



UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

“Una manera de hacer Europa”



**Desarrollo de unidades de carga intermodales para el transporte del mix de productos del hábitat, integrando elementos de protección y dispositivos inteligentes para detección de roturas de producto –
HABITRANS**

Informe de resumen de resultados (2015)

Programa:

Nº EXPEDIENTE : IMDEEA/2015/30

PROGRAMA: PROGRAMA DE PROYECTOS DE I+D PROPIA



ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES DE CARGA INTERMODAL ACTUALES.	3
2.2. Concepto de intermodalidad.	3
2.2. La unidad de transporte de carga UTC.....	4
2.3. principales conclusiones a la revisión de unidades de carga.	5
3. RIESGO DEL TRANSPORTE CONJUNTO DE LOS PRODUCTOS DEL HÁBITAT.	6
4. DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS DE TRANSPORTE.	7
5. TEST Y PRUEBAS SOBRE EL PROTOTIPO DE UNIDAD DE CARGA INTERMODAL.	8
5.1. Batería inicial de ensayos.	8
5.1.1. Ensayo de caída rotacional.....	8
5.1.2. Ensayo de caída libre.....	12
5.1.3. Ensayo de impacto horizontal.	13
5.2. Conclusiones respecto de la detección de golpes e impactos.	24
5.3. Conclusiones respecto de la detección de caída libre.....	25
5.4. Segunda batería de ensayos.	26
5.4.1. Ensayo de caída rotacional.....	26
5.4.2. Ensayo de impacto horizontal.	30
5.4.3. Ensayo de vibración.	34
5.5. Conclusiones Respecto de los sistemas de retención y fijación.....	35
5.6. Conclusiones respecto del dispositivo de registro de datos.	35



1. INTRODUCCIÓN.

El presente documento resume los principales resultados obtenidos tras la ejecución del primer año de trabajo del proyecto de investigación Habitrans, cuyos principales objetivos se indican a continuación:

- Desarrollo de un nuevo dispositivo registrador de diferentes parámetros del transporte como vibraciones, choques, temperatura, humedad, etc., dotado de inteligencia para la detección de daños en cualquiera de los productos del hábitat transportados.
- Integración en la unidad de carga intermodal del nuevo dispositivo de registro desarrollado.
- Identificación de acciones, soluciones y métodos físicos para la adaptación de la unidad de carga intermodal a las necesidades de los diferentes productos del hábitat, según los riesgos identificados mediante protecciones interiores o sistemas de estiba específicos.
- Caracterización de los riesgos en la distribución mediante transporte intermodal, de los productos que componen el mix del sector del hábitat de forma conjunta en una misma unidad de carga, como puede ser en particular el contenedor ferroviario.

2. CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES DE CARGA INTERMODAL ACTUALES.

2.2. Concepto de intermodalidad.

El transporte intermodal es aquel que utiliza la combinación de dos mas medios de transporte, en virtud de un contrato de transporte intermodal, desde un lugar situado pais en el que el operador de transporte intermodal toma las mercancías bajo su custodia hasta otro lugar designado mpara su entrega situado en un pais diferente.

Por extensión se usa los terminos de transporte intermodal, e intermodalidad para describir un sistema de transporte en el que dos o mas modos de transporte intervienen en el transporte de un envío de mercancías de forma integrada, sin procesos de carga o descarga, en una cadena de transporte de puerta a puerta, o sea la mercancía viaja en una misma unidad o vehiculo sin manipular la mercancía en los intercambios de modo.

El transporte intermodal se caracteriza pues por el hecho de agrupar mercancías en “Unidades de Carga” para reducir la manipulación de las mismas, utilizando unidades normalizadas como las que se van a describir en el apartado siguiente, de manera que se reduzcan los posibles daños, como robos, pérdidas, roturas y facilitar el transbordo; traslado y manipulación de las mercancías de un medio a otros de transporte, evitando la llamada “ruptura de carga” o “breaking bulk”.



La Unidad de Transporte de Carga (UTC) es en general cualquier recipiente o medio utilizado para transportar mercancías asegurando su integridad y garantizando la seguridad en el transporte.

Los modos de transporte más utilizados a nivel mundial, por volumen de toneladas movidas, son el marítimo y la carretera, siendo el ferroviario y el aéreo los usados en menor medida. Por este motivo, se desarrollarán con mayor detalle las UTC relacionadas con los modos marítimo y carretera.

La mayoría de Unidades de Transporte de Carga son útiles para el transporte intermodal, por ello son llamadas también Unidades de Transporte Intermodal (UTI).

Por otro lado, mientras UTC como los contenedores marítimos y los semirremolques son cargados y descargados directamente por las empresas exportadoras e importadoras, otro tipo de UTC como los vagones de tren y los contenedores de carga aérea, son normalmente cargados y descargados por operadores de carga especializados, en terminales públicas o privadas.

2.2. La unidad de transporte de carga UTC.

Una unidad de transporte de carga es un contenedor marítimo, caja móvil, vehículo de carretera, vagón de tren o cualquier otra unidad de transporte de similares características a las anteriores, usada para llevar a cabo un transporte. La mayoría de las UTC, como se verá, tienen la facultad de poder ser usadas en transporte intermodal.

A una unidad de transporte de carga, también se la puede denominar como UTI (Unidad de Transporte Intermodal).

A continuación se muestran las dimensiones de la unidad de carga intermodal de primer nivel más utilizada en la actualidad: el contenedor marítimo.

Dimensiones internas y capacidad de diversos contenedores					
Tipo de contenedor	Pies	Dimensiones (milímetros)			Volumen (m ³)
		largo	ancho	alto	
Cerrado (dry van)	20	5.209	2.350	2.392	33,2
	40	12.032	2.350	2.390	67,6
De techo abierto (open top)	20	5.894	2.344	2.347	31,5
	40	12.027	2.344	2.347	67,0
Granelero (bulk)	20	5.888	2.334	2.338	32,4
Plataforma (flat)	20	5.988	2.398	2.231	
	40	12.064	2.369	1.943	
Frigorífico (reefer)	20	5.460	2.240	2.225	
	40	11.550	2.250	2.215	

Existen otras unidades de carga de primer nivel, como la caja móvil, así como unidades de carga de segundo nivel como jaulas, paletas, palet-box, etc.



2.3. principales conclusiones a la revisión de unidades de carga.

A continuación se muestran las principales conclusiones extraídas del análisis de las características de las unidades de carga intermodal existentes en la actualidad en el mercado.

1. La unidad de transporte de carga, UTC, es genéricamente cualquier contenedor, caja, vagón o unidad similar. La mayoría de ellas se puede utilizar para el transporte intermodal y se le abrevia como UTI.
2. Por definición formal, un transporte intermodal se caracteriza por realizar el cambio de un modo de transporte a otro sin manipular la carga. Lo que exige que la unidad de carga se manipula de un medio a otro sin modificar.
3. En forma genérica podemos simplificar que en el transporte intermodal las unidades de carga más ampliamente utilizadas son el contenedor y la caja móvil.
4. El contenedor y la caja móvil presentan diferencias en cuanto a las dimensiones, ya que la caja móvil en su origen está más pensada para el transporte por carretera, y presenta diferencias constructivas y de resistencia de sus elementos estructurales.
5. En anchura la caja móvil tiene una dimensión interior de 2,45 y el contenedor 2,30
6. La caja móvil no es apilable mientras que el contenedor sí.
7. En la manipulación los contenedores se sujetan por la parte superior generalmente, mientras que la caja móvil se manipula por la base, por lo que unido a lo anterior es más versátil el contenedor que la caja móvil.
8. La industria de fabricación de contenedores es muy intensiva en capital, por lo que son pocos fabricantes a nivel mundial, con grandes barreras de entrada y están muy estandarizados y en su interior no tienen para la sujeción o trincaje de cargas más que elementos de anillas a los lados superior e inferior para asir cinchas y otros elementos.
9. También podemos entender como unidad de carga al margen de las mencionadas, otros conceptos que sirven para agrupar, manipular eficazmente y proteger a las mercancías. En definitiva las podemos entender también como unidades de carga de segundo nivel para cargar en contenedores. Entre ellas tenemos las paletas, jaulas, boxpalet, cajas de madera, metálicas, plásticas, contenedores varios.
10. Así pues para la mejora de la seguridad, integridad y eficiencia del transporte de mercancías en forma intermodal se hace necesario desarrollar estas unidades de carga de modo que se satisfagan tanto los requerimientos de fácil y rápida manipulación, como de optimizar la carga volumétrica de los contenedores.
11. Así mismo se presentan oportunidades en el diseño y desarrollo de elementos para incorporar a los contenedores comerciales al objeto de asegurar el amarre e inmovilización de las cargas.



3. RIESGO DEL TRANSPORTE CONJUNTO DE LOS PRODUCTOS DEL HÁBITAT.

Tras la revisión bibliográfica, la revisión de resultados de ensayos de producto y de simulación de transporte llevados a cabo con anterioridad al proyecto, y de los ensayos de simulación de transporte llevados a cabo dentro del proyecto, se ha confeccionado la siguiente tabla, que resume las partes frágiles de los productos estudiados, los eventos de transporte que los provocan, y los ensayos de simulación de transporte que mejor pueden reproducir dichos daños.

Producto	Partes frágiles	Eventos críticos de transporte	Ensayo de simulación de transporte adecuado
Mobiliario			
Sillería	<ul style="list-style-type: none"> - Zona de unión de patas traseras con base asiento. - Zona de unión de respaldo con asiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Golpe en parte baja de las patas. - Golpe en parte alta del respaldo 	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto horizontal - Caída libre
Mesas	<ul style="list-style-type: none"> - Zona de unión de patas con tapa - Deformación de la tapa 	<ul style="list-style-type: none"> - Golpe en parte baja de las patas. - Golpe en la tapa (cara, aristas, esquinas) 	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto horizontal - Caída rotacional - Caída libre - Vibración
Armarios	<ul style="list-style-type: none"> - Uniones de guías en cajones. - Deformación de tableros 	<ul style="list-style-type: none"> - Golpes en caras, aristas y esquinas 	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto horizontal - Caída rotacional - Caída libre - Vibración
Sofás	<ul style="list-style-type: none"> - Zona de unión de patas traseras con base asiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Golpe en parte baja de las patas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto horizontal
Cerámica			
Azulejo	<ul style="list-style-type: none"> - No se han detectado con las pruebas realizadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Golpes en general 	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto horizontal - Caída rotacional - Caída libre - Vibración
Iluminación			
Luminarias	<ul style="list-style-type: none"> - Uniones en la carcasa 	<ul style="list-style-type: none"> - Golpes en general 	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto horizontal - Caída rotacional - Caída libre - Vibración

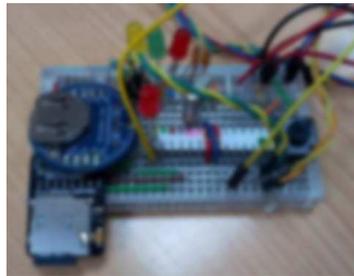
Esta información se utiliza en la fase de test del prototipo de unidad de carga intermodal del proyecto, y que incorpora el dispositivo de registro de datos de transporte desarrollado.



4. DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS DE TRANSPORTE.

Para el proyecto, se ha desarrollado por parte de AIDIMA un dispositivo de registro de datos de transporte que permite capturar (entre otros parámetros) datos de golpes o impactos sufridos por la unidad de carga.

El dispositivo se compone de diferentes elementos electrónicos y un microcontrolador que ha sido programado para gobernar el funcionamiento correcto del dispositivo.



*Imagen de montaje de pruebas del dispositivo
Fuente: elaboración propia.*

Para la colocación del dispositivo de registro de datos se valoraron diferentes posibles ubicaciones, seleccionando la base, como aquella que minimizaba los posibles rebotes y movimientos del dispositivo ante un golpe.



*Imágenes de la colocación del dispositivo en el prototipo de unidad de carga intermodal
Fuente: elaboración propia.*



5. TEST Y PRUEBAS SOBRE EL PROTOTIPO DE UNIDAD DE CARGA INTERMODAL.

5.1. Batería inicial de ensayos.

5.1.1. Ensayo de caída rotacional.

Se llevan a cabo cuatro impactos por caída rotacional, desde una altura de 50, 100, 150 y 200 mm respectivamente. Se utiliza la horquilla de una carretilla elevadora para elevar y mantener a la altura deseada la jaula, y al retirar la horquilla se produce la caída. A continuación se muestran imágenes de las caídas.

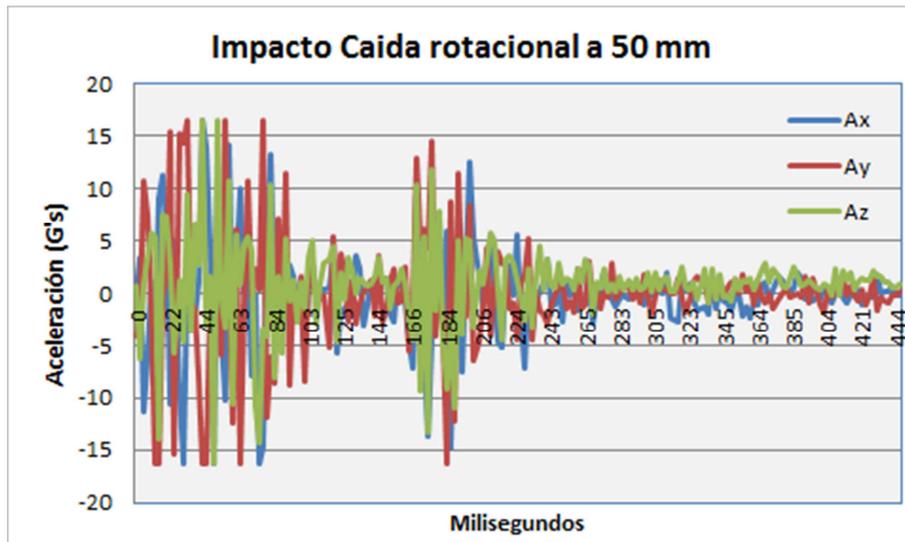


*Imágenes de ensayo de caída rotacional
Fuente: elaboración propia.*

Resultados.

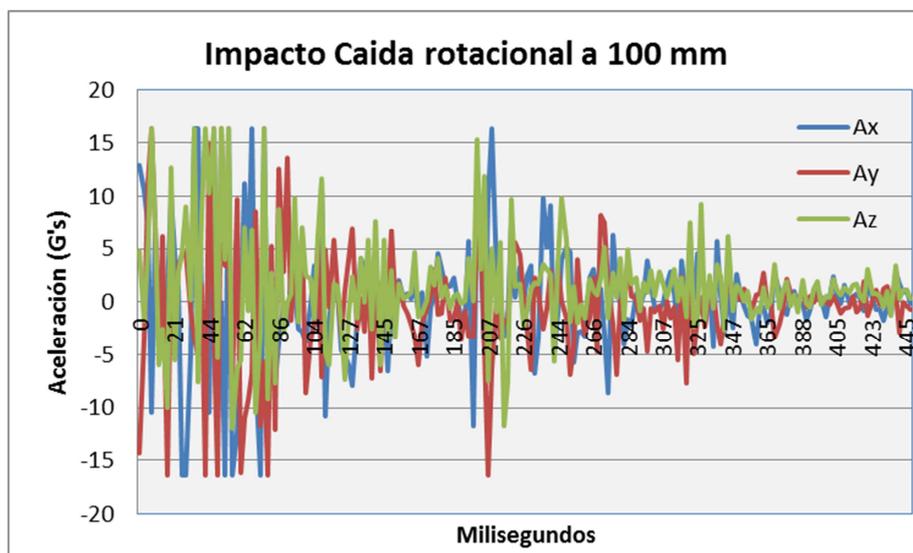
- Las caídas a 50 y 100 mm, no provocan desplazamiento interno de la carga. En cambio, las caídas a 150 y 200 mm sí que provocan un pequeño desplazamiento de las luminarias y de los muebles dentro de la jaula. Al examinar el embalaje y el estado de los productos no se detectan daños.
- En las cuatro caídas se activa el led verde, que avisa de haber sufrido un impacto mayor a 6 G's en un lapso de tiempo pequeño.
- Los resultados de los datos registrados por el acelerómetro son los siguientes:

En la siguiente gráfica se observa como ya con el primer impacto a 50 mm, el acelerómetro capta aceleraciones en su máximo rango de lectura (+/- 16G's) en los tres ejes. El impacto dura cerca de 90 ms, y la inercia de la masa de la carga que lleva la jaula en su interior provoca un efecto rebote al cabo de unos 160 ms con valores de aceleración entre los 10 – 15 G's.



Gráfica impacto por caída rotacional a 50 mm
Fuente: elaboración propia.

En el impacto a 100 mm, el acelerómetro capta aceleraciones en su máximo rango de lectura (+/- 16G's) en los tres ejes. El impacto dura cerca de 90 ms, y la inercia de la masa de la carga que lleva la jaula en su interior provoca un efecto rebote al cabo de unos 200 ms con valores de aceleración entre los 10 – 15 G's, y tarda en estabilizarse más que en el caso anterior.



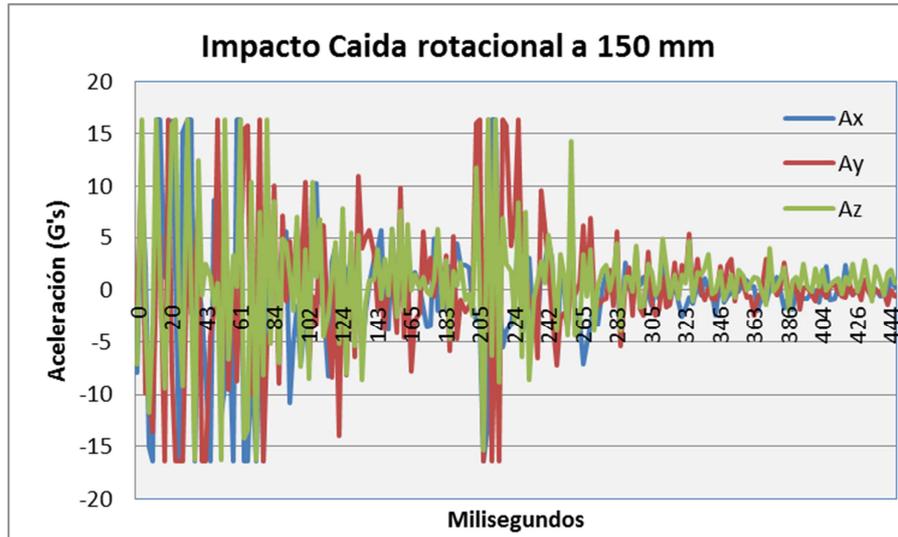
Gráfica impacto por caída rotacional a 100 mm
Fuente: elaboración propia.

En el impacto a 150 mm, el acelerómetro capta aceleraciones en su máximo rango de lectura (+/- 16G's) en los tres ejes. Se aprecia que el número de lecturas de 15G's es muy superior a los dos impactos anteriores. El impacto dura cerca de 90 ms con sucesivos rebotes, y la inercia de la masa de la carga que lleva la jaula en



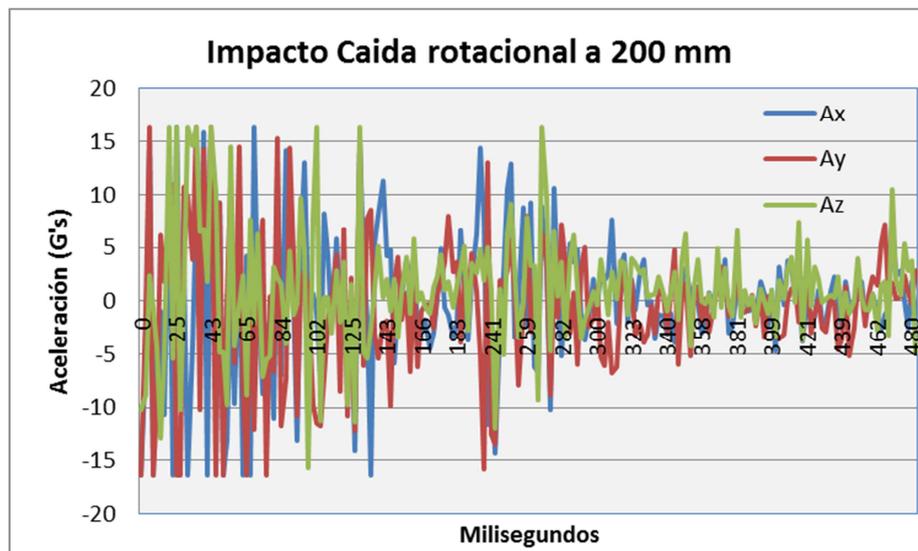
“Una manera de hacer Europa”

su interior provoca un efecto rebote al cabo de unos 200 ms con valores de aceleración entre los 10 – 15 G's.



Gráfica impacto por caída rotacional a 150 mm
Fuente: elaboración propia.

En el impacto a 200 mm, el acelerómetro capta aceleraciones en su máximo rango de lectura (+/- 16G's) en los tres ejes. Se aprecia que el número de lecturas de 15G's es muy superior a los dos primeros impactos. El impacto dura cerca de 130 ms con sucesivos rebotes, y la inercia de la masa de la carga que lleva la jaula en su interior provoca un efecto rebote, a continuación, con valores de aceleración entre los 10 – 15 G's. La aceleración no llega a estabilizarse al cabo de 480 ms.

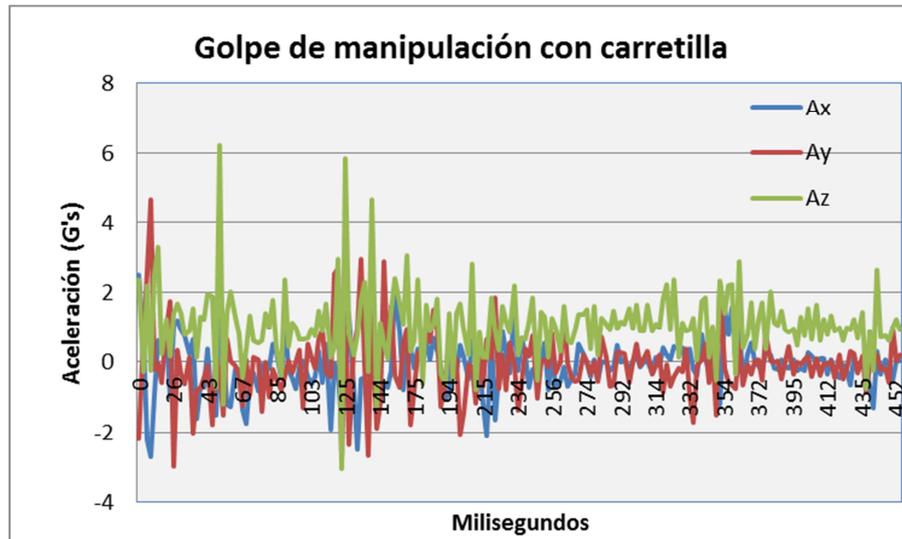


Gráfica impacto por caída rotacional a 200 mm
Fuente: elaboración propia.



- El led verde que avisa de la existencia de un impacto mayor a 6 G's, se activa durante alguna de las actividades de manipulación de la jaula con la carretilla elevadora.

En concreto, cuando las horquillas de la carretilla impactan con la base de la jaula. Se trata de un tipo de impacto leve, y en cierta medida habitual en la manipulación de una unidad de carga, que no provoca daños en la carga de la jaula. Los datos registrados por el acelerómetro en dicha manipulación son los siguientes.



*Gráfica impacto por manipulación con carretilla
Fuente: elaboración propia.*

Se observa cómo, la manipulación de la jaula no suele generar aceleraciones por encima de los 2G's en la jaula, excepto cuando las horquillas de la carretilla tocan el patín de la jaula, trasladando una aceleración de hasta 6G's en el eje z. Al estar el dispositivo de registro de datos anclado a la base de la jaula, cualquier impacto en esta zona se traslada directamente, y queda registrado por el dispositivo.



*Imágenes de pequeños golpes en la base y el patín de la jaula en su manipulación mecánica
Fuente: elaboración propia.*



5.1.2. Ensayo de caída libre.

Los ensayos de caída libre se llevaron a cabo mediante el puente grúa del laboratorio de simulación de transporte de AIDIMA, y un dispositivo de gancho que puede accionarse a distancia. Se han utilizado dos cinchas de 6 m de longitud que sujetan la jaula desde la base, y son ancladas al gancho. Cuando se acciona el dispositivo, el gancho se abre liberando las cinchas y la jaula cae libremente.

Se han llevado a cabo tres caídas a las alturas de 50, 100, y 150 mm.



*Imágenes de ensayo de caída libre
Fuente: elaboración propia.*



*Imagen de detalle de las alturas de caída.
Fuente: elaboración propia.*

Resultados.

- La caída a 50 mm, no provoca desplazamiento de la carga. Las caídas a 100 y 150 mm sí que provocan desplazamiento de los productos contenidos en la jaula.

Tras revisar el estado de los productos se aprecian pequeñas rozaduras en alguno de los muebles.

- En ninguna de las tres caídas se activa el led rojo que avisa de una caída de más de 12 cm de altura. Se esperaba que en la caída de 150 mm se activara el led. Por



tanto, no se producen grabaciones de la aceleración en la tarjeta SD del dispositivo.

Se considera que la inclinación de la jaula hizo que la caída finalmente no fuera de 150 mm, sino que fuera algo menor de 12 cm.

- Se realizan nuevas pruebas de caída del dispositivo (fuera de la jaula), confirmando que el led rojo se activa cuando la caída está por encima de 12 cm, y que se graban los datos en la tarjeta SD, obteniendo información similar a la registrada en las pruebas de caída libre del dispositivo llevadas a cabo en la tarea 2.2.

5.1.3. Ensayo de impacto horizontal.

Los ensayos de impacto horizontal se realizan sobre una plataforma móvil, donde se coloca el prototipo de unidad de carga intermodal a escala laboratorio, que impacta sobre una masa fija. La plataforma móvil lleva incorporado un acelerómetro que registra la información de la aceleración del impacto recibido por la plataforma móvil.

Se llevaron a cabo 10 impactos horizontales, comenzando por un impacto suave de 3'43 G's de aceleración, hasta un impacto de 15'31 G's de aceleración.



*Imagen de ensayo de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.*

Resultados.

A continuación, se muestran en las dos gráficas remarcadas en gris y azul, los datos registrados por el acelerómetro de la máquina de impacto horizontal. A la izquierda el resultado del impacto con la señal filtrada matemáticamente, y a la derecha la señal en bruto sin filtros. En el eje Y se muestra la aceleración del impacto (medida en G's), y en el eje X los milisegundos transcurridos.

Debajo, en la gráfica en una tonalidad rojo claro, se muestra la información grabada en la tarjeta SD por el acelerómetro ADXL, utilizado en el dispositivo de registro de datos de transporte. En el eje Y se muestra la aceleración del impacto (medida en G's), y en el eje X el número de lecturas transcurridas (no el tiempo).



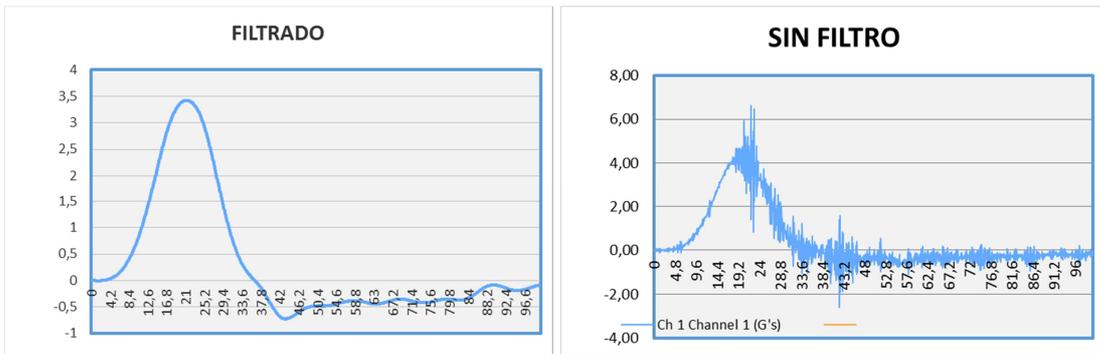
“Una manera de hacer Europa”

Impacto N° 1.

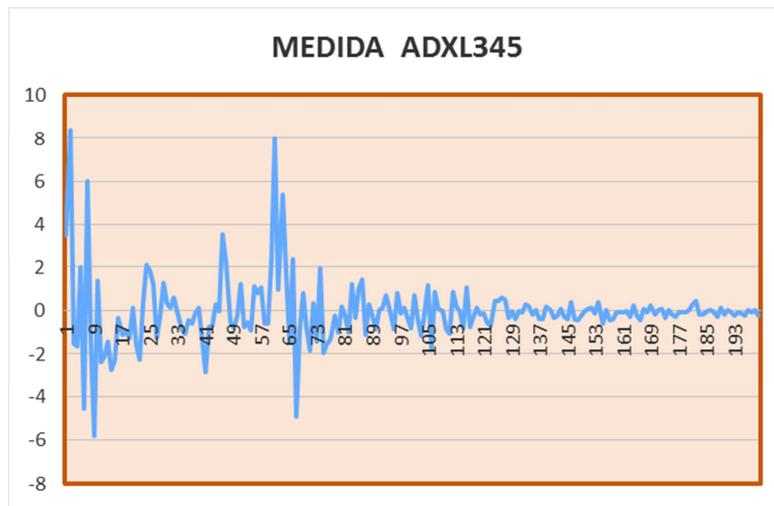
Velocidad: 0'52 m/s

Aceleración pico: 3,43 G's

Duración impacto: 25'6 ms



Gráficas de los datos registrados por la máquina de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.



Gráfica de los datos grabados en la micro SD y recopilados por el (eje y).
Fuente: elaboración propia.



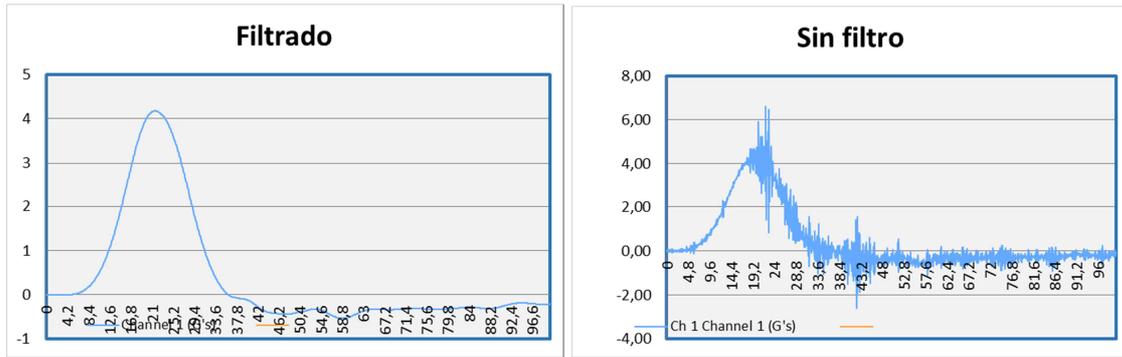
“Una manera de hacer Europa”

Impacto N° 2.

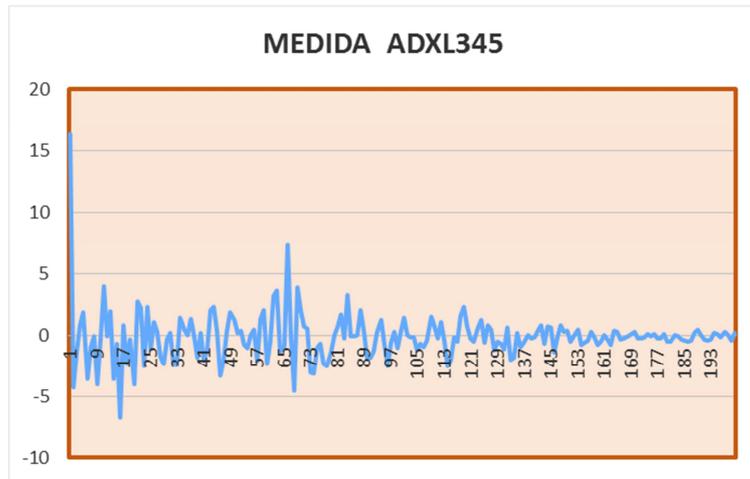
Velocidad: 0'58 m/s

Aceleración pico: 4'17 G's.

Duración impacto: 23'5 ms



Gráficas de los datos registrados por la máquina de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.



Gráfica de los datos grabados en la micro SD y recopilados por el (eje y).
Fuente: elaboración propia.



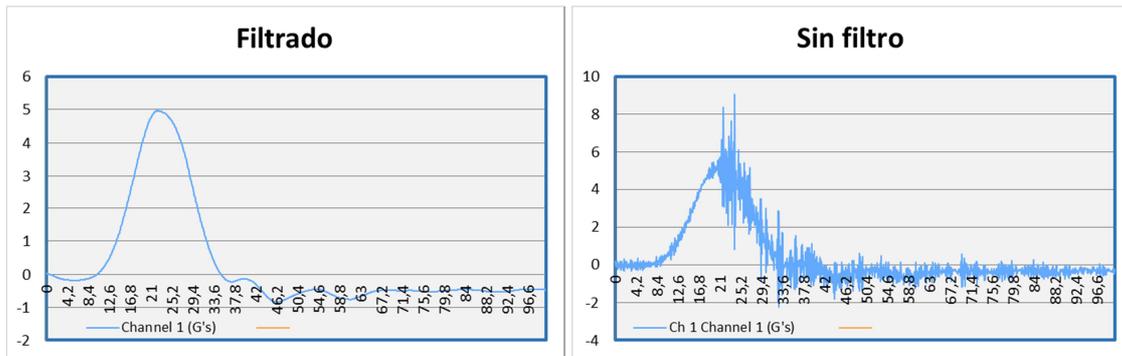
“Una manera de hacer Europa”

Impacto N° 3.

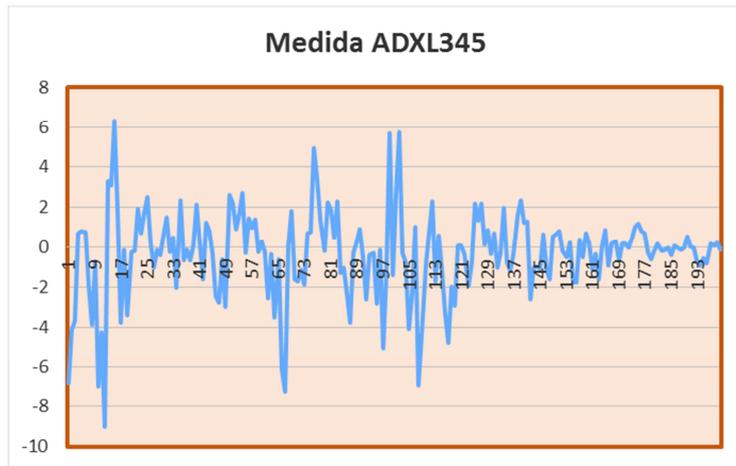
Velocidad: 0'63 m/s

Aceleración pico: 4'97 G's.

Duración impacto: 20'8 ms



Gráficas de los datos registrados por la máquina de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.



Gráfica de los datos grabados en la micro SD y recopilados por el (eje y).
Fuente: elaboración propia.



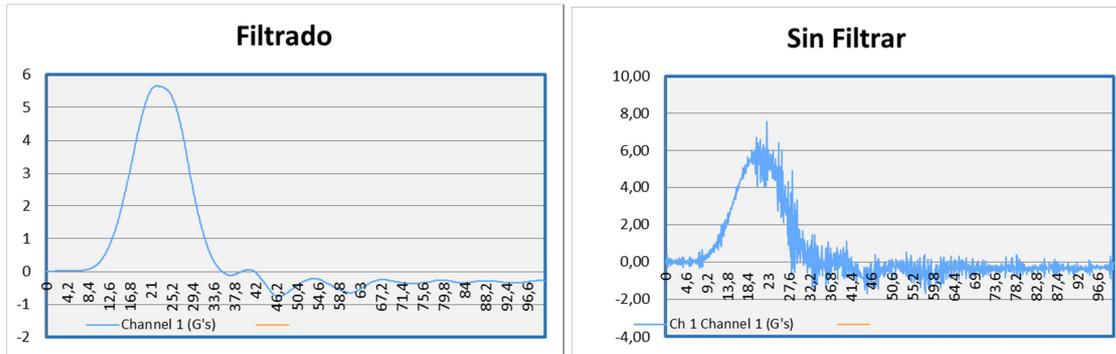
“Una manera de hacer Europa”

Impacto N° 4.

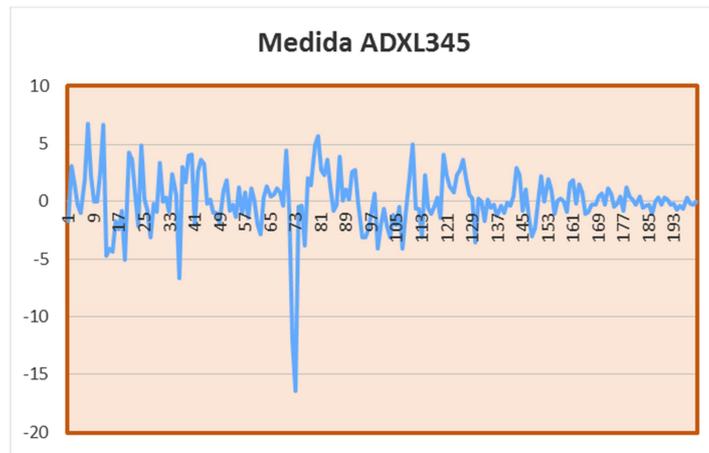
Velocidad: 0'72 m/s

Aceleración pico: 5'65 G's.

Duración impacto: 21 ms



Gráficas de los datos registrados por la máquina de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.



Gráfica de los datos grabados en la micro SD y recopilados por el (eje y).
Fuente: elaboración propia.



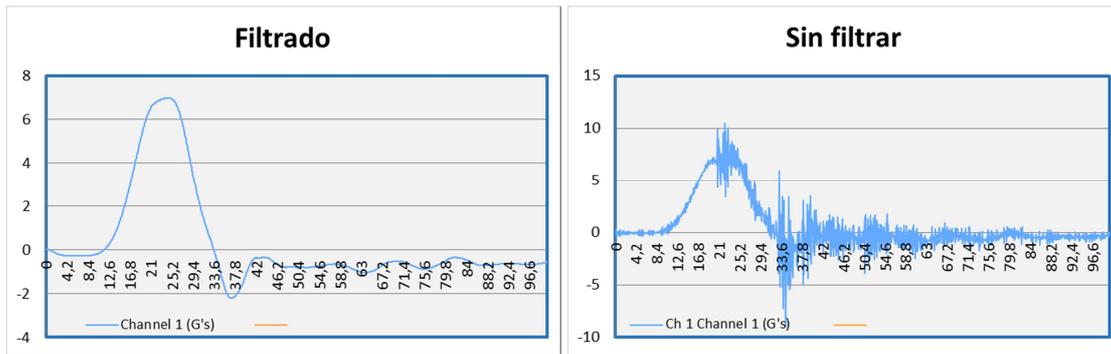
“Una manera de hacer Europa”

Impacto N° 5.

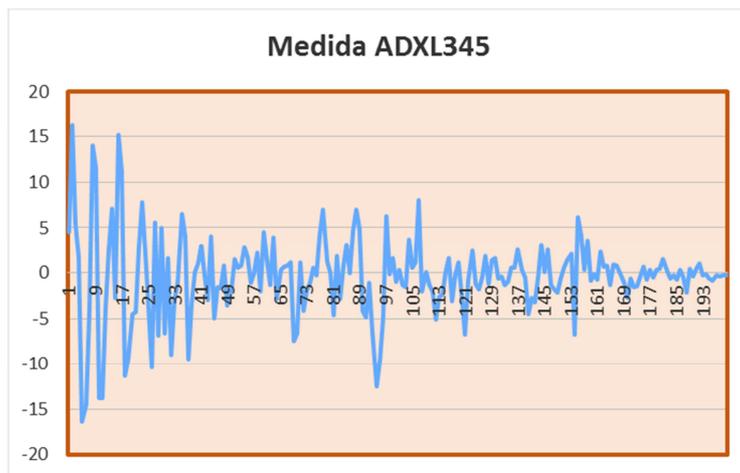
Velocidad: 0'84 m/s

Aceleración pico: 6'76 G's.

Duración impacto: 18'9 ms



Gráficas de los datos registrados por la máquina de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.



Gráfica de los datos grabados en la micro SD y recopilados por el (eje y).
Fuente: elaboración propia.



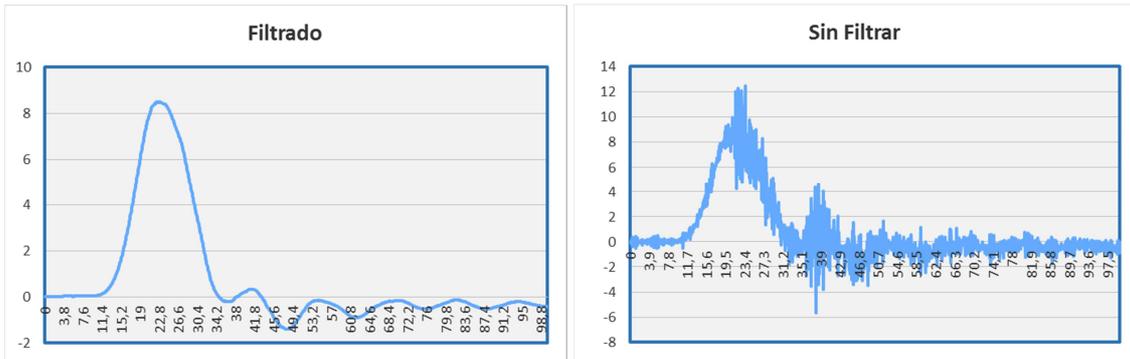
“Una manera de hacer Europa”

Impacto N°6.

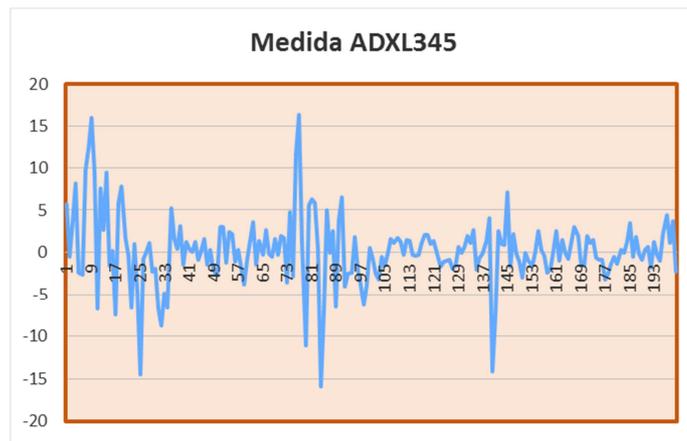
Velocidad: 1 m/s

Aceleración pico: 8'5 G's.

Duración impacto: 19 ms



Gráficas de los datos registrados por la máquina de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.



Gráfica de los datos grabados en la micro SD y recopilados por el (eje y).
Fuente: elaboración propia.



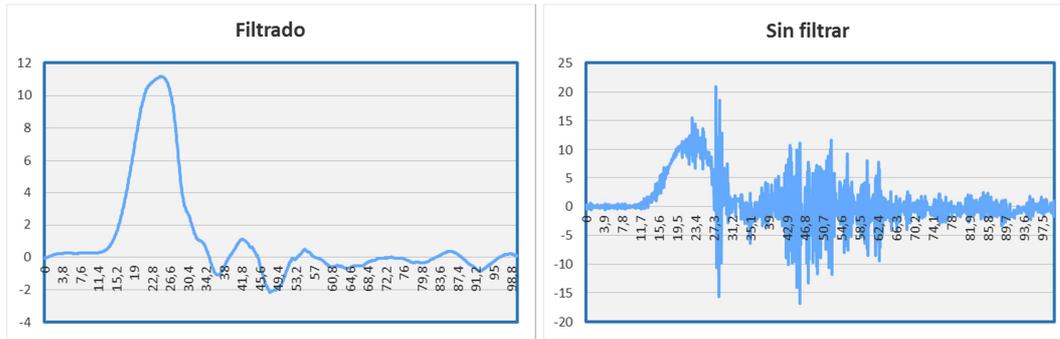
“Una manera de hacer Europa”

Impacto N° 7.

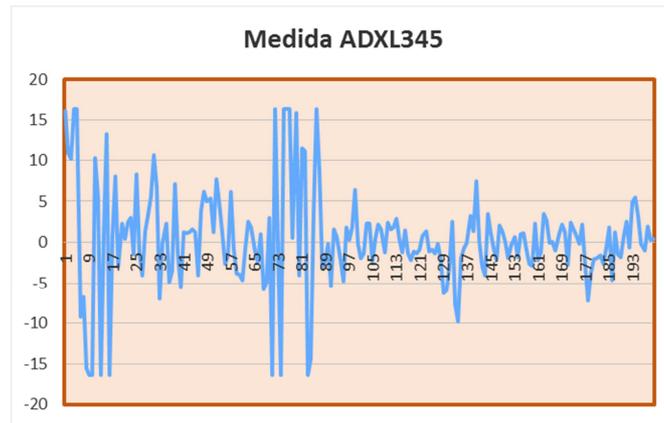
Velocidad: 1'23m/s

Aceleración pico: 11'17 G's.

Duración impacto: 17'8 ms



Gráficas de los datos registrados por la máquina de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.



Gráfica de los datos grabados en la micro SD y recopilados por el (eje y).
Fuente: elaboración propia.



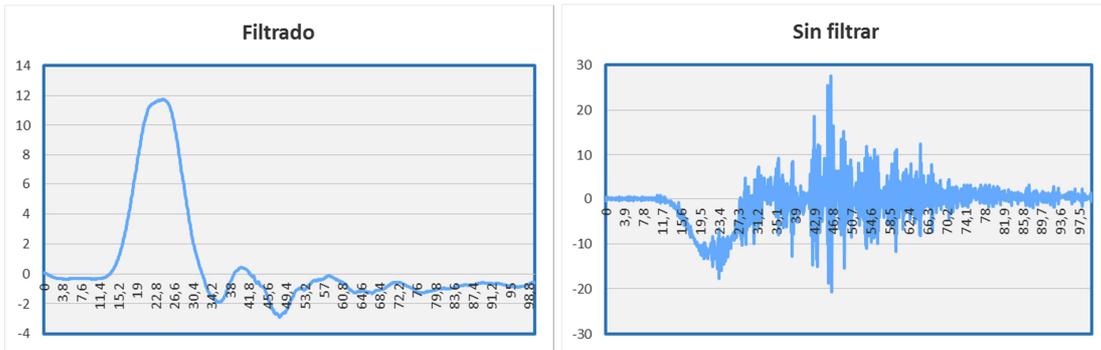
“Una manera de hacer Europa”

Impacto nº 8.

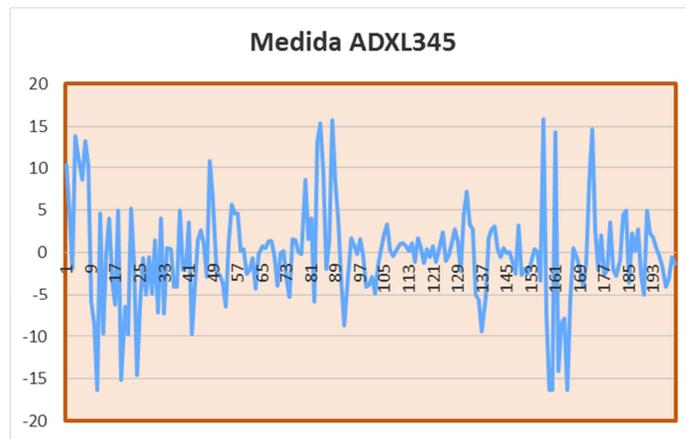
Velocidad: 1'2 m/s

Aceleración pico: 11'74 G's.

Duración impacto: 16 ms



Gráficas de los datos registrados por la máquina de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.



Gráfica de los datos grabados en la micro SD y recopilados por el (eje y).
Fuente: elaboración propia.



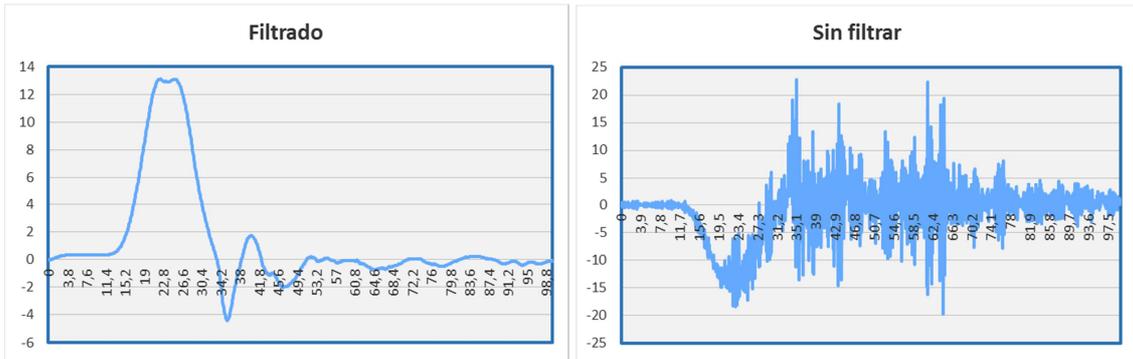
“Una manera de hacer Europa”

Impacto nº 9.

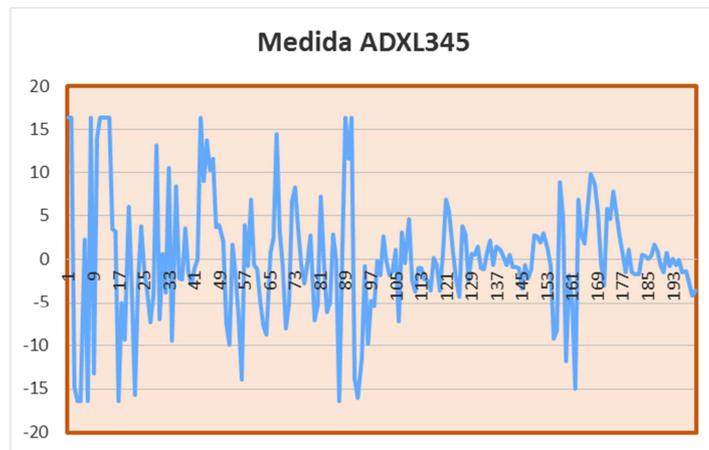
Velocidad: 1'5 m/s

Aceleración pico: 13'11 G's.

Duración impacto: 17'6 ms



Gráficas de los datos registrados por la máquina de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.



Gráfica de los datos grabados en la micro SD y recopilados por el (eje y).
Fuente: elaboración propia.



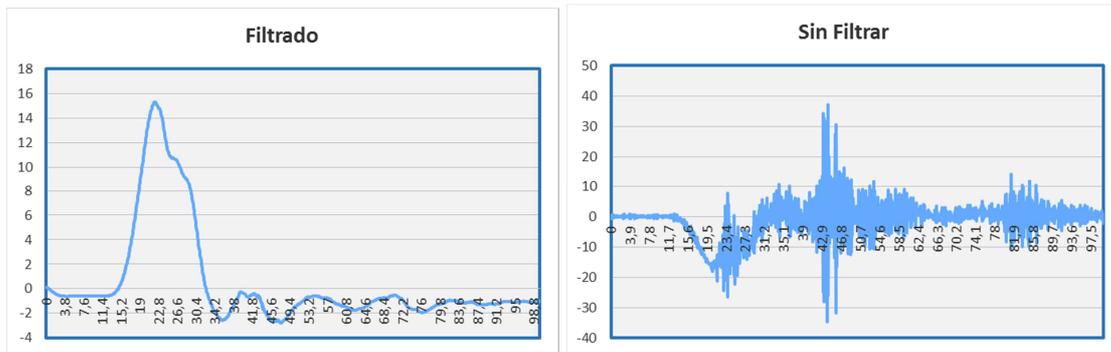
“Una manera de hacer Europa”

Impacto nº 10.

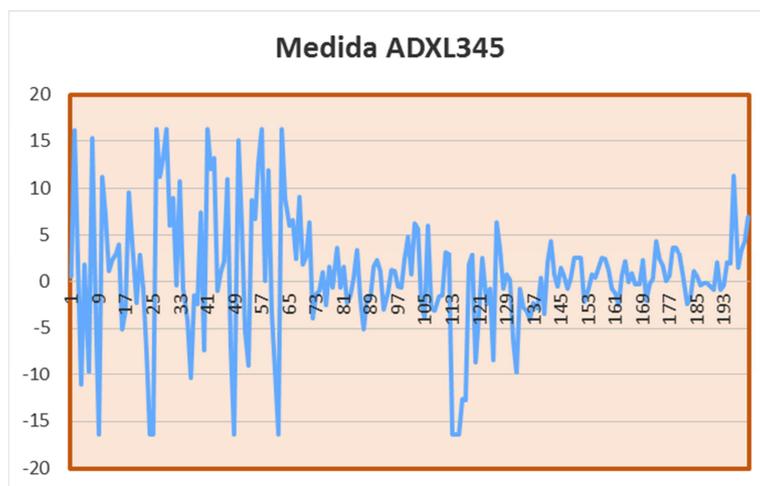
Velocidad: 1'45 m/s

Aceleración pico: 15'31 G's.

Duración impacto: 16'7 ms



Gráficas de los datos registrados por la máquina de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.



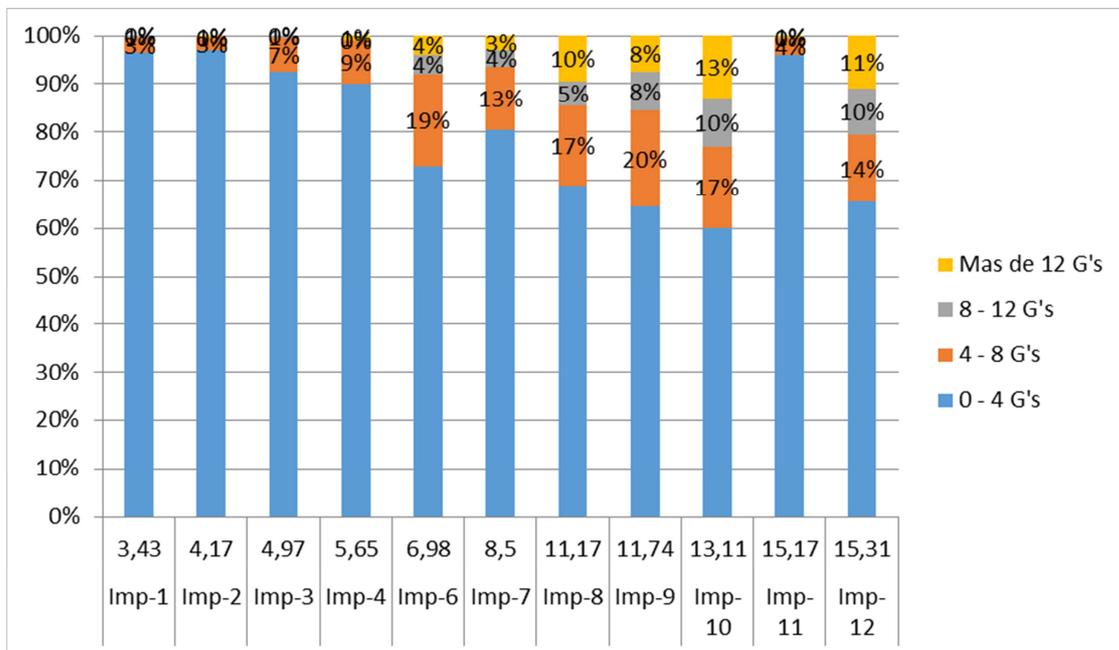
Gráfica de los datos grabados en la micro SD y recopilados por el (eje y).
Fuente: elaboración propia.

- Tras la revisión de los datos y comprar los datos registrados por el acelerómetro, y los registrados por la máquina de impacto horizontal, se encuentra similitud en cuanto a la magnitud de la aceleración pico del impacto, pero no en la forma de la onda.
- A partir del impacto Nº 6, se aprecia un evidente desplazamiento de los productos contenidos en la jaula, tras cada impacto.



5.2. Conclusiones respecto de la detección de golpes e impactos.

- Aunque el umbral para que se active la interrupción por impacto del acelerómetro sea de 6 G's, impactos muy pequeños hacen saltar la interrupción, ya que existen momentos puntuales (microsegundos) donde se generan bruscas aceleraciones (o deceleraciones) que sobrepasan la barrera de los 6G's. Este tipo de situaciones se dan, por ejemplo, en pequeños impactos de la horquilla de una carretilla elevadora manipulando la jaula.
- Aunque salte la interrupción con un umbral de 6 G's con impactos pequeños, si que se aprecia una diferencia clara entre los datos grabados en un impacto leve (3'5 G's, por ejemplo) y otro severo (más de 12 G's). En este segundo caso el número de lecturas por encima de los 10 G's es mucho más elevado, tal y como se aprecia en la siguiente gráfica.



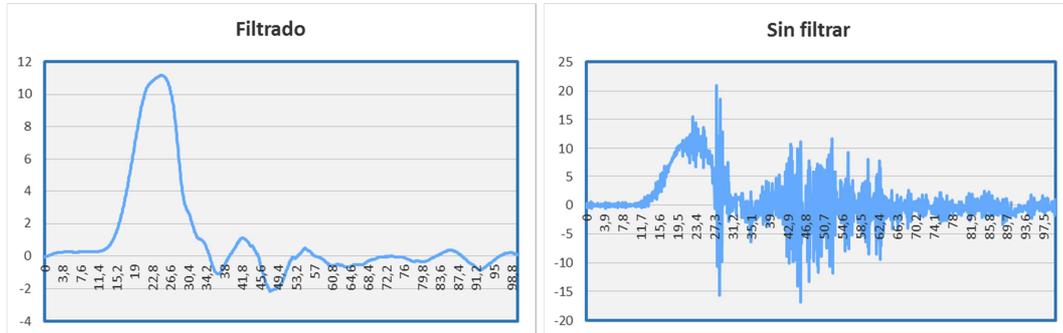
Comparativa del nivel de aceleración medido en cada impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.

En la gráfica se comprueba como un impacto horizontal de 3'43 G's no presenta casi lecturas por encima de los 4 G's (zona marcada en azul), y un impacto de 15'31 G's presenta un 14% de datos entre 4-8 G's (zona naranja), un 10% de datos entre 8-12 G's (zona gris), y un 11% por encima de 12G's (zona amarilla).

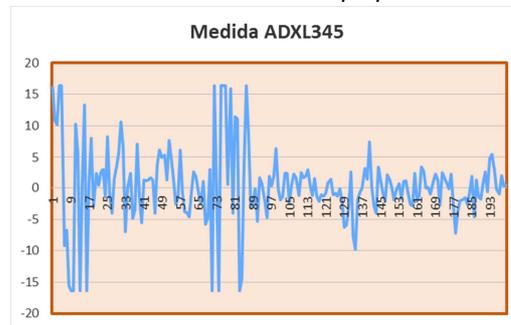
- La representación gráfica de los datos registrados por el acelerómetro no permite establecer la curva de un impacto tal y como lo hacen las máquinas de laboratorio (máquina de impacto horizontal). Al tratarse de un acelerómetro digital (con lecturas discretas), y usar un procesador (el del microcontrolador de Arduino) de 16Mz, las lecturas no pueden realizarse por debajo de los 2-3 milisegundos, mientras que la máquina de impacto horizontal muestrea datos



cada 0'1 milisegundos, y su software aplica filtros matemáticos a la señal recibida para filtrarla.



Gráficas de los datos registrados por la máquina de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.



Gráfica de los datos grabados en la micro SD y recopilados por el (eje y).
Fuente: elaboración propia.

Hipótesis: Es posible que el retardo que se produce hasta que se activa la interrupción de impacto y se comienza a grabar en la microSD (generada por la capacidad de procesamiento del microcontrolador, y del propio módulo de grabación en la SD), pueda generar una pérdida de datos que impiden que se pueda graficar correctamente el impacto.

5.3. Conclusiones respecto de la detección de caída libre.

- Aunque en los ensayos de caída libre no se haya activado la interrupción por caída libre, se ha comprobado que su funcionamiento es adecuado. El problema se debió al sistema de elevación y la distribución de masas dentro de la jaula, que provocó desalineación de la misma, existiendo una altura por encima de 12 cm en todos los ensayos. Las pruebas realizadas solo con el dispositivo, dan validez a la programación.



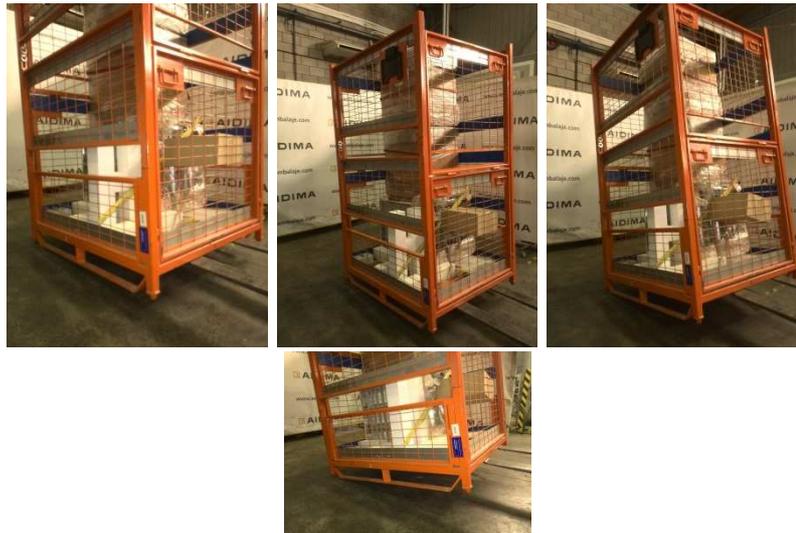
5.4. Segunda batería de ensayos.

Con esta segunda batería de ensayos se quiere comprobar la utilidad de las fijaciones y los sistemas de retención propuestos en la tarea 2.1, así como verificar si el retardo que se produce tras la activación de la interrupción de impacto (la activación de la interrupción, más el inicio de la grabación de los datos) provocan una pérdida de datos relevante para que la caracterización del tipo de impacto no se pueda realizar correctamente.

5.4.1. Ensayo de caída rotacional.

Se repiten los cuatro impactos por caída rotacional llevados a cabo en la batería inicial de ensayos, desde una altura de 50, 100, 150 y 200 mm respectivamente. Se utiliza la horquilla de una carretilla elevadora para elevar y mantener a la altura deseada la jaula, y al retirar la horquilla se produce la caída. A continuación se muestran imágenes de las caídas.

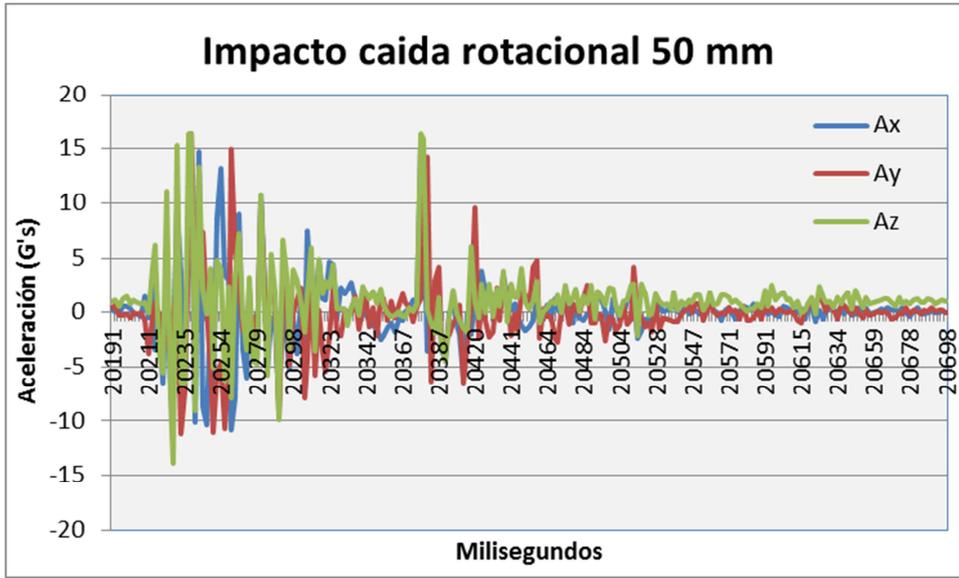
La jaula incorpora las medidas de protección, sujeción y amarre, desarrolladas en la tarea 2.1.



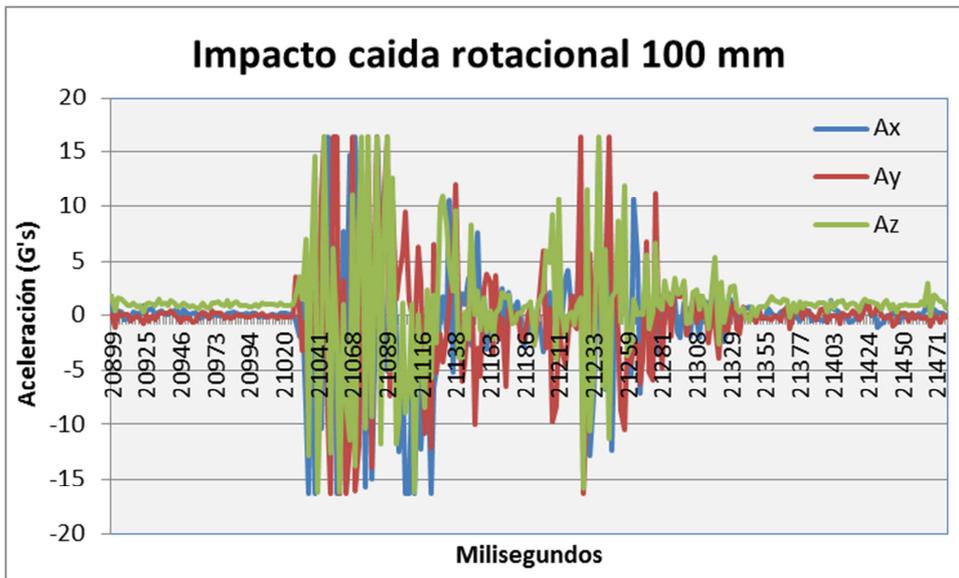
*Imágenes de ensayo de caída rotacional (segunda ronda de ensayos).
Fuente: elaboración propia.*

Resultados.

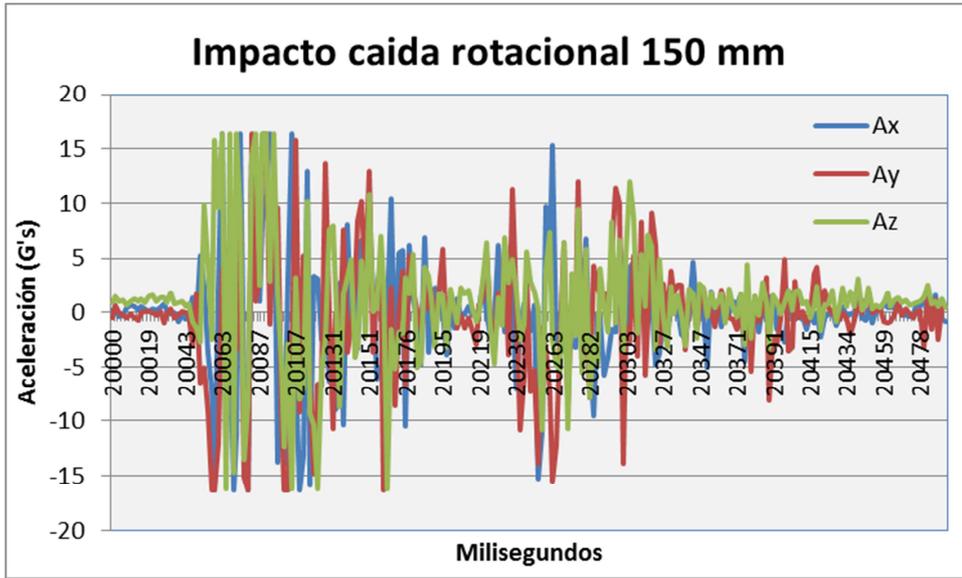
- No se producen desplazamientos de la carga contenida en el interior en ninguno de los cuatro impactos. Al examinar el embalaje y el estado de los productos no se detectan daños.
- Los resultados de los datos registrados por el acelerómetro son los siguientes:



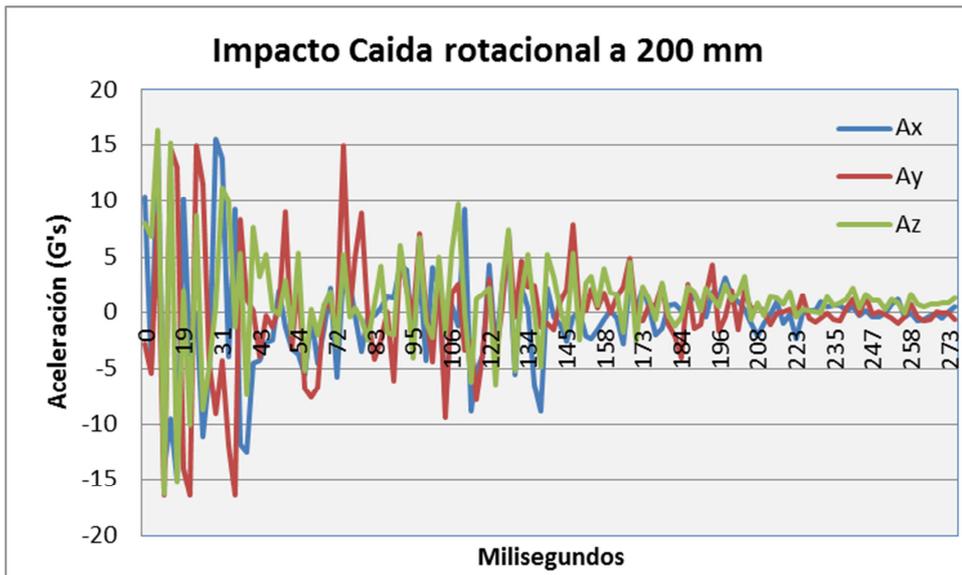
Gráfica impacto por caída rotacional a 50 mm
Fuente: elaboración propia.



Gráfica impacto por caída rotacional a 100 mm
Fuente: elaboración propia.



Gráfica impacto por caída rotacional a 150 mm
Fuente: elaboración propia.



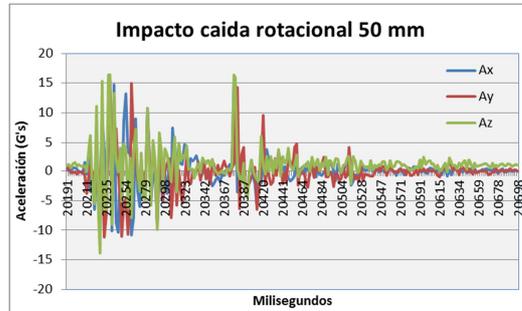
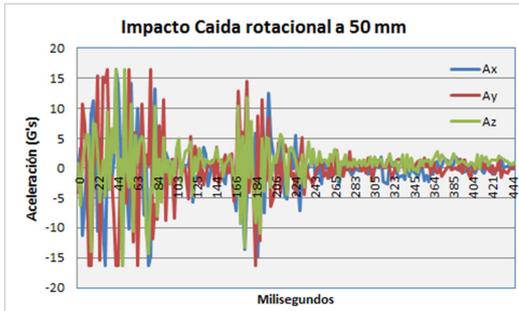
Gráfica impacto por caída rotacional a 200 mm
Fuente: elaboración propia.



“Una manera de hacer Europa”

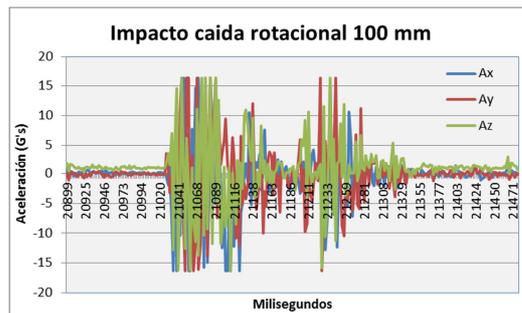
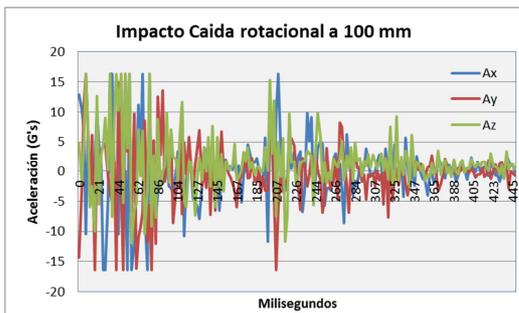
La comparativa entre los resultados de la primera batería de ensayos y la segunda es la siguiente:

Impacto a 50 mm.



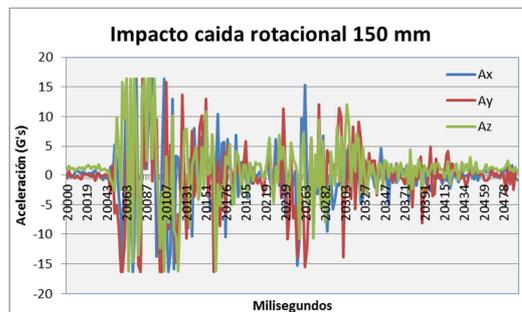
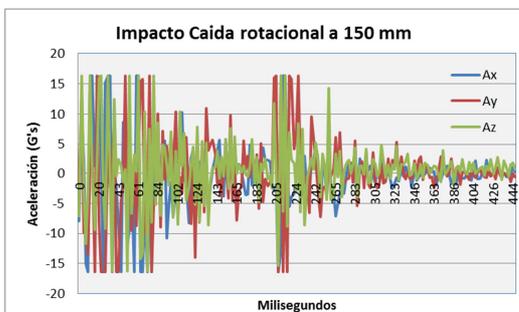
Izquierda: Impacto primera batería de ensayos.
Derecha: impacto segunda batería de ensayos
Fuente: elaboración propia.

Impacto a 100 mm.



Izquierda: Impacto primera batería de ensayos.
Derecha: impacto segunda batería de ensayos
Fuente: elaboración propia.

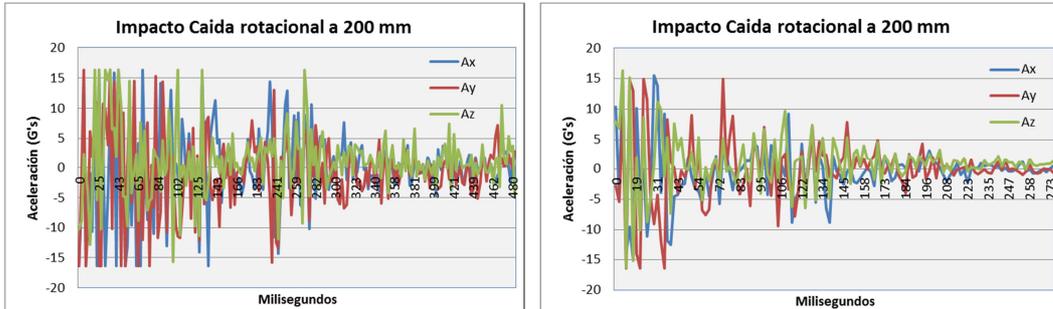
Impacto a 150 mm.



Izquierda: Impacto primera batería de ensayos.
Derecha: impacto segunda batería de ensayos
Fuente: elaboración propia.



Impacto a 200 mm.



Izquierda: Impacto primera batería de ensayos.
Derecha: impacto segunda batería de ensayos
Fuente: elaboración propia.

Se puede apreciar en las gráficas que en la primera batería de ensayos, donde no se graba información hasta que se produce una aceleración por encima de 6 G's, no se pierde información relevante del impacto producido por una caída rotacional.

5.4.2. Ensayo de impacto horizontal.

Los ensayos de impacto horizontal se realizan sobre una plataforma móvil, donde se coloca el prototipo de unidad de carga intermodal a escala laboratorio, que impacta sobre una masa fija. La plataforma móvil lleva incorporado un acelerómetro que registra la información de la aceleración del impacto recibido por la plataforma móvil.

Se llevaron a cabo 4 impactos horizontales, comenzando por un impacto suave de 3'13 – 6'62 – 8'72 – 12'54 G's de aceleración.



Imagen de ensayo de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.

Resultados.

A continuación, se muestran en las dos gráficas remarcadas en gris y azul, los datos registrados por el acelerómetro de la máquina de impacto horizontal. A la izquierda el resultado del impacto con la señal filtrada matemáticamente, y a la derecha la señal en bruto sin filtros. En el eje Y se muestra la aceleración del impacto (medida en G's), y en el eje X los milisegundos transcurridos.



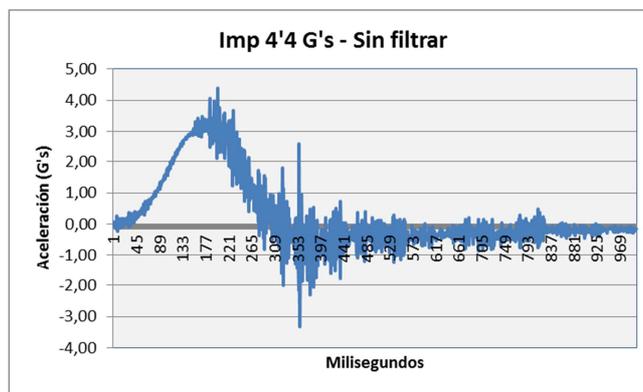
Debajo, en la gráfica en una tonalidad rojo claro, se muestra la información grabada en la tarjeta SD por el acelerómetro ADXL, utilizado en el dispositivo de registro de datos de transporte. En el eje Y se muestra la aceleración del impacto (medida en G's), y en el eje X el número de lecturas transcurridas (no el tiempo).

Impacto N° 1.

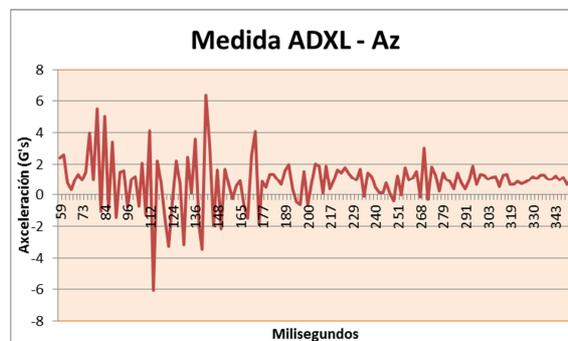
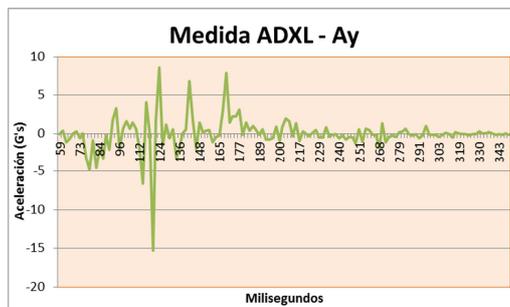
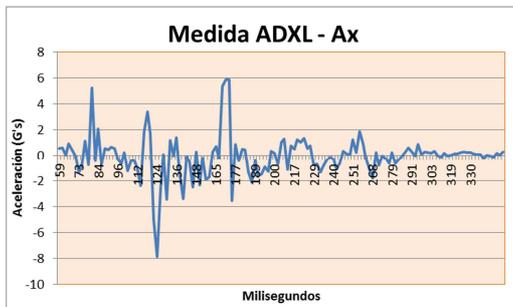
Velocidad: 0'47 m/s

Aceleración pico: 4'4G's

Duración impacto: 19'7 ms



Gráficas de los datos registrados por la máquina de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.



Gráfica de los datos grabados en la micro SD y recopilados por el.
Fuente: elaboración propia.



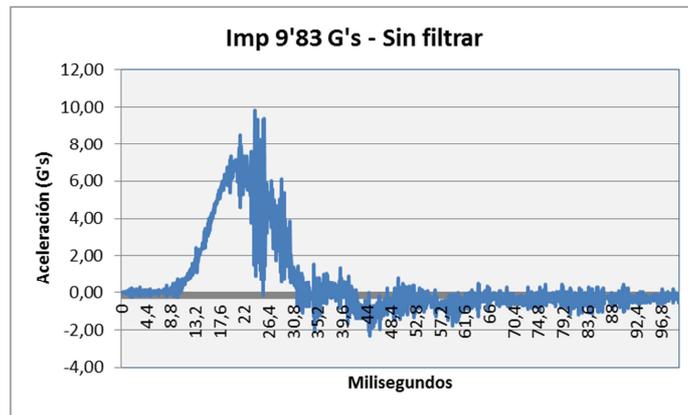
“Una manera de hacer Europa”

Impacto N° 2.

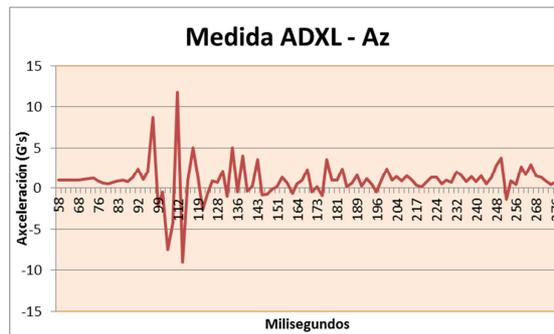
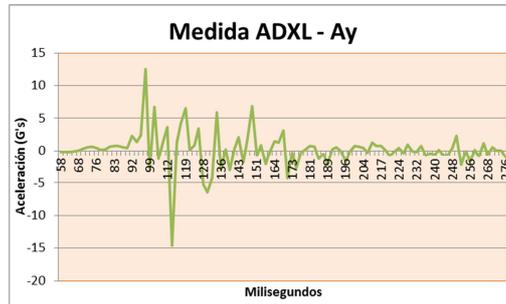
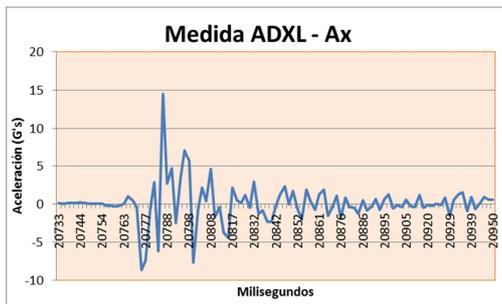
Velocidad: 0'62m/s

Aceleración pico: 9'83G's

Duración impacto: 11'7 ms



Gráficas de los datos registrados por la máquina de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.



Gráfica de los datos grabados en la micro SD y recopilados por el .
Fuente: elaboración propia.

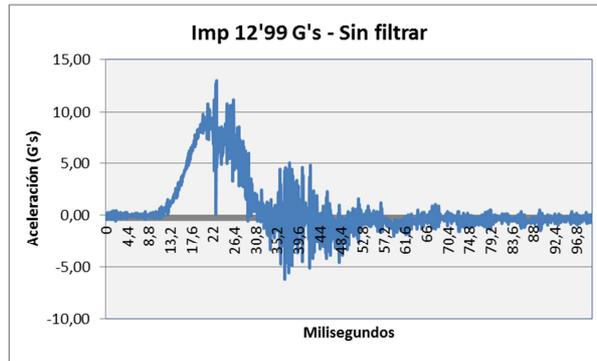


Impacto N° 2.

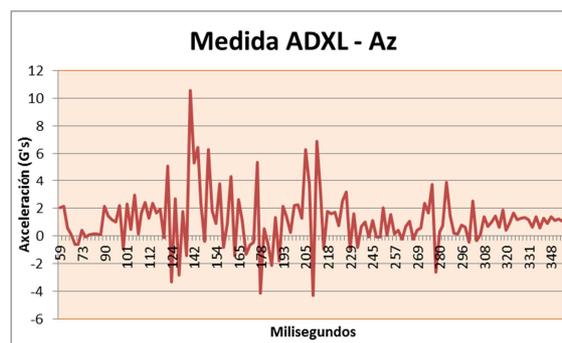
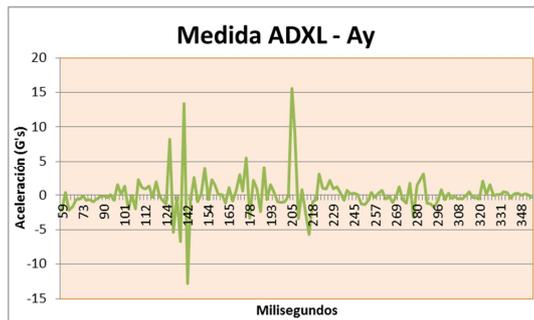
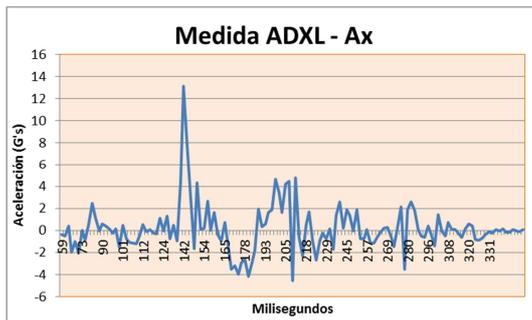
Velocidad: 0'42m/s

Aceleración pico: 12'99G's

Duración impacto: 6'6 ms



Gráficas de los datos registrados por la máquina de impacto horizontal
Fuente: elaboración propia.



Gráfica de los datos grabados en la micro SD y recopilados por el.
Fuente: elaboración propia.



5.4.3. Ensayo de vibración.

El ensayo de vibración vertical se realiza sobre una mesa de vibración con movimiento vertical. Se realizó un ensayo de 2h de duración.



*Imagen de ensayo de vibración vertical
Fuente: elaboración propia.*

Resultados.

Tras el ensayo no se han apreciado movimientos ni desplazamientos de la carga contenida en la jaula. Las fijaciones y protecciones colocadas han evitado desplazamientos de la misma.

Sin embargo, algunas de las fijaciones internas de porex, si que se han desplazado dentro de la jaula.



*Imágenes de la carga de la jaula tras ensayo de vibración vertical
Fuente: elaboración propia.*

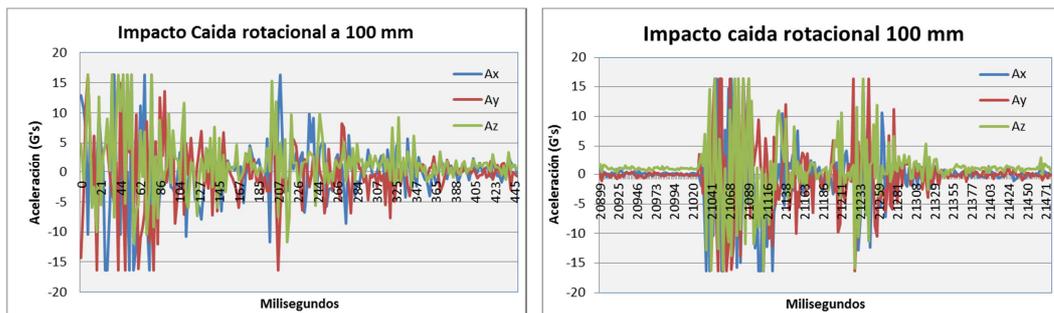


5.5. Conclusiones Respecto de los sistemas de retención y fijación.

- Los sistemas de retención y fijación se han mostrado adecuados para inmovilizar la carga contenida en su interior, y por tanto evitar desplazamientos dentro de la unidad de carga, que tras las pruebas realizadas en la tarea 1.3, se mostraron como las causantes de daños por rozaduras en algunos productos.
- Sin embargo, algunas de las fijaciones tras la batería de ensayos, se han movido y desplazado, perdiendo su capacidad de fijación a largo plazo. Se debe de seguir trabajando para desarrollar sistemas de fijación permanentes en el tiempo.

5.6. Conclusiones respecto del dispositivo de registro de datos.

- Aunque es cierto que se pierde cierta cantidad de datos cuando se inicia la grabación de los mismos en la microSD, esta información no es relevante, ni distorsiona las conclusiones a las que se puede llegar analizando dichos datos. En la imagen se muestra los datos grabados en continuo y los datos grabados mediante la activación de la interrupción.



*Izquierda: Impacto primera batería de ensayos.
Derecha: impacto segunda batería de ensayos
Fuente: elaboración propia.*