

DETERMINACIÓN NUMÉRICA DEL COMPORTAMIENTO HISTERÉTICO DE
DISIPADORES DE PLACAS RANURADAS

KAREN LIZETH TIRADO GALEANO

ANGIE PAOLA MENDOZA CUY

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2018.

DETERMINACIÓN NUMÉRICA DEL COMPORTAMIENTO HISTERÉTICO DE
DISIPADORES DE PLACAS RANURADAS

KAREN LIZETH TIRADO GALEANO

ANGIE PAOLA MENDOZA CUY

DIRECTOR

OSCAR JAVIER BEGAMBRE CARRILLO

INGENIERO CIVIL.Ph D

CODIRECTOR

JESÚS DANIEL VILLALBA MORALES

INGENIERO CIVIL.Ph D

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2018

DEDICATORIAS:

A nuestros padres.

AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad Industrial de Santander por brindarnos educación integral que nos permitió crecer como personas y nos brindó los medios y educación de calidad, para poder realizar este proyecto.

Agradecemos a nuestros Director y Codirector por su constante acompañamiento e importante orientación.

A todos los docentes y colegas que compartieron sus conocimientos con nosotras para la realización este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1. OBJETIVOS	18
2. SISTEMAS DE CONTROL.....	19
3. BREVE REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE Y ESTADO DE LA PRÁCTICA DE SISTEMAS DE CONTROL PASIVO.....	25
4. DETERMINACIÓN NUMÉRICA DE LOS CICLOS DE HISTÉRESIS DE DISIPADORES DE PLACAS RANURADAS	29
5. CONCLUSIONES.....	42
6. TRABAJOS FUTUROS	44
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las técnicas de control de respuesta sísmica según ISO 310:2001.	21
Tabla 2. Dimensiones prototipos ranuras verticales.	33
Tabla 3. Dimensiones prototipos ranuras circulares	33
Tabla 4. Dimensiones prototipos ranuras inclinadas.	33
Tabla 5. Resultados de disipación de energía placa con ranuras verticales.....	35
Tabla 6. Resultados de disipación de energía placa con orificios circulares	35
Tabla 7. Resultados de disipación de energía placas con ranuras inclinadas..	36
Tabla 8. Resultados de disipación de energía variando espesor de la placa 2.3	38
Tabla 9. Resultados Placa 2.3 variando la geometría de la placa.	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dispositivo V84 [15].....	29
Figura 2. Condiciones de soporte y carga del dispositivo V84.	30
Figura 3. Sección perfil IPE 160.	31
Figura 4. Dimensiones en milímetros de los prototipos a evaluar.	32
Figura 5. Distribución de esfuerzos equivalentes según variación de orificios.	36
Figura 6. Distribución de esfuerzos equivalente.	40

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Propiedades plásticas acero A36 utilizado para este estudio.	34
Gráfica 2. Protocolo de carga.....	35
Gráfica 3. Sensibilidad a variaciones del espesor de placa.....	38
Gráfica 4. Curvas de histéresis placa 2.3 modificada.....	40

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Montaje general.	44
Ilustración 2. Vista superior.	45
Ilustración 3. Vista Frontal.	45
Ilustración 4. Detalles 1.	46
Ilustración 5. Detalles 2.	46
Ilustración 6. Detalles 3.	46

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 1.1 en formato pdf	50
Anexo B: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 1.2 en formato pdf.	51
Anexo C: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 1.3 en formato. .	52
Anexo D: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 1.4 en formato pdf.	54
Anexo E: Hoja de cálculo para la energía disipada para la placa 2.1 en formato pdf.	55
Anexo F: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 2.2 en formato pdf.	57
Anexo G: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 2.3 en formato pdf.	59
Anexo H: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 2.4 en formato pdf.	60
Anexo I: Hoja de cálculo de energía disipada para la placa 3.1 en formato pdf. ...	61
Anexo J: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 3.2 en formato pdf	63
Anexo K: Hoja de cálculo de la energía disipada para la placa 3.3 en formato pdf.	66

Anexo L: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 3.4 en formato pdf.	68
Anexo M: Gráficas curvas de histéresis.	70
Anexo N: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 2.3.1 en formato pdf.	75
Anexo O: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 2.3.2 en formato pdf.	76
Anexo P: Hoja de cálculo para la disipación de energía de la placa 2.3.3 en formato pdf	77
Anexo Q: Hoja de cálculo para la disipación de energía de la placa 2.3.4 en formato pdf.	78
Anexo R: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 90x221 en formato pdf.	79
Anexo S: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 100X199 en formato pdf.	81
Anexo T: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 110X181 en formato pdf.	83
Anexo U: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 115X173 en formato pdf	85
Anexo V: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 124X160.	87
Anexo W: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa V84 en formato pdf	88

RESUMEN

TÍTULO: DETERMINACIÓN NUMÉRICA DEL COMPORTAMIENTO HISTERÉTICO DE DISIPADORES DE PLACAS RANURADAS*.

AUTORES: MENDOZA CUY, Angie Paola. TIRADO GALEANO, Karen Lizeth**

PALABRAS CLAVE: Disipación pasiva de energía, dispositivos de fluencia, placas ranuradas, análisis numérico, carga cíclica.

DESCRIPCIÓN: En el presente estudio se presentan dos análisis comparativos del comportamiento histerético de disipadores metálicos de placas ranuradas. El primero se hace con el objetivo de mostrar cómo la forma geométrica de los orificios y su distribución afecta la capacidad de disipación de energía mediante el uso de un software basado en el método de elementos finitos ANSYS y la segunda comparación se realiza analizando la sensibilidad a cambios geométricos de la placa cuya distribución de orificios haya tenido un mejor comportamiento. Inicialmente se caracterizó la capacidad de disipación de energía durante un ciclo, según la forma y cantidad de orificios en las placas; todos los dispositivos se estudiaron bajo las mismas condiciones de carga. Se seleccionó el prototipo que mayor energía histerética logró disipar para estudiar su sensibilidad a cambios geométricos variando, en primer lugar, su espesor lo que conllevó a un cambio de volumen, sin embargo, todas las variaciones fueron evaluadas con la misma condición de carga. Finalmente, se realizaron variaciones a la forma geométrica de la placa, modificando las dimensiones ancho y/o alto, manteniendo la misma cantidad de material; las amplitudes de desplazamiento aplicadas fueron diferentes para cada una de las variaciones, permitiendo que cada una se desplazara lo máximo que permitiera el modelo numérico.

*Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: PhD. Oscar Javier Begambre Carrillo. Codirector: PhD. Jesus Daniel Villalba Morales

ABSTRACT

TITLE: NUMERICAL DETERMINATION OF THE HYSTERETIC BEHAVIOR OF STEEL SLIT DAMPERS *

AUTHORS: MENDOZA CUY, Angie Paola. TIRADO GALEANO, Karen Lizeth**

KEY WORDS: Passive energy dissipation, yielding devices, Steel slit damper, numerical analysis, cyclic load.

DESCRIPTION: In the present study, we realized two comparative analyzes of the hysteretic behavior of steel slit dampers. The first one is done with the objective to show how the geometric form and distribution of the holes affects the capacity of energy dissipation through the use of software based on the finite element method ANSYS and the second comparison is made analyzing the sensitivity to geometric changes of the plate whose orifice distribution has had a better behavior.

Initially the energy dissipation capacity was characterized during a cycle, according to the shape and quantity of holes in the plates; all devices were studied under the same loading conditions. We selected the prototype with the highest hysteretic energy dissipation to study its sensitivity to geometric changes, firstly varying its thickness, which led to a volume change, however, all variations were evaluated with the same load condition. Finally, variations were made to the geometric shape of the plate, modifying the width and / or height dimensions, maintaining the same amount of material; the displacement amplitudes applied were different for each variation, allowing each one to move as much as the numerical model allowed.

* Bachelor Thesis

** Faculty of Mechanical Physics Engineering. Civil Engineering School. Director: PhD. Oscar Javeir Begambre Carrillo.

Codirector: PhD. Jesus Daniel Villalba Morales.

INTRODUCCIÓN

Con el paso de los años se observa un crecimiento exponencial de la población que demanda desarrollo de las industrias, particularmente la industria de la construcción. Junto con este crecimiento, se han ido implementando una serie de normas con criterios mínimos de calidad en los diseños, que garantizan la seguridad de los usuarios y la vida útil de las estructuras. Gran parte de la población en Colombia se encuentra en territorios con niveles de sismicidad altos e intermedios, por tanto, las obras civiles serán sometidas a constantes pruebas de resistencia que se espera sean superadas con las menores pérdidas posibles. Los requerimientos de diseño para edificaciones se establecen en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10 2010) cuyo objetivo principal es: reducir a un mínimo el riesgo de la pérdida de vidas humanas, y defender en lo posible el patrimonio del Estado y de los ciudadanos.

El crecimiento de la industria impulsa a la búsqueda de opciones que complementen el método convencional de diseño para que después de un evento sísmico los daños sean reparables, en el país las construcciones más utilizadas son las de concreto reforzado, donde la capacidad de disipación de energía es limitada y también hay una gran cantidad de edificaciones construidas sin ninguna consideración de sismo resistencia, si bien con los métodos establecidos en el reglamento se pretende evitar el colapso, se ha observado en ciertos eventos históricos que las reparaciones que requieren los elementos estructurales luego de esto, son financieramente inviables.

En otros países, se han implementado normas para el uso de dispositivos disipadores de energía y se han desarrollado estudios para demostrar su efectividad y el aporte que le hacen a la resistencia de las estructuras mostrando resultados favorables. En el código de construcción sismo resistente colombiano, se evidencia que en el país no se ha profundizado sobre el uso de estos dispositivos pues en el capítulo destinado a eso (A.3.9) incluye referencias a las normas extranjeras (FEMA450 y ASCE/SEI 7-05 de la sociedad americana de ingenieros civiles) y no define nada en concreto para el diseño de dichos dispositivos.

En este trabajo se caracterizó el comportamiento histerético de dispositivos disipadores metálicos de placas ranuradas mediante la obtención de sus ciclos de histéresis de forma numérica, se realizó un análisis de sensibilidad ante cambios geométricos, se comparan los resultados obtenidos y finalmente se analizó la influencia de la forma de los orificios en el comportamiento del dispositivo.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el comportamiento histerético de dispositivos disipadores metálicos de placas ranuradas mediante la obtención de sus ciclos de histéresis de forma numérica.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar numéricamente los ciclos de histéresis para diversos disipadores de placas ranuradas, conservando la misma cantidad de material pero variando la configuración de los orificios, mediante un software de análisis estructural basado en el método de elementos finitos (ANSYS).
- Establecer si la forma geométrica de los orificios influye en el comportamiento de los dispositivos.
- Comparar los resultados obtenidos del análisis numérico para los diversos disipadores, y en base a ello seleccionar la configuración de orificios con mejor comportamiento.
- Realizar un análisis de sensibilidad a cambios geométricos para el dispositivo que, entre los analizados, haya tenido un mejor comportamiento histérico.

2. SISTEMAS DE CONTROL

En una estructura sometida a excitaciones dinámicas, la ecuación de balance de energía se puede expresar así:

$$E_I = E_K + E_{Ss} + E_{Sp} + E_D + E_P \quad (1)$$

Donde:

E_I es la energía de entrada impuesta por cargas dinámicas, E_K es la energía cinética, E_S es la energía por deformación del sistema que se divide en dos componentes, E_{Ss} es la energía por deformación de en la zona elástica, E_{Sp} es la energía disipada por efectos histeréticos de deformación plástica y daño de los elementos estructurales, E_D es la es la energía disipada por el amortiguamiento inherente de la estructura y E_P es la participación de dispositivos disipadores o amortiguadores (Pimiento & Salas, 2017).

Los sistemas de control buscan disminuir el valor de E_{Sp} , aumentando E_P para concentrar el daño en los dispositivos adicionales y no en los elementos estructurales o, como es el caso de los aisladores, disminuyendo el valor de E_I (Pimiento & Salas, 2017); existe una gran cantidad de dispositivos o sistemas para disipar energía en las estructuras, una clasificación de estos, que es aceptada internacionalmente se presenta en la tabla 1.

2.1 CONTROL PASIVO.

Un sistema de este tipo no requiere de fuentes de potencia externas, reacciona de manera automática a las necesidades de su entorno produciendo fuerzas como reacción al movimiento inducido por el sismo; esta técnica ofrece ventajas porque no poseen un valor económico excesivo y, como se cita en (Oviedo & Duque ,2009), los procedimientos para verificar el estado de los dispositivos para su mantenimiento y reemplazo durante la vida útil de la estructura y los de análisis y diseño estructurales son más sencillos que para otros sistemas.

2.1.1 Aislamiento Sísmico: los aisladores son dispositivos flexibles horizontalmente y muy rígidos verticalmente que son colocados entre la cimentación y la estructura para reducir la energía que se le transmite desde el suelo, pues permiten aumentar el periodo fundamental haciendo que las aceleraciones espectrales disminuyan lo que se ve reflejado en una reducción de la fuerza (Oviedo & Duque ,2009).

Tabla 1. Clasificación de las técnicas de control de respuesta sísmica según ISO 310:2001.

Sistemas de Control	Tipo	Tipo	Dispositivos	
Control pasivo	Aislamiento Sísmico	Mecanismos deslizantes o de rodillos	Apoyo de rodillos.	
			Apoyo de placa deslizante, tipo péndulo, basculante.	
			Capa deslizante. Otros.	
		Elemento flexible	Elastómeros de multicapas. Dispositivo flexible. Otros.	
			De tipo histerético	Acero. Plomo. Otros.
				Disipación de energía
	De tipo fluido	Hidráulico. Viscoso. Otros.		
		De tipo viscoelástico.		
		Efecto de masa adicional	De masa y resorte. De tipo pendular. Vibración de líquido. Otros.	
	Otro.			
	Control de amortiguamiento		Sistema de amortiguamiento variable	De tipo hidráulico. Otro.
				Control de rigidez
	Otro.			
	Control activo e híbrido	Efecto de masa	Amortiguamiento activo de masa.	Amortiguamiento híbrido de masa.
Control de fuerza				Tendón activo.
		Otro.		

Fuente: Oviedo y Duque 2009.

2.1.2 Disipación de energía: los dispositivos de este tipo pueden ser de tipo histerético, friccionante, fluido o visco elástico. Los histeréticos son dispositivos metálicos que disipan energía por medio de deformaciones plásticas; los friccionantes disipan energía por calor, liberado por el rozamiento entre dos miembros que se deslizan uno contra otro; los de fluido viscoso están normalmente compuestos por un pistón inmerso en tubo lleno con un fluido viscoso que disipan energía por calor generado por la fricción entre las partículas del fluido y la cabeza del pistón cuando, sometido a un desplazamiento, el fluido es forzado a pasar por un grupo de pequeños orificios; los de sólido viscoelástico consisten en un sólido elastomérico unido a placas de acero, disipan energía por calor, al existir desplazamiento relativo entre las placas de acero externas y el material viscoelástico interno (Symans, Charney, Whittaker, Constantinou, Kircher, Johnson,. & McNamara, R.J. 2008). Además estos dispositivos se pueden clasificar como dependientes o no de la velocidad, dejando a los viscosos y viscoelásticos en el primer grupo pues su reacción depende de la variación de desplazamiento a través del amortiguador y a los histeréticos y de fricción como no dependientes de ese cambio de desplazamiento sino de la magnitud del mismo y de la dirección del movimiento.

2.1.3 Efecto masa adicional: esta técnica consiste en adicionar una masa, generalmente en la parte superior de la edificación, que vibrará con su misma frecuencia natural. En los de tipo masa sincronizada, la masa se une a la estructura por medio de resortes y amortiguadores que producen fuerzas contrarias a la

excitación; otros de este tipo son los sistemas de vibración de líquido sincronizado, que aprovechan la frecuencia de vibración producida por el oleaje de un líquido contenido en tanques u otros depósitos (Pimiento & Salas, 2017).

2.2 CONTROL SEMIACTIVO.

Las estrategias de control basados en los dispositivos semiactivos, combinan las mejores características de los sistemas de control pasivo y activo. Muchos de estos sistemas semiactivos operan con la energía de una batería, lo que puede ser muy favorable durante eventos sísmicos cuando la principal fuente de energía eléctrica puede fallar; la apropiada implementación de los sistemas semiactivos tienen un mejor comportamiento que los dispositivos pasivos y además, tienen la potencia para lograr la mayoría del rendimiento de un sistema completamente activo. Uno de los medios para lograr un dispositivo de amortiguación semiactivo es usar una válvula de orificio variable electromecánico y controlable para alterar la resistencia al flujo de un amortiguador de fluido hidráulico convencional (Song & Spencer, 2002).

2.3 CONTROL ACTIVO E HÍBRIDO.

Un sistema de control activo requiere de una fuente externa de potencia para alimentar los actuadores que aplican fuerzas a la estructura; normalmente consisten en actuadores que imparten una fuerza o movimiento a la estructura, en dirección opuesta a la vibración. Actuadores tales como tendones activos, tirantes activos, y sistemas de amortiguadores de masa activos, que pueden emplear acción

hidráulica, neumática, o electromagnética, son empleados para el control estructural activo (Gómez, Marulanda, & Thonson, 2008).

Un sistema de control híbrido consiste en dos o más dispositivos pasivos, activos o semiactivos. En esta área los más usados son los sistemas híbridos de amortiguadores con masa siendo la combinación de un amortiguador de masa y un actuador de control activo. Las fuerzas de este actuador son empleadas para incrementar la eficiencia del sistema y aumentar su solidez en los cambios de las características dinámicas de la estructura (Song & Spencer, 2002).

3. BREVE REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE Y ESTADO DE LA PRÁCTICA DE SISTEMAS DE CONTROL PASIVO.

En el panorama mundial Japón y Estados Unidos son países pioneros en la reglamentación de técnicas de control, así mismo, Nueva Zelanda, Chile, Italia y otros cuya ubicación geográfica les impone condiciones de sismicidad peligrosas, se han unido al esfuerzo por estandarizar su uso.

Previo a la implementación de cualquiera de estos sistemas ha sido necesario la realización de análisis numéricos y de ensayos que permitieran determinar la efectividad en cada uno de ellos (Chan & Albermani, 2008); evaluaron el comportamiento de disipadores histeréticos metálicos demostrando que durante la aplicación de cargas cíclicas, los dispositivos presentaron un comportamiento histerético estable y disiparon grandes cantidades de energía; en México, (Tena & Gama, 2015) realizaron su estudio sobre el desempeño sísmico de edificios que cuentan con marcos de concreto reforzado y disipadores de energía; en Ecuador, (Aguiar, Rodríguez & Mora, 2016) presenta el diseño de disipadores tipo ADAS y TADAS y el análisis del comportamiento y diseño de estructuras con esos dispositivos; en Argentina (Ascheri, Rubinstein & Möller, 2000) plantean un diseño matemático de disipadores de energía sísmica.

Además de los antes mencionados, existe una gran variedad de estudios que muestran la efectividad en el uso de sistemas de control ya que protegen las estructuras ante cargas dinámicas desfavorables como lo son los sismos.

En cuanto a la implementación de estos sistemas, en Estados Unidos una de las primeras estructuras con disipadores de energía fueron las desaparecidas torres gemelas que contaban con alrededor de 10 mil disipadores cada una, para mitigar efectos de vibración causados por el viento (SIRVE S.A. 2013). En Chile, la torre Titanium, uno de los rascacielos más altos de Suramérica no sufrió daños estructurales durante el terremoto de Febrero de 2010 esto debido a que cuenta con un sistema de amortiguadores cada tres pisos que tienen la capacidad de reducir hasta en un 40% las deformaciones y vibraciones del edificio (SIRVE S.A. 2013). La Torre Mayor de la ciudad de México tiene una estructura de acero y concreto que cuenta con 98 amortiguadores sísmicos de gran tamaño, reduciendo al mínimo su desplazamiento durante un sismo, amortiguando y disipando una porción importante de la energía que la torre absorbe; esta estructura no sufrió ningún daño durante los terremotos de Septiembre de 2017.

De acuerdo al prefacio de la NSR-10 , el interés por perfeccionar las técnicas de diseño de edificaciones en Colombia tomó importancia hace poco más de tres décadas con la publicación del primer código colombiano de construcción sismo resistente en el año 1984 después de ocurrido el sismo de Popayán que dejó en evidencia la gravedad de las malas prácticas de construcción hasta entonces, luego aparece la NSR-98 y posteriormente la NSR-10 que, actualmente rige el diseño de estructuras por medio del control de derivas; con estas normas el gobierno controla la calidad de las construcciones y, su cumplimiento asegura un buen comportamiento de la estructura cuando sea sometida al sismo de diseño.

El trabajo de estandarizar, informar y generar confianza sobre el uso de sistemas de control adicionales en el diseño de estructuras nuevas o como refuerzo de las existentes es algo reciente en Colombia, que se ha venido haciendo por medio de análisis y experimentación y se fundamenta en que gran parte del territorio nacional se ubica en zonas de sismicidad alta o intermedia y muchas de las edificaciones existentes no cuentan con características de sismo resistencia, es por esto que hasta ahora son muy pocas las estructuras que han implementado dichos sistemas; dentro de ellas se encuentran las clínicas Comfandi e Imbanaco ubicadas en la ciudad de Cali , fueron las primeras edificaciones con aisladores basales en el país, este sistema de aisladores también se usa en los puentes Helicoidal y Estampilla ubicados en el eje cafetero. (Redacción El Pais. 2012)

No se puede afirmar qué técnica es mejor que otra, esto depende de las condiciones locales y del tipo de estructura; la técnica de protección pasiva, particularmente el control con disipadores histeréticos metálicos basados en deformación, son los de mayor versatilidad y beneficio para las condiciones del país. (Oviedo & Duque 2009). En este grupo de disipadores se encuentran los de placas ranuradas que están hechos a base de secciones estándar de acero de bajo costo. Dentro de los estudios realizados sobre este tipo de disipador se encuentran: Pimiento, Salas & Ruiz (2014) donde evaluó el comportamiento de un pórtico con disipadores de placas ranuradas, demostrando que reducen el periodo de vibración fundamental y la distorsión por entrepiso y absorben gran parte de la energía inducida por los movimientos del suelo; Ferrer & Villalba (2017) estudiaron cómo la forma de los orificios en las placas influía en su capacidad de disipación, observando que las

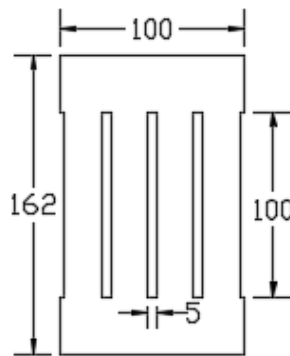
formas que permiten una distribución más homogénea de esfuerzos son las de mejor comportamiento.

4. DETERMINACIÓN NUMÉRICA DE LOS CICLOS DE HISTÉRESIS DE DISIPADORES DE PLACAS RANURADAS

4.1 VALIDACIÓN DEL MODELO.

El dispositivo de la figura 1 usado como referencia corresponde al dispositivo V84 estudiado en Ghabraie, Chang, Huang & Xie (2010) cuyas dimensiones altura x ancho x espesor de alma x espesor ranuras son 162x100 x 8 x 5 mm respectivamente y que tiene una disipación de energía máxima de 1124 J.

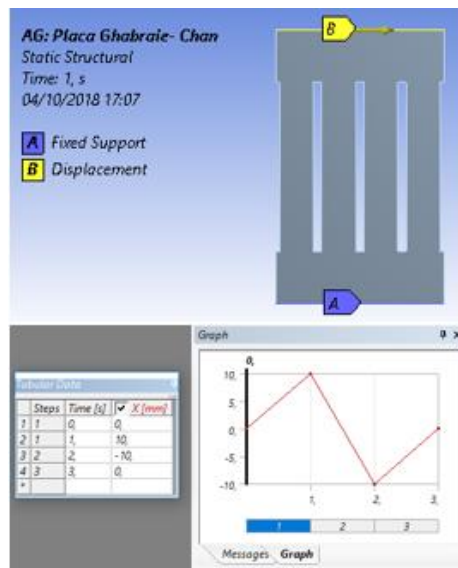
Figura 1. Dispositivo V84 [15].



En este trabajo, este mismo dispositivo fue modelado en el programa de elementos finitos ANSYS para validar el procedimiento a usar en la simulación de los prototipos propuestos en la sección 4.2 de este documento. El dispositivo de la Figura 1 fue modelado usando iguales condiciones de carga y propiedades de material empleadas en [15]: módulo de elasticidad de 206,1 kN/mm², esfuerzo de fluencia de 316,5 MPa. Los elementos tipo Shell de cuatro nodos tuvieron tamaño máximo de 1.25mm. El borde inferior de la placa se apoyó de manera fija y sobre el borde superior se aplicó el ciclo de carga de forma horizontal, primero de desplazo 10mm,

luego 20 mm en dirección contraria y posteriormente 10 mm para regresarlo a su posición original como se observa en la Figura 2. La energía disipada fue de 1070 J que comparada con los 1124 J calculada en Ghabraie, Chan, Huangb, & Xie, (2010), se tiene una discrepancia entre los resultados de aproximadamente 4% lo que se considera aceptable.

Figura 2. Condiciones de soporte y carga del dispositivo V84.



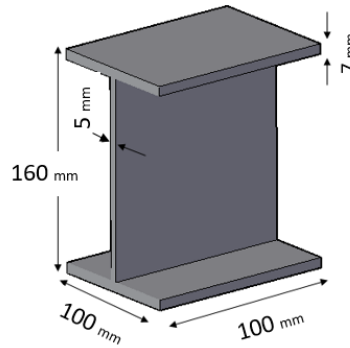
4.2 SIMULACIÓN DE PLACAS EN ANSYS.

Una vez realizada la validación del modelo anterior, se siguió con el diseño de nuevos dispositivos con formas diferentes en sus orificios. Para la simulación en ANSYS se trabajó con elementos tipo Shell 181 de cuatro nodos, ideales para grandes deformaciones no lineales, con un tamaño máximo de 1.25 mm.

4.2.1 Dimensiones disipadores de placas ranuradas: los prototipos de la figura 4 fueron creados a partir de un perfil IPE 160 con dimensiones altura x ancho x

espesor del alma x espesor aletas son 160 x 82 x 5 x 7 mm respectivamente como se observa en la Figura 3.

Figura 3. Sección perfil IPE 160.



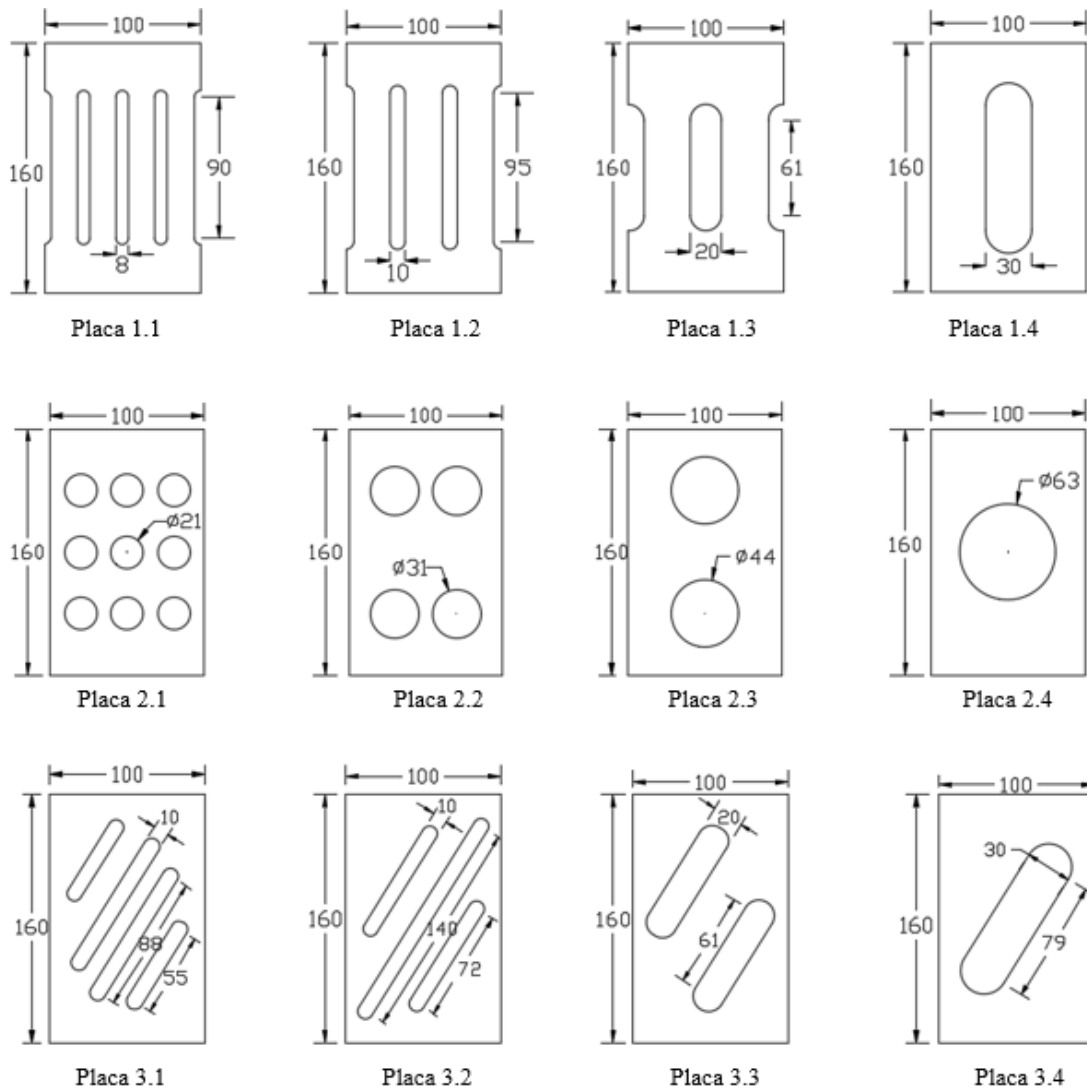
Se seleccionaron orificios sin esquinas para evitar la concentración de esfuerzos (Chan & Albermani, 2008).

Ferrer & Villalba (2017) presenta el análisis para disipadores de placas ranuradas cuyos orificios tiene formas diferentes a la convencional y los resultados son contundentes, la forma del orificio influye en la capacidad de disipación de energía y algunas formas propuestas arrojaron capacidades superiores a la del prototipo convencional con ranuras verticales alargadas.

En este trabajo se propusieron tres formas de orificios y 4 distribuciones diferentes para cada una, porque, aunque hay varios estudios sobre disipadores de placas ranuradas con orificios redondeados y estudios que indican que la forma del orificio influye en la capacidad de disipación de energía, no se ha explorado variando la cantidad y distribución de orificios con la misma forma geométrica. Todos los prototipos se muestran en la Figura 4 y tienen el mismo volumen de material de

64794 mm³; no se incluyó el volumen de las aletas ya que funcionan únicamente como apoyo (Ghabraie, Chan, Huangb, & Xie, 2010).

Figura 4. Dimensiones en milímetros de los prototipos a evaluar.



En la tabla 2 se presenta la cantidad y dimensiones de los orificios (b=ancho, lo=largo) para la primera forma propuesta, que es la ranura convencional alargada,

ajustada de [7] a un perfil comercial disponible en Colombia. Ne es igual al número de elementos con el que se discretizó cada placa.

Tabla 2. Dimensiones prototipos ranuras verticales.

Placa	t [mm]	Número orificios	b [mm]	lo [mm]	Ne
1.1	5	4	8	90	8402
1.2	5	3	10	95	8393
1.3	5	2	20	61	8562
1.4	5	1	30	79	8378

La tabla 3 muestra la cantidad de orificios con forma de círculo y el radio para cada uno de ellos. Se escogió estudiar la forma de orificio circular porque fue la que logró valores de disipación de energía mayores en Ferrer & Villalba (2017).

Tabla 3. Dimensiones prototipos ranuras circulares

Placa	t [mm]	Número orificios	r [mm]	Ne
2.1	5	9	21	8657
2.2	5	4	31	8515
2.3	5	2	44	8566
2.4	5	1	63	8500

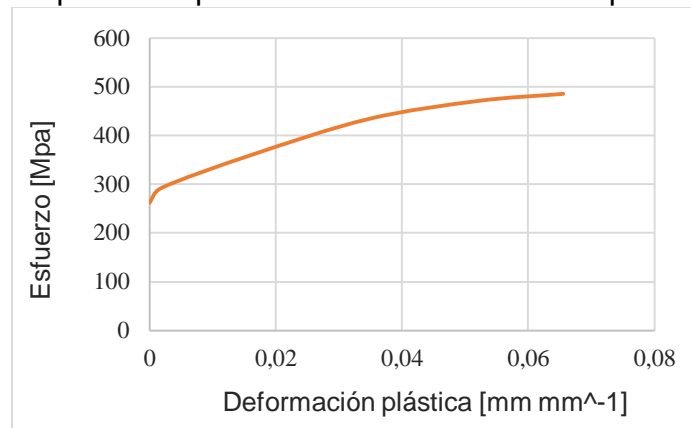
Finalmente, la tabla 4 presenta las dimensiones de las ranuras alargadas esta vez inclinadas, se pensó en ranuras inclinadas y no en unas completamente horizontales porque en Ferrer & Villalba (2017) se puede ver que su comportamiento fue similar a las de ranuras verticales.

Tabla 4. Dimensiones prototipos ranuras inclinadas.

Placa	t [mm]	Número orificios	b [mm]	lo [mm]	Ne
3.1	5	4	10	varias	8583
3.2	5	3	10	varias	8637
3.3	5	2	20	61	8476
3.4	5	1	30	79	8425

4.2.2 Propiedades elastoplásticas de acero: se modeló usando las propiedades de acero A36 [14]. Para las propiedades elásticas del acero se indica el módulo de elasticidad 200000 [MPa], coeficiente de Poisson 0.30 y la densidad del acero 7850 [Kg/m³]. Para las propiedades plásticas se usan los siguientes valores de deformación y esfuerzo .

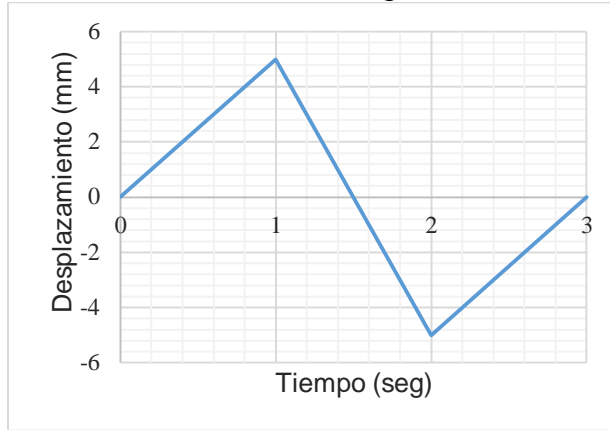
Gráfica 1. Propiedades plásticas acero A36 utilizado para este estudio.



Fuente: Ferrer & Villalba (2017)

4.2.3 Protocolo de carga: se usó la misma metodología de la validación del modelo de la Figura 2. Para estos nuevos modelos, las amplitudes del protocolo de carga fueron definidas de tal forma que todas las placas soportaron un mismo desplazamiento, esto con el fin de poder hacer la comparación del comportamiento de cada placa. Se desplazó 5 mm hacia la derecha, luego 10 mm a la izquierda y finalmente 5 mm a la derecha para regresar su posición inicial; el protocolo se muestra en la gráfica 2.

Gráfica 2. Protocolo de carga.



4.2.4 Resultados: en las tablas 5,6 y 7 se muestran los resultados de la energía disipada y fuerza máxima para cada uno de los dispositivos estudiados.

La distribución de esfuerzos equivalentes en las placas se muestra en la Figura 5

Tabla 5. Resultados de disipación de energía placa con ranuras verticales

Placa	Pmáx [kN]	ENERGÍA [J]
1.1	14,40	182,62
1.2	18,17	232,86
1.3	24,20	327,91
1.4	25,33	328,13

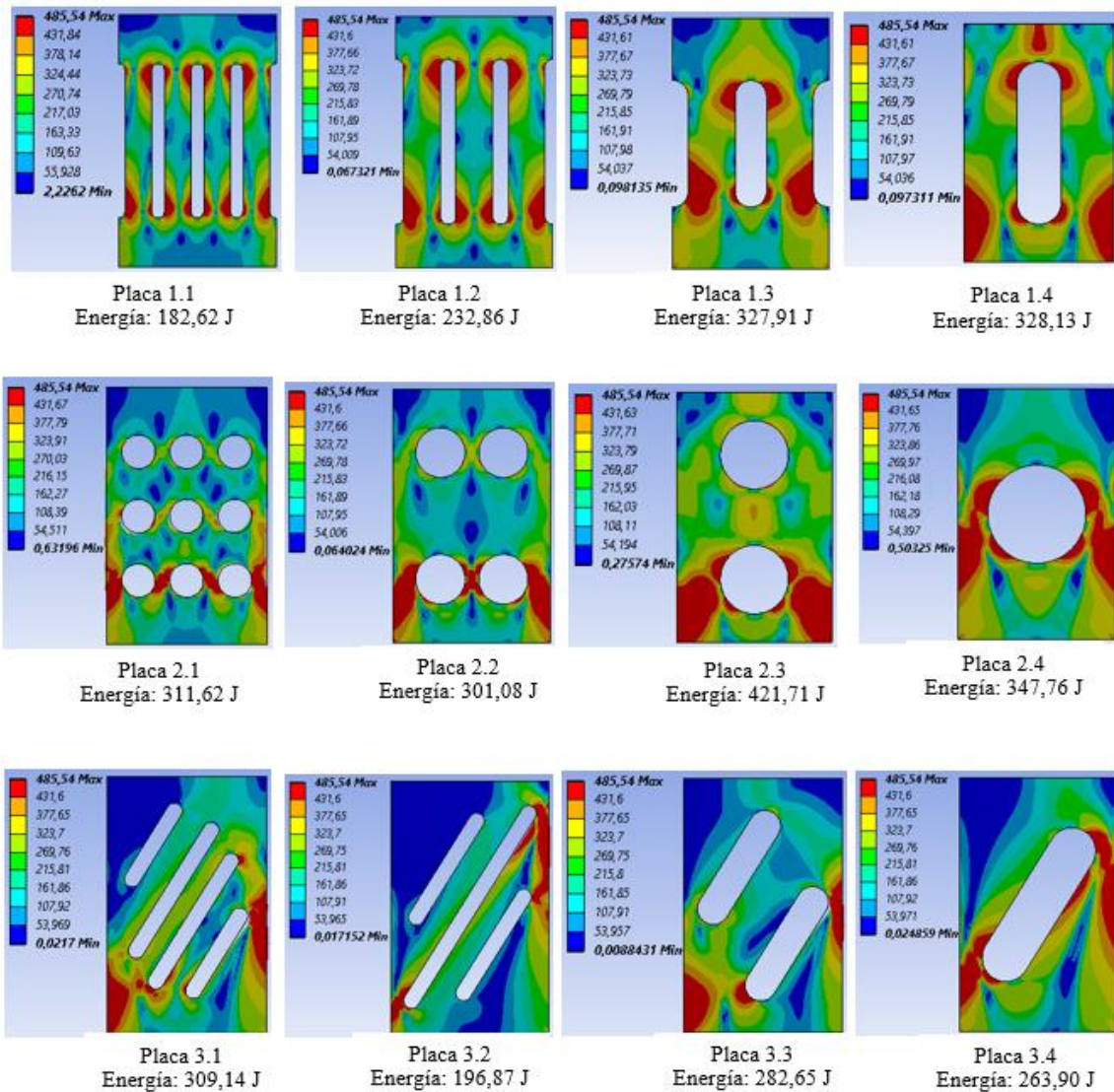
Tabla 6. Resultados de disipación de energía placa con orificios circulares

Placa	Pmáx [kN]	ENERGÍA [J]
2.1	20,12	311,62
2.2	21,10	301,08
2.3	30,24	421,71
2.4	25,09	347,76

Tabla 7. Resultados de disipación de energía placas con ranuras inclinadas

Placa	P _{máx} [kN]	ENERGÍA [J]
3.1	20,35	309,14
3.2	13,23	196,87
3.3	18,14	282,65
3.4	20,71	263,9

Figura 5. Distribución de esfuerzos equivalentes según variación de orificios.



Observando los resultados se evidencia que no solo la forma de los orificios influye en el comportamiento de los dispositivos, sino también la distribución y tamaño de los mismos. Los esfuerzos se distribuyen de manera diferente en cada caso, logrando más o menos zonas de plastificación del material lo que resulta en diferentes valores de energía disipada.

En la figura 5 se puede observar la relación directa entre la energía disipada y la cantidad de material que se plastifica; las placas 2.3, 2.4 y 1.4 que disiparon mayor cantidad de energía, a su vez presentaron una mayor cantidad de área afectada.

Para el caso de las placas con ranuras verticales, se puede ver que los dispositivos con orificios donde la relación b/l_0 es mayor, al igual que los dispositivos estudiados en Chan & Albermani (2008), alcanzaron mayores fuerzas por lo que disiparon más energía. En el caso de los dispositivos con orificios circulares permiten una buena distribución de esfuerzos en las placas y en los dispositivos de ranuras diagonales los esfuerzos se concentraban en las ranuras más largas o ubicadas en la zona inferior de los prototipos y no permitían una distribución uniforme de los mismos.

4.2.5 Sensibilidad a cambios de espesor de la placa 2.3: considerando que la placa 2.3 fue la que disipó más energía para el protocolo de carga propuesto, se realizaron cambios geométricos a la placa manteniendo una misma área de orificio en todos los casos.

Para la placa 2.3, inicialmente se mantuvieron las mismas dimensiones de base y altura, se varió su espesor y se aplicó el mismo protocolo de carga de la Grafica 2.

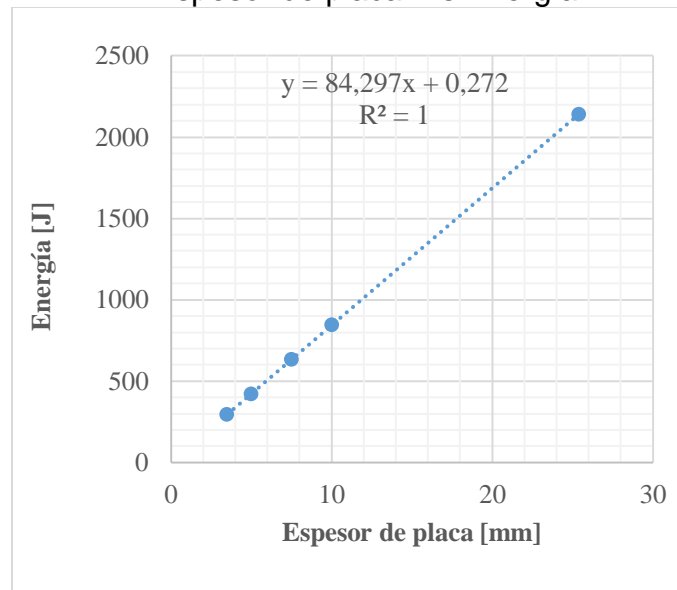
Los resultados se presentan en la Tabla 8, donde se puede ver que, a mayor espesor, se alcanzaban fuerzas más grandes y mayor capacidad de disipación de energía.

Tabla 8. Resultados de disipación de energía variando espesor de la placa 2.3

Placa	t [mm]	Energía disipada [J]	Volumen [mm ³]
2.3.1	3,5	295,2	45356,28
2.3.2	5	421,71	64794,69
2.3.3	7,5	632,37	97192,04
2.3.4	10	843,61	129589,38
2.3.5	25,4	2141,33	329157,03

Para saber de qué manera influía el espesor de la placa en su la capacidad de disipación de energía, se relacionaron estos valores en la gráfica 3 donde se puede observar la variación del comportamiento del dispositivo disipando energía según el espesor de la placa.

Gráfica 3. Sensibilidad a variaciones del espesor de placa.
Espesor de placa Vs Energía.



La relación entre el espesor de la placa 2.3 y su capacidad de disipación de energía con el protocolo de carga propuesto, se puede considerar lineal, a mayor espesor de la placa más energía disipa. En otros estudios se ha encontrado que la energía disipada se relaciona con la reducción de las derivas en pórticos, los dispositivos que disipan mayor energía son los que reducen en mayor porcentaje las derivas reduciendo la plastificación en los elementos principales del sistema estructural (Ferrer & Villalba, 2017), por lo que conocer esta relación puede ser de utilidad para aportar a los requerimientos de disipación de energía en un pórtico, usando una única forma y distribución de orificios variando el espesor.

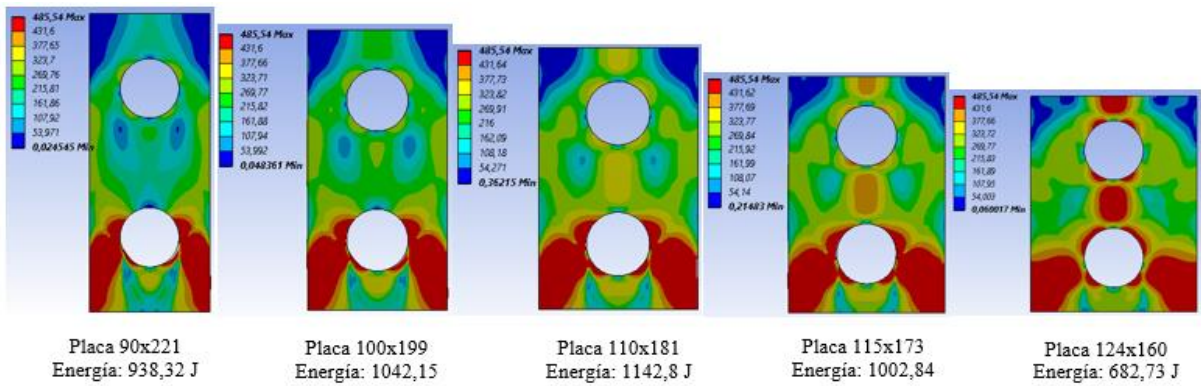
4.2.6 Sensibilidad a cambios geométricos de la placa 2.3: posteriormente se aumentó en un 25% el material de la placa 2.3, modificando sus dimensiones de ancho y alto de cuatro formas diferentes manteniendo el diámetro de los orificios y la ubicación de sus centros a una distancia de $H/4$ de los bordes superior e inferior de las placas; además se llevó cada placa al máximo desplazamiento que permitiera cada modelo aplicando un protocolo similar al de la gráfica 2 pero con amplitudes mayores o menores según fuera el caso. Esto con el fin de poder observar como varía el comportamiento de cada placa según la distribución de su área bruta (base y altura). Las dimensiones en mm base x altura de las nuevas placas fueron las siguientes: 90x221, 100x199, 110x181 y 124x160.

Los valores de energía se presentan en la tabla 9, la distribución de esfuerzos en la figura 6 y las curvas de histéresis de donde se obtiene la energía se muestran en la gráfica 4.

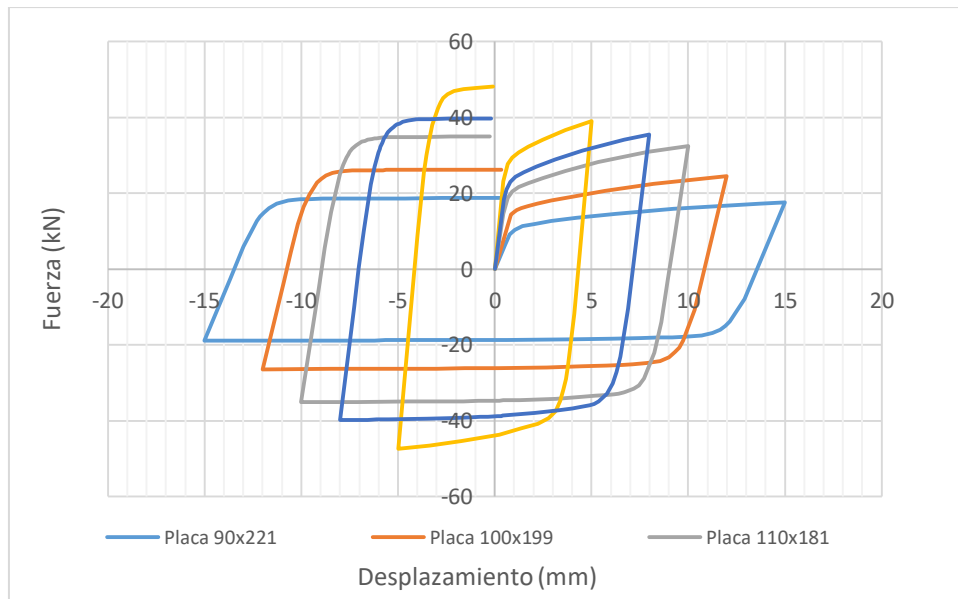
Tabla 9. Resultados Placa 2.3 variando la geometría de la placa.

Placa	P _{máx} [kN]	D máx [mm]	(B/H)%	Energía [J]									
90x221	18,71	15	41%	938,32									
100x199	26,21	12	50%	1042,15									
110x181	34,93	10	61%	115x173	39,75	8	66%	1002,84	124x160	48,11	5	78%	682,73
115x173	39,75	8	66%	1002,84									
124x160	48,11	5	78%	682,73									

Figura 6. Distribución de esfuerzos equivalente.



Gráfica 4. Curvas de histéresis placa 2.3 modificada.



En la gráfica 4 se puede observar que las placas de mayor altura permiten desplazamientos mayores pero menor fuerza de reacción. En cuanto a la energía disipada, se encontró que a mayor altura menor disipación de energía, pero por otro lado si la base de la placa es muy ancha no permitirá desplazamientos significativos y por la capacidad de disipación de energía empieza a disminuir, por tal razón se analizó cómo influye la relación Ancho/Altura (B/H) de la placa en la cantidad de energía disipada, encontrando que para valores de B/H% cercanos a 60% el comportamiento de los prototipos en cuanto a disipación de energía, era más favorable.

5. CONCLUSIONES

Fue notable la influencia que tienen las ranuras y disposición de las mismas en la forma y cantidad de disipación de energía. En el primer análisis comparativo la placa 2.3 fue la que disipó más energía, disipando 2,3 veces más que la placa 1.1 que fue la que menos disipó energía.

Particularmente, el comportamiento de los esfuerzos se dio según el tipo de ranura; las placas de ranuras alargadas verticales presentan concentración de esfuerzos en los extremos superior e inferior de las ranuras, las placas de ranuras circulares concentraron su esfuerzo en las ranuras inferiores y las placas de ranuras inclinadas presentaron una tendencia a concentrar esfuerzo en solo una de sus ranuras.

En el análisis que se realizó variando el espesor de placa 2.3 se encontró que existe una relación lineal entre el espesor y la cantidad de energía disipada, además se determinó una ecuación que permite relacionar dichas variables para la distribución de ranuras estudiada.

Durante la sección 4.2 de este documento, se determinó la capacidad de disipación de energía para placas con diferentes ranuras, obteniendo sus ciclos de histéresis con el uso del software basado en el método de elementos finitos ANSYS . En la sección 4.2.4 se evidencia, una vez más, que la forma de los orificios influye en la distribución de los esfuerzos en la placa, lo que conlleva a capacidades de disipación de energía diferentes; en esta misma sección se encontró que la placa

2.3 fue la que más energía disipó ya que su configuración de orificios permitió más zonas de plastificación del material, respecto a las demás placas. Más adelante, en la sección 4.2.5, se varió el espesor de la placa 2.3 encontrando una relación lineal entre el espesor y la energía disipada. Finalmente, se estudió la sensibilidad de la placa 2.3 a cambios en su geometría, es decir, se varió la relación ancho/altura manteniendo la misma cantidad de material; como se muestra en la sección 4.2.6 la mayor disipación de energía se logra para relaciones ancho/alto cercanas a 60%.

6. TRABAJOS FUTUROS

Con el fin de desarrollar un análisis completo respecto a los disipadores de placas ranuradas se recomienda caracterizar su comportamiento histerético mediante la obtención de sus ciclos de histéresis de forma experimental. A continuación, se plantea una propuesta (ver ilustraciones 1 a 6) para el arreglo experimental en las instalaciones del laboratorio de estructuras de la Universidad Industrial de Santander.

Ilustración 1. Montaje general.

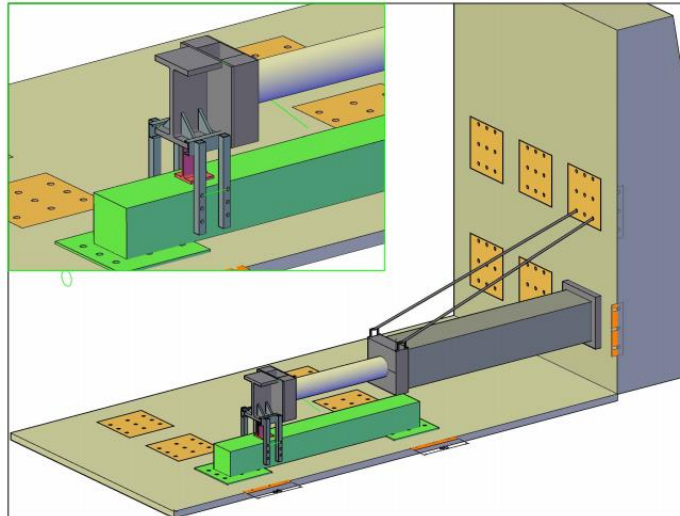


Ilustración 2. Vista superior.

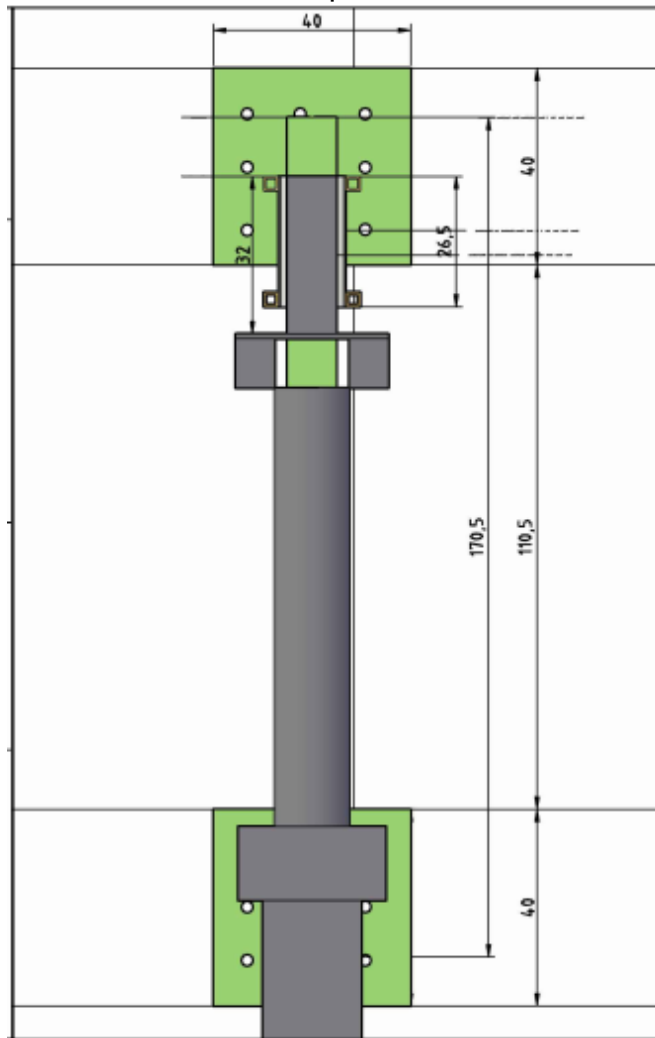


Ilustración 3. Vista Frontal.

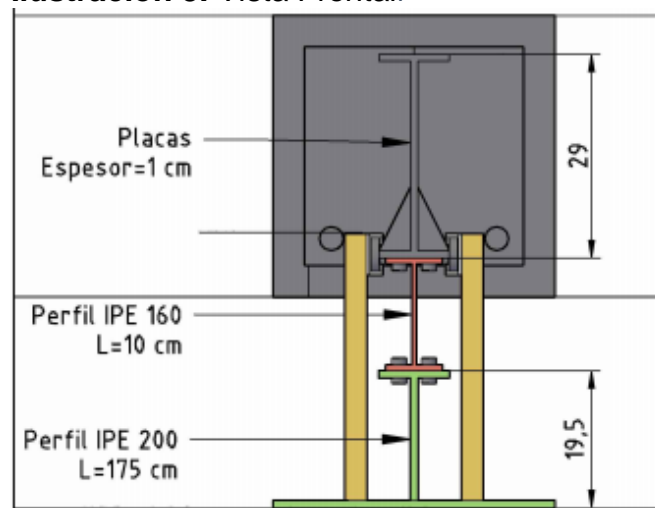


Ilustración 4. Detalles 1.

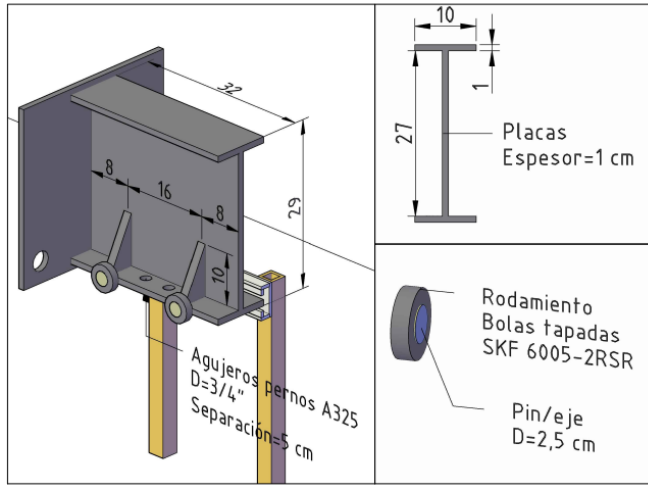


Ilustración 5. Detalles 2.

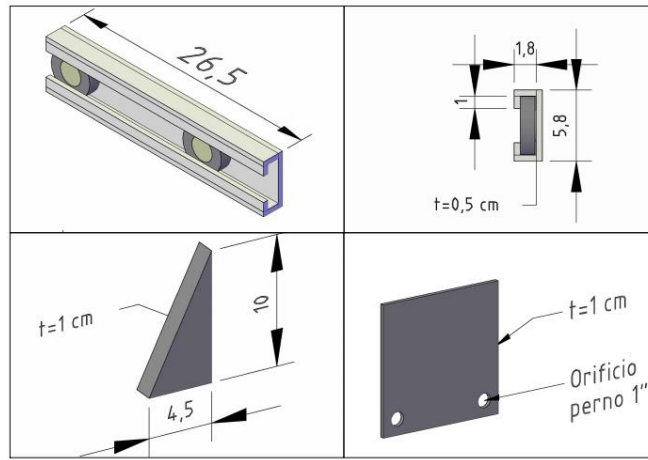
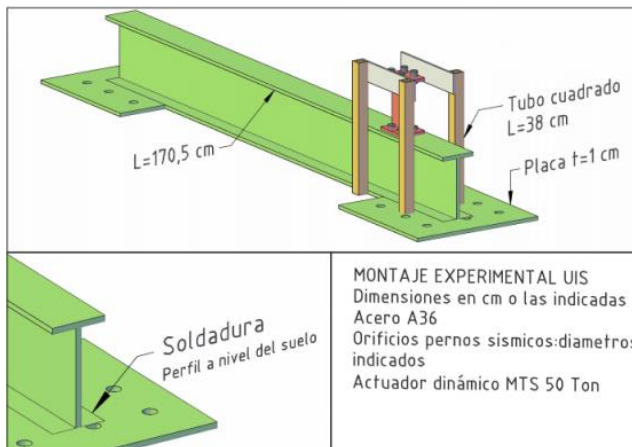


Ilustración 6. Detalles 3.



BIBLIOGRAFÍA

Aguiar, R., Rodríguez, M. & Mora, D. (2016). Análisis sísmico de estructuras con disipadores de energía ADAS o TADAS. Monografía CIMNE IS-75.

ANSYS R19.2 Academic (2018). Licencia gratuita para estudiantes. Tomado de: <https://www.ansys.com/academic/free-student-products>.

Ascheri, J., Rubinstein, M. & Möller, O. (2000). Diseño de Sistemas Sismorresistentes de Control Pasivo Utilizando Estrategia de Control Activo Predictivo. Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras (IMAE), Universidad Nacional de Rosari.

Chan, R. & Albermani, F. (2008). Experimental study of Steel slit damper for passive energy dissipation. Engineering Structures. Vol. 30, pp. 1058-1066.

Chapra, S. & Canale, R. (2007). Métodos numéricos para ingenieros, quinta edición. Mc Graw Hill. México. Capítulo 21 p.640.

Ferrer, S. & Villalba, J. (2017). Influencia de la forma de disipadores de placas ranuradas en su capacidad de disipación de energía". Memorias del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Área Metropolitana de Barranquilla.

Gama, A. & Tena, A. (2015). Desempeño Sísmico de Edificios Constituidos con Marcos Dúctiles de Concreto Reforzado y Disipadores de Energía. XX Congreso nacional de ingeniería sísmica. Acapulco, México.

Ghabraie, K., Chan, R., Huang, X. & Xie, Y. (2010). Shape optimization of metallic yielding devices for passive mitigation of seismic energy. *Engineering Structures*. Vol. 32, pp. 2258-2267.

Gómez, D., Marulanda, J. & Thonson, P. (2008). Sistemas de Control para la Protección de Estructuras Civiles Sometidas A Cargas Dinámicas. *Revista Dyna*, Nro. 155, pp. 77-89.

NSR – 10 (2010). Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente: Titulo A Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente. Bogotá: AIS.

Oviedo, J. & Duque M. (2009). Disipadores Histeréticos Metálicos como Técnica de Control de Respuesta Sísmica en Edificaciones Colombianas. *Revista EIA*, Número 11, p.51-63.

Pimiento, J., Salas, A. & Ruiz, D. (2017). Desempeño sísmico de un pórtico con disipadores de energía pasivos de placas ranuradas de acero. *Memorias del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*. Área Metropolitana de Barranquilla.

Redacción El País. (2012). Experto chileno asegura que edificios en Cali deben tener aisladores sísmicos. El Tiempo. Recuperado de: <https://www.elpais.com.co/economia/experto-chileno-asegura-que-edificios-en-cali-deben-tener-aisladores-sismicos.html>.

SIRVE S.A. (2013). Aislamiento Sísmico: Concepto y Aplicación Recuperado de: <http://sirve.cl/wpcontent/uploads/2013/09/Aislamiento.pdf>.

SIRVE S.A. (2013). Disipación de Energía: Concepto y Aplicación. Recuperado de: <http://sirve.cl/wpcontent/uploads/2013/09/Disipacion.pdf>.

Symans, M.D., Charney, F.A., Whittaker, A.S., Constantinou, M.C., Kircher, C.A., Johnson, M.W. & McNamara, R.J. (2008). Energy Dissipation Systems for Seismic Applications: Current Practice and Recent Developments. *Journal of structural engineering*, 134(1), 3–21.

Song, T. & Spencer, B. (2002). Supplemental energy dissipation: state-of-the-art and state-of-the practice. *Engineering Structures*, vol. 24, pp. 243–259.

ANEXOS

Anexo A: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 1.1 en formato pdf

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
5,2794	0,45
8,2963	0,9
9,1678	1,2375
9,6504	1,575
10,14	2,0812
10,713	2,8406
11,414	3,9797
11,944	5
1,1695	4,1
-3,9749	3,65
-7,7465	3,2
-10,474	2,525
-12,001	1,5125
-12,925	0,080429
-13,714	-2,2844
-14,35	-5
-2,3782	-4
1,7079	-3,65
5,441	-3,3
9,6344	-2,775
10,669	-2,5781
11,469	-2,3812
12,352	-2,0859
13,208	-1,643
13,915	-0,97852
14,402	-0,069138

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,45	1,187865
0,45	5,2794	0,45	3,0545325
0,9	8,2963	0,3375	2,94706688
1,2375	9,1678	0,3375	3,17557125
1,575	9,6504	0,5062	5,00895024
2,0812	10,14	0,7594	7,9178841
2,8406	10,713	1,1391	12,6024329
3,9797	11,414	1,0203	11,9160837
5	11,944	-0,9	-5,901075
4,1	1,1695	-0,45	0,631215
3,65	-3,9749	-0,45	2,637315
3,2	-7,7465	-0,675	6,14941875
2,525	-10,474	-1,0125	11,3779688
1,5125	-12,001	-1,432071	17,8479009
0,080429	-12,925	-2,364829	31,4983399
-2,2844	-13,714	-2,7156	38,1052992
-5	-14,35	1	-8,3641
-4	-2,3782	0,35	-0,1173025
-3,65	1,7079	0,35	1,2510575
-3,3	5,441	0,525	3,9572925
-2,775	9,6344	0,1969	1,99886973
-2,5781	10,669	0,1969	2,1794861
-2,3812	11,469	0,2953	3,51717065
-2,0859	12,352	0,4429	5,660262
-1,643	13,208	0,66448	9,01134552
-0,97852	13,915	0,909382	12,875485
-0,069138	14,402	0,069138	0,49786274

E TOTAL [J] 182,624198

Nota: Para el cálculo de la energía se usó el método de trapecios con segmentos desiguales como aparece en Chapra & Canale (2007)

Anexo B: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 1.2 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
6,8075	0,45
9,1685	0,675
10,55	0,9
11,679	1,2375
12,563	1,7437
13,376	2,5031
14,294	3,6422
15,181	5
1,1944	4,1
-5,3738	3,65
-9,9381	3,2
-11,95	2,8625
-13,238	2,525
-14,431	2,0187
-15,433	1,2594
-16,274	0,1979
-17,077	-1,5883
-17,914	-4,1512
-18,136	-5
-2,6007	-4
1,1766	-3,75
4,7269	-3,5
6,4536	-3,3688
8,0392	-3,2375
10,122	-3,0406
12,532	-2,7453
13,49	-2,5903
14,273	-2,4352
15,201	-2,2027
16,19	-1,8538
17,11	-1,3306
17,861	-0,5457
18,169	-0,066724

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,45	1,5316875
0,45	6,8075	0,225	1,7973
0,675	9,1685	0,225	2,21833125
0,9	10,55	0,3375	3,75114375
1,2375	11,679	0,5062	6,1356502
1,7437	12,563	0,7594	9,8490383
2,5031	13,376	1,1391	15,7594485
3,6422	14,294	1,3578	20,0105775
5	15,181	-0,9	-7,36893
4,1	1,1944	-0,45	0,940365
3,65	-5,3738	-0,45	3,4451775
3,2	-9,9381	-0,3375	3,69361688
2,8625	-11,95	-0,3375	4,250475
2,525	-13,238	-0,5063	7,00440735
2,0187	-14,431	-0,7593	11,3378676
1,2594	-15,433	-1,0615	16,8284903
0,1979	-16,274	-1,7862	29,7857781
-1,5883	-17,077	-2,5629	44,839217
-4,1512	-17,914	-0,8488	15,29962
-5	-18,136	1	-10,36835
-4	-2,6007	0,25	-0,1780125
-3,75	1,1766	0,25	0,7379375
-3,5	4,7269	0,1312	0,7334408
-3,3688	6,4536	0,1313	0,95145232
-3,2375	8,0392	0,1969	1,78797014
-3,0406	10,122	0,2953	3,3448631
-2,7453	12,532	0,155	2,016705
-2,5903	13,49	0,1551	2,15302065
-2,4352	14,273	0,2325	3,4263525
-2,2027	15,201	0,3489	5,47615995
-1,8538	16,19	0,5232	8,71128
-1,3306	17,11	0,7849	13,724369
-0,5457	17,861	0,478976	8,62875264
-0,066724	18,169	0,066724	0,60615418

E TOTAL [J] 232,861357

Anexo C: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 1.3 en formato.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
10,153	0,45
12,988	0,675
14,53	0,9
15,846	1,2375
17,005	1,7437
18,153	2,5031
19,419	3,6422
20,587	5
-1,0277	4,1
-6,0733	3,875
-10,278	3,65
-14,436	3,3125
-17,694	2,8063
-19,917	2,0469
-21,426	0,90781
-22,565	-0,80078
-23,615	-3,3637
-23,682	-3,5641
-23,747	-3,7646
-23,842	-4,0652
-23,977	-4,5163
-24,114	-5
-0,15883	-4
3,7603	-3,825
7,349	-3,65
11,902	-3,3875
13,238	-3,2956
14,445	-3,2037
16,029	-3,0659
17,935	-2,8592
19,943	-2,5491
21,713	-2,084
22,309	-1,8398
22,767	-1,5957
22,968	-1,4675
22,991	-1,4517

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,45	2,284425
0,45	10,153	0,225	2,6033625
0,675	12,988	0,225	3,095775
0,9	14,53	0,3375	5,12595
1,2375	15,846	0,5062	8,3145881
1,7437	17,005	0,7594	13,3494926
2,5031	18,153	1,1391	21,3991326
3,6422	19,419	1,3578	27,1600734
5	20,587	-0,9	-8,801685
4,1	-1,0277	-0,225	0,7988625
3,875	-6,0733	-0,225	1,83952125
3,65	-10,278	-0,3375	4,1704875
3,3125	-14,436	-0,5062	8,132103
2,8063	-17,694	-0,7594	14,2808967
2,0469	-19,917	-1,13909	23,5466989
0,90781	-21,426	-1,70859	37,5812913
-0,80078	-22,565	-2,56292	59,1778228
-3,3637	-23,615	-0,2004	4,7391594
-3,5641	-23,682	-0,2005	4,75475725
-3,7646	-23,747	-0,3006	7,1526267
-4,0652	-23,842	-0,4511	10,7855755
-4,5163	-23,977	-0,4837	11,6308084
-5	-24,114	1	-12,136415
-4	-0,15883	0,175	0,31512863
-3,825	3,7603	0,175	0,97206375
-3,65	7,349	0,2625	2,52669375
-3,3875	11,902	0,0919	1,155183
-3,2956	13,238	0,0919	1,27203385
-3,2037	14,445	0,1378	2,0996586
-3,0659	16,029	0,2067	3,5101794
-2,8592	17,935	0,3101	5,8729839
-2,5491	19,943	0,4651	9,6871028
-2,084	21,713	0,2442	5,3750862
-1,8398	22,309	0,2441	5,5015258
-1,5957	22,767	0,1282	2,9316135
-1,4675	22,968	0,0158	0,3630761
-1,4517	22,991	0,0157	0,3611314

Continuación Anexo C

23,013	-1,436
23,046	-1,4125
23,095	-1,3772
23,164	-1,3242
23,261	-1,2446
23,31	-1,2029
23,357	-1,1612
23,424	-1,0986
23,517	-1,0046
23,643	-0,86378
23,705	-0,78982
23,764	-0,71587
23,846	-0,60493
23,922	-0,494
23,959	-0,43576
23,996	-0,37752
24,048	-0,29016
24,074	-0,24429
24,1	-0,19843
24,137	-0,12963
24,19	0,057372
24,203	0,077327

-1,436	23,013	0,0235	0,54119325
-1,4125	23,046	0,0353	0,81438865
-1,3772	23,095	0,053	1,2258635
-1,3242	23,164	0,0796	1,847715
-1,2446	23,261	0,0417	0,97100535
-1,2029	23,31	0,0417	0,97300695
-1,1612	23,357	0,0626	1,4642453
-1,0986	23,424	0,094	2,206227
-1,0046	23,517	0,14082	3,3205356
-0,86378	23,643	0,07396	1,75092904
-0,78982	23,705	0,07395	1,75516628
-0,71587	23,764	0,11094	2,6409267
-0,60493	23,846	0,11093	2,64945212
-0,494	23,922	0,05824	1,39429472
-0,43576	23,959	0,05824	1,3964496
-0,37752	23,996	0,08736	2,09856192
-0,29016	24,048	0,04587	1,10367807
-0,24429	24,074	0,04586	1,10462982
-0,19843	24,1	0,0688	1,6593528
-0,12963	24,137	0,187002	4,51862283
0,057372	24,19	0,019955	0,48284116
0,077327	24,203	-0,077327	-0,93577269

E TOTAL [J] 327,912084

Anexo D: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 1.4 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
10,109	0,45
13,145	0,675
14,849	0,9
16,206	1,2375
17,284	1,7437
18,266	2,5031
19,398	3,6422
20,506	5
4,4915	4,3
-1,1042	4,055
-6,4376	3,81
-8,793	3,6814
-10,732	3,5528
-13,016	3,3598
-15,46	3,0704
-17,793	2,6363
-19,793	1,9851
-21,336	1,0084
-22,551	-0,45954
-23,855	-2,6544
-24,927	-5
-2,0492	-4
5,8699	-3,65
12,679	-3,3
15,235	-3,1163
17,234	-2,9325
19,468	-2,6569
21,654	-2,2434
22,431	-2,0264
23,046	-1,8093
23,75	-1,4837
24,482	-0,99537
25,162	-0,26281
25,331	0,044915

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,45	2,274525
0,45	10,109	0,225	2,616075
0,675	13,145	0,225	3,149325
0,9	14,849	0,3375	5,24053125
1,2375	16,206	0,5062	8,476319
1,7437	17,284	0,7594	13,498335
2,5031	18,266	1,1391	21,4515312
3,6422	19,398	1,3578	27,0908256
5	20,506	-0,7	-8,749125
4,3	4,4915	-0,245	-0,41494425
4,055	-1,1042	-0,245	0,9238705
3,81	-6,4376	-0,1286	0,97932758
3,6814	-8,793	-0,1286	1,2554575
3,5528	-10,732	-0,193	2,291682
3,3598	-13,016	-0,2894	4,1204772
3,0704	-15,46	-0,4341	7,21756365
2,6363	-17,793	-0,6512	12,2380016
1,9851	-19,793	-0,9767	20,0853472
1,0084	-21,336	-1,46794	32,2117414
-0,45954	-22,551	-2,19486	50,9273366
-2,6544	-23,855	-2,3456	57,2115296
-5	-24,927	1	-13,4881
-4	-2,0492	0,35	0,6686225
-3,65	5,8699	0,35	3,2460575
-3,3	12,679	0,1837	2,5639009
-3,1163	15,235	0,1838	2,9839011
-2,9325	17,234	0,2756	5,0575356
-2,6569	19,468	0,4135	8,5019735
-2,2434	21,654	0,217	4,7832225
-2,0264	22,431	0,2171	4,93652835
-1,8093	23,046	0,3256	7,6183888
-1,4837	23,75	0,48833	11,7765663
-0,99537	24,482	0,73256	18,1836043
-0,26281	25,162	0,307725	7,76897921
0,044915	25,331	-0,044915	-0,56887093

E TOTAL [J] 328,128042

Anexo E: Hoja de cálculo para la energía disipada para la placa 2.1 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
10,968	0,45
11,964	0,5625
12,539	0,675
13,146	0,84375
13,869	1,0969
14,755	1,4766
15,814	2,0461
17,034	2,9004
18,393	4,1818
19,052	5
-5,2675	4,1
-12,195	3,785
-13,884	3,6748
-15,216	3,5645
-16,643	3,3991
-17,934	3,1511
-18,811	2,779
-19,127	2,4999
-19,349	2,2208
-19,593	1,8022
-19,826	1,1743
-20,054	0,23333
-20,088	0,11743
-20,12	-0,11368
-20,166	-0,37328
-20,229	-0,76268
-20,313	-1,3468
-20,422	-2,2229
-20,561	-3,5372
-20,693	-5
6,2499	-4
9,2517	-3,8775
11,86	-3,755
14,883	-3,5712
17,562	-3,2956
17,84	-3,245

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,45	2,4678
0,45	10,968	0,1125	1,289925
0,5625	11,964	0,1125	1,37829375
0,675	12,539	0,16875	2,16717188
0,84375	13,146	0,25315	3,41942363
1,0969	13,869	0,3797	5,4342664
1,4766	14,755	0,5695	8,70452275
2,0461	15,814	0,8543	14,0310232
2,9004	17,034	1,2814	22,6980789
4,1818	18,393	0,8182	15,3187495
5	19,052	-0,9	-6,203025
4,1	-5,2675	-0,315	2,75034375
3,785	-12,195	-0,1102	1,4369529
3,6748	-13,884	-0,1103	1,604865
3,5645	-15,216	-0,1654	2,6347393
3,3991	-16,643	-0,248	4,287548
3,1511	-17,934	-0,3721	6,83640725
2,779	-18,811	-0,2791	5,2942479
2,4999	-19,127	-0,2791	5,3693258
2,2208	-19,349	-0,4186	8,1505606
1,8022	-19,593	-0,6279	12,3755951
1,1743	-19,826	-0,94097	18,7629418
0,23333	-20,054	-0,1159	2,3262289
0,11743	-20,088	-0,23111	4,64623544
-0,11368	-20,12	-0,2596	5,2291228
-0,37328	-20,166	-0,3894	7,8649065
-0,76268	-20,229	-0,58412	11,8406965
-1,3468	-20,313	-0,8761	17,8439668
-2,2229	-20,422	-1,3143	26,9319785
-3,5372	-20,561	-1,4628	30,1731756
-5	-20,693	1	-7,22155
-4	6,2499	0,1225	0,949473
-3,8775	9,2517	0,1225	1,29309163
-3,755	11,86	0,1838	2,4576817
-3,5712	14,883	0,2756	4,470921
-3,2956	17,562	0,0506	0,8956706
-3,245	17,84	0,0507	0,91054665

Continuación anexo E

18,079	-3,1943	-3,1943	18,079	0,0759	1,38361905
18,38	-3,1184	-3,1184	18,38	0,114	2,115213
18,729	-3,0044	-3,0044	18,729	0,1709	3,23146265
19,088	-2,8335	-2,8335	19,088	0,0157	0,2998543
19,11	-2,8178	-2,8178	19,11	0,0157	0,30023895
19,137	-2,8021	-2,8021	19,137	0,0236	0,4520226
19,17	-2,7785	-2,7785	19,17	0,0124	0,2378072
19,186	-2,7661	-2,7661	19,186	0,0123	0,23608005
19,201	-2,7538	-2,7538	19,201	0,0186	0,3573525
19,224	-2,7352	-2,7352	19,224	0,0278	0,5348442
19,254	-2,7074	-2,7074	19,254	0,0417	0,8037258
19,294	-2,6657	-2,6657	19,294	0,0626	1,2094633
19,347	-2,6031	-2,6031	19,347	0,094	1,821814
19,415	-2,5091	-2,5091	19,415	0,0493	0,95792365
19,446	-2,4598	-2,4598	19,446	0,0493	0,95940265
19,475	-2,4105	-2,4105	19,475	0,0739	1,4406805
19,515	-2,3366	-2,3366	19,515	0,111	2,169162
19,569	-2,2256	-2,2256	19,569	0,1664	3,262272
19,641	-2,0592	-2,0592	19,641	0,0873	1,7161434
19,675	-1,9719	-1,9719	19,675	0,0306	0,6022233
19,686	-1,9413	-1,9413	19,686	0,0306	0,6025599
19,697	-1,9107	-1,9107	19,697	0,0458	0,902489
19,713	-1,8649	-1,8649	19,713	0,0688	1,3570456
19,736	-1,7961	-1,7961	19,736	0,1032	2,0383548
19,767	-1,6929	-1,6929	19,767	0,1548	3,0632598
19,81	-1,5381	-1,5381	19,81	0,0813	1,61140665
19,831	-1,4568	-1,4568	19,831	0,0812	1,6110892
19,851	-1,3756	-1,3756	19,851	0,0427	0,84787255
19,862	-1,3329	-1,3329	19,862	0,0427	0,8483209
19,872	-1,2902	-1,2902	19,872	0,064	1,272288
19,887	-1,2262	-1,2262	19,887	0,096	1,910208
19,909	-1,1302	-1,1302	19,909	0,14396	2,868403
19,941	-0,98624	-0,98624	19,941	0,21599	4,31180837
19,985	-0,77025	-0,77025	19,985	0,32399	6,48465985
20,045	-0,44626	-0,44626	20,045	0,24866	4,99371445
20,12	-0,1976	-0,1976	20,12	0,1976	1,987856

E TOTAL [J] 311,624544

Anexo F: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 2.2 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
10,629	0,423
12,421	0,6345
13,155	0,846
13,873	1,1632
14,754	1,6391
15,856	2,3529
17,232	3,4237
18,562	5
-4,1503	3,9
-10,869	3,5579
-15,157	3,2618
-17,993	2,8177
-18,544	2,5845
-18,863	2,3513
-19,214	2,0015
-19,623	1,4769
-20,093	0,68989
-20,596	-0,49057
-20,786	-1,1103
-20,84	-1,3272
-20,888	-1,5441
-20,912	-1,658
-20,934	-1,7719
-20,966	-1,9427
-21,009	-2,1989
-21,064	-2,5833
-21,133	-3,1598
-21,144	-3,2657
-21,155	-3,3717
-21,171	-3,5306
-21,193	-3,7689
-21,224	-4,1264
-21,247	-4,4132
-21,269	-5
4,0095	-3,84

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,423	2,2480335
0,423	10,629	0,2115	2,4375375
0,6345	12,421	0,2115	2,704662
0,846	13,155	0,3172	4,2866408
1,1632	13,873	0,4759	6,81179465
1,6391	14,754	0,7138	10,924709
2,3529	15,856	1,0708	17,7153152
3,4237	17,232	1,5763	28,2110411
5	18,562	-1,1	-7,926435
3,9	-4,1503	-0,3421	2,56905127
3,5579	-10,869	-0,2961	3,8531493
3,2618	-15,157	-0,4441	7,3609575
2,8177	-17,993	-0,2332	4,2602142
2,5845	-18,544	-0,2332	4,3616562
2,3513	-18,863	-0,3498	6,6596673
2,0015	-19,214	-0,5246	10,1869451
1,4769	-19,623	-0,78701	15,6284446
0,68989	-20,093	-1,18046	24,0158685
-0,49057	-20,596	-0,61973	12,8228334
-1,1103	-20,786	-0,2169	4,5143397
-1,3272	-20,84	-0,2169	4,5254016
-1,5441	-20,888	-0,1139	2,38051
-1,658	-20,912	-0,1139	2,3831297
-1,7719	-20,934	-0,1708	3,57826
-1,9427	-20,966	-0,2562	5,3769975
-2,1989	-21,009	-0,3844	8,0864306
-2,5833	-21,064	-0,5765	12,1632853
-3,1598	-21,133	-0,1059	2,23856715
-3,2657	-21,144	-0,106	2,241847
-3,3717	-21,155	-0,1589	3,3628007
-3,5306	-21,171	-0,2383	5,0476706
-3,7689	-21,193	-0,3575	7,58203875
-4,1264	-21,224	-0,2868	6,0903414
-4,4132	-21,247	-0,5868	12,4741944
-5	-21,269	1,16	-10,01051
-3,84	4,0095	0,409	3,20318575

Continuación anexo F

11,654	-3,431	-3,431	11,654	0,1151	1,4568207
13,66	-3,3159	-3,3159	13,66	0,1152	1,669536
15,325	-3,2007	-3,2007	15,325	0,1727	2,8136284
17,259	-3,028	-3,028	17,259	0,2591	4,713029
19,121	-2,7689	-2,7689	19,121	0,0476	0,9158002
19,358	-2,7213	-2,7213	19,358	0,0476	0,9264388
19,568	-2,6737	-2,6737	19,568	0,0714	1,4066157
19,833	-2,6023	-2,6023	19,833	0,1072	2,1428744
20,146	-2,4951	-2,4951	20,146	0,1606	3,2620269
20,477	-2,3345	-2,3345	20,477	0,0296	0,606726
20,518	-2,3049	-2,3049	20,518	0,0295	0,60582675
20,555	-2,2754	-2,2754	20,555	0,0443	0,9116497
20,603	-2,2311	-2,2311	20,603	0,0664	1,369998
20,662	-2,1647	-2,1647	20,662	0,0996	2,0614212
20,732	-2,0651	-2,0651	20,732	0,1495	3,105115
20,808	-1,9156	-1,9156	20,808	0,2242	4,6736732
20,884	-1,6914	-1,6914	20,884	0,3363	7,0347234
20,952	-1,3551	-1,3551	20,952	0,1766	3,7025956
20,98	-1,1785	-1,1785	20,98	0,1765	3,705088
21,004	-1,002	-1,002	21,004	0,03245	0,6816447
21,008	-0,96955	-0,96955	21,008	0,03244	0,6815644
21,012	-0,93711	-0,93711	21,012	0,04866	1,0225899
21,018	-0,88845	-0,88845	21,018	0,073	1,534606
21,026	-0,81545	-0,81545	21,026	0,10949	2,30279368
21,038	-0,70596	-0,70596	21,038	0,16424	3,45667716
21,055	-0,54172	-0,54172	21,055	0,19636	4,1368143
21,08	-0,34536	-0,34536	21,08	0,20507	4,32564405
21,107	-0,14029	-0,14029	21,107	0,14029	1,48055052

E TOTAL [J] 301,077048

Anexo G: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 2.3 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
13,832	0,45
16,996	0,675
18,238	0,9
19,199	1,2375
20,217	1,7437
21,527	2,5031
23,201	3,6422
24,906	5
-4,5096	4,1
-13,552	3,785
-19,425	3,47
-22,069	3,2338
-23,604	2,9975
-24,877	2,6431
-25,818	2,1116
-26,673	1,3142
-27,65	0,31227
-28,72	-1,6758
-29,723	-4,3669
-29,905	-5
2,7301	-4
13,194	-3,65
20,669	-3,3
23,334	-3,1163
25,316	-2,9325
27,295	-2,6569
28,844	-2,2434
29,765	-1,6233
29,952	-1,2977
30,053	-0,97212
30,157	-0,48374
30,241	-0,098509

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,45	3,1122
0,45	13,832	0,225	3,46815
0,675	16,996	0,225	3,963825
0,9	18,238	0,3375	6,31749375
1,2375	19,199	0,5062	9,9761896
1,7437	20,217	0,7594	15,8501968
2,5031	21,527	1,1391	25,4748324
3,6422	23,201	1,3578	32,6598423
5	24,906	-0,9	-9,17838
4,1	-4,5096	-0,315	2,844702
3,785	-13,552	-0,315	5,1938775
3,47	-19,425	-0,2362	4,9004414
3,2338	-22,069	-0,2363	5,39626495
2,9975	-23,604	-0,3544	8,5908332
2,6431	-24,877	-0,5315	13,4721963
2,1116	-25,818	-0,7974	20,9281617
1,3142	-26,673	-1,00193	27,2139217
0,31227	-27,65	-1,98807	56,033753
-1,6758	-28,72	-2,6911	78,6379787
-4,3669	-29,723	-0,6331	18,8752434
-5	-29,905	1	-13,58745
-4	2,7301	0,35	2,7867175
-3,65	13,194	0,35	5,926025
-3,3	20,669	0,1837	4,04167555
-3,1163	23,334	0,1838	4,470935
-2,9325	25,316	0,2756	7,2497958
-2,6569	27,295	0,4135	11,6067383
-2,2434	28,844	0,6201	18,1717205
-1,6233	29,765	0,3256	9,7219276
-1,2977	29,952	0,32558	9,76821395
-0,97212	30,053	0,48838	14,7026799
-0,48374	30,157	0,385231	11,633591
-0,098509	30,241	0,098509	1,48950533

E TOTAL [J] 421,713799

Anexo H: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 2.4 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
11,503	0,45
13,532	0,6075
14,63	0,765
15,532	1,0013
16,362	1,3556
17,256	1,8872
18,318	2,6845
19,651	3,8805
20,733	5
-3,4561	4,1
-11,122	3,785
-15,637	3,47
-18,087	3,155
-19,959	2,6825
-20,538	2,4344
-20,963	2,1864
-21,44	1,8143
-21,991	1,2561
-22,638	0,41893
-23,38	-0,83689
-24,183	-2,7206
-24,829	-5
2,0577	-4
10,95	-3,65
13,364	-3,5275
15,357	-3,405
17,714	-3,2213
20,22	-2,9456
22,397	-2,5322
23,919	-1,912
24,774	-0,9818
25,092	-0,064988

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,45	2,588175
0,45	11,503	0,1575	1,97150625
0,6075	13,532	0,1575	2,2177575
0,765	14,63	0,2363	3,5636403
1,0013	15,532	0,3543	5,6500221
1,3556	16,362	0,5316	8,9356644
1,8872	17,256	0,7973	14,1815751
2,6845	18,318	1,196	22,705462
3,8805	19,651	1,1195	22,604944
5	20,733	-0,9	-7,774605
4,1	-3,4561	-0,315	2,29605075
3,785	-11,122	-0,315	4,2145425
3,47	-15,637	-0,315	5,31153
3,155	-18,087	-0,4725	8,9883675
2,6825	-19,959	-0,2481	5,02365285
2,4344	-20,538	-0,248	5,146124
2,1864	-20,963	-0,3721	7,88907815
1,8143	-21,44	-0,5582	12,1215921
1,2561	-21,991	-0,83717	18,68103
0,41893	-22,638	-1,25582	28,8951624
-0,83689	-23,38	-1,88371	44,7974494
-2,7206	-24,183	-2,2794	55,8589764
-5	-24,829	1	-11,38565
-4	2,0577	0,35	2,2763475
-3,65	10,95	0,1225	1,4892325
-3,5275	13,364	0,1225	1,75916125
-3,405	15,357	0,1837	3,03757135
-3,2213	17,714	0,2757	5,2292019
-2,9456	20,22	0,4134	8,8089339
-2,5322	22,397	0,6202	14,3625916
-1,912	23,919	0,9302	22,6471143
-0,9818	24,774	0,916812	22,8588736
-0,064988	25,092	0,064988	0,81533945

E TOTAL [J] 347,766415

Anexo I: Hoja de cálculo de energía disipada para la placa 3.1 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
10,434	0,45
11,425	0,5625
12,137	0,675
12,957	0,84375
13,843	1,0969
14,758	1,4766
15,742	2,0461
16,846	2,9004
18,034	4,1818
18,628	5
-4,5218	4,1
-7,17	3,9897
-9,4851	3,8795
-12,214	3,7141
-14,685	3,4661
-16,467	3,094
-17,032	2,8986
-17,47	2,7033
-17,968	2,4102
-18,494	1,9707
-19,009	1,3114
-19,488	0,32245
-19,891	-0,9508
-20,22	-2,301
-20,509	-3,7337
-20,728	-5
-9,1164	-4,55
2,3813	-4,1
4,4415	-4,0173
6,4562	-3,9346
9,2282	-3,8106
10,503	-3,7455
11,638	-3,6804
12,176	-3,6462
12,676	-3,612
13,353	-3,5607

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,45	2,34765
0,45	10,434	0,1125	1,22956875
0,5625	11,425	0,1125	1,3253625
0,675	12,137	0,16875	2,11730625
0,84375	12,957	0,25315	3,39221
1,0969	13,843	0,3797	5,42989985
1,4766	14,758	0,5695	8,684875
2,0461	15,742	0,8543	13,9199642
2,9004	16,846	1,2814	22,347616
4,1818	18,034	0,8182	14,9984242
5	18,628	-0,9	-6,34779
4,1	-4,5218	-0,1103	0,64480277
3,9897	-7,17	-0,1102	0,91769601
3,8795	-9,4851	-0,1654	1,79451557
3,7141	-12,214	-0,248	3,335476
3,4661	-14,685	-0,3721	5,7958296
3,094	-16,467	-0,1954	3,2728523
2,8986	-17,032	-0,1953	3,3691203
2,7033	-17,47	-0,2931	5,1934389
2,4102	-17,968	-0,4395	8,0125245
1,9707	-18,494	-0,6593	12,362864
1,3114	-19,009	-0,98895	19,0358041
0,32245	-19,488	-1,27325	25,0696559
-0,9508	-19,891	-1,3502	27,0789361
-2,301	-20,22	-1,4327	29,1762192
-3,7337	-20,509	-1,2663	26,1092066
-5	-20,728	0,45	-6,71499
-4,55	-9,1164	0,45	-1,5153975
-4,1	2,3813	0,0827	0,28212278
-4,0173	4,4415	0,0827	0,45061989
-3,9346	6,4562	0,124	0,9724328
-3,8106	9,2282	0,0651	0,64225056
-3,7455	10,503	0,0651	0,72068955
-3,6804	11,638	0,0342	0,4072194
-3,6462	12,176	0,0342	0,4249692
-3,612	12,676	0,0513	0,66764385
-3,5607	13,353	0,0769	1,0592975

Continuación anexo I

14,197	-3,4838
14,993	-3,3684
15,852	-3,1953
16,805	-2,9357
17,848	-2,5463
18,897	-1,9622
19,283	-1,6556
19,588	-1,3489
19,934	-0,88895
20,28	0,62781
20,354	0,63232

-3,4838	14,197	0,1154	1,684263
-3,3684	14,993	0,1731	2,66963475
-3,1953	15,852	0,2596	4,2388786
-2,9357	16,805	0,3894	6,7469391
-2,5463	17,848	0,5841	10,7313773
-1,9622	18,897	0,3066	5,852994
-1,6556	19,283	0,3067	5,96086785
-1,3489	19,588	0,45995	9,08907195
-0,88895	19,934	1,51676	30,4974933
0,62781	20,28	0,00451	0,09162967
0,63232	20,354	-0,63232	-6,43512064

E TOTAL [J]

309,138915

Anexo J: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 3.2 en formato pdf

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
3,4251	0,225
6,3552	0,45
7,5621	0,61875
8,129	0,7875
8,6405	1,0406
9,1873	1,4203
9,8103	1,9898
10,538	2,8441
10,865	3,2926
10,92	3,3711
10,973	3,4496
11,052	3,5674
11,167	3,744
11,331	4,0089
11,559	4,4062
11,868	5
1,1899	4,3
-2,3926	4,055
-3,5879	3,9692
-4,7465	3,8835
-6,3545	3,7549
-7,1119	3,6873
-7,7923	3,6198
-8,6651	3,5185
-9,656	3,3666
-10,524	3,1387
-11,208	2,7968
-11,761	2,284
-11,769	2,274
-11,777	2,264
-11,788	2,249
-11,805	2,2265
-11,83	2,1928
-11,866	2,1422
-11,916	2,0662

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,225	0,38532375
0,225	3,4251	0,225	1,10028375
0,45	6,3552	0,16875	1,17427219
0,61875	7,5621	0,16875	1,32393656
0,7875	8,129	0,2531	2,12218023
1,0406	8,6405	0,3797	3,38460783
1,4203	9,1873	0,5695	5,4095666
1,9898	9,8103	0,8543	8,69177635
2,8441	10,538	0,4485	4,79962275
3,2926	10,865	0,0785	0,85506125
3,3711	10,92	0,0785	0,85930025
3,4496	10,973	0,1178	1,2972725
3,5674	11,052	0,1766	1,9619377
3,744	11,167	0,2649	2,9798601
4,0089	11,331	0,3973	4,5470985
4,4062	11,559	0,5938	6,9554763
5	11,868	-0,7	-4,570265
4,3	1,1899	-0,245	0,14733075
4,055	-2,3926	-0,0858	0,25656345
3,9692	-3,5879	-0,0857	0,35712904
3,8835	-4,7465	-0,1286	0,7137943
3,7549	-6,3545	-0,0676	0,45516432
3,6873	-7,1119	-0,0675	0,50301675
3,6198	-7,7923	-0,1013	0,83356731
3,5185	-8,6651	-0,1519	1,39148755
3,3666	-9,656	-0,2279	2,299511
3,1387	-10,524	-0,3419	3,7150854
2,7968	-11,208	-0,5128	5,8892516
2,284	-11,761	-0,01	0,11765
2,274	-11,769	-0,01	0,11773
2,264	-11,777	-0,015	0,1767375
2,249	-11,788	-0,0225	0,26542125
2,2265	-11,805	-0,0337	0,39824975
2,1928	-11,83	-0,0506	0,5995088
2,1422	-11,866	-0,076	0,903716
2,0662	-11,916	-0,1139	1,36127585

Continuación anexo J

-11,987	1,9523
-12,083	1,7814
-12,213	1,5252
-12,38	1,1407
-12,587	0,56408
-12,828	-0,33619
-13,095	-1,5984
-13,1	-1,6265
-13,104	-1,6546
-13,112	-1,6969
-13,122	-1,7602
-13,138	-1,8551
-13,16	-1,9976
-13,192	-2,2113
-13,238	-2,5318
-13,299	-3,0126
-13,329	-3,2651
-13,358	-3,5175
-13,398	-3,8961
-13,452	-4,4641
-13,498	-5
1,5376	-4
2,1389	-3,9571
2,7333	-3,9142
3,609	-3,8499
4,8699	-3,7535
5,5129	-3,7028
6,1381	-3,6522
7,0272	-3,5762
8,2275	-3,4623
8,79	-3,4024
8,9756	-3,3815
9,1555	-3,3605
9,412	-3,3291
9,7702	-3,282
10,244	-3,2114
10,831	-3,1054

1,9523	-11,987	-0,1709	2,0567815
1,7814	-12,083	-0,2562	3,1123176
1,5252	-12,213	-0,3845	4,72800425
1,1407	-12,38	-0,57662	7,19823577
0,56408	-12,587	-0,90027	11,440181
-0,33619	-12,828	-1,26221	16,3601349
-1,5984	-13,095	-0,0281	0,36803975
-1,6265	-13,1	-0,0281	0,3681662
-1,6546	-13,104	-0,0423	0,5544684
-1,6969	-13,112	-0,0633	0,8303061
-1,7602	-13,122	-0,0949	1,246037
-1,8551	-13,138	-0,1425	1,8737325
-1,9976	-13,16	-0,2137	2,8157112
-2,2113	-13,192	-0,3205	4,2354075
-2,5318	-13,238	-0,4808	6,3794948
-3,0126	-13,299	-0,2525	3,361785
-3,2651	-13,329	-0,2524	3,3678994
-3,5175	-13,358	-0,3786	5,0649108
-3,8961	-13,398	-0,568	7,6254
-4,4641	-13,452	-0,5359	7,2212525
-5	-13,498	1	-5,9802
-4	1,5376	0,0429	0,07886092
-3,9571	2,1389	0,0429	0,10450869
-3,9142	2,7333	0,0643	0,20390495
-3,8499	3,609	0,0964	0,40868298
-3,7535	4,8699	0,0507	0,26320398
-3,7028	5,5129	0,0506	0,2947703
-3,6522	6,1381	0,076	0,5002814
-3,5762	7,0272	0,1139	0,86875517
-3,4623	8,2275	0,0599	0,50967412
-3,4024	8,79	0,0209	0,18565052
-3,3815	8,9756	0,021	0,19037655
-3,3605	9,1555	0,0314	0,29150975
-3,3291	9,412	0,0471	0,45174081
-3,282	9,7702	0,0706	0,70650126
-3,2114	10,244	0,106	1,116975
-3,1054	10,831	0,159	1,7745195

Continuación anexo J

11,49	-2,9464
12,129	-2,7078
12,495	-2,4693
12,542	-2,4255
12,584	-2,3817
12,642	-2,3159
12,716	-2,2173
12,804	-2,0694
12,902	-1,8476
12,913	-1,8184
12,923	-1,7893
12,936	-1,7456
12,954	-1,6801
12,98	-1,5818
13,013	-1,4344
13,058	-1,2133
13,114	-0,88158
13,182	0,45085
13,227	0,47055

-2,9464	11,49	0,2386	2,8177467
-2,7078	12,129	0,2385	2,936412
-2,4693	12,495	0,0438	0,5483103
-2,4255	12,542	0,0438	0,5502594
-2,3817	12,584	0,0658	0,8299354
-2,3159	12,642	0,0986	1,2501494
-2,2173	12,716	0,1479	1,887204
-2,0694	12,804	0,2218	2,8507954
-1,8476	12,902	0,0292	0,376899
-1,8184	12,913	0,0291	0,3759138
-1,7893	12,923	0,0437	0,56501915
-1,7456	12,936	0,0655	0,8478975
-1,6801	12,954	0,0983	1,2746561
-1,5818	12,98	0,1474	1,9156841
-1,4344	13,013	0,2211	2,88214905
-1,2133	13,058	0,33172	4,34088792
-0,88158	13,114	1,33243	17,5187896
0,45085	13,182	0,0197	0,26012865
0,47055	13,227	-0,47055	-3,11198243

E TOTAL [J] 196,874339

Anexo K: Hoja de cálculo de la energía disipada para la placa 3.3 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
5,6443	0,225
8,091	0,3375
9,5362	0,45
10,753	0,61875
11,913	0,87187
12,979	1,2516
13,968	1,8211
15,015	2,6754
16,115	3,9568
16,684	5
8,7158	4,685
0,77391	4,37
-3,2618	4,2046
-7	4,0392
-8,6673	3,9524
-10,087	3,8656
-11,735	3,7354
-13,376	3,54
-14,75	3,247
-15,813	2,8075
-16,389	2,3679
-16,847	1,7086
-17,003	1,3625
-17,131	1,0164
-17,296	0,52526
-17,51	0,41396
-17,547	-0,42475
-17,582	-0,56786
-17,634	-0,78251
-17,708	-1,1045
-17,813	-1,5875
-17,959	-2,3119
-18,033	-2,6923
-18,102	-3,0726
-18,115	-3,1425

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,225	0,63498375
0,225	5,6443	0,1125	0,77261063
0,3375	8,091	0,1125	0,99153
0,45	9,5362	0,16875	1,71190125
0,61875	10,753	0,25312	2,86860896
0,87187	11,913	0,37973	4,72611958
1,2516	12,979	0,5695	7,67315825
1,8211	13,968	0,8543	12,3800885
2,6754	15,015	1,2814	19,944991
3,9568	16,115	1,0432	17,1079584
5	16,684	-0,315	-4,0004685
4,685	8,7158	-0,315	-1,49462933
4,37	0,77391	-0,1654	0,2057485
4,2046	-3,2618	-0,1654	0,84865086
4,0392	-7	-0,0868	0,67996082
3,9524	-8,6673	-0,0868	0,81393662
3,8656	-10,087	-0,1302	1,4206122
3,7354	-11,735	-0,1954	2,4533447
3,54	-13,376	-0,293	4,120459
3,247	-14,75	-0,4395	6,71621925
2,8075	-15,813	-0,4396	7,0779996
2,3679	-16,389	-0,6593	10,9562474
1,7086	-16,847	-0,3461	5,8577425
1,3625	-17,003	-0,3461	5,9068887
1,0164	-17,131	-0,49114	8,45423839
0,52526	-17,296	-0,1113	1,9369539
0,41396	-17,51	-0,83871	14,7013282
-0,42475	-17,547	-0,14311	2,5136556
-0,56786	-17,582	-0,21465	3,7795572
-0,78251	-17,634	-0,32199	5,68988529
-1,1045	-17,708	-0,483	8,5783215
-1,5875	-17,813	-0,7244	12,9566184
-2,3119	-17,959	-0,3804	6,8456784
-2,6923	-18,033	-0,3803	6,87107025
-3,0726	-18,102	-0,0699	1,26578415
-3,1425	-18,115	-0,0699	1,2666579

Continuación Anexo K

-18,127	-3,2124
-18,145	-3,3173
-18,173	-3,4745
-18,212	-3,7104
-18,27	-4,0642
-18,352	-4,5949
-18,411	-5
-9,5649	-4,65
-0,78564	-4,3
3,6093	-4,1163
5,0749	-4,0519
6,4671	-3,9876
8,347	-3,8912
10,608	-3,7465
11,525	-3,6705
12,191	-3,5945
12,926	-3,4806
13,803	-3,3096
14,844	-3,0532
15,297	-2,9186
15,691	-2,784
16,189	-2,5821
16,758	-2,2792
17,322	-1,8249
17,784	-1,1435
18	0,76345
18,139	0,77596

-3,2124	-18,127	-0,1049	1,9024664
-3,3173	-18,145	-0,1572	2,8545948
-3,4745	-18,173	-0,2359	4,29161075
-3,7104	-18,212	-0,3538	6,4536658
-4,0642	-18,27	-0,5307	9,7176477
-4,5949	-18,352	-0,4051	7,44634565
-5	-18,411	0,35	-4,8957825
-4,65	-9,5649	0,35	-1,8113445
-4,3	-0,78564	0,1837	0,25935317
-4,1163	3,6093	0,0644	0,27963124
-4,0519	5,0749	0,0643	0,3710753
-3,9876	6,4671	0,0964	0,71403962
-3,8912	8,347	0,1447	1,37139425
-3,7465	10,608	0,076	0,841054
-3,6705	11,525	0,076	0,901208
-3,5945	12,191	0,1139	1,43041315
-3,4806	12,926	0,171	2,2853295
-3,3096	13,803	0,2564	3,6725454
-3,0532	14,844	0,1346	2,0284893
-2,9186	15,297	0,1346	2,0854924
-2,784	15,691	0,2019	3,218286
-2,5821	16,189	0,3029	4,98982315
-2,2792	16,758	0,4543	7,741272
-1,8249	17,322	0,6814	11,9606142
-1,1435	17,784	1,90695	34,1191494
0,76345	18	0,01251	0,22604945
0,77596	18,139	-0,77596	-7,03756922

E TOTAL [J] 282,651266

Anexo L: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 3.4 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
8,6457	0,414
11,254	0,621
12,425	0,828
13,307	1,1385
14,114	1,6042
15,027	3,3029
16,128	4,3508
17,196	5
-0,6124	3,87
-8,8153	3,358
-11,636	3,151
-13,552	2,944
-15,318	2,6335
-16,7	2,1677
-17,13	1,9232
-17,459	1,6787
-17,845	1,3119
-18,301	0,76177
-18,836	-0,37949
-19,452	-1,3014
-19,72	-1,9512
-19,959	-2,6011
-20,267	-3,576
-20,541	-5
-0,76632	-3,87
5,8842	-3,4
8,0187	-3,2453
9,9568	-3,1326
10,864	-3,0734
11,705	-3,0143
12,844	-2,9255
14,3	-2,7924
15,997	-2,5927
16,947	-2,4429
17,683	-2,2932

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,414	1,7896599
0,414	8,6457	0,207	2,05961895
0,621	11,254	0,207	2,4507765
0,828	12,425	0,3105	3,994893
1,1385	13,307	0,4657	6,38497985
1,6042	14,114	1,6987	24,7509084
3,3029	15,027	1,0479	16,3236623
4,3508	16,128	0,6492	10,8169704
5	17,196	-1,13	-9,369734
3,87	-0,6124	-0,512	2,4134912
3,358	-8,8153	-0,207	2,11670955
3,151	-11,636	-0,207	2,606958
2,944	-13,552	-0,3105	4,4820675
2,6335	-15,318	-0,4658	7,4569922
2,1677	-16,7	-0,2445	4,1357175
1,9232	-17,13	-0,2445	4,22850525
1,6787	-17,459	-0,3668	6,4747536
1,3119	-17,845	-0,55013	9,94249949
0,76177	-18,301	-1,14126	21,1914863
-0,37949	-18,836	-0,92191	17,649045
-1,3014	-19,452	-0,6498	12,7269828
-1,9512	-19,72	-0,6499	12,8936911
-2,6011	-19,959	-0,9749	19,6081637
-3,576	-20,267	-1,424	29,055296
-5	-20,541	1,13	-12,0386358
-3,87	-0,76632	0,47	1,2027018
-3,4	5,8842	0,1547	1,07538932
-3,2453	8,0187	0,1127	1,01291943
-3,1326	9,9568	0,0592	0,61629568
-3,0734	10,864	0,0591	0,66691395
-3,0143	11,705	0,0888	1,0899756
-2,9255	12,844	0,1331	1,8064332
-2,7924	14,3	0,1997	3,02515545
-2,5927	15,997	0,1498	2,4675056
-2,4429	16,947	0,1497	2,5920555
-2,2932	17,683	0,2247	4,06516005

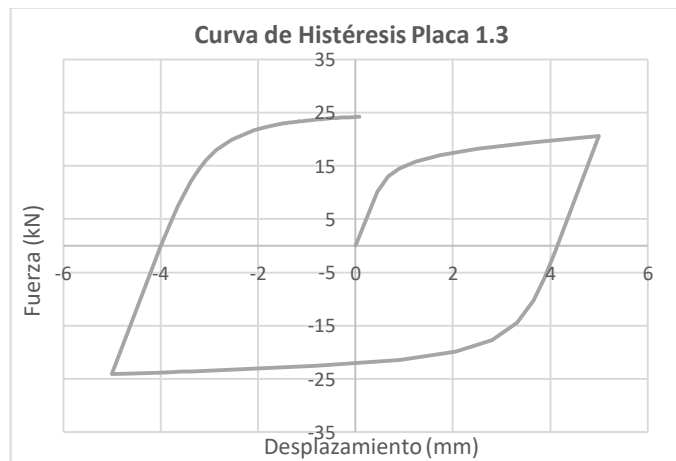
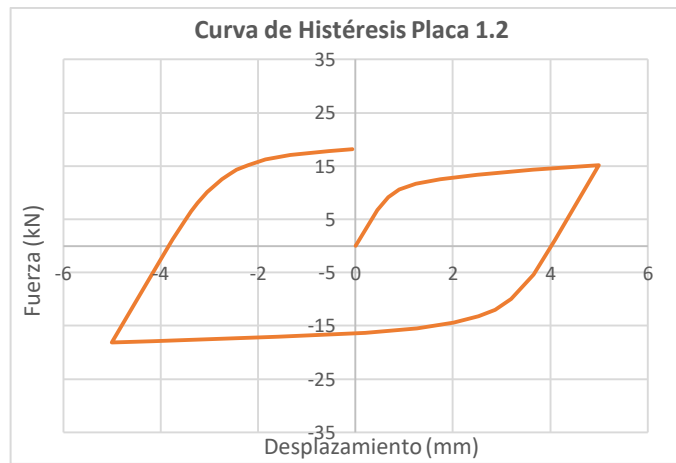
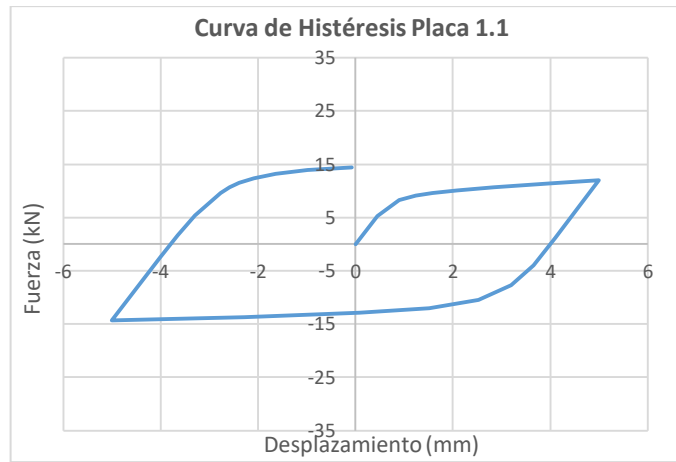
Continuación anexo L

18,5	-2,0685
19,318	-1,7315
19,621	-1,5546
19,864	-1,3777
20,148	-1,1123
20,265	-0,97302
20,364	-0,8337
20,483	-0,62472
20,612	-0,31125
20,708	-0,12281

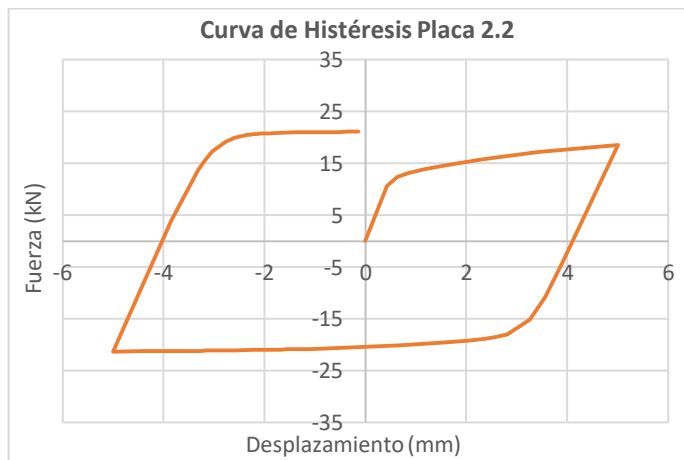
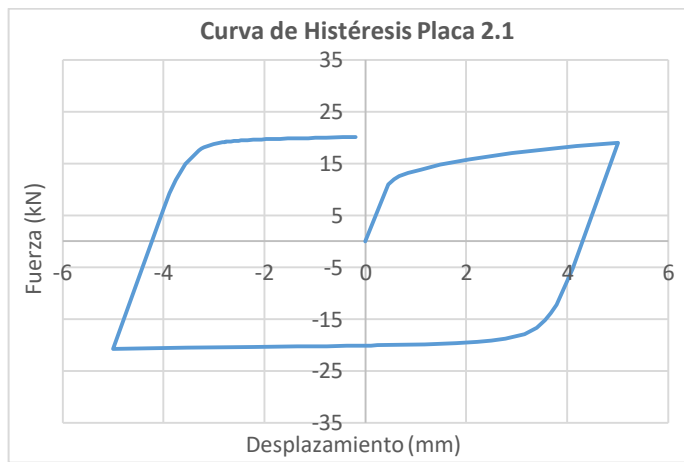
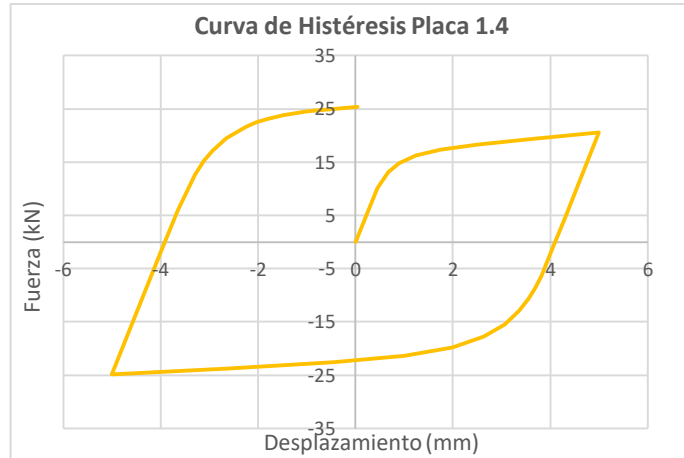
-2,0685	18,5	0,337	6,372333
-1,7315	19,318	0,1769	3,44415455
-1,5546	19,621	0,1769	3,49244825
-1,3777	19,864	0,2654	5,3095924
-1,1123	20,148	0,13928	2,81436132
-0,97302	20,265	0,13932	2,83021614
-0,8337	20,364	0,20898	4,26810303
-0,62472	20,483	0,31347	6,44102483
-0,31125	20,612	0,18844	3,8931704
-0,12281	20,708	0,12281	1,27157474

E TOTAL [J] 263,902943

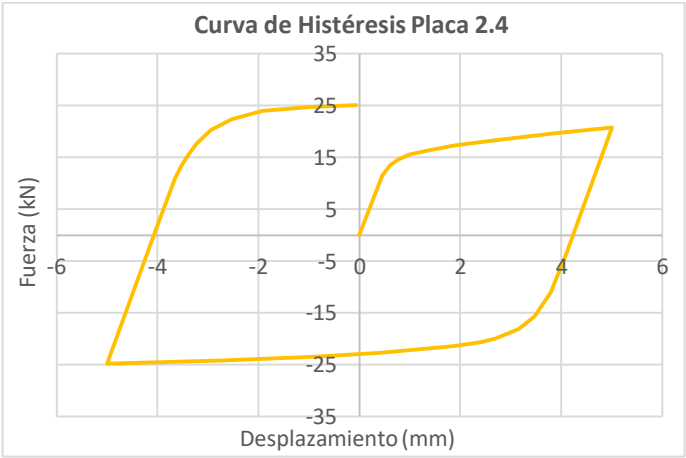
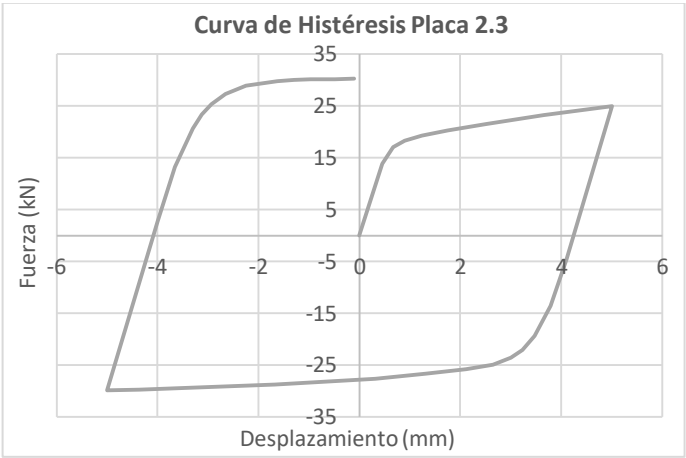
Anexo M: Gráficas curvas de histéresis.



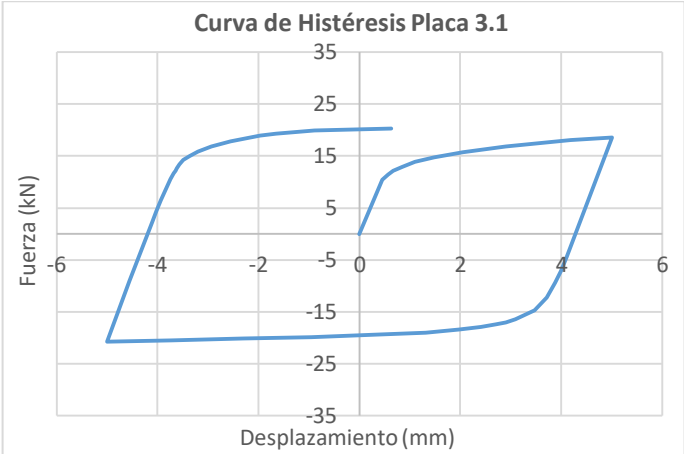
Continuación anexo M



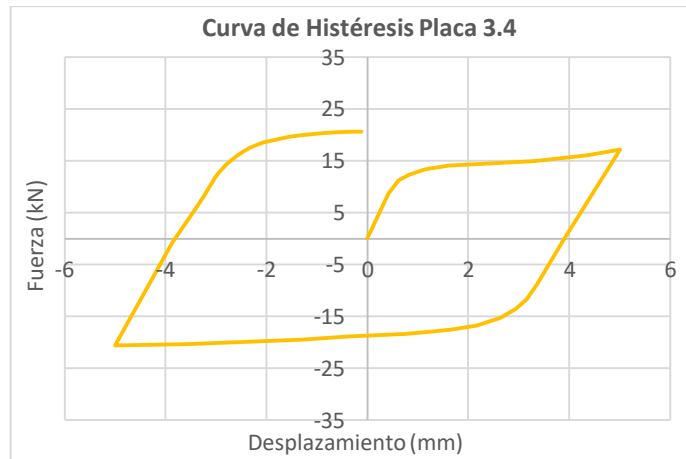
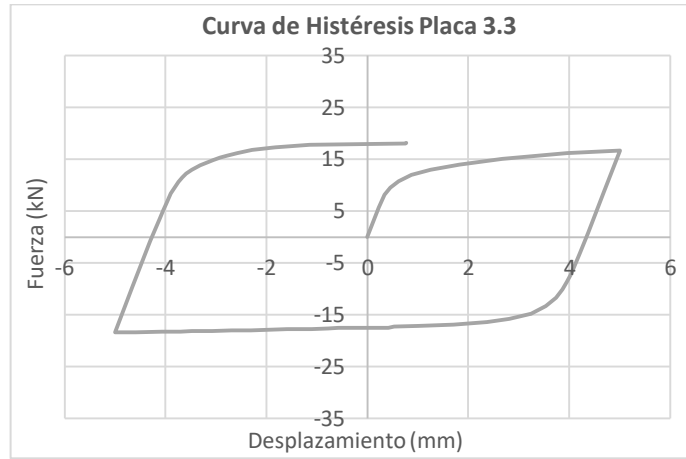
Continuación anexo M



Continuación anexo M



Continuación anexo M



Anexo N: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 2.3.1 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
9,6813	0,45
11,897	0,675
12,765	0,9
13,437	1,2375
14,148	1,7437
15,064	2,5031
16,233	3,6422
17,424	5
-3,1677	4,1
-9,5039	3,785
-13,611	3,47
-14,999	3,3046
-15,953	3,1393
-16,857	2,8912
-17,619	2,5191
-17,868	2,3237
-18,059	2,1284
-18,303	1,8354
-18,618	1,3958
-19,023	0,73653
-19,53	-0,25575
-20,116	-1,7359
-20,715	-3,961
-20,925	-5
1,9194	-4
9,2451	-3,65
12,166	-3,475
14,483	-3,3
16,992	-3,0375
19,161	-2,6437
19,61	-2,5059
19,953	-2,3681
20,326	-2,1614
20,678	-1,8513
20,94	-1,3862
21,08	-0,68854
21,166	-0,098594

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,45	2,1782925
0,45	9,6813	0,225	2,42755875
0,675	11,897	0,225	2,774475
0,9	12,765	0,3375	4,4215875
1,2375	13,437	0,5062	6,9817635
1,7437	14,148	0,7594	11,0917964
2,5031	15,064	1,1391	17,8252064
3,6422	16,233	1,3578	22,8497373
5	17,424	-0,9	-6,415335
4,1	-3,1677	-0,315	1,995777
3,785	-9,5039	-0,315	3,64059675
3,47	-13,611	-0,1654	2,366047
3,3046	-14,999	-0,1653	2,5581828
3,1393	-15,953	-0,2481	4,0700805
2,8912	-16,857	-0,3721	6,4142598
2,5191	-17,619	-0,1954	3,4670799
2,3237	-17,868	-0,1953	3,50827155
2,1284	-18,059	-0,293	5,327033
1,8354	-18,303	-0,4396	8,1152358
1,3958	-18,618	-0,65927	12,407791
0,73653	-19,023	-0,99228	19,1276854
-0,25575	-19,53	-1,48015	29,3410135
-1,7359	-20,116	-2,2251	45,4265291
-3,961	-20,715	-1,039	21,63198
-5	-20,925	1	-9,5028
-4	1,9194	0,35	1,9537875
-3,65	9,2451	0,175	1,87347125
-3,475	12,166	0,175	2,3317875
-3,3	14,483	0,2625	4,13109375
-3,0375	16,992	0,3938	7,1185257
-2,6437	19,161	0,1378	2,6713219
-2,5059	19,61	0,1378	2,7258907
-2,3681	19,953	0,2067	4,16283465
-2,1614	20,326	0,3101	6,3576702
-1,8513	20,678	0,4651	9,6782659
-1,3862	20,94	0,69766	14,6578366
-0,68854	21,08	0,589946	12,4614294
-0,098594	21,166	0,098594	1,0434203

E TOTAL [J] 295,197181

Anexo 0: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 2.3.2 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
20,75	0,45
25,501	0,675
27,365	0,9
28,809	1,2375
30,343	1,7437
32,314	2,5031
34,834	3,6422
37,402	5
-6,7222	4,1
-24,6	3,65
-28,615	3,4925
-31,625	3,335
-34,554	3,0988
-36,88	2,7444
-38,519	2,2128
-39,865	1,4155
-41,376	0,37249
-43,027	-1,5746
-44,593	-4,2656
-44,896	-5
4,0593	-4
19,758	-3,65
30,968	-3,3
34,97	-3,1163
37,949	-2,9325
40,921	-2,6569
43,247	-2,2434
44,635	-1,6233
45,153	-0,69305
45,369	-0,098982

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,45	4,66875
0,45	20,75	0,225	5,2032375
0,675	25,501	0,225	5,947425
0,9	27,365	0,3375	9,4793625
1,2375	28,809	0,5062	14,9713712
1,7437	30,343	0,7594	23,7908629
2,5031	32,314	1,1391	38,2441434
3,6422	34,834	1,3578	49,0410204
5	37,402	-0,9	-13,80591
4,1	-6,7222	-0,45	7,047495
3,65	-24,6	-0,1575	4,19068125
3,4925	-28,615	-0,1575	4,7439
3,335	-31,625	-0,2362	7,8157399
3,0988	-34,554	-0,3544	12,6581048
2,7444	-36,88	-0,5316	20,0410542
2,2128	-38,519	-0,7973	31,2477816
1,4155	-39,865	-1,04301	42,3675877
0,37249	-41,376	-1,94709	82,1701186
-1,5746	-43,027	-2,691	117,89271
-4,2656	-44,593	-0,7344	32,8603608
-5	-44,896	1	-20,41835
-4	4,0593	0,35	4,1680275
-3,65	19,758	0,35	8,87705
-3,3	30,968	0,1837	6,0564053
-3,1163	34,97	0,1838	6,7012561
-2,9325	37,949	0,2756	10,868286
-2,6569	40,921	0,4135	17,401734
-2,2434	43,247	0,6201	27,2478141
-1,6233	44,635	0,93025	41,7626435
-0,69305	45,153	0,594068	26,8881117
-0,098982	45,369	0,098982	2,24535718

E TOTAL [J] 632,374132

Anexo P: Hoja de cálculo para la disipación de energía de la placa 2.3.3 en formato pdf

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
27,675	0,45
34,012	0,675
36,497	0,9
38,43	1,2375
40,484	1,7437
43,124	2,5031
46,495	3,6422
49,934	5
-8,8911	4,1
-26,956	3,785
-38,76	3,47
-44,084	3,2338
-47,18	2,9975
-49,726	2,6431
-51,608	2,1116
-53,34	1,3142
-55,327	0,30876
-57,502	-1,6758
-59,569	-4,3669
-59,92	-5
5,3597	-4
26,302	-3,65
41,248	-3,3
48,446	-3,0375
53,075	-2,775
56,848	-2,3812
57,953	-2,1745
58,711	-1,9678
59,432	-1,6577
59,951	-1,1926
60,317	-0,49494
60,506	-0,099751

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,45	6,226875
0,45	27,675	0,225	6,9397875
0,675	34,012	0,225	7,9322625
0,9	36,497	0,3375	12,6439313
1,2375	38,43	0,5062	19,9731334
1,7437	40,484	0,7594	31,7459576
2,5031	43,124	1,1391	51,0425015
3,6422	46,495	1,3578	65,4656481
5	49,934	-0,9	-18,469305
4,1	-8,8911	-0,315	5,64591825
3,785	-26,956	-0,315	10,35027
3,47	-38,76	-0,2362	9,7838764
3,2338	-44,084	-0,2363	10,7828416
2,9975	-47,18	-0,3544	17,1717432
2,6431	-49,726	-0,5315	26,9295105
2,1116	-51,608	-0,7974	41,8427676
1,3142	-53,34	-1,00544	54,6290742
0,30876	-55,327	-1,98456	111,95796
-1,6758	-57,502	-2,6911	157,524884
-4,3669	-59,569	-0,6331	37,824243
-5	-59,92	1	-27,28015
-4	5,3597	0,35	5,5407975
-3,65	26,302	0,35	11,82125
-3,3	41,248	0,2625	11,7723375
-3,0375	48,446	0,2625	13,3246313
-2,775	53,075	0,3938	21,6438387
-2,3812	56,848	0,2067	11,8646834
-2,1745	57,953	0,2067	12,0572244
-1,9678	58,711	0,3101	18,3180722
-1,6577	59,432	0,4651	27,7625167
-1,1926	59,951	0,69766	41,9530864
-0,49494	60,317	0,395189	23,8739603
-0,099751	60,506	0,099751	3,017767

E TOTAL [J] 843,613896

Anexo Q: Hoja de cálculo para la disipación de energía de la placa 2.3.4 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
70,431	0,45
86,6	0,675
92,98	0,9
98,05	1,2375
103,48	1,7437
110,4	2,5031
119,22	3,6422
128,26	5
-21,346	4,1
-67,291	3,785
-97,584	3,47
-107,89	3,3046
-115,04	3,1393
-121,63	2,8912
-126,96	2,5191
-131,35	1,961
-136,11	1,1237
-141,6	-0,14481
-147,57	-2,0158
-151	-3,5079
-153,66	-5
12,401	-4
65,836	-3,65
103,92	-3,3
134,07	-2,775
141,47	-2,4994
145,81	-2,2238
149,37	-1,8103
151,75	-1,1902
153,5	-0,27817
153,88	-0,10867

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,45	15,846975
0,45	70,431	0,225	17,6659875
0,675	86,6	0,225	20,20275
0,9	92,98	0,3375	32,2363125
1,2375	98,05	0,5062	51,007243
1,7437	103,48	0,7594	81,210236
2,5031	110,4	1,1391	130,780071
3,6422	119,22	1,3578	168,014172
5	128,26	-0,9	-48,1113
4,1	-21,346	-0,315	13,9603275
3,785	-67,291	-0,315	25,9678125
3,47	-97,584	-0,1654	16,9926998
3,3046	-107,89	-0,1653	18,4251645
3,1393	-115,04	-0,2481	29,3589135
2,8912	-121,63	-0,3721	46,2501695
2,5191	-126,96	-0,5581	72,0814055
1,961	-131,35	-0,8373	111,972129
1,1237	-136,11	-1,26851	176,138956
-0,14481	-141,6	-1,87099	270,517089
-2,0158	-147,57	-1,4921	222,748149
-3,5079	-151	-1,4921	227,291593
-5	-153,66	1	-70,6295
-4	12,401	0,35	13,691475
-3,65	65,836	0,35	29,7073
-3,3	103,92	0,525	62,472375
-2,775	134,07	0,2756	37,969412
-2,4994	141,47	0,2756	39,587184
-2,2238	145,81	0,4135	61,028465
-1,8103	149,37	0,6201	93,362256
-1,1902	151,75	0,91203	139,198579
-0,27817	153,5	0,1695	26,050455
-0,10867	153,88	0,10867	8,3610698

E TOTAL [J] 2141,35593

Anexo R: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 90x221 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
6,4486	0,525
9,0891	0,7875
10,41	1,05
11,261	1,4438
11,903	2,0344
12,61	2,9203
13,476	4,2492
14,537	6,2426
15,843	9,2326
17,303	13,718
17,612	15
-7,9623	12,9
-13,803	12,165
-15,03	11,908
-15,944	11,651
-16,84	11,265
-17,466	10,686
-17,804	9,8176
-17,948	9,1664
-18,064	8,5153
-18,207	7,5385
-18,371	6,0734
-18,531	3,8757
-18,661	0,62501
-18,701	-1,1515
-18,731	-2,8821
-18,744	-3,7907
-18,756	-4,6993
-18,758	-4,8663
-18,761	-5,0333
-18,764	-5,2837
-18,768	-5,6593
-18,775	-6,2228
-18,784	-7,068
-18,797	-8,3359

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,525	1,6927575
0,525	6,4486	0,2625	2,03932313
0,7875	9,0891	0,2625	2,55925688
1,05	10,41	0,3938	4,2670199
1,4438	11,261	0,5906	6,8403292
2,0344	11,903	0,8859	10,8580334
2,9203	12,61	1,3289	17,3328427
4,2492	13,476	1,9934	27,9205571
6,2426	14,537	2,99	45,4181
9,2326	15,843	4,4854	74,3365342
13,718	17,303	1,282	22,380515
15	17,612	-2,1	-10,132185
12,9	-7,9623	-0,735	7,99874775
12,165	-13,803	-0,257	3,7050405
11,908	-15,03	-0,257	3,980159
11,651	-15,944	-0,386	6,327312
11,265	-16,84	-0,579	9,931587
10,686	-17,466	-0,8684	15,314234
9,8176	-17,804	-0,6512	11,6408512
9,1664	-17,948	-0,6511	11,7237066
8,5153	-18,064	-0,9768	17,7147564
7,5385	-18,207	-1,4651	26,7952139
6,0734	-18,371	-2,1977	40,5497627
3,8757	-18,531	-3,25069	60,4498312
0,62501	-18,661	-1,77651	33,1869833
-1,1515	-18,701	-1,7306	32,3899096
-2,8821	-18,731	-0,9086	17,0248925
-3,7907	-18,744	-0,9086	17,03625
-4,6993	-18,756	-0,167	3,132419
-4,8663	-18,758	-0,167	3,1328365
-5,0333	-18,761	-0,2504	4,69813
-5,2837	-18,764	-0,3756	7,0485096
-5,6593	-18,768	-0,5635	10,5777403
-6,2228	-18,775	-0,8452	15,8724334
-7,068	-18,784	-1,2679	23,824475
-8,3359	-18,797	-1,9021	35,7699416

Continuación anexo R

-18,814	-10,238	-10,238	-18,814	-2,852	53,691752
-18,838	-13,09	-13,09	-18,838	-1,91	35,99395
-18,852	-15	-15	-18,852	1,35	-14,2541775
-2,2653	-13,65	-13,65	-2,2653	0,675	1,2465225
5,9587	-12,975	-12,975	5,9587	0,675	6,27874875
12,645	-12,3	-12,3	12,645	0,177	2,3440995
13,842	-12,123	-12,123	13,842	0,177	2,53818
14,838	-11,946	-11,946	14,838	0,266	4,101986
16,004	-11,68	-11,68	16,004	0,399	6,616218
17,16	-11,281	-11,281	17,16	0,598	10,531677
18,063	-10,683	-10,683	18,063	0,314	5,708834
18,299	-10,369	-10,369	18,299	0,314	5,764726
18,419	-10,055	-10,055	18,419	0,4707	8,68794525
18,496	-9,5843	-9,5843	18,496	0,7064	13,0867664
18,556	-8,8779	-8,8779	18,556	1,0596	19,6825998
18,595	-7,8183	-7,8183	18,595	0,5563	10,3480145
18,608	-7,262	-7,262	18,608	0,5562	10,3528287
18,619	-6,7058	-6,7058	18,619	0,8345	15,5438143
18,634	-5,8713	-5,8713	18,634	1,2516	23,3335788
18,652	-4,6197	-4,6197	18,652	1,8775	35,04166
18,676	-2,7422	-2,7422	18,676	3,2864	61,4277456
18,707	0,5442	0,5442	18,707	-0,5442	-5,0901747

E TOTAL [J] 938,316102

Anexo S: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 100X199 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
14,357	0,84
15,073	0,987
15,548	1,134
16,041	1,3545
16,568	1,6853
17,217	2,1814
18,066	2,9256
19,179	4,0418
20,623	5,7163
22,448	8,2279
24,434	12
-10,788	10,32
-18,878	9,732
-20,625	9,5262
-21,957	9,3204
-23,268	9,0117
-24,221	8,5486
-24,743	7,8541
-24,894	7,4894
-25,024	7,1248
-25,191	6,5778
-25,401	5,7573
-25,65	4,5266
-25,897	2,6806
-26,1	0,17602
-26,164	-1,5423
-26,211	-2,996
-26,261	-5,1767
-26,316	-8,4476
-26,362	-12
-3,4663	-10,92
4,4711	-10,542
11,918	-10,164
16,356	-9,8805
19,646	-9,597

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,84	6,02994
0,84	14,357	0,147	2,163105
0,987	15,073	0,147	2,2506435
1,134	15,548	0,2205	3,48268725
1,3545	16,041	0,3308	5,3935286
1,6853	16,568	0,4961	8,38036925
2,1814	17,217	0,7442	13,1288043
2,9256	18,066	1,1162	20,7864345
4,0418	19,179	1,6745	33,3242245
5,7163	20,623	2,5116	54,0885618
8,2279	22,448	3,7721	88,4217961
12	24,434	-1,68	-11,46264
10,32	-10,788	-0,588	8,721804
9,732	-18,878	-0,2058	4,0648587
9,5262	-20,625	-0,2058	4,3816878
9,3204	-21,957	-0,3087	6,98047875
9,0117	-23,268	-0,4631	10,996078
8,5486	-24,221	-0,6945	17,002749
7,8541	-24,743	-0,3647	9,05130695
7,4894	-24,894	-0,3646	9,1000514
7,1248	-25,024	-0,547	13,7338025
6,5778	-25,191	-0,8205	20,755368
5,7573	-25,401	-1,2307	31,4142329
4,5266	-25,65	-1,846	47,577881
2,6806	-25,897	-2,50458	65,1153231
0,17602	-26,1	-1,71832	44,9031382
-1,5423	-26,164	-1,4537	38,0687688
-2,996	-26,211	-2,1807	57,2128452
-5,1767	-26,261	-3,2709	85,9870547
-8,4476	-26,316	-3,5524	93,5666636
-12	-26,362	1,08	-16,107282
-10,92	-3,4663	0,378	0,1899072
-10,542	4,4711	0,378	3,0975399
-10,164	11,918	0,2835	4,0078395
-9,8805	16,356	0,2835	5,1032835
-9,597	19,646	0,4252	9,034437

Continuación anexo S

22,849	-9,1718	-9,1718	22,849	0,2233	5,2169579
23,877	-8,9485	-8,9485	23,877	0,2233	5,4118988
24,595	-8,7252	-8,7252	24,595	0,3348	8,3494098
25,282	-8,3904	-8,3904	25,282	0,1759	4,46759615
25,515	-8,2145	-8,2145	25,515	0,1758	4,5006558
25,687	-8,0387	-8,0387	25,687	0,2637	6,7963401
25,859	-7,775	-7,775	25,859	0,3956	10,2533586
25,978	-7,3794	-7,3794	25,978	0,5934	15,4358175
26,047	-6,786	-6,786	26,047	0,109	2,8395045
26,054	-6,677	-6,677	26,054	0,109	2,8402675
26,061	-6,568	-6,568	26,061	0,1636	4,2643158
26,07	-6,4044	-6,4044	26,07	0,2453	6,39632015
26,081	-6,1591	-6,1591	26,081	0,368	9,6002
26,094	-5,7911	-5,7911	26,094	0,1932	5,0419404
26,1	-5,5979	-5,5979	26,1	0,1932	5,043003
26,105	-5,4047	-5,4047	26,105	0,2897	7,5637773
26,113	-5,115	-5,115	26,113	0,4347	11,353712
26,124	-4,6803	-4,6803	26,124	0,652	17,037738
26,139	-4,0283	-4,0283	26,139	0,06	1,56831
26,138	-3,9683	-3,9683	26,138	0,0599	1,56575605
26,141	-3,9084	-3,9084	26,141	0,0898	2,3475516
26,143	-3,8186	-3,8186	26,143	0,1348	3,5242786
26,146	-3,6838	-3,6838	26,146	0,2022	5,2871256
26,15	-3,4816	-3,4816	26,15	0,3032	7,9295896
26,156	-3,1784	-3,1784	26,156	0,4549	11,9004115
26,165	-2,7235	-2,7235	26,165	0,6824	17,8590904
26,177	-2,0411	-2,0411	26,177	0,3582	9,377676
26,183	-1,6829	-1,6829	26,183	0,3583	9,3824438
26,189	-1,3246	-1,3246	26,189	0,53731	14,0740295
26,198	-0,78729	-0,78729	26,198	0,09644	2,52658334
26,199	-0,69085	-0,69085	26,199	0,09645	2,52699
26,201	-0,5944	-0,5944	26,201	0,144	3,77316
26,204	-0,4504	-0,4504	26,204	0,78163	20,483005
26,207	0,33123	0,33123	26,207	0,00063	0,01651167
26,211	0,33186	0,33186	26,211	-0,33186	-4,34919123

E TOTAL [J] 1042,15341

Anexo T: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 110X181 en formato pdf.

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
14,621	0,36
18,483	0,486
21,006	0,612
22,929	0,801
24,316	1,0845
25,532	1,5098
27,018	2,1476
28,932	3,1044
31,305	4,5397
34,055	6,6925
35,387	8
-10,434	6,88
-23,011	6,488
-27,12	6,292
-30,092	6,096
-32,922	5,802
-34,918	5,361
-35,474	5,1295
-35,874	4,898
-36,296	4,5507
-36,758	4,0297
-37,297	3,2483
-37,937	2,0762
-38,633	0,41734
-38,685	0,34285
-38,719	0,26863
-38,773	0,15714
-38,853	-0,34533
-38,96	-0,73473
-39,096	-1,3188
-39,261	-2,195
-39,445	-3,5092
-39,629	-5,4806
-39,65	-5,7892
-39,67	-6,0978

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,36	2,63178
0,36	14,621	0,126	2,085552
0,486	18,483	0,126	2,487807
0,612	21,006	0,189	4,1518575
0,801	22,929	0,2835	6,69697875
1,0845	24,316	0,4253	10,6001772
1,5098	25,532	0,6378	16,758195
2,1476	27,018	0,9568	26,76648
3,1044	28,932	1,4353	43,2290831
4,5397	31,305	2,1528	70,353504
6,6925	34,055	1,3075	45,3977075
8	35,387	-1,12	-13,97368
6,88	-10,434	-0,392	6,55522
6,488	-23,011	-0,196	4,912838
6,292	-27,12	-0,196	5,606776
6,096	-30,092	-0,294	9,263058
5,802	-32,922	-0,441	14,95872
5,361	-34,918	-0,2315	8,147874
5,1295	-35,474	-0,2315	8,258531
4,898	-35,874	-0,3473	12,5323205
4,5507	-36,296	-0,521	19,030567
4,0297	-36,758	-0,7814	28,9332885
3,2483	-37,297	-1,1721	44,0908857
2,0762	-37,937	-1,65886	63,5094551
0,41734	-38,633	-0,07449	2,87970891
0,34285	-38,685	-0,07422	2,87246244
0,26863	-38,719	-0,11149	4,31979154
0,15714	-38,773	-0,50247	19,5023681
-0,34533	-38,853	-0,3894	15,1501911
-0,73473	-38,96	-0,58407	22,795084
-1,3188	-39,096	-0,8762	34,3282017
-2,195	-39,261	-1,3142	51,7177126
-3,5092	-39,445	-1,9714	77,9432418
-5,4806	-39,629	-0,3086	12,2327497
-5,7892	-39,65	-0,3086	12,239076
-6,0978	-39,67	-0,463	18,373692

Continuación anexo T

-39,698	-6,5608	-6,5608	-39,698	-0,6944	27,5791376
-39,735	-7,2552	-7,2552	-39,735	-0,7448	29,6072896
-39,769	-8	-8	-39,769	0,72	-17,96832
-10,143	-7,28	-7,28	-10,143	0,252	-1,25849304
0,15496	-7,028	-7,028	0,15496	0,252	1,28771496
10,065	-6,776	-6,776	10,065	0,378	6,120954
22,321	-6,398	-6,398	22,321	0,1984	4,898496
27,059	-6,1996	-6,1996	27,059	0,1985	5,7352605
30,727	-6,0011	-6,0011	30,727	0,0521	1,62195115
31,536	-5,949	-5,949	31,536	0,0521	1,662511
32,284	-5,8969	-5,8969	32,284	0,0781	2,5610552
33,3	-5,8188	-5,8188	33,3	0,1172	3,9785884
34,594	-5,7016	-5,7016	34,594	0,0216	0,7494768
34,802	-5,68	-5,68	34,802	0,0215	0,75035
34,998	-5,6585	-5,6585	34,998	0,0323	1,1349251
35,276	-5,6262	-5,6262	35,276	0,0485	1,72022225
35,661	-5,5777	-5,5777	35,661	0,0727	2,61105685
36,17	-5,505	-5,505	36,17	0,109	3,977192
36,806	-5,396	-5,396	36,806	0,1635	6,076968
37,53	-5,2325	-5,2325	37,53	0,0859	3,2366261
37,828	-5,1466	-5,1466	37,828	0,0859	3,26029155
38,081	-5,0607	-5,0607	38,081	0,1288	4,9251188
38,396	-4,9319	-4,9319	38,396	0,1932	7,4533662
38,761	-4,7387	-4,7387	38,761	0,2897	11,2833805
39,136	-4,449	-4,449	39,136	0,4347	17,0778416
39,437	-4,0143	-4,0143	39,437	0,652	25,758564
39,577	-3,3623	-3,3623	39,577	0,9781	38,7469425
39,652	-2,3842	-2,3842	39,652	0,5134	20,3645244
39,68	-1,8708	-1,8708	39,68	0,5135	20,3813285
39,702	-1,3573	-1,3573	39,702	0,008	0,317616
39,702	-1,3493	-1,3493	39,702	0,008	0,317616
39,702	-1,3413	-1,3413	39,702	0,012	0,47643
39,703	-1,3293	-1,3293	39,703	0,018	0,714663
39,704	-1,3113	-1,3113	39,704	0,027	1,0720215
39,705	-1,2843	-1,2843	39,705	0,0405	1,608093
39,707	-1,2438	-1,2438	39,707	0,0608	2,4142464
39,709	-1,183	-1,183	39,709	0,0911	3,6176721
39,713	-1,0919	-1,0919	39,713	0,13668	5,42831454
39,718	-0,95522	-0,95522	39,718	0,20503	8,14409915
39,725	-0,75019	-0,75019	39,725	0,30229	12,0099817
39,735	-0,4479	-0,4479	39,735	0,25931	10,305498

Anexo U: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 115X173 en formato pdf

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
14,62	0,45
18,689	0,675
20,374	0,9
21,56	1,2375
22,667	1,7437
24,064	2,5031
25,868	3,6422
28,158	5,3508
30,857	7,9137
32,358	10
8,8904	9,3
-2,8182	8,95
-13,902	8,6
-22,139	8,25
-28,877	7,725
-30,595	7,4494
-31,57	7,1737
-32,388	6,7603
-32,531	6,6518
-32,653	6,5433
-32,802	6,3805
-32,974	6,1363
-33,182	5,77
-33,442	5,2206
-33,759	4,3965
-34,126	3,1603
-34,492	1,306
-34,619	0,45629
-34,656	0,23715
-34,69	-0,34899
-34,736	-0,86008
-34,793	-1,6267
-34,862	-2,7767
-34,938	-4,5016

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,45	3,2895
0,45	14,62	0,225	3,7472625
0,675	18,689	0,225	4,3945875
0,9	20,374	0,3375	7,0763625
1,2375	21,56	0,5062	11,1938537
1,7437	22,667	0,7594	17,7437607
2,5031	24,064	1,1391	28,4387706
3,6422	25,868	1,7086	46,1544118
5,3508	28,158	2,5629	75,6247718
7,9137	30,857	2,0863	65,9427273
10	32,358	-0,7	-14,43694
9,3	8,8904	-0,35	-1,062635
8,95	-2,8182	-0,35	2,926035
8,6	-13,902	-0,35	6,307175
8,25	-22,139	-0,525	13,3917
7,725	-28,877	-0,2756	8,1952416
7,4494	-30,595	-0,2757	8,56944525
7,1737	-31,57	-0,4134	13,2201186
6,7603	-32,388	-0,1085	3,52185575
6,6518	-32,531	-0,1085	3,536232
6,5433	-32,653	-0,1628	5,328037
6,3805	-32,802	-0,2442	8,0312496
6,1363	-32,974	-0,3663	12,1164714
5,77	-33,182	-0,5494	18,3016128
5,2206	-33,442	-0,8241	27,6901721
4,3965	-33,759	-1,2362	41,9597185
3,1603	-34,126	-1,8543	63,6191787
1,306	-34,492	-0,84971	29,3621539
0,45629	-34,619	-0,21914	7,59046175
0,23715	-34,656	-0,58614	20,3232322
-0,34899	-34,69	-0,51109	17,7414672
-0,86008	-34,736	-0,76662	26,651161
-1,6267	-34,793	-1,15	40,051625
-2,7767	-34,862	-1,7249	60,19901
-4,5016	-34,938	-2,5874	90,4981961

Continuación anexo U

-35,015	-7,089
-35,076	-10
-4,8514	-9,1
5,5561	-8,785
15,028	-8,47
25,12	-7,9975
27,505	-7,8321
29,404	-7,6667
30,214	-7,5799
30,896	-7,4931
31,724	-7,3629
32,64	-7,1675
33,523	-6,8745
33,836	-6,7207
34,079	-6,5668
34,345	-6,3361
34,447	-6,2149
34,529	-6,0938
34,62	-5,9121
34,705	-5,6395
34,757	-5,2306
34,797	-4,6173
34,836	-3,6973
34,879	-2,3174
34,908	-1,1587
34,934	-0,26411

-7,089	-35,015	-2,911	102,017451
-10	-35,076	0,9	-17,96733
-9,1	-4,8514	0,315	0,11099025
-8,785	5,5561	0,315	3,24199575
-8,47	15,028	0,4725	9,484965
-7,9975	25,12	0,1654	4,3520875
-7,8321	27,505	0,1654	4,7063743
-7,6667	29,404	0,0868	2,5874212
-7,5799	30,214	0,0868	2,652174
-7,4931	30,896	0,1302	4,076562
-7,3629	31,724	0,1954	6,2883628
-7,1675	32,64	0,293	9,6928795
-6,8745	33,523	0,1538	5,1799071
-6,7207	33,836	0,1539	5,22605925
-6,5668	34,079	0,2307	7,8927084
-6,3361	34,345	0,1212	4,1687952
-6,2149	34,447	0,1211	4,1764968
-6,0938	34,529	0,1817	6,28218665
-5,9121	34,62	0,2726	9,4489975
-5,6395	34,705	0,4089	14,2015059
-5,2306	34,757	0,6133	21,3287341
-4,6173	34,797	0,92	32,03118
-3,6973	34,836	1,3799	48,0998643
-2,3174	34,879	1,1587	40,4310985
-1,1587	34,908	0,89459	31,2399774
-0,26411	34,934	0,26411	4,61320937

E TOTAL [J] 1142,80264

Anexo V: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa 124X160.

RESULTADOS ANSYS		CÁLCULO DE ENERGÍA			
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)	x	fx	h	l
0	0	0	0	0,45	5,21775
23,19	0,45	0,45	23,19	0,225	5,7157875
27,617	0,675	0,675	27,617	0,225	6,40755
29,339	0,9	0,9	29,339	0,3375	10,1467688
30,79	1,2375	1,2375	30,79	0,5062	15,963017
32,28	1,7437	1,7437	32,28	0,7594	25,2219522
34,146	2,5031	2,5031	34,146	1,1391	40,2677546
36,555	3,6422	3,6422	36,555	1,3578	51,3268767
39,048	5	5	39,048	-0,9	-12,2724
-11,776	4,1	4,1	-11,776	-0,315	5,883255
-25,578	3,785	3,785	-25,578	-0,1102	3,0037214
-28,936	3,6748	3,6748	-28,936	-0,1103	3,3423106
-31,668	3,5645	3,5645	-31,668	-0,1654	5,4901222
-34,718	3,3991	3,3991	-34,718	-0,248	8,945608
-37,424	3,1511	3,1511	-37,424	-0,3721	14,2791515
-39,325	2,779	2,779	-39,325	-0,5582	22,3338611
-40,696	2,2208	2,2208	-40,696	-0,8372	34,6207316
-42,01	1,3836	1,3836	-42,01	-1,15397	49,389916
-43,59	0,22963	0,22963	-43,59	-1,98553	88,3332514
-45,387	-1,7559	-1,7559	-45,387	-1,6221	74,5127856
-46,485	-3,378	-3,378	-46,485	-1,622	76,10424
-47,355	-5	-5	-47,355	1	-19,159
9,037	-4	-4	9,037	0,35	6,0564
25,571	-3,65	-3,65	25,571	0,1225	3,40421375
30,008	-3,5275	-3,5275	30,008	0,1225	3,90266625
33,709	-3,405	-3,405	33,709	0,1837	6,59161525
38,056	-3,2213	-3,2213	38,056	0,2757	11,0974764
42,448	-2,9456	-2,9456	42,448	0,1447	6,25096765
43,951	-2,8009	-2,8009	43,951	0,1447	6,43531545
44,996	-2,6562	-2,6562	44,996	0,217	9,873283
46,002	-2,4392	-2,4392	46,002	0,3256	15,117608
46,858	-2,1136	-2,1136	46,858	0,4884	23,0253738
47,431	-1,6252	-1,6252	47,431	0,73255	34,8858624
47,814	-0,89265	-0,89265	47,814	0,817574	39,2104403
48,105	-0,075076	-0,075076	48,105	0,075076	1,80576549

E TOTAL [J] 682,731999

Anexo W: Hoja de cálculo para la energía disipada por la placa V84 en formato pdf

RESULTADOS ANSYS	
Fuerza (kN)	Desplazamiento (mm)
0	0
13,701	0,45
16,347	0,5625
18,385	0,675
20,383	0,84375
21,875	1,0969
22,789	1,4766
23,154	1,7613
23,438	2,0461
23,827	2,4732
24,344	3,114
25,042	4,075
25,959	5,5167
27,141	7,6791
28,263	10
-0,23562	9,1018
-6,7515	8,8811
-12,351	8,6598
-15,706	8,4932
-18,391	8,3259
-21,362	8,0751
-24,178	7,7005
-26,37	7,1365
-27,812	6,2887
-28,861	5,0148
-29,878	3,1083
-31,115	0,26849
-32,781	-4,1559
-33,836	-7,0779
-34,845	-10
-6,1961	-9,1001
7,8352	-8,6558
13,894	-8,4343
16,549	-8,3233
18,924	-8,2122
21,948	-8,0451

CÁLCULO DE ENERGÍA			
x	fx	h	l
0	0	0,45	3,082725
0,45	13,701	0,1125	1,6902
0,5625	16,347	0,1125	1,953675
0,675	18,385	0,16875	3,27105
0,84375	20,383	0,25315	5,34880635
1,0969	21,875	0,3797	8,4794604
1,4766	22,789	0,2847	6,53998605
1,7613	23,154	0,2848	6,6347008
2,0461	23,438	0,4271	10,0934408
2,4732	23,827	0,6408	15,4339884
3,114	24,344	0,961	23,729973
4,075	25,042	1,4417	36,7640709
5,5167	25,959	2,1624	57,41172
7,6791	27,141	2,3209	64,2935718
10	28,263	-0,8982	-12,5870964
9,1018	-0,23562	-0,2207	0,77102869
8,8811	-6,7515	-0,2213	2,11369162
8,6598	-12,351	-0,1666	2,3371481
8,4932	-15,706	-0,1673	2,85221405
8,3259	-18,391	-0,2508	4,9850262
8,0751	-21,362	-0,3746	8,529642
7,7005	-24,178	-0,564	14,254536
7,1365	-26,37	-0,8478	22,9677498
6,2887	-27,812	-1,2739	36,0978674
5,0148	-28,861	-1,9065	55,9929518
3,1083	-29,878	-2,83981	86,6042657
0,26849	-31,115	-4,42439	141,350412
-4,1559	-32,781	-2,922	97,327437
-7,0779	-33,836	-2,9221	100,346375
-10	-34,845	0,8999	-18,4664429
-9,1001	-6,1961	0,4443	0,36412607
-8,6558	7,8352	0,2215	2,4065089
-8,4343	13,894	0,111	1,6895865
-8,3233	16,549	0,1111	1,97052515
-8,2122	18,924	0,1671	3,4148556
-8,0451	21,948	0,2514	5,9473698

25,366	-7,7937
27,266	-7,6048
28,725	-7,4156
30,316	-7,1331
31,861	-6,7086
33,207	-6,0707
34,312	-5,1149
35,244	-3,6792
36,202	-1,525
36,757	-0,13425

-7,7937	25,366	0,1889	4,9710924
-7,6048	27,266	0,1892	5,2967486
-7,4156	28,725	0,2825	8,33954125
-7,1331	30,316	0,4245	13,1970683
-6,7086	31,861	0,6379	20,7534386
-6,0707	33,207	0,9558	32,2673301
-5,1149	34,312	1,4357	49,9307746
-3,6792	35,244	2,1542	76,9544866
-1,525	36,202	1,39075	50,7338646
-0,13425	36,757	0,13425	2,46731363

E TOTAL
[J] 1070,9088