



Estudio experimental del comportamiento de conexiones en estructuras compuestas acero – concreto.

AUTORES:

OSCAR M. RAMÍREZ RÍOS (UTP)

RAFAEL LARRÚA QUEVEDO (UC)

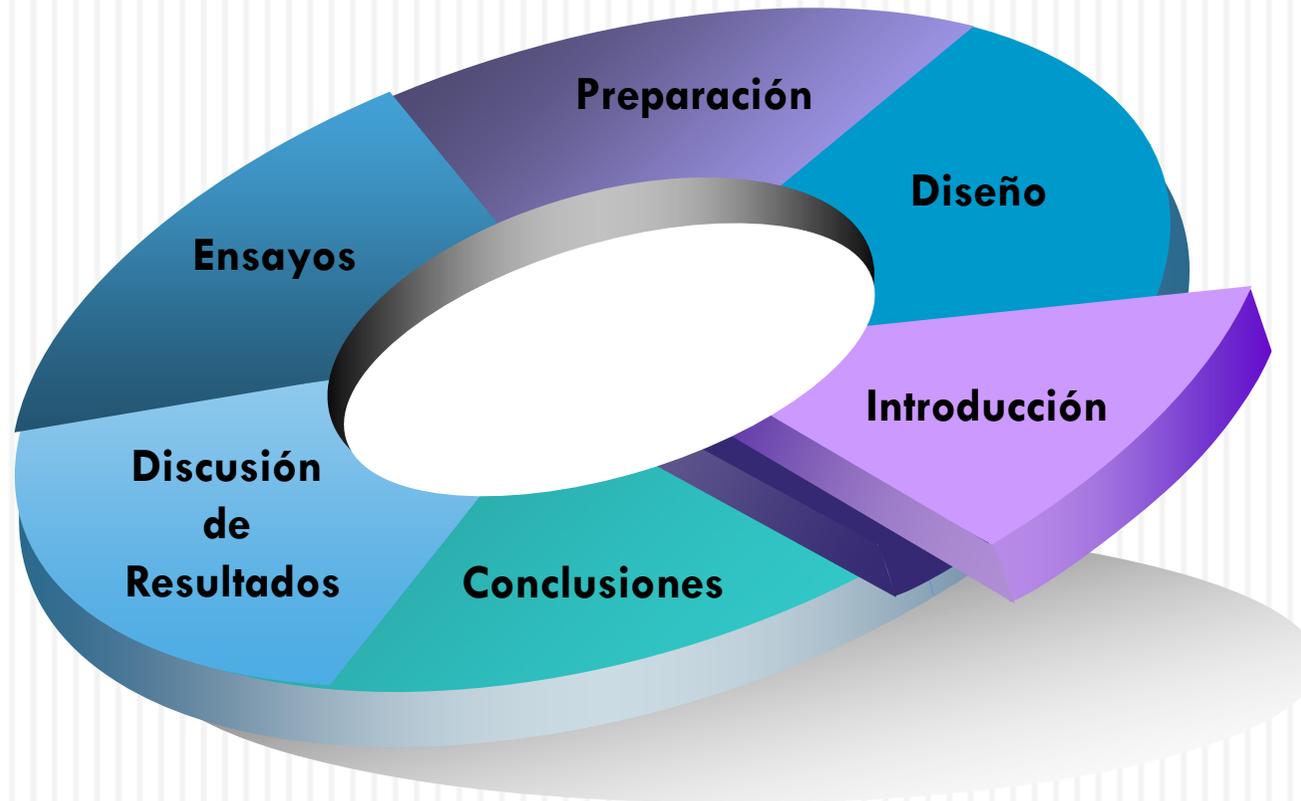
RAMIRO VARGAS VERGARA (UTP)

FRANCISCO YEOMANS REYNA (ITESM)

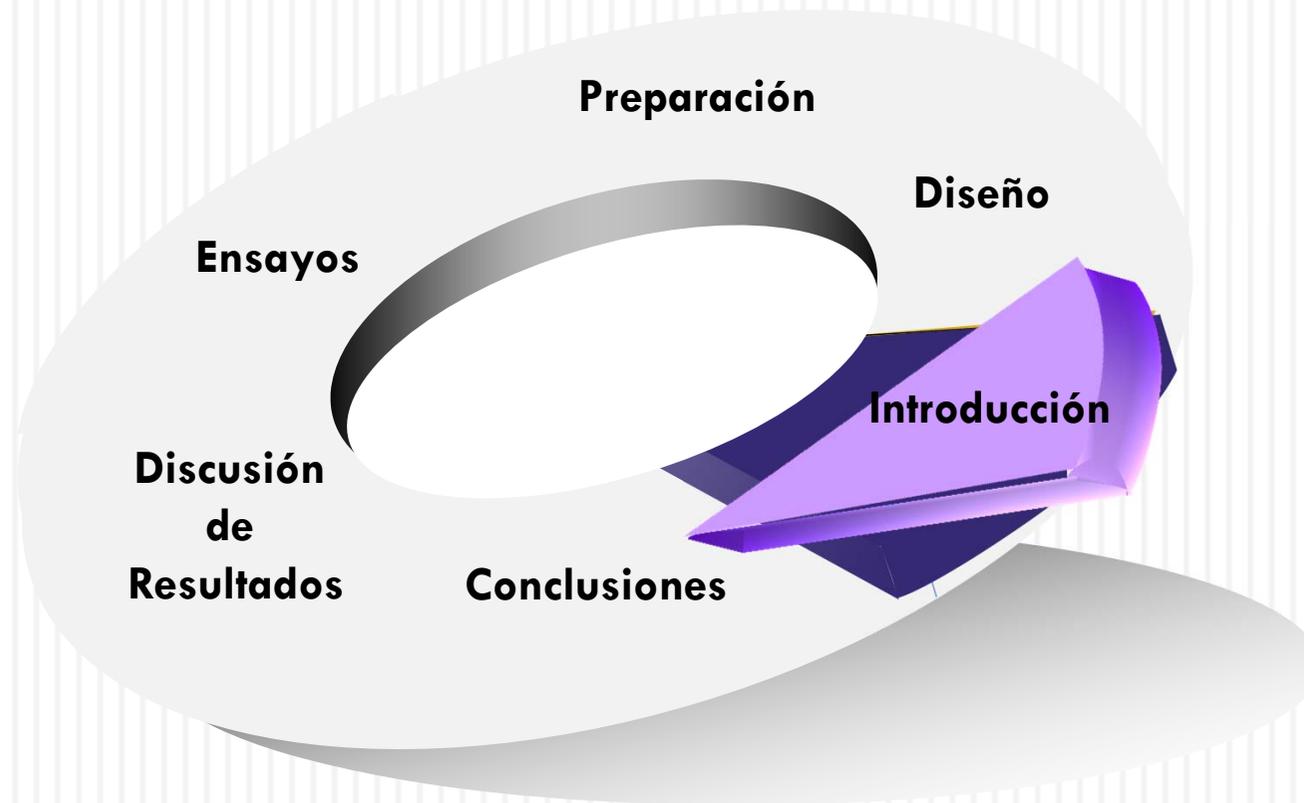
MILAGROS PINTO NUÑEZ (UTP)



Contenido



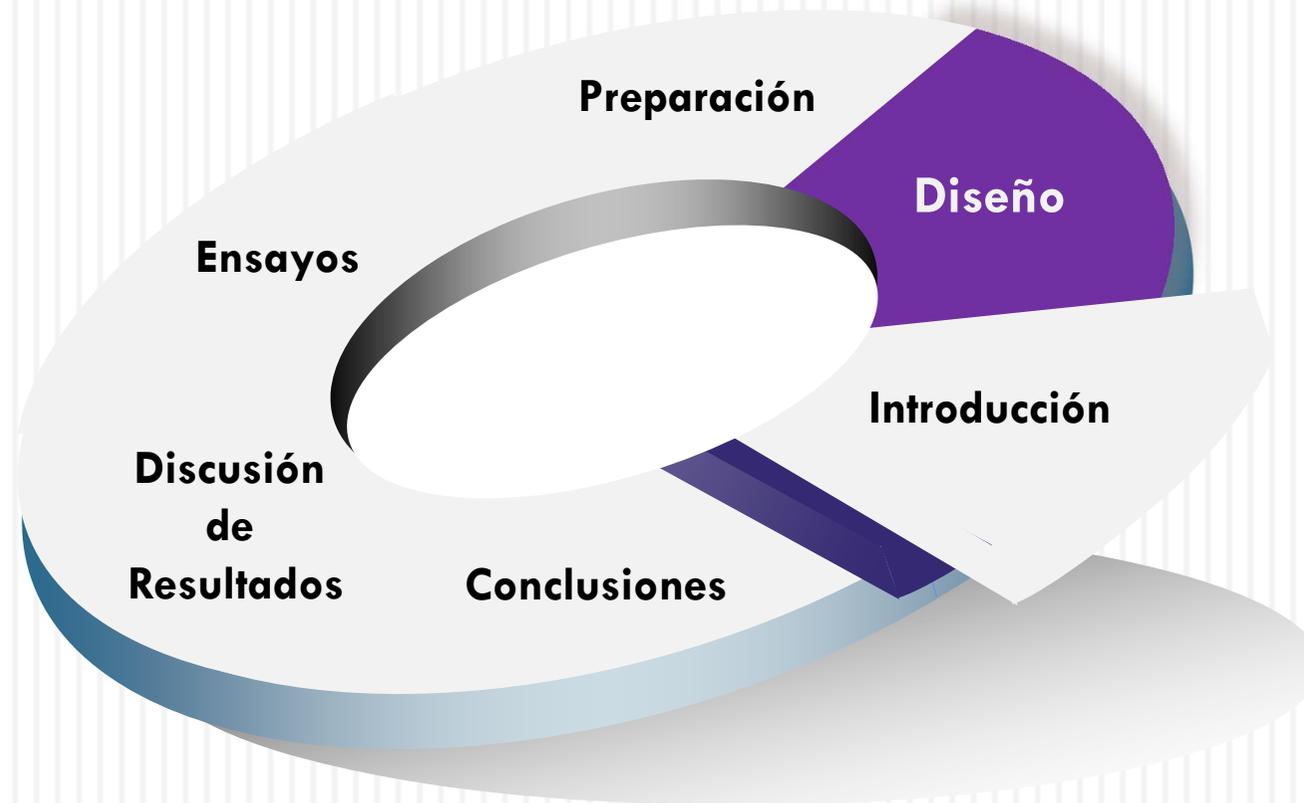
Contenido



Introducción

- En el trabajo se exponen los resultados de la primera fase de un programa experimental desarrollado en la Universidad Tecnológica de Panamá, como parte del proyecto SENACYT COL 06 – 007 “Fundamentación experimental de sistemas estructurales y productos para el desarrollo competitivo de la construcción compuesta”, con participación de investigadores de esa Institución, de la Universidad de Camagüey, Cuba y del Tecnológico de Monterrey, México.
- La fase desarrollada estuvo orientada a la caracterización experimental del comportamiento bajo carga monotónica del tres tipos de conectores: asas verticales elaboradas a partir de barras lisas de acero (Tipo B), canales laminadas en caliente (Tipo C) y placa continua (Tipo P), en presencia de lámina plegada perpendicular al eje de las vigas o en losas macizas de concreto normal.

Contenido

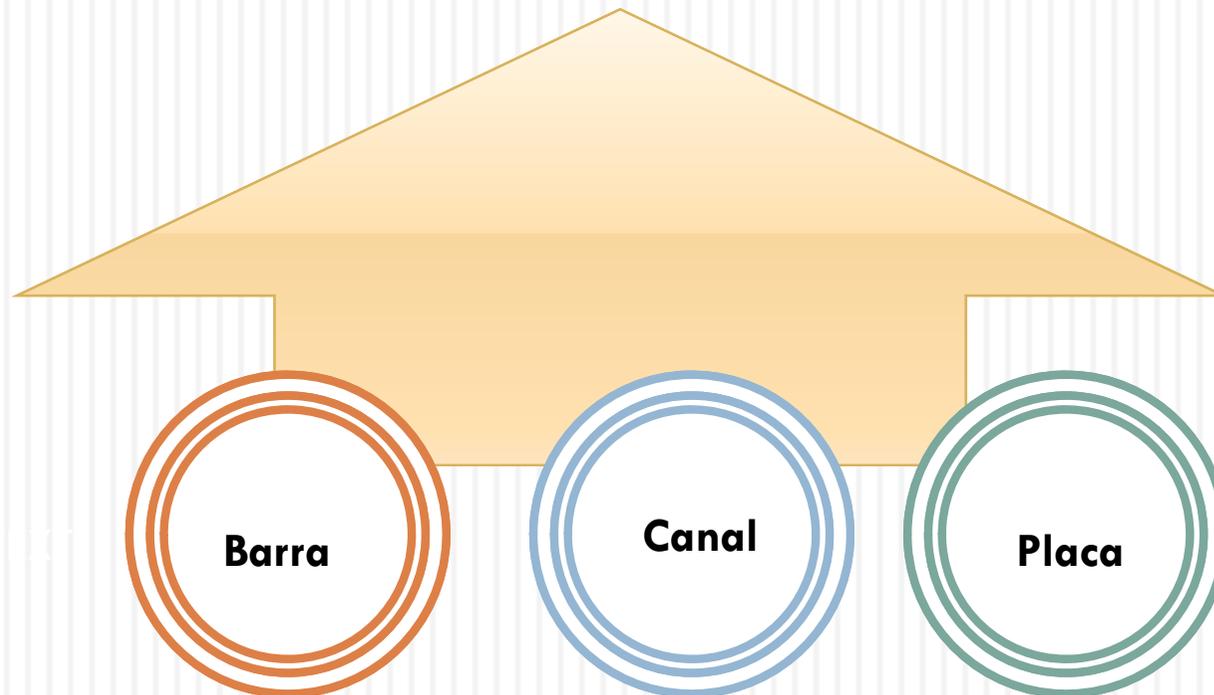


Diseño del Experimento

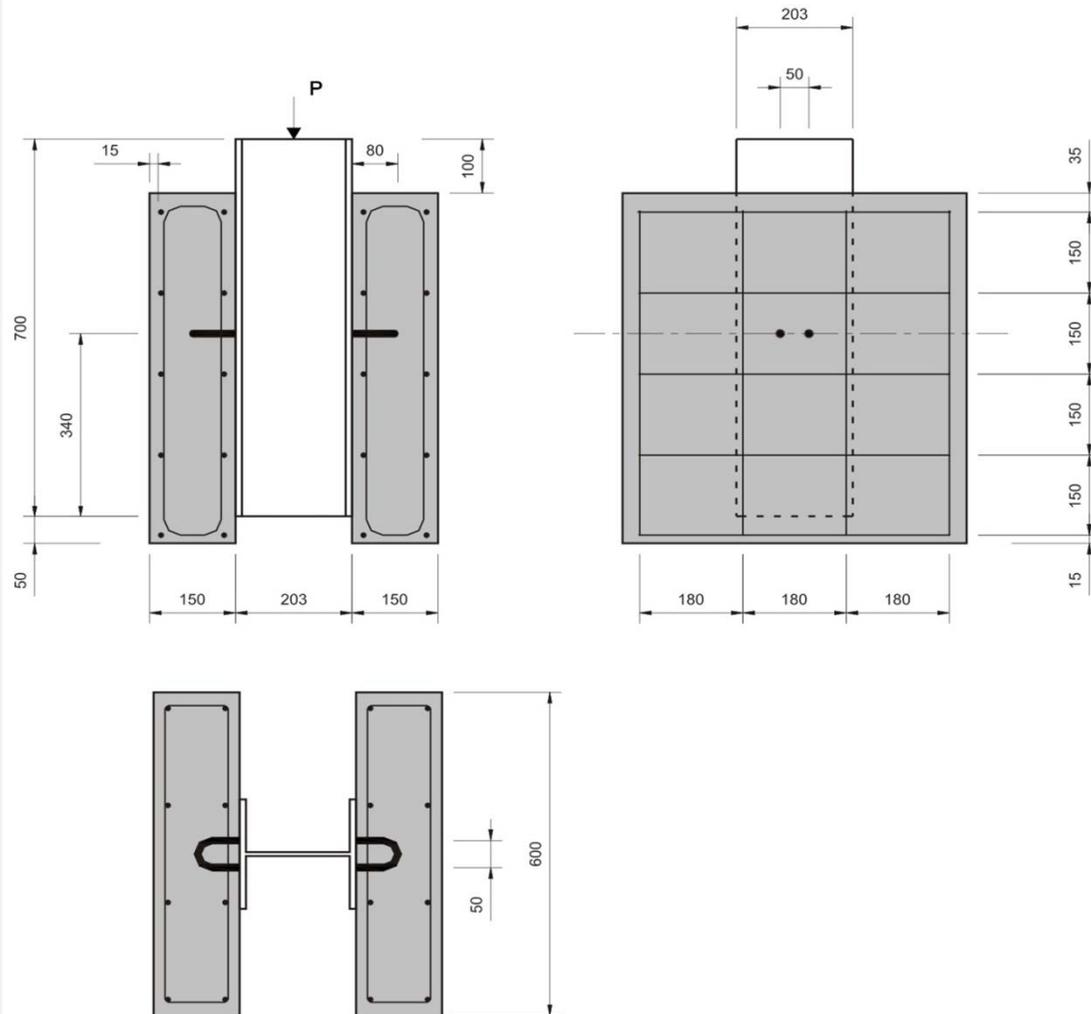
Tipo de conector	Variables	Denominación	Nivel máximo (+1)	Nivel mínimo (-1)
B	Posición	X1	Fuerte o favorable (F)	Débil o desfavorable (D)
	Separación entre barras (mm)	X2	150 mm	50 mm
C	Resistencia del concreto(MPa)	X1	21 MPa	28 MPa
	Ancho (mm)	X2	150 mm	50 mm
P	Espesor (mm)	X1	12,7 mm	6.35 mm
	Barras pasantes	X2	si	no



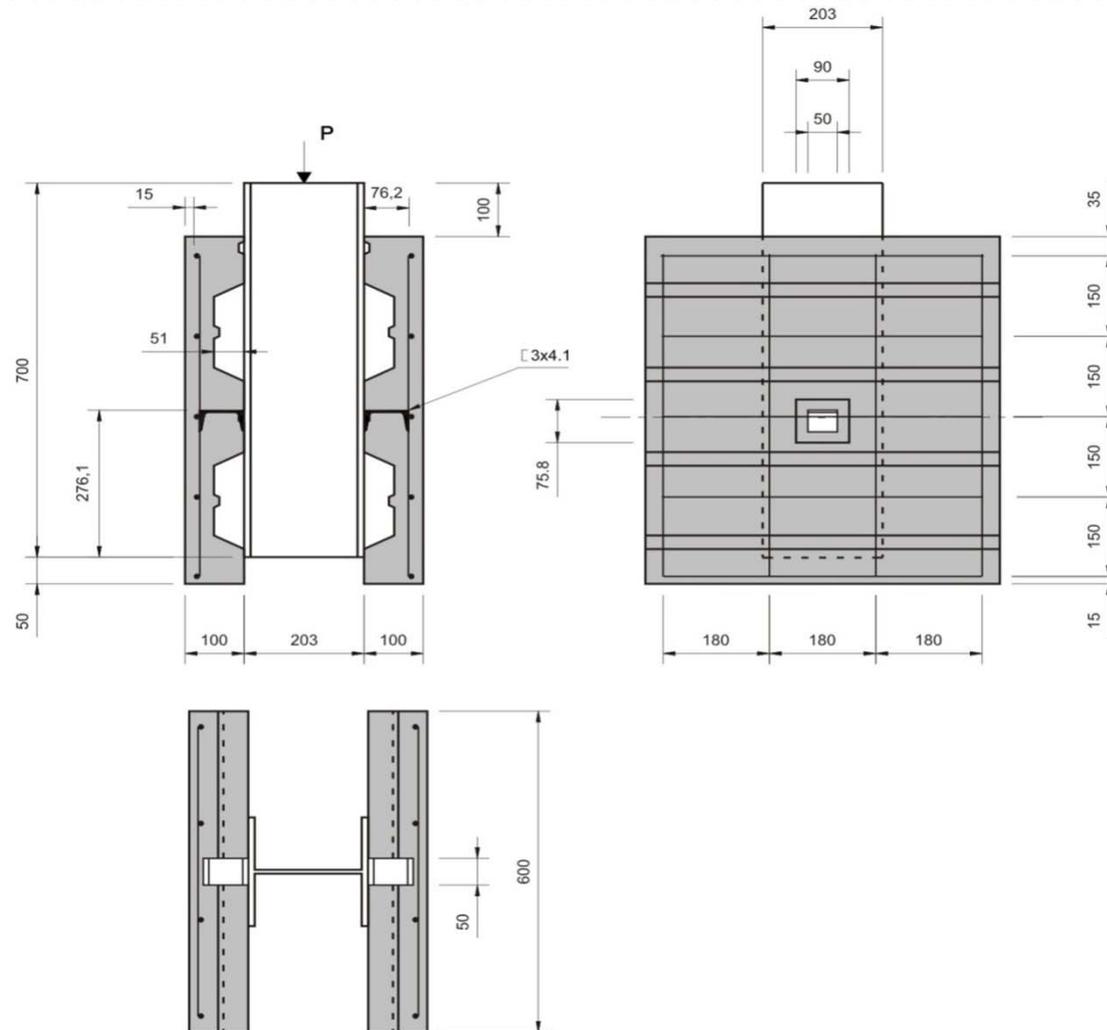
Diseño de especímenes



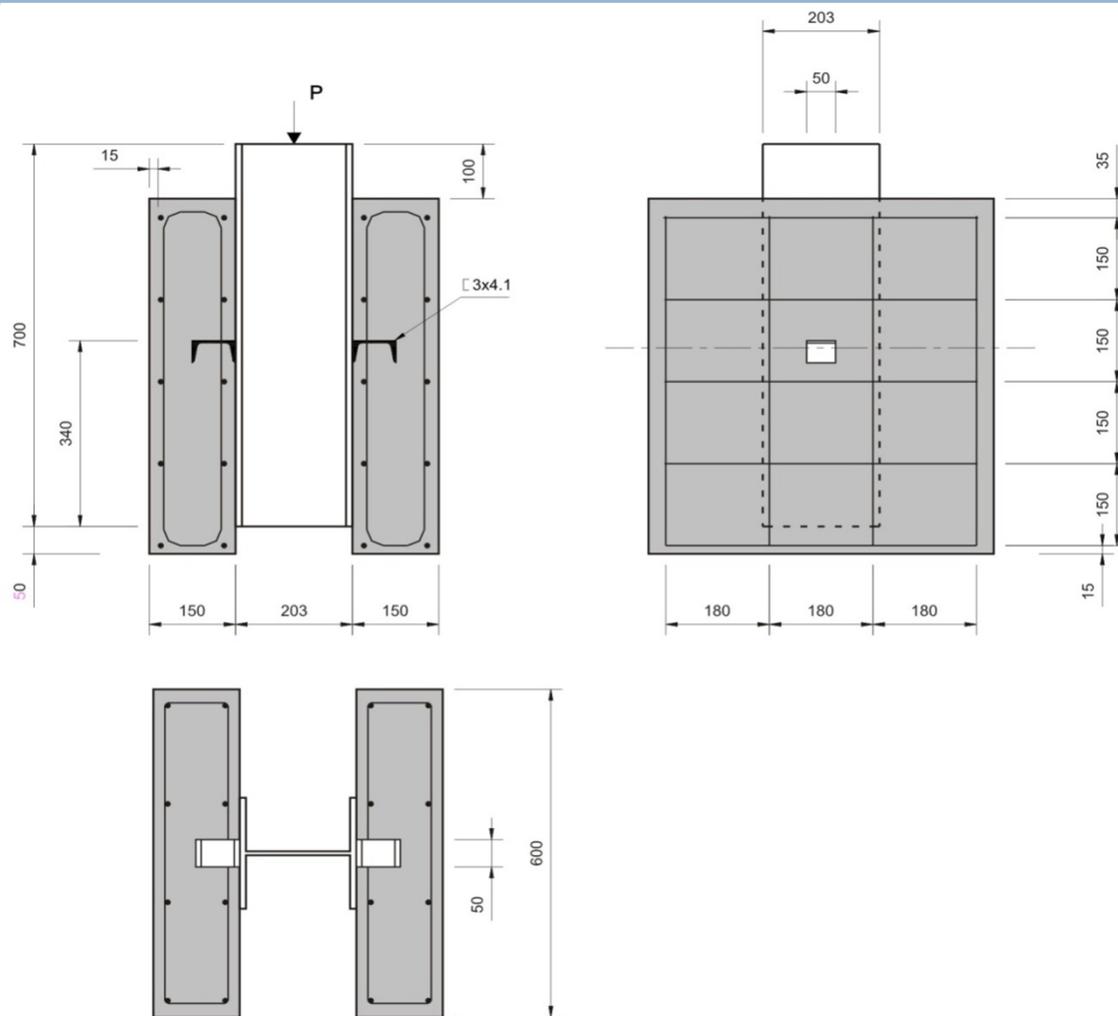
Conector Tipo B – Losa Maciza



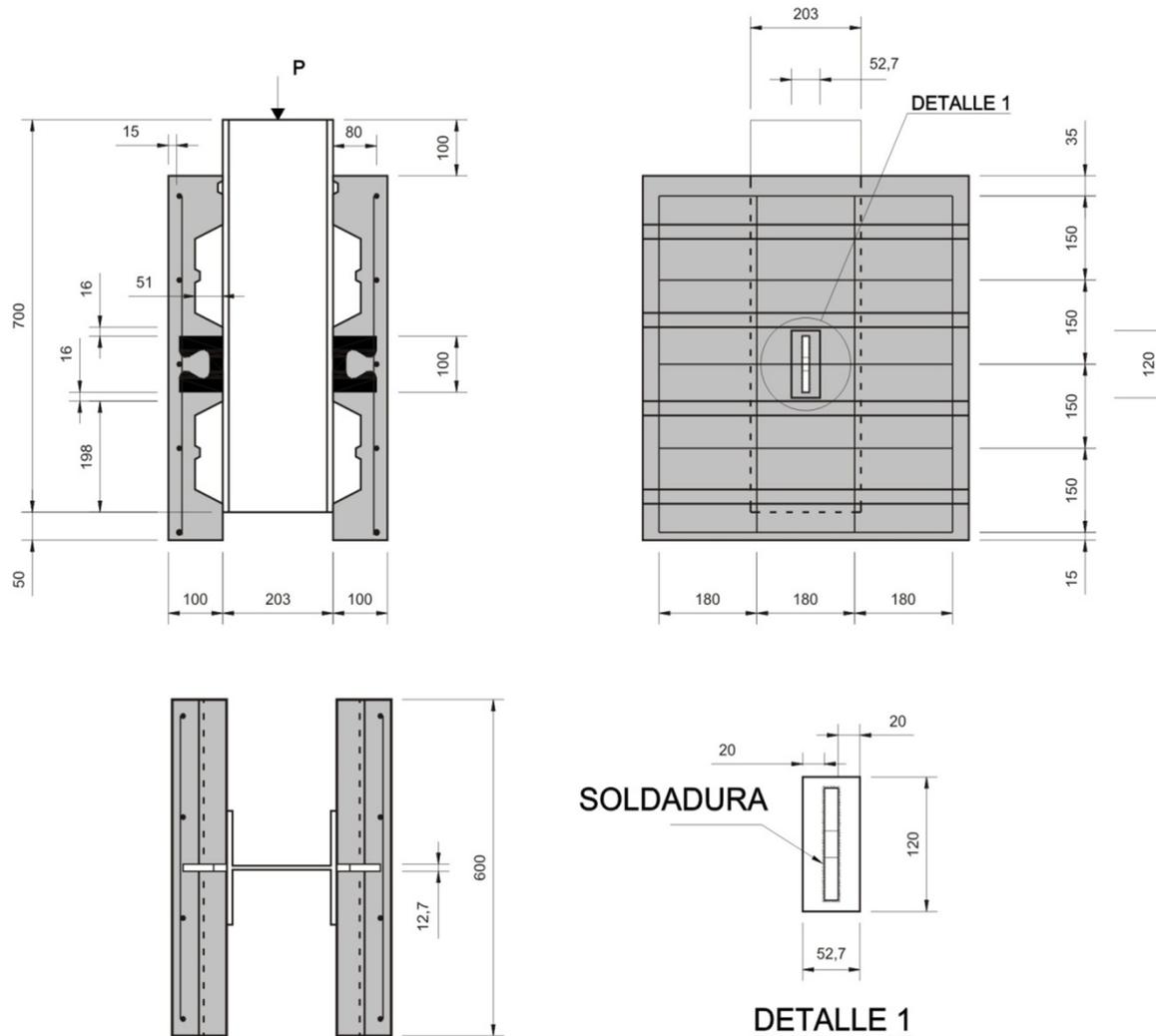
Conector tipo C – Losa con Lámina



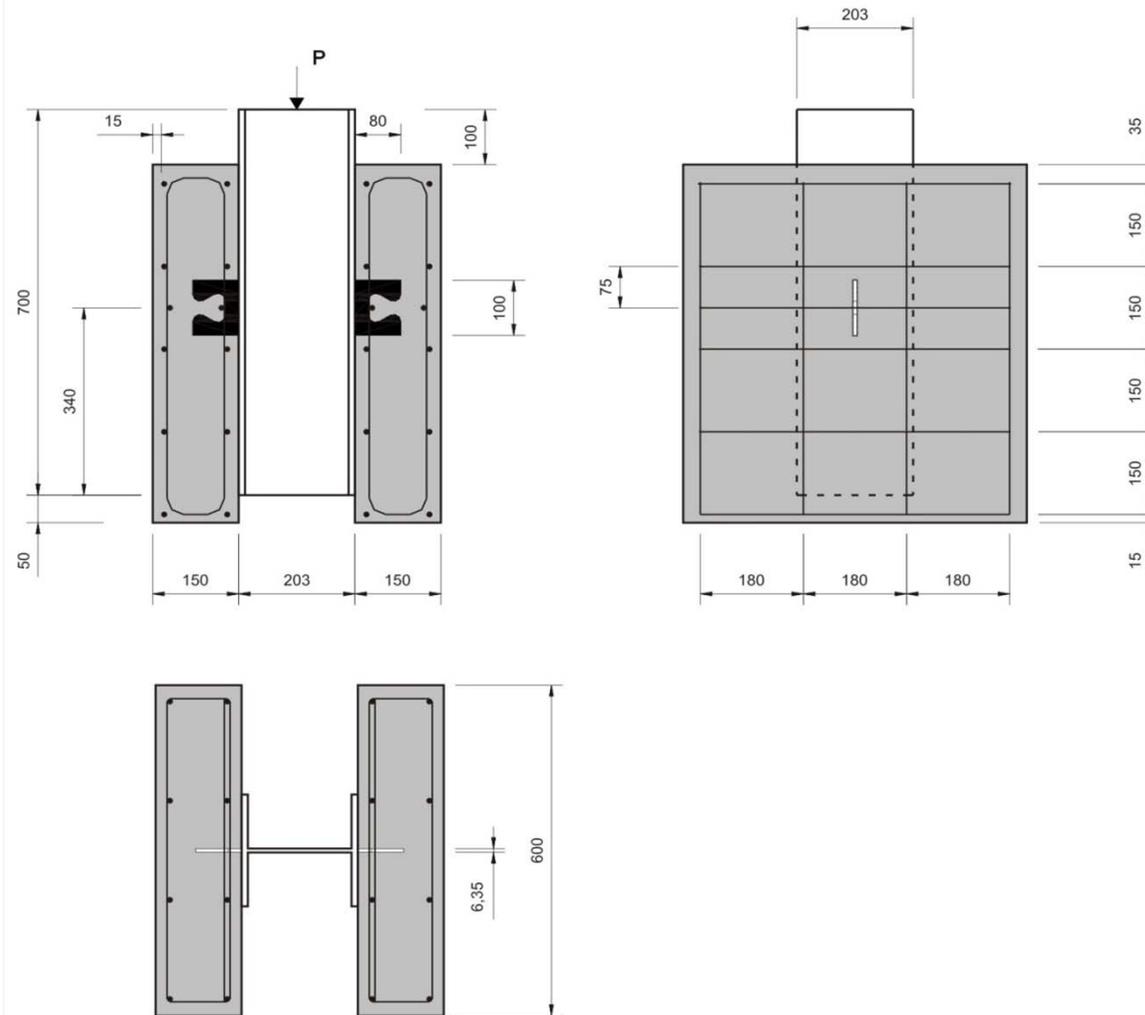
Conector tipo C – Losa Maciza



Conector tipo P – Losa con lámina



Conector tipo P – Losa Maciza



Contenido



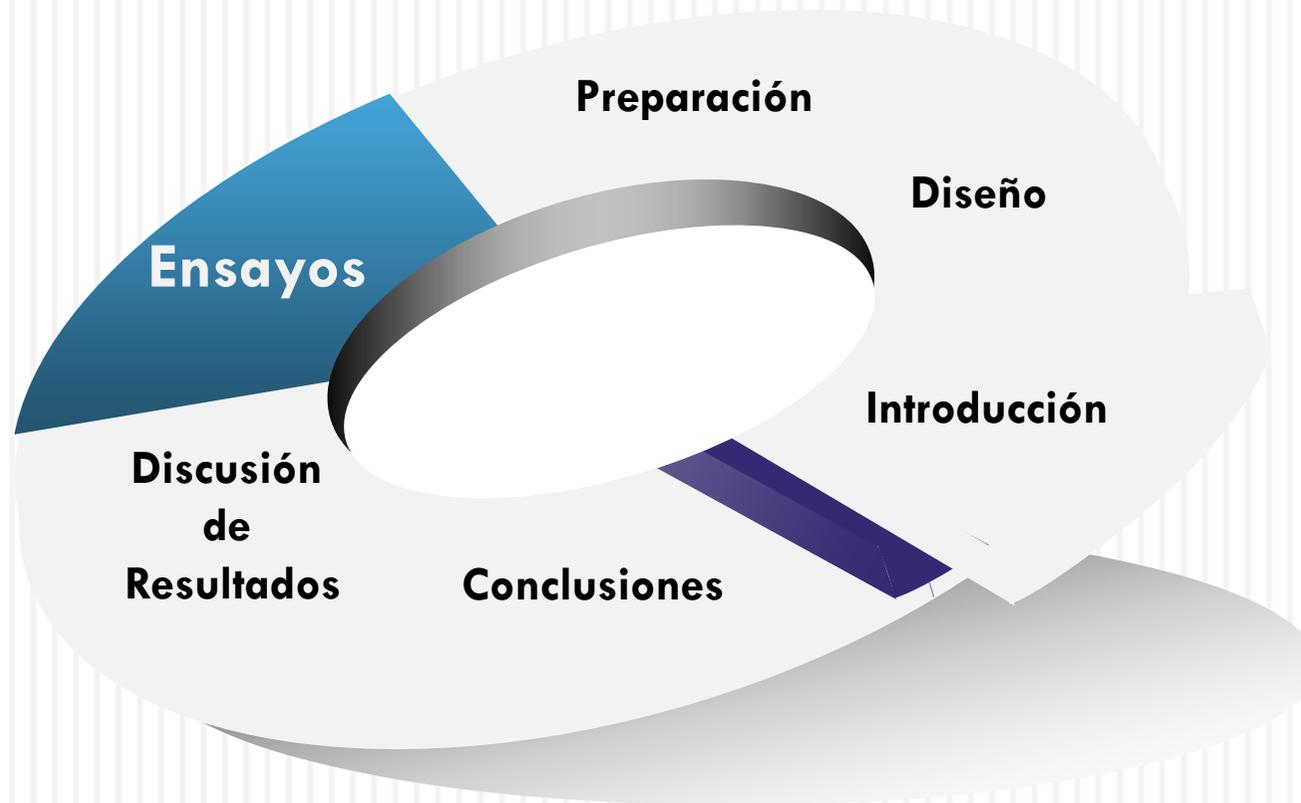
Preparación y Ejecución de los ensayos.

Todos los especímenes fueron cargados monotónicamente, con incrementos que fueron seleccionados en dependencia de la capacidad de carga esperada.

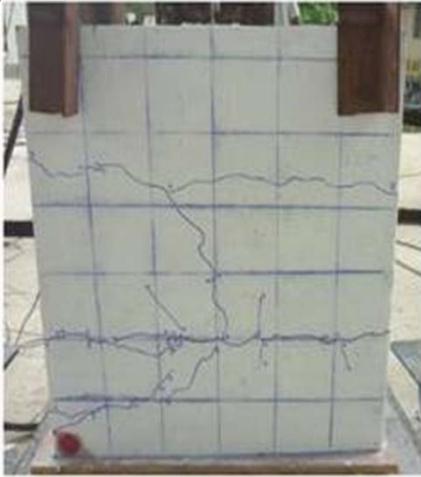
Estos incrementos oscilaron entre 3 y 6 kN y fueron aplicados hasta aprox. el 40 % de la capacidad máxima esperada, a partir de lo cual, se realizaron paradas para evaluar y registrar la evolución del daño, lo que incluyó marcar la trayectoria de avance de las grietas.



Contenido



Conector Tipo B.



(a)



(b)



(c)

Losa con lámina



(a)



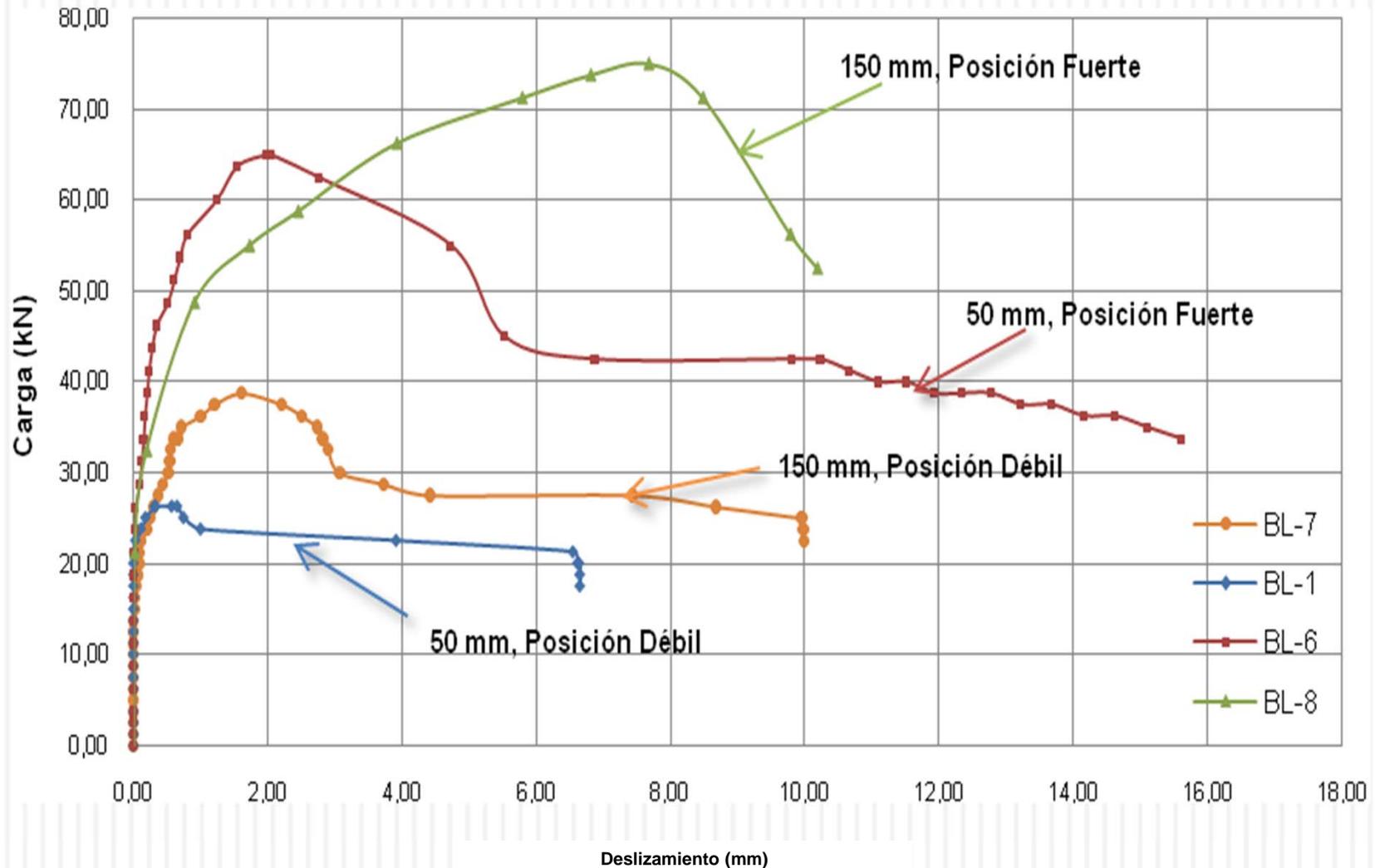
(b)



(c)

Losa maciza

Curva Carga – Deslizamiento. Conector Tipo B.



Conector Tipo C.

Losa con lámina



(a)

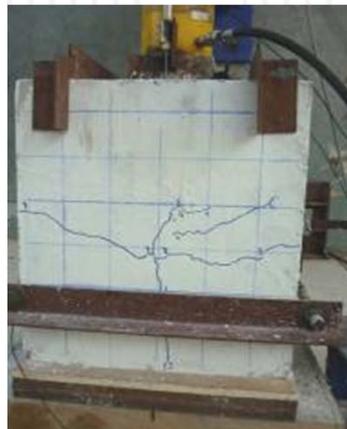


(b)



(c)

Losa maciza



(a)

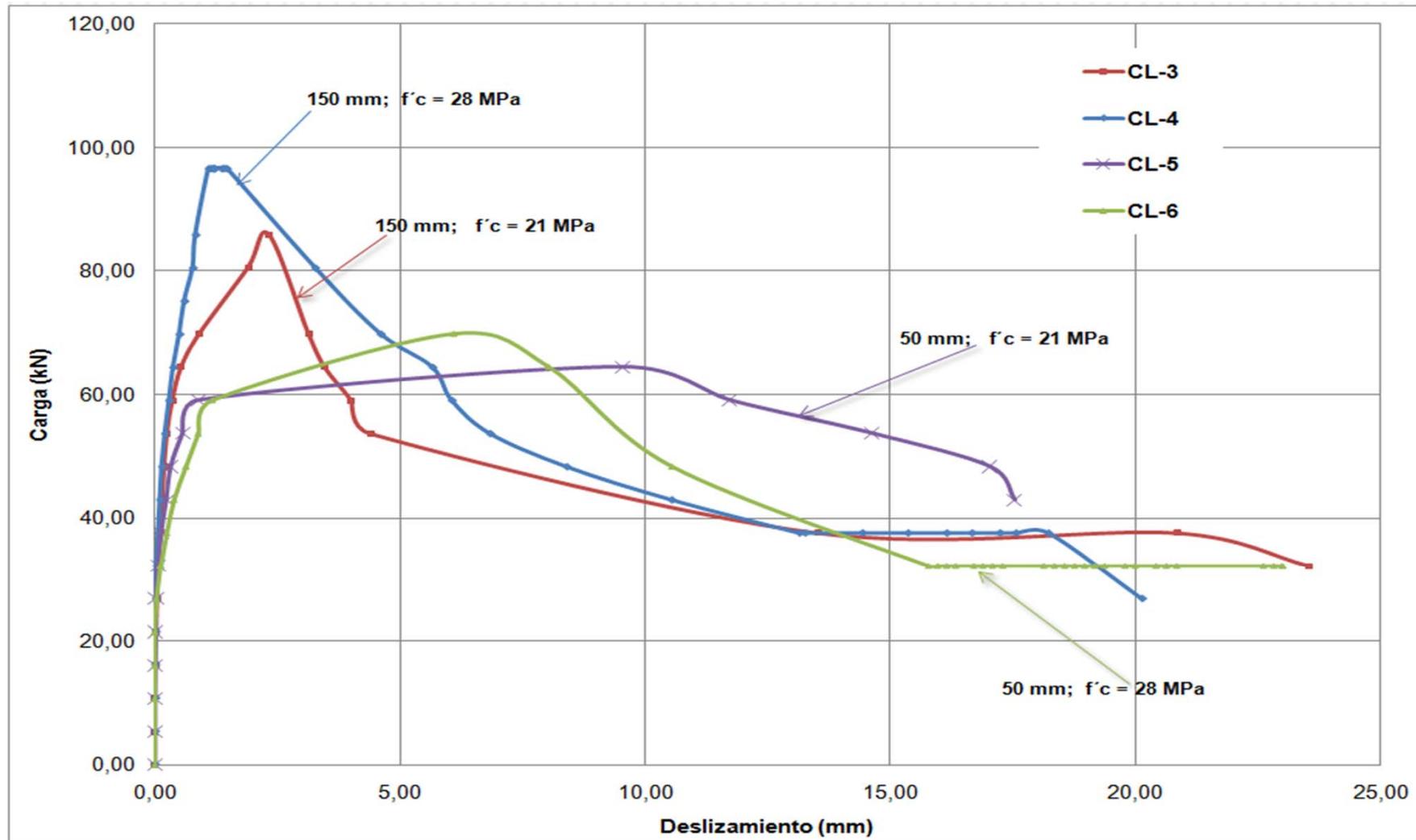


(b)

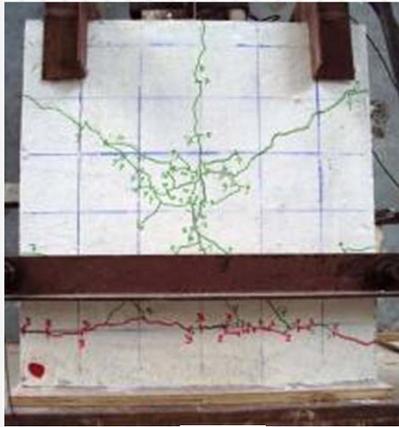


(c)

Curva Carga-Deslizamiento. Conector Tipo C.



Conector Tipo P.



(a)



(b)



(c)

Losa con lámina



(a)



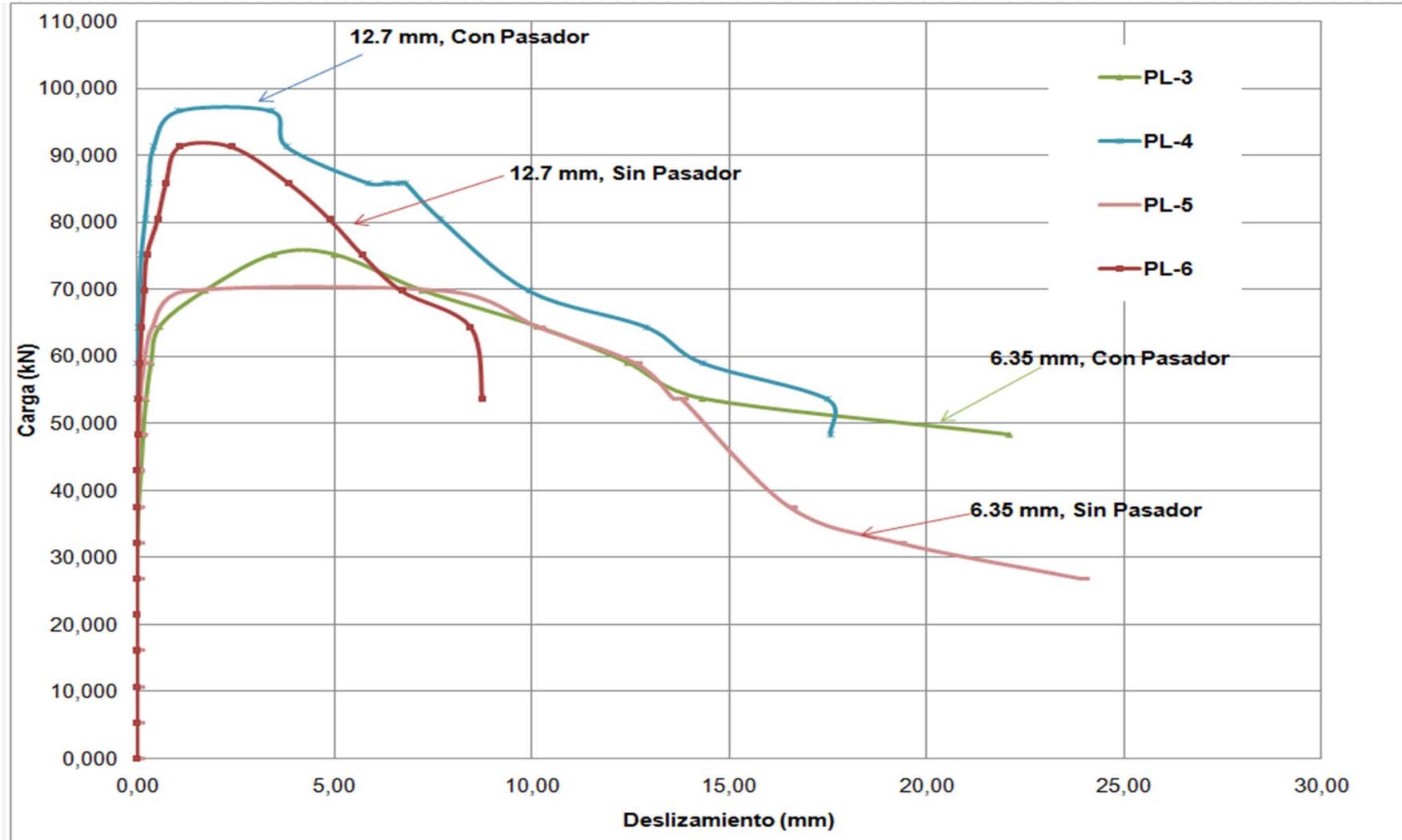
(b)



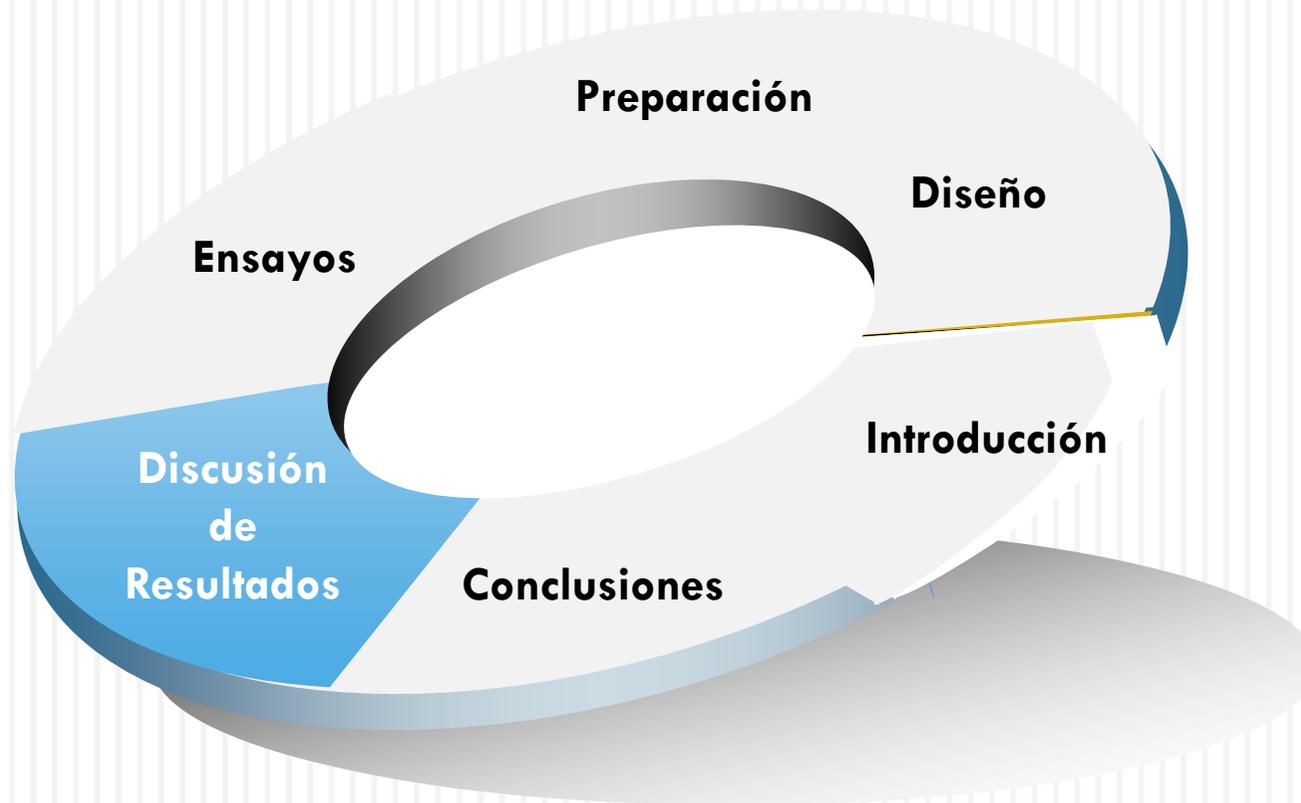
(c)

Losa maciza

Curva Carga-Deslizamiento. Conector Tipo P.



Contenido



Comparación de resultados experimentales con formulaciones de normas y autores internacionales.

Conexiones tipo B.

Espe- cimen	Ancho (mm)	Posición	Capacidad Resistente Experimental (kN)	$\frac{Exp}{AISC}$	$\frac{Exp}{R. R}$	$\frac{Exp}{NC}$	$\frac{Exp}{Bonilla}$	$\frac{Exp}{Eurocode 4}$
BL-1	50	D	26.28	0,440	0,627	0,712	0,603	0,481
BL-2	50	F	72.64	0,976	1,223	1,969	1,100	1,421
BL-3	150	D	45.05	0,757	1,075	1,221	1,034	0,825
BL-4	150	F	77.58	1,043	1,150	2,103	1,175	1,421
BL-6	50	F	65.07	0,875	0,965	1,764	0,986	1,192
BL-7	150	D	38.79	0,652	0,926	1,052	0,890	0,711
BL-8	150	F	75.08	1,009	1,113	2,035	1,137	1,375
BS-9	50	-	132.78	1,260	-	1,253	1,703	1,703
BS-10	50	-	126.45	1,200	-	1,120	1,621	1,621
BS-11	50	-	142.71	1,354	-	1,354	1,830	1,830
BS-12	50	-	128.95	1,224	-	1,224	1,653	1,653

Comparación de resultados experimentales con formulaciones de normas y autores internacionales.

Conexiones tipo C.

Espe- ci- men	Resistencia a la compresión del concreto (MPa)	Ancho (mm)	Capacidad Resistente Experimental (kN)	$\frac{Exp}{AISC}$	$\frac{Exp}{NC}$	$\frac{Exp}{CSA}$	$\frac{Exp}{Pashan}$
CL-1	21,9	50	69,80	-	-	-	-
CL-2	27,5	50	75,17	-	-	-	-
CL-3	21,9	150	85,91	-	-	-	-
CL-4	27,5	150	96,65	-	-	-	-
CL- 5	21,9	50	64,43	-	-	-	-
CL-6	27,5	50	69,80	-	-	-	-
CL-7	21,9	150	75,18	-	-	-	-
CS-9	21,9	50	204,05	2,23	3,094	2,670	1,301
CS-10	21,9	50	204,05	2,23	3,094	2,670	1,301
CS-11	21,9	50	204,05	2,23	3,094	2,670	1,301
CS-12	21,9	50	193,31	2,11	2,931	2,529	1,233

Formulaciones propuestas

- Conector Canal en losa maciza:

$$Q_u = [1,6(t + w) + 0,5L]\sqrt{f'c}$$

- Coeficiente de reducción de la capacidad resistente en presencia de lámina perpendicular:

$$\mu = 0,113\left(\frac{Wr}{hr}\right) - 0,001L$$

Comparación de resultados experimentales con formulaciones de normas y autores internacionales, y formulaciones propuestas.

Conexiones tipo C.

Espe- ci- men	Resistencia a la compresión del concreto (MPa)	Ancho (mm)	Capacidad Resistente Experimental (kN)	$\frac{Exp}{AISC}$	$\frac{Exp}{NC}$	$\frac{Exp}{CSA}$	$\frac{Exp}{Pashan}$	$\frac{Exp}{Propuestas}$
CL-1	21,9	50	69,80	-	-	-	-	1,163
CL-2	27,5	50	75,17	-	-	-	-	1,117
CL-3	21,9	150	85,91	-	-	-	-	0,990
CL-4	27,5	150	96,65	-	-	-	-	0,993
CL-5	21,9	50	64,43	-	-	-	-	1,073
CL-6	27,5	50	69,80	-	-	-	-	1,038
CL-7	21,9	150	75,18	-	-	-	-	0,866
CS-9	21,9	50	204,05	2,23	3,094	2,670	1,301	1,019
CS-10	21,9	50	204,05	2,23	3,094	2,670	1,301	1,019
CS-11	21,9	50	204,05	2,23	3,094	2,670	1,301	1,019
CS-12	21,9	50	193,31	2,11	2,931	2,529	1,233	0,966

Comparación de resultados experimentales con formulaciones de autores internacionales.

Conexiones tipo P

<u>Especimen</u>	Espesor (mm)	Barra Pasante	Capacidad Resistente Experimental (kN)	$\frac{Exp}{Verissimo et. al.}$
PL-1	6,35	-	80,54	-
PL-2	12,7	-	91,28	-
PL-3	6,35	10 mm	75,17	-
PL-4	12,7	10 mm	96,65	-
PL- 5	6,35	-	69,8	-
PL-6	12,7	-	91,28	-
PL-7	6,35	10 mm	80,54	-
PL-8	12,7	10 mm	102,02	-
PS-9	6,35	-	198,68	0,91
PS-10	6,35	-	198,68	0,91
PS-11	6,35	10 mm	182,57	0,79
PS-12	6,35	10 mm	202,63	0,87
PS-13	6,35	10 mm	193,31	0,83
PS-14	6,35	10 mm	187,94	0,81

Formulaciones propuestas

- Conector Placa en losa maciza:

$$Qu = 2,4 \frac{h_{sc}^2}{t_c} t_{sc} f'c + 2,9nD^2 \sqrt{f'c} + 0,30A_{cc} \sqrt{f'c} + 5,0 \times 10^6 \left(\frac{A_{tr}}{A_{cc}} \right)$$

- Coeficiente de reducción de la capacidad resistente en presencia de lámina perpendicular:

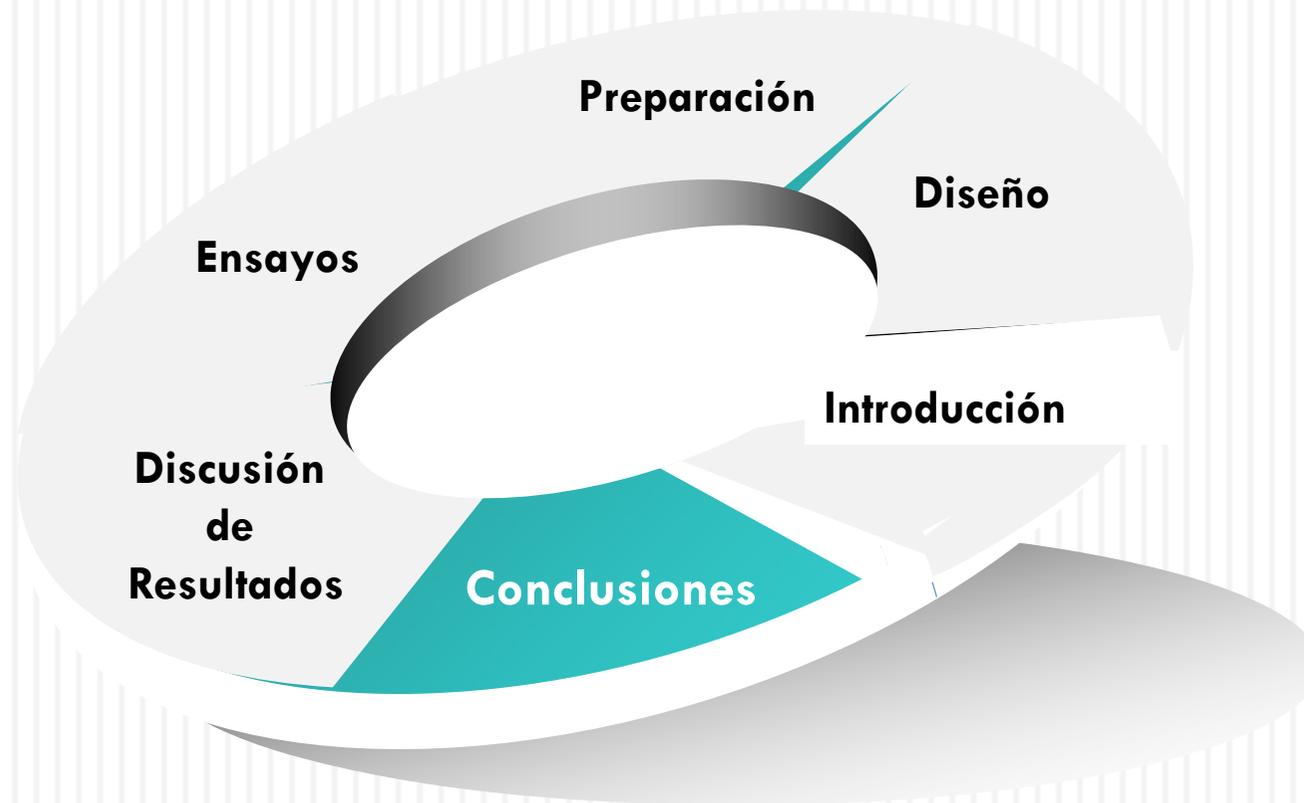
$$\mu = 0,37$$

Comparación de resultados experimentales con formulaciones de autores internacionales, y formulaciones propuestas.

Conexiones tipo P

<u>Especimen</u>	Espesor (mm)	Barra Pasante	Capacidad Resistente Experimental (kN)	$\frac{Exp}{Verissimo\ et.\ al.}$	$\frac{Exp}{Propuestas}$
PL-1	6,35	-	80,54	-	1,033
PL-2	12,7	-	91,28	-	1,039
PL-3	6,35	10 mm	75,17	-	0,905
PL-4	12,7	10 mm	96,65	-	1,039
PL- 5	6,35	-	69,8	-	0,895
PL-6	12,7	-	91,28	-	1,039
PL-7	6,35	10 mm	80,54	-	0,970
PL-8	12,7	10 mm	102,02	-	1,097
PS-9	6,35	-	198,68	0,91	0,986
PS-10	6,35	-	198,68	0,91	0,986
PS-11	6,35	10 mm	182,57	0,79	0,868
PS-12	6,35	10 mm	202,63	0,87	0,963
PS-13	6,35	10 mm	193,31	0,83	0,919
PS-14	6,35	10 mm	187,94	0,81	0,894

Contenido



Conclusiones

- Se pudo apreciar como la presencia de la lámina condujo a una reducción notable de la capacidad resistente máxima y a la aparición de grietas en etapas tempranas del ensayo.
- En los especímenes con láminas prevalece el fallo del concreto en la vecindad del conector a diferencia del fallo por corte de los conectores que prevalece en los especímenes con losa maciza.
- El adecuado diseño estadístico del experimento y la consecuente evaluación estadística de los resultados ha permitido apreciar la significación de las variables independientes consideradas.
- Es así como se definen como variables de mayor efecto, la posición en los conectores tipo B, el ancho de los conectores tipo C y el espesor de los conectores tipo P, sin descartar la significación de las variables separación de las barras en los conectores tipo B y resistencia del concreto a la compresión en los conectores tipo C.

Referencias

- American Institute of Steel Construction, Inc. (AISC). (2005). “Specification for Structural Steel Buildings”. ANSI/AISC 360-05. pp. 77-89.
- Bonilla, J. (2008). “Estudio del comportamiento de conectores tipo perno de estructuras compuestas de hormigón y acero mediante modelación numérica”. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba. 127 p.
- European Committee for Standardization. (2004). “Design of Composite Steel and Concrete Structures – Part 1.1”. Eurocode 4. EN 1994-1-1. Brussels.
- Pashan , A. Behaviour of channel shear connectors: Push-out tests, 2006.
- Rambo-Roddenberry, M. D.(2002). “Behaviour and Strength of Welded Stud Shear Connectors”. PhD. Thesis. University of Blacksburg, Virginia. 245 p.