



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ÁREA CURRICULAR DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRÍCOLA

**DOCTORADO EN INGENIERÍA - INGENIERÍA CIVIL**



Doctorado en Ingeniería

**Ingeniería Civil**

# ANÁLISIS DINÁMICO DE SECCIONES COMPUESTAS ACERO-CONCRETO CON CONECTORES DE CORTANTE TIPO TORNILLO

M.Sc. Marinés Pérez Ramírez

Ph.D. Maritzabel Molina Herrera  
Directora

Doctorado en Ingeniería

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

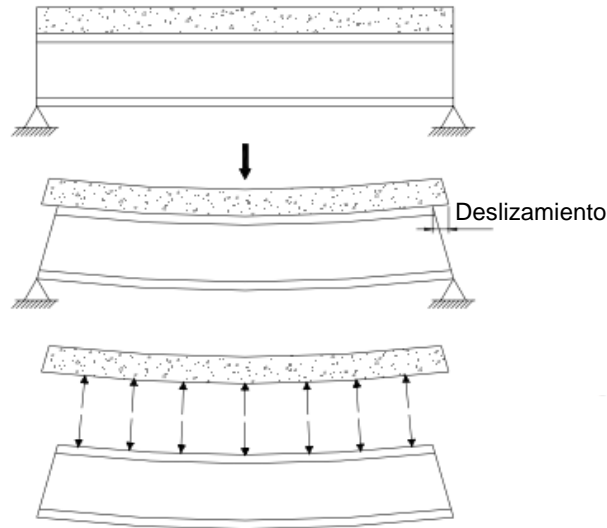
 ORGULLO UN



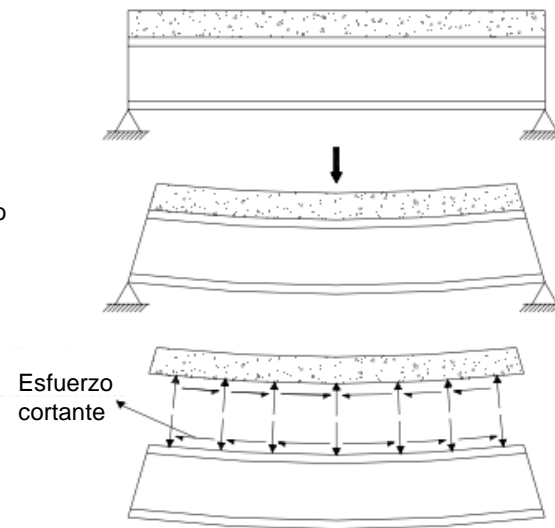
UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ÁREA CURRICULAR DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRÍCOLA  
DOCTORADO EN INGENIERÍA - INGENIERÍA CIVIL

# Sección compuesta

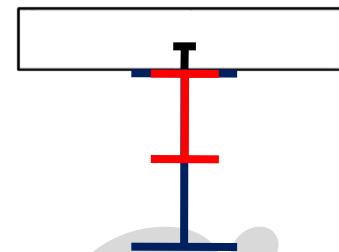
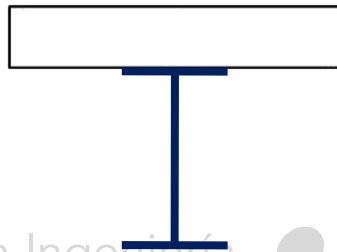


a) Viga sin acción compuesta



b) Viga con acción compuesta

Fuente: D. Lesmes David (2007)



# Ventajas

- ◆ El concreto y el acero trabajan de forma conjunta para proporcionar una estructura más rígida y liviana.
- ◆ Reducción de peso de la estructura (Hasta en un 30%).
- ◆ Reducción de los costos de cimentación.
- ◆ Reducción de deflexiones por cargas gravitacionales.
- ◆ Reducción de altura de la edificación al considerar vigas de menor sección.
- ◆ Aumento de luces entre apoyos.
- ◆ Mayor resistencia a la corrosión y al fuego.

# Desventajas

- ◆ Representa una actividad adicional en el cronograma de ejecución de la obra.
- ◆ Un costo adicional en obra por instalación de conectores.
- ◆ Constructor con experiencia y mano de obra calificada para sistemas compuestos.
- ◆ Requerimiento de energía adicional en obra.



# Tipos de sección compuesta



Tipos de secciones compuestas – Eurocódigo 4 (2001)

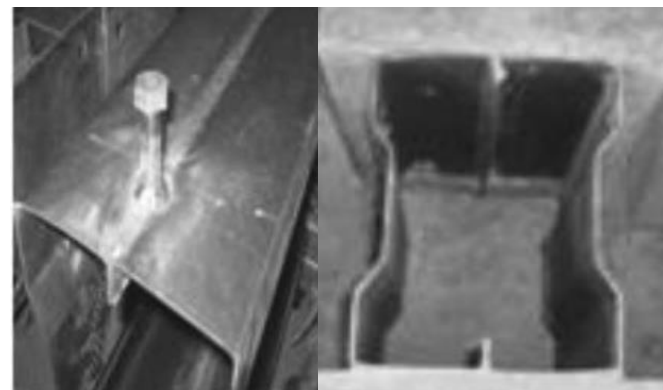
- Con perfil de alma llena o laminados en caliente (Hot rolled steel)
- Con perfil de lámina delgada o laminados en frío (Cold formed steel)



Fuente: Oliveira (2001)

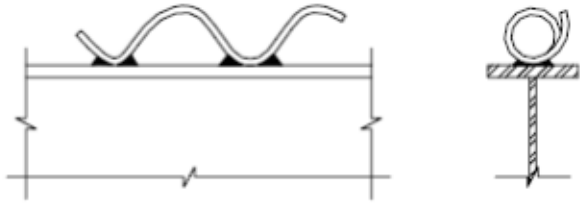


Fuente: Irwan et al. (2011)

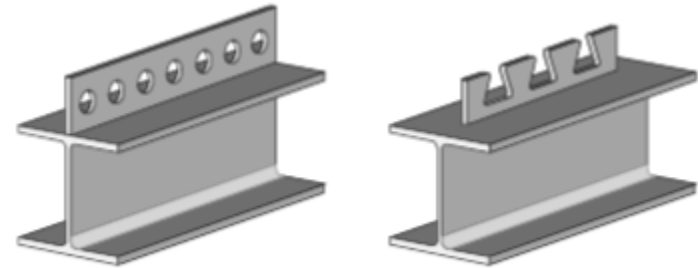


Fuente: Larrañaga, Molina (2007)

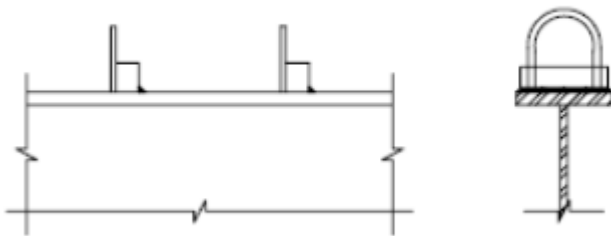
# Conectores de cortante



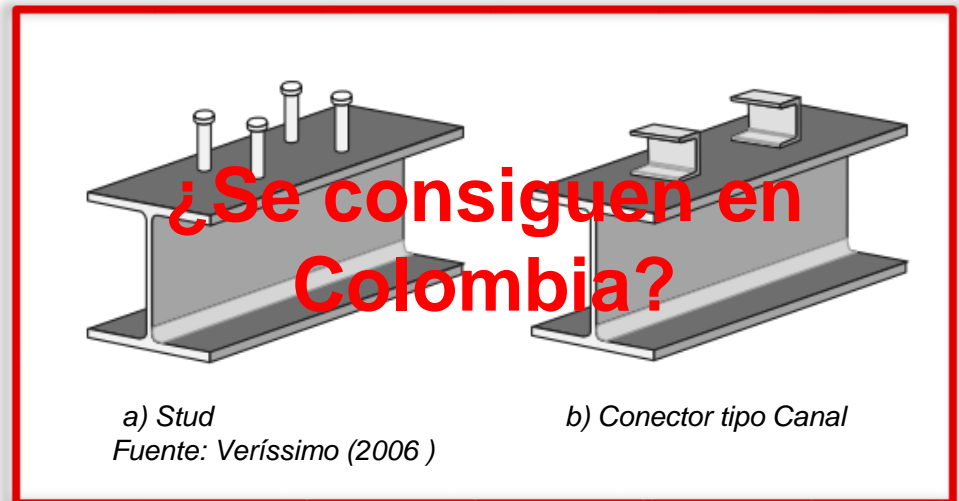
Primer conector propuesto – Espiral (Viest 1960)  
Fuente: Chaves (2009)



Conector perfobond – Fuente: Veríssimo (2006)



Conector barra en forma de gancho – (Chapman 1964)  
Fuente: Chaves (2009)



a) Stud  
Fuente: Veríssimo (2006)

b) Conector tipo Canal

Conectores reglamentados en AISC-360  
adoptados por la NSR-98

# Tornillos vs Studs

## Características Geométricas



Fuente: Propia



Fuente: Conexiones apertadas



Fuente: Nelson Stud Welding (2007)



Fuente: Ahmed El-Hageen (2012)



Fuente: Uniones y conexiones de acero estructural



Fuente: KERF-Soldadura



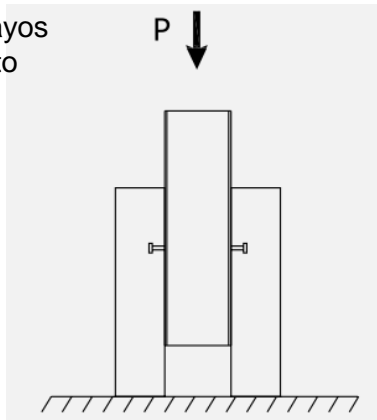
Fuente: Nelson Stud Welding (2007)



# Resistencia nominal de un conector

## Viest (1956)

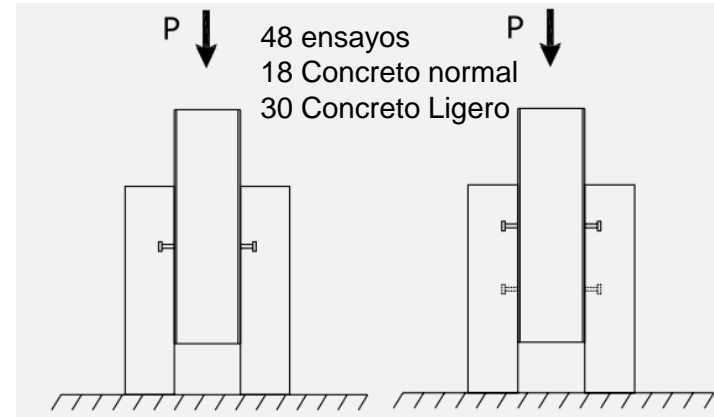
12 ensayos  
Concreto  
normal



Fuente: Pallarés y Hajjar (2010)

## Ollgaard et al. (1965)

48 ensayos  
18 Concreto normal  
30 Concreto Ligero



Fuente: Pallarés y Hajjar (2010)

Para conectores de diámetro menor a 1in:

$$Q_u = 5.25d^2 f'_c \cdot \sqrt{\frac{4000}{f'_c}}$$

Para conectores de diámetro mayor a 1in:

$$Q_u = 5df'_c \cdot \sqrt{\frac{4000}{f'_c}}$$

Donde:

Qu: Carga última (lb)  
d: Diámetro del stud (in)  
f'c: Resistencia a la compresión del concreto (psi)

$$Q_u = 0.5A_s \cdot \sqrt{f'_c \cdot E_c}$$

Donde:

Qu: Carga última (kg)  
As: Área del conector (stud) (in<sup>2</sup>)  
f'c: Resistencia a la compresión del concreto (psi)  
Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi)

AISC-360  
adoptada por la NSR-98

# Resistencia nominal de un conector

Molina, Hurtado (2011)

Larrañaga (2007)



No es recomendable el uso de la formulación para stud (espigo) en el diseño de secciones compuestas con conectores tipo tornillo.

Se presentó fenómeno no previsto, pandeo local del perfil.

$$Q_u = 0.14A_s \cdot \sqrt{f'_c \cdot E_c} \cdot \left(\frac{S}{d}\right)^{0.25}$$

Donde:

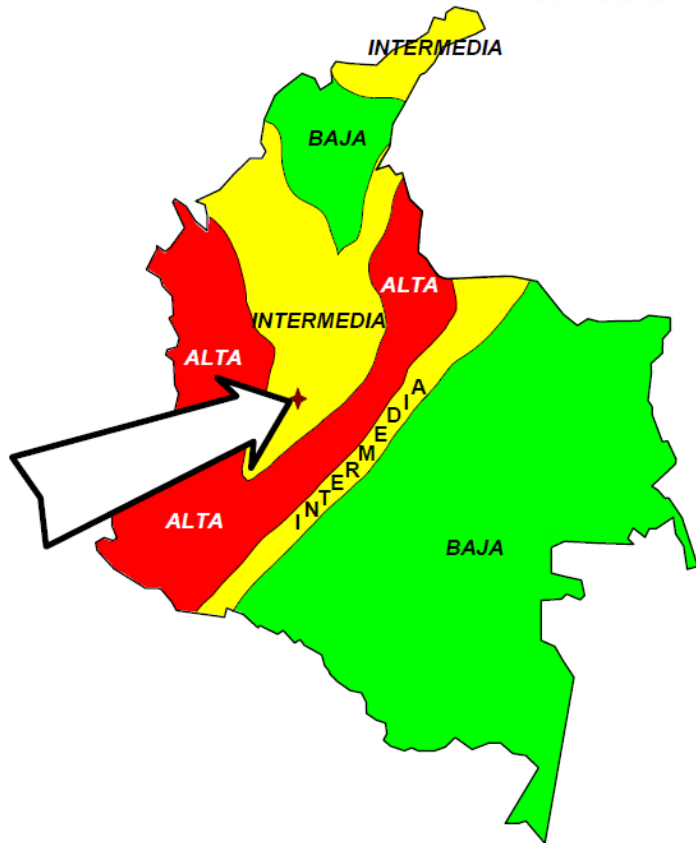
- Qu: Carga nominal de un conector de cortante tipo tornillo (N)
- As: Área de la sección transversal del conector tipo tornillo (mm<sup>2</sup>)
- f'c: Resistencia a la compresión del concreto (MPa)
- Ec: Módulo de elasticidad del concreto (MPa)
- S: Separación longitudinal centro a centro entre los conectores (mm)
- d: Diámetro nominal de un conector tipo tornillo (mm)

Doctorado en Ingeniería

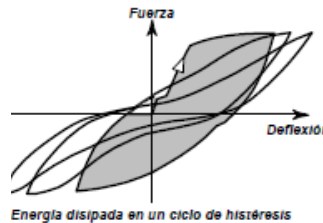
Ingeniería Civil

Incluida en la NSR-10

# Amenaza sísmica en Colombia

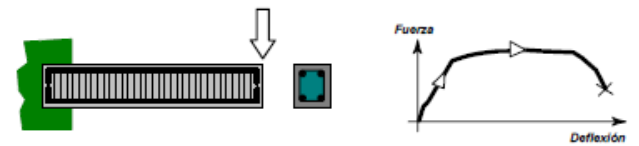


## Paso 3 - Definición de las características de la estructuración y del material estructural empleado



Energía disipada en un ciclo de histéresis  
Figura 6 - Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico

### DES CAPACIDAD ESPECIAL DE DISIPACION DE ENERGIA



### DMO CAPACIDAD MODERADA DE DISIPACION DE ENERGIA



### DMI CAPACIDAD MINIMA DE DISIPACION DE ENERGIA

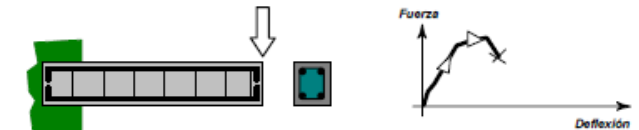
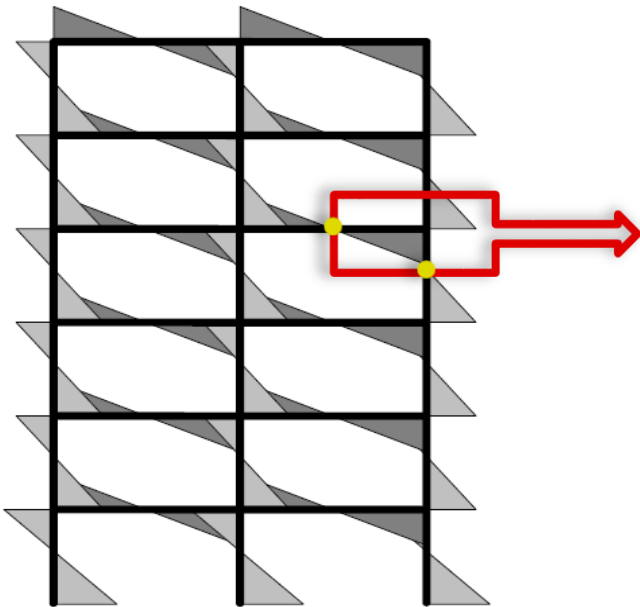


Figura 7 - Definición de la capacidad de disipación de energía en el rango inelástico

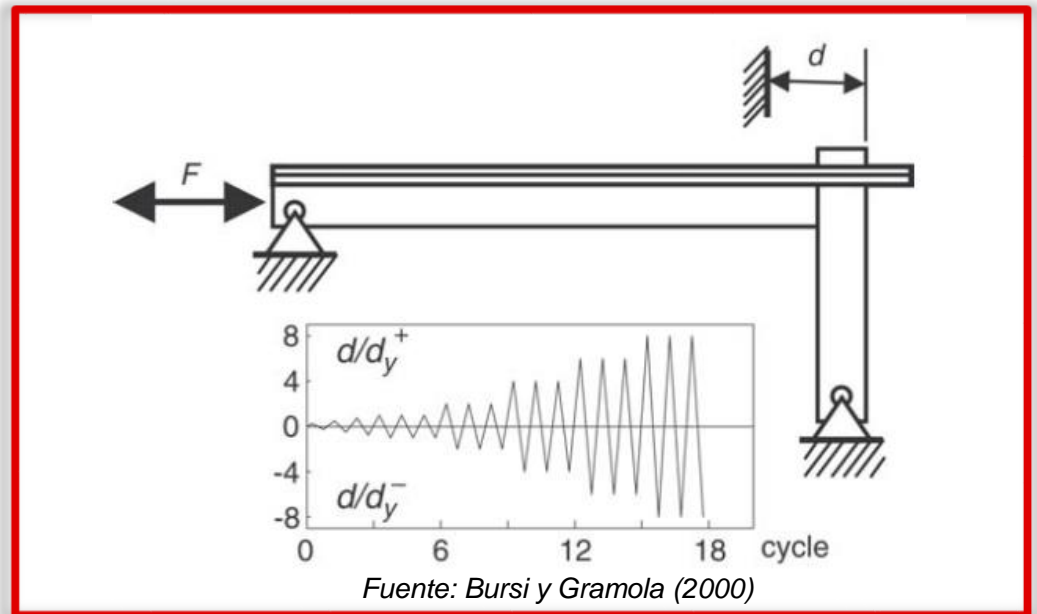
Fuente: NSR-10

# Comportamiento de la sección

Bursi y Gramola (2000)



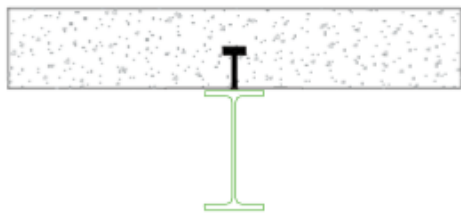
Fuente: NSR-10



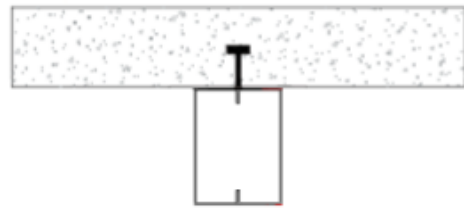
Fuente: Bursi y Gramola (2000)



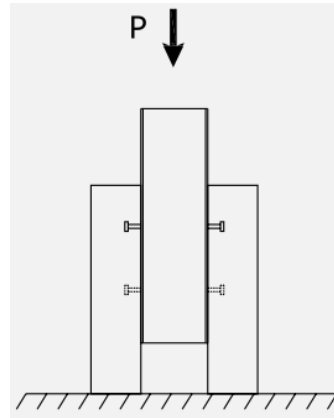
# Fase experimental



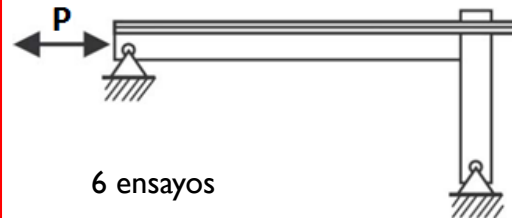
a) Perfil de alma llena



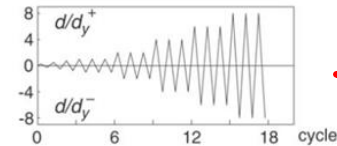
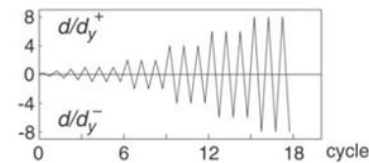
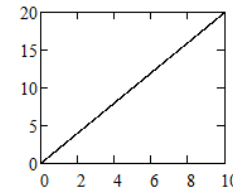
b) Perfil de lámina delgada



48 configuraciones diferentes



6 ensayos

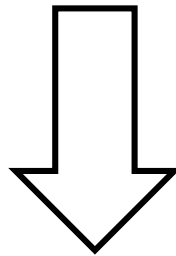


- Diámetro del conector
- Separación
- Concreto  $f'_c$

- Grado de interacción de la sección compuesta

# Metodología

1. Análisis conceptual y teórico
2. Análisis experimental
3. Modelación numérica



4. Metodologías de diseño

# Aporte de la investigación

- ◆ Aporte significativo al conocimiento del comportamiento de los sistemas compuestos de uso común en la construcción Colombiana.
- ◆ Ofrecer un soporte para el uso y mercadeo de sistemas de construcción compuesta.
- ◆ Respaldo de seguridad.
- ◆ Impulso a tecnología Colombiana.
- ◆ Punto de partida para futuras investigaciones.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

**SEDE BOGOTÁ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ÁREA CURRICULAR DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRÍCOLA**

**DOCTORADO EN INGENIERÍA - INGENIERÍA CIVIL**

Laboratorio de Ensayos Hidráulicos

Edificio 408 (LEH) – Oficina 205

Tel/Fax: +57 1 316 5000 Ext. 13411

[diracica\\_fibog@unal.edu.co](mailto:diracica_fibog@unal.edu.co)

<https://sites.google.com/a/unal.edu.co/diracica/>