

Programa para diseño de cimentaciones superficiales



Abstract

The laying of foundation constitutes the intermediate element which transmit the load of an structure in a way that it doesn't overload the capacity of the ground and that the deformities produced can be admissible for the structure.

Therefore, to realize a correct laying of foundations it will be necessary to consider the geotechnical characteristics of the ground and in addition to determine the proportions to the own foundation, so that he is sufficiently resistant.

Next we will develop a web based application using the programming language Ruby, and it's complement Rails.

Rails facilitate the configuration and programming of the application with the purpose to create an accessible with a rich interface tool for the user. This tool will help the user to design laying foundations as well as the structural design.

This tool will create a final report with the results and data given by the user to the application.

In the other hand a manual is given to the users so they can learn how to use the application.

Keyword:

- Laying foundations

Resumen

La cimentación constituye el elemento intermedio que permite transmitir las cargas que soporte una estructura al suelo subyacente, de modo que no sobrepase la capacidad portante del suelo, y que las deformaciones producidas en este sean admisibles para la estructura.

Por lo tanto, para realizar una correcta cimentación habrá que tener en cuenta las características geotécnicas del suelo y además, dimensionar el cimiento como un elemento, de modo que sea suficientemente resistente.

A continuación se desarrolla una, aplicación utilizando el lenguaje de programación *Ruby* y su complemento *Rails*, que facilita la configuración y programación de la herramienta, con el fin de crear una aplicación de fácil acceso para el usuario; la herramienta permite diseñar cimentaciones superficiales como placa aislada, placa corrida y placa circular, así como el diseño estructural de la sección. Permite la elaboración de un informe final que facilita la lectura de los resultados obtenidos e información suministrada a la aplicación. Por otro lado se le brinda al usuario una ayuda mediante un manual para utilizar esta herramienta.

Palabra clave:

- Cimentaciones superficiales

Programa para diseño de cimentaciones superficiales

DILANA RAMIREZ D'AVANZO

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Junio del 2008

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio.....	1
Resumen Ejecutivo.....	2
Introducción.....	3
Marco Teórico.....	4
Metodología.....	13
Resultados.....	14
Análisis de resultados.....	30
Conclusiones.....	31
Recomendaciones.....	32
Apéndice.....	33
Anexos.....	34
Referencias.....	35

Prefacio

La cimentación es el elemento soportante de una estructura que incluye no solo la parte estructural que transfiere la carga de la superestructura al suelo, sino también al suelo o la roca soportante.

Se utilizan cimentaciones superficiales cuando existe, a poca profundidad en el terreno, una capa resistente que pueda soportar el peso de la estructura.

La capacidad de carga es de difícil evaluación, pues depende de diferentes factores como las características geotécnicas del terreno y dentro de ellas, principalmente del ángulo de rozamiento interno y la cohesión del terreno; de la estratificación de las diferentes capas de suelo y la profundidad del nivel freático; del nivel de cimentación; de las dimensiones del cimientado; del tipo de carga (dirección, excentricidad, periodicidad, etc).

Por esto, la cimentación es una parte fundamental de una estructura, lo cual revela la importancia de brindar una herramienta que facilite el diseño de la cimentación de manera rápida y siguiendo los pasos de diseño estipulados por la teoría.

El objetivo principal de este proyecto fue desarrollar una herramienta computacional de uso sencillo y de fácil acceso para el diseñador, por medio de una aplicación web.

La facilidad para actualizar y mantener aplicaciones web sin tener que distribuir e instalar software en cada usuario es la razón por la cual se utiliza esta herramienta.

Para el desarrollo de esta aplicación se utilizó el lenguaje *Ruby on Rails*, que permite la programación de los formularios de manera más sencilla que otros lenguajes; entre las cimentaciones por desarrolladas están las placas aisladas, las placas corridas y las placas circulares.

Finalmente, quiero agradecer al profesor Gustavo Rojas por la ayuda brindada durante el desarrollo de este proyecto. A mis padres y hermanos, por ser un pilar fundamental en mi vida; muy especialmente quiero agradecer a José

Alberto Boza, mi novio, por la colaboración brindada en el desarrollo de esta herramienta computacional.

Resumen ejecutivo

La creación de esta herramienta pretende ser una ayuda para el diseñador de cimentaciones superficiales, facilitando la determinación de la capacidad de carga última y el diseño estructural de la sección.

En construcciones comunes, la carga sobre un muro o columna se transmite verticalmente a la cimentación, la cual, a su vez, la sostiene la presión hacia arriba del suelo sobre el cual descansa; A la máxima presión unitaria que el suelo puede resistir sin llegar al estado plástico, se le conoce como capacidad de carga.

Se analizaron ejemplos de cimentaciones en los cuales se determina la capacidad de carga última de la sección mediante la aplicación desarrollada, además del diseño estructural de la placa.

De esta herramienta se obtuvieron datos de factores de forma, profundidad, inclinación de carga, entre otros, determinando luego la capacidad de carga admisible para la fundación.

Como resultado de los ejemplos evaluados en la aplicación, se presenta un informe final que facilita la lectura de los resultados obtenidos así como información suministrada al programa.

Por último, en el apéndice se presenta el Manual del Usuario que orienta el uso de la aplicación web.

Introducción

En el siguiente informe se presentan los fundamentos para el diseño de cimentaciones superficiales, así como los conceptos básicos y las técnicas para realizar un diseño satisfactorio de una cimentación superficial y su diseño estructural.

El objetivo general es desarrollar una aplicación web en el lenguaje *Ruby on Rails* para diseño de cimentaciones superficiales.

Con esta aplicación se pretende brindar una herramienta sencilla y de fácil acceso para el usuario, que le permita aplicar fácilmente los métodos de diseño para elaborar proyectos sobre cimentaciones.

Así mismo dar a conocer en la aplicación las variaciones al determinar la capacidad de carga para una cimentación ya sea, placa asilada, placa corrida, o placa circular, incluyendo las diferencias que puedan encontrarse ya sea por excentricidad de la carga, presencia de nivel freático o por inclinación de la carga.

Con esta aplicación web también se brindará el diseño estructural de la cimentación, proporcionándole al usuario un formulario simple para rellenar y obtener un área de acero estructural para la sección en estudio.

Finalmente, se utilizarán ejemplos de cimentaciones para demostrar la funcionalidad de esta aplicación, llevando a cabo diseños sencillos de placas, determinando su capacidad de carga y el acero estructural adecuado para el proyecto.

Marco Teórico

Cimentaciones Superficiales

La cimentación¹ es el elemento soportante de una estructura. Incluye no solo la parte estructural que transmite la carga de la superestructura al suelo (placa), sino también al suelo o la roca soportante.

Desde el punto de vista de su profundidad, las cimentaciones se clasifican en superficiales, profundas, y semi-profundas. Se entiende por superficiales aquellos tipos de cimientos en que la relación D/B (D = desplante, B = ancho del cimiento) es menor o igual a 1,0; semi-profundas cuando esta relación se encuentra entre 1 y 4 y profundas, cuando D/B es mayor que 4,0.

Para este proyecto se estudiarán las cimentaciones superficiales, las cuales se utilizan cuando existe, a poca profundidad en el terreno, una capa resistente como para soportar el peso de la estructura, en condiciones estables de seguridad.

Capacidad de carga última²

En la Figura 1 se observa una cimentación corrida que descansa sobre la superficie de arena densa o suelo cohesivo, con un ancho igual a B , si la carga se aplica gradualmente a la cimentación, el asentamiento se incrementará.

La variación de la carga por unidad de área, q , sobre la cimentación se muestra también en la Figura 1, junto con el asentamiento. En cierto punto, cuando la carga por unidad de área es igual a q_u , tendrá lugar una falla repentina en el suelo que soporta a la cimentación y la zona de falla en el suelo se extenderá a la superficie del terreno. A esta carga por área unitaria, q_u , se denomina capacidad de carga última de la cimentación.

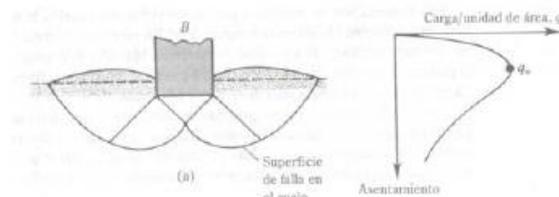


Figura 1. Capacidad de carga última
Fuente: (Das,2006)

Teoría de capacidad de carga última²

Terzaghi fue el primero en presentar una teoría completa para evaluar la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales. De acuerdo con esta, una cimentación es superficial si la profundidad, D_f (Figura 2), de la cimentación es menor o igual que el ancho de la misma. Sin embargo, los investigadores posteriores sugieren que cimentaciones con D_f , igual a 3 ó 4 veces el ancho de la cimentación, pueden ser definidas como cimentaciones superficiales.

¹ Asociación Costarricense de Geotecnia, “Código de Cimentaciones de Costa Rica”

² Das Braja M. “Principios de ingeniería de cimentaciones”, pág 123.

² Das Braja M. “Principios de ingeniería de cimentaciones”, pág 126.

Terzaghi sugirió que para una cimentación corrida (es decir, cuando una relación ancho entre longitud de la cimentación tiende a cero), la superficie de falla en el suelo bajo carga última puede suponerse similar a la mostrada en la Figura 2. El efecto del suelo arriba del desplante de la cimentación puede también suponerse reemplazado por una sobrecarga equivalente a $q = \gamma D_f$ (donde γ = peso específico del suelo). La zona de falla bajo la cimentación puede dividirse en tres partes (ver Figura 2)

1. La zona triangular ACD inmediatamente debajo de la cimentación.
2. Las zonas de corte radiales ADF y CDE, con las curvas DE y DF como arcos de una espiral logarítmica.
3. Dos zonas pasivas de Rankine triangulares AFH y CEG.

Se supone que los ángulos CAD y ACD son equivalentes al ángulo de fricción del suelo ϕ' . En la Figura 2 se puede observar que, con la sustitución del suelo arriba del desplante de la cimentación por una sobrecarga equivalente q , se despreció la resistencia de corte del suelo a lo largo de las superficies de falla GI y HJ.

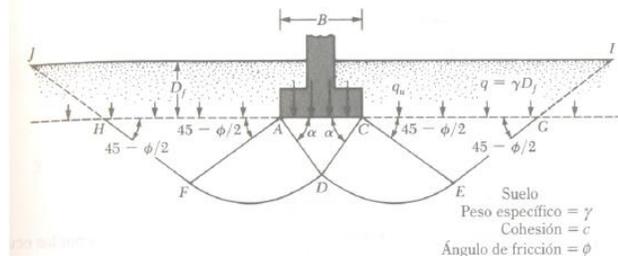


Figura 2. Falla por capacidad de carga en el suelo bajo una cimentación corrida, rígida y rugosa. Fuente: (Das, 2006)

Modificación de las ecuaciones de la capacidad de carga por el nivel freático.²

Caso I: Si el nivel freático se encuentra ubicado entre $0 \leq D_1 \leq D_f$, el factor q en las ecuaciones de la capacidad de carga se determina:

$$q = \gamma D_1 + (\gamma_{sat} - \gamma_w) D_2 \dots \dots (\text{Ecuación 1})$$

² Das Braja M. “Principios de ingeniería de cimentaciones”, pág. 132.

Donde, γ_{sat} = peso específico saturado del suelo
 γ_w = peso específico del agua

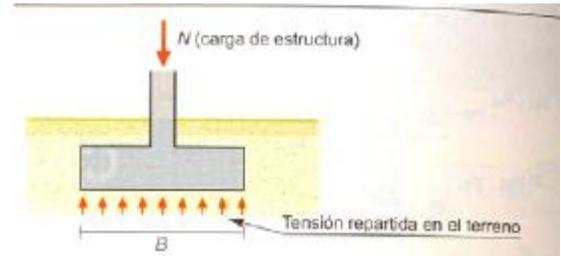


Figura 3. Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por nivel de aguas freáticas Fuente: (Das, 2006)

Por otro lado, el valor de γ en el último término de las ecuaciones tiene que ser substituido por:

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \dots \dots \dots (\text{Ecuación 2})$$

Caso II: Para un nivel freático ubicado entre: $0 \leq d \leq B$,

$$q = \gamma D_f \dots \dots \dots (\text{Ecuación 3})$$

Para este caso, el factor γ en el último término de las ecuaciones de la capacidad de carga debe remplazarse por el factor:

$$\bar{\gamma} = \gamma' + \frac{d}{B} (\gamma - \gamma') \dots \dots \dots (\text{Ecuación 4})$$

Caso III. Cuando el nivel freático se localiza de manera que $d \geq B$, el agua no afectará la capacidad de carga última.

Ecuación general de la capacidad de carga²

En las teorías expuestas por Terzagui, solo se contempla el estudio de cimentaciones corridas, cuadradas y circulares, no se pueden aplicar para cimentaciones rectangulares ($0 < B/L < 1$), por otro lado, no contemplan la resistencia al cortante a lo largo de la superficie de falla en el suelo arriba del nivel de desplante de la cimentación (porción de la superficie de falla marcada como GI y HJ en la Figura 2. Además, la carga de la cimentación

² Das Braja M. “Principios de ingeniería de cimentaciones”, pág. 136

puede estar inclinada. Para evaluar estas modificaciones, Meyerhof sugirió la siguiente ecuación general de capacidad de carga:

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

c' = cohesión

q = esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación

γ = peso específico del suelo

B = ancho de la cimentación (= diámetro para una cimentación circular)

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ = factores de forma

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ = factores de profundidad

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$ = factores por inclinación de la carga

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga

Para determinar los factores que se involucran en la ecuación de capacidad de carga se describen las ecuaciones respectivas a continuación. Es importante mencionar que los factores de forma, profundidad e inclinación de carga, son factores empíricos basados en datos experimentales.

Factores de la capacidad de carga²

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi} \dots \text{(Ecuación 6)}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \dots \text{(Ecuación 7)}$$

y

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi \dots \text{(Ecuación 8)}$$

Factores de forma²

Ecuaciones para los factores de forma $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$:

$$F_{cs} = 1 + \frac{B N_q}{L N_c} \dots \text{(Ecuación 9)}$$

² Das Braja M. "Principios de ingeniería de cimentaciones", pág. 137.

² Ídem, pág. 138.

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L \tan \phi} \dots \text{(Ecuación 10)}$$

y

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \frac{B}{L} \dots \text{(Ecuación 11)}$$

Donde L = longitud de la cimentación ($L > B$)

Estos factores de forma son relaciones empíricas experimentadas en laboratorio

Factores de profundidad²

Estas ecuaciones son utilizadas para $D_f / B \leq 1$. Para una relación $D_f / B > 1$ las ecuaciones tienen que variarse a:

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \frac{D_f}{B} \dots \text{(Ecuación 12)}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B} \dots \text{(Ecuación 13)}$$

Y

$$F_{\gamma d} = 1 \dots \text{(Ecuación 14)}$$

Factores de inclinación²

Para los factores de inclinación se sugieren las siguientes ecuaciones:

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2 \dots \text{(Ecuación 15)}$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{\phi} \right)^2 \dots \text{(Ecuación 16)}$$

Cimentaciones excéntricas cargadas

Muchas veces las cimentaciones se ven sometidas a soportar cargas verticales y momentos flectores, como por ejemplo en la base de cimentaciones corridas. Para estos casos la

² Das Braja M. "Principios de ingeniería de cimentaciones", pág. 138.

² Ídem, pág. 139.

presión se distribuye de manera desigual. Por lo que se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$q_{\max} = \frac{Q}{BL} + \frac{6M}{B^2L} \dots\dots\dots(\text{Ecuación 17})$$

y

$$q_{\min} = \frac{Q}{BL} - \frac{6M}{B^2L} \dots\dots\dots(\text{Ecuación 18})$$

Donde Q : carga vertical total

M : momento sobre la cimentación

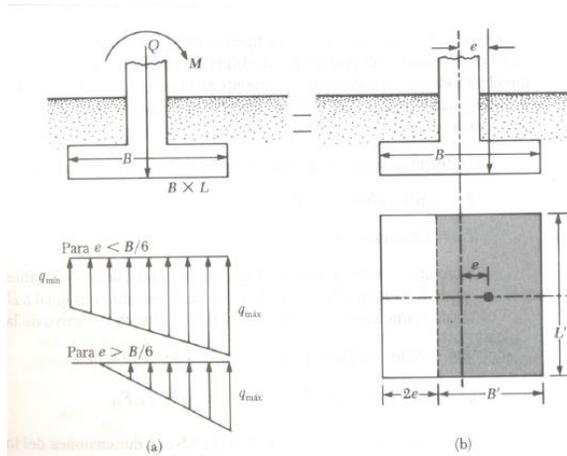


Figura: 4. Cimentaciones cargadas excéntricamente. Fuente: (Das, 2006)

$$e = \frac{M}{Q} \dots\dots\dots(\text{Ecuación 19})$$

Sustituyendo la ecuación 19 en las ecuaciones 17 y 18, se obtiene:

$$q_{\max} = \frac{Q}{BL} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \dots\dots\dots(\text{Ecuación 20})$$

y

$$q_{\min} = \frac{Q}{BL} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) \dots\dots\dots(\text{Ecuación 21})$$

Cuando la excentricidad e es equivalente al valor de $B/6$, q_{\min} es cero. Para $e > B/6$, q_{\min} será negativa, es decir, se desarrollará una tensión. Como el suelo no puede soportar tensiones, se presentará una separación entre la cimentación y el suelo subyacente, por lo que la distribución de la presión se determina:

$$q_{\max} = \frac{4Q}{3L(B - 2e)} \dots\dots\dots(\text{Ecuación 22})$$

Para determinar la carga última que el suelo puede soportar y el factor de seguridad contra la falla por capacidad de carga se puede utilizar lo siguiente:

1. Determinar las dimensiones efectivas de la cimentación:

$$B' = B - 2e$$

$$L' = L$$

Donde:

B = ancho efectivo

L = largo efectivo

Si la excentricidad está ubicada en dirección del largo de la cimentación, el valor de L' será equivalente a $L - 2e$. El valor de B' será igual a B . La menor de las dos direcciones (es decir L' y B') será el ancho efectivo de la cimentación

2. Ecuación para la capacidad de carga última:

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Para evaluar F_{cs} , F_{qs} y $F_{\gamma s}$, se utilizan las ecuaciones 9,10 y 11 con dimensiones del largo efectivo y ancho en lugar de usar d L y B, respectivamente. Para determinar F_{cd} , F_{qd} , $F_{\gamma d}$, aplique las ecuaciones 12 , 13 y 14, sin remplazar B por B'.

3. La carga última total que la cimentación puede tolerar es:

$$Q_{ult} = q'_u B' L' = q'_u A' \dots\dots\dots(\text{Ecuación 23})$$

Donde

A' = área efectiva

4. Para el factor de seguridad contra la falla por capacidad de carga se utiliza:

$$FS = \frac{Q_{ult}}{Q} \dots\dots\dots(\text{Ecuación 24})$$

5. Se debe verificar que el factor de seguridad respecto a q_{\max} , sea $FS = q'_u / q_{\max}$

Código Sísmico de Costa Rica 2002³

Uno de los objetivos que pretende el capítulo 13 de nuestro Código Sísmico es puntualizar los requerimientos mínimos para el diseño de cimentaciones superficiales rígidas de concreto reforzado relacionados con el diseño sismo-resistente.

Cuando las cimentaciones se ven sometidas a solicitaciones sísmicas, la fundación debe estar diseñada para soportar cargas de sismo, además de cargas verticales y cargas laterales que no sean provocadas por sismos⁴.

Se requiere que las presiones máximas en el suelo, debidas a las cargas últimas, sean menores que la resistencia de diseño del suelo.

Esta resistencia de diseño se determina al multiplicar la capacidad de soporte nominal del suelo (q_u) por el factor de reducción ϕ (tabla 1.0). Se debe cumplir lo siguiente:

$$q_u \max \leq \phi q_u$$

Los factores de reducción varían según el tipo de carga al suelo y según la excentricidad de la carga con respecto a la cimentación, las combinaciones de carga se presentan a continuación (Capítulo 6 CSCR 02):

- CU= 1,4 CP.....[6-1]
- CU= 1,2 CP + 1,6CT + 1,6CT..... [6-2]
- CU= 1,05CP + f_1 CT \pm CS + CE..... [6-3]
- CU= 0,95CP \pm CS + CE..... [6-4]

La excentricidad en la cimentación provoca distribuciones de presión no uniformes al suelo, entre más excéntrica sea la carga de la cimentación, menor es la presión representativa con respecto a la máxima.

El caso $\frac{q_{u \min}}{q_{u \max}} < 0,25$ incluye una distribución triangular de presiones.

Combinaciones Ecs. 6-1 y 6-2	ϕ
$\frac{q_{u \min}}{q_{u \max}} \geq 0,25$	0.50
$\frac{q_{u \min}}{q_{u \max}} < 0,25$	0.60
Combinaciones Ecs. 6-3 y 6-4	ϕ
$\frac{q_{u \min}}{q_{u \max}} \geq 0,25$	0.67
$\frac{q_{u \min}}{q_{u \max}} < 0,25$	0.83

Tabla 1.0. Factores ϕ_u de reducción para la capacidad soportante de los suelos.
Fuente: (CSCR 02).

³Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica. "Código Sísmico de Costa Rica", capítulo 13

⁴ Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica. "Comentarios al Código Sísmico de Costa Rica 2002", capítulo 13/3

Diseño Estructural⁵

En construcciones comunes, la carga sobre una cimentación corrida o columna se transmite verticalmente a la placa, la cual, a su vez, es sostenida por la presión hacia arriba del suelo sobre el cual descansa. Si la carga es simétrica con respecto al área de contacto, la presión de contacto se supone uniformemente distribuida (ver Figura 5a); Para cimentaciones que colocadas sobre suelos granulares gruesos, la presión aumenta en el centro de la cimentación y disminuye hacia el perímetro (ver Figura 5b), a causa de que los granos individuales de este tipo de suelos están relativamente sueltos, de manera que el suelo localizado en las cercanías del perímetro puede movilizarse hacia afuera en la dirección de menores esfuerzos en el suelo. En cambio, para suelos arcillosos las presiones son mayores cerca del borde que en el centro de la cimentación, puesto que en este tipo de suelos la carga produce una resistencia al cortante alrededor del perímetro, la cual se agrega a la presión hacia arriba (ver Figura 5c).

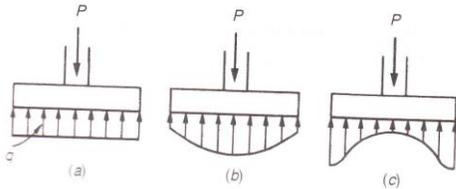


Figura: 5. Distribución de presiones de contacto: (a) supuesta; (b) real para suelos granulares; (c) real para suelos cohesivos. Fuente: (Nilson, 1999)

Las cimentaciones colocadas sobre suelos comprensibles deben cargarse de manera concéntrica para evitar la inclinación que se presentará si las presiones de contacto en un lado de la cimentación son mayores que en el lado opuesto. Es decir, que las cimentaciones individuales deben colocarse concéntricamente bajo las columnas, que las cimentaciones para placas corridas deben estar en forma concéntrica bajo las paredes o los muros y que, para las cimentaciones combinadas, el centroide del área de las cimentaciones debe coincidir con la

resultante de las cargas de las columnas. Las cimentaciones cargadas excéntricamente se pueden utilizar en suelos muy compactos o en roca.

Como conclusión, puede contarse con restricción de rotación de la columna, proporcionada por una cimentación individual, solo cuando existen tales condiciones favorables del suelo, y cuando la cimentación se diseña tanto para la carga de la columna como para el momento de restricción. Además, en este caso debe suponerse una condición más flexible que la de un empotramiento total, excepto para cimentaciones en roca.

Para cimentaciones corridas se utilizan los principios del comportamiento de vigas con algunas modificaciones. La Figura 6 muestra las fuerzas que actúan sobre una cimentación corrida; si los momentos flectores se calcularan a partir de estas fuerzas, el máximo momento se presentará en la mitad del ancho. En realidad, la muy alta rigidez de la pared o el muro modifica esta situación; para cimentaciones bajo muros de concreto, es satisfactorio calcular el momento en la cara del muro (sección 1-1). En estos ensayos se formaron grietas de tensión como se muestra en la Figura 6, es decir, bajo la cara del muro, en vez de presentarse en la mitad del ancho.

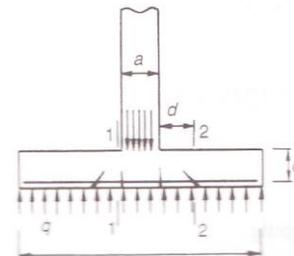


Figura: 6. Cimentaciones para muros. Fuente: (Nilson, 1999)

Para cimentaciones que soportan muros de mampostería, el momento máximo se calcula en la mitad de la distancia entre el centro y la cara del muro, ya que la mampostería es en general menos rígida que el concreto. Por esto, el momento flector máximo en cimentaciones bajo muros se determina por la ecuación:

$$Mu = \frac{1}{8} qu(b - a)^2 \dots\dots\dots \text{(Ecuación 25)}$$

⁵ Arthur H. Nilson, "Diseño de Estructuras de Concreto", pág. 1

Para estipular los esfuerzos cortantes se calcula la fuerza cortante vertical de la sección 2-2 que se localiza, al igual que en las vigas, a una distancia d de la cara del muro:

$$V_u = qu \left(\frac{b-a}{2} - d \right) \dots \dots \dots \text{(Ecuación 26)}$$

Por otro lado, para columnas individuales las cimentaciones por lo general son cuadradas, se utilizan rectangulares cuando las restricciones de espacio obligan a esta opción o si la columna apoyada tiene una sección transversal rectangular alargada. La forma más simple, consta de una losa sencilla como se muestra en la Figura 7a; otro tipo de cimentación es la mostrada en la Figura 7b, donde se coloca un pedestal entre la columna y la losa de cimentación, por último, en ocasiones se utilizan cimentaciones acarteladas como la mostrada por la Figura 7c. Las cimentaciones que más se utilizan son las de losa sencilla como la Figura 7a, por ser más económicas, para alturas de hasta 0,9m.

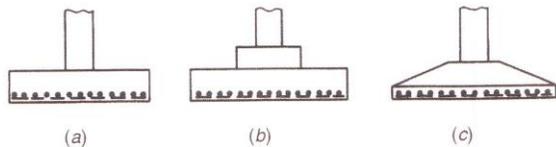


Figura:7. Tipos de cimentaciones para columnas individuales Fuente: (Nilson,1999)

Para estas cimentaciones existen dos tipos diferentes de resistencia al cortante: cortante en dos direcciones o por punzonamiento y cortante en una dirección o por acción de viga.

En la Figura 8 se muestra como la columna soportada por la losa tiende a punzonar la placa debido a los esfuerzos cortantes que actúan en la cimentación alrededor del perímetro de la columna. A la vez, los esfuerzos de compresión concentrados que provienen de la columna se distribuyen en la cimentación de manera tal que el concreto adyacente a la columna queda sometido a una compresión vertical, adicional al cortante. Como consecuencia de esto, si la falla sucede, la fractura se forma semejando una pirámide truncada como en la Figura 8 (o de cono truncado si la columna es circular), con lados que se extienden hacia fuera a un ángulo cercano a 45°.

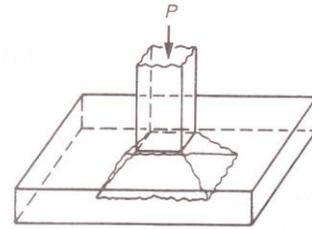


Figura: 8. Falla a cortante por punzonamiento en una placa aislada. Fuente: (Nilson,1999)

El esfuerzo cortante promedio que falla de esta manera puede tomarse equivalente al que actúa en planos verticales a través de la cimentación y alrededor de la columna sobre un perímetro a una distancia $d/2$ desde las caras de la columna (sección vertical a través de $abcd$ en la Figura 9. Ensayos realizados en cimentaciones y losas planas demuestran que para fallas por punzonamiento, el esfuerzo cortante calculado en el área del perímetro crítico es mayor que en la acción en una dirección (es decir, por acción de viga).

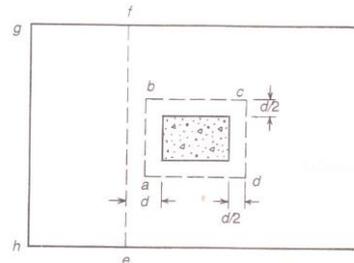


Figura: 9. Secciones críticas para cortante. Fuente: (Nilson,1999)

La resistencia al cortante por punzonamiento nominal en este perímetro se determina a través de la siguiente ecuación:

$$V_{u1} = 4\sqrt{f'_c} b_o d \dots \dots \dots \text{(Ecuación 27)}$$

Donde:
 b_o = perímetro $abcd$

Para el diseño de cimentaciones se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_c = 2\sqrt{f'_c} bd \dots \dots \dots \text{(Ecuación 28)}$$

Se debe cumplir:
 $V_u \leq \Phi V_c \dots \dots \dots \text{(Ecuación 29)}$

Donde:
 $\Phi = 0,85$ para cortante.

Aplicación Web

Una aplicación web es un sistema informático que los usuarios utilizan accediendo a un servidor web a través de Internet o de una intranet. Las aplicaciones web son populares debido a la practicidad del navegador web como interfaz, ya que este no consume muchos recursos del ordenador.

La facilidad para actualizar y mantener aplicaciones web sin distribuir e instalar software en diferentes usuarios es otra razón de su popularidad. Aplicaciones como los webmails, wikis, weblogs o tiendas en línea son ejemplos conocidos de aplicaciones web.

Es importante mencionar que una página Web puede contener elementos que permiten una comunicación activa entre el usuario y la información, lo cual permite que el usuario acceda a ella de modo interactivo, gracias a que la página responderá a cada una de sus acciones, como por ejemplo el envío de información a través de un formulario y el acceso a esta información desde cualquier tipo de bases de datos.

En los primeros tiempos de la computación, cada aplicación tenía su propio programa y su interfaz de usuario, estos tenían que ser instalados separadamente en cada estación de trabajo de los usuarios.

Si se iba a realizar una mejora al programa, requería una nueva instalación para cada estación de trabajo, añadiendo un costo de soporte técnico y disminuyendo la eficiencia del personal.

En contraste, las aplicaciones web permiten la programación de interfaces con elementos dinámicos, las cuales mejoran la experiencia de utilizar la herramienta, por otro lado, no es necesario instalar los programas en cada computador, ya que se tiene acceso desde cualquier plataforma que tenga conexión a internet.

Existen numerosos lenguajes de programación empleados para el desarrollo de Aplicaciones Web, entre los que destacan:

- PHP
- Ruby
- HTML

Lenguaje Ruby⁶

Ruby es un lenguaje de programación enfocado a la simplicidad y a la productividad, con una sintaxis elegante y natural, que se hace muy fácil de entender. Es un lenguaje de script (no compilado), totalmente orientado a objetos.

El lenguaje *Ruby* fue creado por Yukihiro "matz" Matsumoto en 1995 recopilando lo que más le gustaba de otros lenguajes.

Mientras que otros lenguajes tienen tipos primitivos que no son objetos, aquí todo es un objeto y por tanto se le pueden asociar propiedades y métodos, así como redefinir o extender su comportamiento.

Ruby on Rails

Ruby on Rails, también conocido como RoR se basa en la estructura MVC (modelo, vista, controlador), esto quiere decir, que separa los datos de una aplicación, la interfaz del usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos.

- Modelo: este es el sistema con que se administra la base de datos, es el corazón del sistema, donde se encuentran los "objetos" más importantes como por ejemplo, las cimentaciones diseñadas, los datos de entrada para el cálculo del acero, los usuarios, etc. El modelo interactúa directamente con el controlador, es decir, el modelo responde cuando el controlador hace una pregunta. El modelo es el que crea las relaciones entre objetos y realiza las validaciones al momento de guardar o editar los formularios; por ejemplo los datos requeridos para el cálculo del acero pertenecen a una Cimentación, esto representa una relación simple entre objetos.

- Vista: es lo que el usuario observa, hace accesible los datos del Modelo que son requeridos, desde el controlador.

- Controlador: es lo que une al Modelo (bases de datos) con las Vistas (interfaz). El modelo y las vistas por si solas no pueden actuar al menos que el controlador les diga que hacer. Por ejemplo, si escribimos en el navegador la siguiente dirección:

⁶ <http://www.rails.net/tutoriales/introduccion-a-ruby-on-rails>

<http://cimentaciones.ticoonrails.com/resultados/1>

estamos pidiendo a través de la Vista o la pagina web que busque el controlador correspondiente, en este caso la acción *Resultados*; en esta acción se programó buscar un elemento en la Base de Datos, este acto devuelve la información que nosotros requerimos, en este ejemplo la cimentación "1", en la base de datos. Así también cuando rellenamos un formulario (la Vista) envía los parámetros a la base de datos a través del controlador, que al mismo tiempo devuelve al usuario si la acción de salvar los datos fue exitosa o si encontró algún error.

Metodología

Para realizar este proyecto se procedió a investigar el método de diseño de una cimentación superficial, así como determinar su capacidad de carga y establecer el acero estructural de la sección, para automatizarlo en el lenguaje *Ruby on Rails* y crear una aplicación web de fácil acceso para el usuario. Específicamente, la herramienta contempla el diseño de cimentaciones superficiales tales como: placas corridas, placas aisladas, placas con excentricidad en una dirección, placas con carga inclinada y por último, placas circulares.

Los pasos aplicados para el diseño de cimentaciones superficiales mediante el uso de la herramienta son los siguientes:

- Se debe ingresar a la aplicación web mediante la dirección:
<https://cimentaciones.ticoonrails.com>
- Para establecer el diseño de la cimentación se debe escoger la clase de cimentación que se diseñará: placa aislada, placa corrida o placa circular.
- Datos de entrada: El programa ofrece un formulario para cada una de las cimentaciones antes mencionadas, con el objetivo de guiar al usuario en el diseño de la placa.
- Posteriormente, se analizan los datos de entrada y se calculan los factores de forma, factores de profundidad, factores por inclinación de la carga, si ésta lo requiere, factores de capacidad de carga, según sea el caso escogido de cimentación superficial. Mediante el cálculo de estos factores se procede a calcular la capacidad de carga última de la cimentación, lo cual debe cumplir con los parámetros de seguridad para un correcto diseño.
- Resultados: el programa establece una interfaz para mostrar los resultados obtenidos; presenta desde los factores

calculados, hasta la capacidad de carga, y si es ésta es aceptable o no.

Por lo tanto, si no se cumple con algún parámetro, el programa restablecerá de nuevo la interfaz de datos para volver a editar y realizar cambios para el diseño correcto.

- Una vez que se cuenta con una capacidad de carga correcta para el diseño de la cimentación, se procede a calcular el acero estructural de la sección, mediante otro formulario establecido en la herramienta para este objetivo; mediante la carga última de la sección, el ancho de la columna y las dimensiones de la placa se determina el momento último de la cimentación y se revisan los cortantes, si se cumplen las ecuaciones 26,27,28 y 29, se calcula el área del acero, mostrándola en la hoja de resultados de la herramienta.
- Por último, si se desea imprimir un informe, enviar por correo el diseño o simplemente guardar el proyecto para luego utilizarlo, se debe crear una cuenta de usuario de manera sencilla,; en esta etapa se recopila toda la información brindada al programa, además de los resultados obtenidos.

Resultados

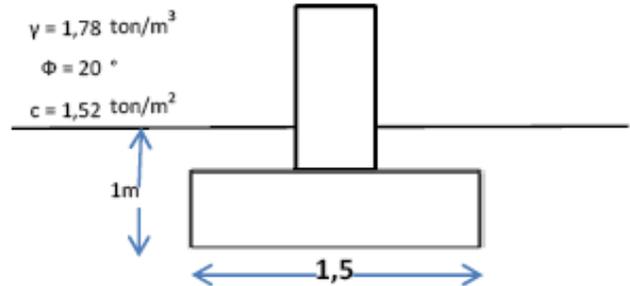
Como resultado de los análisis de diseño para cimentaciones superficiales, surge un programa computacional de fácil acceso mediante una aplicación Web que facilita el diseño para esta clase de cimentaciones. Los resultados obtenidos mediante el uso de esta herramienta se presentan seguidamente por medio de ejemplos efectuados en el programa.

Primeramente en la Figura 10 se muestra la interfaz del usuario, en la cual se debe crear una cuenta mediante el formulario expuesto en la Figura 11, para así tener acceso a múltiples funciones que tiene la herramienta, como por ejemplo poder imprimir los diseños realizados o enviarlos por correo electrónico, estas opciones se pueden ver en la Figura 12.

Una vez creada la cuenta para el usuario se debe elegir la clase de cimentación por diseñar: placa aislada, placa corrida o placa circular (Figura 13), luego se podrán realizar diseños o verificaciones como se muestra a continuación.

Ejemplo² 1.0.

En la Figura 14 se presenta un ejemplo del formulario para diseño de una cimentación aislada cuadrada, suponiendo que mide en planta 1,5m x 1,5m, con ángulo de fricción $\Phi = 20^\circ$, cohesión $c = 1,52 \text{ ton/m}^2$, peso específico $\gamma = 1,78 \text{ ton/m}^3$ y un nivel de desplante de 1m; Se procedió a determinar la capacidad de carga última sobre la cimentación mediante la ecuación 5. En las Figuras 15,16 y17 se muestran los resultados obtenidos de factores y la capacidad de carga admisible de la sección, con un factor de seguridad = 4.



² Das Braja M. "Principios de ingeniería de cimentaciones", pág. 131

Cimentaciones Superficiales

Desde el punto de vista de su profundidad las cimentaciones se clasifican en superficiales, profundas, y semi-profundas. Se entiende por superficiales aquellos tipos de cimientos en que la relación:
Desplante / Ancho del cimiento ≤ 1

 INICIO
 CONTACTENOS
 PROYECTOS
 PRIVACIDAD

Escoja el tipo de Cimentacion

Cimentacion Circular
Cimentacion Placa Aislada
Cimentacion Placa Corrida

La capacidad de carga depende de factores como:

- Características geotécnicas del terreno
- Estratificación de las capas de suelo y la profundidad del nivel freático.
- Nivel de cimentación.
- Dimensiones del cimientto.
- Tipo de carga (dirección, excentricidad, etc).

Has Click en el tipo de Cimentacion que vas a utilizar en el panel a tu izquierda

Acceso de Usuario

[Regístrate](#)



Imprime tus Resultados

Imprime tus informes, con esta opción puedes generar un pdf con los resultados de tus informes



Guardalos en tu Cuenta

Guardando tus informes, podrás volver para revisarlos y editarlos cuando quieras.



Envialos por Correo Electronico

Envialos a un Correo Electrónico, envia los informes a tus colegass.

Home | Services | Testimonials | Projects | Privacy | Latest Ideas

©Individual. All rights reserved.

XHTML VALID CSS VALID

Designed By : Template World

Figura: 10. Página de inicio de la aplicación.

INICIO CONTACTENOS PROYECTOS PRIVACIDAD

Nombre

Apellido

Email

Password

Confirm Password

Acceso de Usuario

 [Regístrate](#)

Crea una Cuenta

- ✦ Guarda tus cimentaciones
- ✦ Envíalas por Correo Electronico
- ✦ Descárgalas en PDF

Figura: 11. Formulario para registro en línea.

 <p>Imprime tus Resultados</p> <p>Imprime tus informes, con esta opción puedes generar un pdf con los resultados de tus informes</p>	 <p>Guardalos en tu Cuenta</p> <p>Guardando tus informes, podrás volver para revisarlos y editarlos cuando quieras.</p>	 <p>Envíalas por Correo Electronico</p> <p>Envíalos a un Correo Electrónico, envía los informes a tus colegass.</p>
--	---	---

Figura: 12. Funciones de la herramienta, si se está registrado.



Escoja el tipo de Cimentacion

- Cimentacion Circular
- Cimentacion Placa Aislada
- Cimentacion Placa Corrida



Has Click en el tipo de Cimentacion que vas a utilizar en el panel a tu izquierda

Hola Dilana Que Quieres Hacer?

- ◊ Ver tus Cimentaciones
- ◊ Administra tu cuenta
- ◊ Salir

La capacidad de carga depende de factores como:

- Características geotécnicas del terreno
- Estratificación de las capas de suelo y la profundidad del nivel freático.
- Nivel de cimentación.
- Dimensiones del cimientto.
- Tipo de carga (dirección, excentricidad, etc).

Figura: 13. Escoger tipo de cimentación a realizar.

Cimentacion Placa Aislada

Edite los datos del proyecto

Carga ton

Cohesion ton/m²*

PU (Carga Ultima) ton

Desplante m*

Combinacion de Carga

Nivel Freatico m

Angulo de Friccion ° *

Ancho m*

Angulo de Inclinacion °

Longitud m*

Peso Especifico ton*

Factor de Seguridad

Peso Especifico Saturado ton*

Espesor m

Ingrese los Datos

Cerrar Formulario

Hola Dilana Que Quieres Hacer?

- ◊ Ver tus Cimentaciones
- ◊ Administra tu cuenta
- ◊ Salir

Figura: 14. Formulario para diseño de la placa aislada.

Informe

Cimentacion Placa Aislada

Datos Factores Resultados Acero Estructural

Angulo de Friccion: 20.00°

Peso Especifico: 1.78 ton

Peso Saturado: 1.78 ton

Beta: 0.00°

Cohesion: 1.52 ton/m²

Desplante: 1.0 m

Ancho : 1.5 m

Longitud: 1.5 m

Inicio

Hola Dilana

Que Quieres Hacer?

- ◊ Ver tus Cimentaciones
- ◊ Administra tu cuenta
- ◊ Salir



Imprime tus Resultados

Imprime tus informes, con esta opción puedes generar un pdf con los resultados de



Guardalos en tu Cuenta

Guardando tus informes, podrás volver para revisarlos y editarlos cuando quieras.



Envialas por Correo Electronico

Envialos a un Correo Electrónico, envia los informes a tus colegass.

Figura: 15. Resumen de datos del ejemplo 1.0.

Informe

Cimentacion Placa Aislada

Datos Factores Resultados Acero Estructural

Factores de Capacidad de Carga

Nq = 6.40

Nc = 14.83

Ny = 5.39

Factores de Forma

Fcs = 1.43

Fqs = 1.36

Fys = 0.60

Factores de Profundidad

Fcd = 0.73

Fqd = 1.21

Fyd = 1

Factores de Inclinacion

Fci = 1.00 = Fqi

Fyi = 1.00

Inicio

Hola Dilana

Que Quieres Hacer?

- ◊ Ver tus Cimentaciones
- ◊ Administra tu cuenta
- ◊ Salir

Figura: 16. Factores obtenidos mediante cálculos.



INICIO



CONTACTENOS



PROYECTOS



PRIVACIDAD

Informe

Cimentacion Placa Aislada

Datos Factores **Resultados** Acero Estructural

Capacidad de carga ultima $Q_u = 46.78 \text{ ton/m}^2$

$Q_{adm} = 11.70 \text{ ton/m}^2$

$FS = 4.0$

CSCRO2

$\Phi =$

Presión Máxima $q_{umax} = 0.00 \text{ ton/m}^2$

No se puede calcular

[Editar Datos](#)

[Inicio](#)

Hola Dilana

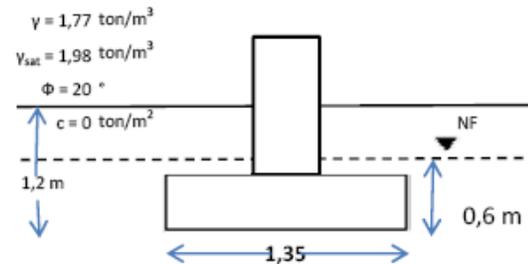
Que Quieres Hacer?

- Ver tus Cimentaciones
- Administra tu cuenta
- Salir

Figura: 17. Resultados obtenidos para la cimentación

Ejemplo² 1.1.

En la Figura 18 se observa la interfaz para una cimentación aislada cuadrada pero a diferencia de la anterior, en esta sección existe presencia de nivel freático por lo que se requiere un cambio en el cálculo q de sobrecarga, dado que se utilizaron las ecuaciones 1,2,3 y 4, suponiendo que las dimensiones en planta son $1,35\text{m} \times 1,35\text{m}$, ángulo de fricción $\Phi=34^\circ$, cohesión $c=0 \text{ ton/m}^2$, peso específico $\gamma=1,77 \text{ ton/m}^3$, $\gamma_{saturado}=1,98 \text{ ton/m}^3$, nivel de desplante = $1,2\text{m}$, $FS=3$ y el nivel freático ubicado a $0,6\text{m}$ de profundidad; luego se procedió a determinar la capacidad de carga admisible. En las Figuras 19,20 y 21 se muestran los resultados obtenidos de factores y capacidad de carga última de la sección, la cual es de $q_{adm}= 16,20 \text{ ton/m}^2$.



² Das Braja M. "Principios de ingeniería de cimentaciones", pág. 141

Cimentacion Placa Aislada

Edite los datos del proyecto

Carga ton <input type="text" value="0"/>	Cohesion ton/m ² * <input type="text" value="0"/>
PU (Carga Ultima) ton <input type="text" value="0"/>	Desplante m* <input type="text" value="1.2"/>
Combinacion de Carga <input type="text" value=""/>	Nivel Freatico m <input type="text" value="0.6"/>
Angulo de Friccion ° * <input type="text" value="34.00"/>	Ancho m* <input type="text" value="1.35"/>
Angulo de Inclinacion ° <input type="text" value="0.00"/>	Longitud m* <input type="text" value="1.35"/>
Peso Especifico ton* <input type="text" value="1.77"/>	Factor de Seguridad <input type="text" value="3"/>
Peso Especifico Saturado ton* <input type="text" value="1.98"/>	Espesor m <input type="text" value="0.3"/>

[Cerrar Formulario](#)

Hola Dilana

Que Quieres Hacer?

- [Ver tus Cimentaciones](#)
- [Administra tu cuenta](#)
- [Salir](#)

Figura: 18. Formulario para diseño de la placa aislada, con presencia de nivel freático.

 INICIO
  CONTACTENOS
  PROYECTOS
  PRIVACIDAD

Informe

Cimentacion Placa Aislada

Datos Factores Resultados Acero Estructural

Angulo de Friccion: 34.00°

Peso Especifico: 1.77 ton

Peso Saturado: 1.98 ton

Beta: 0.00°

Cohesion: 0.0 ton/m²

Desplante: 1.2 m

Ancho : 1.35 m

Longitud: 1.35 m

[Inicio](#)

Hola Dilana

Que Quieres Hacer?

- [Ver tus Cimentaciones](#)
- [Administra tu cuenta](#)
- [Salir](#)



[Imprime tus Resultados](#)



[Guardalos en tu Cuenta](#)



[Envialas por Correo Electronico](#)

Figura: 19. Resumen de datos del ejemplo 1.1.



Figura: 20. Factores obtenidos mediante cálculos

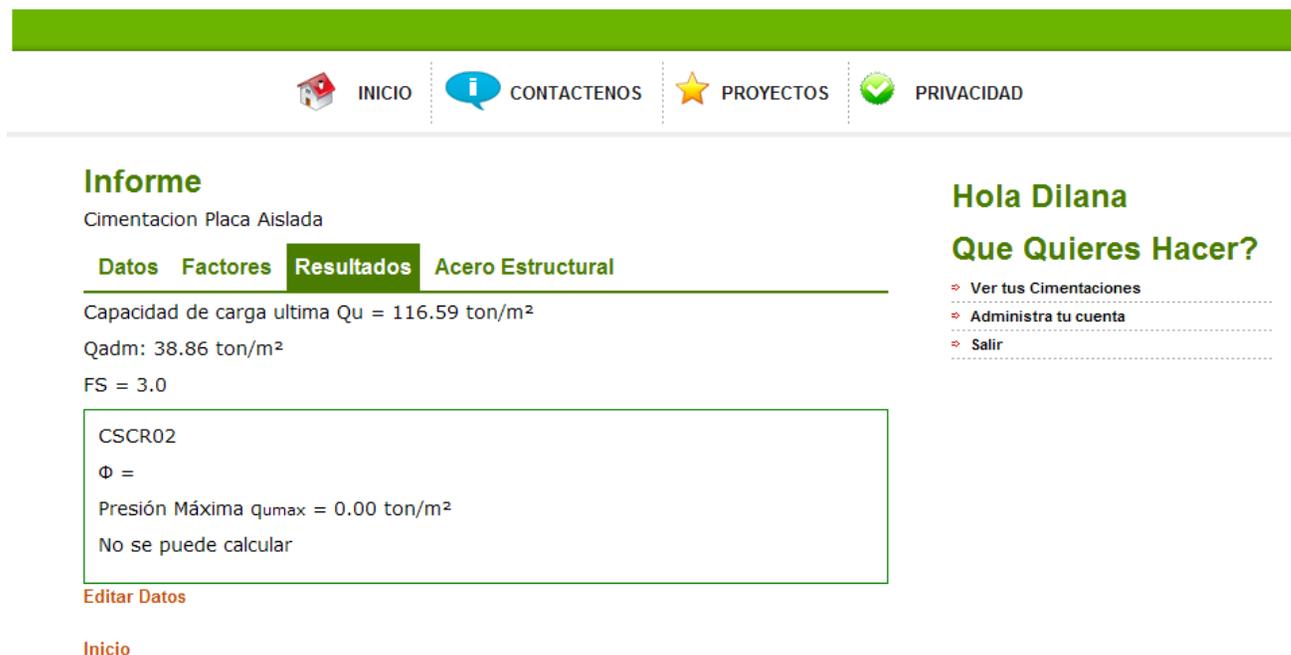
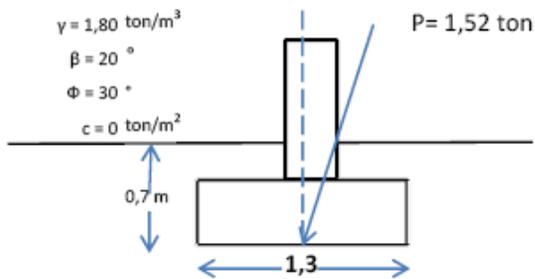


Figura: 21. Resultados obtenidos para la cimentación

Ejemplo² 1.2.

Una cimentación aislada debe soportar una carga de servicio de 1,52 ton, carga última de 2,13 ton de acuerdo a la combinación de carga N°1 escogida del CSCR 02, Capítulo 6, con una inclinación de 20° con respecto a la vertical.

Para utilizar la aplicación se requiere llenar el espacio denominado como ángulo de inclinación y la combinación escogida como se muestra en el formulario de entrada para el usuario (Figura 22). Suponiendo que las dimensiones en planta son 1,30m x 1,30m, ángulo de fricción $\Phi = 30^\circ$, FS= 3, cohesión $c=0 \text{ ton/m}^2$, peso específico $\gamma=1,80 \text{ ton/m}^3$, $\beta=20^\circ$ y nivel de desplante = 0,7m. Se procedió a determinar la capacidad de carga última sobre la cimentación, como se muestra en las Figuras 23 y 24; además, se muestran los resultados obtenidos de factores y capacidad de carga admisible de la sección, la cual es $Q_{ult}= 27,31 \text{ ton/m}^2$.(Figura25)



² Das Braja M. "Principios de ingeniería de cimentaciones", pág. 143

Cimentacion Placa Aislada

Edite los datos del proyecto

Carga ton <input type="text" value="1.52"/>	Cohesion ton/m ² * <input type="text" value="0"/>
PU (Carga Ultima) ton <input type="text" value="2.13"/>	Desplante m* <input type="text" value="0.7"/>
Combinacion de Carga <input type="text" value="1.4CP"/>	Nivel Freatico m <input type="text"/>
Angulo de Friccion ° * <input type="text" value="30.00"/>	Ancho m* <input type="text" value="1.3"/>
Angulo de Inclinacion ° <input type="text" value="20.00"/>	Longitud m* <input type="text" value="1.3"/>
Peso Especifico ton* <input type="text" value="1.8"/>	Factor de Seguridad <input type="text" value="3"/>
Peso Especifico Saturado ton* <input type="text" value="1.8"/>	Espesor m <input type="text" value="0.3"/>

[Cerrar Formulario](#)

Hola Dilana

Que Quieres Hacer?

- [Ver tus Cimentaciones](#)
- [Administra tu cuenta](#)
- [Salir](#)

Figura: 22. Formulario para diseño de la placa aislada con presencia de carga inclinada.

Cimentaciones Superficiales

Desde el punto de vista de su profundidad las cimentaciones se clasifican en superficiales, profundas, y semi-profundas. Se entiende por superficiales aquellos tipos de cimientos en que la relación:
 $\text{Desplante} / \text{Ancho del cimientto} \leq 1$

 INICIO
 CONTACTENOS
 PROYECTOS
 PRIVACIDAD

Informe

Cimentacion Placa Aislada

Datos Factores Resultados Acero Estructural

Angulo de Friccion: 30.00°

Peso Especifico: 1.8 ton

Peso Saturado: 1.8 ton

Beta: 20.00°

Cohesion: 0.0 ton/m²

Desplante: 0.7 m

Ancho : 1.3 m

Longitud: 1.3 m

Hola Dilana

Que Quieres Hacer?

- [Ver tus Cimentaciones](#)
- [Administra tu cuenta](#)
- [Salir](#)

Figura: 23. Resumen de datos del ejemplo 1.2.



Figura: 24. Factores obtenidos mediante cálculos

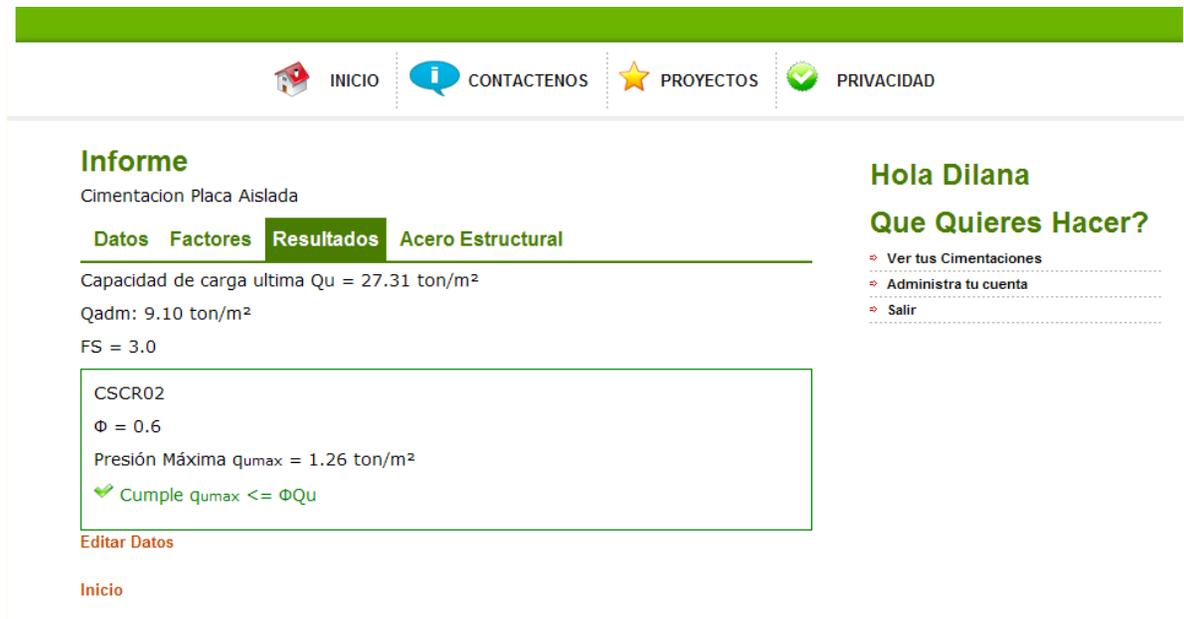
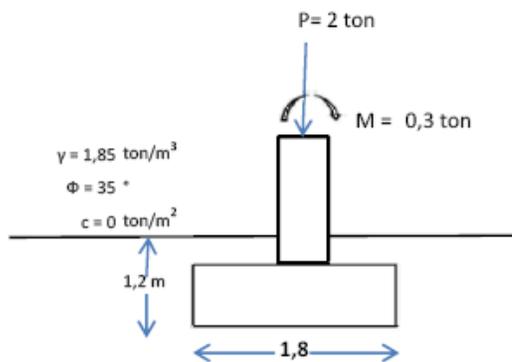


Figura: 25. Resultados obtenidos para la cimentación

Por otro lado, para el diseño de una cimentación con excentricidad de carga se debe hacer click sobre esta opción, como se muestra en la figura 26; y se debe rellenar el espacio denominado como momento sobre la cimentación, para este caso, se utilizaron las ecuaciones 19,20,21,22.

Ejemplo² 2.0.

A continuación se describe una cimentación corrida la cual debe soportar una carga de servicio de 1,43 ton, carga última de 2 ton de acuerdo a la combinación de carga N°1 escogida del CSCR 02, Capítulo 6 y un momento sobre la cimentación de 2ton-m, ancho $b=1,8\text{m}$, ángulo de fricción $\Phi=35^\circ$, cohesión $c=0\text{ ton/m}^2$, peso específico $\gamma=1,85\text{ ton/m}^3$ y nivel de desplante= 1,2m; se determinó la capacidad de carga última sobre la cimentación; los resultados obtenidos de factores y capacidad de carga última de la sección, se muestran en las figuras 27,28,29 y 30, la cual es de $q_u=153,11\text{ ton/m}^2$.



² Das Braja M. "Principios de ingeniería de cimentaciones", pág. 157



Figura: 26. Ejemplo para elegir excentricidad en la cimentación.

INICIO CONTACTENOS PROYECTOS PRIVACIDAD

Cimentacion Placa Corrida

Edite los datos del proyecto

Carga ton
1.43

PU (Carga Ultima) ton
2

Combinacion de Carga
1.4CP

Angulo de Friccion ° *
35.00

Angulo de Inclinacion °
0.00

Peso Especifico ton*
1.85

Peso Especifico Saturado ton*
1.85

Carga ton
1.43

Cohesion ton/m²*
0

Desplante m*
1.2

Nivel Freatico m
[]

Ancho m*
1.8

Longitud m*
4

Factor de Seguridad
3

Espesor m
0.4

Momento Sobre la Cimentacion ton-m *
0.3

Ingrese los Datos

Cerrar Formulario

Hola Dilana
Que Quieres Hacer?

- Ver tus Cimentaciones
- Administra tu cuenta
- Salir

Figura: 27. Formulario para el diseño de la cimentación, con excentricidad de la carga.

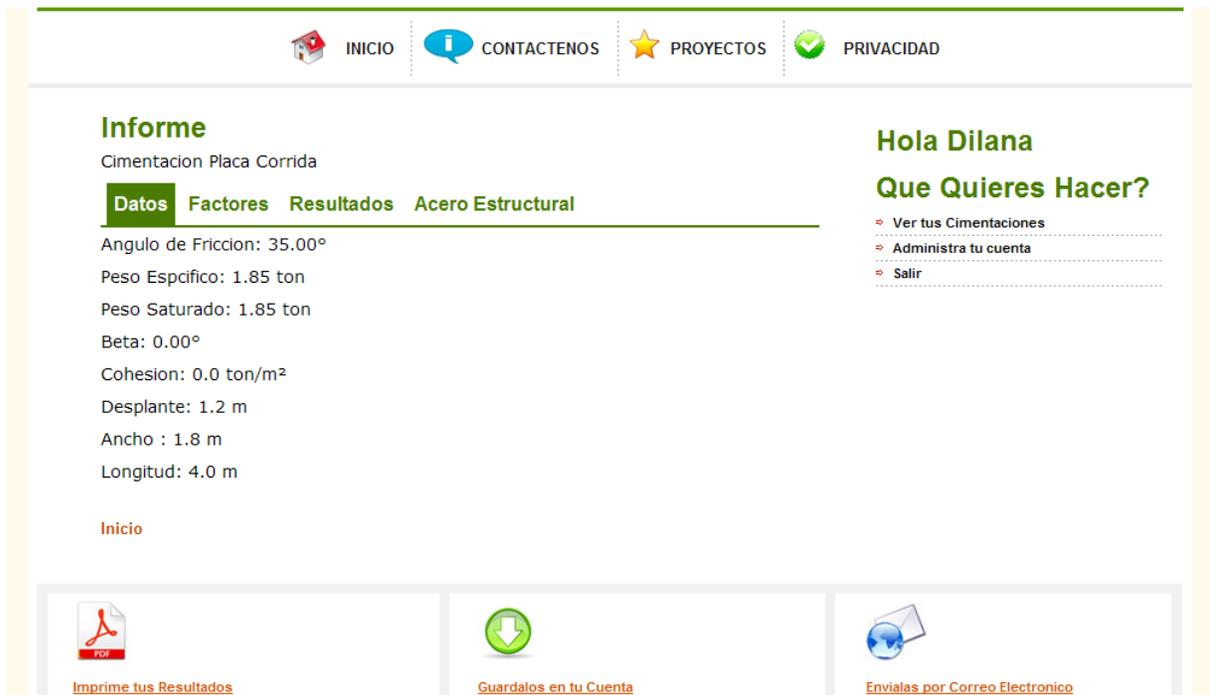


Figura: 28. Resumen de datos del ejemplo 2.



Figura: 29. Factores obtenidos mediante cálculos.

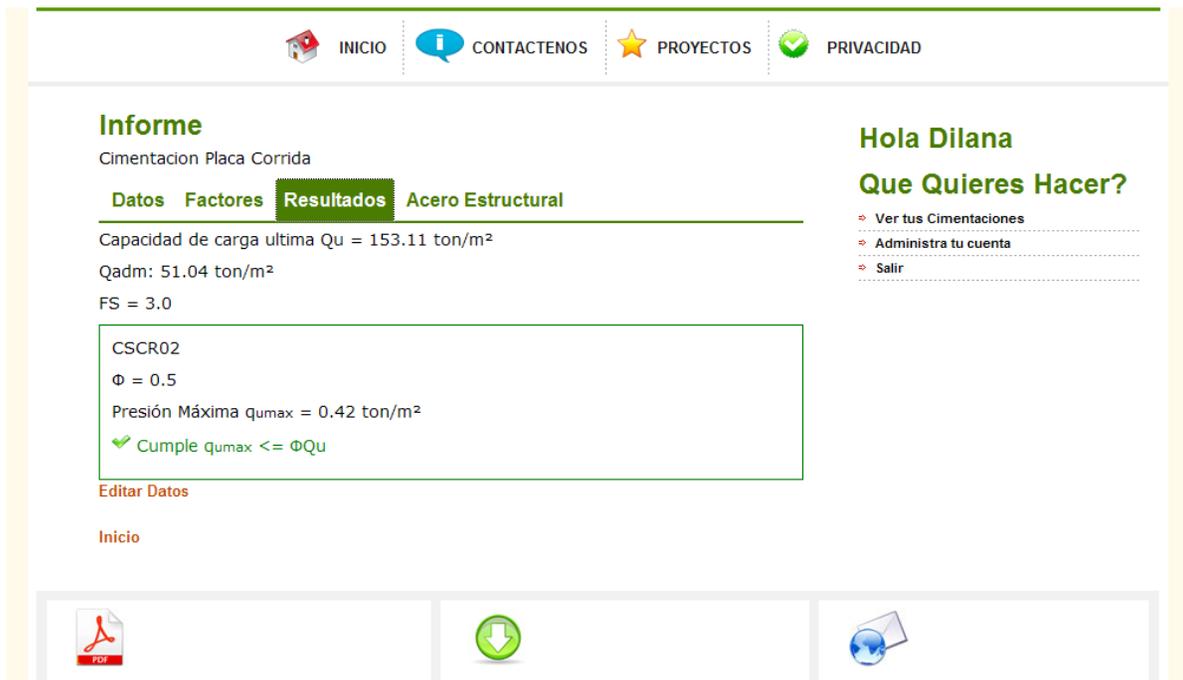
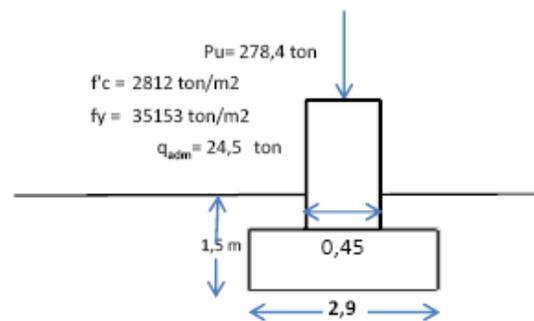


Figura: 30. Resultados obtenidos para la cimentación.

Ejemplo⁵ 3.0.

Por último se muestra en la Figura 31 un ejemplo del formulario para el cálculo del acero estructural de una placa aislada cuadrada, que soporta una carga última de 24,5 ton/m²; Para este caso se utilizan los siguientes datos: $f'c=280$ ton/m², $f_y=3500$ ton/m², ancho de columna=0,45m, carga última=278,4 ton, recubrimiento=0,08m y un espesor de 0,56m. Se determinó la cantidad de acero mediante las ecuaciones 26, 27,28 y 29; obteniéndose como área de acero 0,5m²; para finalizar se revisaron los cortantes para la sección (Figura 32).



⁵ Arthur H. Nilson, “Diseño de Estructuras de Concreto”, pág. 511

 INICIO
  CONTACTENOS
  PROYECTOS
  PRIVACIDAD

Informe

Cimentacion Placa Aislada

Datos Factores Resultados **Acero Estructural**

Esesor: 0.5 m

Ancho de la Columna m

Es Cuadrada?

FY kg/cm²

F'C kg/cm²

Recubrimiento m

Carga Ultima ton

Hola Dilana

Que Quieres Hacer?

- [Ver tus Cimentaciones](#)
- [Administra tu cuenta](#)
- [Salir](#)

Figura: 31. Formulario para el diseño del acero estructural.

 INICIO
  CONTACTENOS
  PROYECTOS
  PRIVACIDAD

Informe

Cimentacion Placa Aislada

Datos Factores Resultados **Acero Estructural**

Area del Acero: 0.5 m²

Cortante:

✔ Cumple $V_u = 70.90$ ton es menor que $V_c = 179.54$ ton

Cortante Punzonamiento:

✔ Cumple $V_{u1} = 250$ ton es menor que $V_{c1} = 323.18$ ton

[Editar Datos para el Acero](#)

[Inicio](#)

Hola Dilana

Que Quieres Hacer?

- [Ver tus Cimentaciones](#)
- [Administra tu cuenta](#)
- [Salir](#)



[Imprime tus Resultados](#)



[Guardalos en tu Cuenta](#)



[Envialas por Correo Electronico](#)

Figura: 32. Resultados obtenidos para la cimentación.

Análisis de los resultados

Mediante los ejemplos realizados se logró verificar el comportamiento del programa al efectuar diseños distintos de cimentaciones superficiales.

Para el ejemplo 1.0 se realizó un análisis simple de una cimentación para verificar la herramienta y poder probar su efectividad al realizar los cálculos, por esto no se le introdujeron datos de cargas de servicio al ejercicio, sino, que se limitó a calcular la capacidad de carga. En la Figura 17 se muestra la capacidad de carga última obtenida para la cimentación en estudio y la capacidad de carga admisible.

Para el caso del ejemplo 1.1 se logró introducir al programa una cimentación superficial con variaciones en el nivel freático lo que modifica las ecuaciones que se utilizaron en el ejemplo 1.0, al elaborar este ejemplo se determinó la capacidad de carga última y la capacidad de carga admisible de la fundación.

A través de estos dos ejemplos se probó que el programa es capaz de calcular capacidades de carga, por lo que se procedió a realizar el ejemplo 1.2, este diseño consistió en agregar una carga última inclinada a la cimentación y realizar los cálculos, en la Figura 25 se muestran los resultados obtenidos de capacidad de carga última además se exhibe un recuadro donde se establece la desigualdad estipulada en el capítulo 13 del Código Sísmico de Costa Rica, la herramienta se encarga de escoger un factor de reducción de acuerdo a la combinación de carga escogida. Esto hace que la aplicación muestre la desigualdad entre las presiones máximas y la capacidad de carga última, asimismo, si el diseño cumple con lo estipulado por el CSCR 02, para este caso el resultado fue satisfactorio por que se cumple con lo establecido por la teoría.

Para el ejemplo 2.0 se calculó la capacidad de carga de la cimentación con excentricidad de la carga, lo que hace que se

modifique el formulario para la entrada de datos (Figura 27), además la herramienta calcula las presiones máximas debido a las cargas últimas, en la Figura 30 se observan los resultados obtenidos, se muestra al igual que el ejemplo anterior la verificación y cumplimiento con lo establecido en nuestro código sísmico.

Con este ejercicio se logra establecer que la aplicación trabaje con cargas excéntricas orientadas en una dirección, se podría ampliar este programa adjuntando las formulas para calcular excentricidades en dos direcciones y sería muy sencillo adjuntar los cambios.

Por otra parte para el ejemplo 3.0 que se muestra en la Figura 31 se procedió a calcular el área de acero para una cimentación, con el fin de satisfacer el diseño estructural de la sección, se logró que el programa evaluara los cortantes obtenidos a través de la teoría y estableciera desigualdades para comprobar si se cumple o no con lo estipulado en la literatura.

Con el análisis de estos ejemplos se concluye que el programa funciona de una manera eficaz en los cálculos de capacidad de carga, sin embargo posee una limitante, como lo es que no se tome en cuenta los asentamientos diferenciales de las cimentaciones superficiales, ya que si bien es cierto se debe cumplir no sobrepasar la capacidad de carga última de la fundación, también se debe delimitar los niveles de asentamientos ya sean elásticos o inmediatos y por consolidación.

Es muy importante que el ingeniero que vaya a diseñar tenga un conocimiento apropiado de la conformación geotécnica del perfil del suelo y sus características pero además debe conocer las propiedades de deformabilidad del terreno ya que son necesarias para el cálculo de los asentamientos.

Conclusiones

1. Se logró desarrollar una aplicación web en el lenguaje *Ruby on Rails* que permite el diseño y verificación de cimentaciones superficiales, basado en la determinación de carga última y el diseño estructural de la misma.
2. Se obtuvo un programa sencillo y de fácil acceso para el usuario, que le permite aplicar fácilmente los métodos de diseño para elaborar proyectos sobre cimentaciones.
3. Se dio a conocer mediante la herramienta las variaciones al determinar la capacidad de carga para cimentaciones como: placa asilada, placa corrida y placa circular, incluyendo las diferencias que puedan encontrarse ya sea por excentricidad de la carga, presencia de nivel freático o por inclinación de la carga.
4. Con esta aplicación web también se brindó el diseño estructural de la cimentación, proporcionándole al usuario un formulario simple para rellenar y obtener un área de acero estructural para la sección en estudio.

Recomendaciones

1. Ampliar el programa con el cálculo de asentamientos inmediatos y por consolidación para el diseño de cimentaciones superficiales ya que no se toman en cuenta.
2. Agregar a la herramienta la elaboración de cimentaciones con excentricidad en dos direcciones, ya que la aplicación se limita a realizar diseños con excentricidad en una dirección.
3. Los conocimientos acerca de las cimentaciones a evaluar o a diseñar son imprescindibles, si se pretende hacer uso de esta aplicación. La evaluación se deja a juicio del ingeniero a cargo, pues el programa solamente revela el resultado de lo que el usuario establece, por lo tanto los resultados obtenidos serán precisos siempre y cuando los parámetros del terreno hayan sido obtenidos de una manera confiable

Apéndices

Como parte del apéndice se presenta el Manual de Usuario creado con el propósito de que al diseñador se le facilite la utilización del programa computacional.

Anexos

En este capítulo se presentarán los informes de datos de entrada y resultados de ejemplos analizados en la herramienta.

Referencias

Arthur H. Nilson, 1999, "**DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**", Colombia: Editorial M^c Graw Hill.

ACI 318, 2006, Costa Rica: Comité ACI y ICCYC.

Asociación Costarricense de Geotecnia, **CODIGO DE CIMENTACIONES DE COSTA RICA**, Editorial Tecnológica de Costa Rica, 1994

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos / Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica. **CODIGO SISMICO DE COSTA RICA**, Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2003.

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos / Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica. **COMENTARIOS AL CODIGO SISMICO DE COSTA RICA 2002**, Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2007.

Das Braja M, 2006, "**PRINCIPIOS DE INGENIERIA DE CIMENTACIONES**", México. International Thompson Editores, S.A. de C.V

- <http://www.rails.net/tutoriales/introduccion-a-ruby-on-rails>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Ruby>
- www.ruby-lang.com/es
- www.rubyonrails.org