

ESCENARIO CATASTRÓFICO PARA LIMA Y EL CALLAO ANTE UN SISMO DE GRAN MAGNITUD ($> M8.0$)



XXXIV SIMPOSIO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

“Estudio Experimental de una Propuesta de Dispositivo de Disipación de Energía Sísmica basado en un Arriostre con restricción al pandeo”

Ing. Jorge Gallardo, Ing. Edison Moscoso, Ing. Jairo Cueva, Carlos Acuña, Diego Velasquez, Chrysler Camacho, Jerson Vicuña

Marzo 2023



CENTRO PERUANO JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y
MITIGACIÓN DE DESASTRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL

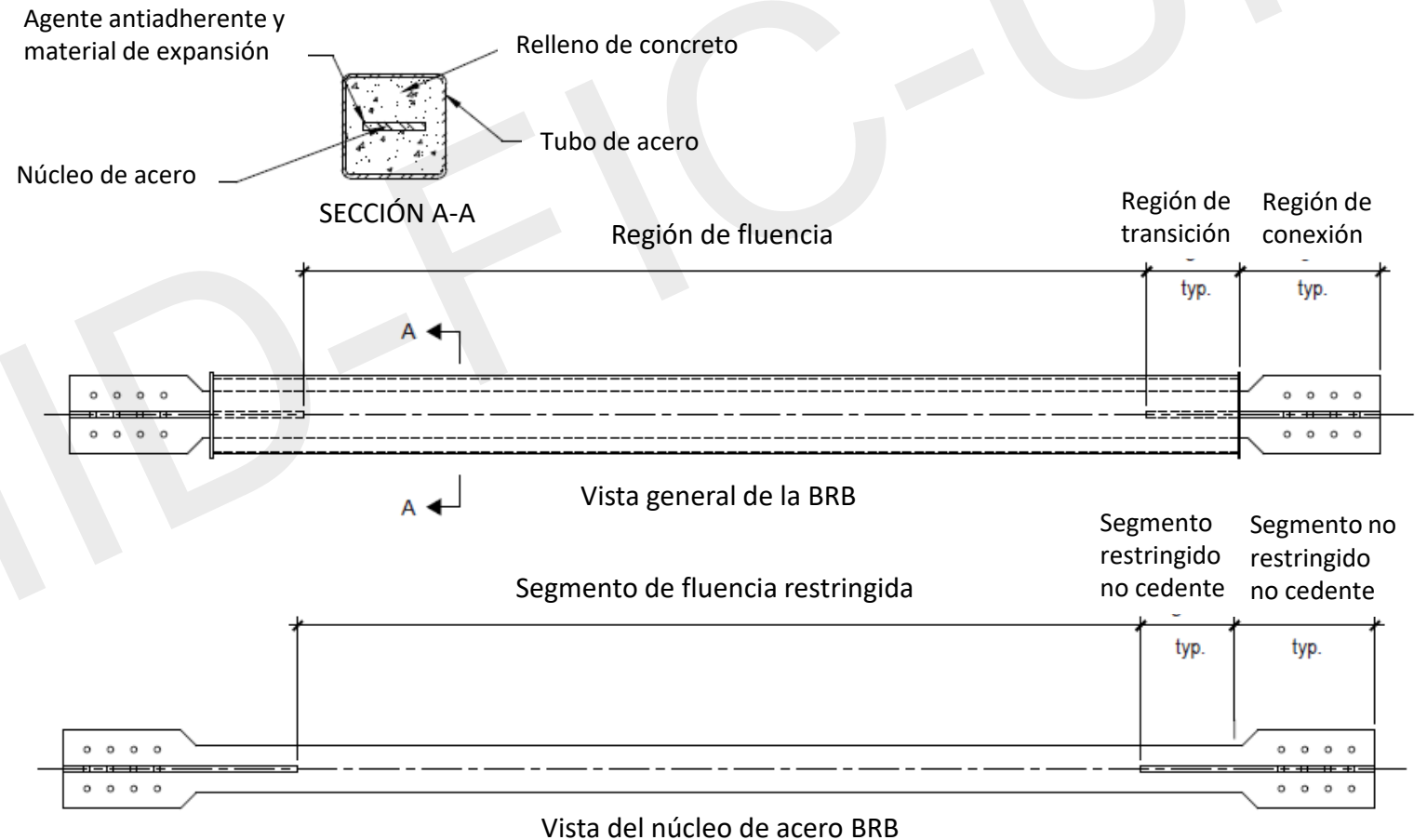
UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERÍA



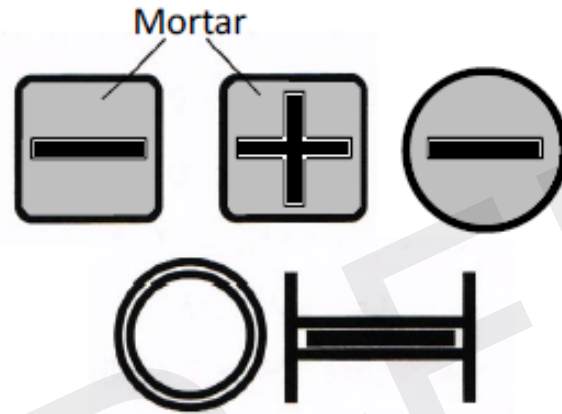
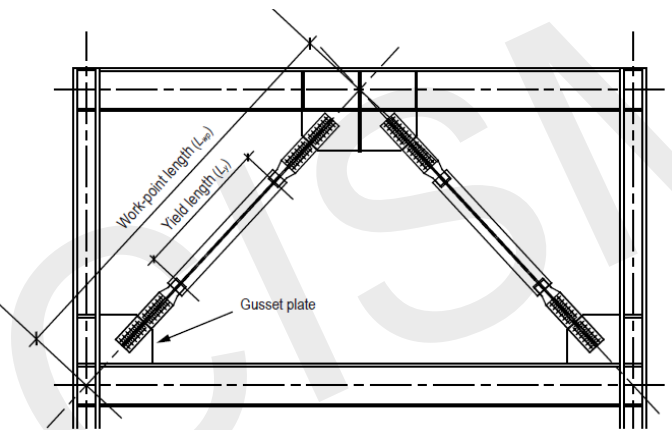
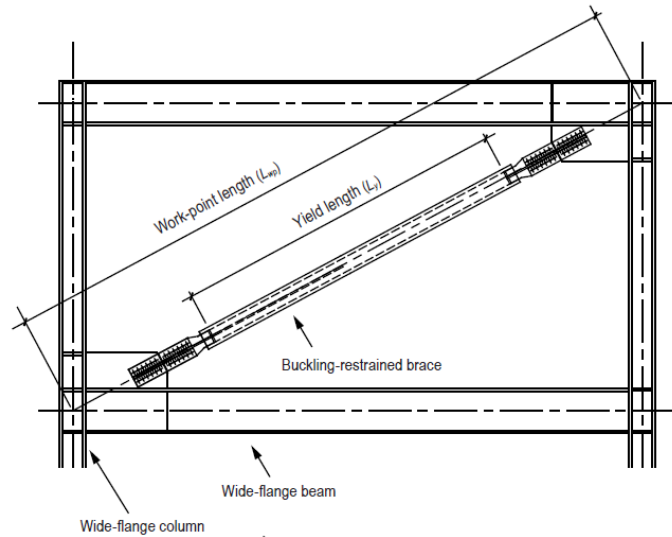
I. Conceptos Generales

Descripción de Arriostres con restricción al pandeo BRB

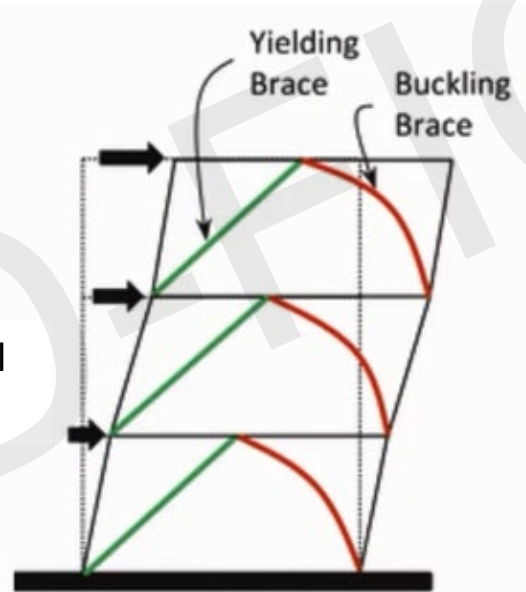
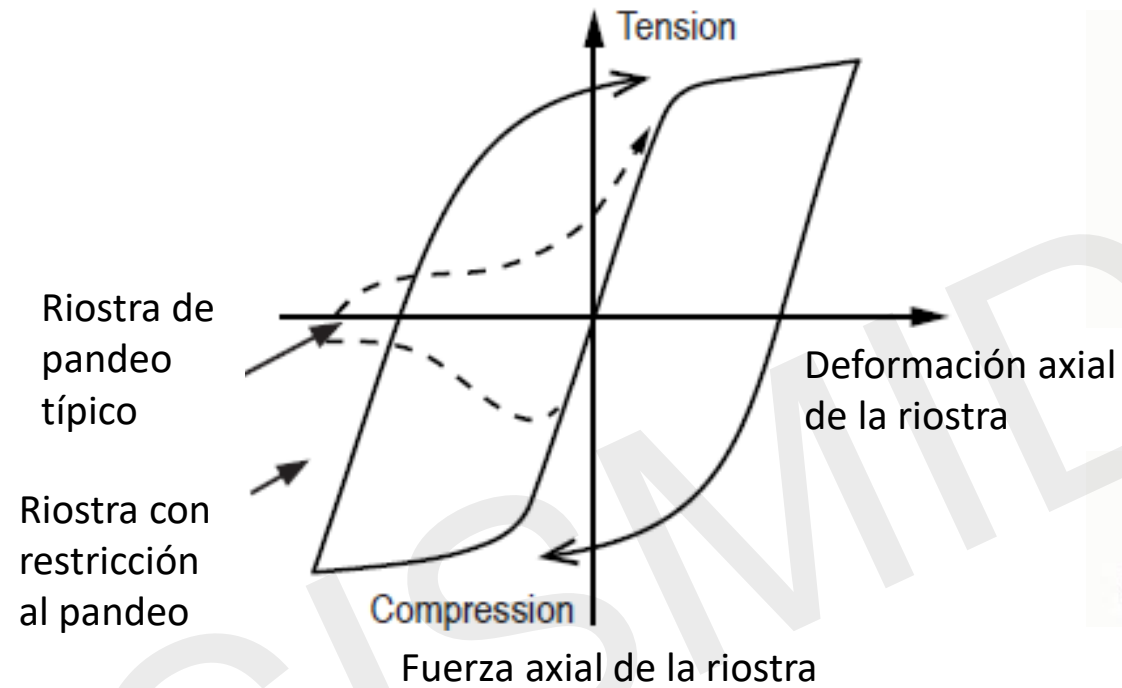
Buckling-restrained braces (BRB)



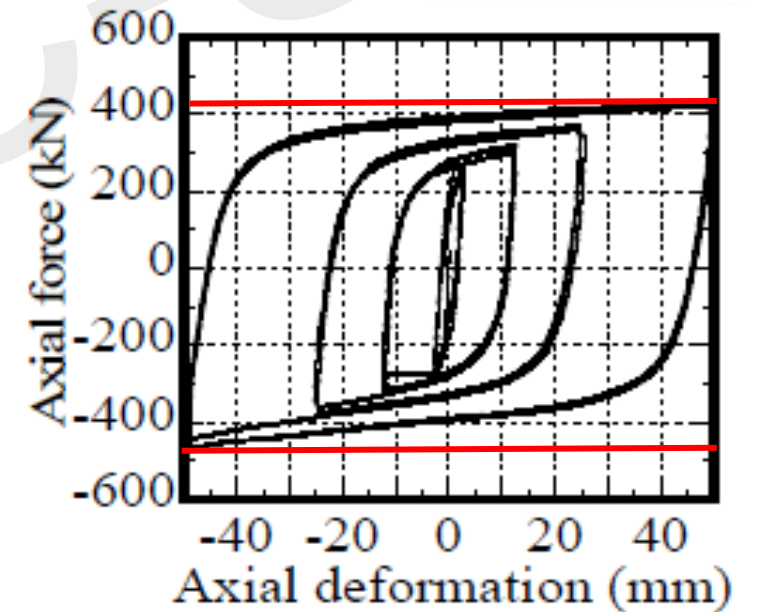
Tipos y configuraciones típicas



Comparación con los arriostres tradicionales



Comportamiento BRB

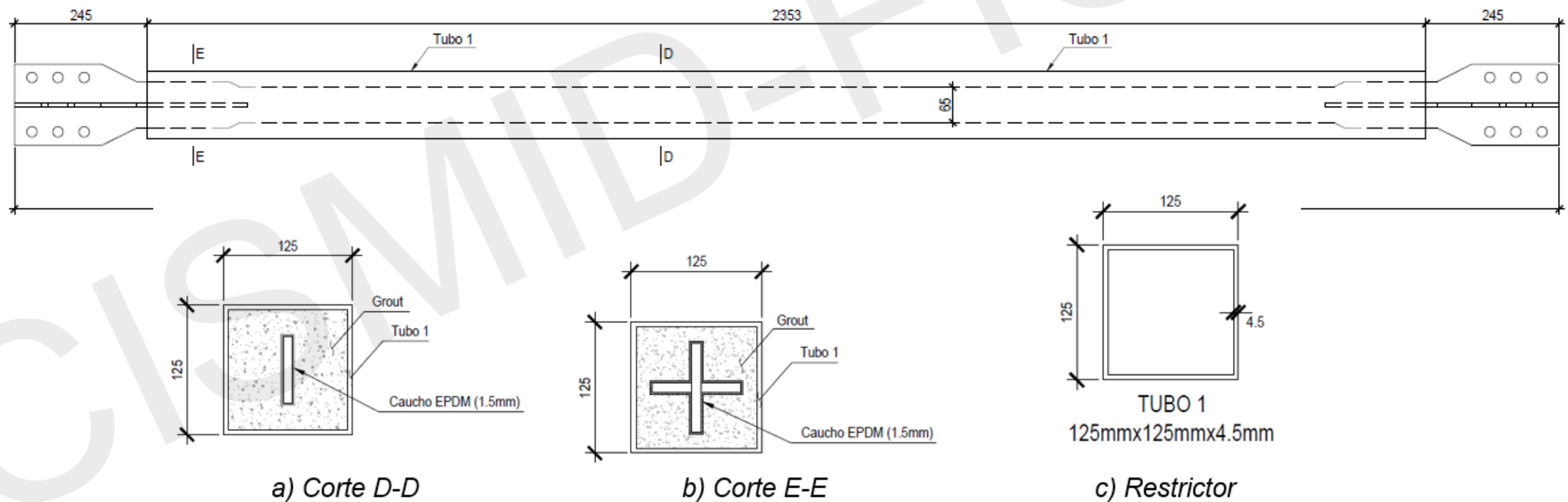


Fuente: Wada & Takeuchi

II. Estudio experimental

Descripción del espécimen

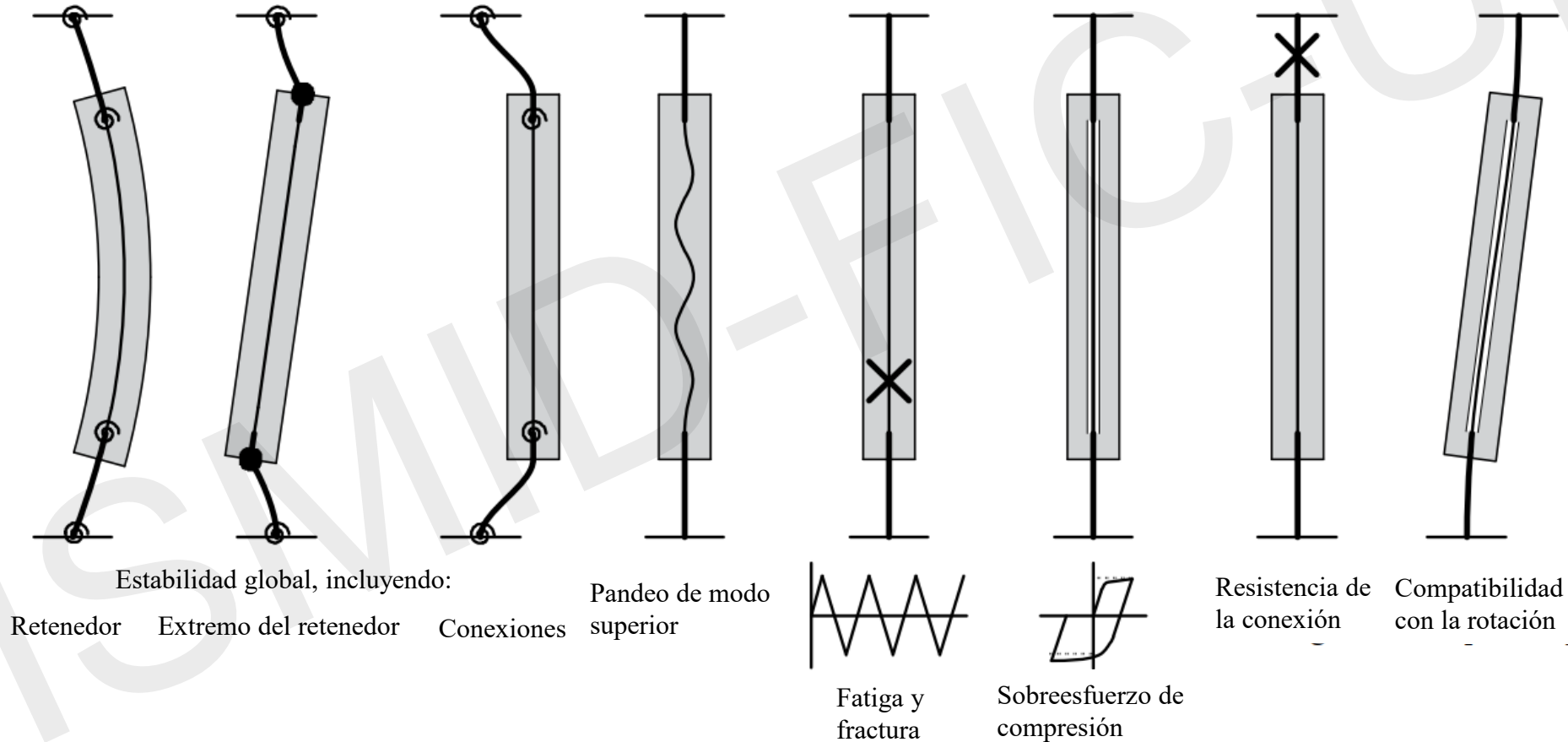
- ❑ El proyecto fue financiado a través del Programa Presupuestal PP068
- ❑ El material base del dispositivo Buckling-restrained Braces (BRB) es el acero A36, el cual puede desarrollar una gran ductilidad.
- ❑ El dispositivo está conformado por un núcleo central, cuyo espesor es de 9 mm.



Objetivos del Ensayo

- Desempeño de la conexión
- Resistencia y estabilidad del arriostre con restricción al pandeo

En general, el diseño del BRB debe anticipar una serie de consideraciones de resistencia y estabilidad, que incluyan efectos tanto locales como globales como lo mostrado:



Construcción del espécimen (Taller)



Núcleo del BRB



Restrictor + núcleo de acero



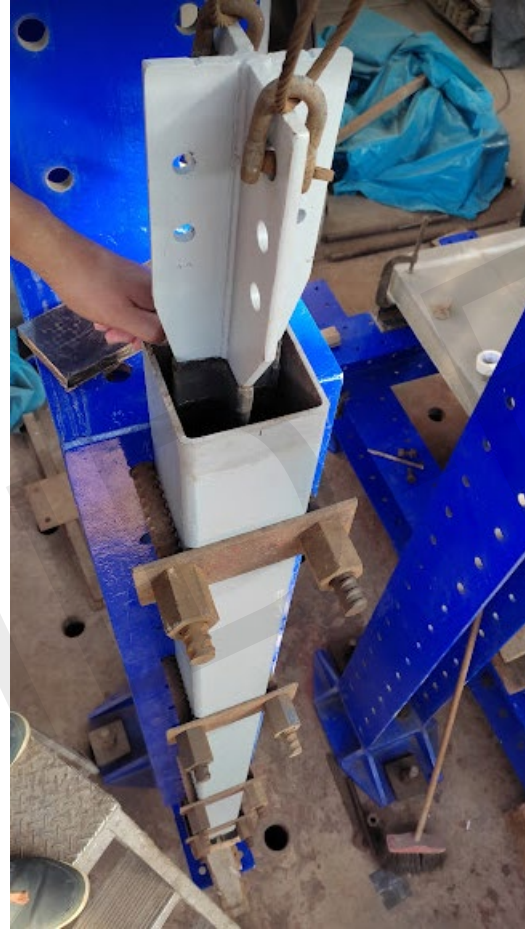
Verificación de la soldadura



Construcción del espécimen (CISMID)



Colocación del agente antiadherente



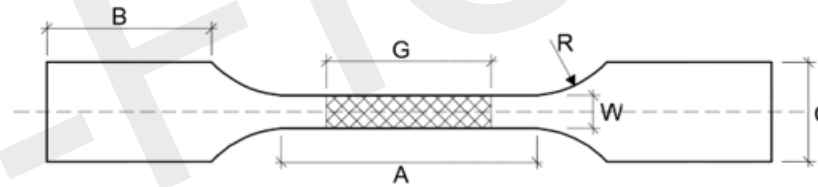
Proceso de vaciado de concreto

Descripción del ensayo de los materiales

Núcleo de acero



A (mm)	B (mm)	C (mm)	G (mm)	R (mm)	W (mm)
240	100	80	200	120	40



Resultados de los ensayos de tracción

ID	Espesor (mm)	Esfuerzo fluencia MPa (Kgf/cm ²)
Muestra 1	9	337.74 (3444)
Muestra 2	9	329.60 (3361)
Muestra 3	9	340.49 (3472)

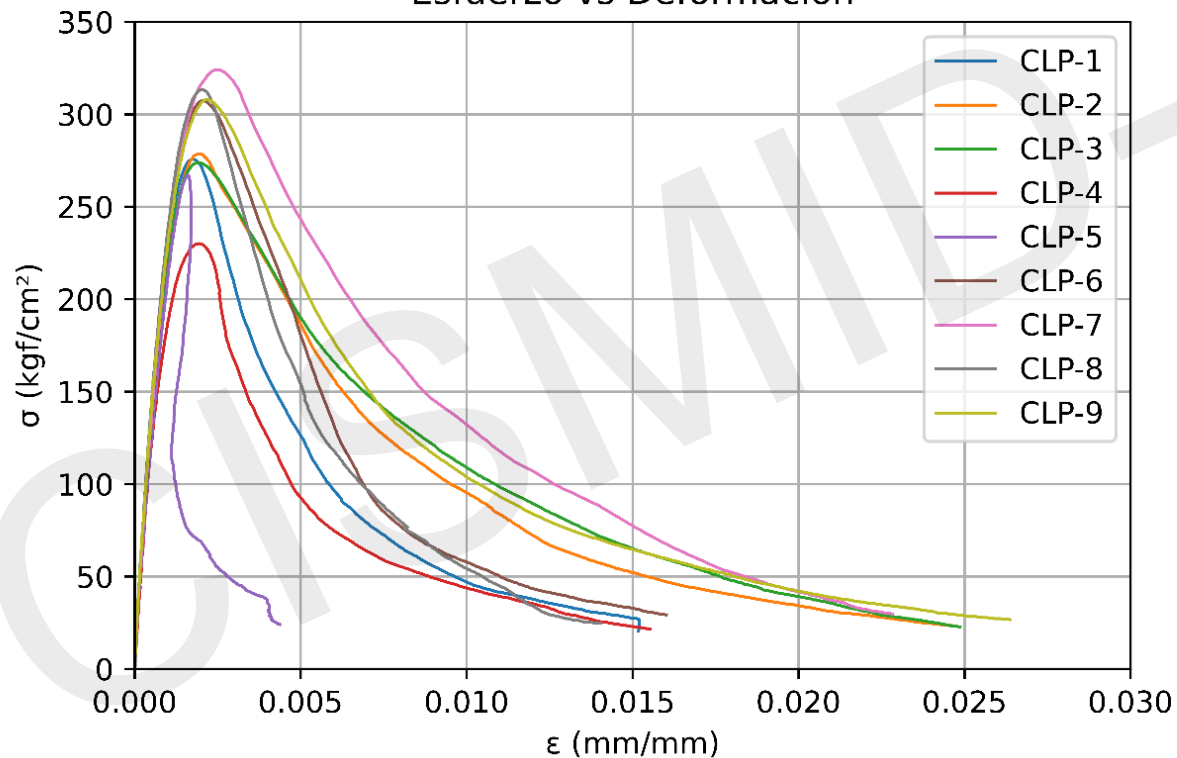
Descripción del ensayo de los materiales

Concreto

D (mm)	H (mm)
150	300



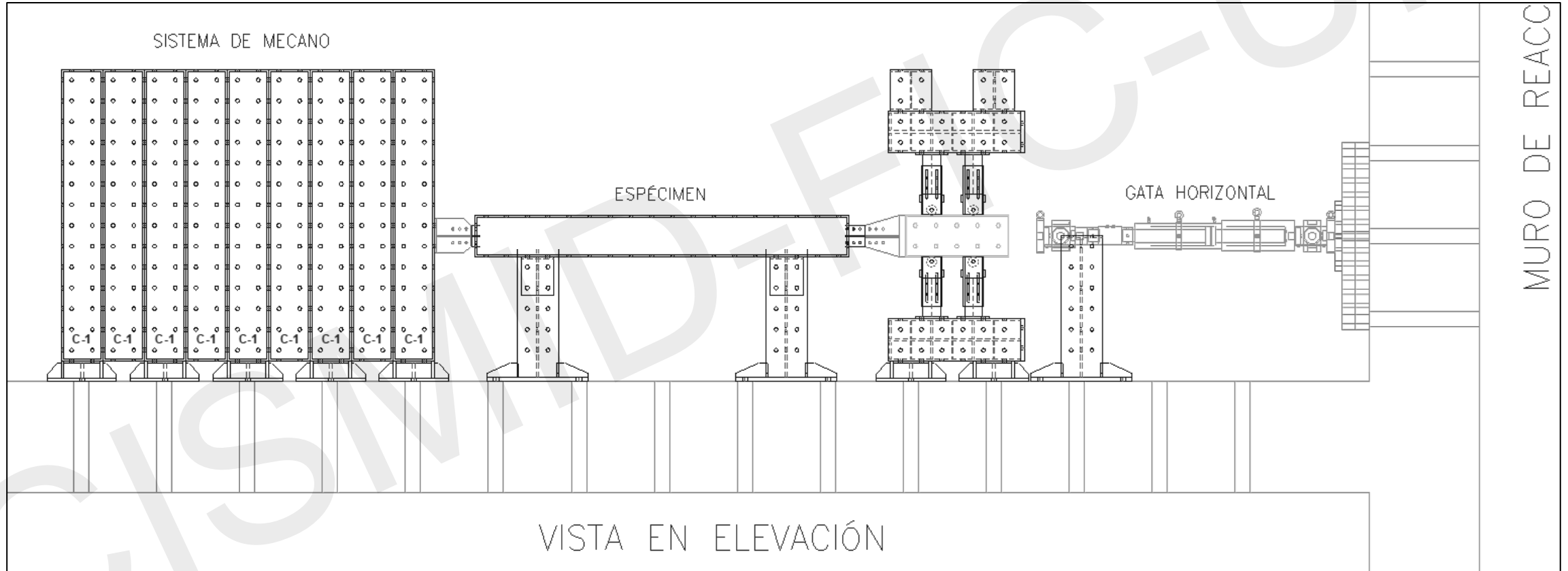
Esfuerzo vs Deformación



Resultados de los ensayos a compresión

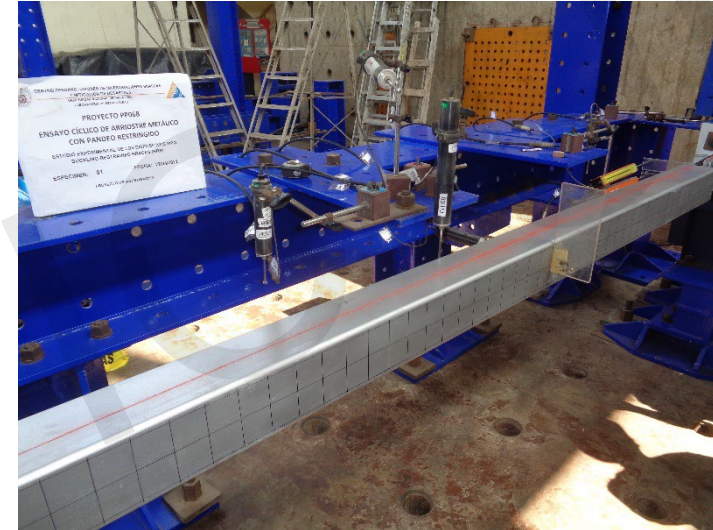
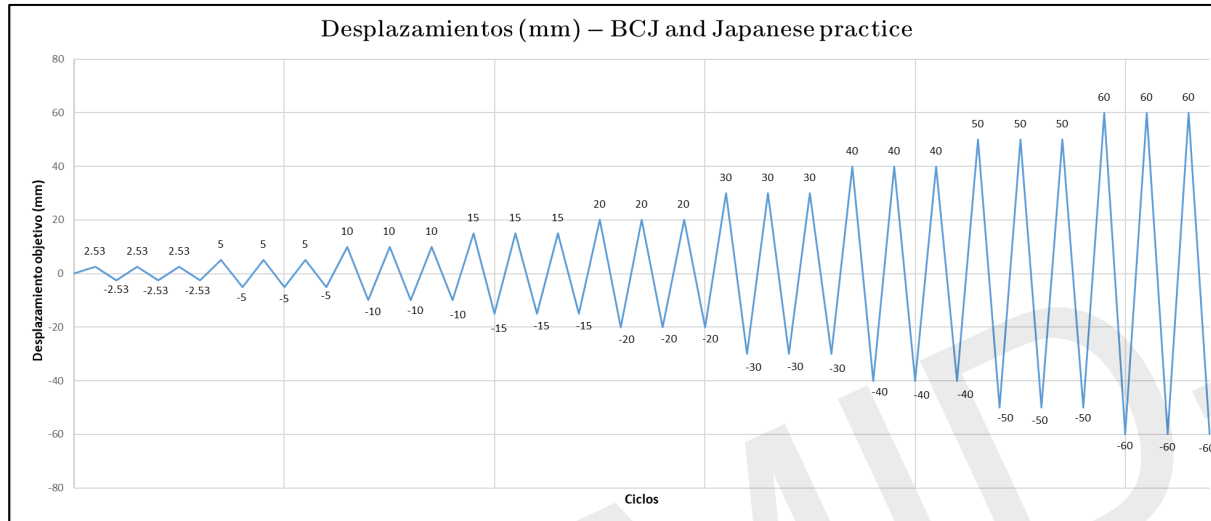
Muestra	Esfuerzo a Compresión MPa (Kgf/cm ²)
CLP-1	27.05 (275.87)
CLP-2	27.33 (278.70)
CLP-3	26.86 (273.89)
CLP-4	22.56 (230.03)
CLP-5	26.19 (267.10)
CLP-6	30.13 (307.28)
CLP-7	31.77 (323.97)
CLP-8	30.74 (313.50)
CLP-9	30.19 (307.84)

Configuración del ensayo



Ensayo del especimen

Protocolo de desplazamientos objetivos



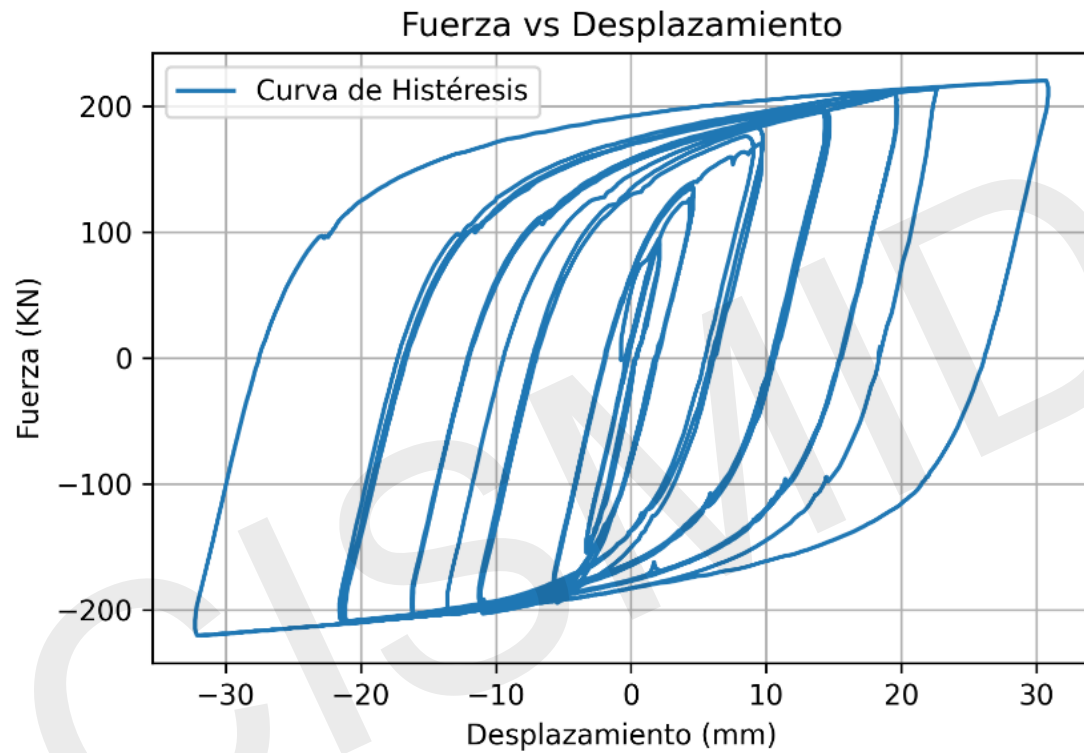
Resultados final (fisura del mortero)



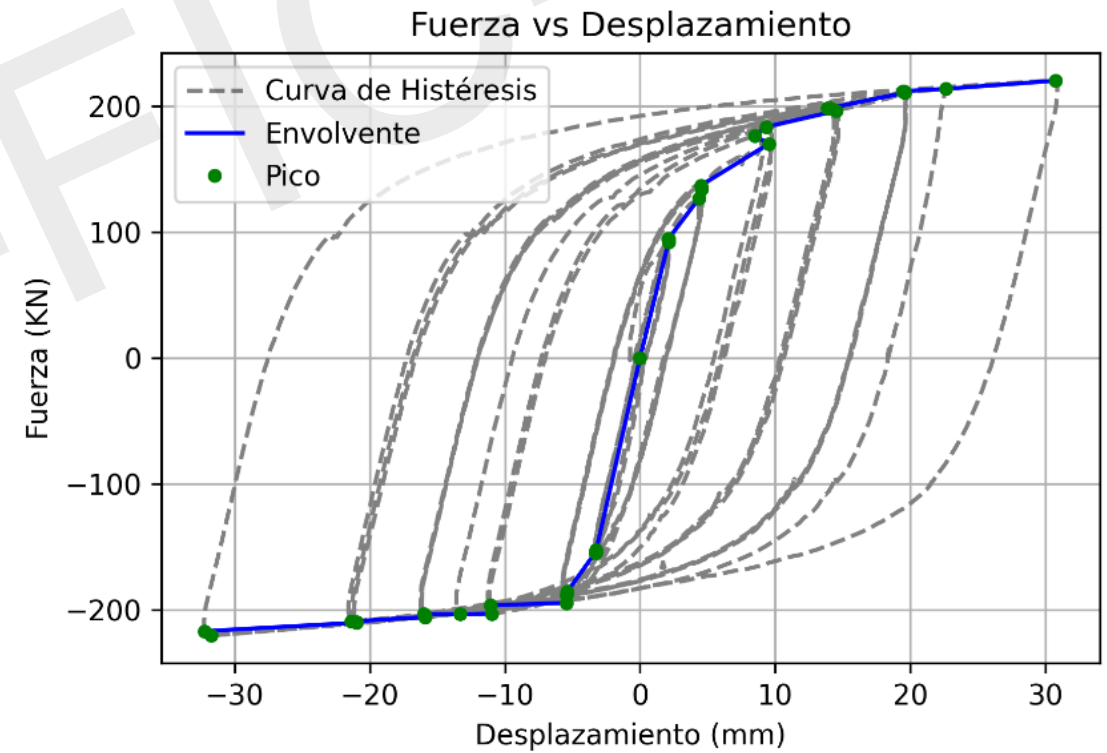
III. Resultados y análisis

Curvas experimentales

Curva histerética del espécimen



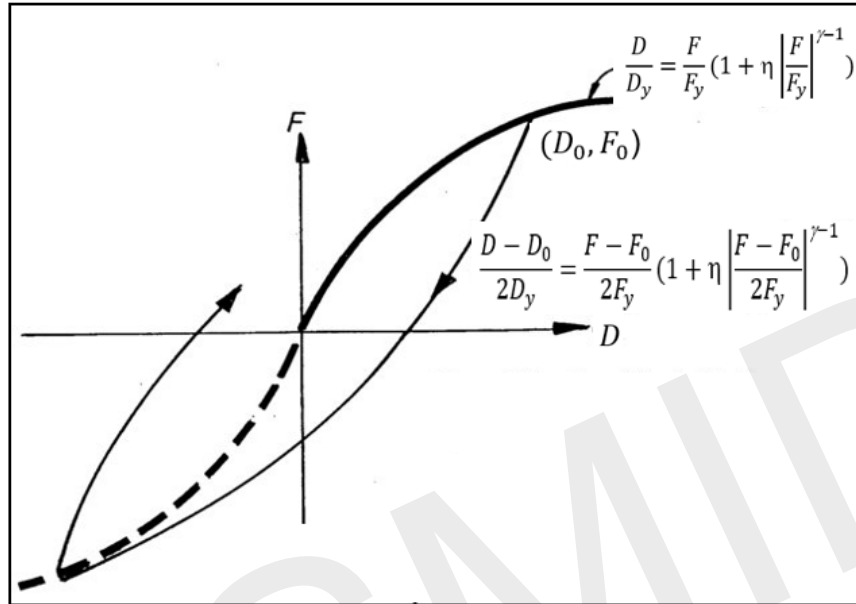
Curva envolvente



Ajustes de parámetros para el modelo teórico

El modelo consiste en una curva esqueleto y una familia de curvas histeréticas.

Modelo histerético (Ramberg-Osgood 1943)



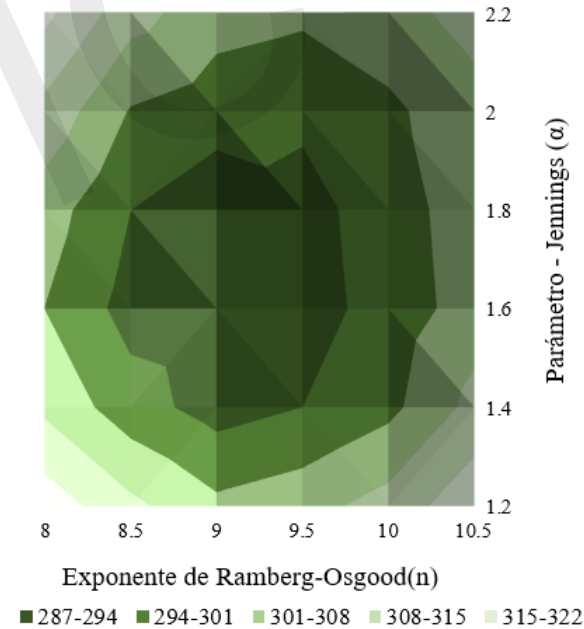
Fuente: Ruaumoko manual: Theory

Parámetros:

- Desplazamiento de fluencia (D_y en mm)
- Resistencia de fluencia (F_y en kN)
- Factor del modelo (n)
- Parámetro Jennings (α)

Ajustes de parámetros (n y α)

Error Cuadrático Medio (MSE)-2
Iteración

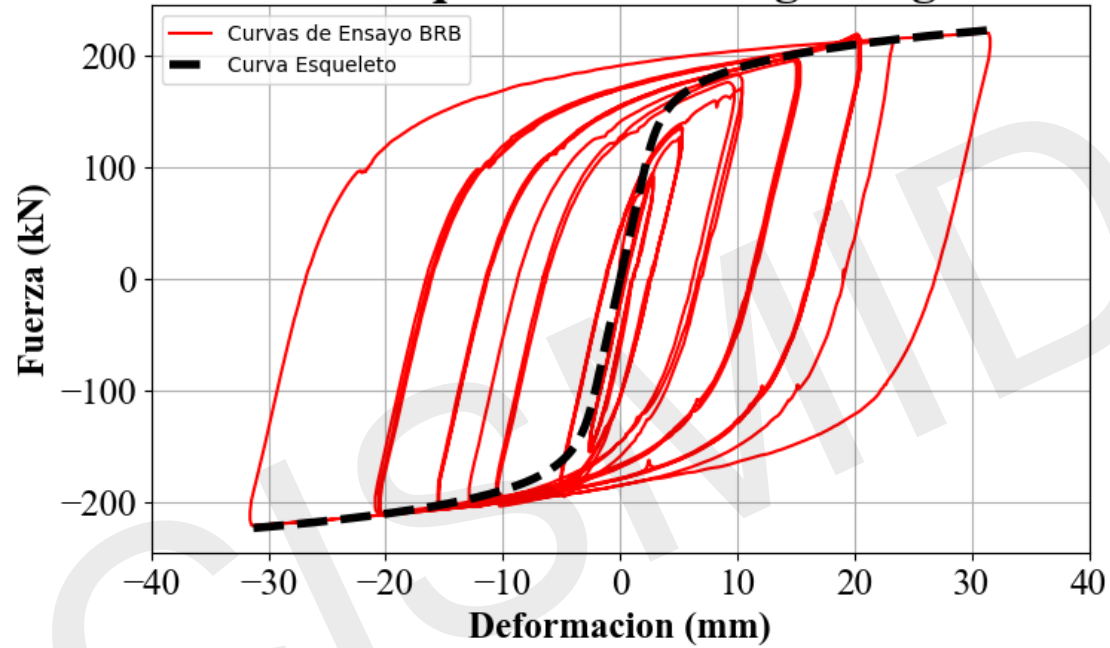


Parámetros finales:

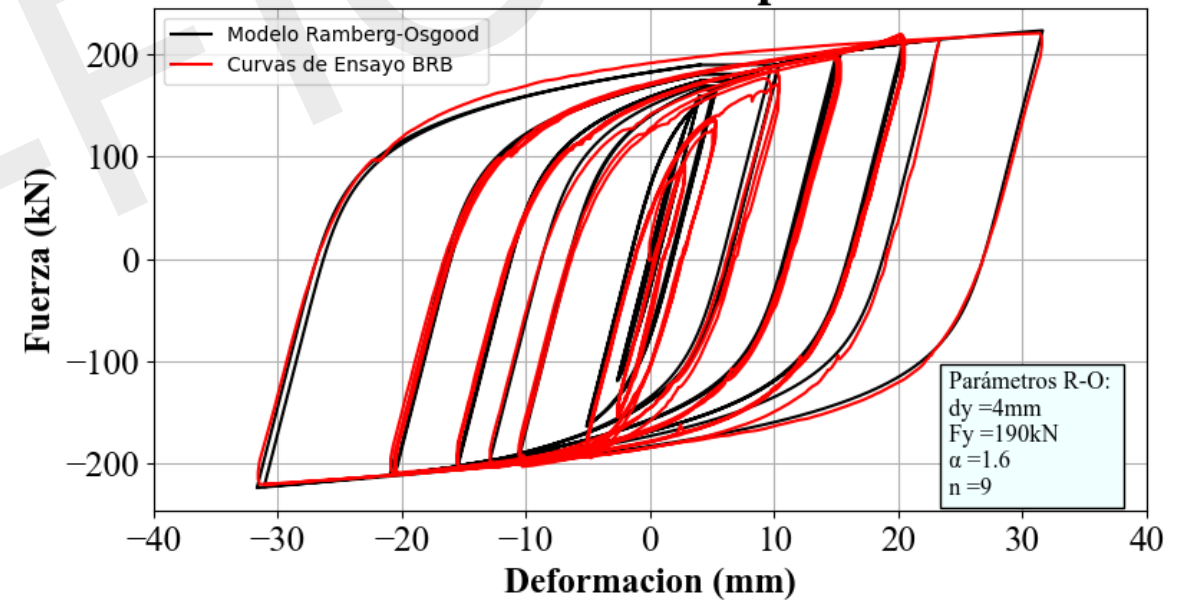
$$\{D_y, F_y, n, \alpha\} = \{4, 190, 9, 1.6\}$$

Comparación del modelo teórico vs experimental

Curva Esqueleto Ramberg – Osgood



Modelo Teórico vs Experimental



Energía de disipación y amortiguamiento equivalente

Con el fin de estudiar más el comportamiento de los dispositivos BRB, se realizó el cálculo de la energía disipada y amortiguamiento histerético.

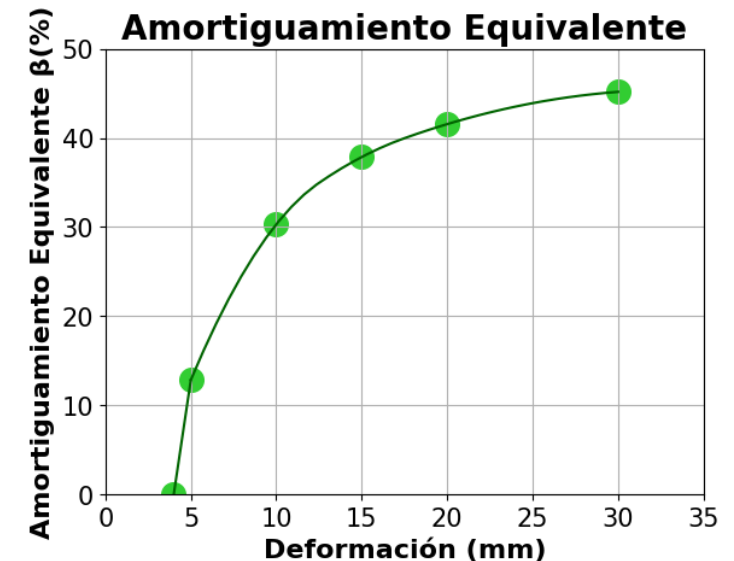
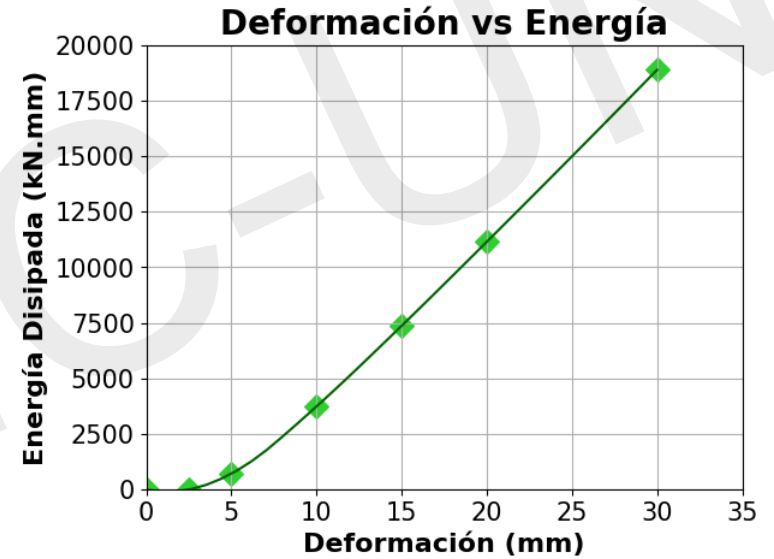
$$\beta = \frac{E_D}{4\pi E_{so}}$$

Donde:

E_D = Energía disipada (área encerrada en un ciclo)

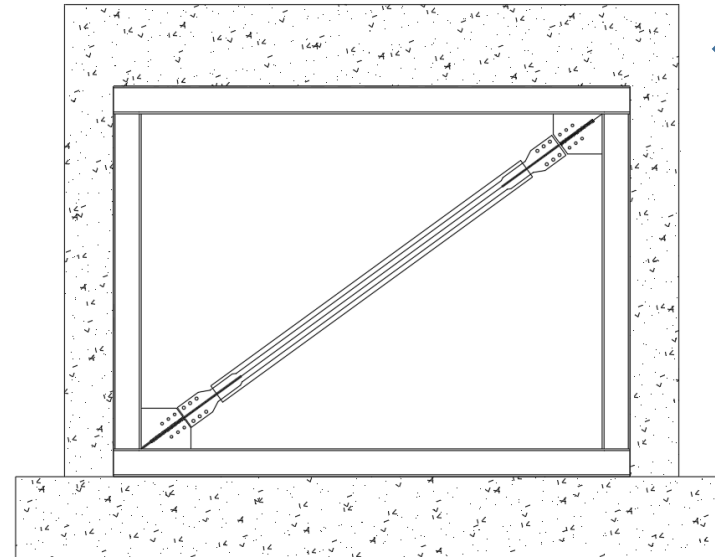
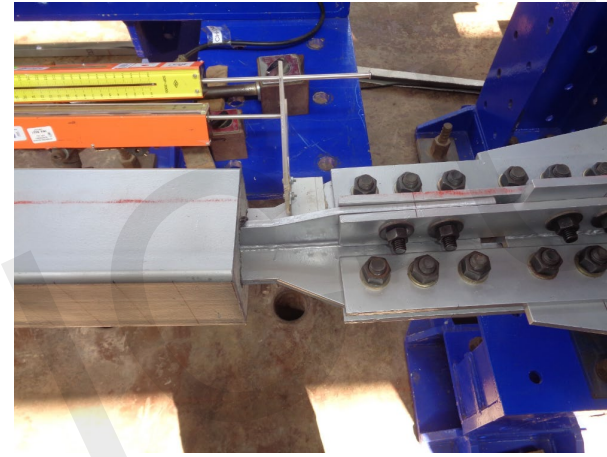
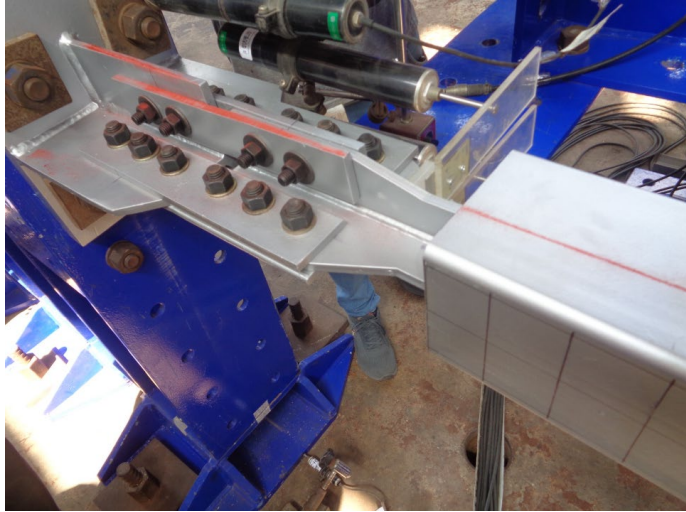
E_{so} = Energía de deformación máxima

β = Fracción de Amortiguamiento Viscoso Equivalente



III. Conclusiones

- ❑ Se ensayaron a tracción 3 láminas de acero A36 de 9mm de espesor con un esfuerzo de fluencia promedio de 336MPa. Adicionalmente, se realizaron 9 ensayos de compresión de probetas de concreto a los 28 días, resultando un esfuerzo a la compresión promedio de 28MPa.
- ❑ La curva experimental del espécimen presenta una histéresis estable, es decir alcanza valores de resistencia bastante similares tanto a tracción y compresión.
- ❑ El modelo Ramberg-Osgood se ajusta óptimamente a los lazos de histéresis del ensayo experimental, resultando un MSE mínimo de los parámetros usados de 289.
- ❑ Mediante el modelo teórico se puede observar que el dispositivo llegó alcanzar una ductilidad de 7 ($\mu = 7$), el cual puede ser mejorado cambiando algunas propiedades geométricas y mecánicas del BRB.



IV. Agradecimiento

- Al Ministerio de Economía por el apoyo económico a través del Presupuesto PP068.
- Al Laboratorio de Estructuras y al equipo de Investigadores y personal técnico que realizó el ensayo bajo la dirección del Dr. Miguel Díaz.