

**ADECUACIÓN DE LAS CONEXIONES
SISMORRESISTENTES PRECALIFICADAS
DEL AMERICAN INSTITUTE OF STEEL
CONSTRUCTION (AISC) A LA PRÁCTICA
DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO EN
VENEZUELA.**

Autor: FRANCIS GUTIÉRREZ, MARÍA
ALEJANDRA (UNIMET)

Asesor: GUTIÉRREZ, ARNALDO

REVISTA TEKHNE 15

Resumen

Este artículo es un resumen del Trabajo Especial de Grado “Adecuación de las conexiones precalificadas del American Institute of Steel Construction (AISC) a la práctica de las estructuras de acero en Venezuela”⁽¹⁴⁾ presentado en la UCAB en octubre del año 2011 como requisito para optar al título de ESPECIALISTA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL, en el cual se estudia la evolución de las conexiones a momento y la importancia que se le dio al comportamiento de las mismas luego de los terremotos ocurridos en California (Northridge, 1994) y Japón (Kobe, 1995), los cuales causaron grandes daños en las estructuras de acero por fracturas en las conexiones a momento.

Además presenta las actualizaciones que se han venido desarrollando internacionalmente por parte de la *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) y el *American Institute of Steel Construction* (AISC); los procedimientos de cálculo para las conexiones a momento, en especial las conexiones de plancha extrema; ejemplos de aplicación para validar los procedimientos de cálculo y comparar las actualizaciones que se han venido publicando; tablas de diseño para los perfiles más usados en Venezuela y propuestas de actualizaciones de las normas vigentes venezolanas.

Palabras claves: estructuras de acero, pórticos resistentes a momento, conexiones precalificadas, conexiones de plancha extrema, AISC.

**ADEQUACY OF THE AMERICAN
INSTITUTE OF STEEL COJNSTRUCTION
(AISC) PREQUALIFIED SEISMIC
CONNECTIONS TO THE STEEL
STRUCTURES PRACTICE IN VENEZUELA.**

Author: FRANCIS GUTIÉRREZ, MARÍA
ALEJANDRA (UNIMET)

Advisor: GUTIÉRREZ, ARNALDO

Abstract

This article is a summary of the Special Work “Adequacy of American Institute of Steel Construction (AISC) prequalified seismic connections to the steel structures practice in Venezuela”⁽¹⁴⁾ presented at the UCAB on October 2011 as a requirement to achieve the degree of EXPERT IN STRUCTURAL ENGINEERING⁽¹⁾, which studies the evolution of the moment connections and the impact of their behavior after the earthquakes in California (Northridge, 1994) and Japan (Kobe, 1995) which caused extensive damages to steel structures fractured moment connections.

It also presents the updates that have been developed internationally by the *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) and the *American Institute of Steel Construction* (AISC); calculation procedures for moment connections, specially End Plate Moment Connections; application examples to validate the calculating procedures and compare the updates that have been published; design tables for shapes used in Venezuela and proposed upgrades Venezuela’s existing standards.

Keywords: steel structures, seismic moment frame, prequalified connections, extended end plate connections, AISC.

Tablas de diseño con perfiles utilizados en Venezuela

Las tablas de diseño serán realizadas utilizando la norma AISC 358-05⁽³⁾, por lo tanto se clasificarán los perfiles a utilizar como viga y columna para cada tipo de conexión de acuerdo a los parámetros límites contenidos en la norma.

1. Parámetros para el diseño

Las tablas de diseño fueron desarrolladas tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ Acero A36 para vigas.
- ✓ Acero A36 para columnas.
- ✓ Acero A36 para las planchas.
- ✓ Acero A325 para pernos de conexiones.
- ✓ Distancia entre columnas $L = 6.00$ m
- ✓ Altura al tope de la columna $S_o = 0.20$ m.
- ✓ Para las columnas: $g = 140$ mm.
- ✓ $P_{fi} = 45$ mm, $P_{fo} = 45$ mm y $d_e = 60$ mm
- ✓ $h_{st} = 105$ mm, (Conexiones 4 pernos rigidizada).
- ✓ $h_{st} = 195$ mm (Conexiones 8 pernos rigidizada)
- ✓ $L_{st} = 182$ mm (Conexiones 4 pernos rigidizada).
- ✓ $L_{st} = 338$ mm (Conexiones 8 pernos rigidizada)
- ✓ $P_b = 90$ mm (Conexiones 8 pernos)
- ✓ Anchura de la plancha $b_p = 260$ mm
- ✓ $(2d_e + g)$. Valor dentro del rango precalificado.
- ✓ $V_{gravedad} = 0.3$ de la capacidad plástica del perfil.

Tabla 6.

Perfiles dentro de los parámetros para cada tipo de conexión de plancha extrema

Miembro	IPN	IPE	HEA / HEB
Conexiones de 4 pernos sin rigidizar			
Viga	-	IPE-360 hasta IPE-600	-
Columna	IPN-550 hasta IPN-600	IPE-550 hasta IPE-600	HEB-220 hasta HEB-1000
Conexiones de 4 pernos rigidizada			
Viga	-	IPE-360 hasta IPE-600	-
Columna	IPN-400	IPE-300 hasta IPE-600	HEB-160 hasta HEB-1000
Conexiones de 8 pernos rigidizada			
Viga	-	IPE-500 hasta IPE-600	HEA-500 hasta HEA-600
Columna	-	IPE-550 hasta IPE-600	HEB-220 hasta HEB-1000

Nota: Los perfiles IPE e IPN se encuentran dentro del rango de los parámetros precalificados del AISC 358 pero no fueron utilizados como columna porque presentan un espesor de alas (t_w) muy pequeño y no cumplen con el mínimo requerido en el

Tabla 7. Tablas de Diseño 4E - Vigas IPE 360 y Columnas HEB

Columna	HEB 400	HEB 500	HEB 600	HEB 700	HEB 800	HEB 900	HEB 1000
Viga	IPE 360 ($b_p = 260$ mm, $P_{fi} = 45$ mm, $P_{fo} = 45$ mm, $d_e = 60$ mm)						
L' (m)	5.24	5.14	5.04	4.94	4.84	4.74	4.64
V_u (kgf)	29117	29462	29820	30194	30582	30987	31409
M_f (mkgf)	51692	51754	51818	51886	51956	52028	52105
d_b (mm)	31.80	31.80	31.80	31.80	31.80	31.80	31.80
t_p (mm)	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00
F_{fu} (kgf)	148839	149018	149204	149397	149599	149808	150027
$t_{fc \text{ req } c/r}$ (mm)	21.52	19.83	18.51	17.44	16.55	15.80	15.14

Tabla 8. Tablas de Diseño 4E - Vigas IPE 400 y Columnas HEB

Columna	HEB 400	HEB 500	HEB 600	HEB 700	HEB 800	HEB 900	HEB 1000
Viga	IPE 400 ($b_p = 260$ mm, $P_{fi} = 45$ mm, $P_{fo} = 45$ mm, $d_e = 60$ mm)						
L' (m)	5.20	5.10	5.00	4.90	4.80	4.70	4.60
V_u (kgf)	36568	37018	37486	37973	38481	39009	39561
M_f mkgf)	66971	67061	67155	67252	67354	67459	67570
d_b (mm)	31.80	31.80	31.80	31.80	31.80	31.80	31.80
t_p (mm)	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00
F_{fu} (kgf)	173276	173509	173751	174003	174265	174539	174824
$t_{fc \text{ req } c/r}$ (mm)	21.40	19.70	18.38	17.32	16.43	15.68	15.03

Tabla 9. Tablas de Diseño 4E - Vigas IPE 450 y Columnas HEB

Columna	HEB 400	HEB 500	HEB 600	HEB 700	HEB 800	HEB 900	HEB 1000
Viga	IPE 450 ($b_p = 260$ mm, $P_{fi} = 45$ mm, $P_{fo} = 45$ mm, $d_e = 60$ mm)						
L' (m)	5.15	5.05	4.95	4.85	4.75	4.65	4.55
V_u (kgf)	46840	47435	48055	48700	49372	50073	50804
M_f (mkgf)	87957	88091	88230	88375	88527	88684	88849
d_b (mm)	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90	34.90
t_p (mm)	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
F_{fu} (kgf)	202014	202322	202642	202975	203323	203685	204063
$t_{fc \text{ req } c/r}$ (mm)	23.17	21.69	20.24	19.07	18.10	17.27	16.55

Tabla 10. Tablas de Diseño 4E - Vigas IPE 500 y Columnas HEB

Columna	HEB 400	HEB 500	HEB 600	HEB 700	HEB 800	HEB 900	HEB 1000
Viga	IPE 500 ($b_p = 260$ mm, $P_{fi} = 45$ mm, $P_{fo} = 45$ mm, $d_e = 60$ mm)						
L' (m)	5.10	5.00	4.90	4.80	4.70	4.60	4.50
V_u (kgf)	59345	60127	60941	61789	62673	63596	64560
M_f (mkgf)	114569	114764	114968	115180	115401	115632	115872
d_b (mm)	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10
t_p (mm)	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
F_{fu} (kgf)	236712	237116	237537	237975	238432	238908	239406
$t_{fc \text{ req } c/r}$ (mm)	25.17	23.57	22.19	20.91	19.85	18.94	18.16

Tabla 11. Tablas de Diseño 4ES - Vigas IPE 360 y Columnas HEB

Columna	HEB 260	HEB 300	HEB 400	HEB 500	HEB 600
Viga	IPE 360 ($b_p = 260$ mm, $P_{fi} = 45$ mm, $P_{fo} = 45$ mm, $d_c = 60$ mm, $h_{st} = 105$ mm, $L_{st} = 182$ mm)				
L' (m)	5.31	5.27	5.17	5.07	4.97
V _u (kgf)	28870	29003	29343	29697	30065
M _F (mkgf)	52600	52628	52701	52776	52855
d _b (mm)	31.80	31.80	31.80	31.80	31.80
t _p (mm)	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00
F _{fu} (kgf)	151454	151536	151744	151962	152187
t _{st} (mm)	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
t _{fc req s/r} (mm)	30.20	29.40	27.80	26.60	25.60
t _{fc req c/r} (mm)	21.38	20.79	19.72	18.18	16.98
Columna	HEB 700	HEB 800	HEB 900	HEB 1000	-
L' (m)	4.87	4.77	4.67	4.57	-
V _u (kgf)	30448	30847	31264	31698	
M _F (mkgf)	52936	53021	53110	53203	
d _b (mm)	31.80	31.80	31.80	31.80	
t _p (mm)	31.00	31.00	31.00	31.00	
F _{fu} (kgf)	152422	152667	152923	153189	
t _{st} (mm)	8.00	8.00	8.00	8.00	
t _{fc req s/r} (mm)	24.90	24.20	23.60	23.10	
t _{fc req c/r} (mm)	16.02	15.21	14.53	13.94	

Tabla 12. Tablas de Diseño 4ES - Vigas IPE 400 y Columnas HEB

Columna	HEB 260	HEB 300	HEB 400	HEB 500	HEB 600
Viga	IPE 400 ($b_p = 260$ mm, $P_{fi} = 45$ mm, $P_{fo} = 45$ mm, $d_c = 60$ mm, $h_{st} = 105$ mm, $L_{st} = 182$ mm)				
L' (m)	-	-	5.17	5.07	4.97
V _u (kgf)			36684	37138	37611
M _F (mkgf)			67471	67568	67669
d _b (mm)			31.80	31.80	31.80
t _p (mm)			31.00	31.00	31.00
F _{fu} (kgf)			174569	174820	175080
t _{st} (mm)			8.00	8.00	8.00
t _{fc req s/r} (mm)			29.85	28.56	27.54
t _{fc req c/r} (mm)			21.03	19.38	18.10
Columna	HEB 700	HEB 800	HEB 900	HEB 1000	-
L' (m)	4.87	4.77	4.67	4.57	-
V _u (kgf)	38103	38616	39151	39709	
M _F (mkgf)	67773	67883	67996	68115	
d _b (mm)	31.80	31.80	31.80	31.80	
t _p (mm)	31.00	31.00	31.00	31.00	
F _{fu} (kgf)	175352	175634	175929	176236	
t _{st} (mm)	8.00	8.00	8.00	8.00	
t _{fc req s/r} (mm)	26.69	25.97	25.35	24.81	
t _{fc req c/r} (mm)	17.06	16.20	15.47	14.84	

Tabla 13. Tablas de Diseño 4ES - Vigas IPE 450 y Columnas HEB

Columna	HEB 260	HEB 300	HEB 400	HEB 500	HEB 600
Viga	IPE 450 (b_p = 260 mm, P_{fi} = 45 mm, P_{fo} = 45 mm, d_c = 60 mm, h_{st} = 105 mm, L_{st} = 182 mm)				
L' (m)	-	-	5.17	5.07	4.97
V _u (kgf)			46700	47290	47904
M _r (mkgf)			87365	87491	87621
d _b (mm)			34.90	34.90	34.90
t _p (mm)			31.00	31.00	31.00
F _{tu} (kgf)			200655	200944	201244
t _{st} (mm)			8.00	8.00	8.00
t _{fc req s/r} (mm)			32.03	30.64	29.54
t _{fc req c/r} (mm)			22.25	20.84	19.47
Columna			HEB 700	HEB 800	HEB 900
L' (m)	4.87	4.77	4.67	4.57	-
V _u (kgf)	48542	49208	49902	50626	
M _r (mkgf)	87758	87899	88047	88201	
d _b (mm)	34.90	34.90	34.90	34.90	
t _p (mm)	31.00	31.00	31.00	31.00	
F _{tu} (kgf)	201556	201882	202221	202575	
t _{st} (mm)	8.00	8.00	8.00	8.00	
t _{fc req s/r} (mm)	28.63	27.86	27.20	26.61	
t _{fc req c/r} (mm)	18.35	17.43	16.65	15.97	

Tabla 14. Tablas de Diseño 4ES - Vigas IPE 500 y Columnas HEB

Columna	HEB 260	HEB 300	HEB 400	HEB 500	HEB 600
Viga	IPE 500 (b_p = 260 mm, P_{fi} = 45 mm, P_{fo} = 45 mm, d_c = 60 mm, h_{st} = 105 mm, L_{st} = 182 mm)				
L' (m)	-	-	5.16	5.06	4.96
V _u (kgf)			58890	59654	60449
M _r (mkgf)			112688	112856	113031
d _b (mm)			38.10	38.10	38.10
t _p (mm)			38.00	38.00	38.00
F _{tu} (kgf)			232827	233175	233536
t _{st} (mm)			8.00	8.00	8.00
t _{fc req s/r} (mm)			34.50	33.01	31.83
t _{fc req c/r} (mm)			23.85	22.54	21.06
Columna			HEB 700	HEB 800	HEB 900
L' (m)	4.86	4.76	4.66	4.56	-
V _u (kgf)	61276	62138	63038	63976	
M _r (mkgf)	113213	113403	113601	113807	
d _b (mm)	38.10	38.10	38.10	38.10	
t _p (mm)	38.00	38.00	38.00	38.00	
F _{tu} (kgf)	233912	234304	234713	235139	
t _{st} (mm)	8.00	8.00	8.00	8.00	
t _{fc req s/r} (mm)	30.85	30.02	29.30	28.68	
t _{fc req c/r} (mm)	19.86	18.86	18.02	17.29	

Tabla 15. Tablas de Diseño 8ES - Vigas HEA 500 y Columnas HEB

Columna	HEB 600	HEB 700	HEB 800	HEB 900	HEB 1000
Viga	HEA 500 ($b_p = 260$ mm, $P_{fi} = 50$ mm, $P_{fo} = 50$ mm, $d_c = 60$ mm, $P_b = 90$ mm, $h_{st} = 195$ mm, $L_{st} = 338$ mm)				
L' (m)	4.64	4.54	4.44	4.34	4.24
V_u (kgf)	100571	102282	104070	105940	107899
M_f (mkgf)	218301	218955	219638	220352	221100
d_b (mm)	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10
t_p (mm)	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00
F_{fu} (kgf)	467454	468854	470316	471846	473449
t_{st} (mm)	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
$t_{fc \text{ req } s/r}$ (mm)	40.68	39.73	38.90	38.16	37.50
$t_{fc \text{ req } c/r}$ (mm)	28.21	27.34	26.55	25.44	24.47

Tabla 19. Tablas de Diseño 8ES - Vigas HEA 550 y Columnas HEB

Columna	HEB 600	HEB 700	HEB 800	HEB 900	HEB 1000
Viga	HEA 550 ($b_p = 260$ mm, $P_{fi} = 50$ mm, $P_{fo} = 50$ mm, $d_c = 60$ mm, $P_b = 90$ mm, $h_{st} = 195$ mm, $L_{st} = 338$ mm)				
L' (m)	4.64	4.54	4.44	4.34	4.24
V_u (kgf)	117202	119203	121294	123482	125773
M_f (mkgf)	255166	255930	256729	257565	258440
d_b (mm)	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10
t_p (mm)	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00
F_{fu} (kgf)	494507	495989	497537	499156	500853
t_{st} (mm)	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
$t_{fc \text{ req } s/r}$ (mm)	40.76	39.80	38.96	38.22	37.56
$t_{fc \text{ req } c/r}$ (mm)	28.33	27.44	26.65	25.54	24.56

Tabla 15. Tablas de Diseño 8ES - Vigas IPE 500 y Columnas HEB

Columna	HEB 260	HEB 300	HEB 400	HEB 500	HEB 600
Viga	IPE 500 ($b_p = 260$ mm, $P_{fi} = 45$ mm, $P_{fo} = 45$ mm, $d_c = 60$ mm, $P_b = 90$ mm, $h_{st} = 195$ mm, $L_{st} = 338$ mm)				
L' (m)			4.86	4.76	4.66
V_u (kgf)			61259	62121	63019
M_f (mkgf)			122337	122655	122987
d_b (mm)			28.60	28.60	28.60
t_p (mm)			31.00	31.00	31.00
F_{fu} (kgf)			252763	253420	254105
t_{st} (mm)			13.00	13.00	13.00
$t_{fc \text{ req } s/r}$ (mm)			32.64	31.60	30.74
$t_{fc \text{ req } c/r}$ (mm)			23.78	22.02	20.62
Columna			HEB 700	HEB 800	HEB 900
L' (m)	4.56	4.46	4.36	4.26	
V_u (kgf)	63957	64937	65962	67035	
M_f (mkgf)	123333	123694	124073	124468	
d_b (mm)	28.60	28.60	28.60	28.60	
t_p (mm)	31.00	31.00	31.00	31.00	
F_{fu} (kgf)	254820	255567	256348	257166	
t_{st} (mm)	13.00	13.00	13.00	13.00	
$t_{fc \text{ req } s/r}$ (mm)	30.01	29.37	28.81	28.31	
$t_{fc \text{ req } c/r}$ (mm)	19.48	18.52	17.70	16.99	

Tabla 16. Tablas de Diseño 8ES - Vigas IPE 550 y Columnas HEB

Columna	HEB 260	HEB 300	HEB 400	HEB 500	HEB 600
Viga	IPE 550 ($b_p = 260$ mm, $P_{fi} = 45$ mm, $P_{fo} = 45$ mm, $d_c = 60$ mm, $P_b = 90$ mm, $h_{st} = 195$ mm, $L_{st} = 338$ mm)				
L' (m)			4.86	4.76	4.65
V_u (kgf)			76505	77602	78911
M_f (mkgf)			155287	155692	156727
d_b (mm)			28.60	28.60	31.80
t_p (mm)	-	-	31.00	31.00	38.00
F_{fu} (kgf)			291454	292214	294158
t_{st} (mm)			13.00	13.00	13.00
$t_{fc \text{ req } s/r}$ (mm)			32.69	31.65	34.23
$t_{fc \text{ req } c/r}$ (mm)			23.90	23.09	24.34
Columna	HEB 700	HEB 800	HEB 900	HEB 1000	-
L' (m)	4.55	4.45	4.35	4.35	
V_u (kgf)	80113	81369	82683	82683	
M_f (mkgf)	157179	157651	158145	158145	
d_b (mm)	31.80	31.80	31.80	31.80	
t_p (mm)	38.00	38.00	38.00	38.00	
F_{fu} (kgf)	295006	295892	296820	296820	
t_{st} (mm)	13.00	13.00	13.00	13.00	
$t_{fc \text{ req } s/r}$ (mm)	33.41	32.70	32.07	32.07	
$t_{fc \text{ req } c/r}$ (mm)	23.27	22.19	21.26	21.26	

Tabla 17. Tablas de Diseño 8ES - Vigas IPE 600 y Columnas HEB

Columna	HEB 260	HEB 300	HEB 400	HEB 500	HEB 600
Viga	IPE 600 ($b_p = 260$ mm, $P_{fi} = 45$ mm, $P_{fo} = 45$ mm, $d_c = 60$ mm, $P_b = 90$ mm, $h_{st} = 195$ mm, $L_{st} = 338$ mm)				
L' (m)				4.75	4.65
V_u (kgf)				95907	97356
M_f (mkgf)				195906	196451
d_b (mm)				31.80	31.80
t_p (mm)	-	-	-	38.00	38.00
F_{fu} (kgf)				337188	338126
t_{st} (mm)				13.00	13.00
$t_{fc \text{ req } s/r}$ (mm)				35.21	34.25
$t_{fc \text{ req } c/r}$ (mm)				25.37	24.27
Columna	HEB 700	HEB 800	HEB 900	HEB 1000	-
L' (m)	4.55	4.45	4.35	4.25	
V_u (kgf)	98868	100448	102101	103832	
M_f (mkgf)	197020	197614	198236	198886	
d_b (mm)	31.80	31.80	31.80	31.80	
t_p (mm)	38.00	38.00	38.00	38.00	
F_{fu} (kgf)	339105	340127	341197	342317	
t_{st} (mm)	13.00	13.00	13.00	13.00	
$t_{fc \text{ req } s/r}$ (mm)	33.43	32.72	32.09	31.53	
$t_{fc \text{ req } c/r}$ (mm)	23.40	22.32	21.39	20.58	