



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



TESIS DOCTORAL

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DE FORJADOS DE HORMIGÓN “IN SITU” MEDIANTE EL USO DE ELEMENTOS DE CONTROL DE CARGA EN LAS CIMBRAS

Autor: Manuel Buitrago Moreno

Directores: Dr. Jose M. Adam Martínez
Dr. Pedro A. Calderón García
Dr. Yezid A. Alvarado Vargas



ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE**
- 3. ESTUDIO NUMÉRICO DE VIABILIDAD DEL LIMITADOR DE CARGA**
- 4. EL LIMITADOR DE CARGA. DISEÑO, FABRICACIÓN, ENSAYO Y SIMULACIÓN**
- 5. USO DE LOS LIMITADORES DE CARGA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO EXPERIMENTAL**
- 6. ESTIMACIÓN MEDIANTE SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LAS MEJORAS INTRODUCIDAS POR LOS LIMITADORES DE CARGA**
- 7. CONCLUSIONES**

INTRODUCCIÓN

1. Introducción

¿Qué es el cimbrado de plantas sucesivas?



**Recuperación de material
para la construcción de
la siguiente planta**

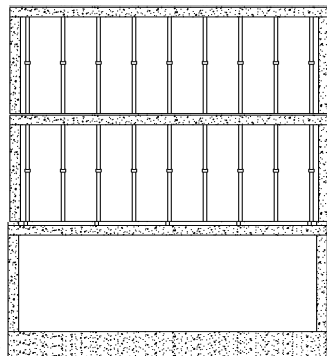
Alvarado, Y. A. (2009). "Estudio experimental y numérico de la construcción de forjados hormigonados in situ mediante procesos de cimbrado, clareado y descimbrado de plantas consecutivas." PhD Thesis - Universitat Politècnica de València. [In Spanish].

1. Introducción

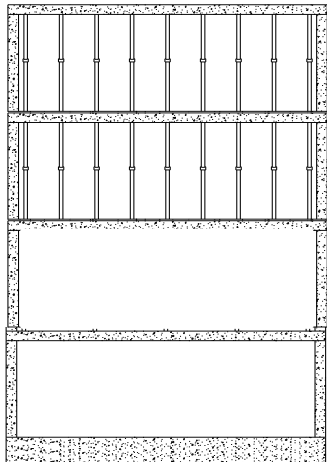
Procesos constructivos

Con Clareado

Cimbrado – Descimbrado

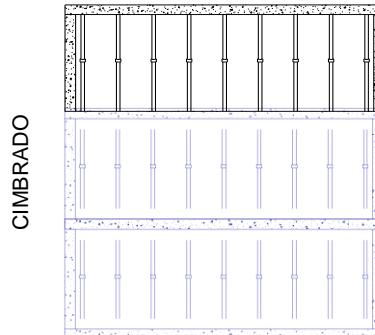


CIMBRADO

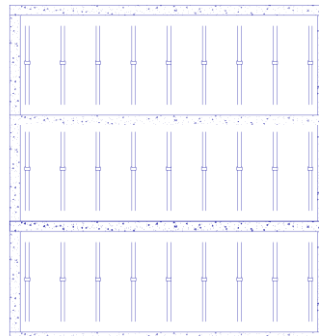


DESCIMBRADO

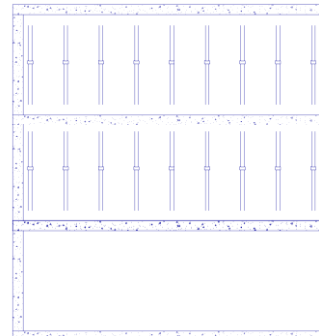
Con Recimbrado



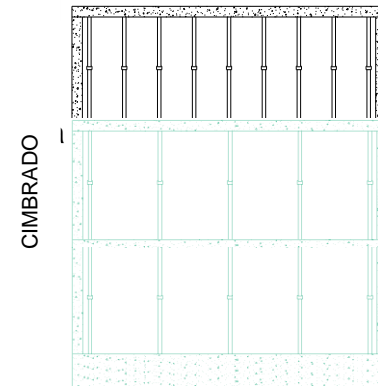
CIMBRADO



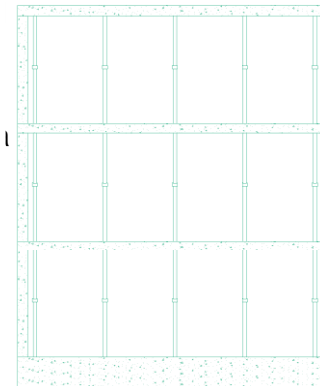
RECIMBRADO



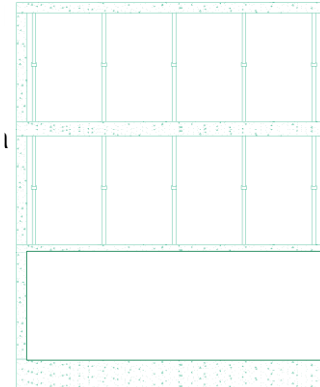
DESCIMBRADO



CIMBRADO



CLAREADO

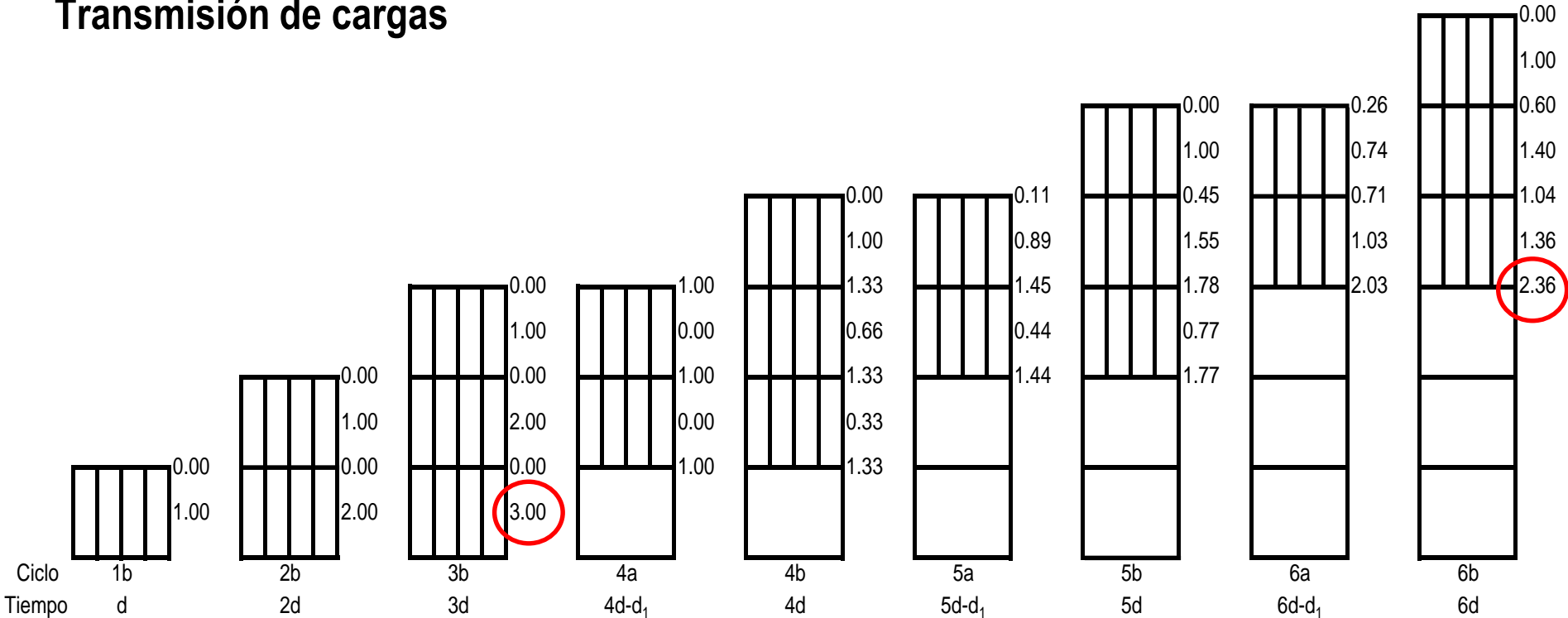


DESCIMBRADO

1. Introducción

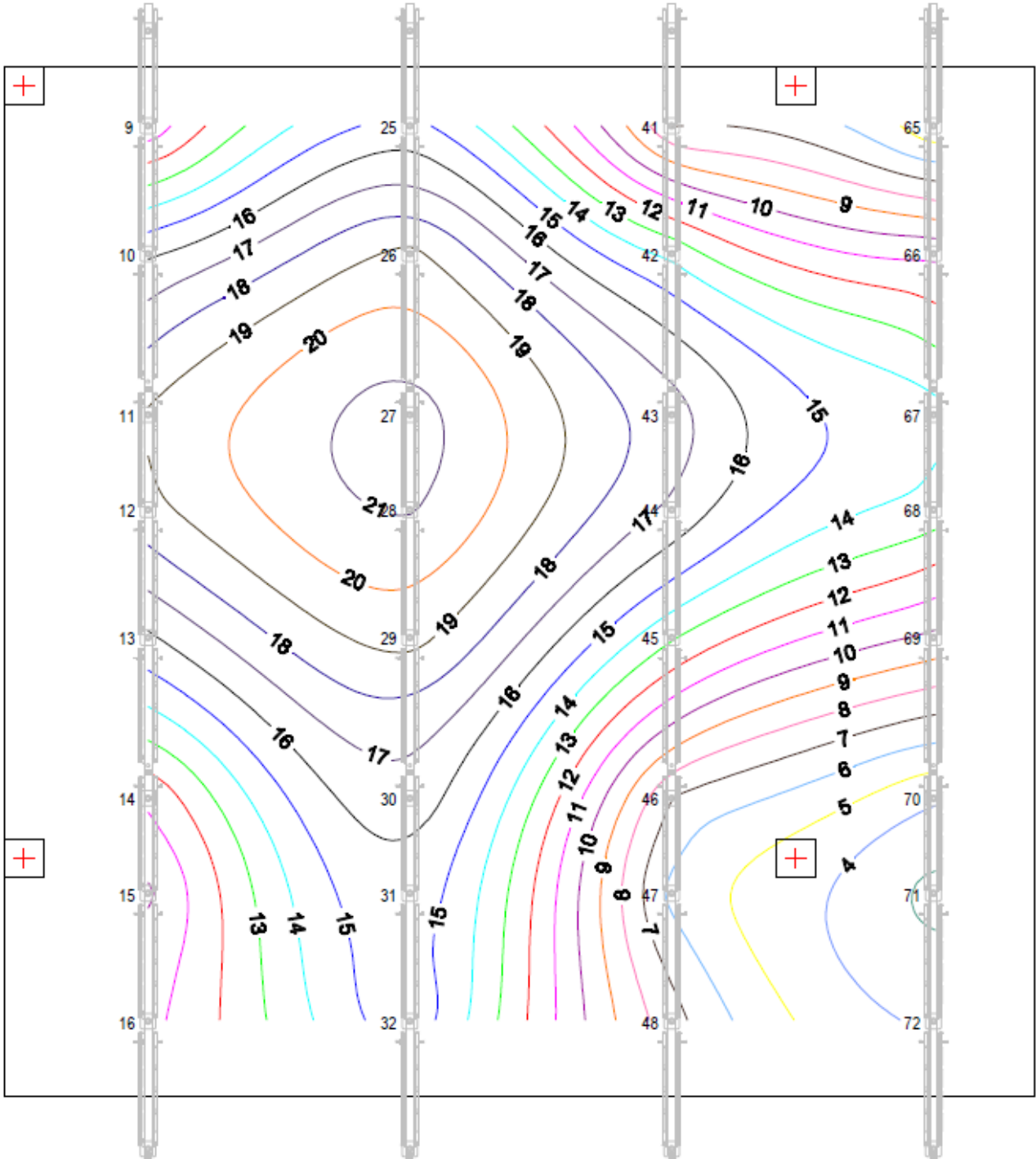
Problemática / Necesidad / Objetivos

Transmisión de cargas



Acumulación de cargas en altura

Cargas durante la construcción vs Cargas de diseño



Alvarado, Y. A. (2009).
 "Estudio experimental y
 numérico de la
 construcción de forjados
 hormigonados in situ
 mediante procesos de
 cimbrado, clareado y
 descimbrado de plantas
 consecutivas." PhD Thesis
 - Universitat Politècnica de
 València. [In Spanish].

¿Eficiencia?

¿Coste?

1. Introducción

Uso del stock de puntales

(repercusión económica/racionalidad)

Ejemplo: $H = 2.60\text{m}$

Puntales ligeros

$$S_{\text{máx}} = 15.9\text{kN}$$

$$S_{\text{máx}} = 16.4\text{kN}$$

Puntales pesados

$$S_{\text{máx}} = 22.5\text{kN}$$

$$S_{\text{máx}} = 25.0\text{kN}$$

¿Qué ocurre si $S_d = 21.0\text{kN}$?

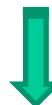
¿Qué ocurre si $S_d = 27.0\text{kN}$?

Buitrago, M., Moragues, J. J., Calderón, P. A., and Adam, J. M. (2018). "Structural failures in cast-in-place RC building structures under construction." *Handbook of Materials Failure Analysis with Case Studies from the Construction Industries*.

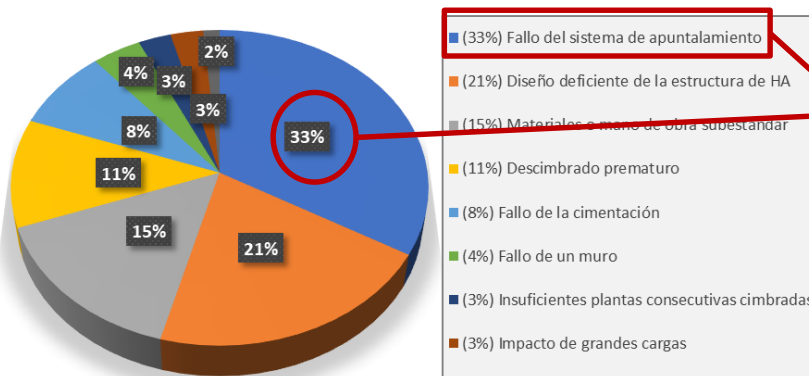
Problemática / Necesidad / Objetivos

Seguridad

Cargas superiores a las admisibles

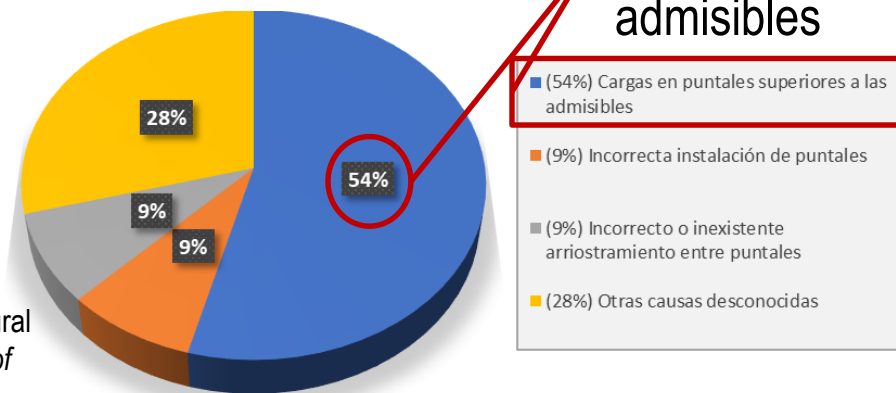


Colapsos durante la fase de construcción



Fallo del sistema de apuntalamiento

Cargas superiores a las admisibles



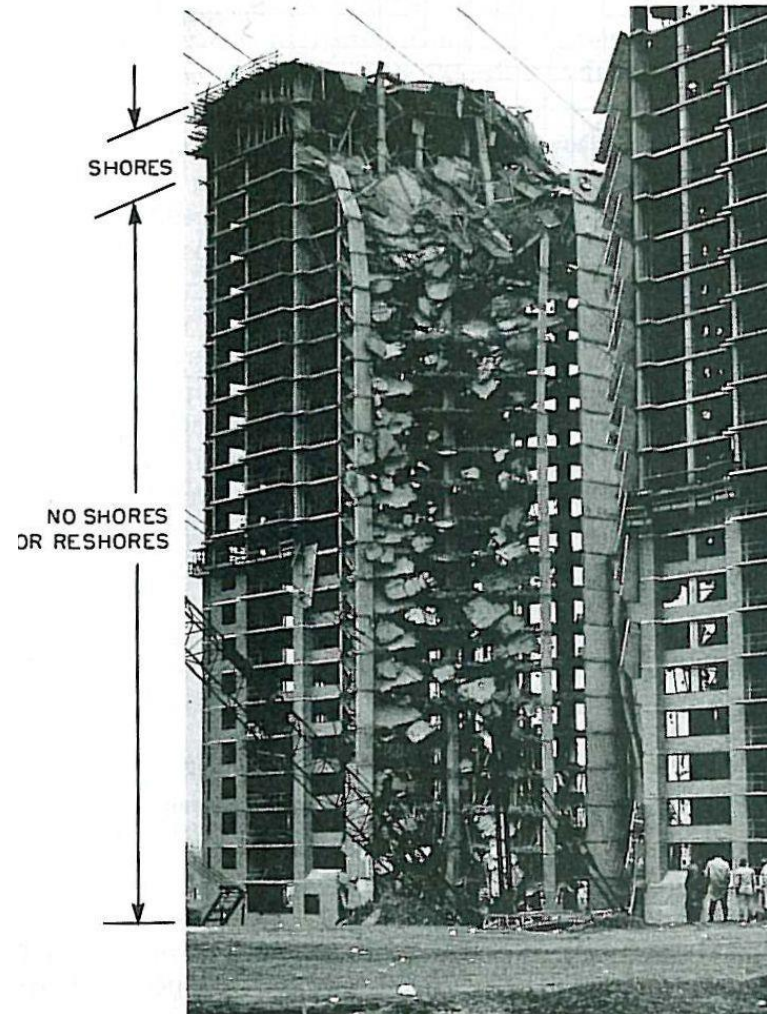
1. Introducción

Problemática / Necesidad / Objetivos

Ejemplos de colapsos durante la construcción



<http://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2009/09/17/obra-consell-encargo-urgencia-arropar-camps-carlet-hunde/632082.html> (Fuente consultada en abril de 2018).



Descimbrado prematuro origina el colapso de las dos torres del Skyline Center Project (Virginia). Kaminetzky, D. V., and Stivaros, P. C. (1994). "Early-Age Concrete: Construction Loads, Behavior, and Failures." *Concrete International*, 16(1), 58–63.

1. Introducción

Problemática / Necesidad / Objetivos

Ejemplos de colapsos durante la construcción



<http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/se-derumba-alcaldia-de-gramalote/16629364> (Fuente consultada en abril de 2018)

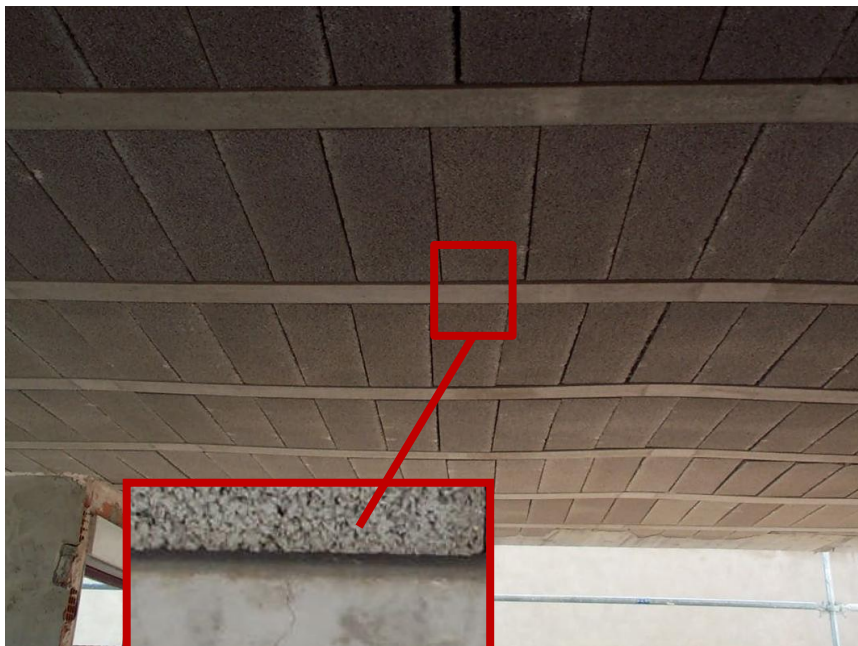


<http://www.diariodemallorca.es/sucesos/2015/09/21/derrumbe-victimas-sarenal/1056712.html> (Fuente consultada en abril de 2018).

1. Introducción

Problemática / Necesidad / Objetivos

Ejemplos de fallos/daños en forjados y puntales



C.L. Freyermuth, Structural integrity of buildings constructed with unbonded tendons, Concr. Int. 11 (1989) 56–63.

1. Introducción

Problemática / Necesidad / Objetivos

Heterogeneidad

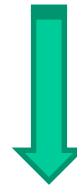
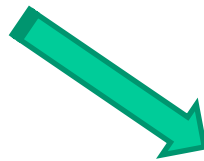
(eficiencia/coste/racionalidad)

Uso del stock de puntales

(coste/racionalidad)

Seguridad

(+ saber qué ocurre a tiempo real)



NECESIDAD

Superar las limitaciones actuales de los procesos constructivos

Reducir el riesgo de colapso de las estructuras de edificios durante su construcción

NOVEDAD – OBJETIVO DE CONOCIMIENTO

- Optimización del proceso de construcción de edificios de forjados de hormigón in situ mediante el uso de elementos de control (limitadores) de carga en las cimbras
- Introducción de una nueva variable en los procesos constructivos que puede cambiar radicalmente los sistemas tradicionales de cimbrado

1. Introducción

Problemática / Necesidad / Objetivos

Objetivo de conocimiento

Optimización del proceso de construcción de edificios de forjados de hormigón in situ mediante el uso de elementos de control (limitadores) de carga en las cimbras

Determinación transmisión de cargas

Nuevo dispositivo

Método optimizado:

Viabilidad técnica y económica

M
Ca

¿Viable?

Diseño prototipo

Obtención automática de procesos óptimos

¿Posible?

Fabricación y ensayo

¿Funciona?

Prueba de concepto

Evaluación de mejoras



Structures and Buildings Proceedings of the Institution of Civil Engineers

Technical Paper
¿Viable? Manuel Buitrago, Jose Adam*
DOI: 10.1002/suco.201500130

¿Posible? Engineering Structures
ELSEVIER journal homepage: www.elsevier.com/locate/engstruct

Designing construction processes in buildings by heuristic optimization
Manuel Buitrago^a, José M. Adam^{a,*}, Yezid A. Alvarado^b, Juan J. Morales^c, Isabel García^d, Pedro A. Calderón^a
Spain (Corresponding author: joadmar@upv.es)

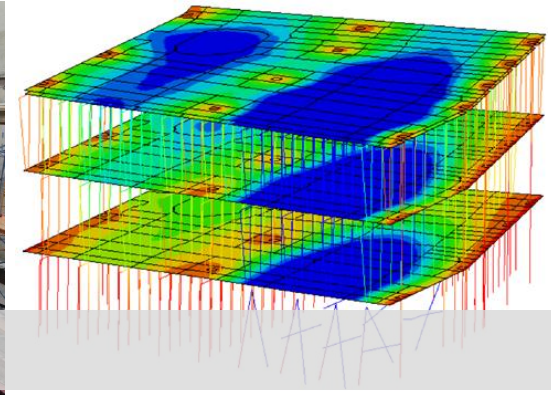
Engineering Structures

+

ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

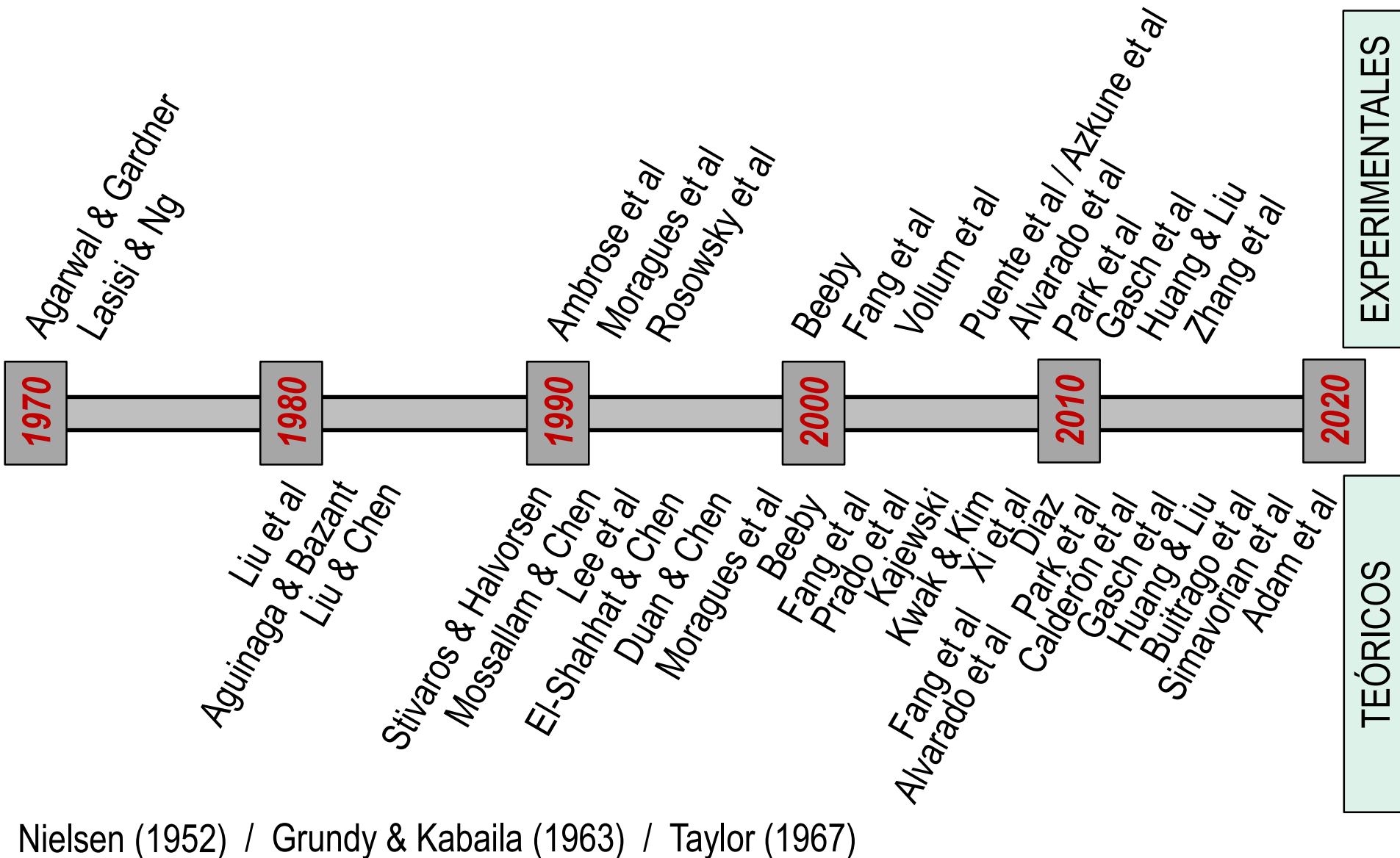
2. Antecedentes y Estado del Arte

Grupo de investigación



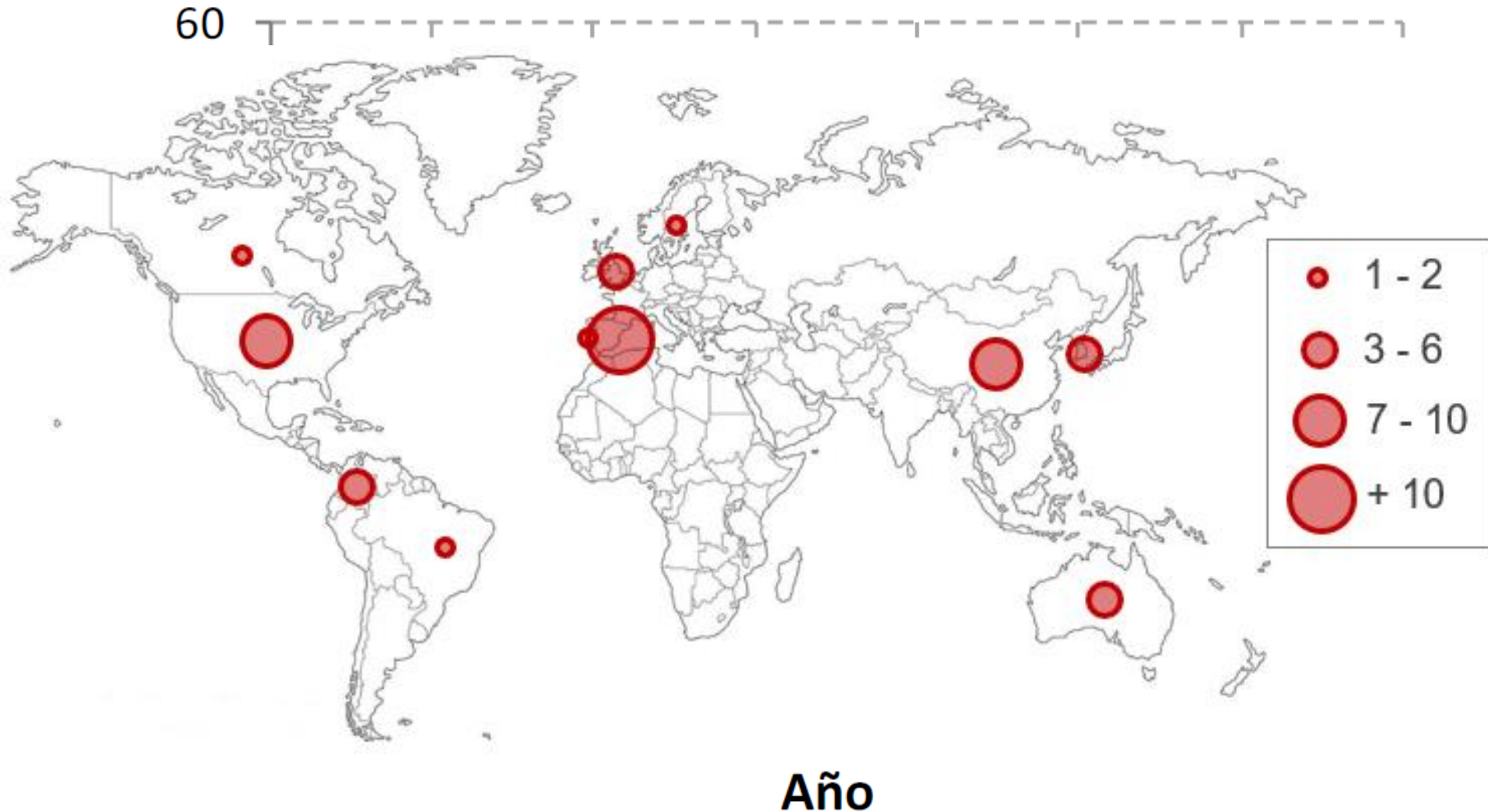
2. Antecedentes y Estado del Arte

Transmisión de cargas



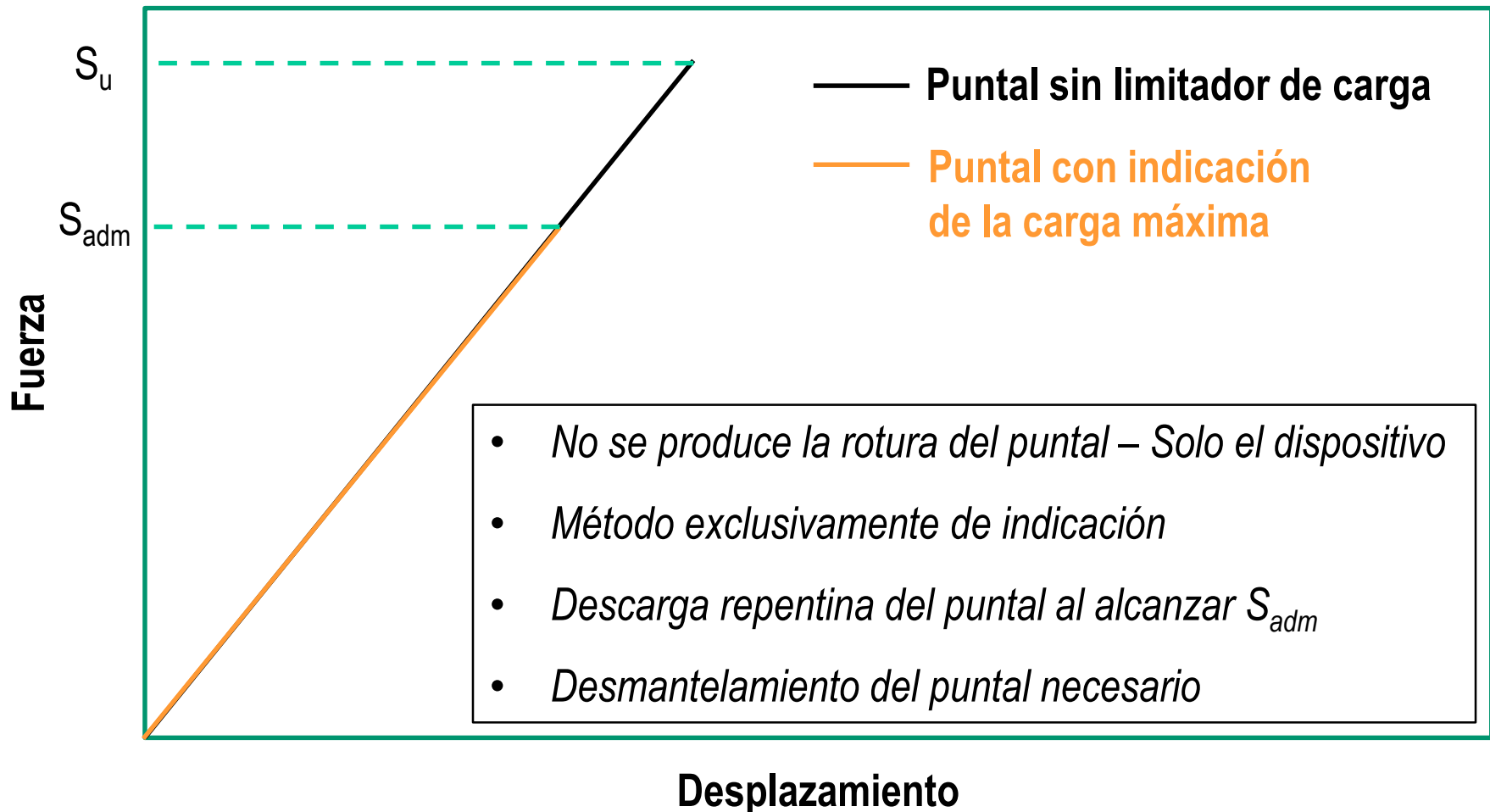
2. Antecedentes y Estado del Arte

Transmisión de cargas



2. Antecedentes y Estado del Arte ¿Comp. puntal?

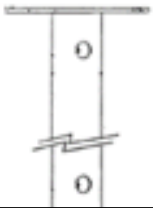
Puntal con indicación de carga máxima (Patente propiedad de ALPHI)



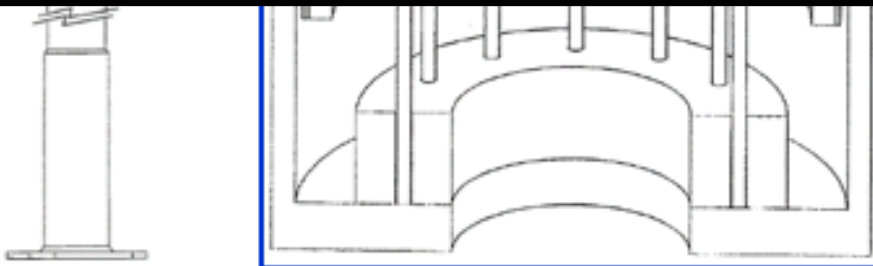
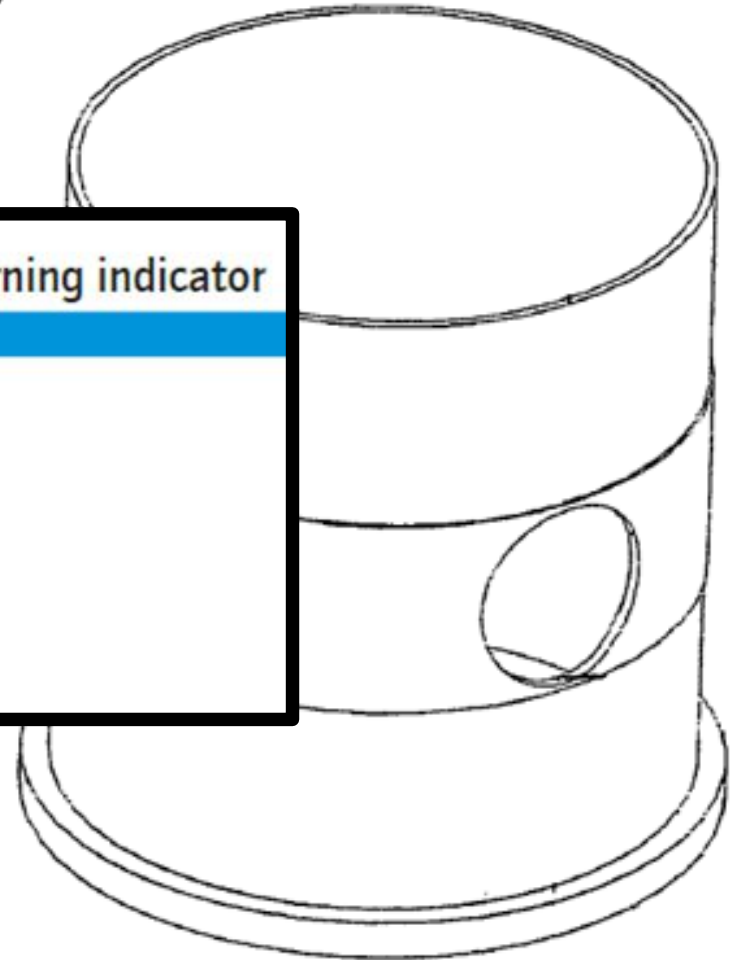
2. Antecedentes y Estado del Arte ¿Comp. puntal?

Puntal con indicación de carga máxima (Patente propiedad de ALPHI) – 3 versiones

(a)



(b)

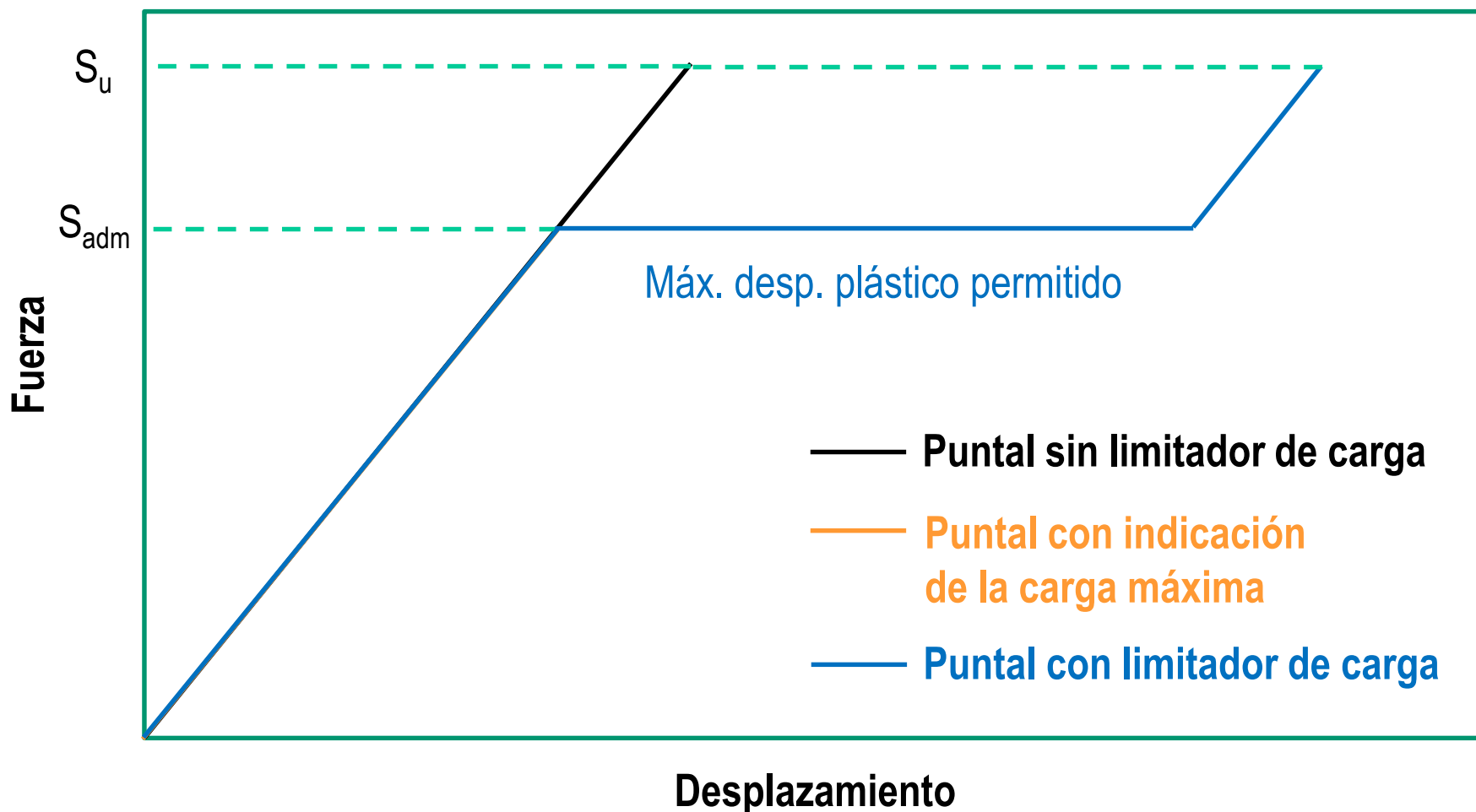


2. Antecedentes y Estado del Arte

Limitador de carga

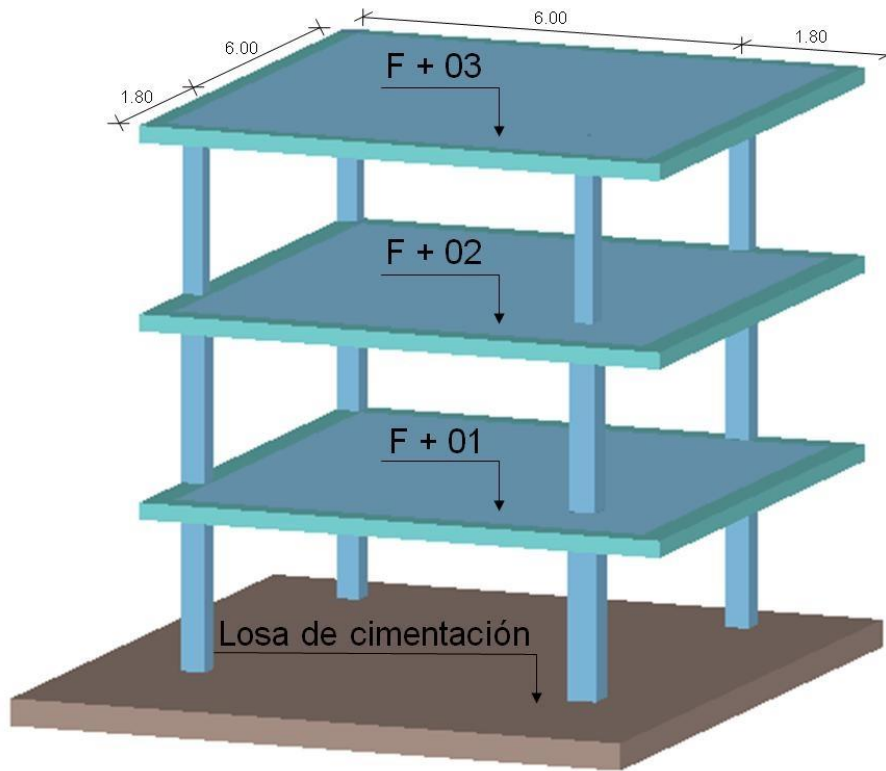
Puntal con limitación de la carga

NUEVA IDEA: Elementos de control de carga en puntales (limitadores de carga)



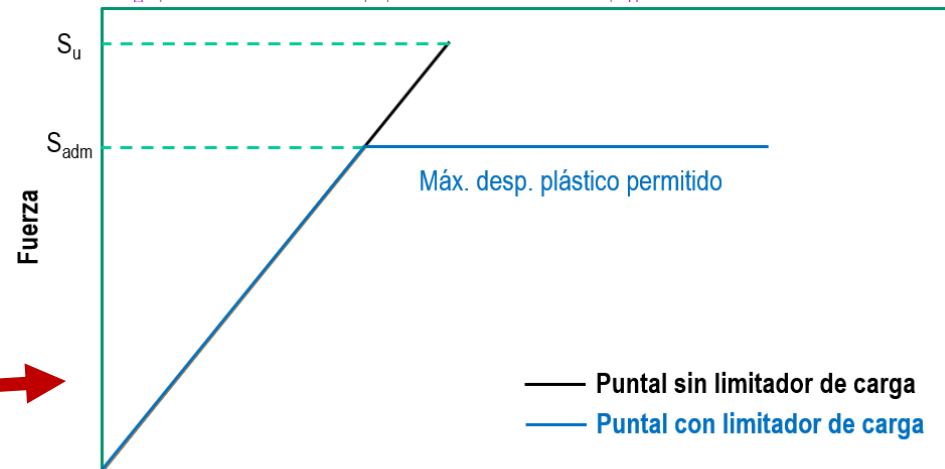
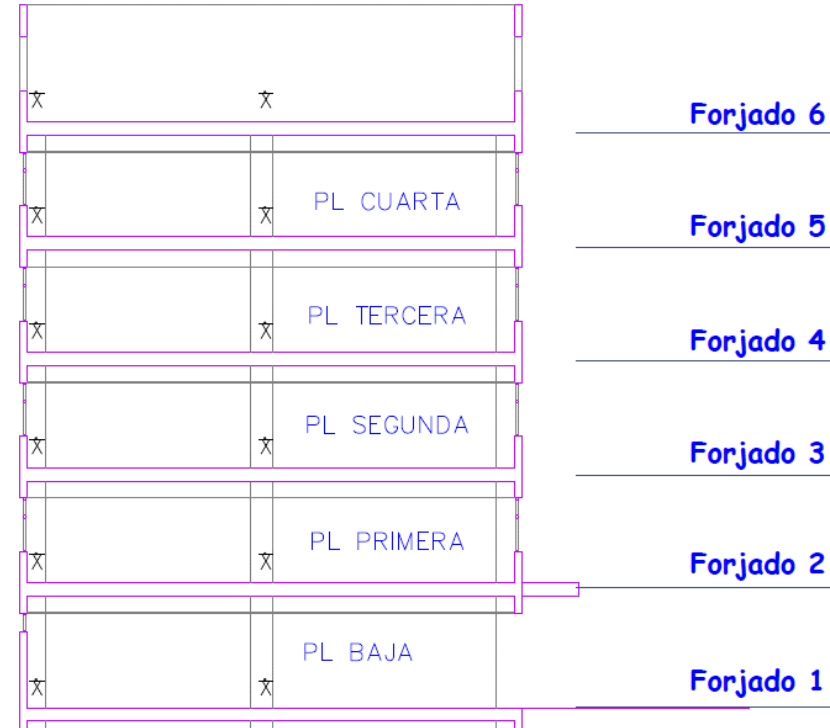
VIABILIDAD TÉCNICA DEL USO DE LIMITADORES DE CARGA EN PUNTALES

3. Viabilidad técnica



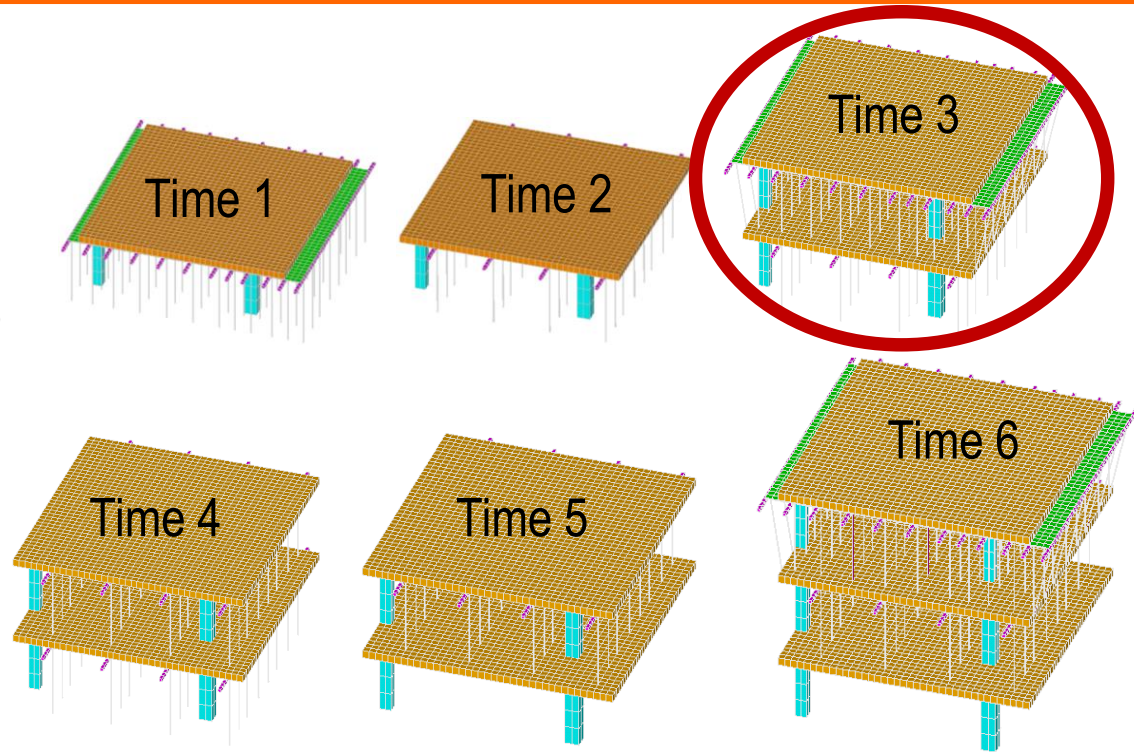
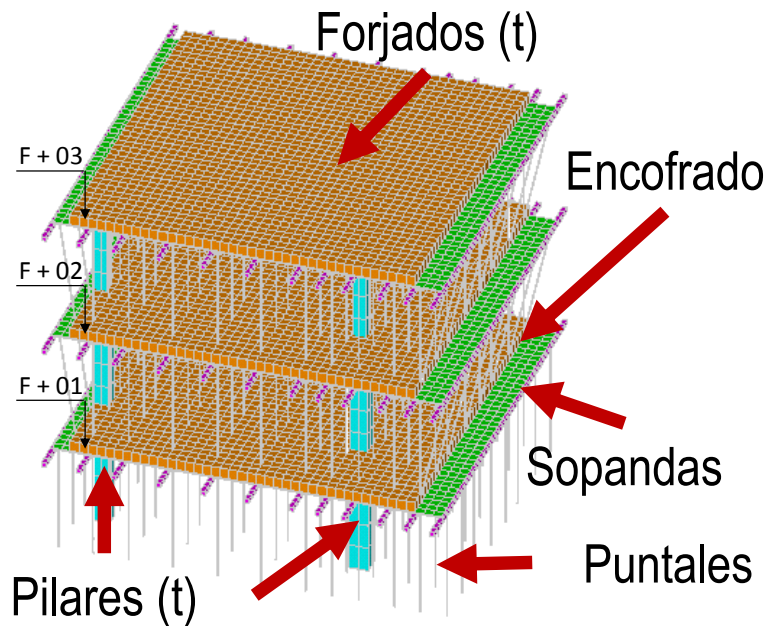
L = 6.0m
V = 1.8m
H = 3.0m

Hormigonados cada 7 días
Clareados cada 3 días
Limitadores



Desplazamiento

3. Viabilidad técnica



Factores	Carga límite [kN]	Canto forjados [cm]	Intervalos de tiempo entre operaciones constructivas
Niveles	Sin limitación	20	Sin modificar
	20.0	25	Incremento en 1 día
	18.0	30	Reducción en 1 día
	16.0	35	
	14.0		

3. Viabilidad técnica

Forjado 1 (9 días)

Máx. carga en
puntales [kN]

C_f

C_p

Máx. flecha
[mm]

M+
[KN*m/m]

M-
[KN*m/m]

$M_{\text{fisuración}}$
[KN*m/m]

¿Fisura?

21.3

0.82

1.18

1.03

20.0

0.82

1.18

1.04

18.0

0.83

1.17

1.12

16.0

0.86

1.14

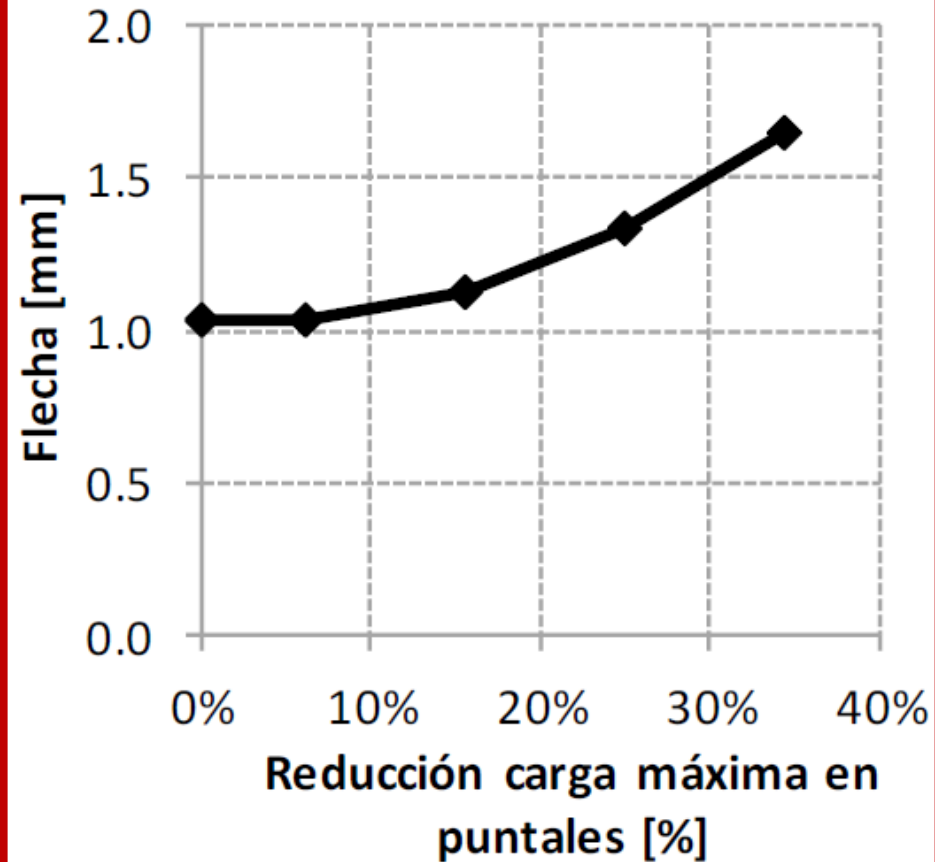
1.33

14.0

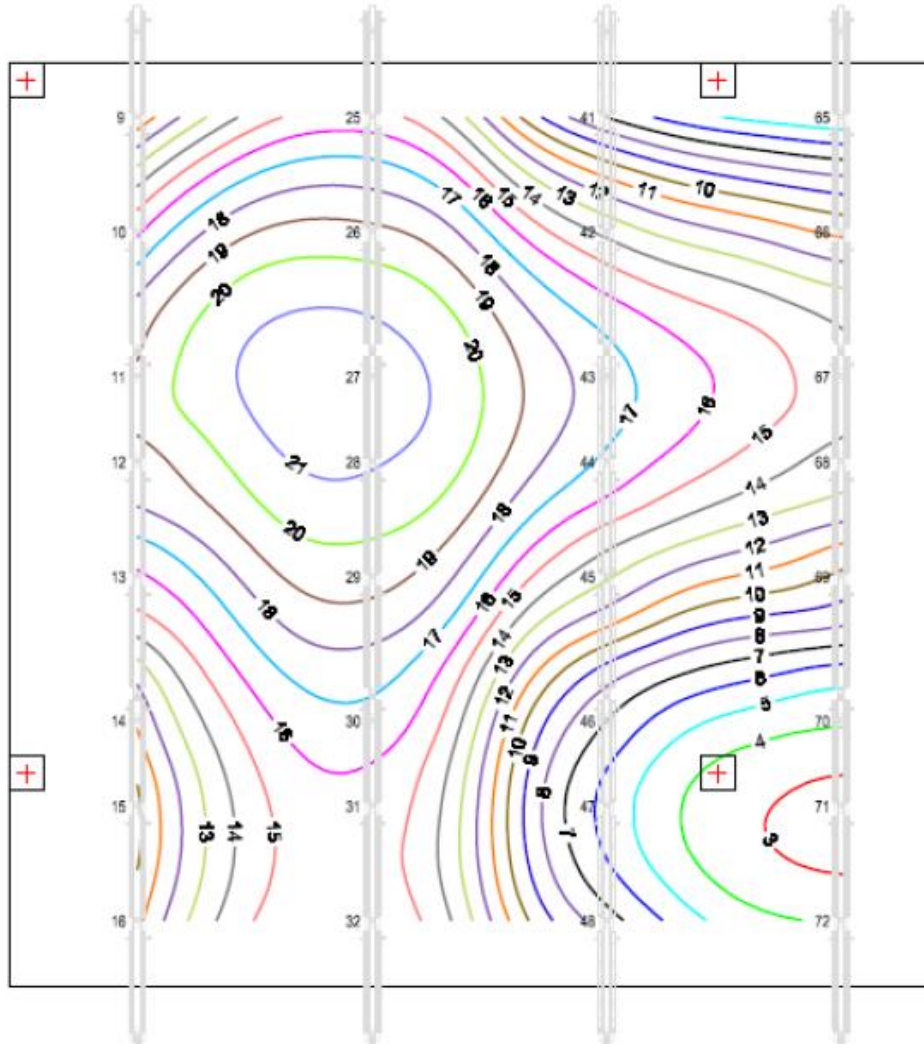
0.94

1.06

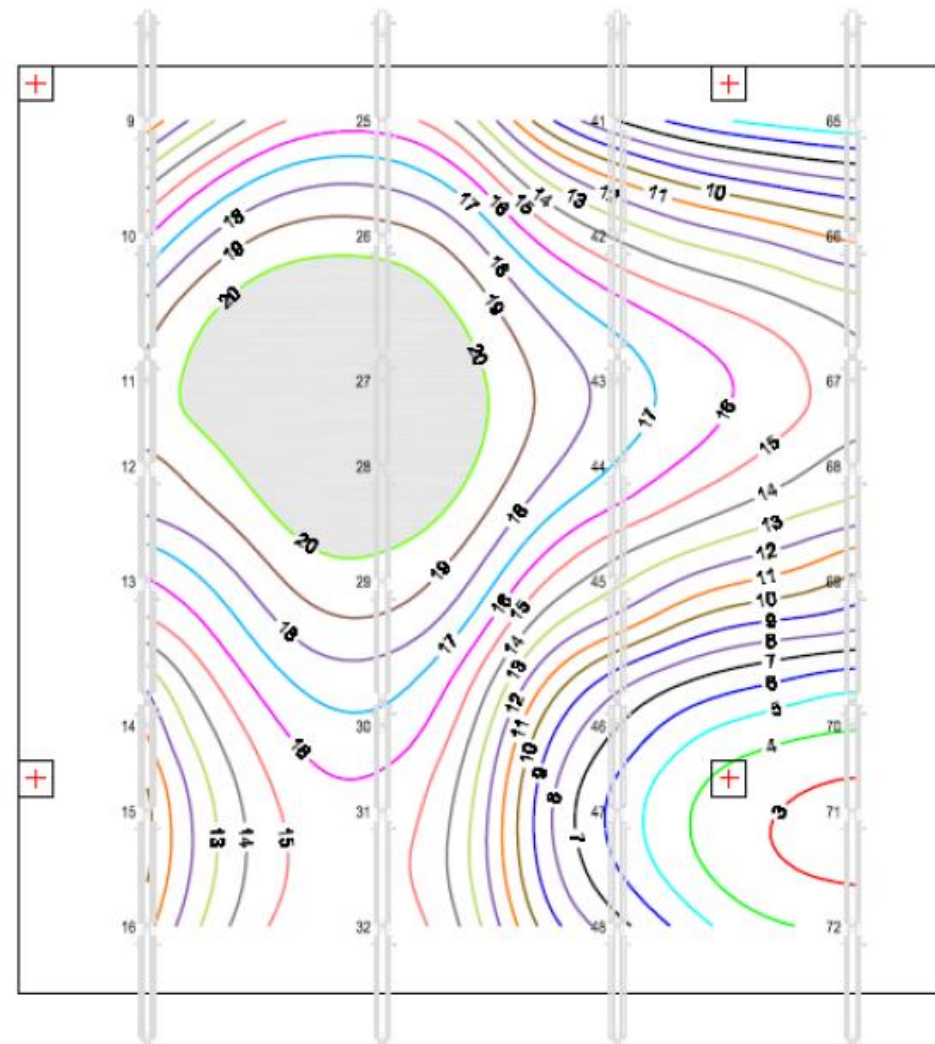
1.65



3. Viabilidad técnica

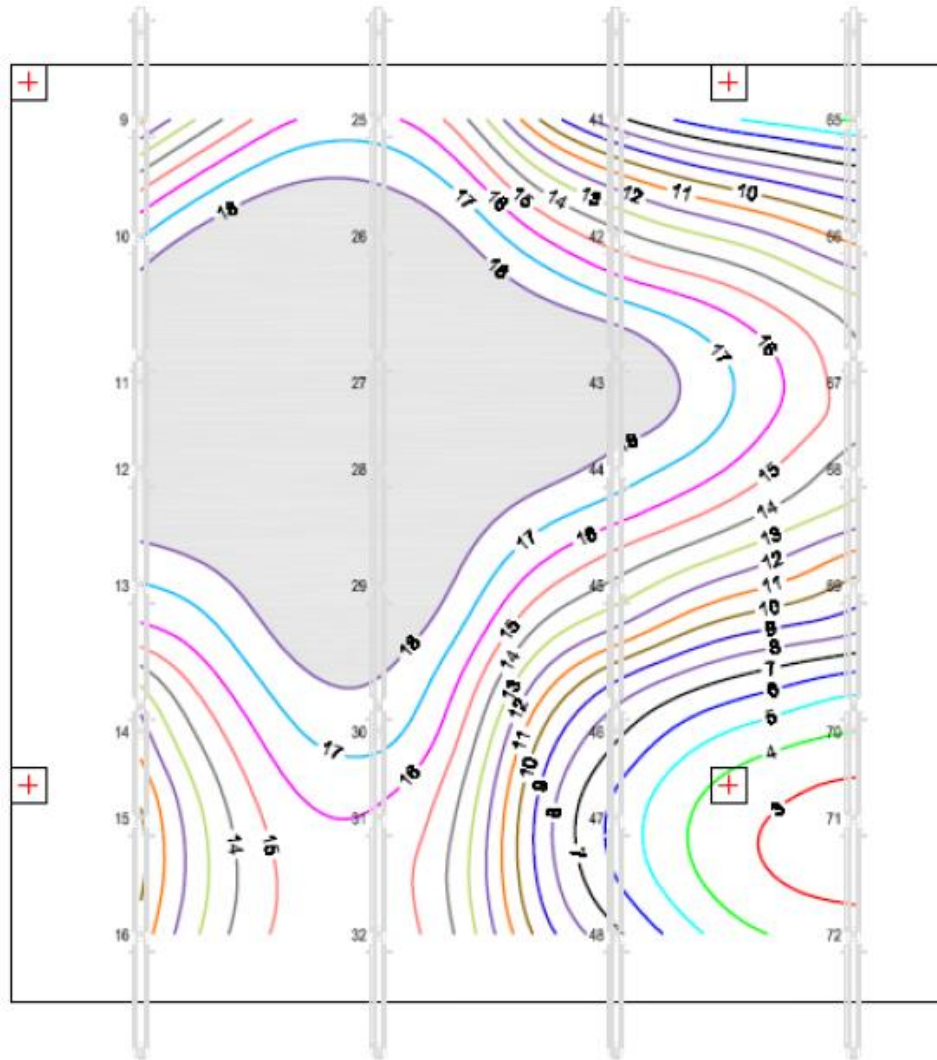


Sin limitador de carga

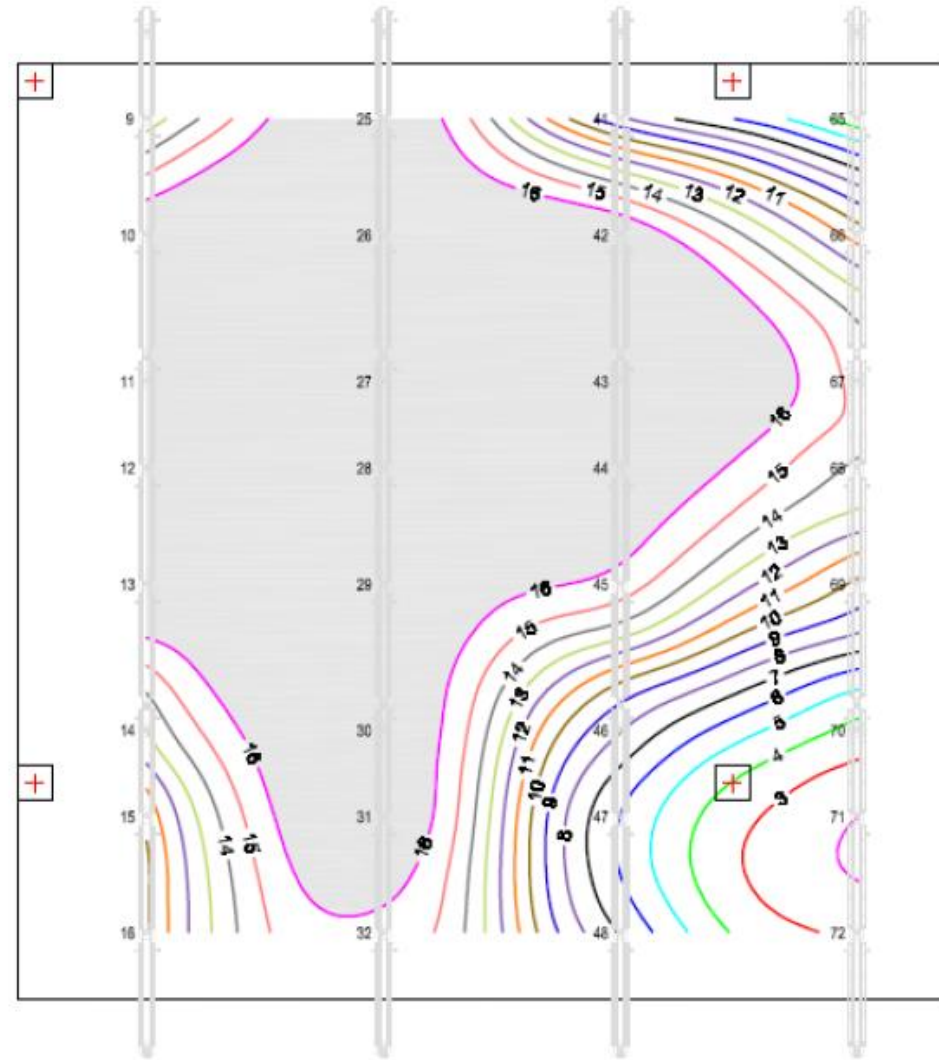


20kN

3. Viabilidad técnica

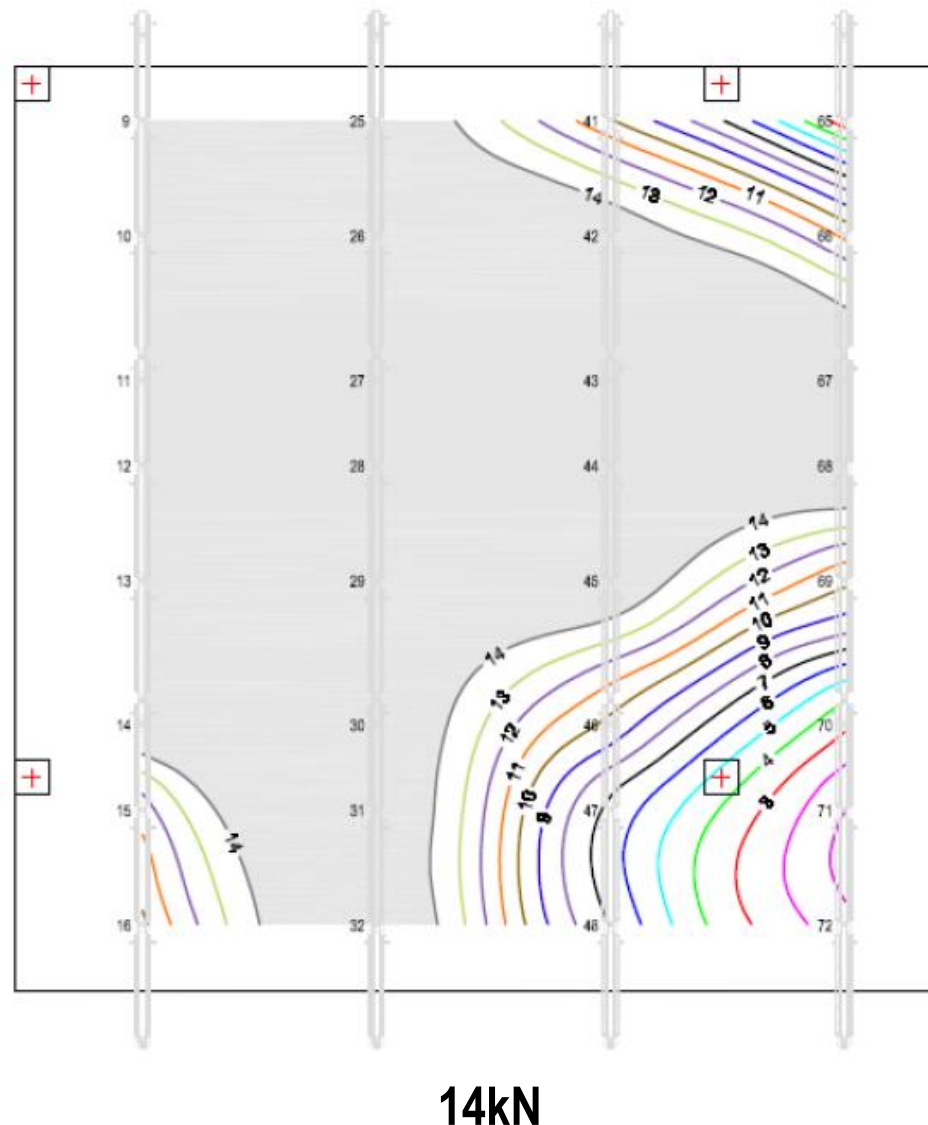


18kN



16kN

3. Viabilidad técnica



Confirmada viabilidad del uso de limitadores de carga:

- Puede reducirse la carga máxima
- Sin producir fisuración
- Comportamiento plástico → Seguridad
- A través de la eficiencia → Ahorro (€)

Sin embargo:

- Reducción de la carga → Aumento de limitadores con comp. plástico

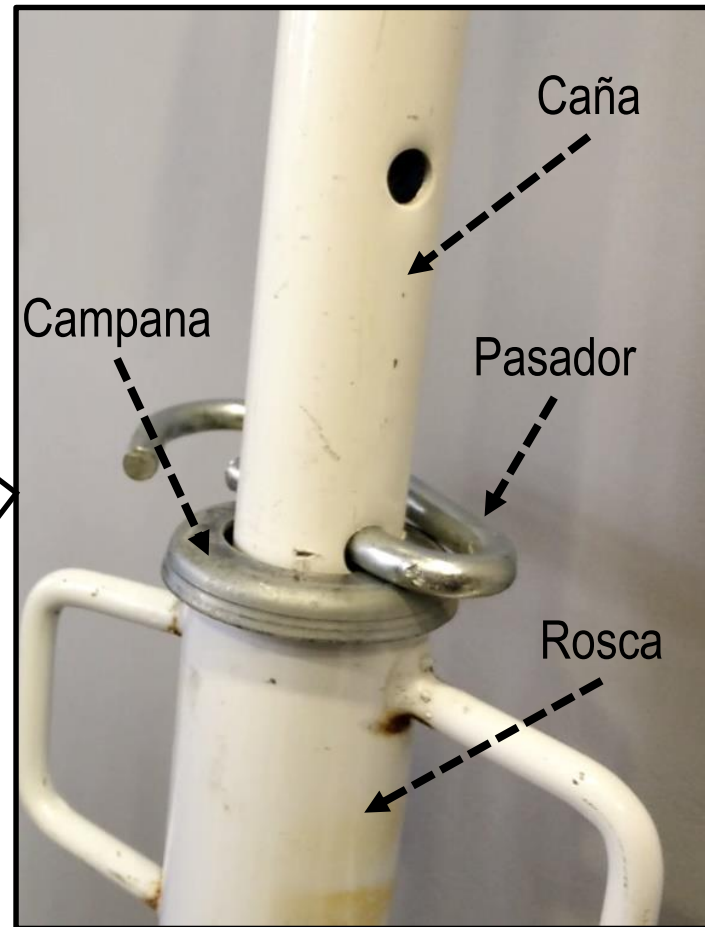
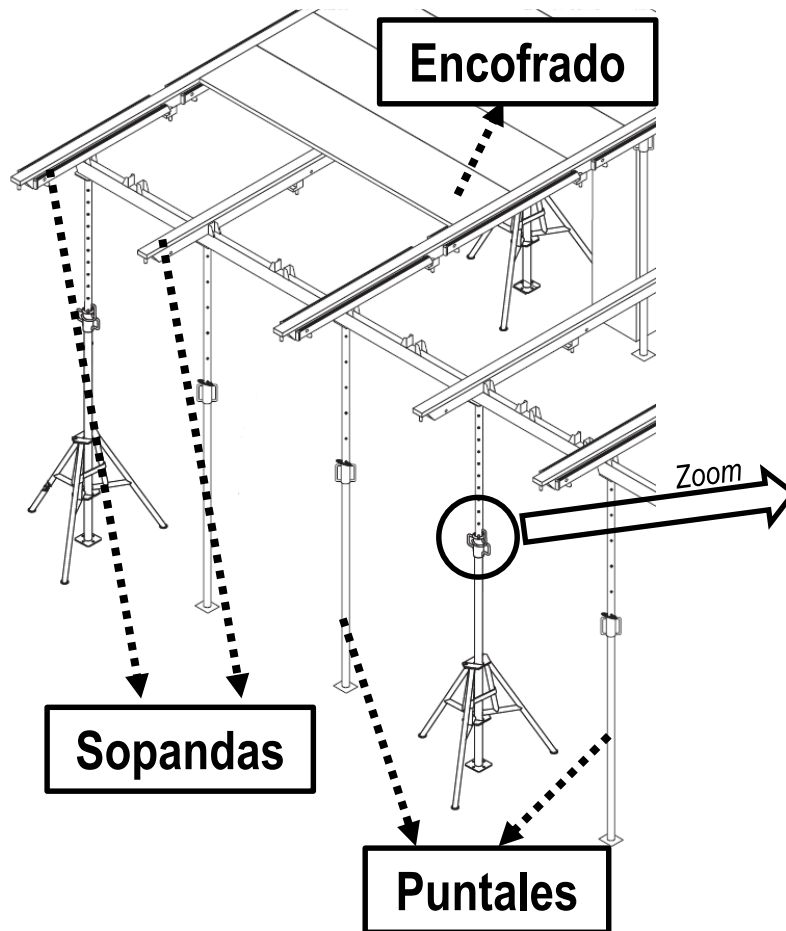
Recomendaciones:

- Acotar la plastif. de limitadores a plantas cargadas (repercusión económica)
- Limitadores en todos los puntales

EL LIMITADOR DE CARGA DISEÑO, FABRICACIÓN, ENSAYO Y SIMULACIÓN

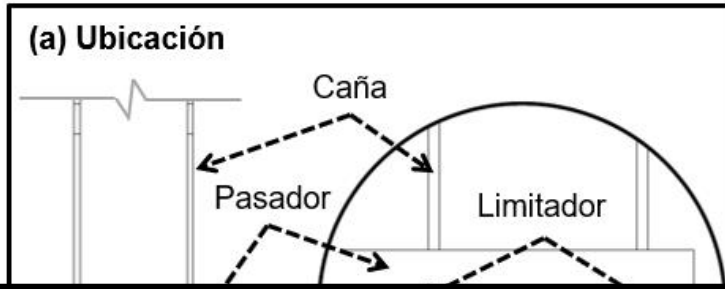
4. Limitador

¿Dónde?

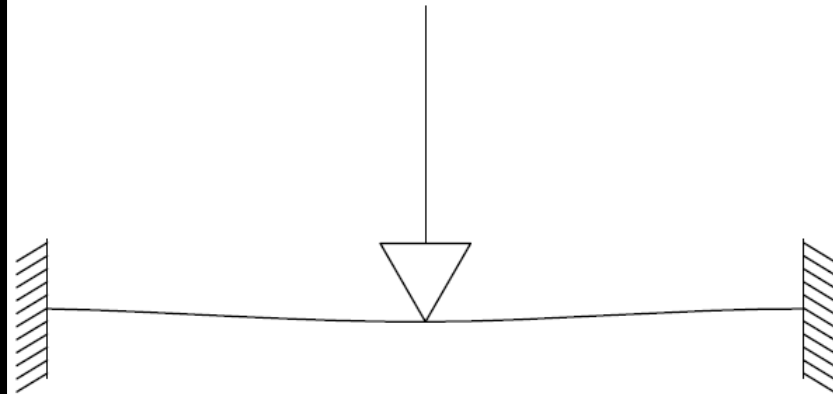


4. Limitador

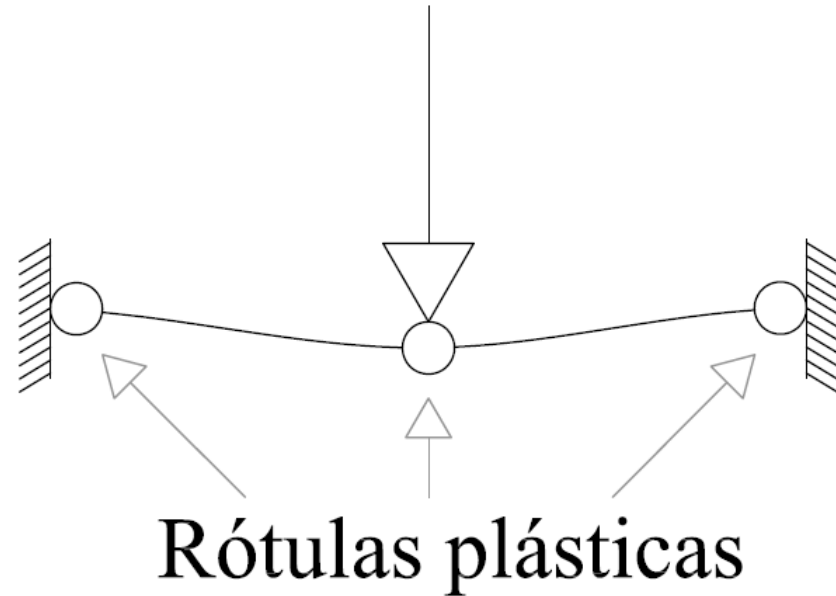
¿Cómo?



$Q < \text{Carga límite}$



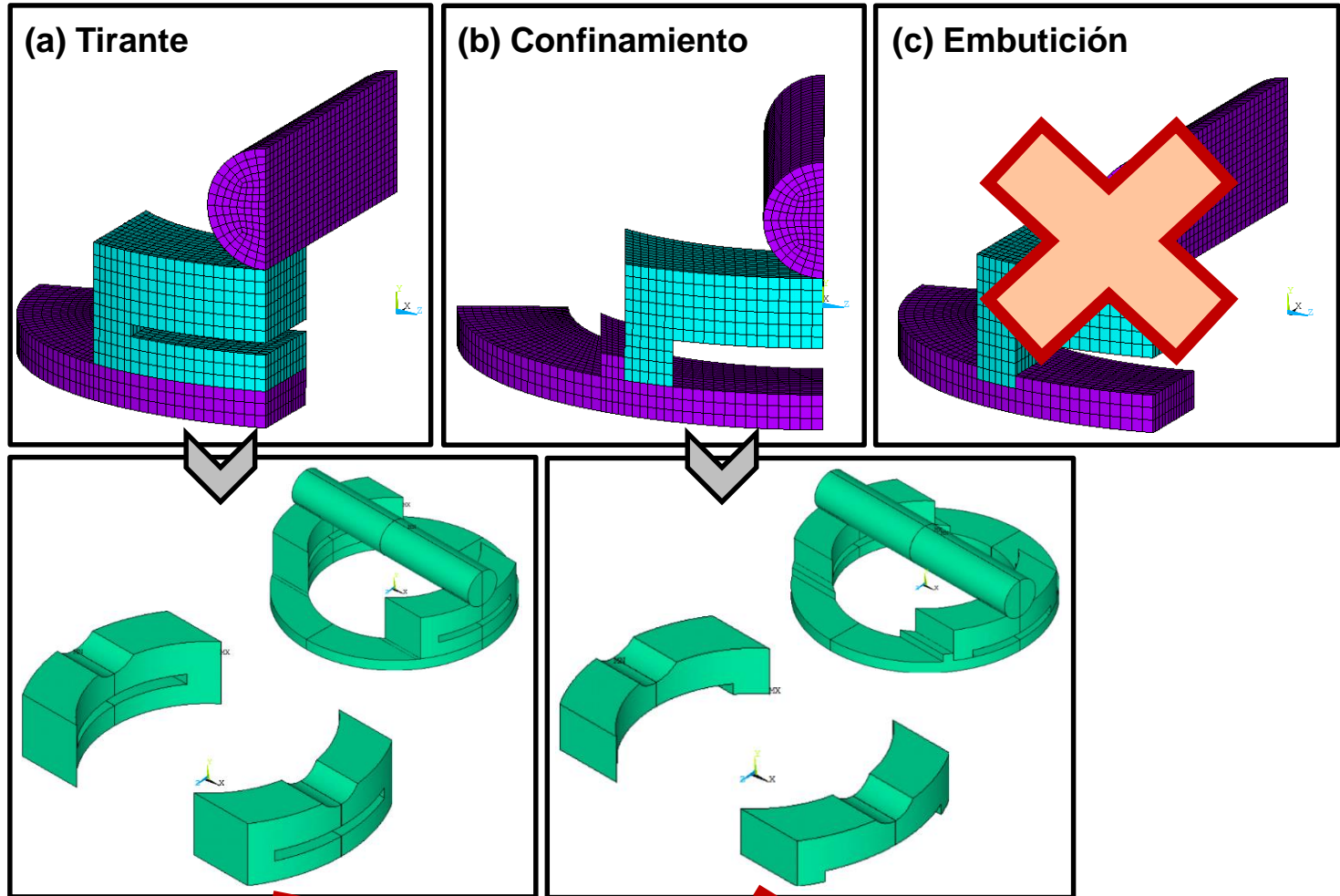
$Q > \text{Carga límite}$



¿Problemas?

4. Limitador

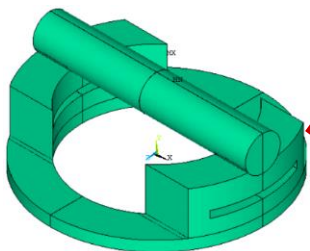
Alternativas



4. Limitador

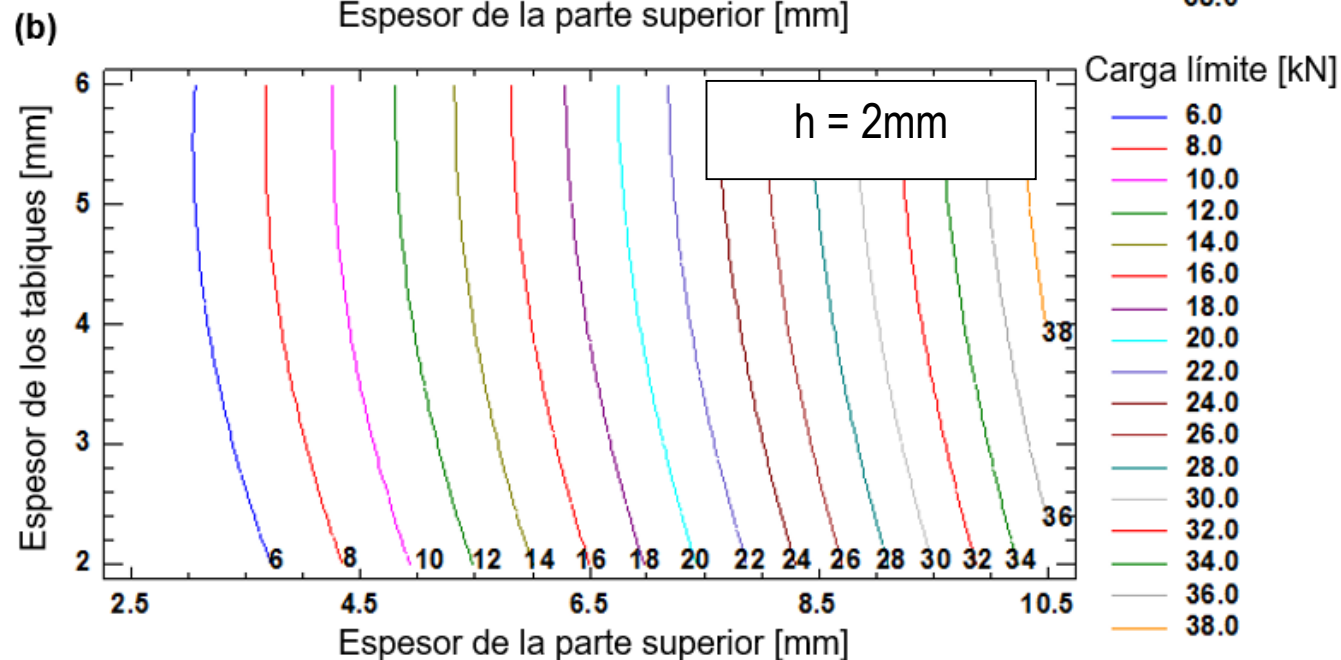
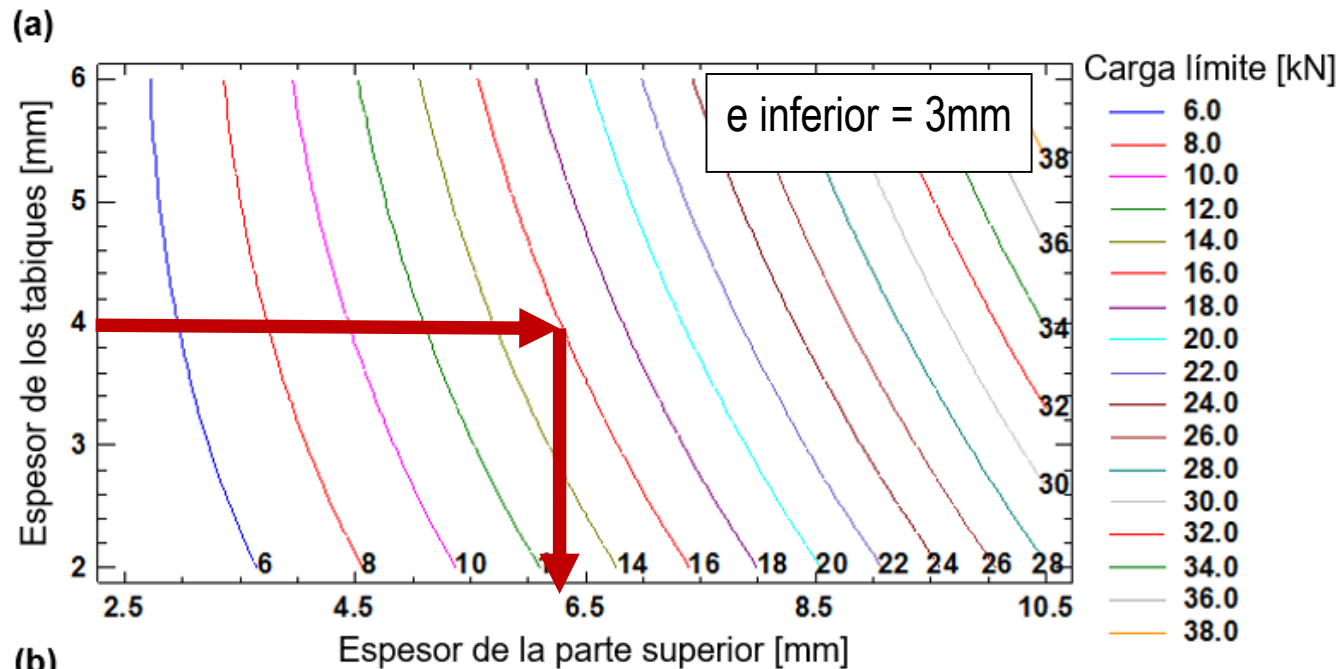
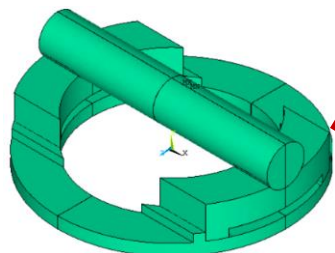
Con tirante:

- e superior (+)
- e tabiques (+/-)
- e inferior (-)



Confinado:

- e superior (+)
- e tabiques (+/-)
- H (-)



4. Limitador

Fabricación de alternativas



Confinado

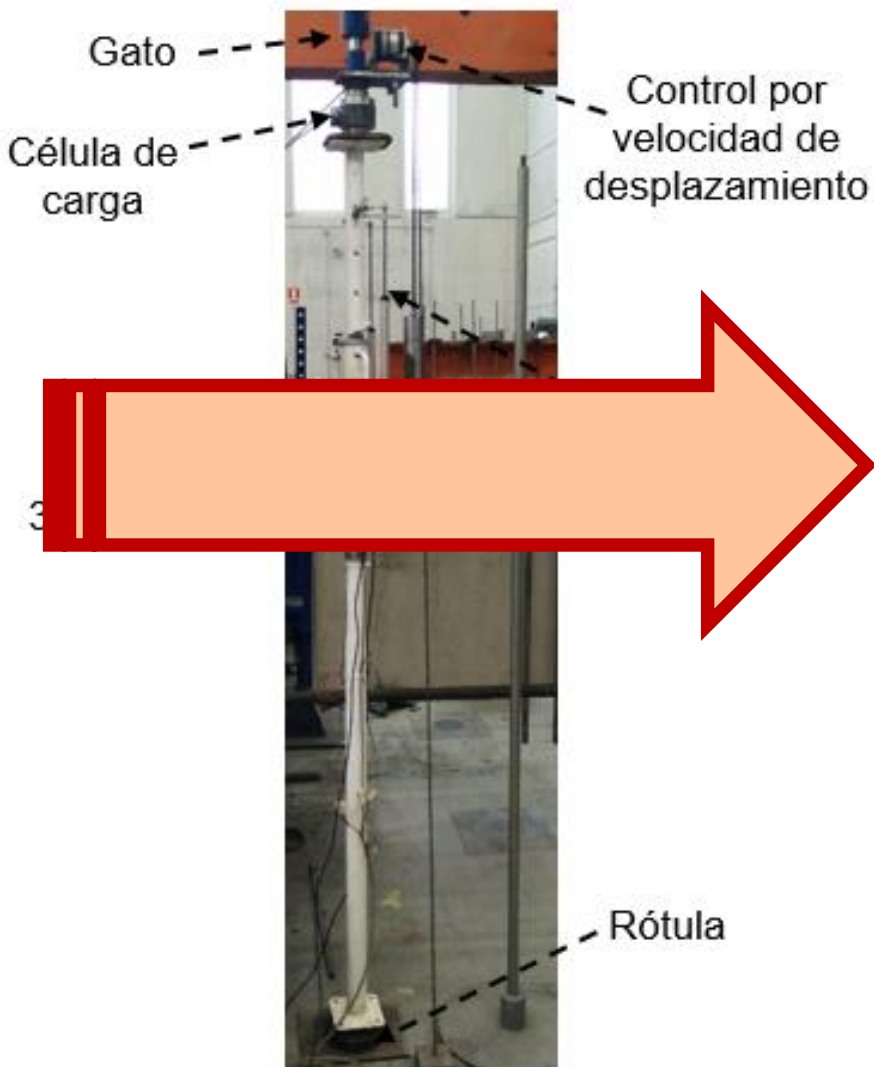


Con tirante

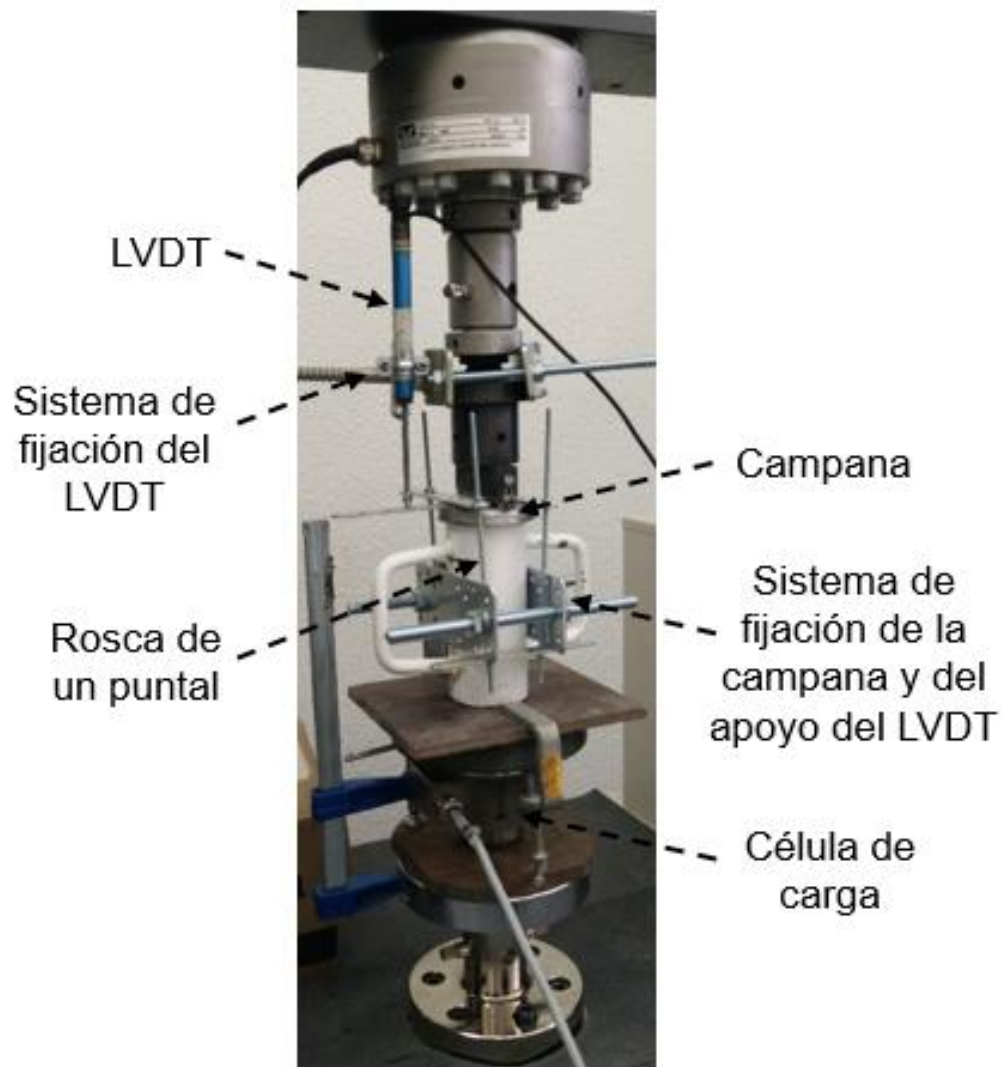


4. Limitador

(a) Ensayos en puntales

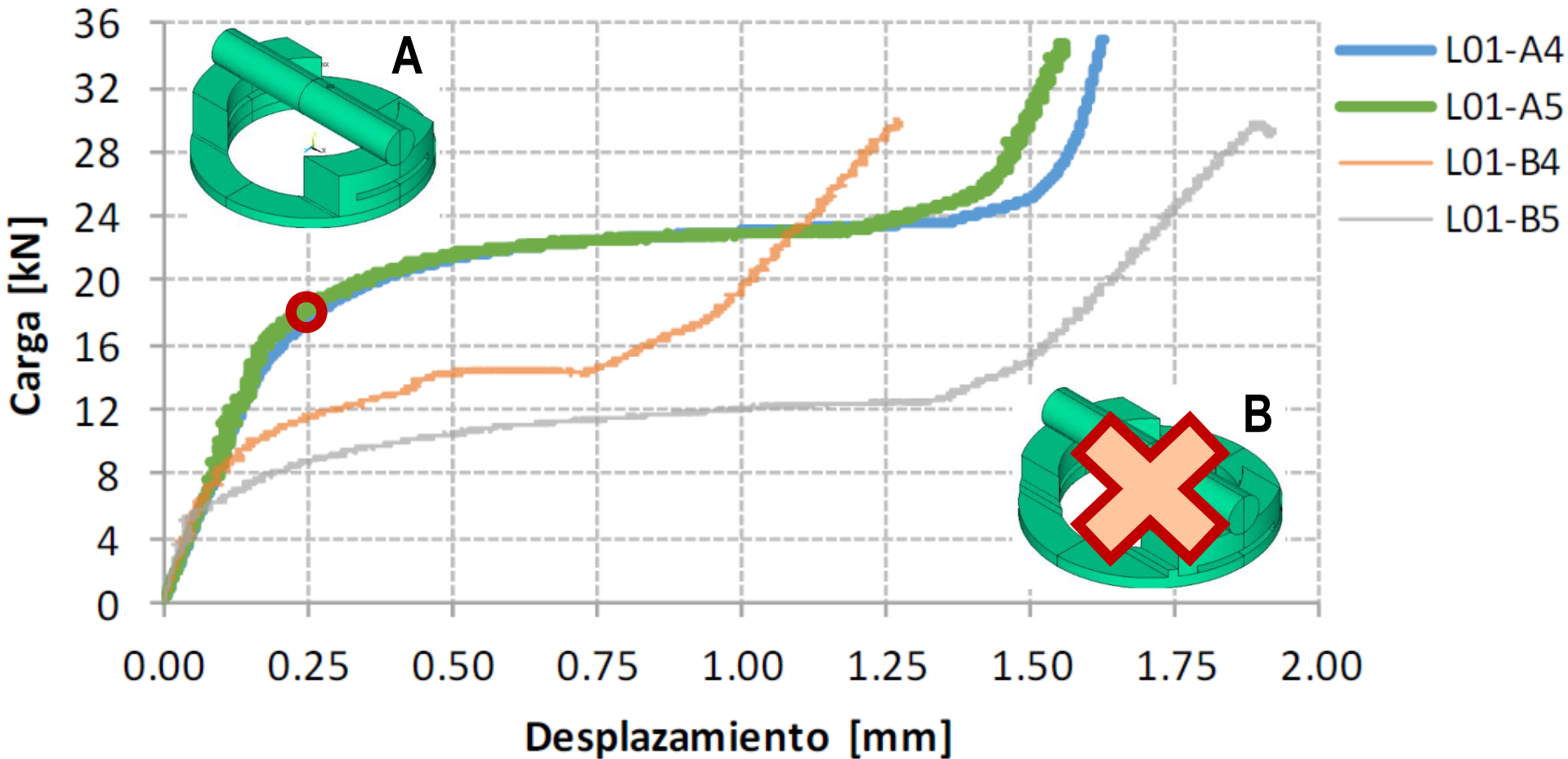


(b) Ensayo de limitadores de carga



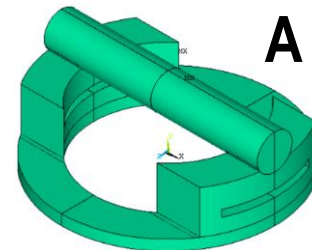
4. Limitador

Lote 1



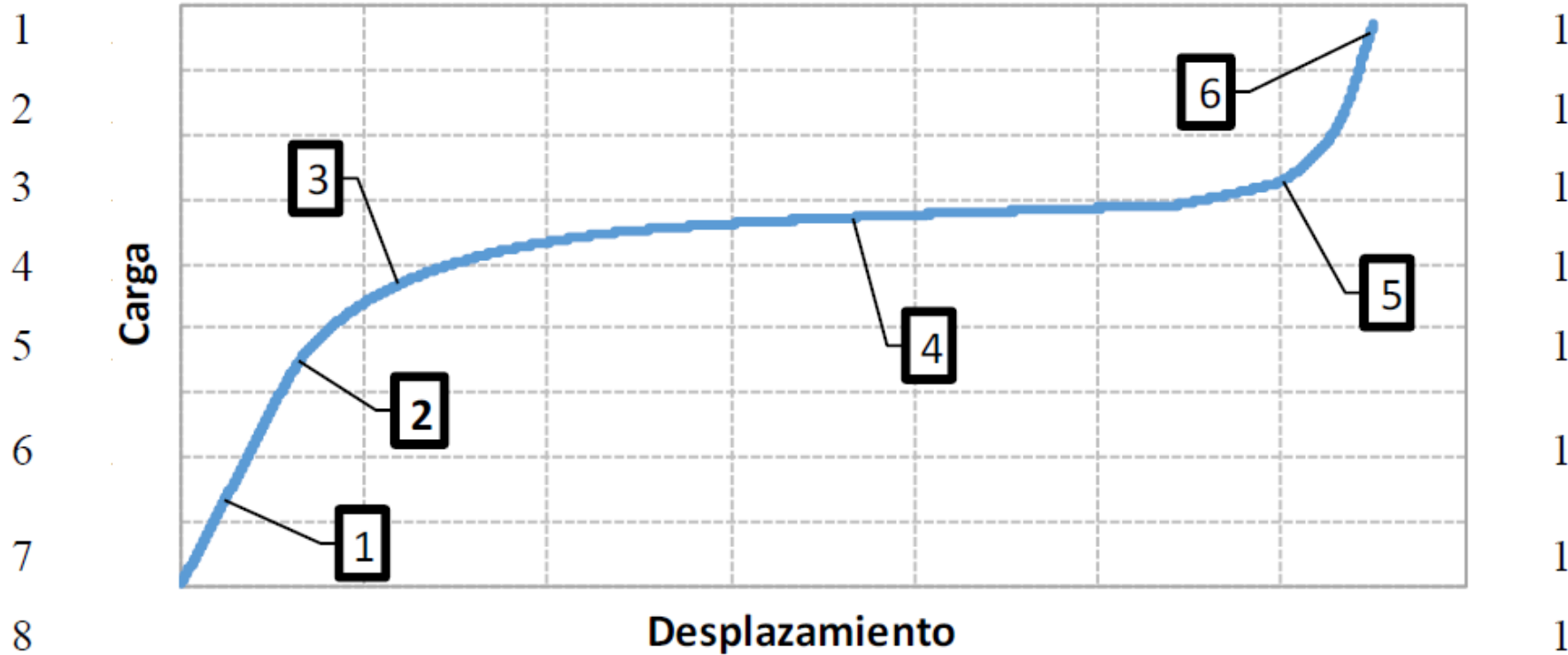
4. Limitador

Lote 2



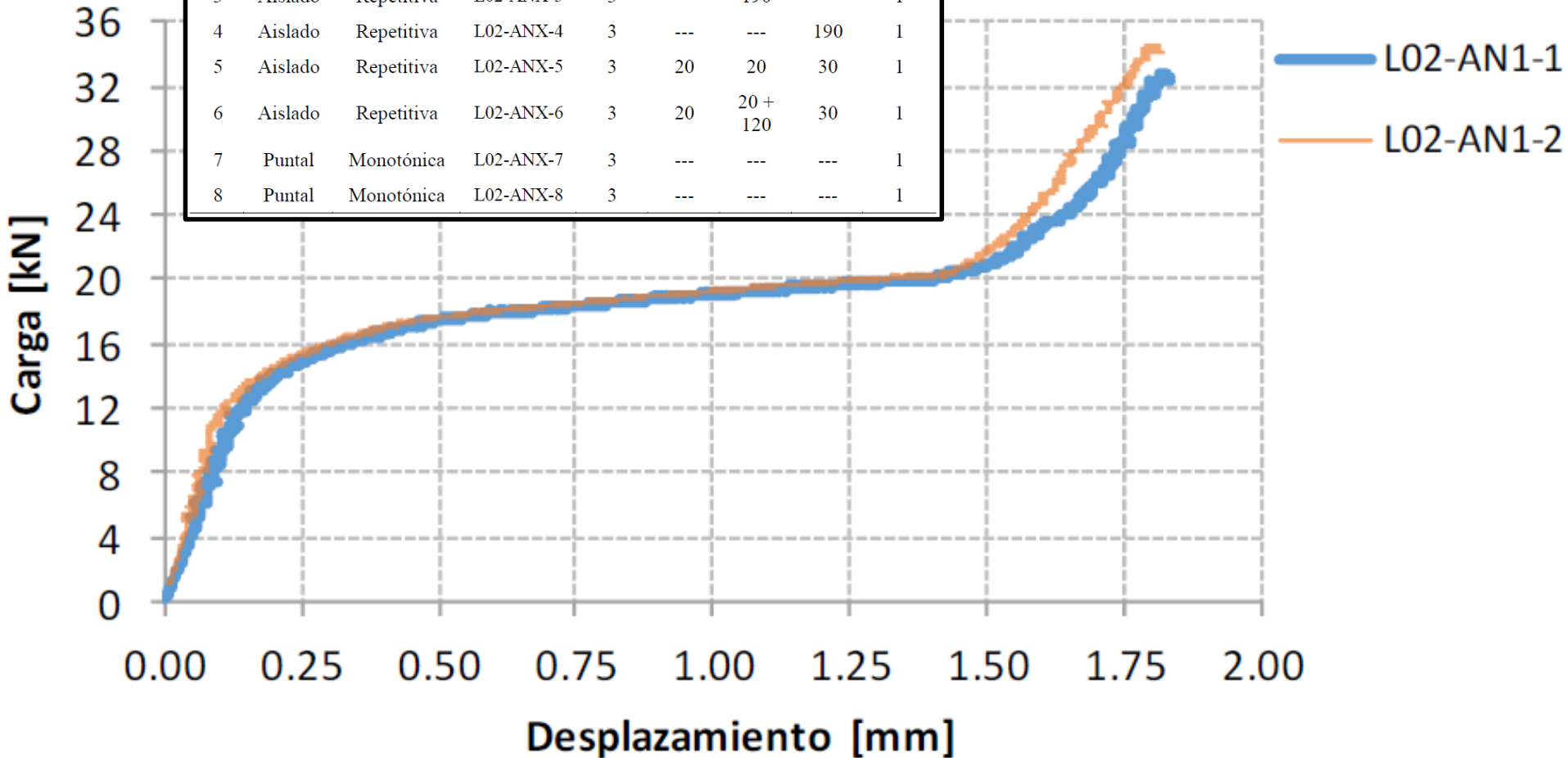
Plan de ensayo [Nº de repeticiones]

ID	Tipo de ensayo	Aplicación de cargas	Código	Plan de ensayo [Nº de repeticiones]				
				Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 6



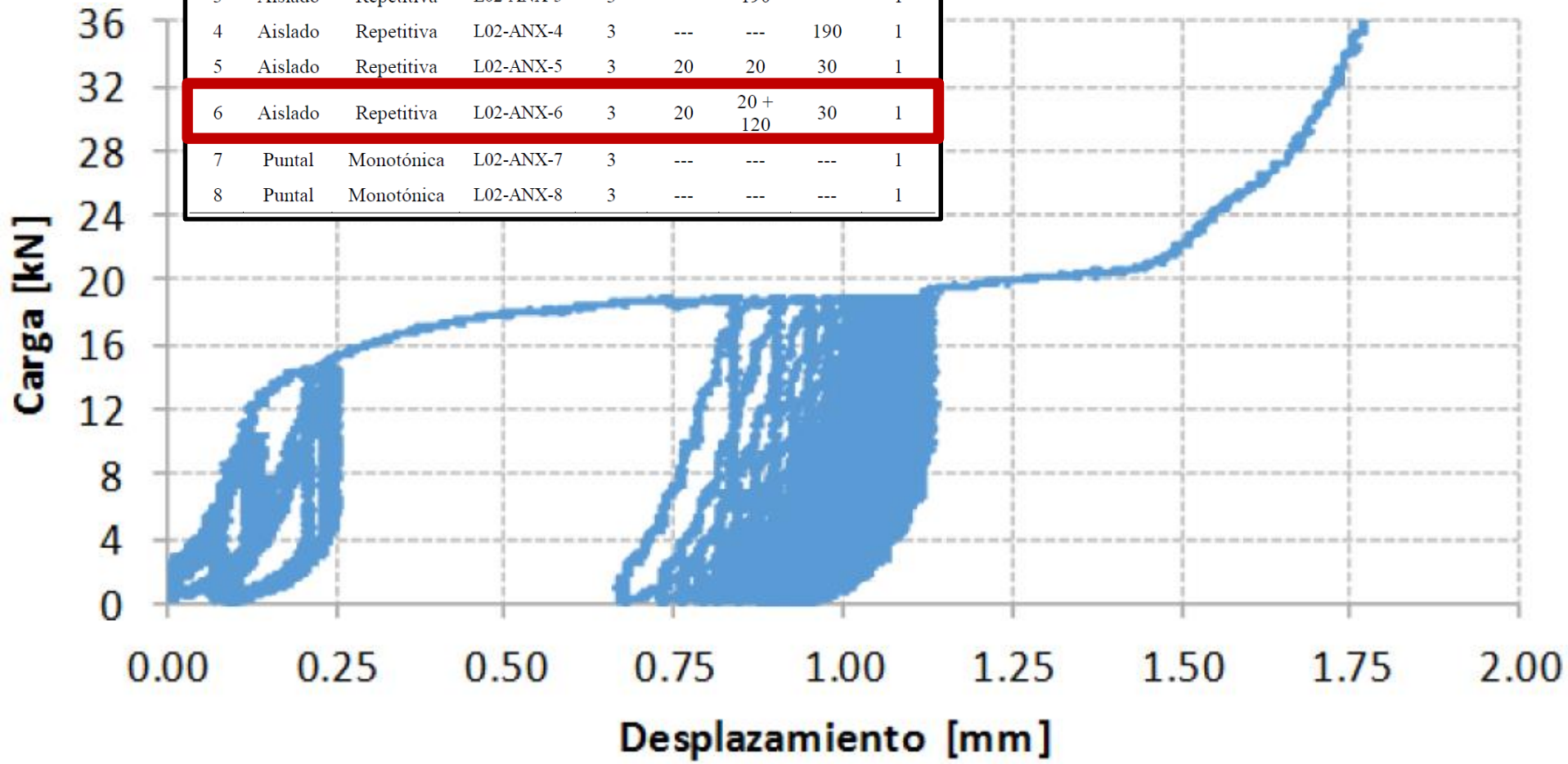
4. Limitador

ID	Tipo de ensayo	Aplicación de cargas	Código	Plan de ensayo [Nº de repeticiones]				
				Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 6
1	Aislado	Monotónica	L02-ANX-1	3	---	---	---	1
2	Aislado	Monotónica	L02-ANX-2	3	---	---	---	1
3	Aislado	Repetitiva	L02-ANX-3	3	---	190	---	1
4	Aislado	Repetitiva	L02-ANX-4	3	---	---	190	1
5	Aislado	Repetitiva	L02-ANX-5	3	20	20	30	1
6	Aislado	Repetitiva	L02-ANX-6	3	20	20 + 120	30	1
7	Puntal	Monotónica	L02-ANX-7	3	---	---	---	1
8	Puntal	Monotónica	L02-ANX-8	3	---	---	---	1



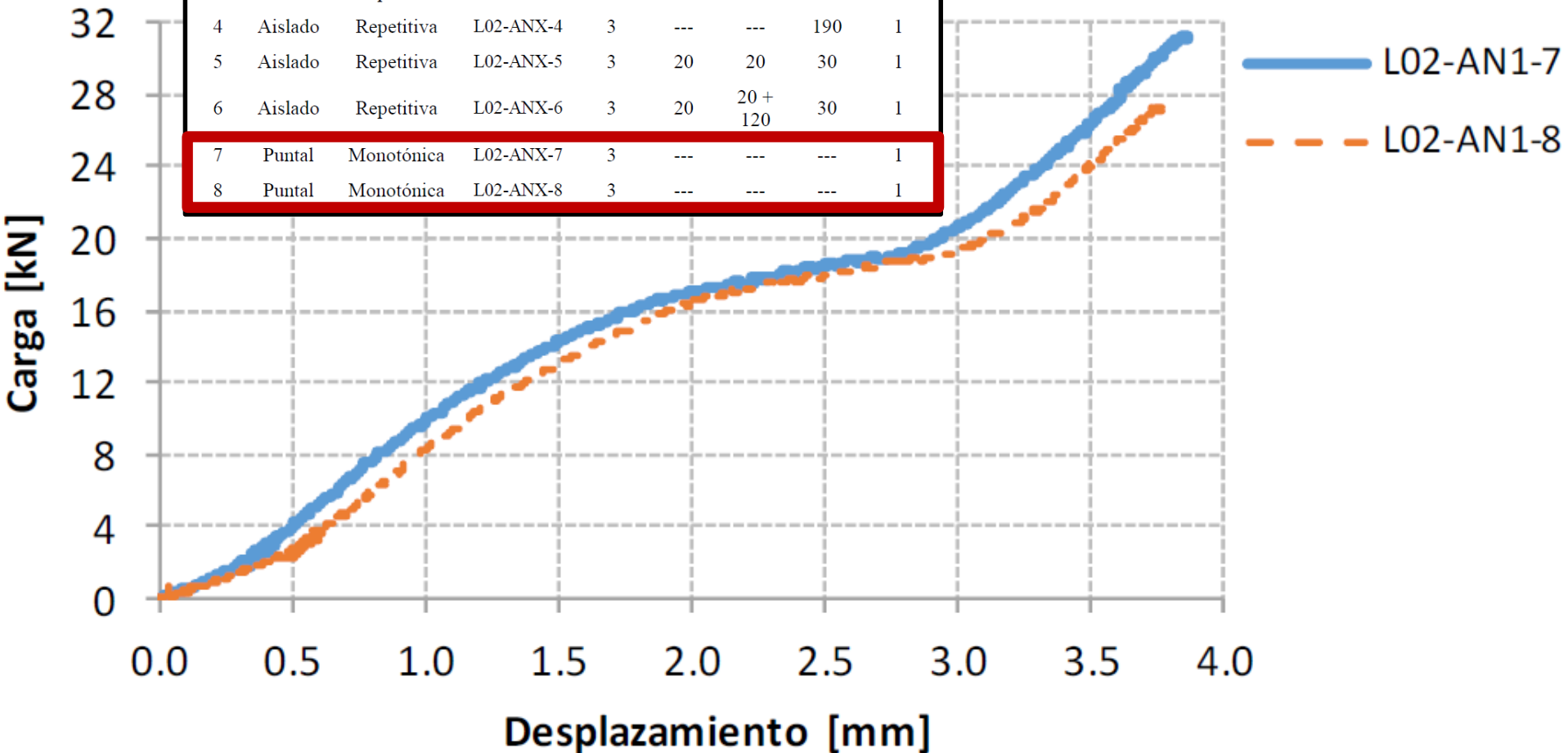
4. Limitador

ID	Tipo de ensayo	Aplicación de cargas	Código	Plan de ensayo [Nº de repeticiones]				
				Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 6
1	Aislado	Monotónica	L02-ANX-1	3	---	---	---	1
2	Aislado	Monotónica	L02-ANX-2	3	---	---	---	1
3	Aislado	Repetitiva	L02-ANX-3	3	---	190	---	1
4	Aislado	Repetitiva	L02-ANX-4	3	---	---	190	1
5	Aislado	Repetitiva	L02-ANX-5	3	20	20	30	1
6	Aislado	Repetitiva	L02-ANX-6	3	20	20 + 120	30	1
7	Puntal	Monotónica	L02-ANX-7	3	---	---	---	1
8	Puntal	Monotónica	L02-ANX-8	3	---	---	---	1



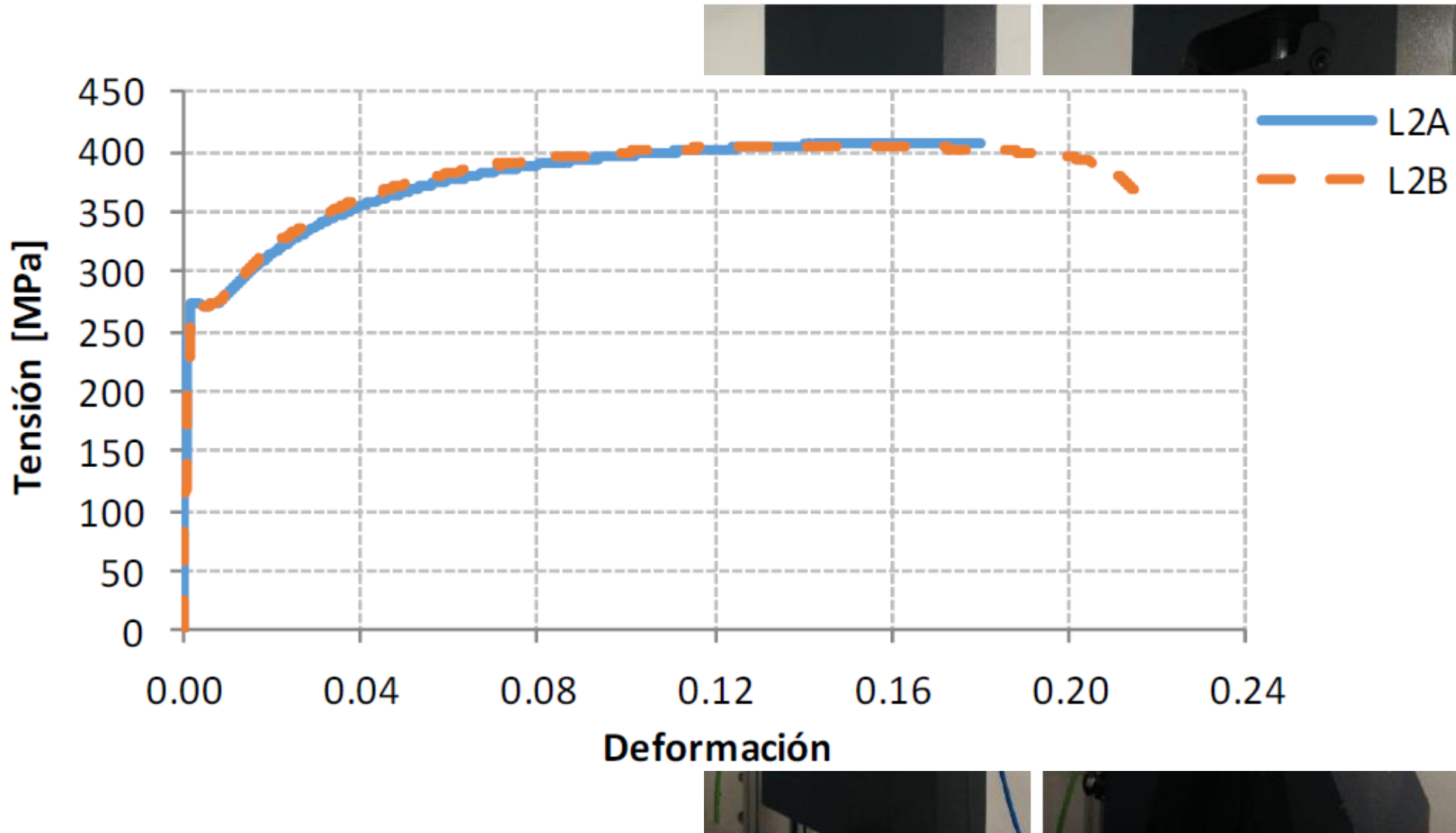
4. Limitador

ID	Tipo de ensayo	Aplicación de cargas	Código	Plan de ensayo [Nº de repeticiones]				
				Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 6
1	Aislado	Monotónica	L02-ANX-1	3	---	---	---	1
2	Aislado	Monotónica	L02-ANX-2	3	---	---	---	1
3	Aislado	Repetitiva	L02-ANX-3	3	---	190	---	1
4	Aislado	Repetitiva	L02-ANX-4	3	---	---	190	1
5	Aislado	Repetitiva	L02-ANX-5	3	20	20	30	1
6	Aislado	Repetitiva	L02-ANX-6	3	20	20 + 120	30	1
7	Puntal	Monotónica	L02-ANX-7	3	---	---	---	1
8	Puntal	Monotónica	L02-ANX-8	3	---	---	---	1



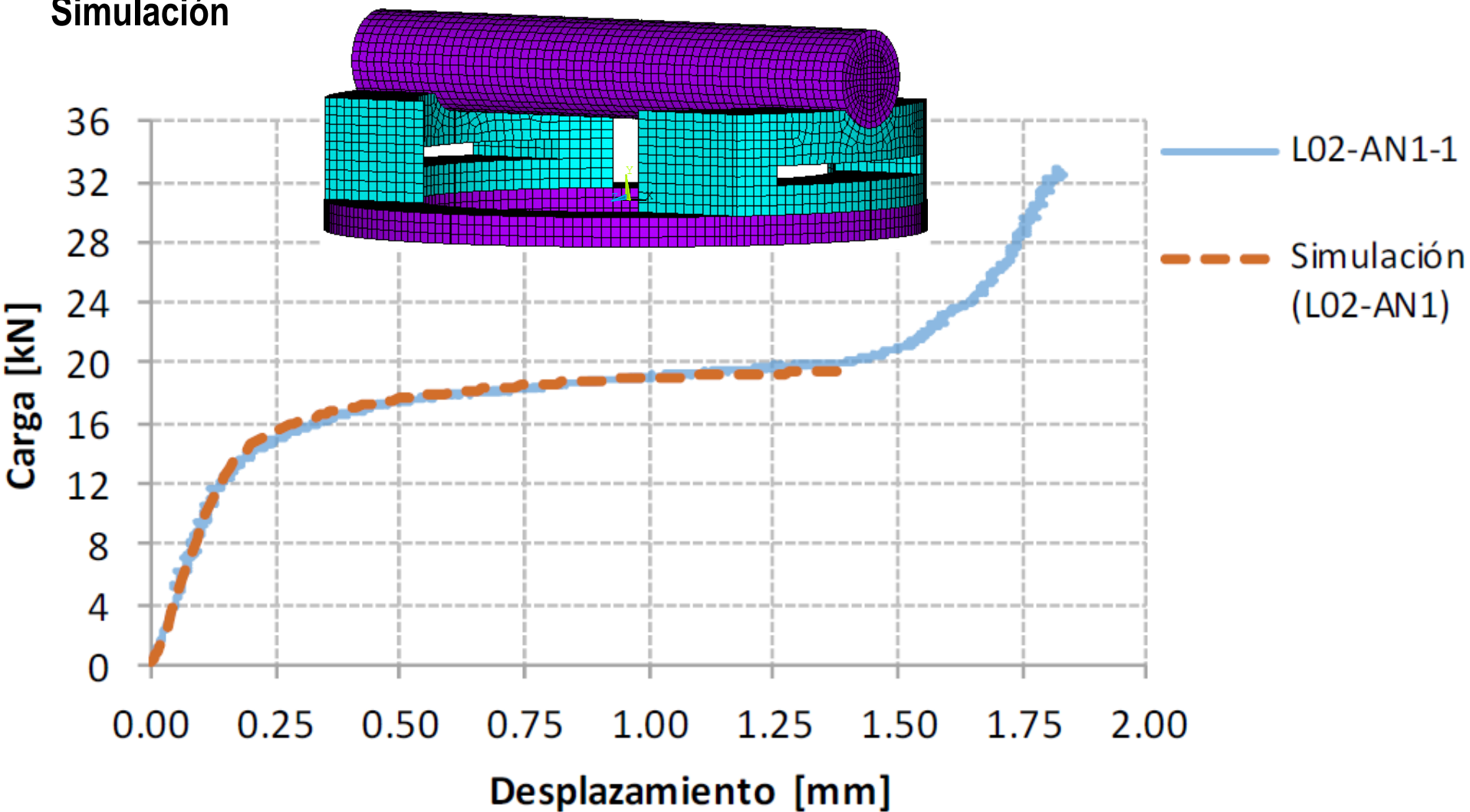
4. Limitador

Simulación – Caracterización del acero



4. Limitador

Simulación



4. Limitador

Aportaciones:

- Limitador de carga (Patente)



19

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11) Número de publicación: **2 636 833**

21) Número de solicitud: 201730339

51) Int. Cl.:

E04G 25/04 (2006.01)

E21D 15/46 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22) Fecha de presentación:
15.03.201743) Fecha de publicación de la solicitud:
09.10.2017Fecha de concesión:
19.06.201845) Fecha de publicación de la concesión:
26.06.2018

73) Titular/es:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
(100.0%)
Camino de Vera s/n
46022 Valencia (Valencia) ES**

72) Inventor/es:

**ADAM MARTÍNEZ, José Miguel;
ALVARADO VARGAS, Yezid Alexander;
BUITRAGO MORENO, Manuel;
CALDERÓN GARCÍA, Pedro Antonio y
MORAGUES TERRADES, Juan José**

74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge54) Título: **Limitador de carga para puntales telescópicos de obra**

57) Resumen:

Limitador de carga para puntales telescópicos de obra que comprende una chapa superior (21) y una chapa inferior (22), con una ranura intermedia (23) entre ellas, en donde dichas una chapa superior (21) y una chapa inferior (22) están unidas por su extremos con dos paredes (24), y porque la chapa superior (21) comprende en su parte central un punto de apoyo (25) para el pasador (14) de modo que la chapa superior (21) es deformable ante una carga límite sobre dicho punto de apoyo (25), hasta que la chapa superior (21) hace contacto con chapa inferior (22). Así, se permite controlar la carga de trabajo de los puntales, minimizando el riesgo de fallo durante la construcción de edificios, aun reduciendo el número de puntales empleados, mejorando los costes de la cimbra.

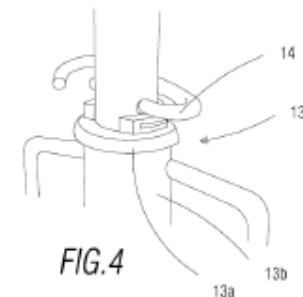
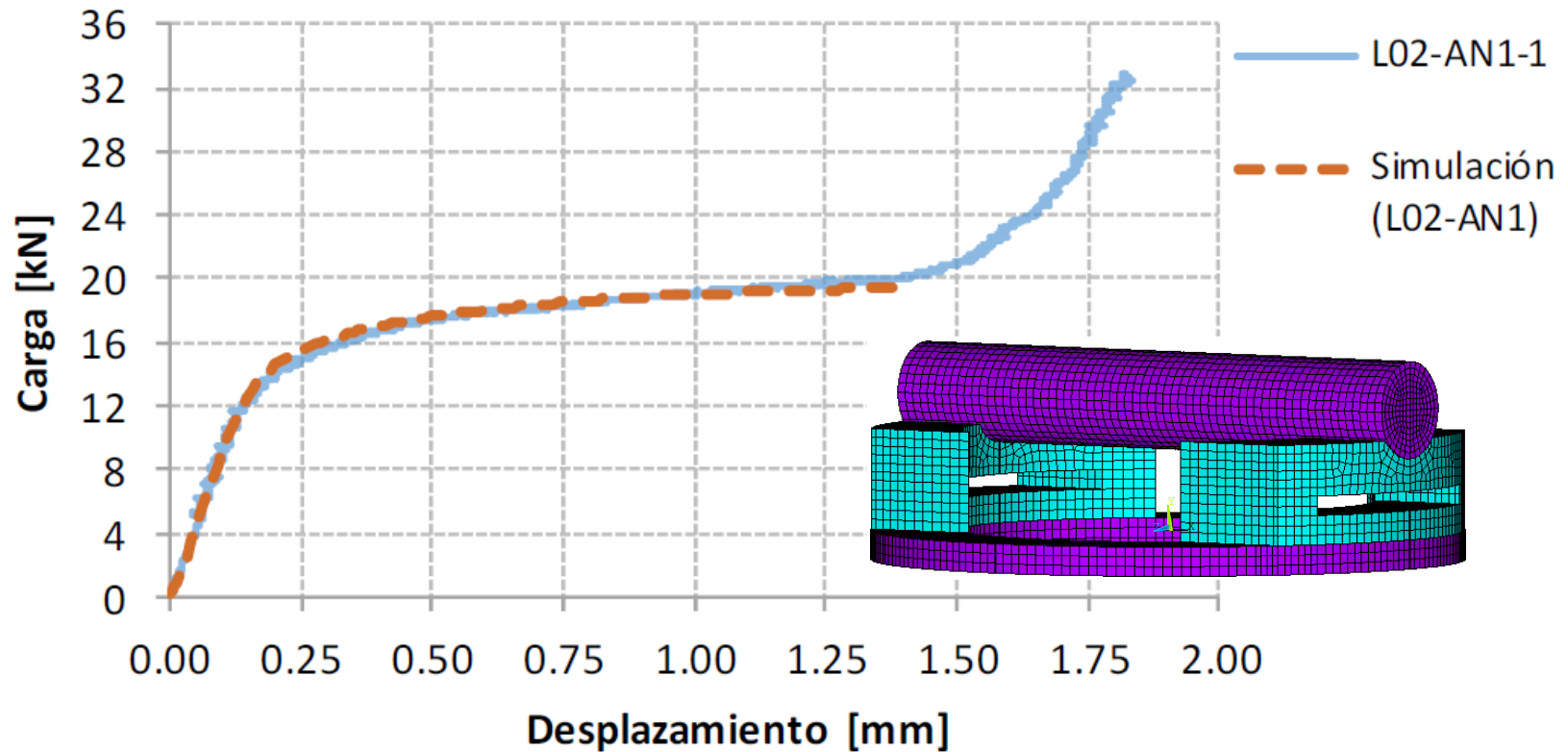


FIG.4

4. Limitador

Aportaciones:

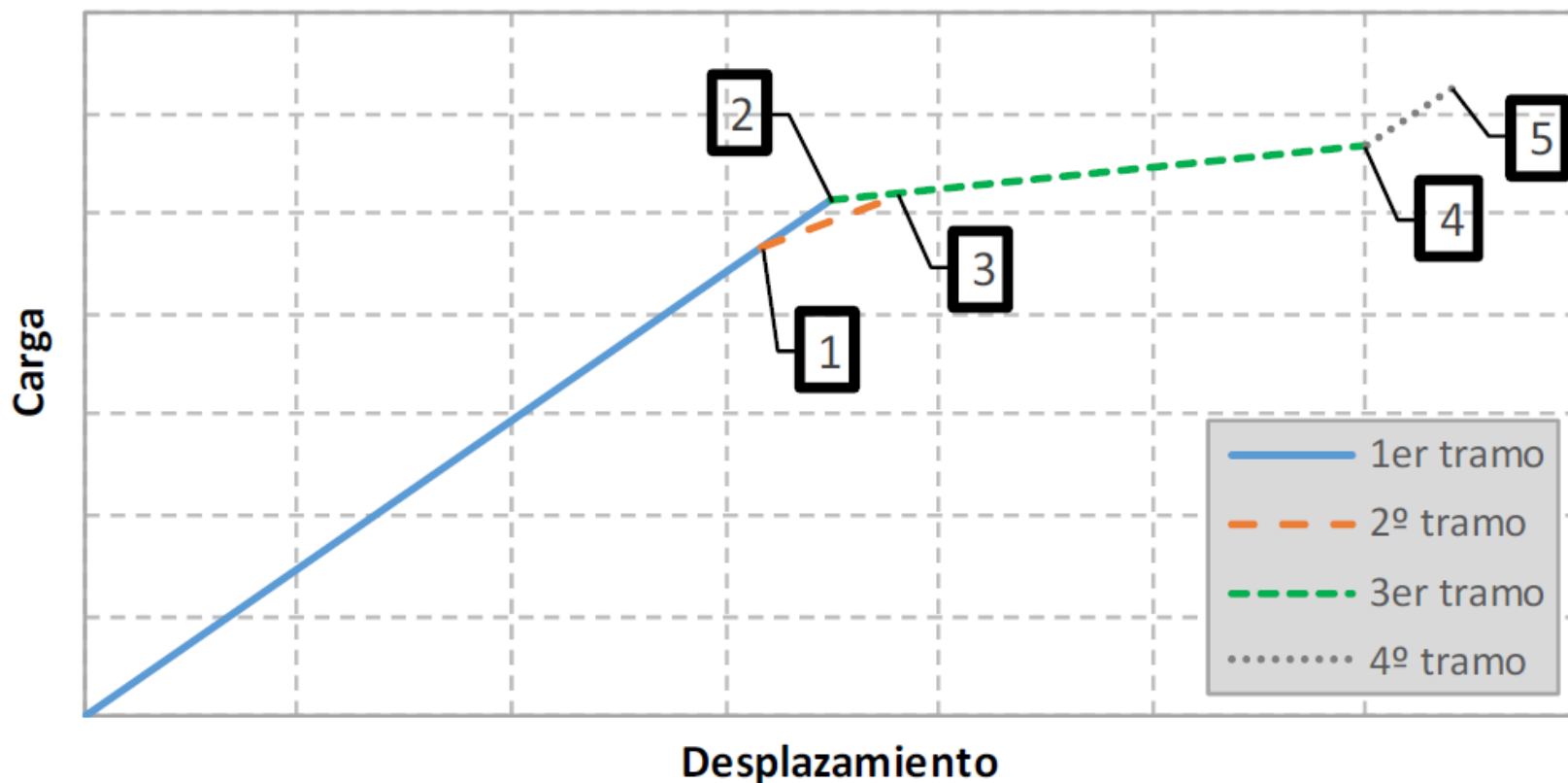
- Limitador de carga (Patente)
- **Modelo numérico limitador de carga (Diseño)**



4. Limitador

Aportaciones:

- Limitador de carga (Patente)
- Modelo numérico limitador de carga (Diseño)
- **Comportamiento simplificado**



**USO DE LOS LIMITADORES
DE CARGA EN LA
CONSTRUCCIÓN DE UN
ENSAYO EXPERIMENTAL**

5. Ensayo edificio

Objetivos y definición del ensayo

Prueba de concepto (Proof of Concept – PoC)

Losa simplemente apoyada

5.25x5.25m²

Deformación bidireccional

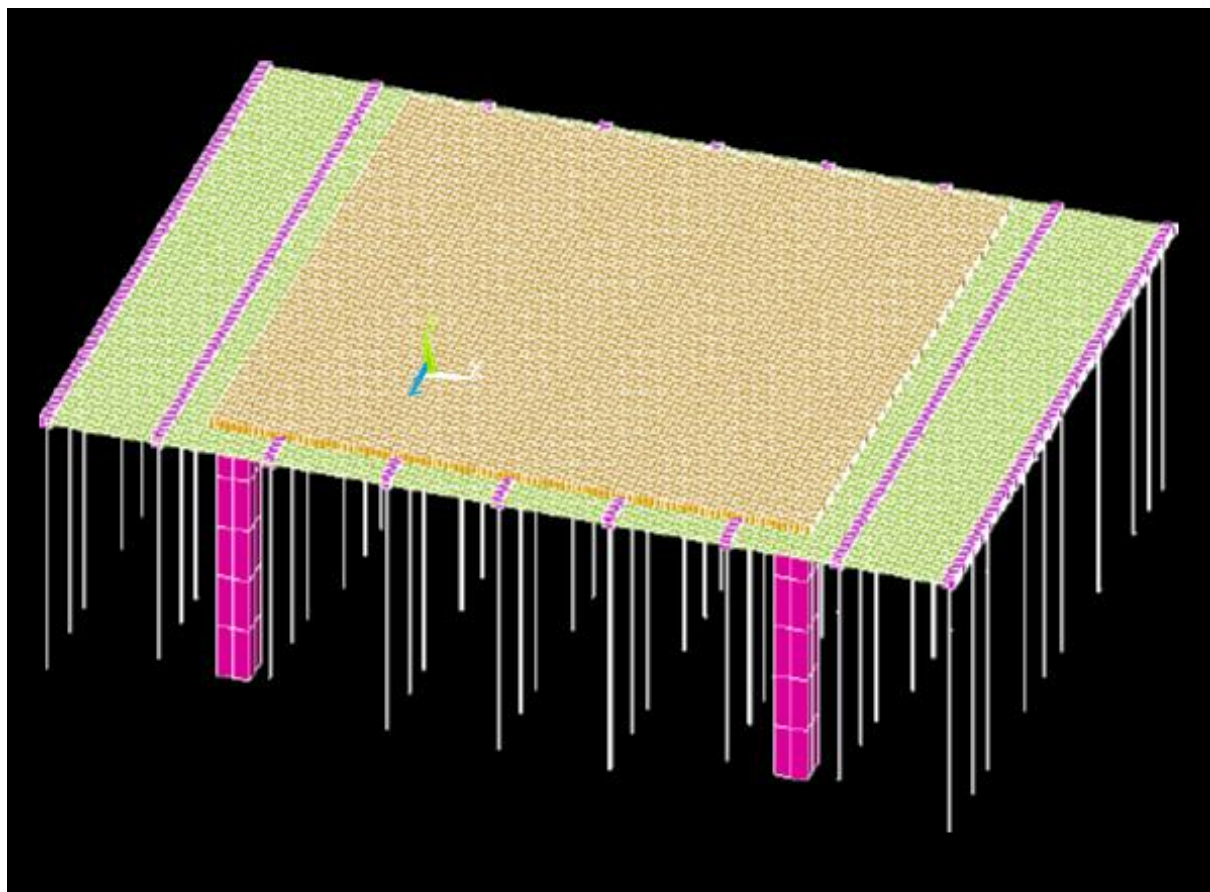
Clareado 50% - 3/7 días

Losa 20cm (5kN/m²):

- No fisuras

Limitadores de 16kN (23kN):

- Plastificación notable
- Carga admisible



5. Ensayo edificio

Monitorización

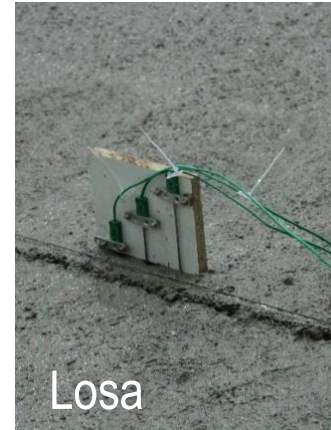
3 galgas en cada
puntal bajo la losa



Pértigas



Control temperatura
ambiente y del hormigón



Losa



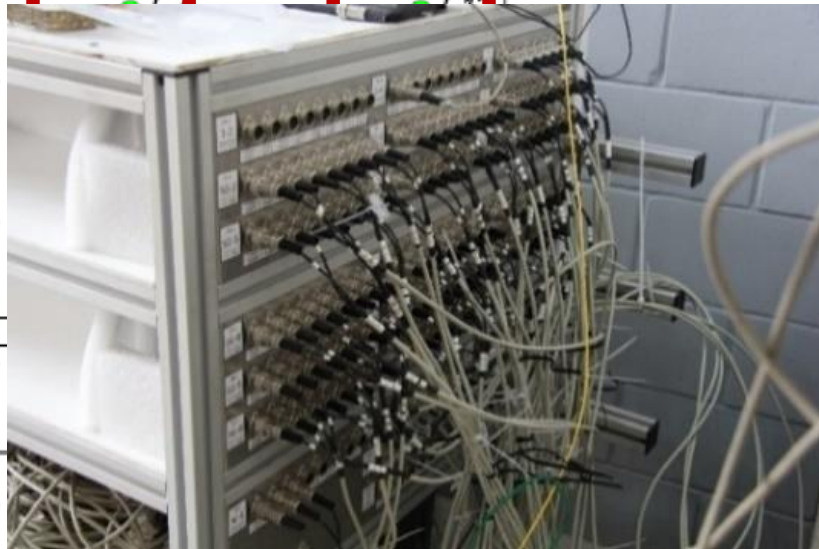
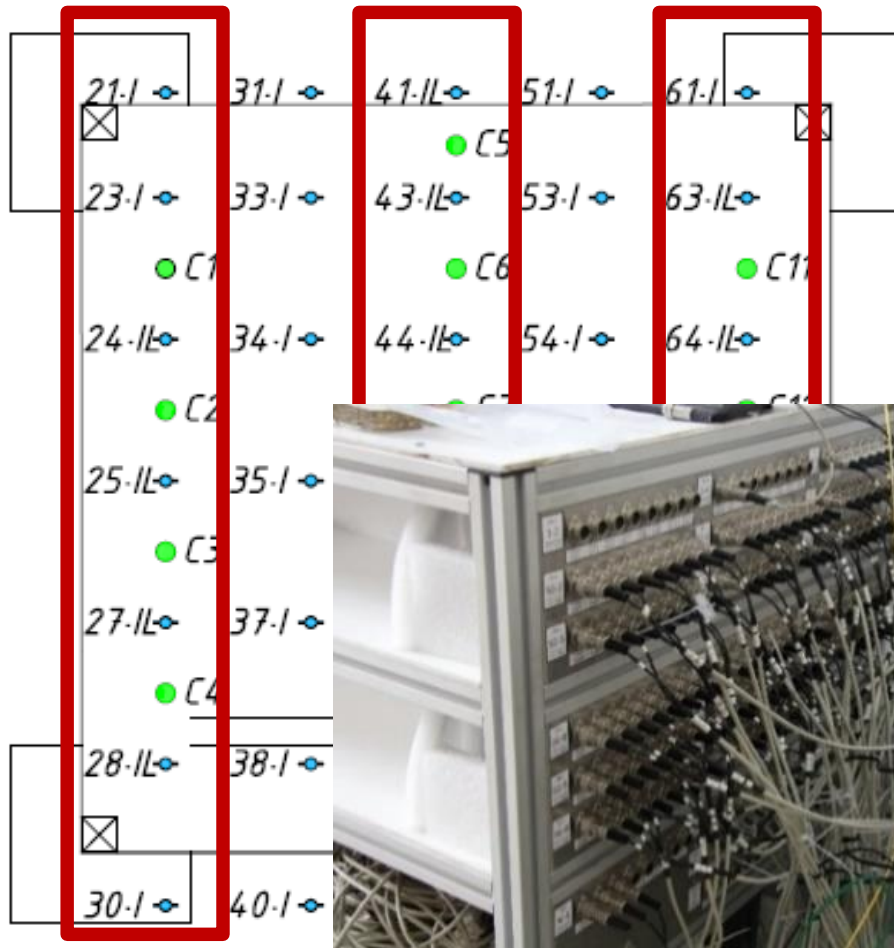
Probetas

Compensación efectos T^a
en sistema de medida



5. Ensayo edificio

Monitorización



5. Ensayo edificio

Secuencia del ensayo:

- Preparación de la cimbra y monitorización
- Armado
- Hormigonado (Día 0)
- Clareado (Día 3)
- Carga de arena de 2kN/m^2 (Día 5)
- Carga de agua de 50cm – 5kN/m^2 (7kN/m^2) (Día 7)
- Descarga de agua hasta 15cm (3.5kN/m^2) (Día 11)
- Carga de agua de 50cm (Día 12)
- Descarga de agua hasta 15cm (Día 12)
- Descimbrado (Día 13)

5. Ensayo edificio

Armado, hormigonado, clareado y carga sobre la losa



ENSAYO EXPERIMENTAL



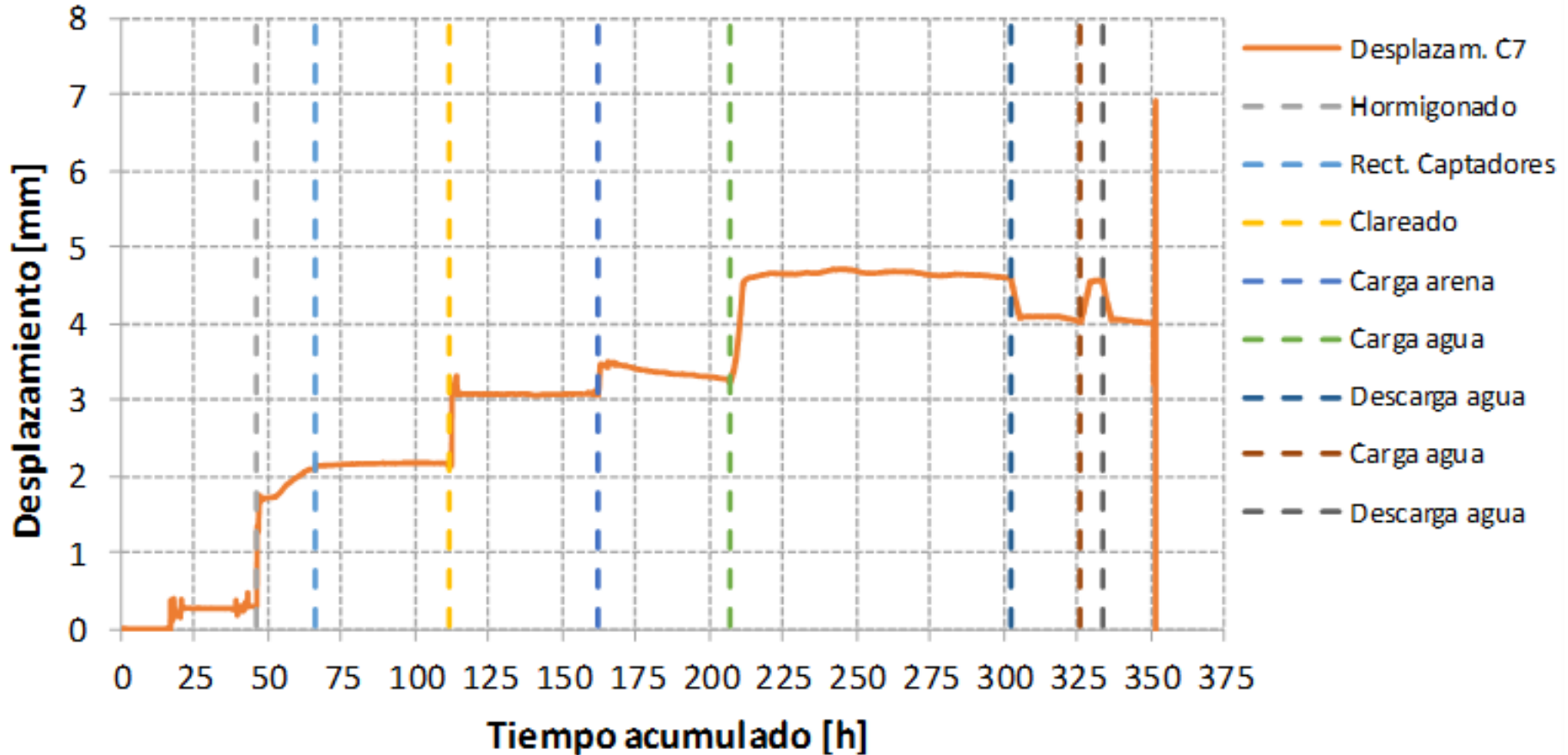




5. Ensayo edificio

Resultados – Flechas

<input checked="" type="checkbox"/>	21-1	<input checked="" type="checkbox"/>	31-1	<input checked="" type="checkbox"/>	41-1L	<input checked="" type="checkbox"/>	51-1	<input checked="" type="checkbox"/>	61-1	<input checked="" type="checkbox"/>
							C5			
	<input checked="" type="checkbox"/>	23-1	<input checked="" type="checkbox"/>	33-1	<input checked="" type="checkbox"/>	43-1L	<input checked="" type="checkbox"/>	53-1	<input checked="" type="checkbox"/>	63-1L
							C1			C6
										C11
	<input checked="" type="checkbox"/>	24-1L	<input checked="" type="checkbox"/>	34-1	<input checked="" type="checkbox"/>	44-1L	<input checked="" type="checkbox"/>	54-1	<input checked="" type="checkbox"/>	64-1L
							C2			C7
										C12
	<input checked="" type="checkbox"/>	25-1L	<input checked="" type="checkbox"/>	35-1	<input checked="" type="checkbox"/>	45-1L	<input checked="" type="checkbox"/>	55-1	<input checked="" type="checkbox"/>	65-1L
							C3			C8
										C13
	<input checked="" type="checkbox"/>	27-1L	<input checked="" type="checkbox"/>	37-1	<input checked="" type="checkbox"/>	47-1L	<input checked="" type="checkbox"/>	57-1	<input checked="" type="checkbox"/>	67-1L
							C4			C9
										C14
	<input checked="" type="checkbox"/>	28-1L	<input checked="" type="checkbox"/>	38-1	<input checked="" type="checkbox"/>	48-1L	<input checked="" type="checkbox"/>	58-1	<input checked="" type="checkbox"/>	68-1
							C10			
	<input checked="" type="checkbox"/>	30-1	<input checked="" type="checkbox"/>	40-1	<input checked="" type="checkbox"/>	50-1L	<input checked="" type="checkbox"/>	60-1	<input checked="" type="checkbox"/>	70-1



14L6



5. Ensayo edificio

Demostrada la viabilidad del uso de los limitadores de carga en puntales

- Seguridad
- Racionalidad
- Eficiencia estructural
- Funcionalidad/Alternativa



ESTIMACIÓN DE LAS MEJORAS INTRODUCIDAS POR LOS LIMITADORES DE CARGA

6. Simulación

Objetivo

Evaluar diferentes situaciones con y sin limitadores de carga en:

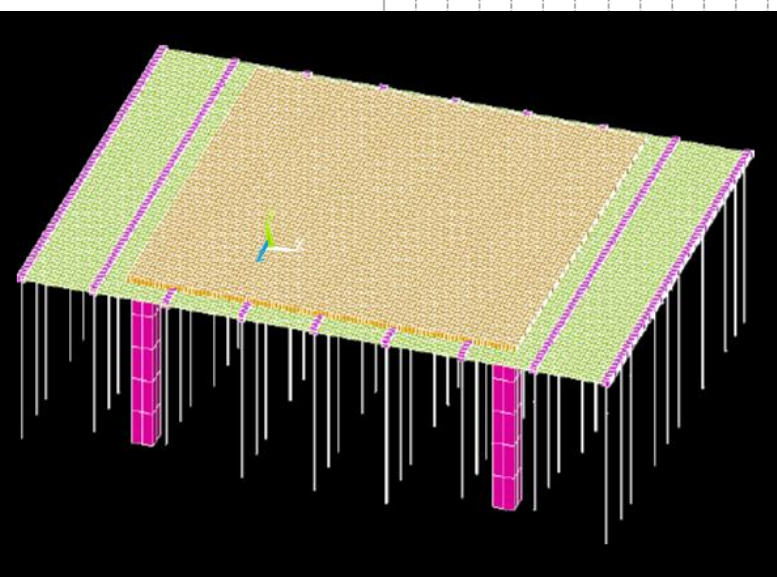
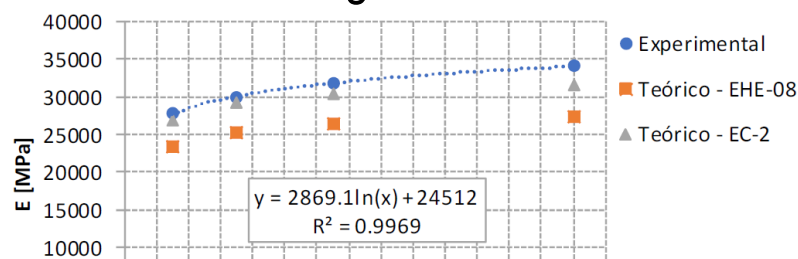
- Ensayo experimental
- Situaciones accidentales

Ensayo experimental – Calibración

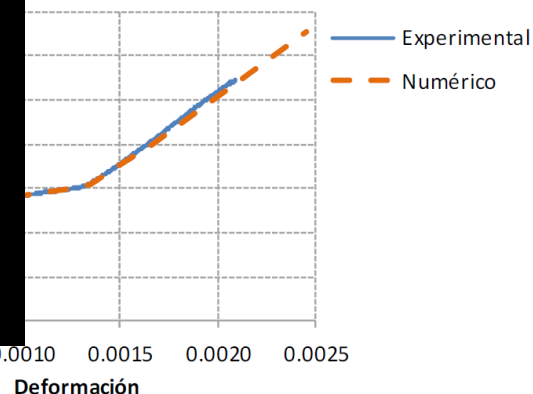
Rigideces de los puntales

Puntal	A_{eq} [cm ²]	
P24 IL	0.91	3
P25 IL	0.67	2
P27 IL	0.52	1
P43 IL	1.03	3
P44 IL	0.61	2
P45 IL	0.65	2
P47 IL	0.79	2
P48 IL	1.02	3
P64 IL	0.92	3
P65 IL	0.89	3
P67 IL	0.83	2
Promedio	0.80	27.83

Evolución hormigón

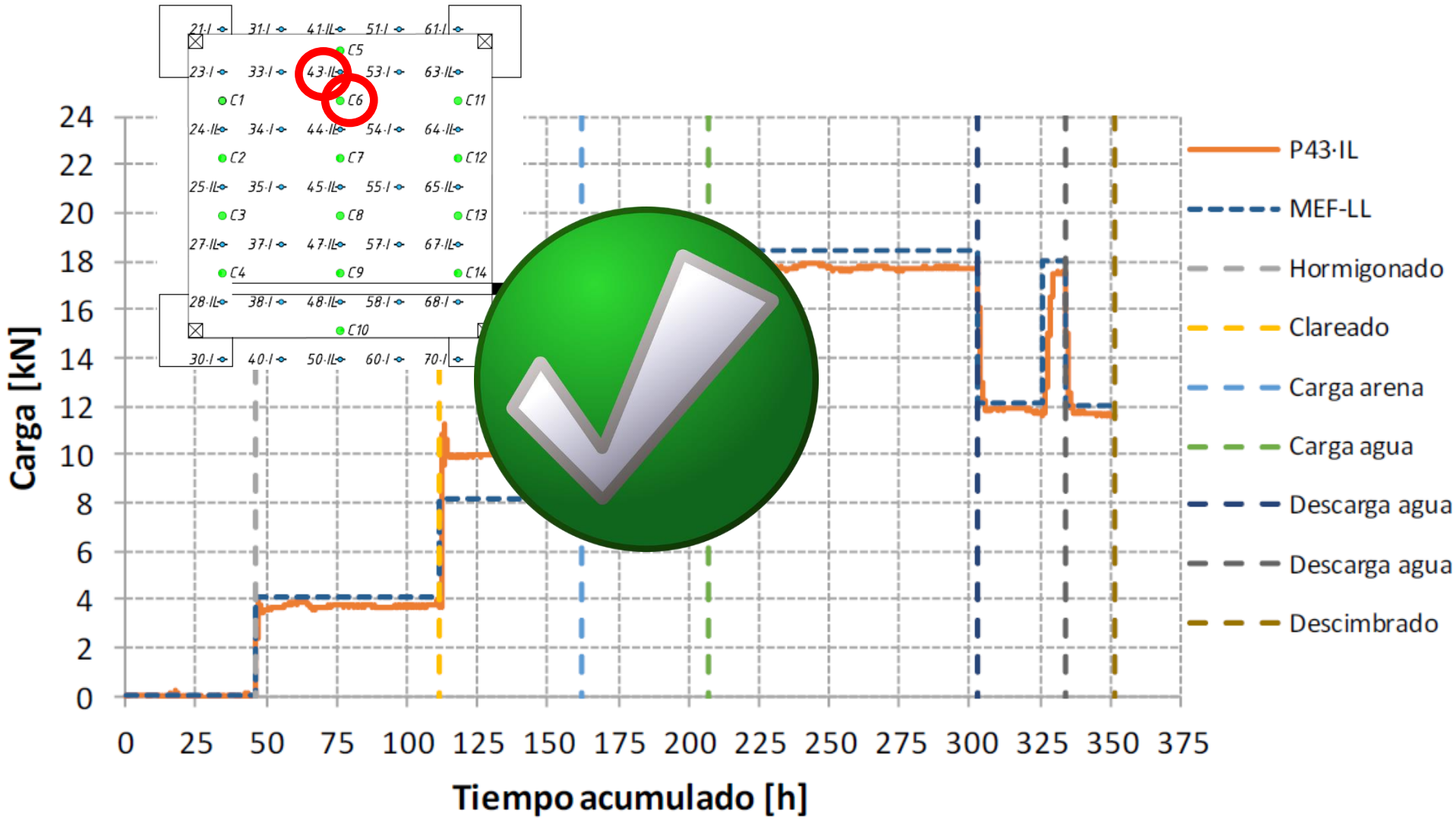


e carga



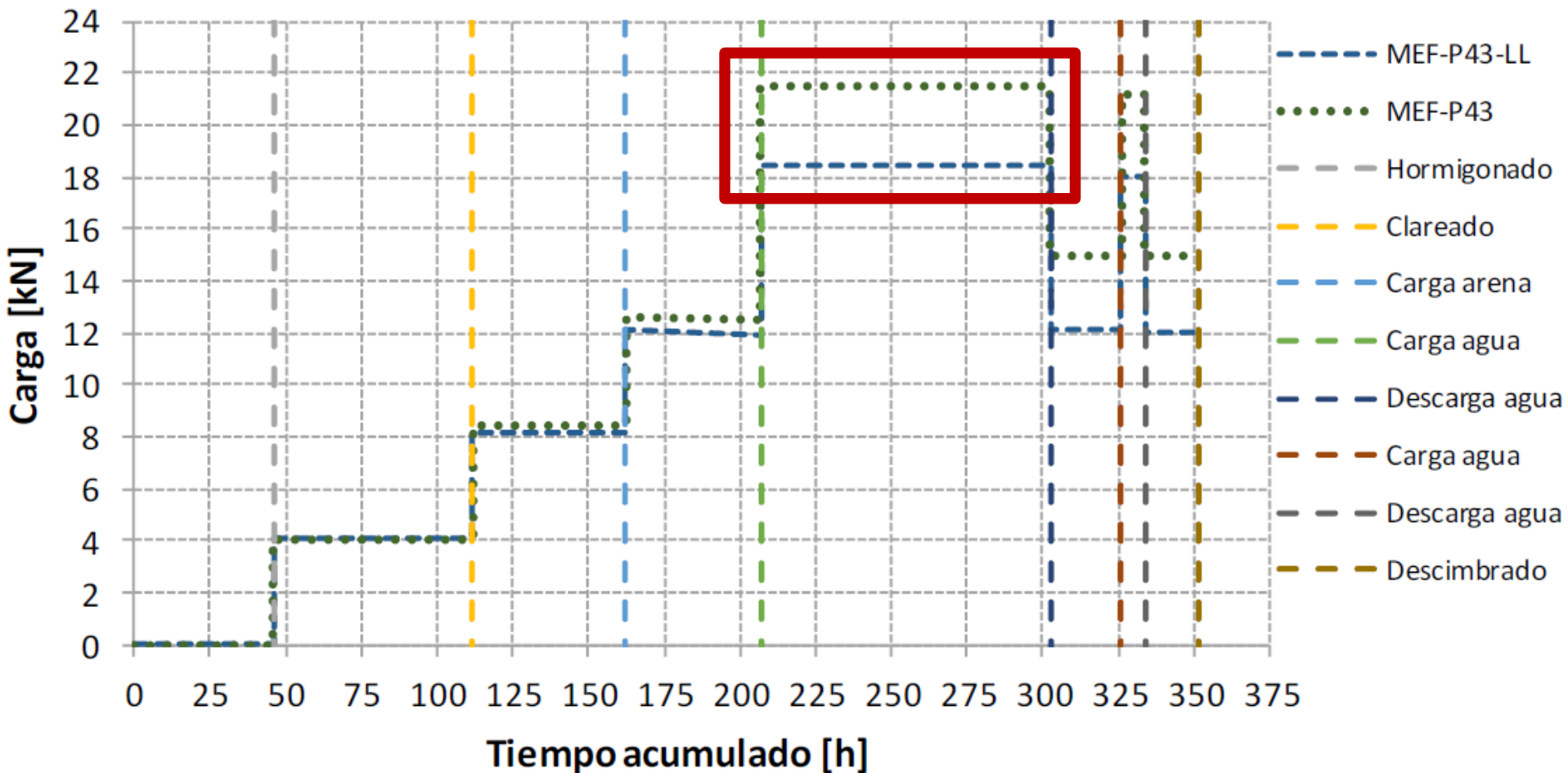
6. Simulación

Ensayo experimental – Calibración



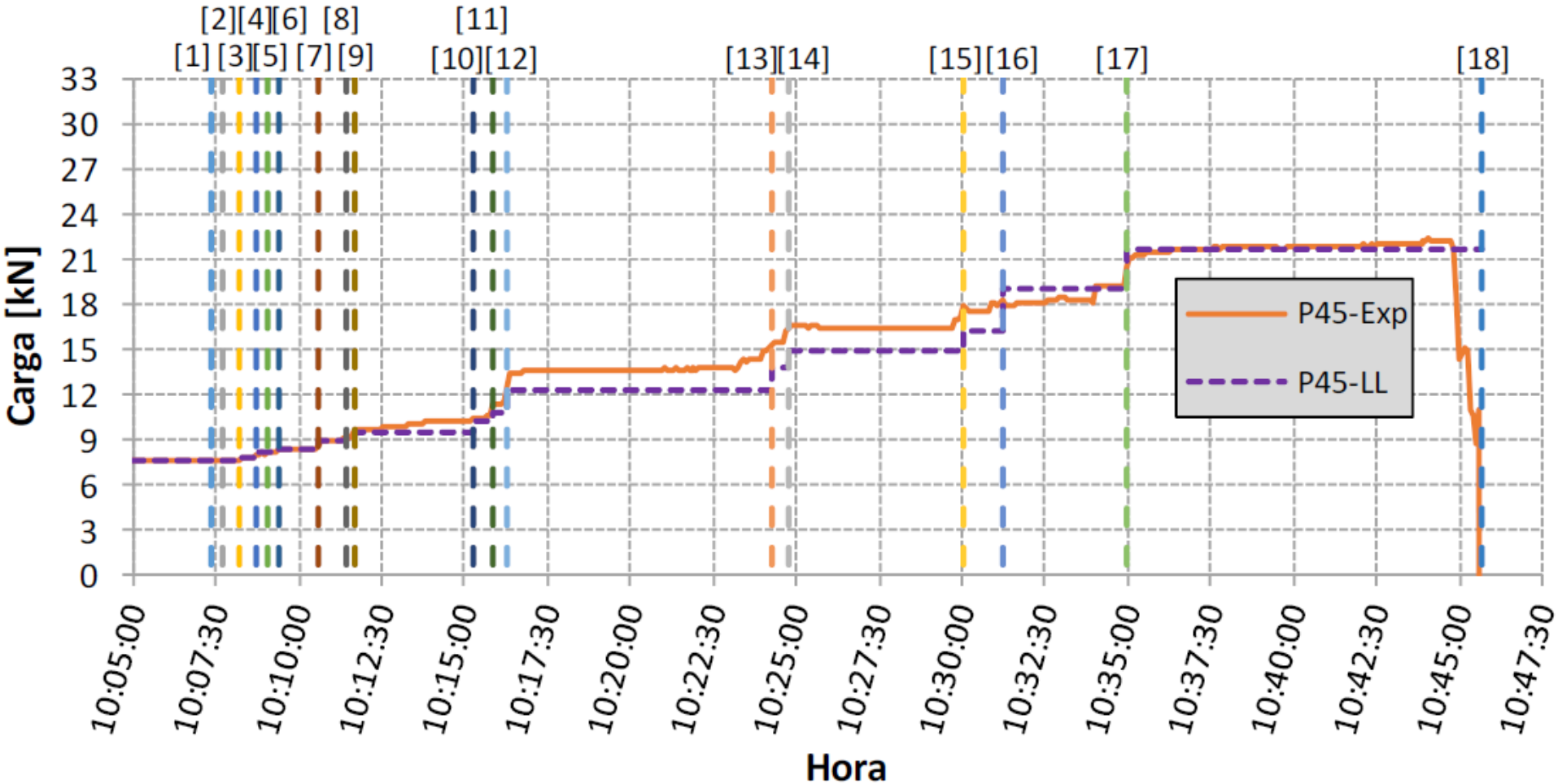
6. Simulación

Ensayo experimental – Cargas medias y máximas



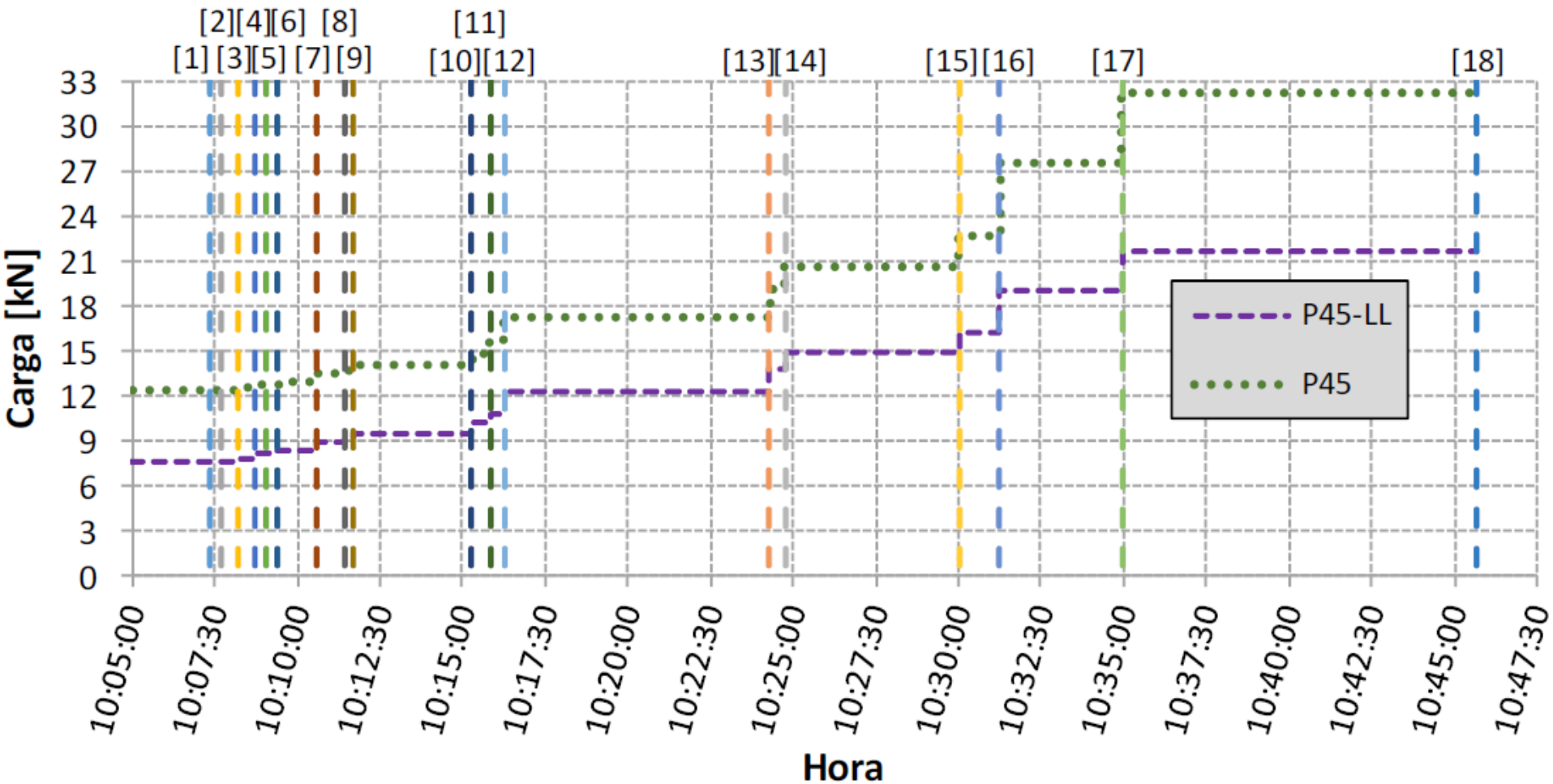
6. Simulación

Ensayo experimental – Descimbrado – Comprobación modelo



6. Simulación

Ensayo experimental – Descimbrado



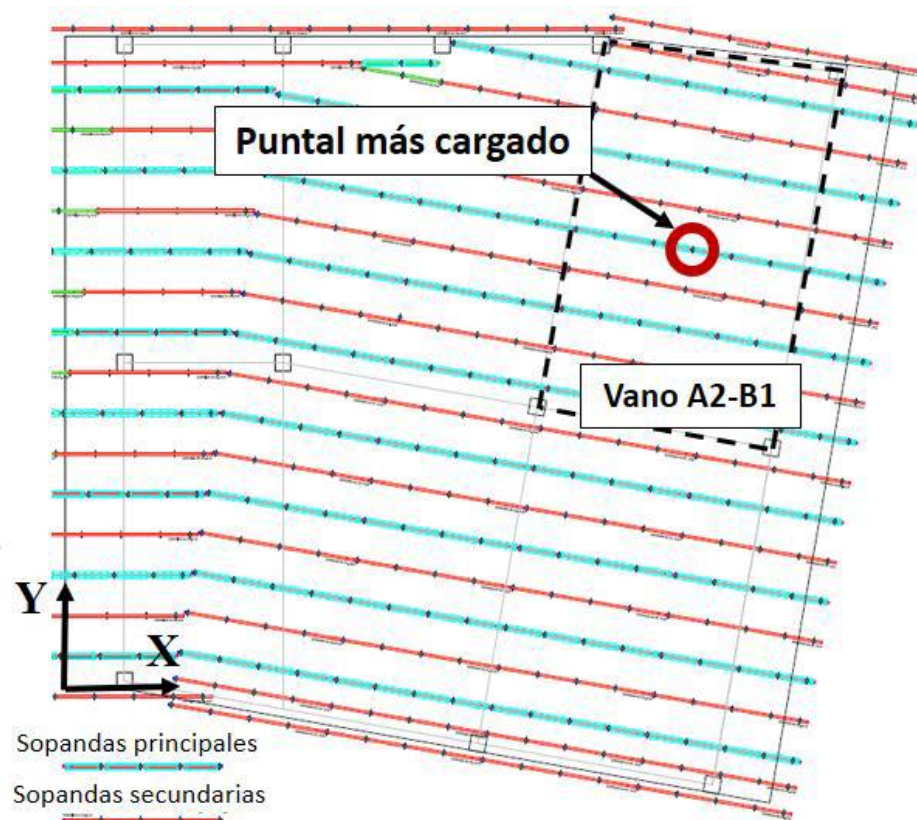
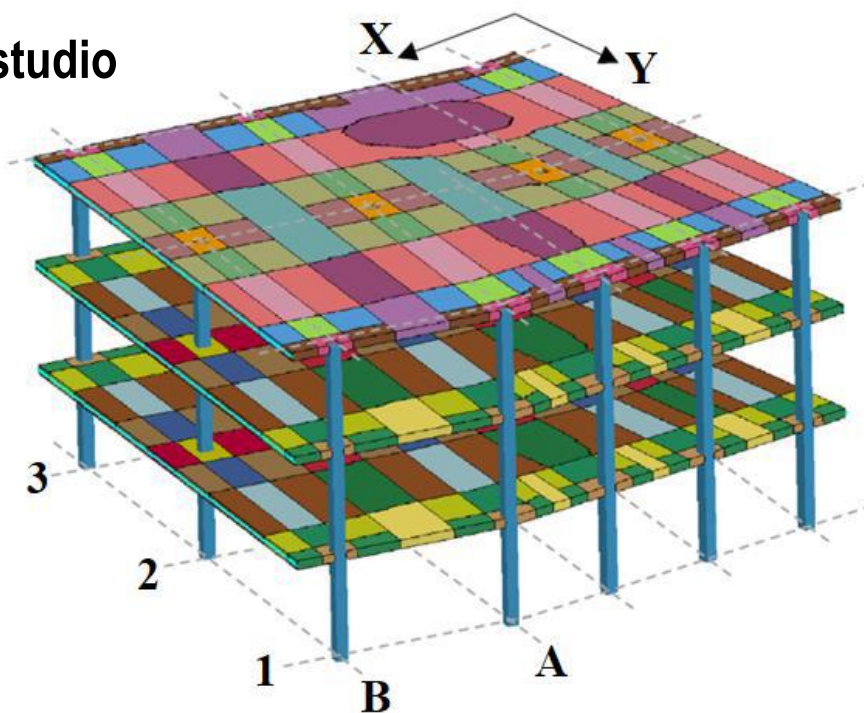
6. Simulación

Situaciones accidentales

BS 5975 (2011) _ Section 9.3 and 19.4.2.2: ***“Detailing of temporary works structure should be such that any local failure of the structure does not lead to the progressive collapse of the whole”***



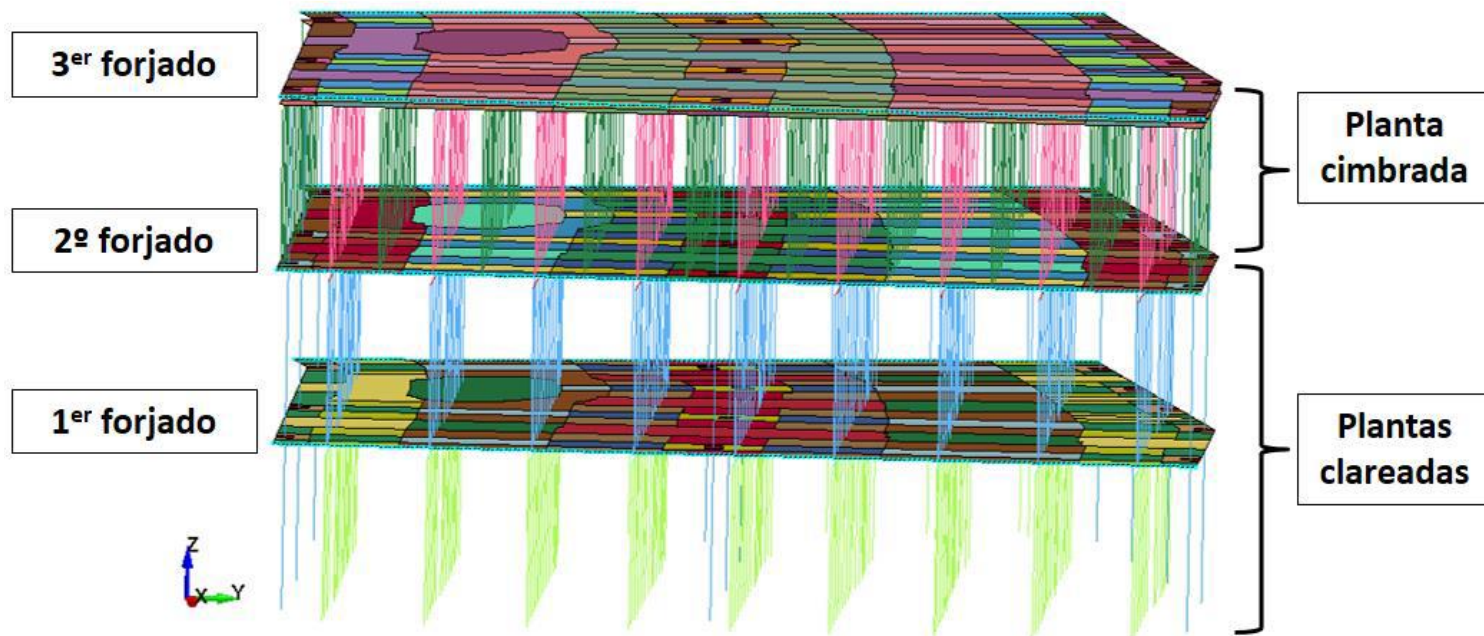
Estudio



6. Simulación

Situaciones accidentales

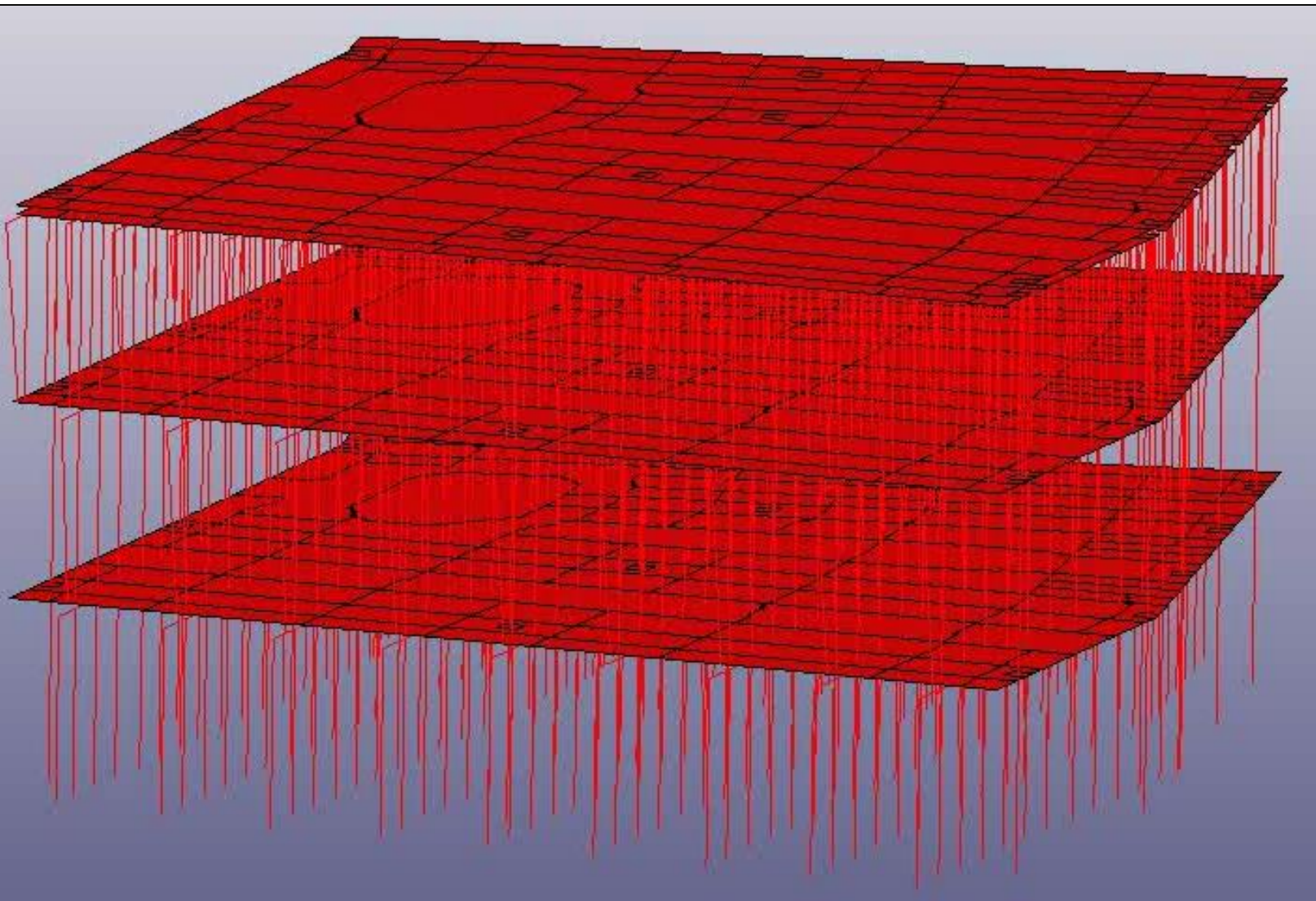
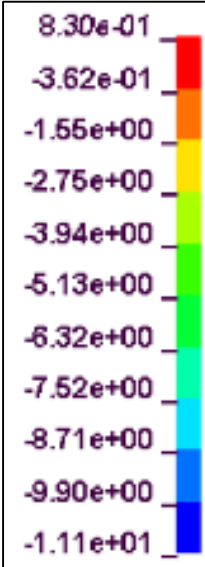
- Fallo de un puntal
- Fallo de los puntales de una sopanda
- Fallo de los puntales de una línea completa
- Error en la elección del tipo de puntal



6. Simulación

Situaciones accidentales

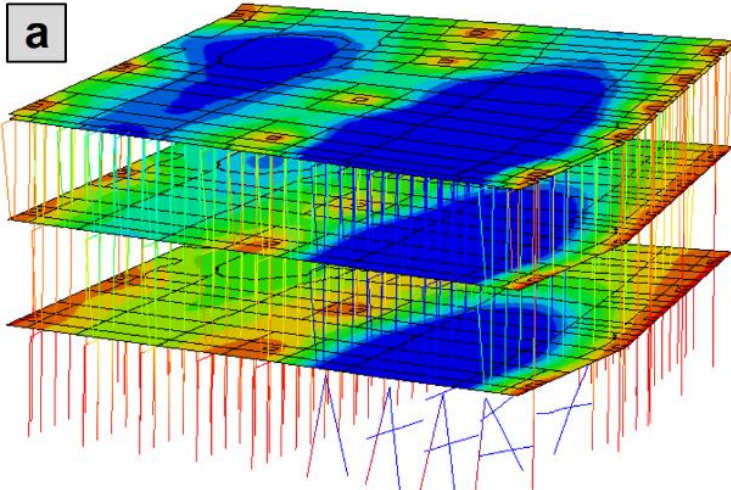
desplazamiento



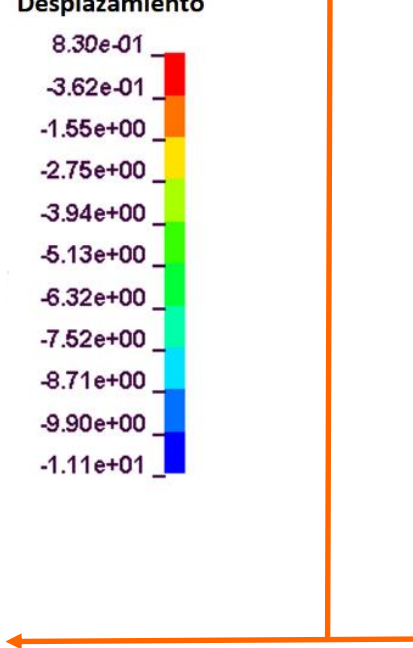
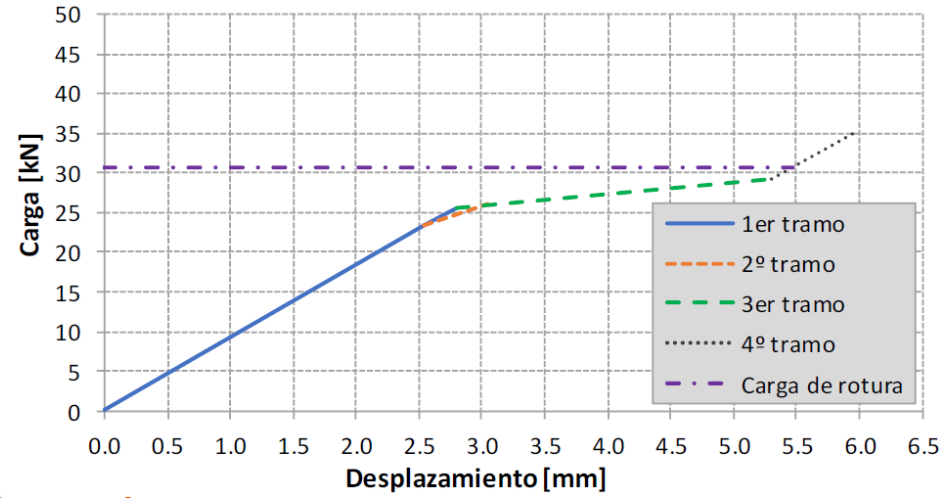
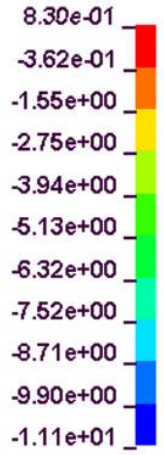
6. Simulación

Situaciones accidentales – Limitador

a



Desplazamiento



6. Simulación

Mejoras

- Durante la construcción de estructuras de edificios
- Durante las fases de descimbrado
- Frente al colapso progresivo de las estructuras de edificios durante su construcción (Mitigación del riesgo de colapso progresivo y reducción del daño severo)

SEGURIDAD

COSTE

EFICIENCIA

CONCLUSIONS AND FUTURE LINES OF RESEARCH

7. Conclusions and future lines of research

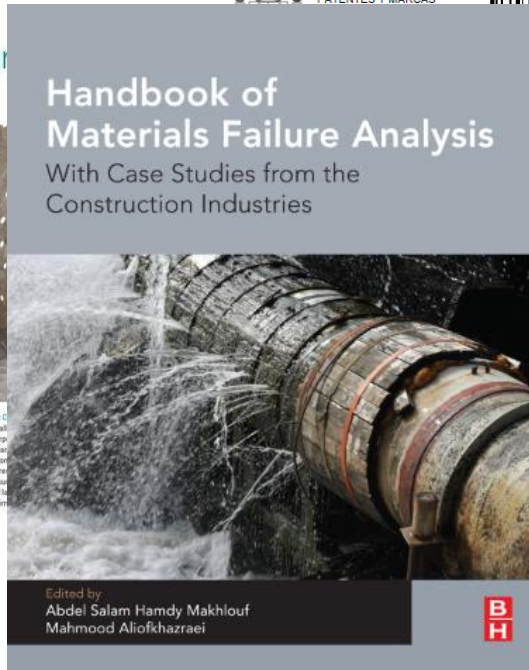
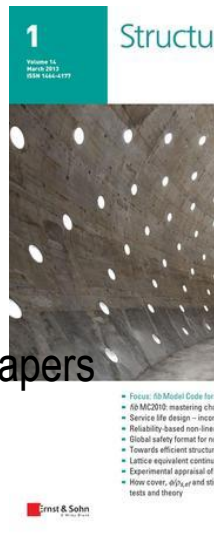
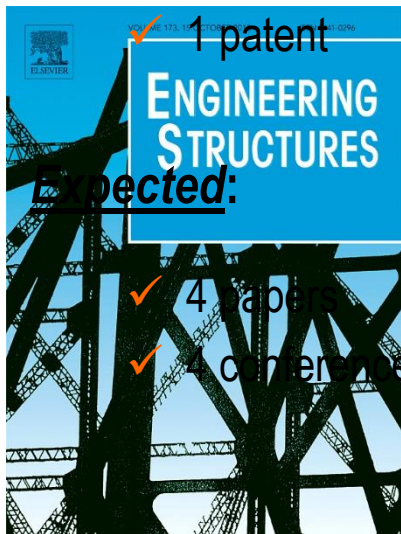
Conclusions

- ✓ A new device has been developed and validated with a wide experimental campaign and its application in a proof of concept.
- ✓ This is the first time that the load of shores has been limited, keeping them operational and redistributing the maximum loads of the shoring system without causing cracking in the slabs (Efficiency).
- ✓ Safety is increased during the construction of building structures:
 - Plastic behaviour on the overall behaviour of shores.
 - Against unexpected failures of the shoring system.
- ✓ Load limiters present economic advantages (Cost):
 - A smaller amount of shores or with lower strength can be used.
- ✓ Its application probably revolutionise the sector of formwork and shoring systems.
- ✓ Will load limiters allow to reduce the safety factor of shores?

7. Conclusions and future lines of research

Results

- ✓ 8 papers (Engineering structures; Structural Concrete; Journal of Performance of Constructed Facilities; Structures and Buildings).
- ✓ 5 conference papers
- ✓ 1 book chapter



7. Conclusions and future lines of research

Future lines of research

- ✓ New simplified procedure to estimate load transmission with load limiters on shores.

✓ Extend the study to others types of shoring systems (e.g. bridges)

Manuel Buitrago

DOI: 10.1002/suco.201500130

✓ Study the influence of construction processes on the long-term behaviour of structures, with and without load limiters.

José A. Adam
Pedro Calderón
Juan J. Moragues
Yezid Alvarado

- ✓ Development of a new tool to automatically obtain optimal construction processes even with load limiters on shores.



Estimating loads on shores during the construction of RC building structures

- ✓ Promote an international consensus on loads and safety factors to be considered during the construction of building structures.

Designing construction processes in buildings by heuristic optimization



Manuel Buitrago^a, José M. Adam^{a,*}, Yezid A. Alvarado^b, Juan J. Moragues^a, Isabel Gasch^a,
Pedro A. Calderón^a

Agradecimientos

D. Jose Adam, D. Pedro Calderón y D. Yezid Alvarado



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN, CULTURA
Y DEPORTE

FPU13/02466



GENERALITAT VALENCIANA

CONSELLERIA D'EDUCACIÓ, INVESTIGACIÓ, CULTURA I ESPORT

GV/2015/063



Alsina
SOLUCIONES EN ENCOFRADOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



TESIS DOCTORAL

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DE FORJADOS DE HORMIGÓN “IN SITU” MEDIANTE EL USO DE ELEMENTOS DE CONTROL DE CARGA EN LAS CIMBRAS

Autor: Manuel Buitrago Moreno

Directores: Dr. Jose M. Adam Martínez
Dr. Pedro A. Calderón García
Dr. Yezid A. Alvarado Vargas

