



DELEGATURA PROPIEDAD INDUSTRIAL
División de Nuevas Creaciones

SOLICITUD
PATENTE DE INVENCION

ENTRADA EN FASE NACIONAL

21. **EXPEDIENTE No.** _____

RIOSTRA DE PANDEO RESTRINGIDO CON CONSTRUCCIÓN LIGERA

54. **TITULO** _____

51. **CLASIFICACION INTERNACIONAL** _____

71. **SOLICITANTE** _____

OREGON STATE BOARD OF HIGHER EDUCATION ACTING
BY AND THROUGH PORTLAND STATE UNIVERSITY

DOMICILIO _____

PORTLAND, OR, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

74. **APODERADO** _____

JUAN PABLO CADENA SARMIENTO

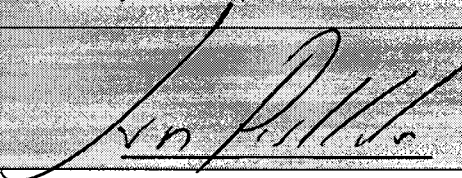
22. **BOGOTÁ, D.C.** _____

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO  No. 14-170638- -00000-0000 Fecha: 2014-08-05 15:53:27 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI Act. 411 PRESENTACION Folios: 63 o de radicación
--	--

AS. 128.908

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES
SOLICITUD FASE NACIONAL –PCT

1	TIPO DE SOLICITUD	☒ Patente de invención ☒ Capítulo I	☐ Patente de Modelo de Utilidad ☐ Capítulo II
2	DATOS SOLICITUD INTERNACIONAL PCT (86)		
Solicitud Internacional No.		PCT/US2013/020364	Fecha 04.01.2013
Publicación Internacional No.		WO 2013/103878	Fecha 11.07.2013
3	TÍTULO DE LA INVENCIÓN (200 caracteres o espacios máximos)		
RIOSTRA DE PANDEO RESTRINGIDO CON CONSTRUCCIÓN LIGERA			
4	CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL (CIP)		
5	SOLICITANTE (S) ☐ Esta persona también es inventor. Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria		
APELLIDOS O RAZÓN SOCIAL		NOMBRE	IDENTIFICACIÓN
1. OREGON STATE BOARD OF HIGHER EDUCATION ACTING BY AND THROUGH PORTLAND STATE UNIVERSITY			
6	DATOS DEL SOLICITANTE		
DIRECCIÓN		1721 Sw Broadway, 97207-0751	No. TELÉFONO
CIUDAD		Portland	CORREO ELECTRÓNICO
DEPARTAMENTO/ESTADO		OR	NACIONALIDAD O
PAÍS DE RESIDENCIA		US	LUGAR DE CONSTITUCIÓN
7	INVENTOR (ES) Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria		
APELLIDOS		NOMBRES	NACIONALIDAD
1. DUSICKA		Peter	US
DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO:			
8	DATOS INVENTOR (ES)		
PAÍS RESIDENCIA		DEPARTAMENTO/ESTADO	CIUDAD
1. US		OR	Portland
			DIRECCIÓN
			13065 Sw Foothill Drive, 97225
OTRO(S) SOLICITANTE(S) Y/O (OTRO(S)) INVENTOR(ES)			
☐ Los demás solicitantes y/o (demás) inventores se indican en una hoja de información complementaria.			
9	☐ REPRESENTANTE LEGAL ☒ APODERADO		
APELLIDOS		NOMBRES	IDENTIFICACIÓN
CADENA SARMIENTO		JUAN PABLO	C.C . 80.410.337 T.P . 57492
DIRECCIÓN		Calle 70A 4 41	No. TELÉFONO 7442200
CIUDAD		Bogotá, D.C.	CORREO ELECTRÓNICO
PAÍS		CO	No. RADICACIÓN O PROTOCOLO DE PODER GENERAL
10	DECLARACIONES DE PRIORIDAD ☒ SI ☐ NO		
(33) PAÍS DE ORIGEN		CÓDIGO PAÍS	(31) NÚMERO
1. US		US	61/584,066
2.			(32) FECHA (AAAA/MM/DD)
			2012/01/06

11	DECLARACIÓN SOBRE USO DE RECURSOS GENÉTICOS O BIOLÓGICOS		
<i>Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de recursos genéticos o biológicos de los que cualquiera de los países miembros de la Comunidad Andina es país de origen.</i>			
☐ SI ☒ NO			
Nota: En caso afirmativo deberá anexar copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, o certificado o número de registro, expedido por la Autoridad competente.			
12	DECLARACIÓN SOBRE USO DE CONOCIMIENTOS TRADICIONALES		
<i>Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de conocimientos tradicionales de comunidades indígenas, afroamericanas o locales de países miembros de la Comunidad Andina.</i>			
☐ SI ☒ NO			
Nota: En caso afirmativo deberá anexar la licencia o autorización de uso de conocimiento tradicional, o certificado o número de registro.			
13	REDUCCIÓN DE TASAS		
<i>Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de patente.</i>			
☐ SI ☒ NO			
Nota: En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.			
Micro, pequeñas y medianas empresas ☐			
Universidades públicas o privadas ☐			
Entidades sin ánimo de lucro ☐			
Debe aportar los documentos que se indican en el numeral 17 de anexos			
14	AUTORIZACIÓN DE NOTIFICACIÓN EN LÍNEA ☒ SI ☐ NO		
Manifiesto que he leído y entendido perfectamente los términos y condiciones de uso de medios electrónicos para las notificaciones en línea a través de Internet de los actos administrativos proferidos por la Superintendencia de Industria y Comercio que deben ser notificados personalmente y, en consecuencia, autorizo el servicio de notificación a través de internet.			
15	COMPROBANTE DE PAGO O PAGO ELECTRÓNICO	No. 14-69241, 14-62280	Fecha: 04.08.2014
16	FIRMA DEL SOLICITANTE, DEL APODERADO O DEL REPRESENTANTE LEGAL <i>Junto a cada firma, indicar el nombre del firmante y su calidad (si tal calidad no es obvia al leer el petitorio)</i>		
			
17	ANEXOS		
Documentación Técnica Solicitud Internacional en castellano		Documentación Jurídica	
1. ☒ Descripción N° de folios: 4-29		9. ☐ Poderes, si fuera el caso.	
2. ☒ Reivindicaciones N° Reivindicaciones: 20		10. ☒ Documento que legalmente pruebe la cesión del inventor al solicitante o a su causante.	
3. ☒ Dibujos y/o figuras N° folios:		11. ☐ Copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, certificado o número de registro, si fuera el caso.	
4. ☒ Resumen.		12. ☐ Copia de la licencia o autorización de Conocimientos Tradicionales, certificado o número de registro, si fuera el caso.	
5. ☐ Certificado de depósito de material biológico si fuera el caso.		13. Reducción de tasas	
6. ☐ Listado de secuencias de nucleótidos y/o aminoácidos en forma digital si fuera el caso.		Micro, pequeñas o medianas empresas	
7. ☐ Arte final 12 x 12.		☐ Copia simple de la declaración de renta del año inmediatamente anterior, o en su defecto prueba documental idónea.	
8. ☒ Anexo formato digital.		☐ Documento de constancia de cumplimiento con lo establecido en la ley 905 de 2004.	
		Universidades públicas o privadas	
		☐ Copia acto de reconocimiento institucional emitido por el Ministerio de Educación	
		Entidades sin ánimo de lucro	
		☐ Copia de registro vigente en Cámara de comercio.	
		☐ Hoja de información complementaria.	
		☒ Otros, especificar: Modificaciones Art. 19	
		14. ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.	
		15. ☐ Comprobante de pago por reivindicación de prioridad.	
		16. ☐ Comprobante de pago de la tasa por concepto de excedente de palabras en la publicación.	
		17. ☒ Comprobante de pago por reivindicación adicional a 10.	

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property
Organization
International Bureau



WIPO | PCT



(10) International Publication Number

WO 2013/103878 A4

(43) International Publication Date
11 July 2013 (11.07.2013)

(51) International Patent Classification:

E04B 1/58 (2006.01) E04B 1/98 (2006.01)
E04B 1/24 (2006.01)

(21) International Application Number:

PCT/US2013/020364

(22) International Filing Date:

4 January 2013 (04.01.2013)

(25) Filing Language:

English

(26) Publication Language:

English

(30) Priority Data:

61/584,066 6 January 2012 (06.01.2012) US

(71) Applicant: OREGON STATE BOARD OF HIGHER
EDUCATION ACTING BY AND THROUGH PORT-
LAND STATE UNIVERSITY [US/US]; 1721 Sw Broad-
way, Portland, OR 97207-0751 (US).

(72) Inventor: DUSICKA, Peter; 13065 Sw Foothill Drive,
Portland, OR 97225 (US).

(74) Agent: GIRARD, Michael, P.; Klarquist Sparkman, LLP,
One World Trade Center, Suite 1600, 121 Sw Salmon
Street, Portland, OR 97204 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of national protection available): AE, AG, AL, AM,

AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

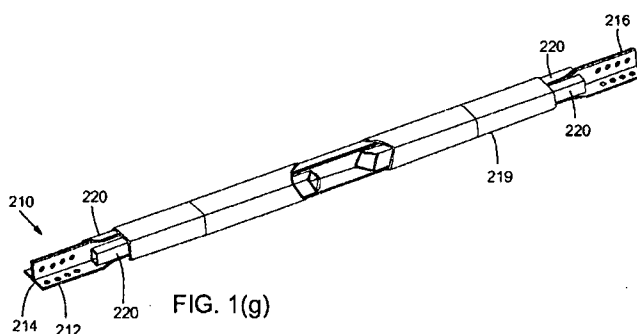
(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— with international search report (Art. 21(3))
— with amended claims (Art. 19(1))

Date of publication of the amended claims: 6 September 2013

(54) Title: BUCKLING RESTRAINED BRACE WITH LIGHTWEIGHT CONSTRUCTION



(57) Abstract: A buckling restrained brace comprises a core member, core restrainer member sections and a jacket member. The core member has two opposite ends. The core restrainer member sections are configured to be arranged around the core member. The jacket member comprises fiber reinforced polymers configured to be wrapped around the core restrainer member sections and core member to couple the core restrainer member sections to the core member such that the core restrainer member sections and jacket member cooperate to provide greater resistance to buckling of the core member when the brace is subjected to compression. In some implementations, the brace has a weight less than about 50% of a weight of a conventional buckling restrained brace of similar length and having a steel core and mortar-filled tubular core restrainer member of comparable cross-sectional areas, respectively.

WO 2013/103878 A4

RIOSTRA DE PANDEO RESTRINGIDO CON CONSTRUCCIÓN LIGERA

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

RECONOCIMIENTO DE APOYO DEL GOBIERNO

Esta invención se hizo con apoyo del gobierno de conformidad con DTRT06-G-0017 otorgado por el Departamento de Transporte. El gobierno tiene ciertos derechos en la invención.

Una riostra de pandeo restringido (BRB) es un elemento estructural diseñado para soportar carga cíclica en la forma de fuerzas repetidas de tensión y compresión tales como de un terremoto o una carga explosiva. Las BRB agregan refuerzo y disipación de energía a edificios de armazón de acero para protegerlos de grandes deformaciones al ceder en tensión y compresión, mientras al mismo tiempo resiste falla debido a pandeo.

Las BRB convencionales tienen un miembro de núcleo de acero y un miembro tubular circundante lleno de mortero que se diseña para resistir pandeo del miembro de núcleo cuando el miembro de núcleo se somete a carga por compresión. Aunque las BRB convencionales son adecuadas en algunas situaciones, puede ser deseable proporcionar las BRB que tengan el mismo rendimiento de disipación de energía mientras tengan un menor peso general, las cuales entre otras ventajas haga más fácil el manejo e instalación.

A continuación se describen modalidades de una riostra de pandeo restringido que tiene una construcción ligera.

En una modalidad ejemplar, una riostra de pandeo restringido comprende un miembro de núcleo, secciones de miembro de moderador de núcleo, y un miembro de camisa. El miembro de núcleo tiene dos extremos opuestos. Las secciones de miembro de moderador de núcleo se configuran para disponerse alrededor del miembro de núcleo. El miembro de camisa comprende polímeros de fibra reforzada configurados para envolverse alrededor de las secciones del miembro de moderador de núcleo y el miembro de núcleo para acoplar las secciones de miembro de moderador de núcleo en el miembro de núcleo. Las secciones de miembro de moderador de núcleo y el miembro de camisa cooperan para proporcionar una mayor resistencia al pandeo del miembro de núcleo cuando la riostra se somete a compresión.

La riostra puede tener un peso menor al 50% de un peso de una riostra de pandeo restringido convencional de longitud similar y que tiene un núcleo de acero y un miembro de moderador de núcleo tubular llena de mortero de

áreas en sección transversal comparables, respectivamente.

El miembro de núcleo puede tener una sección transversal que define al menos un par de espacios opuestos configurados para recibir un número respectivo de secciones de miembro de moderador de núcleo. El miembro de núcleo puede tener una sección transversal en forma de T que define dos espacios opuestos, en donde cada uno de los dos espacios se configura para recibir una de las secciones de moderador de núcleo. El miembro de núcleo puede comprenderse de dos submiembros en ángulo que definen una forma en T cuando se colocan adyacentes entre sí. El miembro de núcleo puede tener una sección transversal que define al menos cuatro espacios separados, en donde cada uno de los espacios se configura para recibir una de las secciones de moderador de núcleo. El miembro de núcleo puede comprenderse de cuatro submiembros en ángulo, y los submiembros en ángulo pueden disponerse de manera que los vértices de los mismos se encuentran adyacentes pero se separan entre sí en una sección transversal del miembro de núcleo.

El miembro de núcleo puede comprenderse de dos submiembros en forma de T dispuestos, opuestos entre sí. Los miembros de moderador de núcleo pueden ser tubulares y tener una sección transversal rectangular o una sección transversal circular, y algunas veces se denominan en la presente como "tubos".

El miembro de camisa puede dimensionarse para extenderse sobre una porción intermedia del miembro de núcleo entre los dos extremos opuestos.

El miembro de núcleo puede formarse de un material dúctil, tal como una aleación de aluminio. El miembro de núcleo puede comprender al menos dos secciones de miembro de núcleo y al menos un miembro separador colocado entre las secciones de miembro de núcleo. El miembro separador puede formarse de un material plástico o polímeros de fibra reforzada.

El miembro de camisa puede comprender al menos una capa de material aplicada en diferentes ángulos con respecto al miembro de núcleo. En algunas implementaciones, dos o más capas se utilizan. El miembro de camisa puede comprender al menos una capa de material aplicada en un ángulo de aproximadamente 30 grados con respecto a un eje del miembro de núcleo. El miembro de núcleo puede configurarse para disipar energía sísmica a través de deformación plástica cíclica sustancialmente reversible. El miembro de núcleo, las secciones de miembro de moderador de núcleo, y el miembro de camisa pueden construirse de materiales seleccionados para reducir la corrosión contra la exposición a condiciones ambientales.

El miembro de núcleo, las secciones de moderador de núcleo, y el miembro de camisa se configuran para permitir que el núcleo y las secciones de moderador de núcleo se trasladen con respecto entre sí bajo condiciones de carga predefinidas impuestas en la riostra.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1(a) es una vista en perspectiva de una implementación de una riostra de pandeo restringido que tiene una construcción ligera con una porción intermedia de la riostra separada para mostrar las posiciones relativas de varios componentes.

La Figura 1(b) es una vista en perspectiva alargada de una porción de la riostra de la Figura 1(a).

Las Figuras 1(c), 1(d), 1(e) y 1(f) son vistas en elevación extrema de riostras representativas que tienen diferentes configuraciones de miembro de núcleo y miembro de moderador de núcleo.

La Figura 1(g) es una vista en perspectiva similar a la Figura 1(a) de otra implementación de una riostra de pandeo restringido.

La Figura 1(h) es una vista en perspectiva alargada de una porción de la riostra de la Figura 1(g).

Las Figuras 2(a) y 2(b) son vistas en elevación lateral de una riostra representativa que identifica varias dimensiones utilizadas en modelado.

La Figura 2(c) es una vista extrema de la riostra de las Figuras 2(a) y 2(b) que muestran conexiones con pernos en placas de unión.

La Figura 3(a) es un conjunto de diagramas que muestra un modelo mecánico de un solo grado de libertad para modelar la riostra.

La Figura 3(b) es un dibujo que muestra otro modelo de la riostra.

La Figura 4 es un diagrama de dispersión de rigidez de moderador vs longitud de moderador requerida que proporciona una comparación entre resultados analíticos y numéricos.

La Figura 5(a) es un dibujo que muestra dimensiones para dos muestras para prueba.

La Figura 5(b) es una vista en perspectiva que muestra un aparato de prueba para someter una muestra para prueba a una carga predeterminada.

La Figura 6 es una gráfica de tensión versus deformación axial que muestra la respuesta de la riostra a carga predeterminada.

La Figura 7 es una gráfica que muestra la tensión de ciclo máximo

versus un número de reversiones para la riostra de la Figura 6.

La Figura 8(a) es una gráfica de tensión normalizada versus deformación axial basada en prueba de otro material representativo.

La Figura 8(b) es una vista en elevación lateral del material representativo probado en la Figura 8(a).

La Figura 9(a) es una vista en perspectiva de un miembro de núcleo que muestra cómo se modela utilizando análisis de elementos finitos.

La Figura 9(b) es una gráfica de carga axial versus desplazamiento axial para el modelo de la Figura 9(a).

La Figura 10(a) es una sección transversal de un miembro de núcleo en un punto intermedio que muestra varias dimensiones utilizadas en el modelado de momentos extremos de riostra.

La Figura 10(b) es un diagrama que ilustra momentos extremos o rotaciones que puede experimentar la riostra de la Figura 10(a) durante una carga sísmica severa.

Las Figuras 11(a) a 11(f) muestran relaciones de carga axial versus desplazamiento de registro para seis grupos de simulaciones.

La Figura 11(g) es una gráfica de la relación de rigidez de moderador versus el momento extremo requerida para los dos grupos de riostras.

La Figura 12(a) es una vista en perspectiva de una riostra que muestran fluencia antes de pandeo.

La Figura 12(b) es una vista en perspectiva de la riostra de la Figura 12(a) que muestra su forma deformada después de pandeo.

La Figura 12(c) es una vista alargada de una porción de la riostra de las Figuras 12(a) y 12(b) que se ha sometido a pandeo que muestra que una articulación plástica se crea en el área de unión entre su sección completa y su sección intermedia.

Las Figuras 13(a) y la Figura 13(b) son gráficas de carga axial versus desplazamiento axial para un prototipo.

Las Figuras 13(c) y la Figura 13(d) son gráficas de carga axial versus deformación axial en la longitud media para el prototipo de las Figuras 13(a) y 13(b).

La Figura 13(e) es un esquema de desplazamiento acumulativo normalizado versus rigidez de moderador para el prototipo de las Figuras 13(a) y 13(b).

Construcciones de hormigón o de acero de tamaño pequeño o

mediano construidas de acuerdo con códigos heredados deficientes constituyen una gran porción de los atrasos de hoy en día de estructuras que requieren adaptación sísmica. Una cantidad de soluciones de adaptación se encuentran disponibles para abordar estas estructuras deficientes. Sin embargo, muchas soluciones imponen grandes dificultades para el manejo de material e instalación de elementos laterales tradicionales tales como paredes de corte o riostras de acero convencionales debido al acceso limitado para equipo de elevación pesada tal como grúas y montacargas. Por lo tanto, un sistema de arriostramiento lateral ultraligero se desea que permita un fácil transporte manual, elevación, formación, y conexión de componentes requeridos para la estructura existente sin deconstrucción de paredes exteriores para acceso. Al reducir la interrupción para los ocupantes del edificio, la construcción puede permanecer parcialmente viable durante la construcción que resulta en un costo disminuido y de esta manera incrementa la viabilidad de las mejoras electivas. En la presente se describe una nueva BRB, que tiene un miembro de núcleo de aluminio para disipación de fuerzas sísmicas, y polímeros de fibra reforzada (FRP) dispuestos para acoplar secciones de moderador de núcleo tubulares en el núcleo, de esta manera logrando las metas de peso de instalación disminuido, compactación incrementada del sistema y disipación eficiente de energía.

Intentos por refinar los disipadores sísmicos metálicos originalmente propuestos por Skinner et al. (1975) recientemente se han alejado de las BRB de núcleo de acero y moderador de tubo de acero lleno de mortero, tradicionales desarrollados durante 1980 y 1990 (Watanabe et al. 1988; Wada et al. 1989; Watanabe y Nakamura 1992; Black et al. 2002; Black et al. 2004). Muchas variaciones se han presentado (Xie 2005), pero aquellas denominadas “ligeras” y construidas de componentes de acero con pernos o con soldadura para el núcleo y la moderador son las más numerosas (Mazzolani et al. 2004; Tremblay et al. 2006; Usami et al. 2008; D'Aniello et al. 2008; D'Aniello et al. 2009; Chao and Chen 2009; Ju et al. 2009; Mazzolani et al. 2009). Conceptos competentes se han caracterizado como benéficos debido al costo disminuido de instalación, que tienen almas reemplazables, capacidad de utilizar mano de obra con poca experiencia para la instalación, compactos para espacios confinados de instalación, y uso en adaptaciones de construcción existentes.

El aluminio como material industrial se ha utilizado por más de un siglo pero su incorporación en elementos estructurales primarios de construcciones relativamente ha sido baja con usos limitados en sistemas

secundarios tales como paredes de cortina y estructuras auxiliares tales como toldos, marquesinas o estructuras similares. Sin embargo, intentos por utilizar su alta ductilidad y ausencia de endurecimiento cíclico en sistemas de disipación de fuerzas sísmicas han comenzado a aparecer. Las riostras de recuperación de forma construidas con aleaciones de aluminio súper-elásticas que permiten que una estructura se recentre después de un evento sísmico con poca deformación permanente (Mazzolani et al. 2004), eslabones de corte reemplazables contruidos de aluminio de bajo punto de fluencia instalado en armazones concéntricamente arriostrados o armazones de momento de entramado especial (Rai and Wallace 2000) y paneles de corte de placa de aluminio reemplazables (Rai 2002, Mazzolani et al. 2004, Brando et al. 2009) se han propuesto y probado todos con éxito moderado.

FRP se ha utilizado con éxito en estructuras desde 1970 y se han empleado comúnmente en aplicaciones enlazadas a miembros de hormigón o acero que requieren reforzamiento o reparación (Zhao and Zhang 2007). Aplicaciones más pertinentes recientemente se han desarrollado que incrementan la ductilidad de los miembros de acero. Por ejemplo, hojas unidireccionales enlazadas envueltas alrededor de miembros de cordones de armazón de momento entramado especial mejoraron la respuesta cíclica del comportamiento de articulación plástica (Ekiz et al. 2004). Cintas de FRP enlazadas a elementos de compresión de miembros de flexión (Accord and Earls 2006), almas de miembros de compresión WT (Harries et al. 2009), y columnas HSS (Shaath and Fam 2006, 2007, 2009) también han informado que retardan el pandeo local de elementos sometidos a compresión. Aunque aplicaciones donde FRP no se enlaza al sustrato que sirve para reforzar son raras, surgen como método efectivo para evitar el pandeo por compresión. Pruebas piloto de un solo ángulo de acero adaptado con un tubo cuadrado de FRP con protrusión y envuelto con tela GFRP (polímero de fibra de vidrio reforzada) se cargó de manera experimental en pruebas de empuje-tracción cíclicas y lograron una resistencia a la compresión al final de 35% de la límite elástico antes del pandeo global (Dusicka and Wiley 2008). Experimentos monotónicos de menor escala y modelado de elementos finitos de las barras de acero rectangulares rodeadas por PVC o bloques de mortero y envueltas con tela de CFRP (polímero reforzado de fibra de carbono) han logrado cargas de compresión de hasta $P_{max}/P_y = 1.53$ (Ekiz and El-Tawil 2008). Pruebas cíclicas a gran escala experimentales de ángulos de acero de extremo clavado y semifijo envueltos similarmente con bloques de mortero y tela

de CFRP lograron hasta un incremento del 270% en la disipación de energía sobre ángulos de acero desnudos y cargas de compresión de hasta $P_{max}/P_y = 0.90$ (El-Tawil and Ekiz 2009).

A continuación se describen desarrollos de BRB de alto rendimiento, y específicamente, una BRB ultraligera nueva, diseñada para una construcción de modelo típico utilizando modelos analíticos desarrollados a partir de la teoría establecida de pandeo y las pruebas de materiales cíclicos experimentales de una aleación de aluminio candidato 6061-T6511 para el desarrollo de un modelo constitutivo calibrado y simulaciones de elemento finito. Modelos analíticos consideraron un solo grado de libertad (SDOF) y un modelo de pandeo Euler establecido que proporcionó una rigidez de moderador requerida inicial y una resistencia para una fuerza de diseño axial dada y longitud de núcleo. Simulaciones numéricas monotónicas de una riostra de prototipo se realizaron para examinar el efecto de la rigidez de moderador con dos diferentes longitudes de sección reducida de núcleo y tres grados de momento extremo aplicado. Las simulaciones cíclicas se utilizaron para evaluar si una ductilidad plástica predecible y acumulativa confiable y disipación de energía fue posible en una relación considerable de torsión en piso. Como parte de la investigación paramétrica, el efecto de momento extremo debido a la torsión de armazón se consideró al utilizar un procedimiento de enlace superior que considera la articulación plástica de la sección no restringida del núcleo.

La nueva riostra utiliza materiales fácilmente disponibles en muchos tamaños y perfiles para permitir la personalización de la configuración de moderador de núcleo como se muestra en la Figura 1(a). Aunque no directamente parte de la investigación, una revisión de la literatura pasada y la practicabilidad condujeron a las siguientes consideraciones para desarrollo: (1) perfiles de aluminio extruidos de material para miembros de núcleo deben reducir los costos de adquisición y fabricación; (2) simetría biplana de la sección transversal de la riostra debe eliminar la posibilidad de pandeo global en una dirección débil; (3) las dimensiones de la sección transversal del núcleo no ahusadas deben permitir un ajuste estrecho en los tubos de moderador sin colocación de cuñas; (4) elementos de núcleo de espalda con espalda deben soportarse continuamente por separadores de FRP de alto coeficiente para evitar ondulación del núcleo; (5) debe proporcionarse suficiente espacio en la punta de los elementos de núcleo para permitir una expansión Poisson; (6) secciones no restringidas del núcleo deben ser lo suficientemente sólidas para evitar modos de pandeo local o por torsión; (7)

el núcleo debe fabricarse sin soldadura para evitar resquebrajamiento de material y muescado por fatiga; (8) una sección de núcleo reducida debe utilizarse para dirigir la deformación plástica a la longitud media de la riostra alejada de las áreas no restringidas vulnerables; (9) independencia axial entre el núcleo y moderador debe mantenerse utilizando una interconexión sin fricción de grasa u otro lubricante entre los tubos FRP y el aluminio; y por último (10) GFRP debe utilizarse para evitar reacción galvánica ya que se encuentra presente con CFRP y aluminio.

Geometría de la Riostra y Estimación de las Demandas de Deformación

Fuerzas sísmicas, torsión en piso, desplazamiento axial, geometría del armazón y conexiones finales se establecieron dentro del contexto de un modelo de construcción basado en el edificio de oficinas 3 pisos SAC ubicado en Los Ángeles, CA (FEMA 2000). El edificio consistía de bayas cuadradas de 9.14 m [30 ft] y midió 36.6 m por 54.9 m [120 ft por 180 ft] con una altura de piso $h_f = 3.96$ m [13 ft]. Los criterios de diseño sísmico se tomaron de la edición actual del código de construcción como sigue:

$S_s = 2.15g$, $S_{ds} = 1.43g$, $R = 7$ y $C_d = 5.5$ (ASCE 2005). Dos armazones de BRB adyacentes (BRBF) en una configuración de riostra v invertida se centraron en cada una de las cuatro líneas de columna periféricas. Un procedimiento de fuerza lateral equivalente con 5% de excentricidad mínima se utilizó para determinar el corte base sísmico y la distribución en los pisos individuales y los armazones. Una fuerza de diseño de riostra de $P_u = 1070$ kN [241 k] en el primer nivel se calculó utilizando la suposición de la tensión igual y la rigidez por compresión de las BRB.

Las Figuras 2(a)-(c) muestran una definición de la geometría de riostra con un perfil de núcleo de dos etapas. Una longitud de núcleo de extremo a extremo $L_b = 4.83$ m [190 pulg] se generó utilizando vigas supuestas W21x111 y columnas W14x176 para seguir cumpliendo con los informes previos de literatura sobre pruebas de BRBF de gran escala (Fahnestock et al. 2007). La selección de la longitud de sección reducida de la riostra L_c se hizo de manera subsiguiente al considerar la rigidez axial de la riostra requerida para limitar la torsión en piso inelástica en 2.5%, el máximo permitido por el código para una estructura regular (ASCE 2005). El cálculo de la relación elástica de torsión en piso D_{id}/H_i para una núcleo no prismática que no aprovecha la contribución de vigas y columnas mucho más rígidas se citó previamente por Tremblay et al. (2006) en la Ecuación (1) en donde $\gamma = L_b/L_c$ y $\eta = \Lambda_1/\Lambda_3$, F_y = límite elástico especificado nominal del núcleo, E_c

= coeficiente de Young del núcleo y θ = ángulo de riostra con la horizontal.

$$\frac{D_{ie}}{h_i} = \frac{\phi F_y}{E_c} \left[\frac{\gamma + \eta(1 - \gamma)}{\text{sen } \theta \cos \theta} \right] \tag{1}$$

Al reorganizar la Ecuación (1) en forma algebraica para resolver γ , se proporciona la Ecuación (2). $D_{ie}/h_i = 0.45\%$ se calculó al dividir la torsión en piso inelástica de 2.5% por el factor de amplificación de deflexión C_d . Utilizar las variables $\theta = 42^\circ$, $E_c = 69.6 \text{ GPa}$ [10,100 ksi], $\phi = 0.9$, $F_y = 241 \text{ MPa}$ [35 ksi] y $\eta = 0.456$, $\gamma = 0.481$ se calculó lo cual representa una sección reducida de 2.31 m [91.4 in] de largo. La longitud de la sección reducida final se incrementó a 2.44 m [96 in] para dar $\gamma = 0.5$ el cual se denomina riostra del Grupo B. Otra geometría se creó para el estudio paramétrico para examinar la deformación axial esperada más alta y la rigidez con $L_c = 1.47 \text{ m}$ [58 in], o $\gamma = 0.3$, el cual se denomina riostra del Grupo A.

$$\gamma = (1 - \eta)^{-1} \left[\left(\frac{D_{ie}}{h_i} \right) \frac{E_c \text{sen } \theta \cos \theta}{\phi F_y} - \eta \right] \tag{2}$$

La Tabla 1 muestra todas las dimensiones de prototipo de riostra.

Tabla 1
Dimensiones de prototipo de riostra

Grupo	L_b m [in]	L_c m [in]	L_{c2} cm [in]	L_{c3} cm [in]	L_r m [in]	L_o cm [in]	L_s cm [in]	L_{tr} cm [in]	A_1 cm ² [in ²]	A_2 cm ² [in ²]	A_3 cm ² [in ²]
A	4.83 [190]	1.47 [58]	119 [47]	48.3 [19]	3.40 [134]	78.7 [31]	25.4 [10]	15.2 [6]	51.1 [7.92]	78.7 [12.2]	112 [17.4]
B	4.83 [190]	2.44 [96]	71.1 [28]	48.3 [19]	3.40 [134]	33.0 [13]	25.4 [10]	15.2 [6]	51.1 [7.92]	78.7 [12.2]	112 [17.4]

Se requiere que la aproximación de la deformación promedio inelástica en el núcleo de dos etapas en la torsión en piso máxima determine la demanda de deformación de material. Utilizando la Ecuación (3) y las variables previamente definidas, se calculó $\epsilon_c = 3.22\%$ y 2.25% para las riostras del Grupo A y B al 2.5% de torsión en piso, respectivamente. Estos valores caen dentro de las amplitudes de deformación informadas para las pruebas de BRB previas de 1% a 2% para longitudes de núcleo más largas y 3% a 5% para longitudes de núcleo más cortas (Tremblay et al. 2006). La selección de L_c debe tener como objetivo una deformación inelástica apropiada, adecuada para su uso con propiedades cíclicas establecidas del material de núcleo así como la rigidez de riostra requerida para cumplir con una torsión en piso de diseño objetivo. Típicamente, los detalles

de conexión, la longitud de solapamiento de sección intermedia y el acortamiento axial requieren $\gamma \leq 0.5$ como límite práctico. En el prototipo, γ se maximizó por la extensión de los tubos sin envolver a una distancia de L_s para evitar pandeo local de la sección intermedia, mientras que permite aún que la sección completa se deslice a través del moderador.

$$\varepsilon_c = \frac{C_d}{L_c} \left[D_{ie} \cos \theta - \left(\frac{\eta \phi F y (L_b - L_c)}{E_c} \right) \right] \quad (3)$$

Modelo Analítico del Sistema de SDOF

El desplazamiento transversal del miembro de núcleo escaso durante el pandeo imparte una demanda de flexión sobre el moderador a través de la aplicación de una fuerza con una función de distribución desconocida $w(x)$. Se hizo un modelo de manera conservadora del esfuerzo para resistir este desplazamiento como una viga de contención de extensión simple clavada en el extremo de la longitud L_r suponiendo que la sección completa del núcleo se pone en voladizo de forma rígida desde la placa de unión atornillada con firmeza como se muestra en la Figura 2(c). La interacción de fuerza entre el núcleo y el moderador entonces se estableció utilizando un modelo mecánico de SDOF con miembros de entramado inextensibles axialmente en los cuales existe una articulación plástica supuesta en la longitud media, como se muestra en la Figura 3(a). La rigidez de flexión del moderador elástico sirve para evitar una bifurcación transversal del núcleo, incrementando por tanto la carga crítica de pandeo de P_{cr} . La articulación plástica se justificó al considerar primero el momento de núcleo interno al combinar las Ecuaciones (4) y (5) de columna elástica para una columna clavada-clavada y al resolver el momento interno, a longitud mediana M_{int}^P en un desplazamiento transversal dado Δ_t en la Ecuación (6). La teoría de coeficiente tangente se utilizó para justificar la no linealidad de material del núcleo al remplazar E_c con E_{ct} .

$$M_{int} = E_c I_c y'' \quad (4)$$

$$y(x) = \Delta_t \sin\left(\frac{\pi x}{L_r}\right) \quad (5)$$

$$M_{int}^P \left(\frac{L_r}{2} \right) = \frac{\pi^2 \Delta_t}{L_r^2} E_{ct} I_c \quad (6)$$

El momento M_{res} resistente proporcionado por el moderador de tubos en paquete se calculó a partir del equilibrio en la longitud media de la columna mostrada en la Figura 3a y la Ecuación (7) donde E_r e I_r son el coeficiente de Young y el momento de inercia del moderador, respectivamente. La comparación de M_{int}^p con M_{res} mostró aproximadamente dos órdenes de diferencia de magnitud a un desplazamiento transversal común Δ_t . Para este ejercicio, el coeficiente de elasticidad para los tubos compuestos por pultrusión se tomó como $E_r = 19.3$ GPa [2800 ksi] e I_r se calculó a partir de cuatro tubos cuadrados de 10.8 cm por 6.35 mm [4.25 pulgadas por ¼ de pulgada] que actuaban de manera compuesta. El coeficiente tangente E_{ct} del núcleo se tomó como 1% del coeficiente de Young para justificar el endurecimiento por deformación. La transición fina entre el comportamiento elástico y plástico elimina la necesidad de un procedimiento por incrementos que justifica la no linealidad del material.

$$M_{res} = \frac{48 E_r I_r \Delta_t}{L_r^3} \sqrt{\left(\frac{L_r}{2}\right)^2 - \Delta_t^2} \quad (7)$$

El efecto del moderador se simuló por un muelle elástico con rigidez k_s que proporciona una fuerza F ejercida en la longitud media del núcleo. La rigidez de muelle se toma de la deflexión elástica de una viga cargada a media extensión como $F/\Delta_t = 48E_r I_r / L_r^3$. Esta relación se sustituye por k_s en la Ecuación (8) y proporciona la carga crítica de pandeo todo en términos de variables conocidas después de utilizar la solución clásica de valor propio para el sistema de SDOF. La Ecuación (9) resuelve la rigidez de moderador requerida $E_r I_r / L_r^3$ la cual puede utilizarse para determinar el tamaño inicial del moderador.

$$P_{cr} = \frac{k_s L_r}{4} = \frac{12 E_r I_r L_r}{L_r^3} \quad (8)$$

$$\frac{E_r I_r}{L_r^3} = \frac{P_u}{12 L_r} \quad (9)$$

Modelo Analítico de Euler

Una investigación previa realizada por Black et al. (2002) ha utilizado la columna de Euler con una interacción de fuerza distribuida $w(x)$ entre el núcleo

y el moderador asumiendo la ley de Hooke, la perfección geométrica, la aplicación de carga concéntrica y pequeños desplazamientos. La introducción de un soporte continuo se muestra esquemáticamente en la Figura 3(b) como una columna clavada-clavada de longitud L_r soportada por un número infinito de barras conectoras axialmente rígidas conectadas al moderador que también abarca la longitud L_r . Al comenzar con el equilibrio de fuerzas en una longitud arbitraria de la columna x e introducir las funciones de desplazamiento sinusoidales que se originan de la Ecuación (5), se obtuvo la Ecuación (10). La Ecuación (11) proviene de la solución de la ecuación diferencial para la carga crítica de pandeo P_{cr} donde se propone un factor adicional indeterminado de seguridad por Black (2002) para justificar las imperfecciones geométricas y la no linealidad de material del núcleo. El término $E_c I_c$ para el núcleo puede omitirse debido a la contribución mucho menor en comparación con $E_r I_r$ como se explicó anteriormente y el factor de longitud efectiva $K = 1$ para la columna clavada-clavada. La eliminación del término $E_c I_c$ asimismo elimina la necesidad de análisis por incrementos considerando la no linealidad de material del núcleo. La Ecuación (12) resuelve de manera similar la rigidez de moderador requerida.

$$P \frac{d^2 y(x)}{dx^2} + E_c I_c \frac{d^4 y(x)}{dx^4} + E_r I_r \frac{d^4 y(x)}{dx^4} = 0 \quad (10)$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2}{(KL_r)^2} (E_c I_c + E_r I_r) \quad (11)$$

$$\frac{E_r I_r}{L_r^3} = \frac{P_u}{\pi^2 L_r} \quad (12)$$

Se esquematizan los métodos analíticos de SDOF y Euler en la Figura 4 como funciones continuas que ilustran $E_r I_r / L_r^\epsilon$ requerida para longitudes que oscilan desde $L_r = 2$ m [78.6 in] hasta 4.25 m [167 in] y cargas $P_u = 225$ kN [50 k] hasta 1350 kN [300 k]. Si no se proporciona ningún grado de conservadurismo, el presente prototipo de riostra requiere $E_r I_r / L_r^\epsilon = 30.1$ kN/m [0.172 k/in] y 36.6 kN/m [0.209 k/in] para los métodos de SDOF y Euler, respectivamente. El prototipo que será considerado en las simulaciones numéricas, utilizó una rigidez de moderador de 33.4 kN/m [0.191 k/in] proporcionada por cuatro tubos en paquete de 10.8 cm x 6.35 mm (4.25 pulgadas x 0.25). El modelo de SDOF resultó en valores de rigidez requeridos iguales al 82% del modelo de Euler, lo que indica

que puede no ser conservador. Sin embargo, se seleccionó la rigidez de moderador para que caiga entre estos valores.

Pruebas de Materiales

La aleación 6061-T6511 es aluminio estructural con tratamiento térmico relativamente económico que se encuentra disponible en muchos perfiles extruidos que se pueden adaptar a los tubos cuadrados o redondos de FRP. Esta aleación ha demostrado ser confiable cuando se limita al margen elástico, pero inversamente el comportamiento cíclico no ha informado $\Delta\epsilon_f/2\geq 4\%$ y la investigación requerida para determinar su comportamiento cíclico tal como se informa para chapas de acero (Dusicka et al. 2007). Las Figuras 5(a) y 5(b) definen la tensión monotónica y los materiales cíclicos de presión-tracción maquinados a partir de una barra redonda de 22.22 mm (0.875 pulgadas) y una configuración de prueba que utilizó un bastidor de carga de MTS con una capacidad de +/- 445 kN [+/- 110 k]. El aparato se controló manualmente utilizando un LVDT a una proporción de deformación constante $d\epsilon/dt$ para las pruebas monotónicas y cíclicas. Se realizaron pruebas cíclicas con un historial de carga de forma de onda triangular y comenzaron con una variación de tracción. Las pruebas cíclicas individuales sometieron el material a amplitudes constantes de deformación total $\Delta\epsilon_f/2 = 2, 3$ y 4% a una relación de deformación cíclica $R_\epsilon = -1$. La Tabla 2 resume los resultados experimentales para cada uno de los especímenes.

Tabla 2
Resultados de la prueba de materiales 6061-T6511

Propiedad de Material	ID de Material				
	T1	C1	C2	C3	C4
$\epsilon_y, \%$	0.38	0.33	0.481	0.427	0.464
$\epsilon_u, \%$	21.9	22.3	-	-	-
$A_f, \text{mm}^2 [\text{in}^2]$	53.6 [0.0831]	53.1 [0.0823]	-	-	-
$\sigma_{true}, \text{MPa} [\text{ksi}]$	414 [60.1]	378 [54.8]	-	-	-
μ	0.816	0.805	0.852	0.835	0.814
$\Delta\epsilon_f/2, \%$	-	-	2.0	3.0	4.0
$d\epsilon'/dt, \times 10^3 \text{ s}^{-1}$	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10
$2N_f$	-	-	48	36	22

Notas:
 A_r^{-22} = área en sección transversal medida en superficie de falla

σ_{true} = tensión de fractura verdadera

(P_u/A_0)

μ = relación de límite elástico especificado nominal de núcleo/límite elástico experimental

$(F_u/f_{0.2})$

$2N_f$ = número de inversiones a fractura

Puesto que el límite elástico experimental excedió el límite elástico especificado nominal por aproximadamente 25%, un factor de normalización $\mu = F_u/f_{0.2}$ se introdujo. Este valor se utilizó en la creación del modelo constitutivo de material para mantener la coherencia con los supuestos de límite elástico de material realizados durante el modelado analítico.

Los resultados monotónicos indicaron un endurecimiento por deformación igual a 0.89% del coeficiente de Young hasta 5% de alargamiento seguido por 0.43% de ablandamiento hasta la fractura por tracción (Figura 6). Los bucles cíclicos tienen una forma bi-asintótica y se componen de una transición elástica-plástica no lineal, elástica lineal y una región plástica aproximadamente lineal (Figura 7). Las transiciones entre las regiones elástica y plástica eran menos abruptas para las pruebas cíclicas como en comparación con el monotónico principalmente debido al efecto de Bauschinger. Las anomalías en el nivel de tensión cero pueden ser atribuidas a una soldadura de las tuercas dobles que mantienen los especímenes en el accesorio. La cercanía de los bucles indicó que el ablandamiento cíclico se produjo en una proporción muy baja, especialmente para la prueba del 2%. Esto se ilustra mejor en la Figura 7 como una gráfica de tensión máxima cíclica versus el número de reversiones donde el ablandamiento cíclico es insignificante después de un ciclo inicial de endurecimiento. El ablandamiento cíclico incrementó mínimamente a medida que la amplitud de deformación se incrementaba de 2% a 4%. Por consiguiente, el endurecimiento cíclico isotrópico fue relativamente lento en comparación con el endurecimiento cinemático. Esta ausencia de endurecimiento isotrópico se ha visto en pruebas similares en aluminio 6060-T6 probado en amplitudes de deformación de 0.4%, 0.8% y 1,2% (Hopperstad et al. 1995).

Las pruebas de materiales cíclicos sobre la aleación 6061-T651 han informado que alcanzaron $2N_f = 142$ en $\Delta\epsilon/2 = 2.5\%$ y $R_e = -1$ (Brodrick y Spiering 1972). Es decir, hasta 3 veces más que lo que se logró en las presentes pruebas en amplitudes de deformación similares. Una ligera flexión en un 4% del material de deformación se vio y se manifiesta en los esquemas de histéresis por una curva en la porción lineal del bucle que comienza en cero tensión. La tensión

uniaxial pudo haberse comprometido de manera similar en 2% y 3% de los materiales que conducen a falla prematura de fatiga debido a la distribución de deformación en sección transversal no uniforme. Por lo tanto, se recomienda el uso de un material en forma de reloj de arena sin una sección prismática central para variaciones de deformación mayores a 2% para controlar el pandeo (ASTM 2004). No se anticipa que el uso de datos actuales para la definición de un modelo de material cíclico afecte significativamente los resultados puesto que la porción lineal de la curva no se utiliza en su definición. Sin embargo, la idoneidad de la aleación candidato para su uso en aplicaciones de alta deformación cíclica requiere más estudio experimental.

Simulaciones Numéricas

Modelo Constitutivo de Material Cíclico

La predicción representativa del comportamiento de material cíclico utiliza una combinación de modelo constitutivo cinemático-isotrópico no lineal general calibrado. Este modelo ha demostrado ser capaz de simular el efecto de Bauschinger, el endurecimiento cíclico con agitación plástica y relajación de la tensión media (Simulia 2010). Se seleccionaron los datos experimentales del material C3 normalizado por $\mu_{ave} = 0.810$ los cuales se encuentran entre las deformaciones de núcleo inelásticas aproximadas de 2.25% y 3.22%. El procedimiento de calibración utilizó un modelo de elementos finitos 3D del material para prueba compuesto de elementos tetraédricos continuos C3D4 como se representa en la Figura 8(b). La convergencia de la malla fina se estudió al variar el número de grados de libertad y el elemento de polinomio. Simulaciones de materiales se establecieron para entrar en el control de desplazamiento durante dos ciclos completos para verificar la calibración. La superposición de tres contra-tensiones capturó de manera efectiva la forma de los esquemas de histéresis experimentales en la región de Bauschinger al justificar los efectos de deformación de trinquete. La superposición de los resultados experimentales y numéricos para el 2%, 3% y 4% de amplitudes de deformación se ilustran en la Figura 8(a) con correlación razonable. El endurecimiento isotrópico no se utilizó debido a su influencia insignificante sobre el comportamiento cíclico como se muestra por los esquemas de tensión cíclica máxima estable.

Configuración del Modelo de Elementos Finitos

Se crearon modelos numéricos utilizando el análisis de elementos finitos comercialmente disponible y el software de pos-procesador (Simulia 2010) y se configuraron como se muestra en la Figura 9(a). Ángulos de núcleo se

modelaron como cuatro extrusiones 3D planas separadas endentadas con elementos de cubierta (S4) de cuatro nodos de propósito general, completamente integrados capaces de modelar grandes deformaciones de membrana y el moderador se modeló como una viga de 1D simple endentada con elementos de Timoshenko (B31). Las propiedades de sección de elemento de viga se asignaron utilizando tubos cuadrados equivalentes representantes de la rigidez de flexión x-x e y-y de los tubos de moderador en paquete que actúan de manera compuesta. Los nodos de núcleo y de moderador se conectaron con conectores de plano de deslizamiento a las puntas de ángulo y conectores de ranura en el vértice de ángulo para desacoplar la interacción axial y permitir la deformación de Poisson. La separación entre los conectores con ranura se mantuvo a una constante de 25.4 mm [1 in] dejando un nodo no soportado entre los nodos de conector. Sin embargo, en el presente estudio no se asignaron imperfecciones de pandeo local para promover la ondulación entre los conectores. Se asignaron condiciones de límite a los puntos de referencia (RP) colocados en el extremo de la placa de unión a una distancia L_{c3} desde el extremo de la riostra. La excentricidad de carga para los momentos extremos se introdujo para compensar el RP desde el centro a una distancia e_1 en la dirección y positiva para simular la rotación de la placa de unión a partir de la torsión de armazón y la curvatura simple de la riostra. El momento extremo aplicado fue directamente proporcional a la carga axial.

Se tomó consideración de las formulaciones de cubierta delgada y gruesa sobre el comportamiento de pandeo elástico al examinar el comportamiento de carga vs desplazamiento axial de las riostras monotónicamente cargadas en un desplazamiento axial forzado de 50.8 mm [2 in] con núcleos adecuada e inadecuadamente restringidos. Para estas simulaciones, un límite elástico de material nominal F_y se utilizó junto con un endurecimiento nominal del 1% de pos-fluencia. Se demuestra que la diferencia entre carga de fluencia por tensión y compresión, la carga de pandeo y la trayectoria de pos-pandeo es insignificante en la Figura 9(b), indicando que la flexibilidad de corte transversal no es importante para modos de pandeo global con relaciones de espesor a longitud característica menores a 1/15. La convergencia de modelo también se estudió al examinar las deformaciones de elementos en ambas regiones elástica y plástica para variar el número de grados de libertad. Para estimular el pandeo global, se introdujeron imperfecciones geométricas en la malla de los primeros cuatro modos de pandeo. La no rectitud máxima global de $L_b/1000$

se asignó para los modos 1 y 2 y $L_b/4000$ para los modos 3 y 4.

Efecto de los Momentos Extremos de la Riostra

La torsión en plano de BRBF puede introducir momentos extremos o rotaciones en la riostra durante la carga sísmica severa como se muestra en la Figura 10(b) para una configuración de riostra en V invertida. Este efecto provoca demanda de flexión adicional en el moderador por encima de aquellas causadas por modelos ideales de pandeo de columna. Un momento extremo de enlazado superior que utiliza el momento plástico disponible de la sección intermedia del núcleo M_p' se utilizó para cuantificar este efecto el cual puede determinarse al realizar un análisis riguroso no lineal de empuje del ensamble de BRB/BRBF el cual se encuentra más allá del alcance de esta investigación. El momento plástico disponible del miembro cargado axialmente se reduce por debajo del valor de $F_y Z$ como se muestra esquemáticamente en la Figura 10(a) cuando los cuatro ángulos de núcleo actúan de manera compuesta por la transferencia de corte que se produce en las conexiones con pernos. Utilizar esta interacción de carga axial y momento con una carga axial es igual a la carga de fluencia de núcleo nominal $P_{yc} = A_1 F_y$, se calcularon los siguientes valores: $d_1 = 8.43$ cm [3.32 in], $d_2 = 15.7$ mm [6.16 in], $Z = 215$ cm³ [13.1 in³] y $M_p' = 5186$ kN-cm [459 k-in]. Para expresar este momento como relación del enlace superior, la variable de $\Psi = M_{app}/M_p'$ se introdujo donde M_{app} = momento extremo máximo aplicado y $\Psi < 1$. Adicionalmente, la relación $\Psi M_p'$ puede convertirse en una relación de carga-excentricidad para su uso en simulaciones numéricas como se muestra en la Ecuación (13), donde se utiliza la carga de fluencia nominal de núcleo negando la contribución de endurecimiento pos-fluencia y e_1 se calcula para un efecto de momento extremo deseado.

$$e_1 = \frac{\Psi M_p'}{P_{yc}} \quad (13)$$

Simulaciones Monotónicas

Se estudiaron simulaciones numéricas paramétricas de prototipos cargados monotónicamente en el control de desplazamiento para comparación con modelos analíticos propuestos. Las variables utilizadas fueron L_c , E_r/L_r^ϵ y $\Psi M_p'$ como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3
Parámetros y resultados de simulación numérica

Grupo de Simulación	ID de Simulación	Parámetros Generales				Resultados Monotónicos			Resultados Cíclicos	
		Mono/Cíclico	L_r m [in]	$E_r I_r / L_r^3$ kN/m [k/in]	ψ	P_c / P_{yc}	P_{max} / P_{yc}	Δ_d / Δ_t	$\Sigma P \Delta_d$ kN/m	$\Sigma P \Delta_d$ $\Sigma P \Delta_d$
1A $\gamma = 0.3$	58-R1-M0	M	1.47 [58]	31.5 [0.180]	0	0.859	0.730	0.341		
	58-R2-M0	M	1.47 [58]	42.2 [0.241]	0	1.15	0.934	0.362		
	58-R3-M0	M	1.47 [58]	74.6 [0.426]	0	2.04	1.43	2.34*		
2A $\gamma = 0.3$	58-R1-M1	M	1.47 [58]	42.2 [0.241]	0.25	1.15	0.908	0.370		
	58-R2-M1	M	1.47 [58]	55.1 [0.315]	0.25	1.50	1.13	0.398		
	58-R3-M1	M	1.47 [58]	83.6 [0.477]	0.25	2.28	1.42	1.78*		
3A $\gamma = 0.3$	58-R1-M2	M	1.47 [58]	55.1 [0.315]	0.5	1.50	0.883	0.379		
	58-R2-M2	M	1.47 [58]	70.4 [0.402]	0.5	1.92	1.09	0.407		
	58-R3-M2	M	1.47 [58]	93.2 [0.532]	0.5	2.54	1.39	1.66*		
1B $\gamma = 0.5$	96-R1-M0	M/C	2.44 [96]	31.5 [0.180]	0	0.859	0.720	0.340	3990	0.529
	96-R2-M0	M/C	2.44 [96]	42.2 [0.241]	0	1.15	0.923	0.362	5100	0.677
	96-R3-M0	M/C	2.44 [96]	66.4 [0.379]	0	1.81	1.29	3.59*	6740	0.895
2B $\gamma = 0.5$	96-R1-M1	M/C	2.44 [96]	42.2 [0.241]	0.25	1.15	0.898	0.371	4884	0.649
	96-R2-M1	M/C	2.44 [96]	55.1 [0.315]	0.25	1.50	1.12	0.401	6019	0.799
	96-R3-M1	M/C	2.44 [96]	74.6 [0.426]	0.25	2.04	1.29	2.01*	6653	0.883
3B $\gamma = 0.5$	96-R1-M2	M/C	2.44 [96]	42.2 [0.241]	0.5	1.15	0.873	0.379	4700	0.624
	96-R2-M2	M/C	2.44 [96]	55.1 [0.315]	0.5	1.50	1.08	0.409	5760	0.765
	96-R3-M2	M/C	2.44 [96]	83.6 [0.477]	0.5	2.28	1.28	1.82*	6630	0.880

Notas:
 P_c = carga de pandeo de moderador $\pi^2 E_r I_r / L_r^2$
 P_{max} = carga axial de compresión máxima
 $\Sigma P \Delta_d$ = desplazamiento de carga acumulativa
 $\Sigma P \Delta_d$ = área de histéresis trapezoidal ideal

* indica simulación exitosa de BRD

El desplazamiento objetivo axial Δ_{bm} con respecto al 2.5% de torsión en piso que se calculó a partir de la construcción modelo se multiplicó por dos como se especifica por el protocolo de carga cíclica para “Pruebas Cíclicas Clasificadorias de Riostras de Pandeo Restringido” (AISC 2005).

Las Figuras 11(a)-(f) muestran relaciones de carga axial vs registro-desplazamiento para los seis grupos de simulaciones. Cada doble esquema ilustra la capacidad de la prueba para cumplir con el desplazamiento axial objetivo antes de alcanzar los criterios de falla. Los criterios de falla se definieron como pandeo o alcanzaron un desplazamiento transversal limitante en la longitud media de la riostra. El desplazamiento transversal máximo $\Delta_t^{max} = 8.79$ cm [3.47 in] se indica como una línea discontinua y se calculó al considerar $f_b = 206$ MPa [30 ksi] y $c = 11.8$ cm [4.63 in], medida a partir de la configuración de cuatro tubos de 10.8 cm por 6.35 mm [4.25 pulgadas por 0.25 pulgadas] de línea de base. La relación dada en la Ecuación (14) se deriva de $M_r = FL_r/4$, $f_b = M_r/S_r$, $S_r = I_r/c$ y $\Delta_t = FL_r^3/48E_r I_r$ donde M_r y S_r son el momento de flexión cuando se carga por flexión por una carga puntual a media extensión y el coeficiente de sección elástica del moderador, respectivamente.

$$\Delta_t^{max} = \frac{f_b L_r^2}{12c E_r} \quad (14)$$

Puntos de falla de riostras inadecuadamente restringidas se indican por marcadores blancos en los esquemas mientras que el extremo de los puntos de simulación para riostras correctamente restringidas se indican por marcadores negros. Las riostras inadecuadamente restringidas generalmente mostraron un avance de falla en la compresión como se muestra en las Figuras 12(a) a 12(c) y se describen como sigue: 1) tensión axial uniforme y fluencia en la sección reducida con flexión transversal; 2) desplazamiento transversal en incremento y tensión de flexión en los extremos del moderador; 3) pandeo local plástico de las patas de ángulo de núcleo que conducen a articulación; y 4) pandeo global general.

Los resultados numéricos se dan en la Tabla 3 para cada simulación. La rigidez de moderador utilizada en la tercera simulación para cada grupo se determinó por un proceso iterativo para incrementar $E_r I_r / L_r^3$ para lograr un rendimiento de BRB estable con $P_{max}/P_{yc} > 1$ y $\Delta_o/\Delta_t > 1.28$ el cual representa el desplazamiento axial objetivo sobre Δ_{tmax} . La aplicación de excentricidad extrema tuvo un efecto de degradación en la relación Δ_o/Δ_t , pero simulaciones exitosas pudieron quedarse en una alineación axial relativamente recta. La Figura 11(g) muestra el efecto lineal de la aplicación de excentricidad extrema sobre $E_r I_r / L_r^3$ requerida. La inclinación de las líneas se mantuvo constante entre las riostras de los Grupos A y B que demuestran que la longitud de sección reducida tiene un efecto insignificante. Además, la excentricidad extrema puede justificarse por la superposición de 34.4 a 37.2 kN/m de rigidez adicional por unidad de ψ que duplica efectivamente la $E_r I_r / L_r^3$ requerida para este prototipo. La Figura 4 la comparación del esquema de dispersión entre los resultados analíticos y numéricos. Las simulaciones numéricas resultaron en aproximadamente dos veces más la $E_r I_r / L_r^3$ requerida que las analíticas para la longitud examinada de la riostra indicando que un grado de conservadurismo de dos o más puede requerirse para justificar la no linealidad del material, la excentricidad de carga, el desplazamiento transversal razonable, así como posibles efectos de pandeo locales cerca del extremo del moderador. Aunque se reconoce que se requiere un estudio adicional para determinar el grado de conservadurismo requerido para otras longitudes de riostra puesto que sólo se consideró una longitud en esta investigación. Justificar esta rigidez más grande requerida, cuatro tubos en paquetes de 12.70 cm (5 pulgadas) por 7.93 mm (5/16 de pulgada) o 13.97 cm (5

1/2 pulgadas) por 7.93 mm (5/16) pueden requerirse para $\psi = 0$ y $\psi = 0.5$, respectivamente. Esto se encuentra dentro de los límites prácticos razonables para compactación de riostras y promueve la idea de que la riostra descrita es un concepto viable.

Simulaciones Cíclicas

Los objetivos incluyeron evaluar el potencial de disipación de energía y afirmar la estabilidad del modelo numérico y la capacidad de repetición cuando se sometieron a una fuerza axial cíclica y la demanda de rotación cuando se sometieron a una deformación axial inelástica acumulativa mínima de 200 veces la deformación por fluencia (AISC 2005). La formulación numérica utilizó el modelo constitutivo cíclico calibrado y no incluyó la simulación de falla por fatiga de material.

La Tabla 3 muestra los parámetros de prueba para la riostra del Grupo B. Esquemas de histéresis representativos para los prototipos del Grupo 1B para carga vs desplazamiento axial y la carga vs desplazamiento transversal se proporcionan en las Figuras 13(a)-13(d). Las riostras inadecuadamente restringidas mostraron un gran desplazamiento transversal junto con bucles de histéresis comprimidos en las excursiones de compresión, mientras que las riostras correctamente restringidas mostraron bucles simétricos completos con mínimo desplazamiento transversal. Los esquemas de histéresis del Grupo 1B de carga vs deformación axial en la longitud media de la sección reducida demuestran la deformación por trinquete del lado de tensión para la riostra inadecuadamente restringida (96-R1-M0) y bucles simétricos tempranos para la riostra adecuadamente restringida (96-R3-M0). Una torsión por deformación de aproximadamente 2.5% se ve hacia el lado de tensión debido a la inversión de deformación incompleta durante las excursiones de compresión debido al desplazamiento transversal. La deformación de material promedio obtenida sobre una longitud de calibre de 2.54 cm [1 in] en la longitud media de la sección reducida se midió numéricamente en el ciclo $1.0\Delta_{bm}$ como +2.89% a -1.72% y +3.20% a -2.52% para las riostras R1 y R3, respectivamente. Esto se correlaciona razonablemente bien con $\epsilon_t = \pm 2.25\%$ calculada a partir de la Ecuación (3) con la salvedad de que deformaciones por tensión positivas son aproximadamente 25% más grandes que las deformaciones por compresión en una riostra restringida correctamente debido a la deformación por trinquete.

La disipación de energía acumulativa $\Sigma P\Delta_\alpha$ y la deformación-carga

$\Sigma P \varepsilon_t$ se determinaron al integrar numéricamente el área bajo la curva para cada una de las nueve simulaciones. La Tabla 3 muestra estos resultados junto con aquellos normalizados por un esquema ideal de histéresis trapezoidal $\Sigma P_{\sigma} \Delta_{\sigma} = 7530 \text{ kN-m}$ [66,700 k-in]. Las riostras adecuadamente restringidas lograron casi el 90% de la disipación de energía de la histéresis idealizada. Las riostras inadecuadamente restringidas variaron de 53% a 83% mostrando una notable mejora. La excentricidad extrema también tuvo un efecto significativo sobre el desplazamiento cumulativo y la demanda de deformación como se vio en la Figura 13(e) donde se presenta una pendiente muy pronunciada en mayores valores de ψ hasta la meseta de $\Sigma P \Delta_{\sigma} = 6600 \text{ kN-m}$ [58,500 k-in]. Los esquemas $\Sigma P \varepsilon_t$ muestran una menor pendiente que alcanza una meseta de 2900 kN-m/m [652 k-in/in].

Diseño de Envoltura de FRP

Los tubos de FRP en paquetes deben funcionar de manera compuesta para lograr una mayor resistencia y rigidez. El flujo de corte máximo esperado q_{max} entre los tubos se aproximó al utilizar el mismo modelo de pandeo de columna Euler y el método de equilibrio de fuerzas. Puesto que la falla del ensamble de tubo en paquetes debe ser controlado por el momento de flexión de los tubos y no por la falla de corte de la envoltura, el flujo de corte se determinó utilizando la ecuación anteriormente relacionada Δ_t^{max} . Los valores previamente definidos de c , f_b y L_r se utilizaron con la disposición de tubos para calcular $q_{max} = 8.60 \text{ kN/cm}$ [4.91 k/in] en el extremo del moderador. Una tela uniaxial GFRP de tendido en húmedo de multicapa puede resistir este flujo de corte. Los sistemas de envoltura de propiedad son comunes y suelen mostrar límite elástico final de 582 MPa [84.4 MPa] en la dirección primaria de la fibra y tienen un espesor de laminado efectivo de 1.27 mm [0.05 in]. Un mecanismo de celosía se concibió utilizando dos capas de envoltura a lo largo de toda la longitud del moderador orientada a $\pm 30^\circ$ desde el eje longitudinal para resistir el flujo de corte en tensión a través de las fibras primarias. La fuerza de corte admisible de la envoltura se calculó como 9.85 kN/cm [5.63 k/in] utilizando un grado de conservadurismo de 1.5 para tener en cuenta la tensión longitudinal de la fibra extrema adicional impartida por la flexión del ensamble de moderador. Aunque se espera que la tensión adicional en la envoltura de flexión sea mínima puesto que la relación modular de la tela y los tubos es la unidad.

Reducción de Peso

El prototipo de riostra descrito se calculó pesando 200 kg [440 libras] o 27% y el 41% del peso de un tubo lleno de mortero tradicional y BRB de longitud similar completamente de acero, área de núcleo y dimensiones de moderador. De esta manera, el prototipo de riostra descrito pesa menos de 50% de una riostra convencional comparable. Para el tubo lleno de mortero, se utilizó un único tubo cuadrado de tamaño comparable (8 pulgadas x 1/4 de pulgada). Dado que el límite elástico nominal del acero común y aluminio 6061-T6 son casi idénticos, tamaños de núcleo similares se consideraron una comparación justa. La unidad de peso nominal para el acero dulce, aluminio y mortero de hormigón se tomaron como 7860 kg/m³ [490 lbs/ft³], 2650 kg/m³ [165 lbs/ft³] y 2410 kg/m³ [150 lbs/ft³], respectivamente. Esta comparación sirve para destacar el considerable ahorro de peso que se puede realizar con la riostra descrita.

Notación

A_1 = área en sección transversal reducida de núcleo	M_{int}^P = momento interno de núcleo
A_2 = área en sección transversal intermedia de núcleo	M_p' = momento plástico disponible de sección intermedia
A_3 = área en sección transversal completa de núcleo	
c = distancia desde NA hasta la fibra extrema del moderador	M_r = momento de moderador a longitud media
C_d = factor de amplificación de deflexión	M_{res} = momento de resistencia de moderador
D_{ie} = torsión de piso elástica	P = carga axial aplicada de riostra
E_c = coeficiente de Young de núcleo	P_{cr} = carga de pandeo crítica
E_{ct} = coeficiente tangente de núcleo	P_u = fuerza axial de diseño
E_r = coeficiente de Young de moderador	P_{yc} = carga de fluencia nominal de núcleo
$f_{0.2}$ = límite elástico de compensación al 0.2% experimental	q_{max} = flujo de corte de envoltura máxima
f_b = tensión de flexión final del moderador	R_e = relación de deformación cíclica
F = fuerza transversal del moderador	$\gamma = L_c/L_b$
F_v = límite elástico especificado nominal de núcleo	Δ_a = desplazamiento axial de núcleo
h_i = altura de piso, nivel "i"	Δ_{bm} = disposición de riostras en torsión de piso de diseño
I_c = momento de inercia del núcleo	Δ_t = desplazamiento transversal de moderador a longitud media
I_r = momento de inercia del moderador	Δ_t^{max} = disposición transversal máxima del moderador
k_s = rigidez de flexión equivalente de moderador	ϵ_c = deformación inelástica de núcleo
K = factor de longitud efectiva	ϵ_t = deformación total experimental
L_b = longitud de riostra de extremo a extremo	$\eta = A_1/A_3$
L_c = longitud de sección reducida de núcleo	θ = ángulo de riostra con la horizontal
L_r = longitud de moderador	$\mu = F_y/f_{0.2}$
M_{app} = momento extremo aplicado máximo	$\Psi = M_{app}/M_p'$

Modalidades Ejemplares

Con referencia a las Figuras 1(a) y 1(b), se muestra una modalidad ejemplar de una riostra 10 de pandeo restringido, en cierto momento denominada como tipo “completamente cruciforme”. La riostra tiene un miembro 12 de núcleo alargado con los extremos 14, 16 opuestos. Al menos un miembro 18 separador se coloca sobre el miembro 12 de núcleo. En la aplicación ilustrada, existe un primer miembro 18 separador orientado a lo largo de un plano del miembro 12 de núcleo y un segundo miembro de espacio orientado perpendicular al primer miembro separador. Existen secciones de uno o más miembros 20 moderadores de núcleo dispuestos adyacentes al miembro separador y alrededor del miembro 12 de núcleo. Las secciones 20 de miembro moderador de núcleo se acoplan junto con el miembro 18 separador y el miembro 12 de núcleo por una camisa 19 que comprende tela de polímero de fibra reforzada que se configura para que se envuelva alrededor de las secciones de núcleo y los miembros moderadores de núcleo ensamblados con el miembro separador intercalado entre los mismos.

En modalidades ejemplares, el miembro de núcleo se forma de aluminio, aunque podrían utilizarse otros materiales con ductilidad adecuada. En las modalidades ilustradas, los extremos 14, 16 del miembro 12 de núcleo se exponen.

En la modalidad de las Figuras 1(a) y 1(b), existen cuatro secciones 20 miembros moderadores de núcleo, pero cualquier número adecuado de secciones puede utilizarse. Las secciones 20 de miembros moderadores de núcleo pueden tener una forma rectangular (o cuadrada) en sección transversal como se muestra en las Figuras 1(a), 1(b), 1(c) y 1(e), una sección transversal circular como se muestra para los miembros 24 moderadores de núcleo en las Figuras 1(d) y 1(f), o cualquier otra sección transversal adecuada. Como se ilustra, las secciones de moderadores de núcleo pueden tener una configuración tubular hueca sobre al menos una parte de su longitud.

El miembro de núcleo puede estar compuesto de un único miembro o varios sub-miembros. En la implementación ilustrada, el miembro 12 de núcleo se compone de cuatro ángulos 22a, 22b, 22c, y 22d compuestos, dispuestos de tal manera que las superficies laterales adyacentes se encuentran en contacto entre sí y los vértices se encuentran adyacentes entre sí y orientados hacia el centro, como se muestra. Como se muestra en las Figuras 1(e) y 1(f), el miembro 12 de núcleo puede estar compuesto de dos miembros Tee 26a, 26b dispuestos uno frente a otro, es decir, con las superficies laterales respectivas ininterrumpidas una

frente a la otra. En algunas modalidades, múltiples sub-miembros se separan entre sí, por ejemplo, por el miembro separador interpuesto, sobre al menos una porción intermedia de la longitud de la riostra 10. Además, configuraciones ejemplares definen al menos un par de espacios separados (tales como dos pares o cuatro espacios como se muestra en las Figuras 1(c)-1(f)) para la recepción de las secciones de miembro moderador de núcleo.

En algunas modalidades, un material de desenlace tal como PTFE puede aplicarse entre las superficies adyacentes de las secciones 20 de miembro moderador de núcleo y el miembro 12 de núcleo para asegurar que no exista acoplamiento o unión entre las superficies adyacentes. En algunas modalidades, no se utiliza ningún tipo de material de desenlace.

Haciendo referencia a las Figuras 1(g) y 1(h), otra modalidad ejemplar de una riostra 210 de pandeo restringido se muestra. La riostra 210 es similar a la riostra 10 de las Figuras 1(a) y 1(b), excepto que la riostra 210 tiene un miembro 212 de núcleo alargado formado en una forma de T (que se muestra invertida en las Figuras), y existen dos secciones 220 de miembro moderador de núcleo recibidas en los espacios definidos en cualquiera de los lados 212 del miembro de núcleo. Como en el caso de la riostra 10, una camisa 219 de tela de polímero de fibra reforzada se envuelve alrededor de las secciones 220 de miembro moderador de núcleo y el miembro 212 de núcleo.

En implementaciones específicas, las secciones 20, 200 de miembro moderador de núcleo se forman de polímeros de fibra reforzada. El miembro 12, 212 de núcleo se forma de un material adecuado, tal como, por ejemplo, una aleación de aluminio.

En la modalidad ilustrada, la riostra 210 no incluye ningún elemento separador, pero uno o más elementos separadores pueden proporcionarse si se desea o si es necesario en ciertas circunstancias.

Este estudio analítico y numérico que se centra en el pandeo global demostró la capacidad de desarrollar una nueva riostra de pandeo restringido ultra-ligera para su posible aplicación en situaciones de adaptación sísmica de construcciones actuales similares a un edificio modelo de oficinas de 3 pisos representante. La rigidez de moderador calculada, necesaria de un modelo de SDOF recién desarrollado y el modelo de pandeo de Euler establecido previamente se compararon con las simulaciones numéricas monotónicas y cíclicas de prototipos con rigidez de moderador variable, la longitud de sección reducida y el momento extremo aplicado. A continuación, se presenta un resumen

de los resultados:

(1) Un material de aluminio estructural común se puso a prueba en función del ciclo para desarrollar una histéresis para su uso en la creación de un modelo constitutivo para el modelado numérico cíclico. Excelente correlación se ilustró con una combinación de modelo de endurecimiento no lineal general utilizando simulaciones de elementos finitos. Los resultados de las pruebas indicaron que la reducción de endurecimiento por deformación monotónica y endurecimiento cíclico insignificante forman un 6061-T6511 candidato potencialmente adecuado para aplicaciones sísmicas.

(2) Se realizó una importante contribución al modelado del comportamiento de BRB mediante simulaciones numéricas de elementos finitos para verificar los métodos de diseño basados en analítica existente. Los resultados numéricos monotónicos indicaron que un grado de conservadurismo de dos o más se requiere para que se justifique la longitud de la riostra al utilizar los métodos analíticos propuestos para justificar la no linealidad, pandeo local geométrico y material en el núcleo sin restricciones y limitar la tensión de flexión transversal en el moderador. Los modelos de pandeo SDOF y de Euler lograron resultados similares con una diferencia del 13%. Se recomendó una investigación adicional para examinar el efecto que diferentes longitudes de riostras tienen sobre el grado de conservadurismo necesario para lograr un rendimiento de BRB.

(3) El momento extremo aplicado de BRB se cuantificó utilizando un procedimiento de límite superior, en lugar de llevar a cabo un análisis específico del armazón con el fin de justificar la torsión en piso dos veces mayor que el máximo de 2.5% indicado en los códigos de construcción típicos. La demanda de moderador del momento extremo aplicado se determinó mediante simulaciones monotónicas para ser una de la superposición lineal con la demanda de pandeo convencional. La rigidez requerida adicional de 34.4 a 37.2 kN/m por unidad de ψ se requería para la longitud de riostra examinada. Esta relación demuestra que mantiene las relaciones de longitud de moderador de $\gamma = 0.3$ y 0.5 que indican que puede existir un potencial para utilizar el método como diseño rápido y fácil para tener en cuenta los efectos del momento extremo en el rendimiento de BRB.

(4) Las simulaciones cíclicas indicaron que el rendimiento fiable de BRB se logró con una eficiencia de aproximadamente 90% en comparación con una histéresis ideal trapezoidal si se proporcionaba una rigidez de moderador adecuada. Los valores más bajos de 53% a 83% eran típicos con una restricción

inadecuada con la mayor parte de la ductilidad acumulada produciendo fluencia en las excursiones de tensión. Las deformaciones de materiales obtenidas en las simulaciones se correlacionan bastante bien con las estimaciones por métodos analíticos simples y fueron aproximadamente de +3.2% a -2.52% para la torsión en piso del diseño. Las deformaciones de material demostraron ser asimétricas debido a la tensión de trinquete causada por flexión transversal.

En vista de las muchas modalidades posibles a las cuales pueden aplicarse los principios descritos, debe reconocerse que las modalidades ilustradas son solamente ejemplos preferidos y no deben tomarse como limitantes en su alcance. Más bien, el alcance de protección se define por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una riostra de pandeo restringido, caracterizada porque comprende:

un miembro de núcleo que tiene dos extremos opuestos;

secciones de miembro moderador de núcleo configuradas para disponerse alrededor del miembro de núcleo;

un miembro de camisa que comprende polímeros de fibra reforzada configurados para que se envuelvan alrededor de las secciones de miembro moderador de núcleo y miembro de núcleo para acoplar las secciones de miembro moderador de núcleo al miembro de núcleo, en donde las secciones de miembro moderador de núcleo y miembro de camisa cooperan para proporcionar mayor resistencia al pandeo del miembro de núcleo cuando la riostra se somete a compresión.

2. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque la riostra tiene un peso de menos de aproximadamente 50% de un peso de una riostra de pandeo restringido convencional de longitud similar y que tiene un núcleo de acero y un miembro moderador de núcleo tubular lleno de mortero de áreas en sección transversal comparables, respectivamente.

3. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo tiene una sección transversal que define al menos un par de espacios opuestos configurados para recibir un número respectivo de secciones de miembro moderador de núcleo.

4. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo tiene una sección transversal en forma de T que define dos espacios opuestos, en donde cada uno de los dos espacios se configura para recibir una de las secciones de moderador de núcleo.

5. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 4, caracterizada porque el miembro de núcleo se compone de dos sub-miembros en ángulo que definen una forma de T cuando se colocan adyacentes entre sí.

6. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo tiene una sección transversal que define al menos cuatro espacios separados, en donde cada uno

de los espacios se configura para recibir una de las secciones de moderador de núcleo.

7. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo se compone de cuatro sub-miembros en ángulo, y los sub-miembros en ángulo se disponen de tal manera que los vértices se encuentran adyacentes entre sí en una sección transversal del miembro de núcleo.

8. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo se compone de dos sub-miembros en forma de T, y los sub-miembros en forma de T se disponen opuestos entre sí en una sección transversal del miembro de núcleo.

9. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque los miembros moderadores de núcleo son tubulares y tienen una sección transversal rectangular.

10. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque los miembros moderadores de núcleo son tubulares y tienen una sección transversal circular.

11. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de camisa se dimensiona para extenderse sobre una porción intermedia del miembro de núcleo entre los dos extremos opuestos.

12. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo se forma de un material dúctil.

13. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo se forma de una aleación de aluminio.

14. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo comprende al menos dos secciones de miembro de núcleo, que además comprende al menos un miembro separador colocado entre las secciones de miembro de núcleo.

15. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 14, caracterizada porque al menos un miembro separador se forma de al menos uno de un material plástico y polímeros de fibra reforzada.

16. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de camisa comprende al menos

una capa de material de tela aplicado a diferentes ángulos con respecto al miembro de núcleo.

17. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de camisa comprende al menos una capa de material de tela aplicado a un ángulo de aproximadamente 30 grados con respecto a un eje del miembro de núcleo.

18. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo se configura para disipar la energía sísmica a través de deformación plástica cíclica sustancialmente reversible.

19. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo, las secciones de miembro moderador de núcleo, y el miembro de camisa se construyen de materiales seleccionados para reducir la corrosión a causa de la exposición a condiciones ambientales.

20. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo, las secciones de moderador de núcleo y el miembro de camisa se configuran para permitir que el núcleo y las secciones de moderador de núcleo se trasladen con respecto entre sí bajo condiciones de carga predefinidas, impuestas a la riostra.

RESUMEN

Una riostra de pandeo restringido comprende un miembro de núcleo, secciones de miembro moderador de núcleo y un miembro de camisa. El miembro de núcleo tiene dos extremos opuestos. Las secciones de miembro moderador de núcleo se configuran para disponerse alrededor del miembro de núcleo. El miembro de camisa comprende polímeros de fibra reforzada configurados para que se envuelvan alrededor de las secciones de miembro moderador de núcleo y el miembro de núcleo para acoplar las secciones de miembro moderador de núcleo al miembro de núcleo de tal manera que las secciones de miembro moderador de núcleo y el miembro de camisa cooperan para proporcionar mayor resistencia al pandeo del miembro de núcleo cuando la riostra se somete a compresión. En algunas implementaciones, la riostra tiene un peso de menos de aproximadamente 50% de un peso de riostra de pandeo restringido convencional de longitud similar y que tiene un núcleo de acero y miembro moderador de núcleo tubular lleno de mortero de áreas en sección transversal comparables, respectivamente.

REIVINDICACIONES MODIFICADAS ART. 19

1. Una riostra de pandeo restringido, caracterizada porque comprende:

un miembro de núcleo que tiene dos extremos opuestos;

secciones de miembro moderador de núcleo que tienen una sección transversal rectangular y se configuran para disponerse alrededor del miembro de núcleo;

un miembro de camisa que comprende polímeros de fibra reforzada configurados para que se envuelvan alrededor de las secciones de miembro moderador de núcleo y el miembro de núcleo para acoplar las secciones de miembro moderador de núcleo al miembro de núcleo, en donde las secciones de miembro moderador de núcleo y el miembro de camisa cooperan para proporcionar mayor resistencia al pandeo del miembro de núcleo cuando la riostra se somete a compresión.

2. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque la riostra tiene un peso de menos de aproximadamente 50% de un peso de una riostra de pandeo restringido convencional de longitud similar y que tiene un núcleo de acero y miembro moderador de núcleo tubular lleno de mortero de áreas en sección transversal comparables, respectivamente.

3. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo tiene una sección transversal que define al menos un par de espacios opuestos configurados para recibir un número respectivos de secciones de miembro moderador de núcleo.

4. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo tiene una sección transversal en forma de T que define dos espacios opuestos, en donde cada uno de los dos espacios se configura para recibir una de las secciones de moderador de núcleo.

5. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 4, caracterizada porque el miembro de núcleo se compone de dos sub-miembros en ángulo que definen una forma de T cuando se colocan adyacentes entre sí.

6. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo tiene una sección

transversal que define al menos cuatro espacios separados, en donde cada uno de los espacios se configura para recibir una de las secciones de moderador de núcleo.

7. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo se compone de cuatro sub-miembros en ángulo, y los sub-miembros en ángulo se disponen de tal manera que los vértices se encuentran adyacentes entre sí en una sección transversal del miembro de núcleo.

8. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo se compone de dos sub-miembros en forma de T, y los sub-miembros en forma de T se disponen opuestos entre sí en una sección transversal del miembro de núcleo.

9. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque las secciones de miembros moderadores de núcleo son tubulares.

10. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque las secciones de miembros moderadores de núcleo se separan entre sí.

11. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de camisa se dimensiona para extenderse sobre una porción intermedia del miembro de núcleo entre los dos extremos opuestos.

12. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo se forma de un material dúctil.

13. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo se forma de una aleación de aluminio.

14. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo comprende al menos dos secciones de miembro de núcleo, que además comprende al menos un miembro separador colocado entre las secciones de miembro de núcleo.

15. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 14, caracterizada porque al menos un miembro separador se forma de al menos uno de un material plástico y polímeros de fibra reforzada.

16. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la

reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de camisa comprende al menos una capa de material de tela aplicado a diferentes ángulos con respecto al miembro de núcleo.

17. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo se configura para disipar la energía sísmica a través de deformación plástica cíclica sustancialmente reversible.

18. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo, las secciones de miembro moderador de núcleo, y el miembro de camisa se construyen de materiales seleccionados para reducir la corrosión a causa de la exposición a condiciones ambientales.

19. La riostra de pandeo restringido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizada porque el miembro de núcleo, las secciones de moderador de núcleo y el miembro de camisa se configuran para permitir que el núcleo y las secciones de moderador de núcleo se trasladen con respecto entre sí bajo condiciones de carga predefinidas, impuestas a la riostra.

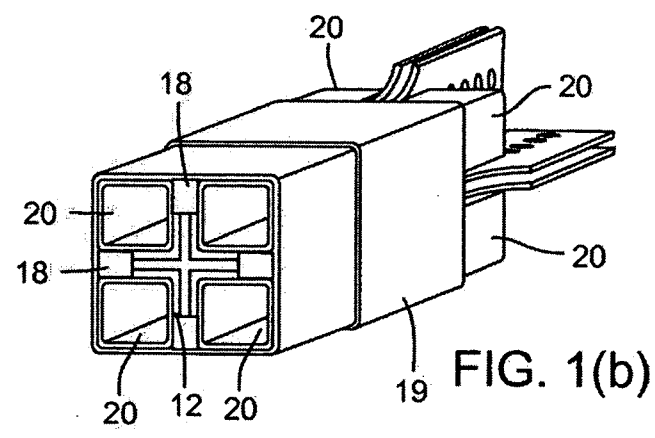
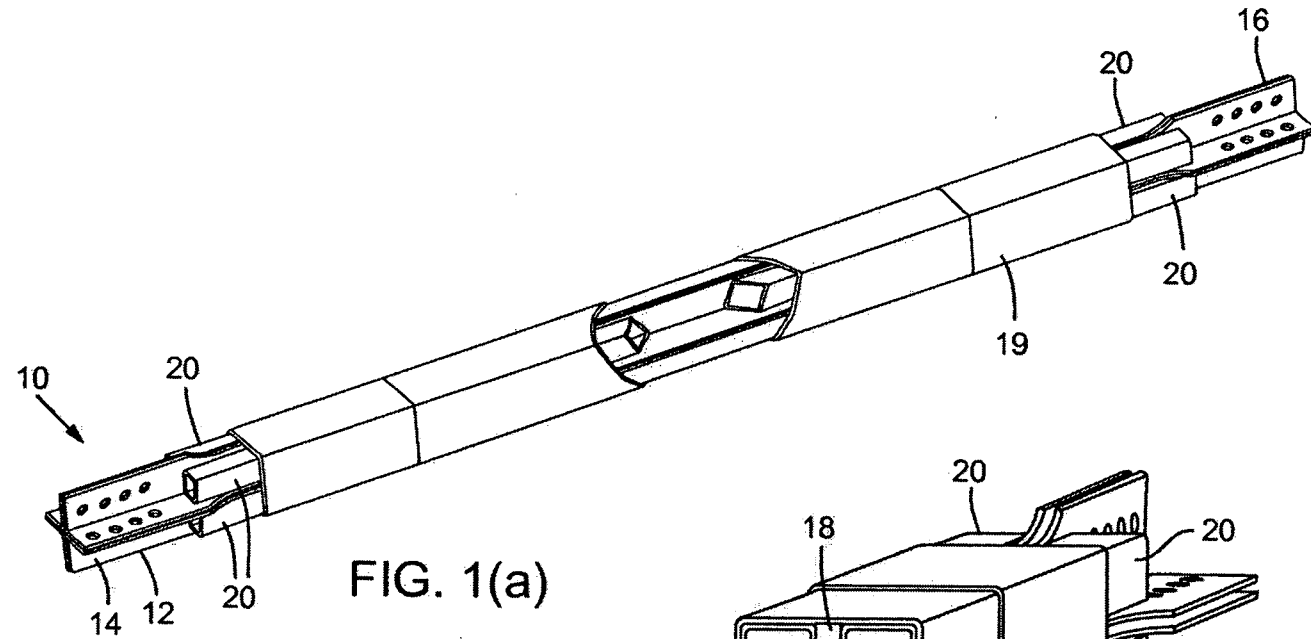
20. Una riostra de pandeo restringido, caracterizada porque comprende:

un miembro de núcleo que tiene dos extremos opuestos;

secciones de miembro moderador de núcleo que tienen una sección transversal simétrica y se configuran para disponerse alrededor del miembro de núcleo;

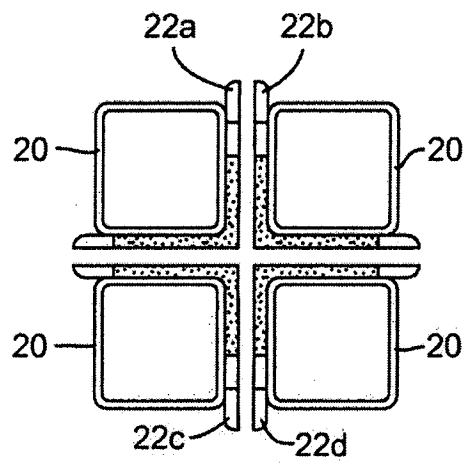
un miembro de camisa que comprende polímeros de fibra reforzada configurados para que se envuelvan alrededor de las secciones de miembro moderador de núcleo y el miembro de núcleo para acoplar las secciones de miembro moderador de núcleo al miembro de núcleo, en donde las secciones de miembro moderador de núcleo y el miembro de camisa cooperan para proporcionar una mayor resistencia al pandeo del miembro de núcleo cuando la riostra se somete a compresión.

32



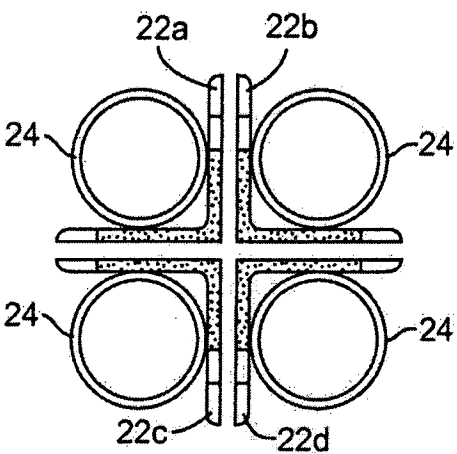
1/20

32



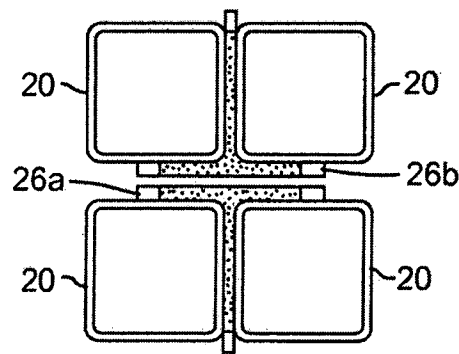
4 ángulos con tubos cuadrados

FIG. 1(c)



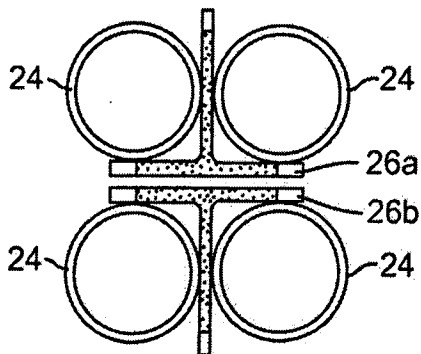
4 ángulos con tubos redondos

FIG. 1(d)



2 ts con tubos cuadrados

FIG. 1(f)



2 ts con tubos redondos

FIG. 1(e)

39

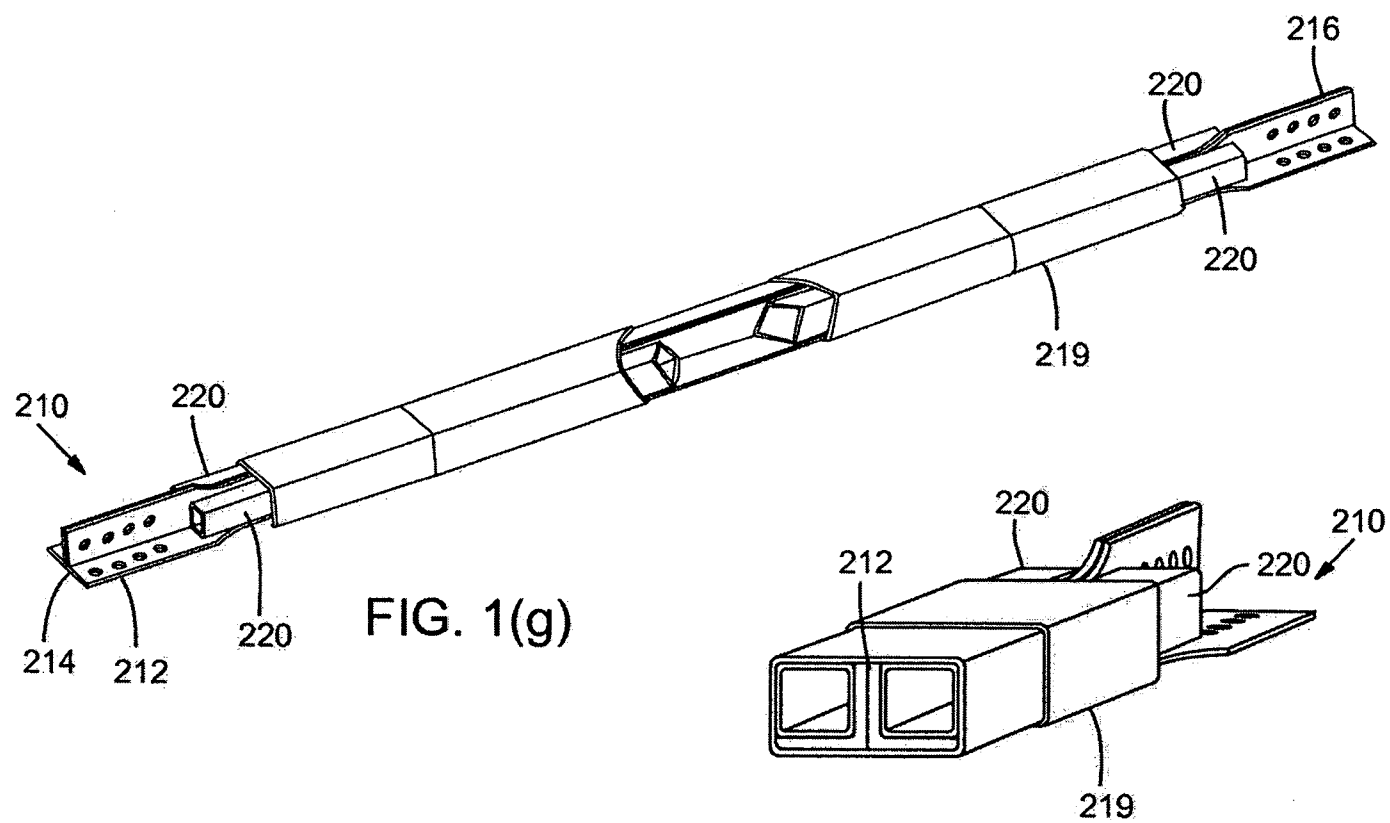


FIG. 1(g)

FIG. 1(h)

3/20

39

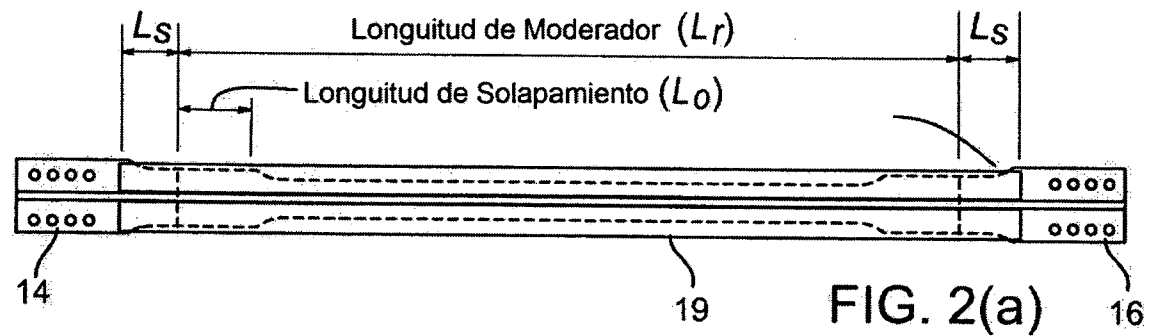


FIG. 2(a)

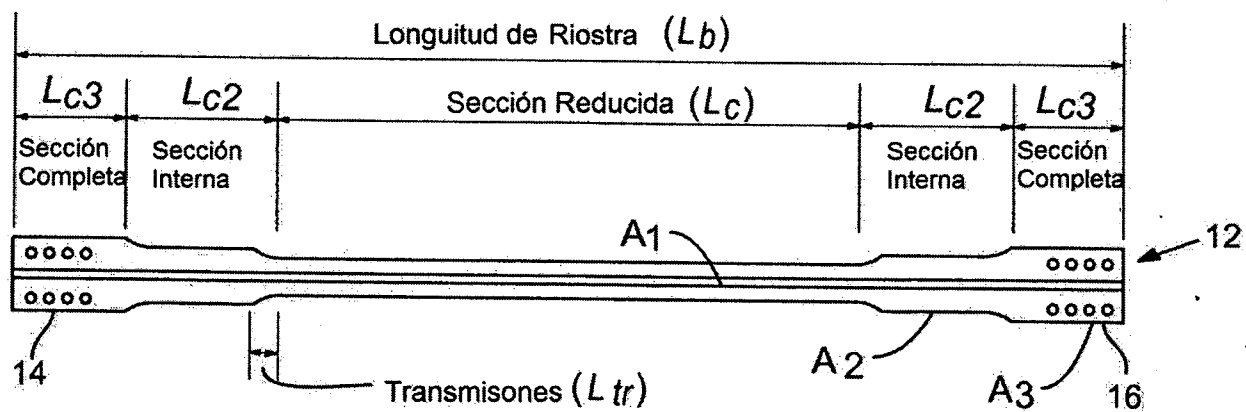


FIG. 2(b)

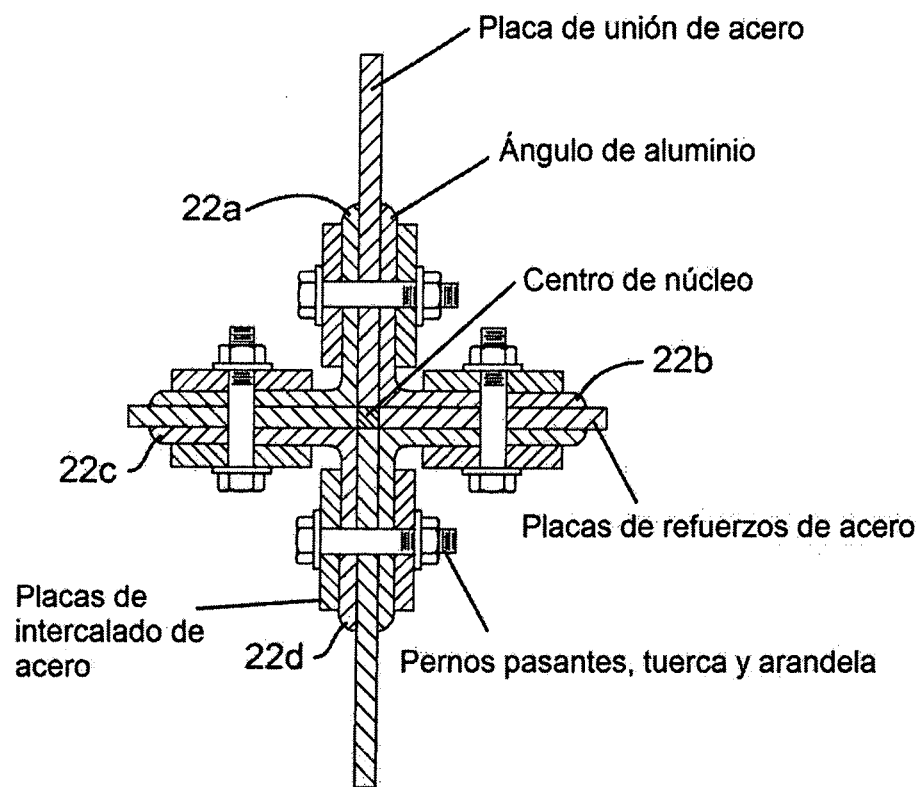


FIG. 2(c)

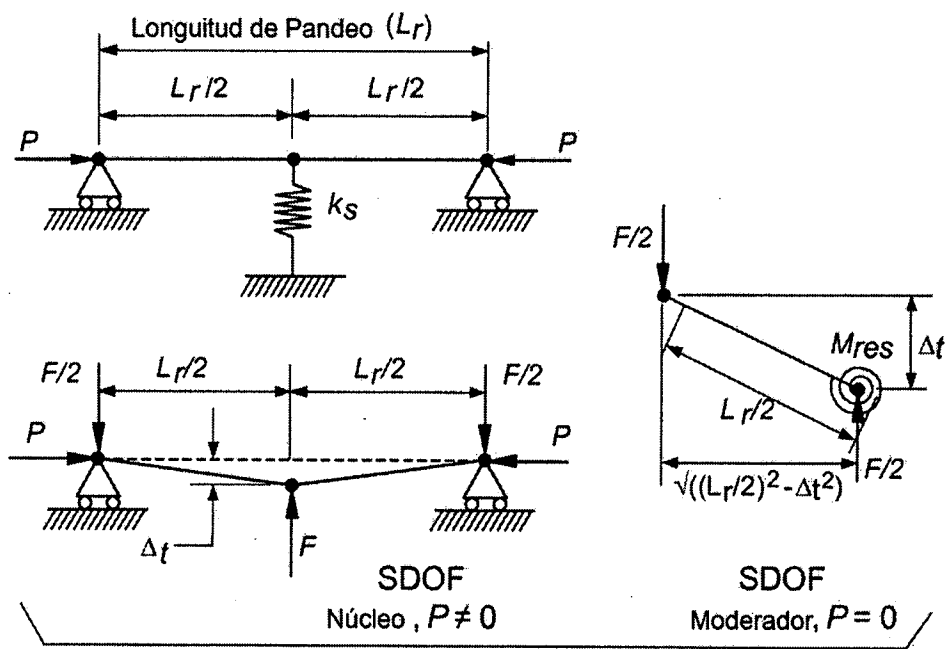


FIG. 3(a)

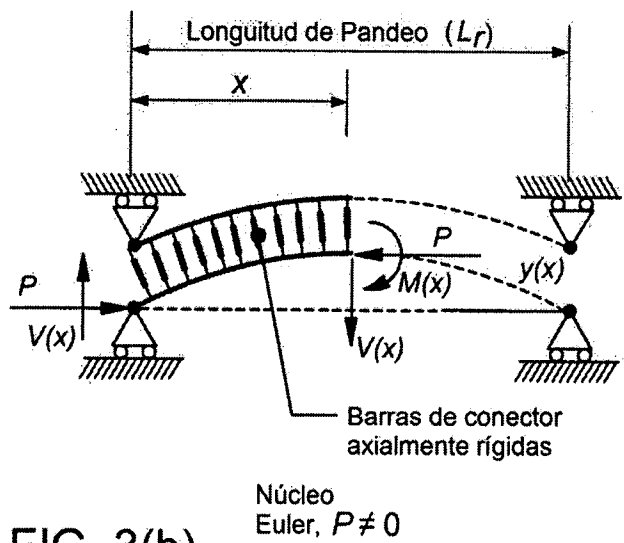
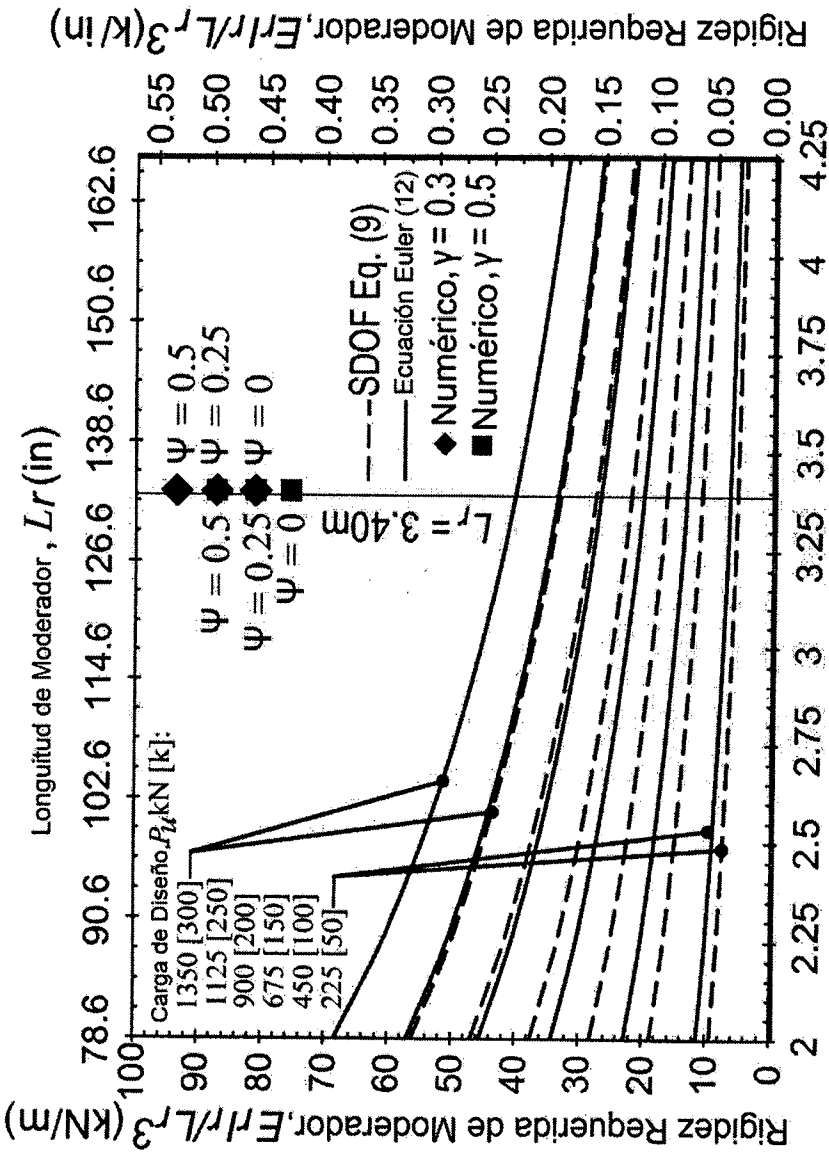


FIG. 3(b)

43

43

7/20



Longitud de Moderador, L_r (m) FIG. 4

44

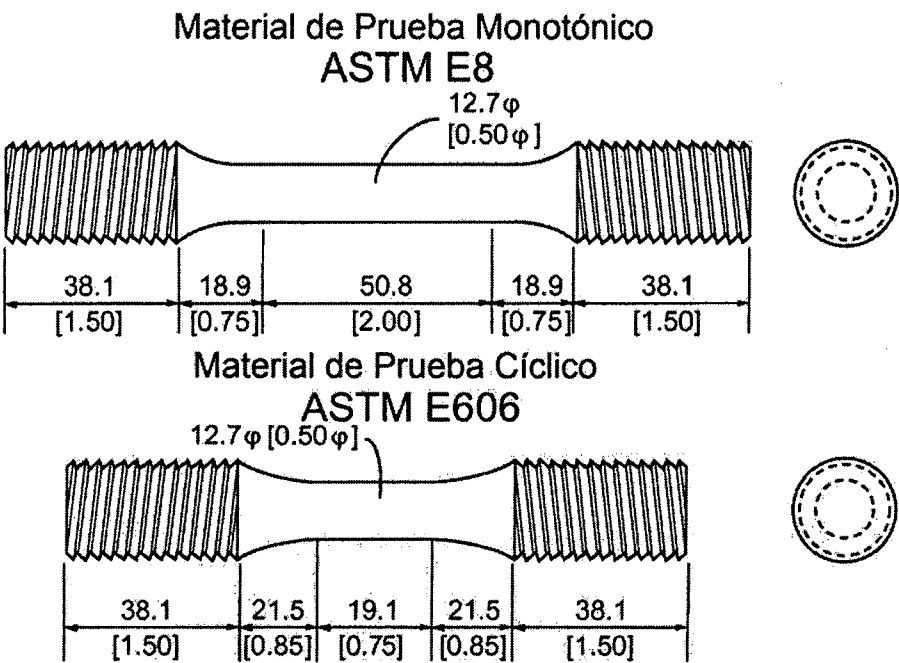


FIG. 5(a)

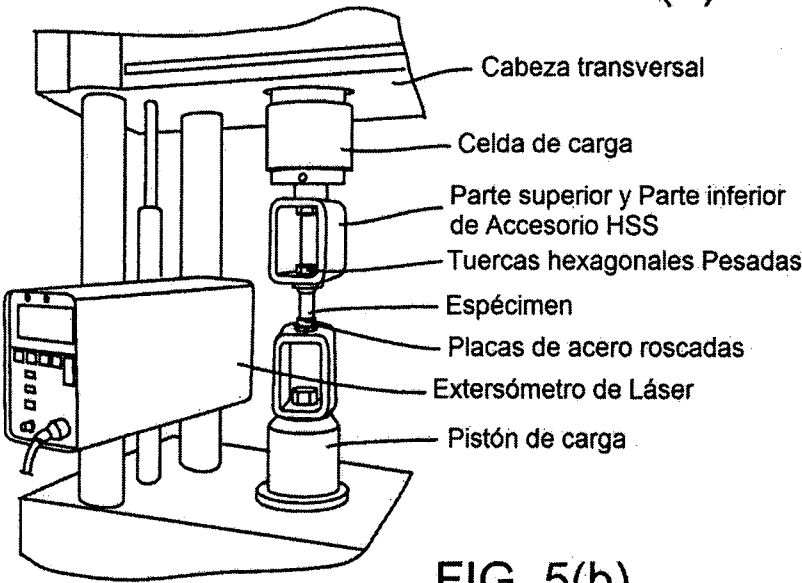
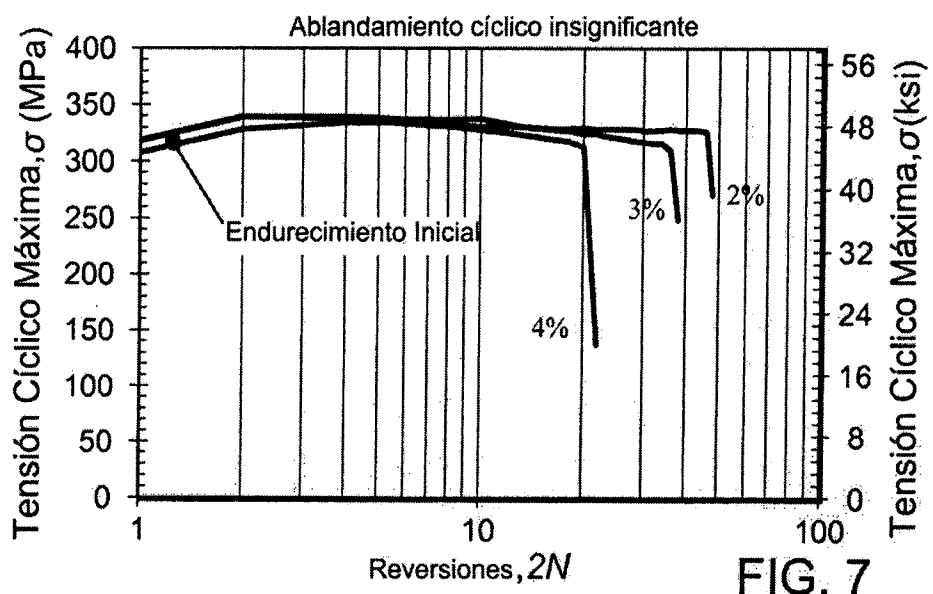
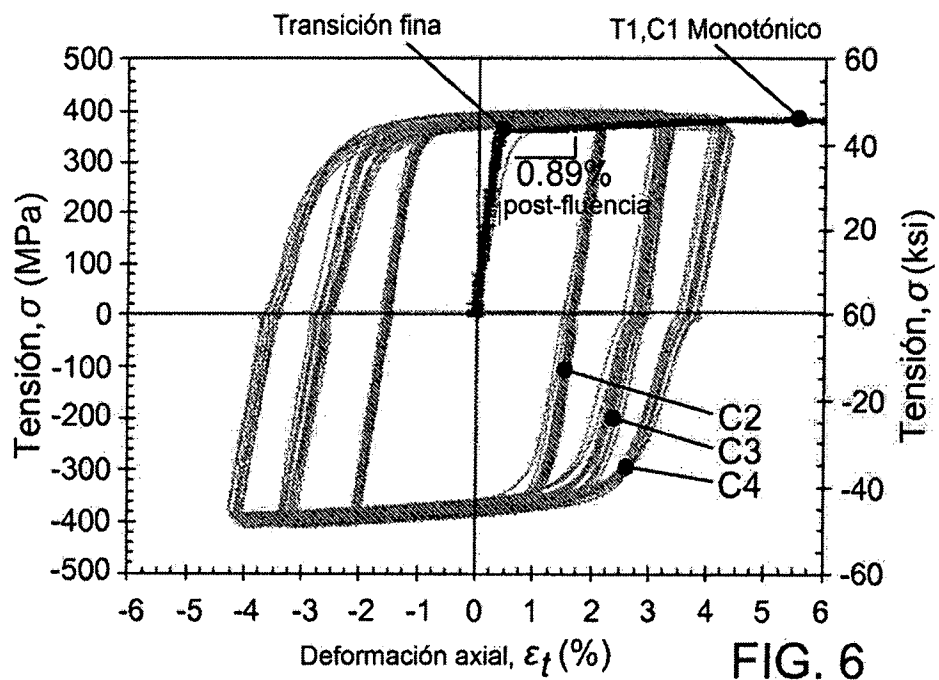


FIG. 5(b)

CP

9/20



46

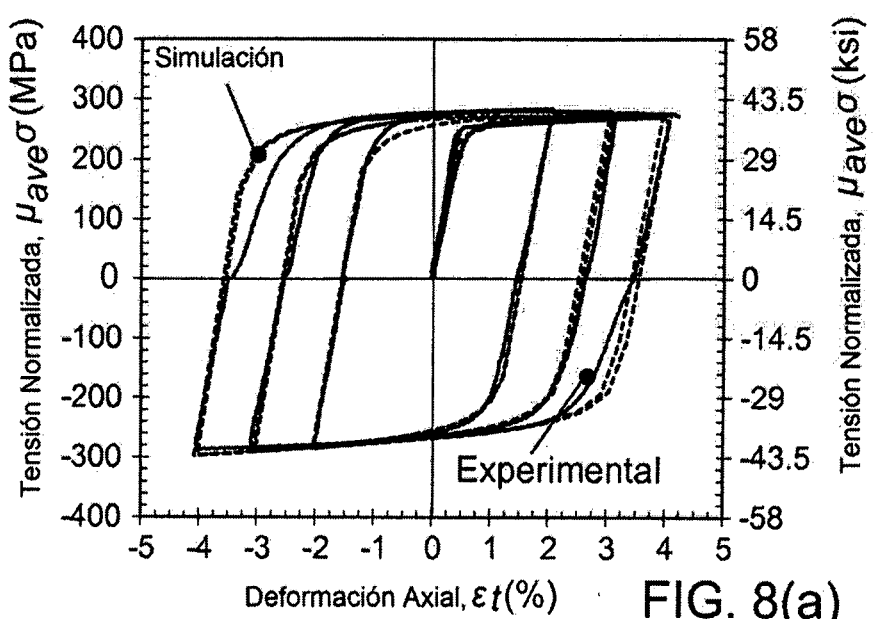


FIG. 8(a)

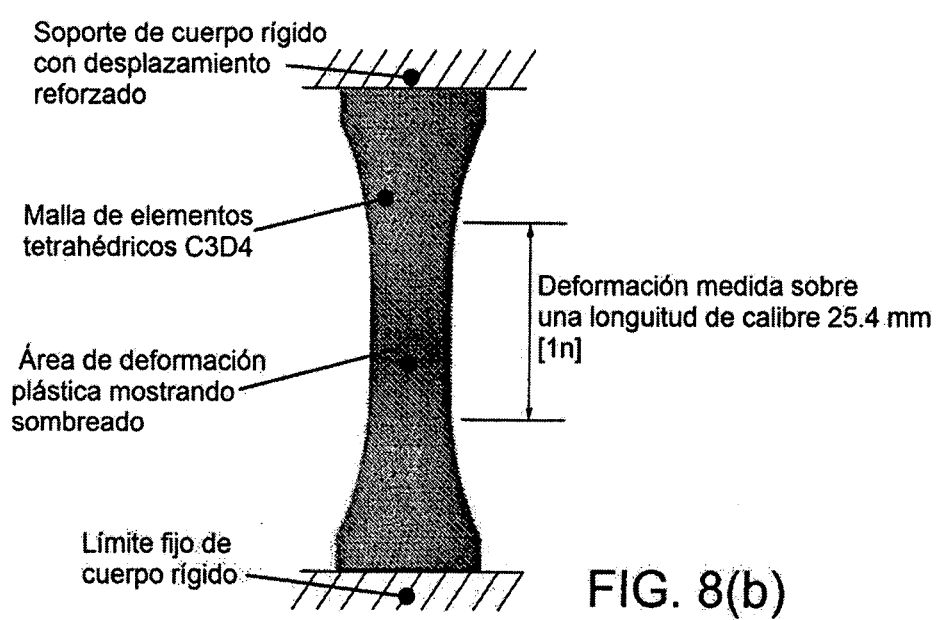
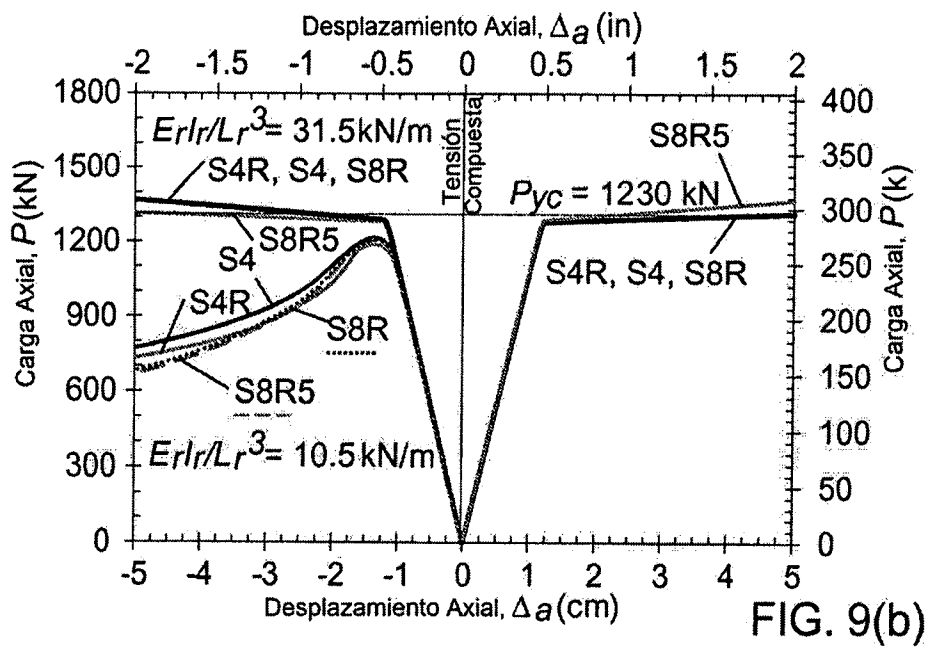
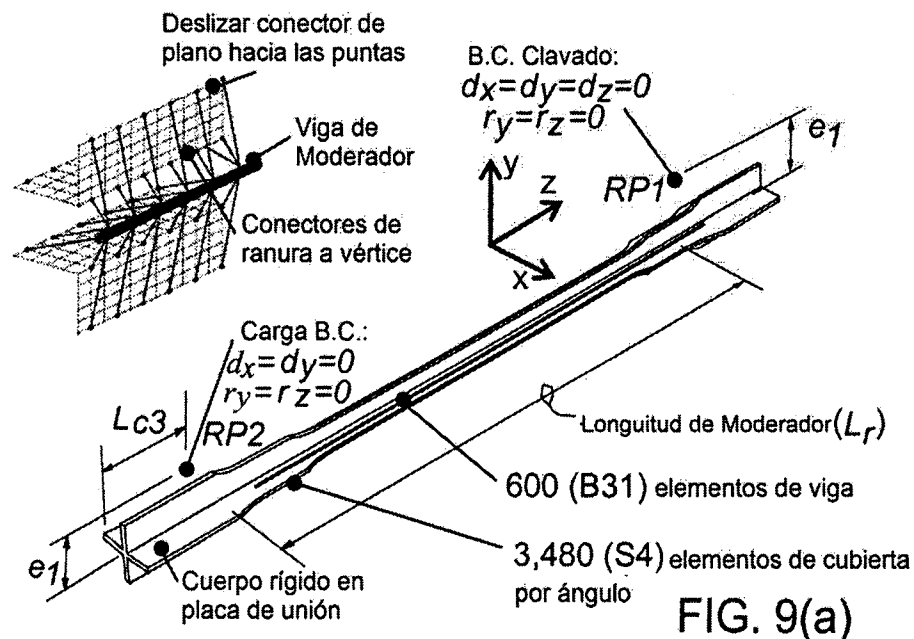


FIG. 8(b)

42



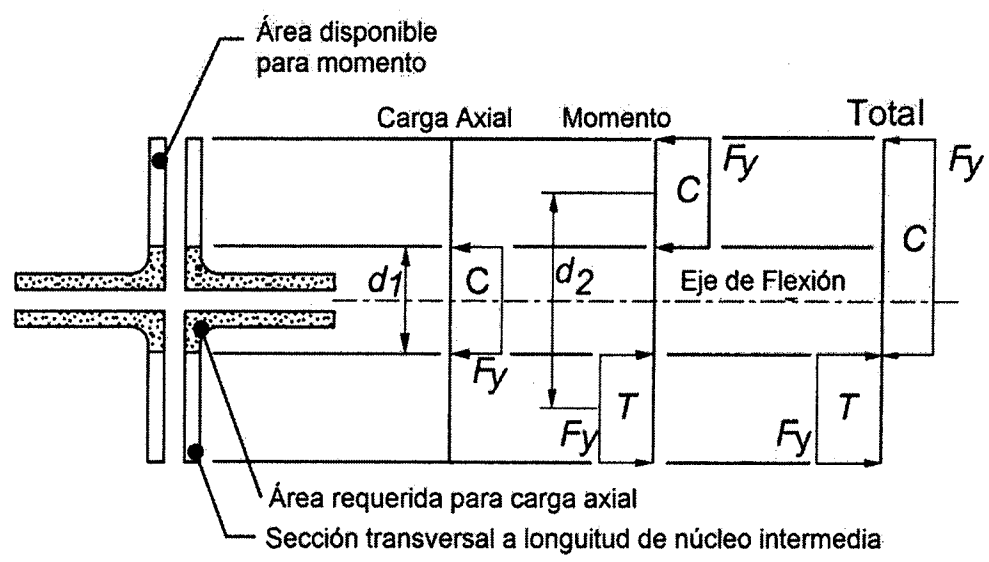


FIG. 10(a)

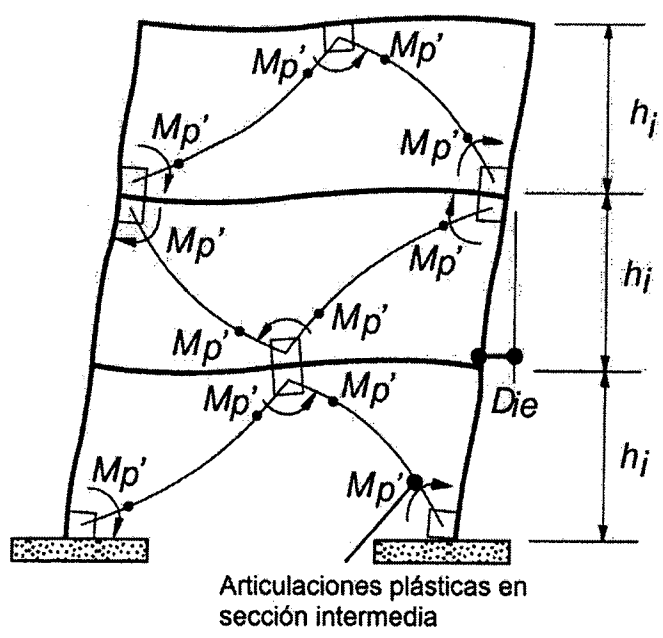
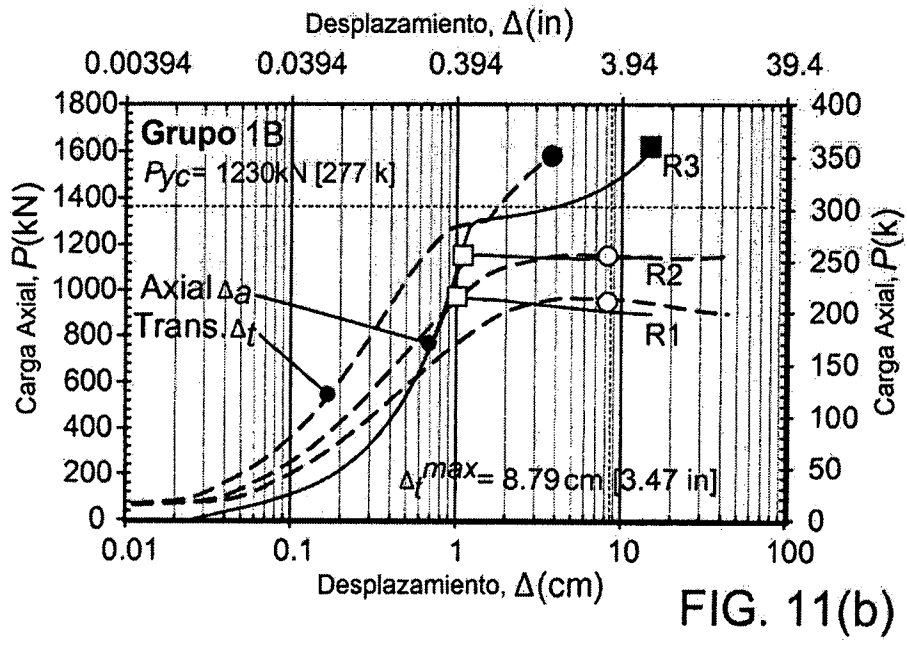
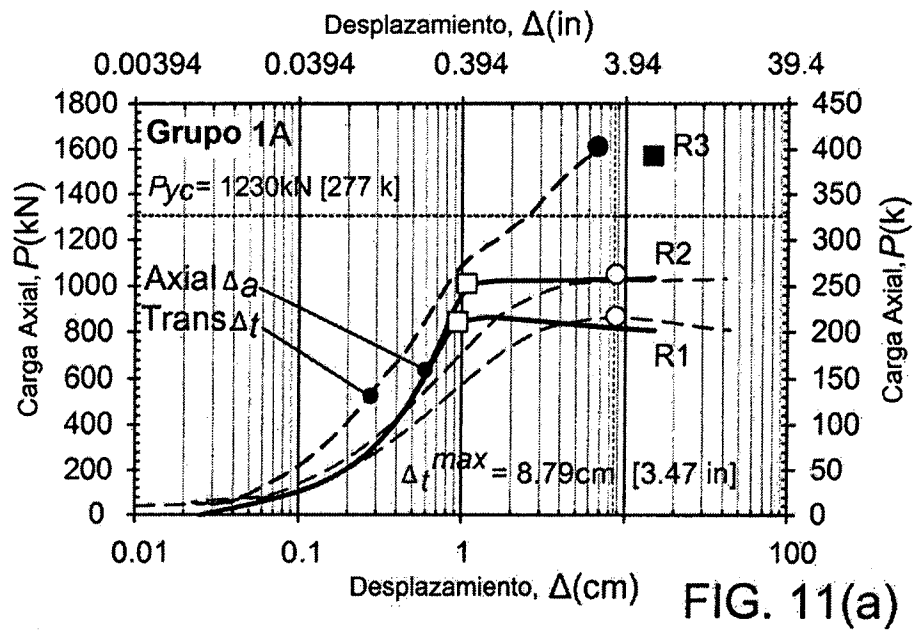


FIG. 10(b)



80

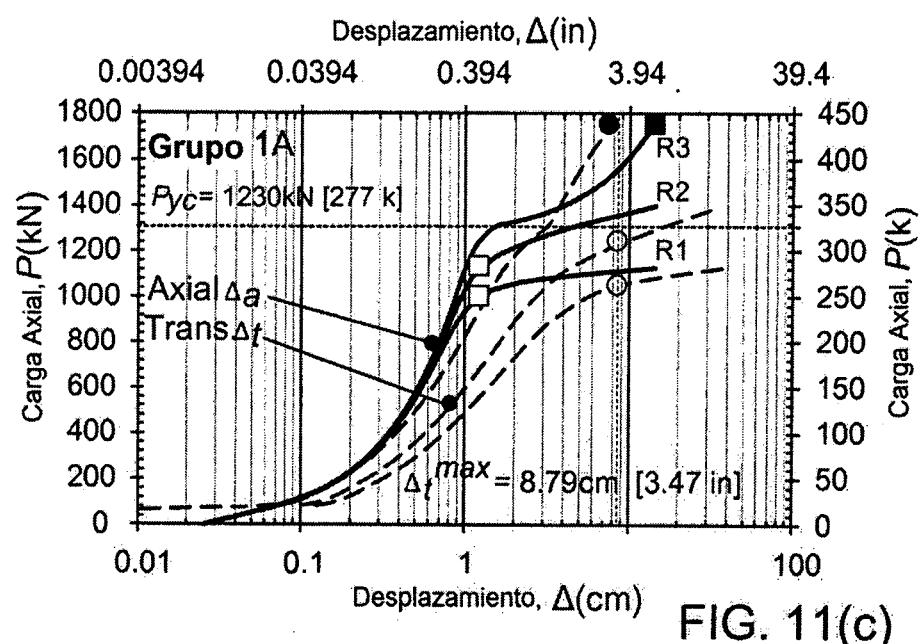


FIG. 11(c)

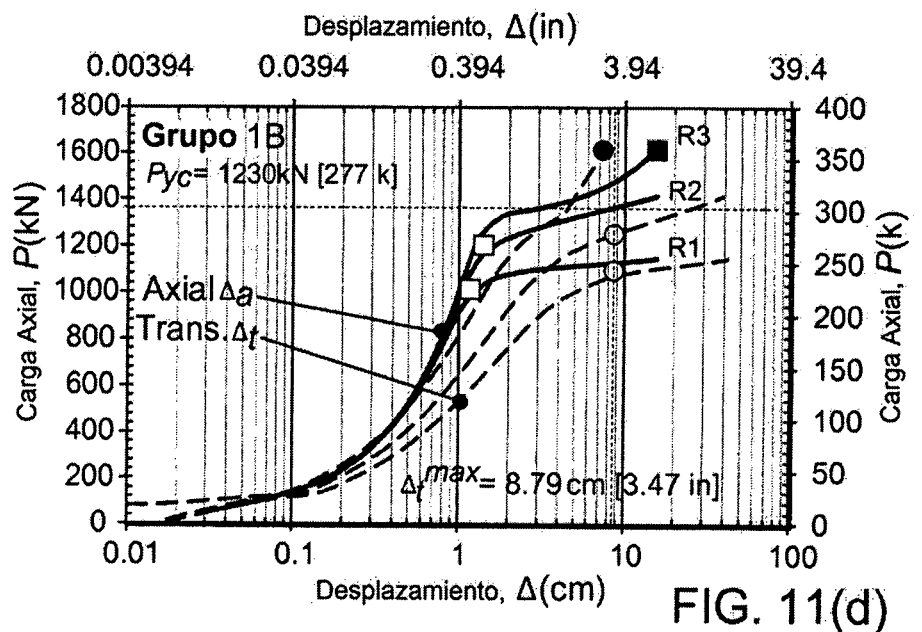
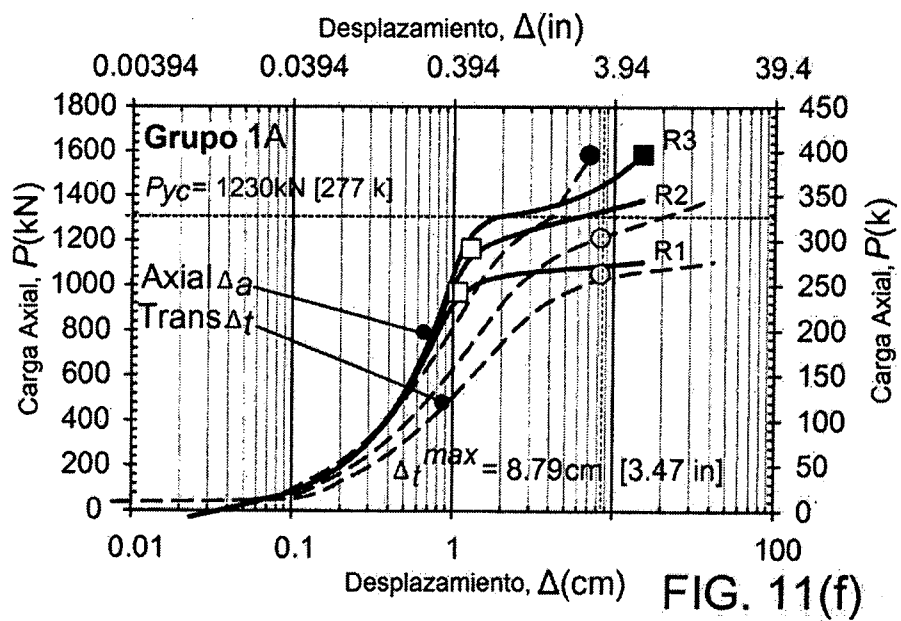
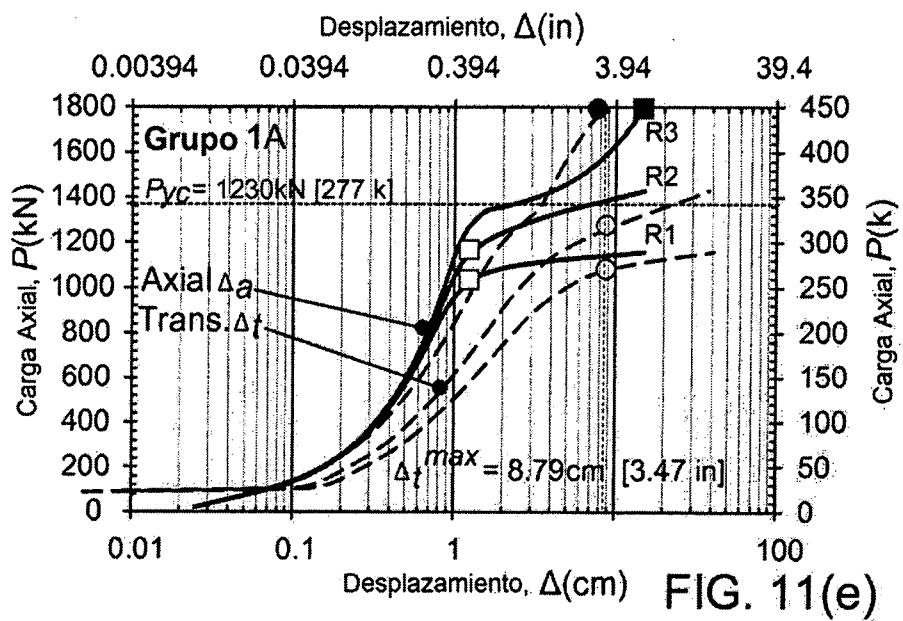


FIG. 11(d)



52

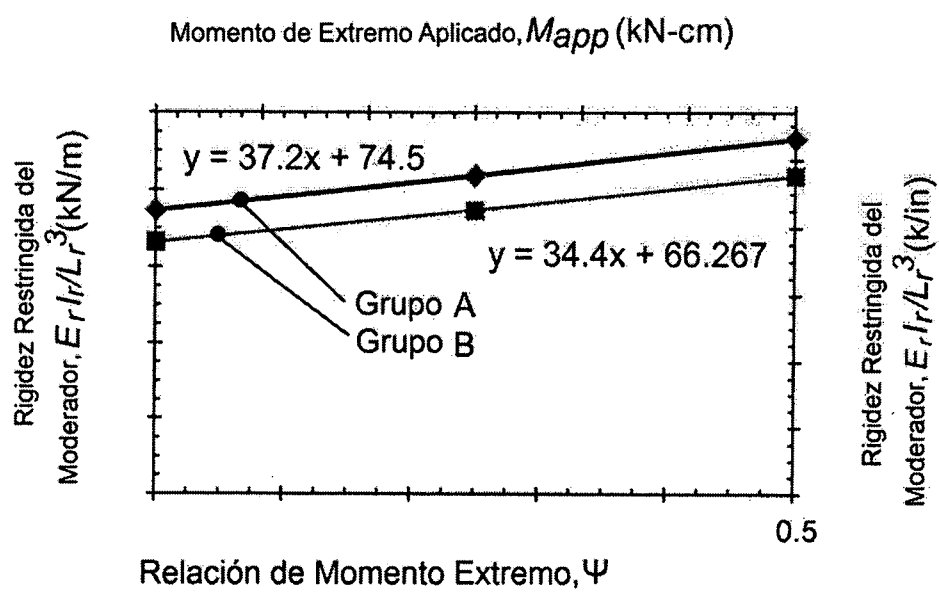
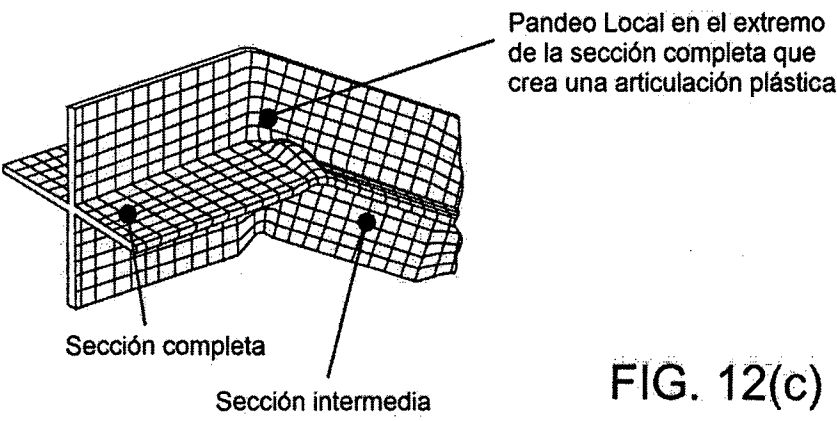
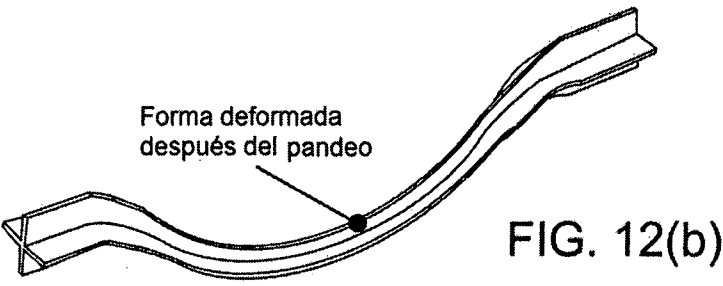
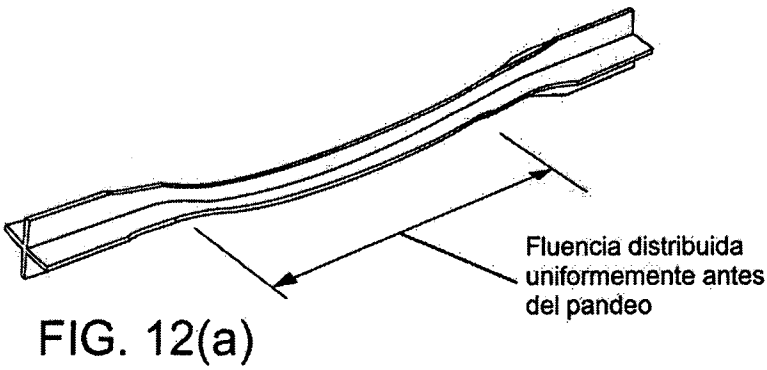


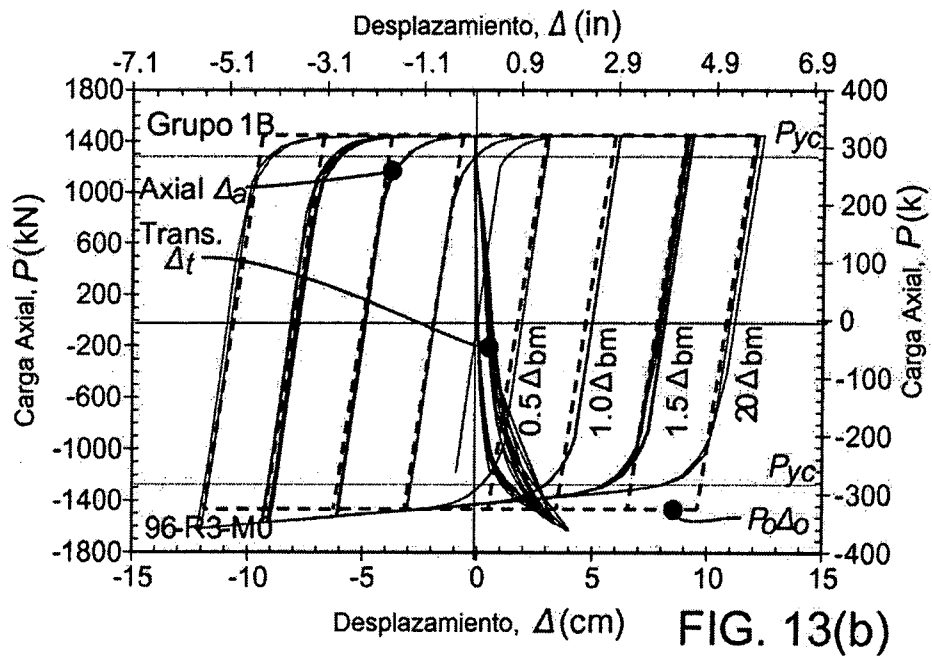
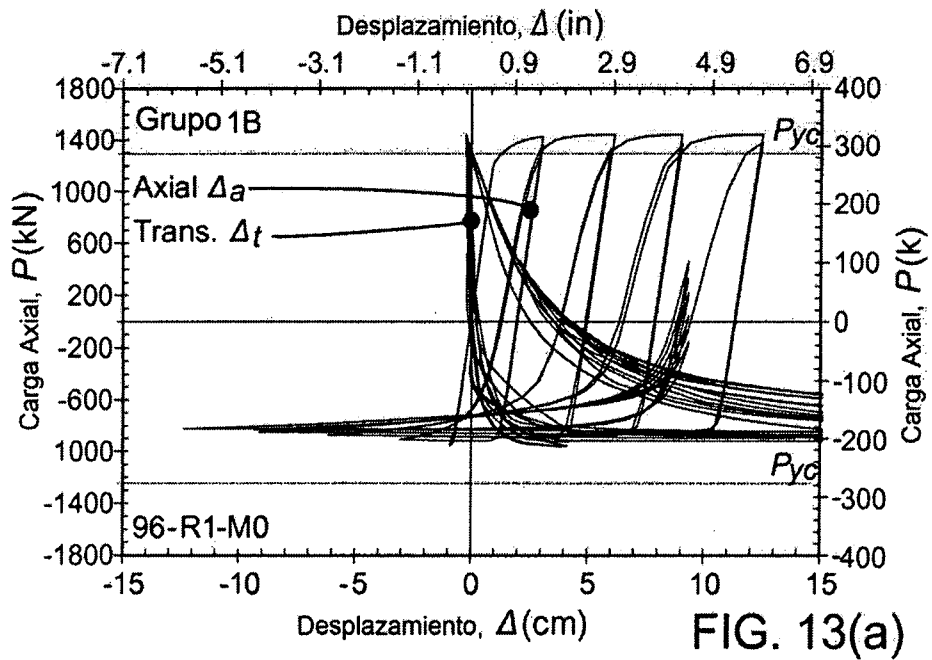
FIG. 11(g)

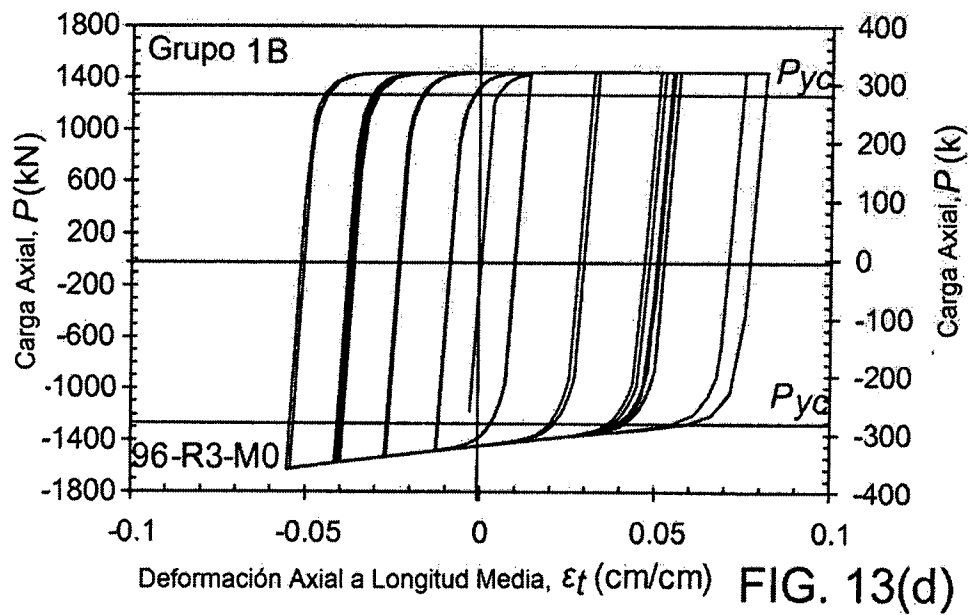
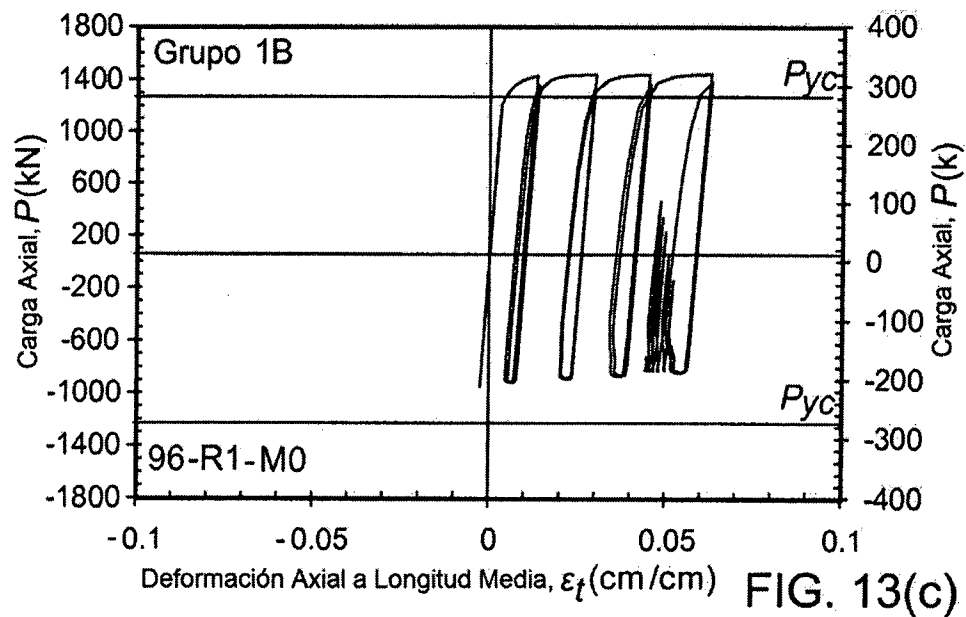
53



54

18/20





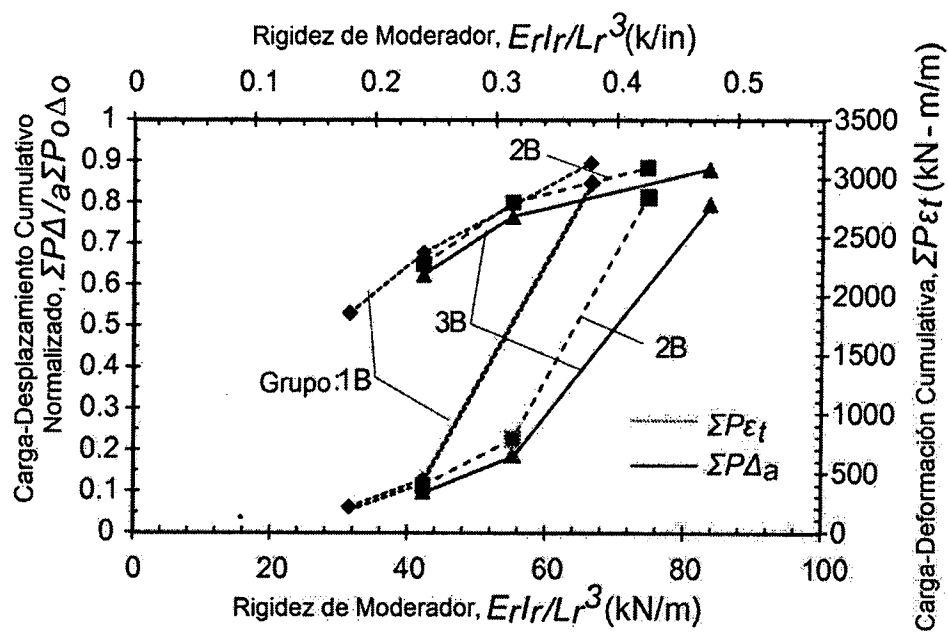


FIG. 13(e)

A S S I G N M E N T

WHEREAS, PETER DUSICKA, a citizen of Canada whose post office address is 13065 SW Foothill Drive, Portland, Oregon 97225 (hereinafter referred to as "Assignor"), has invented certain new and useful invention(s) regarding BUCKLING RESTRAINED BRACE WITH LIGHTWEIGHT CONSTRUCTION for which a PCT application was filed on January 4, 2013 and given PCT Application No. PCT/US2013/020364, which claims priority to US Provisional Application No. 61/584,066, filed on January 6, 2012 (I hereby authorize Assignee to complete any blank fields in this recital when known); and

WHEREAS, the OREGON STATE BOARD OF HIGHER EDUCATION ACTING BY AND THROUGH PORTLAND STATE UNIVERSITY (hereinafter referred to as "Assignee"), having a principle business address of 1721 SW Broadway, Portland Oregon 97207-0751, is desirous of acquiring the entire right, title, and interest in the same;

NOW, THEREFORE, for good and valuable consideration paid by Assignee, the receipt and sufficiency of which is hereby acknowledged, Assignor does hereby grant and assign unto Assignee and Assignee does hereby accept the entire right, title and interest in the above-identified Application(s) and in all patent applications based thereupon, including, but not limited to, any non-provisionals, divisions, continuations, continuations-in-part of said application(s), reissues or extensions of Letters Patent or Patents granted thereon, and in all corresponding applications filed in countries foreign to the United States, and in all patents issuing there from in the United States and foreign countries. Assignee also hereby acquires the right, power and authority to file and prosecute U.S. and foreign patent applications on the invention(s) listed above in its own name, including the right to file and prosecute International Applications under the Patent Cooperation Treaty, and the right to file and prosecute applications under the European Patent Convention, wherever such right may be legally exercised, including the right to claim the priority and benefits of the International Convention for such applications or patent. Assignee also hereby acquires the right to bring actions for infringement of any right in said invention(s) above in its own name, including past infringement, in any jurisdiction.

It is hereby authorized and requested that the United States Commissioner for Patents and Trademarks, who is duly authorized to issue any Letters Patent on said invention(s), and such Patent Office officials in foreign countries as are duly authorized by their patent laws to

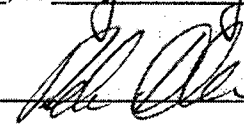
issue patents, recognize and record that Assignee is the owner of the entire right, title, and interest to the inventions listed above, for the sole use and benefit of Assignee, its successors, assigns, and legal representatives, to the full end of the term for which said Letters Patent are, or may be, granted, as fully and entirely as the same would have been held by Assignor had this assignment and sale not been made.

Assignor hereby confirms that at the time the invention(s) were made, they were under an obligation to assign the invention(s) to Assignee.

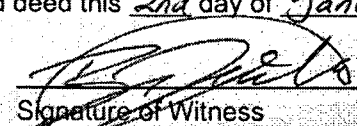
Assignor hereby agrees, without further consideration and without expense to Assignor, to sign all lawful papers and to perform all other lawful acts which the Assignee may request in order to make this Assignment fully effective, including, by way of example but not of limitation, the following: prompt execution of all original, divisional, substitution, reissue, and other United States and foreign patent applications; cooperation to the best of Assignor's ability in executing all other lawful documents pertaining to the inventions listed above; and producing evidence in any actions or proceedings concerning the invention, including, but not limited to, nullification, reissuance, extension, and infringement proceedings involving the invention(s) listed above.

Assignor represents that it has not transferred, licensed or otherwise granted any rights of any kind in the invention(s), to any other party.

This assignment and agreement shall be binding upon our heirs and legal representatives.

Executed this 2nd day of January, 2013, at Honeymoon Bay, British Columbia
Canada

Peter Dusicka

Before me Peter Dusicka, who is personally known to me, signed and acknowledged the foregoing instrument to be his own free act and deed this 2nd day of January, 2013.


Signature of Witness

Full Name: Barbara Claire Dusicka

**TRADUCCIÓN AL ESPAÑOL DEL DOCUMENTO DE CESIÓN A OREGON
STATE BOARD OF HIGHER EDUCATION ACTING BY AND THROUGH
PORTLAND STATE UNIVERSITY, firmado por el cedente y el cesionario.**

CESIÓN

CONSIDERANDO QUE, PETER DUSICKA, un ciudadano de Canadá cuya dirección postal es 13065 Sw Foothill Drive, Portland, Oregon 97225 (en adelante referido como "Cedente"), ha inventado ciertas invenciones nuevas y útiles relacionado con una RIOSTRA DE PANDEO RESTRINGIDO CON CONSTRUCCIÓN LIGERA, para la cual se presentó una solicitud PCT el 04 de enero de 2013 y asignado el número PCT/US2013/020364, la cual reivindica prioridad de la solicitud US provisional No. 61/584,066 presentada el 06 de enero de 2012 (yo por la presente autorizo al Cesionario a completar cualquier campo en blanco en este documento cuando se conozca); y

CONSIDERANDO QUE, OREGON STATE BOARD OF HIGHER EDUCATION ACTING BY AND THROUGH PORTLAND STATE UNIVERSITY (en adelante referido como "Cesionario") que tiene oficina principal de negocios en 1721 Sw Broadway, Portland, Oregon 97207-0751, desea adquirir el derecho, título e interés total en la misma;

AHORA POR LO TANTO, por una consideración buena y valiosa pagada por parte del Cesionario, el recibo y la suficiencia de la cual por la presente se reconoce, el Cedente por la presente otorga y cede al Cesionario y el Cesionario por la presente acepta el derecho, título e interés total en la solicitud identificada arriba y en todas las solicitudes de patente con base en la misma, incluido, pero no limitado a, cualquier no provisional, división, continuación, continuación en parte de dichas solicitudes, reexpediciones o extensiones de Título de Patentes o Patentes que se otorguen a esta, y en todas las solicitudes correspondientes presentadas en países extranjeros a los Estados Unidos, y en todas las patentes que se expidan a partir de esta en los Estados Unidos y países extranjeros. El Cesionario por la presente también adquiere el derecho, poder y autoridad para presentar y obtener solicitudes de patentes americanas y extranjeras sobre la invención enumerada arriba en su propio nombre, incluido el derecho a presentar y obtener solicitudes internacionales bajo el Tratado de Cooperación en Materia de Patentes, y el derecho a presentar y obtener solicitudes bajo la Convención Europea de Patentes, cuando dicho derecho se pueda ejercer legalmente, incluido el derecho a reivindicar prioridad y los beneficios de la Convención Internacional para dicha solicitud o patente. El Cesionario por la presente también adquiere el derecho de llevar a cabo acciones para infracción de cualquier derecho en dicha invención arriba en su propio nombre, incluida infracción pasada en cualquier jurisdicción.

Por la presente se autoriza y solicita que el Comisionado para Patentes y Marcas de los Estados Unidos, quien está debidamente autorizado para expedir cualquier Título de Patentes sobre dicha invención, y dichos funcionarios de la Oficina de Patentes en los países extranjeros como están debidamente autorizados por sus leyes de patentes a expedir patentes, reconocer y registrar que el Cesionario es el propietario del derecho, título e interés total para las invenciones listadas arriba, para el uso y beneficio único del Cesionario, sus sucesores, cedentes y representantes legales, hasta el término final para el cual dicho Título de Patentes es, o pueda ser otorgado, de manera total y completamente como si la misma hubiera sido de propiedad del Cedente si esta cesión y venta no se hubieran realizado.

El Cedente por la presente confirma que al momento en que la invención se llevó a cabo, estaba bajo la obligación de ceder la invención al Cesionario.

El Cedente por la presente acuerda, sin consideración adicional y sin costo para el Cedente, firmar todos los documentos legales y realizar todos los demás actos legales que el Cesionario pueda solicitar con el fin de hacer completamente efectiva esta cesión, incluido, a manera de ejemplo pero no de limitación, lo siguiente: ejecución oportuna de todos los originales, divisionales, sustituciones, reexpediciones y otras solicitudes de patentes de los Estados Unidos y extranjeros; cooperación en lo mejor de las habilidades del Cedente en ejecutar otros documentos legales relacionados con la invención listada arriba; y producir evidencia en cualquier acto o procedimiento concerniente a la invención, incluido pero no limitado a, procedimientos de nulidad, reexpedición, extensión e infracción que involucren la invención listada arriba.

El Cedente declara que no ha transferido, licenciado y de ninguna manera otorgado ningún derecho de ningún tipo en la invención a ninguna tercera parte.

Esta cesión y acuerdo será vinculante para sus herederos y representantes legales.

Ejecutado este 02 de enero de 2013 en Honeymoon Bay, British Columbia, Canadá.

 (firma)
Peter Dusicka

Ante mí Peter Dusicka, conocido personalmente por mí, firmó y reconoció el anterior instrumento como un acto libre y voluntario de su parte este 2 de enero de 2013.

 (firma)
Firma del testigo

Nombre completo: Barbara Claire Dusicka

128908
61

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

-/-



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

RECIBO DE CAJA

No. 14 - 0069241

Bogotá D.C., Julio 01 de 2014 - 17:49:05

RECIBIDO DE : BRIGARD & CASTRO S.A.

NI 860.047.372

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	650548544	01/07/2014	72.063.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	7 TTLOS-TRAMITES DE SOL. DE DISENOS INDUSTRIALES	515.000.00	515.000.00
				\$515.000.00

=====

SON: **QUINIENTOSQUINCE MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 14-170638-00000-0000

Fecha: 2014-08-05 15:53:27 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 63

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: Info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Linea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

, Julio 1 de 2014 - 17:49:33

128908

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

-/-

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

RECIBO DE CAJA

No. 14 - 0062280

Bogotá D.C., Junio 12 de 2014 - 08:30:51

RECIBIDO DE : BRIGARD & CASTRO S.A.

NI 860.047.372

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	650548533	11/06/2014	28.441.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNDITARIO	Vr. CONCEPTO
10	50005-01-01 SOLICITUDES	1607 REIVINDICACION PATENTE UNITARIA ADICIONAL A LAS 10 INIC	31.000.00	310.000.00
				\$310.000.00

SON: **TRESCIENTOS DIEZ MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 14-170638-00000-0000

Fecha: 2014-08-05 15:53:27

Tra. 11 PATENTE IYII

Act. 411 PRESENTACION

Dep. 2020 DIR. NUEVAS CR

Eve: 378 FASE NACIONAL I

Folios: 63

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C. - Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Junio 12 de 2014 - 08:31:07



No. 14-170638- -00000-0000

Fecha: 2014-08-05 15:53:27 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 63

63

PATENTE DE INVENCION ☐

MODELO DE

- ☐ Indicación que se solicita una patente.
 - ☐ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
 - ☐ Descripción de la invención
 - ☐ Dibujos de ser estos pertinentes
 - ☐ Comprobante de pago de las tasas establecidas (De ser el caso formato de descuento)
- Completa ☐ Incompleta ☐

PATENTE DE INVENCION PCT ☐ MODELO DE UTILIDAD PCT ☐ Art.33 Decisión 486/00, Circular Única

- ☐ Indicación que se solicita una PCT
 - ☐ Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen)
 - ☐ Dibujos de ser estos pertinentes
 - ☐ Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)
- Completa ☐ Incompleta ☐

DISEÑO INDUSTRIAL ☐

(Art. 119 Decisión 486/00)

- ☐ Indicación que se solicita Diseño industrial
 - ☐ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
 - ☐ Representación gráfica y fotográfica del Diseño industrial o muestra del material que incorpora el diseño
 - ☐ Comprobante de pago de las tasas establecidas
- Completa ☐ Incompleta ☐

ESQUEMA DE TRAZADO ☐

(Art. 92 Decisión 486/00)

- ☐ Indicación que se solicita un esquema de trazado
 - ☐ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
 - ☐ Representación gráfica de un esquema de trazado
 - ☐ Comprobante de pago de las tasas establecidas
- Completa ☐ Incompleta ☐