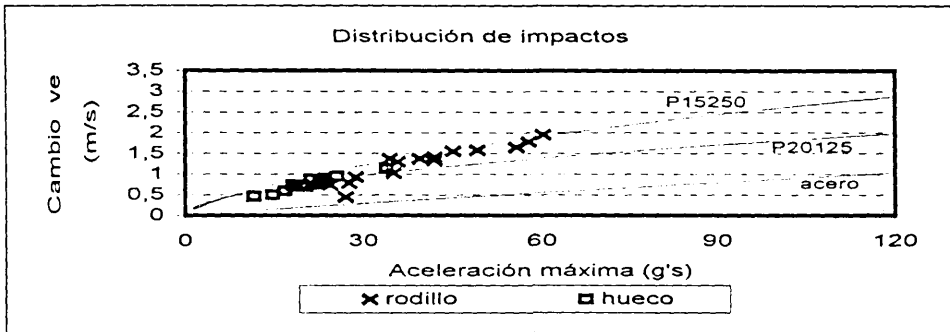


Figura 5.3. Distribución de impactos en ensayo dinámico de rodillo bajo c. transportadora en T8

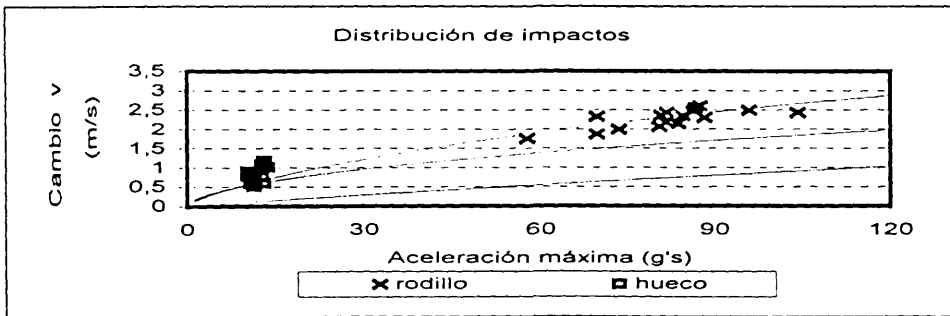


Figura 5.4. Distribución de impactos en ensayo estático de rodillo bajo c. transportadora en T8