

ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN DEL BLOQUE CENTRAL DEL NUEVO AUDITORIO DE LA ESPE UTILIZANDO VARIOS MODELOS PARA EL CÁLCULO DE ZAPATAS AISLADAS.

Ing.M.Sc. Pablo Caiza Sánchez ⁽¹⁾, Egdo. Santiago Piedra ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Ingeniería Civil, Escuela Politécnica del Ejército
pcaiza@espe.edu.ec
piedrasantiago@hotmail.com

RESUMEN

Continuando con el artículo de Mitos en el Análisis de Cimentaciones publicado por el Ingeniero Pablo Caiza Sánchez y el Myr. Alex Vinueza de la Escuela Politécnica del Ejército, se presenta un ejercicio práctico sobre la modelación de giros en zapatas. Para el ejercicio se utiliza la estructura del bloque central del Nuevo Auditorio de la Escuela Politécnica del Ejército. Se utilizan diferentes modelos, el primero, con base empotrada, el segundo, con la zapata a 2 metros por debajo del suelo incluyendo resortes, el tercero, igual al segundo modelo pero con restricciones a nivel de cadenas y el cuarto, igual al segundo modelo pero con cadenas de gran peralte y gran inercia.

Palabras clave: análisis de zapatas, punto de empotramiento, resortes.

1. INTRODUCCIÓN

En el artículo anteriormente publicado por el Ingeniero Pablo Caiza Sánchez y el Myr. Alex Vinueza de la Escuela Politécnica del Ejército, se propusieron varios modelos para visualizar el comportamiento real de las zapatas; en la presente investigación se presenta un ejercicio práctico con la utilización de los modelos propuestos por el artículo.

El primer modelo utilizado para el análisis de zapatas aisladas es el de empotramiento perfecto a nivel de suelo de las columnas, en donde las cadenas junto con la extensión de la columna hasta la zapata y el suelo confinado alrededor de éste, forman un empotramiento; obsérvese la Figura 1 a continuación.

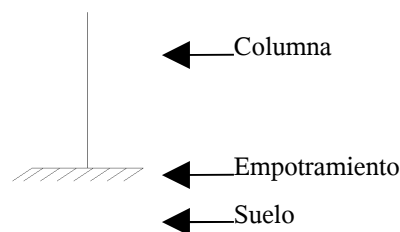


Figura 1 Esquema general de un empotramiento para modelar zapatas aisladas.

En el diseño de cualquier estructura se utiliza el empotramiento perfecto para modelar una estructura segura y estable, en donde los giros y desplazamientos son restringidos en su totalidad a nivel del suelo con el objetivo de que no exista redistribución de momentos en columnas y vigas. A diferencia del modelo planteado para el diseño, en la realidad se tienen otros factores que inciden en dicha condición, véase la Figura 2 a continuación.

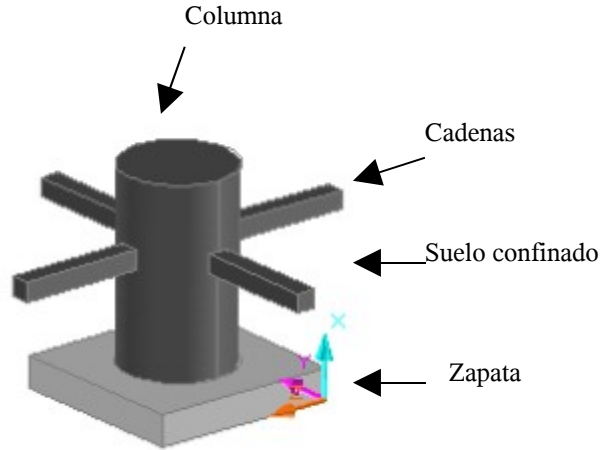


Figura 2 Esquema real de la cimentación con zapatas aisladas.

Nótese en la figura 2 que la columna se extiende (dependiendo del estudio de suelos) hasta 1 o 2 metros de profundidad, es decir, el modelo planteado en la figura 1 no es real porque se tienen cadenas y porque la zapata no está a nivel del suelo sino más profunda, además que en el caso de un sismo las zapatas sufrirán rotaciones. Entonces se plantea la siguiente pregunta: constructivamente las cadenas y la extensión de la columna dan la condición de empotramiento, ¿en qué porcentaje influyen estos factores en la distribución de esfuerzos generados en el suelo y en el dimensionamiento de las zapatas aisladas? En el presente artículo se intenta mostrar porcentajes y valores claros para obtener conclusiones al problema planteado con la aplicación práctica del bloque central del Nuevo Auditorio de la ESPE.

Como se menciona para el primer modelo se tiene un empotramiento al nivel del suelo, ver la Figura 1. Para obtener valores y porcentajes para comparar dicha condición se realiza un segundo modelo; en donde se extiende la columna 2 metros por debajo del suelo, se introducen cadenas de 35x35cm al nivel del suelo y resortes al nivel de la zapata. Las fórmulas para modelar los resortes se presentan a continuación.

$$k = S_z * A \quad (1)$$

$$K\theta = S\theta * I_o \quad (2)$$

Donde k es el resorte vertical, $K\theta$ resorte para giro, A es el área de la cimentación, I_o es la inercia en planta de la zapata. Además $S\theta$ es un coeficiente que se calcula con la siguiente ecuación⁽³⁾:

$$S\theta = 2.S_z \quad (3)$$

Los valores recomendados en referencia (2) para el coeficiente de balasto, redondeados, son los siguientes:

Tabla 1 Valores recomendados para el módulo de balasto

Tipo de suelo	Esfuerzos estáticos	S_z (T/m ³)	$S_z=f(\sigma)$ (T/m ³)
---------------	---------------------	---------------------------	-------------------------------------

	admisibles σ (T/m ²)		
Blando	-15	-3000	200* σ
Medio	15-35	3000-5000	100* σ +1500
Duro	35-50	5000-10000	333* σ +6667
Roca	50-	10000	

Las restricciones planteadas para el modelo 2, 3 y 4 a nivel de la zapata son: desplazamientos en dirección X, Y y Z y los giros alrededor del eje Z. Esto es, para modelar rotaciones alrededor del eje X y Y; en donde, alrededor de estos ejes se introducen los valores calculados por la formula (2), es decir, el valor de los resortes. A continuación se presenta la tradicional disposición de ejes.

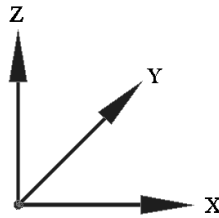


Figura 3 Disposición de ejes.

Para el tercer modelo se tiene las mismas condiciones que en el modelo 2, pero en este caso se restringen los puntos donde concurren las cadenas. Las restricciones planteadas para este modelo son los desplazamientos en el sentido X y Y, intentando modelar lo que en la realidad representaría el confinamiento del suelo hacia las cadenas, y en definitiva para toda la cimentación. Otra explicación para introducir dichas restricciones a este modelo es que en el modelo 2 existirían derivas de piso a nivel de las cadenas, resultado que no se ajusta a la realidad porque en el caso de un sismo no se tendrán derivas de piso a nivel de cadenas; efectivamente existirán desplazamientos, pero para este modelo se restringe en su totalidad dichos desplazamientos.

Continuando con los modelos planteados para esta investigación se tiene el cuarto y último modelo. En este modelo se tienen las mismas condiciones que en el modelo 2, es decir, se introducen resortes y restricciones a nivel de zapata; pero a diferencia del modelo 2 y 3 las secciones de las cadenas son mayores. Para el modelo 2 y 3 las cadenas tienen una sección de 35x35cm mientras que para la presente aplicación la sección se la cambia a una de 30x50cm, en este modelo no se introduce ninguna restricción a nivel de cadenas.

2. Métodos y Materiales

La metodología utilizada para obtener las reacciones y momentos de la cimentación para los cuatro modelos es la siguiente:

1. Definidas todas las cargas y geometría de la superestructura, se obtiene las reacciones por carga muerta, carga viva, sismo en X y sismo en Y. En donde los signos para carga muerta y viva, arrojados por el programa no son manipulados; mientras que los signos del sismo X y Y sí, para proponer la eventualidad del sismo afectando a la estructura en sentido positivo o negativo; esto se lo hace obteniendo el máximo (negativo o positivo) valor de los momentos y reacciones de la carga muerta y viva, y sumando a estos valores (negativo o positivo, dependiendo del resultado) las reacciones y momentos obtenidos por el sismo.
2. Se predimensionan las áreas de las zapatas con la siguiente ecuación

$$A = \frac{1.2 * (P_{muerta} + P_{viva})}{qa} \quad (4)$$

Si con esta área obtenida los esfuerzos generados son menores que el q admisible del suelo entonces el primer chequeo de esfuerzos por carga vertical está completo, sino, mediante varias iteraciones se incrementan las áreas de la zapata hasta que los esfuerzos generados no sean mayores al q admisible del suelo.

3. Puesto que todas las áreas son diferentes se encuentra y se propone, en función del área, tres tipos de plintos para toda la estructura.
4. Se hace el mismo chequeo del literal 2 pero incluyendo las reacciones y momentos generados por el sismo X y Y. Con la diferencia que se incrementa el q admisible del suelo en un 33% debido a que las reacciones y momentos generados por el sismo son momentáneos.
5. Para el cálculo de la superestructura se utilizó el código ACI318-99, por lo que la mayoración de cargas para la obtención del peralte del plinto se lo hace con la siguiente combinación

$$0.75(1.4cm + 1.7cv \pm 1.87s) \quad (5)$$

6. Con los esfuerzos críticos generados por la combinación de la fórmula (5), se obtienen los peraltes de todos los plintos por corte unidireccional.
7. Se comprueba los peraltes de todos los plintos por corte bidireccional.
8. Con las áreas de todos los plintos y peraltes definidos se obtiene los valores de los resortes para cada zapata.

Para el modelo 2 se utilizó toda la metodología mencionada, mientras que para el modelo 1, 3 y 4 no. Para el caso del modelo 1 no se plantean resortes, entonces no se efectuó el paso 8, y para los modelos 3 y 4 se utilizaron los mismos valores de los resortes del modelo 2 porque durante la investigación se observó que el cambio de áreas de las zapatas alteraban el valor matemático de los resortes, pero alteraban en porcentajes muy bajos. Las diferencias entre los modelos son las restricciones propuestas con anterioridad. En el literal 3 se menciona que acorde con las diferentes áreas de todos los plintos se proponen tres tipos de zapatas distribuidas a lo largo de toda el área de cimentación de la estructura. Si bien es cierto que el promedio de áreas para obtener un plinto tipo, esconde las características individuales de cada uno de ellos, es válido obtener plintos tipo para poder comparar porcentajes y valores entre los diferentes modelos y de esa forma cuantificar los resultados. Para los cuatro modelos se establece la misma distribución de tipos de zapata, esto debido a que constructivamente no se puede tener más de 3 o 4 tipos, ya que daría apertura a confusiones, aparte que por lo general se intenta normalizar secciones en dimensión y peralte (ver Figura 6).

La estructura irregular del bloque central del Nuevo Auditorio de la ESPE (ver Figura 4) genera la siguiente disposición de zapatas, en la Figura 5 se presenta la ubicación de los plintos, con su respectiva numeración generada por el ETABS.

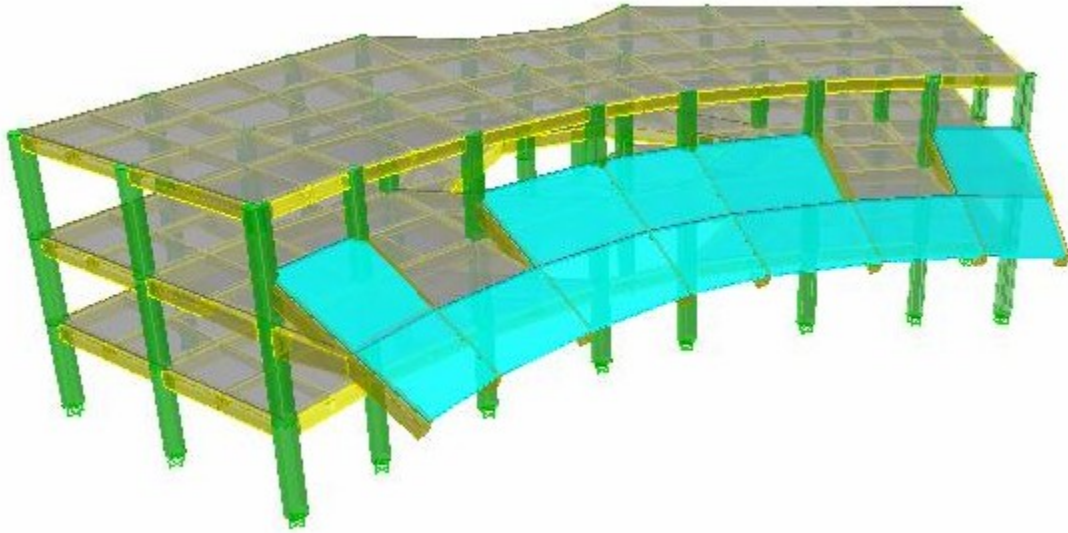


Figura 4 Esquema de vigas y columnas del bloque central del Nuevo Auditorio de la ESPE.

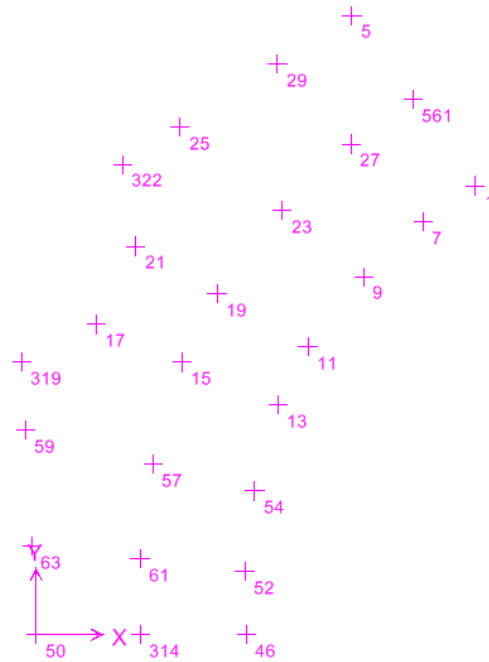


Figura 5 Ubicación y numeración de las zapatas.

A continuación se presentan las zapatas tipo para los cuatro modelos generados, los puntos negros, azules y rojos representan los tres tipos de zapatas utilizadas para el análisis de las diferentes zapatas del bloque central del Nuevo Auditorio de la ESPE

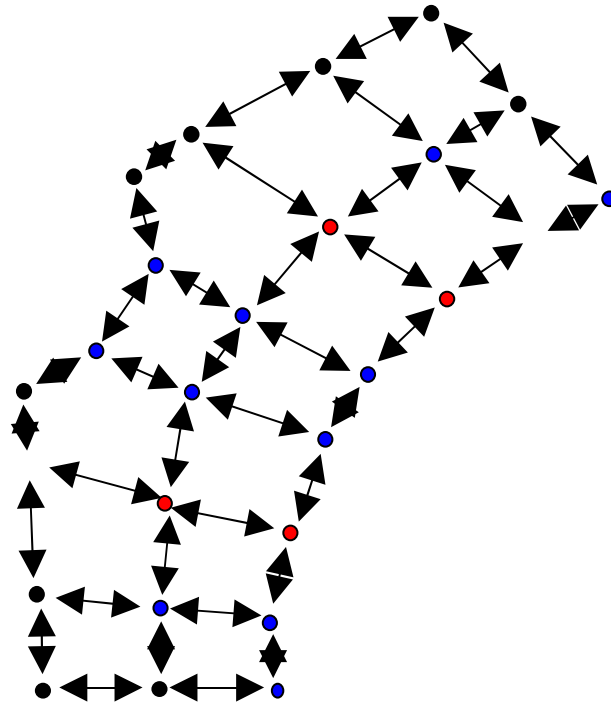


Figura 6 Tipos de plintos del bloque central del nuevo auditorio de la ESPE.

Finalmente se indica que el programa usado para los modelos es ETABS v 9.0.9

3. Resultados

Para los cuatro modelos se presentan los siguientes cuadros donde se muestran las reacciones y momentos.

Para el modelo 1

Tabla 2 Reacciones y momentos generados por el modelo 1

Pto	CARGA MUERTA			CARGA VIVA			CARGA SISMO		
	P	Mxx	Myy	P	Mxx	Myy	P	Mxx	Myy
1	95.21	-6.59	-7.95	27.51	-3.24	-3.42	36.68	-53.19	-52.00
5	52.71	1.65	-5.97	6.69	-0.09	-3.15	19.1	51.40	-49.41
7	118.59	-7.66	-8.80	36.73	-3.59	-3.77	23.47	-40.24	-39.77
9	148.91	-8.13	-9.37	47.47	-3.68	-3.76	21.59	-58.63	-56.85
11	118.08	-1.04	2.22	34.32	0.61	1.78	8.61	-57.73	49.33
13	118.49	4.07	0.31	34.63	2.22	1.43	9.09	57.91	49.51
15	92.94	-1.93	-11.33	14.46	-1.58	-4.64	10.42	-58.57	-57.73
17	103.43	0.25	-1.05	16.36	-0.46	-1.74	10.9	51.70	-58.68
19	92.61	-7.78	-8.50	14.40	-2.98	-4.13	13.84	-57.83	-57.85
21	103.36	0.01	-1.48	16.31	-0.84	-2.03	8.79	55.79	-53.41
23	190.70	3.49	-4.11	35.60	1.78	-1.45	12.9	61.50	-59.62
25	89.81	4.85	3.91	16.48	1.90	0.81	19.67	34.43	38.49
27	136.10	0.49	-5.53	27.87	0.28	-2.45	11.41	42.79	-41.05
29	82.64	4.55	-1.98	12.70	1.37	-1.35	20.84	36.89	-37.75
46	94.92	-3.25	-9.54	27.29	-1.18	-4.20	34.41	-54.88	-51.88
50	52.60	-7.57	-1.42	6.63	-3.42	-1.34	16.95	-48.99	-52.77

52	118.84	-2.97	-12.20	36.82	-1.06	-5.62	20.91	-41.18	-38.93
54	148.82	-2.90	-12.56	47.32	-0.89	-5.61	27.36	-58.56	-57.06
57	190.19	-5.09	-0.69	35.61	-2.29	-0.19	13.27	-55.33	-64.82
59	89.85	0.22	5.06	16.52	-0.49	1.15	14.65	37.00	36.05
61	135.90	-4.89	-2.57	27.95	-2.17	-1.12	10.93	-37.43	-46.03
63	82.48	-5.35	3.05	12.59	-2.44	0.47	23.55	-35.50	38.68
314	75.52	-5.19	-2.18	13.82	-2.14	-1.12	28.21	-34.15	-38.24
319	53.06	0.53	5.71	4.20	-0.07	1.17	22.79	35.30	33.64
322	52.69	4.89	4.20	4.09	1.22	0.73	28.27	34.20	33.63
561	75.35	0.80	-5.61	13.77	0.04	-2.59	21.1	37.49	-34.50

Para el modelo 2

Tabla 3 Reacciones y momentos generados por el modelo 2

Pto	CARGA MUERTA			CARGA VIVA			CARGA SISMO		
	P	Mxx	Myy	P	Mxx	Myy	P	Mxx	Myy
1	100.55	-2.56	-3.39	27.80	-1.37	-1.56	47.52	-65.00	-62.13
5	57.84	0.02	-2.38	6.69	-0.25	-1.26	25.29	-50.62	-49.69
7	123.01	-2.63	-3.00	36.52	-1.34	-1.38	30.00	-51.77	-49.43
9	154.88	-2.83	-3.61	47.53	-1.31	-1.58	27.29	-80.63	-77.83
11	123.90	-1.02	-2.03	34.36	-0.40	-0.91	11.15	-64.75	-61.03
13	124.35	-0.65	-2.20	34.68	-0.24	-0.97	11.98	-64.00	-62.05
15	99.67	-1.07	-1.61	14.35	-0.55	-0.81	15.49	-63.51	-64.53
17	108.91	-0.69	-0.48	16.15	-0.42	-0.63	16.24	-61.74	-65.47
19	99.43	-0.55	-1.93	14.30	-0.31	-0.99	20.11	-64.70	-63.10
21	108.86	0.53	-1.22	16.12	-0.07	-0.90	12.46	63.54	-63.43
23	202.82	0.67	-3.11	36.30	0.20	-1.39	14.84	80.38	-79.18
25	94.86	0.96	0.14	16.16	0.39	-0.23	25.60	39.60	-40.85
27	141.98	-0.44	-3.41	27.82	-0.43	-1.65	14.37	-51.60	-49.87
29	88.16	0.09	-1.49	12.61	-0.18	-0.88	26.57	-41.88	-41.70
46	100.29	-1.32	-3.70	27.61	-0.50	-1.75	44.72	-63.27	-64.31
50	57.64	-2.53	-1.01	6.58	-1.18	-0.70	22.36	-48.88	-51.28
52	123.29	-0.86	-3.92	36.62	-0.31	-1.94	26.65	-48.68	-52.40
54	154.75	-1.14	-5.30	47.36	-0.42	-2.55	35.17	-79.50	-79.73
57	202.48	-2.96	-2.15	36.36	-1.30	-1.20	17.02	-77.80	-81.86
59	94.90	-0.68	0.45	16.21	-0.53	-0.11	19.17	-39.91	40.75
61	141.83	-2.48	-2.23	27.92	-1.07	-1.29	13.75	-47.58	-53.24
63	87.98	-1.65	-0.52	12.49	-0.82	-0.55	30.26	-39.89	-43.27
314	81.12	-2.11	-1.51	13.96	-0.90	-0.81	35.99	-38.33	-41.02
319	57.05	-0.12	0.84	3.92	-0.29	-0.11	29.99	-39.73	40.67
322	56.62	0.95	0.77	3.79	0.14	-0.13	37.19	39.36	40.54
561	80.97	-0.20	-2.75	13.90	-0.27	-1.32	27.11	-40.65	-38.84

Para el modelo 3

Tabla 4 Reacciones y momentos generados por el modelo 3

Pto	CARGA MUERTA			CARGA VIVA			CARGA SISMO		
	P	Mxx	Myy	P	Mxx	Myy	P	Mxx	Myy
1	100.35	0.83	0.99	27.67	0.47	0.51	38.94	9.27	8.93

SEGUNDO CONGRESO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

5	57.92	0.03	0.68	6.72	0.04	0.37	20.56	6.72	6.44
7	123.05	1.19	1.34	36.53	0.62	0.67	24.68	8.75	8.49
9	154.67	1.21	1.39	47.39	0.62	0.66	22.59	12.64	12.18
11	123.91	0.02	-0.34	34.37	-0.07	-0.20	9.02	-9.73	-8.55
13	124.31	-0.52	-0.15	34.67	-0.27	-0.15	9.68	-9.70	-8.60
15	99.37	0.41	1.47	14.20	0.25	0.62	11.49	9.79	9.69
17	108.99	0.03	0.30	16.22	0.10	0.29	12.09	8.88	9.85
19	99.14	0.93	1.23	14.16	0.37	0.58	14.92	9.73	9.69
21	108.94	0.10	0.34	16.18	0.13	0.33	9.49	9.39	9.23
23	202.79	-0.57	1.18	36.32	-0.26	0.46	12.41	-13.20	12.89
25	94.97	-0.52	-0.14	16.23	-0.22	-0.06	21.00	-6.07	-6.55
27	141.83	0.03	0.93	27.77	-0.01	0.46	11.92	9.14	8.68
29	88.33	-0.38	0.39	12.70	-0.15	0.23	22.04	-6.46	6.48
46	100.06	0.38	1.18	27.46	0.17	0.62	36.48	9.33	9.03
50	57.78	0.70	0.34	6.65	0.37	0.19	18.21	6.35	6.87
52	123.31	0.42	1.87	36.63	0.19	0.97	22.12	8.70	8.52
54	154.57	0.40	1.91	47.24	0.16	0.97	28.87	12.49	12.38
57	202.41	1.29	0.46	36.37	0.53	0.21	13.53	12.14	13.81
59	94.99	0.21	-0.33	16.27	0.09	-0.09	15.79	6.28	-6.37
61	141.64	0.74	0.51	27.86	0.37	0.25	11.38	8.06	9.67
63	88.17	0.68	-0.15	12.59	0.35	-0.01	25.02	6.12	-6.73
314	81.09	0.62	0.38	13.93	0.30	0.21	29.78	6.00	6.61
319	57.49	0.04	-0.57	4.12	0.06	-0.09	24.65	6.10	-6.05
322	57.12	-0.57	-0.36	4.01	-0.14	-0.02	30.39	-6.00	-6.04
561	80.94	0.00	0.75	13.87	0.02	0.40	22.32	6.55	6.03

Para el modelo 4

Tabla 5 Reacciones y momentos generados por el modelo 4

Pto	CARGA MUERTA			CARGA VIVA			CARGA SISMO		
	P	Mxx	Myy	P	Mxx	Myy	P	Mxx	Myy
1	101.25	-2.20	-2.82	27.94	-1.18	-1.28	50.69	-51.55	-49.00
5	58.36	0.06	-1.96	6.72	-0.20	-1.05	26.93	-39.73	-38.76
7	123.59	-2.24	-2.54	36.53	-1.14	-1.15	30.61	-41.87	-40.39
9	155.53	-2.36	-2.90	47.53	-1.07	-1.23	26.72	-64.36	-62.53
11	124.63	-0.83	-1.67	34.42	-0.32	-0.74	11.70	-51.16	-48.97
13	125.03	-0.51	-1.81	34.72	-0.18	-0.78	14.02	-50.50	-49.93
15	100.49	-0.81	-1.04	14.34	-0.42	-0.54	14.28	-49.88	-52.26
17	109.34	-0.48	-0.14	16.09	-0.29	-0.42	15.74	-47.69	-52.86
19	100.26	-0.25	-1.39	14.30	-0.17	-0.73	19.33	-50.96	-50.94
21	109.29	0.66	-0.85	16.07	0.02	-0.67	12.19	49.80	-50.51
23	203.58	0.71	-2.55	36.22	0.24	-1.12	15.22	64.04	-63.59
25	95.56	0.87	0.27	16.17	0.38	-0.16	26.29	31.15	33.08
27	142.56	-0.33	-3.08	27.70	-0.37	-1.48	15.03	-41.96	-40.68
29	88.76	0.07	-1.26	12.55	-0.16	-0.76	27.59	-33.16	-33.41
46	100.98	-1.05	-3.06	27.74	-0.37	-1.43	47.37	-49.06	-52.03
50	58.22	-2.17	-0.74	6.64	-1.02	-0.54	23.80	-37.23	-41.26
52	123.85	-0.72	-3.31	36.62	-0.24	-1.63	26.80	-39.52	-42.76
54	155.39	-0.85	-4.48	47.36	-0.28	-2.13	34.96	-62.55	-64.94
57	203.23	-2.53	-1.76	36.28	-1.11	-0.99	16.92	-60.64	-66.99
59	95.59	-0.53	0.48	16.21	-0.47	-0.06	19.35	-31.30	33.02

61	142.39	-2.28	-1.96	27.79	-0.97	-1.14	14.25	-37.89	-44.26
63	88.56	-1.44	-0.43	12.42	-0.71	-0.48	31.04	-31.21	-35.11
314	81.98	-1.88	-1.28	14.05	-0.79	-0.69	37.63	-29.59	-34.14
319	57.47	-0.05	0.86	3.91	-0.23	-0.04	32.10	-30.65	32.69
322	57.09	0.91	0.83	3.79	0.16	-0.05	39.76	30.87	32.00
561	81.83	-0.15	-2.44	14.00	-0.24	-1.16	28.78	-32.85	-30.93

Mediante la metodología propuesta para determinar áreas y peraltes de plintos se presentan los siguientes datos.

Tabla 6 Áreas y peraltes de las zapatas del modelo 1

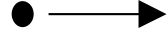
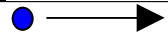
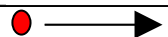
MODELO 1	
	Plintos de 3x3x0.50
	Plintos de 3.4x3.4x0.60
	Plintos de 3.9x3.9x0.60

Tabla 7 Áreas y peraltes de las zapatas del modelo 2

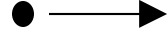
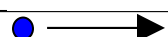
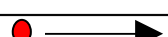
MODELO 2	
	Plintos de 3.2x3.2x0.5
	Plintos de 3.5x3.5x0.6
	Plintos de 4x4x0.65

Tabla 8 Áreas y peraltes de las zapatas del modelo 3

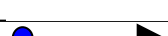
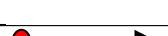
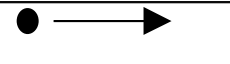
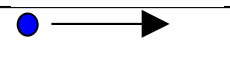
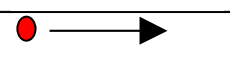
MODELO 3	
	Plintos de 3x3x0.45
	Plintos de 3.4x3.4x0.5
	Plintos de 3.9x3.9x0.55

Tabla 9 Áreas y peraltes de las zapatas del modelo 4

MODELO 4	
	Plintos de 3x3x0.5
	Plintos de 3.4x3.4x0.6
	Plintos de 3.9x3.9x0.65

4. Conclusiones

Durante la investigación se hicieron numerosas corridas en ETABS con el objetivo de entregar datos confiables mediante el uso de criterios básicos de cimentaciones. Los valores presentados en el artículo son el resultado de varios análisis muy minuciosos. Mediante la propuesta de los cuatro modelos se obtuvieron valores matemáticamente diferentes; pero claramente se puede concluir que los cuatro modelos presentan resultados similares en área y peralte; por esto los porcentajes de diferencia entre un modelo y el otro son bajos.

A continuación se presentan algunas conclusiones adicionales que se obtuvieron durante el análisis de los cuatro modelos:

- Para la presente aplicación, la fórmula aplicada para el predimensionamiento no dio valores cercanos a los finalmente adoptados.
- Observando los momentos del punto 1 del modelo 1 y del punto 1 del modelo 3, se ve que los momentos del modelo 3 son mas bajos que los del modelo 1, pero esto no afecta a las dimensiones de la cimentación, entonces se concluye que para la presente estructura las reacciones por carga axial son los que determinan las dimensiones de las zapatas mientras que los momentos tienen una baja incidencia en las mismas. Esta misma conclusión se aplica para todos los puntos de la cimentación.
- Las disposición de los tres tipos de plintos para los cuatro modelos siempre satisfizo el chequeo de esfuerzos considerando el sismo, los valores matemáticos estuvieron muy cerca del q admisible del suelo mayorado en un 33%.

Referencias

1. Ing.M.Sc. Pablo Caiza Sánchez y Myr. Alex Vinueza "Mitos en el Análisis de Cimentaciones" Quito, 2007.
2. Fratelli, María Graciela, "Suelos, Fundaciones y Muros", México, 2003.
3. Instituto Ecuatoriano de Normalización, "Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 5:2001", Parte 1. Capítulo 12, Quito, 2001.
4. Prakash, Shamsheer, "Soil Dynamics", McGraw Hill, 1981.
5. Peck, Hanson, Thornburn, "Ingeniería de Cimentaciones", 2. Edición, Editorial Limusa, México, 1983.
6. Coduto, Donald, "Foundation Design, principles and practices", Prentice Hall, 1994.
7. Aguiar, Roberto, "Análisis matricial", Ediespe, 1994.
8. Robalino, Carolina, "Capacidad sísmica de estructuras considerando la interacción suelo-estructura", Tesis de Grado, ESPE, 2006.
9. Nilson, Arthur, "Diseño de estructuras de concreto", 12. Edición, Mc Graw Hill, 1999.
10. Das, Braja, "Fundamentals of soil dynamics", Elsevier, 1983.
11. Wilson, Edward, "Static & Dynamic Analysis of Structures", 4. Edición, CSI, 2004.