



“Los Ensayos No Destructivos en la Ingeniería Civil”

Diálogo entre prestadores y usuarios

**Evaluación de una Estructura Existente
por ENSAYOS DE CARGA**

ING. PABLO LUIS DIÉGUEZ

ENSAYO DE CARGA

CASO DE ESTUDIO

Estructura: Cerchas metálicas – Perfiles conformados C (Simples para montantes y diagonales, cajón soldado para cordones) s/ tabiques HA

Ubicación: Cerro Dragón, Provincia de Chubut - Destino: Oficinas

CIRSOC 301-2005 Capítulo N : “Evaluación de Estructuras Existentes”

CIRSOC 304-2013 Anexo A: “Soldadura de espesores delgados en chapa de acero”

Alerta: Inspección de Obra reporta que durante el montaje de las cerchas, sin carga presentan un deformación de 15 mm. (la flecha teórica para ese estado era de 0,8 mm)



ENSAYO DE CARGA

CASO DE ESTUDIO

INSPECCIÓN
DE OBRA



Deformaciones (flechas
y alabeos) en cerchas



ESTRUCTURALISTA



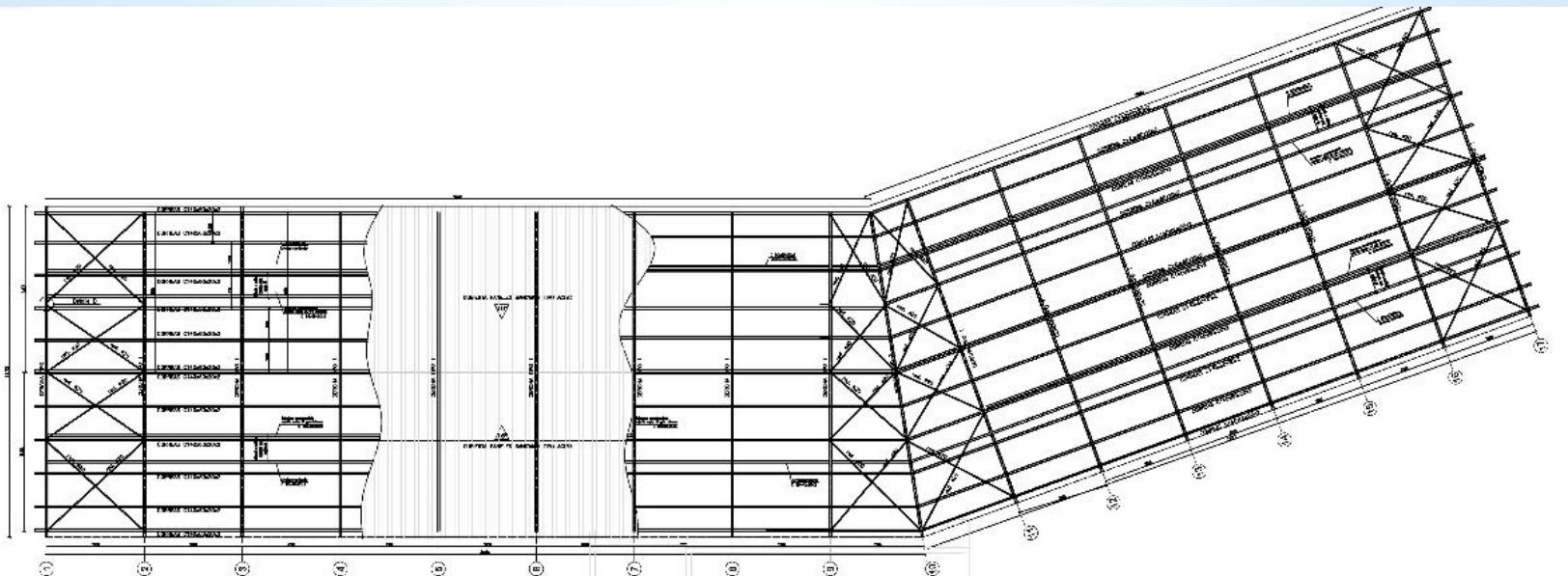
Revisión de cálculo:
valores admisibles -
Inspección



Solicitud de ensayo de carga
por Laboratorio Especializado



Ensayo con personal y medios de obra.
(Distancia, tiempos y dificultades administrativas)



ENSAYO DE CARGA

CASO DE ESTUDIO



ENSAYO DE CARGA

CONTROL DE CALIDAD

CIRSOC 301/2005 - Capítulo M : Fabricación, Montaje y Control de calidad

MONTAJE



ACOPIO



REQUERIMIENTOS ANTES DE INSPECCIONAR LA OBRA

- Certificado de calidad de los perfiles (sin marca)
- Verificar geometría y perfiles utilizados
- Forma de acopio
- Método de izaje
- Procedimiento de soldadura utilizado (obra o taller)
- Si la soldadura se realizó en forma cruzada para no sobre calentar el material en el mismo sector
- Certificación o calificación de los soldadores
- Electrodo utilizados
- Si se utilizó corriente alterna o continua Corriente continua
- Verificar deformación de cada cercha
- Nómina de empresas dedicadas a ensayos de estructuras en la zona

ENSAYO DE CARGA

CONTROL DE CALIDAD



SIDERAR S.A.LC IVA RESPONSABLE INSCRIPTO
 C.U.I.T. 30-51698524-1 / Ing. Buzos 901-910303-M/ Inicio de Actividades: 24/01/1992
 Av. Leandro N. Alem 1067 - Piso 22 - C1001AAF - Buenos Aires - Argentina
 Tel: (54-11) 4018-2534 / Fax: (54-11) 4018-2545
 www.ternum.com

CERTIFICADO DE CALIDAD - MILL TEST CERTIFICATE

ORIGINAL

Fecha de emisión / Date of issue: 23/02/2018
 N° / Document number: 1082344

EN. 10204 - 3.1



Código cliente / Customer ID 000001342	Operación / Operation 0114534088	Orden de compra / Purchase order
Cliente / Customer CODIMAT S.A.	Puerto de carga / From N/A	Puerto de descarga / To N/A
Dirección / Address DON BOSCO 1406 - BAHIA BLANCA - BS. AS. - Argentina	Lista empaque / Ramito / Packing list / Invoice 111000169245	Medio de transporte / Means of transport N/A
Cliente Item # / Customer Item#	Calidad / Quality IRAM IAS U 500-206-1ZAR-250	Orden fabricación / Manufacturer order 011453408800010
Descripción de la mercadería / Goods description PERFIL C CONFORMADO BASE GALVANIZADO		

Lot# / Lot#: UNICO / Total piezas / Total pieces: 12 Dimension mm: 140x50x20x0.00x12000.0 Descripción lote / Lot description: Z-100

Ensayos Mecánicos / Mechanical Test

Boleta # Piece #	Coleta # Heat #	Peso Weight Kg	Muestra #. Piece #	TENSILE TEST TRACCION			RECUB. TOTAL GR/M2 COAT RECUB.TOT.
				Re (MPa)	Rm (MPa)	A%	
010L015220	872379	1604	HDG1000H3381090001	333	413	29	180
			HDG1000H3381180001				
010L015221	881392	1606	HDG1000H3381090001	333	413	29	180
			HDG1000H3381180001				
010L015222	881392	1608	HDG1000H3381090001	333	413	29	180
			HDG1000H3381180001				
010L015223	881392	1608	HDG1000H3381090001	333	413	29	104
			HDG1000H3382120001				
010L015225	885281	1610	HDG1000H3381850001	306	388	31	106
			HDG1000H3381970001				

Composición Química (%) / Chemical Composition (%)

Coleta # Heat #	Muestra # Piece #	C	MN	P	S	SI	AL	CEQ
872379	CCD872379F11	0.0568	0.3800	0.0095	0.0100	0.0190	0.0600	0.1237
881392	CCD881392F11	0.0580	0.3700	0.0110	0.0095	0.0200	0.0370	0.1260
885281	CCD885281F11	0.0630	0.3700	0.0120	0.0120	0.0200	0.0480	0.1301

Notas / Notes - Los productos estructurales cumplen con la Res. 404/98.

Dirección calidad / Quality department

We hereby certify that the material herein described, has been made by oxygen process (OFP), tested and analyzed in our laboratories in accordance with the requirements of the mentioned specification, with satisfactory result.
 We declare that the sample purchased by Ternium and used in the electroplating process is controlled and free of redox activity.
 Certificamos que el material aquí descrito, fue fabricado por proceso básico al oxígeno (OFP), ensayado y analizado en nuestros laboratorios de acuerdo con los requerimientos de las normas y técnicas citadas, con resultados satisfactorios.
 Declaramos que la muestra comprada por Ternium y utilizada en el proceso de galvanización es controlada y libre de redox actividad.

Jefe de laboratorio / Laboratory manager

ENSAYO DE CARGA

TAREAS PRELIMINARES

Medición de flechas

S,N: Niveles de apoyos

C: Nivel central

Previamente a los ensayos, se determinó en obra el nivel de los dos apoyos y el del centro de las cerchas.

Medición cruda [m]				
ID	S	C	N	Prom N-S
16	2.315	2.315	2.323	2.319
15	2.315	2.309	2.315	2.315
14	2.315	2.305	2.307	2.311
13	2.317	2.308	2.305	2.311
12	2.323	2.306	2.295	2.309
11	2.318	2.300	2.291	2.305
10	2.313	2.298	2.298	2.306
9	2.306	2.292	2.300	2.303
8	2.300	2.298	2.305	2.303
7	2.300	2.285	2.288	2.294
6	2.300	2.294	2.299	2.300
5	2.308	2.305	2.301	2.305
4	2.308	2.304	2.305	2.307
3	2.308	2.302	2.305	2.307
2	2.310	2.305	2.310	2.310

Relaciones [mm]		
ID	Dif N-S	Prom - C
16	8	4
15	0	6
14	-8	6
13	-12	3
12	-28	3
11	-27	4.5
10	-15	7.5
9	-6	11
8	5	4.5
7	-12	9
6	-1	5.5
5	-7	-0.5
4	-3	2.5
3	-3	4.5
2	0	5

Promedio 5.03
Desviación Standard 2.75
Coef. de variación 55%

ENSAYO DE CARGA

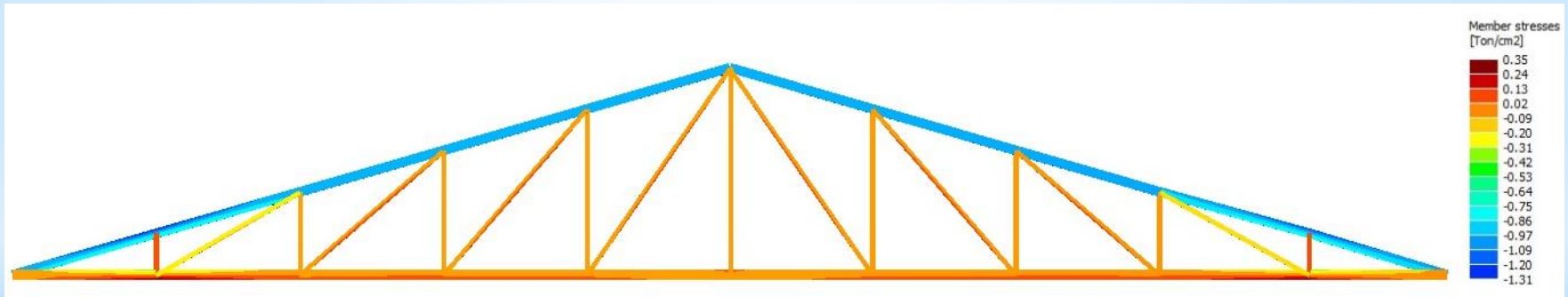
TAREAS PRELIMINARES

Análisis Estructural según lo indicado en capítulo N.4 del CIRSOC 301/2005

↓
Estado constructivo y proyectado

↓
Determinación carga de ensayo

↓
Tensiones y deformaciones para carga de ensayo



CASO DE CARGA	FLECHA	
	f (cm)	f/L
PP	0.05cm	L/23000
D	0.36cm	L/3194
D+Dp+L+S	0.81cm	L/1420
D+Dp+L+Wp	1.15cm	L/1000
D+Dp+Ws	-1.12cm	L/1027

ESTADOS DE CARGA
PP: Peso propio
D: Carga permanente (incluye pp)
Dp: Carga pasarela
L: Sobrecarga de uso
S: Carga de nieve
Wp: Viento presión
Ws: Viento succión

ENSAYO DE CARGA

PROTOCOLO ENSAYO DE CARGA

Fundamentado en el CIRSOC 301/2005 – Capítulo N: Evaluación de Estructuras Existentes (Actualmente: CIRSOC 301/2016 – Apéndice 5)

- Ensayar tres cerchas no contiguas.
- Montar y vincular las correas de la cubierta y los arriostramientos del cordón inferior a fin de asegurar el comportamiento definitivo del conjunto.
- Carga de ensayo 4,00 t en escalones de 1,00 t (200kg por cada nudo).
- Limitaciones: período inelástico, o hasta que se evidencien signos de falla en elementos o uniones de la estructura.
- No aplicar otra carga que no sea la de ensayo (tránsito de personas).
- Medición mediante flexímetro en mm con un decimal de precisión.
Temperaturas en °C.
- En cada escalón de carga: medición de flecha a T=0 y T=1hs.
Verificación de aumento de desplazamiento Δf , si es mayor al 10% volver a cargar y medir flechas para corroborar y finalizar ensayo (régimen inelástico)
$$\Delta f = \left(\frac{f_{T2}}{f_{T1}} - 1 \right) \times 100 \leq 10\%$$
- Medición de flecha a las 24hs (condiciones finales).

ENSAYO DE CARGA

EJECUCIÓN DEL ENSAYO



ENSAYO DE CARGA

RESULTADOS DEL ENSAYO 1

PLANILLA 1 - RESULTADOS ENSAYO DE CARGA

CONDICIONES INICIALES			
FECHA [dd/mm/aa]	HORA [hh:mm]	TEMP [°C]	f [mm]
2/3/2016	11:00		0.0

ESTADO	CARGA POR NUDO	CARGA TOTAL	ESTIMADO			MEDICIÓN 1		MEDICIÓN 2		Δf incremento	Δf teorico	f/L
			σ_{max} [t/cm ²]	f _e [mm]	f/L [-]	T1 [hh:mm]	f T1 [mm]	T2 [hh:mm]	f T2 [mm]			
E1	200 kg	1000 kg	0.37	3.3	L/3485	11:00	2.8	14:00	3.2	14%	-3%	L/3594
E2	400 kg	2000 kg	0.70	6.1	L/1885	14:10	6.8	15:30	7.3	7%	20%	L/1575
E3	600 kg	3000 kg	1.00	8.9	L/1292	15:35	11.1	16:55	11.2	1%	26%	L/1027
E4	800 kg	4000 kg	1.32	11.0	L/1045	17:00	15.9	18:05	16.4	3%	49%	L/701

CONDICIONES FINALES			
FECHA [dd/mm/aaaa]	HORA [hh:mm]	TEMP [°C]	f [mm]
2/3/2016	08:35		16.8

ENSAYO DE CARGA

RESULTADOS DEL ENSAYO 3

PLANILLA 3 - RESULTADOS ENSAYO DE CARGA

CONDICIONES INICIALES			
FECHA [dd/mm/aa]	HORA [hh:mm]	TEMP [°C]	f [mm]
17/3/2016	11:45		0.0

ESTADO	CARGA POR NUDO	CARGA TOTAL	ESTIMADO			MEDICIÓN 1		MEDICIÓN 2		Δf incremento	Δf teorico	f/L
			σ_{max} [t/cm ²]	f _e [mm]	f/L [-]	T1 [hh:mm]	f T1 [mm]	T2 [hh:mm]	f T2 [mm]			
E1	200 kg	1000 kg	0.37	3.3	L/3485	12:00	2.8	14:00	3.0	7%	-9%	L/3833
E2	400 kg	2000 kg	0.70	6.1	L/1885	14:25	5.7	15:35	6.4	12%	5%	L/1797
E3	600 kg	3000 kg	1.00	8.9	L/1292	15:40	9.5	16:40	10.1	6%	13%	L/1139
E4	800 kg	4000 kg	1.32	11.0	L/1045	16:50	13.7	09:10	15.2	11%	38%	L/757

CONDICIONES FINALES			
FECHA [dd/mm/aaaa]	HORA [hh:mm]	TEMP [°C]	f [mm]
23/3/2016	11:15		2.9

ENSAYO DE CARGA

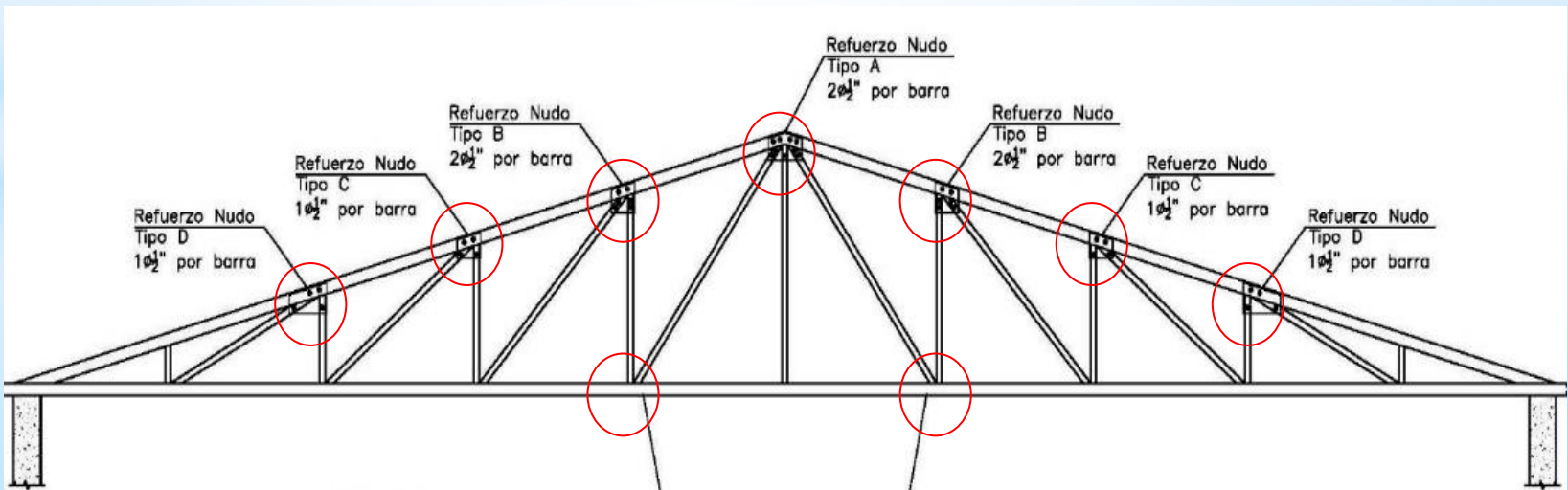
ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Incremento porcentual (Δf incremento) de deformación en 1 hora
- Flechas medidas respecto a teóricas (Δf teórico) resultan mayores a lo previsto, especialmente en los últimos escalones de carga (38% a 49%).
- Relación flecha luz dentro de los valores admisibles para cubiertas.
- Porcentaje de recuperación elástica del 80 % (solo se midió en un ensayo), implica que se ha producido una leve deformación plástica en la estructura.
- De acuerdo al certificado de calidad, los perfiles utilizados responden a los criterios de diseño utilizados.
- Irregularidades detectadas:
 - Condiciones finales (flecha) no medidas en 2 ensayos
 - Temperaturas no medidas en ninguno de los ensayos
 - Montaje de chapas en cercha durante ensayo (personal transitando sobre cercha).

ENSAYO DE CARGA

CONCLUSIONES y RECOMEDACIONES

- No se respetó la documentación de proyecto. (Cordones de soldadura de mucho mayor espesor a los especificados) . Acopio y Montaje Inadecuado
- Deformaciones preexistentes debido al calor generado por un inadecuado procedimiento de soldadura (EPS) y excesivo tamaño del cateto en elementos de reducido espesor.
- Uniones a los cordones de la cercha defectuosos, por lo que las deformaciones medidas en los ensayos de carga excedan a las previstas en el análisis previo.
- Falta de arriostramiento del cordón inferior. Se decidió no incluir una pasarela cuyos soportes estaban previstos como arriostramientos en nudos centrales.
- Se recomendó completar soldaduras de nudos inferiores y con planchuelas los nudos superiores (debido a su difícil acceso) - agregar los arriostramientos faltantes.



ENSAYO DE CARGA

ESTRUCTURA FINALIZADA

