

## **CURSO DE ING. SISMICA 2011 – UNIVERSIDAD CATOLICA DE GUAYAQUIL**

### **ALCANCE DEL TRABAJO DE TUTORIA**

- Generar los Espectros de Respuesta de los 7 Sismos
  - Usar 2% amortiguamiento para Acero 5% de Amortiguamiento para Hormigón
  - Normalizar todos los sismos para  $A_{max} = 0.1g$

### **VER FIGURAS 1 Y 2.**

- Usando los Espectros de Respuesta de los 7 Sismos encontrar los valores de  $S_d$  y  $S_a$  para cada Tramo identificando en cada caso el sismo que produce los valores más críticos.
- Calcular las Fuerzas de Inercia y Restauradora Elástica como función de los valores de  $S_a$  y  $S_d$  correspondientes al sismo crítico. Sismo crítico para cada tramo es el que produce los valores de  $S_a$  y  $S_d$  mas grandes entre los distintos sismos analizados para el período de un determinado tramo.
- Utilizando los valores de  $F_y$  de la Curva de Capacidad y  $F_{max}$  calcule el valor de  $A_{max}$  necesario para producir la Carga de Cedencia de  $F_y$  de cada tramo. Considere que dentro del rango elástico una regla de tres resuelve el problema.

### **VER TABLA 1. SE UTILIZA ULTIMA COLUMNA CALCULADA EN LA TABLA 3**

- Identifique el tramo más crítico, como aquel que reporta cedencia en columnas al valor  $A_{max}$  mas pequeño entre todos los tramos y calcule el valor de  $A_{max}$  correspondiente a la distorsión angular inelástica  $\Delta/L = 0.02$  usando la analogía de Newmark para equivalencia de trabajo o energía interna.
- Considerando los efectos de esbeltez de segundo orden, verifique si el tramo crítico mantiene equilibrio para:
  - $\Delta/L = 0.02$
  - La aceleración máxima esperada  $A_{max} = 0.4g$  de un sismo cuya probabilidad de ser igualado o excedido es del 10% durante 50 años.

**SE IDENTIFICA AL TRAMO #2 COMO EL MAS CRITICO. SU FALLA ES POR CAPACIDAD DE CARGA DE LAS COLUMNAS DEL TRAMO EN FLEXOCOMPRESION. EL TRAMO CRITICO MANTENDRIA EQUILIBRIO PARA  $\Delta/L = 0.02$  PARA EL MODO DE FALLA POR ESTABILIDAD PUESTO QUE  $Q < 0.3$ , PERO FALLARIA ANTES DE DICHA DERIVA PORQUE ESTA ESTRUCTURA NO ESTA ESPECIALMENTE DISENADA PARA RESISTIR SISMOS.**

UNA ESTRUCTURA ESPECIALMENTE DISENADA PARA RESISTIR SISMOS PODRIA DESARROLLAR DUCTILIDAD HASTA  $R=2.5$  SEGUN TABLA 12-2-1 ASCE 7-10, SISTEMA ESTRUCTURAL G.2 Y TOLERAR  $\Delta/L = 0.02$ . PARA QUE ESTE SISTEMA PUDIERE CALIFICAR COMO UNA ESTRUCTURA ESPECIALMENTE DISENADA PARA RESISTIR SISMOS DEBERIA FORMAR ROTULAS PLASTICAS EN LAS VIGAS Y NO EN LAS COLUMNAS QUE SON INCONVENIENTEMENTE MAS DEBILES QUE LAS VIGAS Y POR ESO ESTE SISTEMA SE ESPERA QUE FALLE POR CAPACIDAD PARA UN VALOR DE  $R = 1.25$  O  $R = 1.5$  EN EL MEJOR ESCENARIO POSIBLE CUANDO  $\Delta/L = 0.01$  EN EL TRAMO CRITICO.

SI ESTA ESTRUCTURA SE CONSTRUYERE EN ALGUN LUGAR DEL PERFIL COSTERO DEL ECUADOR DEBERIA SER DISENADA PARA RESISTIR  $Z=A_{max}=0.4g$  AL MECANISMO DE FALLA GOBERNANTE EN CUALQUIER TRAMO DE LA ESTRUCTURA. LOS RESULTADOS DE LAS TABLAS 3 A 9 DEMUESTRAN QUE ESTA ESTRUCTURA NO SOBREVIVIRA UN SISMO CON  $A_{max} > 0.14g$ . NO PASA ESTA REVISION DE MECANISMO DE FALLA REALIZADA PARA CARGAS NO FACTORADAS (SIN FACTORES DE SEGURIDAD) Y FACTOR DE IMPORTANCIA  $I=1.0$ .

- Señale que fortalezas y debilidades tiene un diseño como este que utiliza un conjunto de estructuras de 1GDL (30 tramos) de períodos variables?

**PRINCIPAL FORTALEZA = ECONOMIA**

**PRINCIPAL DEBILIDAD = INSEGURIDAD.**

LA EXISTENCIA DE UN ESPECTRO DE 30 TRAMOS CON DISTINTOS PERIODO DENTRO DE ESTA ESTRUCTURA HACE QUE PARA DIVERSOS SISMOS Y CONDICIONES DE ANALISIS SIEMPRE HAYA UN TRAMO RESONANTE CON UN SISMO CUALQUIERA DEL TIPO S2 O SD, QUE PUEDA RESULTAR EN COLAPSO PREMATURO DE UNA PORCION DE LA ESTRUCTURA. CON LO CUAL SE INCUMPLE EL OBJETIVO DE SEGURIDAD DE VIDA PARA EL SISMO ULTIMO ( $T=475$  AÑOS) DE LA NORMA CEC-02.

ADICIONALMENTE SE TIENE QUE LAS DERIVAS DE CASI TODOS LOS TRAMOS CORRESPONDIENTES A SISMOS FRECUENTES SON MUY GRANDES.

**TÍPICAMENTE  $\Delta/L_c = 0.2\% = 1/500$  ES UNA DERIVA QUE SE USA PARA CONTROL DE DANOS NO ESTRUCTURALES (ROTURA DE TUBERIAS, ETC.).**

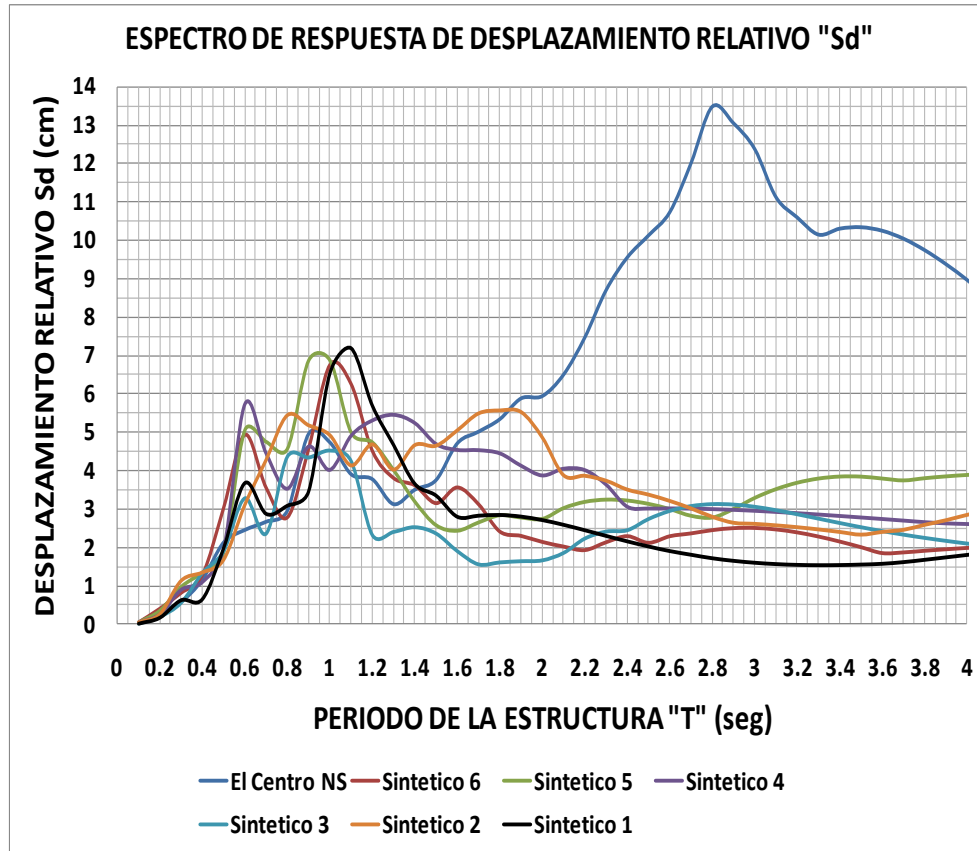
**EN ESTA ESTRUCTURA ESA DERIVA ESTA ASOCIADA CON UNA ACELERACION MAXIMA DEL MOVIMIENTO DEL TERRENO PEQUENA, DEL ORDEN DE 3% - 4%g EN LOS TRAMOS MAS SOLICITADOS.**

**ACELERACIONES DE ESE ORDEN SE PUEDEN PRODUCIR DURANTE SISMOS DE INTENSIDAD MMI = VI (SISMOS FRECUENTES EN EL LITORAL ECUATORIANO), CON LO CUAL LA ESTRUCTURA PODRIA QUEDAR FUERA DE SERVICIO POR ROTURA DE TUBERIAS DURANTE SISMOS DE SERVICIO, E INCUMPLIR CON LA FILOSOFIA DE DISEÑO DEL CEC-02 EN LO RELATIVO A CONTROL DE DANOS DURANTE SISMOS FRECUENTES.**

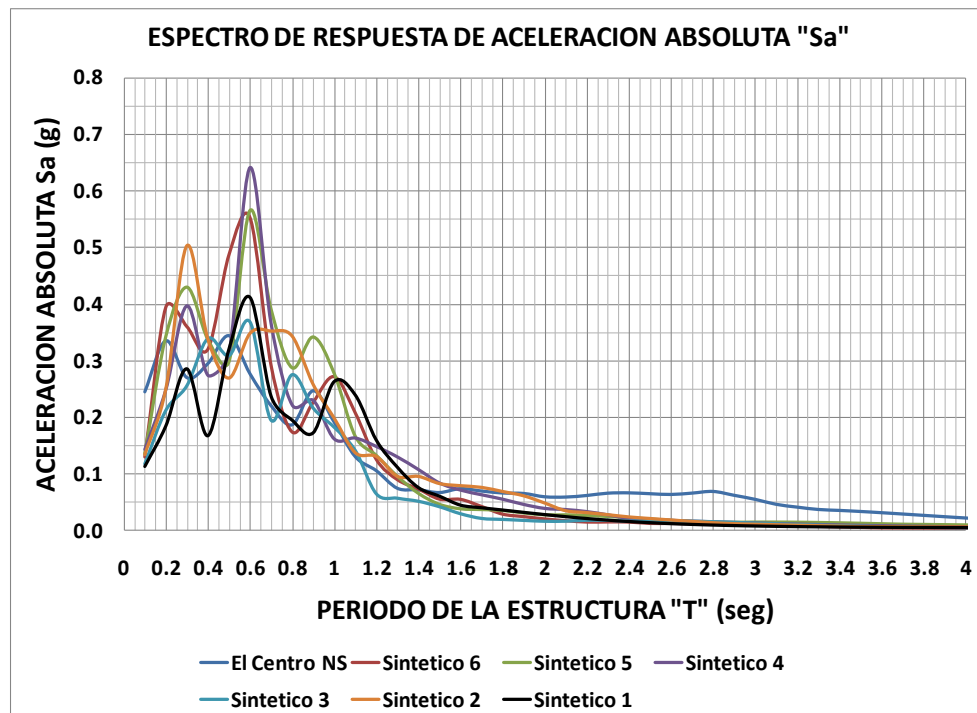
- Generar la Curva de Capacidad “F vs  $\delta$ ” de la estructura (encontrar su mecanismo de falla según capacidad del material, rigidez de la estructura y condiciones de borde).
  - Sin considerar los efectos P- $\Delta$  de esbeltez
  - Considerando los efectos P- $\Delta$  de esbeltez

**EN LA FIGURA 3 SE UTILIZAN LOS DATOS DEL METODO DEL INDICE Q GENERADOS PARA EL TRAMO CRITICO #2, LOS QUE SE MUESTRAN CALCULADOS EN LAS TABLAS 6, 7, 8 Y 9. LA CURVA DE CAPACIDAD DE SEGUNDO ORDEN TOMA EN CONSIDERACION QUE LA CAPACIDAD MAXIMA SE PRODUCE CUANDO  $M_r/M_p = 1.0$ . Y QUE LOS EFECTOS DE SEGUNDO ORDEN REDUCEN LA CAPACIDAD DE CARGA MAXIMA EN FORMA EFECTIVA (NO LA CAPACIDAD DE CARGA NOMINAL LA CUAL ES INVARIANTE E IGUAL A LA CAPACIDAD DE CARGA MAXIMA DE PRIMER ORDEN) PORQUE LOS MOMENTOS ACTUANTES DEBEN SER MAYORADOS POR UN FACTOR  $(1/1-Q)$ .**

**Figura 1.- ESPECTRO Sd, 2% AMORTIGUAMIENTO, Amax = 0.1g**



**Figura 2.- ESPECTRO Sa, 2% AMORTIGUAMIENTO, Amax = 0.1g**



## ESTRUCTURA ANALIZADA

<b>Juntas:</b>	Trabadas	<b>Conexion con Suelo:</b>	Articulada
<b>Columnas:</b>	Acero A36 (Fy = 36 Ksi)	<b>No. Columnas/Tramo:</b>	4
<b>D =</b>	120 cm	<b>L<sub>tramo</sub> =</b>	30 m
<b>t =</b>	2.54 cm	<b>B<sub>punte</sub> =</b>	12 m
<b>E<sub>s</sub> =</b>	2,043 Ton/cm <sup>2</sup>	<b>B<sub>ejes columnas</sub> =</b>	7.5 m
<b>k<sub>c</sub> =</b>	3 E <sub>s</sub> I <sub>c</sub> /L <sub>c</sub> <sup>3</sup>	<b>W<sub>D</sub> =</b>	1.6 Ton/m <sup>2</sup>
<b>K<sub>tramo</sub> =</b>	4 k <sub>c</sub>	<b>m<sub>tramo</sub> =</b>	58.72 Ton-seg <sup>2</sup> /m
<b>I<sub>c</sub> = π t(D/2)<sup>3</sup> =</b>	1,723,603 cm <sup>4</sup>	<b>W<sub>pilote</sub> =</b>	0.75 Ton/m

**Tabla 1.- FUERZA, DERIVA Y ACELERACION PICO DE SISMO DE CEDENCIA**

RIGIDEZ Y PERIODO DE TRAMOS				RESPUESTA ESPECTRAL ACELERACION PICO O MAXIMA DE SISMOS = 0.1g						Aceler Pico (g) Tramo Critico = 0.091		
Tramo	Lc (m)	K <sub>tramo</sub> (Ton/m)	T <sub>tramo</sub> (seg)	F <sub>r</sub> , max (Ton)	Sa (g)	Sismo Sa	F <sub>r</sub> , max (Ton)	Sd (cm)	Sismo Sd	Amax, F <sub>y</sub>	F <sub>y</sub> , Tramo (Ton)	Δ <sub>y</sub> / L <sub>c</sub> (%)
1	8	8253.8	0.53	305	0.53	Sintetico 6	322	3.9	Sintetico 6	0.118	361	0.58%
2	9	5796.9	0.63	351	0.61	Sintetico 4	330	5.7	Sintetico 4	0.091	320	0.58%
3	10	4226.0	0.74	202	0.35	Sintetico 2	207	4.9	Sintetico 2	0.142	287	0.70%
4	12.5	2163.7	1.04	156	0.27	Sintetico 1	154	7.1	Sintetico 1	0.146	227	0.83%
5	15	1252.1	1.36	68	0.1175	Sintetico 4	68	5.4	Sintetico 4	0.276	187	0.99%
6	17.5	788.5	1.71	66	0.115	Sintetico 2	44	5.6	Sintetico 2	0.238	158	0.76%
7	19	616.1	1.94	65	0.1125	El Centro	36	5.9	El Centro	0.221	144	0.69%
8	20.5	490.5	2.17	63	0.11	El Centro	35	7.1	El Centro	0.207	131	0.72%
9	21.25	440.4	2.29	66	0.115	El Centro	37	8.5	El Centro	0.190	126	0.76%
10	22	396.9	2.42	68	0.1175	El Centro	38	9.7	El Centro	0.179	121	0.79%
11	22.75	358.9	2.54	66	0.115	El Centro	37	10.4	El Centro	0.175	116	0.80%
12	23.5	325.6	2.67	68	0.1175	El Centro	37	11.5	El Centro	0.165	111	0.81%
13	24.25	296.3	2.80	69	0.12	El Centro	40	13.5	El Centro	0.155	107	0.86%
14	25	270.5	2.93	63	0.11	El Centro	35	13	El Centro	0.163	103	0.85%
15	25.5	254.9	3.02	60	0.105	El Centro	32	12.4	El Centro	0.166	100	0.81%
16	25.8	246.1	3.07	56	0.0975	El Centro	28	11.4	El Centro	0.176	99	0.78%
17	26.1	237.7	3.12	55	0.095	El Centro	26	10.9	El Centro	0.178	97	0.74%
18	26.4	229.7	3.18	53	0.0925	El Centro	25	10.7	El Centro	0.180	96	0.73%
19	26.7	222.0	3.23	52	0.09	El Centro	23	10.3	El Centro	0.183	95	0.70%
20	27	214.7	3.29	50	0.0875	El Centro	22	10.1	El Centro	0.185	93	0.69%
21	27.3	207.7	3.34	49	0.085	El Centro	21	10.2	El Centro	0.188	92	0.70%
22	27.6	201.0	3.40	49	0.085	El Centro	21	10.3	El Centro	0.185	90	0.69%
23	27.9	194.6	3.45	49	0.085	El Centro	20	10.35	El Centro	0.182	89	0.68%
24	28.2	188.4	3.51	48	0.0825	El Centro	20	10.4	El Centro	0.185	88	0.68%
25	28.5	182.6	3.56	48	0.0825	El Centro	19	10.35	El Centro	0.182	87	0.66%
26	28.8	176.9	3.62	46	0.08	El Centro	18	10.2	El Centro	0.185	85	0.66%
27	29.1	171.5	3.68	45	0.0775	El Centro	17	10.1	El Centro	0.188	84	0.65%
28	29.4	166.3	3.73	45	0.0775	El Centro	16	9.9	El Centro	0.186	83	0.63%
29	29.7	161.3	3.79	43	0.075	El Centro	16	9.8	El Centro	0.189	82	0.62%
30	30	156.5	3.85	43	0.075	El Centro	15	9.6	El Centro	0.186	81	0.60%

## METODO AISC

<b>Proyecto:</b>	Puente de 1350 metros con 30 tramos de 45 metros c/u		
<b>Juntas:</b>	Trabadas	<b>Conexion con Suelo:</b>	Articulada
<b>Columnas:</b>	Acero A36 (Fy = 36 Ksi)	<b>No. Columnas/Tramo:</b>	4
			<b>D/t =</b> 47
			<b>0.07E/Fy =</b> 56 Seccion Compacta
<b>Ag =</b>	957.557 cm <sup>2</sup>	<b>No. porticos en tramo =</b>	2
<b>r =</b>	0.42 m	<b>No. extremos empotrado columna =</b>	1
<b>k =</b>	2	<b>Fmax, portico =</b>	Fi, max/No. porticos en tramo
<b>E<sub>s</sub> =</b>	2,043 Ton/cm <sup>2</sup>	<b>Vs =</b>	Fmax, portico/2
<b>W<sub>D</sub> =</b>	1.6 Ton/m <sup>2</sup>	<b>Ms = Mr =</b>	VsLc/No. extremos empotrado columna
<b>W<sub>pilote</sub> =</b>	0.75 Ton/m	<b>Ps =</b>	(Fmax, portico)Lc/B <sub>ejes columnas</sub>
<b>B<sub>ejes columnas</sub> =</b>	7.5 m	<b>P<sub>D</sub> =</b>	(W <sub>D</sub> B <sub>puentes</sub> L <sub>tramo</sub> )/(No. Columnas Tramo) + W <sub>pilote</sub> L <sub>c</sub>
<b>Z = tD<sup>2</sup> =</b>	36576 cm <sup>3</sup>	<b>Inter Momento-Carga Axial (IMCA) =</b>	C1(Pr/Pc) + C2(Mr/Mc) <= 1.0 OK
<b>S/Z =</b>	0.79		(C1= 1.0 y C2 = 8/9 para Pr/Pc >= 0.2) o (C1= 0.5 y C2 = 1.0 para Pr/Pc < 0.2)
		<b>Fy =</b>	2536 Kg/cm <sup>2</sup>
		<b>S = 2I<sub>y</sub>/D =</b>	28727 cm <sup>3</sup>
		<b>My = FyS =</b>	729 Ton-m
		<b>Mc = Mn = Mp = FyZ =</b>	928 Ton-m
		<b>Pr =</b>	Ps + P <sub>D</sub>
		<b>Pc = Pn =</b>	FcrAg
		<b>Pe2 =</b>	π <sup>2</sup> (E <sub>s</sub> I <sub>y</sub> )/(kL <sub>y</sub> ) <sup>2</sup>
		<b>Fe =</b>	π <sup>2</sup> (E <sub>s</sub> )/(kL <sub>y</sub> /r) <sup>2</sup>

**TABLA 2.- ANALISIS DE PRIMER ORDEN METODO AISC, Amax = 0.1g**

Tramo	Demanda en Columna en Compresion para Sismos con Amax = 0.100 g (1er Orden)							Verificacion de Capacidad de Columna en Flexo-compresion (Primer Orden)							
	Lc (m)	Fmax, portico (Ton)	Vs, max (Ton)	Ps (Ton)	P <sub>D</sub> (Ton)	Pr (Ton)	Mr (Ton-m)	kL/r	Fe (kg/cm <sup>2</sup> )	Fcr (kg/cm <sup>2</sup> )	Mc (Ton-m)	Pc (Ton)	Pr/Pc	Mr/Mc	IMCA
1	8	153	76.3	162.8	150.0	312.8	610.6	37.7	14179	2353	928	2254	0.14	0.66	0.73
2	9	176	87.8	210.8	150.7	361.5	790.6	42.4	11203	2307	928	2209	0.16	0.85	0.93
3	10	101	50.4	134.4	151.5	285.9	504.0	47.1	9074	2256	928	2161	0.13	0.54	0.61
4	12.5	78	38.9	129.6	153.3	282.9	486.0	58.9	5808	2113	928	2023	0.14	0.52	0.59
5	15	34	16.9	67.7	155.2	222.9	253.8	70.7	4033	1949	928	1867	0.12	0.27	0.33
6	17.5	33	16.6	77.3	157.1	234.4	289.8	82.5	2963	1773	928	1697	0.14	0.31	0.38
7	19	32	16.2	82.1	158.2	240.3	307.8	89.6	2514	1663	928	1592	0.15	0.33	0.41
8	20.5	32	15.8	86.6	159.3	245.9	324.7	96.6	2159	1551	928	1485	0.17	0.35	0.43
9	21.25	33	16.6	93.8	159.9	253.7	351.9	100.2	2010	1496	928	1432	0.18	0.38	0.47
10	22	34	16.9	99.3	160.4	259.7	372.2	103.7	1875	1440	928	1379	0.19	0.40	0.50
11	22.75	33	16.6	100.5	161.0	261.5	376.7	107.2	1753	1384	928	1326	0.20	0.41	0.50
12	23.5	34	16.9	106.0	161.6	267.6	397.6	110.8	1643	1329	928	1273	0.21	0.43	0.59
13	24.25	35	17.3	111.7	162.1	273.9	419.0	114.3	1543	1275	928	1221	0.22	0.45	0.63
14	25	32	15.8	105.6	162.7	268.3	396.0	117.9	1452	1221	928	1169	0.23	0.43	0.61
15	25.5	30	15.1	102.8	163.0	265.9	385.6	120.2	1396	1185	928	1135	0.23	0.42	0.60
16	25.8	28	14.0	96.6	163.3	259.9	362.2	121.6	1363	1164	928	1115	0.23	0.39	0.58
17	26.1	27	13.7	95.2	163.5	258.7	357.0	123.0	1332	1143	928	1095	0.24	0.38	0.58
18	26.4	27	13.3	93.8	163.7	257.5	351.6	124.5	1302	1122	928	1075	0.24	0.38	0.58
19	26.7	26	13.0	92.3	163.9	256.2	346.0	125.9	1273	1102	928	1055	0.24	0.37	0.57
20	27	25	12.6	90.7	164.2	254.9	340.2	127.3	1245	1081	928	1035	0.25	0.37	0.57
21	27.3	24	12.2	89.1	164.4	253.5	334.2	128.7	1218	1061	928	1016	0.25	0.36	0.57
22	27.6	24	12.2	90.1	164.6	254.7	337.8	130.1	1191	1040	928	996	0.26	0.36	0.58
23	27.9	24	12.2	91.1	164.8	255.9	341.5	131.5	1166	1020	928	977	0.26	0.37	0.59
24	28.2	24	11.9	89.3	165.1	254.4	335.0	132.9	1141	1000	928	958	0.27	0.36	0.59
25	28.5	24	11.9	90.3	165.3	255.6	338.6	134.4	1117	981	928	939	0.27	0.36	0.60
26	28.8	23	11.5	88.5	165.5	254.0	331.8	135.8	1094	959	928	919	0.28	0.36	0.59
27	29.1	22	11.2	86.6	165.7	252.3	324.8	137.2	1072	940	928	900	0.28	0.35	0.59
28	29.4	22	11.2	87.5	166.0	253.5	328.1	138.6	1050	921	928	882	0.29	0.35	0.60
29	29.7	22	10.8	85.5	166.2	251.7	320.8	140.0	1029	902	928	864	0.29	0.35	0.60
30	30	22	10.8	86.4	166.4	252.8	324.0	141.4	1008	884	928	847	0.30	0.35	0.61

Conclusión.- Las columnas en compresión del tramo critico (Tramo 2) han entrado en cedencia porque Mr/Mc > 0.79

**TABLA 3.- ANALISIS DE SEGUNDO ORDEN METODO AISC PARA IDENTIFICAR FUERZA DE CEDENCIA PARA TODOS LOS TRAMOS. ( $M_r/M_c = M_r/M_y = 0.79$ )**

Demanda en		Columna en Compresion para Sismos con $A_{max} = 0.091 g$					(2do Orden)				Verificacion de Capacidad de Columna					Amax (g)
Tramo	Lc (m)	Fmax, portico (Ton)	Vs, max (Ton)	Ps (Ton)	P <sub>0</sub> (Ton)	Pe2 (Ton)	B2	Pr (Ton)	Mr (Ton-m)	Mc (Ton-m)	Pc (Ton)	Pr/Pc	Mr/Mc	IMCA	Cedencia	
1	8	139	69.5	148.2	150.0	13577.0	1.01	299.8	561.8	928	2254	0.13	0.61	0.67	0.118	
2	9	160	79.9	191.8	150.7	10727.5	1.01	345.3	729.7	928	2209	0.16	0.79	0.86	0.091	
3	10	92	45.9	122.3	151.5	8689.3	1.02	275.9	466.8	928	2161	0.13	0.50	0.57	0.142	
4	12.5	71	35.4	117.9	153.3	5561.2	1.03	274.6	454.8	928	2023	0.14	0.49	0.56	0.146	
5	15	31	15.4	61.6	155.2	3861.9	1.04	219.4	240.6	928	1867	0.12	0.26	0.32	0.276	
6	17.5	30	15.1	70.3	157.1	2837.3	1.06	231.5	279.2	928	1697	0.14	0.30	0.37	0.238	
7	19	29	14.7	74.7	158.2	2407.0	1.07	238.1	299.8	928	1592	0.15	0.32	0.40	0.221	
8	20.5	29	14.4	78.8	159.3	2067.7	1.08	244.7	320.2	928	1485	0.16	0.35	0.43	0.207	
9	21.25	30	15.1	85.4	159.9	1924.3	1.09	253.0	349.2	928	1432	0.18	0.38	0.46	0.190	
10	22	31	15.4	90.3	160.4	1795.3	1.10	259.6	372.0	928	1379	0.19	0.40	0.50	0.179	
11	22.75	30	15.1	91.4	161.0	1678.9	1.11	262.1	379.2	928	1326	0.20	0.41	0.51	0.175	
12	23.5	31	15.4	96.5	161.6	1573.4	1.11	269.1	403.2	928	1273	0.21	0.43	0.60	0.165	
13	24.25	31	15.7	101.7	162.1	1477.6	1.12	276.3	428.3	928	1221	0.23	0.46	0.64	0.155	
14	25	29	14.4	96.1	162.7	1390.3	1.13	271.5	408.1	928	1169	0.23	0.44	0.62	0.163	
15	25.5	28	13.8	93.6	163.0	1336.3	1.14	269.6	399.6	928	1135	0.24	0.43	0.62	0.166	
16	25.8	26	12.8	87.9	163.3	1305.4	1.14	263.7	376.8	928	1115	0.24	0.41	0.60	0.176	
17	26.1	25	12.4	86.6	163.5	1275.6	1.15	262.9	372.7	928	1095	0.24	0.40	0.60	0.178	
18	26.4	24	12.1	85.3	163.7	1246.7	1.15	262.0	368.4	928	1075	0.24	0.40	0.60	0.180	
19	26.7	24	11.8	84.0	163.9	1218.9	1.16	261.0	363.8	928	1055	0.25	0.39	0.60	0.183	
20	27	23	11.5	82.6	164.2	1191.9	1.16	259.9	359.0	928	1035	0.25	0.39	0.60	0.185	
21	27.3	22	11.1	81.1	164.4	1165.9	1.16	258.8	354.0	928	1016	0.25	0.38	0.59	0.188	
22	27.6	22	11.1	82.0	164.6	1140.7	1.17	260.4	359.3	928	996	0.26	0.39	0.61	0.185	
23	27.9	22	11.1	82.9	164.8	1116.3	1.17	262.1	364.6	928	977	0.27	0.39	0.62	0.182	
24	28.2	22	10.8	81.3	165.1	1092.7	1.18	260.8	359.1	928	958	0.27	0.39	0.62	0.185	
25	28.5	22	10.8	82.2	165.3	1069.8	1.18	262.5	364.4	928	939	0.28	0.39	0.63	0.182	
26	28.8	21	10.5	80.5	165.5	1047.6	1.19	261.1	358.6	928	919	0.28	0.39	0.63	0.185	
27	29.1	20	10.2	78.8	165.7	1026.1	1.19	259.7	352.5	928	900	0.29	0.38	0.63	0.188	
28	29.4	20	10.2	79.6	166.0	1005.3	1.20	261.3	357.6	928	882	0.30	0.39	0.64	0.186	
29	29.7	20	9.8	77.8	166.2	985.1	1.20	259.8	351.1	928	864	0.30	0.38	0.64	0.189	
30	30	20	9.8	78.6	166.4	965.5	1.21	261.4	356.2	928	847	0.31	0.38	0.65	0.186	

**TABLA 4.- ANALISIS DE SEGUNDO ORDEN METODO AISC PARA CAPACIDAD MAXIMA (SECCION PLASTICA) DEL TRAMO CRITICO ( $M_r/M_c = M_r/M_p = 1.0$ )**

Demanda en		Columna en Compresion para Sismos con $A_{max} = 0.116 g$					(2do Orden)				Verificacion de Capacidad de Columna					Amax (g)
Tramo	Lc (m)	Fmax, portico (Ton)	Vs, max (Ton)	Ps (Ton)	P <sub>0</sub> (Ton)	Pe2 (Ton)	B2	Pr (Ton)	Mr (Ton-m)	Mc (Ton-m)	Pc (Ton)	Pr/Pc	Mr/Mc	IMCA	Plastica	
1	8	177	88.5	188.9	150.0	13577.0	1.01	341.0	716.2	928	2254	0.15	0.77	0.85	0.151	
2	9	204	101.9	244.5	150.7	10727.5	1.01	398.8	930.1	928	2209	0.18	1.00	1.09	0.116	
3	10	117	58.5	155.9	151.5	8689.3	1.02	310.1	595.0	928	2161	0.14	0.64	0.71	0.181	
4	12.5	90	45.1	150.3	153.3	5561.2	1.03	307.9	579.7	928	2023	0.15	0.62	0.70	0.115	
5	15	39	19.6	78.5	155.2	3861.9	1.04	237.0	306.7	928	1867	0.13	0.33	0.39	0.216	
6	17.5	38	19.2	89.6	157.1	2837.3	1.06	252.0	355.9	928	1697	0.15	0.38	0.46	0.187	
7	19	38	18.8	95.2	158.2	2407.0	1.07	260.1	382.2	928	1592	0.16	0.41	0.49	0.174	
8	20.5	37	18.4	100.4	159.3	2067.7	1.08	268.1	408.1	928	1485	0.18	0.44	0.53	0.163	
9	21.25	38	19.2	108.9	159.9	1924.3	1.09	278.6	445.2	928	1432	0.19	0.48	0.58	0.149	
10	22	39	19.6	115.1	160.4	1795.3	1.10	286.9	474.2	928	1379	0.21	0.51	0.66	0.140	
11	22.75	38	19.2	116.5	161.0	1678.9	1.11	289.9	483.4	928	1326	0.22	0.52	0.68	0.137	
12	23.5	39	19.6	123.0	161.6	1573.4	1.11	298.6	514.0	928	1273	0.23	0.55	0.73	0.129	
13	24.25	40	20.0	129.6	162.1	1477.6	1.12	307.7	546.0	928	1221	0.25	0.59	0.78	0.122	
14	25	37	18.4	122.5	162.7	1390.3	1.13	301.4	520.2	928	1169	0.26	0.56	0.76	0.128	
15	25.5	35	17.5	119.3	163.0	1336.3	1.14	298.9	509.4	928	1135	0.26	0.55	0.75	0.130	
16	25.8	33	16.3	112.1	163.3	1305.4	1.14	291.3	480.3	928	1115	0.26	0.52	0.72	0.138	
17	26.1	32	15.9	110.4	163.5	1275.6	1.15	290.2	475.1	928	1095	0.27	0.51	0.72	0.140	
18	26.4	31	15.5	108.8	163.7	1246.7	1.15	288.9	469.6	928	1075	0.27	0.51	0.72	0.141	
19	26.7	30	15.0	107.0	163.9	1218.9	1.16	287.6	463.8	928	1055	0.27	0.50	0.72	0.143	
20	27	29	14.6	105.2	164.2	1191.9	1.16	286.2	457.7	928	1035	0.28	0.49	0.72	0.145	
21	27.3	28	14.2	103.4	164.4	1165.9	1.16	284.7	451.2	928	1016	0.28	0.49	0.71	0.147	
22	27.6	28	14.2	104.5	164.6	1140.7	1.17	286.7	458.0	928	996	0.29	0.49	0.73	0.145	
23	27.9	28	14.2	105.6	164.8	1116.3	1.17	288.8	464.8	928	977	0.30	0.50	0.74	0.143	
24	28.2	28	13.8	103.6	165.1	1092.7	1.18	287.1	457.8	928	958	0.30	0.49	0.74	0.145	
25	28.5	28	13.8	104.7	165.3	1069.8	1.18	289.2	464.5	928	939	0.31	0.50	0.75	0.143	
26	28.8	27	13.4	102.6	165.5	1047.6	1.19	287.4	457.1	928	919	0.31	0.49	0.75	0.145	
27	29.1	26	12.9	100.5	165.7	1026.1	1.19	285.5	449.3	928	900	0.32	0.48	0.75	0.148	
28	29.4	26	12.9	101.5	166.0	1005.3	1.20	287.5	455.9	928	882	0.33	0.49	0.76	0.146	
29	29.7	25	12.5	99.2	166.2	985.1	1.20	285.5	447.6	928	864	0.33	0.48	0.76	0.148	
30	30	25	12.5	100.2	166.4	965.5	1.21	287.5	454.1	928	847	0.34	0.49	0.77	0.238	

## METODO INDICE Q DE ESTABILIDAD

<b>Proyecto:</b>	Puente de 1350 metros con 30 tramos de 45 metros c/u		<b>Conexion con Suelo:</b>	Empotrada	<b>No. porticos en tramo =</b>	2
<b>Juntas:</b>	Trabadas		<b>No. Columnas/Tramo:</b>	4	<b>No. extremos empotrado columna =</b>	1
<b>Columnas:</b>	Acero A36 (Fy = 36 Ksi)		<b>My = FyS =</b>	729 Ton-m	<b>Pr = Ps + P<sub>D</sub></b>	Ton-m
<b>Ag =</b>	957.557	cm <sup>2</sup>	<b>M<sub>c</sub> = M<sub>r</sub> = M<sub>p</sub> = FyZ =</b>	928 Ton-m	<b>Pc = Pn = FcrAg</b>	
<b>r =</b>	0.42	m	<b>F<sub>max, portico</sub> = F<sub>i, max/No. porticos en tramo</sub></b>		<b>Q = (ΣP<sub>D</sub>)(Δ/Lc)/(F<sub>max, tramo</sub>)</b>	
<b>k =</b>	2		<b>Vs = F<sub>max, portico</sub>/2</b>		<b>R<sub>m</sub> =</b>	0.85
<b>E<sub>s</sub> =</b>	2,043	Ton/cm <sup>2</sup>	<b>Ms = M<sub>r</sub> = VsLc/No. extremos empotrado columna</b>		<b>Δ = S<sub>elastico</sub> o S<sub>inelastico</sub></b>	
<b>W<sub>D</sub> =</b>	1.6	Ton/m <sup>2</sup>	<b>Ps = (F<sub>max, portico</sub>)Lc/B<sub>ejes columnas</sub></b>		<b>S<sub>elastico</sub> = μ(S<sub>elastico cedencia</sub>)</b>	
<b>W<sub>p<sub>later</sub></sub> =</b>	0.75	Ton/m	<b>P<sub>D</sub> = (W<sub>b</sub>P<sub>p<sub>later</sub></sub>tramo)/(No. Columnas Tramo) + W<sub>p<sub>later</sub></sub>Lc</b>		<b>R = 0.5(R<sup>2</sup> + 1)</b>	
<b>B<sub>ejes columnas</sub> =</b>	7.5	m	<b>Inter Momento-Carga Axial (IMCA) = C1(Pr/Pc) + C2(Mr/Mc) ≤ 1.0</b>	OK (Diseño)	<b>R = 0.5(R<sup>2</sup> + 1)</b>	
<b>Fy =</b>	2536	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>(C1 = 1.0 y C2 = 8/9 para Pr/Pc &gt; 0.2) o (C1 = 0.5 y C2 = 1.0 para Pr/Pc &lt; 0.2)</b>			
<b>S = 2I<sub>x</sub>/D =</b>	28727	cm <sup>3</sup>	<b>S/Z =</b>	0.79		
<b>Z = tD<sup>2</sup> =</b>	36576	cm <sup>3</sup>				

**TABLA 5.- ANALISIS DE PRIMER ORDEN METODO INDICE Q, Amax = 0.092g  
ACELERACION MAXIMA DEL TERRENO A LA PRIMERA CEDENCIA DE LA  
ESTRUCTURA O PRIMERA CEDENCIA DE COLUMNAS EN TRAMO CRITICO**

Demanda en Columna en Compresion para Sismos con Amax = 0.0915 g (1er Orden)								Verificacion de Capacidad de Columna en Flexo-compresion								
Tramo	Lc (m)	Fmax, portico (Ton)	Δ/Lc (%)	Vs, max (Ton)	Ps (Ton)	P <sub>D</sub> (Ton)	Pr (Ton)	Mr (Ton-m)	kl/r	Fe (kg/cm <sup>2</sup> )	Fcr (kg/cm <sup>2</sup> )	Mc (Ton)	Pc (Ton)	Pr/Pc	Mr/Mc	IMCA
1	8	140	0.45%	69.8	149.0	150.0	299.0	558.7	37.7	14179	2353	928	2254	0.13	0.60	0.67
2	9	161	0.58%	80.4	192.9	150.7	343.6	723.4	42.4	11203	2307	928	2209	0.16	0.78	0.86
3	10	92	0.45%	46.1	123.0	151.5	274.4	461.2	47.1	9074	2256	928	2161	0.13	0.50	0.56
4	12.5	71	0.52%	35.6	118.6	153.3	271.9	444.7	58.9	5808	2113	928	2023	0.13	0.48	0.55
5	15	31	0.33%	15.5	61.9	155.2	217.1	232.2	70.7	4033	1949	928	1867	0.12	0.25	0.31
6	17.5	30	0.29%	15.2	70.7	157.1	227.8	265.2	82.5	2963	1773	928	1697	0.13	0.29	0.35
7	19	30	0.28%	14.8	75.1	158.2	233.3	281.6	89.6	2514	1663	928	1592	0.15	0.30	0.38
8	20.5	29	0.32%	14.5	79.2	159.3	238.5	297.1	96.6	2159	1551	928	1485	0.16	0.32	0.40
9	21.25	30	0.37%	15.2	85.9	159.9	245.7	322.0	100.2	2010	1496	928	1432	0.17	0.35	0.43
10	22	31	0.40%	15.5	90.8	160.4	251.3	340.6	103.7	1875	1440	928	1379	0.18	0.37	0.46
11	22.75	30	0.42%	15.2	91.9	161.0	252.9	344.7	107.2	1753	1384	928	1326	0.19	0.37	0.47
12	23.5	31	0.45%	15.5	97.0	161.6	258.6	363.8	110.8	1643	1329	928	1273	0.20	0.39	0.55
13	24.25	32	0.51%	15.8	102.2	162.1	264.4	383.4	114.3	1543	1275	928	1221	0.22	0.41	0.58
14	25	29	0.48%	14.5	96.6	162.7	259.3	362.3	117.9	1452	1221	928	1169	0.22	0.39	0.57
15	25.5	28	0.44%	13.8	94.1	163.0	257.1	352.8	120.2	1396	1185	928	1135	0.23	0.38	0.56
16	25.8	26	0.40%	12.8	88.4	163.3	251.7	331.4	121.6	1363	1164	928	1115	0.23	0.36	0.54
17	26.1	25	0.38%	12.5	87.1	163.5	250.6	326.7	123.0	1332	1143	928	1095	0.23	0.35	0.54
18	26.4	24	0.37%	12.2	85.8	163.7	249.5	321.8	124.5	1302	1122	928	1075	0.23	0.35	0.54
19	26.7	24	0.35%	11.9	84.4	163.9	248.4	316.6	125.9	1273	1102	928	1055	0.24	0.34	0.54
20	27	23	0.34%	11.5	83.0	164.2	247.2	311.3	127.3	1245	1081	928	1035	0.24	0.34	0.54
21	27.3	22	0.34%	11.2	81.5	164.4	245.9	305.7	128.7	1218	1061	928	1016	0.24	0.33	0.54
22	27.6	22	0.34%	11.2	82.4	164.6	247.0	309.1	130.1	1191	1040	928	996	0.25	0.33	0.54
23	27.9	22	0.34%	11.2	83.3	164.8	248.2	312.5	131.5	1166	1020	928	977	0.25	0.34	0.55
24	28.2	22	0.34%	10.9	81.7	165.1	246.8	306.5	132.9	1141	1000	928	958	0.26	0.33	0.55
25	28.5	22	0.33%	10.9	82.6	165.3	247.9	309.8	134.4	1117	981	928	939	0.26	0.33	0.56
26	28.8	21	0.32%	10.5	81.0	165.5	246.5	303.6	135.8	1094	959	928	919	0.27	0.33	0.56
27	29.1	20	0.32%	10.2	79.2	165.7	245.0	297.2	137.2	1072	940	928	900	0.27	0.32	0.56
28	29.4	20	0.31%	10.2	80.1	166.0	246.0	300.2	138.6	1050	921	928	882	0.28	0.32	0.57
29	29.7	20	0.30%	9.9	78.3	166.2	244.4	293.5	140.0	1029	902	928	864	0.28	0.32	0.56
30	30	20	0.29%	9.9	79.1	166.4	245.5	296.5	141.4	1008	884	928	847	0.29	0.32	0.57

Nota.- El método AISC es más conservador que el método del Índice Q para controlar estabilidad - comparar el valor de B2 con el valor de 1/(1-Q).

En los análisis realizados el mecanismo de falla por capacidad no gobierna usando el método Q y resulta más crítico el Tramo 2 y no los tramos más esbeltos. La falla gobernante es por capacidad de una columna en flexo compresión. No obstante, la mayor vulnerabilidad de los tramos esbeltos (Tramos 20 a 30) para fallas por estabilidad es notoria ya que los índices B2 y 1/(1-Q) son más grandes para estos tramos pero no exceden aun el valor limite Q = 0.3



**TABLA 6.- ANALISIS DE SEGUNDO ORDEN METODO Q PARA IDENTIFICAR FUERZA DE CEDENCIA PARA TODOS LOS TRAMOS. ( $M_r/M_c = M_r/M_y = 0.79$ )**

Demanda en		Columna en Compresion para Sismos con $A_{max} = 0.0915 g$						(2do Orden Elastico)				Verificacion de Capacidad de Columna				
Tramo	Lc (m)	Fmax, portico (Ton)	$\Delta/L_c$ (%)	Vs, max (Ton)	Ps (Ton)	Po (Ton)	Q	1/(1-Q)	Pr (Ton)	Mr (Ton-m)	Mc (Ton-m)	Pc (Ton)	Pr/Pc	Mr/Mc	IMCA	
1	8	140	0.45%	69.8	149.0	150.0	0.01	1.01	300.4	564.1	928	2254	0.13	0.61	0.67	
<b>2</b>	<b>9</b>	<b>161</b>	<b>0.58%</b>	<b>80.4</b>	<b>192.9</b>	<b>150.7</b>	<b>0.01</b>	<b>1.01</b>	<b>345.7</b>	<b>731.3</b>	<b>928</b>	<b>2209</b>	<b>0.16</b>	<b>0.79</b>	<b>0.87</b>	
3	10	92	0.45%	46.1	123.0	151.5	0.01	1.01	276.3	468.1	928	2161	0.13	0.50	0.57	
4	12.5	71	0.52%	35.6	118.6	153.3	0.02	1.02	274.6	454.9	928	2023	0.14	0.49	0.56	
5	15	31	0.33%	15.5	61.9	155.2	0.03	1.03	219.2	240.2	928	1867	0.12	0.26	0.32	
6	17.5	30	0.29%	15.2	70.7	157.1	0.03	1.03	230.0	273.5	928	1697	0.14	0.29	0.36	
7	19	30	0.28%	14.8	75.1	158.2	0.03	1.03	235.6	290.4	928	1592	0.15	0.31	0.39	
8	20.5	29	0.32%	14.5	79.2	159.3	0.03	1.04	241.4	307.8	928	1485	0.16	0.33	0.41	
9	21.25	30	0.37%	15.2	85.9	159.9	0.04	1.04	249.2	334.9	928	1432	0.17	0.36	0.45	
10	22	31	0.40%	15.5	90.8	160.4	0.04	1.04	255.2	355.5	928	1379	0.19	0.38	0.48	
11	22.75	30	0.42%	15.2	91.9	161.0	0.04	1.05	257.2	360.7	928	1326	0.19	0.39	0.49	
12	23.5	31	0.45%	15.5	97.0	161.6	0.05	1.05	263.3	381.7	928	1273	0.21	0.41	0.57	
13	24.25	32	0.51%	15.8	102.2	162.1	0.05	1.06	270.0	404.5	928	1221	0.22	0.44	0.61	
14	25	29	0.48%	14.5	96.6	162.7	0.05	1.06	264.7	382.8	928	1169	0.23	0.41	0.59	
15	25.5	28	0.44%	13.8	94.1	163.0	0.05	1.06	262.3	372.3	928	1135	0.23	0.40	0.59	
16	25.8	26	0.40%	12.8	88.4	163.3	0.05	1.05	256.4	349.4	928	1115	0.23	0.38	0.56	
17	26.1	25	0.38%	12.5	87.1	163.5	0.05	1.05	255.2	343.9	928	1095	0.23	0.37	0.56	
18	26.4	24	0.37%	12.2	85.8	163.7	0.05	1.05	254.0	338.6	928	1075	0.24	0.37	0.56	
19	26.7	24	0.35%	11.9	84.4	163.9	0.05	1.05	252.7	332.9	928	1055	0.24	0.36	0.56	
20	27	23	0.34%	11.5	83.0	164.2	0.05	1.05	251.4	327.2	928	1035	0.24	0.35	0.56	
21	27.3	22	0.34%	11.2	81.5	164.4	0.05	1.05	250.2	321.9	928	1016	0.25	0.35	0.55	
22	27.6	22	0.34%	11.2	82.4	164.6	0.05	1.05	251.4	325.4	928	996	0.25	0.35	0.56	
23	27.9	22	0.34%	11.2	83.3	164.8	0.05	1.05	252.5	328.9	928	977	0.26	0.35	0.57	
24	28.2	22	0.34%	10.9	81.7	165.1	0.05	1.05	251.2	323.1	928	958	0.26	0.35	0.57	
25	28.5	22	0.33%	10.9	82.6	165.3	0.05	1.05	252.3	326.3	928	939	0.27	0.35	0.58	
26	28.8	21	0.32%	10.5	81.0	165.5	0.05	1.05	250.8	319.9	928	919	0.27	0.34	0.58	
27	29.1	20	0.32%	10.2	79.2	165.7	0.05	1.05	249.3	313.3	928	900	0.28	0.34	0.58	
28	29.4	20	0.31%	10.2	80.1	166.0	0.05	1.05	250.2	316.0	928	882	0.28	0.34	0.59	
29	29.7	20	0.30%	9.9	78.3	166.2	0.05	1.05	248.6	309.2	928	864	0.29	0.33	0.58	
30	30	20	0.29%	9.9	79.1	166.4	0.05	1.05	249.6	311.8	928	847	0.29	0.34	0.59	

**TABLA 7.- ANALISIS DE SEGUNDO ORDEN METODO Q PARA CAPACIDAD MAXIMA (SECCION PLASTICA) DEL TRAMO CRITICO ( $M_r/M_c = M_r/M_p = 1.0$ )**

Demanda en		Columna en Compresion para Sismos con $A_{max} = 0.116 g$						(2do Orden Inelastico)				Verificacion de Capacidad de Columna				
Tramo	Lc (m)	Fmax, portico (Ton)	$\Delta/L_c$ (%)	R	Vs, max (Ton)	Ps (Ton)	Po (Ton)	Q	1/(1-Q)	Pr (Ton)	Mr (Ton-m)	Mc (Ton-m)	Pc (Ton)	Pr/Pc	Mr/Mc	IMCA
1	8	177	0.57%	0.98	88.5	188.9	150.0	0.01	1.01	340.7	715.1	928	2254	0.15	0.77	0.85
<b>2</b>	<b>9</b>	<b>204</b>	<b>0.76%</b>	<b>1.27</b>	<b>101.8</b>	<b>244.3</b>	<b>150.7</b>	<b>0.01</b>	<b>1.01</b>	<b>397.8</b>	<b>926.4</b>	<b>928</b>	<b>2209</b>	<b>0.18</b>	<b>1.00</b>	<b>1.09</b>
3	10	117	0.57%	0.82	58.5	155.9	151.5	0.01	1.01	309.7	593.4	928	2161	0.14	0.64	0.71
4	12.5	90	0.66%	0.79	45.1	150.3	153.3	0.02	1.02	307.1	576.7	928	2023	0.15	0.62	0.70
5	15	39	0.42%	0.42	19.6	78.5	155.2	0.03	1.03	236.4	304.5	928	1867	0.13	0.33	0.39
6	17.5	38	0.37%	0.49	19.2	89.6	157.1	0.03	1.03	249.5	346.7	928	1697	0.15	0.37	0.45
7	19	38	0.36%	0.52	18.8	95.2	158.2	0.03	1.03	256.4	368.2	928	1592	0.16	0.40	0.48
8	20.5	37	0.40%	0.56	18.4	100.4	159.3	0.03	1.04	263.4	390.3	928	1485	0.18	0.42	0.51
9	21.25	38	0.46%	0.61	19.2	108.9	159.9	0.04	1.04	273.1	424.6	928	1432	0.19	0.46	0.55
10	22	39	0.51%	0.65	19.6	115.1	160.4	0.04	1.04	280.6	450.6	928	1379	0.20	0.49	0.64
11	22.75	38	0.53%	0.66	19.2	116.5	161.0	0.04	1.05	283.0	457.3	928	1326	0.21	0.49	0.65
12	23.5	39	0.57%	0.70	19.6	123.0	161.6	0.05	1.05	290.6	483.8	928	1273	0.23	0.52	0.69
13	24.25	40	0.65%	0.75	20.0	129.6	162.1	0.05	1.06	298.9	512.9	928	1221	0.24	0.55	0.74
14	25	37	0.60%	0.71	18.4	122.5	162.7	0.05	1.06	292.1	485.3	928	1169	0.25	0.52	0.71
15	25.5	35	0.56%	0.70	17.5	119.3	163.0	0.05	1.06	288.9	472.0	928	1135	0.25	0.51	0.71
16	25.8	33	0.51%	0.66	16.3	112.1	163.3	0.05	1.05	281.4	442.9	928	1115	0.25	0.48	0.68
17	26.1	32	0.48%	0.65	15.9	110.4	163.5	0.05	1.05	279.7	435.9	928	1095	0.26	0.47	0.67
18	26.4	31	0.47%	0.64	15.5	108.8	163.7	0.05	1.05	278.2	429.3	928	1075	0.26	0.46	0.67
19	26.7	30	0.45%	0.64	15.0	107.0	163.9	0.05	1.05	276.5	422.0	928	1055	0.26	0.45	0.67
20	27	29	0.43%	0.63	14.6	105.2	164.2	0.05	1.05	274.8	414.9	928	1035	0.27	0.45	0.66
21	27.3	28	0.43%	0.62	14.2	103.4	164.4	0.05	1.05	273.2	408.1	928	1016	0.27	0.44	0.66
22	27.6	28	0.43%	0.63	14.2	104.5	164.6	0.05	1.05	274.6	412.6	928	996	0.28	0.44	0.67
23	27.9	28	0.43%	0.64	14.2	105.6	164.8	0.05	1.05	276.0	417.0	928	977	0.28	0.45	0.68
24	28.2	28	0.43%	0.63	13.8	103.6	165.1	0.05	1.05	274.3	409.6	928	958	0.29	0.44	0.68
25	28.5	28	0.42%	0.64	13.8	104.7	165.3	0.05	1.05	275.6	413.7	928	939	0.29	0.45	0.69
26	28.8	27	0.41%	0.63	13.4	102.6	165.5	0.05	1.05	273.6	405.5	928	919	0.30	0.44	0.69
27	29.1	26	0.40%	0.62	12.9	100.5	165.7	0.05	1.05	271.7	397.2	928	900	0.30	0.43	0.68
28	29.4	26	0.39%	0.62	12.9	101.5	166.0	0.05	1.05	272.8	400.7	928	882	0.31	0.43	0.69
29	29.7	25	0.38%	0.61	12.5	99.2	166.2	0.05	1.05	270.7	392.0	928	864	0.31	0.42	0.69
30	30	25	0.37%	0.62	12.5	100.2	166.4	0.05	1.05	271.8	395.3	928	847	0.32	0.43	0.70

**TABLA 8.- ANALISIS DE SEGUNDO ORDEN METODO Q PARA R = 1.5 PARA SISTEMA DE COLUMNAS EN CANTILIVER SIN DETALLAMIENTO ESPECIAL PARA SISMOS (TABLA 12-2-1 ASCE 7-10, SISTEMA ESTRUCTURAL G.2.)**

Demanda en Columna en Compresion para Sismos con Amax =				0.1365 g		(2do Orden Inelastico)				Verificacion de Capacidad de Columna						
Tramo	Lc (m)	Fmax, portico (Ton)	$\Delta/L_c$ (%)	R	Vs, max (Ton)	Ps (Ton)	P <sub>0</sub> (Ton)	Q	1/(1-Q)	Pr (Ton)	Mr (Ton-m)	Mc (Ton-m)	Pc (Ton)	Pr/Pc	Mr/Mc	IMCA
1	8	208	0.67%	1.15	104.2	222.2	150.0	0.01	1.01	374.4	841.6	928	2254	0.17	0.91	0.99
2	9	204	0.94%	1.50	101.8	244.3	150.7	0.01	1.01	398.4	928.9	928	2209	0.18	1.00	1.09
3	10	138	0.67%	0.96	68.8	183.5	151.5	0.01	1.01	337.7	698.2	928	2161	0.16	0.75	0.83
4	12.5	106	0.78%	0.93	53.1	176.9	153.3	0.02	1.02	334.3	678.6	928	2023	0.17	0.73	0.81
5	15	46	0.49%	0.49	23.1	92.4	155.2	0.03	1.03	250.7	358.3	928	1867	0.13	0.39	0.45
6	17.5	45	0.44%	0.57	22.6	105.5	157.1	0.03	1.03	265.9	408.0	928	1697	0.16	0.44	0.52
7	19	44	0.42%	0.62	22.1	112.0	158.2	0.03	1.03	273.7	433.3	928	1592	0.17	0.47	0.55
8	20.5	43	0.47%	0.66	21.6	118.2	159.3	0.03	1.04	281.8	459.2	928	1485	0.19	0.50	0.59
9	21.25	45	0.55%	0.72	22.6	128.1	159.9	0.04	1.04	293.1	499.6	928	1432	0.20	0.54	0.68
10	22	46	0.60%	0.76	23.1	135.5	160.4	0.04	1.04	301.8	530.3	928	1379	0.22	0.57	0.73
11	22.75	45	0.62%	0.78	22.6	137.1	161.0	0.04	1.05	304.5	538.2	928	1326	0.23	0.58	0.75
12	23.5	46	0.67%	0.83	23.1	144.7	161.6	0.05	1.05	313.4	569.4	928	1273	0.25	0.61	0.79
13	24.25	47	0.76%	0.88	23.6	152.5	162.1	0.05	1.06	323.0	603.5	928	1221	0.26	0.65	0.84
14	25	43	0.71%	0.84	21.6	144.1	162.7	0.05	1.06	314.9	571.0	928	1169	0.27	0.62	0.82
15	25.5	41	0.66%	0.82	20.6	140.3	163.0	0.05	1.06	311.2	555.4	928	1135	0.27	0.60	0.81
16	25.8	38	0.60%	0.77	19.2	131.9	163.3	0.05	1.05	302.3	521.2	928	1115	0.27	0.56	0.77
17	26.1	37	0.57%	0.77	18.7	130.0	163.5	0.05	1.05	300.3	513.0	928	1095	0.27	0.55	0.77
18	26.4	36	0.55%	0.76	18.2	128.0	163.7	0.05	1.05	298.4	505.2	928	1075	0.28	0.54	0.76
19	26.7	35	0.53%	0.75	17.7	126.0	163.9	0.05	1.05	296.4	496.6	928	1055	0.28	0.54	0.76
20	27	34	0.51%	0.74	17.2	123.8	164.2	0.05	1.05	294.3	488.2	928	1035	0.28	0.53	0.75
21	27.3	33	0.51%	0.73	16.7	121.6	164.4	0.05	1.05	292.4	480.2	928	1016	0.29	0.52	0.75
22	27.6	33	0.51%	0.74	16.7	123.0	164.6	0.05	1.05	294.1	485.5	928	996	0.30	0.52	0.76
23	27.9	33	0.51%	0.75	16.7	124.3	164.8	0.05	1.05	295.7	490.7	928	977	0.30	0.53	0.77
24	28.2	32	0.50%	0.74	16.2	121.9	165.1	0.05	1.05	293.6	482.0	928	958	0.31	0.52	0.77
25	28.5	32	0.50%	0.75	16.2	123.2	165.3	0.05	1.05	295.1	486.8	928	939	0.31	0.52	0.78
26	28.8	31	0.48%	0.74	15.7	120.8	165.5	0.05	1.05	292.8	477.2	928	919	0.32	0.51	0.78
27	29.1	30	0.47%	0.72	15.2	118.2	165.7	0.05	1.05	290.4	467.4	928	900	0.32	0.50	0.77
28	29.4	30	0.46%	0.74	15.2	119.4	166.0	0.05	1.05	291.7	471.5	928	882	0.33	0.51	0.78
29	29.7	29	0.45%	0.72	14.7	116.8	166.2	0.05	1.05	289.2	461.3	928	864	0.33	0.50	0.78
30	30	29	0.44%	0.73	14.7	117.9	166.4	0.05	1.05	290.5	465.2	928	847	0.34	0.50	0.79

**TABLA 9.- ANALISIS DE SEGUNDO ORDEN METODO Q PARA  $\Delta/L_c = 0.02$  PARA CONTROL DE DERIVA MAXIMA CONFORME NORMA ECUATORIANA CEC-02 PARA CUALQUIER SISTEMA ESTRUCTURAL DE HORMIGON O ACERO.**

Demanda en Columna en Compresion para Sismos con Amax =				0.222 g		(2do Orden Inelastico)				Verificacion de Capacidad de Columna						
Tramo	Lc (m)	Fmax, portico (Ton)	$\Delta/L_c$ (%)	R	Vs, max (Ton)	Ps (Ton)	P <sub>0</sub> (Ton)	Q	1/(1-Q)	Pr (Ton)	Mr (Ton-m)	Mc (Ton-m)	Pc (Ton)	Pr/Pc	Mr/Mc	IMCA
1	8	230	1.30%	1.88	114.8	245.0	150.0	0.02	1.02	399.2	934.7	928	2254	0.18	1.01	1.10
2	9	204	2.00%	2.44	101.8	244.3	150.7	0.03	1.03	402.5	944.0	928	2209	0.18	1.02	1.11
3	10	183	1.20%	1.56	91.3	243.4	151.5	0.02	1.02	399.8	931.3	928	2161	0.19	1.00	1.10
4	12.5	145	1.37%	1.52	72.3	240.9	153.3	0.03	1.03	401.5	930.5	928	2023	0.20	1.00	1.10
5	15	75	0.80%	0.80	37.6	150.2	155.2	0.03	1.03	310.6	582.7	928	1867	0.17	0.63	0.71
6	17.5	74	0.71%	0.93	36.8	171.6	157.1	0.03	1.03	334.0	663.5	928	1697	0.20	0.72	0.81
7	19	72	0.69%	1.00	36.0	182.2	158.2	0.03	1.03	346.1	704.7	928	1592	0.22	0.76	0.89
8	20.5	70	0.77%	1.07	35.2	192.2	159.3	0.03	1.04	358.5	747.0	928	1485	0.24	0.81	0.96
9	21.25	74	0.90%	1.17	36.8	208.3	159.9	0.04	1.04	376.7	813.0	928	1432	0.26	0.88	1.04
10	22	75	1.00%	1.24	37.6	220.4	160.4	0.04	1.04	390.7	863.3	928	1379	0.28	0.93	1.11
11	22.75	74	1.04%	1.27	36.8	223.0	161.0	0.05	1.05	394.7	876.4	928	1326	0.30	0.94	1.14
12	23.5	71	1.14%	1.35	35.5	222.3	161.6	0.05	1.05	396.0	879.1	928	1273	0.31	0.95	1.15
13	24.25	68	1.32%	1.43	34.1	220.6	162.1	0.06	1.07	397.4	882.3	928	1221	0.33	0.95	1.17
14	25	66	1.21%	1.36	32.8	218.8	162.7	0.06	1.06	395.4	872.7	928	1169	0.34	0.94	1.17
15	25.5	64	1.13%	1.34	32.0	217.5	163.0	0.06	1.06	393.8	865.3	928	1135	0.35	0.93	1.18
16	25.8	62	1.01%	1.26	31.2	214.4	163.3	0.05	1.06	389.7	848.9	928	1115	0.35	0.92	1.16
17	26.1	61	0.95%	1.25	30.4	211.4	163.5	0.05	1.05	386.3	835.4	928	1095	0.35	0.90	1.15
18	26.4	59	0.92%	1.23	29.6	208.2	163.7	0.05	1.05	383.1	822.5	928	1075	0.36	0.89	1.14
19	26.7	58	0.87%	1.22	28.8	204.9	163.9	0.05	1.05	379.5	808.4	928	1055	0.36	0.87	1.13
20	27	56	0.84%	1.20	28.0	201.4	164.2	0.05	1.05	376.1	794.6	928	1035	0.36	0.86	1.12
21	27.3	54	0.84%	1.18	27.2	197.8	164.4	0.05	1.05	372.8	781.6	928	1016	0.37	0.84	1.12
22	27.6	54	0.84%	1.20	27.2	200.0	164.6	0.05	1.05	375.4	790.3	928	996	0.38	0.85	1.13
23	27.9	54	0.84%	1.22	27.2	202.2	164.8	0.05	1.05	377.9	798.8	928	977	0.39	0.86	1.15
24	28.2	53	0.83%	1.20	26.4	198.3	165.1	0.05	1.05	374.3	784.6	928	958	0.39	0.85	1.14
25	28.5	53	0.82%	1.22	26.4	200.4	165.3	0.05	1.05	376.6	792.5	928	939	0.40	0.85	1.16
26	28.8	51	0.80%	1.20	25.6	196.4	165.5	0.05	1.05	372.6	776.7	928	919	0.41	0.84	1.15
27	29.1	50	0.78%	1.18	24.8	192.3	165.7	0.05	1.06	368.6	760.7	928	900	0.41	0.82	1.14
28	29.4	50	0.76%	1.20	24.8	194.2	166.0	0.05	1.05	370.6	767.4	928	882	0.42	0.83	1.16
29	29.7	48	0.74%	1.17	24.0	189.9	166.2	0.05	1.05	366.4	750.7	928	864	0.42	0.81	1.14
30	30	48	0.72%	1.19	24.0	191.8	166.4	0.05	1.05	368.3	757.2	928	847	0.43	0.82	1.16

**Figura 3**

