



**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL  
DISEÑO ESTRUCTURAL DE ZAPATAS  
AISLADAS DE CONCRETO  
REFORZADO UTILIZANDO DIVERSAS  
HERRAMIENTAS DE DISEÑO**

**Autores:**

Gabriela A. Hernández F.

Maria V. Valera P.

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE  
ZAPATAS AISLADAS DE COCRETO REFORZADO  
UTILIZANDO DIVERSAS HERRAMIENTAS DE DISEÑO**  
Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
**INGENIERO CIVIL**

**Autores:**  
Gabriela Hernández  
C.I.: 26.005.312  
Maria Valera  
C.I.: 24.908.638  
**Tutor:** Ing. Joel Curreri

San Diego, Octubre de 2019



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ingeniero **JOEL CURRERI**, titular de la Cédula de Identidad N.º **V-17.338.221**, en mi carácter de tutor del trabajo de grado realizado por los bachilleres: **GABRIELA HERNÁNDEZ** y **MARÍA VALERA**, titulares de las cédulas de identidad números **V-26.005.312** y **V-24.908.638** respectivamente, titulado, **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE ZAPATAS AISLADAS DE CONCRETO REFORZADO UTILIZANDO DIVERSAS HERRAMIENTAS DE DISEÑO** presentado como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO CIVIL**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 30 días del mes de septiembre del año 2019.

ING. JOEL CURRERI

C.I. V-17.338.221

## DEDICATORIA

***A mis padres, Arnold Hernández y Mary Fernández.***

*Por haberme forjado con los principios y valores que me hacen ser quien soy, por su amor, apoyo, sacrificio, confianza y motivación constante que me impulsan a alcanzar mis anhelos. Muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este.*

***A mi hermano, Arnold Ricardo.***

*por creer en mí, a pesar de mis errores, por su ayuda en mis momentos de mayor necesidad, su ejemplo, confianza y apoyo incondicional fueron indispensables para mí.*

***A mis abuelos Agostinho Fernandes y Blanca Rodríguez, a todos mis tíos y primos***

*Por ser almas fuertes y gentiles, siempre dispuestos a brindarme su apoyo y cariño, la idea de honrarlos y enorgullecerlos me motiva a diario. También a Arnold Hernández, Izilda Caldeira, Eladio Gómez y Candinha Fernandes, en honor a sus almas este trabajo de grado, sé que su bendición y cariño me acompañan siempre.*

***A mi familia Pérez Hernández.***

*Por depositar su fe en mí, su apoyo y acogida a lo largo de mi carrera universitaria hace de este logro tanto mío como de ustedes.*

***A mi padrino Adriano Fernández y mi tío Diamantino Fernández***

*Quienes siempre estuvieron ahí para mí, brindándome su apoyo y amor incondicional*

***A mi tutor y compañera de tesis Joel S. Curreri G. y Maria V. Valera P.***

*Por su excelencia académica y calidad humana, fue un honor trabajar a su lado*

***A la familia De Jesús Outumuro***

*Su benevolencia, confianza, apoyo y generosidad me hizo posible alcanzar esta meta.*

***A todos mis compañeros y amigos***

*Que de una u otra forma me han apoyado en los buenos y malos momentos, fue un honor compartir con ustedes este largo camino dentro y fuera de la universidad, gracias por tantos momentos inolvidables*

Atte.: Gabriela A. Hernández F.

## **DEDICATORIA**

***A mi hermana, Maria Gabriela.***

*Por ser mi guía, mi eterna confidente, mi calma, mi mejor amiga y mi mayor motivación. Ser un buen ejemplo para ti siempre me impulsa a hacer las cosas de la mejor manera posible.*

***A mis padres, Wilfredo y Retna.***

*Por estar siempre ahí, celebrando conmigo en las buenas y tendiéndome una mano en las malas. Por sus sabios consejos, por ayudarme a ver la vida con humor y por enseñarme que ser responsable es fundamental para alcanzar las metas que me propongo.*

***A mis abuelos Juan y Julieta, a todos mis tíos y primos.***

*Por su apoyo incondicional, se siempre soñaron con verme cumplir esta meta académica. También a mi abuela Maria y tío Roseliano que, aunque no están físicamente, sé que su bendición me acompaña siempre.*

***A mi tutor, Joel Curreri.***

*Por su paciencia, por creer en nosotras y ayudarnos a convertir este proyecto en realidad.*

***A mi compañera de tesis, Gabriela Hernández.***

*Nada de esto habría sido posible sin tu amistad y ganas de sacar el proyecto adelante. Valió la pena cada traspaso.*

***A todos mis compañeros de promoción y amigos de otros semestres.***

*Porque nos hemos convertido en una familia y me llevo recuerdos de cada uno de ustedes que jamás voy a olvidar.*

***A mis amigos de Guanare y Barquisimeto por su cariño y confianza desde la distancia.***

***A todos los que estuvieron, de alguna manera u otra: Gracias.***

*Atte.: Maria Virginia Valera P.*

## **AGRADECIMIENTOS**

### ***A Dios.***

*Por forjar nuestros caminos en el sendero del bien y bendecirnos con personas tan maravillosas, por ser nuestro eterno acompañante, soporte en la tempestad, guía en la incertidumbre, amigo en la soledad, por llenarnos de fortaleza y esperanza entre tanto caos, gracias por colmarnos de grandes enseñanzas y aspiraciones que servirán como herramientas para seguir alcanzando nuestras metas y ampliando nuestros horizontes. Que todos nuestros trabajos sean siempre para su honra.*

### ***A mi alma mater, Universidad José Antonio Páez.***

*Por brindarnos un espacio para la preparación y desarrollo profesional, por habernos abierto sus puertas a la pasión del saber y habernos obsequiado tantos gratos momentos y vivencias inolvidables con nuestras amistades, compañeros, profesores y futuros colegas.*

### ***A los profesores de la Facultad.***

*Joel C., Alejandro P., Ángel M., Emerly C., Manuel F., Luisana P., Jutzy H., Reynaldo R., Rafael M., Emilio L., Wilfredo N., Oscar G., Alba S., Alicia de P., y demás profesores que incluso no tuvimos el placer de conocer, por su extraordinaria labor con la cual nos enseñaron a crecer y a creer que somos capaces de alcanzar todo lo que nos propongamos, por impartir sus conocimientos, dando lo mejor para preparar personas capacitadas que como ingenieros civiles tengan la capacidad de afrontar situaciones con criterio y profesionalismo, gracias especialmente a nuestro tutor Joel Curreri, por instruirnos y dedicarnos su tiempo, a todos millones de gracias.*

### ***A nuestros compañeros de clase y con orgullo ahora futuros colegas.***

*Por el apoyo en todos los buenos y malos momentos, por los éxitos y los fracasos, los días, hasta semanas de traspasar, preocupación y finalmente de alegría, por el cariño y los recuerdos arraigados en nosotros, por todas las risas y cervezas que compartimos, por ayudarnos a crecer, fue un honor transitar este largo camino juntos.*

*A todos ustedes, nuestros más sinceros agradecimientos...*

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	xviii
RESUMEN.....	xx
INTRODUCCIÓN .....	21
EL PROBLEMA .....	23
1.1.-Planteamiento del problema.....	23
1.2.-Formulación del problema .....	26
1.3.-Objetivos de la investigación .....	27
1.3.1.-Objetivo general .....	27
1.3.2.-Objetivos específicos.....	27
1.4.-Justificación.....	27
1.5.-Alcance y limitaciones .....	28
MARCO TEÓRICO.....	31
2.2-Bases Teóricas.....	33
2.2.1- Fundaciones.....	33
2.2.2 Tipos de fundaciones .....	33
2.2.3 Fundaciones Superficiales .....	33
2.2.4 Fundaciones Profundas.....	34
2.2.5. Zapatas.....	35
2.2.6. Tipos de Zapatas:.....	35
2.2.7. Zapatas Concéntricas .....	37
2.2.8. Zapatas excéntricas .....	38
2.2.9. Factores que determinan el tipo de cimentación.....	38

2.2.9.1 Sistemas Estructurales .....	39
2.2.9.2 Etapas de la selección del tipo de cimentación.....	39
2.2.9.3 Presión del suelo .....	40
2.2.9.4 Teoría de la capacidad de carga última.....	41
2.2.9.5 Capacidad de carga última neta .....	43
2.2.9.6 Límites del suelo.....	43
2.2.9.7 El factor de seguridad .....	43
2.2.10 Elementos que conforman una zapata. ....	44
2.2.10.1 Concreto.....	44
2.2.10.2 Cargas de corta duración .....	45
2.2.10.3 Acero.....	46
2.2.10.4 Acero de refuerzo.....	46
2.2.10.5 Grados y Resistencia.....	46
2.2.10.6 Curvas esfuerzo-deformación unitaria.....	47
2.2.10.7 Refuerzo longitudinal por flexión.....	47
2.2.10.8 Verificación de la conexión columna-zapata y desarrollo del refuerzo.	49
2.2.11 Distribución elástica de la presión del suelo bajo una zapata.....	51
2.2.11.1 Distribuciones del suelo a la presión elástica y plástica .....	53
2.2.11.2 Presiones brutas y netas de suelo.....	55
2.2.11.3 Flexión .....	56
2.2.11.4 Cortante.....	58
2.2.11.5 Cortante unidireccional.....	59
2.2.11.6 Transferencia de Carga de la Columna a la Zapata .....	60

2.2.12 Métodos de diseño estructural: .....	61
2.2.12.1 El diseño elástico: .....	61
2.2.12.2 El diseño por rotura: .....	62
2.3.-Bases legales .....	63
2.4.-Definición de termino básicos.....	64
<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	66
3.1.-Tipo de Investigación .....	66
3.2.-Diseño de la investigación .....	67
3.3.-Nivel de la investigación.....	68
3.4.-Población y muestra .....	69
3.5.-Técnicas e instrumentación de recolección de datos.....	69
3.6.-Fases Metodológicas .....	70
<b>RESULTADOS</b> .....	74
4.1- Ordenamiento de una metodología de diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado. Analizando paso a paso la norma ACI 318-14.....	74
4.2- Generación de hojas de cálculo para el diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado coincidentes con el procedimiento ordenado. ....	86
4.3- Aplicación de diversas herramientas de diseño estructural a distintas zapatas aisladas de concreto reforzado, para obtener los resultados a analizar. ....	95
4.3.1- Diseño estructural empleando hojas de cálculo MDEZA: .....	97
4.3.2- Aplicación de software de cálculo y diseño estructural: .....	98
4.3.2.1- Aplicación de software SAFE:.....	98
4.3.2.2- Aplicación de software IP3-Fundaciones: .....	113
4.3.3- Aplicación de Tablas y ábacos como herramientas de diseño: .....	115

4.3.3.1- Manual para el cálculo de elementos de concreto armado de Eduardo Arnal .....	116
4.3.3.2- Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones de Henrique Arnal .....	117
4.3.3.3- Manual de cálculo práctico y tablas más usuales en concreto armado de Máximo Juarra.....	119
4.3.3.4- Suelo, fundaciones y muros de María Graciela Fratelli.....	119
4.4- Realización de cuadros comparativos de los resultados obtenidos del diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado, utilizando diversas herramientas. ....	120
4.4.1- Comparación de las dimensiones de zapatas concéntricas calculadas con las diferentes herramientas analizadas. ....	123
4.4.2- Comparación de las dimensiones del pedestal de zapatas concéntricas calculadas con las diferentes herramientas analizadas. ....	131
4.4.3- Comparación del espesor de a base de zapatas concéntricas calculadas con las diferentes herramientas analizadas. ....	137
4.4.4- Comparación del área de acero por flexión de zapatas concéntricas calculadas con las diferentes herramientas analizadas.....	143
4.4.5- Comparación de las dimensiones de zapatas excéntricas calculadas con las diferentes herramientas analizadas. ....	149
4.4.6- Comparación de espesor de la base de zapatas excéntricas calculadas con las diferentes herramientas analizadas. ....	154
4.4.7- Comparación de área de acero por flexión de zapatas excéntricas calculadas con las diferentes herramientas analizadas.....	159
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	165
5.1- Conclusiones .....	165

5.2- Recomendaciones.....	169
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	171
APENDICES.....	173
ANEXOS .....	221

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diferentes tipos de fundaciones.....	36
<b>Figura 2.</b> Zapatas aisladas de peralte variable.....	36
<b>Figura 3.</b> Zapatas concéntricas.....	38
<b>Figura 4.</b> Distribuciones de presiones.....	40
<b>Figura 5.</b> Falla por capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación rígida continua rugosa.....	42
<b>Figura 6.</b> Calidades del acero de refuerzo (ASTM).....	47
<b>Figura 7.</b> Sección crítica para el diseño de refuerzo a flexión.....	48
<b>Figura 8.</b> Tipos de anclaje del refuerzo longitudinal en cimientos.....	49
<b>Figura 9.</b> Peralte de la zapata requerido para garantizar el adecuado anclaje del refuerzo de la columna.....	50
<b>Figura 10.</b> Transmisión de las cargas de la columna a la cimentación.....	51
<b>Figura 11.</b> Presiones del suelo bajo una zapata: cargas dentro del núcleo.....	52
<b>Figura 12.</b> Las presiones bajo condiciones de carga excéntrica.....	54
<b>Figura 13.</b> Presión bruta y neta del suelo.....	55
<b>Figura 14.</b> Presión del suelo.....	57
<b>Figura 15.</b> Sección crítica y área tributaria para cortante unidireccional.....	60
<b>Figura 16.</b> Áreas de aplastamiento A1 y A2.....	61
<b>Figura 17.</b> Datos de entrada para zapatas aisladas concéntricas.....	87
<b>Figura 18.</b> Diseño desde el punto de vista del suelo.....	88
<b>Figura 19.</b> Revisión del espesor por corte directo.....	89
<b>Figura 20.</b> Revisión del espesor por punzonado.....	89
<b>Figura 21.</b> Diseño del acero de refuerzo por flexión.....	90
<b>Figura 22.</b> Datos de entrada para zapatas aisladas excéntricas.....	91
<b>Figura 23.</b> Cálculo de la excentricidad.....	91
<b>Figura 24.</b> Diseño desde el punto de vista del suelo.....	92
<b>Figura 25.</b> Diseño desde el punto de vista estructural.....	93

<b>Figura 26.</b> Diseño del acero de refuerzo por flexión.....	94
<b>Figura 27.</b> Modelo de tabla de resultados .....	95
<b>Figura 28.</b> Ventana de iniciación en el software SAFE .....	99
<b>Figura 29.</b> Ventana de introducción de datos de la zapata.....	99
<b>Figura 30.</b> Modelo de zapata en 2D .....	100
<b>Figura 31.</b> Ventana de definición de materiales en SAFE .....	100
<b>Figura 32.</b> Ventana de propiedades del material .....	101
<b>Figura 33.</b> Ubicación de la opción "Slab Properties" en la pestaña "Define" en SAFE .....	101
<b>Figura 34.</b> Ventana de propiedades de la zapata en SAFE. ....	102
<b>Figura 35.</b> Ventana de barras de refuerzo en SAFE.....	102
<b>Figura 36.</b> Ventana de propiedades del suelo.....	103
<b>Figura 37.</b> Ubicación de la opción de patrones de carga en la pestaña "Define".	103
<b>Figura 38.</b> Ventana de patrones de carga en SAFE.....	104
<b>Figura 39.</b> Ventana de combinaciones de diseño por defecto en SAFE .....	104
<b>Figura 40.</b> Ventana de opciones de visualización en SAFE.....	105
<b>Figura 41.</b> Strips con dimensiones iguales a la zapata modelada .....	106
<b>Figura 42.</b> Ventana de diseño de preferencias en SAFE .....	106
<b>Figura 43.</b> Ubicación de la opción correr el modelo en barra de herramientas....	107
<b>Figura 44.</b> Diagrama de colores de la deformada de sistema de fundación modelado .....	107
<b>Figura 45.</b> Menú de la pestaña "Display" en SAFE .....	108
<b>Figura 46.</b> Ventana de opciones de visualización de a deformada.....	108
<b>Figura 47.</b> Ventana de visualización de reacciones por combinaciones de carga	109
<b>Figura 48.</b> Ventana de visualización de esfuerzos en SAFE.....	110
<b>Figura 49.</b> Diagrama de momento en la capa A.....	110
<b>Figura 50.</b> Diagrama de corte en la capa A .....	110
<b>Figura 51.</b> Revisión de corte por punzonado en SAFE .....	111

<b>Figura 52.</b> Ventana de diseño el acero de refuerzo de la zapata en SAFE.....	111
<b>Figura 53.</b> Diagrama de área total de refuerzo por franja de diseño A. ....	112
<b>Figura 54.</b> Diagrama de número de barras por franja de diseño A .....	112
<b>Figura 55.</b> Demostración de espaciamiento mínimo optimo por iteración en SAFE. .....	113
<b>Figura 56.</b> Datos generales de diseño en IP3 .....	113
<b>Figura 57.</b> Datos generales de la zapata en IP3.....	114
<b>Figura 58.</b> Resultados en IP3 .....	115
<b>Figura 59.</b> Modelo de lectura de una tabla de Eduardo Arnal.....	116
<b>Figura 60.</b> Modelo de lectura de un ábaco de Eduardo Arnal.....	116
<b>Figura 61.</b> Modelo de la lectura de una tabla de Henrique Arnal .....	117
<b>Figura 62.</b> Modelo de la lectura de un ábaco de Henrique Arnal.....	118
<b>Figura 63.</b> Modelo de la lectura de una tabla de Máximo Juarra.....	119
<b>Figura 64.</b> Modelo de la lectura de una tabla de María Graciela Fratelli.....	120

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Leyenda de figuras para flujogramas. ....	71
<b>Cuadro 2.</b> Variables de la metodología de diseño de cada herramienta. ....	122
<b>Cuadro 3.</b> Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas, qadm: 1,00 .	123
<b>Cuadro 4.</b> Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas, qadm;1.50 ..	125
<b>Cuadro 5.</b> Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas, qadm:2,00 ..	126
<b>Cuadro 6.</b> Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas, qadm:2.50 ..	128
<b>Cuadro 7.</b> Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas, qadm: 1,00 .	129
<b>Cuadro 8.</b> Resumen de la comparación de las dimensiones de zapatas concéntricas. .....	130
<b>Cuadro 9.</b> Resultados del pedestal de zapatas concéntricas, qadm: 1,00.....	132
<b>Cuadro 10.</b> Resultados del pedestal de zapatas concéntricas, qadm: 1,50.....	133
<b>Cuadro 11.</b> Resultados del pedestal de zapatas concéntricas, qadm:2,00.....	134
<b>Cuadro 12.</b> Resultados del pedestal de zapatas concéntricas, qadm: 2.50.....	135
<b>Cuadro 13.</b> Resultados del pedestal de zapatas concéntricas, qadm:3,00.....	136
<b>Cuadro 14.</b> Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:1,00 .....	137
<b>Cuadro 15.</b> Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:1.50 .....	138
<b>Cuadro 16.</b> Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:2,00 .....	139
<b>Cuadro 17.</b> Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:2,50 .....	141
<b>Cuadro 18.</b> Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:3,00 .....	142
<b>Cuadro 19.</b> Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:1,00....	143
<b>Cuadro 20.</b> Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:1,50....	144
<b>Cuadro 21.</b> Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:2,00....	145

<b>Cuadro 22.</b>	Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:2,50....	146
<b>Cuadro 23.</b>	Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:3,00....	147
<b>Cuadro 24.</b>	Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas, qadm: 1,00 .	149
<b>Cuadro 25.</b>	Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas, qadm:1,50 ..	150
<b>Cuadro 26.</b>	Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas, qadm: 2,00 .	151
<b>Cuadro 27.</b>	Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas, qadm: 2,50 .	152
<b>Cuadro 28.</b>	Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas, qadm:3,00 ..	153
<b>Cuadro 29.</b>	Resultados de los espesores de zatas excéntricas, qadm: 1,00.....	154
<b>Cuadro 30.</b>	Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm: 1,50 .....	156
<b>Cuadro 31.</b>	Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm:2,00.....	157
<b>Cuadro 32.</b>	Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm:2,50.....	158
<b>Cuadro 33.</b>	Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm:3,00.....	159
<b>Cuadro 34.</b>	Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm: 1,00.....	160
<b>Cuadro 35.</b>	Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:1,50.....	161
<b>Cuadro 36.</b>	Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:2,00.....	161
<b>Cuadro 37.</b>	Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:2,50.....	162
<b>Cuadro 38.</b>	Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:3,00.....	163

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1.</b> Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas, qadm:1,00...	123
<b>Gráfica 2.</b> Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas, qadm:1,50...	124
<b>Gráfica 3.</b> Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas, qadm:2,00...	126
<b>Gráfica 4.</b> Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas, qadm:2,50...	127
<b>Gráfica 5.</b> Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas, qadm:3,00...	129
<b>Gráfica 6.</b> Resultados de los pedestales de zapatas concéntricas, qadm:1,00.....	132
<b>Gráfica 7.</b> Resultados de los pedestales de zapatas concéntricas, qadm:1,50.....	133
<b>Gráfica 8.</b> Resultados de los pedestales de zapatas concéntricas, qadm:2,00.....	134
<b>Gráfica 9.</b> Resultados de los pedestales de zapatas concéntricas, qadm:2,50.....	135
<b>Gráfica 10.</b> Resultados de los pedestales de zapatas concéntricas, qadm:3,00....	136
<b>Gráfica 11.</b> Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:1,00 .....	137
<b>Gráfica 12.</b> Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:1,50 .....	138
<b>Gráfica 13.</b> Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:2,00 .....	139
<b>Gráfica 14.</b> Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:2,50 .....	140
<b>Gráfica 15.</b> Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:3,00 .....	142
<b>Gráfica 16.</b> Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:1,00....	143
<b>Gráfica 17.</b> Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:1,50....	144
<b>Gráfica 18.</b> Resultado del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:2,00 .....	145
<b>Gráfica 19.</b> Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:2,50....	146
<b>Gráfica 20.</b> Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:3,00....	147
<b>Gráfica 21.</b> Resultados de las herramientas de zapatas excéntricas, qadm:1,00..	149
<b>Gráfica 22.</b> Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas, qadm:1,50...	150

<b>Gráfica 23.</b>	Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas, qadm:2,00...	151
<b>Gráfica 24.</b>	Resultado de las dimensiones de zapatas excéntricas, qadm:2,50 ....	152
<b>Gráfica 25.</b>	Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas, qadm:3,00...	153
<b>Gráfica 26.</b>	Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm:1,00 .....	154
<b>Gráfica 27.</b>	Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm:1,50 .....	155
<b>Gráfica 28.</b>	Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm:2,00 .....	156
<b>Gráfica 29.</b>	Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm:2,50 .....	157
<b>Gráfica 30.</b>	Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm:3,00 .....	158
<b>Gráfica 31.</b>	Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:1,00.....	159
<b>Gráfica 32.</b>	Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:1,50.....	160
<b>Gráfica 33.</b>	Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:2,00.....	161
<b>Gráfica 34.</b>	Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:2,50.....	162
<b>Gráfica 35.</b>	Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:3,00.....	163



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE ZAPATAS  
AISLADAS DE CONCRETO REFORZADO UTILIZANDO DIVERSAS  
HERRAMIENTAS DE DISEÑO**

**Autores:** Hernández Gabriela y Valera María

**Tutor:** Ing. Joel Curreri

**Fecha:** enero 2019

**RESUMEN**

Debido a los avances de la ingeniería y el desarrollo tecnológico, actualmente existe una gran gama de herramientas útiles para el cálculo y diseño de sistemas estructurales; consecuentemente se ha generado una aparente carencia de unificación en los criterios y procedimientos implementados por cada herramienta, es por este motivo que se plantea el desarrollo de un análisis comparativo de diversas herramientas para el cálculo estructural de fundaciones directas concéntricas y excéntricas, con el propósito de evaluar los resultados obtenidos de los procedimientos que se aplicaron en el estudio. Para el desarrollo de la investigación se requirió puntualizar las herramientas y metodología implementada conforme a todos los lineamientos teóricos que fueron consignados en las bibliografías, como normas, el código normativo ACI 318-14, el documento técnico Fondonorma 1753-06 y la norma nacional Covenin 1753-2006, para la implementación de dichas normas como fuentes bibliográficas y bases legales, con la finalidad de ordenar un procedimiento manual para el diseño estructural de zapatas aisladas, así mismo, se analizaron los resultados obtenidos del caso estudio, mediante la realización de cuadros comparativos, con el propósito de evidenciar las similitudes y disconformidades que se presentaron en el análisis, comparación de las herramientas aplicadas y a su vez alcanzar una aparente unificación de dichas herramientas. El nivel de la investigación fue de carácter exploratorio y descriptivo en función a los objetivos específicos que se plantearon en este trabajo, y finalmente, el diseño de la investigación fue documental, debido a la suma de los documentos tomados en cuenta para la realización de la investigación.

**Descriptor:** Análisis comparativo, Diseño Estructural, Zapatas Aisladas

## INTRODUCCIÓN

Uno de los primeros pasos que resulta indispensable para la ejecución de todas las obras civiles es la colocación de los cimientos de una construcción, este es el nombre que recibe el conjunto de elementos colocados en el terreno sobre los que se asienta la estructura. En otras palabras, es aquella parte de la estructura que tiene como función transmitir en forma adecuada las cargas de la estructura al suelo y brindar a la misma un sistema de apoyo estable. La fundación estará bien diseñada si cumple adecuadamente con su doble función, estabilidad y resistencia, controlando dos estados límites a saber, las condiciones de servicio y las condiciones de falla por resistencia, a estas dos condiciones de falla se les llama estados límites, porque ambas determinan si una fundación sirve o no. Como bien lo dice la frase “una mala o pobre cimentación es un augurio de un futuro poco promisorio para toda la estructura”, una buena construcción dependerá, como primera medida, de buenos cimientos ya que estos son la base de toda construcción.

En la actualidad la industria de la construcción se encuentra en una veloz y constante evolución, por tal razón, los materiales de construcción no son la excepción y se van actualizando para suplir las diferentes necesidades que se presentan al transcurrir del tiempo. Siguiendo este orden de ideas, es por eso que previo a la elaboración de cualquier obra civil se precisa destacar la importancia del cálculo estructural para lograr brindar mayor seguridad, eficiencia y lucro, tanto para los clientes de los proyectos, como para los proyectistas e ingenieros. Dicho estudio, previo a las construcciones, es uno de los pilares fundamentales que asegura el soporte y mantiene estable de una edificación, durante el proceso del cálculo estructural, se analizan una serie de factores claves a la hora de construir, como por ejemplo el esfuerzo admisible del suelo sobre el cual se construirá, la función de la obra y consecuentemente las cargas permanentes y variables a las que estará sometida la misma, entre otros. De un buen estudio depende una buena decisión en cuanto a materiales, cantidad de espacio a ocupar y un pertinente diseño de fundaciones.

En Venezuela se cuenta con instituciones encargadas de realizar estudios de investigación sobre aquellos requisitos y lineamientos que se deben seguir en materia de diseño estructural a fin de controlar y determinar, cuáles son los basamentos legales del ingeniero calculista y del ingeniero residente de una obra para la prevención de fallas y colapsos en las estructuras. Existe una cantidad de normativas que se utilizan para distintos objetivos referentes a la industria de la construcción y para el diseño de fundaciones directas, a nivel nacional en Venezuela se utiliza un documento técnico denominado Fondonorma 1753-06 titulado “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”. Sin embargo, de igual manera existen códigos normativos internacionales que cubren los mismos objetivos, tal y como lo es el código titulado “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural” publicado por el American Concrete Institute (ACI 318-14).

No obstante gracias a los avances de la tecnología, actualmente se cuenta con una amplia disponibilidad de herramientas y programas que realizan el análisis y diseño de una gran cantidad de estructuras y sistemas estructurales, siendo éstas, herramientas muy útiles y prácticas entre las cuales se pueden encontrar desde las más conservadoras extraídas de bibliografías como lo son los ábacos y diversas herramientas del cálculo y diseño estructural, hasta herramientas programadas desde las más elementales que son los procedimientos manuales, hojas de cálculo en Excel diseñadas por ingenieros, hasta inclusive las más sofisticadas como lo son los software de cálculo y diseño estructural. En función a esto, el actual proyecto busca contrastar los resultados del diseño estructural de zapatas aisladas concéntricas y excéntricas, con una carga axial y momento flector, obtenidos por la aplicación de procedimientos manuales, software de cálculo y herramientas de diseño tales como ábacos, todo esto en concordancia con las normas antes mencionadas.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1.-Planteamiento del problema**

La estructura es y ha sido siempre un componente esencial de la Arquitectura y la Ingeniería Civil, son precisamente el Ingeniero y el Arquitecto quienes, durante el proceso de diseño, deben crear o inventar la estructura y darle proporciones correctas. Para lograr este objetivo deben seguir el camino intuitivo y el científico, tratando de lograr una combinación armónica entre la intuición personal y la ciencia estructural. El diseño es un proceso creativo mediante el cual se definen las características de un sistema de manera tal que cumpla, en forma óptima, con sus objetivos.

El objetivo de un sistema estructural es equilibrar las fuerzas a las que va a estar sometido, y resistir las solicitaciones sin colapso o mal comportamiento. La bondad del diseño depende esencialmente del acierto que se haya tenido al componer un sistema estructural, o mecanismo resistente, que resulte el más idóneo para resistir las acciones exteriores. Se toma en consideración, cuando se diseña una estructura, los cálculos de las resistencias de cada una de sus partes y cómo estará distribuido el peso total de todo el edificio, así como los materiales adecuados para su construcción, es por eso por lo que antes de la construcción de una estructura se deben de tomar en cuenta un sin número de aspectos técnicos y prepararla de acuerdo con las situaciones a las cuales puede estar sometida.

Para que una estructura ofrezca seguridad y comportamiento razonable, ha de contar con una cimentación adecuada. Aunque la cimentación es algo que no llama la atención y pasa inadvertida por los usuarios de la estructura, la organización de sus elementos básicos y el estudio de cada una de sus partes suele exigir del ingeniero o proyectista la mayor destreza y el mejor criterio del que normalmente se necesita para realizar el proyecto.

Es por eso por lo que en líneas generales se puede definir “Fundación” como un elemento más de la estructura cuya función es la trasmisión de esfuerzos al terreno generado por las cargas exteriores aplicadas a la estructura. Landa (1998)

La ingeniería en fundaciones puede ser determinada como el arte de seleccionar, diseñar y construir estos elementos estructurales, en esta rama de la ingeniería se pueden encontrar diversos tipos de fundaciones donde su elección depende de varios factores como la función de la estructura, el tipo de esta, las cargas a ser soportadas, el tiempo destinado a la construcción de las fundaciones y el costo relativo de las fundaciones con relación al total de la obra. Así como también de las características del terreno, como su cohesión, la posición del nivel freático, su ángulo de rozamiento interno, y de la magnitud de las cargas existentes.

#### Tipos de fundaciones

Terzaghi (1943) clasificó las fundaciones en superficiales y profundas, de acuerdo con la profundidad de desplante “Df”. Las superficiales son aquellas en que la

3. La fundación no debe sufrir asentamientos o deflexiones de tal magnitud que cause daños a la superestructura o comprometa la utilidad de la obra.

El ingeniero en fundaciones debe asegurar que estas cumplan a cabalidad y frente a ello se encuentra con una amplia gama de fundaciones a seleccionar basado en su criterio y conocimientos previos en el estudio, pero debido a limitaciones de diversa índole, este proyecto de investigación se enfoca, en principio, a fundaciones superficiales aisladas

Según Fratelli (1993) se designa como fundaciones superficiales o directas a las que se apoyan en toda el área de la base sobre el terreno en un estrato no mayor a 5m de profundidad y donde el suelo ofrezca la suficiente capacidad portante para soportar las cargas impuestas por la superestructura, con moderados asentamientos.

Dentro de la gama de fundaciones superficiales principalmente se encuentran las siguientes:

1. Zapatas aisladas: son las más sencillas y económicas de todas las fundaciones y sirven para soportar columnas individuales. Sus dimensiones en planta son generalmente iguales (zapatas cuadradas) o casi iguales (rectangulares)
2. Las zapatas cambiadas pueden soportar dos o más columnas ubicadas en un eje de una edificación. Generalmente se usan para resolver problemas de grandes excentricidades en columnas situadas muy cerca de un lindero.
3. Las zapatas continuas sirven de fundación de paredes de carga o muros de contención de tierras y una de sus dimensiones en planta es muchas veces mayor que la otra

En su mayoría las fundaciones superficiales se construyen de concreto armado con ciertas excepciones. La principal característica de las fundaciones aisladas es que resultan del ensanchamiento del extremo inferior de las columnas o pedestales en el plano de apoyo sobre el suelo de modo de disminuir la magnitud de las presiones de contacto con este y asegurar la estabilidad de la superestructura

En la literatura se pueden encontrar distintos métodos de diseño para la valoración de los puntos de comparación que se precisan para el cálculo de fundaciones

superficiales aisladas o de otro tipo. Pasando por los métodos analíticos, que pretenden simular, mediante una formulación matemática los diferentes factores que intervienen en el proceso; hasta los métodos físicos, tipo pruebas de carga, que permiten relacionar el desplazamiento vertical de la estructura de cimentación a medida que esta es cargada, para así establecer valores máximos de capacidad de carga y asentamientos. Más aún, dentro de los métodos de orden empírico-analíticos, los cuales son implementados en herramientas computacionales y cuyas bases teóricas se centran en establecer tipologías geométricas de falla (deducidas por observación) en función de las características del suelo y la cimentación; se puede apreciar la gran gama de metodologías de diseño disponibles y de la gran variabilidad de resultados a obtener pero aparentemente no existe una unificación de estos criterios de análisis y diseño que permita una comparación para determinar resultados más confiables y precisos.

De acuerdo a lo anteriormente planteado, la investigación se postula como un análisis comparativo entre las diversas herramientas empleadas comúnmente para el diseño de fundaciones directas concéntricas como softwares de análisis y dimensionamiento, procedimientos manuales, hojas de cálculo y tablas de diseño expuestas en la literatura empleada, de las cuales se trabajará puntualmente el tipo zapatas aisladas, arrojando como resultado un cuadro comparativo que refleje los resultados obtenidos por estos métodos con la finalidad determinar si existen diferencias congruentes entre ellos, lagunas de información, y finalmente con el propósito de unificar estas herramientas para garantizar su confiabilidad.

## **1.2.-Formulación del problema**

En concordancia a lo expuesto con anterioridad, se plantea la siguiente interrogante ¿Cuáles serían las diferencias al diseñar zapatas aisladas de concreto reforzado con diversas herramientas que estén en función a normativas nacionales e internacionales?

### **1.3.-Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1.-Objetivo general**

Comparar el diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado utilizando diversas herramientas de diseño.

#### **1.3.2.-Objetivos específicos**

Ordenar una metodología de diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado en conformidad a la norma ACI 318-14.

Generar hojas de cálculo para el diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado según la norma ACI 318-14.

Aplicar diversas herramientas de diseño estructural a distintas zapatas aisladas de concreto reforzado, para obtener los resultados a analizar.

Realizar cuadros comparativos de los resultados obtenidos del diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado utilizando diversas herramientas.

### **1.4.-Justificación**

En los últimos tiempos los avances tecnológicos referentes a la educación e ingeniería se han visto revolucionados con la aplicación de métodos innovadores, el auge en desarrollo de softwares y programas dedicados al cálculo. Con la necesidad de optimización en tiempo y precisión de los cálculos estructurales, se ha vuelto indispensable la implementación de herramientas útiles y de fácil acceso para los calculistas, tal como lo son las tablas tabuladas, ábacos, hojas de cálculo programadas, softwares aplicados al cálculo diseño y simulación, entre otros, especialmente elaborados o manipulados para el diseño estructural de fundaciones directas concéntricas y excéntricas.

En la actualidad existe gran variedad de las herramientas antes mencionadas y cada día se actualizan, así como también constantemente se diseñan nuevos métodos y programas, por consecuencia también existe una aparente carencia de unificación en

los criterios y procedimientos que las mismas herramientas aplican para el cálculo estructural de zapatas aisladas.

Un aporte importante para la comunidad de ingenieros civiles, estudiantes y profesionales de la industria de la construcción en Venezuela y el mundo, es la unificación de las herramientas y métodos empleados para el cálculo estructural de zapatas aisladas, a través de un análisis comparativo de las herramientas más convenientes y utilizadas.

La finalidad principal de la realización de un análisis comparativo del diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado utilizando diversas herramientas de diseño, es garantizar la fiabilidad y unificación de estas herramientas, de forma tal que sea posible determinar si alguna herramienta presenta lagunas de información en un caso determinado y a su vez proporcionar la confiabilidad en la precisión de los cálculos que se obtienen mediante la aplicación de cualquiera de estas herramientas, sea para uso académico de los estudiantes de la Universidad José Antonio Páez u otra universidad, así como también para su aplicación profesional en el campo laboral a nivel mundial por ingenieros civiles y demás profesionales de la industria.

Así mismo, la implementación de los cuadros comparativos de resultados del diseño estructural de zapatas aisladas en el campo laboral proporcionará la obtención de beneficios tangibles e intangibles, puesto que facilitará la selección de la herramienta más apropiada para el diseño que se precise realizar, mejorando el desempeño de los proyectistas y de esta forma, produciendo beneficios tanto económicos como cronológicos por la aplicación de esta investigación.

### **1.5.-Alcance y limitaciones**

Este proyecto de investigación se basa en la elaboración de un análisis comparativo del diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado aplicando diversas herramientas de diseño, entre las cuales se analizó una metodología manual desarrollada en Excel denominada MDEZA, software de cálculo y ábacos de diseño con el objetivo de obtener tablas comparativas de resultados.

La tipología utilizada se limitó exclusivamente al análisis y diseño estructural de zapatas aisladas cuadradas tanto concéntrica, sometidas a una carga puntual definida entre el rango de 20 a 150 toneladas, como excéntricas sometidas al mismo rango de cargas axiales más sus respectivos momentos flectores en un sentido, determinados como el 15% de la carga axial, cabe destacar que la investigación está limitada solo al análisis de la excentricidad producida por momento aplicado excluyendo del alcance la excentricidad geométrica y el cálculo estructural se restringe únicamente al caso donde la excentricidad se encuentra ubicada en el tercio medio de la fundación.

Hecha la observación anterior, se ordenó un procedimiento manual para el diseño de zapatas aisladas, conforme a las normas antes mencionadas y a partir de dicho procedimiento se creó la herramienta MDEZA en el programa de hojas de cálculo Microsoft Excel, formuladas con los requerimientos correspondientes para la comparación del diseño estructural de la familia de zapatas producto de las solicitaciones previamente delimitadas y asignadas estratégicamente con presiones admisibles del terreno constantes entre 1 y 3 .

En este mismo orden y dirección es importante resaltar que estos rangos fueron estudiados y selectos con el fin de adaptarse a la mayor cantidad de herramientas disponibles y por limitaciones de recursos también se definieron variables de diseño fijas entre las que se encuentran el peso del concreto de 2400 su resistencia de 200 la resistencia del acero de 4200 la profundidad de desplante de 1,5m. A su vez en esta investigación queda exonerado todo lo referente a los estudios de suelos, factibilidad, gerenciales y económicos, es decir se limita exclusivamente al análisis estructural.

Posteriormente se extrajeron de las bibliografías consultadas una serie de ábacos también conocidos como nomogramas y tablas tabuladas como herramientas de diseño que puedan ser aplicadas para la comparación. Por limitantes de tiempo y recursos solo se trabajó con la cantidad de ábacos que se consideraron más

convenientes para el análisis comparativo y escapa del estudio de esta investigación todo lo referente a la actualización de dichos nomogramas.

Finalmente se analizaron los resultados obtenidos de la aplicación del diseño estructural a las diversas herramientas mediante la realización de un cuadro comparativo. Cabe destacar que queda exonerado de este trabajo de grado el análisis del diseño de fundaciones directas que no sean zapatas aisladas y de igual forma también se exonera el análisis del diseño estructural de cimentaciones profundas.

Siguiendo este orden de ideas, cabe acotar que por las limitantes tanto de espacio como de tiempo y demás recursos influyentes, en el presente trabajo solo se realizará el diseño estructural mediante los softwares de cálculo conocidos como IP3 Fundaciones y SAFE, los ábacos antes expuestos y las hojas de cálculo de Excel que se generaron (MDEZA), a la cantidad de 20 zapatas aisladas concéntrica y 20 excéntricas presentes en el caso estudio con las características previamente delimitadas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

El marco teórico se realiza con la finalidad de conocer todas las teorías y basamentos legales, para, de esta manera ampliar los conocimientos de forma breve con el objetivo de orientar la forma en la que se realizará el estudio. Según Hernández, Fernández y Baptista (1991, p. 50):

“Al construir el marco teórico, debemos centrarnos en el problema de investigación que nos ocupa sin divagar en otros temas ajenos al estudio. Un buen marco teórico no es aquel que contiene muchas páginas, sino el que trata con profundidad únicamente los aspectos relacionados con el problema, y vincula lógicamente y coherentemente los conceptos y proposiciones existentes en estudios anteriores.”

#### **2.1.- Antecedentes**

Rodríguez Abel (2015), en su trabajo de grado desarrollado para optar por el título de ingeniero civil, titulado “**Análisis comparativo del diseño de zapatas aisladas y combinadas rectangulares por flexión uniaxial y biaxial con programa computacional elaborado y SAFE**”, realizado en la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú, Escuela Académico Profesional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, el cual trata sobre el diseño de un análisis comparativo de zapatas aisladas y combinadas rectangulares por flexión uniaxial y biaxial mediante el uso de software de cálculo como SAFE y un programa computacional elaborado llamado DIZEI realizado bajo la plataforma del lenguaje de programación Visual Studio 2013, se proponen dos tipos de diseños de zapatas donde cada uno de estos es abordado desde el dimensionamiento hasta el diseño de refuerzo y se pudo concluir que el programa DIZEI obtuvo resultados que difieren en un cinco por ciento comparado con el programa reconocido SAFE.

Como aporte a esta investigación, el trabajo de grado brinda estudios sobre los parámetros presentes en los elementos de diseño de herramientas de cálculo de

fundaciones y uso de programas computacionales para su diseño y cálculo, del mismo modo contribuye información de interés puesto que su enfoque va relacionado en parte al diseño de fundaciones aisladas.

Así mismo, Rosario Enrique (2012), en su tesis de grado desarrollada para optar por el título de ingeniero civil titulada “**Manual técnico constructivo de fundaciones directas aisladas y conectadas**”, realizada en la Universidad José Antonio Páez, Carabobo, Venezuela.

De forma general, trata del aporte de un manual técnico que sintetiza los distintos sistemas constructivos de diseño de fundaciones aisladas y conectadas presentes en bibliografías de diseño de fundaciones, con el fin de contribuir con una herramienta de trabajo de campo en la construcción y el diseño de estas. El manual genera una metodología para la realización de un instrumento que agrupe herramientas de diseño previamente analizadas de textos enfocados en fundaciones aisladas.

Por último, Buroz Juan y Puglia Kelly (2007) en su tesis de grado desarrollada para optar por el título de ingeniero civil titulada “**Elaboración de manual para uso del programa SAP2000-v11 para fines docentes**”, Ejecutada en la Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

El enfoque del mencionado proyecto se enmarco en desarrollar una guía de aplicación del programa SAP2000 sistematizando sus herramientas y opciones paso a paso de forma explícita para que el usuario tenga las herramientas necesarias para comparar y analizar los resultados arrojados del diseño asistido por el computador con los derivados analíticamente, así como también, desarrollar un manual dirigido a la solución de casos específicos que con frecuencia se presentan en el diseño estructural.

Como aporte a esta investigación, la tesis mencionada brinda una introducción a los softwares de cálculo estructural basado en elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, específicamente el programa SAP2000 en su versión v11 cuya interfaz es similar a la de otros softwares de cálculo, como ejemplo se puede expresar ETABS. Con esta contribución se pudo obtener nociones e introducción teórica sobre los elementos constructivos de un menú y barra de herramientas de este tipo de

programas, análisis y diseño de una estructura tridimensional para distintos tipos de cargas entre otras cosas que serán aplicadas en el diseño de zapatas caso estudio.

## **2.2-Bases Teóricas**

### **2.2.1- Fundaciones**

Según Fratelli (1993): La función de una fundación es la de transmitir al suelo todas las cargas que impone la superestructura de una construcción. La forma como se realiza esta transferencia depende de una gran diversidad de parámetros, entre los cuales se pueden mencionar:

La capacidad portante del suelo de fundación.

La profundidad en la cual se ubica la base.

El tipo y magnitud de las cargas impuestas.

Las propiedades elásticas del suelo.

La rigidez y tamaño de la fundación.

El comportamiento de la superestructura.

La presencia del nivel freático.

### **2.2.2 Tipos de fundaciones**

Los diferentes tipos de fundaciones se clasifican desde el punto de vista constructivo en dos tipos, de acuerdo con la profundidad de desplante, que es la profundidad de contacto entre estructura y suelo se dividen en:

Fundaciones Superficiales (Desde 0.5 m hasta 4 metros de profundidad).

Fundaciones Profundas. (Desde los 4 m hasta 40 m metros de profundidad).

(José Calavera, 2000).

### **2.2.3 Fundaciones Superficiales**

Una fundación o cimentación superficial es un elemento estructural cuyas secciones transversales de dimensiones grandes con respecto a la altura y cuya función es trasladar las cargas de una edificación a profundidades relativamente cortas, menores de 4 m aproximadamente con respecto al nivel de la superficie natural de un terreno o de un sótano. En una cimentación superficial la reacción del suelo equilibra

la fuerza transmitida por la estructura. Esta reacción de fuerzas, que no tiene un patrón determinado de distribución, se realiza en la interface entre el suelo y la sección transversal de la cimentación que está en contacto con él. En este caso, el estado de esfuerzos laterales no reviste mayor importancia. En consecuencia, el comportamiento estructural, de una cimentación superficial tiene las características de una viga o de una placa. Las cimentaciones superficiales, según su función, pueden ser de varios tipos: zapata aislada, zapata combinada, zapata corrida o losa de cimentación. (Luis Garza Vásquez, 2000).

#### **2.2.4 Fundaciones Profundas**

Una fundación o cimentación profunda, es una estructura cuya sección transversal es pequeña con respecto a la altura y cuya función es trasladar las cargas de una edificación a profundidades comprendidas aproximadamente entre 4 m y 40 m. A diferencia de las cimentaciones superficiales, en una cimentación profunda, no solamente se presentan reacciones de compresión en el extremo inferior del elemento sino también laterales. En efecto, la cimentación profunda puede estar sometida a momentos y fuerzas horizontales, en cuyo caso, no solo se desarrollará una distribución de esfuerzos en el extremo inferior del elemento, sino también lateralmente, de modo que se equilibren las fuerzas aplicadas. En consecuencia, el comportamiento estructural de una cimentación profunda se asimila al de una columna. Las cimentaciones profundas pueden ser de dos tipos: Pilotes o pilas. Los pilotes, que tienen máximo un diámetro del orden de 0.80 m, son comparativamente más flexibles que las pilas cuyo diámetro es superior a los 0.80 m. La respuesta frente a sollicitaciones tipo sismo o carga vertical es diferente en cada una de estas dos estructuras. Por las limitaciones de carga de un pilote individual, frecuentemente es necesario utilizar varios elementos para un mismo apoyo de la estructura, este es caso de una zapata aislada apoyada en varios pilotes. En otros casos, la situación puede ser aún más compleja: zapatas combinadas o losas de cimentación apoyadas en varios pilotes. (Luis Garza Vásquez, 2000). Cuando se utilizan pilas como sistema de cimentación, generalmente se emplea un elemento por apoyo. Las pilas están asociadas a cargas muy altas, a condiciones del

suelo superficialmente desfavorables y a condiciones aceptables en los estratos profundos del suelo, a donde se transmitirán las cargas de la estructura. (Garza Vásquez, 2000).

### **2.2.5. Zapatas**

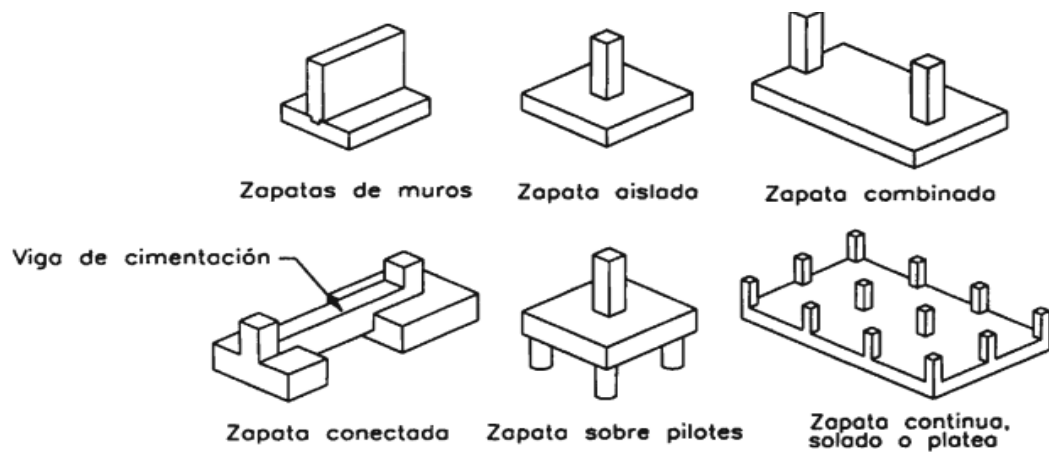
Las zapatas son elementos estructurales que se usan para soportar columnas y muros, para transmitir sus cargas al suelo subyacente. El concreto reforzado es un material muy adecuado para las zapatas y se usa así en edificios de concreto reforzado, de acero estructural, en puentes, en torres y en otras estructuras. Los esfuerzos de compresión en los muros y las columnas de una estructura ordinaria pueden llegar a ser de varios cientos de toneladas por metro cuadrado. Por lo tanto, es necesario repartir esas cargas sobre las suficientes áreas de suelo como para que éste soporte las cargas con seguridad. No sólo es deseable transferir las cargas de la superestructura al suelo subyacente en forma tal que no se generen asentamientos excesivos ( ) diferenciales y rotaciones, sino que también es necesario proporcionar la suficiente resistencia al deslizamiento y al volteo. Para lograr estos objetivos, es necesario transmitir las cargas soportadas a un suelo de suficiente resistencia y luego repartirlas sobre un área tal que la presión unitaria quede dentro de un rango razonable de esfuerzos permisibles. Si no es posible excavar a una pequeña profundidad y encontrar un suelo satisfactorio, será necesario usar el tipo de cimentaciones profundas. (McCormac, 2011)

### **2.2.6. Tipos de Zapatas:**

Según Harmse, (2002): El tipo de zapata apropiada para cada situación depende de varios factores entre los cuales se tiene:

1. La resistencia y compresibilidad de los estratos del suelo.
2. La magnitud de las cargas de las columnas.
3. La ubicación de la capa freática.
4. La profundidad de cimentación de las edificaciones vecinas.

En la figura 1 se muestran los diferentes tipos de zapatas: zapata de muro o corrida, zapata aislada, zapata combinada, zapata conectada, zapata sobre pilotes y zapatas continuas, solados o plateas.



**Figura 1.** Diferentes tipos de fundaciones

Fuente: Harmse Teodoro(2002)

### Zapatas Aisladas

Las zapatas aisladas son losas rectangulares o cuadradas que sirven de apoyo a columnas. Tienen un peralte efectivo mínimo en los bordes de 15 cm y el mismo puede ser constante o variable, disminuyendo hacia los bordes. También pueden ser escalonadas como la presentada en la figura 2.



**Figura 2.** Zapatas aisladas de peralte variable

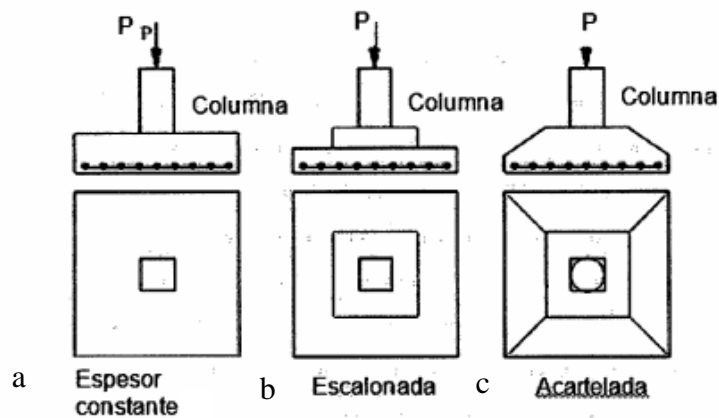
Fuente: Harmse Teodoro (2002)

Las zapatas aisladas pueden ser de concreto simple o de concreto armado, sin embargo las zapatas de concreto simple no deben ser empleadas sobre pilotes ni en zonas sísmicas, a diferencia de las de concreto armado, estas son el tipo de fundación más usual, pues son las más económicas. La columna puede ser centrada o excéntrica, aunque el primer caso es el más común. Si la cimentación se ubica en el límite de propiedad, la excentricidad de las cargas aplicadas puede ser tan elevada que la capacidad portante del suelo es superada. En estos casos se hace uso de las zapatas

conectadas o combinadas las cuales se presentan en las secciones siguientes. (Harmse, 2002).

### **2.2.7. Zapatas Concéntricas**

Son aquellas en las que la carga que transmite la columna coincide con el centroide de la zapata; y además son de carácter puntual, generalmente están constituidas por dados de concreto de planta cuadrada. Se utilizan zapatas rectangulares cuando las restricciones de espacio obligan a esta selección o si la columna tiene una sección transversal rectangular bastante alargada. En su forma más simple consta de una losa sencilla (ver figura 3 a.) Otro tipo es el que aparece en la figura 3 (b), donde se interpone un pedestal o dado entre la columna y la losa de la zapata; el pedestal proporciona una transferencia de carga más favorable y en muchos casos se requiere con el fin de suministrar la longitud de desarrollo necesaria para los bastones. Esta forma se conoce también como zapata escalonada. Todas las partes de una zapata escalonada deben vaciarse en la misma colada, con el fin de proveer una acción monolítica. Algunas veces se utilizan zapatas acarteladas como las de la figura 3 (c). Estas consumen menos concreto que las zapatas escalonadas, pero la mano de obra adicional necesaria para producir las superficies acarteladas (encofrados, etc.) hace que las zapatas escalonadas sean casi siempre más económicas. En general, las zapatas de losa sencilla son las más económicas para alturas de hasta 0.90 m. El objetivo de las de espesor variable (escalonadas y acarteladas) es de ahorrar concreto cerca de los bordes en donde los esfuerzos debidos a la dirección del suelo son muy pequeños. (Edward G. Nawy, 2001).



**Figura 3.** Zapatas concéntricas

Fuente: Harmse (2002)

### 2.2.8. Zapatas excéntricas

Este tipo de fundaciones se presenta cuando la carga viene acompañada de un momento (caso de excentricidad virtual) o cuando la fundación es medianera, que soportan una columna dispuesta de tal forma que una de sus caras coincida con el borde de la zapata. La necesidad de su uso es muy frecuente debido a las limitaciones de colindancia con las edificaciones adyacentes. Por lo tanto, la columna no se puede apoyar en el centro de la fundación (caso de excentricidad real).

### 2.2.9. Factores que determinan el tipo de cimentación

Como las estructuras están soportadas por cimentaciones y, finalmente por suelo o roca, el éxito de un proyecto estructural depende en gran parte del ingeniero especialista en cimentaciones. Sin embargo, la planificación general, el proyecto y la construcción de la mayor parte de las obras requieren los esfuerzos combinados de varias disciplinas. De esta manera, el especialista en cimentaciones que forma parte de un proyecto encuentra que los tipos de cimentaciones y métodos de construcción pueden ser transacciones que resultan de muchos requisitos, además de las condiciones del subsuelo. (Arias M. Juan, 2009)

### **2.2.9.1 Sistemas Estructurales**

Se define como estructura a los cuerpos capaces de resistir cargas sin que exista una deformación excesiva de una de las partes con respecto a otra. Por ello la función de una estructura consiste en transmitir las fuerzas de un punto a otro en el espacio, resistiendo su aplicación sin perder la estabilidad. Un sistema estructural deriva su carácter único de cierto número de consideraciones; las cuales se pueden mencionar por separado de la forma siguiente: (Arias M. Juan, 2009).

Funciones estructurales específicas: resistencia a la compresión, resistencia a la tensión; para cubrir claros horizontales y verticales.

La forma geométrica u orientación.

El o los materiales de los elementos.

La forma y unión de los elementos.

La forma de apoyo de la estructura.

Las condiciones específicas de carga.

Las consideraciones de usos impuestas.

Las propiedades de los materiales, procesos de producción y la necesidad de funciones especiales como desarmar o mover.

### **2.2.9.2 Etapas de la selección del tipo de cimentación**

El tipo de cimentación más adecuado para una estructura dada depende de varios factores, como su función, las cargas que debe soportar, las condiciones del subsuelo y el costo de la cimentación comparado con el costo de la superestructura. Puede ser que sea necesario hacer otras consideraciones, pero las anteriores son las principales (Arias M. Juan, 2009).

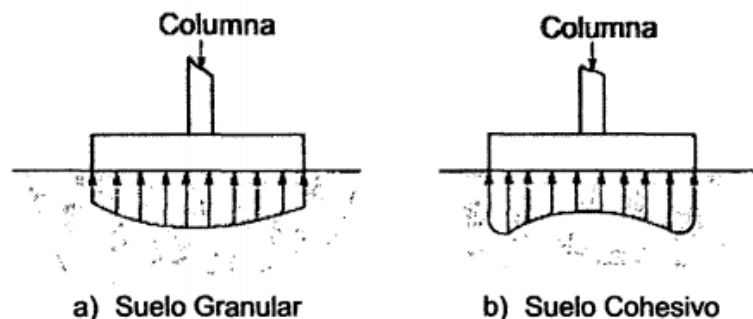
Al elegir el tipo de cimentación, el ingeniero debe dar los siguientes 5 pasos sucesivos:

1. Obtener cuando menos, información aproximada con respecto a la naturaleza de la superestructura y de las cargas que se van a transmitir a las cimentaciones.
2. Determinar las condiciones del subsuelo en forma general.

3. Considerar brevemente cada uno de los tipos acostumbrados de cimentación, para juzgar si pueden construirse en las condiciones prevalecientes; si serán capaces, de soportar las cargas necesarias, y si pudieran experimentar asentamientos perjudiciales. En esta etapa preliminar se eliminan los tipos evidentemente inadecuados.
4. Hacer estudios más detallados y un anteproyecto de las alternativas más prometedoras. Para hacer estos estudios puede ser necesario tener información adicional con respecto a las cargas y condiciones del subsuelo, y generalmente, deberán extenderse lo suficiente para determinar el tamaño aproximado de las zapatas, También puede ser necesario hacer revisiones más refinadas de los asentamientos, para predecir el comportamiento de la estructura.
5. Preparar una estimación del costo de cada alternativa viable de fundaciones, y elegir el que represente la decisión más aceptable entre funcionamiento y costo (Arias M. Juan, 2009).

### 2.2.9.3 Presión del suelo

Cada tipo de terreno tiene sus características propias y reacciona ante cargas externas de distintos modos. Algunos de los factores que influyen en la distribución de la reacción del terreno son: la flexibilidad del cimiento respecto al suelo, el nivel de cimentación y el tipo de terreno. Por ejemplo, en la Figura 4 se presenta la distribución de la presión para dos tipos de suelos: granular y cohesivo (Teodoro E. Harmse, 2002).



**Figura 4.** Distribuciones de presiones

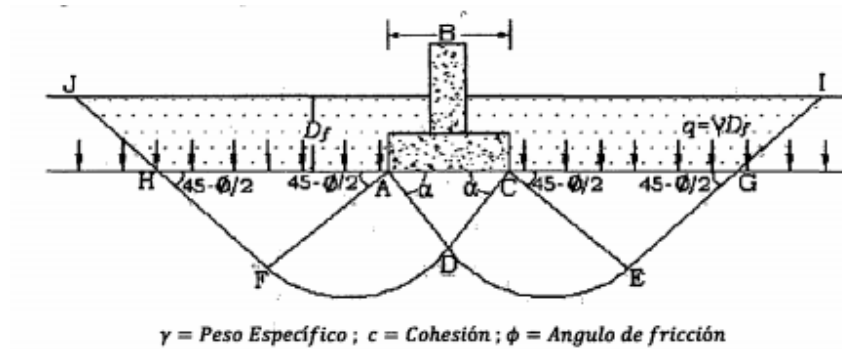
Fuente: Harmse Teodoro (2002)

En el terreno granular se aprecia que la presión en los bordes de la cimentación es menor que en la zona central debido a la presión ejercida por las cargas aplicadas tiende a desplazar el suelo en los extremos lo cual disminuye la reacción. Este desplazamiento depende de la profundidad de cimentación. Si ésta es elevada, la fuerza ejercida por el peso propio del terreno impedirá que el suelo se desplace. En el suelo cohesivo, por el contrario, la presión en los bordes de la cimentación es mayor que en la sección central. El suelo que circunda el área cargada ejerce una fuerza de soporte sobre ella por efecto de la cohesión y por ello la reacción se incrementa (Teodoro E. Harmse, 2002).

#### **2.2.9.4 Teoría de la capacidad de carga última**

Terzaghi (1943) fue el primero en presentar una teoría para evaluar la capacidad última de carga de cimentaciones superficiales, la cual dice que una cimentación es superficial si la profundidad  $D_1$  (figura 5) de la cimentación es menor que o igual al ancho de esta. Sin embargo, investigadores posteriores han sugerido que cimentaciones con  $D_1$  igual a 3 o 4 veces el ancho de la cimentación se definen como cimentaciones superficiales (Braja M. Das, 2013). Terzaghi sugirió que para una cimentación continua o de franja (es decir, la razón de ancho a largo de la cimentación tiende a 0), la superficie de falla en un suelo bajo carga última se supone similar a la mostrada en la figura 5. El efecto del suelo arriba del fondo de la cimentación se supone reemplazado por el efecto de una sobrecarga equivalente  $q = \gamma \cdot b_1$  (donde  $\gamma =$  masa específica del suelo). La zona de falla bajo la cimentación se separa en tres partes (véase la figura 5.): (Braja M. Das, 2013)

- A. La zona triangular ACD inmediatamente debajo de la cimentación.
- B. Las zonas de cortante radial AD F Y CD E, en que las curvas DE Y O F son arcos de una espiral logarítmica.
- C. Dos zonas pasivas de Rankine triangulares AFH y CEG.



**Figura 5.** Falla por capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación rígida continua rugosa  
**Fuente:** Das Braja (2013)

Los ángulos CAD y AGD se suponen iguales al ángulo de fricción del suelo, es decir;  $\alpha = \phi$ . Note que al reemplazar el suelo arriba del fondo de la cimentación por una sobrecarga equivalente  $q$ , la resistencia cortante del suelo a lo largo de las superficies de falla GI y HJ fue despreciada.

Usando el análisis del equilibrio, Terzaghi expresó la capacidad última de carga en la forma (Das Braja, 2013).

$$q_u = \dots \quad (1)$$

Donde:

$c$  = cohesión del suelo

$\gamma$  = masa específica del suelo

$q = \gamma \cdot D_f$

$N_c, N_q, N_\gamma$  = factores de capacidad de carga adimensionales que son únicamente funciones del ángulo de fricción del suelo,  $\phi$ .

$$\dots \quad (2)$$

$$\dots \quad (3)$$

$$\dots \quad (4)$$

Para estimar la capacidad de carga última de cimentaciones cuadradas o circulares, la ecuación 1 puede modificarse a:

(5)

(6)

### 2.2.9.5 Capacidad de carga última neta

La capacidad de carga última neta se define como la presión última por área unitaria de la cimentación soportada por el suelo en exceso de la presión causada por el suelo alrededor al nivel de la cimentación. Si la diferencia entre el peso específico del concreto usado en la cimentación y la masa específica del suelo que rodea a esta se supone despreciable (Brája M. Das, 2013), entonces:

(7)

Donde  $q_{neta(u)}$  = capacidad de carga última neta

### 2.2.9.6 Límites del suelo

Existen tres modos de falla de las fundaciones (James K. Wight & James G. MacGregor, 2012):

- a) Falla a flexión: El suelo de fundación se mueve hacia abajo y hacia fuera.
- b) Fallas por servicio: Se presentan asentamientos diferenciales excesivos en las zapatas adyacentes, causando daño estructural.
- c) Asentamientos excesivos totales.

El primer tipo de falla se controla limitando la presión de la carga de servicio bajo la zapata, reduciendo el esfuerzo admisible.

### 2.2.9.7 El factor de seguridad

El cálculo de la capacidad de carga admisible total en cimentaciones superficiales requiere la aplicación de un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga total última.

(8)

Donde  $q_u$  es la tensión correspondiente a la falla del suelo bajo la zapata y FS es un factor de seguridad en el rango de 2.5 a 3. Los valores de  $q_{adm}$  se obtienen a

partir de los principios de la ingeniería geotécnica y dependerá de la forma de la zapata, la profundidad de la zapata, la sobrecarga o carga adicional en la parte superior de la base y el tipo de suelo. Cuando se utiliza un valor de  $q_{adm}$  proporcionado por un ingeniero geotécnico, es necesario conocer cuáles son las fortalezas como fueron medidos y en qué tipo de pruebas, y qué suposiciones se han hecho para llegar a esta presión de suelo permitido, particularmente con respecto a sobrecargar y la profundidad a la base de la zapata (James K. Wight & James G. MacGregor, 2012)

### **2.2.10 Elementos que conforman una zapata.**

En una cimentación el o los materiales de que va estar construida es muy importante en cuanto a funcionalidad, resistencia, economía, etc., por lo que es conveniente estudiar las propiedades de los mismos para mejores resultados. Existen una diversidad de materiales de construcción, sin embargo, en nuestro medio es común el uso del concreto reforzado para la mayor parte de elementos estructurales en una edificación; por lo que se presenta a continuación algunos detalles de las propiedades de cada uno de estos materiales por separado y en conjunto

#### **2.2.10.1 Concreto**

El concreto es un material semejante a la piedra que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena, grava u otros agregados, y agua; después, esta mezcla se endurece en formaletas con las dimensiones deseadas. El cuerpo del material consiste en agregado fino y grueso. El cemento y el agua interactúan químicamente para unir las partículas de agregado y conformar una masa sólida (Gianfranco Ottazi P. 2011)

El concreto presenta las siguientes ventajas:

- a) Moldeabilidad: Es la facilidad con la cual, mientras el concreto se encuentra en estado plástico, puede depositarse y llenar los encofrados y moldes de cualquier forma.
- b) Continuidad de los elementos estructurales.
- c) Alta resistencia al fuego y al clima: la conductividad térmica del concreto es relativamente baja.

- d) Resistencia a la compresión: Su resistencia a la compresión, similar a la de las piedras naturales es alta, lo que lo hace apropiado para elementos sometidos principalmente a compresión, tales como columnas o arcos. Asimismo, como las piedras naturales, el concreto es un material relativamente frágil, con una baja resistencia a la tensión comparada con la resistencia a la compresión. Esto impide su utilización económica en elementos estructurales sometidos a tensión ya sea en toda su sección (como el caso de elementos de amarre) o sobre partes de sus secciones transversales (como en vigas u otros elementos sometidos a flexión).
- e) Costo relativamente bajo: La mayor parte de los materiales constitutivos, con la excepción del cemento y los aditivos, están disponibles a bajos costo, localmente o muy cerca del sitio de construcción (Arias M. Juan, 2009).

#### **2.2.10.2 Cargas de corta duración**

El comportamiento de una estructura bajo carga depende en alto grado de las relaciones esfuerzo-deformación del material con el cual está construida, para el tipo de esfuerzo al que está sometido el material dentro de la estructura. Debido a que el concreto se utiliza principalmente en compresión, resulta de interés fundamental su curva esfuerzo-deformación unitaria a la compresión.

La resistencia máxima, o sea la resistencia a la compresión para concreto de densidad normal está entre una deformación unitaria que varía aproximadamente de 0.002 a 0.003 y entre aproximadamente 0.003 a 0.0035 para concreto liviano.

En la práctica actual, la resistencia a la compresión especificada  $f'_c$  para concreto de densidad normal fundidos en el sitio esta comúnmente en el rango de 210 a 350 Kg/cm<sup>2</sup> y puede llegar hasta aproximadamente 410 para elementos de concretos prefabricados y preesforzados. Las resistencias para concretos livianos están generalmente por debajo de estos valores (Gianfranco Offiizi P., 2011).

El módulo de elasticidad  $E_c$ , es decir la pendiente del tramo recto inicial de la curva esfuerzo-deformación unitaria, aumenta con la resistencia del concreto para

valores de peso específico ( $Y_c$ ) comprendidos entre 1450 y 2500 se puede tomar mediante la siguiente ecuación.

—

Para concreto de densidad normal (aproximadamente 2300 ), el ACI permite estimar  $E_c$  mediante la siguiente ecuación (Gianfranco Ottazi P., 2011):

—

(10)

### **2.2.10.3 Acero**

El concreto es un material débil en tracción, por lo tanto, se le usa junto con acero de refuerzo capaz de resistir los esfuerzos de tracción. Por ejemplo, en una viga sometida a fricción, el concreto se encarga de resistir las compresiones y las barras de acero longitudinal colocadas cerca de la superficie en tracción, se encargan de resistir las tracciones originadas por la flexión. El acero para ser utilizado en concreto armado se fabrica bajo las normas internacionales ASTM- A-615 615M-00 y A-706 1706M00

### **2.2.10.4 Acero de refuerzo**

El tipo más común de acero de refuerzo es en forma de barras circulares corrugadas llamadas por lo general varillas y disponibles en un amplio intervalo de diámetros aproximadamente desde 3/8" hasta 1 3/8 de pulgada son las más comerciales y vienen en longitud de 6 m, 9 m y 12 m de longitud (Gianfranco Ottazi P., 2011).

### **2.2.10.5 Grados y Resistencia**

Los esfuerzos de fluencia  $f_y$  de los aceros de refuerzo son de grado: 40, 60 y 75. El código ACI permite aceros de refuerzo con  $f_y$  de hasta 80; estos aceros de alta resistencia generalmente fluyen en forma gradual pero no tienen una plataforma de fluencia.

La norma A615 cubre los aceros de refuerzo que se utilizan con mayor frecuencia, en nuestro medio son prácticamente los únicos que utilizamos. La citada Norma, no limita la composición química de los aceros, salvo el contenido de fósforo.

Las calidades del acero que cubre la Norma ASTM y que es posible emplear como refuerzo para el concreto, se resumen en la Tabla 2-2. Se indica el esfuerzo de

fluencia ( $f_y$ ) mínimo y máximo, el esfuerzo máximo o último ( $f_u$ ) mínimo, a este último también se le denomina resistencia a la tracción (tensile strenght) (Gianfranco Ottazi P., 2011).

Grado	ASTM	Fy min	Fy max	Fu min	
40	A615	2800.00	—	4200.00	—
60	A615	4200.00	—	6300.00	—
75	A615	5300.00	—	7000.00	—

**Figura 6.** Calidades del acero de refuerzo (ASTM)

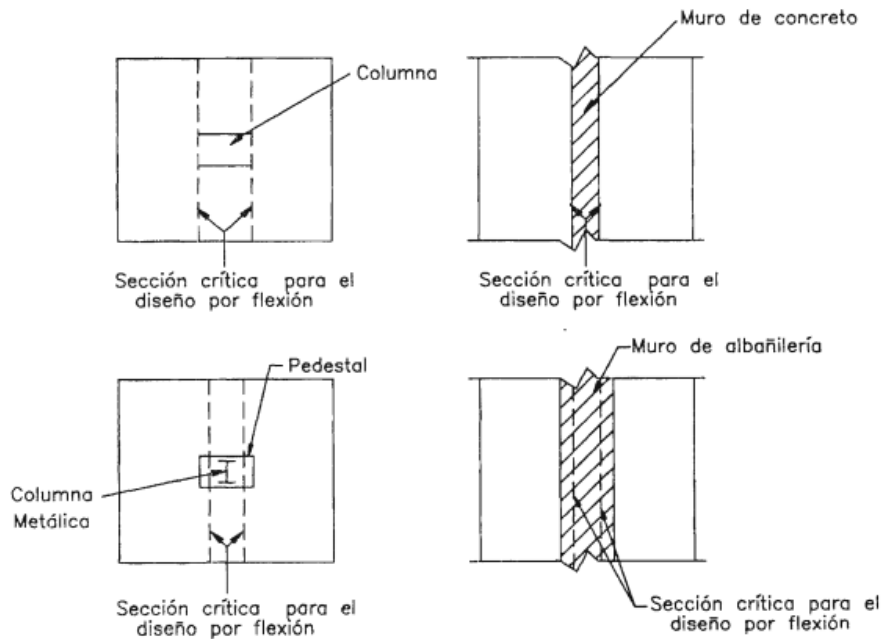
Fuente: Ottazi P. Gianfranco (2011)

#### 2.2.10.6 Curvas esfuerzo-deformación unitaria

Las dos características numéricas principales que determinan los rasgos de una barra de refuerzo son su punto de fluencia y su módulo de elasticidad ( $E_s$ ) este último es prácticamente el mismo para todos los aceros de refuerzo (pero no para los aceros preesforzados) y se toma como  $E_s = 2000000$  según el Documento Técnico Venezolano Fondonorma 1753-06.

#### 2.2.10.7 Refuerzo longitudinal por flexión

Según Harmse Teodoro, 2002: La cimentación funciona como una losa sometida a flexión en dos direcciones. El diseño del refuerzo se efectúa considerando la flexión en cada dirección independientemente. analizando la zapata como un volado. La sección crítica para el diseño por flexión se ubica en la cara de la columna, pedestal o muro si éstos son, de concreto. En el caso de muros de albañilería o elementos no solidarios a la cimentación se encuentra al centro de la cara del muro y su eje central. Si se trata de columnas con plancha de base, la sección crítica se ubica a la mitad entre la cara de la columna y el borde de la plancha (ver figura 7).



**Figura 7.** Sección crítica para el diseño de refuerzo a flexión

Fuente: Harmse Teodoro (2002)

El refuerzo longitudinal debe distribuirse uniformemente a todo lo largo de la cimentación. En el caso de zapatas rectangulares, el refuerzo paralelo a la dirección mayor debe ser uniforme. Sin embargo, el perpendicular a éste debe concentrarse debajo de la columna, en una franja de ancho igual a la menor dimensión de la zapata.

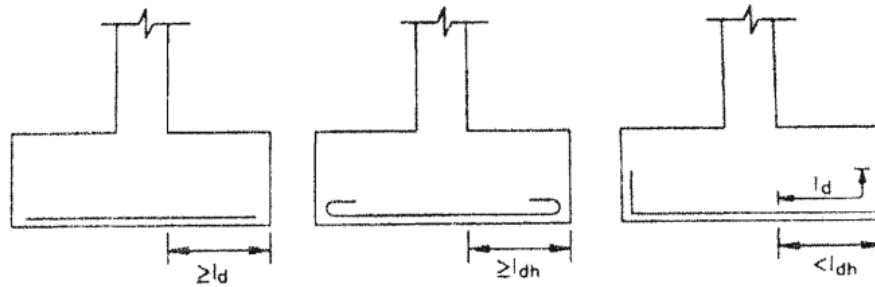
La fracción del refuerzo que debe ubicarse en esta región está determinada por la siguiente expresión:

$$\frac{A_s}{A_s + A_s'} = \frac{1}{1 + \beta} \quad (11)$$

Dónde:  $\beta$  : Cociente del lado mayor de la zapata entre el lado menor.

El acero restante se distribuye en el resto de la cimentación, pero cuidando que no sea menor que el refuerzo mínimo. El código indica que se debe tomar el correspondiente a losas, es decir,  $A_s' \geq 0,0018bh$ . El refuerzo longitudinal debe anclarse siguiendo los criterios presentados para el desarrollo del acero negativo. Si el volado de la zapata es mayor que  $12d$  las barras podrán colocarse rectas. Si lo anterior no se cumple y la longitud del volado es mayor que la longitud de anclaje del gancho

estándar, entonces el refuerzo podrá terminarse en gancho. En caso de que el volado sea menor que se deberá desarrollar hacia arriba la longitud de anclaje. En la figura 8 se muestran los diversos tipos de anclaje para el refuerzo longitudinal de la cimentación.



**Figura 8.** Tipos de anclaje del refuerzo longitudinal en cimientos  
Fuente: Harmse Teodoro (2002)

#### 2.2.10.8 Verificación de la conexión columna-zapata y desarrollo del refuerzo

Las cargas que se transmiten a través de las columnas y muros deben ser adecuadamente transferidas a la cimentación. Esta transferencia se efectúa a través del concreto y en caso de ser necesario haciendo uso de refuerzo. Para la transferencia de fuerzas, el concreto trabaja a compresión pura. El aplastamiento en la superficie de contacto entre columna y cimiento no deberá exceder la resistencia dada por la expresión que se reproduce a continuación:

$$(12)$$

Donde es igual a 0.65 pues se está analizando aplastamiento en el concreto y . Si la carga última aplicada excede la resistencia determinada a través de (12) entonces es necesario hacer uso de refuerzo vertical para resistir la fuerza adicional. Este acero debe ser capaz de transmitir la compresión que excede la resistencia del concreto y trabaja al esfuerzo de fluencia. El área de acero requerida será:

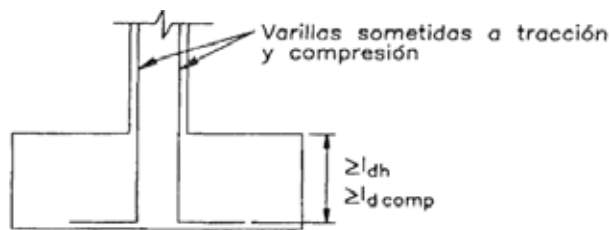
$$(13)$$

Donde:

As: Área de acero requerida.

Pu: Carga de compresión última.

En caso de que la columna esté sometida a momentos flectores pequeños que no generan tracción en el elemento, el área de acero requerida para la transferencia de esfuerzos a la cimentación se determina con el procedimiento anterior, pero se utiliza el mayor esfuerzo de compresión en la sección. Si el momento es alto, como el proveniente de una condición de carga que incluye sismo, es conveniente anclar a tracción y compresión todo el refuerzo de la columna en la fundación. Para el primer caso se hace uso de ganchos y para el segundo se verifica que la porción recta de la varilla sea mayor que su longitud de anclaje a compresión, puesto que el gancho no es efectivo cuando el acero este comprimido. Por lo general, la última condición es más crítica. En la figura 9 se presenta más claramente esta situación.

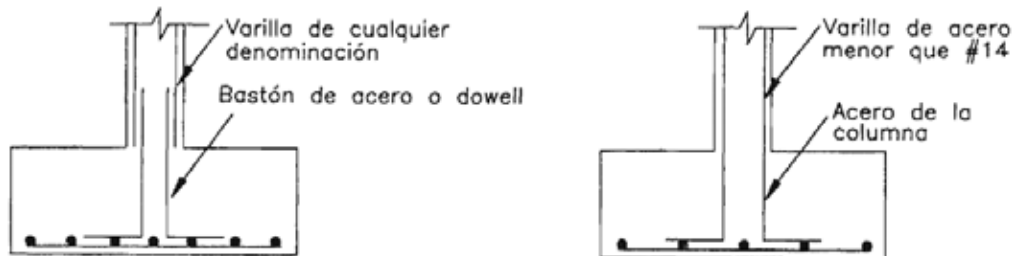


**Figura 9.** Peralte de la zapata requerido para garantizar el adecuado anclaje del refuerzo de la columna

**Fuente:** Harmse Teodoro (2002)

La fuerza cortante en la base de la columna o muro se transmite a la cimentación por corte-fricción, el refuerzo perpendicular a la superficie de contacto puede estar constituido por el acero longitudinal de la columna que penetra en la cimentación o por dowels o bastones de acero como los mostrados en la figura 10. Este acero no deberá ser de denominación mayor a la #11. Si la columna o muro cuenta con varillas longitudinales #14 ó #18, se empleará obligatoriamente bastones de menor diámetro para reforzar la superficie de contacto columna-cimentación. Estos deberán estar embebidos en el cemento una longitud igual a su longitud de anclaje y en la columna

una distancia igual a la mayor entre la longitud de empalme del bastón y la longitud de anclaje de la varilla #14 ó #18.



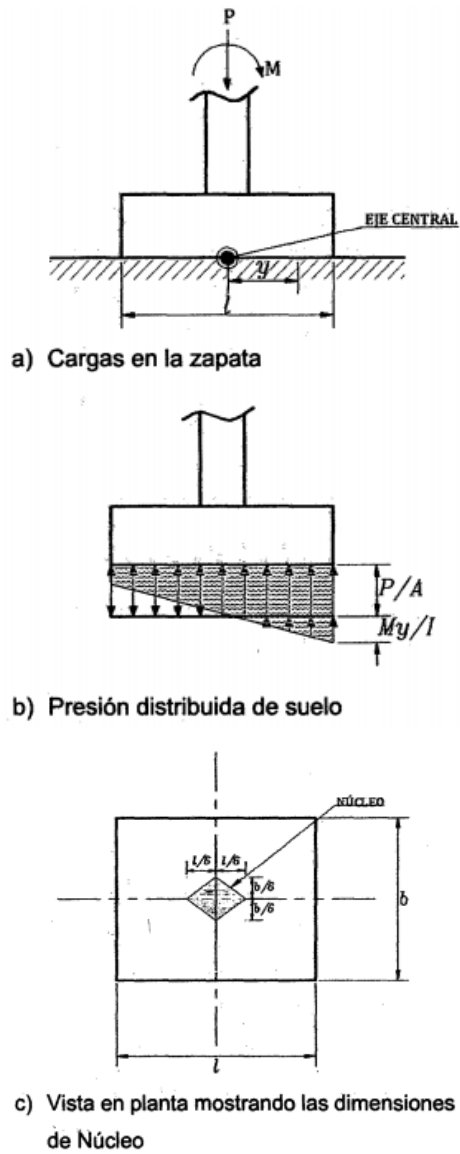
**Figura 10.** Transmisión de las cargas de la columna a la cimentación

Fuente: Harmse Teodoro (2002)

En columnas y pedestales, el área de refuerzo en la interfase no será menor que 0.005 veces el área bruta de la columna o pedestal. Para muros, el área mínima de refuerzo no será menor que 13 cuantía mínima vertical de muros.

### **2.2.11 Distribución elástica de la presión del suelo bajo una zapata**

La presión del suelo bajo una zapata se calcula suponiendo que la acción es linealmente elástica en compresión, pero no hay resistencia a la tracción a través del contacto entre la zapata y el suelo. Si la carga de la columna se aplica en, o cerca de, el centro de la base, como se muestra en la figura 11 (Wight James & MacGregor James, 2012)



**Figura 11.** Presiones del suelo bajo una zapata: cargas dentro del núcleo

Fuente: Wight James & MacGregor James (2012)

El esfuerzo,  $q$  bajo la zapata es:

$$q = \frac{P}{A} + \frac{My}{I}$$

(14)

Donde:

$P$  = Carga vertical, positiva en compresión.

$A$  = Área de la superficie de contacto entre el suelo y la zapata.

$I$  = Momento de inercia del área.

$M$  = Momento sobre el eje central del área de la zapata.

$y$  = Distancia desde el eje central al punto donde está el esfuerzo

El momento,  $M$ , puede ser expresada como  $Pe$ , donde " $e$ " es la excentricidad de la carga relativa al eje central del área  $A$ . Las mayores excentricidades dan lugar a que una parte de la zapata levante el suelo porque el suelo zapata no puede resistir tensión. Para una zapata rectangular, esto ocurre cuando la excentricidad excede (James K. Wight & James G. MacGregor, 2012).

$$- \quad - \quad (15)$$

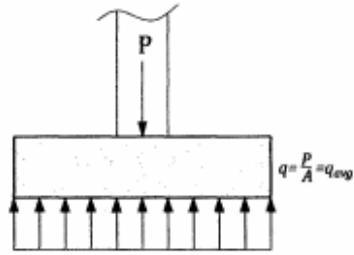
Esto es conocido como la distancia del núcleo. Las cargas aplicadas dentro del núcleo, el área sombreada en la Fig.12-a, causará compresión sobre toda el área entera de la zapata, y Fig.12 se puede utilizar para calcular  $q$ .

Varias distribuciones de presión para zapatas rectangulares se muestran en la Fig.11. Si la carga es aplicada de forma concéntrica, la presión del suelo  $q$  es  $Q_{avg} = P/A$ . Si la carga actúa a través del punto del núcleo Fig.12-c,  $q = 0$  en un lado y  $q = 2q_{avg}$  en el otro. Si la carga cae fuera del punto núcleo, la carga resultante hacia arriba es igual y opuesta a la carga resultante hacia abajo, como se muestra en la Fig:12-d. Generalmente, tal distribución de presión no sería aceptable, porque sintetiza el uso ineficiente de la zapata de concreto, tiende a sobrecargar el suelo, y puede causar que la estructura se incline (James K Wight & James G. MacGregor, 2012).

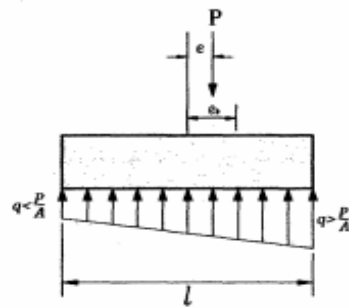
#### **2.2.11.1 Distribuciones del suelo a la presión elástica y plástica**

Los diagramas de la presión del suelo en la Fig.12 se basan en la suposición de que la presión del suelo se distribuye linealmente bajo una zapata. Esta es una suposición satisfactoria en los niveles de servicio de carga y de las zapatas sobre roca.

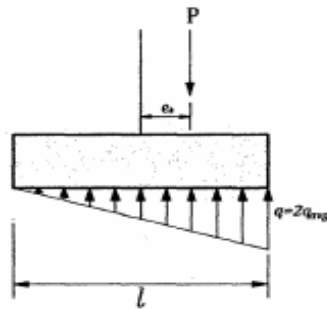
Para el diseño de zapatas cargadas concéntricamente, se toma la distribución de las presiones del suelo a ser uniformes en toda el área de contacto, como se muestra en la Fig. 12-a. (James K. Wight & James G. MacGregor, 2012).



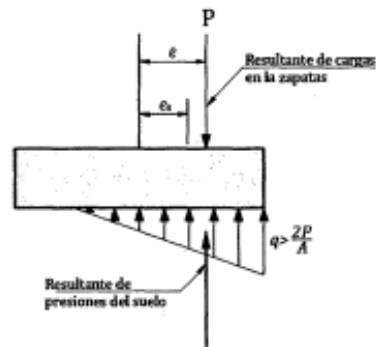
a) Carga concéntrica,  $e=0$



b)  $e < e_k$



c)  $e = e_k$



d)  $e > e_k$

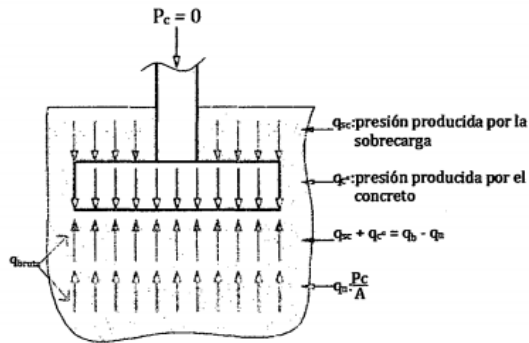
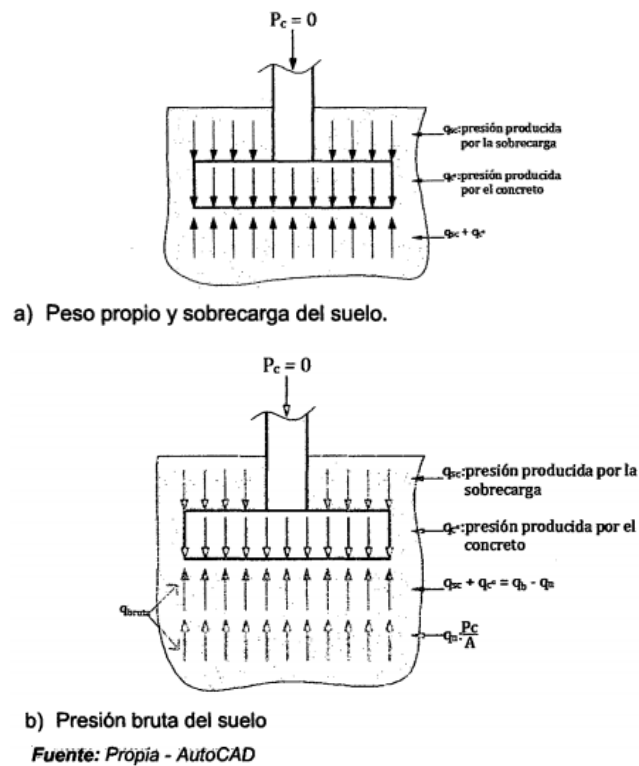
**Figura 12.** Las presiones bajo condiciones de carga excéntrica

Fuente: Rodríguez Abel (2015)

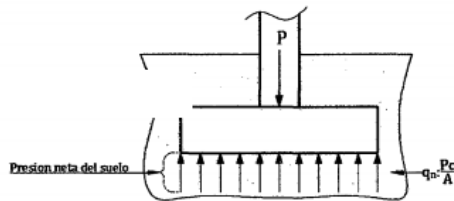
### 2.2.11.2 Presiones brutas y netas de suelo

En la Figura 13-a se muestra una zapata con una columna en su centro y con su zona superior por debajo de la superficie del suelo. No hay carga de la columna en este escenario.

Esto se equilibra por igualdad, la presión hacia arriba igual, pero opuesta. Como resultado, el efecto neto sobre la base de concreto es cero. No hay momentos en la zapata debido a esta carga (James K. Wight & James G. MacGregor, 2012).



Fuente: Propia - AutoCAD



**Figura 13.** Presión bruta y neta del suelo

Fuente: Rodríguez Abel (2015)

Para diseñar el área de la zapata se usa la presión bruta  $q_a$ ; mientras que para calcular los esfuerzos de flexión y cortante y por lo tanto diseñar la zapata, se usa la presión neta  $q_n$  para zapatas cargadas concéntricamente. Esto se debe a que no existen esfuerzos cortantes ni normales de la zapata sobre una superficie plana, como por ejemplo un libro sobre una mesa, su peso propio no genera flexión (James ·K. Wight & James ·G. MacGregor, ·2012).

---

(16)

Donde:

Areaq: Área requerida de la zapata

D: Carga Muerta

L: Carga Viva

Cuando se incluyen las cargas de servicio de sismo o viento, la gran mayoría de los códigos consienten un 33% de incremento en  $q_a$ . Para tal combinación de carga, el área requerida sería.

Las cargas utilizadas para calcular el área requerida son las de servicio o no factorizadas.

---

(17)

Para diseñar la zapata se utilizan las cargas factorizadas; usando el esfuerzo del suelo neto último  $q_{nu}$ , para una zapata cargada concéntricamente.

El diseño de una zapata debe tener en cuenta la flexión, el desarrollo de refuerzo, de cizallamiento, y la transferencia de la carga de la columna a la zapata (Wight James & MacGregor James, 2012).

### **2.2.11.3 Flexión**

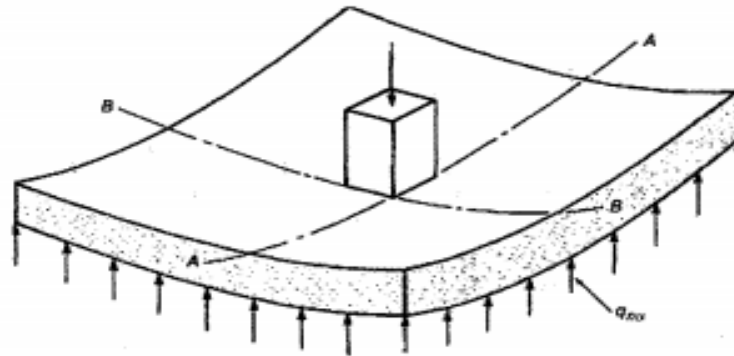
Una zapata se muestra en la Fig. 14. Las presiones del suelo que actúan bajo la parte sombreada de la zapata en la Fig. 14.-b causa los momentos alrededor del eje A-A en la cara de la columna. de la Fig:14.-c, vemos que estos momentos son:

(18)

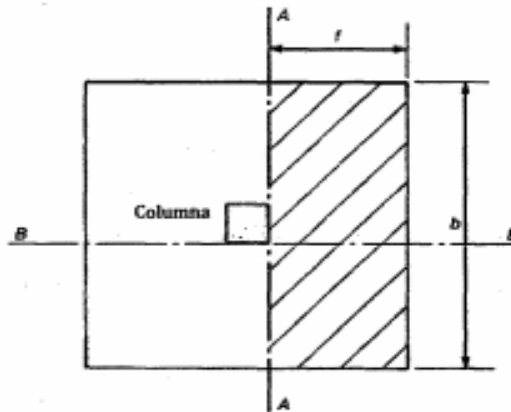
Donde:

: Es la resultante de la presión del suelo en la zona sombreada.

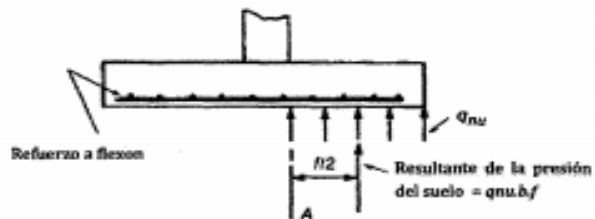
$f/2$ : Es la distancia desde la resultante de la sección A-A.



a) Carga de bajo de la zapata



b) Presión bruta del suelo



c) Momento sobre la sección A-A

**Figura 14.** Presión del suelo  
Fuente: Wight James & MacGregor James (2012)

Este momento debe ser resistido por el refuerzo colocado como se muestra en la Fig. 14.-c. El momento máximo se producirá adyacente a la cara de la columna en la sección A - A o en una sección similar en el otro lado de la columna.

De manera similar, las presiones de suelo en la parte exterior de la sección B-B en la Fig. 14.-a causará un momento acerca de la sección B- B. De nuevo, esto debe ser resistido por el refuerzo de flexión perpendicular a B - B en la parte inferior de la zapata; el resultado son dos capas de acero, uno en cada sentido, que se muestran en la sección A - A en la Fig. 14.-c.

Los momentos por unidad de longitud varían a lo largo de las líneas A-A y B-B, con el máximo que ocurre adyacente a la columna. Para simplificar la colocación de refuerzo, sin embargo, Código ACI Sección 15.4.3 establece que para zapatas cuadrados se distribuirá el refuerzo de manera uniforme en toda la anchura de la zapata.

Aunque una zapata no es una viga, es deseable que sea dúctil en flexión. Esto se puede hacer mediante la limitación  $f_t$ , la tensión neta de tracción en la armadura de tracción extrema, al valor  $f_t = 0.005$  como se hace en el diseño de vigas.

Código ACI Sección 10.5.4 establece que, para los cimientos de espesor uniforme, el mínimo área de refuerzo a la tracción a la flexión será la misma que la requerida para la contracción y refuerzo temperatura en la Sección Código ACI 7.12.2.1 para el grado 40 de acero, esto requiere  $A_{tr} = 0.0020 b \cdot h$  para Grado 60 de acero,  $A_{tr} = 0.0018 \cdot b \cdot h$  es especificado. Esta cantidad de acero debe proporcionar una capacidad de momento entre 1.1 y 1.5 veces el momento de agrietamiento por flexión y por lo tanto debería ser suficiente para evitar fallos repentinos en el inicio de formación de grietas.

#### **2.2.11.4 Cortante**

Para el diseño por corte, las cimentaciones se pueden estudiar como vigas chatas y anchas, o como losas con comportamiento en dos direcciones. El primer caso, se denomina corte por flexión y el segundo, corte por punzonamiento. El corte por flexión

está relacionado al comportamiento unidireccional de la cimentación mientras que el corte por punzonamiento se relaciona con el comportamiento de la losa en dos direcciones. Por lo general, no se coloca refuerzo por corte en cimentaciones sino se verifica que el concreto solo soporte los esfuerzos. En caso de ser necesario, se incrementa el peralte de la zapata (James K. Wight & James G. MacGregor, 2012).

#### 2.2.11.5 Cortante unidireccional

Una zapata en su defecto a través de cizalladura unidireccional está diseñada como una viga como se especifica en el documento técnico venezolano Fondonorma y el Código Americano ACI.

(19)

(20)

Donde:

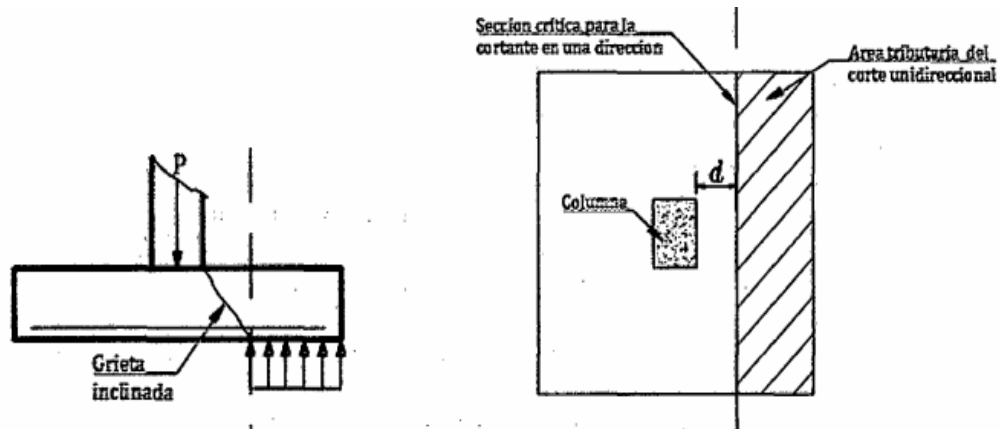
—

(21)

Donde  $\beta$  es un factor utilizado para el concreto ligero. Para concreto de peso normal, que se utiliza comúnmente en zapatas,  $\beta = 1$ . Donde refuerzo por estribos es muy raro utilizar en zapatas rectangulares o zapatas corridas, debido a la dificultad en la colocación, y debido al hecho de que por lo general es más económico y fácil para profundizar la zapata que lo de proporcionar estribos. Por lo tanto,  $V_s = 0$  en la mayoría de los casos. La fisura inclinada se muestra en la Fig. 15. intercepta la parte inferior del miembro cerca a  $d$  de la cara de la columna. Como resultado, la sección crítica para la cizalladura de una dirección se encuentra en lejos de la cara de la columna o de la pared, como se muestra en vista en planta en la Fig. 15.

La ubicación de la sección crítica depende de la naturaleza de la cimentación. Si se trata de una columna, muro o pedestal solidario a la zapata, se ubicará a  $d$  de su cara. Para columnas con plancha de base de acero, se ubicará a  $d$  de la sección media entre la cara de la columna o pedestal y el borde de la plancha. Si es un muro de albañilería o un elemento no solidario con la cimentación, la sección crítica se ubicará

a  $d$  de la sección entre el eje del muro y su cara (James K. Wight & James G. MacGregor, 2012).



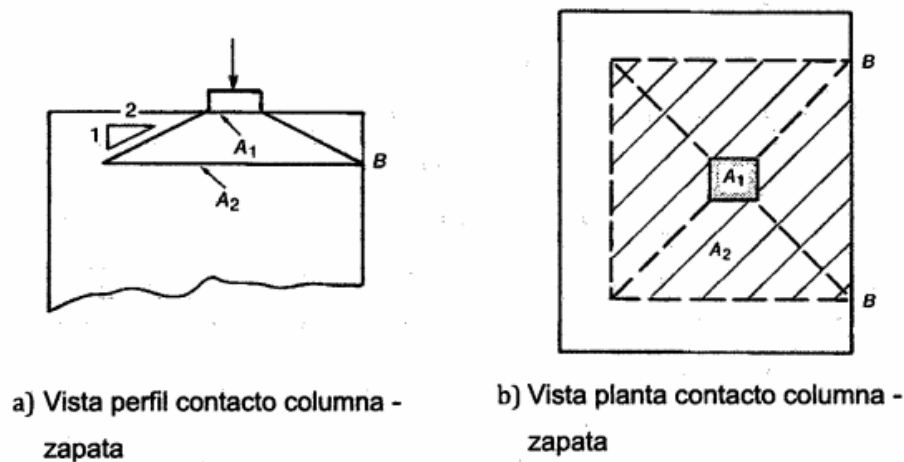
**Figura 15.** Sección crítica y área tributaria para cortante unidireccional  
Fuente: Rodríguez Abel (2015)

#### 2.2.11.6 Transferencia de Carga de la Columna a la Zapata

Según James K. Wight & James G. MacGregor, 2012: Todas las fuerzas que actúan en la base de una columna deben transferirse en forma satisfactoria a la zapata. Las fuerzas de compresión pueden transmitirse directamente mediante apoyo, mientras que las fuerzas de levantamiento o de tensión, deben transferirse a la zapata por medio de las barras de refuerzo

Una columna transfiere su carga directamente a su zapata de soporte sobre un área igual al área de la sección transversal de la columna. Sin embargo, la parte de la zapata que rodea esta área de contacto proporciona un soporte lateral considerable a la parte directamente cargada, con el resultado de que el concreto cargado en la zapata puede soportar más carga. Así, para el mismo grado de 41 concreto, la zapata puede tomar una mayor carga de apoyo que la base de la columna.

De acuerdo al Código ACI sección 10.14, la resistencia de diseño al aplastamiento del concreto no debe exceder:  $(0.85f'_c)$ .



**Figura 16.** Áreas de aplastamiento A1 y A2

Fuente: Wight James & MacGregor James (2012)

Cuando la superficie de soporte sea más ancha en todos los lados que el área cargada. En este caso se permite que la resistencia de diseño al aplastamiento en el área cargada se multiplique por  $\frac{A_2}{A_1}$ , pero no más que 2.

$$\phi P_n = \phi (0.85 f'_c A_1) \left( \frac{A_2}{A_1} \right) \leq 2 \phi (0.85 f'_c A_1) \quad (22)$$

Donde  $A_1$  es el área de la columna y  $A_2$  es el área de la porción de la zapata que es geoméricamente similar y concéntrica como se muestra la figura 15.

### 2.2.12 Métodos de diseño estructural:

Según Harmse Teodoro, 2002: En la actualidad existen, básicamente, dos métodos de diseño en concreto armado: diseño elástico o por cargas de servicio y diseño a la rotura o por resistencia última. El primero fue utilizado con mucha fuerza hasta mediados del siglo y el segundo ha adquirido impulso en los últimos cuarenta años

#### 2.2.12.1 El diseño elástico:

Parte de la hipótesis que es posible predecir la distribución de esfuerzos en el refuerzo y el concreto, al ser sometidos a cargas de servicio. Asume un comportamiento elástico de ambos materiales. El diseño consiste en conseguir que los esfuerzos no

excedan los esfuerzos admisibles que son una fracción de la resistencia del concreto y del esfuerzo de fluencia del acero. En la actualidad, pruebas de laboratorio han permitido comprobar que el complejo comportamiento del concreto con el paso del tiempo conlleva a una constante redistribución de esfuerzos entre éste y el acero. En el diseño elástico sólo se considera una de estas distribuciones. Con el tiempo, las condiciones no consideradas pueden ocasionar la falla. Por otro lado, en el diseño de estructuras, es importante considerar el tipo de falla, dúctil o frágil, que presenta un elemento bajo determinadas solicitaciones y, en la medida de lo posible, orientar la falla según sea conveniente. El método elástico no considera este punto. El método elástico tampoco determina la carga que ocasiona la rotura de la pieza y por ello, su factor de seguridad no es conocido.

#### **2.2.12.2 El diseño por rotura:**

Se fundamenta en la predicción de la carga que ocasiona la falla del elemento en estudio y analiza el modo de colapso de este. En pruebas de laboratorio se ha podido comprobar que es posible predecir estas cargas con precisión suficiente. Este método toma en consideración el comportamiento inelástico del acero y el concreto, por lo tanto, se estima mejor la capacidad de carga de la pieza. (Código ACI 318-14)

Algunas de las ventajas de este procedimiento son:

- I. El diseño por rotura permite controlar el modo de falla de una estructura compleja considerando la resistencia última de las diversas partes del sistema. Algunos elementos se diseñan con menor margen de seguridad que otros para inducir su falla primero.
- II. Permite obtener un diseño más eficiente, considerando la distribución de esfuerzos que se presenta dentro del rango inelástico.
- III. Este método no utiliza el módulo de elasticidad del concreto, el cual es variable con la carga. Esto evita introducir imprecisiones en torno a este parámetro.
- IV. El método de diseño a la rotura permite evaluar la ductilidad de la estructura.
- V. Este procedimiento permite usar coeficientes de seguridad distintos para los diferentes tipos de carga.

La desventaja de usar este método es que sólo se basa en criterios de resistencia. Sin embargo, es necesario garantizar que las condiciones de servicio sean óptimas, es decir, que no se presenten deflexiones excesivas, ni agrietamientos críticos. Con la mejora en la calidad del concreto y la obtención de secciones cada vez menores, se tiende a perder rigidez e incrementar las deflexiones y el ancho de fisuras. Por ello, es conveniente usar este método en combinación con otros procedimientos para verificar el adecuado comportamiento de las piezas bajo cargas de servicio.

### **2.3.-Bases legales**

Según Villafranca D. (2002) “Las bases legales no son más que se leyes que sustentan de forma legal el desarrollo del proyecto” explica que las bases legales “son leyes, reglamentos y normas necesarias en algunas investigaciones cuyo tema así lo amerite”.

El diseño estructural y revisión de zapatas aisladas de concreto reforzado se realiza de acuerdo con el contenido establecido en la norma venezolana COVENIN

Norma COVENIN 1756-02:2001 Edificaciones sismorresistentes, Requisitos y Comentarios, Aprobada el día 25 de Julio de 2001 posteriormente publicada en Gaceta Oficial. La Norma COVENIN 1756, es aplicable exclusivamente al diseño de estructuras de concreto armado y acero, nuevas o existentes. Para estas últimas se dan criterios para su reforzamiento o reparación.

Norma COVENIN 1753-06 Proyecto y construcción de obras en concreto estructural, publicada en gaceta oficial en agosto de 2006. Esta Norma establece los requisitos para el proyecto y la ejecución de edificaciones de concreto estructural que se proyecten o construyan en el territorio nacional. Aplica a todos los aspectos relativos al proyecto, construcción, inspección, supervisión, mantenimiento, evaluación, adecuación o reparación, así como también a las propiedades y aseguramiento de calidad de los materiales. Las obras temporales o provisionales deben cumplir con las disposiciones de esta Norma.

#### **2.4.-Definición de termino básicos**

A continuación, se definen los términos relevantes que dan fundamentos teóricos al presente trabajo de grado

**Ábacos:** son instrumentos gráficos de cálculo, que representa simultáneamente el conjunto de las ecuaciones que definen determinado problema y el rango total de sus soluciones, su uso se generalizo porque permite el cálculo rápido de la función para la que se ha construido, aun desconociendo la realización matemática necesaria para el cálculo de los valores buscados, o la construcción del ábaco.

**Adherencia:** Es la resistencia a deslizarse desarrolladamente entre el concreto y las varillas. El esfuerzo de adherencia se expresa en  $\text{kg/cm}^2$ , del área superficial de contacto de varillas lisas, redondas.

**Carga axial:** Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural aplicada al centroide de la sección transversal del mismo produciendo un esfuerzo uniforme. También llamada fuerza axial

**Carga puntual:** Carga que actúa sobre un área muy pequeña o un punto muy concreto de una estructura.

**Cizallamiento:** Deformación lateral que se produce por una fuerza externa. También llamado corte, cortadura.

**Ductilidad:** Es la capacidad de un material en incursionar en el rango inelástico sin **perdida apreciable de su resistencia**

**Flexión:** Se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal

**Fluencia:** La fluencia o cedencia es la deformación irrecuperable de la probeta, a partir de la cual sólo se recuperará la parte de su deformación correspondiente a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible.

**Momento flector:** Propiedad por la que una fuerza tiende a causar un movimiento de rotación a un cuerpo alrededor de un punto o una línea; su magnitud es equivalente al producto de la fuerza por la distancia perpendicular del punto de la línea de acción de la fuerza.

**Nomograma:** Es un instrumento gráfico de cálculo, un diagrama bidimensional que permite el cómputo gráfico y aproximado de una función de cualquier número de variables, también conocido como ábacos.

**Punzonamiento:** es un esfuerzo producido por tracciones en una pieza debidas a los esfuerzos tangenciales originados por una carga localizada en una superficie pequeña de un elemento bidireccional de hormigón, alrededor de su soporte. Este esfuerzo de punzonamiento produce un efecto puntual sobre su plano de apoyo.

**Zapata:** es un elemento estructural que sirve de cimentación a un pilar, muro u otro elemento superficial, transmitiendo los esfuerzos que recibe de este al terreno.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

El actual capítulo pretende explicar de qué manera se llevará a cabo lo antes expuesto y como se ha de concretar, haciendo referencia al tipo de investigación, los métodos y técnicas aplicadas en el estudio, mediante el uso de herramientas metodológicas, que llevasen a determinar con exactitud los factores y variables decisivas para la comparación e integración de los métodos de diseño estructural, para que posteriormente permita precisar la elección del método más eficiente para los requerimientos de diseño de cada caso particular, en otras palabras, el marco metodológico es el “cómo” se realizará el estudio plateado.

Siguiendo este orden de ideas, Balestrini, M. (2006 p. 125) explica que, el marco metodológico:

“Está referido al momento que alude al conjunto de procedimientos lógicos, tecno-operacionales implícitos en todo proceso de investigación, con el objeto de ponerlos de manifiesto y sistematizarlos; a propósito de permitir descubrir y analizar los supuestos del estudio y de reconstruir los datos, a partir de los conceptos teóricos convencionalmente operacionalizados”.

#### **3.1.-Tipo de Investigación**

De acuerdo con la naturaleza de este trabajo de investigación, el estudio se enmarcó en la modalidad de un proyecto factible con base en fuentes documentales, puesto que, es una propuesta viable orientada a proporcionar solución o respuesta mediante un análisis comparativo a la aparente falta de unificación de los métodos de diseño estructural de zapatas aisladas concéntricas, que representa en síntesis la problemática planteada.

Esta modalidad, según la Universidad José Antonio Páez (UJAP, 2007) se define como, “La investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de

organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto factible debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades”. (p. 5)

### **3.2.-Diseño de la investigación**

Arias (2006, p.12), define el diseño de la investigación como "la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado". A la manera de abordar la problemática planteada en la presente investigación, la estrategia adoptada y los instrumentos empleados para la resolución del problema planteado permiten clasificar el diseño de la presente investigación como documental, ya que, según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 2006) “Se entiende por Investigación Documental, el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos. La originalidad del estudio se refleja en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y en general, en el pensamiento del autor”.

A su vez, según la disciplina en la cual se encuentra la problemática del presente estudio, se puede categorizar como una investigación documental enmarcada dentro del tipo “Revisiones críticas del estado del conocimiento”, puesto que la UPEL (2006, p. 13) define este tipo como, “...integración, organización y evaluación de la información teórica y empírica existente sobre un problema, focalizando ya sea en el progreso de la investigación actual y posibles vías para su solución, en el análisis de la consistencia interna y externa de las teorías y conceptualizaciones para señalar sus fallas o demostrar la superioridad de unas sobre otras, o en ambos aspectos”.

En la investigación que se implementó para, consecuentemente desarrollar el presente proyecto, se utilizan los fundamentos teóricos con la finalidad de obtener conocimientos decisivos, que puedan servir como base para definir los criterios de comparación para diversos métodos de diseño estructural de zapatas aisladas en

conformidad al código ACI 318- 14, la norma COVENIN 1753-87, y documento técnico FONDONORMA 1753-2006.

### **3.3.-Nivel de la investigación**

“El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio”. (Arias, 2006). Siguiendo este orden de ideas, el nivel del presente trabajo de grado corresponde al descriptivo, el cual “consiste en describir y analizar sistemáticamente características homogéneas de los fenómenos estudiados según la realidad, esto va más a la búsqueda de aquellos aspectos que desean conocer y de los que se pretende obtener respuestas” (Bavaresco, 2002).

Es por ello, que la flagrante investigación busca realizar cuadros comparativos para el análisis de los resultados del diseño estructural de zapatas aisladas en conformidad con las normas antes expuestas, para de esta forma, generar conclusiones y recomendaciones específicas pertinentes al caso estudio y así facilitar el diseño estructural de zapatas aisladas concéntricas con carga puntual y momento flector en ambos sentidos.

Pero, por otra parte, Hernández Fernández y Baptista (1991 p. 68) establece que “Algunas veces una investigación puede caracterizarse como exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa, pero no situarse únicamente como tal. Este es, aunque un estudio sea esencialmente exploratorio contendrá elementos descriptivos”.

Por consiguiente, se puede afirmar que la investigación no solo corresponde al nivel descriptivo, sino también al exploratorio, debido a que, según la definición de Hernández Fernández y Baptista (1991 p. 59), que establece que, “Los estudios exploratorios se efectúan, normalmente, cuando el objeto es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes.” Por tal razón, el presente trabajo de grado de igual forma se categoriza dentro del nivel exploratorio, en vista de que la problemática a estudiar hace referencia a la aparente falta de unificación en la gran diversidad de métodos de diseño estructural de zapatas aisladas que existen en la actualidad.

### **3.4.-Población y muestra**

La población se busca determinar con el fin de poder delimitar el espacio y área geográfica donde se va a realizar la investigación. Según Arias (2006, p. 81) define población a “Un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas conclusiones de la investigación. Esta queda determinada por el problema y por los objetivos del estudio”.

Por otra parte, Balestrini, M. (2006, p. 140) cita a Ángel Alcaide y define la población como: “...cualquier conjunto de elementos de los que se quiere conocer o investigar alguna o algunas de sus características”.

En relación con lo expuesto por Arias, con base en lo citado en el texto, la población a considerar para la elaboración del presente trabajo de investigación está conformada por zapatas aisladas concéntricas.

Así mismo, Balestrini, M. (2006, p. 141) cita a Néstor Gabaldón Mejía definiendo a la muestra “...es una parte de la población, o sea, un número de individuos u objetos seleccionados científicamente, cada uno de los es un elemento del universo. La muestra es obtenida con el fin de investigar, a partir del conocimiento de sus características particulares, las propiedades de una población”. En efecto, la muestra está instituida por zapatas aisladas concéntricas con carga puntual, momento en X y Y.

### **3.5.-Técnicas e instrumentación de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos, según Tamayo y Tamayo, M (1997, p. 126) son definidas como: “La expresión operativa del diseño de investigación y que especifica concretamente cómo se hizo la investigación”.

El ser humano desde el principio de los tiempos ha utilizado la observación, a través de sus sentidos de percepción para recolectar la información que considera importante en su aprendizaje y desarrollo, de la misma forma. El “percibir activamente de la realidad exterior con el propósito de obtener los datos que, previamente, han sido definidos como de interés para la investigación” (Sabino, 1992) representa la mejor forma para la recolección de los datos que en el marco teórico del presente trabajo, se han constituido como los aspectos determinantes en el estudio y análisis de diversos

métodos para diseñar zapatas aisladas.

Los instrumentos de recolección de datos son necesarios para manejar y administrar la información obtenida en materia de técnicas, siendo estos definidos como “cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (Arias, 2006). En función a esto, gran parte de la información que se maneja en el presente trabajo ha sido adquirida por medio de recursos físicos de carácter bibliográfico, así como también, los dispositivos de manejo y administración de la información se corresponden a medios digitales y tecnológicos como lo son aquellos programas de almacenamiento de información y administración de datos, del mismo modo que softwares vanguardistas destinados al diseño y cálculo de estructuras.

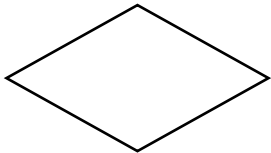
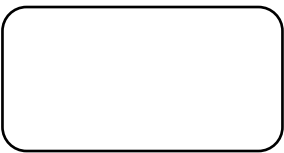
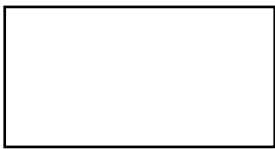


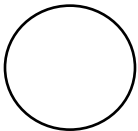
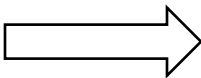
### **3.6.-Fases Metodológicas**

Con el propósito de implementar una correcta metodología en la investigación, a través de un procedimiento ordenado y secuencial, que permita al lector asimilar los pasos que se requieren efectuar para alcanzar el logro de los objetivos específicos y consecutivamente la consumación del objetivo general, se presenta a continuación un procedimiento estructurado en cuatro (4) fases metodológicas en las que se desarrolló el tema en estudio:

#### **Fase I: Ordenamiento de una metodología de diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado. Analizando paso a paso la norma ACI 318-14.**

En esta fase, se ordenó un procedimiento cuya finalidad fue puntualizar los pasos a seguir para la ejecución del diseño estructural de zapatas aisladas con una carga puntual y momento flector en ambos sentidos X y Y, a través de la elaboración de una serie de diagramas de flujo, que no son más, que la representación gráfica del sistema de trabajo que fue extendido con la finalidad de indicar el flujo entre los pasos que se precisaron realizar para el diseño estructural de la familia de zapatas antes mencionadas, estos diagramas utilizan símbolos con significados definidos que representan la naturaleza de la actividad que se realizó, por ello a continuación se presenta el cuadro 1 donde se especifica la leyenda de los flujogramas

**Cuadro 1.** Leyenda de figuras para flujogramas.

<b>LEYENDA</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>
Decisión		Define un proceso de decisión de dos o más alternativas
Proceso Alternativo		Define una pregunta o proceso de selección de dos o más alternativas
Proceso		Define análisis, calculo o algún otro proceso necesario dentro del diagrama de flujo
Notas		Define la aclaratorias sobre algún proceso del flujograma
Búsqueda de datos		Define los datos externos necesarios para utilizar en algún proceso
Continuidad		Define el inicio, fin o continuación de un diagrama de flujo
Conector		Define la conexión entre cada uno de los símbolos

**Fuente:** Hernández Gabriela, Valera Marfa (2019)

Puesto que es indispensable el conocimiento teórico en relación con lo que representan las zapatas aisladas y los lineamientos establecidos para su diseño, dichos diagramas de flujos se fundamentaron en el análisis de los principios y normas recolectadas del código ACI 318-14

**Fase II: Generación de hojas de cálculo para el diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado coincidentes con el procedimiento ordenado.**

Para desarrollo esta fase de la investigación, se programaron y estructuraron en una hoja de Excel las variables presentes en los pasos a seguir para la ejecución del diseño estructural de zapatas aisladas, definidos anteriormente en la Fase I, de esta forma sistematizar de manera digital el procedimiento manual, mediante la implementación de la herramienta computacional conocida como Microsoft Excel y así generar las hojas de cálculo que facilitaron la adquisición de los valores e información correspondiente al diseño estructural de zapatas aisladas.

**Fase III: Aplicación de diversas herramientas de diseño estructural a distintas zapatas aisladas de concreto reforzado, para obtener los resultados a analizar.**

Para llevar a cabo esta fase del proyecto de investigación, fue necesario ejecutar el diseño estructural a la familia de zapatas caso estudio aplicando las diversas herramientas de diseño previamente especificadas en los alcances y limitaciones de la investigación, mediante las cuales se obtuvieron los resultados que fueron analizados para posteriormente aplicar a la comparación. Se organizó la aplicación de las diversas herramientas de diseño estructural de la siguiente manera:

1. Diseño estructural empleando hojas de cálculo
2. Aplicación de software de cálculo y diseño estructural
3. Implementación de los Ábacos de diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado.

**Fase IV: Realización de cuadros comparativos de los resultados obtenidos del diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado, utilizando diversas herramientas.**

Por último, esta fase de la investigación consiste en la elaboración de cuadros

comparativos de resultados que se realizarán mediante el análisis y la contrastación de los valores obtenidos previamente, mediante la aplicación de las diversas herramientas de diseño estructural generadas y definidas en las fases anteriores. Para de esta forma desarrollar los cuadros en los que se podrán visualizar de manera práctica y precisa el análisis comparativo de los resultados obtenidos de cada herramienta aplicada, para de esta forma, comprobar las mismas y lograr una aparente unificación de dichas herramientas, con la finalidad de proporcionar confiabilidad y facilitar la selección del método más oportuno para el diseño estructural de las zapatas aisladas que se deseen calcular según sus características.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

Una vez planteado el objetivo general, los objetivos específicos, haber realizado la investigación teórica, así como la metodología y de esta manera haber logrado desarrollar el análisis y comparación, es oportuno presentar el registro, descripción e interpretación de los resultados obtenidos producto de la ejecución de cada fase definida durante el análisis metodológico del presente trabajo especial de grado.

#### **4.1- Ordenamiento de una metodología de diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado. Analizando paso a paso la norma ACI 318-14.**

Consultada la norma ACI 318-14, además de distintas fuentes de información tales como, guías de diseño, presentaciones, libros, entre otras, se logró llevar a cabo la ordenación y esquematización de una metodología que incluye los pasos y lineamientos técnicos que permiten al lector realizar de forma rápida y sencilla el diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado, tanto concéntricas como excéntricas. Dicha metodología se presenta a continuación en dos diagramas de flujo cada uno dividido por etapas, donde se incluyen:

##### 1. Diagrama de flujo “Zapatas concéntricas”

Etapa 1 Diseño desde el punto de vista del suelo.

Etapa 2 Diseño desde el punto de vista del estructural - Revisión del espesor por corte directo.

Etapa 3 Diseño desde el punto de vista del estructural - Revisión del espesor por punzonado.

Etapa 4 Diseño desde el punto de vista del estructural - Área de acero por flexión

##### 2. Diagrama de flujo “Zapatas excéntricas”

Etapa 1 Cálculo de la excentricidad

Etapa 2 Diseño desde el punto de vista del suelo.

Etapa 3 Diseño desde el punto de vista del estructural - Revisión del espesor por corte directo.

Etapa 4 Diseño desde el punto de vista del estructural - Revisión del espesor por punzonado.

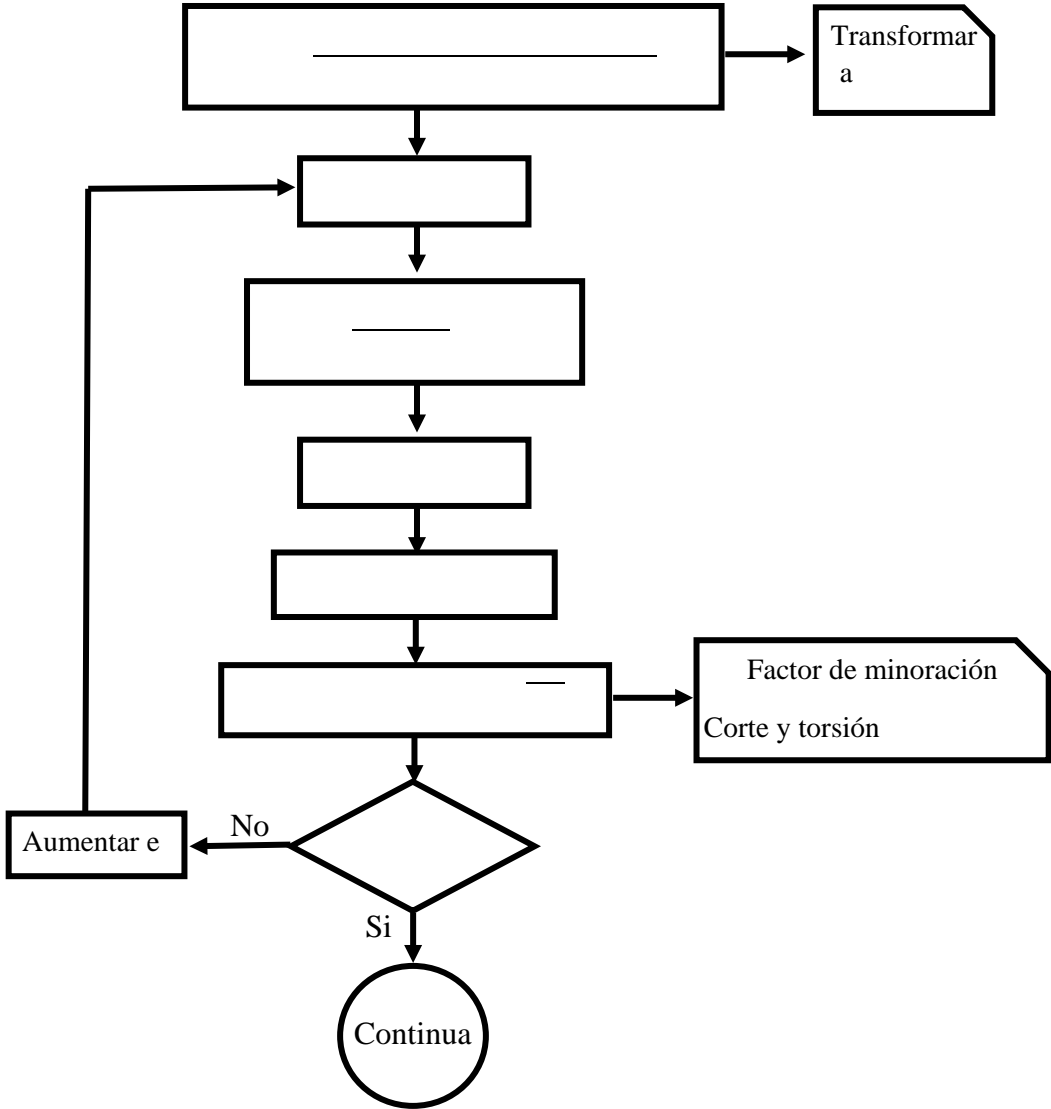
Etapa 5 Diseño desde el punto de vista del estructural - Área de acero por flexión.

Para la correcta comprensión de los diagramas de flujo se debe consultar la simbología utilizada, presentada anteriormente en el Cuadro 1. Sección 3.6



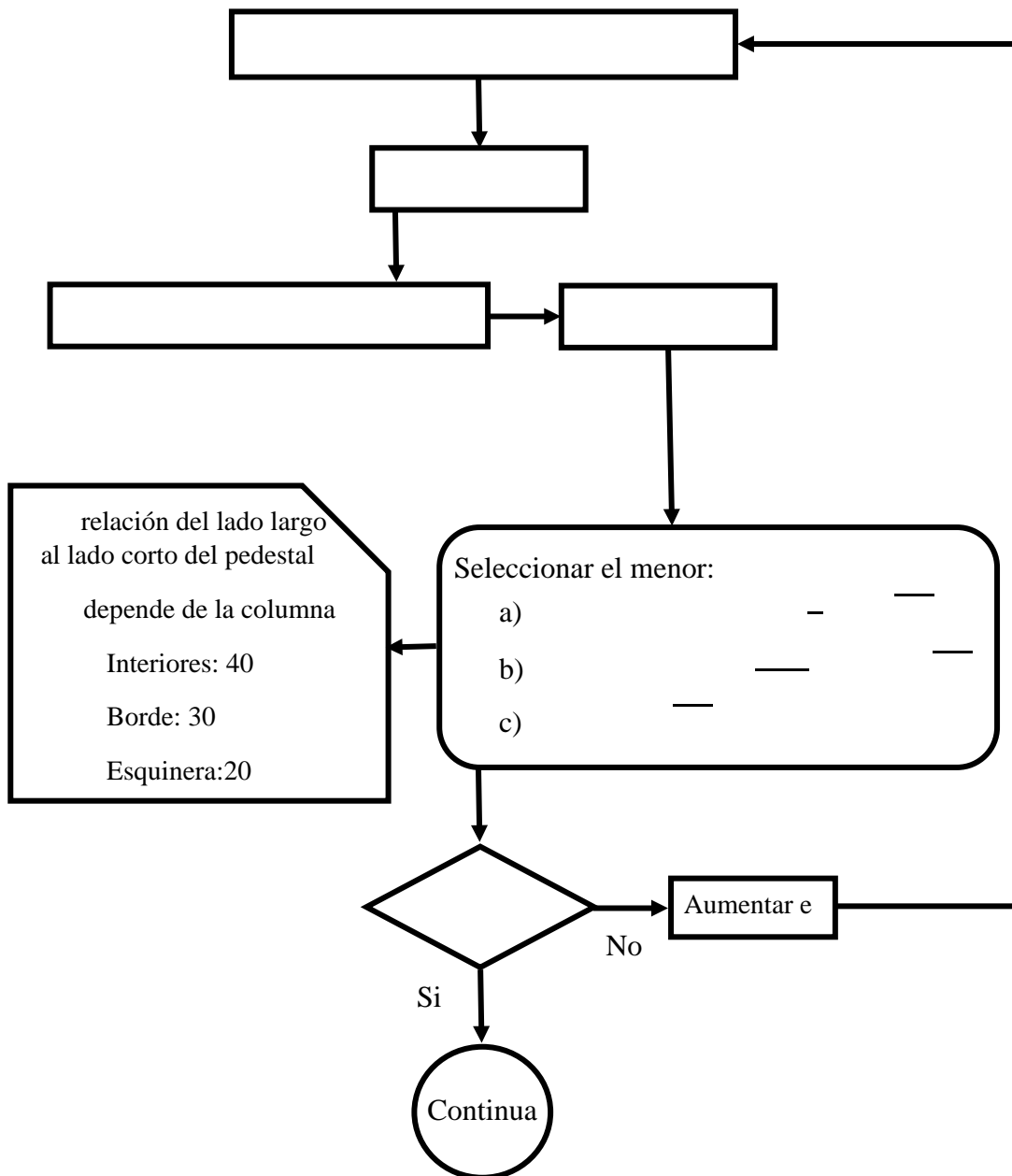
Etapa 2 Diseño desde el punto de vista del estructural

Revisión del espesor por corte directo



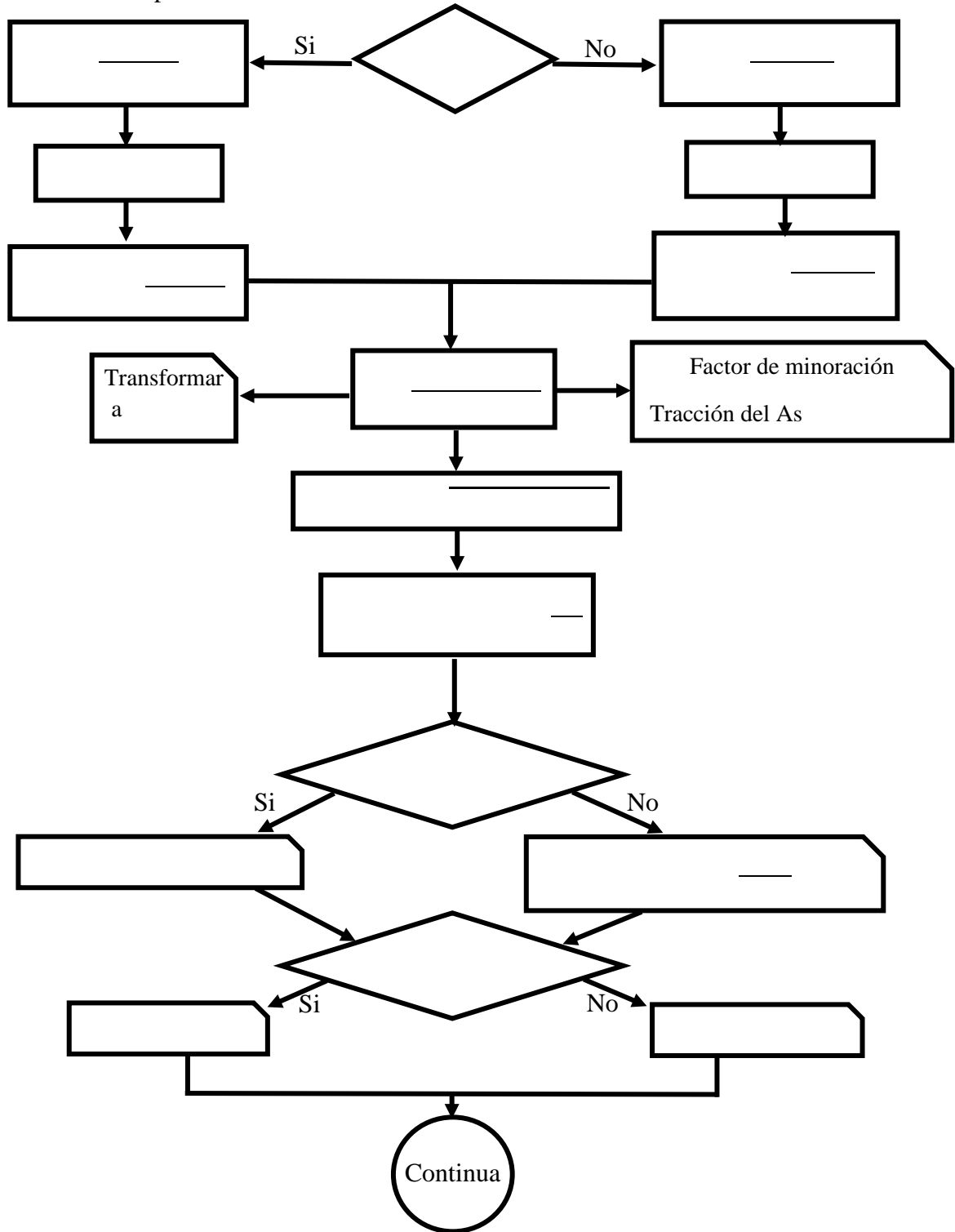
Etapa 3 Diseño desde el punto de vista del estructural

Revisión del espesor por punzonado



Etapa 4 Diseño desde el punto de vista del estructural

Área de acero por flexión



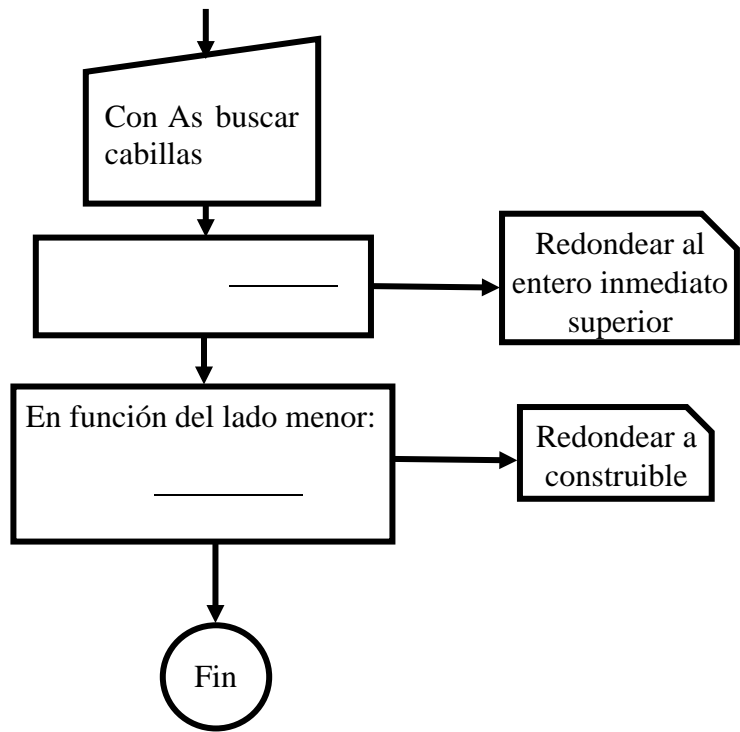


Diagrama de flujo “Zapatitas excéntricas”

Etapa 1 Cálculo de la excentricidad

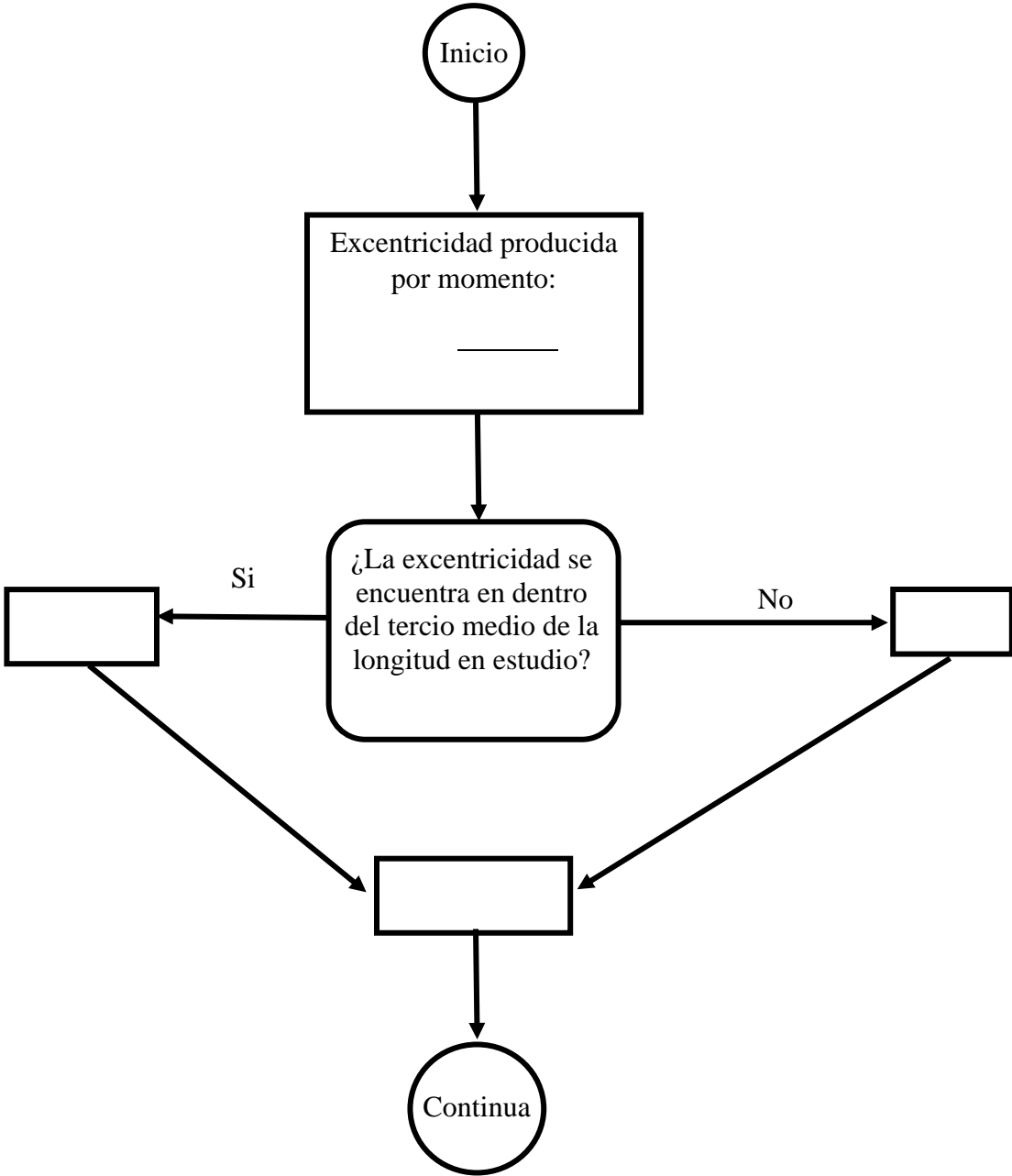
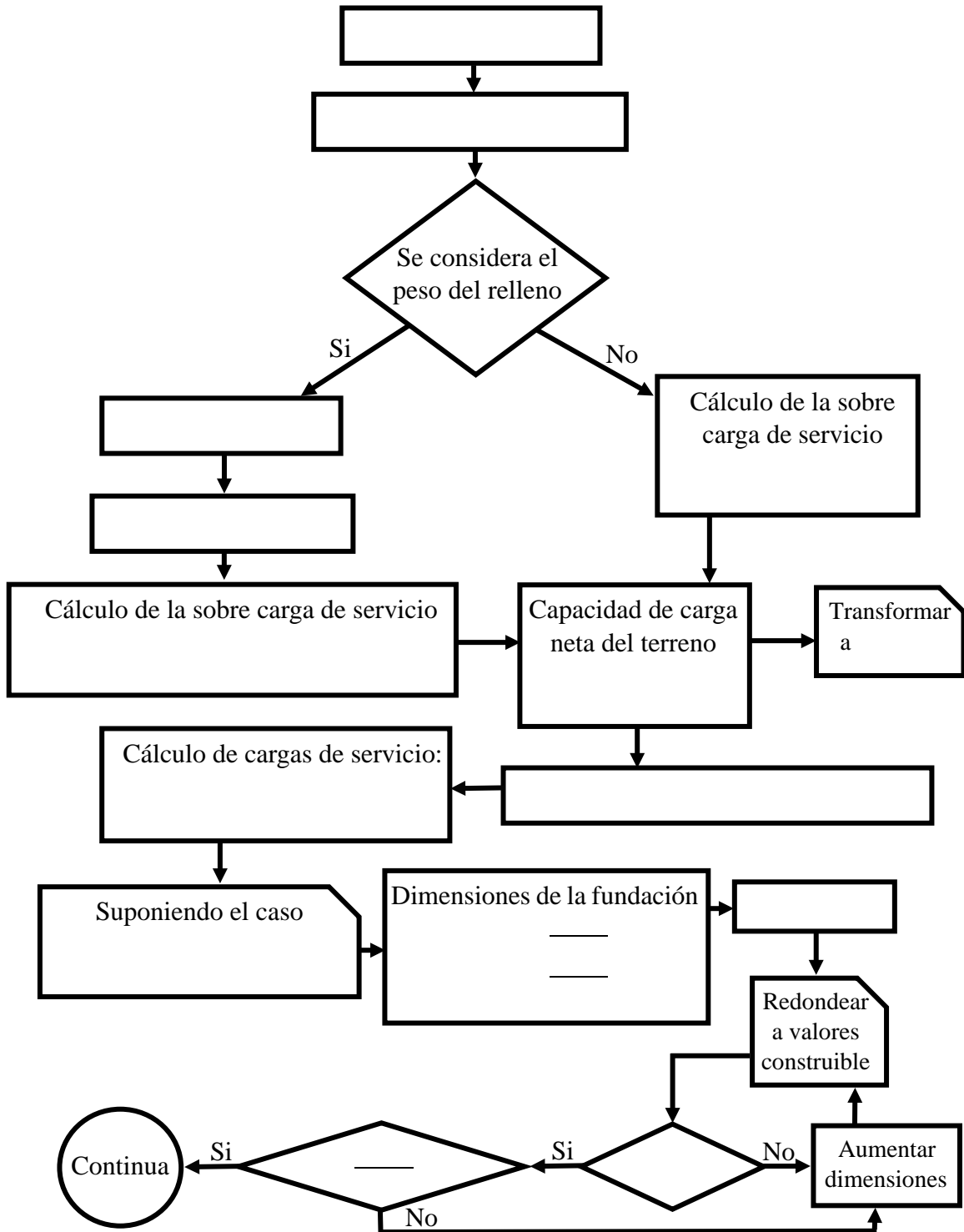


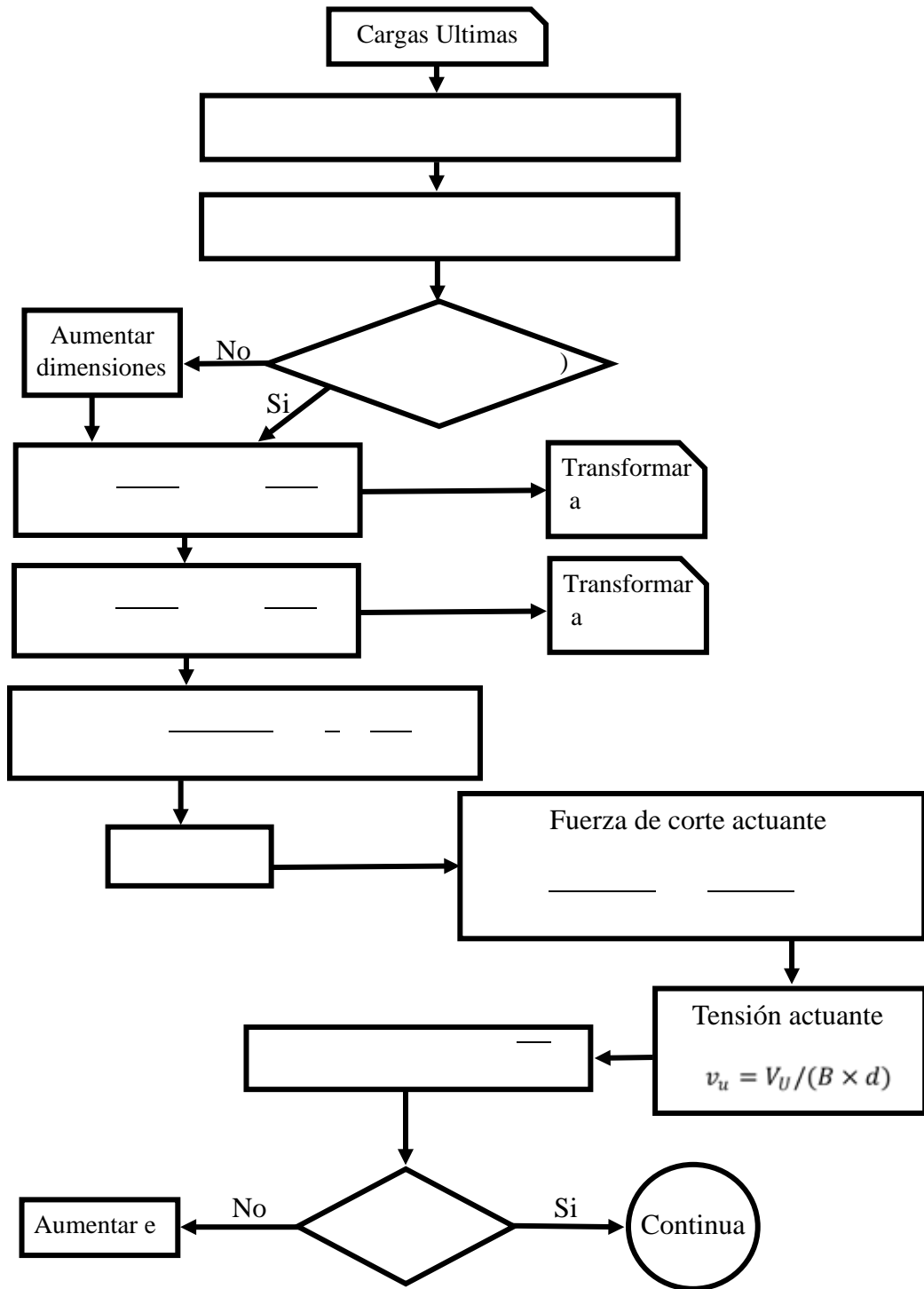
Diagrama de flujo “Zapatas excéntricas”

Etapa 2 Diseño desde el punto de vista del suelo



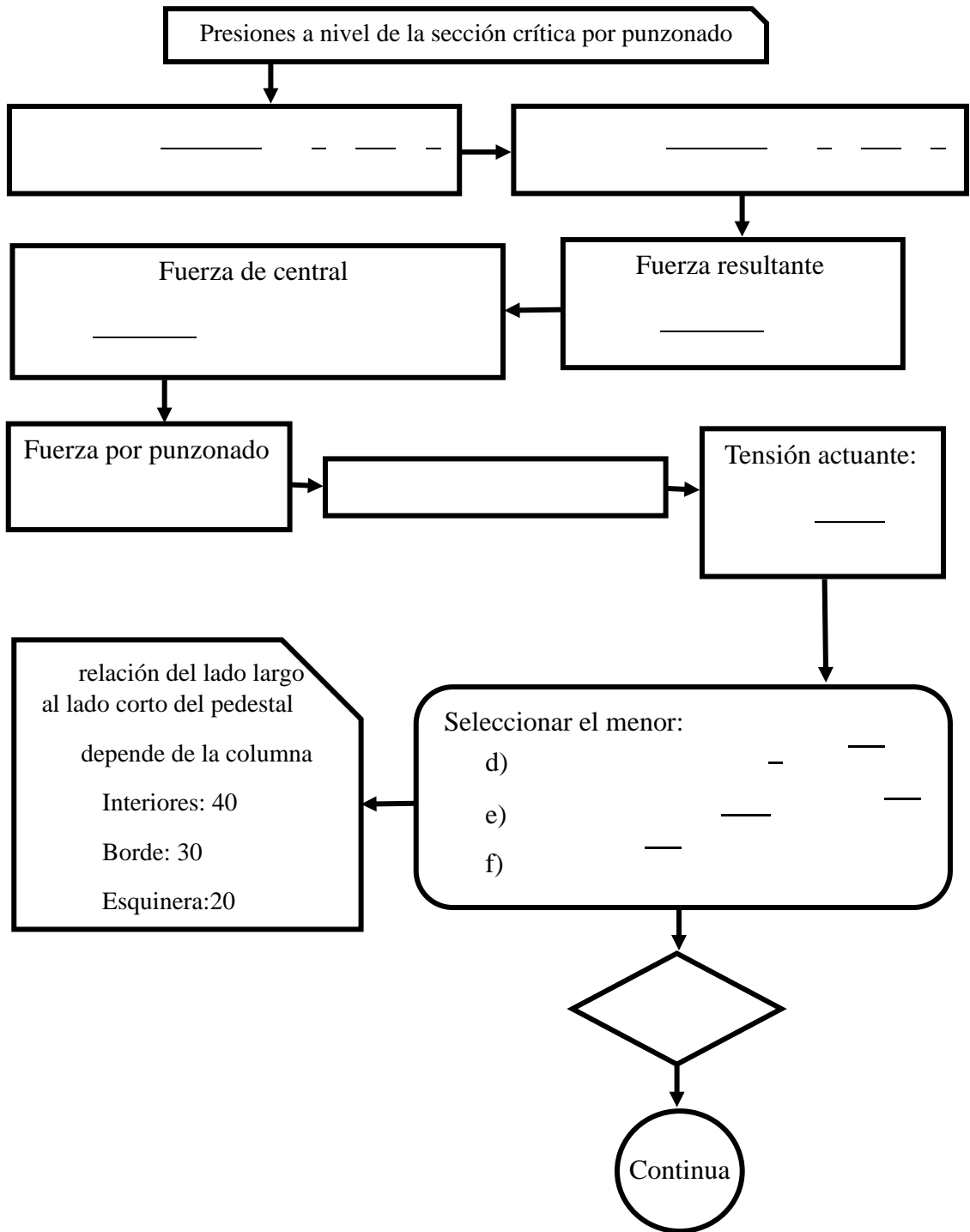
Etapa 3 Diseño desde el punto de vista del estructural

Revisión del espesor por corte directo



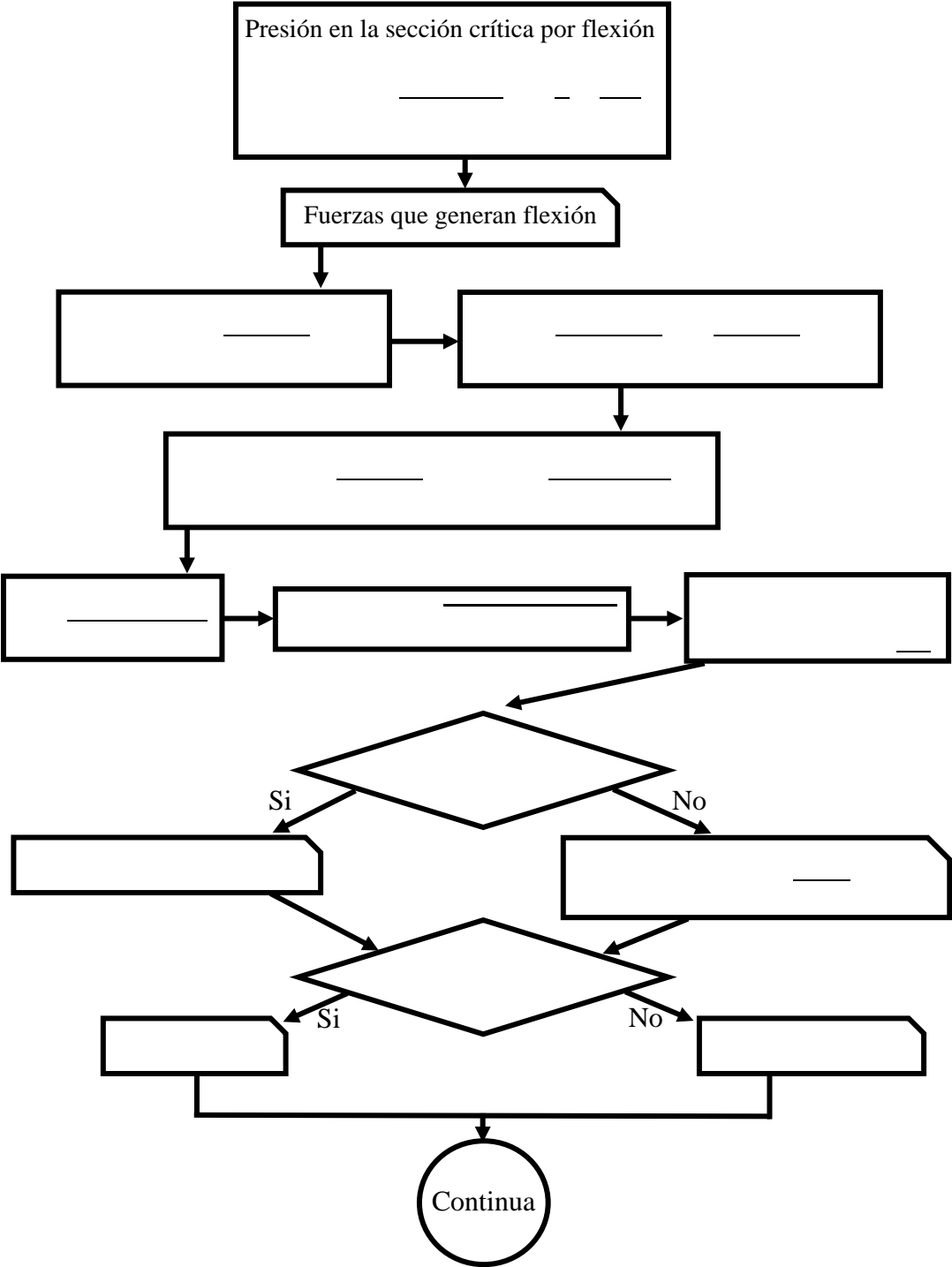
Etapa 3 Diseño desde el punto de vista del estructural

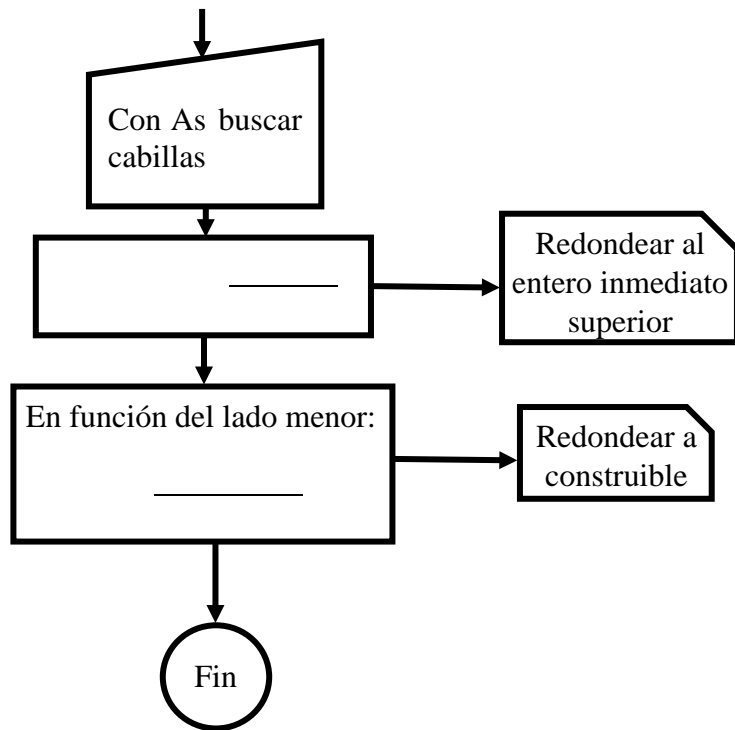
Revisión del espesor por punzonado



Etapa 5 Diseño desde el punto de vista del estructural

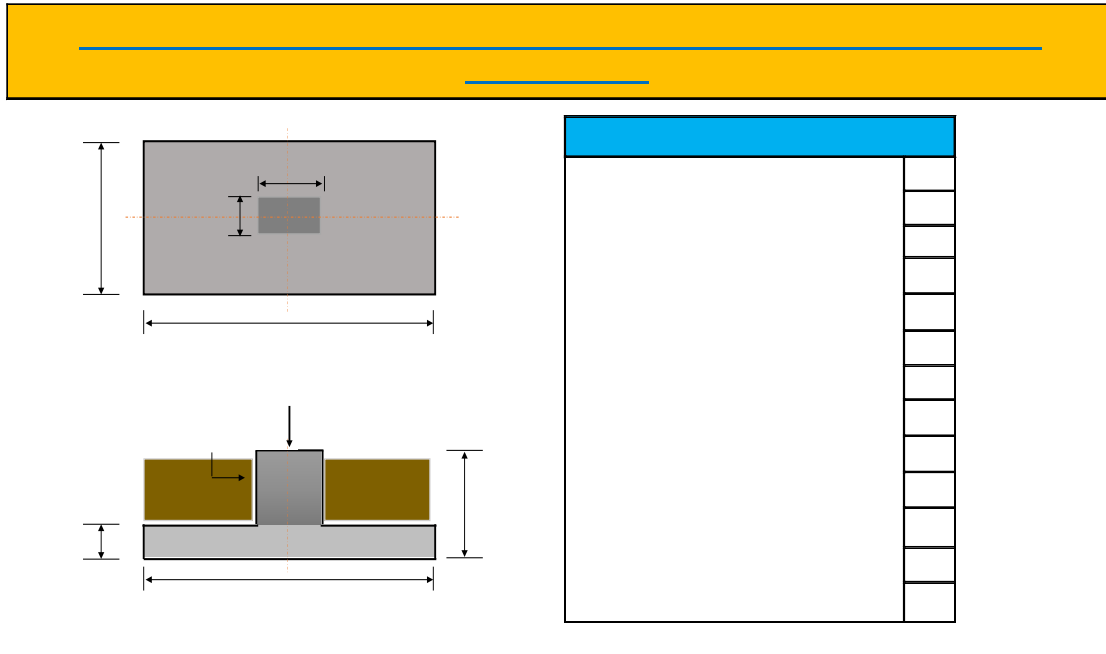
Área de acero por flexión





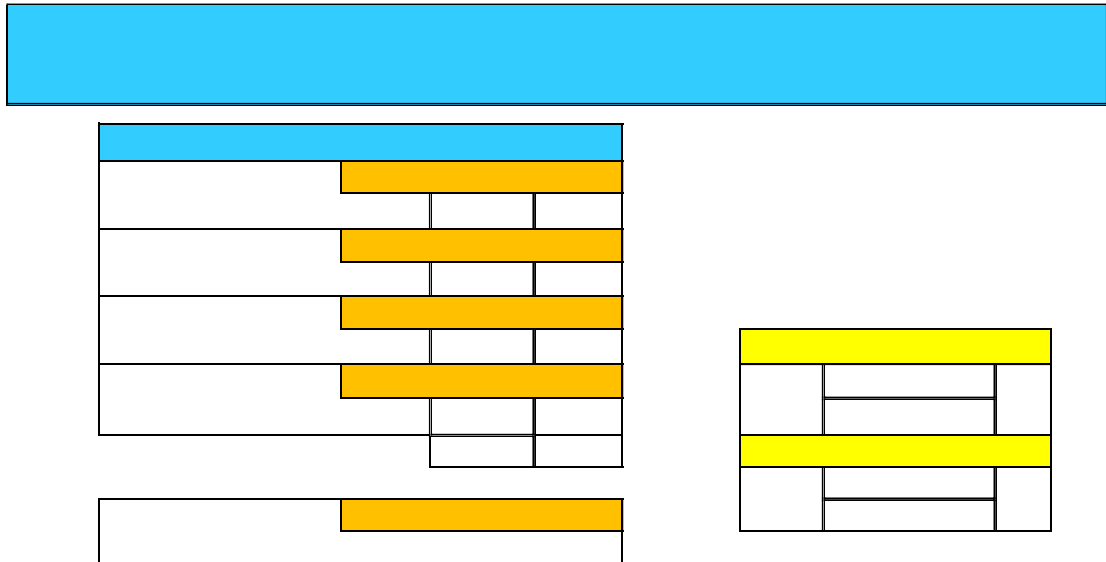
**4.2- Generación de hojas de cálculo para el diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado coincidentes con el procedimiento ordenado.**

Siguiendo la metodología estructurada en los flujogramas presentados previamente, se desglosaron todos los procedimientos allí expuestos en el software Microsoft Excel, programando las fórmulas y variables necesarias para lograr sistematizar de manera digital la metodología de diseño desarrollada para facilitar el cálculo estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado. De esta manera se diseñó una hoja de cálculo titulada “MDEZA” cuyas siglas significan “Metodología de Diseño Estructural de Zapatas Aisladas” para la cual se requirió previamente definir los datos de entrada que se precisan conocer para llevar a cabo el cálculo estructural.



**Figura 17.** Datos de entrada para zapatas aisladas concéntricas  
**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

En concordancia con la metodología esquematizada en los diagramas de flujo, la herramienta MDEZA fue diseñada en dos pestañas separadas, en la primera de ellas se desarrolla el diseño estructural de zapatas concéntricas donde en primer lugar se organizaron los datos de entrada que deben ser conocidos y suministrados por el operador, entre estos datos se encuentran las cargas permanentes y cargas variables que serán transmitidas a la fundación por la estructura que esta soporta, la profundidad de desplante, el espesor de la zapata, las dimensiones del pedestal, capacidad de carga admisible del terreno además de las cualidades del concreto y del acero que serán implementados. (Ver figura 17)

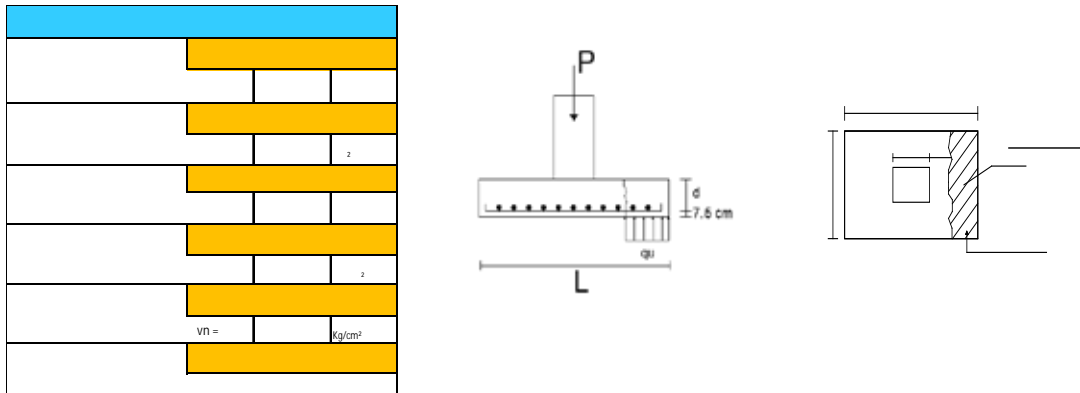


**Figura 18.** Diseño desde el punto de vista del suelo

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

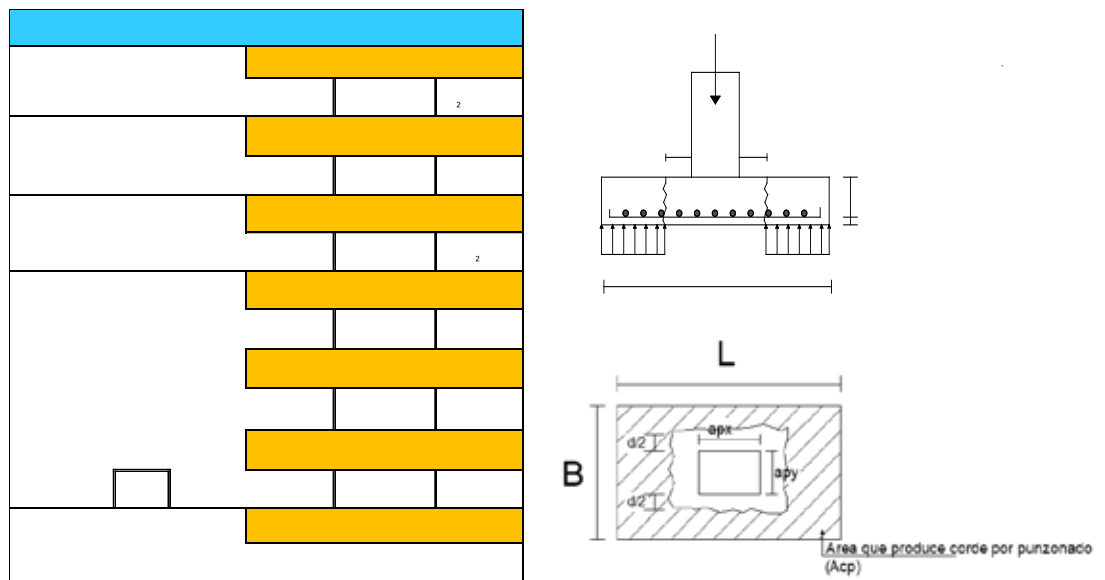
Posteriormente se programaron las fórmulas englobadas dentro de la etapa 1 del primer flujograma, donde intervienen las cargas y sobrecargas de servicio, la capacidad admisible del terreno, dimensiones del pedestal, espesor y peso del concreto para calcular el área mínima requerida para la fundación y las dimensiones sugeridas para las caras de la zapata realizar, además de realizar la verificación pertinente antes de continuar. (Ver figura 18)

La etapa 2 consiste en el diseño desde el punto de vista estructural con la finalidad de establecer el equilibrio interno de las tensiones a través de la flexión. El primer paso que se realizó fue la revisión del espesor por corte directo, donde previamente teniendo las dimensiones de la zapata se procedió a calcular la reacción del terreno, el área de la fundación que produce corte directo, la fuerza de corte actuante, la tensión actuante y la resistencia al corte. En esta revisión la resistencia a corte del elemento debe mayor o igual al valor de la tensión actuante en caso contrario se debería aumentar el espesor. (Ver figura 19)



**Figura 19.** Revisión del espesor por corte directo

Fuente: Hernández, Valera (2019)



**Figura 20.** Revisión del espesor por punzonado

Fuente: Hernández, Valera (2019)

Consecutivamente se desarrolló la etapa 3 cuyo foco es la revisión de espesor por punzonado, razón por la cual para su diseño se tuvo presente que la sección crítica por corte por punzonado se encuentra perimetralmente a una distancia  $d/2$  de la cara del pedestal de la zapata (Ver figura 20) En esta etapa se calculó el área que produce punzonado, la fuerza de corte por punzonado, la tensión actuante y la capacidad de

corte por punzonado la cual fue programada para que, así como estipula el código ACI318-14 fuera el menor resultado de entre sus tres fórmulas. Siguiendo este orden de ideas, de igual forma que en la revisión anterior, la resistencia a corte o capacidad de corte por punzonado del elemento debe ser mayor o igual al valor de la tensión actuante, de no cumplir se debe aumentar el espesor.

		2
		3
		2
		2

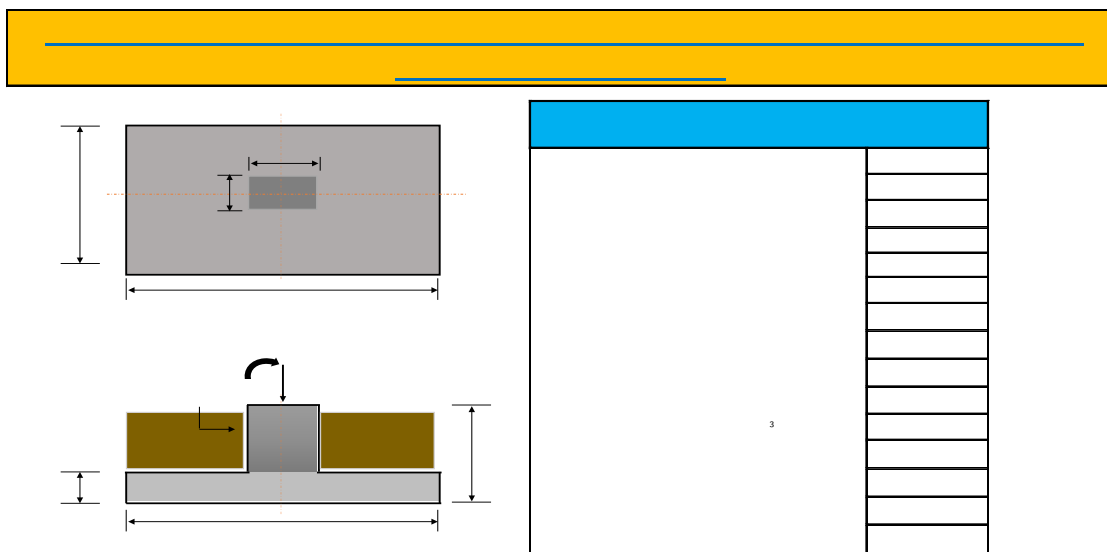
**Figura 21.** Diseño del acero de refuerzo por flexión

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

Por último, en la etapa 4, se diseñó teniendo en cuenta que la sección crítica a flexión se ubica en la cara del pedestal, por ello, en caso de ser rectangular el cálculo del momento se ejecuta respecto a la dimensión mayor. Se programó el cálculo del acero y la comparación de este con el acero mínimo por temperatura para elementos sometidos a flexión, obtener el acero definido y proceder a su repartición, para la cual

se implementó el uso de una herramienta de datos tipo lista validada que permite seleccionar el diámetro de la barra con la que se desee trabajar. (Ver figura 21).

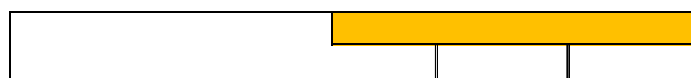
En la segunda pestaña de “MDEZA” se sistematizó el diseño estructural de zapatas aisladas excéntricas, del mismo modo se comenzó presentando las variables de entrada, que en esencia son las mismas que en el caso previo, con la diferencia de que ahora se le añaden los momentos permanentes y variables para que la zapata este sometida a flexo-compresión. (Ver figura 18)



**Figura 22.** Datos de entrada para zapatas aisladas excéntricas

Fuente: Hernández, Valera (2019)

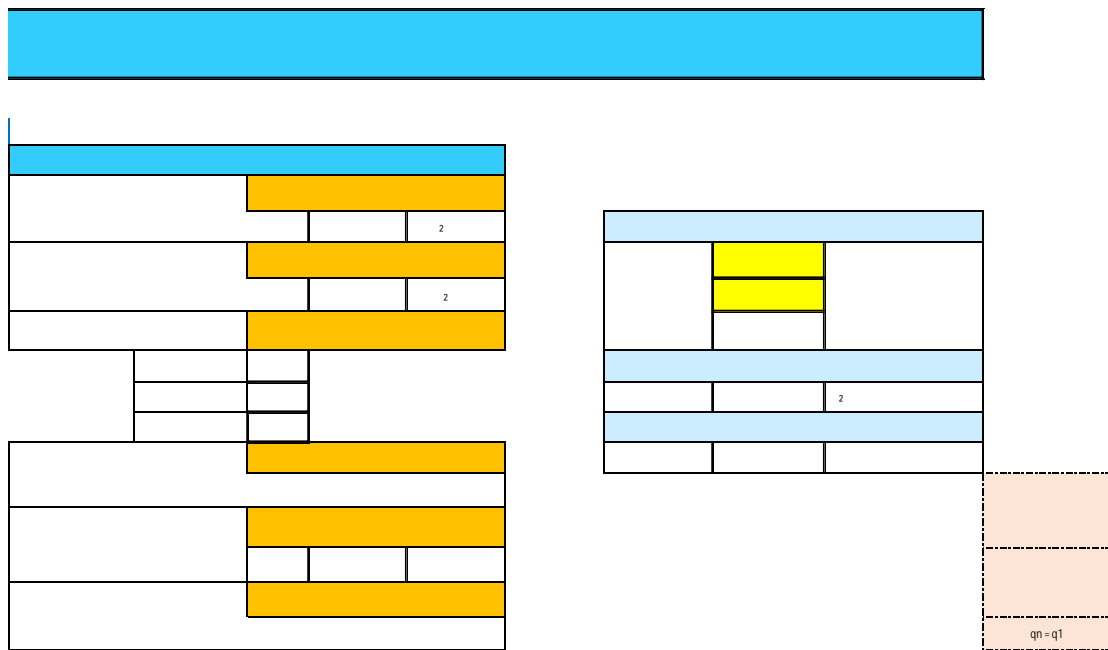
En este caso, la etapa 1 enmarca el cálculo de la excentricidad, recordando que, para efectos de la investigación, se limitó a trabajar únicamente con la excentricidad producida por el momento aplicado, dejando a un lado la excentricidad geométrica. (Ver figura 23)



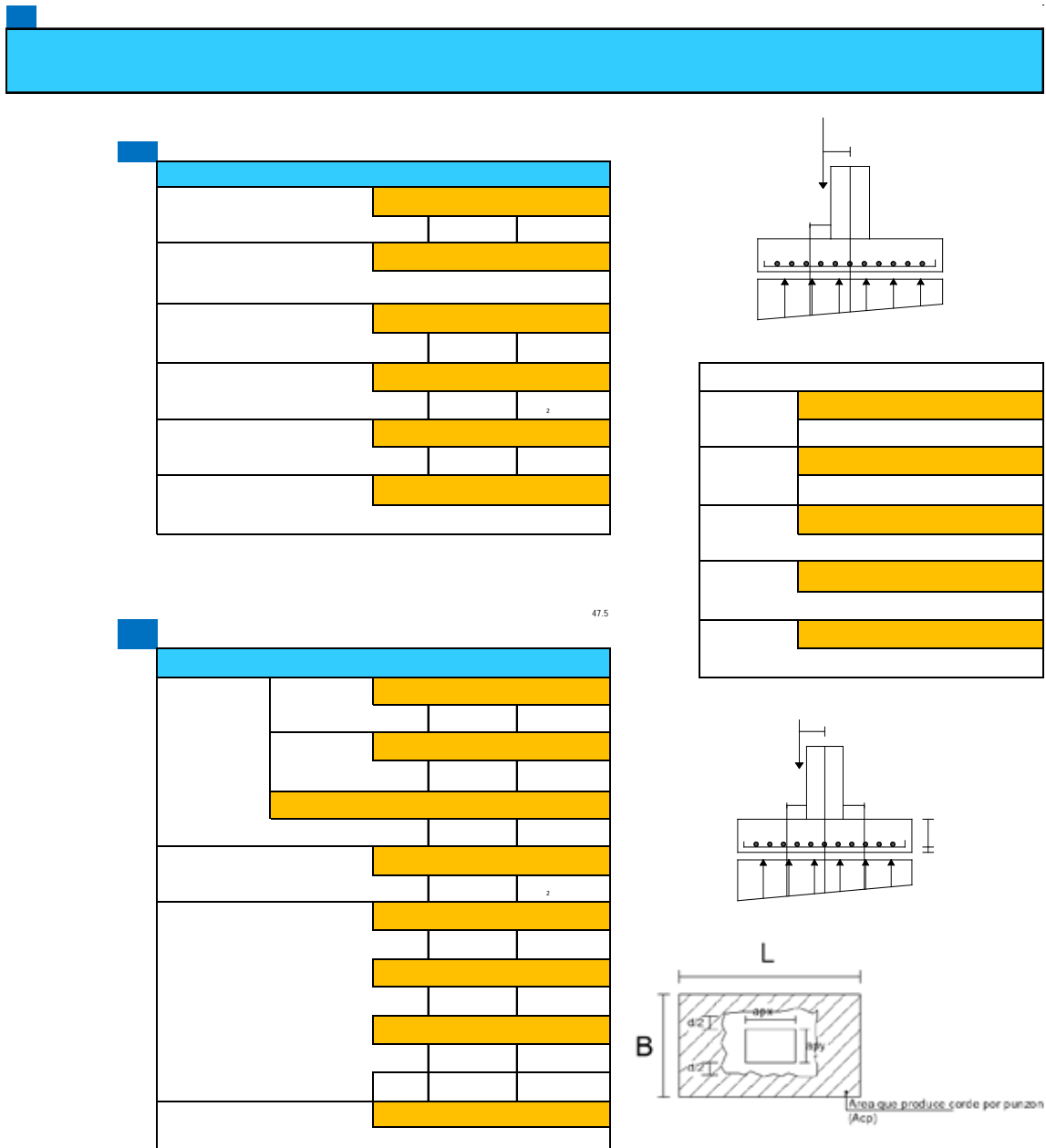
**Figura 23.** Cálculo de la excentricidad

Fuente: Hernández, Valera (2019)

La etapa 2 corresponde al diseño desde el punto de vista del suelo, cuya programación está fundamentada en los mismos principios que en el caso de las zapatas concéntricas, con la diferencia de que ahora se adicione la condición que consiste en que teniendo una excentricidad, la misma debe ubicarse en el tercio medio de la fundación con fin de evitar levantamientos, además, también se incorporó la obtención de las presiones  $q_n$  y  $q_1$  de entre las cuales se selecciona la mayor para verificar la presión actuante. (Ver figura 24)



**Figura 24.** Diseño desde el punto de vista del suelo  
**Fuente:** Hernández, Valera (2019)



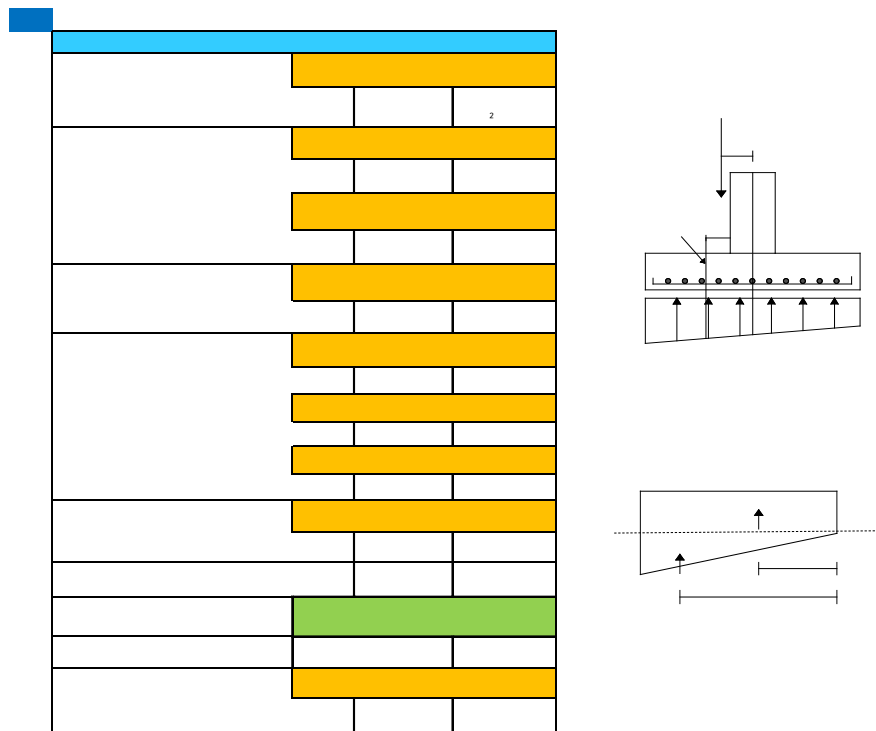
**Figura 25.** Diseño desde el punto de vista estructural

Fuente: Hernández, Valera (2019)

En la figura 25 se observa que el diseño desde el punto de vista estructural tanto la revisión de espesor por corte directo como por punzonado son básicamente los mismos procesos formulados en el caso de las zapatas concéntricas, con la salvedad de

que ahora por el hecho de presentar una excentricidad, el diagrama de presiones se produce de forma trapezoidal, por lo tanto se incorporó la programación del cálculo de las presiones ejercidas sobre el terreno, la fuerza resultante del diagrama de presiones y la fuerza central.

Para la sistematización de la etapa 5 se programó el cálculo de la presión en la sección crítica y las fuerzas que generan flexión en dicha sección, de manera que con estas fuerzas se calculara el momento ultimo y de la misma forma como se programó en las zapatas concéntricas se formuló el cálculo de acero, las comparaciones y selección pertinente además de la herramienta de datos tipo lista validada para la selección del diámetro de las cabillas. (Ver figura 26).



**Figura 26.** Diseño del acero de refuerzo por flexión

Fuente: Hernández, Valera (2019)



En la segunda columna se organizó el tipo de columna cuadrada que llega a la zapata, suponiendo una estructura de forma rectangular donde las columnas perimetrales o laterales del eje “X” soportan una carga mayor a las del eje “Y” por lo tanto su dimensión también resulta superior a las del eje “Y” (Ver figura 27.) Esto con el propósito de que todas las zapatas tuvieran solicitaciones diferentes.

En la tercera columna se organizaron de forma creciente las cargas axiales con las que se diseñaron cada una de las zapatas. En el caso de las zapatas excéntricas existe una tercera columna de datos donde se presentan los diferentes momentos flectores utilizados para el cálculo estructural, la relación empleada en el diseño de las zapatas excéntricas fueron las resultantes de la combinación de cargas pequeñas con momentos grandes, cargas medianas con momentos medianos y cargas grandes con momentos pequeños.

Para el caso de las zapatas concéntricas se diseñaron 6 tablas de resultados:

Resultados de las dimensiones de la zapata

Resultados del lado “b” del pedestal cuadrado de la zapata (siendo b cualquiera de los lados del pedestal)

Resultados del espesor de la base de la zapata

Resultados del área de acero por flexión

Resultados del diámetro, cantidad y separación entre cabillas, extraídos de las herramientas

Transformación y completación del diámetro, cantidad y separación entre cabillas

No todas las herramientas proporcionan el resultado de la cantidad de cabillas o de la separación entre estas, además de que los resultados extraídos de las herramientas no necesariamente se presentan en el mismo diámetro de cabillas, por lo tanto, para ser comparables se requirió desarrollar la última tabla donde se transforman todos los resultados de cada zapata a un mismo diámetro de cabillas y se completaron los

resultados obtenidos de herramientas que no proporcionaban la cantidad o separación entre cabillas.

Para el diseño estructural de las zapatas excéntricas se desarrollaron las mismas tablas de resultados exceptuando la tabla de los resultados del lado “b” del pedestal cuadrado de la zapata, debido a que tales resultados no son comparables. Todas las tablas de se encuentran anexas en el apéndice A

#### **4.3.1- Diseño estructural empleando hojas de cálculo MDEZA:**

Para realizar el diseño estructural en MDEZA se requirió suministrar los datos de entrada antes expuestos, se ingresaron los valores de las variables conocidas, cargas, momentos, profundidad de desplante, peso del unitario del concreto, resistencia nominal del concreto y resistencia del acero. Para el caso de las variables desconocidas como el espesor de la base de la zapata se ingresó el valor mínimo permitido de 30cm fundamentado en el código ACI318-14 y se corrobora que cumplieran las verificaciones pertinentes, en caso contrario se aumentó progresivamente 5cm hasta obtener un espesor que satisficiera las solicitudes por corte y por punzonado de la zapata

Por otra parte, las dimensiones del pedestal cuadrado se calcularon con el principio de que:

Se procedió a tantear el área gruesa tomando un valor mínimo de partida de 35cm procedente de una columna de 30x30 más el recubrimiento normativo de los pedestales. De esta forma conociendo todos los valores necesarios se sustituyeron para obtener los resultados de las distintas zapatas aisladas, los cuales fueron ingresados en las tablas de resultados para su posterior análisis y comparación.

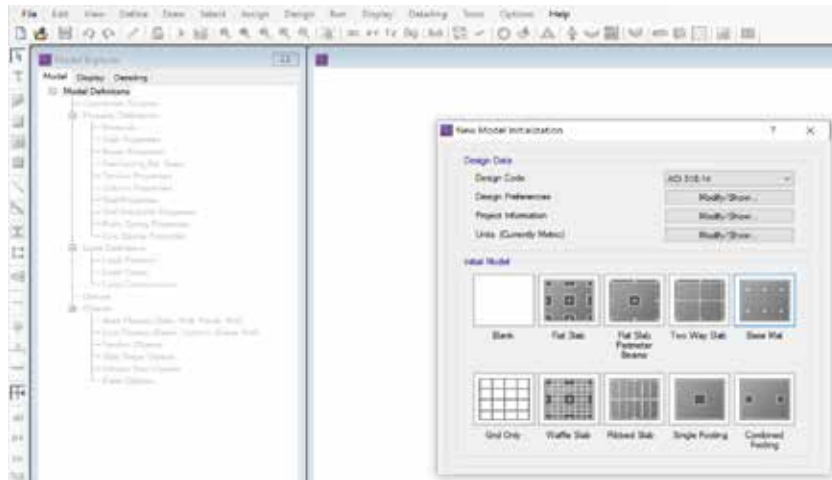
#### **4.3.2- Aplicación de software de cálculo y diseño estructural:**

Se aplicaron 2 software de cálculo estructural con el propósito de tener una amplia gama para la comparación entre un programa como SAFE, de renombre mundial, diseñado bajo los parámetros de normas internacionales como la americana, europea y asiática, creado y distribuido por Computers and Structures, Inc. (CSI) para el análisis y dimensionamiento de losas y cimentaciones de hormigón armado, además de otro programa como IP3-Fundaciones, no tan conocido internacionalmente, creado y distribuido por la empresa venezolana IP-3 Software para el cálculo y diseño de los diferentes tipos de fundaciones, losas y muros con un ambiente más gráfico y amigable al usuario.

##### **4.3.2.1- Aplicación de software SAFE:**

Para realizar el análisis y diseño de una zapata aislada con el software SAFE de la compañía Computers and Structures, Inc. (CSI) una vez establecidos los parámetros de los materiales que componen la zapata como la resistencia cilíndrica a compresión del concreto, el esfuerzo cedente del acero de refuerzo, el peso unitario del concreto armado así como los materiales del pedestal, se definieron de igual forma los datos del suelo sobre el que se funda el sistema como el esfuerzo admisible ( $q_{adm}$ ), el módulo de rigidez que fue previamente estudiado y por último los valores de cargas para los cuales se modelaron y diseñaron las fundaciones tanto concéntricas como excéntricas.

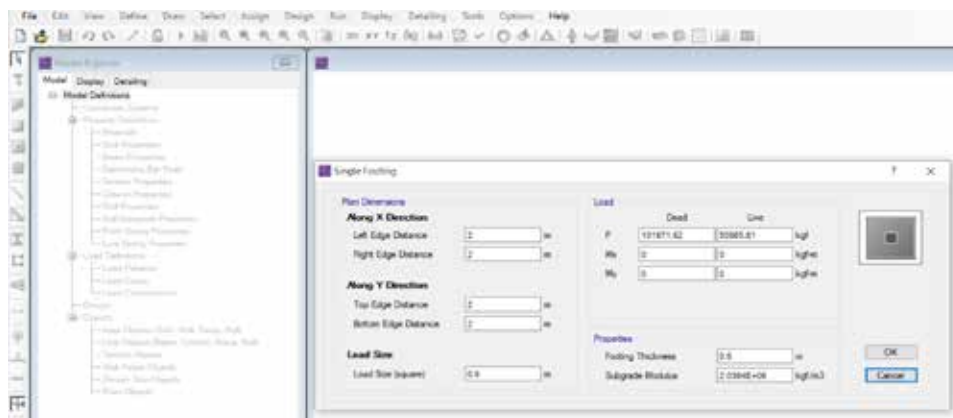
Para iniciar el modelado una vez ingresado en el programa consistió en abrir un nuevo documento para lo cual se despliega una ventana que permite: adaptar las unidades para trabajarlas en kgf/m, elegir el código normativo a utilizar que el caso de este estudio fue el código ACI 318-14 y modificar el mínimo recubrimiento libre o de protección de la zapata para trabajar con 7.5cm. (Ver figura 28)



**Figura 28.** Ventana de iniciación en el software SAFE

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

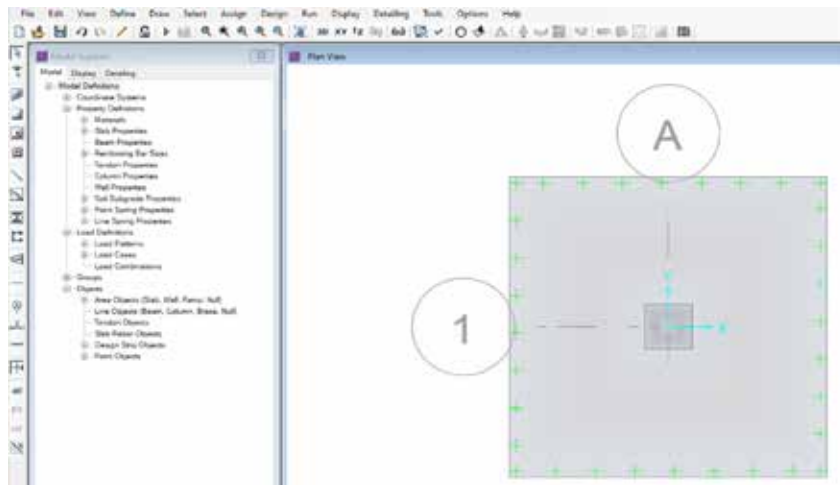
Una vez definido lo anterior, se seleccionó la plantilla correspondiente al diseño de una zapata aislada o “Single Footing”, donde se despliega una nueva ventana que permitió establecer las dimensiones en planta partiendo desde un centroide. También en la misma ventana se introdujeron las cargas que va a soportar la zapata asociadas al pedestal utilizando como tamaño de carga el área de la cara del pedestal para el chequeo por punzonado y luego establecer el espesor de la zapata. Por último, se introdujo el valor del coeficiente de Balasto donde al presionar el botón “ok” automáticamente se generó el dibujo del sistema de fundación, ahorrándose de esta manera el modelado. (Ver figura 29)



**Figura 29.** Ventana de introducción de datos de la zapata

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

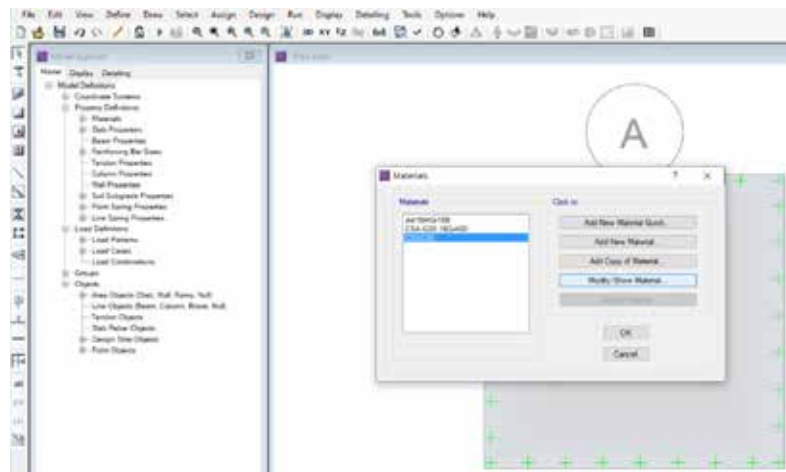
Una vez teniendo el área que modela la zapata de fundación y el cuadro que modela el área del pedestal se pudo visualizar los puntos verdes que rodean el área de la zapata, los cuales representan unos resortes asociados a la rigidez proporcionada. (Ver figura 30)



**Figura 30.** Modelo de zapata en 2D

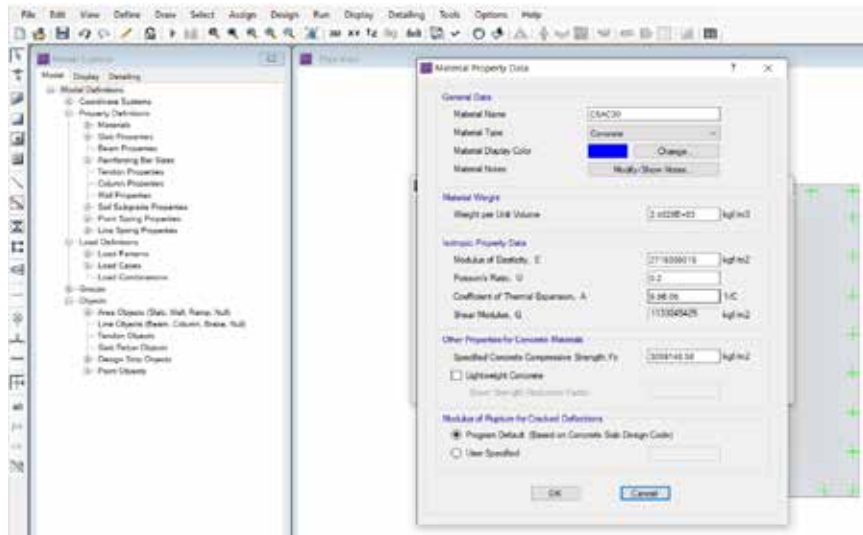
Fuente: Hernández, Valera (2019)

Posteriormente se procedió a definir los materiales a utilizar como el concreto y acero de refuerzo además de las características de cada uno, lo cual se realiza a partir de la pestaña Define - Materials teniendo en cuenta las características establecidas antes de modelar. (Ver figura 31)



**Figura 31.** Ventana de definición de materiales en SAFE

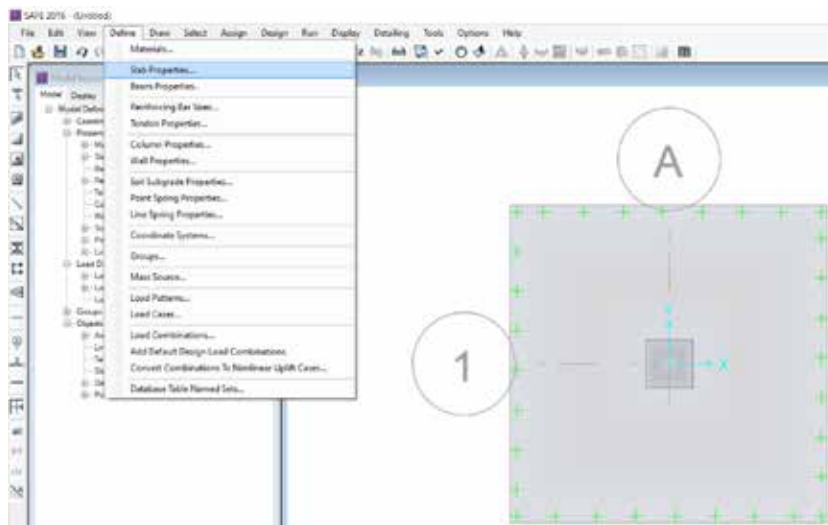
Fuente: Hernández, Valera (2019)



**Figura 32.** Ventana de propiedades del material

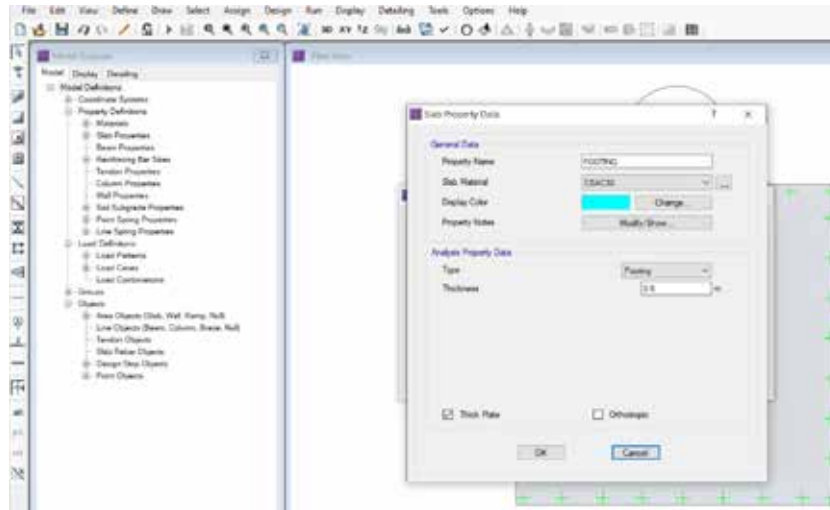
**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

Una vez conformados los materiales se procedió a la definición de las propiedades de la zapata desde la pestaña Define – Slab Properties donde se crea automáticamente una plantilla predeterminada con las opciones de Footing y Stiff que significan zapata y pedestal respectivamente, para lo cual, seleccionando en cada uno de ellos, se modificaron sus características como materiales y espesores donde la profundidad de desplante juega un papel primordial. (Ver figura 33)



**Figura 33.** Ubicación de la opción "Slab Properties" en la pestaña "Define" en SAFE

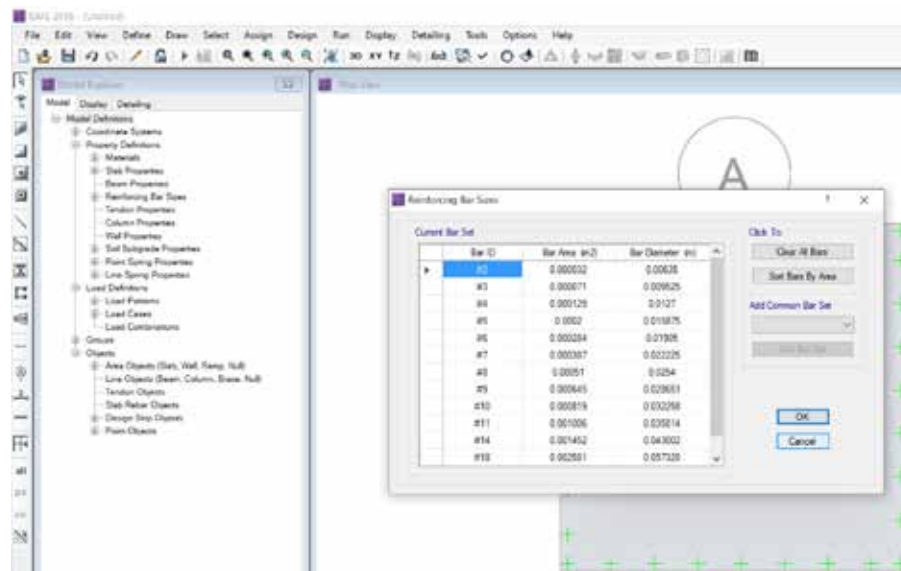
**Fuente:** Hernández, Valera (2019)



**Figura 34.** Ventana de propiedades de la zapata en SAFE.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

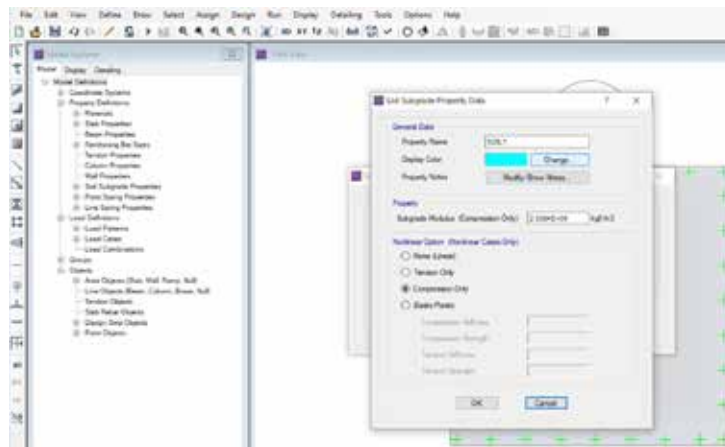
Luego de creadas las áreas de la fundación, desde la misma pestaña “Define” se procedió a definir el tamaño de las barras de refuerzo a partir de la opción “Reinforcing Bar Sizes” cambiando las establecidas por defecto por las que Comunente se utilizan según el sistema americano. (Ver figura 35)



**Figura 35.** Ventana de barras de refuerzo en SAFE

Fuente: Hernández, Valera (2019)

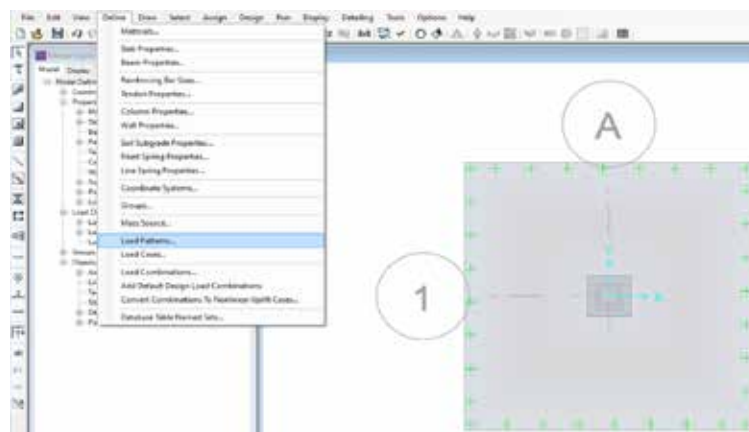
Otro aspecto que se definió desde la pestaña Define – Soil Subgrade Properties es la propiedad del suelo donde se modifica la opción “SOIL 1” y de esta manera los resortes mencionados anteriormente definen las características de este tipo de suelo establecido con su respectivo coeficiente de Balasto. (Ver figura 36)



**Figura 36.** Ventana de propiedades del suelo.

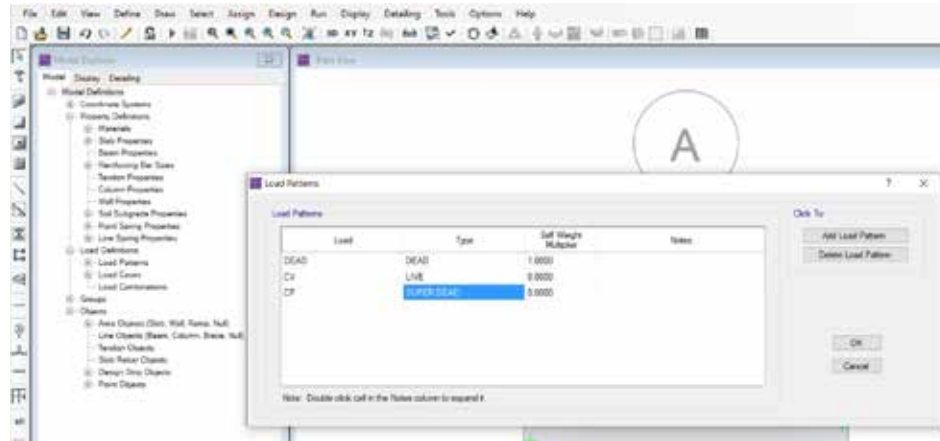
**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

De igual forma, también desde la pestaña Define – Load Patterns se establecieron los patrones de carga, donde el valor “DEAD” está asociado al peso propio de los miembros estructurales y se mantiene el valor de 1 establecido por defecto. Del mismo modo se modifica el nombre “LIVE” por carga viva o sobrecarga CV y se añade CP por carga muerta. (Ver figura 38)



**Figura 37.** Ubicación de la opción de patrones de carga en la pestaña "Define"

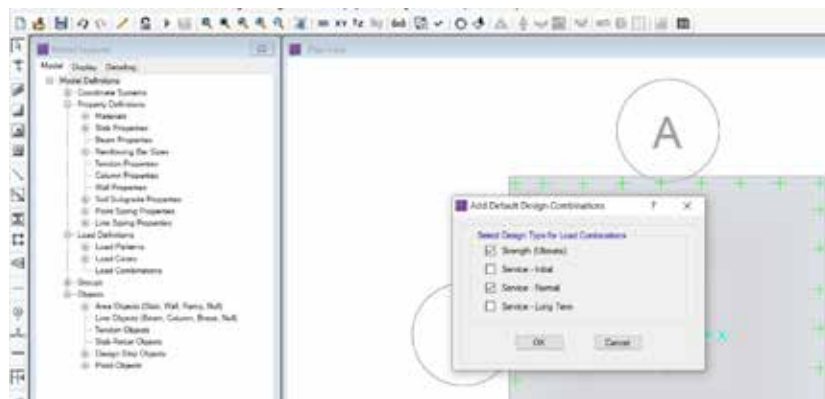
**Fuente:** Hernández, Valera (2019)



**Figura 38.** Ventana de patrones de carga en SAFE

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

Para la creación de las combinaciones de carga se puede realizar este procedimiento de forma manual o automática desde la pestaña Define – Load Combinations o Define – Add default Design Load Combinations respectivamente (Ver figura 39). Para efectos de este trabajo de investigación se hizo de forma automática donde se tildaron las opciones de carga ultima para la revisión del diseño en concreto permitiendo realizar verificaciones como el espesor, la distribución de acero y de igual forma la combinación de servicio normal, pudiendo de esta manera verificar a través de esta, que las dimensiones establecidas ante cargas de servicio no generaban una presión de contacto que sobrepasara el esfuerzo admisible del terreno, permitiendo confirmar que las dimensiones en planta suministradas eran las correctas.



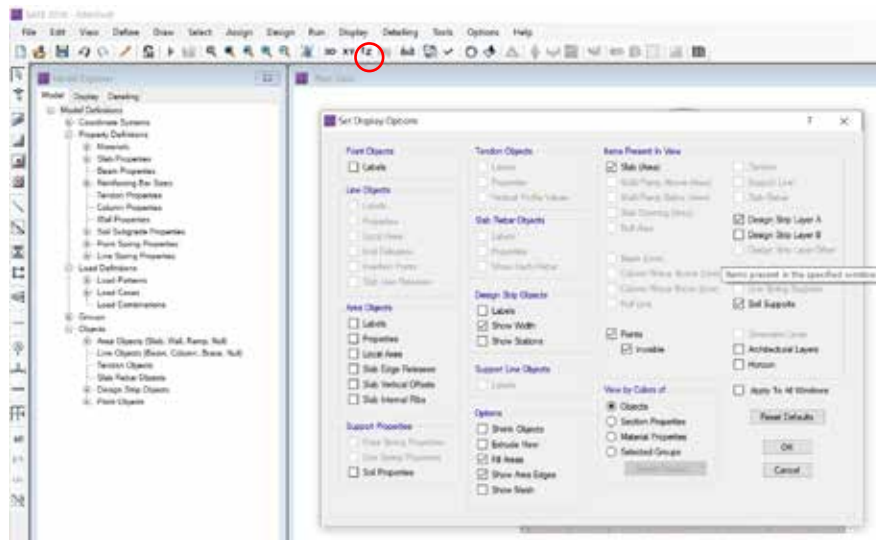
**Figura 39.** Ventana de combinaciones de diseño por defecto en SAFE

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

Una vez creadas, en la opción de Load Combinations de la pestaña “Define” se pudo verificar que se crearon, donde las opciones UDCONN1 y UDCONN2 representan las cargas de servicio, una que envuelve únicamente las cargas permanentes y la otra las cargas permanentes y variables respectivamente, desde esta ventana se pueden modificar los valores de factores de mayoración de ser necesario, pero para efectos del proyecto se dejaron en 1 por defecto

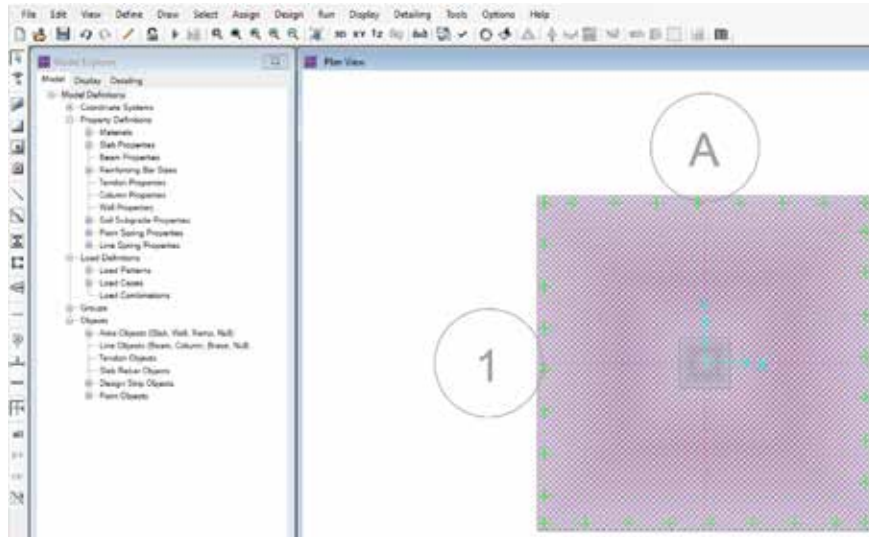
Para las cargas ultimas de igual forma se trabajó con los factores de escala de mayoración establecidos en UDCONU1 (1.4cp) Y UDCONU2 (1.2CP y 1.6CV). Con este último paso finalizan las definiciones para la fundación.

Una vez en vista de planta desde el botón ubicado en la barra de herramientas “Set Display Options” se pueden marcar o desmarcar las opciones de vista que se requiera. En esta opción se modificaron continuamente los “Strips” de diseño por cada fundación modelada (Ver figura 40), esto permite visualizar una franja de diseño sobre el eje X o Y que debería ocupar toda el área de la zapata con el objetivo de evaluar en el caso de solicitaciones directamente sobre la franja para cada ancho, permitiendo obtener le momento máximo que se produce sobre la cara del pedestal y obtener el área de acero requerido para el ancho en el eje X o en el eje Y.



**Figura 40.** Ventana de opciones de visualización en SAFE

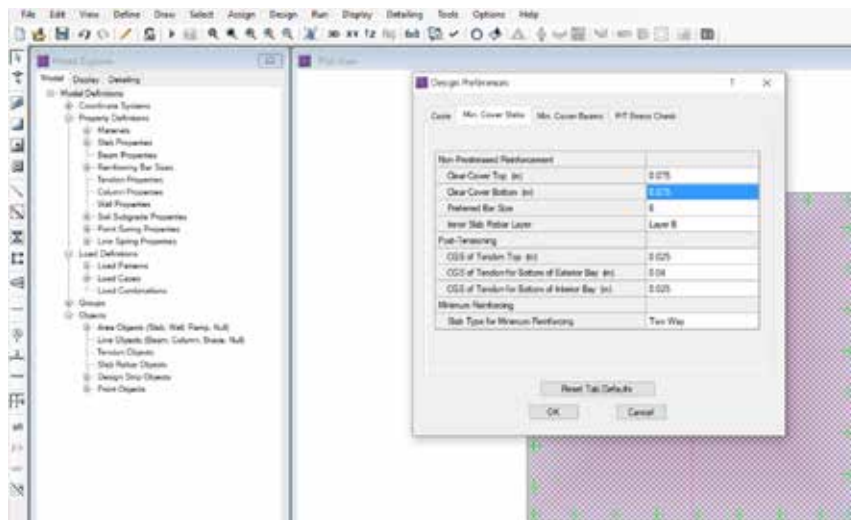
**Fuente:** Hernández, Valera (2019)



**Figura 41.** Strips con dimensiones iguales a la zapata modelada

Fuente: Hernández, Valera (2019)

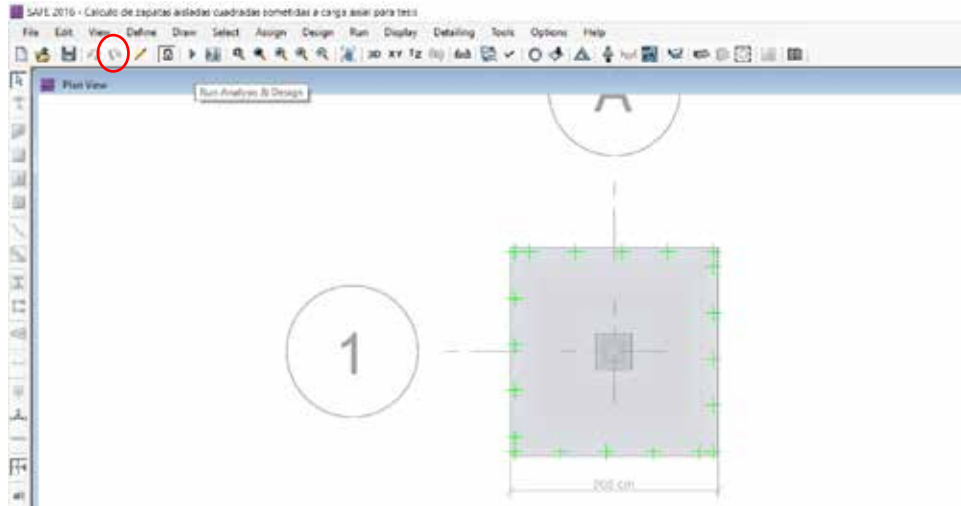
Desde la pestaña Design - Option Design Preferences se verificaron las preferencias estipuladas, como la norma empleada en el diseño, recubrimientos (Ver figura 43) y se ajustaron las preferencias de la cabilla a utilizar, entre otras cosas. Con esto último, el modelo quedó definido y cargado para proceder con el análisis y los chequeos.



**Figura 42.** Ventana de diseño de preferencias en SAFE

Fuente: Hernández, Valera (2019)

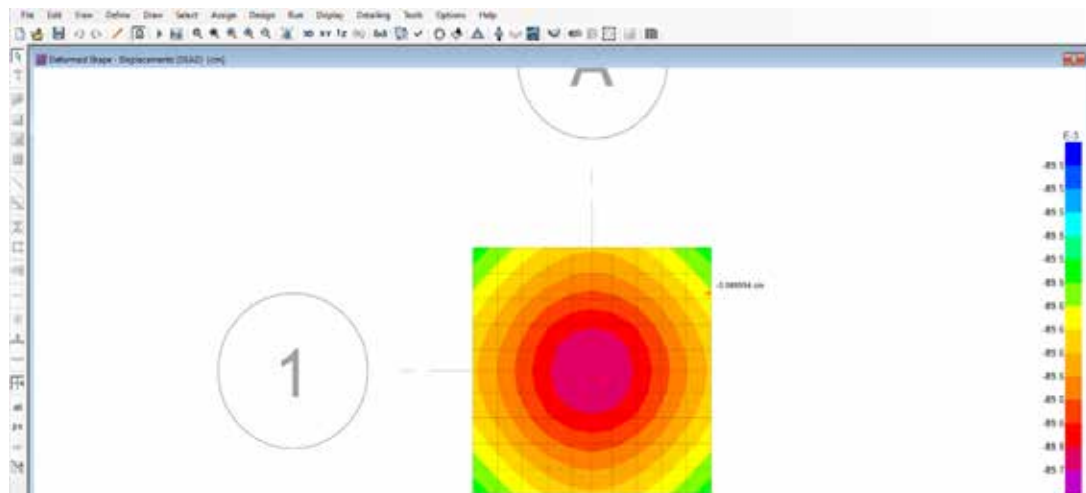
Para analizar el modelo, se guardó en su respectiva carpeta, y se procedió a correr desde el botón “Play” ubicado en la barra de herramientas. (Ver figura 44)



**Figura 43.** Ubicación de la opción correr el modelo en barra de herramientas

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

Una vez corrido el modelo, este muestra en diagrama de colores la deformada que tiene el sistema de fundación por un caso de carga de peso propio donde desde la modificación de unidades a kgf/cm se pudo apreciar mejor las respuestas del sistema de fundación. (Ver figura 45)

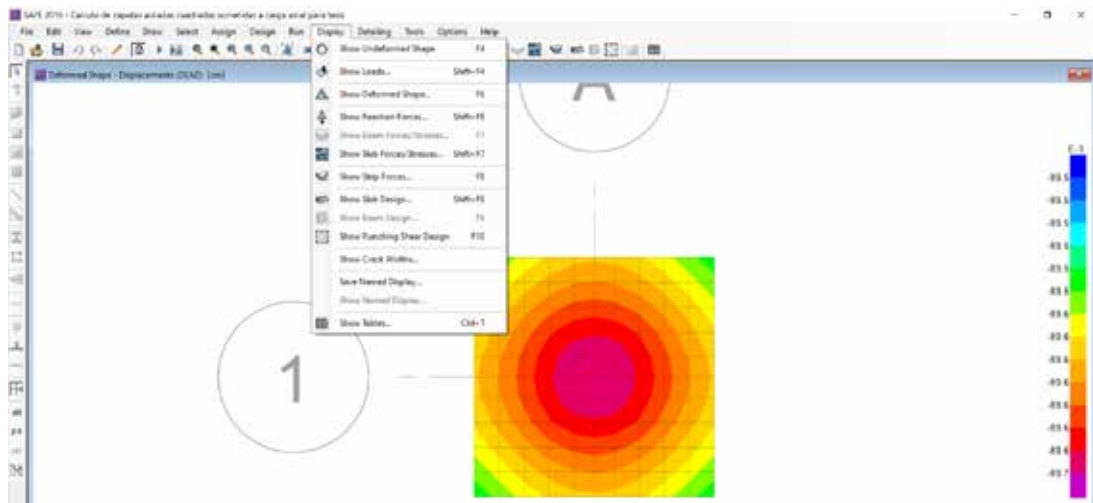


**Figura 44.** Diagrama de colores de la deformada de sistema de fundación modelado

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

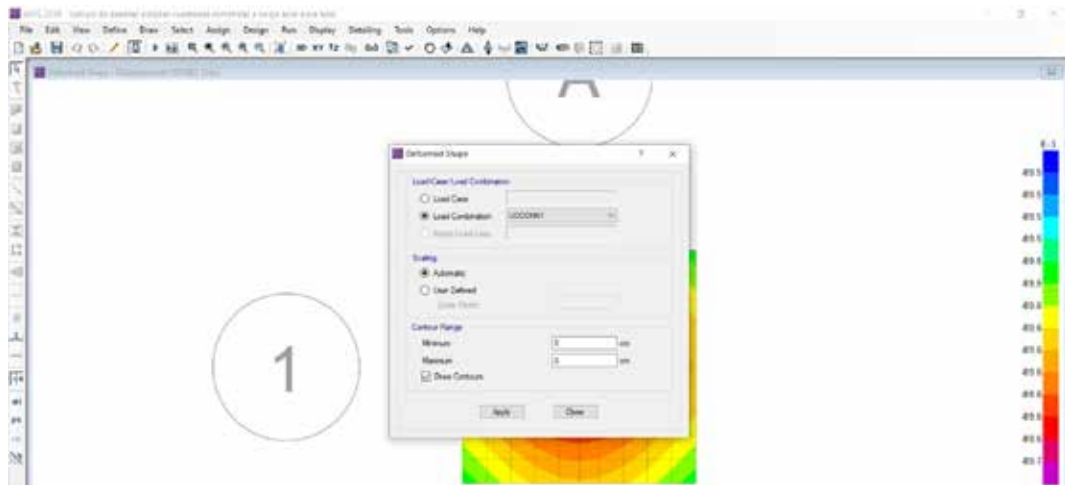
De esta manera se pudo apreciar en color morado la deformación máxima a compresión para la carga aplicada por cada fundación modelada y analizada.

Desde el menú Display se pudieron ver diferentes aspectos del sistema modelado como las cargas aplicadas, la deformada del sistema ante estas cargas, tanto para diferentes casos (DEAD, CP, CV) o de combinaciones de carga. (Ver figura 46)



**Figura 45.** Menú de la pestaña "Display" en SAFE

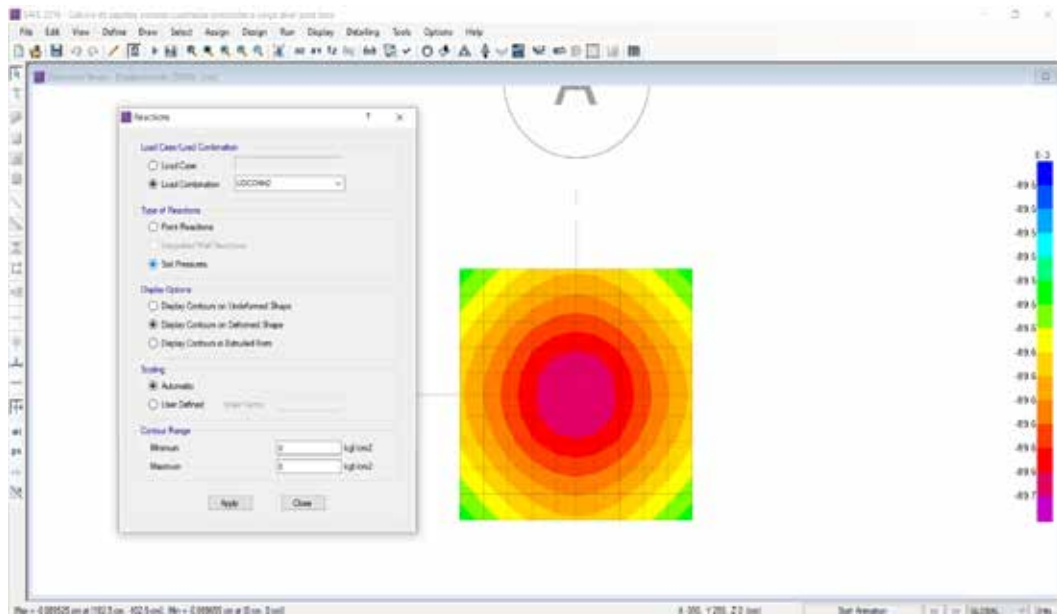
Fuente: Hernández, Valera (2019)



**Figura 46.** Ventana de opciones de visualización de a deformada

Fuente: Hernández, Valera (2019)

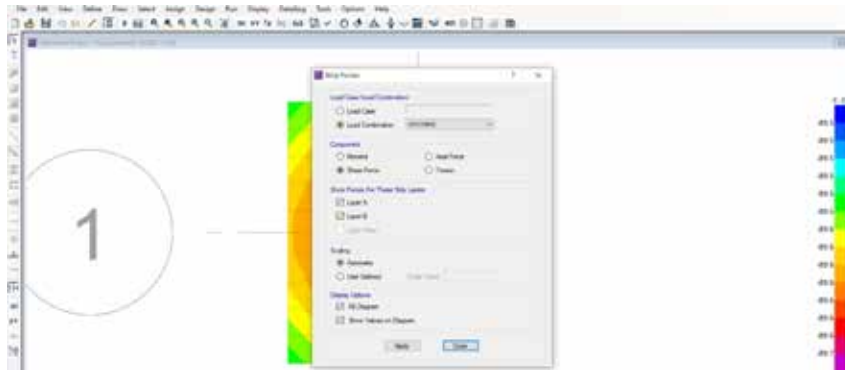
Para visualizar la fuerza de reacción se procedió en el menú Display a la opción “Show Reaction Forces” donde para una combinación de servicio UDCONN2 se pudo apreciar la presión de contacto que se genera en el suelo y de esta manera visualizar que la presión máxima era menor que el esfuerzo admisible para que no quede comprometido el suelo de fundación en cada sistema de fundación elaborado. (Ver figura 48)



**Figura 47.** Ventana de visualización de reacciones por combinaciones de carga  
**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

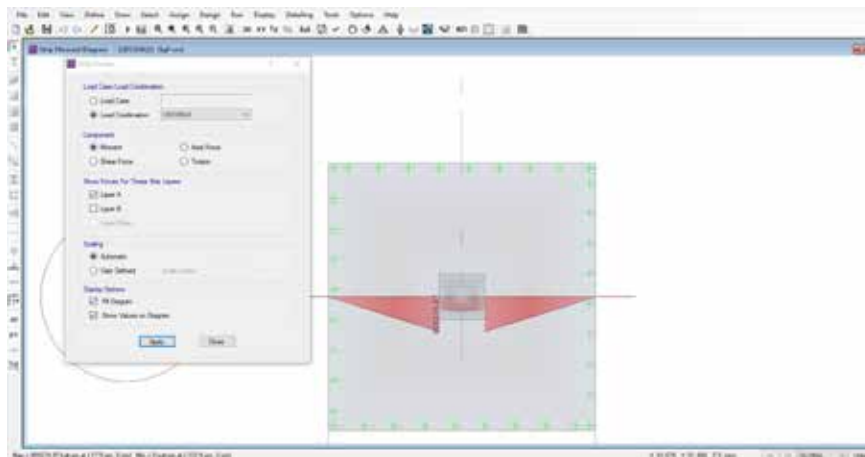
En caso contrario se deben aumentar las dimensiones de la zapata sin correr el modelo desde el menú “Edit” previamente tildando el área de la zapata y seleccionando “Edit áreas”

También para visualizar las fuerzas en las franjas de diseño o Strips, en el menú Display se seleccionó la opción de “Show Reaction Forces”, esta opción define la combinación de carga a utilizar, en este caso en UDCONU2 para cargas ultimas y se establece la fuerza que se desea visualizar con su respectivo valor máximo, así como la franja de diseño. (Ver figura 49)



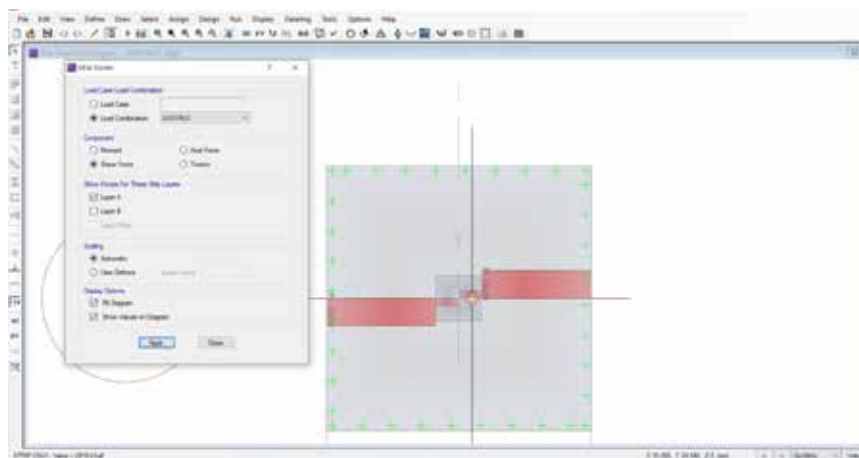
**Figura 48.** Ventana de visualización de esfuerzos en SAFE

Fuente: Hernández, Valera (2019)



**Figura 49.** Diagrama de momento en la capa A

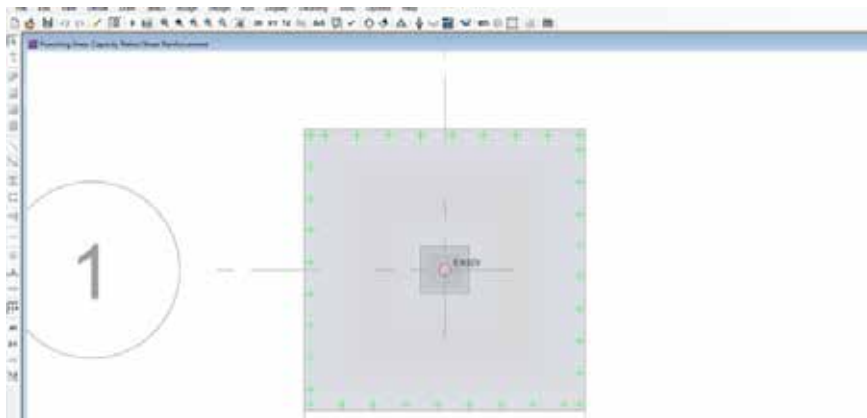
Fuente: Hernández, Valera (2019)



**Figura 50.** Diagrama de corte en la capa A

Fuente: Hernández, Valera (2019)

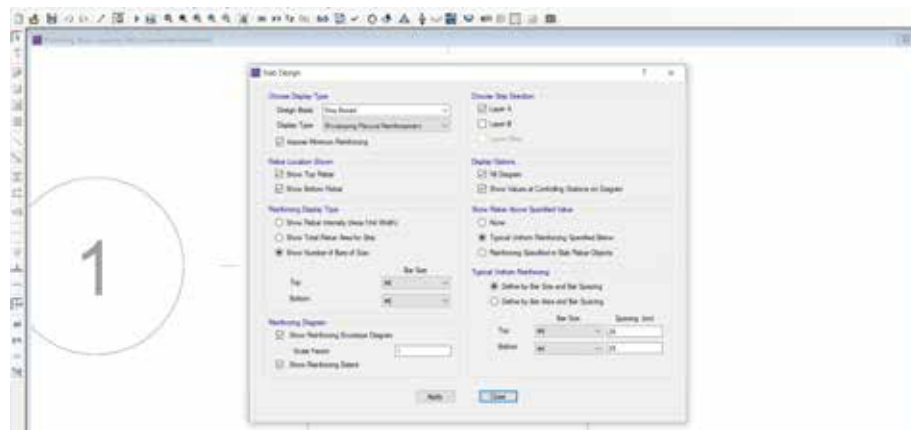
Para la revisión de corte por punzonado se procedió al menú Design – “Show Punching Shear Design” y se verifico que el valor de la relación demanda/capacidad de corte por punzonado era menor o igual a 1 en todos los casos estudiados (Ver figura 52), de ser correcto queda establecido que el espesor de la zapata es el correcto diseñando mediante condiciones ultimas por teoría de rotura, para que no fallara por corte de punzonado y lo suficientemente correcto para disponer de una condición ideal de acero de refuerzo a una separación adecuada. De lo contrario el sistema falla.



**Figura 51.** Revisión de corte por punzonado en SAFE

Fuente: Hernández, Valera (2019)

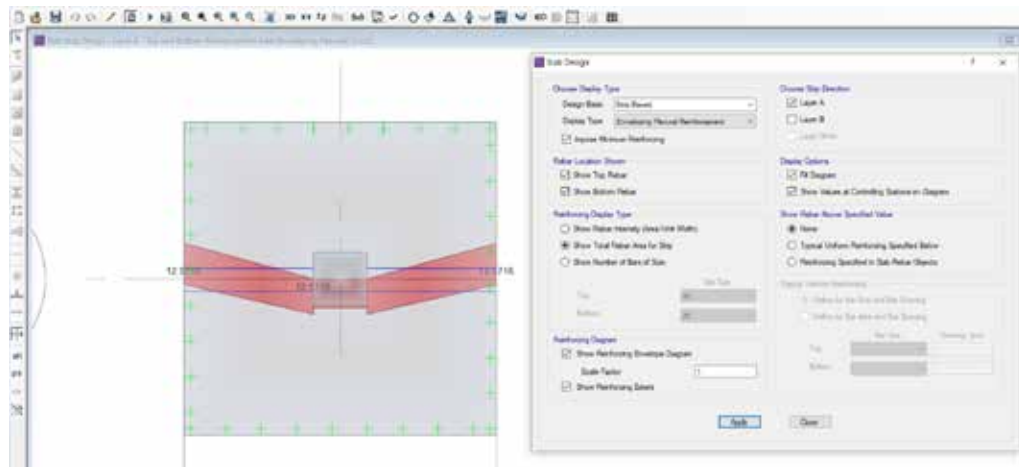
Posteriormente para la revisión del diseño del sistema de fundación: en el menú “Display” se seleccionó “Show Slab Design” la base de diseño, que para efectos del trabajo se hizo mediante franjas de diseño o Strips. (Ver figura 53)



**Figura 52.** Ventana de diseño el acero de refuerzo de la zapata en SAFE

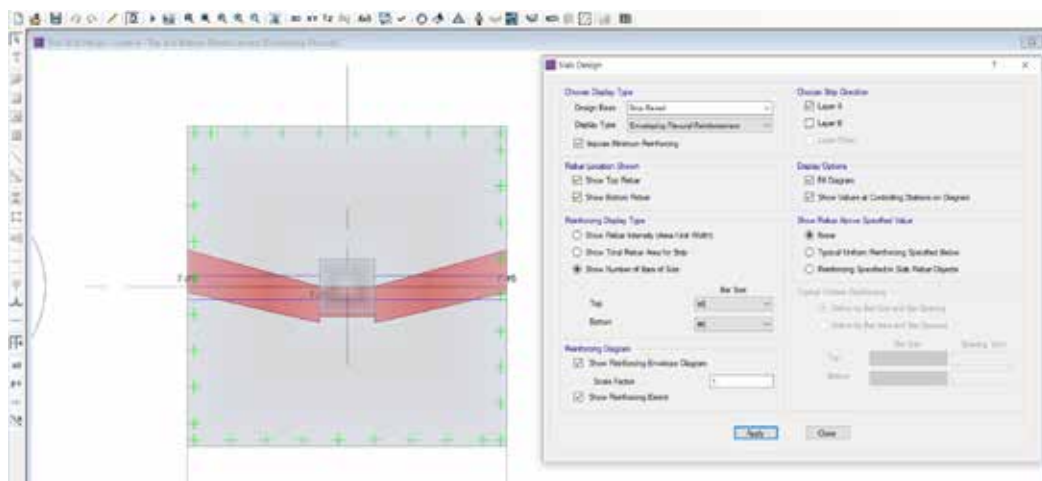
Fuente: Hernández, Valera (2019)

Existen múltiples opciones para visualizar el diseño de acero en la zapata. Para visualizar el área total de acero se seleccionó en “Reinforcing Display Type” la segunda opción que muestra el área total para todo el ancho del Strip previamente dimensionado, posteriormente se puede establecer a número de cabillas y establecer una separación tomando en cuenta el ancho total de la zapata. (Ver figura 54)



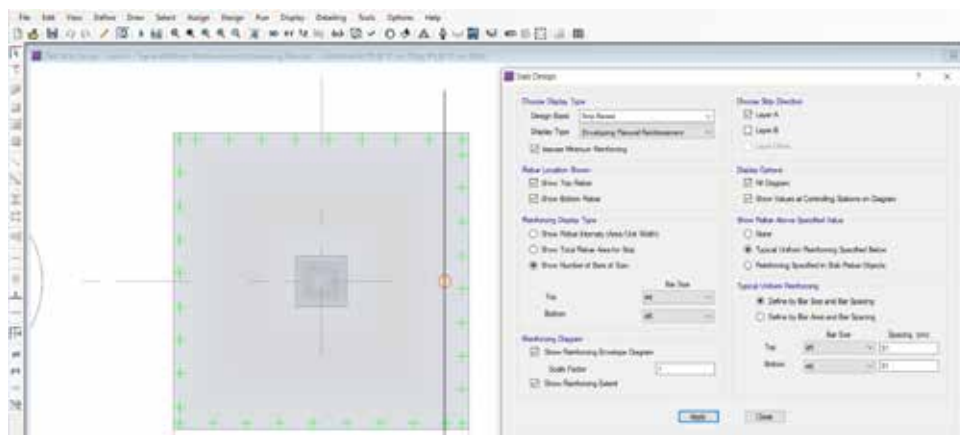
**Figura 53.** Diagrama de área total de refuerzo por franja de diseño A.  
**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

En la tercera opción el programa muestra el número de barras requeridas por ancho de franja de diseño donde la solicitación máxima se encuentra en la cara del pedestal. (Ver figura 55)



**Figura 54.** Diagrama de número de barras por franja de diseño A  
**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

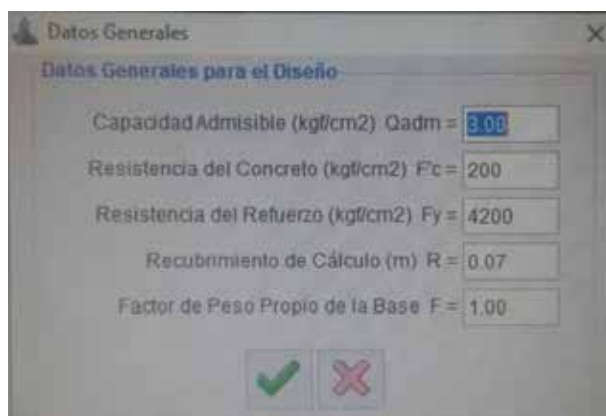
En la parte de Typical Uniform Reinforcing seleccionando Typical Uniform Reinforcing Specified Below, se puede visualizar mediante el número de barra especificado, el espaciamiento óptimo para el cual satisface el sistema, iterando valores de espaciamiento entre barras hasta que el diagrama desapareció, lo cual define el mínimo espaciamiento óptimo. (Ver figura 56)



**Figura 55.** Demostración de espaciamiento mínimo óptimo por iteración en SAFE.  
**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

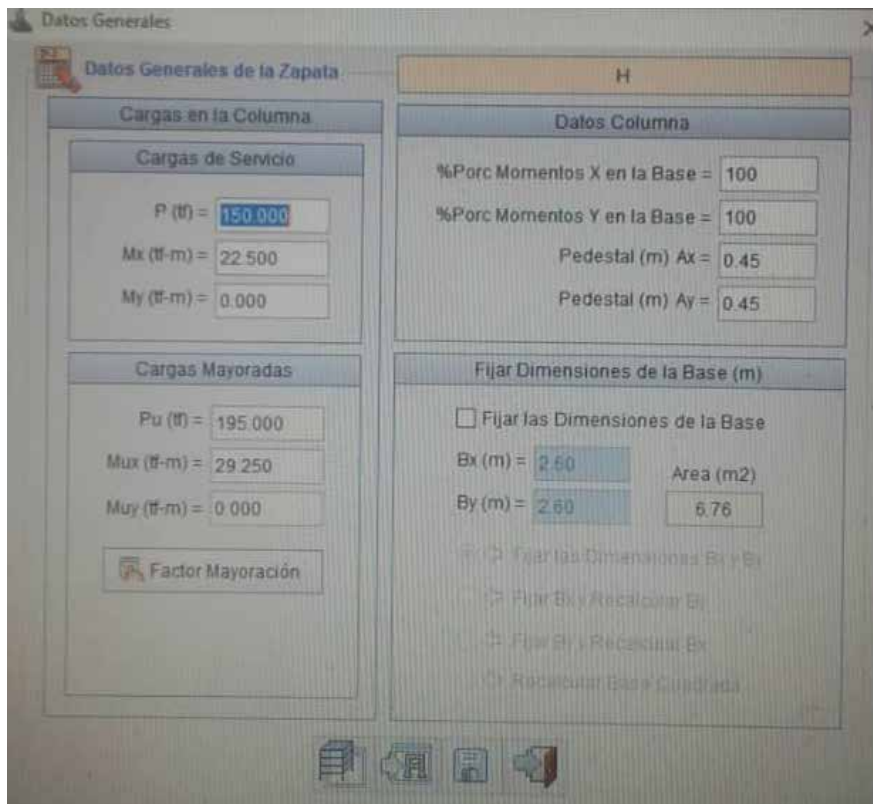
#### 4.3.2.2- Aplicación de software IP3-Fundaciones:

Se proporcionaron los valores de la presión admisible del suelo, la dimensión normativa del recubrimiento, la resistencia del concreto y la resistencia del acero para los datos generales de diseño (Ver imagen 57)



**Figura 56.** Datos generales de diseño en IP3  
**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

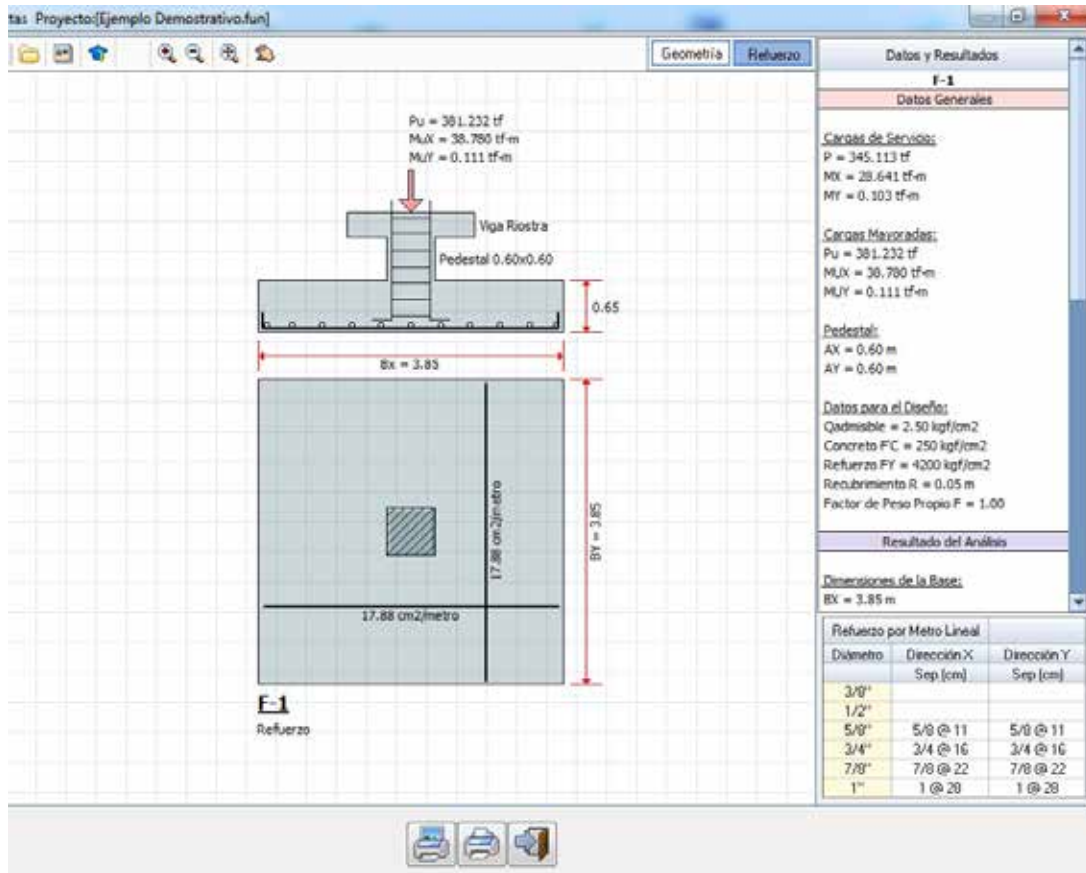
Luego se ingresaron las cargas, momentos (en el caso de ser concéntricas el valor a ingresar fue 0), las dimensiones del pedestal y el factor de mayoración el cual fue generalizado con el valor constante de 1,3 para hacerlo equivalente a la mayoración especificada por la norma. (Ver figura 58)



**Figura 57.** Datos generales de la zapata en IP3

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

Posterior al suministro de los valores, fue necesario guardar y volver a la pantalla inicial para correr el programa, de esta manera se obtuvieron los resultados de diseño estructural con sus respectivas verificaciones además de las gráficas de la geometría y del refuerzo de la zapata en vista frontal y de planta (Ver figura 59)



**Figura 58.** Resultados en IP3

Fuente: Hernández, Valera (2019)

#### 4.3.3- Aplicación de Tablas y ábacos como herramientas de diseño:

Se consultaron múltiples bibliografías en la búsqueda de las tablas y ábacos más apropiados para ser implementados como herramientas de diseño estructural en el presente estudio. Se seleccionaron 4 autores para las tablas utilizadas en el cálculo de las zapatas concéntricas y 2 de ellos también proporcionan los ábacos que se recopilaban para ser empleados en el diseño de las zapatas excéntricas.

### 4.3.3.1- Manual para el cálculo de elementos de concreto armado de Eduardo Arnal

Tabla N° 7.1  
PRESION ADMISIBLE EN EL SUELO: 10 TON/M<sup>2</sup>

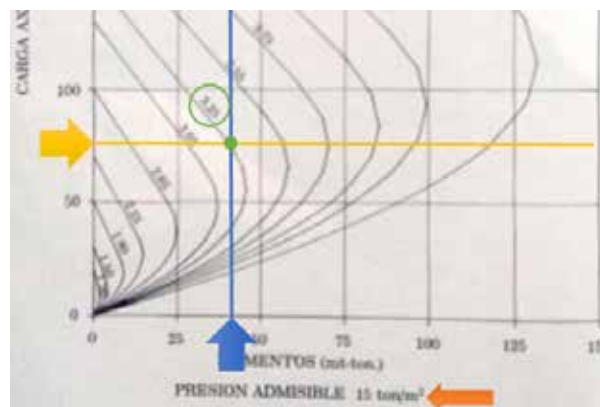
Carga axial ton	DIMENSIONES			REFUERZO		VIGAS DE RUEDRA			
	Profundidad mts.	Base mts.	Espesor mts.	Area cm <sup>2</sup> /mts.	BARRAS		SECCION		Area refuerzo cm <sup>2</sup>
					Ø	Separ.	b	h	
5.0	0.30	0.75	0.20	5.07	3/8"	14	0.20	0.20	4.0
10.0	0.30	1.05	0.20	5.07	3/8"	14	0.20	0.20	4.0
12.5	0.30	1.20	0.20	5.34	3/8"	12	0.20	0.20	4.0
15.0	0.30	1.30	0.20	6.45	3/8"	10	0.20	0.20	4.0
17.5	0.30	1.40	0.20	7.59	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
20.0	0.30	1.50	0.20	8.74	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
22.5	0.35	1.60	0.20	9.92	1/2"	12	0.20	0.20	4.0
25.0	0.35	1.65	0.20	11.11	1/2"	10	0.20	0.20	4.0

**Figura 59.** Modelo de lectura de una tabla de Eduardo Arnal

Fuente: Hernández, Valera (2019)

En las tablas de Eduardo Arnal (ver figura 60) primeramente se localizó la presión admisible del suelo en la parte superior de la página donde lo indica la flecha azul, con el fin de determinar que página utilizar, luego en la primera columna de la izquierda se ubicó el valor de la carga axial disponible, más cercana a la carga requerida tal como lo ejemplifica la flecha amarilla, se extrajeron los resultados de dimensiones y refuerzo y se plantearon dichos valores en las tablas de resultados.

En los ábacos también se comenzó seleccionando la página correcta, para ello se localizó la presión admisible del suelo en la parte inferior central de la página donde lo indica a fecha naranja (Ver figura 61)



**Figura 60.** Modelo de lectura de un ábaco de Eduardo Arnal

Fuente: Hernández, Valera (2019)

Luego se entró al ábaco por el eje de las ordenadas con la carga axial como lo indica la flecha amarilla y por el eje de las abscisas con el momento como lo indica la flecha azul, el punto resaltado en color verde donde se interceptaron ambas líneas es la resultante de la combinación de fuerza axial y momento que actúan en la base del pedestal, para determinar la dimensión de la base cuadrada de la zapata, valor correspondiente a la curva que envuelve dicha combinación. Conocido el valor de la base, se entró en la tabla equivalente del ábaco (con el mismo valor de ) para determinar las demás variables de la fundación.

#### 4.3.3.2- Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones de Henrique Arnal

CARGA P ton	BASE		ESCALON		PEDESTAL	CABILLAS DE LA BASE (c/s)			VOLUMEN DE CONCRETO	PESO DE CABILLAS
	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm	LADO min cm	ACERO FLEXIÓN cm <sup>2</sup>	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts	mts <sup>3</sup>	kgs
29.28	100	30			30	4.3	6 # 3/8"	1.15	0.30	7.7
35.43	110	30			30	6.1	9 # 3/8"	1.20	0.36	12.1
42.16	120	30			30	8.5	12 # 3/8"	1.30	0.43	17.4
49.48	130	30			35	10.2	15 # 3/8"	1.40	0.51	23.5
57.39	140	30			35	13.4	19 # 3/8"	1.50	0.59	31.9
65.88	150	30			40	15.8	13 # 1/2"	1.70	0.68	43.9
74.96	160	30			40	20.0	16 # 1/2"	1.80	0.77	57.3
84.62	170	30			45	23.3	19 # 1/2"	2.00	1.13	75.5
94.48	180	35			50	27.1	14 # 5/8"	2.25	1.60	97.9
116.16	200	40			55	30.3	16 # 5/8"	2.35	1.76	116.9
129.07	210	40			55	36.0	19 # 5/8"	2.45	1.94	144.7
140.55	220	40			60	40.0	15 # 3/4"	2.65	2.12	177.8
153.62	230	40			60	46.8	17 # 3/4"	2.75	2.30	209.2
167.27	240	40			65	51.5	19 # 3/4"	2.85	2.50	242.3
181.50	250	40			65	51.3	18 # 3/4"	2.95	3.30	237.6
194.89	260	45	130	15	70	49.2	18 # 3/4"	3.05	4.01	245.6
209.08	270	50	135	20	70	56.3	20 # 3/4"	3.15	4.31	281.9
224.85	280	50	140	20	75	61.1	22 # 3/4"	3.25	4.63	319.9
241.20	290	50	145	20	75	69.2	25 # 3/4"	3.35	4.95	374.7
258.12	300	50	150	20	82	74.8	27 # 3/4"	3.45	5.29	416.8
275.61	310	50	155	20	80	84.0	30 # 3/4"	3.55	5.63	476.5
293.68	320	50	160	20	85	90.3	24 # 7/8"	3.70	5.99	540.8
312.33	330	50	165	20	85	89.0	24 # 7/8"	3.80	7.00	553.4
329.81	340	55	170	25	92	86.6	23 # 7/8"	3.90	8.27	546.3
347.66	350	60	175	30	95	96.0	25 # 7/8"	4.00	8.75	609.0
367.00	360	60	180	30	95	102.4	27 # 7/8"	4.10	9.24	674.2
388.52	370	60	185	30	100	113.0	30 # 7/8"	4.20	9.75	767.3
409.81	380	60	190	30	100	120.0	24 # 1"	4.40	10.27	840.2
431.66	390	60	195	30	105	131.7	27 # 1"	4.50	10.80	966.7
454.00	400	65	200	35	105	126.9	26 # 1"	4.60	12.40	951.5
474.55	410	70	210	40	110	134.1	27 # 1"	4.70	14.11	972.2
495.33	420	70	215	40	110	146.8	29 # 1"	4.80	15.49	1130.5
519.20	430	70	220	40	115	153.8	31 # 1"	5.00	16.20	1233.2
543.63	440	70	225	40	115	166.8	33 # 1"	5.10	16.93	1339.0
568.62	450	70	230	40	120	175.4	35 # 1"	5.20	17.67	1448.0
594.17	460	70	235	40	120	174.6	35 # 1"	5.30	19.07	1475.8
620.29	470	75	240	45	125	182.9	37 # 1"	5.40	22.21	1460.7
643.51	480	80	245	50	125	182.9	37 # 1"	5.50	23.12	1619.0
667.00	490	80	250	50						
694.50	500	80	250	50						

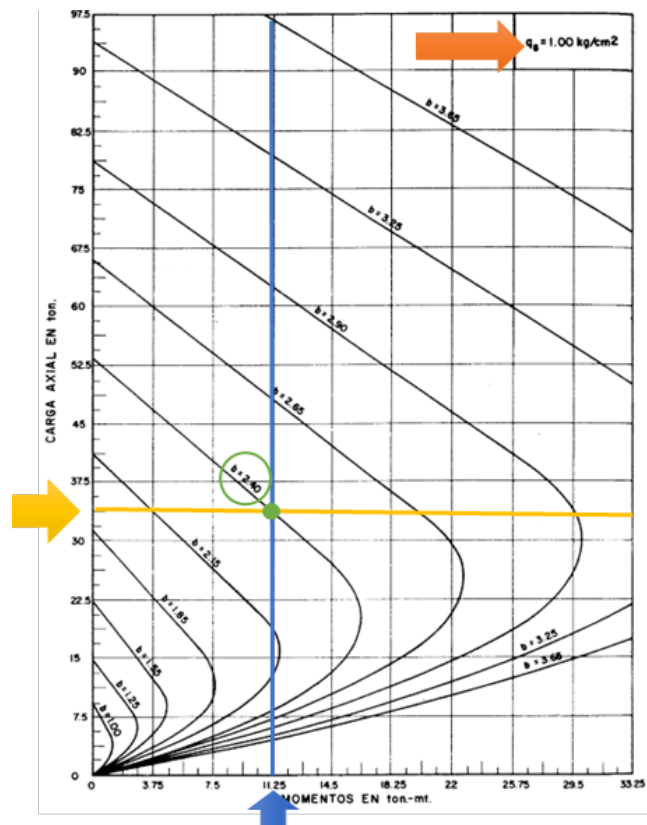
Figura 61. Modelo de la lectura de una tabla de Henrique Arnal

Fuente: Hernández, Valera (2019)

Se escogió la tabla correspondiente a las variables de conocidas estipuladas para el estudio, la presión admisible del suelo donde lo señala la flecha azul (ver figura 62)

y la resistencia del concreto y del acero identificadas con la flecha verde. Luego para entrar a la tabla se buscó en la columna de la carga el valor de P requerido sin mayorar como lo indica la flecha amarilla, en la línea horizontal (fila) paralela a dicho valor se encontraron los demás resultados del diseño estructural de la fundación, todos estos valores fueron transpuestos a la tabla de resultados.

Para las zapatas excéntricas, igualmente se encontró el ábaco pertinente basado en la presión admisible del suelo en la parte superior derecha de la página señalado por la flecha naranja (ver figura 63) en la columna de carga axial se ubicó la fuerza estudiada como lo muestra la flecha amarilla, mientras que en la fila de los momentos se halló el momento respectivo a dicha fuerza denotado con la flecha azul.



**Figura 62.** Modelo de la lectura de un ábaco de Henrique Arnal

Fuente: Hernández, Valera (2019)

Teniendo estos dos valores identificado se buscó el punto de intersección de la combinación de fuerza axial y momento destacado en color verde y de esta forma se

encontró la curva que envuelve dicha combinación para obtener el valor de la base cuadrada de la fundación, con el cual se entró en la tabla de zapatas sometidas a carga axial equivalente al ábaco, de esta se extrajeron los demás resultados del diseño estructural.

#### 4.3.3.3- Manual de cálculo práctico y tablas más usuales en concreto armado de Máximo Juarra

Se seleccionó la tabla apropiada según las variables conocidas, encontradas en la parte superior de la página, la presión admisible del suelo denotada como “Rs” señalada por la flecha azul (ver figura 64) y la resistencia del concreto, marcada con la flecha verde. Posteriormente se entró a la tabla buscando en la columna de carga el valor más próximo al conocido de la carga axial como lo muestra la flecha amarilla, luego se traspusieron los demás valores del diseño estructural obtenidos de la fila correspondiente a la carga selecta a la tabla de resultados.

**TABLA Nº 22**  
DISEÑO DE FUNDACIONES DIRECTAS

$\sigma'_{bk} = 200 \text{ Kgs/cms}^2$   $R_c = 1,00 \text{ Kgs/cm}^2$   $\sigma_a = 1400 \text{ Kgs/cms}^2$   
N = 10

CARGA TON	BASE		ESCALON		ACERO FLEXIÓN CMS <sup>2</sup>	CABILLAS DE LA BASE	LARGO MTS	VOLUM. CONCR. MTS <sup>3</sup>	PESO DE CAB. KGS
	LADO CMS	ALT CMS	LADO CMS	ALT CMS					
9.33	100	30			1.9	7 CAB NO. 1/4	1.05	.30	3.6
11.29	110	30			2.6	9 CAB NO. 1/4	1.15	.36	5.1
13.44	120	30			3.4	11 CAB NO. 1/4	1.25	.43	6.8
15.77	130	30			4.5	7 CAB NO. 3/8	1.40	.50	10.7
18.22	140	30			5.8	9 CAB NO. 3/8	1.50	.58	13.2
20.99	150	30			6.9	10 CAB NO. 3/8	1.60	.67	17.6
23.88	160	30			8.4	12 CAB NO. 3/8	1.70	.76	22.4
26.96	170	30			10.3	9 CAB NO. 1/2	1.80	.86	32.0
30.22	180	30			12.3	10 CAB NO. 1/2	1.90	.97	37.6
33.66	190	30			14.6	12 CAB NO. 1/2	2.00	1.08	47.5
37.30	200	30			17.1	14 CAB NO. 1/2	2.10	1.20	58.2
41.11	210	30			20.2	11 CAB NO. 5/8	2.30	1.32	78.4
45.11	220	30			23.3	12 CAB NO. 5/8	2.40	1.45	89.2
49.30	230	30			26.7	14 CAB NO. 5/8	2.50	1.58	108.5
53.66	240	30			30.5	16 CAB NO. 5/8	2.60	1.72	128.9
57.57	250	35			27.5	14 CAB NO. 5/8	2.70	2.18	177.1
62.25	260	35			31.0	16 CAB NO. 5/8	2.80	2.36	138.8

**Figura 63.** Modelo de la lectura de una tabla de Máximo Juarra  
Fuente: Hernández, Valera (2019)

#### 4.3.3.4- Suelo, fundaciones y muros de María Graciela Fratelli

En primer lugar, se ubicó en la parte superior de la página la presión admisible del suelo marcada por la flecha azul (ver figura 65) y la resistencia del concreto identificada por la flecha verde, de esta manera se eligió la tabla pertinente. Luego, de

la misma forma como se realizó en las tablas anteriores, se entró a la tabla por la columna de cargas denotada como “VP” se localizó el valor de la fuerza axial, tal y como lo señala la flecha amarilla y se extrajo el diseño estructural de la zapata cuadrada correspondiente de dicha carga a la tabla de resultados.

**T A B L A 8.2**

DIMENSIONES DE LAS BASES Y DISTRIBUCIÓN DE ACERO

$f'_c \geq 210 \text{ Kg/cm}^2$

$\sigma_{adm} = 1 \text{ Kg/cm}^2$

VP (t)	b (cm)	B (cm)	d (cm)	b <sub>o</sub> (cm)	P <sub>u</sub> (t)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	M <sub>u</sub> (tm)	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )			
								f <sub>y</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>y</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )		
								2.800	3.000	3.500	4.200
20	30	140	20	200	26	1,32	2,8	6,17	5,76	4,94	4,11
25	30	160	20	200	32,5	1,27	4,29	9,46	8,82	7,57	6,30
30	30	175	20	200	39	1,27	5,84	12,87	12	10,30	8,58
35	30	190	20	200	45,5	1,26	7,66	16,88	15,76	13,51	11,26
40	35	200	20	220	52	1,30	8,85	19,5	18,20	15,60	13
45	35	215	20	220	58,5	1,26	10,97	24,18	22,57	19,35	16,12
50	35	225	25	240	65	1,28	13,20	23,27	21,72	18,63	15,52
60	35	245	25	240	78	1,30	17,55	30,96	28,88	24,77	20,64
70	40	265	30	280	91	1,30	21,80	32,04	29,90	25,63	21,36
80	40	285	30	280	104	1,28	27,37	40,22	37,54	32,13	26,81

**Figura 64.** Modelo de la lectura de una tabla de María Graciela Fratelli

Fuente: Hernández, Valera (2019)

#### 4.4- Realización de cuadros comparativos de los resultados obtenidos del diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado, utilizando diversas herramientas.

Posterior a la obtención de los resultados procedentes de la aplicación de diversas herramientas de diseño estructural a la familia de zapatas calculadas en el caso estudio, se clasificaron los resultados para el análisis y las comparaciones, en las siguientes categorías:

Las dimensiones de la zapata

Las dimensiones del pedestal

El espesor de la zapata

El área de acero por flexión.

Con los valores resultantes del diseño estructural, obtenidos por cada categoría se realizaron 5 gráficos de barras, uno para cada trabajado, el diseño de los gráficos consiste en que en el eje de las abscisas se ubicaron las cargas de diseño y en el eje de las ordenadas los valores de los resultados de cual fuera la categoría del gráfico, cada herramienta es representado con un color particular, definido en la leyenda ubicada en la parte inferior del gráfico, también se calculó el promedio de los resultados para cada carga de diseño y se manifestó con una línea horizontal de color rojo que permite observar que barras se encuentran próximas o lejanas, por encima y por debajo del promedio.

En este sentido, se logró visualizar de forma clara y precisa las diferencias y similitudes de los resultados producidos por las diversas herramientas aplicadas en el estudio. Todas las gráficas se encuentran en el apéndice A junto a las tablas de resultados para su mejor apreciación.

Para realizar los cuadros comparativos se diseñó un cuadro donde en la fila (eje de las X) se ubicaron todas las herramientas implementadas en el estudio y en la columna (eje de las Y) se situaron todas las variables de diseño dependientes de la metodología de diseño en cual está fundamentada cada herramienta, esto con el fin de comprender hasta cierto punto diferencias que se presentan en los resultados de cada herramienta (Ver cuadro 2)

Luego se procedió a elaborar un cuadro comparativo para cada gráfica comparativa, en la parte superior del cuadro se indica la clasificación que funciona de la misma manera que las gráficas, en la columna de la izquierda se indica la herramienta analizada con su respectivo color previamente definido en las gráficas y en la casilla lateral derecha del nombre de la herramienta se ubican los comentarios del análisis y comparación de los resultados

Las comparaciones se realizaron de dos maneras, primeramente, se hizo una comparación de los resultados de todas las herramientas contractados contra los

resultados de MDEZA, puesto a que esta es la metodología diseñada para el estudio con la norma actualizada que se analiza “ACI318-14”. La segunda comparación se ejecutó tomando como valor referencial el promedio de todos los resultados obtenidos y en los casos que fue necesario se agregó un tercer comentario con observaciones respecto a resultados obtenidos por la herramienta particular

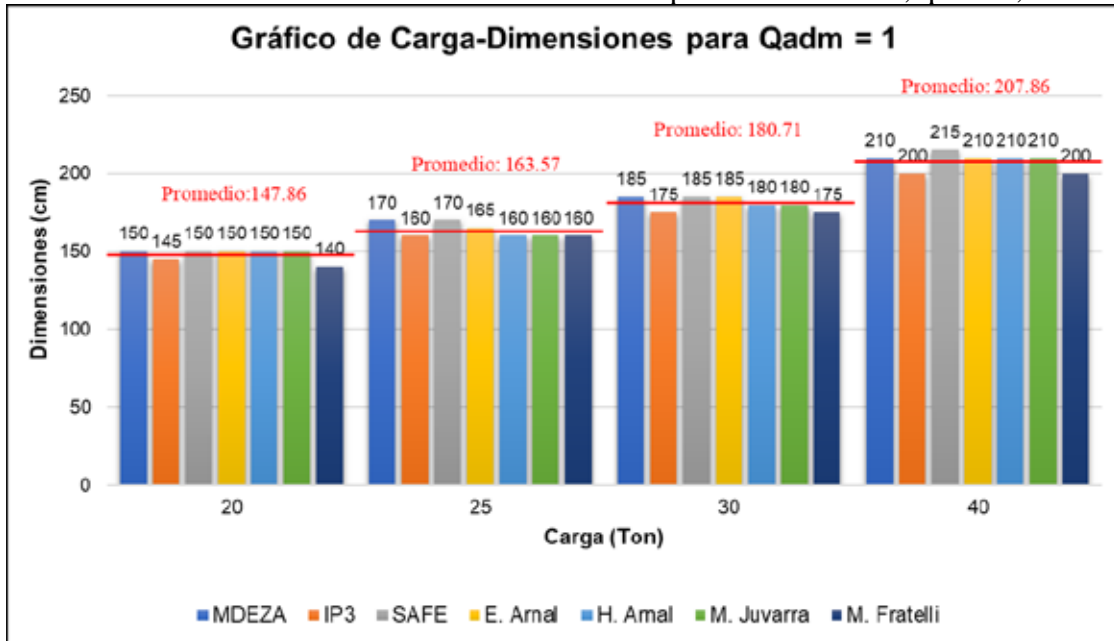
**Cuadro 2.** Variables de la metodología de diseño de cada herramienta

Herramienta Aspecto							
	ACI318-14	Fondonorma 1753-06	ACI318-14	COVENIN MINDUR 1753-85	COVENIN MINDUR 1753-81	MOP-67	COVENIN MINDUR 1753-87
	Rotura	Rotura	Rotura	Rotura	Rotura	Clásica	Rotura
	1.2CP+1.6CV	1.2CP+1.6CV	1.2CP+1.6CV	1.4CP+1.7CV	1.4CP+1.7CV	1.2CP+1.6CV	1.4CP+1.7CV
	0.75	0.75	0.75	0.85	0.85	0.75	0.85
	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	7.50	7.00	7.50	7.50	7.00	4.00	7.00

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

**4.4.1- Comparación de las dimensiones de zapatas concéntricas calculadas con las diferentes herramientas analizadas.**

**Gráfica 1.** Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:1,00$



Fuente: Hernández, Valera (2019)

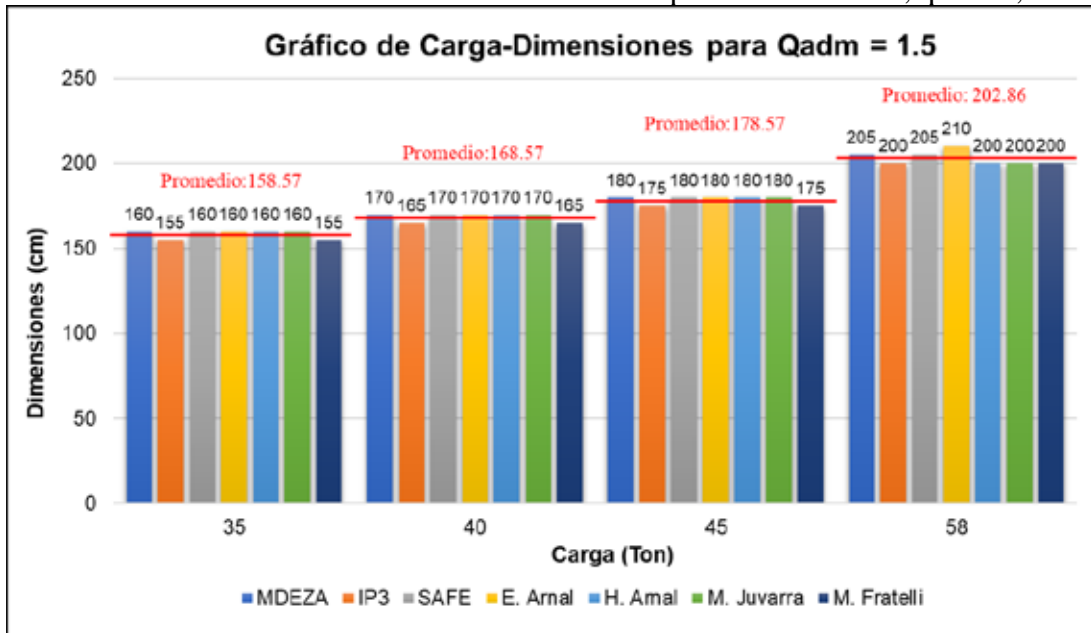
**Cuadro 3.** Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas,  $q_{adm}: 1,00$

Comparación de dimensiones para $q_{adm}:1,00$	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: se encuentra por encima del promedio para todas las diferentes cargas, en la mayoría de los casos es la más confiable, la variación con el promedio es muy pequeña siempre menor a 10cm de diferencia.
IP3	MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación de entre 5 y 10cm. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran cercanas, pero por debajo del promedio en algunos casos es la menos confiable y en otros la más confiable.
SAFE	MDEZA: dimensiones iguales o muy parecidas a MDEZA con una variación máxima de 5cm. PROMEDIO: para todas las cargas se encuentra por encima del promedio, en la mayoría de los casos es la más confiable, la variación con el promedio es muy pequeña siempre menor a 10cm de diferencia.

E. Arnal	MDEZA: dimensiones iguales o muy parecidas a MDEZA con una variación máxima de 5cm. PROMEDIO: para todas las cargas se encuentra por encima del promedio y en todos los casos resultado el más confiable.
H. Arnal	MDEZA: produce resultados iguales y menores que MDEZA con una variación de entre 5 y 10cm. PROMEDIO: con valores inmediatos al promedio oscila entre mantenerse por encima y por debajo con una variación inferior a 5cm. Los resultados son iguales de los de Máximo Juarra.
M. Juarra	MDEZA: produce resultados iguales y menores que MDEZA con una variación de entre 5 y 10cm. PROMEDIO: dimensiones contiguas al promedio, varía entre estar por encima y por debajo con una diferencia que no alcanza los 5cm. Los resultados son iguales de los de Henrique Arnal.
M. Fratelli	MDEZA: dimensiones menores que las de MDEZA con una reducción constante de 10cm. PROMEDIO: resultados inferiores al promedio y predomina ser la menos confiable.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

Gráfica 2. Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:1,50$



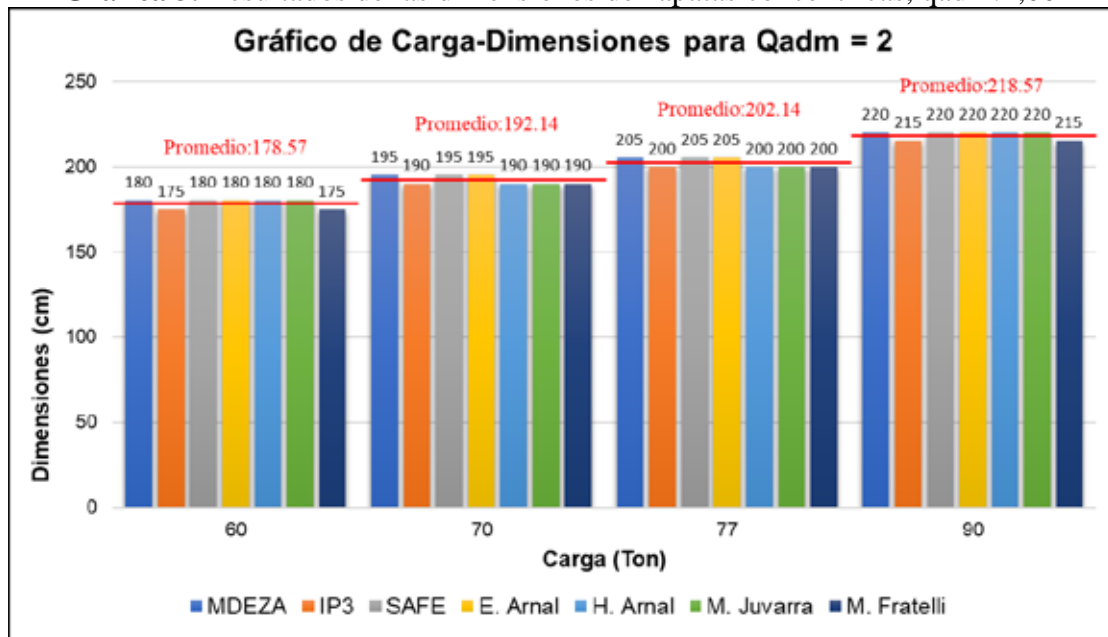
Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 4.** Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas,  $q_{adm};1.50$ 

Comparación de dimensiones para $q_{adm};1.50$	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: para todas las diferentes cargas se encuentra por encima del promedio con una variación mínima, resulta ser una de las herramientas más confiables.
IP3	MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación constante de 5cm. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran cercanas, pero por debajo del promedio, con una variación muy pequeña, sin embargo, predomina ser el valor menos confiable, los resultados son iguales a los de María G. Fratelli.
SAFE	MDEZA: produce las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: para todas las diferentes cargas se encuentra por encima del promedio con una variación mínima, resulta ser una de las herramientas más confiables.
E. Arnal	MDEZA: resultados iguales y ligeramente superiores a MDEZA con una variación máxima 5cm. PROMEDIO: para todas las diferentes cargas se encuentra por encima del promedio con una variación pequeña, en uno de los casos resulta ser el menos confiable.
H. Arnal	MDEZA: resultados iguales y ligeramente inferiores a MDEZA con una variación máxima 5cm. PROMEDIO: con valores inmediatos al promedio oscila entre mantenerse por encima y por debajo con una variación inferior a 5cm. Los resultados son iguales de los de Máximo Juarra.
M. Juarra	MDEZA: resultados iguales y ligeramente inferiores a MDEZA con una variación máxima 5cm. PROMEDIO: dimensiones contiguas al promedio, varía entre estar por encima y por debajo con una diferencia que no alcanza los 5cm. Los resultados son iguales de los de Henrique Arnal.
M. Fratelli	MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación constante de 5cm. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran cercanas, pero por debajo del promedio, con una variación muy pequeña, pero predomina mantenerse entre los valores menos confiables, los resultados son iguales a los producidos por IP3.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 3.** Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:2,00$



Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 5.** Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:2,00$

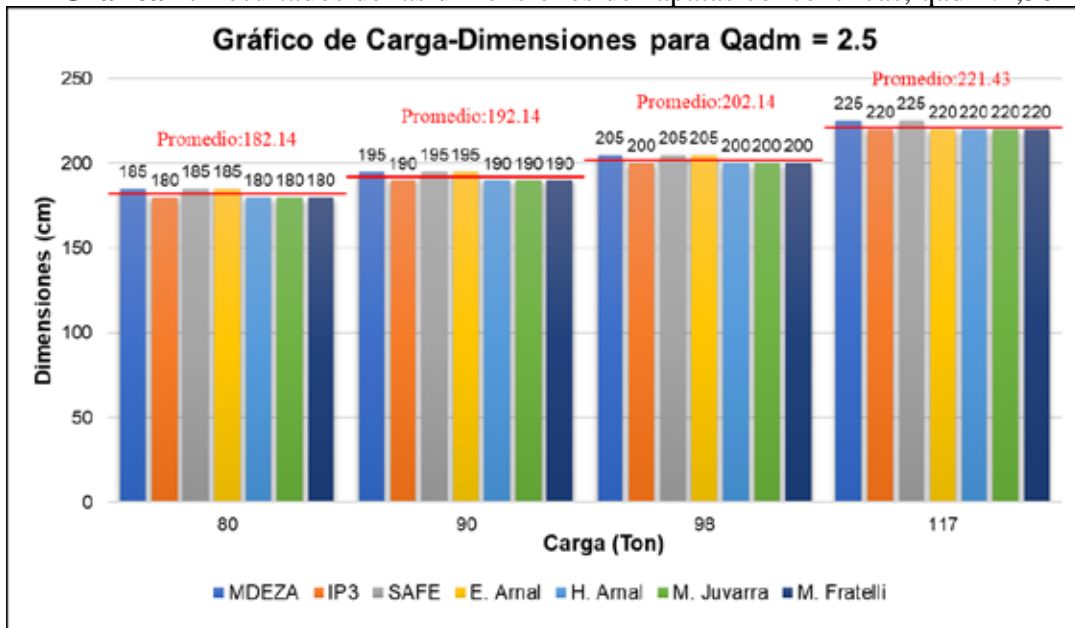
**Comparación de dimensiones para  $q_{adm}:2,00$**

Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: para todas las diferentes cargas se encuentra por encima del promedio con una variación mínima, resulta ser una de las herramientas más confiables.
IP3	MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación constante de 5cm. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran cercanas, pero por debajo del promedio, con una variación muy pequeña, sin embargo, predomina ser el valor menos confiable, los resultados son iguales a los de María G. Fratelli.
SAFE	MDEZA: produce las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: para todas las diferentes cargas se encuentra por encima del promedio con una variación mínima, resulta ser una de las herramientas más confiables.
E. Arnal	MDEZA: resultados iguales y ligeramente superiores a MDEZA con una variación máxima 5cm. PROMEDIO: para todas las diferentes cargas se encuentra por encima del promedio con una variación pequeña, en uno de los casos resulta ser el menos confiable.

H. Arnal	MDEZA: resultados iguales y ligeramente inferiores a MDEZA con una variación máxima 5cm. PROMEDIO: con valores inmediatos al promedio oscila entre mantenerse por encima y por debajo con una variación inferior a 5cm. Los resultados son iguales de los de Máximo Juarra.
M. Juarra	MDEZA: resultados iguales y ligeramente inferiores a MDEZA con una variación máxima 5cm. PROMEDIO: dimensiones contiguas al promedio, varía entre estar por encima y por debajo con una diferencia que no alcanza los 5cm. Los resultados son iguales de los de Henrique Arnal.
M. Fratelli	MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación constante de 5cm. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran cercanas, pero por debajo del promedio, con una variación muy pequeña, pero predomina mantenerse entre los valores menos confiables, los resultados son iguales a los producidos por IP3.

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 4.** Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:2,50$



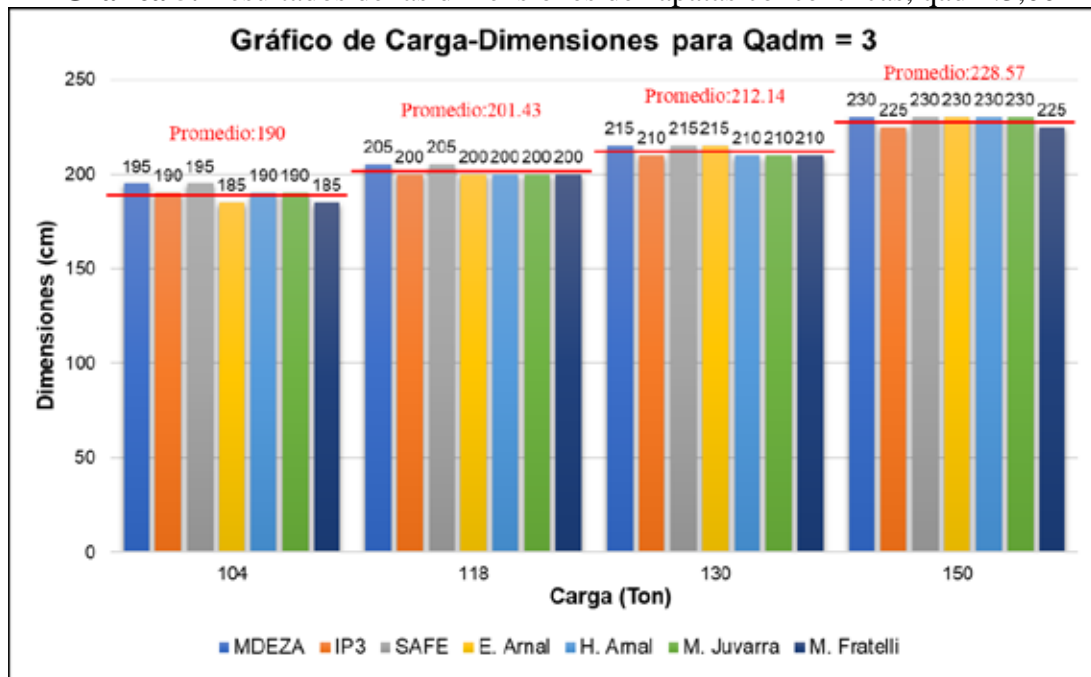
**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 6.** Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:2.50$ 

Comparación de dimensiones para $q_{adm}:2,50$	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: para todas las diferentes cargas produce un resultado superior al promedio con una variación mínima la cual es inferior a 5cm.
IP3	MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación constante de 5cm. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran cercanas, pero por debajo del promedio, con una variación muy pequeña, es una de las herramientas más confiables en conjunto con H. Arnal, M. Juarra y M. Fratelli que producen los mismos resultados.
SAFE	MDEZA: produce las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: para todas las diferentes cargas produce un resultado superior al promedio con una variación mínima la cual es inferior a 5cm al igual que MDEZA y muy similar a E. Arnal.
E. Arnal	MDEZA: resultados iguales y ligeramente inferiores a MDEZA con una variación máxima de 5cm. PROMEDIO: oscila entre mantenerse por encima y por debajo de promedio con una variación inferior a 5cm y con resultados muy similares a MDEZA y a SAFE.
H. Arnal	MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación constante de 5cm. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran cercanas, pero por debajo del promedio, con una variación muy pequeña, es una de las herramientas más confiables en conjunto con IP3, M. Juarra y M. Fratelli que producen los mismos resultados.
M. Juarra	MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación constante de 5cm. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran cercanas, pero por debajo del promedio, con una variación muy pequeña, es una de las herramientas más confiables en conjunto con H. Arnal, IP3 y M. Fratelli que producen los mismos resultados.
M. Fratelli	MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación constante de 5cm. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran cercanas, pero por debajo del promedio, con una variación muy pequeña, es una de las herramientas más confiables en conjunto con H. Arnal, M. Juarra y IP3 que producen los mismos resultados.

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 5.** Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:3,00$



Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 7.** Resultados de las dimensiones de zapatas concéntricas,  $q_{adm}: 1,00$

**Comparación de dimensiones para  $q_{adm}:3,00$**

Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: para todas las diferentes cargas produce un resultado superior al promedio con una pequeña variación máxima de 5cm.
IP3	MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación constante de 5cm PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran cercanas, pero por debajo del promedio, con una variación muy pequeña, es una de las herramientas más confiables.
SAFE	MDEZA: produce las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: para todas las diferentes cargas produce un resultado superior al promedio con una pequeña variación máxima de 5cm.
E. Arnal	MDEZA: resultados iguales y ligeramente inferiores a MDEZA, variación de entre 5 y 10cm PROMEDIO: oscila entre mantenerse por encima y por debajo de promedio con una variación máxima de 5cm.

H. Arnal	<p>MDEZA: resultados iguales y levemente inferiores a MDEZA con una variación constante de 5cm.</p> <p>PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran cercanas por debajo, encima e incluso en el promedio, es una de las herramientas más confiables en conjunto con M. Juarra.</p>
M. Juarra	<p>MDEZA: resultados iguales y levemente inferiores a MDEZA con una variación constante de 5cm.</p> <p>PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran cercanas por debajo, encima e incluso en el promedio, es una de las herramientas más confiables en conjunto con H. Arnal.</p>
M. Fratelli	<p>MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación constante de 5cm.</p> <p>PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran cercanas, pero por debajo del promedio, con una variación muy pequeña.</p>

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 8.** Resumen de la comparación de las dimensiones de zapatas concéntricas.

<b>Resumen General de la Comparación de Dimensiones</b>	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	<p>PROMEDIO: superior al promedio con una variación de 1,43cm a 6,43cm. Presenta una dispersión de entre 0,89% y 3,78%</p>
IP3	<p>MDEZA: dimensiones menores a MDEZA con una variación de entre 5 y 10cm. Y una dispersión de entre 2,17% y 5,88% inferiores</p> <p>PROMEDIO: dimensiones iguales e inferiores al promedio con variaciones de 0 a 7,86cm y dispersión de 0 a 3,78%</p>
SAFE	<p>MDEZA: en el 95% de los casos las dimensiones son iguales a MDEZA, en el 5% restante es superior con una variación de 5cm y 2,33% de dispersión</p> <p>PROMEDIO: superior al promedio con variaciones desde 1,43cm hasta 7,14cm y dispersión de 0,62% a 3,32%</p>
E. Arnal	<p>MDEZA: en el 75% de los casos produce dimensiones iguales a MDEZA. 5% de los resultados son menores, con una variación de 5cm y 2,94% de dispersión y el 20% restante de los resultados son superiores con variaciones de 5 a 10cm y dispersión de 2,22% a 5,12%</p> <p>PROMEDIO: 85% de los casos estudiados resultan superiores al promedio con variaciones de 1,43cm a 7,14cm y dispersiones desde 0,62% hasta 3,40% y 15% de resultados restantes son inferiores al promedio con una variación de 1,43 a 5cm y de 0,65% a 2,63% de dispersión</p>

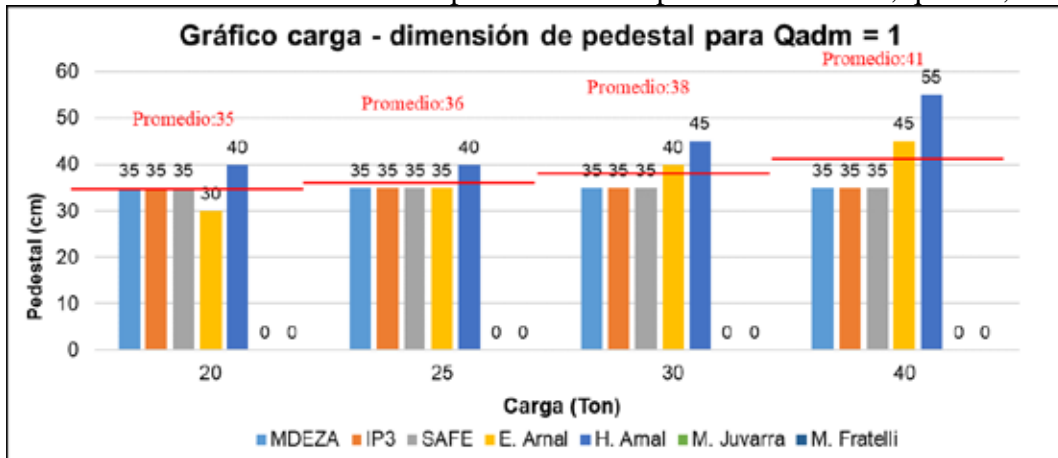
<b>H. Arnal</b>	<p>MDEZA: 60% de los resultados son inferiores con reducciones de entre 5 y 10cm y dispersión de 2,33% a 5,88% El otro 40% de resultados son iguales</p> <p>PROMEDIO: 55% de los resultados son menores al promedio con variaciones desde 0,71cm hasta 3,57cm y dispersión de 0,39% a 2,28%. 5% de los resultados son iguales al promedio y 45% de los resultados son mayores al promedio con variaciones de 1,43cm a 2,1cm y dispersiones desde 0,62% a 1,43%</p>
<b>M. Juvarra</b>	<p>MDEZA: 60% de los resultados son inferiores con reducciones de entre 5 y 10cm y dispersión de 2,33% a 5,88% El otro 40% de resultados son iguales</p> <p>PROMEDIO: 55% de los resultados son menores al promedio con variaciones desde 0,71cm hasta 3,57cm y dispersión de 0,39% a 2,28%. 5% de los resultados son iguales al promedio y 45% de los resultados son mayores al promedio con variaciones de 1,43cm a 2,1cm y dispersiones desde 0,62% a 1,43%</p>
<b>M. Fratelli</b>	<p>MDEZA: dimensiones inferiores a MDEZA con variaciones de 5 a 10cm y dispersión y de 2,17% a 6,66%.</p> <p>PROMEDIO: valores inferiores a promedio con variaciones de 1,43 a 7,86cm y dispersión de 0,65% a 5,32%</p>

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

#### **4.4.2- Comparación de las dimensiones del pedestal de zapatas concéntricas calculadas con las diferentes herramientas analizadas.**

Cabe destacar que esta comparación se ve condicionada por la disponibilidad encontrada en las herramientas, razón por la cual las tablas realizadas por Máximo Juvarra y Maria G. Fratelli no aplican ya que las dimensiones de pedestal no son proporcionadas por dichas tablas, también es importante mencionar que para los casos de MDEZA, IP3 y SAFE las dimensiones del pedestal no es un resultado obtenido si no un datos que requiere ser suministrado así que fue calculado como se indicó en la sección 4.3.1 bajo el principio de que :

**Gráfica 6.** Resultados de los pedestales de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:1,00$



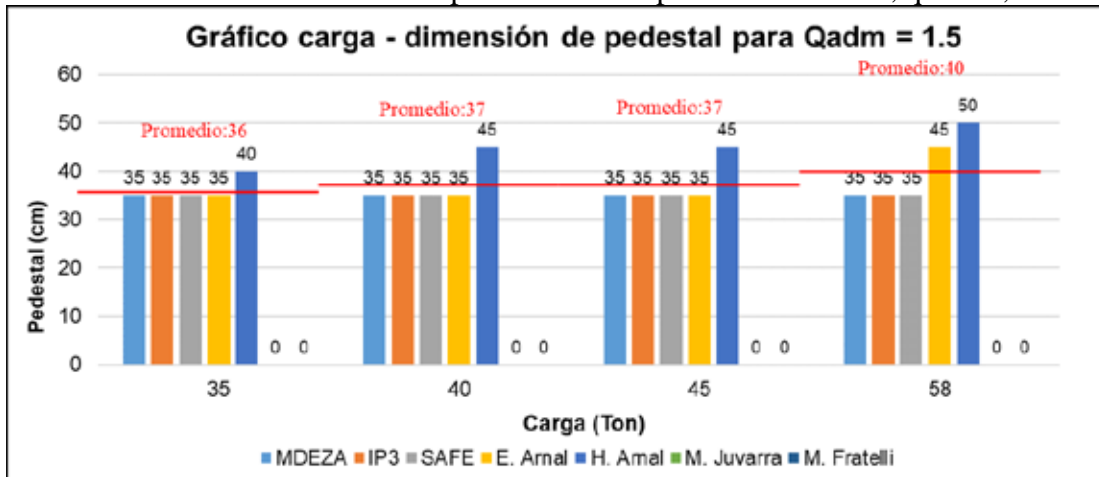
Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 9.** Resultados del pedestal de zapatas concéntricas,  $q_{adm}: 1,00$

Comparación de pedestales para $q_{adm}:1,00$	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: implementa dimensiones en y por debajo del promedio que resultan estar en el rango de las más confiables.
IP3	MDEZA: implementa las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: emplea dimensiones en y por debajo del promedio que resultan estar en el rango de las más confiables.
SAFE	MDEZA: implementa las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: utiliza dimensiones en y por debajo del promedio que resultan estar en el rango de las más confiables.
E. Arnal	MDEZA: resultados inferiores, iguales y superiores a MDEZA, a medida que la carga aumenta. PROMEDIO: oscila entre mantenerse por encima y por debajo del promedio con una variación máxima de 5cm.
H. Arnal	MDEZA: resultados superiores a MDEZA con una variación de hasta 20cm de diferencia. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran por encima del promedio, obteniendo valores que se pueden considerar exagerados o sobredimensionados.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 7.** Resultados de los pedestales de zapatas concéntricas, qadm:1,50



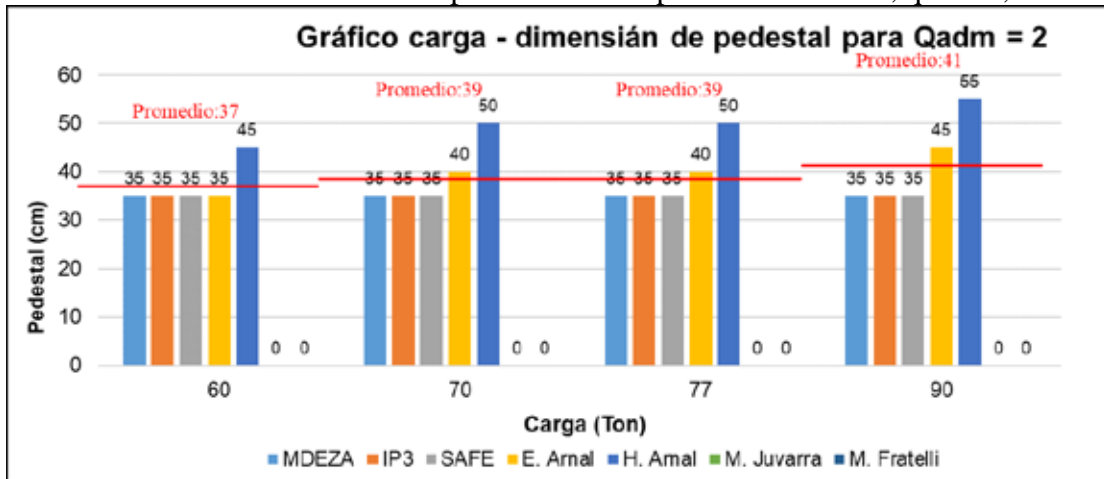
Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 10.** Resultados del pedestal de zapatas concéntricas, qadm: 1,50

Comparación de pedestales para qadm:1,50	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: implementa dimensiones inferiores a promedio que resultan estar en el rango de las más confiables.
IP3	MDEZA: implementa las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: utiliza dimensiones inferiores al promedio que resultan estar en el rango de las más confiables.
SAFE	MDEZA: implementa las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: utiliza dimensiones inferiores al promedio que resultan estar en el rango de las más confiables.
E. Arnal	MDEZA: produce dimensiones iguales y levemente superiores a MDEZA con una variación máxima de 10cm. PROMEDIO: produce dimensiones oscilantes al promedio que resultan iguales o muy similares a MDEZA, IP3 y SAFE, resulta ser la herramienta más confiable
H. Arnal	MDEZA: resultados superiores a MDEZA con una variación de 5, 10 y 15cm progresivamente. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran por encima del promedio con una variación máxima de 10cm.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 8.** Resultados de los pedestales de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:2,00$



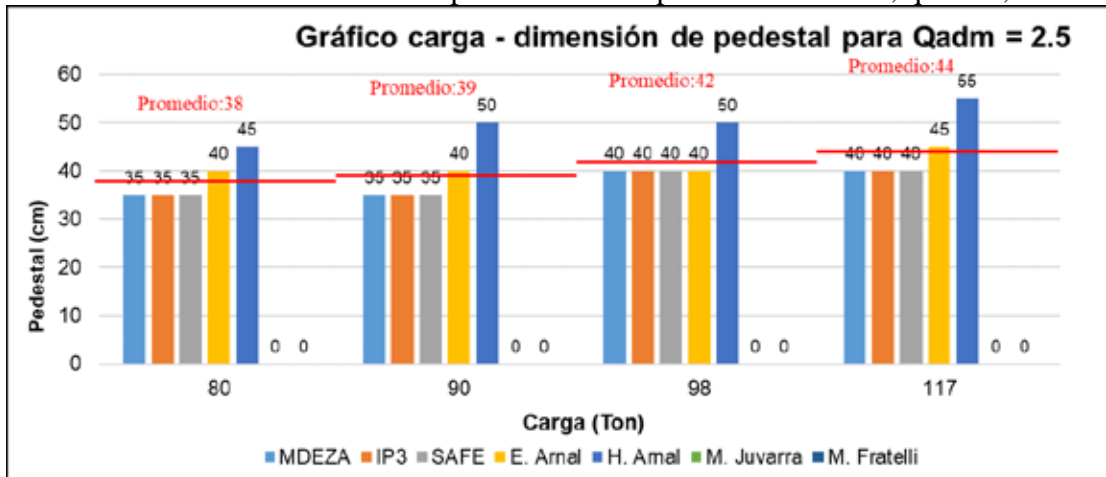
Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 11.** Resultados del pedestal de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:2,00$

Comparación de pedestales para $q_{adm}:2,00$	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: implementa dimensiones inferiores al promedio, variación máxima de 6cm.
IP3	MDEZA: implementa las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: emplea dimensiones inferiores al promedio, variación máxima de 6cm.
SAFE	MDEZA: implementa las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: utiliza dimensiones inferiores al promedio, variación máxima de 6cm.
E. Arnal	MDEZA: resultados iguales y superiores a MDEZA, a medida que la carga aumenta. PROMEDIO: oscila entre mantenerse por encima y por debajo del promedio con una variación máxima de 4cm resulta ser la herramienta más confiable.
H. Arnal	MDEZA: resultados superiores a MDEZA con una variación de hasta 20cm de diferencia. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran por encima del promedio, obteniendo valores que se pueden considerar exagerados o sobredimensionados.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 9.** Resultados de los pedestales de zapatas concéntricas, qadm:2,50



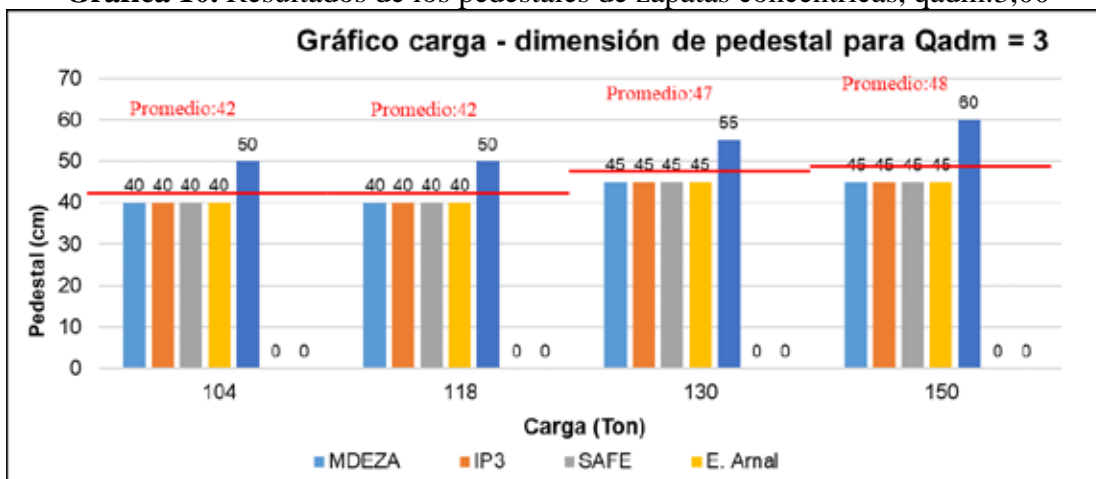
Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 12.** Resultados del pedestal de zapatas concéntricas, qadm: 2.50

Comparación de pedestales para qadm:2,50	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: implementa dimensiones inferiores al promedio, variación máxima de 4cm.
IP3	MDEZA: implementa las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: emplea dimensiones inferiores al promedio, variación máxima de 4cm.
SAFE	MDEZA: implementa las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: utiliza dimensiones inferiores al promedio, variación máxima de 4cm.
E. Arnal	MDEZA: resultados iguales y superiores a MDEZA con una variación máxima de 5cm. PROMEDIO: oscila entre mantenerse por encima y por debajo del promedio con una variación máxima de 2cm resulta ser la herramienta más confiable.
H. Arnal	MDEZA: resultados superiores a MDEZA con una variación de entre 10 y 15cm de diferencia. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran por encima del promedio entre las menos confiable por sobredimensionado.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 10.** Resultados de los pedestales de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:3,00$



Fuente: Hernández, Valera (2019)

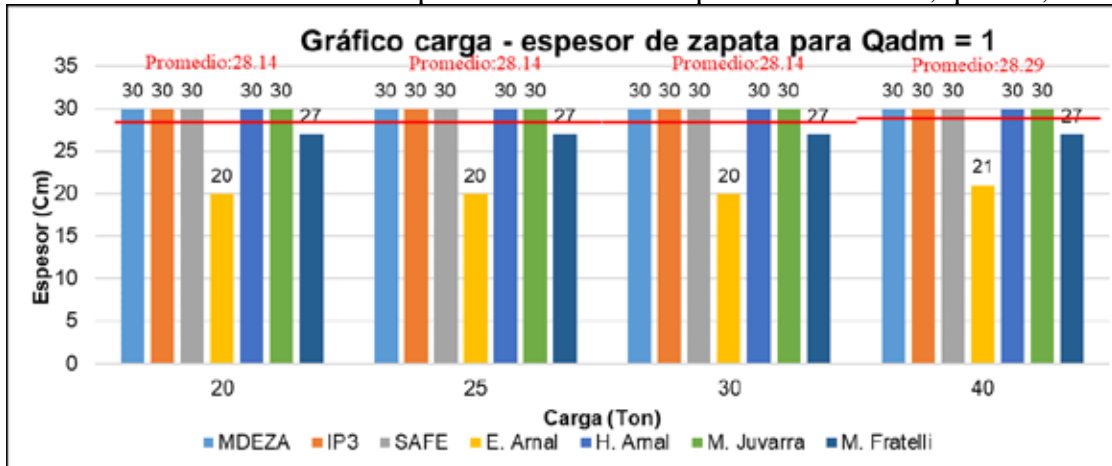
**Cuadro 13.** Resultados del pedestal de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:3,00$

Comparación de pedestales para $q_{adm}:3,00$	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: implementa dimensiones inferiores al promedio por hasta 3cm y se encuentra en el rango de las más confiables.
IP3	MDEZA: implementa las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: emplea dimensiones inferiores al promedio por hasta 3cm y se encuentra en el rango de las más confiables al igual que MDEZA, SAFE y E. Arnal.
SAFE	MDEZA: implementa las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: utiliza dimensiones inferiores al promedio por hasta 3cm y se encuentra en el rango de las más confiables al igual que MDEZA, IP3 y E. Arnal.
E. Arnal	MDEZA: implementa las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: utiliza dimensiones inferiores al promedio por hasta 3cm y se encuentra en el rango de las más confiables al igual que MDEZA, IP3 y SAFE.
H. Arnal	MDEZA: resultados superiores a MDEZA con una variación de entre 10 y 15cm de diferencia PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran por encima del promedio entre las menos confiable por sobredimensionado.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**4.4.3- Comparación del espesor de a base de zapatas concéntricas calculadas con las diferentes herramientas analizadas.**

**Gráfica 11.** Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:1,00



Fuente: Hernández, Valera (2019)

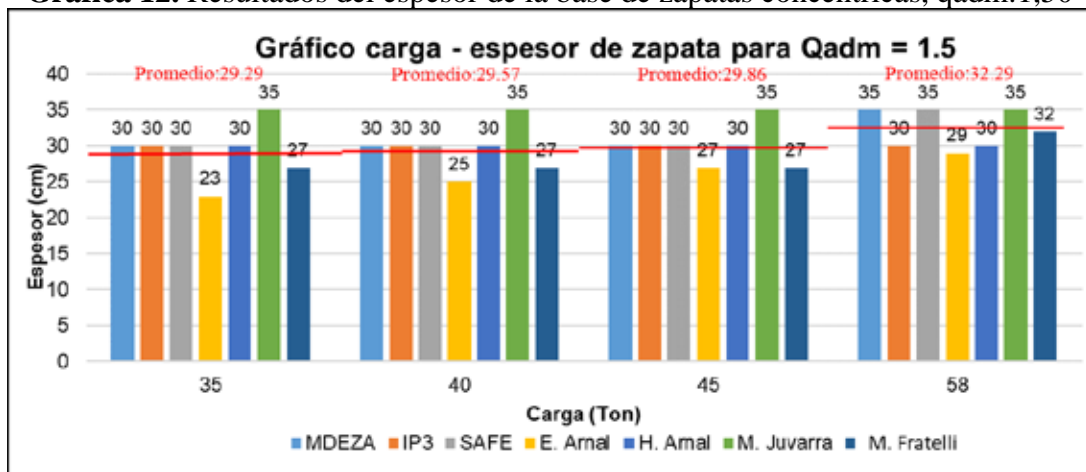
**Cuadro 14.** Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:1,00

Comparación de espesor para qadm:1,00	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: para todas las diferentes cargas produce un resultado superior al promedio con una mínima diferencia menor a 2cm. OBSERVACIÓN: la norma actualizada estipula 30cm como el espesor mínimo así que es el valor más confiable.
IP3	MDEZA: produce las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: resultado superior al promedio con una mínima variación menor a 2cm. OBSERVACIÓN: la norma actualizada estipula 30cm como el espesor mínimo así que es el valor más confiable. Al igual que SAFE, H. Arnal, M. Juvarra y MDEZA.
SAFE	MDEZA: produce las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: resultado superior al promedio con una mínima variación menor a 2cm. OBSERVACIÓN: la norma actualizada estipula 30cm como el espesor mínimo así que es el valor más confiable. Al igual que IP3, H. Arnal, M. Juvarra y MDEZA.
E. Arnal	MDEZA: resultados ligeramente inferiores a MDEZA con una variación constante de 3cm. PROMEDIO: inferior al promedio con una pequeña variación máxima menor a 1,5cm. OBSERVACIÓN: a pesar de ser el más confiable desde el punto de vista del promedio se descarta por no cumplir con el valor mínimo establecido por norma.

<b>H. Arnal</b>	<p>MDEZA: produce las mismas dimensiones que MDEZA.</p> <p>PROMEDIO: resultado superior al promedio con una mínima variación menor a 2cm.</p> <p>OBSERVACIÓN: la norma actualizada estipula 30cm como el espesor mínimo así que es el valor más confiable. Al igual que IP3, SAFE, M. Juarra y MDEZA.</p>
<b>M. Juarra</b>	<p>MDEZA: produce las mismas dimensiones que MDEZA.</p> <p>PROMEDIO: resultado superior al promedio con una mínima variación menor a 2cm.</p> <p>OBSERVACIÓN: la norma actualizada estipula 30cm como el espesor mínimo así que es el valor más confiable. Al igual que IP3, H. Arnal, SAFE y MDEZA.</p>
<b>M. Fratelli</b>	<p>MDEZA: resultados inferiores a MDEZA con una variación constante de entre 9 y 10cm.</p> <p>PROMEDIO: inferior al promedio con una variación máxima inferior a 8,5cm.</p> <p>OBSERVACIÓN: se descarta por no cumplir con el valor mínimo establecido por norma.</p>

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 12.** Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:1,50



**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

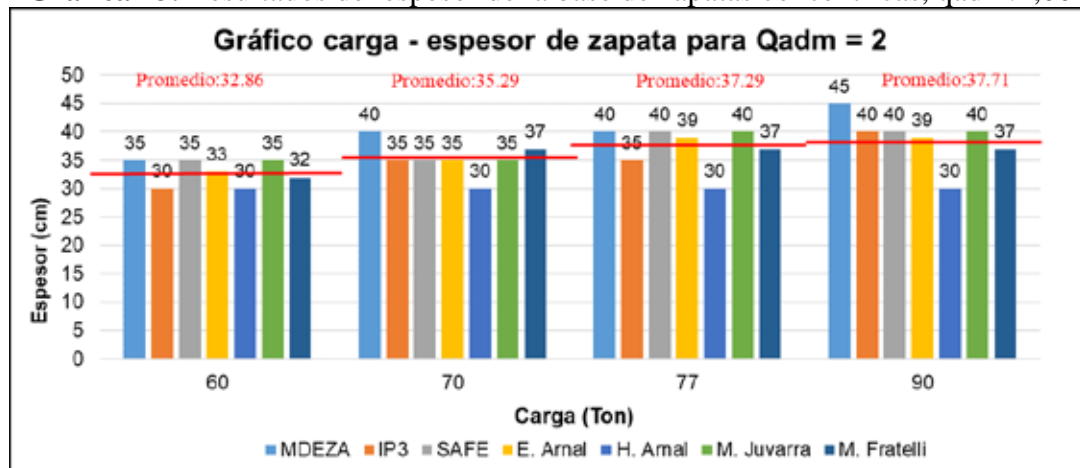
**Cuadro 15.** Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:1.50

<b>Comparación de espesor para qadm:1,50</b>	
Herramienta	Comentarios
<b>MDEZA</b>	<p>PROMEDIO: para todas las diferentes cargas produce un resultado superior al promedio con una mínima variación inferior a 3cm. Se encuentra en el rango de los valores más confiables.</p>
<b>IP3</b>	<p>MDEZA: produce dimensiones iguales y muy similares a MDEZA.</p> <p>PROMEDIO: oscila alrededor del promedio con una mínima variación menor a 2,5cm. Se considera dentro del rango de los valores más confiables al igual que H. Arnal.</p>

SAFE	MDEZA: produce las mismas dimensiones que MDEZA. PROMEDIO: para todas las diferentes cargas produce un resultado superior al promedio con una mínima variación inferior a 3cm. Se encuentra en el rango de los valores más confiables.
E. Arnal	MDEZA: resultados ligeramente inferiores a MDEZA con una variación de entre 3 y 7cm. PROMEDIO: inferior al promedio con una variación máxima menor a 6,5cm. OBSERVACIÓN: se descarta por no cumplir con el valor mínimo establecido por norma.
H. Arnal	MDEZA: produce dimensiones iguales y muy similares a MDEZA. PROMEDIO: oscila alrededor del promedio con una mínima variación menor a 2,5cm. Se considera dentro del rango de los valores más confiables al igual que IP3.
M. Juarra	MDEZA: dimensiones iguales y ligeramente superiores a MDEZA con una variación de 5cm . PROMEDIO: produce los mayores resultados, se encuentra por encima del promedio con una variación máxima inferior a 6cm.
M. Fratelli	MDEZA: resultados inferiores a MDEZA con una variación constante de 3cm. PROMEDIO: inferior al promedio con una variación máxima inferior a 3cm. OBSERVACIÓN: a pesar de ser el valor más confiable desde el punto de vista del promedio, en su mayoría se descarta por no cumplir con el valor mínimo establecido por norma.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

Gráfica 13. Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:2,00



Fuente: Hernández, Valera (2019)

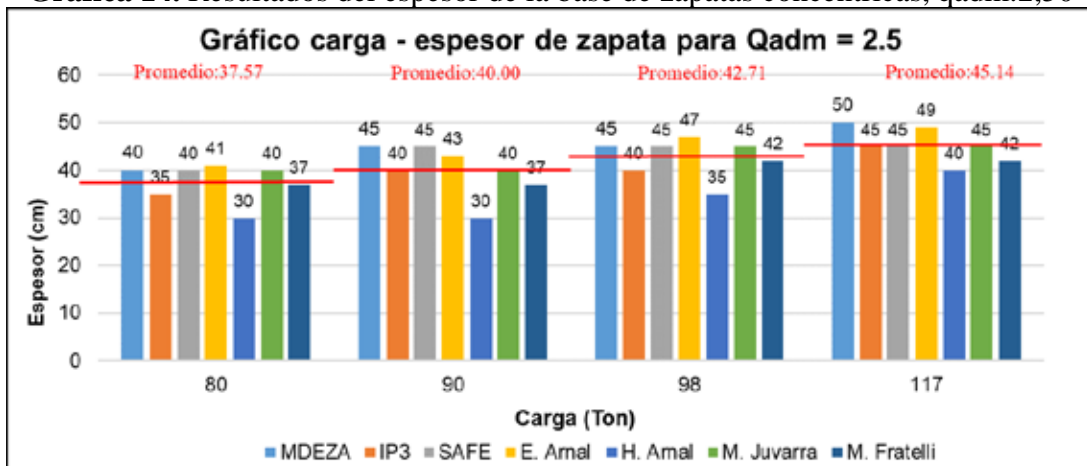
Cuadro 16. Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:2,00

Comparación de espesor para qadm:2,00	
Herramienta	Comentarios

MDEZA	PROMEDIO: para todas las diferentes cargas produce un resultado superior al promedio con una mínima variación inferior a 5cm.
IP3	MDEZA: produce dimensiones inferiores a MDEZA con una variación constante de 5cm. PROMEDIO: oscila alrededor del promedio con una mínima variación menor a 3cm. Se considera dentro del rango de los valores más confiables.
SAFE	MDEZA: produce dimensiones iguales e inferiores por 5cm a MDEZA. PROMEDIO: produce resultados oscilantes al promedio con una mínima variación inferior a 3cm. Se encuentra en el rango de los valores más confiables.
E. Arnal	MDEZA: resultados ligeramente inferiores a MDEZA con una variación de entre 2 y 6cm. PROMEDIO: resultados iguales a M. Juarra oscilantes al promedio con una mínima variación inferior a 2cm. Produce los valores más confiables.
H. Arnal	MDEZA: produce dimensiones inferiores a MDEZA por entre 5 y 15cm. PROMEDIO: resultados constantes de 30cm, menos confiable e inferiores al promedio.
M. Juarra	MDEZA: dimensiones iguales y ligeramente inferiores a MDEZA con una variación de 5cm. PROMEDIO: produce resultados iguales a SAFE oscilantes al promedio con una mínima variación inferior a 3cm. Se encuentra en el rango de los valores más confiables.
M. Fratelli	MDEZA: resultados inferiores a MDEZA con una variación de entre 3 y 8cm. PROMEDIO: produce resultados oscilantes al promedio con una mínima variación inferior a 2cm. Se encuentra en el rango de los valores más confiables.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

Gráfica 14. Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas, qadm:2,50



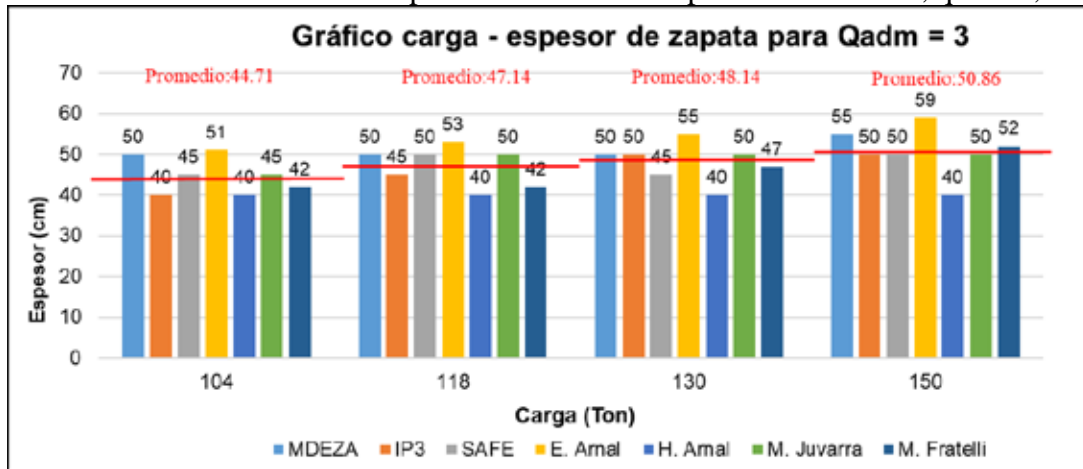
Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 17.** Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:2,50$

Comparación de espesor para $q_{adm}:2,50$	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: para todas las diferentes cargas produce un resultado superior al promedio con una variación máxima de 5cm.
IP3	MDEZA: produce dimensiones inferiores a MDEZA con una variación de 5 y 10 cm. PROMEDIO: oscila por debajo e incluso en el promedio con una mínima variación menor a 3cm. Se considera dentro del rango de los valores más confiables.
SAFE	MDEZA: produce dimensiones iguales e inferiores por 5cm a MDEZA. PROMEDIO: produce resultados superiores al promedio con una mínima variación máxima de 5cm. Se encuentra en el rango de los valores más confiables con los mismos valores que Juarra.
E. Arnal	MDEZA: resultados tanto inferiores como superiores a MDEZA con variación máxima de 3cm. PROMEDIO: produce resultados superiores al promedio con una pequeña variación inferior a 4,5m. Se encuentra en el rango de los valores más confiables.
H. Arnal	MDEZA: produce dimensiones inferiores a MDEZA por entre 10 y 15cm. PROMEDIO: resultados menos confiables e inferiores al promedio por hasta 10cm de diferencia.
M. Juarra	MDEZA: produce dimensiones iguales e inferiores por 5cm a MDEZA. PROMEDIO: produce resultados superiores al promedio con una mínima variación máxima de 5cm. Se encuentra en el rango de los valores más confiables con los mismos valores que SAFE.
M. Fratelli	MDEZA: resultados inferiores a MDEZA con una variación de entre 3 y 8cm. PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio con una mínima variación inferior a 3,5cm. Se encuentra en el rango de los valores más confiables.

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 15.** Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:3,00$



Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 18.** Resultados del espesor de la base de zapatas concéntricas,  $q_{adm}:3,00$

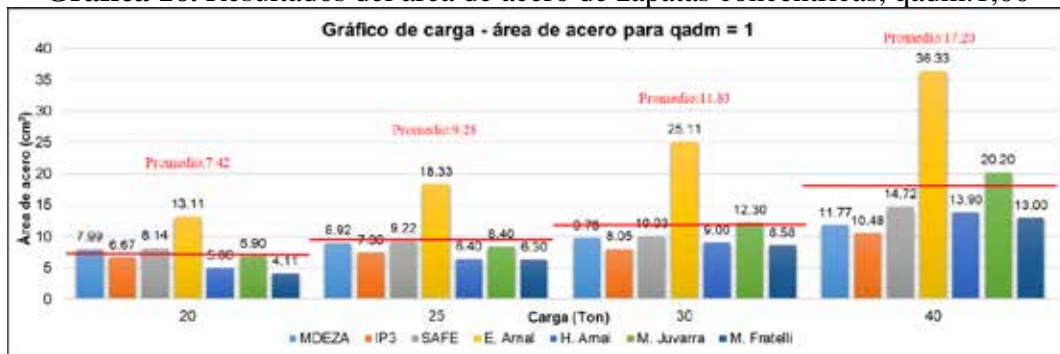
Comparación de espesor para $q_{adm}:3,00$	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: para todas las diferentes cargas produce un resultado superior al promedio con una variación máxima inferior a 5,5cm.
IP3	MDEZA: produce dimensiones desde inferiores por 10cm hasta iguales a MDEZA. PROMEDIO: resultados inferiores al promedio con una variación máxima inferior a 5cm. Se encuentra en el rango de los valores más confiables.
SAFE	MDEZA: produce dimensiones iguales e inferiores por 5cm a MDEZA. PROMEDIO: produce resultados oscilantes al promedio con una variación máxima de 3cm. Se encuentra en el rango de los valores más confiables.
E. Arnal	MDEZA: produce resultados superiores a MDEZA con variación máxima de 5cm. PROMEDIO: produce resultados superiores al promedio marcando la tendencia de valor más alto con una variación máxima cercana a los 10m.
H. Arnal	MDEZA: produce dimensiones inferiores a MDEZA por entre 10 y 15cm. PROMEDIO: resultados menos confiables e inferiores al promedio marcando la tendencia del valor más bajo con una variación superior a los 10cm de diferencia.
M. Juarra	MDEZA: produce dimensiones iguales e inferiores por 5cm a MDEZA. PROMEDIO: produce resultados oscilantes al promedio con una variación máxima de 3cm. Se encuentra en el rango de los valores más confiables.

<b>M. Fratelli</b>	MDEZA: resultados inferiores a MDEZA con una variación de entre 3 y 8cm.
	PROMEDIO: produce resultados oscilantes al promedio con una variación máxima inferior a 5,5cm. Se encuentra dentro del rango de los valores más confiables.

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

#### 4.4.4- Comparación del área de acero por flexión de zapatas concéntricas calculadas con las diferentes herramientas analizadas.

**Gráfica 16.** Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:1,00



**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

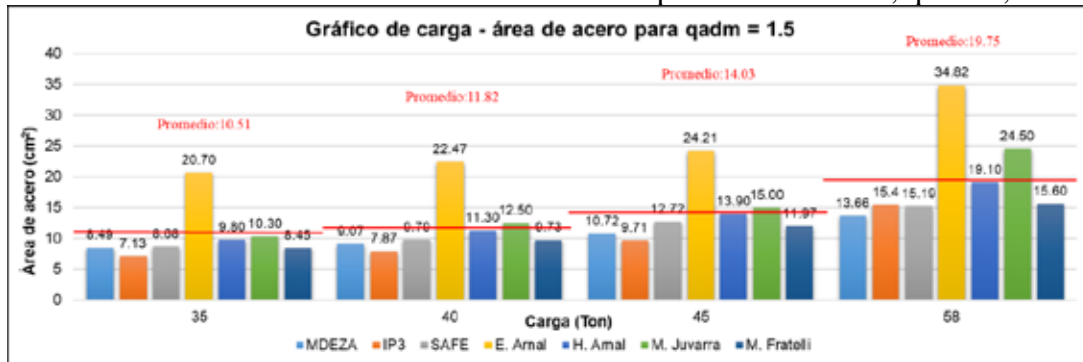
**Cuadro 19.** Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:1,00

Comparación de área de acero para qadm:1,00	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: oscila alrededor del promedio para cargas pequeñas se encuentra por encima, pero a medida que la carga aumenta se ubica representativamente por debajo de promedio.
IP3	MDEZA: resultados cercanos pero inferiores a MDEZA con variación máxima menor a 2 . PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio y marca la tendencia de los valores más pequeños.
SAFE	MDEZA: produce resultados ligeramente superiores a MDEZA. PROMEDIO: produce valores oscilantes al promedio, con cargas pequeñas se encuentra por encima, mientras que con cargas mayores se ubica por debajo, sin ocupar en ningún extremo.
E. Arnal	MDEZA: produce resultados notablemente superiores a MDEZA. PROMEDIO: los valores resultantes son notablemente superiores al promedio y marcan la tendencia de la mayor área de acero.

H. Arnal	MDEZA: resultados oscilantes a MDEZA con variación máxima menor a 3 . PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio.
M. Juarra	MDEZA: resultados oscilantes a MDEZA, pero con cargas elevadas presenta una notable variación. PROMEDIO: produce resultados oscilantes al promedio.
M. Fratelli	MDEZA: resultados oscilantes a MDEZA con variación máxima menor a 4 . PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio y marca la tendencia de los valores más pequeños.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

Gráfica 17. Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:1,50



Fuente: Hernández, Valera (2019)

Cuadro 20. Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:1,50

Comparación de área de acero para qadm:1,50	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: produce valores menores al promedio, a medida que la carga aumenta desciende entre los 3 valores de área de acero más pequeños hasta marcar la tendencia del menor valor.
IP3	MDEZA: resultados cercanos pero inferiores a MDEZA con variación máxima menor a 2 . PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio y marca la tendencia de los valores más pequeños.
SAFE	MDEZA: produce resultados ligeramente superiores a MDEZA. PROMEDIO: produce valores inferiores al promedio.

E. Arnal	MDEZA: produce resultados notablemente superiores a MDEZA. PROMEDIO: los valores resultantes son notablemente superiores al promedio y marcan la tendencia de la mayor área de acero.
H. Arnal	MDEZA: resultados oscilantes a MDEZA con variación máxima menor a 5,5 . PROMEDIO: produce resultados inferiores bastante cercanos al promedio situándose entre los valores más confiables.
M. Juarra	MDEZA: resultados superiores a MDEZA con variación máxima menor a 3 PROMEDIO: produce resultados oscilantes al promedio.
M. Fratelli	MDEZA: resultados oscilantes a MDEZA con variación máxima menor a 2 . PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio y marca la tendencia de los valores más pequeños.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 18.** Resultado del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:2,00



Fuente: Hernández, Valera (2019)

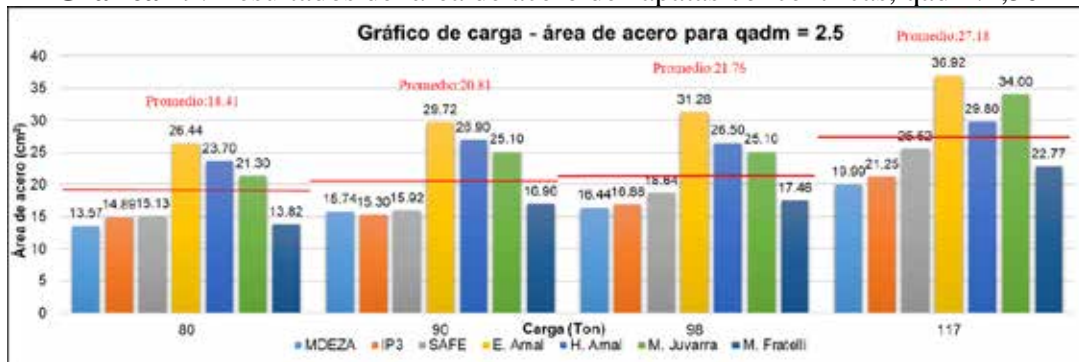
**Cuadro 21.** Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:2,00

Comparación de área de acero para qadm:2,00	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: produce valores menores al promedio y marca la tendencia entre los valores de área de acero más pequeños.
IP3	MDEZA: resultados cercanos pero superiores a MDEZA con variación máxima menor a 1,5 PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio y se llega a ubicar entre los 3 valores más pequeños de área de acero.

SAFE	MDEZA: produce resultados ligeramente superiores a MDEZA. PROMEDIO: produce valores levemente inferiores al promedio variación máxima menor a 5 y se establece entre los valores más confiables.
E. Arnal	MDEZA: produce resultados notablemente superiores a MDEZA. PROMEDIO: los valores resultantes son notablemente superiores al promedio y marcan la tendencia de la mayor área de acero.
H. Arnal	MDEZA: arroja resultados notablemente mayores a MDEZA. PROMEDIO: produce resultados superiores al promedio y se sitúa entre el segundo y tercer resultado más alto de área de acero intercalándose con M. Juarra.
M. Juarra	MDEZA: arroja resultados notablemente mayores a MDEZA. PROMEDIO: produce resultados superiores al promedio y se sitúa entre el segundo y tercer resultado más alto de área de acero intercalándose con H. Arnal.
M. Fratelli	MDEZA: produce resultados superiores a MDEZA, pero los más cercanos a la misma, con una variación máxima menor a 3 . PROMEDIO: resultados entre el segundo y tercer valor más pequeños inferior al promedio.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

Gráfica 19. Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:2,50



Fuente: Hernández, Valera (2019)

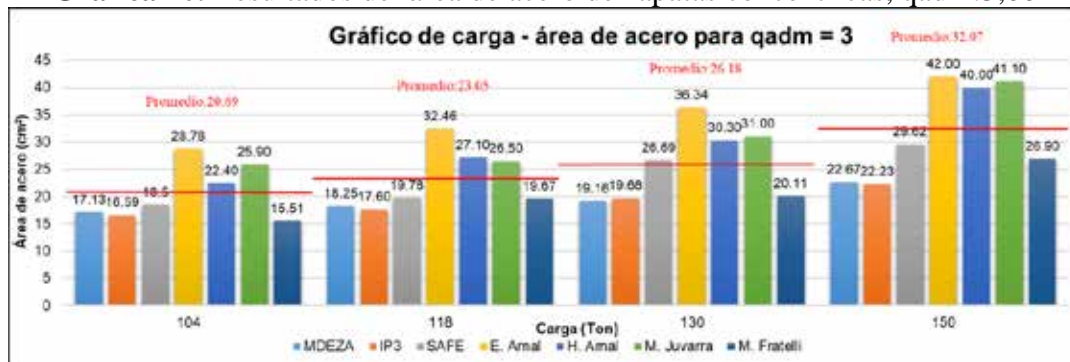
Cuadro 22. Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:2,50

Comparación de área de acero para qadm:2,50	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: produce valores menores al promedio y marca la tendencia ubicándose entre el primer y segundo valor de área de acero más pequeño intercalado con IP3.

IP3	MDEZA: resultados muy cercanos oscilantes a MDEZA con variación máxima menor a 1,5 . PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio y se llega a ubicar entre los 2 valores más pequeños de área de acero.
SAFE	MDEZA: produce resultados ligeramente superiores a MDEZA. PROMEDIO: produce valores levemente inferiores al promedio variación máxima menor a 5 y se establece entre los valores más confiables.
E. Arnal	MDEZA: produce resultados notablemente superiores a MDEZA. PROMEDIO: los valores resultantes son notablemente superiores al promedio y marcan la tendencia de la mayor área de acero.
H. Arnal	MDEZA: arroja resultados notablemente mayores a MDEZA. PROMEDIO: produce resultados superiores al promedio y se sitúa entre el segundo y tercer resultado más alto de área de acero intercalándose con M. Juarra.
M. Juarra	MDEZA: arroja resultados notablemente mayores a MDEZA. PROMEDIO: produce resultados superiores al promedio y se sitúa entre el segundo y tercer resultado más alto de área de acero intercalándose con H. Arnal
M. Fratelli	MDEZA: produce resultados superiores a MDEZA. PROMEDIO: resultados entre el segundo y tercer valor más pequeños inferior al promedio.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 20.** Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:3,00



Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 23.** Resultados del área de acero de zapatas concéntricas, qadm:3,00

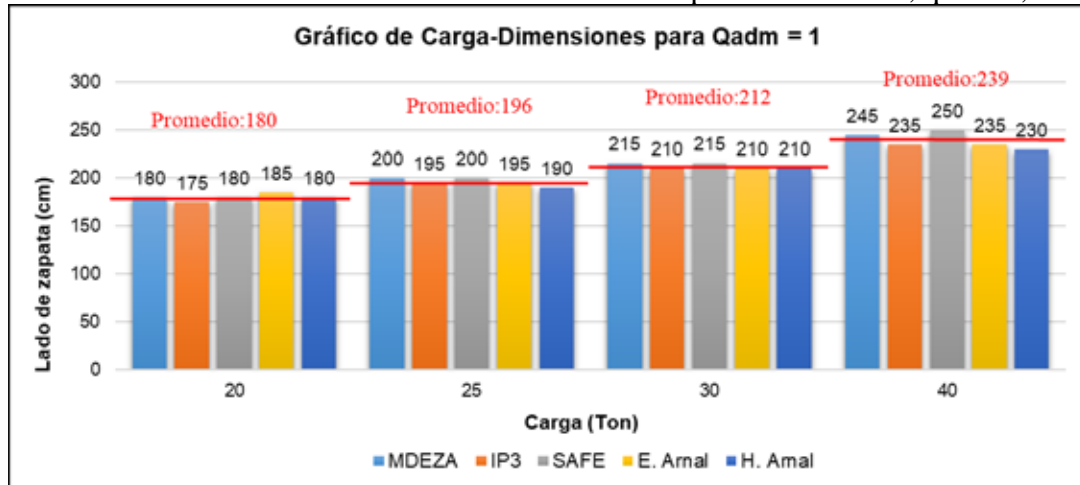
Comparación de área de acero para qadm:3,00	
Herramienta	Comentarios

MDEZA	PROMEDIO: produce valores menores al promedio y marca la tendencia ubicándose entre los tres valores de área de acero más pequeño intercalado con IP3 y M. Fratelli.
IP3	MDEZA: resultados muy cercanos oscilantes a MDEZA con variación máxima menor a 1 . PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio y se llega a ubicar entre los 3 valores más pequeños de área de acero.
SAFE	MDEZA: produce resultados ligeramente superiores a MDEZA. PROMEDIO: produce valores oscilantes al promedio variación máxima menor a 4 y se establece entre los valores más confiables.
E. Arnal	MDEZA: produce resultados notablemente superiores a MDEZA. PROMEDIO: los valores resultantes son notablemente superiores al promedio y marcan la tendencia de la mayor área de acero.
H. Arnal	MDEZA: arroja resultados notablemente mayores a MDEZA. PROMEDIO: produce resultados superiores al promedio y se sitúa entre el segundo y tercer resultado más alto de área de acero intercalándose con M. Juarra.
M. Juarra	MDEZA: arroja resultados notablemente mayores a MDEZA. PROMEDIO: produce resultados superiores al promedio y se sitúa entre el segundo y tercer resultado más alto de área de acero intercalándose con H. Arnal.
M. Fratelli	MDEZA: resultados oscilantes a MDEZA con variación máxima menor a 4,5 . PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio y se llega a ubicar entre los 3 valores más pequeños de área de acero.

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

**4.4.5- Comparación de las dimensiones de zapatas excéntricas calculadas con las diferentes herramientas analizadas.**

**Gráfica 21.** Resultados de las herramientas de zapatas excéntricas,  $q_{adm}: 1,00$



Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 24.** Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas,  $q_{adm}: 1,00$

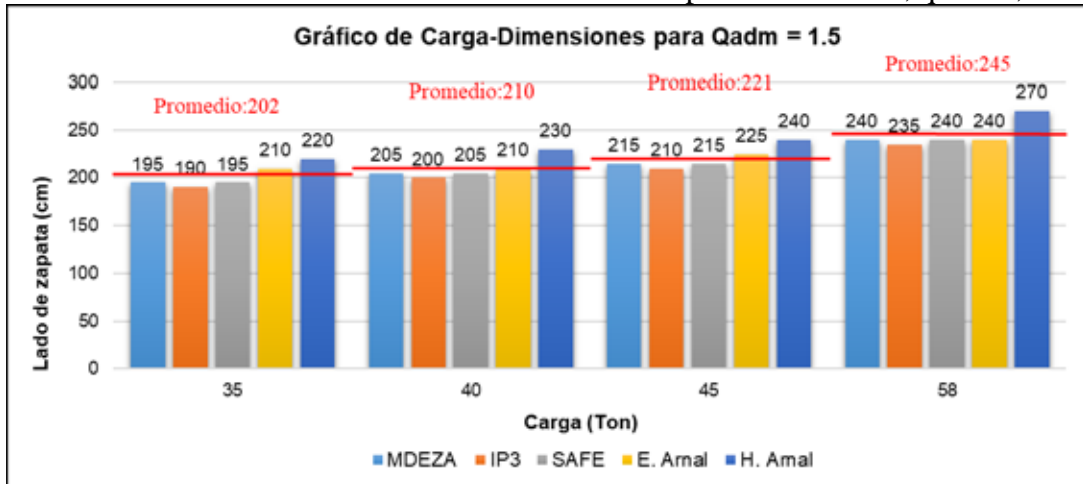
**Comparación de dimensiones para  $q_{adm}: 1,00$**

Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: produce dimensiones oscilantes del promedio para todas las diferentes cargas, con una pequeña variación entre 0 y 6cm de diferencia.
IP3	MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación de entre 5 y 10cm. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran cercanas, pero por debajo del promedio en algunos casos es la menos confiable y en otros la más confiable.
SAFE	MDEZA: dimensiones iguales o muy parecidas a MDEZA con una variación máxima de 5cm. PROMEDIO: para todas las cargas se encuentra en o por encima del promedio, con una variación entre 0 y 11cm de diferencia.
E. Arnal	MDEZA: dimensiones oscilantes a MDEZA con una variación de entre 5 y 10cm. PROMEDIO: oscila entre mantenerse por encima o por debajo del promedio con una variación máxima de 5cm se encuentra entre los valores más confiable.
H. Arnal	MDEZA: produce resultados iguales y menores que MDEZA con una variación de entre 0 y 15cm.

	PROMEDIO: con valores inmediatos al promedio oscila entre mantenerse justo en el promedio, con una variación máxima de 9cm.
--	---

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 22.** Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas,  $q_{adm}:1,50$



Fuente: Hernández, Valera (2019)

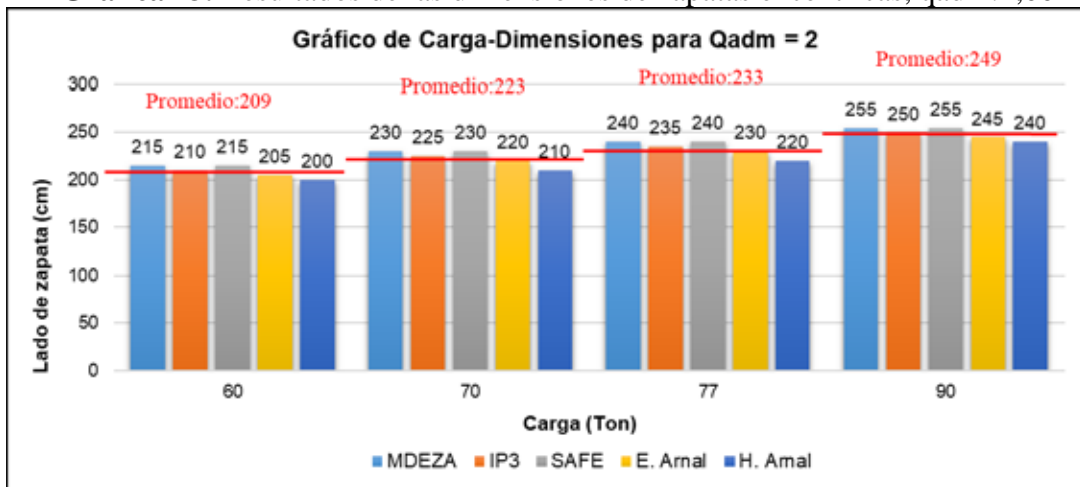
**Cuadro 25.** Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas,  $q_{adm}:1,50$

Comparación de dimensiones para $q_{adm}:1,50$	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: produce dimensiones inferiores al promedio para todas las diferentes cargas, con una pequeña variación entre 0 y 5cm de diferencia y se ubica entre el rango de valores más confiable.
IP3	MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación constante de 5cm. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran por debajo del promedio con una variación de entre 8 y 11cm y marca la tendencia de las dimensiones más reducidas.
SAFE	MDEZA: produce dimensiones iguales a MDEZA. PROMEDIO: oscila entre mantenerse por encima o por debajo del promedio con una variación máxima de 5cm se encuentra entre los valores más confiable.
E. Arnal	MDEZA: dimensiones iguales y superiores a MDEZA con una variación de 0 a 15cm. PROMEDIO: oscila entre mantenerse justo en el promedio y por encima, con una variación máxima de 8cm se encuentra entre los valores más confiable.

<b>H. Arnal</b>	<p>MDEZA: produce resultados superiores a MDEZA con una variación que va desde 25 hasta 30cm.</p> <p>PROMEDIO: con valores superiores al promedio, marca la tendencia de las dimensiones más generosas.</p>
-----------------	---

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 23.** Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas, qadm:2,00



**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

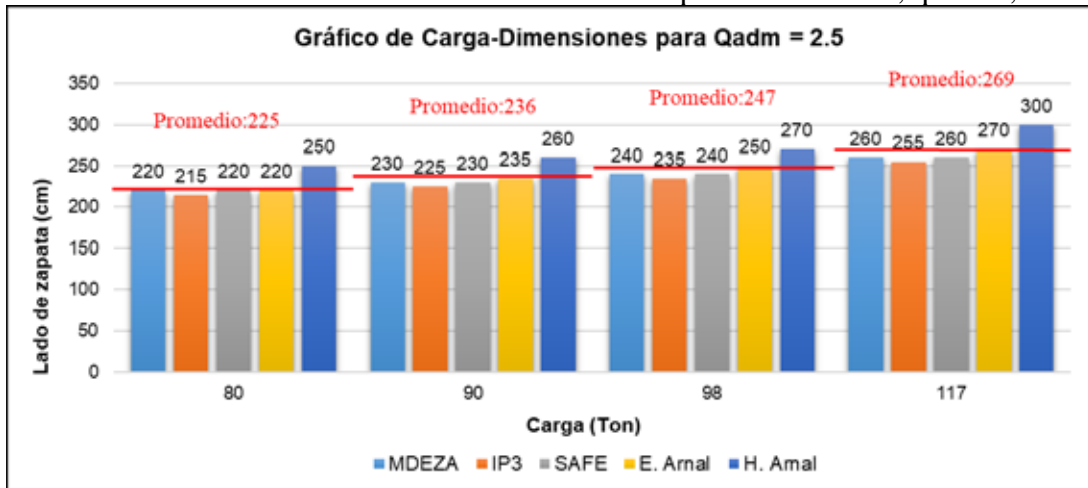
**Cuadro 26.** Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas, qadm: 2,00

<b>Comparación de dimensiones para qadm:2,00</b>	
Herramienta	Comentarios
<b>MDEZA</b>	PROMEDIO: produce dimensiones superiores al promedio para todas las diferentes cargas, con una pequeña variación que va desde 6 hasta 7cm y aunque la diferencia sea poca, marca a tendencia de las mayores dimensiones al igual que SAFE.
<b>IP3</b>	MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación constante de 5cm. PROMEDIO: las dimensiones resultantes se encuentran por encima del promedio con una variación de 1 a 2 cm de diferencia y produce los resultados más confiables.
<b>SAFE</b>	MDEZA: produce dimensiones iguales a MDEZA. PROMEDIO: produce dimensiones superiores al promedio para todas las diferentes cargas, con una pequeña variación que va desde 6 hasta 7cm y aunque la diferencia sea poca, marca a tendencia de las mayores dimensiones al igual que MDEZA.

E. Arnal	<p>MDEZA: produce dimensiones inferiores a las de MDEZA con una variación constante de 10cm.</p> <p>PROMEDIO: los valores resultantes se encuentran por debajo del promedio con una variación de 3 a 4 cm de diferencia.</p>
H. Arnal	<p>MDEZA: produce resultados inferiores a las de MDEZA con una variación de 15 a 20cm.</p> <p>PROMEDIO: los valores resultantes se encuentran por debajo del promedio con una variación de 9 a 13 cm de diferencia y marca la tendencia de las dimensiones más reducidas.</p>

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 24.** Resultado de las dimensiones de zapatas excéntricas,  $q_{adm}:2,50$



Fuente: Hernández, Valera (2019)

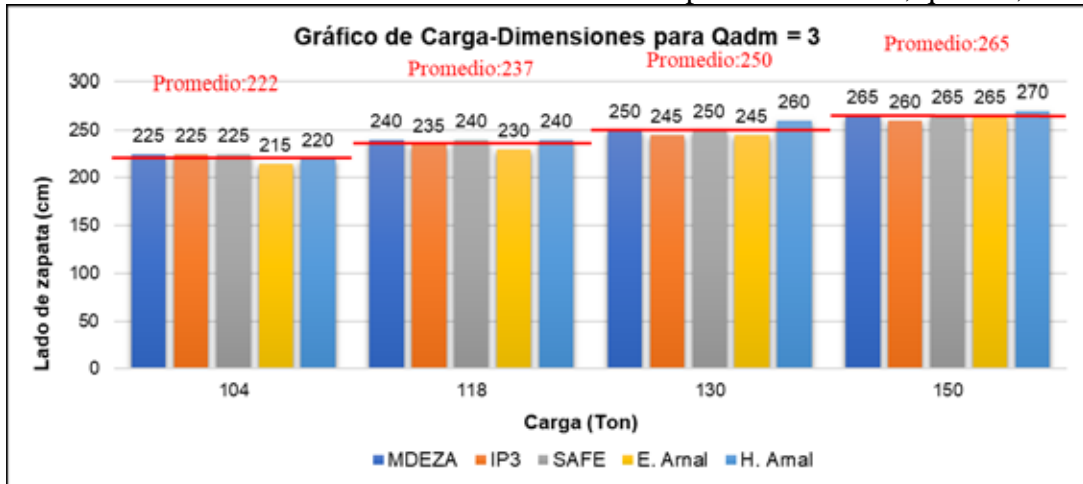
**Cuadro 27.** Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas,  $q_{adm}: 2,50$

Comparación de dimensiones para $q_{adm}:2,50$	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: produce dimensiones inferiores al promedio para todas las diferentes cargas, con una pequeña variación que va desde 5 hasta 9cm de diferencia, sin embargo, se encuentra entre el rango de valores más confiables.
IP3	<p>MDEZA: produce dimensiones más reducidas que MDEZA con una variación constante de 5cm.</p> <p>PROMEDIO: las dimensiones son inferiores al promedio con una variación de 10 a 14 cm de diferencia y marca la tendencia de las dimensiones más pequeñas.</p>

SAFE	<p>MDEZA: produce dimensiones iguales a MDEZA.</p> <p>PROMEDIO: resultados inferiores al promedio para todas las diferentes cargas, con una pequeña variación que va desde 5 hasta 9cm de diferencia, sin embargo se encuentra entre el rango de valores más confiables.</p>
E. Arnal	<p>MDEZA: resultados iguales y superiores a los de MDEZA con una variación hasta de 10cm.</p> <p>PROMEDIO: los valores resultantes son oscilantes al promedio con una variación de 1 a 5 cm de diferencia y resultan ser los valores más confiables.</p>
H. Arnal	<p>MDEZA: produce resultados superiores a MDEZA con una variación que va desde 30 hasta 40cm.</p> <p>PROMEDIO: con valores superiores al promedio marca la tendencia de las dimensiones más generosas.</p>

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 25.** Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas, qadm:3,00



Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 28.** Resultados de las dimensiones de zapatas excéntricas, qadm:3,00

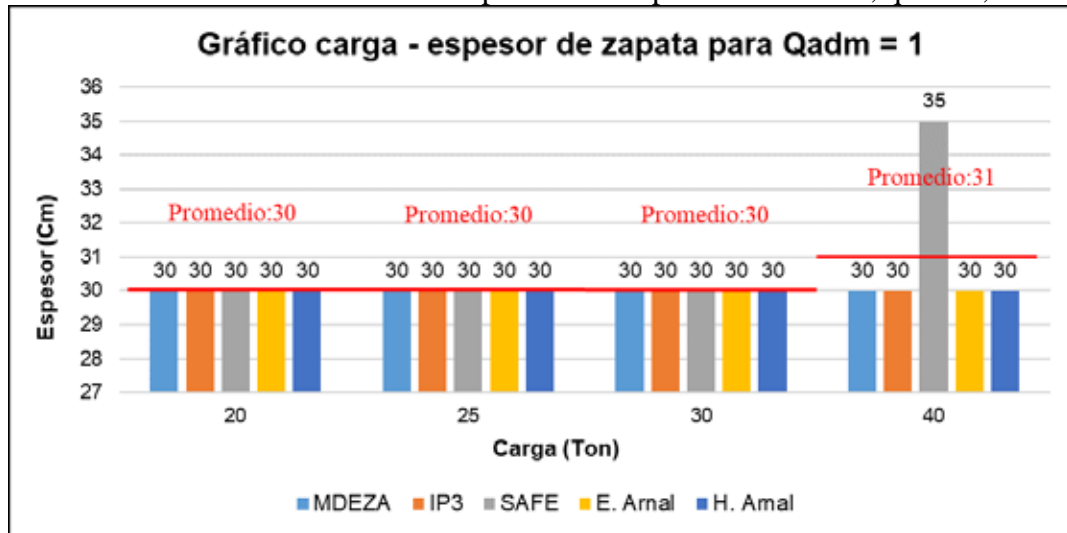
Comparación de dimensiones para qadm:3,00	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	<p>PROMEDIO: dimensiones oscilantes entre mantenerse justo en el promedio y por encima de él, con pequeñas variaciones que van desde 0 hasta 3cm de diferencia, resultan ser los valores más confiables al igual que los resultantes de SAFE.</p>

<b>IP3</b>	MDEZA: produce dimensiones iguales y un poco menores a las de MDEZA con una variación máxima de 5cm. PROMEDIO: los resultados oscilan al promedio con una variación de 2 a 5cm de diferencia.
<b>SAFE</b>	MDEZA: produce dimensiones iguales a MDEZA. PROMEDIO: dimensiones oscilantes entre mantenerse justo en el promedio y por encima de él, con pequeñas variaciones que van desde 0 hasta 3cm de diferencia, resultan ser los valores más confiables al igual que los resultantes de MDEZA.
<b>E. Arnal</b>	MDEZA: resultados iguales e inferiores a los de MDEZA con una variación hasta de 10cm. PROMEDIO: los valores resultantes son oscilantes a mantenerse justo en el promedio o por debajo de él, con una variación de 0 a 7 cm que a pesar de ser poca define a los valores que marcan estipulan y limite menor de las dimensiones.
<b>H. Arnal</b>	MDEZA: produce resultados oscilantes a MDEZA con una variación máxima de 10cm. PROMEDIO: produce valores tanto inferiores como superiores al promedio y en casos marca la tendencia de los mayores valores.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

#### 4.4.6- Comparación de espesor de la base de zapatas excéntricas calculadas con las diferentes herramientas analizadas.

**Gráfica 26.** Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm:1,00



Fuente: Hernández, Valera (2019)

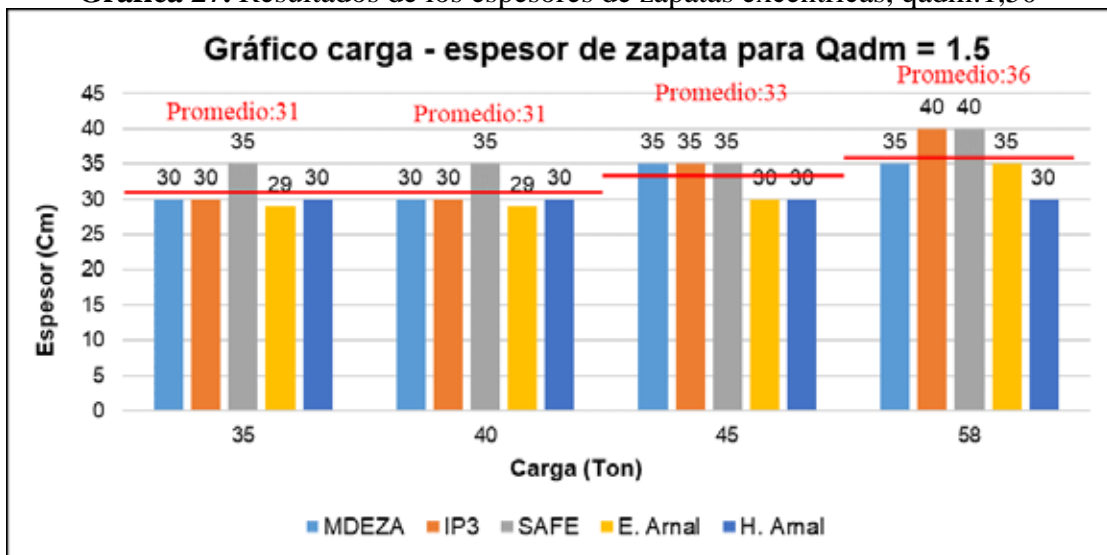
**Cuadro 29.** Resultados de los espesores de zatas excéntricas, qadm: 1,00

Comparación de espesores para qadm: 1,00	
Herramienta	Comentarios

MDEZA	PROMEDIO: dimensiones oscilantes entre mantenerse justo en el promedio y por debajo de él, con una mínima variación de 1cm, resultan ser los valores más confiables al igual que los resultantes de IP3, H. Arnal y E. Arnal.
IP3	MDEZA: produce dimensiones iguales a las de MDEZA. PROMEDIO: dimensiones oscilantes entre mantenerse justo en el promedio y por debajo de él, con una mínima variación de 1cm, resultan ser los valores más confiables al igual que los resultantes de MDEZA, H. Arnal y E. Arnal.
SAFE	MDEZA: produce dimensiones iguales y ligeramente superiores a las de MDEZA con una variación máxima de 5cm de diferencia. PROMEDIO: dimensiones oscilantes entre mantenerse justo en el promedio y por encima de él, con una variación máxima de 4cm cm de diferencia.
E. Arnal	MDEZA: produce dimensiones iguales a las de MDEZA. PROMEDIO: dimensiones oscilantes entre mantenerse justo en el promedio y por debajo de él, con una mínima variación de 1cm, resultan ser los valores más confiables al igual que los resultantes de MDEZA, IP3 y H. Arnal.
H. Arnal	MDEZA: produce dimensiones iguales a las de MDEZA. PROMEDIO: dimensiones oscilantes entre mantenerse justo en el promedio y por debajo de él, con una mínima variación de 1cm, resultan ser los valores más confiables al igual que los resultantes de MDEZA, IP3 y E. Arnal.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

Gráfica 27. Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm:1,50



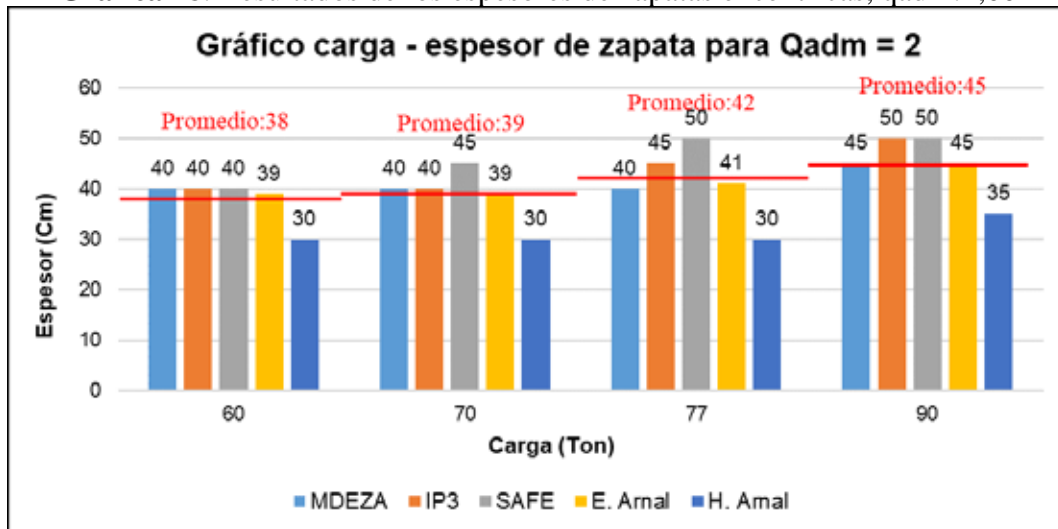
Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 30.** Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm: 1,50

Comparación de espesores para qadm:1,50	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: dimensiones oscilantes al promedio, con una mínima variación que va de 1 a 2cm, produce los resultados más confiables
IP3	MDEZA: produce dimensiones iguales y ligeramente superiores a las de MDEZA con una variación máxima de 5cm de diferencia. PROMEDIO: dimensiones oscilantes entre mantenerse por debajo y por arriba del promedio, con una variación de 1 a 4cm de diferencia.
SAFE	MDEZA: produce dimensiones iguales y ligeramente superiores a las de MDEZA con una variación máxima de 5cm de diferencia. PROMEDIO: resultados superiores al promedio con una variación de 2 a 4 cm de diferencia.
E. Arnal	MDEZA: produce dimensiones iguales y ligeramente inferiores a las de MDEZA con una variación máxima de 5cm de diferencia. PROMEDIO: produce dimensiones inferiores al promedio con variaciones de 1 a 3 cm.
H. Arnal	MDEZA: produce dimensiones iguales y ligeramente inferiores a las de MDEZA con una variación máxima de 5cm de diferencia. PROMEDIO: produce dimensiones inferiores al promedio con variaciones de 1 a 6 cm.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 28.** Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm:2,00



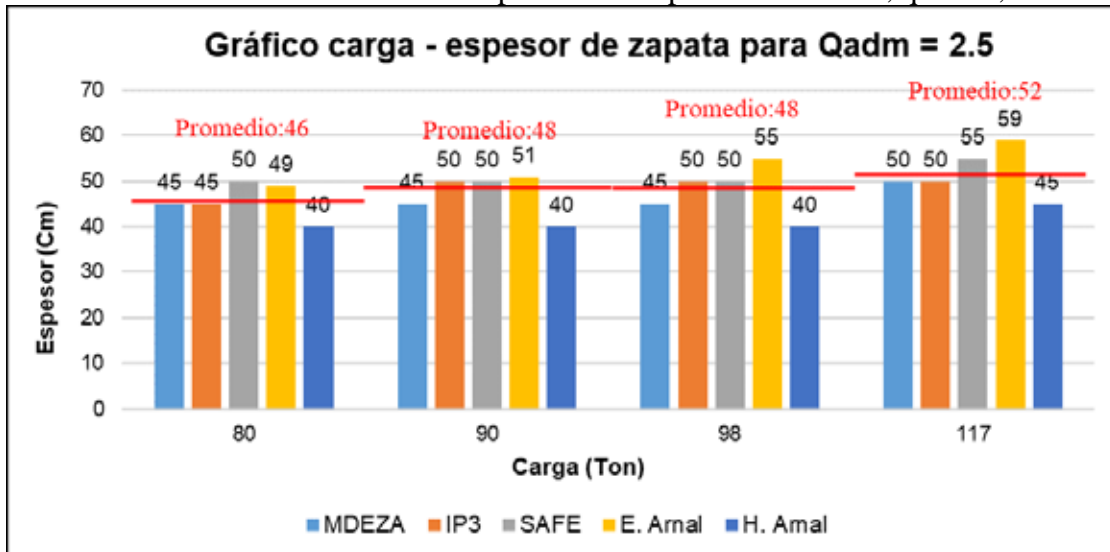
Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 31.** Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm:2,00

Comparación de espesores para qadm:2,00	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: dimensiones oscilantes al promedio, con una mínima variación que va de 0 a 2cm, se ubica dentro del rango de los resultados más confiables.
IP3	MDEZA: produce dimensiones iguales y ligeramente superiores a las de MDEZA con una variación máxima de 5cm de diferencia. PROMEDIO: dimensiones superiores al promedio, con una variación de 1 a 5cm de diferencia.
SAFE	MDEZA: produce dimensiones iguales y ligeramente superiores a las de MDEZA con una variación máxima de 10cm de diferencia. PROMEDIO: resultados superiores al promedio con una variación de 2 a 8 cm de diferencia.
E. Arnal	MDEZA: produce dimensiones oscilantes a las de MDEZA con una variación máxima de 1cm PROMEDIO: dimensiones oscilantes al promedio con una variación máxima de 1cm, produce los valores más confiables.
H. Arnal	MDEZA: dimensiones inferiores a MDEZA con una variación constante de 10cm. PROMEDIO: produce dimensiones inferiores al promedio con variaciones de 8 a 12 cm. Marcando la tendencia de las menores dimensiones.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 29.** Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm:2,50



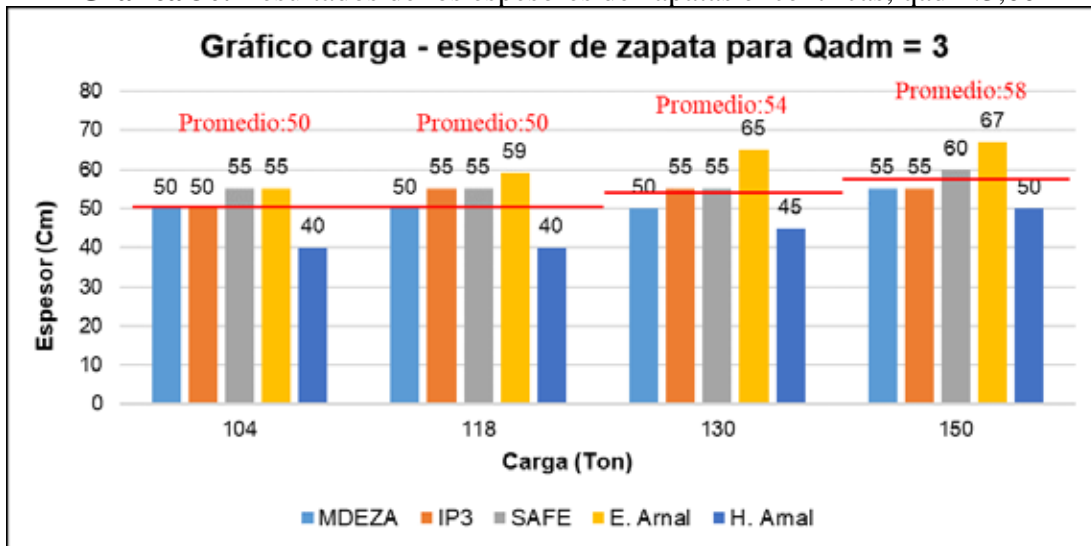
Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 32.** Resultados de los espesores de zapatas excéntricas,  $q_{adm}:2,50$

Comparación de espesores para $q_{adm}:2,50$	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio, con una mínima variación que va de 1 a 3cm, se ubica dentro del rango de los resultados más confiables.
IP3	MDEZA: produce dimensiones iguales y ligeramente superiores a las de MDEZA con una variación máxima de 5cm de diferencia. PROMEDIO: dimensiones oscilantes al promedio, con una variación de 1 a 2cm de diferencia, produciendo este los resultados más confiables.
SAFE	MDEZA: produce dimensiones iguales y ligeramente superiores a las de MDEZA con una variación máxima de 5cm de diferencia. PROMEDIO: resultados superiores al promedio con una variación de 2 a 4 cm de diferencia.
E. Arnal	MDEZA: resultados superiores a las de MDEZA con una variación de 4 a 10cm de diferencia. PROMEDIO: resultados mayores al promedio con variación máxima de 7cm marca la tendencia de las mayores dimensiones y se ubica dentro del rango de los valores menos confiables.
H. Arnal	MDEZA: dimensiones inferiores a MDEZA con una variación constante de 5cm. PROMEDIO: produce dimensiones inferiores al promedio con variaciones de 6 a 8 cm. Marcando la tendencia de las menores dimensiones y entrando en el rango de los valores menos confiables.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 30.** Resultados de los espesores de zapatas excéntricas,  $q_{adm}:3,00$



Fuente: Hernández, Valera (2019)

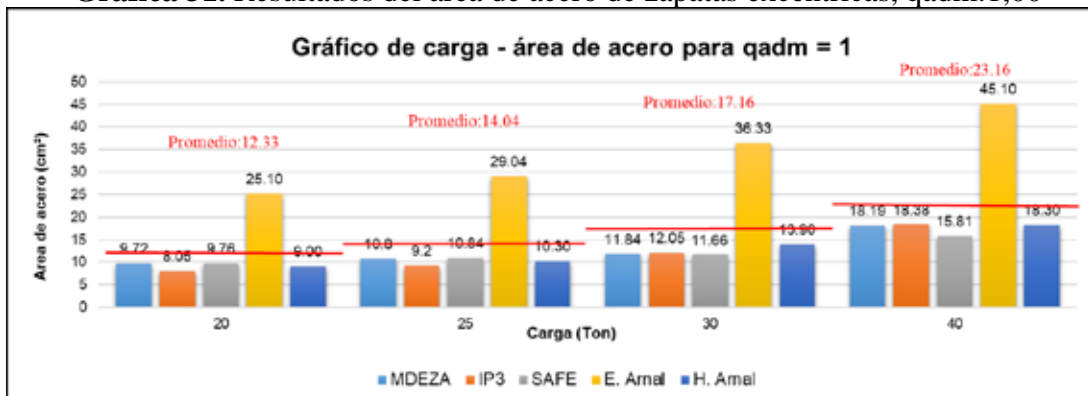
**Cuadro 33.** Resultados de los espesores de zapatas excéntricas, qadm:3,00

Comparación de espesores para qadm:3,00	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: produce resultados oscilantes entre justo el promedio e inferior al mismo, con una mínima variación que va de 0 a 4cm, se ubica dentro del rango de los resultados más confiables.
IP3	MDEZA: produce dimensiones iguales y ligeramente superiores a las de MDEZA con una variación máxima de 5cm de diferencia. PROMEDIO: dimensiones oscilantes al promedio, con una variación de 0 a 5cm de diferencia, entrando en el rango de los resultados más confiables.
SAFE	MDEZA: dimensiones ligeramente superiores a MDEZA con una variación constante de 5cm. PROMEDIO: resultados superiores pero muy cercanos al promedio con una variación de 1 a 5 cm de diferencia.
E. Arnal	MDEZA: resultados superiores a las de MDEZA con una variación de 5 a 15m de diferencia. PROMEDIO: resultados mayores al promedio con variación máxima de 11cm marcando así la tendencia de las mayores dimensiones y se ubica dentro del rango de los valores menos confiables.
H. Arnal	MDEZA: dimensiones inferiores a MDEZA con una variación de 5 a 10cm de diferencia. PROMEDIO: produce dimensiones inferiores al promedio con variaciones de 8 a 10 cm. Marcando la tendencia de las menores dimensiones y entrando en el rango de los valores menos confiables.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

#### 4.4.7- Comparación de área de acero por flexión de zapatas excéntricas calculadas con las diferentes herramientas analizadas.

**Gráfica 31.** Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:1,00



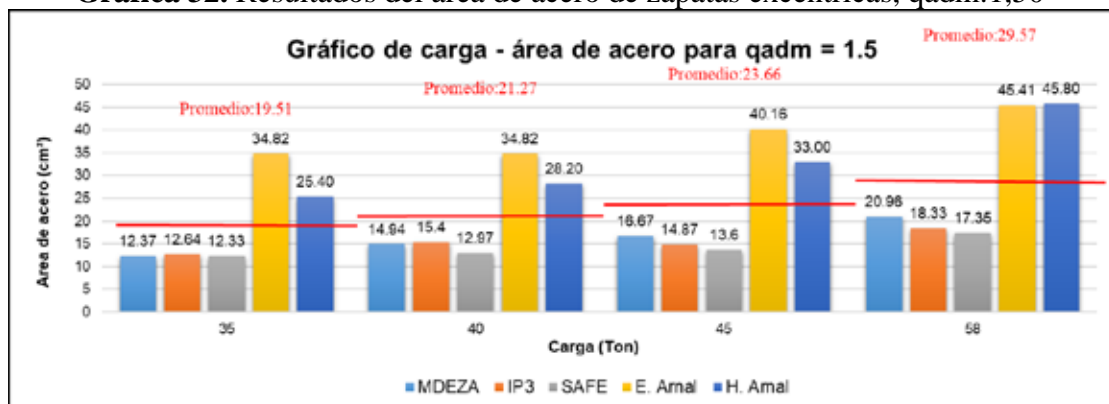
Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 34.** Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm: 1,00

Comparación del área de acero para qadm:1,00	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio con una variación menor a 6
IP3	MDEZA: dimensiones oscilantes muy cercanas a las de MDEZA con una variación máxima inferior a 1 de diferencia. PROMEDIO: dimensiones inferiores al promedio, con una variación máxima inferior a 5,5 y en algunos casos marca la tendencia de los menores valores.
SAFE	MDEZA: dimensiones oscilantes muy cercanas a las de MDEZA con una variación máxima inferior a 2,5 de diferencia. PROMEDIO: dimensiones inferiores al promedio, con una variación máxima inferior a 7,5 y en algunos casos marca la tendencia de los menores valores.
E. Arnal	MDEZA: produce resultados notablemente superiores a MDEZA. PROMEDIO: los valores resultantes son notablemente superiores al promedio y marcan la tendencia de la mayor área de acero.
H. Arnal	MDEZA: dimensiones oscilantes a las de MDEZA con una variación máxima inferior a 2,5 . PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio con una variación inferior a 6 .

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 32.** Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:1,50



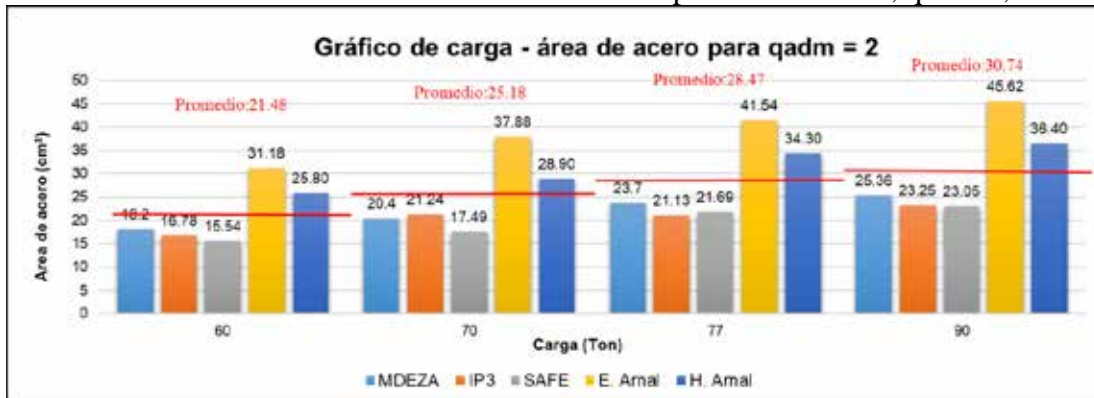
Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Cuadro 35.** Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:1,50

Comparación de área de acero para qadm:1,50	
Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: produce valores menores al promedio, a medida que la carga aumenta asciende de ser el segundo menor a tomar el valor intermedio
IP3	MDEZA: resultados cercanos oscilatorios a MDEZA con variación máxima menor a 2,5 PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio.
SAFE	MDEZA: produce resultados inferiores a MDEZA con una variación desde 0,24 hasta 4 PROMEDIO: produce resultados menores al promedio y marca el límite inferior de los valores de área de acero por flexión.
E. Arnal	MDEZA: produce resultados notablemente superiores a MDEZA. PROMEDIO: los valores resultantes son notablemente superiores al promedio y marcan la tendencia de la mayor área de acero.
H. Arnal	MDEZA: valores notablemente superiores a MDEZA. PROMEDIO: resultados son notablemente superiores al promedio similares e incluso en un caso superior a E. Arnal lo que implica que también marca la tendencia de la mayor área de acero.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 33.** Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:2,00



Fuente: Hernández, Valera (2019)

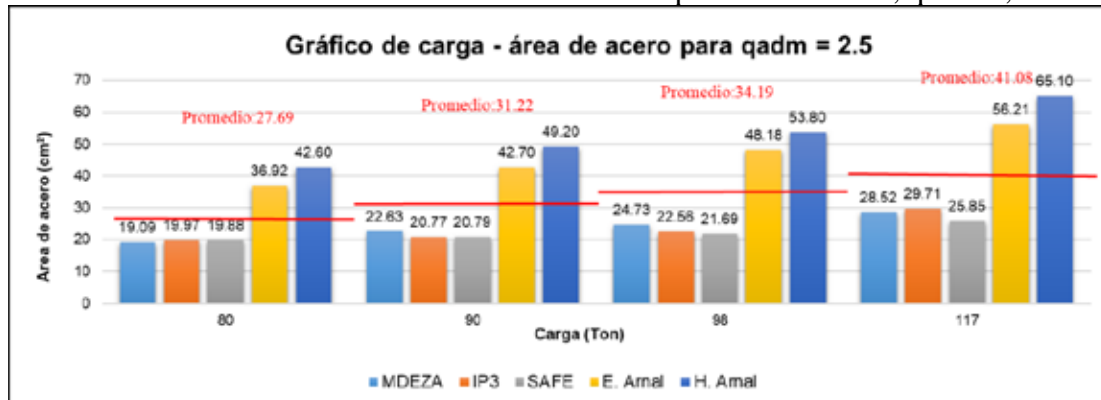
**Cuadro 36.** Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:2,00

Comparación de área de acero para qadm:2,00	
---	--

Herramienta	Comentarios
MDEZA	PROMEDIO: produce valores menores al promedio, variación máxima menor a 5,5 .
IP3	MDEZA: resultados cercanos oscilatorios a MDEZA con variación máxima menor a 2,5 . PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio.
SAFE	MDEZA: produce resultados inferiores a MDEZA con una variación máxima menor a 2,5 . PROMEDIO: produce resultados menores al promedio y marca el límite inferior de los valores de área de acero por flexión.
E. Arnal	MDEZA: produce resultados notablemente superiores a MDEZA. PROMEDIO: los valores resultantes son notablemente superiores al promedio y marcan la tendencia de la mayor área de acero.
H. Arnal	MDEZA: valores notablemente superiores a MDEZA. PROMEDIO: resultados significativamente mayores al promedio, pero inferiores a E. Arnal.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

**Gráfica 34.** Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:2,50



Fuente: Hernández, Valera (2019)

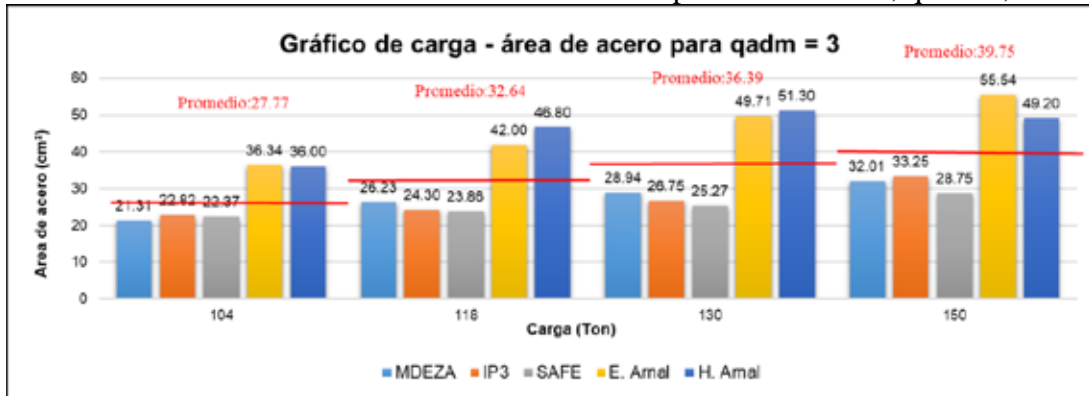
**Cuadro 37.** Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:2,50

Comparación de área de acero para qadm:2,50	
Herramienta	Comentarios

MDEZA	PROMEDIO: produce valores representativamente inferiores al promedio, con una variación máxima menor a 13 .
IP3	MDEZA: resultados cercanos oscilatorios a MDEZA con variación máxima menor a 2,5 PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio e intermedios entre MDEZA y SAFE.
SAFE	MDEZA: produce resultados ligeramente inferiores a MDEZA con una variación máxima menor a 3,5 PROMEDIO: valores menores al promedio que marcan el límite inferior de área de acero
E. Arnal	MDEZA: produce resultados notablemente superiores que incluso duplican a MDEZA PROMEDIO: los valores resultantes son significativamente superiores al promedio.
H. Arnal	MDEZA: valores notablemente superiores que incluso duplican a MDEZA. PROMEDIO: resultados significativamente mayores al promedio y marcan la tendencia de la mayor área de acero.

Fuente: Hernández, Valera (2019)

Gráfica 35. Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:3,00



Fuente: Hernández, Valera (2019)

Cuadro 38. Resultados del área de acero de zapatas excéntricas, qadm:3,00

Comparación de área de acero para qadm:3,00	
Herramienta	Comentarios

MDEZA	PROMEDIO: produce valores que se encuentran por debajo del promedio, con una variación máxima menor a 8 y alcanza a marcar la tendencia de la menor área de acero intercalándose con SAFE.
IP3	MDEZA: resultados cercanos oscilatorios a MDEZA con variación máxima menor a 2,5 PROMEDIO: produce resultados inferiores al promedio y similares a los de MDEZA y SAFE.
SAFE	MDEZA: produce resultados cercanos oscilatorios a MDEZA variación máxima inferior a 3,5 . PROMEDIO: valores menores al promedio que marcan el límite inferior de área de acero en conjunto con MDEZA.
E. Arnal	MDEZA: valores notablemente superiores a MDEZA. PROMEDIO: resultados significativamente mayores al promedio y marcan la tendencia de la mayor área de acero en conjunto con H. Arnal.
H. Arnal	MDEZA: valores notablemente superiores a MDEZA PROMEDIO: resultados significativamente mayores al promedio y marcan la tendencia de la mayor área de acero en conjunto con E. Arnal.

**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1- Conclusiones**

El estudio y análisis de la norma internacional ACI 318-14, así como las bibliografías consultadas permitieron realizar mediante una serie de diagramas de flujo, de forma resumida, una metodología de diseño estructural de zapatas aisladas de concreto armado ordenada y sencilla con lo cual fue posible llevar a cabo la realización de una hoja de cálculo que facilitara la obtención de dimensiones de zapata, presiones de contacto, área y distribución de acero de refuerzo, chequeos de corte directo y corte por punzonado que sirvió de base para diseñar fundaciones superficiales aisladas concéntricas y excéntricas de forma rápida.

La elaboración de una hoja de cálculo basada en la norma ACI 318-14, ayudó a generar de forma didáctica y sencilla una herramienta que permitió esquematizar los pasos, operaciones y chequeos a seguir, ubicando directamente las variables que se deben analizar y generando un recorrido del procedimiento para la elaboración de zapatas aisladas concéntricas y excéntricas, tomando en cuenta las limitaciones mínimas en la norma ACI 318-14, resistencia del concreto y acero de refuerzo como materiales de construcción en la investigación, así como diversos aspectos en el desarrollo de fundaciones superficiales. De igual forma la elaboración de este instrumento sirvió de fundamento base en el estudio, debido a que, al momento de generar las tablas de resultados, gráficas y cuadros comparativos, representó un punto de referencia para las distintas herramientas que intervinieron en el proyecto.

Se estudiaron todas las herramientas de diseño estructural de zapatas aisladas de concreto reforzado que estuvieron al alcance de esta investigación, de entre la cuales fueron seleccionadas las más apropiadas para el estudio, primero que nada la herramienta MDEZA que fue creada con el fin de tener un punto de partida y comparación para desarrollar el estudio, represento la primera herramienta utilizada

para evaluar las variables de diseño definidas, luego fueron analizadas las aplicaciones de diseño de fundaciones, cuyo enfoque fuera estructural y no menos importante lo geotectónico para obtener los resultados con los datos estipulados y por último, se implementaron en el proyecto una serie de tablas y ábacos diseñados por diferentes autores, no necesariamente con la misma normativa, ni teoría de .diseño para obtener de esta manera una gama de resultados que fuera confiable

Al comparar los factores y variables necesarios para realizar de forma adecuada el diseño de zapatas aisladas de concreto armado, se evidenciaron variedad de diferencias en cuanto al criterio utilizado por cada herramienta, así mismo ocurre con los parámetros y métodos de diseño, los cuales presentan particularidades según cada norma; a pesar de esto, es notorio que todas las herramientas analizadas, se encuentran enfocadas en cumplir objetivos de desempeño y filosofías de diseño muy similares entre sí.

Se logró obtener la elaboración de cuadros comparativos de resultados que se realizaron a través del análisis y contraste de los valores obtenidos previamente, mediante la aplicación de las diversas herramientas de diseño estructural generadas y definidas en las fases. De esta forma, se desarrollaron los cuadros en cuyo contenido se pueden visualizar de manera práctica y precisa, el análisis comparativo de los resultados obtenidos de cada herramienta aplicada, por consiguiente, comprobar las mismas y lograr una unificación de dichas herramientas, con la finalidad de proporcionar confiabilidad y facilitar la selección del método más oportuno para el diseño estructural de las zapatas aisladas que se deseen calcular según sus características.

En este sentido, se logró visualizar de forma clara y objetiva las diferencias y similitudes de los resultados producidos por las diversas herramientas aplicadas en el estudio, quedando plasmadas tanto las gráficas como los cuadros comparativos en el apéndice A junto a las tablas de resultados para su mejor apreciación.

En referencia al análisis de resultados, se observó que a pesar de manejar condiciones iguales en el empleo de todas las herramientas, dentro de las cuales algunas

de ellas manejan métodos de diseño diferentes, la varianza de resultados en cuanto a dimensiones de zapata en el diseño estructural no generaron grandes diferencias; en este sentido, se encuentra que para las herramientas de MDEZA, IP3, SAFE, ábacos y tablas de la bibliografía empleada, los criterios de una norma compensan las falencias en las otras, tal es el caso del autor Máximo Juarra que emplea la norma MOP-67 la cual utiliza una metodología de diseño de teoría clásica en la que se estipula que el recubrimiento mínimo es 4cm mientras que todos los demás autores usan recubrimiento entre 7cm y 7.5cm, pero en el caso de combinaciones de carga última el autor emplea 1.2CP +1.6CV a diferencia de otros autores que emplean la combinación de 1.4CP +1.7CV, quedando evidenciada la equivalencia de las variables en el caso de dimensiones.

Con respecto a los resultados obtenidos de área de acero que reflejaron una dispersión más amplia, queda evidenciado que los autores Eduardo Arnal y Henrique Arnal, requieren áreas de acero superiores a las demás herramientas con una diferencia de proporción del triple a los resultados obtenidos en la aplicación SAFE, esto se debe a que dichas tablas fueron diseñadas sobredimensionadas producto de ser elementos de un manual desarrollado para MINDUR en 1985 en el que se tomaron criterios con el objetivo de prevenir equivocaciones.

Estudiado el caso de los resultados obtenidos por las tablas de dimensionado de fundaciones del autor Máximo Juarra se ratificó que por ser diseñadas con la norma MOP-67 y fundamentadas en la teoría clásica presentan resultados generosos, en cuanto a dimensiones se mantiene en el promedio, pero resulta más representativa la diferencia en lo que a espesor y área de acero se refiere ya que los valores procedentes de esta herramienta predominante entre los mayores resultados del análisis comparativo

En referencia al análisis de los resultados obtenidos de las dimensiones del espesor de las zapatas, se logró autentificar la relevancia la vigencia de las normativas implementadas para el diseño de las herramientas de cálculo estructural principalmente referido a las tablas y ábacos de dimensionado de fundaciones puesto que en la

comparación además de presentarse diferencias, desde leves hasta medianas, se evidencia que los autores Eduardo Arnal y María Graciela Fratelli implementan espesor inferiores a mínimo legal estipulado por las normas nacionales e internacionales.

En el caso de zapatas excéntricas se puede concluir que los ábacos producen resultados sobredimensionados puesto que a pesar de ser recomendado por los autores no están diseñados para calcular el acero de refuerzo, es decir, los ábacos dirigidos a diseñar zapatas excéntricas únicamente arrojan el resultado de la dimensión de la zapata y una vez obtenida esa dimensión se entra a la tabla correspondiente del mismo “qadm” para zapatas concéntricas y se extraen los demás valores, es por tal motivo que el diseño de los ábacos para fundaciones excéntricas se hizo en base a un criterio muy conservador.

Por último, corresponde mencionar que, en la bibliografía empleada, las normas en las que se fundamentan los autores ya no están vigentes, es decir, que la información contenida se encuentra desactualizada por lo que su uso se recomienda en sentido referencial pero no puede ser aplicado sin tener en cuenta su vigencia y criterios de diseño.

## **5.2- Recomendaciones**

Desarrollar metodologías prácticas y organizadas, las cuales puedan ser sistematizadas e involucren los lineamientos técnicos y la filosofía de diseño de otros tipos de fundaciones tanto superficiales como profundas para facilitar su análisis y cálculo estructural, que por limitantes de recursos queda fuera del alcance de la actual investigación.

Se recomienda aplicar el presente estudio a fundaciones excéntricas tomando en cuenta la excentricidad geométrica y las medidas necesarias en caso de que la excentricidad se encuentre fuera del tercio medio; características que quedaron fuera del alcance de este proyecto.

Extender la investigación para las distintas metodologías de diseño que permitan considerar otros criterios y aspectos de diseño de fundaciones, de esta forma se puede establecer un amplio rango de comparación que permita evidenciar fortalezas y debilidades de los diversos métodos.

Realizar otro análisis comparativo, en este caso, fundamentándose en la última actualización de la norma ACI 318-19, con el objetivo de resaltar las diferencias y similitudes con la versión base de este proyecto.

Se recomienda efectuar el estudio para construir cuadros y gráficas comparativas con el fin de analizar el comportamiento de zapatas aisladas rectangulares, otras fundaciones superficiales y fundaciones profundas.

Se recomienda la elaboración de un estudio que permita generar tablas de dimensionado diseñadas especialmente para fundaciones excéntricas y así estas complementen a los ábacos ya existentes.

Actualizar las tablas, ábacos ya existentes y desarrollar nuevas herramientas tabuladas y diagramas de iteración en conformidad con las normativas y códigos nacionales e internacionales vigentes para a actualidad,

Se propone aumentar la familia de gráficas y cuadros comparativos para otros valores de resistencia del concreto ( $f'_c$ ) y presión admisible del suelo ( $q_{adm}$ ) que por motivos de recursos quedaron fuera de la actual investigación.

Desarrollar una aplicación diseñada para generar de forma automatizada los pasos descritos en la metodología de diseño, combinando un profundo análisis estructural con una metodología práctica y un ambiente gráfico, amable con el usuario que permita desarrollar cálculos y estudios estructurales a en una interfaz de manera sencilla.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias F. (2006) **“El Proyecto de Investigación”**, Caracas-Venezuela, Editorial Episteme, Quinta Edición
- Arnal E. (1988) **“Manual para el Cálculo de Elementos de Concreto Armado”** Caracas-Venezuela, Editorial Sidetur Siderúrgica de turbio S.A.
- Arnal H. (1984) **“Manual para el Proyecto de estructuras de Concreto Armado para Edificaciones”** Caracas-Venezuela, Ministerio del desarrollo urbano
- Balestrini M. (2006) **“Como se elabora el proyecto de investigación”**, Caracas Venezuela, Editorial BL Consultores Asociados, Quinta Edición.
- Bavaresco A. (2002) **“Proceso metodológico en la investigación (Cómo hacer un diseño de investigación)”**. Maracaibo, Venezuela, Editorial Edíluz.
- Tamayo y Tamayo (1997) **“El Proceso de la Investigación Científica”**. México, Editorial Limusa, Tercera Edición.
- Hernández Fernández y Baptista (1991) **“Metodología de la Investigación”**. México, Editorial McGraw Hill, Quinta Edición.
- UPEL (2006): **“Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales”**. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas, Venezuela.
- UJAP (2007): **“Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado”**. Universidad José Antonio Páez. San Diego, Venezuela.
- Fratelli, M. (1998): **“Diseño Estructural en Concreto Armado”**. Caracas. Venezuela.
- Juvarra M. (2010). **“Manual de Cálculo Práctico y Tablas más usuales en Concreto Armado”**, Venezuela, Tercera Edición.
- ACI 318 (2014). **“Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14)”**. Norma. Farmington Hills. U.S.A.
- FONDONORMA (1753-2006): **“Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”**. Documento Técnico. Caracas. Venezuela.

- McCormac, J., Brown, R. (2011): **“Diseño de Concreto Reforzado”**. México, Editorial Alfaomega, Octava Edición.
- Harmse T. (2002): **“Diseño de Estructuras de Concreto Armado”**. Perú, Fondo Editorial 2002, Tercera Edición.
- Ottazzi G. (2011). **“Diseño en concreto armado”**. Lima, Perú, Editorial Aci Perú, Segunda Edición.
- Calavera J. (2000). **“Cálculo de Estructuras de cimentaciones”**. Madrid- España, Editorial INTEMAC, Cuarta Edición.
- Das Braja (2013). **“Fundamentos de Ingeniería Geotecnia”**. Iowa, Estados Unidos, Cengage Learning Editores, Cuarta Edición.
- Garza Vásquez L. (2000) **“Diseño y Construcción de Cimentaciones”**. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia Cede Medellín.
- Wight J. & MacGregor J. (2009). **“Reforced Concrete - Mechanics and Desing”**. Estados Unidos, Editorial Pretince Hall, Sexta Edición.
- Nawy E. (2001). **“Fundamentals of High - Performance Concrete”** Estados Unidos, Editorial Pearson Internationals, Segunda Edición.

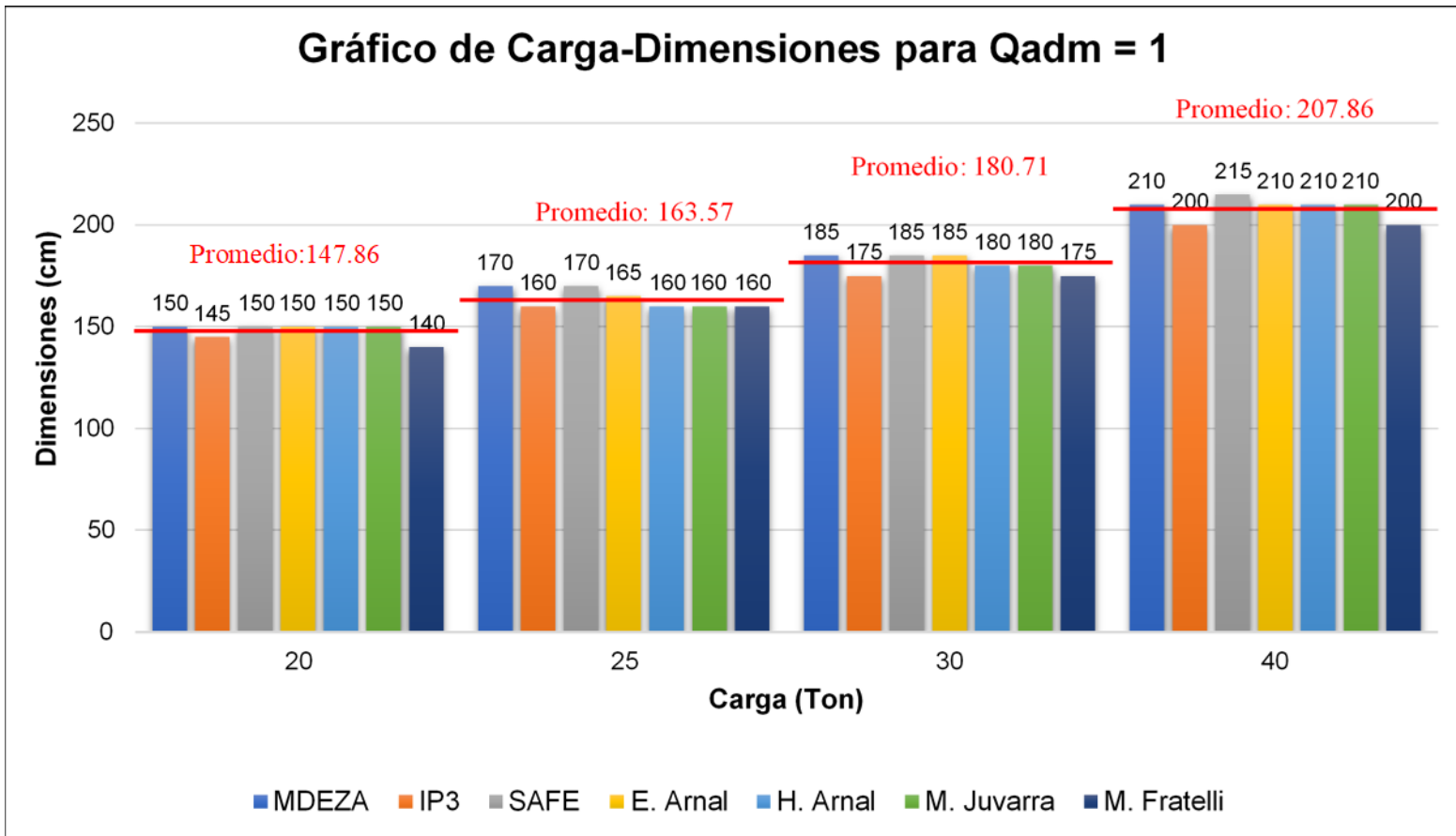
# **APENDICES**

**APÉNDICE A**  
**TABLA DE RESULTADOS Y GRÁFICAS COMPARATIVAS DE DIMENSIONES DE ZAPATAS AISLADAS**  
**CONCÉNTRICAS**

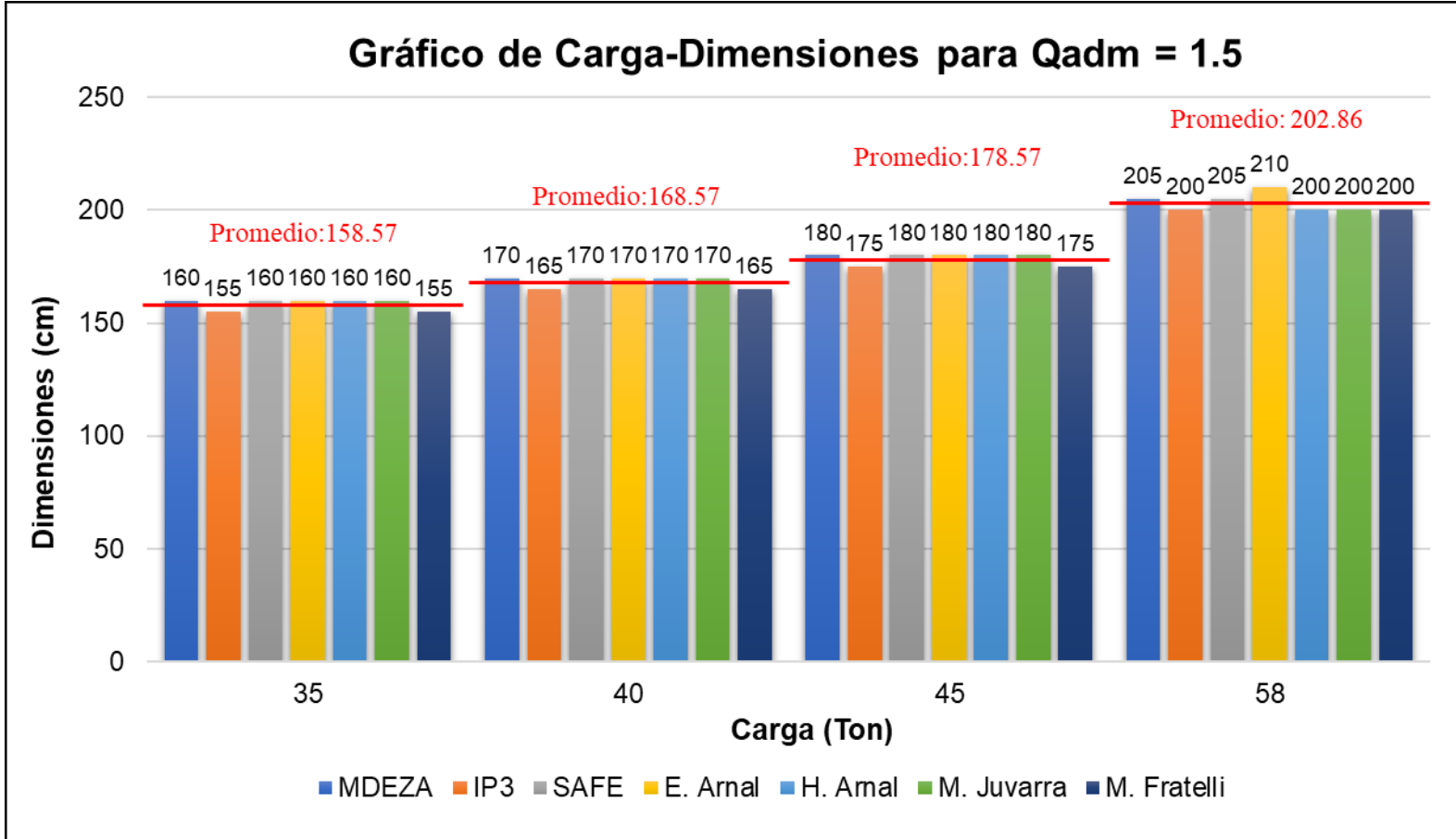


**Fuente:** Hernández, Valera (2019)

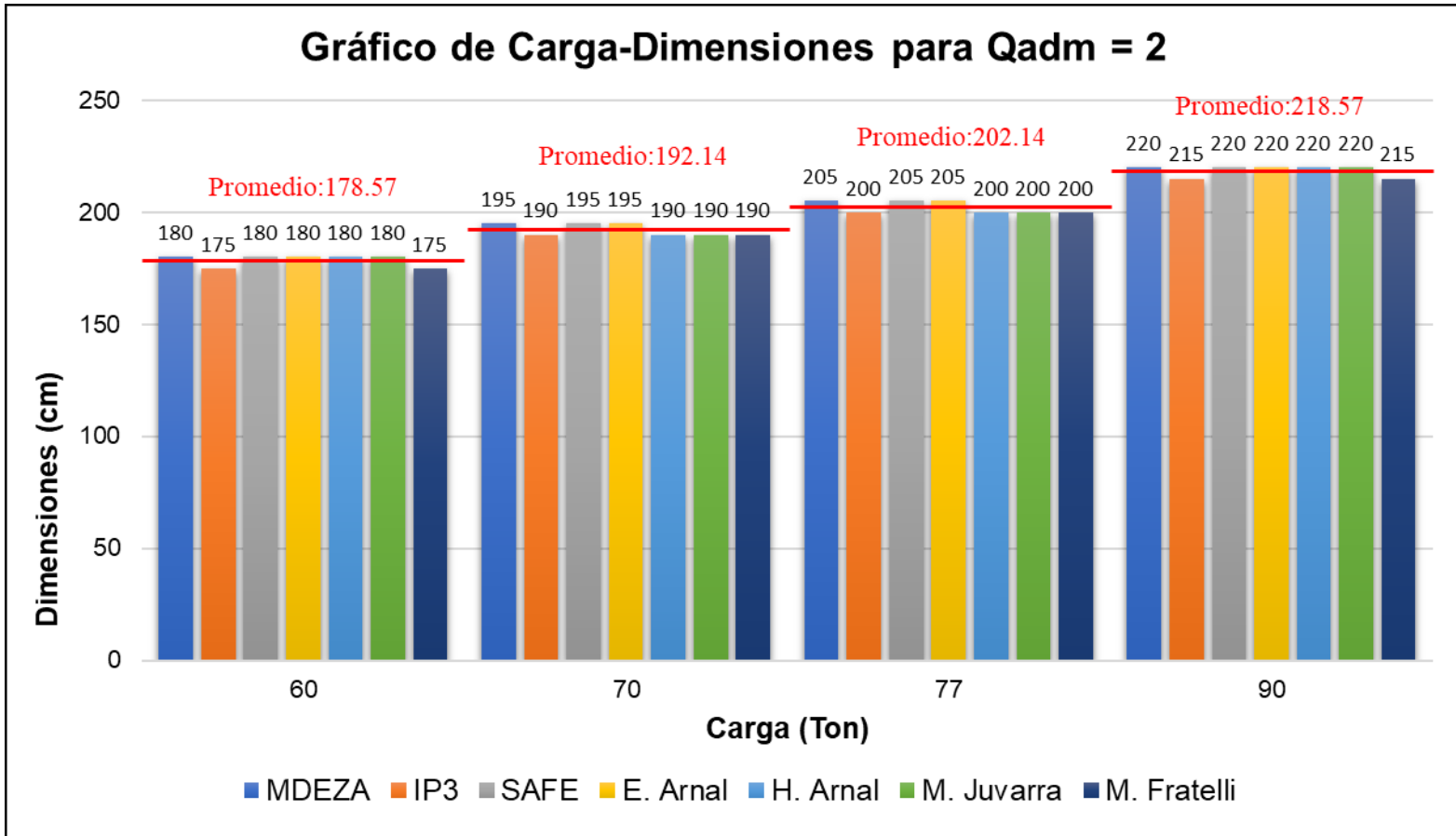
### Gráfico de Carga-Dimensiones para Qadm = 1

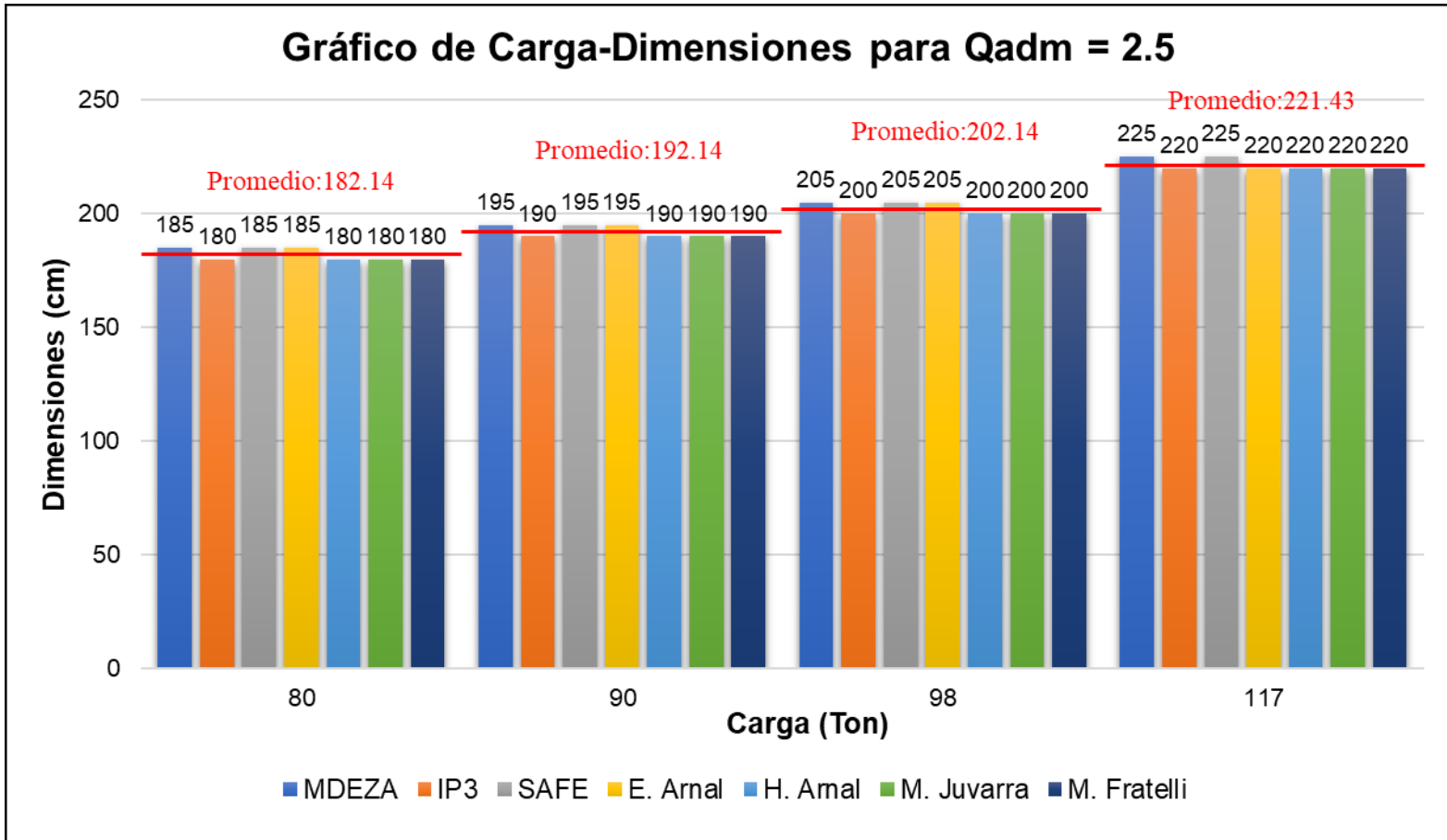


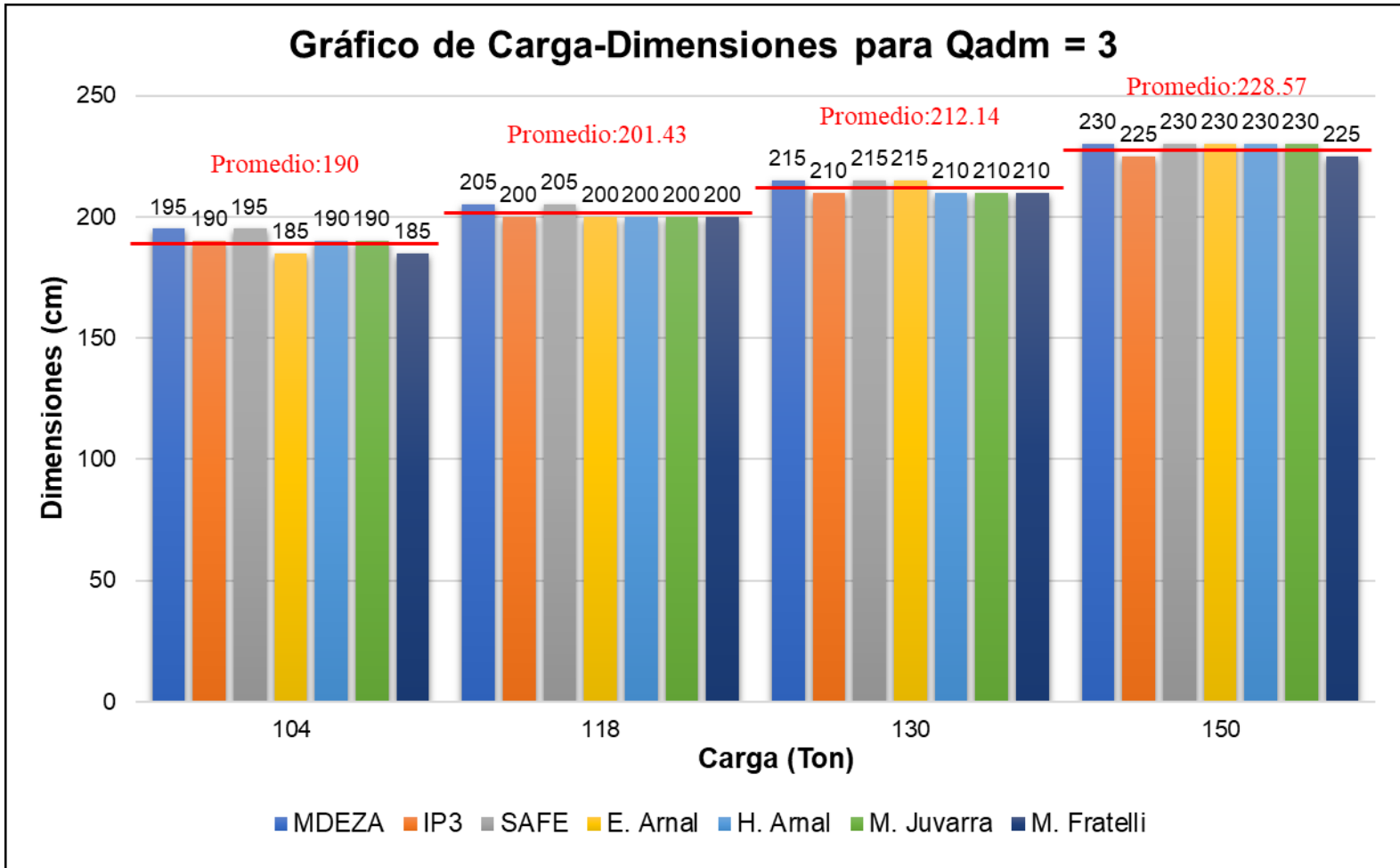
Fuente: Hernández, Valera (2019)



Fuente: Hernández, Valera (2019)

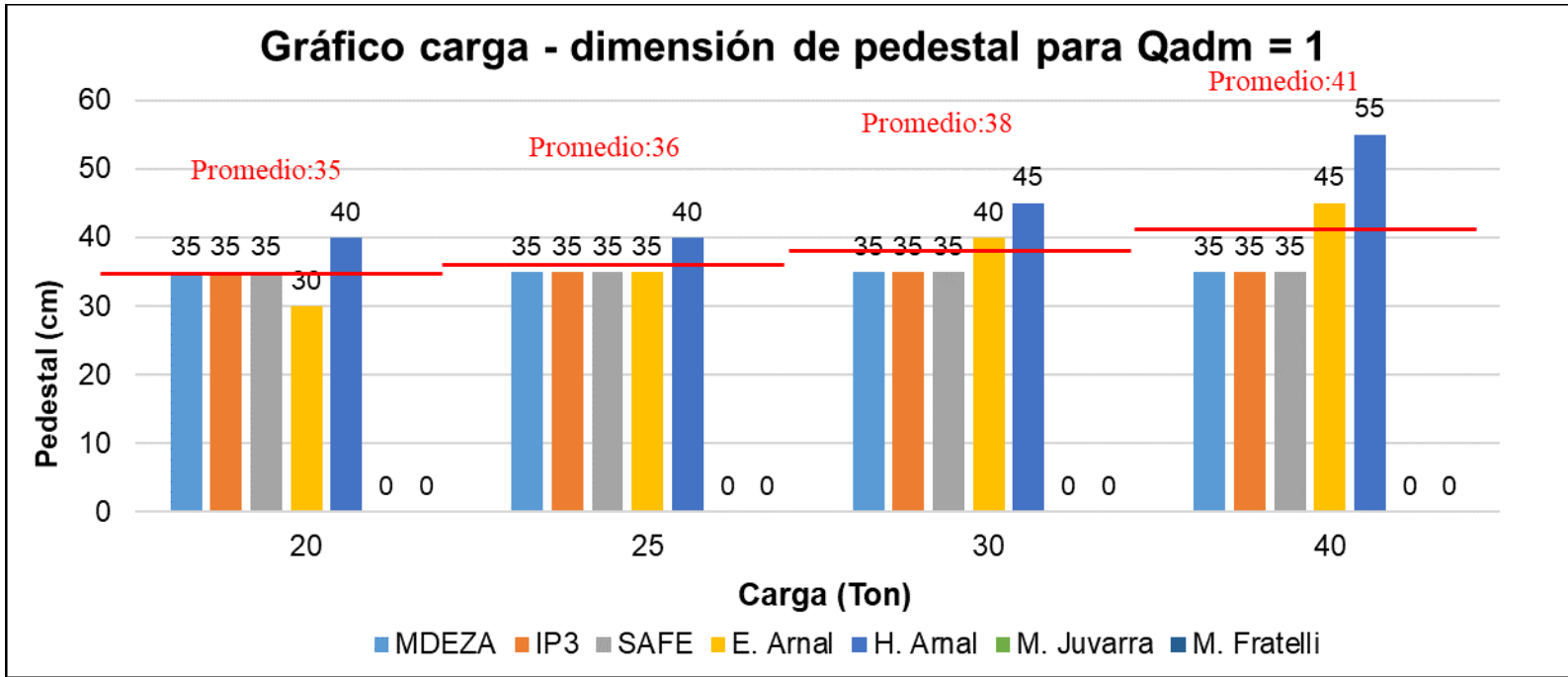




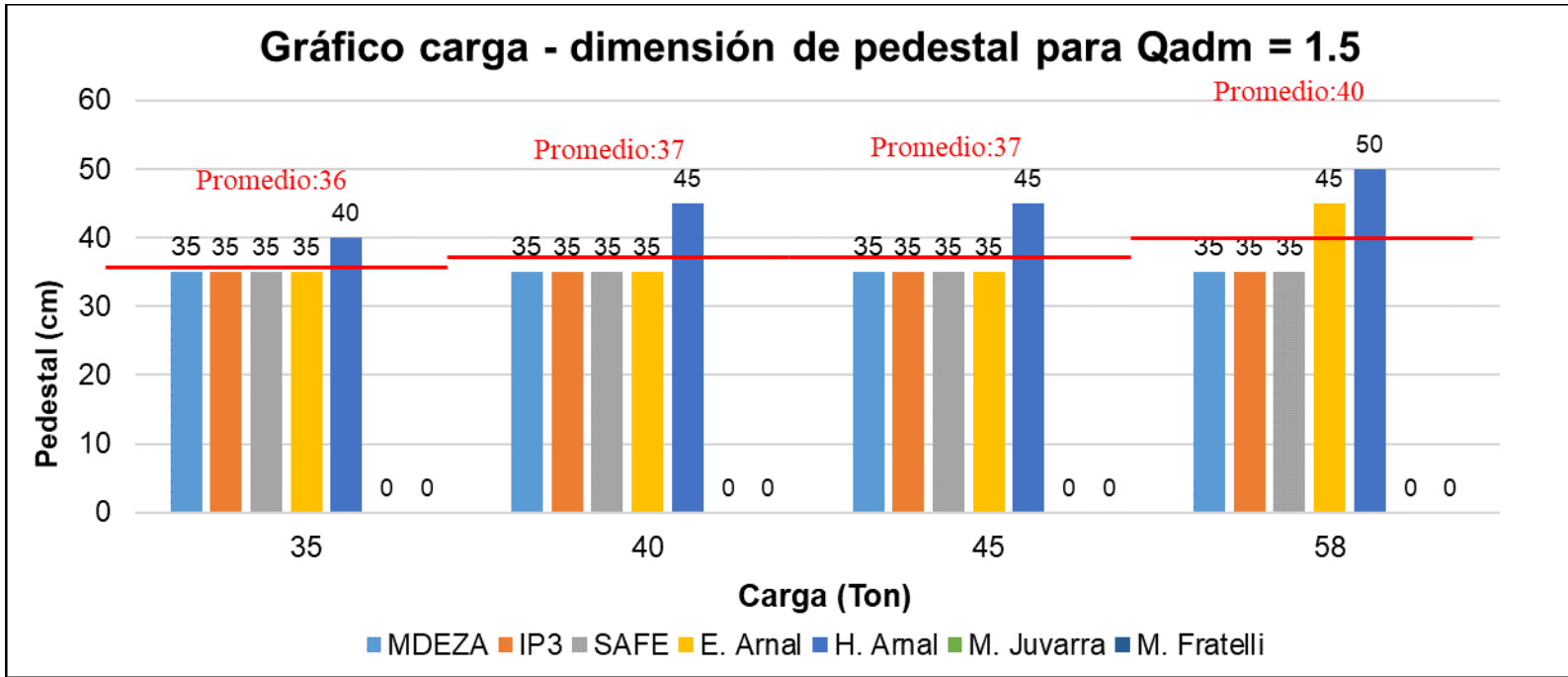


Fuente: Hernández, Valera (2019)

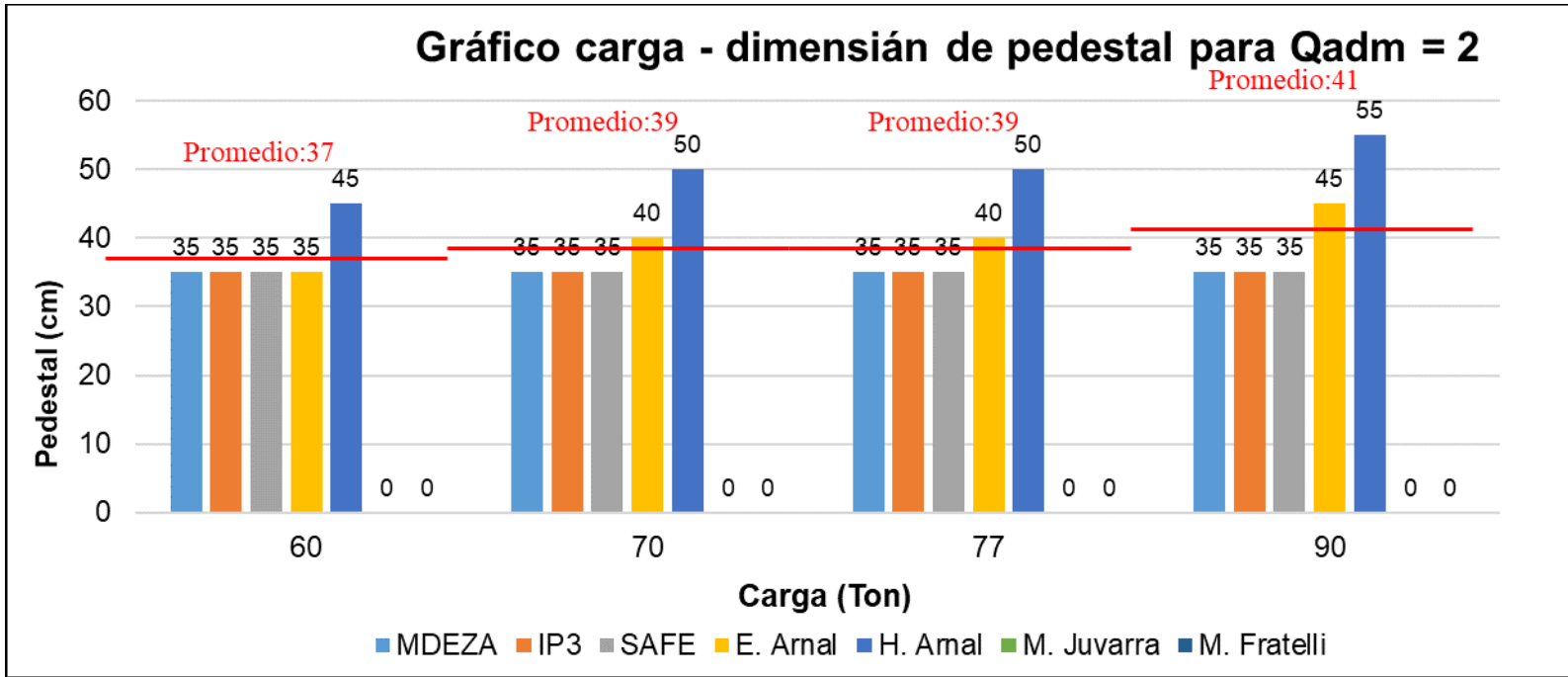




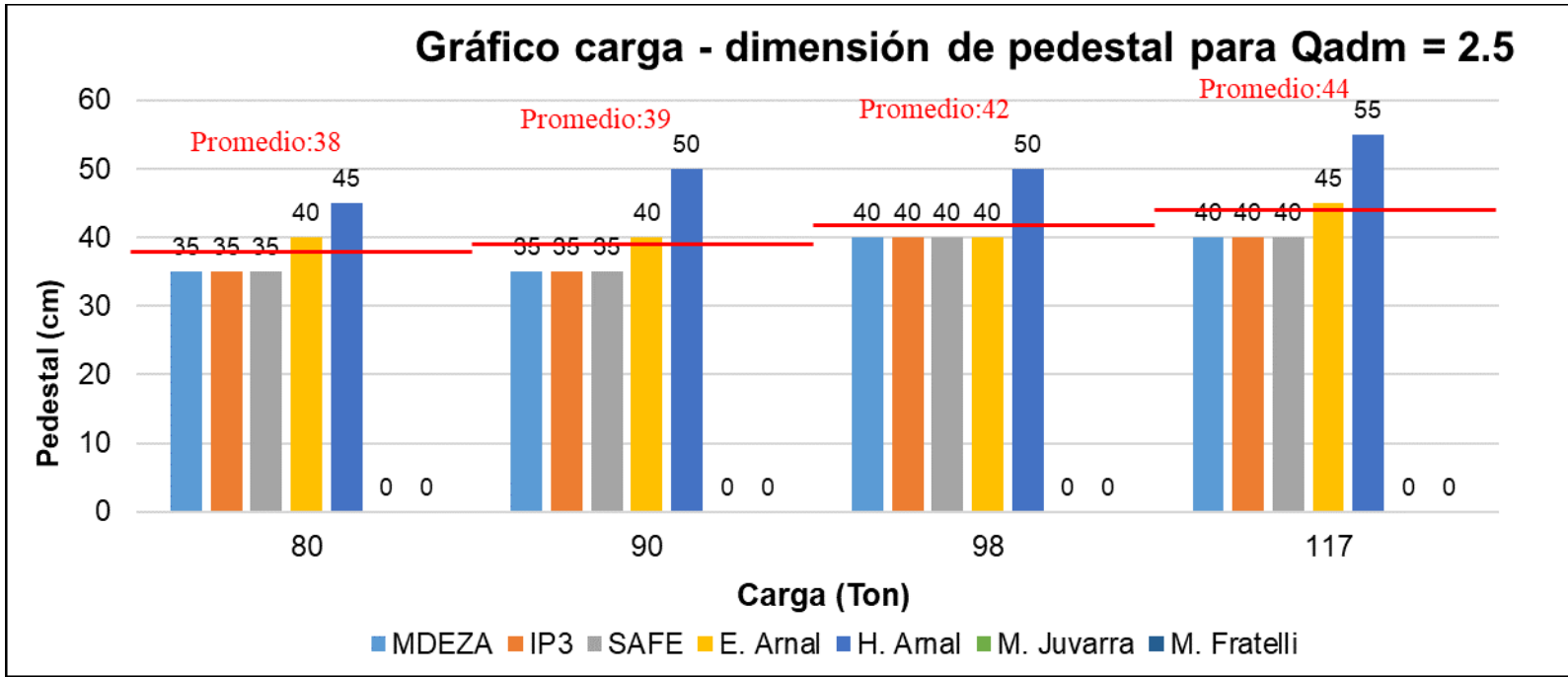
Fuente: Hernández, Valera (2019)



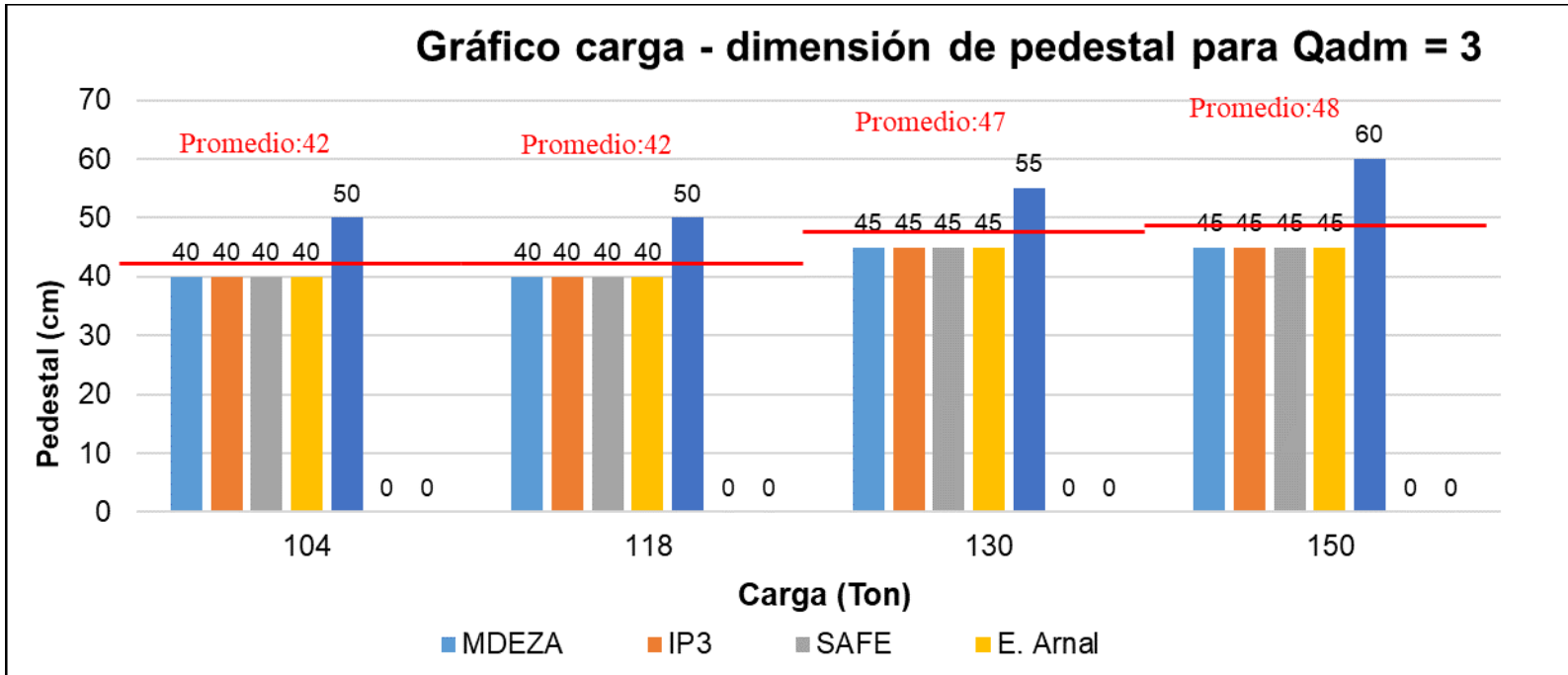
Fuente: Hernández, Valera (2019)



Fuente: Hernández, Valera (2019)

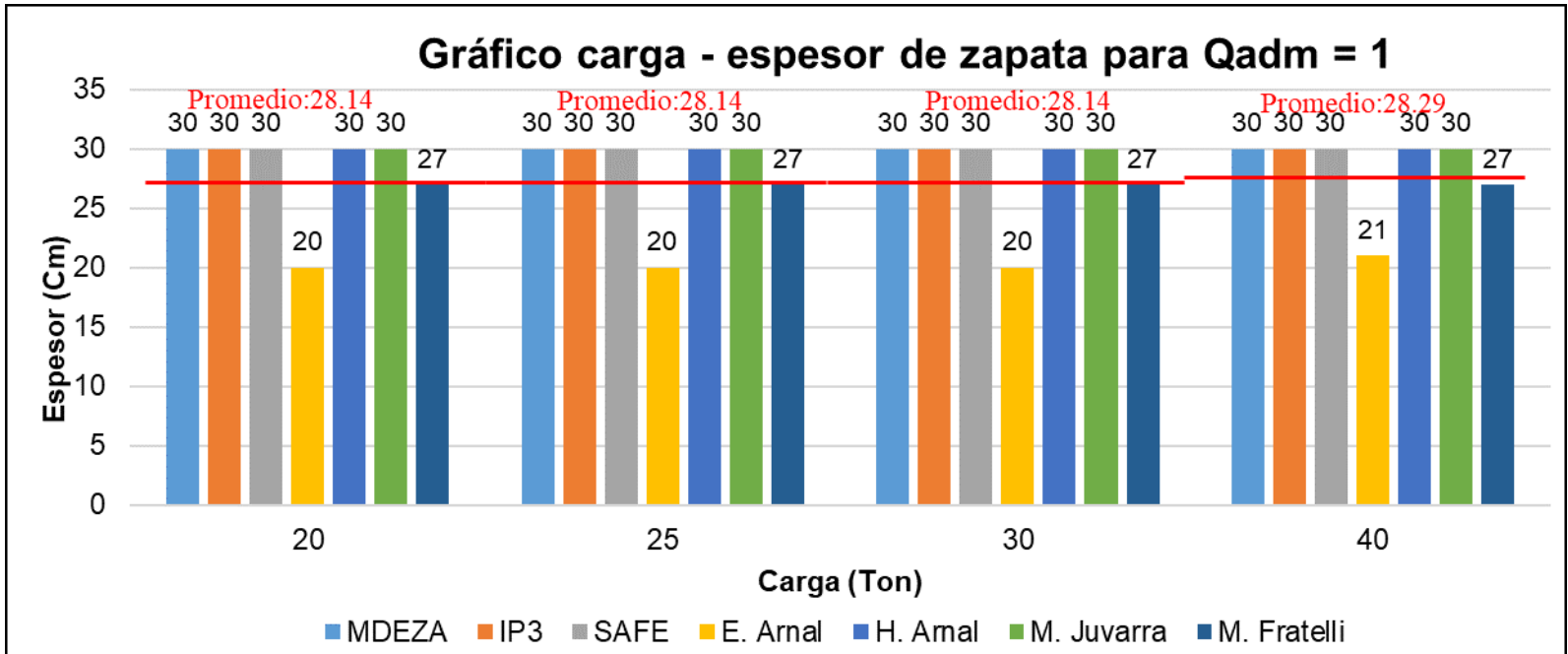


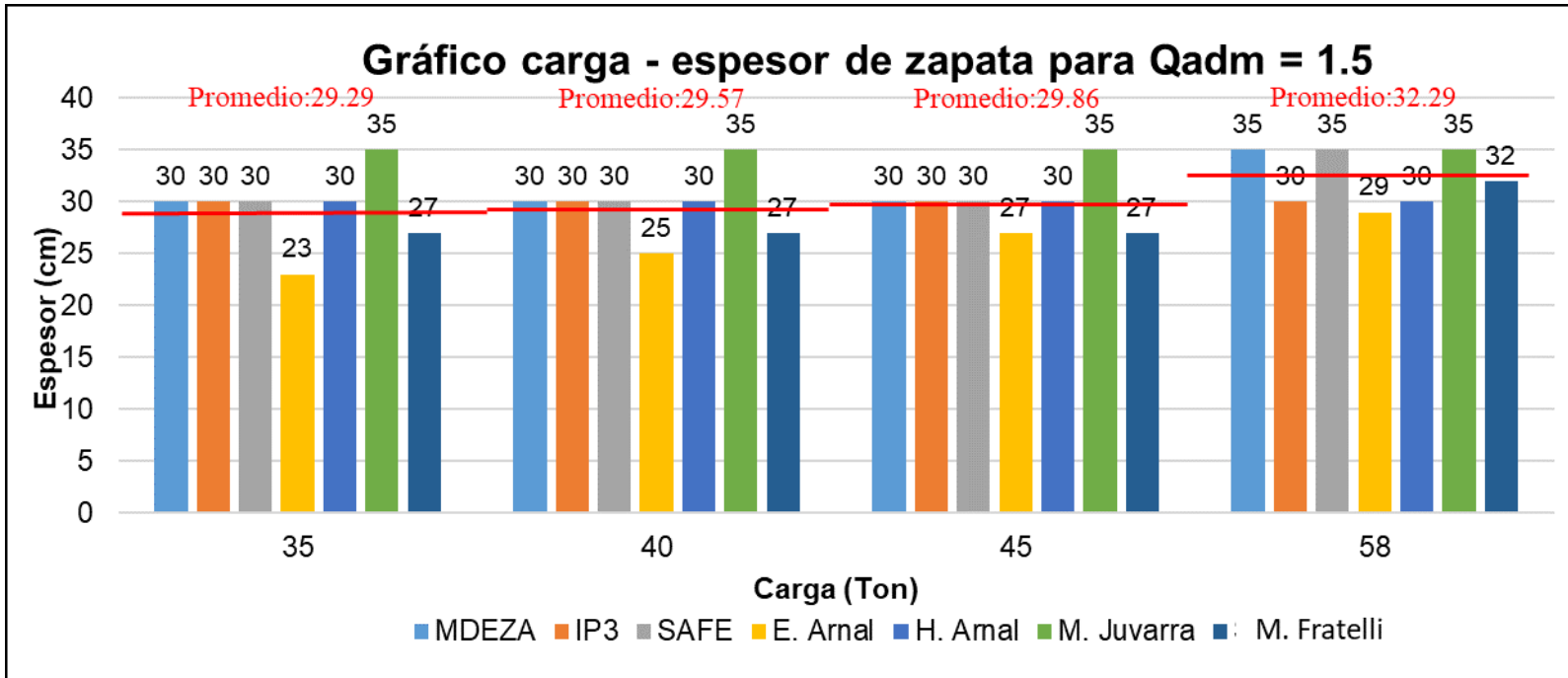
Fuente: Hernández, Valera (2019)



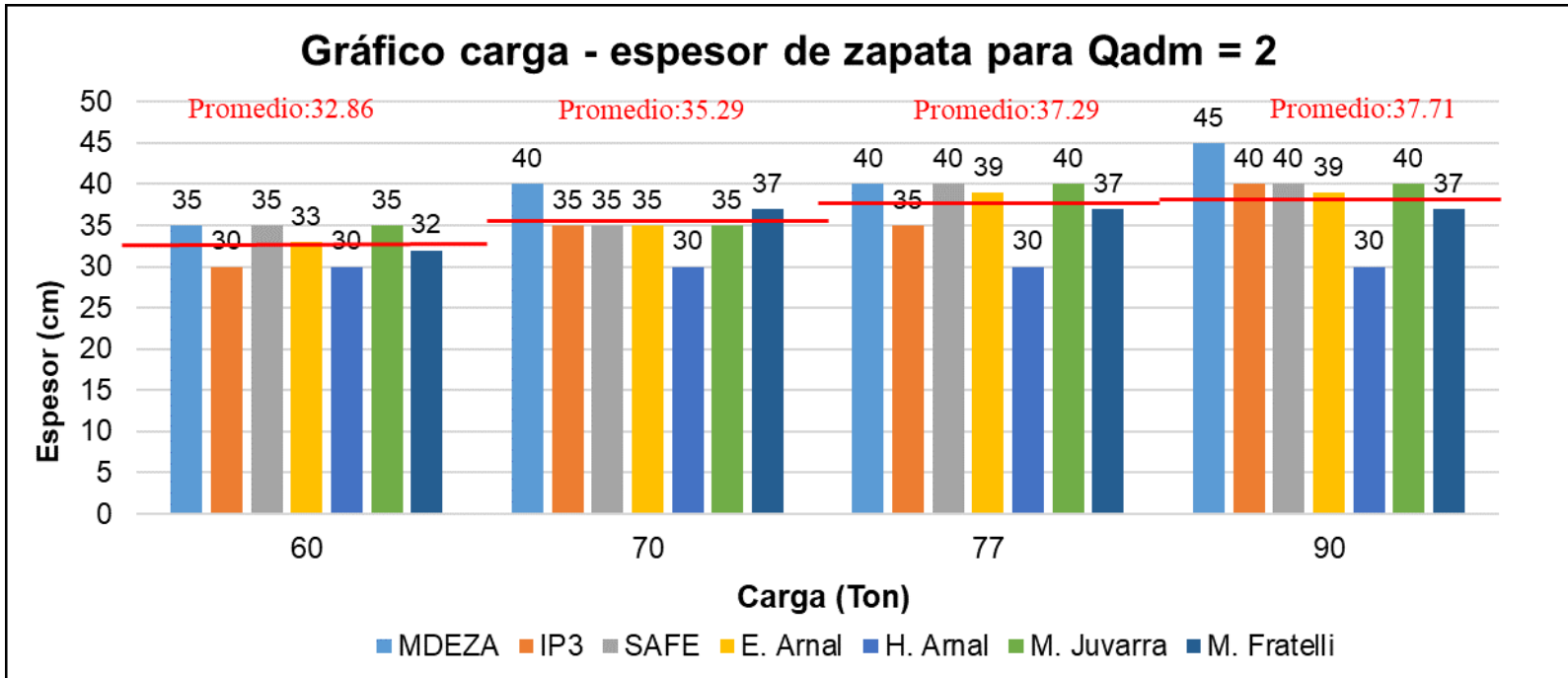
Fuente: Hernández, Valera (2019)



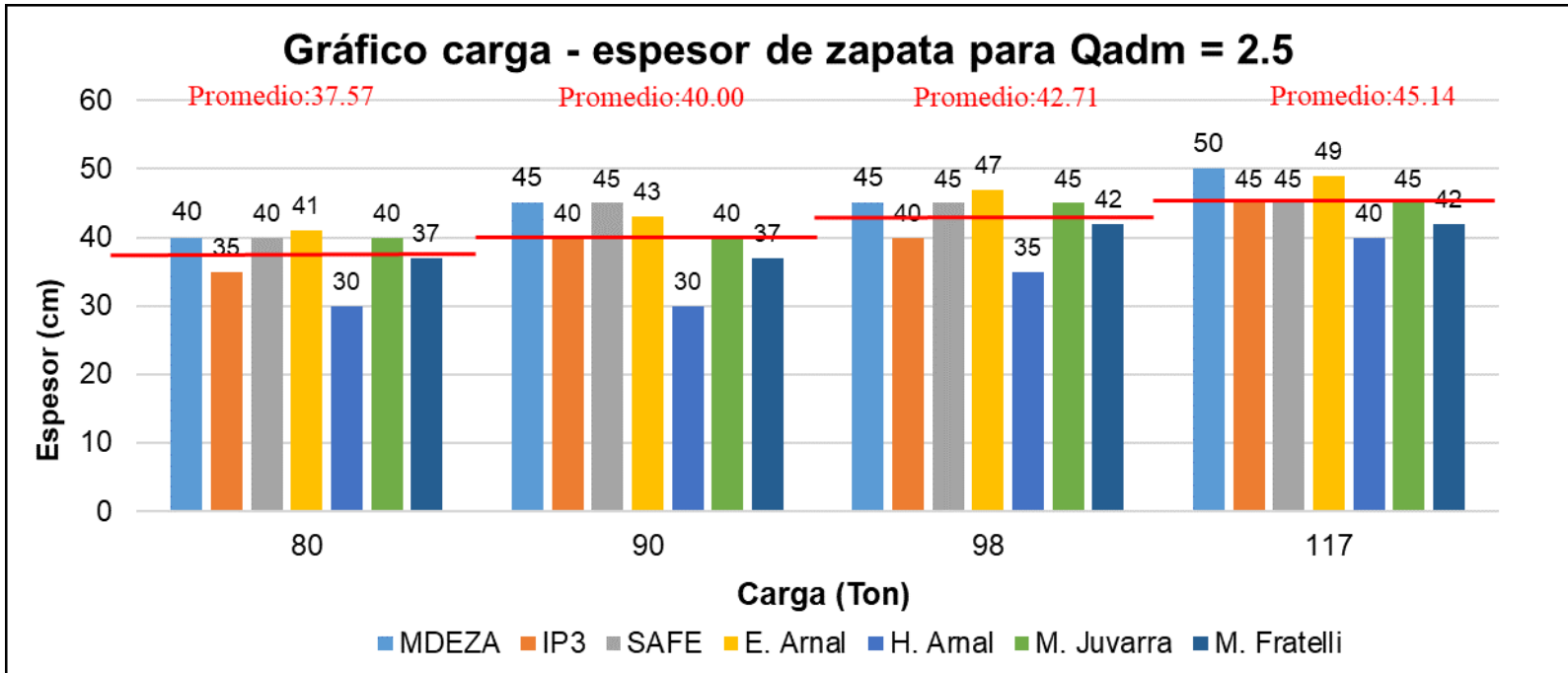




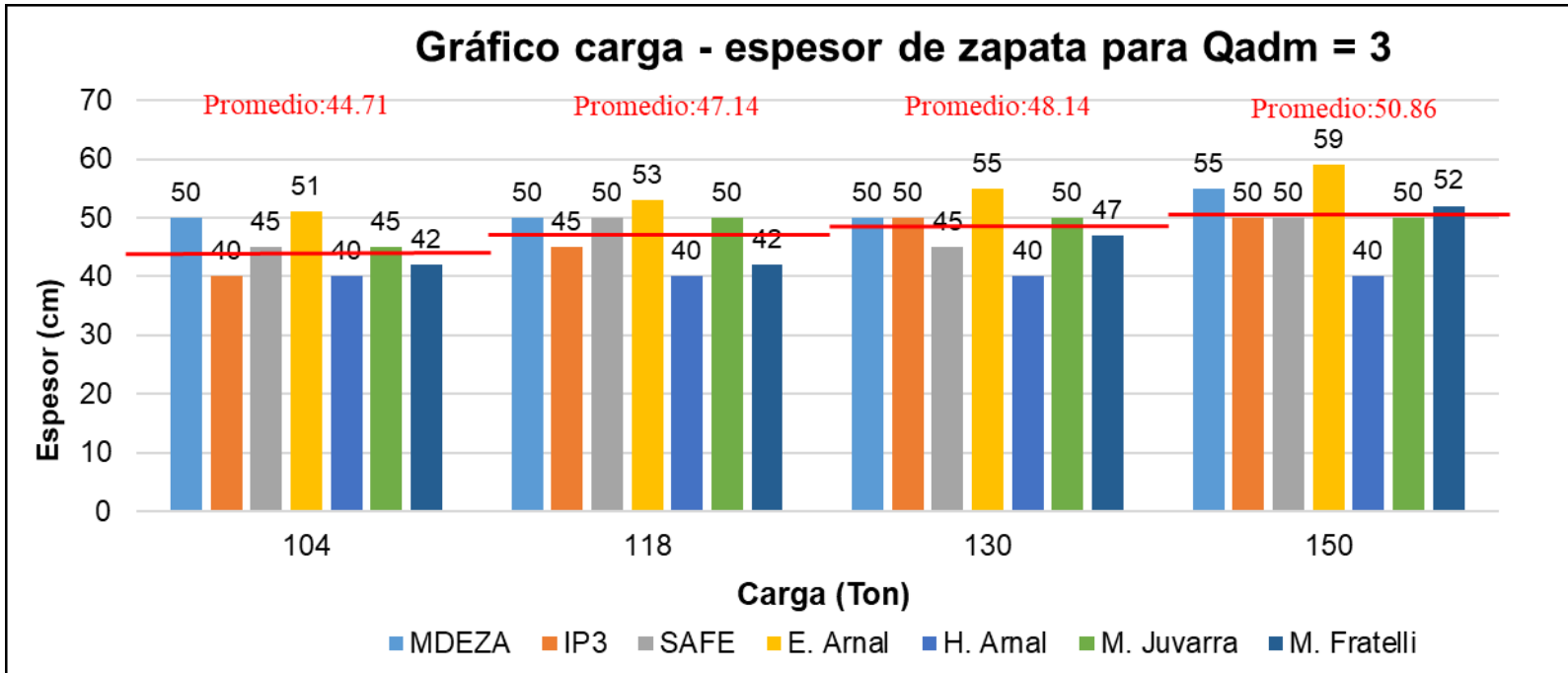
Fuente: Hernández, Valera (2019)



Fuente: Hernández, Valera (2019)

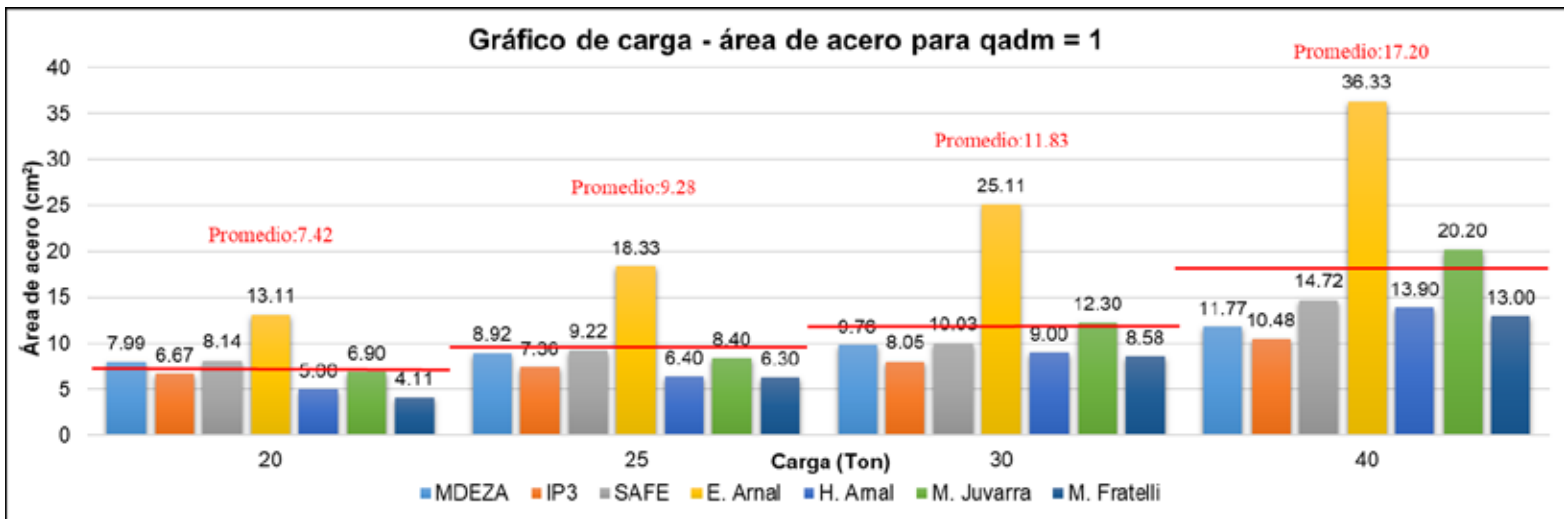


Fuente: Hernández, Valera (2019)

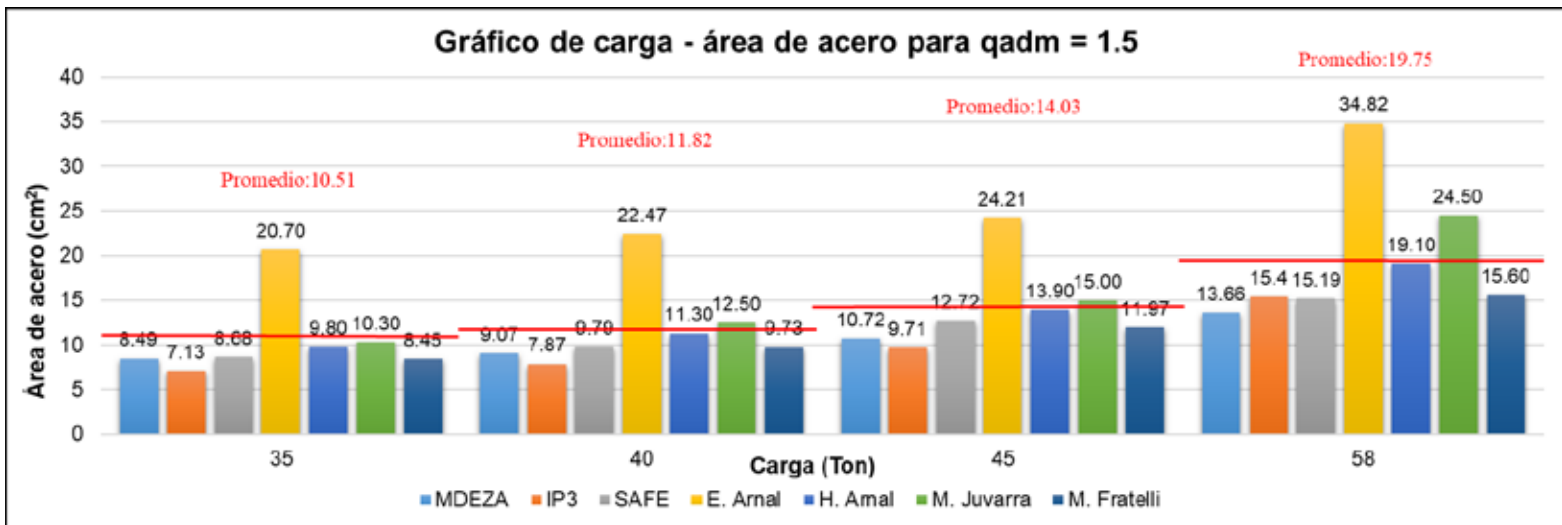


Fuente: Hernández, Valera (2019)

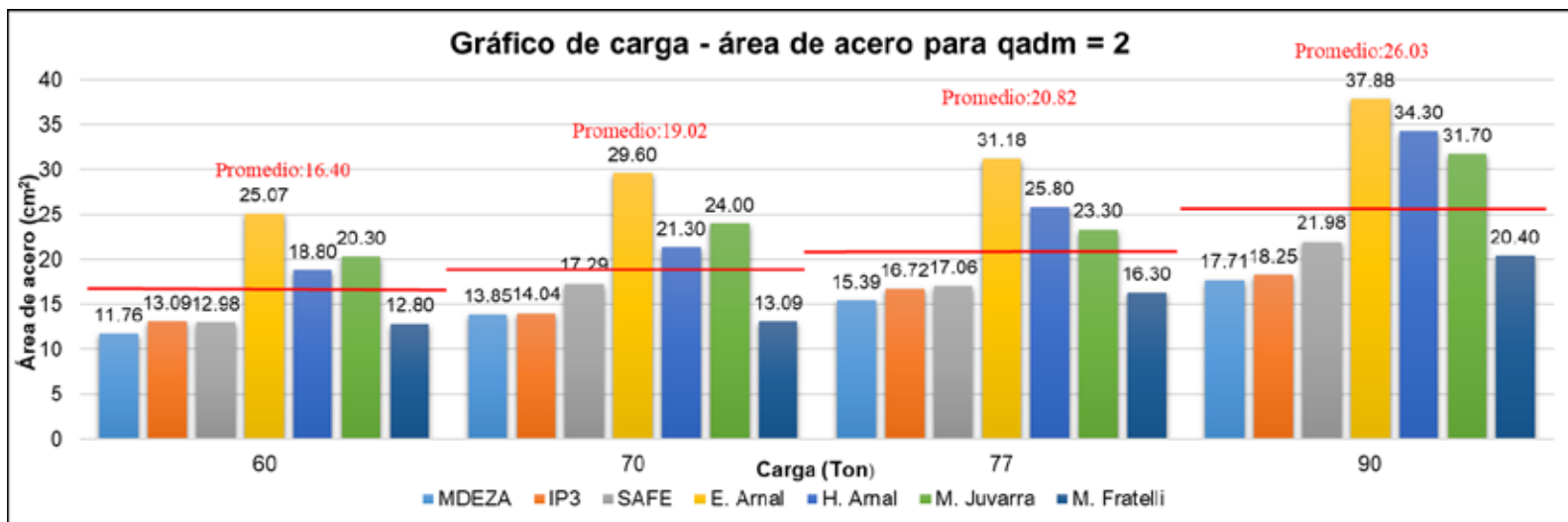




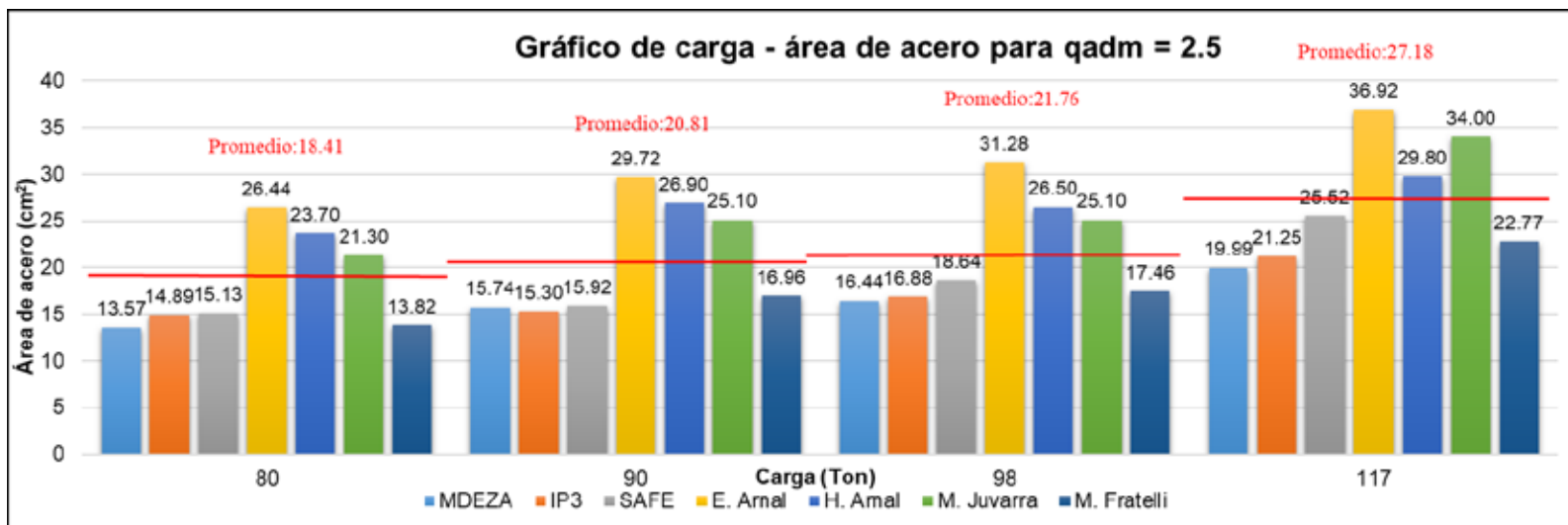
Fuente: Hernández, Valera (2019)



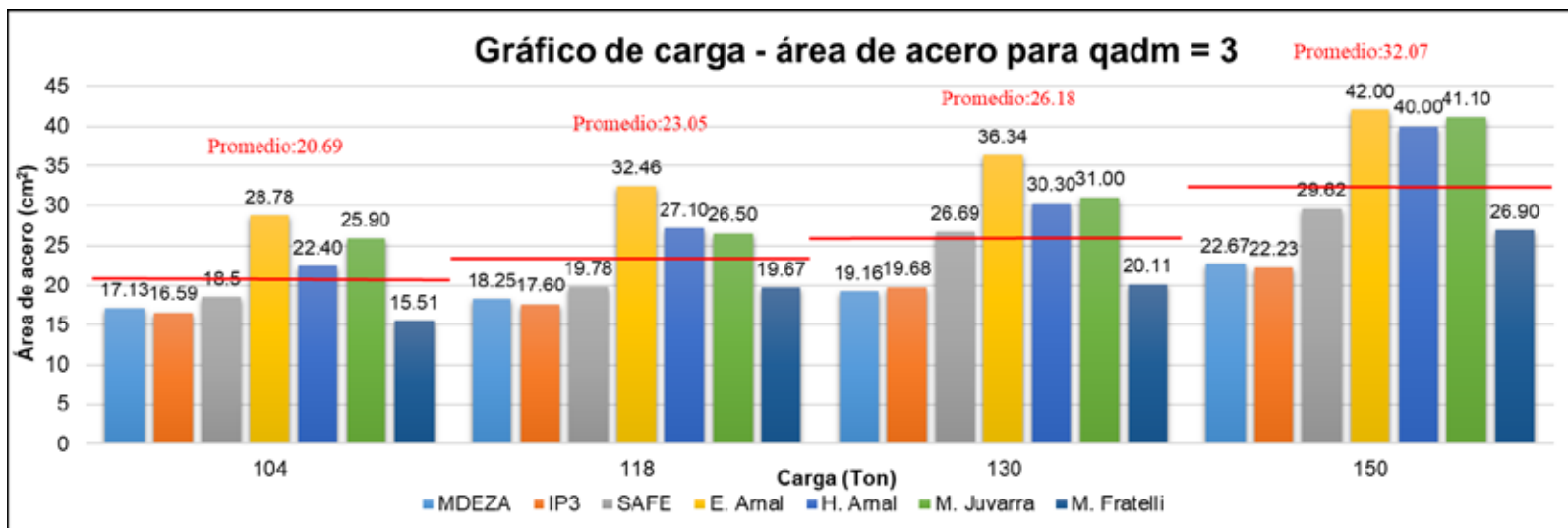
Fuente: Hernández, Valera (2019)



Fuente: Hernández, Valera (2019)



Fuente: Hernández, Valera (2019)

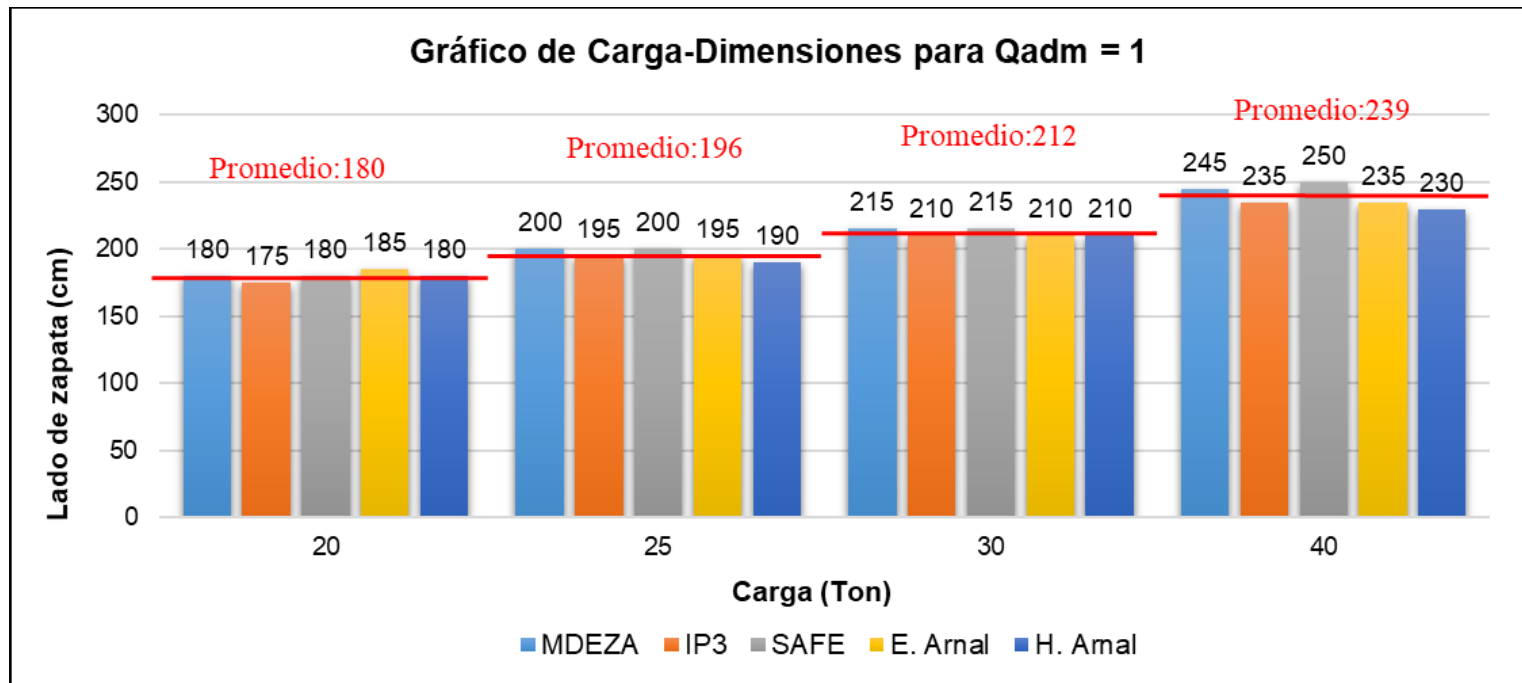


Fuente: Hernández, Valera (2019)

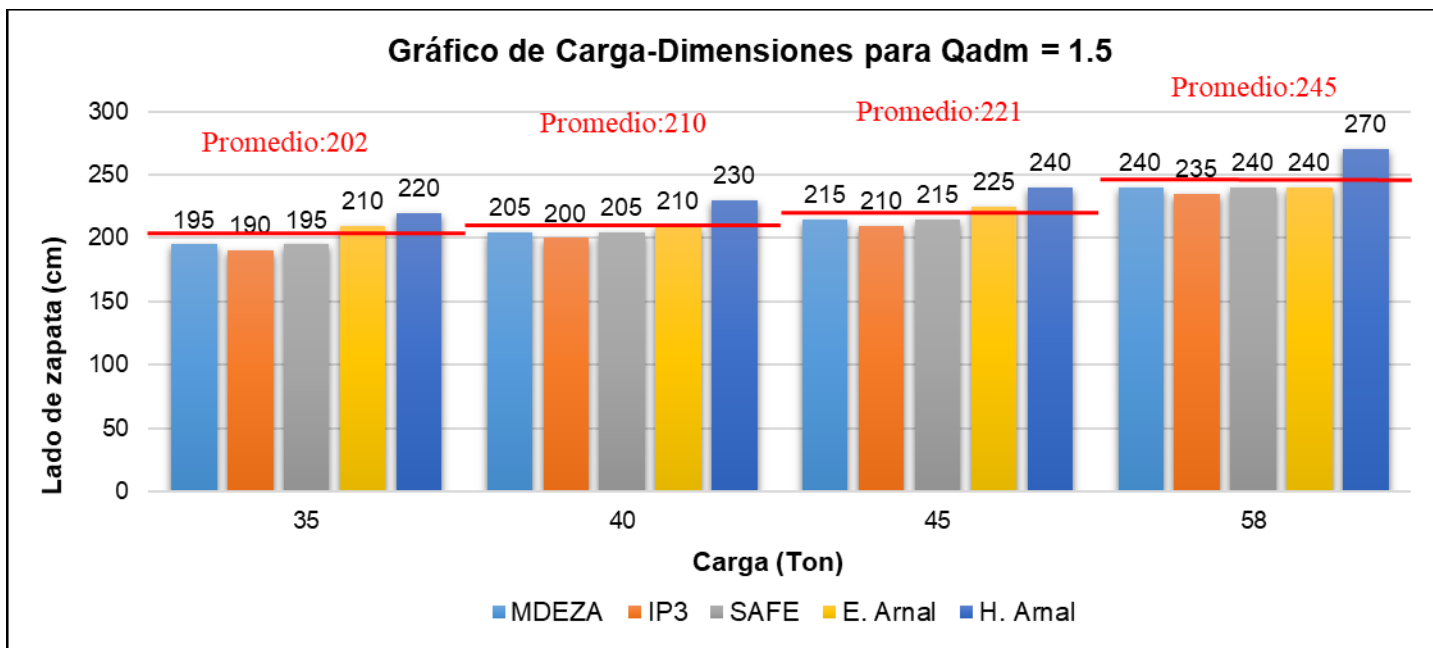




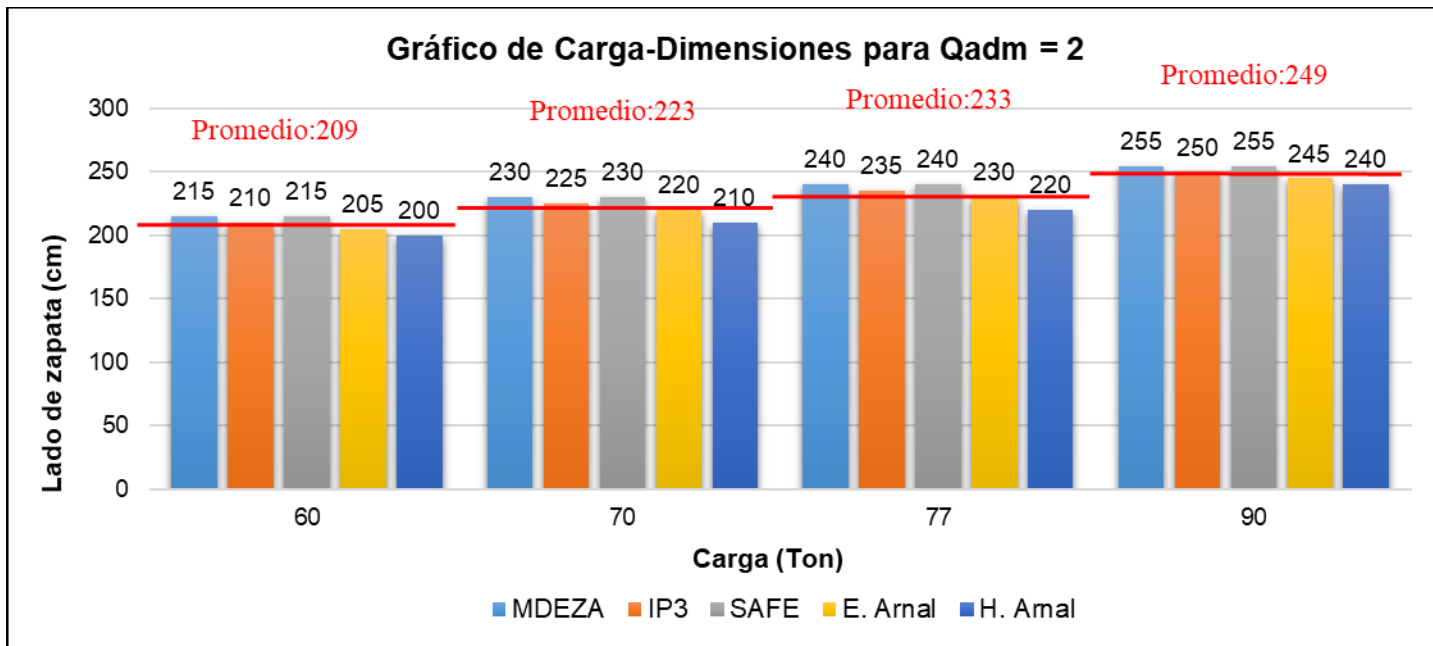




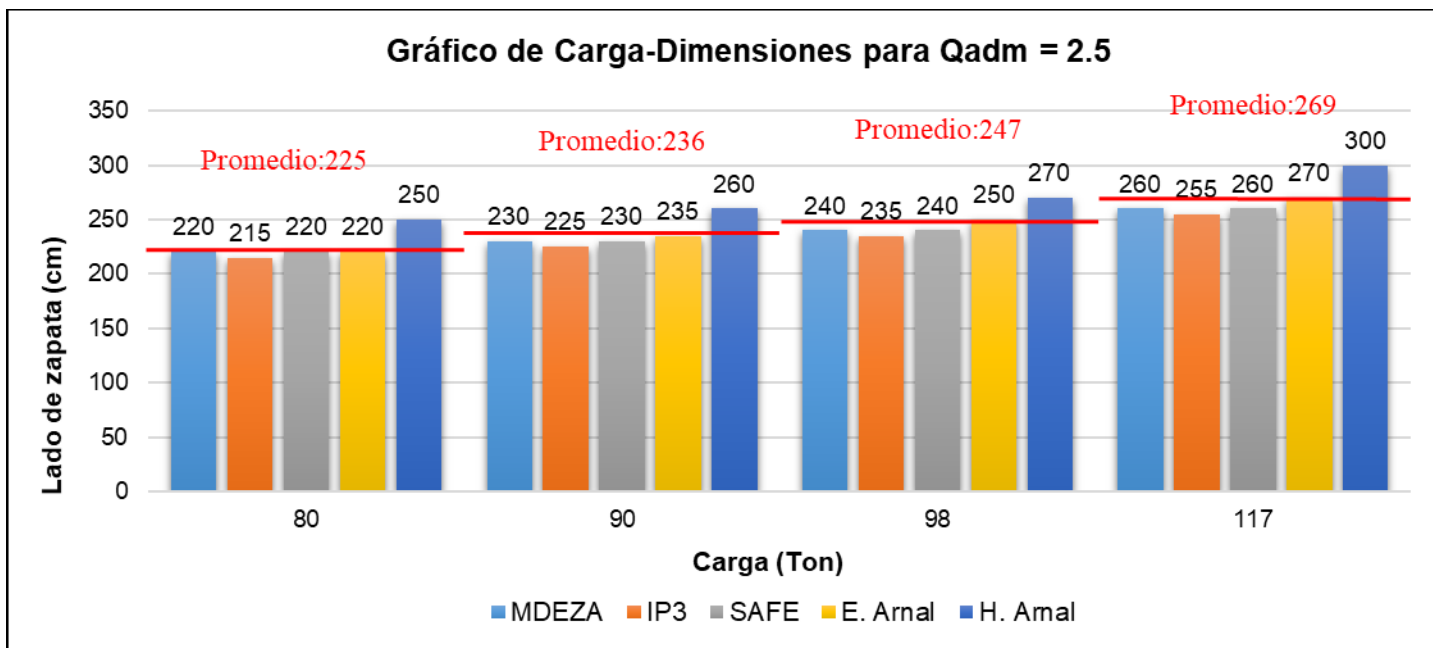
Fuente: Hernández, Valera (2019)



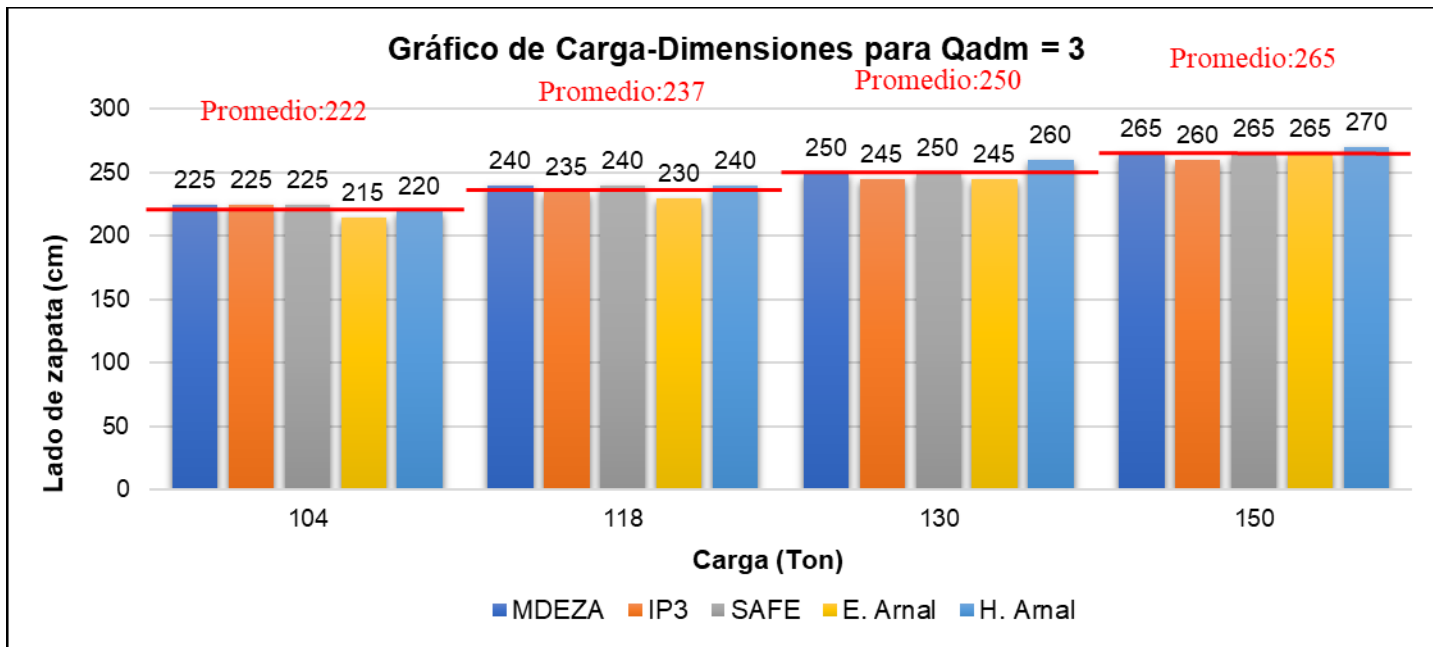
Fuente: Hernández, Valera (2019)



Fuente: Hernández, Valera (2019)



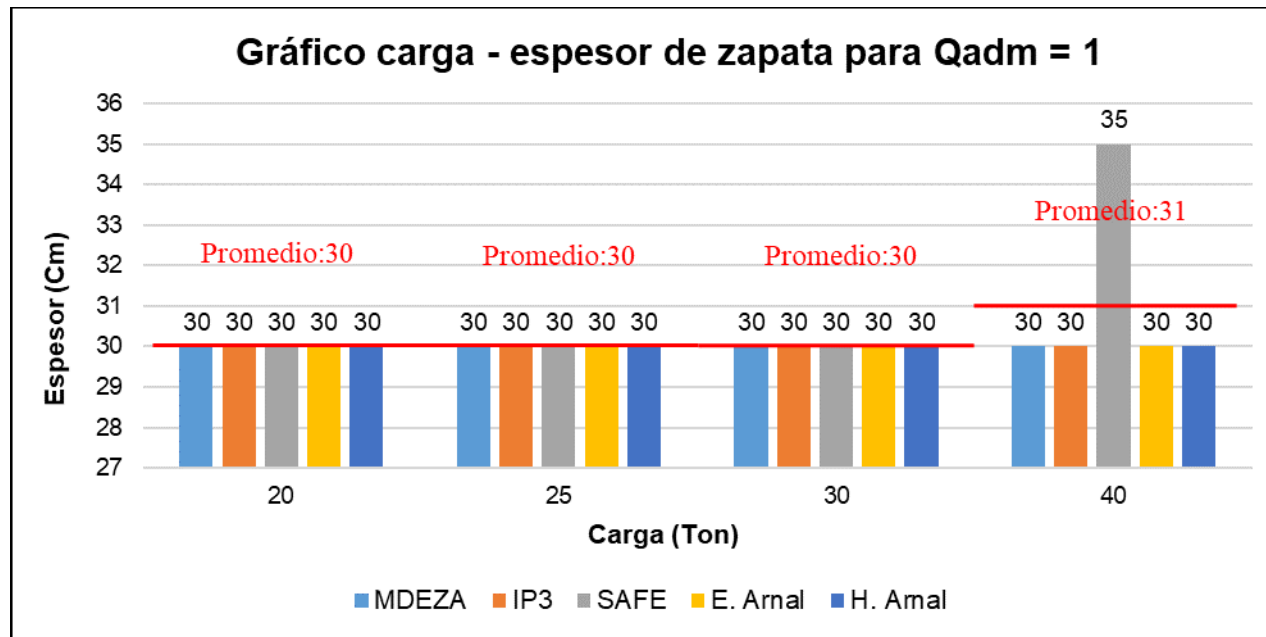
Fuente: Hernández, Valera (2019)



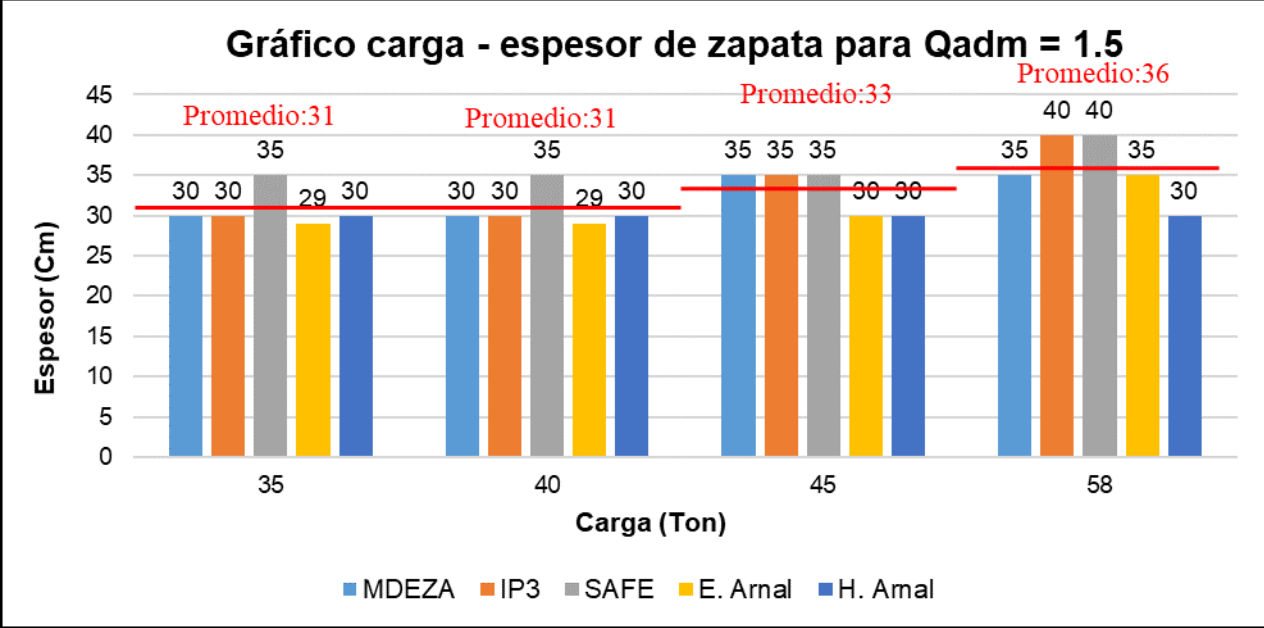
Fuente: Hernández, Valera (2019)



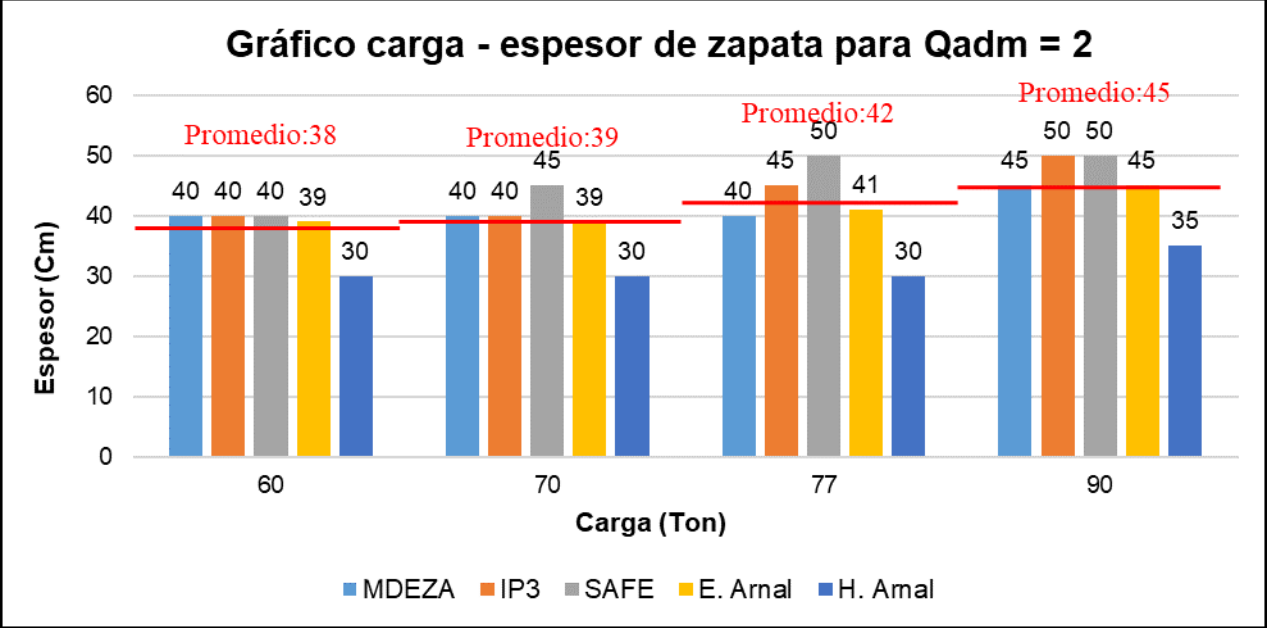




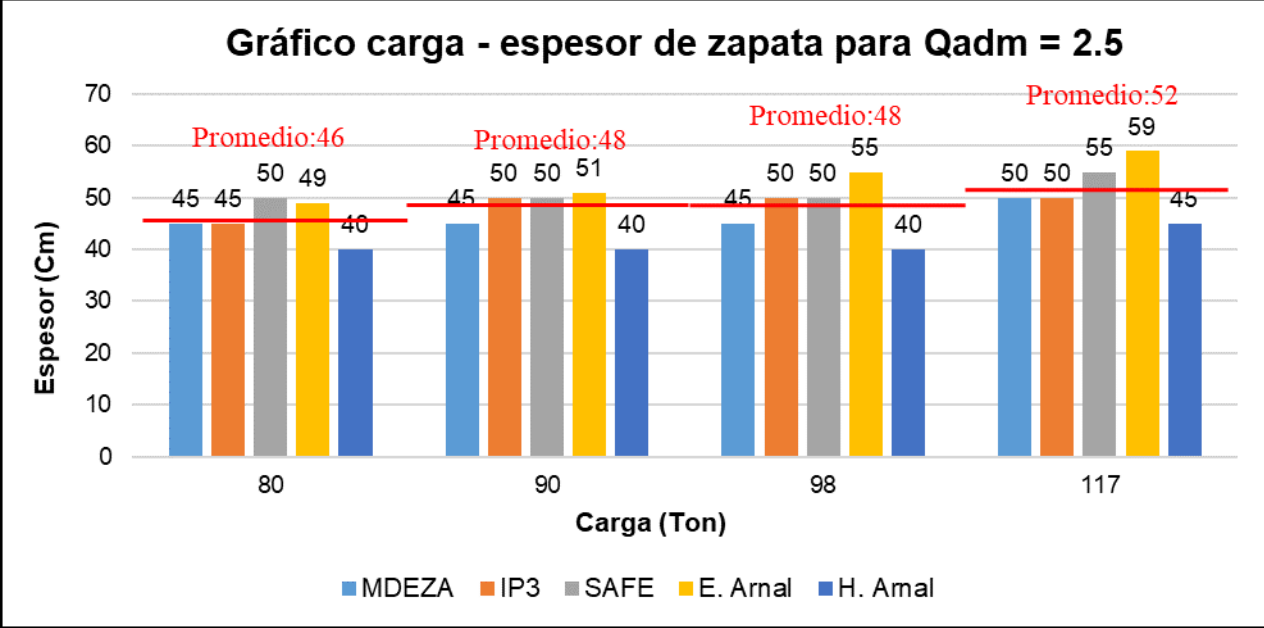
Fuente: Hernández, Valera (2019)



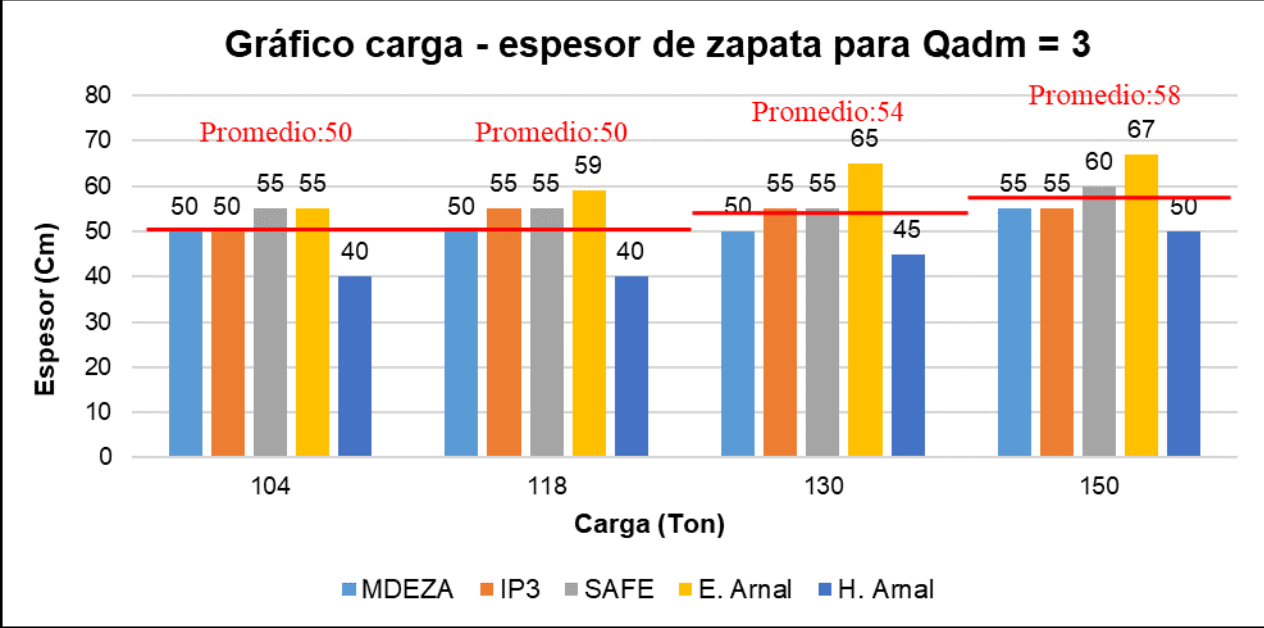
Fuente: Hernández, Valera (2019)



Fuente: Hernández, Valera (2019)

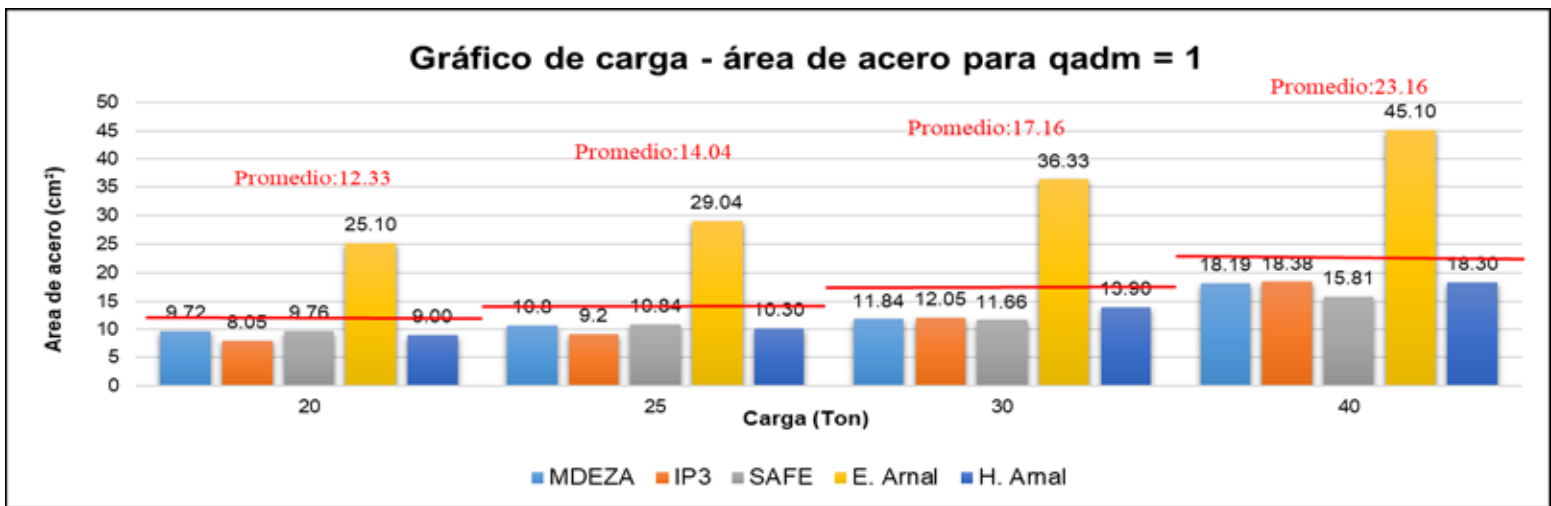


Fuente: Hernández, Valera (2019)

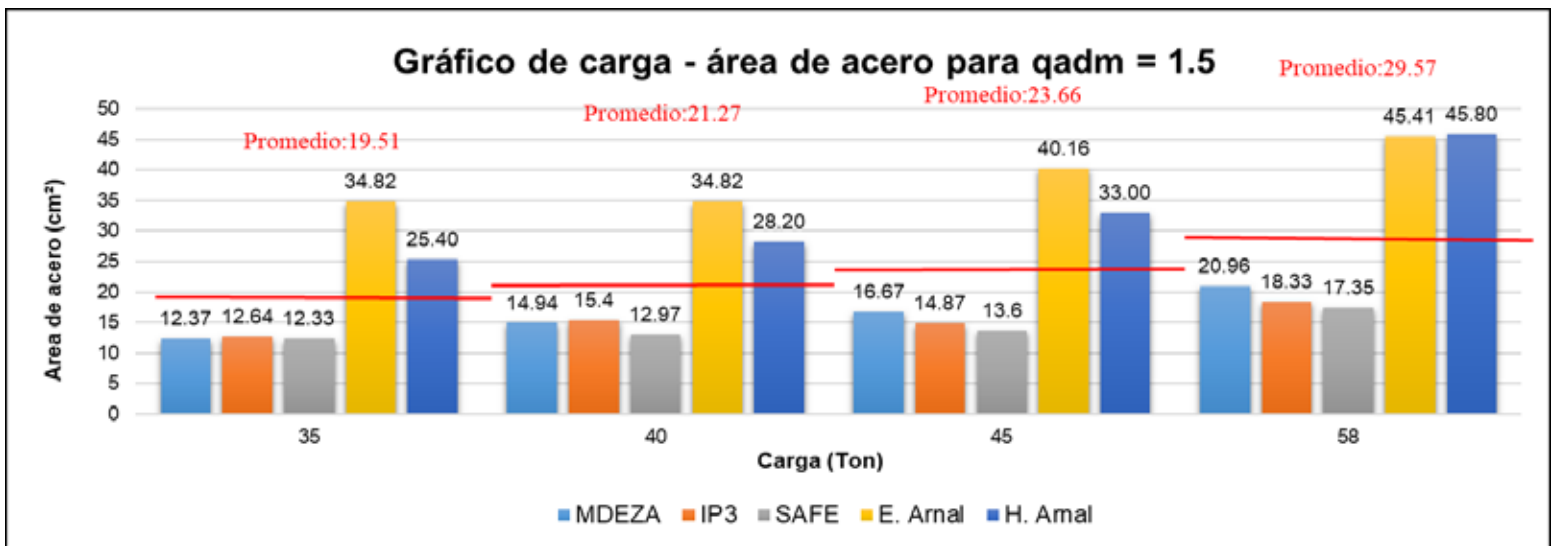


Fuente: Hernández, Valera (2019)

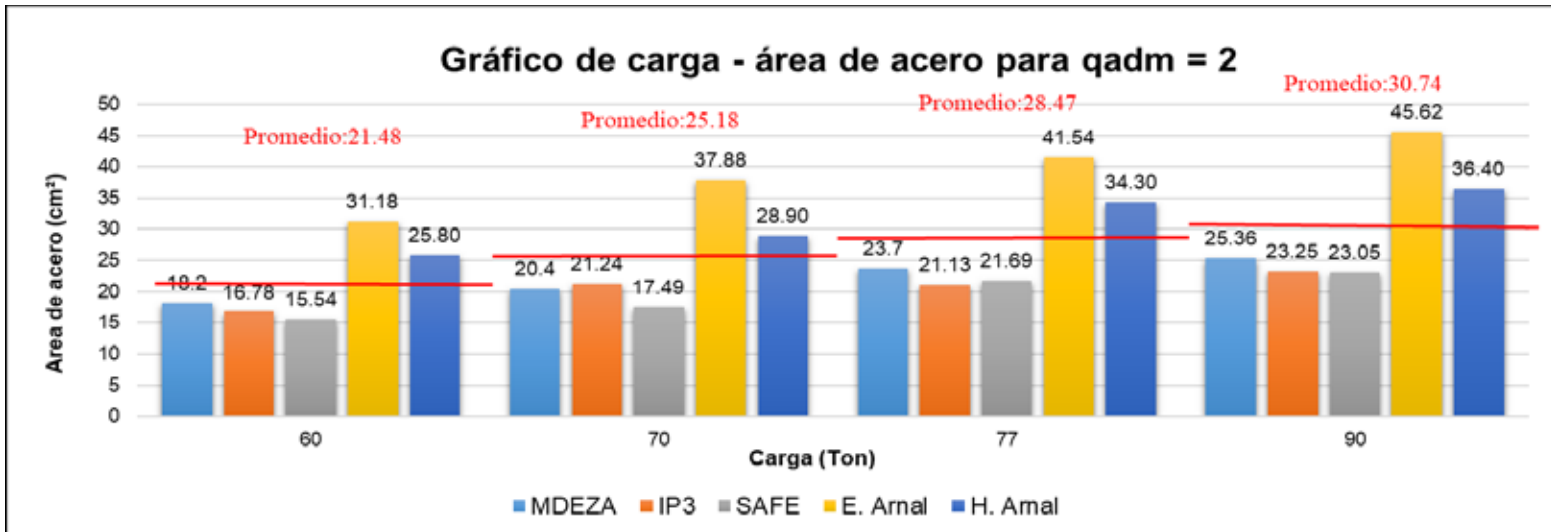




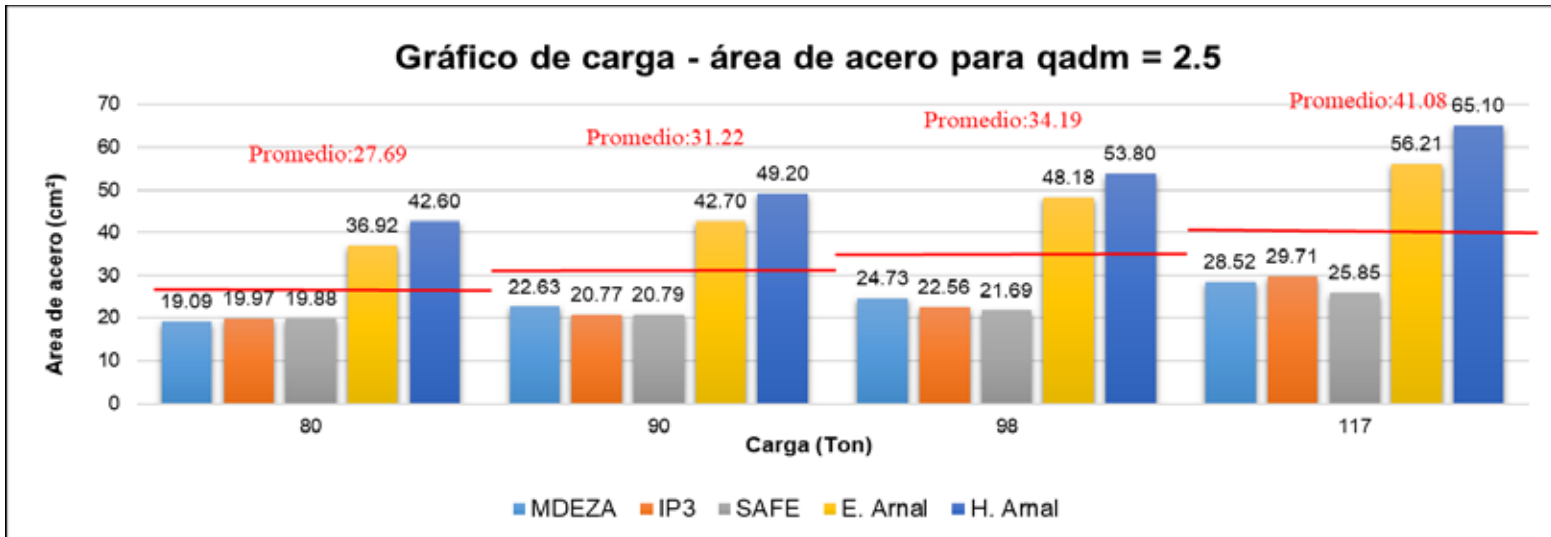
Fuente: Hernández, Valera (2019)



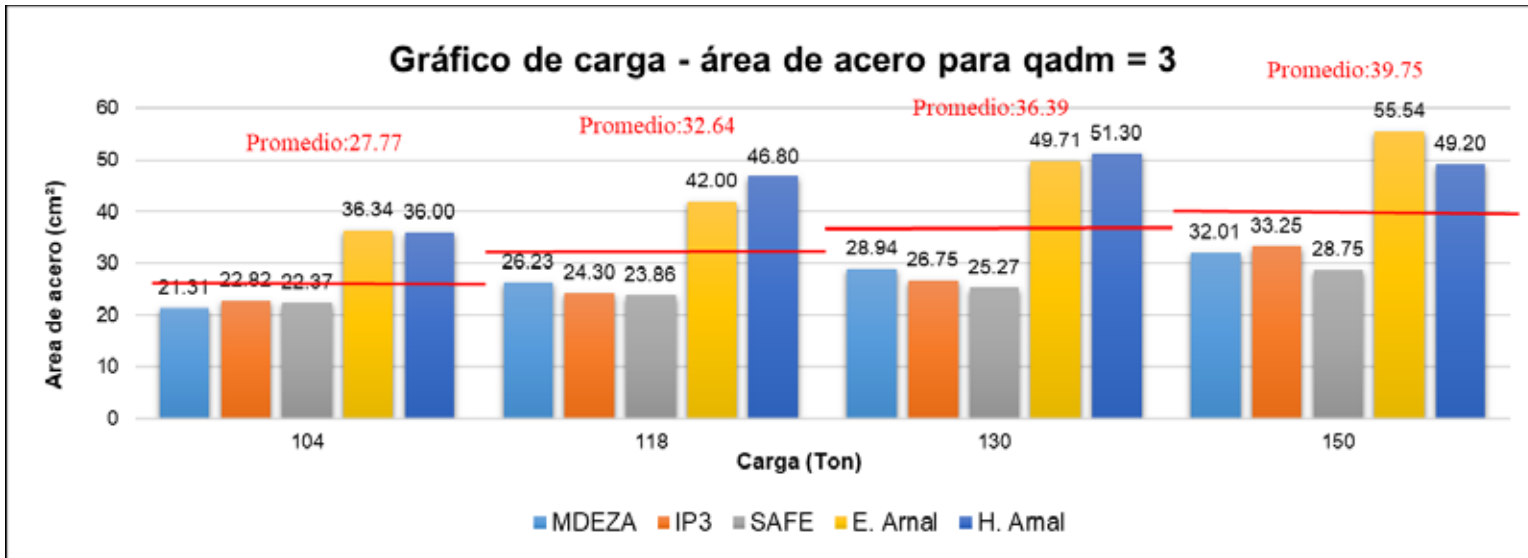
Fuente: Hernández, Valera (2019)



Fuente: Hernández, Valera (2019)



Fuente: Hernández, Valera (2019)



Fuente: Hernández, Valera (2019)

## APÉNDICE J

### TABLAS COMPARATIVAS DE RESULTADOS DE ACERO DE ZAPATAS EXCÉNTRICAS



Fuente: Hernández, Valera (2019)

Fuente: Hernández, Valera (2019)

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### INSTRUCTIVO DEL USO DE LAS TABLAS Y ÁBACOS DE E. ARNAL

#### 7.2. *Uso de las tablas*

Conocida la presión admisible sobre el suelo y la carga sobre el tope de la fundación, las tablas se pueden utilizar para:

- 1) Obtener directamente la fundación cuadrada que se necesita para soportar la carga axial centrada.
- 2) Pre-dimensionar una fundación rectangular adecuada para soportar la carga axial.
- 3) Obtener la fundación cuadrada necesaria para soportar las combinaciones de carga axial y momentos de empotramiento en la base de la columna, en el caso que las vigas de ríostra no se diseñen para absorber los momentos.

A continuación se detalla la forma de utilizar las tablas, en cada una de las condiciones antes citadas.

#### 7.2.1. *Fundaciones cuadradas con carga centrada*

En la tabla correspondiente a la presión admisible en el suelo (que varía de 1.0 a 3.5 Kg/cm<sup>2</sup>) se entra con la carga en toneladas, para obtener, directamente:

**Fuente:** Eduardo Arnal (1988)

- El lado mínimo del pedestal.
- El lado de la base cuadrada.
- El espesor total de la base, suponiendo que el recubrimiento sea el mínimo normativo de 4 cm.
- El área total del refuerzo, en cada sentido, en  $\text{cm}^2$  por metro de ancho.
- El diámetro y separación de las cabillas necesarias para satisfacer esa área, dentro de límites prácticos usuales.

*A juicio del proyectista esta combinación podría modificarse, siempre que se satisfaga el área de refuerzo indicada en la tabla.*

- Las dimensiones de la sección de las vigas de riostra que concurren a la columna.

*Cabe advertir que las vigas de riostra están condicionadas por la mayor de las dos columnas situadas en sus extremos y se deberá, por ello, seleccionar la sección que corresponda a esa carga determinante.*

- El refuerzo total que requiere la viga de riostra, en  $\text{cm}^2$ .

### 7.2.2. Fundaciones rectangulares

Cuando las condiciones de la obra no permitan el uso de fundaciones cuadradas, las tablas pueden servir de ayuda para obtener las dimensiones y refuerzos aproximados de una fundación rectangular, siempre que la relación entre sus lados  $B/A$  sea menor o igual a 1.50.

Al efecto, en la tabla se obtiene el lado de la fundación cuadrada  $C$  correspondiente a la carga y se calculan los lados  $B$  y  $A$  de la fundación rectangular por la relación

$$A \cdot B = C^2$$

a fin de cumplir con las restricciones que imponga la obra, al lado menor  $A$ .

A continuación, se busca en la tabla una fundación cuadrada



Fuente: Eduardo Arnal (1988)

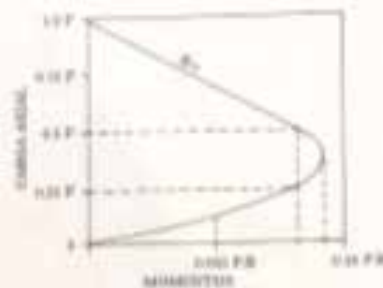
correspondiente al lado mayor  $B$  del rectángulo, usándose su espesor total y su refuerzo como guía para predimensionarla.

El refuerzo en el sentido corto se puede obtener, por exceso, de la fundación cuadrada correspondiente al lado menor del rectángulo ( $A$ ).

### 7.2.3. Fundaciones sometidas a carga axial y momentos

El efecto de los momentos que actúan en la base de la columna se puede tomar en cuenta utilizando los diagramas de interacción P-M que acompañan a cada tabla, correspondientes a diferentes presiones admisibles sobre el suelo.

A tal fin, basta buscar los puntos de intersección de las combinaciones de fuerza axial y momentos que actúan en la base de la columna, para determinar el lado de la base cuadrada cuya curva envuelve a todas las combinaciones.



En la tabla correspondiente se determinan luego, directamente, los espesores y refuerzos necesarios para una fundación con esas dimensiones.

Cuando las estructuras están sometidas a cargas verticales y fuerzas horizontales accidentales (debidas al viento y/o al sismo) las Normas COVENIN 1756-82 para el proyecto de estructuras antisísmicas exigen verificar las siguientes combinaciones:

- por cargas verticales solamente;
- por cargas verticales más fuerzas horizontales concurrentes;
- por cargas verticales permanentes y fuerzas horizontales de efectos opuestos.

El proyectista puede construir sus propios diagramas de interacción, en una escala más adecuada a su problema particular, utilizando los puntos notables de las curvas de interacción que se indican a continuación, en función de la carga centrada  $P$  y el lado  $B$  de la fundación cuadrada, requerida por esa carga, así:

Fuente: Eduardo Arnal (1988)

a) Segmento recta, comprendido entre:

$$y = P \quad ; \quad x = 0.00 \quad (\text{momento nulo})$$

$$y = 0.50 P \quad ; \quad x = 0.0833 P \cdot B$$

b) Segmento parabólico, tangente a la recta, que pasa por:

$$y = 0.50 P \quad ; \quad x = 0.0833 P \cdot B$$

$$y = 0.375 P \quad ; \quad x = 0.09375 P \cdot B \quad (\text{máximo momento})$$

$$y = 0.25 P \quad ; \quad x = 0.0833 P \cdot B$$

$$y = 0.125 P \quad ; \quad x = 0.05208 P \cdot B$$

$$y = 0.00 \quad ; \quad x = 0.00$$

**Fuente:** Eduardo Arnal (1988)

## ANEXO B

### TABLAS DE DIMENSIONADO DE ZAPATAS CONCÉNTRICAS DE E. ARNAL

Tabla N° 7.1  
PRESION ADMISIBLE EN EL SUELO: 10 TON/M<sup>2</sup>

Carga axial tons	DIMENSIONES			REFUERZO			VIGAS DE RIOSTRA		
	Pedestal mts.	Base mts.	Espesor mts.	Área cm <sup>2</sup> /mt.	BARRAS		SECCION		Área refuerzo cm <sup>2</sup>
					Ø	Separ.	b	h	
5.0	0.30	0.75	0.20	5.07	3/8"	14	0.20	0.20	4.0
10.0	0.30	1.05	0.20	5.07	3/8"	14	0.20	0.20	4.0
12.5	0.30	1.20	0.20	5.34	3/8"	12	0.20	0.20	4.0
15.0	0.30	1.30	0.20	6.45	3/8"	10	0.20	0.20	4.0
17.5	0.30	1.40	0.20	7.59	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
20.0	0.30	1.50	0.20	8.74	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
22.5	0.35	1.60	0.20	9.92	1/2"	12	0.20	0.20	4.0
25.0	0.35	1.85	0.20	11.11	1/2"	10	0.20	0.20	4.0
30.0	0.40	1.85	0.20	13.57	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
35.0	0.40	1.95	0.21	14.89	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
40.0	0.45	2.10	0.21	17.30	5/8"	10	0.20	0.20	4.0
45.0	0.45	2.25	0.23	17.04	5/8"	10	0.20	0.20	4.0
50.0	0.50	2.35	0.23	19.19	5/8"	10	0.20	0.20	4.0
60.0	0.50	2.55	0.25	20.65	5/8"	8	0.20	0.20	4.0
70.0	0.55	2.80	0.27	21.80	5/8"	8	0.20	0.20	4.0
80.0	0.60	2.95	0.29	22.73	5/8"	8	0.20	0.20	4.0
90.0	0.65	3.15	0.29	25.95	3/4"	10	0.20	0.20	4.0
100.0	0.65	3.30	0.31	26.42	3/4"	10	0.20	0.20	4.0
115.0	0.70	3.55	0.33	28.19	3/4"	10	0.20	0.20	4.0
130.0	0.75	3.75	0.35	29.68	3/4"	8	0.20	0.24	4.8
150.0	0.80	4.05	0.37	32.16	3/4"	8	0.20	0.26	5.2
175.0	0.90	4.35	0.39	35.46	3/4"	8	0.20	0.30	6.1
200.0	0.95	4.65	0.41	38.38	7/8"	10	0.20	0.36	7.3
225.0	1.00	4.95	0.43	40.95	7/8"	8	0.20	0.40	8.1
250.0	1.05	5.20	0.45	43.24	7/8"	8	0.22	0.40	8.9
300.0									
400.0									
450.0									
500.0									
600.0									

Fuente: Eduardo Arnal (1988)

Tabla N° 7.3  
PRESION ADMISIBLE EN EL SUELO: 15 TON/M<sup>2</sup>

Carga axial tons.	DIMENSIONES			REFUERZO			VIGAS DE RIOSTRA		
	Pedestal mts.	Base mts.	Espesor mts.	Area cm <sup>2</sup> /mt.	BARRAS		SECCION		Area refuerzo cm <sup>2</sup>
					Ø	Separ.	b	h	
5.0		0.60	0.20	5.07	3/8"	14	0.20	0.20	4.0
10.0		0.85	0.20	5.07	3/8"	14	0.20	0.20	4.0
12.5		0.95	0.20	5.34	3/8"	12	0.20	0.20	4.0
15.0		1.05	0.20	6.45	3/8"	10	0.20	0.20	4.0
17.5		1.15	0.20	7.59	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
20.0		1.20	0.20	8.74	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
22.5		1.30	0.21	9.21	1/2"	12	0.20	0.20	4.0
25.0	0.30	1.35	0.21	10.31	1/2"	12	0.20	0.20	4.0
30.0	0.30	1.50	0.23	10.96	1/2"	10	0.20	0.20	4.0
35.0	0.35	1.60	0.23	12.94	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
40.0	0.35	1.70	0.25	13.22	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
45.0	0.35	1.80	0.27	13.45	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
50.0	0.40	1.90	0.27				0.20	0.20	4.0
60.0	0.45	2.10	0.29	16.58	5/8"	10	0.20	0.20	4.0
70.0	0.45	2.25	0.30	17.85	5/8"	10	0.20	0.20	4.0
80.0	0.50	2.40	0.35	18.92	5/8"	10	0.20	0.20	4.0
90.0	0.50	2.55	0.35	19.84	5/8"	8	0.20	0.20	4.0
100.0	0.55	2.65	0.37	20.63	5/8"	8	0.20	0.20	4.0
115.0	0.60	2.85	0.39	22.36	5/8"	8	0.20	0.20	4.0
130.0	0.60	3.05	0.41	23.88	5/8"	8	0.20	0.24	4.8
150.0	0.65	3.25	0.43	26.18	3/4"	10	0.20	0.26	5.2
175.0	0.70	3.55	0.47	27.53	3/4"	10	0.20	0.30	6.1
200.0	0.75	3.75	0.49	30.13	3/4"	8	0.20	0.36	7.3
225.0	0.80	4.05	0.51	32.35	3/4"	8	0.20	0.40	8.1
250.0	0.85	4.25	0.55	33.06	3/4"	8	0.22	0.40	8.9
300.0	0.95	4.70	0.59	36.81	7/8"	10	0.24	0.44	10.7
400.0	1.10	5.45	0.67	42.79	7/8"	8	0.28	0.50	14.2
450.0									
500.0									
600.0									

Fuente: Eduardo Arnal (1988)

PRESION ADMISIBLE EN EL SUELO: 20 TON/M<sup>2</sup>

Carga axial tons.	DIMENSIONES			REFUERZO			VIGAS DE RIOSTRA		
	Pedestal mts.	Base mts.	Espesor mts.	Area cm <sup>2</sup> /mt.	BARRAS		SECCION		Area refuerzo cm <sup>2</sup>
					Ø	Separ.	b	h	
10.0	0.30	0.75	0.20	5.07	3/8"	14	0.20	0.20	4.0
12.5	0.30	0.85	0.20	5.34	3/8"	12	0.20	0.20	4.0
15.0	0.30	0.90	0.20	6.45	3/8"	10	0.20	0.20	4.0
17.5	0.30	1.00	0.21	7.07	3/8"	10	0.20	0.20	4.0
20.0	0.30	1.05	0.21	8.13	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
22.5	0.30	1.10	0.23	8.08	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
25.0	0.30	1.15	0.23	9.03	1/2"	14	0.20	0.20	4.0
30.0	0.30	1.25	0.25	9.74	1/2"	12	0.20	0.20	4.0
35.0	0.30	1.35	0.27	10.31	1/2"	12	0.20	0.20	4.0
40.0	0.30	1.45	0.29	10.78	1/2"	10	0.20	0.20	4.0
45.0	0.30	1.55	0.29	12.20	1/2"	10	0.20	0.20	4.0
50.0	0.35	1.65	0.31	12.48	1/2"	10	0.20	0.20	4.0
60.0	0.35	1.80	0.33	13.93	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
70.0	0.40	1.95	0.35	15.18	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
80.0	0.40	2.05	0.39	15.21	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
90.0	0.45	2.20	0.39	17.22	5/8"	10	0.20	0.20	4.0
100.0	0.45	2.30	0.41	18.06	5/8"	10	0.20	0.20	4.0
115.0	0.50	2.45	0.45	18.62	5/8"	10	0.20	0.20	4.0
130.0	0.55	2.60	0.47	20.08	5/8"	8	0.20	0.24	4.8
150.0	0.55	2.80	0.49	22.17	5/8"	8	0.20	0.26	5.2
175.0	0.60	3.05	0.53	23.69	5/8"	8	0.20	0.30	6.1
200.0	0.65	3.25	0.57	24.95	3/4"	10	0.20	0.36	7.3
225.0	0.70	3.45	0.59	27.09	3/4"	10	0.20	0.40	8.1
250.0	0.75	3.65	0.63	27.97	3/4"	10	0.22	0.40	8.9
300.0	0.80	4.05	0.67	31.48	3/4"	8	0.24	0.44	10.7
400.0	0.95	4.70	0.75	37.28	7/8"	10	0.28	0.50	14.2
450.0	1.00	5.00	0.79	39.68	7/8"	8	0.28	0.56	15.9
500.0	1.05	5.30	0.83	41.83	7/8"	8	0.30	0.58	17.7
600.0	1.20	5.85	0.91	45.49	7/8"	8	0.34	0.62	21.4

Fuente: Eduardo Arnal (1988)

Tabla N° 7.7

PRESION ADMISIBLE EN EL SUELO: 25 TON/M<sup>2</sup>

Carga axial tona.	DIMENSIONES			REFUERZO			VIGAS DE RIOSTRA		
	Pedestal mts.	Base mts.	Espesor mts.	Area cm <sup>2</sup> /mt.	BARRAS		SECCION		Area refuerzo cm <sup>2</sup>
					Ø	Separ.	b	h	
10.0	0.30	0.65	0.20	5.07	3/8"	14	0.20	0.20	4.0
12.5	0.30	0.75	0.20	5.34	3/8"	12	0.20	0.20	4.0
15.0	0.30	0.80	0.21	6.02	3/8"	10	0.20	0.20	4.0
17.5	0.30	0.85	0.23	6.22	3/8"	10	0.20	0.20	4.0
20.0	0.30	0.95	0.23	7.15	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
22.5	0.30	1.00	0.25	7.21	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
25.0	0.30	1.05	0.25	8.04	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
30.0	0.30	1.15	0.27	8.77	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
35.0	0.30	1.25	0.29	9.37	1/2"	12	0.20	0.20	4.0
40.0	0.30	1.30	0.31	9.88	1/2"	12	0.20	0.20	4.0
45.0	0.30	1.40	0.33	10.31	1/2"	12	0.20	0.20	4.0
50.0	0.30	1.45	0.35	10.68	1/2"	10	0.20	0.20	4.0
60.0	0.35	1.60	0.37	12.03	1/2"	10	0.20	0.20	4.0
70.0	0.35	1.70	0.39	13.23	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
80.0	0.40	1.85	0.41	14.29	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
90.0	0.40	1.95	0.43	15.24	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
100.0	0.40	2.05	0.47	15.26	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
115.0	0.45	2.20	0.49	16.78	5/8"	10	0.20	0.20	4.0
130.0	0.50	2.35	0.51	18.17	5/8"	10	0.20	0.24	4.8
150.0	0.50	2.50	0.55	19.27	5/8"	10	0.20	0.26	5.2
175.0	0.55	2.70	0.59	20.82	5/8"	8	0.20	0.30	6.1
200.0	0.60	2.90	0.63	22.15	5/8"	8	0.20	0.36	7.3
225.0	0.65	3.10	0.65	24.13	5/8"	8	0.20	0.40	8.1
250.0	0.65	3.25	0.69	25.11	3/4"	10	0.22	0.40	8.9
300.0	0.70	3.55	0.75	27.56	3/4"	10	0.24	0.44	10.7
400.0	0.85	4.20	0.85	32.18	3/4"	8	0.28	0.50	14.2
450.0	0.90	4.45	0.89	34.51	3/4"	8	0.28	0.56	15.9
500.0	0.95	4.70	0.93	36.62	7/8"	10	0.30	0.58	17.7
600.0	1.05	5.20	1.01	40.30	7/8"	8	0.34	0.62	21.4

Fuente: Eduardo Arnal (1988)

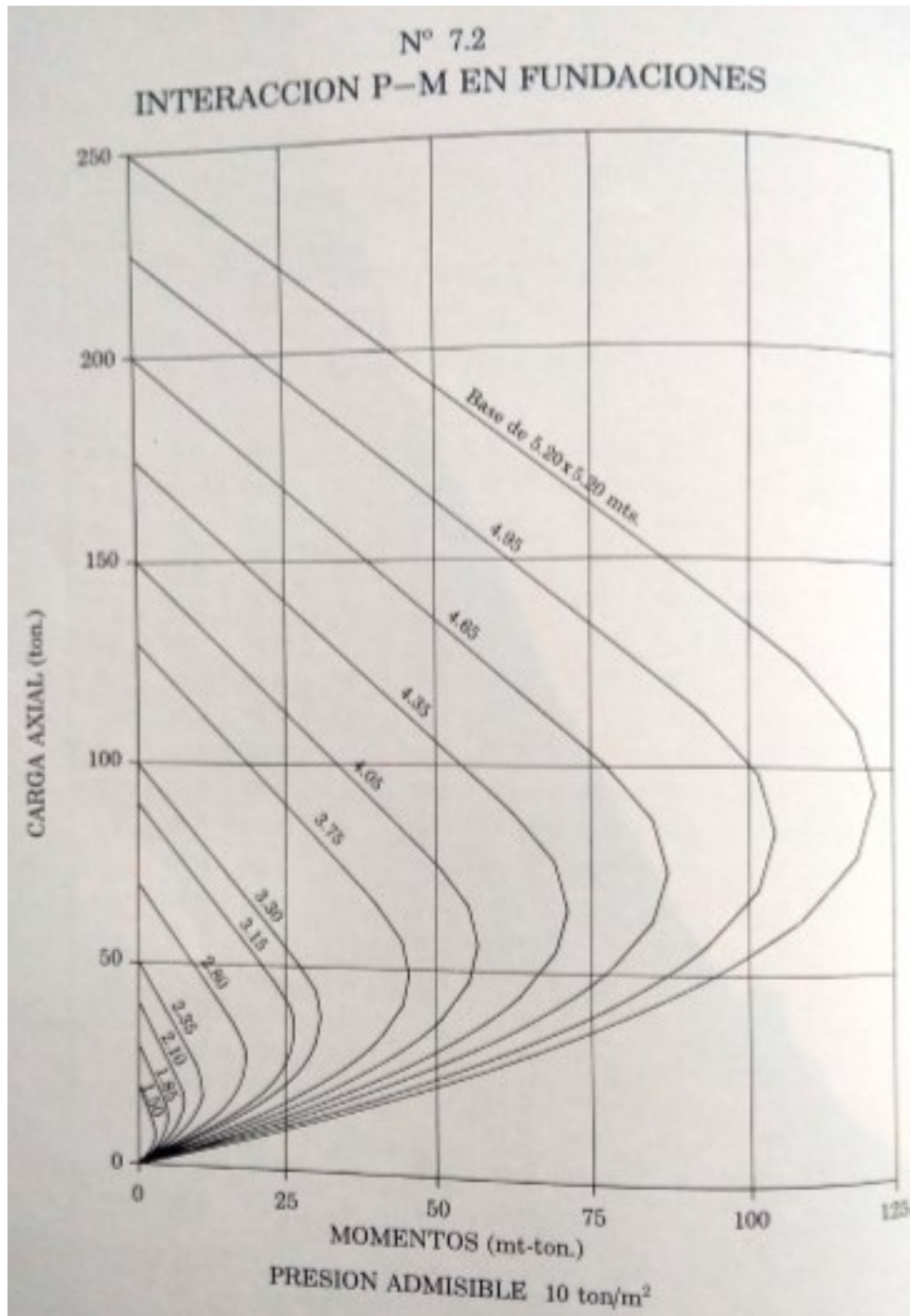
Tabla N° 7.9  
PRESION ADMISIBLE EN EL SUELO: 30 TON/M<sup>2</sup>

Carga axial tons.	DIMENSIONES			REFUERZO			VIGAS DE RIOSTRA		
	Pedestal mts.	Base mts.	Espesor mts.	Area cm <sup>2</sup> /mt.	BARRAS		SECCION		Area refuerzo cm <sup>2</sup>
					Ø	Separ.	b	h	
10.0	0.30	0.60	0.20	5.07	3/8"	14	0.20	0.20	4.0
12.5	0.30	0.70	0.21	5.41	3/8"	12	0.20	0.20	4.0
15.0	0.30	0.75	0.23	6.09	3/8"	10	0.20	0.20	4.0
17.5	0.30	0.80	0.23	6.22	3/8"	10	0.20	0.20	4.0
20.0	0.30	0.85	0.25	6.76	3/8"	10	0.20	0.20	4.0
22.5	0.30	0.90	0.27	7.44	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
25.0	0.30	0.95	0.27	7.44	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
30.0	0.30	1.05	0.29	8.11	3/8"	8	0.20	0.20	4.0
35.0	0.30	1.10	0.33	9.47	1/2"	12	0.20	0.20	4.0
40.0	0.30	1.20	0.33	9.47	1/2"	12	0.20	0.20	4.0
45.0	0.30	1.25	0.35	10.14	1/2"	12	0.20	0.20	4.0
50.0	0.30	1.35	0.37	10.82	1/2"	10	0.20	0.20	4.0
60.0	0.30	1.45	0.39	10.50	1/2"	10	0.20	0.20	4.0
70.0	0.30	1.55	0.43	12.85	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
80.0	0.35	1.70	0.45	13.52	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
90.0	0.35	1.80	0.47	14.20	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
100.0	0.40	1.85	0.51	15.55	1/2"	8	0.20	0.20	4.0
115.0	0.40	2.00	0.53	16.23	5/8"	12	0.20	0.20	4.0
130.0	0.45	2.15	0.55	16.90	5/8"	10	0.20	0.24	4.8
150.0	0.45	2.30	0.59	18.26	5/8"	10	0.20	0.26	5.2
175.0	0.50	2.45	0.65	20.29	5/8"	8	0.20	0.30	6.1
200.0	0.55	2.65	0.67	20.96	5/8"	8	0.20	0.36	7.3
225.0	0.55	2.80	0.71	22.31	5/8"	8	0.20	0.40	8.1
250.0	0.60	2.95	0.75	23.67	5/8"	8	0.22	0.40	8.9
300.0	0.65	3.25	0.81	25.70	3/4"	10	0.24	0.44	10.7
400.0	0.75	3.80	0.93	29.75	3/4"	8	0.28	0.50	14.2
450.0	0.80	4.05	0.97	31.28	3/4"	8	0.28	0.56	15.9
500.0	0.85	4.25	1.03	33.13	3/4"	8	0.30	0.58	17.7
600.0	0.95	4.70	1.11	36.20	7/8"	10	0.34	0.62	21.4

Fuente: Eduardo Arnal (1988)

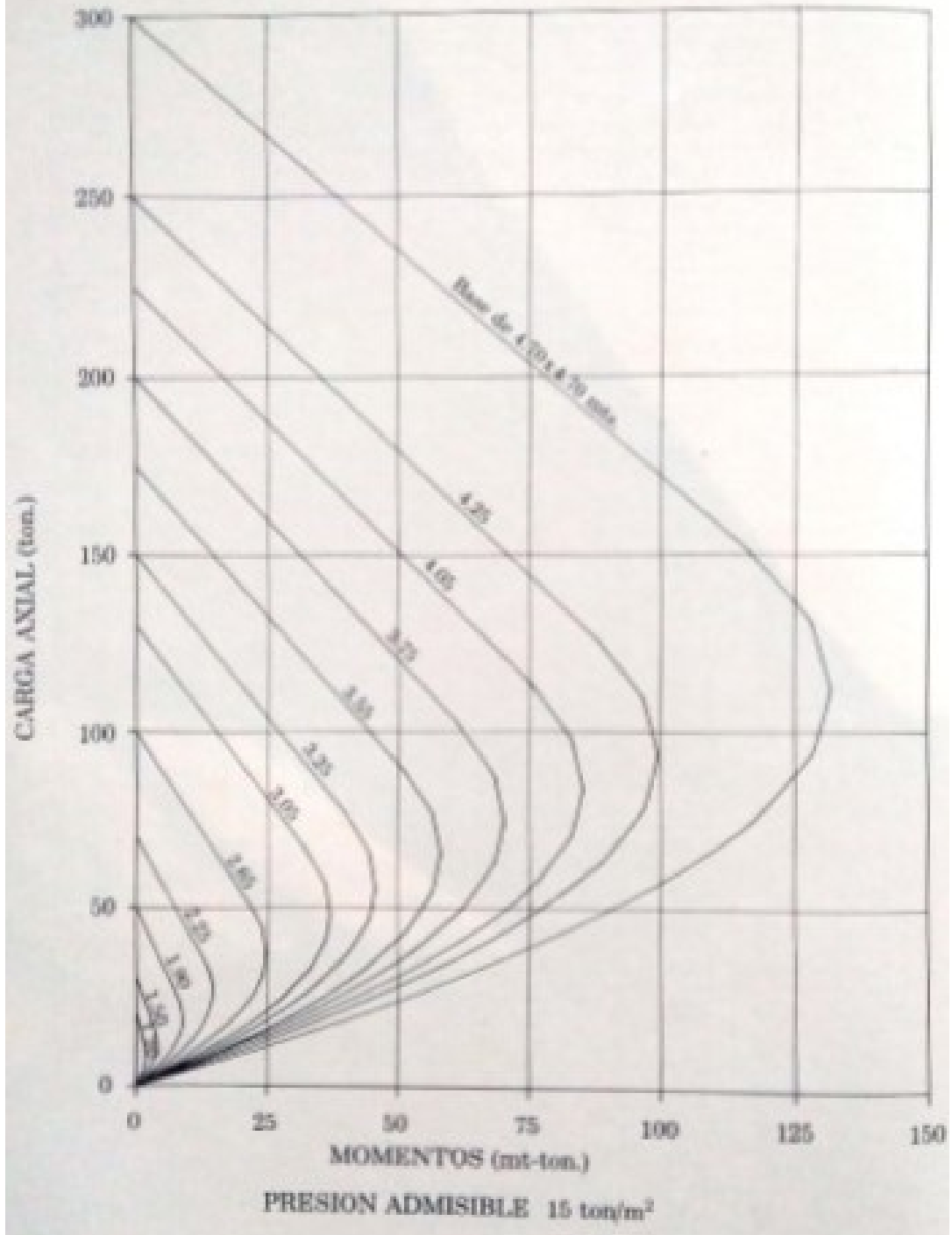
## ANEXO C

### ÁBACOS DE DIMENSIONADO DE ZAPATAS EXCÉNTRICAS DE E. ARNAL



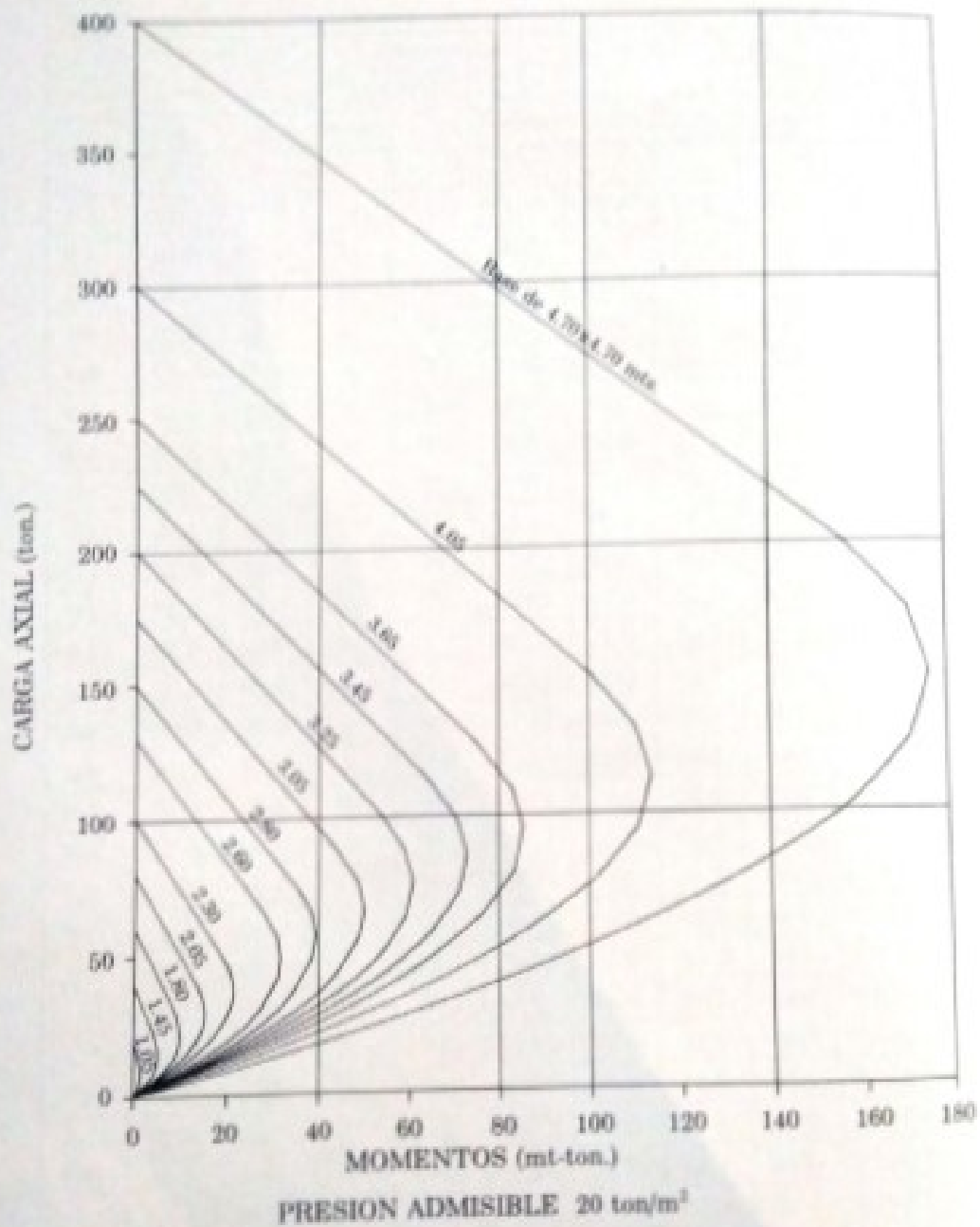
Fuente: Eduardo Arnal (1988)

Nº 7.4  
INTERACCION P-M EN FUNDACIONES

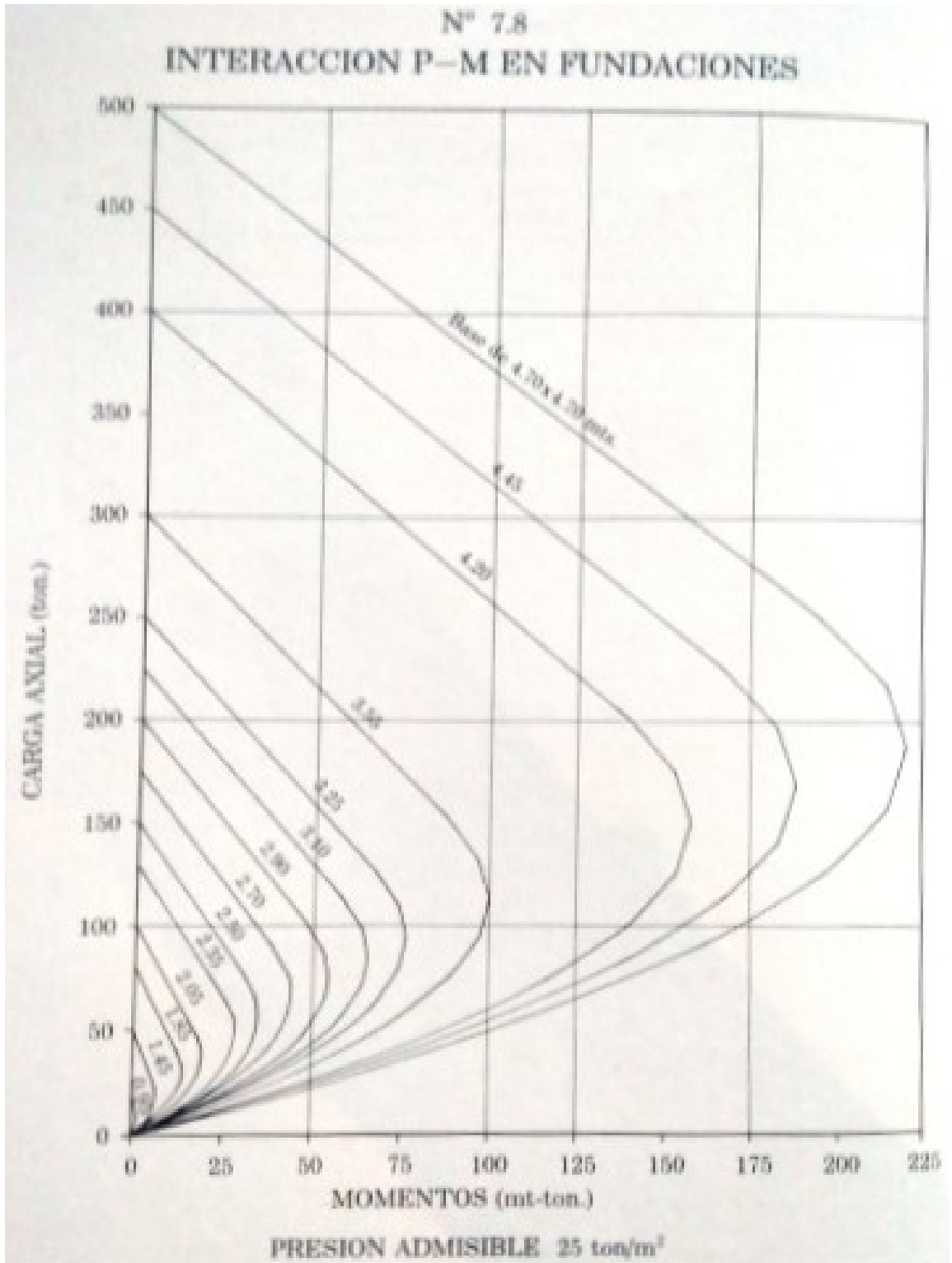


Fuente: Eduardo Arnal (1988)

Nº 7.6  
INTERACCION P-M EN FUNDACIONES

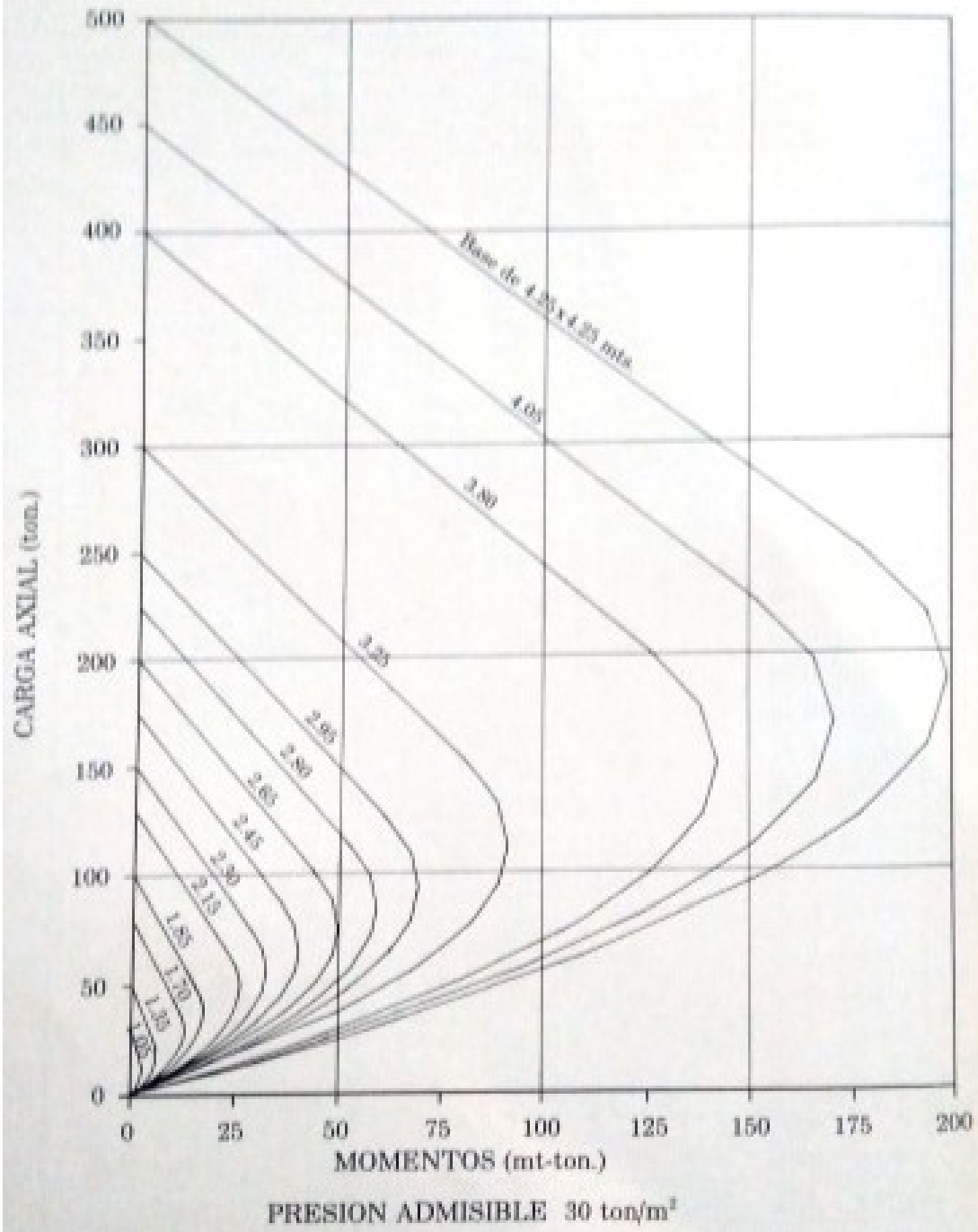


Fuente: Eduardo Arnal (1988)



Fuente: Eduardo Arnal (1988)

N° 7.10  
INTERACCION P-M EN FUNDACIONES



Fuente: Eduardo Arnal (1988)

## ANEXO D

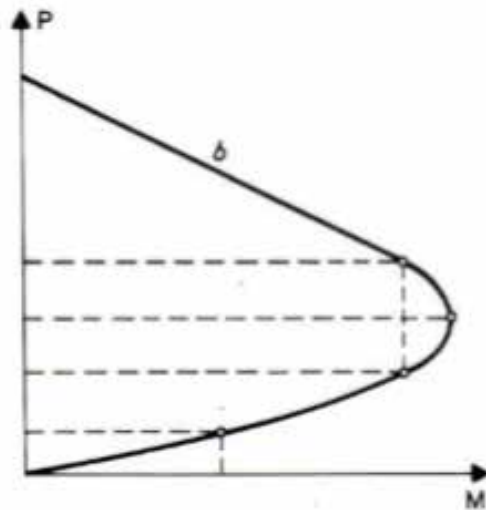
### INSTRUCTIVO DEL USO DE LAS TABLAS Y ÁBACOS DE H. ARNAL

#### USO DE LAS TABLAS

1. Escoger la tabla que cumpla con los valores de  $f'_c$ ,  $f_y$  y  $q_s$  del proyecto.
2. Entrar a la columna de CARGA, con el valor de  $P$  (sin mayorar) proveniente de la superestructura.
3. En la línea correspondiente se encontrará todos los valores necesarios para el diseño de la fundación.

En las tablas siguientes se dan la geometría, las cabillas, el volumen de concreto y el peso de las armaduras de las fundaciones, para diferentes resistencias de suelos y para varias calidades de concreto y acero.

**Fuente:** Henrique Arnal (1984)



El efecto de los momentos en las fundaciones de columnas se puede tomar en cuenta utilizando los diagramas de iteración P - M.

- Se busca en los diagramas correspondientes los puntos de intersección de las combinaciones de fuerza axial y momento que actúan en la base de la columna, para así determinar el lado de la base cuadrada cuya curva envuelve a todas las combinaciones.

Los diagramas de iteración están contruidos en función de la carga P y el lado b de la fundación cuadrada requerida para esa carga:

a) Segmento recto.

$$y = P \quad ; \quad x = 0.0 \quad (\text{momento nulo})$$

$$y = 0.50 P \quad ; \quad x = 0.0833 P.b$$

b) Segmento parabólico, tangente a la recta, que pasa por:

$$y = 0.50 P \quad ; \quad x = 0.0833 P.b$$

$$y = 0.375 P \quad ; \quad x = 0.09375 P.b \quad (\text{momento máximo})$$

$$y = 0.25 P \quad ; \quad x = 0.0833 P.b$$

$$y = 0.125 P \quad ; \quad x = 0.05208 P.b$$

$$y = 0.0 \quad ; \quad x = 0.0$$

- En los ábacos de las páginas siguientes, para una presión de suelos, una carga axial y un momento dados, se obtiene el lado de la base cuadrada. Y entrando a las tablas de fundaciones sometidas a carga axial y para el lado de la base obtenido, se escoge el espesor y armadura correspondientes.

Fuente: Henrique Arnal (1984)

## ANEXO E

### TABLAS DE DIMENSIONADO DE ZAPATAS CONCÉNTRICAS DE H. ARNAL

TABLA 9.16

$q_s = 1.00 \text{ kg/cm}^2$

$f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$

$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

CARGA P ton	BASE		ESCALON		PEDESTAL		CABILLAS DE LA BASE (c/s)				VOLUMEN DE CONCRETO mts <sup>3</sup>	PESEO DE CABILLAS kgs
	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm	ACERO FLEXIÓN cm <sup>2</sup>	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts			
9.28	180	30			30		1.4	5 6 3/8*	1.15	0.30	6.4	
11.23	110	30			30		1.9	5 6 3/8*	1.20	0.26	6.7	
13.36	120	30			30		2.7	5 6 3/8*	1.30	0.43	7.3	
15.68	130	30			35		3.2	5 6 3/8*	1.40	0.51	7.8	
18.19	140	30			35		4.3	6 6 3/8*	1.50	0.59	10.1	
20.89	150	30			40		5.0	6 6 3/8*	1.60	0.68	14.3	
23.76	160	30			45		6.4	9 6 3/8*	1.70	0.77	17.1	
26.82	170	30			45		7.3	11 6 3/8*	1.80	0.87	22.1	
30.87	180	30			50		9.0	13 6 3/8*	1.90	0.97	27.6	
33.50	190	30			50		10.3	15 6 3/8*	2.00	1.00	33.5	
37.12	200	30			50		12.4	18 6 3/8*	2.10	1.20	42.3	
40.92	210	30			55		13.9	20 6 3/8*	2.20	1.32	49.2	
44.92	220	30			55		16.5	14 6 1/2*	2.40	1.45	66.8	
49.09	230	30			60		18.3	15 6 1/2*	2.50	1.59	74.6	
53.45	240	30			60		21.4	17 6 1/2*	2.60	1.73	87.9	
58.00	250	30			65		23.6	19 6 1/2*	2.70	1.87	102.0	
62.73	260	30			65		27.3	14 6 5/8*	2.85	2.03	124.0	
67.65	270	30			70		29.0	16 6 5/8*	2.95	2.19	146.7	
72.76	280	30			70		34.0	18 6 5/8*	3.05	2.35	178.6	
78.04	290	30			75		37.0	19 6 5/8*	3.15	2.52	186.0	
82.44	300	35			75		34.0	18 6 5/8*	3.25	3.15	181.8	
88.03	310	35			80		36.7	19 6 5/8*	3.35	3.36	197.8	
93.80	320	35			80		41.2	15 6 3/4*	3.55	3.58	230.2	
99.75	330	35			85		44.3	16 6 3/4*	3.65	3.81	261.3	
105.89	340	35			85		49.4	18 6 3/4*	3.75	4.05	302.0	
112.21	350	35			90		52.9	19 6 3/4*	3.85	4.29	327.3	
117.16	360	40			90		49.1	18 6 3/4*	3.95	5.18	310.1	
123.76	370	40			95		52.4	19 6 3/4*	4.05	5.48	344.3	
130.54	380	40			95		57.8	21 6 3/4*	4.15	5.78	389.9	
137.50	390	40			100		61.4	22 6 3/4*	4.25	6.88	418.3	
144.64	400	40			100		67.4	24 6 3/4*	4.35	6.48	467.1	
151.96	410	40			105		71.4	24 6 3/4*	4.45	6.72	517.6	
155.76	420	45	210	15	105		66.2	24 6 3/4*	4.55	8.48	488.6	
163.27	430	45	215	15	110		69.9	25 6 3/4*	4.65	9.81	520.1	
170.95	440	45	220	15	110		76.1	27 6 3/4*	4.75	9.44	573.8	
178.81	450	45	225	15	115		80.2	29 6 3/4*	4.85	9.87	629.3	
186.84	460	45	230	15	115		86.9	23 6 7/8*	5.00	10.32	700.4	
195.05	470	45	235	15	120		91.4	24 6 7/8*	5.10	10.77	745.4	
203.44	480	45	240	15	120		98.0	27 6 7/8*	5.20	11.23	823.4	
212.01	490	45	245	15	125		103.7	27 6 7/8*	5.30	11.78	871.5	
220.75	500	45	250	15	125		111.7	29 6 7/8*	5.40	12.19	953.7	

Fuente: Henrique Arnal (1984)

TABLA 9.17

$q_s = 1.50 \text{ kg/cm}^2$

$f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$   
 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

CARGA P ton	BASE		ESCALON		PEDESTAL CABILLAS DE LA BASE (c/s)				VOLUMEN DE CONCRETO mts <sup>3</sup>	PESO DE CABILLAS kgs
	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm	LADO min cm	ACERO FLEXION cm <sup>2</sup>	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts		
14.20	100	30			30	2.1	5 0 3/8*	1.15	0.30	6.4
17.28	110	30			30	3.0	5 0 3/8*	1.20	0.36	6.7
20.56	120	30			30	4.1	6 0 3/8*	1.30	0.43	8.7
24.13	130	30			35	5.0	7 0 3/8*	1.40	0.51	11.0
27.99	140	30			35	6.5	10 0 3/8*	4.30	0.59	16.8
32.13	150	30			40	7.7	11 0 3/8*	1.60	0.60	19.7
36.56	160	30			40	9.8	14 0 3/8*	1.70	0.77	26.6
41.27	170	30			45	11.3	16 0 3/8*	1.00	0.87	32.2
46.27	180	30			45	13.9	20 0 3/8*	1.90	0.97	42.5
51.55	190	30			50	15.8	13 0 1/2*	2.10	1.09	54.3
57.12	200	30			50	19.1	16 0 1/2*	2.20	1.20	70.0
62.97	210	30			55	21.4	17 0 1/2*	2.30	1.32	77.7
69.12	220	30			55	25.4	13 0 5/8*	2.45	1.45	99.0
75.54	230	30			60	28.2	15 0 5/8*	2.55	1.59	110.9
82.25	240	30			60	33.0	17 0 5/8*	2.65	1.73	140.0
89.25	250	30			65	36.3	19 0 5/8*	2.75	1.87	162.4
96.53	260	30			65	41.9	15 0 3/4*	2.95	2.03	190.0
104.10	270	30			70	45.0	17 0 3/4*	3.05	2.19	232.0
111.96	280	30			70	52.4	19 0 3/4*	3.15	2.35	267.8
120.09	290	30			75	56.9	20 0 3/4*	3.25	2.52	290.8
127.44	300	35			75	52.5	19 0 3/4*	3.35	3.15	284.8
136.08	310	35			80	56.7	20 0 3/4*	3.45	3.36	308.7
145.00	320	35			80	63.7	23 0 3/4*	3.55	3.58	365.3
154.20	330	35			85	68.5	25 0 3/4*	3.65	3.81	408.3
163.69	340	35			85	76.4	27 0 3/4*	3.75	4.05	453.0
173.46	350	35			90	81.8	29 0 3/4*	3.85	4.29	499.5
181.96	360	40			90	76.3	27 0 3/4*	3.95	5.18	477.2
192.21	370	40			95	81.4	29 0 3/4*	4.05	5.48	525.5
202.74	380	40			95	89.7	24 0 7/8*	4.20	5.78	613.9
213.55	390	40			100	95.4	25 0 7/8*	4.30	6.09	654.7
224.64	400	40			100	104.7	27 0 7/8*	4.40	6.40	723.5
236.01	410	40			105	118.9	29 0 7/8*	4.50	6.72	794.7
243.96	420	45	15	15	105	103.7	27 0 7/8*	4.60	8.60	756.4
253.72	430	45	15	15	110	109.5	29 0 7/8*	4.70	9.01	830.1
267.75	440	45	220	15	110	119.2	24 0 1*	4.90	9.44	935.6
280.06	450	45	225	15	115	125.6	25 0 1*	5.00	9.87	994.5
292.64	460	45	230	15	115	136.2	27 0 1*	5.10	10.32	1095.5
305.58	470	45	235	15	120	143.2	29 0 1*	5.20	10.77	1199.8
315.19	480	50	240	20	120	135.3	27 0 1*	5.30	12.67	1130.5
324.06	490	55	245	25	125	125.8	25 0 1*	5.40	14.71	1074.1
338.25	500	55	250	25	125	135.4	27 0 1*	5.50	15.31	1181.5

Fuente: Henrique Arnal (1984)

TABLA 9.18

$q_s = 2.00 \text{ kg/cm}^2$

$f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$   
 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

CARGA P ton	BASE		ESCALON		PEDESTAL		CABILLAS DE LA BASE (c/s)			VOLUMEN DE CONCRETO mts <sup>3</sup>	PESO DE CABILLAS kgs
	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm	LADO mln cm	ACERO FLEXION cm	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts			
19.28	180	30			30	2.8	5 4 3/8"	1.15	8.38	6.4	
23.33	118	30			30	4.0	6 4 3/8"	1.28	9.36	8.0	
27.76	120	30			30	5.6	8 4 3/8"	1.38	9.43	11.6	
32.58	138	30			35	6.7	10 4 3/8"	1.40	9.51	15.7	
37.79	148	30			35	8.8	13 4 3/8"	1.58	9.59	21.8	
43.38	158	30			40	10.4	15 4 3/8"	1.60	9.68	26.8	
49.36	168	30			40	13.2	19 4 3/8"	1.70	9.77	36.1	
55.72	178	30			45	15.2	13 4 1/2"	1.98	9.87	49.1	
62.47	188	30			45	18.8	15 4 1/2"	2.00	9.97	59.6	
69.68	198	30			50	21.3	17 4 1/2"	2.18	1.08	71.8	
77.12	208	30			50	25.8	14 4 5/8"	2.25	1.20	97.9	
85.82	218	30			55	28.9	15 4 5/8"	2.35	1.32	189.6	
93.32	228	30			55	34.3	18 4 5/8"	2.45	1.45	137.1	
101.99	238	30			60	39.1	20 4 5/8"	2.55	1.59	158.5	
110.36	248	35			60	36.4	19 4 5/8"	2.65	2.02	156.5	
119.88	258	40			65	33.7	18 4 5/8"	2.75	2.58	153.8	
128.71	268	48			65	39.8	20 4 5/8"	2.85	2.78	177.2	
138.88	278	48			70	42.6	15 4 3/4"	3.05	2.92	204.7	
149.27	288	48			75	48.7	18 4 3/4"	3.15	3.14	253.7	
160.13	298	48			75	52.9	19 4 3/4"	3.25	3.36	276.3	
171.36	308	48			80	59.9	22 4 3/4"	3.35	3.60	329.7	
182.97	318	48			80	64.7	23 4 3/4"	3.45	3.84	355.8	
194.97	328	48			88	72.7	26 4 3/4"	3.55	4.10	413.8	
207.35	338	48			85	78.1	28 4 3/4"	3.65	4.36	457.2	
217.67	348	45	178	15	85	74.9	27 4 3/4"	3.75	5.64	453.8	
228.83	358	58	175	20	90	70.2	25 4 3/4"	3.85	6.74	438.6	
242.89	368	58	180	20	90	77.9	28 4 3/4"	3.95	7.13	494.8	
255.73	378	58	185	20	95	83.1	30 4 3/4"	4.05	7.53	543.6	
269.74	388	58	190	20	95	91.6	24 4 7/8"	4.20	7.94	613.9	
284.12	398	58	195	20	100	97.4	26 4 7/8"	4.30	8.37	688.9	
298.88	408	58	200	20	100	106.9	28 4 7/8"	4.48	8.88	758.3	
314.81	418	58	205	20	105	113.2	30 4 7/8"	4.58	9.25	822.2	
329.52	428	58	210	20	105	123.7	25 4 1"	4.78	9.78	934.8	
345.39	438	58	215	20	110	130.7	26 4 1"	4.88	10.17	992.9	
358.74	448	55	220	25	110	126.4	25 4 1"	4.98	11.86	974.6	
372.19	458	68	225	30	115	119.8	24 4 1"	5.08	13.67	954.7	
388.92	468	68	230	30	115	129.8	26 4 1"	5.18	14.28	1055.8	
406.81	478	68	235	30	120	136.5	27 4 1"	5.28	14.91	1117.8	
423.48	488	68	240	30	120	147.4	30 4 1"	5.38	15.55	1265.8	
441.38	498	68	245	30	125	154.7	31 4 1"	5.48	16.21	1331.8	
459.58	508	68	250	30	125	166.6	33 4 1"	5.58	16.87	1444.8	

Fuente: Henrique Arnal (1984)

TABLA 9.19

$q_s = 2.50 \text{ kg/cm}^2$

$f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$   
 $f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$

CARGA P ton	BASE		ESCALON		PEDESTAL LADO min cm	CABILLAS DE LA BASE (c/s)			VOLUMEN DE CONCRETO mts <sup>3</sup>	PESEO DE CABILLAS kgs
	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm		ACERO FLEXION cm <sup>2</sup>	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts		
24.28	180	30			30	3.5	5 4 3/8"	1.15	0.30	6.4
29.38	110	30			30	5.1	6 4 3/8"	1.20	0.36	10.7
34.96	120	30			30	7.0	10 4 3/8"	1.30	0.43	14.5
41.03	130	30			35	8.5	12 4 3/8"	1.40	0.51	18.8
47.59	140	30			35	11.1	16 4 3/8"	1.50	0.59	26.8
54.63	150	30			40	13.1	19 4 3/8"	1.60	0.68	34.0
62.16	160	30			40	16.6	14 4 1/2"	1.80	0.77	50.1
70.17	170	30			45	19.2	16 4 1/2"	1.90	0.87	60.4
78.67	180	30			45	23.7	19 4 1/2"	2.00	0.97	75.5
87.65	190	30			50	26.9	14 4 5/8"	2.15	1.08	93.6
96.64	200	35			50	26.5	14 4 5/8"	2.25	1.40	97.9
106.02	210	40			55	25.1	13 4 5/8"	2.35	1.76	94.9
116.35	220	40			55	29.8	16 4 5/8"	2.45	1.94	121.8
127.17	230	40			60	33.1	17 4 5/8"	2.55	2.12	134.7
138.47	240	40			60	38.7	20 4 5/8"	2.65	2.30	164.7
150.25	250	40			65	42.6	15 4 3/4"	2.85	2.50	191.3
162.51	260	40			65	49.2	18 4 3/4"	2.95	2.70	237.6
175.25	270	40			70	53.8	19 4 3/4"	3.05	2.92	259.3
188.47	280	40			70	61.5	22 4 3/4"	3.15	3.14	310.0
202.18	290	40			75	66.7	24 4 3/4"	3.25	3.36	349.0
214.47	300	45	15		75	65.1	23 4 3/4"	3.35	4.39	364.7
227.56	310	50	155	20	80	61.7	22 4 3/4"	3.45	5.29	339.6
242.48	320	50	160	20	80	69.4	25 4 3/4"	3.55	5.63	397.1
257.88	330	50	165	20	85	74.6	27 4 3/4"	3.65	5.99	440.9
273.74	340	50	170	20	85	83.2	30 4 3/4"	3.75	6.36	503.3
290.88	350	50	175	20	90	89.8	23 4 7/8"	3.90	6.74	546.3
306.89	360	50	180	20	90	98.8	26 4 7/8"	4.00	7.13	633.4
324.18	370	50	185	20	95	105.3	28 4 7/8"	4.10	7.53	699.1
339.77	380	55	190	25	95	103.4	27 4 7/8"	4.20	8.84	690.6
355.61	390	60	195	30	100	98.9	26 4 7/8"	4.30	10.27	680.9
374.08	400	60	200	30	100	106.5	28 4 7/8"	4.40	10.80	750.3
393.02	410	60	205	30	105	115.0	30 4 7/8"	4.50	11.35	822.2
412.42	420	60	210	30	105	125.6	25 4 1"	4.70	11.91	934.8
432.30	430	60	215	30	110	132.7	27 4 1"	4.80	12.48	1031.1
452.64	440	60	220	30	110	144.5	29 4 1"	4.90	13.07	1130.5
473.44	450	60	225	30	115	152.3	31 4 1"	5.00	13.67	1233.2
491.53	460	65	230	35	115	149.9	30 4 1"	5.10	15.61	1217.3
509.84	470	70	235	40	120	144.2	29 4 1"	5.20	17.67	1199.8
531.76	480	70	240	40	120	155.8	31 4 1"	5.30	18.43	1307.2
554.45	490	70	245	40	125	163.4	33 4 1"	5.40	19.21	1417.8
577.00	500	70	250	40	125	176.0	35 4 1"	5.50	20.00	1531.5

Fuente: Henrique Arnal (1984)

TABLA 9.20

$q_s = 3.00 \text{ kg/cm}^2$

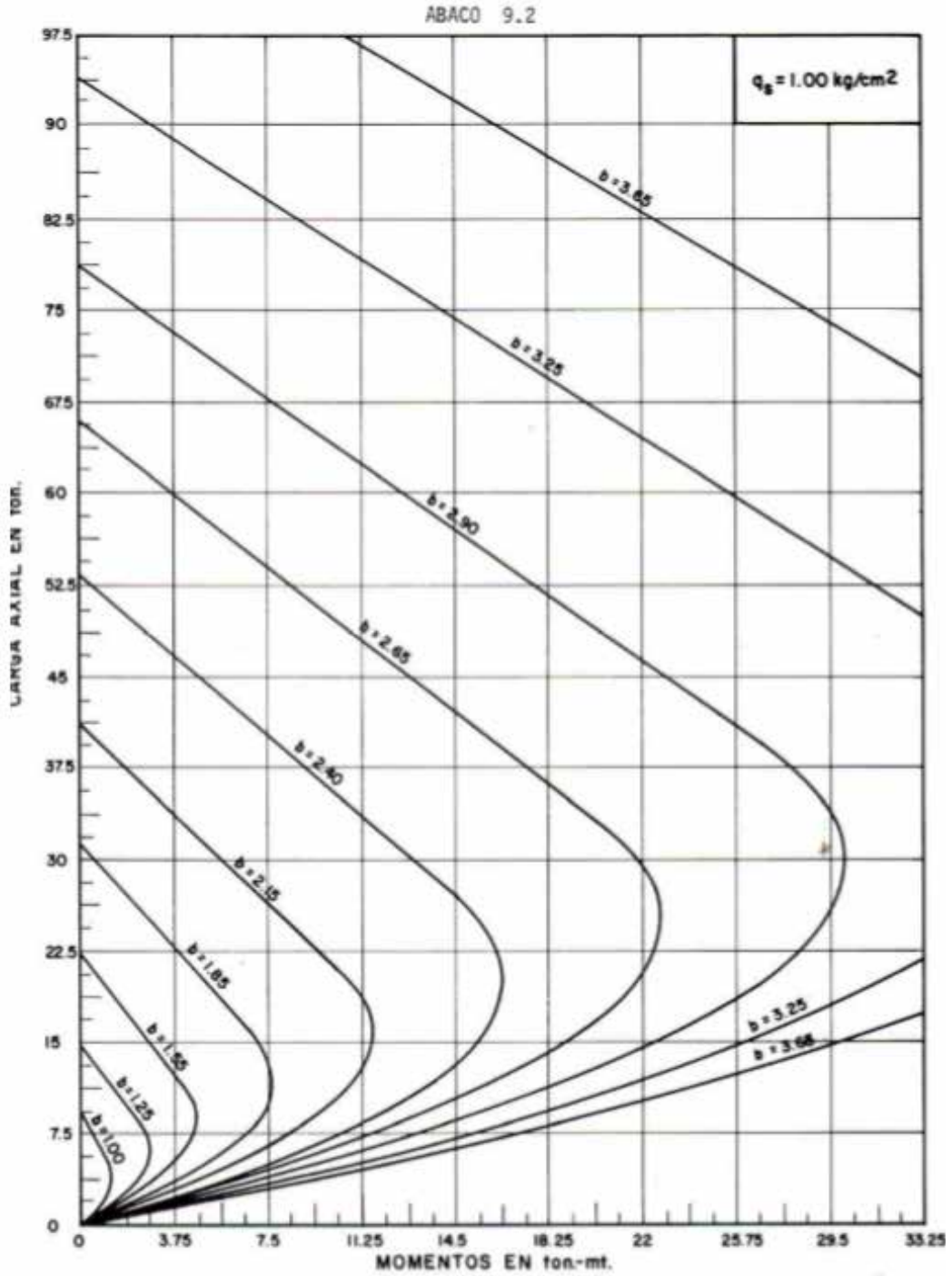
$f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$   
 $f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$

CARGA P ton	BASE		ESCALON		PEDESTAL		CABILLAS DE LA BASE (c/s)			VOLUMEN DE CONCRETO mts <sup>3</sup>	PESO DE CABILLAS kgs
	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm	LADO min cm	ACERO FLEXION cm <sup>2</sup>	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts			
29.28	180	30			30	4.3	6 # 3/8*	1.15	0.30	7.7	
35.43	110	30			30	6.1	9 # 3/8*	1.28	0.36	12.1	
42.16	120	30			30	8.5	12 # 3/8*	1.38	0.43	17.4	
49.48	130	30			35	10.2	15 # 3/8*	1.48	0.51	23.5	
57.39	140	30			35	13.4	19 # 3/8*	1.58	0.59	31.9	
65.88	150	30			40	15.8	13 # 1/2*	1.70	0.68	43.9	
74.96	160	30			48	20.0	16 # 1/2*	1.88	0.77	57.3	
84.62	170	30			45	23.1	19 # 1/2*	1.98	0.87	71.8	
94.48	180	35			45	23.3	19 # 1/2*	2.08	1.13	75.5	
104.83	190	40			50	22.4	18 # 1/2*	2.18	1.44	79.1	
116.16	200	40			50	27.1	14 # 5/8*	2.25	1.68	97.9	
128.87	210	40			55	30.3	16 # 5/8*	2.35	1.76	116.9	
148.55	220	40			55	36.0	19 # 5/8*	2.45	1.94	144.7	
153.62	230	40			60	40.0	15 # 3/4*	2.65	2.12	177.8	
167.27	240	40			60	46.8	17 # 3/4*	2.75	2.30	209.2	
181.58	250	40			65	51.5	19 # 3/4*	2.85	2.58	242.3	
194.89	260	45	15	15	65	51.3	18 # 3/4*	2.95	3.10	237.6	
209.88	270	50	135	28	70	49.2	18 # 3/4*	3.05	4.01	245.6	
224.88	280	50	140	28	70	56.3	20 # 3/4*	3.15	4.31	281.9	
241.28	290	50	145	28	75	61.1	22 # 3/4*	3.25	4.63	319.9	
258.12	300	50	150	28	75	69.2	25 # 3/4*	3.35	4.95	374.7	
275.61	310	50	155	28	80	74.8	27 # 3/4*	3.45	5.29	416.8	
293.68	320	50	160	28	80	84.0	30 # 3/4*	3.55	5.63	476.5	
312.33	330	50	165	28	85	90.3	34 # 7/8*	3.70	5.99	540.8	
329.81	340	55	170	25	85	89.8	31 # 7/8*	3.80	7.08	555.4	
347.66	350	60	175	30	90	86.6	23 # 7/8*	3.90	8.27	546.3	
367.88	360	60	180	30	90	96.0	25 # 7/8*	4.00	8.75	609.0	
388.52	370	60	185	30	95	102.4	27 # 7/8*	4.10	9.24	674.2	
409.81	380	60	190	30	95	113.0	30 # 7/8*	4.20	9.75	767.3	
431.66	390	60	195	30	100	120.0	24 # 1"	4.40	10.27	840.2	
454.88	400	60	200	30	100	131.7	27 # 1"	4.58	10.88	966.7	
474.55	410	65	205	35	105	126.9	26 # 1"	4.68	12.40	951.5	
495.33	420	70	210	40	105	126.9	26 # 1"	4.78	14.11	972.2	
519.28	430	70	215	40	110	134.1	27 # 1"	4.88	14.79	1031.1	
543.63	440	70	220	40	110	146.0	29 # 1"	4.98	15.49	1139.5	
568.62	450	70	225	40	115	153.8	31 # 1"	5.08	16.20	1233.2	
594.17	460	70	230	40	115	166.8	33 # 1"	5.18	16.93	1339.0	
620.29	470	70	235	40	120	175.4	35 # 1"	5.28	17.67	1448.0	
643.51	480	75	240	45	120	174.6	35 # 1"	5.38	19.87	1475.8	
667.88	490	80	245	50	125	169.8	34 # 1"	5.48	22.21	1468.7	
694.58	500	80	250	50	125	182.9	37 # 1"	5.58	23.12	1619.0	

Fuente: Henrique Arnal (1984)

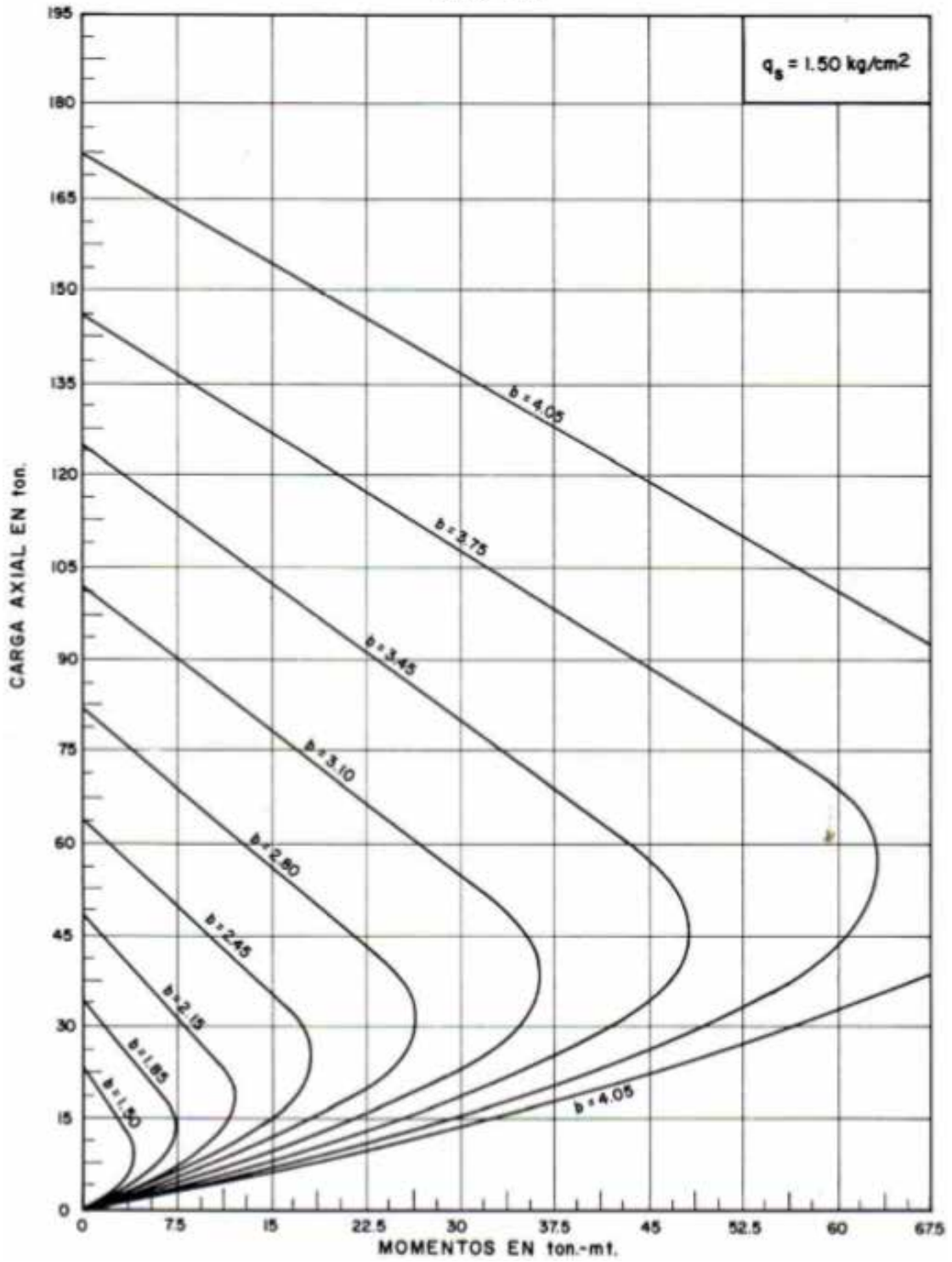
## ANEXO F

### ÁBACOS DE DIMENSIONADO DE ZAPATAS EXCÉNTRICAS DE H. ARNAL

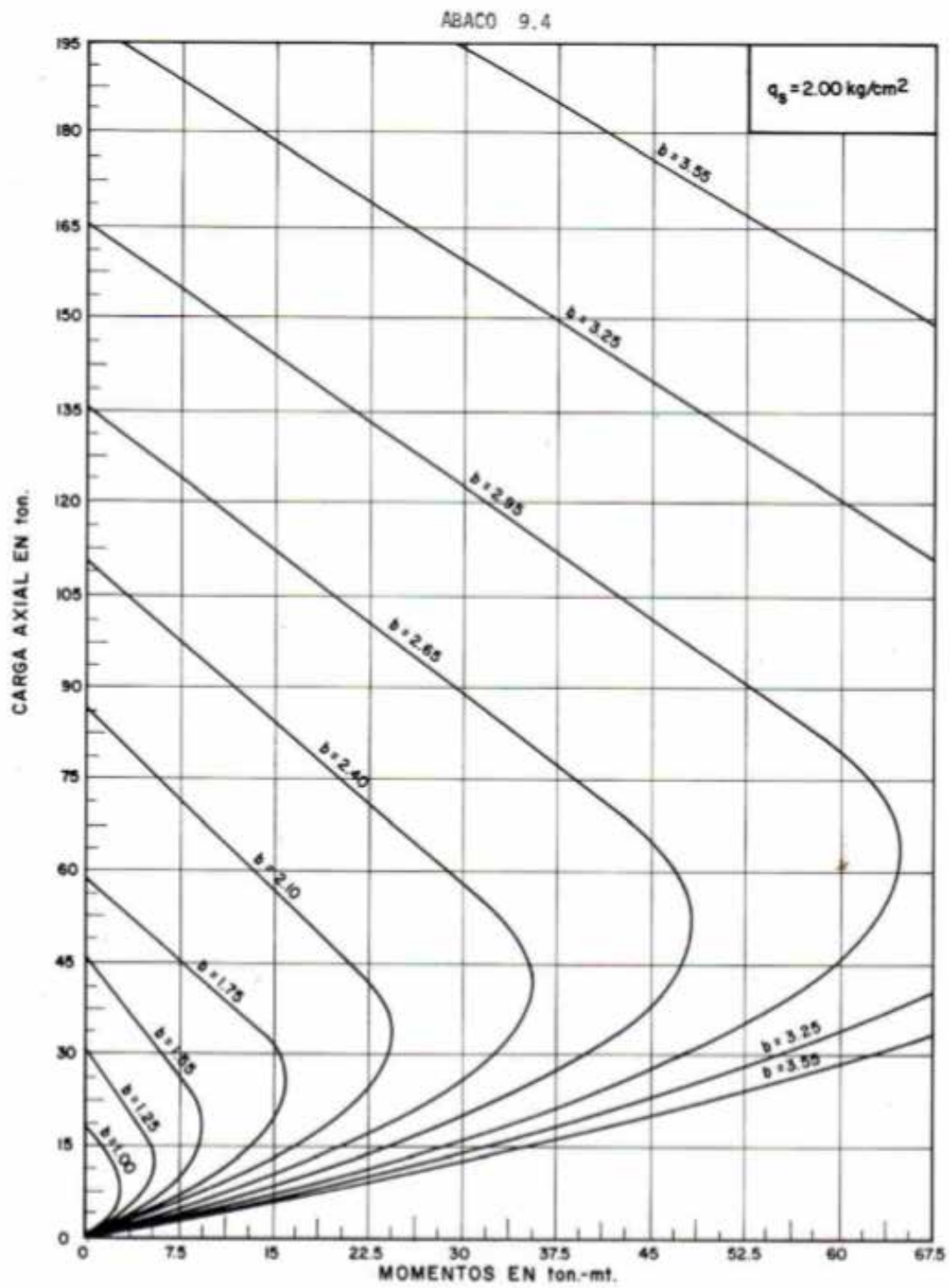


Fuente: Henrique Arnal (1984)

ABACO 9.3

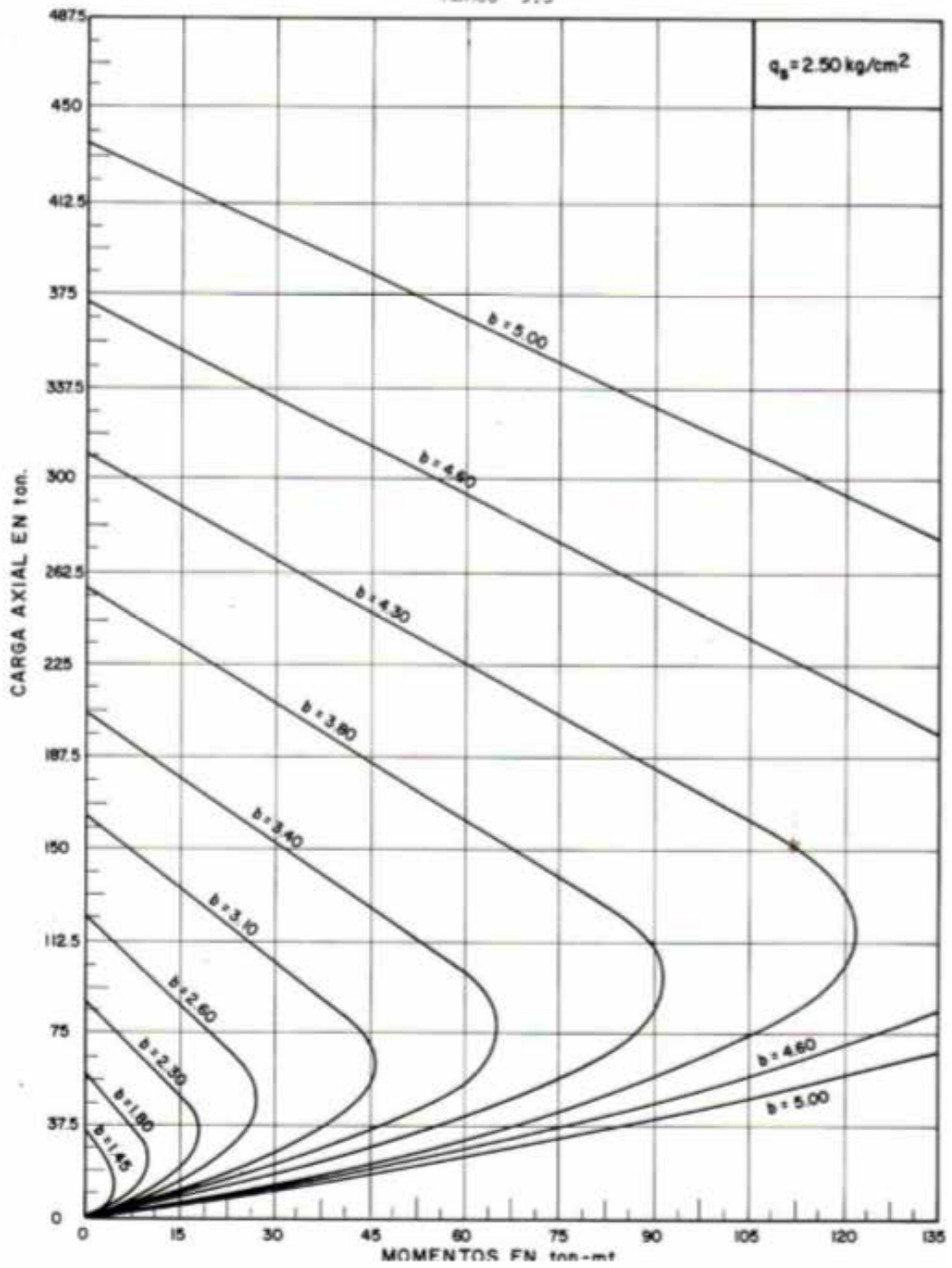


Fuente: Henrique Arnal (1984)



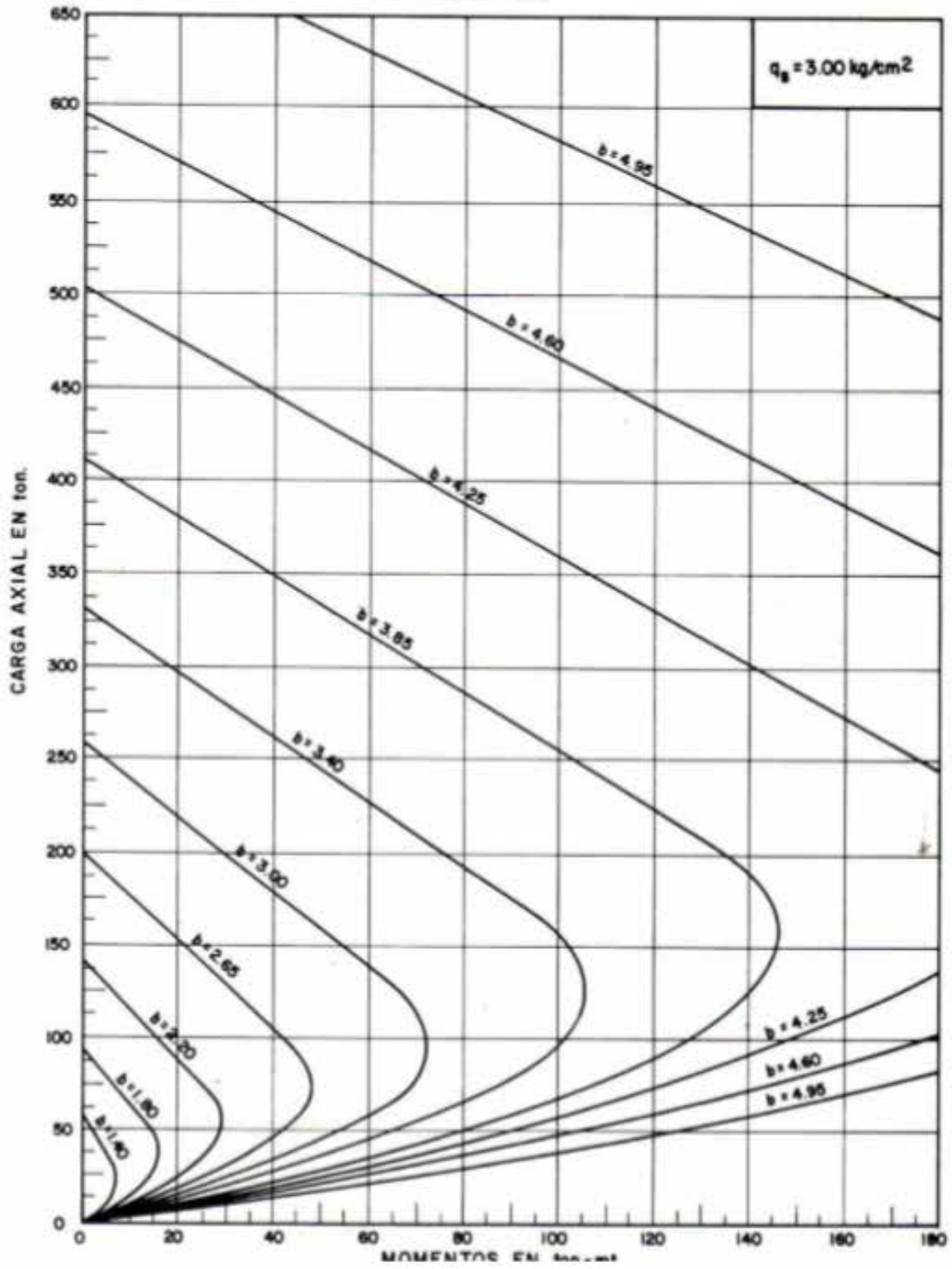
Fuente: Henrique Arnal (1984)

ABACO 9.5



Fuente: Henrique Arnal (1984)

ABACO 9.6



Fuente: Henrique Arnal (1984)

## ANEXO G

### TABLAS DE DIMENSIONADO DE ZAPATAS CONCÉNTRICAS DE M. JUVARRA

TABLA Nº 22

DISEÑO DE FUNDACIONES DIRECTAS

$$\sigma'_{bk} = 200 \text{ Kgs/cm}^2$$

$$N = 10$$

$$R_s = 1,00 \text{ Kgs/cm}^2$$

$$\sigma_a = 1400 \text{ Kgs/cm}^2$$

CARGA TON	BASE		ESCALON		ACERO FLEXION CMS <sup>2</sup>	CABILLAS DE LA BASE	LARGO MTS	VOLUM. CONCR. MTS <sup>3</sup>	PESO DE CAB. KGS
	LADO CMS	ALT CMS	LADO CMS	ALT CMS					
9.33	100	30			1.9	7 CAB NO. 1/4	1.05	.30	3.6
11.29	110	30			2.6	9 CAB NO. 1/4	1.15	.36	5.1
13.44	120	30			3.4	11 CAB NO. 1/4	1.25	.43	6.8
15.77	130	30			4.5	7 CAB NO. 3/8	1.40	.50	10.7
18.29	140	30			5.6	8 CAB NO. 3/8	1.50	.58	13.2
20.99	150	30			6.9	10 CAB NO. 3/8	1.60	.67	17.6
23.88	160	30			8.4	12 CAB NO. 3/8	1.70	.76	22.4
26.96	170	30			10.3	9 CAB NO. 1/2	1.80	.86	32.0
30.22	180	30			12.3	10 CAB NO. 1/2	1.90	.97	37.6
33.66	190	30			14.6	12 CAB NO. 1/2	2.00	1.08	47.5
37.30	200	30			17.1	14 CAB NO. 1/2	2.10	1.20	58.2
41.11	210	30			20.2	11 CAB NO. 5/8	2.30	1.32	78.4
45.11	220	30			23.3	12 CAB NO. 5/8	2.40	1.45	89.2
49.30	230	30			26.7	14 CAB NO. 5/8	2.50	1.58	108.5
53.66	240	30			30.5	16 CAB NO. 5/8	2.60	1.72	128.9
57.57	250	35			27.5	14 CAB NO. 5/8	2.70	2.18	177.1
62.25	260	35			31.0	16 CAB NO. 5/8	2.80	2.36	138.8
67.11	270	35			35.3	13 CAB NO. 3/4	2.90	2.55	168.1
72.17	280	35			39.6	14 CAB NO. 3/4	3.00	2.74	187.3
77.40	290	35			44.1	16 CAB NO. 3/4	3.10	2.94	221.2
81.86	300	40			40.4	15 CAB NO. 3/4	3.20	3.00	214.0
84.40	310	40			44.8	16 CAB NO. 3/4	3.30	3.84	235.4
93.11	320	40			49.4	18 CAB NO. 3/4	3.40	4.09	272.9
99.00	330	40			54.3	20 CAB NO. 3/4	3.50	4.35	312.2
105.27	340	40			59.7	21 CAB NO. 3/4	3.60	4.63	337.4
113.34	350	45	150	15	55.4	20 CAB NO. 3/4	3.70	4.01	330.0
119.82	360	45	160	15	60.4	22 CAB NO. 3/4	3.80	4.27	372.8
128.47	370	45	170	15	66.4	18 CAB NO. 7/8	4.00	4.54	437.7
133.26	380	45	185	15	72.1	19 CAB NO. 7/8	4.10	4.84	473.6
140.33	390	45	190	15	78.1	21 CAB NO. 7/8	4.20	5.10	536.2
147.54	400	45	200	15	84.5	22 CAB NO. 7/8	4.30	5.40	575.1
154.40	410	50	215	20	79.1	21 CAB NO. 7/8	4.40	5.96	561.7
162.02	420	50	220	20	85.2	22 CAB NO. 7/8	4.50	6.26	601.9
169.59	430	50	235	20	91.6	24 CAB NO. 7/8	4.60	6.65	671.2
177.43	440	50	245	20	98.3	26 CAB NO. 7/8	4.70	7.00	742.9
185.56	450	50	250	20	105.4	28 CAB NO. 7/8	4.80	7.32	817.1
192.99	460	55	265	25	99.5	26 CAB NO. 7/8	4.90	8.10	774.5
201.28	470	55	275	25	107.1	22 CAB NO. 1	5.00	8.51	873.4
209.95	480	55	280	25	144.3	23 CAB NO. 1	5.10	8.87	931.3
218.47	490	55	295	25	114.3	24 CAB NO. 1	5.20	9.37	990.9
227.26	500	55	305	25	129.7	26 CAB NO. 1	5.30	9.82	1094.1

Fuente: Máximo Juarra (2010)

**TABLA N° 22**

**DISEÑO DE FUNDACIONES DIRECTAS**

$\sigma_{bk} = 200 \text{ Kgs/cms}^2$   
N = 10

$R_b = 1,50 \text{ Kgs/cm}^2$

$\sigma_a = 1400 \text{ Kgs/cms}^2$

CARGA TON	BASE		ESCALON		ACERO FLEXION CMS <sup>2</sup>	CABILLAS DE LA BASE	LARGO MTS	VOLUM. CONCR. MTS <sup>3</sup>	PESO DE CAB. KGS
	LADO CMS	ALT CMS	LADO CMS	ALT CMS					
14.33	100	30			3.0	10 CAB NO. 1/4	1.05	.30	5.2
17.21	110	35			3.2	11 CAB NO. 1/4	1.15	.42	6.3
20.48	120	35			4.3	7 CAB NO. 3/8	1.30	.50	10.0
24.03	130	35			5.4	8 CAB NO. 3/8	1.40	.59	12.3
27.87	140	35			6.8	10 CAB NO. 3/8	1.50	.68	16.5
31.99	150	35			8.5	12 CAB NO. 3/8	1.60	.78	21.1
36.40	160	35			10.3	15 CAB NO. 3/8	1.70	.89	28.0
41.08	170	35			12.5	18 CAB NO. 3/8	1.80	1.01	35.6
46.06	180	35			15.0	12 CAB NO. 1/2	1.90	1.13	45.1
51.31	190	35			17.8	14 CAB NO. 1/2	2.00	1.26	55.4
56.84	200	35			20.8	17 CAB NO. 1/2	2.18	1.40	70.6
62.66	210	35			24.5	13 CAB NO. 5/8	2.30	1.54	92.6
68.76	220	35			28.3	15 CAB NO. 5/8	2.40	1.69	111.6
75.14	230	35			32.5	17 CAB NO. 5/8	2.50	1.85	131.7
81.20	240	40			30.7	16 CAB NO. 5/8	2.60	2.30	128.9
88.09	250	40			35.2	13 CAB NO. 3/4	2.70	2.50	156.5
92.27	260	40			39.7	14 CAB NO. 3/4	2.80	2.70	174.8
102.72	270	40			44.6	16 CAB NO. 3/4	2.90	2.91	206.9
111.57	280	45	140	15	42.5	15 CAB NO. 3/4	3.00	2.64	200.7
119.50	290	45	160	15	47.8	13 CAB NO. 7/8	3.20	2.90	252.9
127.93	300	45	180	15	53.0	14 CAB NO. 7/8	3.30	3.08	280.8
136.63	310	45	160	15	58.7	16 CAB NO. 7/8	3.40	3.26	330.7
145.09	320	50	180	20	56.2	15 CAB NO. 7/8	3.50	3.72	319.2
154.30	330	50	185	20	61.8	16 CAB NO. 7/8	3.60	3.95	350.2
163.85	340	50	185	20	67.7	18 CAB NO. 7/8	3.70	4.15	404.9
173.61	350	50	190	20	74.1	20 CAB NO. 7/8	3.80	4.39	462.0
182.97	360	55	210	25	71.3	19 CAB NO. 7/8	3.90	4.99	450.5
193.40	370	55	210	25	77.5	20 CAB NO. 7/8	4.00	5.20	486.4
203.73	380	55	225	25	84.2	22 CAB NO. 7/8	4.10	5.59	548.4
214.56	390	55	230	25	91.9	19 CAB NO. 1	4.20	5.88	633.6
225.58	400	55	240	25	99.4	20 CAB NO. 1	4.30	6.24	682.8
236.00	410	60	215	25	95.8	19 CAB NO. 1	4.40	7.03	663.7
247.74	420	60	260	30	103.2	21 CAB NO. 1	4.50	7.32	750.3
259.27	430	60	235	25	111.0	22 CAB NO. 1	4.60	7.85	803.5
271.29	440	60	245	25	119.1	24 CAB NO. 1	4.70	8.27	895.6
283.03	450	65	290	35	115.2	23 CAB NO. 1	4.80	9.01	876.5
295.49	460	65	265	30	123.3	25 CAB NO. 1	4.90	9.51	972.6
308.31	470	65	275	30	131.8	26 CAB NO. 1	5.00	10.00	1032.2
321.55	480	65	280	30	140.6	28 CAB NO. 1	5.10	10.41	1133.8
334.68	490	65	295	30	149.9	30 CAB NO. 1	5.20	11.01	1238.8
347.36	500	70	305	35	145.2	29 CAB NO. 1	5.30	12.00	1220.3

Fuente: Máximo Juarra (2010)

**TABLA Nº 22**

**DISEÑO DE FUNDACIONES DIRECTAS**

$\sigma'_{bk} = 200 \text{ Kgs/cm}^2$   
N = 10

$R_b = 2,00 \text{ Kgs/cm}^2$

$\sigma_a = 1400 \text{ Kgs/cm}^2$

CARGA TON	BASE		ESCALON		ACERO FLEXION CMS <sup>2</sup>	CABILLAS DE LA BASE	LARGO MTS	VOLUM. CONCR. MTS <sup>3</sup>	PESO DE CAB. KGS
	LADO CMS	ALT CMS	LADO CMS	ALT CMS					
19.22	100	35			3.2	11 CAB NO. 1/4	1.05	.35	5.7
23.25	110	35			4.4	7 CAB NO. 3/8	1.20	.42	9.2
27.67	120	35			5.7	9 CAB NO. 3/8	1.30	.50	12.8
32.48	130	35			7.3	11 CAB NO. 3/8	1.40	.59	16.9
37.66	140	35			9.2	13 CAB NO. 3/8	1.50	.68	21.4
43.23	150	35			11.6	10 CAB NO. 1/2	1.60	.78	31.6
49.18	160	35			14.1	12 CAB NO. 1/2	1.70	.89	40.3
55.52	170	35			17.0	14 CAB NO. 1/2	1.80	1.01	49.8
62.24	180	35			20.3	16 CAB NO. 1/2	1.90	1.13	60.1
69.34	190	35			24.0	19 CAB NO. 1/2	2.00	1.26	75.2
76.40	200	40			23.3	19 CAB NO. 1/2	2.10	1.60	79.0
84.21	210	40			27.4	14 CAB NO. 5/8	2.30	1.76	99.8
92.42	220	40			31.7	16 CAB NO. 5/8	2.40	1.93	119.0
100.99	230	40			36.3	19 CAB NO. 5/8	2.50	2.11	147.2
110.81	240	45	115	15	35.3	18 CAB NO. 5/8	2.60	1.92	145.0
120.09	250	45	135	15	40.4	15 CAB NO. 3/4	2.70	2.14	180.6
129.89	260	45	140	15	45.6	16 CAB NO. 3/4	2.80	2.32	199.8
140.06	270	45	145	15	41.2	18 CAB NO. 3/4	2.90	2.50	232.8
150.32	280	50	155	20	49.8	18 CAB NO. 3/4	3.00	2.83	240.8
161.01	290	50	175	20	56.0	15 CAB NO. 7/8	3.20	3.13	291.8
172.23	300	50	185	20	62.1	16 CAB NO. 7/8	3.30	3.38	321.0
183.43	310	55	195	25	80.6	16 CAB NO. 7/8	3.40	3.83	330.7
195.56	320	55	195	25	66.9	18 CAB NO. 7/8	3.50	4.02	383.0
207.64	330	55	215	25	74.1	15 CAB NO. 1	3.60	4.42	428.7
220.31	340	55	225	25	81.2	16 CAB NO. 1	3.70	4.73	470.0
232.65	350	60	210	25	79.4	16 CAB NO. 1	3.80	5.38	482.7
246.03	360	60	220	25	86.6	17 CAB NO. 1	3.90	5.74	526.4
260.22	370	60	210	25	94.2	19 CAB NO. 1	4.00	5.89	603.4
274.62	380	60	245	30	102.3	21 CAB NO. 1	4.10	6.13	683.6
288.32	390	65	230	30	100.0	20 CAB NO. 1	4.20	6.91	666.9
303.12	400	65	240	30	108.1	22 CAB NO. 1	4.30	7.32	751.1
318.49	410	65	245	30	116.7	23 CAB NO. 1	4.40	7.68	803.5
333.19	420	70	260	35	114.5	23 CAB NO. 1	4.50	8.54	821.7
349.24	430	70	265	35	123.1	25 CAB NO. 1	4.60	8.92	913.1
365.49	440	70	275	35	132.1	26 CAB NO. 1	4.70	9.42	970.2
381.86	450	70	290	35	141.6	28 CAB NO. 1	4.80	10.03	1067.1
398.08	460	75	265	35	139.0	28 CAB NO. 1	4.90	10.92	1089.3
415.34	470	75	275	35	148.6	30 CAB NO. 1	5.00	11.48	1191.0
432.75	480	75	290	35	158.5	32 CAB NO. 1	5.10	12.15	1295.8
450.96	490	75	295	35	169.0	34 CAB NO. 1	5.20	12.64	1403.7
468.42	500	80	305	40	166.0	33 CAB NO. 1	5.30	13.72	1388.7

Fuente: Máximo Juarra (2010)

**TABLA N° 22**

**DISEÑO DE FUNDACIONES DIRECTAS**

$\sigma'_{bk} = 200 \text{ Kgs/cms}^2$   
 $N = 10$

$R_s = 2.50 \text{ Kgs/cm}^2$

$\sigma_a = 1400 \text{ Kgs/cms}^2$

CARGA TON	BASE		ESCALON		ACERO FLEXION CMS <sup>2</sup>	CABILLAS DE LA BASE	LARGO MTS	VOLUM. CONCR. MTS <sup>3</sup>	PESO DE CAB. KGS
	LADO CMS	ALT CMS	LADO CMS	ALT CMS					
24.22	100	35			4.1	8 CAB NO. 3/8	1.10	.35	9.6
29.30	110	35			5.5	9 CAB NO. 3/8	1.20	.42	11.8
34.87	120	35			7.2	11 CAB NO. 3/8	1.30	.50	15.7
40.92	130	35			9.3	14 CAB NO. 3/8	1.40	.59	21.5
47.45	140	35			11.8	11 CAB NO. 1/2	1.50	.68	32.6
54.23	150	40			12.1	11 CAB NO. 1/2	1.60	.90	34.8
61.70	160	40			14.8	12 CAB NO. 1/2	1.70	1.02	40.3
69.65	170	40			17.8	14 CAB NO. 1/2	1.60	1.15	49.8
78.08	180	40			21.3	17 CAB NO. 1/2	1.90	1.29	63.9
86.99	190	40			25.1	20 CAB NO. 1/2	2.00	1.44	79.2
96.97	200	45	95	15	25.1	20 CAB NO. 1/2	2.10	1.33	83.1
106.94	210	45	95	15	29.2	23 CAB NO. 1/2	2.20	1.45	100.1
117.23	220	45	115	15	34.0	18 CAB NO. 5/8	2.40	1.65	133.9
128.16	230	45	115	15	39.0	20 CAB NO. 5/8	2.50	1.78	155.0
139.49	240	45	125	15	44.5	23 CAB NO. 5/8	2.60	1.96	185.3
150.94	250	50	150	20	44.3	16 CAB NO. 3/4	2.70	2.32	192.6
163.25	260	50	155	20	50.0	18 CAB NO. 3/4	2.80	2.50	224.7
176.12	270	50	155	20	56.2	20 CAB NO. 3/4	2.90	2.66	258.6
188.96	280	55	170	25	55.5	20 CAB NO. 3/4	3.00	3.07	267.6
202.19	290	55	170	20	82.3	16 CAB NO. 7/8	3.20	3.52	311.2
216.60	300	55	195	25	69.2	18 CAB NO. 7/8	3.30	3.65	361.1
231.40	310	55	195	25	76.5	20 CAB NO. 7/8	3.40	3.83	413.4
245.80	320	60	185	25	75.4	20 CAB NO. 7/8	3.50	4.43	425.6
261.06	330	60	205	25	83.5	17 CAB NO. 1	3.60	4.86	485.9
277.14	340	60	210	25	91.6	18 CAB NO. 1	3.70	5.14	528.8
292.83	350	65	195	25	90.4	18 CAB NO. 1	3.80	5.85	543.0
310.20	360	65	220	30	98.6	20 CAB NO. 1	3.90	5.98	619.3
327.51	370	65	230	30	107.3	22 CAB NO. 1	4.00	6.37	698.7
344.55	380	70	215	30	106.1	21 CAB NO. 1	4.10	7.16	683.6
362.90	390	70	220	30	114.9	23 CAB NO. 1	4.20	7.53	767.0
381.57	400	70	230	30	124.3	25 CAB NO. 1	4.30	7.98	853.5
400.95	410	70	265	35	134.1	27 CAB NO. 1	4.40	8.34	943.2
419.69	420	75	250	35	132.5	27 CAB NO. 1	4.50	9.24	964.7
439.80	430	75	285	40	142.5	29 CAB NO. 1	4.60	9.72	1059.1
460.27	440	75	295	40	153.0	31 CAB NO. 1	4.70	10.25	1156.8
480.24	450	80	250	35	151.4	30 CAB NO. 1	4.80	11.30	1143.3
501.98	460	80	285	40	162.0	32 CAB NO. 1	4.90	11.71	1244.9
523.76	470	80	295	40	173.1	35 CAB NO. 1	5.00	12.31	1389.5
544.91	480	85	280	40	171.5	34 CAB NO. 1	5.10	13.50	1376.7
567.81	490	85	315	45	182.8	36 CAB NO. 1	5.20	14.06	1486.3
590.90	500	85	325	45	194.5	39 CAB NO. 1	5.30	14.75	1641.1

Fuente: Máximo Juarra (2010)

**TABLA N° 22**

**DISEÑO DE FUNDACIONES DIRECTAS**

$\sigma'_{bk} = 200 \text{ Kgs/cm}^2$   
N = 10

$R_s = 3,00 \text{ Kgs/cm}^2$

$\sigma_a = 1400 \text{ Kgs/cm}^2$

CARGA TON	BASE		ESCALON		ACERO FLEXION CMS <sup>2</sup>	CABILLAS DE LA BASE	LARGO MTS	VOLUM CONCR. MTS <sup>3</sup>	PESO DE CAB. KGS
	LADO CMS	ALT CMS	LADO CMS	ALT CMS					
29.21	100	35			5.0	9 CAB NO. 3/8	1.10	.35	10.8
35.35	110	35			6.7	11 CAB NO. 3/8	1.20	.42	14.5
42.07	120	35			8.7	13 CAB NO. 3/8	1.30	.50	18.5
49.36	130	35			11.3	12 CAB NO. 1/2	1.40	.59	33.2
57.04	140	40			11.8	11 CAB NO. 1/2	1.50	.78	32.6
65.47	150	40			14.6	13 CAB NO. 1/2	1.60	.90	41.1
74.49	160	40			17.9	15 CAB NO. 1/2	1.70	1.02	50.4
84.09	170	40			21.6	17 CAB NO. 1/2	1.80	1.15	60.5
94.72	180	45	90	15	22.0	18 CAB NO. 1/2	1.90	1.09	67.7
105.53	190	45	95	15	25.9	21 CAB NO. 1/2	2.00	1.21	83.1
116.78	200	50	105	20	26.5	21 CAB NO. 1/2	2.10	1.42	87.3
128.58	210	50	125	20	31.0	16 CAB NO. 5/8	2.30	1.63	114.0
141.12	220	50	130	20	35.8	18 CAB NO. 5/8	2.40	1.79	133.9
154.30	230	50	130	20	41.1	21 CAB NO. 5/8	2.50	1.92	162.7
168.00	240	50	135	20	46.8	24 CAB NO. 5/8	2.60	2.09	193.4
182.08	250	50	155	20	53.6	19 CAB NO. 3/4	2.70	2.35	228.7
196.60	260	55	165	25	53.4	19 CAB NO. 3/4	2.80	2.70	237.2
212.10	270	55	165	25	60.0	22 CAB NO. 3/4	2.90	2.86	284.5
228.02	280	55	175	25	67.1	24 CAB NO. 3/4	3.00	3.11	321.1
243.78	290	60	175	25	67.3	18 CAB NO. 7/8	3.20	3.70	350.2
260.88	300	60	180	25	74.7	20 CAB NO. 7/8	3.30	3.96	401.2
278.66	310	60	180	25	82.7	22 CAB NO. 7/8	3.40	4.17	454.7
296.33	320	65	195	30	82.4	22 CAB NO. 7/8	3.50	4.72	468.1
314.51	330	65	195	25	91.1	18 CAB NO. 1	3.60	5.30	514.5
334.11	340	65	220	30	99.9	20 CAB NO. 1	3.70	5.49	587.5
353.39	350	70	230	35	99.5	20 CAB NO. 1	3.80	6.13	603.4
373.80	360	70	210	30	108.6	22 CAB NO. 1	3.90	6.50	681.2
394.96	370	70	240	35	118.1	24 CAB NO. 1	4.00	6.80	762.2
415.81	380	75	225	35	117.7	24 CAB NO. 1	4.10	7.54	781.2
437.61	390	75	240	35	127.5	26 CAB NO. 1	4.20	8.10	867.0
460.15	400	75	250	35	137.9	28 CAB NO. 1	4.30	8.58	955.9
482.64	410	80	255	40	137.4	27 CAB NO. 1	4.40	9.32	943.2
506.18	420	80	270	40	148.0	30 CAB NO. 1	4.50	9.97	1071.9
530.60	430	80	275	40	159.1	32 CAB NO. 1	4.60	10.42	1168.7
554.52	440	85	285	45	158.6	32 CAB NO. 1	4.70	11.39	1194.1
579.74	450	85	270	40	169.9	34 CAB NO. 1	4.80	12.02	1295.8
605.56	460	85	305	45	181.9	36 CAB NO. 1	4.90	12.65	1400.6
630.78	470	90	295	45	181.3	36 CAB NO. 1	5.00	13.85	1429.2
657.90	480	90	300	45	193.4	39 CAB NO. 1	5.10	14.41	1579.2
685.04	490	90	285	40	206.1	41 CAB NO. 1	5.20	15.25	1692.8
712.15	500	95	295	45	205.5	41 CAB NO. 1	5.30	16.41	1725.3

Fuente: Máximo Juarra (2010)

## ANEXO G

### TABLAS DE DIMENSIONADO DE ZAPATAS CONCÉNTRICAS DE M. FRATELLI

**T A B L A 8.2**  
 $f'_c \geq 210 \text{ Kg/cm}^2$   $\sigma_{adm} = 1 \text{ Kg/cm}^2$   
 DIMENSIONES DE LAS BASES Y DISTRIBUCION DE ACERO

vP	b	B	d	b <sub>o</sub>	P <sub>u</sub>	q <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )			
								2.800	r <sub>y</sub> 3.000	3.500	4.200
(t)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(t)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(tn)	(Kg/cm <sup>2</sup> )			
20	30	140	20	200	26	1,32	2,8	6,17	5,76	4,94	4,11
								Ø1/2" c/25	Ø1/2" c/25	Ø1/2" c/25	Ø1/2" c/25
25	30	160	20	200	32,5	1,27	4,29	9,46	8,82	7,57	6,30
								Ø1/2" c/20	Ø1/2" c/25	Ø1/2" c/25	Ø1/2" c/25
30	30	175	20	200	39	1,27	5,84	12,87	12	10,30	8,58
								Ø1/2" c/17	Ø1/2" c/18	Ø1/2" c/20	Ø1/2" c/25
35	30	190	20	200	45,5	1,26	7,66	16,88	15,76	13,51	11,26
								Ø5/8" c/20	Ø5/8" c/20	Ø1/2" c/18	Ø1/2" c/20
40	35	200	20	220	52	1,30	8,85	19,5	18,20	15,60	13
								Ø5/8" c/20	Ø5/8" c/20	Ø5/8" c/25	Ø1/2" c/19
45	35	215	20	220	58,5	1,26	10,97	24,18	22,57	19,35	16,12
								Ø5/8" c/17	Ø5/8" c/18	Ø5/8" c/20	Ø5/8" c/25
50	35	225	25	240	65	1,28	13,20	23,27	21,72	18,63	15,52
								Ø5/8" c/19	Ø5/8" c/20	Ø1/2" c/15	Ø1/2" c/18
60	35	245	25	240	78	1,30	17,55	30,96	28,88	24,77	20,64
								Ø1/2" c/10	Ø1/2" c/10	Ø1/2" c/12	Ø1/2" c/15
70	40	265	30	280	91	1,30	21,80	32,04	29,90	25,63	21,36
								Ø5/8" c/16	Ø5/8" c/17	Ø5/8" c/20	Ø1/2" c/15
80	40	285	30	280	104	1,28	27,37	40,22	37,54	32,13	26,81
								Ø5/8" c/14	Ø5/8" c/15	Ø5/8" c/17	Ø1/2" c/13
90	40	300	30	280	117	1,30	32,96	48,43	45,21	38,74	32,28
								Ø5/8" c/12	Ø5/8" c/13	Ø5/8" c/15	Ø5/8" c/17
100	40	315	35	300	130	1,30	38,71	48,76	45,51	39,01	32,51
								Ø3/4" c/18	Ø3/4" c/19	Ø5/8" c/16	Ø5/8" c/19
110	45	330	35	320	143	1,30	43,55	54,87	51,20	43,90	36,58
								Ø3/4" c/17	Ø3/4" c/18	Ø3/4" c/20	Ø3/4" c/25
120	45	350	40	340	156	1,27	51,68	56,97	53,17	45,58	38
								Ø3/4" c/17	Ø3/4" c/18	Ø3/4" c/20	Ø3/4" c/25
130	45	360	40	340	169	1,30	58,04	63,98	59,71	51,18	42,66
								Ø3/4" c/16	Ø3/4" c/17	Ø3/4" c/19	Ø5/8" c/16
140	45	375	40	340	182	1,30	66,36	73,15	68,27	58,52	48,77
								Ø3/4" c/14	Ø3/4" c/15	Ø3/4" c/18	Ø3/4" c/20
150	50	390	40	360	195	1,28	72,13	79,51	74,20	63,61	53
								Ø3/4" c/14	Ø3/4" c/14	Ø3/4" c/17	Ø3/4" c/20
175	50	420	45	380	227	1,28	92,10	90,13	84,13	72,11	60
								Ø3/4" c/13	Ø3/4" c/14	Ø3/4" c/16	Ø3/4" c/19
200	50	450	50	400	260	1,28	115,20	101,50	94,80	81,26	67,72
								Ø3/4" c/12	Ø3/4" c/13	Ø3/4" c/15	Ø3/4" c/18
225	55	475	55	440	292	1,30	136,15	109,15	101,87	87,32	72,77
								Ø3/4" c/12	Ø3/4" c/13	Ø3/4" c/15	Ø3/4" c/18
250	55	500	55	440	325	1,30	160,90	129	120,38	103,18	86
								Ø7/8" c/15	Ø7/8" c/16	Ø7/8" c/18	Ø3/4" c/16
275	60	525	60	480	357	1,30	184,50	147,88	126,54	118,30	98,58
								Ø7/8" c/13	Ø7/8" c/14	Ø7/8" c/17	Ø7/8" c/20
300	60	550	60	480	390	1,28	211,28	155,26	144,91	124,21	103,5
								Ø1" c/18	Ø1" c/19	Ø7/8" c/17	Ø7/8" c/20

Fuente: María Graciela Fratelli (1993)

$f'_c \geq 210 \text{ Kg/cm}$

**T A B L A 8.3**

$\sigma_{adm} = 1,5 \text{ Kg/cm}^2$

**DIMENSIONES DE LAS BASES Y DISTRIBUCION DE ACERO**

vP (t)	b (cm)	B (cm)	d (cm)	b <sub>o</sub> (cm)	P <sub>u</sub> (t)	σ <sub>u</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	M <sub>u</sub> (tm)	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )			
								2.800	f <sub>y</sub> 3.000	3.500	4.200
20	30	115	20	200	26	1,96	2,03	4,48 ø 1/2" c/25	4,19 ø 1/2" c/25	3,60 ø 1/2" c/25	3 / ø 1/2" c/25
25	30	130	20	200	32,5	1,92	3,12	6,87 ø 1/2" c/20	6,42 ø 1/2" c/25	5,50 ø 1/2" c/25	4,58 ø 1/2" c/25
30	30	145	20	200	39	1,85	4,43	9,77 ø 1/2" c/18	9,12 ø 1/2" c/19	7,82 ø 1/2" c/20	6,51 ø 1/2" c/25
35	30	155	20	200	45,5	1,90	5,75	12,68 ø 1/2" c/15	11,83 ø 1/2" c/16	10,14 ø 1/2" c/19	8,45 ø 1/2" c/20
40	35	165	20	220	52	1,90	6,62	14,60 ø 1/2" c/14	13,62 ø 1/2" c/15	11,68 ø 1/2" c/18	9,73 ø 1/2" c/20
45	35	175	20	220	58,5	1,90	8,14	17,96 ø 1/2" c/12	16,76 ø 1/2" c/13	14,36 ø 1/2" c/15	11,97 ø 1/2" c/18
50	35	185	25	240	65	1,90	9,88	17,43 ø 1/2" c/13	16,27 ø 1/2" c/14	13,94 ø 1/2" c/17	11,62 ø 1/2" c/19
60	35	200	25	240	78	1,95	13,27	23,40 ø 5/8" c/16	21,85 ø 5/8" c/18	18,72 ø 5/8" c/20	15,60 ø 5/8" c/25
70	40	220	30	280	91	1,88	16,75	24,62 ø 5/8" c/17	23 ø 5/8" c/19	19,70 ø 1/2" c&14	16,41 ø 1/2" c/17
80	40	235	30	280	104	1,88	81	30,86 ø 5/8" c/14	28,80 ø 5/8" c/16	24,70 ø 5/8" c/18	20,57 ø 1/2" c/14
90	40	245	30	280	117	1,95	25,10	36,88 ø 5/8" c/13	34,42 ø 5/8" c/14	29,50 ø 5/8" c/16	24,60 ø 5/8" c/19
100	40	260	35	300	130	1,92	30,20	38 ø 5/8" c/13	35,50 ø 5/8" c/14	30,43 ø 5/8" c/17	25,36 ø 5/8" c/20
110	45	270	35	320	143	1,96	33,48	42,18 ø 3/4" c/18	39,37 ø 3/4" c/19	33,75 ø 5/8" c/15	28,12 ø 5/8" c/19
120	45	285	40	340	156	1,92	39,40	43,42 ø 3/4" c/18	40,53 ø 3/4" c/19	34,74 ø 3/4" c/20	28,95 ø 3/4" c/25
130	45	295	40	340	169	1,94	44,70	49,28 ø 3/4" c/17	46 ø 3/4" c/18	39,42 ø 3/4" c/20	32,85 ø 3/4" c/25
140	45	305	45	360	182	1,96	50,51	49,50 ø 3/4" c/17	46,19 ø 3/4" c/18	39,60 ø 3/4" c/20	33 ø 3/4" c/25
150	50	320	45	380	195	1,90	55,40	54,28 ø 3/4" c/16	50,66 ø 3/4" c/18	43,42 ø 3/4" c/20	36,20 ø 3/4" c/25
175	50	345	45	380	227	1,90	71,3	69,86 ø 7/8" c/14	65,20 ø 7/8" c/15	55,90 ø 7/8" c/17	46,57 ø 7/8" c/20
200	50	365	50	400	260	1,95	88,28	77,84 ø 7/8" c/18	72,65 ø 7/8" c/19	62,27 ø 3/4" c/16	51,90 ø 3/4" c/20
250	55	410	55	440	325	1,93	124,65	100 ø 7/8" c/15	93,27 ø 7/8" c/17	80 ø 7/8" c/20	66,60 ø 3/4" c/17
300	60	450	60	480	390	1,92	164,36	120,70 ø 7/8" c/14	112,66 ø 7/8" c/15	96,57 ø 7/8" c/18	80,47 ø 3/4" c/16
350	60	485	70	520	455	1,93	211,34	133,12 ø 1" c/18	124,24 ø 7/8" c/15	106,50 ø 7/8" c/17	88,74 ø 7/8" c/20
400	65	520	75	560	520	1,92	258,36	151,90 ø 1" c/17	141,76 ø 1" c/18	121,50 ø 1" c/20	101,60 ø 1" c/25

Fuente: María Graciela Fratelli (1993)

T A B L A 8.4

$f'_c \geq 210 \text{ Kg/cm}^2$

$\sigma_{adm} = 2 \text{ Kg/cm}^2$

DIMENSIONES DE LAS BASES Y DISTRIBUCION DE ACERO

VP (t)	b (cm)	B (cm)	d (cm)	b <sub>o</sub> (cm)	P <sub>u</sub> (t)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	M <sub>u</sub> (tm)	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )			
								2.800	$r_y$	3.000	3.500
25	30	120	20	200	32,5	2,25	2,73	6,02 Ø1/2" c/25	5,62 Ø1/2" c/25	4,82 Ø1/2" c/25	4 Ø1/2" c/25
30	30	125	20	200	39	2,50	3,52	7,70 Ø1/2" c/20	7,25 Ø1/2" c/20	6,21 Ø1/2" c/25	5,18 Ø1/2" c/25
35	30	135	20	200	45,5	2,50	3,80	8,40 Ø1/2" c/20	7,84 Ø1/2" c/20	6,72 Ø1/2" c/25	5,60 Ø1/2" c/25
40	35	145	20	220	52	2,47	5,40	11,94 Ø1/2" c/15	11,14 Ø1/2" c/16	9,55 Ø1/2" c/19	7,96 Ø1/2" c/20
50	35	160	25	240	65	2,54	7,94	14 Ø1/2" c/14	13,06 Ø1/2" c/15	11,20 Ø1/2" c/18	9,33 Ø1/2" c/20
60	35	175	25	240	78	2,54	10,90	19,20 Ø5/8" c/18	17,92 Ø5/8" c/19	15,36 Ø1/2" c/14	12,80 Ø1/2" c/17
70	40	190	30	280	91	2,50	13,36	19,63 Ø5/8" c/19	18,32 Ø5/8" c/20	15,70 Ø5/8" c/20	13,09 Ø1/2" c/18
80	40	200	30	280	104	2,60	16,64	24,45 Ø5/8" c/16	22,82 Ø5/8" c/17	19,56 Ø5/8" c/20	16,30 Ø1/2" c/15
90	40	215	30	280	117	2,53	20,82	30,60 Ø5/8" c/13	28,56 Ø5/8" c/15	24,48 Ø5/8" c/17	20,40 Ø5/8" c/20
100	40	225	35	300	130	2,56	24,64	31,04 Ø5/8" c/14	28,97 Ø5/8" c/15	24,83 Ø5/8" c/17	20,70 Ø5/8" c/20
110	45	235	35	320	143	2,59	28,93	36,44 Ø5/8" c/12	34 Ø5/8" c/13	29,15 Ø5/8" c/16	24,30 Ø5/8" c/19
120	45	250	40	340	156	2,50	34,45	37,98 Ø5/8" c/13	35,44 Ø5/8" c/14	30,38 Ø5/8" c/15	25,32 Ø5/8" c/19
130	45	255	40	340	169	2,60	36,54	40,28 Ø3/4" c/18	37,60 Ø3/4" c/19	32,23 Ø3/4" c/20	26,85 Ø3/4" c/25
140	45	265	40	340	182	2,60	41,68	45,94 Ø3/4" c/16	42,88 Ø3/4" c/17	36,75 Ø3/4" c/29	30,63 Ø3/4" c/20
150	50	275	45	340	195	2,57	44,72	43,82 Ø3/4" c/17	40,90 Ø3/4" c/19	35,05 Ø3/4" c/20	29,20 Ø3/4" c/25
175	50	300	45	380	227	2,52	59,06	57,87 Ø7/8" c/20	54 Ø3/4" c/15	46,30 Ø3/4" c/18	38,58 Ø3/4" c/20
200	50	320	50	380	260	2,54	74,02	65,31 Ø7/8" c/19	60,96 Ø7/8" c/20	52,25 Ø3/4" c/17	43,54 Ø3/4" c/20
225	55	335	50	420	292	2,60	88,43	77,98 Ø7/8" c/16	72,78 Ø7/8" c/17	62,30 Ø7/8" c/20	52 Ø7/8" c/20
250	55	355	55	440	325	2,57	102,64	82,28 Ø7/8" c/16	76,79 Ø7/8" c/17	65,82 Ø7/8" c/20	54,85 Ø7/8" c/25
300	60	390	60	480	390	2,56	135,90	99,87 Ø7/8" c/15	93,21 Ø7/8" c/16	79,90 Ø7/8" c/19	66,58 Ø7/8" c/20
350	60	420	65	500	455	2,58	175,80	119,07 Ø1" c/17	111 Ø1" c/19	95,26 Ø7/8" c/17	79,38 Ø7/8" c/20
400	65	450	75	560	520	2,57	214,20	126 Ø1" c/18	117,50 Ø1" c/19	100,77 Ø7/8" c/17	83,98 Ø7/8" c/20
500	70	500	80	600	650	2,60	300,40	165,60 Ø1" c/15	154,55 Ø1" c/16	132,47 Ø1" c/19	110,40 Ø7/8" c/17

Fuente: María Graciela Fratelli (1993)

$f'_c \geq 210 \text{ Kg/cm}^2$

T A B L A 8.5

$q_{adm} = 2,5 \text{ Kg/cm}^2$

DIMENSIONES DE LAS BASES Y DISTRIBUCION DE ACERO

VP (t)	b (cm)	B (cm)	d (cm)	b <sub>o</sub> (cm)	P <sub>u</sub> (t)	σ <sub>u</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	M <sub>u</sub> (tm)	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )			
								f <sub>y</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )			
								2.800	3.000	3.500	4.200
25	30	100	20	200	32,5	3,25	2	4,38 ø1/2" c/25	4,10 ø1/2" c/25	3,51 ø1/2" c/25	2,92 ø1/2" c/25
30	30	110	20	200	39	3,22	2,83	6,24 ø1/2" c/20	5,83 ø1/2" c/20	5 ø1/2" c/25	4,16 ø1/2" c/25
40	35	130	20	200	52	3,08	4,51	9,96 ø1/2" c/16	9,29 ø1/2" c/18	7,96 ø1/2" c/20	6,63 ø1/2" c/25
50	35	145	20	220	65	3,10	6,80	15 ø5/8" c/19	14 ø5/8" c/20	12 ø1/2" c/15	10 ø1/2" c/18
60	35	155	25	240	78	3,25	9,06	16 ø5/8" c/19	14,92 ø5/8" c/20	12,80 ø1/2" c/15	10,66 ø1/8" c/18
70	40	170	25	260	91	3,15	11,31	19,95 ø5/8" c/16	18,62 ø5/8" c/18	15,96 ø5/8" c/20	13,30 ø5/8" c/25
80	40	180	30	280	104	3,20	14,11	20,74 ø5/8" c/17	19,35 ø5/8" c/18	16,60 ø5/8" c/20	13,82 ø5/8" c/25
90	40	190	30	280	117	3,24	17,31	25,44 ø5/8" c/14	23,75 ø5/8" c/16	20,35 ø5/8" c/18	16,96 ø5/8" c/20
100	40	200	35	300	130	3,25	20,80	26,60 ø5/8" c/15	24,54 ø5/8" c/16	20,96 ø5/8" c/18	17,46 ø5/8" c/20
110	45	210	35	320	143	3,24	23,15	29,16 ø5/8" c/14	27,22 ø5/8" c/15	23,33 ø5/8" c/17	19,44 ø5/8" c/20
120	45	220	35	320	156	3,22	27,11	34,16 ø3/4" c/18	31,88 ø3/4" c/18	27,33 ø5/8" c/16	22,77 ø5/8" c/19
130	45	230	40	340	169	3,20	31,48	34,70 ø3/4" c/18	32,39 ø3/4" c/19	27,76 ø3/4" c/20	23,13 ø3/4" c/25
140	45	240	40	340	182	3,16	36,05	39,73 ø3/4" c/17	37,09 ø3/4" c/18	31,79 ø3/4" c/20	26,49 ø3/4" c/20
150	50	245	45	380	195	3,25	37,85	37,08 ø3/4" c/18	34,61 ø3/4" c/20	29,66 ø3/4" c/20	24,72 ø3/4" c/25
175	50	265	45	380	227	3,23	49,45	48,45 ø3/4" c/15	45,22 ø3/4" c/16	38,76 ø3/4" c/19	32,30 ø3/4" c/20
200	50	285	50	400	260	3,20	64,92	57,25 ø7/8" c/19	53,43 ø7/8" c/20	45,80 ø3/4" c/17	38,16 ø3/4" c/20
225	55	300	50	420	292	3,25	73,15	64,50 ø7/8" c/18	60,21 ø7/8" c/19	51,60 ø3/4" c/16	43 ø3/4" c/19
250	55	320	55	440	325	3,17	89,00	71,38 ø7/8" c/17	66,62 ø7/8" c/18	57,10 ø3/4" c/15	47,60 ø3/4" c/19
300	60	350	60	480	390	3,18	117,10	86 ø7/8" c/15	80,25 ø7/8" c/16	68,78 ø3/4" c/14	57,30 ø3/4" c/17
350	60	375	65	500	455	3,23	150,20	102 ø1" c/18	95,11 ø1" c/20	81,52 ø7/8" c/17	67,94 ø7/8" c/20
400	65	400	70	540	520	3,25	182,36	114,86 ø1" c/17	107,20 ø1" c/18	91,90 ø7/8" c/16	76,58 ø7/8" c/20
500	70	450	80	600	650	3,20	260,00	143,20 ø1" c/15	133,70 ø1" c/17	114,60 ø1" c/20	95,50 ø7/8" c/18
600	75	490	90	660	780	3,25	342,80	168 ø1" c/14	156,76 ø1" c/15	134,36 ø1" c/18	112 ø7/8" c/17

Fuente: María Graciela Fratelli (1993)

T A B L A 8.6

$f'_c \geq 210 \text{ Kg/cm}^2$

$\sigma_{adm} = 3 \text{ Kg/cm}^2$

DIMENSIONES DE LAS BASES Y DISTRIBUCION DE ACERO

VP (t)	b (cm)	B (cm)	d (cm)	b <sub>o</sub> (cm)	P <sub>u</sub> (t)	σ <sub>u</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	M <sub>u</sub> (tm)	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )							
								2.800	f <sub>y</sub> 3.000	3.500	4.200				
25	30	95	20	200	32,5	3,60	1,80	3,96	3,70	3,17	2,64	∅1/2" C/25	∅1/2" C/25	∅1/2" C/25	∅1/2" C/25
30	30	100	20	200	39	3,90	2,39	5,26	4,91	4,21	3,57	∅1/2" C/20	∅1/2" C/25	∅1/2" C/25	∅1/2" C/25
40	35	115	20	220	52	3,93	3,61	7,97	7,44	6,37	5,31	∅1/2" c/18	∅1/2" c/20	∅1/2" c/20	∅1/2" c/25
50	35	130	20	220	65	3,85	5,64	12,44	11,61	9,96	8,30	∅5/8" c/20	∅5/8" c/20	∅1/2" c/16	∅1/2" c/20
60	35	145	25	240	78	3,70	8,11	14,31	13,35	11,45	9,54	∅5/8" c/20	∅5/8" c/20	∅5/8" c/25	∅1/2" c/19
70	40	155	25	260	91	3,78	9,65	16,27	15,20	13	10,85	∅5/8" c/18	∅5/8" c/20	∅5/8" c/19	∅1/2" c/18
80	40	165	30	280	104	3,82	12,31	18,09	16,88	14,47	12,06	∅5/8" c/18	∅5/8" c/19	∅5/8" c/20	∅5/8" c/25
90	40	175	30	280	117	3,82	15,23	22,38	20,90	17,90	14,92	∅5/8" c/15	∅5/8" c/16	∅5/8" c/19	∅5/8" c/20
100	40	185	35	300	130	3,80	18,47	23,27	21,72	18,62	15,51	∅5/8" c/15	∅5/8" c/16	∅5/8" c/19	∅5/8" c/20
110	45	195	35	320	143	3,76	20,62	25,98	24,24	20,78	17,31	∅3/4" c/20	∅5/8" c/16	∅5/8" c/18	∅5/8" c/20
120	45	200	35	320	156	3,90	23,42	29,50	27,54	23,60	19,67	∅3/4" c/19	∅3/4" c/20	∅5/8" c/16	∅5/8" c/20
130	45	210	40	340	169	3,83	27,37	30,57	28,50	24,13	20,11	∅3/4" c/19	∅3/4" c/20	∅5/8" c/16	∅5/8" c/20
140	45	220	40	340	182	3,76	31,66	34,90	32,57	27,92	23,27	∅3/4" c/16	∅3/4" c/19	∅3/4" c/20	∅3/4" c/25
150	50	225	45	380	195	3,85	41,17	40,34	37,65	32,27	26,90	∅3/4" c/15	∅3/4" c/17	∅3/4" c/19	∅3/4" c/20
175	50	245	45	380	227	3,78	44,00	43,13	40,25	34,50	28,75	∅3/4" c/16	∅3/4" c/17	∅3/4" c/20	∅3/4" c/20
200	50	260	50	400	260	3,85	55,18	48,65	45,41	38,92	32,43	∅7/8" c/20	∅3/4" c/16	∅3/4" c/19	∅3/4" c/20
225	55	275	50	420	292,5	3,87	64,38	56,77	53	45,42	37,85	∅7/8" c/18	∅7/8" c/19	∅3/4" c/17	∅3/4" c/20
250	55	290	55	440	325	3,86	77,27	61,94	57,81	49,55	41,30	∅7/8" c/18	∅7/8" c/19	∅7/8" c/16	∅7/8" c/20
300	60	320	60	480	390	3,80	102,75	75,50	70,47	60,40	50,33	∅7/8" c/16	∅7/8" c/17	∅7/8" c/20	∅7/8" c/20
350	60	345	65	500	455	3,82	133,80	90,76	84,71	72,61	60,51	∅1" c/19	∅1" c/20	∅7/8" c/18	∅7/8" c/20
400	65	365	70	540	520	3,90	160,14	100,87	94,14	80,70	62,24	∅1" c/18	∅1" c/19	∅7/8" c/17	∅7/8" c/20
500	70	410	80	600	650	3,87	229,28	126,36	117,94	101,10	84,24	∅1" c/16	∅1" c/17	∅1" c/20	∅1" c/25
600	75	450	85	640	780	3,85	304,54	158	147,44	126,37	105,31	∅1" c/14	∅1" c/15	∅1" c/18	∅1" c/20

Fuente: María Graciela Fratelli (1993)