

Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas

Facultad de Matemática Física y Computación

Licenciatura en Ciencia De la Computación.



Trabajo de Diploma

Título:

Diseño Estructural de Cimentaciones Superficiales.

Autor:

Yarieldis Claro Soto

Tutores:

Dr.Ing Ernesto Chagoyén Méndez

Msc.Ing Jorge Luis Broche Lorenzo.

Santa Clara, 2006.

Dedicatoria

A mi madre, Luisa, sin su intervención esto nunca fuera posible.

Agradecimientos

A mis amigos, que me ayudaron en momentos difíciles, especialmente a Pavel, El Flaco, Carralero, Onierky y Juan Pablo.

Les agradezco a mis tutores por la ayuda que me brindaron para la realización de este trabajo, a los trabajadores del CIDEM por sus aportes, a Yosvany Diaz por su ayuda.



Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas como parte de la culminación de los estudios de la especialidad de Ciencias de la Computación, autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la autorización de la Universidad.

Firma del autor

Los abajo firmantes, certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdos de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del tutor

Firma del jefe del Seminario

Índice.

Resumen. 7

Abstract. 8

Introducción. 9

Antecedentes: 10
Problema de Investigación: 10
Objetivo General: 11
Objetivos Específicos: 11
Preguntas de investigación: 11
Justificación y viabilidad de la investigación: 11
Tipo de Investigación: 12
Hipótesis de Investigación: 12
Tareas de Investigación: 12
Aprobación del Trabajo. 13
Estructura del trabajo de Tesis: 13

Capitulo 1: Conceptos y Herramientas Básicas. Revisión bibliográfica. 15

Introducción 15
1.1 Sistema de unidades. 15
 1.1.1 Sistema Internacional. 16
 1.1.2 Sistema MKS 16
 1.1.3 Sistema FPS 16
 1.1.4 Conversiones entre unidades. 16
1.2 Sistema de cálculo de cimientos. 19
 1.2.1 Cálculos preliminares. 19
 1.2.2 Cálculo de Peraltos. 21
 1.2.3 - Cálculo de Refuerzos. 25
1.3 Salida de los resultados 26
 1.3.1 Exportar datos hacia un DXF. 26
 1.3.2 Salida en pantalla. 28

Capitulo 2: Diseño del sistema y automatización de los procesos de cálculo. 29

Introducción 29
2.1 – Estructuración en Módulos del Sistema. 29

2.2 – Requisitos Funcionales. Diagrama de Actores del Sistema y Casos de Uso.	30
2.3 Implementación.	32
2.3.1 – Implementación de los Cimientos. Jerarquía de Clases.	32
2.3.1.1 – Descripción de la Clase <i>Cimiento</i> .	33
2.3.1.2 – Descripción de la Clase <i>CimientoRectangular</i> .	34
2.3.1.3 Descripción de la clase <i>CimientoCorrido</i> .	35
2.3.1.4 Descripción de la clase <i>CimientoCircular</i> .	35
2.3.2 – Implementación de los Módulos de Cálculo. Jerarquía de Clases.	36
2.3.2.1 – Módulo <i>CompresionLocal</i> .	36
2.3.2.2 – Módulo <i>DistribucionDePresiones</i> .	37
2.3.2.3 – Módulo <i>Peraltos</i> .	39
2.3.2.4 – Módulo <i>Refuerzos</i> .	45
2.3.3 – Módulo de Salida Gráfica <i>DXF Export</i> .	47
2.3.4 Clase para la salida en pantalla.	50
2.3.5 Clases para la conversión de sistemas de unidades	51
2.4 – Conclusiones Parciales.	51

Capitulo 3: Manual del usuario. 53

Resumen	53
3.1 Descripción del Programa	53
Introducción	53
Elementos Componentes:	53
Objetivo Funcional.	55
Tareas que Resuelve el Sistema.	55
Requerimientos de Hardware.	56
Descripción Lógica.	56
3.2 Funcionalidades nuevas en la interfaz gráfica.	57
3.2.1 Ventana de propiedades de la planta.	57
3.2.2 Ventana de vista gráfica preliminar.	57
3.3 Aplicación de sistema.	58
3.4 Conclusiones parciales.	58

Conclusiones 59

Bibliografía y Referencias 60

Anexos 63

Resumen.

Se continúa la implementación del sistema automatizado para el diseño estructural de las cimentaciones superficiales, sometido a la acción de fuerzas verticales, horizontales, y/o momento flector en un plano o dos planos perpendiculares. Los conceptos principales que abordan se sustentan sobre los criterios de las nuevas regulaciones normativas de nuestro país, además de ser abordados con un enfoque por invariantes que da la posibilidad de adecuarse a cualquier documento normativo internacional. Todo lo anterior dentro de un ambiente de trabajo muy cómodo para el proyectista estructural que incluye tratamiento grafico de planta de cimentación, capacidad de dibujar a partir de los resultados del diseño el plano estructural de la cimentación, selección del diámetro de los refuerzos, lo cual brinda la posibilidad de seleccionar la variante óptima entre un grupo de soluciones o casos de diseño posibles, etc., haciendo de este sistema un instrumento de gran utilidad, sencillez, y comodidad al proyectista estructural.

Abstract.

It is continued the implementation of the system automated for the structural design of the superficial foundations, submissive the vertical, horizontal flexor moment and/or a plane or two perpendicular planes. The main concepts that approach sustain on the criteria of the new normative regulations of our country, in addition to being boarded with an approach by invariants that the possibility gives of adapting itself to any international normative document. All the previous one within an atmosphere of very comfortable work for the structural designer who includes graphical treatment of foundations plant, capacity to draw from the results of the design the structural plane of foundations, selection of the diameter of the reinforcements, which offers the possibility of selecting to the optimal variant between a group of solutions or possible cases of design, etc., doing of this system an instrument very useful, simplicity, and comfort to the structural designer.

Introducción.

En el presente trabajo, se propone la continuación de la implementación de un sistema automatizado para el Diseño Estructural de Cimentaciones Superficiales. El propósito fundamental de este trabajo, es desarrollar un sistema capaz de realizar los cálculos pertinentes para llevar a cabo de forma eficiente el diseño estructural de las cimentaciones superficiales según está normado, que estos cálculos se muestren en distintos sistemas de unidades y elaborar salidas graficas y numéricas de los resultados de dichos cálculos.

Para el diseño estructural se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Compresión Local del plato (decide las dimensiones mínimas del pedestal o vaso en el caso de la columna prefabricada).
- Diseño del peralte.
 - ❖ Criterio de Peralto Mínimo.
 - ❖ Criterio de Punzonamiento.
 - ❖ Criterio de Cortante.
 - ❖ Criterio de Flexión (positiva y negativa).
 - ❖ Definir el comportamiento estructural del cimiento. (cimientos rígidos y cimientos flexibles).
- Cálculo del refuerzo del plato.
 - ❖ Refuerzo inferior en la dirección de L.
 - ❖ Refuerzo inferior en la dirección de B.
 - ❖ Refuerzo superior en la dirección de L.
 - ❖ Refuerzo superior en la dirección de B.
 - ❖ Comprobar el anclaje y la adherencia de las armaduras.
 - ❖ Comprobar el estado límite de utilización de fisuración del plato.
- Representación de los resultados del diseño.

Estos criterios de diseño expresados en lo que se considera la metodología para el diseño estructural presentada de forma simplificada anteriormente, son susceptibles de algoritmizar, pues en los documentos normativos elaborados por la Facultad de Construcciones de la UCLV aprobados por el CONCEH y en vigencia actual están reflejados de esa forma y perfectamente establecidos.

Finalmente, para completar el diseño, sería necesario elaborar la salida gráfica de las soluciones adoptadas para AutoCAD, además de una vista preliminar que acompañará al sistema, en un plano general de la planta de cimentaciones y en un plano de detalles constructivos para cada cimiento, en este último se muestran los refuerzos de acero de la cimentación. Tomando en consideración que toda estructura no basta que este correctamente diseñada, sino que debe plasmarse cabalmente los resultados del diseño en planos, que cumplan con las regulaciones de las normativas de representación existente en nuestro país, para una interpretación correcta por parte del constructor, esto incluye la calidad de los materiales y cuadros de despliegue del refuerzo para su elaboración en el taller.

Antecedentes:

En el Centro de Investigación y Desarrollo de las Estructuras y los Materiales (CIDEM), en conjunto con alumnos de la Facultad de Matemática-Física-Computación, se han dado pasos importantes con vistas a crear un sistema que satisfaga las necesidades de los ingenieros. Para ello es de vital importancia el estrecho vínculo que existe entre el diseño geotécnico y el diseño estructural, ya que este último parte de los resultados obtenidos en el proceso realizado por el primero. En la actualidad se cuenta con un sistema (DGC) acorde con los requerimientos actuales para el diseño geotécnico desarrollado también por el CIDEM y en la tesis (Pavel y Alennys 2005) se creo la primera parte de este software en el cual se implementó toda la interfaz grafica para el usuario y se diseñaron los diagramas y las clases para la implementación de los cálculos.

Problema de Investigación:

El propósito general del sistema es el diseño y cálculo de la planta de cimentaciones y en la actualidad este no tiene implementado los módulos de cálculo correspondientes con los distintos sistemas de unidades, ni las salidas gráficas que permitan al proyectista ver los resultados del diseño. El presente trabajo tiene como objetivo principal lograr los objetivos que responden al problema planteado.

Objetivo General:

Realizar la implementación de los módulos de cálculo, sistema de unidades y salidas gráficas utilizando los conceptos de programación y estructuras de datos existentes, que automatice el diseño estructural de cimentaciones del proyecto que se propone el ingeniero civil. Este sistema se desarrollará cumpliendo con lo establecido por las normas de diseño estructural de cimentaciones aprobada por el CONCEH.

Objetivos Específicos:

- Lograr la implementación de un subsistema que permita convertir los datos de un sistema de unidades a otro.
- Lograr la implementación de nuevos módulos de cálculo dirigidos a cimientos rectangulares con pedestal excéntrico, cimientos circulares y corridos.
- Facilitar al usuario la salida de los resultados en forma gráfica y numérica, así como exportarlos satisfactoriamente en ficheros DXF para AutoCAD.

Preguntas de investigación:

1. ¿Será implementar los módulos de cálculo cumplan con los requerimientos del diseño estructural de cimentaciones superficiales, para cimientos rectangulares con pedestal excéntrico, cimientos circulares y corridos?
2. ¿Podrá el sistema representar los datos numéricos y los resultados en distintos sistemas de unidades?
3. ¿Podrá el sistema ofrecer los resultados en forma gráfica a través de la generación del plano de planta de cimentación y el plano estructural de cada cimiento y generar un fichero DXF para AutoCAD?

Justificación y viabilidad de la investigación:

Debido al surgimiento de nuevos documentos normativos sobre la temática de diseño estructural de cimentaciones superficiales, la no conclusión de los vigentes y ausencia en otros casos de los mismos, es que se hace necesaria la realización de este trabajo. Además, los distintos enfoques que son empleados actualmente en la práctica, relativos al diseño estructural de las cimentaciones superficiales, la necesidad de contar con un sistema de software a tono con el estado del arte del diseño estructural, que libere al Ingeniero Civil de lo tedioso y laborioso de los cálculos de este tipo de cimentación. Estas son algunas de las

principales razones que fundamentan la necesidad de realizar el presente trabajo, y la posibilidad de realizarlo a través de un trabajo de diploma, para lo cual se cuenta con la bibliografía fundamental necesaria en el centro.

El trabajo tendrá un valor práctico innegable al proveer a los proyectistas de todo el país con un software que se corresponde con la norma cubana actual de diseño estructural de cimentaciones, aprobada recientemente por el CONCEH adjunto al MICONS, y de la cual los tutores del presente trabajo fueron los principales redactores. Además que el proyectista pueda seleccionar de forma rápida y sencilla la solución más racional al problema a que se enfrente. Este aspecto resalta las posibilidades de generalización inmediatas que tienen los resultados derivados de la ejecución de este proyecto.

Tipo de Investigación:

El tipo de investigación es correlacional, teniendo en cuenta que la racionalidad y eficiencia de los cálculos que se realizan en el proceso del diseño estructural de cimentaciones depende del ahorro en tiempo de la ejecución del proyecto.

Hipótesis de Investigación:

Utilizando los conocimientos adquiridos y las herramientas de programación que se nos han enseñado en el transcurso de la carrera, se puede llegar a implementar un algoritmo y un sistema para el diseño estructural de cimentaciones superficiales rectangulares, que permita obtener una solución racional, reducir al mínimo el tiempo de proyecto y aumentar al máximo la calidad en los resultados de dicho proceso.

Tareas de Investigación:

Con el objetivo de encontrar las respuestas a las preguntas de investigación se ha planificado lo siguiente:

- Realizar un estudio bibliográfico sobre el diseño estructural de cimentaciones superficiales.
- Realizar entrevistas a personas que tengan experiencia o hayan investigado en el tema para descubrir en que consiste el diseño estructural de cimentaciones superficiales y cómo se aplica en la práctica por los profesionales.
- Luego de conocer todas las características del problema y las opciones que se brindarán, debe hacerse un análisis para elegir la forma y diseño que tendrá el

sistema, y la estructuración que se le dará para que pueda ser actualizado en el futuro con facilidad.

- Estudiar las formas tradicionales de representación de los resultados del diseño con bases a los requerimientos de las regulaciones existente en el país, con vistas a ser implementadas en el sistema que se propone.

Aprobación del Trabajo.

Este trabajo puede presentarse en diversos eventos relacionados con el diseño estructural de cimentaciones superficiales y en seminarios de programación. También puede usarse en la carrera de Ingeniería Civil como software de apoyo en las distintas asignaturas que se relacionen con cimientos superficiales.

Estructura del trabajo de Tesis:

Finalmente el trabajo quedó estructurado de la siguiente forma:

Resumen

Introducción

Capítulo I: Conceptos y herramientas básicas. Revisión bibliográfica.

Capítulo II: Diseño del sistema y automatización de los procesos de cálculo.

Capítulo III: Manual de usuario.

Conclusiones

Bibliografía y Referencias

Anexos

En el primer capítulo se hace la revisión bibliográfica fundamental. Se describe como desarrollar el sistema, como estructurar el sistema en módulos de acuerdo a las funciones que realizan, las ventajas, así como características generales. Se describe además, como implementar la automatización de manera que sea extensible a nuevos cambios que puedan surgir.

El segundo capítulo describe en forma detallada como se diseñó el sistema y los módulos en que se dividió el trabajo. La forma en que se desarrollaron los procesos de cálculo, de

manera que el usuario no tenga que interceder en ellos, sino que el sistema los haga transparente.

En el tercer capítulo se proporciona un manual de usuario que explica las nuevas funcionalidades que se le adicionaron al sistema

Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo, recomendaciones para futuros trabajos relacionados con esta temática, la bibliografía y las referencias bibliográficas utilizadas.

Capitulo 1: Conceptos y Herramientas Básicas. Revisión bibliográfica.

Introducción

Teniendo como objetivo principal conocer el proceso de diseño estructural de las cimentaciones superficiales con claridad, con vista a crear un algoritmo apropiado y eficiente para su automatización, se realizará un estudio de los métodos necesarios para el cálculo de cimientos superficiales aislados de base rectangular, corrida o circular. Se hará una referencia de los sistemas de unidades que se usan para representar la información numérica y la entrada de datos; así como un pequeño estudio del formato de archivo DXF que se usara para la salida de la información hacia softwares como AutoCAD y de una nueva ventana adicionada al sistema para una vista preliminar de los cimientos. Los resultados de este análisis se encuentran plasmados en el presente capítulo de este trabajo.

1.1 Sistema de unidades.

Debido a que este sistema de calculo se puede usar por ingenieros civiles de muchos países y en los cuales se acostumbra a usar distintos sistemas de unidades, se decidió que a pesar de que los cálculos de los cimientos se realizan basándose en el sistema internacional de unidades, dar como opción para el usuario en cual sistema de unidades la interfaz gráfica le va mostrar los resultados y la entrada de datos.

Entre estos sistemas de unidades que existen se encuentran el mencionado Sistema Internacional (SI); el Sistema Giorgi, conocido también como MKS por las unidades principales que se usan en él (metro, kilogramo y segundo) y finalmente el Sistema Norteamericano, más conocido por FPS por las unidades feet (pié), pound (libra) y second (segundo). Estos tres sistemas son los que se van a tener en cuenta en la realización de este software porque son los que más usan los ingenieros civiles.

Las unidades que van a analizar son de longitud, fuerza, presión y resistencia.

1.1.1 Sistema Internacional.

- Longitud → metro (m)
- Fuerza → kilonewton (kN)
- Presión → kilopascal (kPa)
- Resistencia → megapascal (MPa)

Un pascal (Pa) equivale a un newton por metro cuadrado (N/m^2)

1.1.2 Sistema MKS

- Longitud → metro (m)
- Fuerza → toneladas (Ton)
- Presión → tonelada por metro cuadrado (ton/m^2)
- Resistencia → tonelada por metro cuadrado (ton/m^2)

Las unidades de presión y resistencia se pueden ver también en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2).

1.1.3 Sistema FPS

- Longitud → pie (ft) y pulgada (in)
- Fuerza → libra (p)
- Presión → libra por pulgada cuadrada (psi)
- Resistencia → libra por pulgada cuadrada (psi)

Una libra por pulgada cuadrada (psi) se puede escribir como p/in^2

1.1.4 Conversiones entre unidades.

1.1.4.1 Unidades de longitud.

Para convertir de a multiplicar por

Pulgadas (in)	Yardas (yd)	0.0277
Pulgadas (in)	Pies (ft)	0.0833
Pulgadas (in)	Centímetros (cm)	2.54
Pies (ft)	Centímetros (cm)	30.48
Pies (ft)	Pulgadas (in)	12
Yardas (yd)	Pulgadas (in)	36
Yardas (yd)	Metros (m)	0.9144
Millas	Pies (ft)	5280
Millas	Kilómetros (km)	1.6093
Metros (m)	Centímetros (cm)	100
Metros (m)	Pulgadas (in)	39.37
Metros (m)	Pies (ft)	3.281
Metros (m)	Yardas (yd)	1.094
Kilómetros (km)	Metros (m)	1000
Kilómetros (km)	Yardas (yd)	1094
Kilómetros (km)	Millas	0.6215

1.1.4.2 Unidades de Fuerza, presión y resistencia.

Para convertir de a multiplicar por

Newtons (N)	Dinas	10^5
Libras por pulgada Cuadrada (psi)	Pascales (Pa)	6894.8
Pulgadas de Mercurio (inHg)	Pascales (Pa)	3386.4
Pulgadas de Agua (inH ₂ O)	Pascales (Pa)	249.09
Atmósferas (atm)	Pascales (Pa)	$1.013 \cdot 10^5$
Atmósferas (atm)	Libras por pulgada Cuadrada (psi)	14.70
Pascales (Pa)	Libras por pulgada Cuadrada (psi)	$1.4503 \cdot 10^{-4}$

	Cuadrada (psi)	
Pascales (Pa)	Milímetros de	$7.5024 \cdot 10^{-3}$
	Mercurio (mmHg)	

1.1.4.3 Equivalencias usadas en los cálculos.

$$\begin{array}{lll}
 \text{kN} = 224.809 \text{ lbf} & \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0.145 \text{ psi} & \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} = 9.807 \times 10^{-3} \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\
 \text{lbf} = 0.0044 \text{ kN} & & \\
 & \text{psi} = 6.895 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} & \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 101.972 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \\
 \text{kN} = 101.972 \text{ kgf} & & \\
 \text{kgf} = 9.807 \times 10^{-3} \text{ kN} & \frac{\text{lbf}}{\text{ft}^3} = 0.157 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} & \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} = 9.807 \times 10^{-3} \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \\
 & \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 6.366 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}^3} & \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 101.972 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll}
 \text{mm} = 0.039 \text{ in} & \text{in} = 25.4 \text{ mm} & \text{ft} = 30.48 \text{ cm} \\
 \text{cm} = 0.394 \text{ in} & \text{in} = 2.54 \text{ cm} & \\
 \text{m} = 3.281 \text{ ft} & \text{ft} = 0.305 \text{ m} &
 \end{array}$$

$$\text{MPa} = 101.972 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \quad \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} = 9.807 \times 10^{-3} \text{ MPa}$$

$$\text{MPa} = 145.038 \text{ psi} \quad \text{psi} = 6.895 \times 10^{-3} \text{ MPa}$$

$$\text{kN} \cdot \text{m} = 0.102 \text{ ton} \cdot \text{m} \quad \text{ton} \cdot \text{m} = 9.807 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{kN} \cdot \text{m} = 8.851 \times 10^3 \text{ lbf} \cdot \text{in} \quad \text{lbf} \cdot \text{in} = 1.13 \times 10^{-4} \text{ kN} \cdot \text{m}$$

1.2 Sistema de cálculo de cimientos.

1.2.1 Cálculos preliminares.

1.2.1.1 Compresión Local.

El primer paso chequear la condición geométrica del cimiento, para ello se calcula el área de la base del cimiento (A_1), el área del pedestal (A_2) y debe cumplirse que el cociente de $A_1/A_2 > 15$. Si no se cumple esta condición, entonces hay que aumentar las dimensiones del pedestal, en caso contrario, se chequea la condición de diseño por compresión local. Para ello se calcula la fuerza concentrada de compresión (N_{Bn}) y se multiplica por el factor de reducción de la resistencia nominal, en este caso 0.7, este resultado debe ser mayor o igual que la fuerza actuante. Si no se cumple esta condición sucede lo mismo que en la condición anterior, si se cumple pues el cimiento cumple con la condición de compresión local.

1.2.1.2 Distribución de presiones.

El diseño estructural de las cimentaciones superficiales aisladas, con flexión y/o fuerza horizontal en uno o en dos planos perpendiculares, se realiza por la teoría de los Estados Límites, distinguiéndose en las hipótesis de cálculo el empleo de dos distribuciones de presiones:

- Distribución uniforme dentro del área efectiva.
- Distribución lineal variable en función de la excentricidad.

La distribución uniforme se puede encontrar en dos variantes: *presión en toda el área* y *presión en el área efectiva*. Las siguientes figuras muestran como se ven estas variantes en los cimientos.

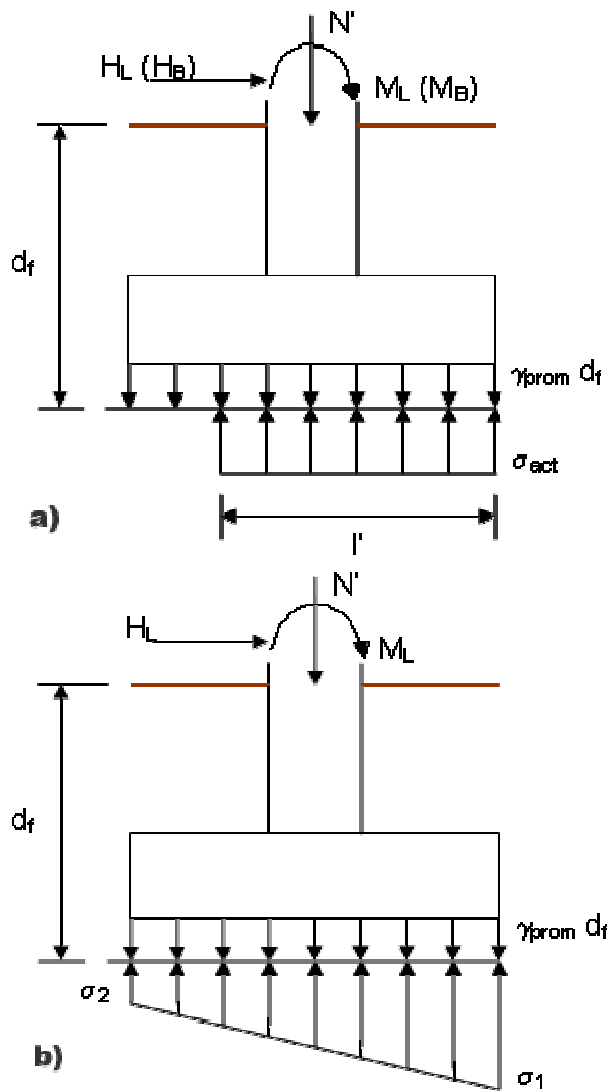


Fig 1.2.1.2.1 – Tipos de distribución de presiones del cimiento.

a) Presión en el área efectiva.

b) Presión en toda el área.

La distribución lineal variable puede encontrarse en tres variantes: *triangular*, *rectangular uniforme* y *trapezoidal*. Las siguientes figuras muestran como se ven dichas variantes.

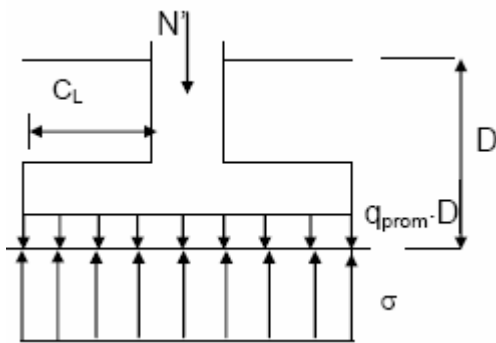


Fig. 1.2.1.2.1 Rectangular uniforme

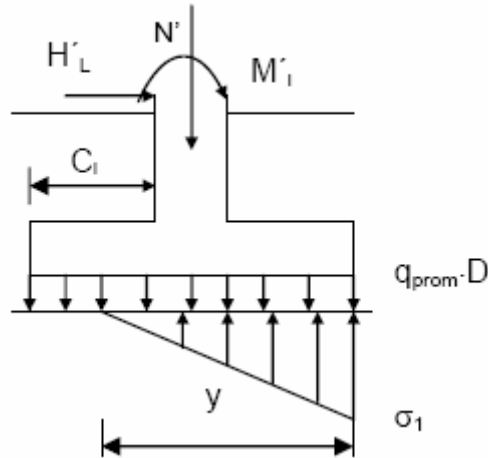


Fig. 1.2.1.2.2 Triangular

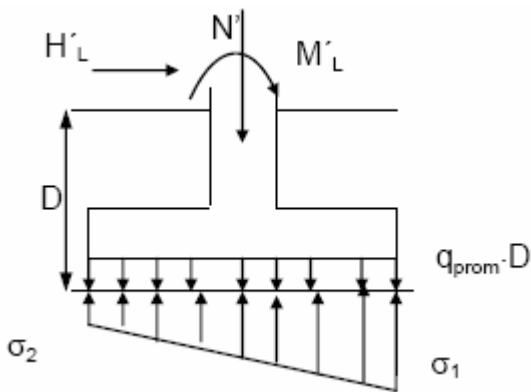


Fig. 1.2.1.2.3 Trapezoidal.

Primero se procede a identificar el tipo de distribución en que se encuentra el cimiento y se calcula la excentricidad de las cargas actuantes, ya que este valor es indispensable para los cálculos de los valores de sigma que identifican la presión variable con respecto a los distintos lados del cimiento.

1.2.2 Cálculo de Peraltos.

El peralto no es más que la altura de la base del cimiento. Para determinar este valor se deben analizar diferentes criterios de diseño que influyen en el comportamiento estructural del cimiento una vez diseñado, los mismos se puede agrupar de la siguiente forma:

- Peralto Mínimo
- Peralto Rígido
- Peralto por Punzonamiento

- Peralto por Cortante
- Peralto por Flexión Positiva o Masivo
- Peralto por Flexión Negativa

En los anexos se pueden apreciar los diagramas de flujo que representan los algoritmos de los criterios antes mencionados.

1.2.2.1 - Peralto Mínimo.

El peralto mínimo, corresponde al valor mínimo que puede tomar el espesor del plato en el diseño estructural. Este valor se determina buscando el máximo entre la cuarta parte del vuelo mayor del cimient, 15 cm., y $\frac{2}{3} l_d$. En el diagrama siguiente se muestra el procedimiento algorítmico que se realiza para calcular este valor. El vuelo mayor del cimient es el máximo entre el vuelo en la dirección de L y el vuelo en la dirección de B.

1.2.2.2 - Peralto Rígido.

El peralto rígido se puede determinar siguiendo consideraciones geométricas o analíticas, la primera de ellas solamente depende de las dimensiones de la base y las dimensiones del pedestal del cimient. En caso de conocerse el módulo de deformación del suelo (*este valor no siempre se tiene, pues depende de ensayos de suelo realizados con anterioridad en laboratorios*), se calcula el valor por el modelo analítico y se toma el máximo entre ambos valores. (Calavera, 1991), (Moral, 1962), (Padilla, 1971).

El valor obtenido se utiliza para definir la frontera en el comportamiento estructural de las cimentaciones, definiéndose dos grupos con características muy particulares cada uno:

- **Cimientos Flexibles:** cuando la estructura de cimentación acompaña a la base durante el proceso de deformación de la misma, adaptando su forma a esta, por lo que en la base de la cimentación se van a generar flexiones.
- **Cimientos Rígidos:** cuando la estructura de cimentación resulta prácticamente indeformable, si se comparan sus deformaciones con las de la base.

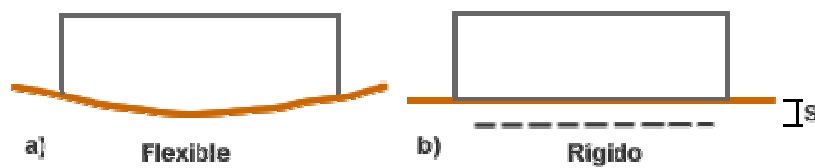


Fig 1.2.2.2.1 – Tipos de cimentaciones en cuanto a su comportamiento antes las deformaciones del suelo.

En caso de que el valor de peralto seleccionado por el proyectista para el cimiento se encuentre por encima del valor obtenido en el peralto rígido, el cimiento será tratado como un cimiento *rígido*. En caso contrario será tratado como un cimiento *flexible*.

1.2.2.3 - Peralto por Punzonamiento.

El punzonamiento es un estado que se alcanza por agotamiento del plato bajo tracciones debidas a tensiones tangenciales motivadas por las cargas que actúan sobre el pedestal del cimiento. Se caracteriza por la formación de una superficie de fractura de forma tronco-piramidal cuya directriz es el área cargada.

El peralto por punzonamiento se determina tomando un valor de peralto supuesto (*generalmente se utiliza el peralto mínimo*) y se calcula el perímetro de la sección crítica (b_0), con este valor se calcula el área de la sección crítica de punzonamiento (A_{pz}). Luego se determinan la carga axial de cálculo de punzonamiento (N_{pz}), la fracción del momento desequilibrante transmitido por la excentricidad de cortante en la unión de la columna en la sección crítica supuesta para ambos lados (γ_L , γ_B *respectivamente*).

El siguiente paso es calcular la propiedad de la sección crítica supuesta, análoga al Momento Polar de Inercia, en ambas direcciones también (J_L , J_B), se determinan los esfuerzos cortantes de cálculo originados por punzonamiento (τ_{pz}) y las coordenadas (x, y) del punto donde estos esfuerzos se maximizan. Por último se determina la resistencia de cálculo del hormigón a punzonamiento (R_{pz}) y se chequea la condición que determina si el valor de peralto que se tomó al inicio cumple los requerimientos para que no se produzca fallo por este criterio. Si esta condición se cumple entonces el peralto supuesto se toma como peralto de punzonamiento, de lo contrario se le aumenta un centímetro y se realiza el proceso nuevamente hasta encontrar un resultado que cumpla la condición.

1.2.2.4 - Peralto por Cortante.

El primer paso es definir el caso correspondiente (*uniforme, lineal variable*) que presenta el cimiento. Luego se toma un valor supuesto de peralto (*se utiliza el valor obtenido como*

peralto mínimo), y se comienza a iterar por cada una de las combinaciones de carga que tiene asignado el cimiento en cuestión. Se determina el área de la sección crítica a cortante (Ω_s), las tensiones actuantes a cortante (σ_{sp}), luego se determinan los valores correspondientes al cortante actuante último (V_u) y el cortante resistente (V_c). Una vez que se ha calculado el valor de V_u y V_c respectivamente, se chequea si: $V_u \approx \phi_{cort} * V_c$, con un error del 5%. Si se cumple esta condición, el valor del peralto para esta iteración es igual al peralto supuesto, en caso contrario se incrementa un centímetro al peralto supuesto y se realiza el procedimiento descrito nuevamente. El resultado final es el máximo entre los valores obtenidos en cada iteración correspondiente a las combinaciones de carga.

1.2.2.5 - Peralto Masivo.

Como primer paso se calcula el modulo de rotura del hormigón (f_r) que se calcula utilizando la resistencia a compresión del mismo, luego se determina en presencia de cual de los casos de distribución de presiones se encuentra el cimiento y se determinan los peraltos correspondientes a cada lado del cimiento. Este algoritmo es utilizado para calcular el peralto masivo en la dirección L del cimiento. El proceso de cálculo para B es semejante a este. Una vez calculados los valores $h_{masivoL}$ y $h_{masivoB}$, el h_{masivo} es el máximo de estos dos valores y el resultado final del procedimiento. En este procedimiento se debe tener en cuenta también la combinación de carga crítica por la que se decidió el peralto.

El valor de este peralto es importante definirlo por que nos señala la frontera entre los cimientos de hormigón armado y los de hormigón simple. Si el peralto del cimiento es mayor que el peralto masivo, significa que el cimiento será solo de hormigón. En el caso contrario, el cimiento se diseña como un cimiento de hormigón armado, lo cual significa que el cimiento lleva refuerzos en la base, y por tanto hay que calcular los valores correspondientes. El tema de los refuerzos del cimiento será tratado más adelante.

1.2.2.6 - Peralto por Flexión Negativa.

El fenómeno de flexión negativa se produce en cimiento donde actúen cargas de grandes excentricidades con sobrepesos apreciables dentro del área cimentación o ubicados a profundidades considerables, pueden ocurrir flexiones negativas en el vuelo descargado de la misma.

El criterio de flexión negativa comienza chequeando si existe la posibilidad de que este fenómeno se produzca, esta condición se determina teniendo en cuenta el caso específico del cimiento, la distribución de presiones del cimiento y el valor de la excentricidad de las cargas actuantes sobre este. Si esta condición no se cumple el cimiento no presenta problemas de este tipo, por lo que se hace innecesario determinar un valor de peralto por este criterio. Por otra parte, si se cumple esta condición, entonces se toma un valor supuesto de peralto ($d_{\text{mínimo}}$) y se calcula la sección crítica por flexión negativa (X_{s4L}). Luego se comienza a iterar por cada una de las combinaciones de carga para determinar el momento último negativo (M_{uneg}) y el momento de fisuración (M_{cr}), este último depende del comportamiento estructural del cimiento (*hormigón armado o masivo*). Después que se calculan estos valores, se chequea si el hormigón del cimiento soporta las tracciones, para ello se utiliza la condición $M_{\text{uneg}} \leq M_{\text{cr}}$, si se cumple significa que el hormigón resiste por tanto no hay problemas, en caso contrario se determina el peralto por flexión negativa del cimiento para la combinación de carga analizada. Finalmente el peralto negativo que se toma es el mayor de los obtenidos en cada iteración.

El valor obtenido por este criterio es utilizado para comparar el valor de peralto con que el usuario decide diseñar el cimiento, es decir, se analiza si el valor que introduce el usuario es mayor o igual que el peralto obtenido por este criterio, en caso de no ser así, significa que el cimiento se puede romper por este concepto. En este caso existen dos alternativas para resolver este problema:

- a) Aumentar el peralto del cimiento hasta que sea mayor o igual al peralto determinado por flexión negativa.
- b) Colocar refuerzos superiores en el plato del cimiento.

1.2.3 - Cálculo de Refuerzos.

La determinación de la sección crítica a flexión (S_3) y del momento flector en la sección crítica se hará de acuerdo a lo planteado en los epígrafes **5.1.1.3.1.1** y **5.1.1.3.1.3** de la norma (NC-53-039:02). Los refuerzos calculados se distribuyen de manera uniforme a lo largo del lado de la cimentación que se analiza, para ello es necesario determinar el diámetro de las barras de acero que se utilizará, la cantidad de barras que necesita, el área de acero que ocupan estas barras, el espaciamiento entre las barras y la distancia libre.

Este procedimiento se utiliza para calcular tanto los refuerzos inferiores como los superiores de la base de la cimentación, solamente cambiando el momento que se utiliza para realizar los cálculos, es decir, para refuerzo inferior se utiliza el momento último determinado por el criterio de flexión positiva y para el superior el momento último por flexión negativa.

1.3 Salida de los resultados

1.3.1 Exportar datos hacia un DXF.

Dada la necesidad de exportar los planos de la planta de cimentaciones y los planos correspondientes a los refuerzos de acero de cada cimiento en formato gráfico, capaz de ser leído posteriormente en AutoCAD, se realizará un análisis del formato DXF (Drawing Exchange Format) como salida gráfica del sistema que se propone. Este formato vectorial que la empresa Autodesk (*compañía que produce el AutoCAD*) lanzó para permitir el intercambio de archivos de dibujo entre los diferentes programas de CAD. Soporta hasta 256 colores (8 bits). (Autodesk, 2002)

Existen dos versiones de DXF (ASCII y binario), que no utilizan ningún algoritmo de compresión. Los ficheros de la versión ASCII contienen números y órdenes a realizar escritos en codificación ASCII, por lo que pueden ser abiertos y leídos con cualquier editor de texto, como el Notepad de Windows. Esta información indica la ubicación de puntos flotantes matemáticos o floating points, utilizados para exhibir la imagen en pantalla.

Esencialmente un archivo de DXF se compone de pares de códigos y de valores asociados. Los códigos, conocidos como códigos de grupo, indican el tipo de valor que sigue. De esta forma un archivo DXF se organiza en secciones, que se componen de un código del grupo y de un artículo de datos. Cada código y valor del grupo está en su propia línea en el archivo DXF.

Cada sección comienza con un código 0 del grupo seguido por la secuencia, SECTION. Esto es seguido por un código 2 y una secuencia del grupo que indica el nombre de la sección (por ejemplo, HEADER). Cada sección se compone de los códigos y de los valores del grupo que definen sus elementos. Una sección termina con un 0 seguido por la secuencia ENDSEC.

La organización total de un archivo DXF es como sigue:

1.3.1.1 HEADER

Sección HEADER: Contiene la información de carácter general sobre el dibujo. Consiste en un número de versión de la base de datos de AutoCAD y un número de variables del sistema. Cada parámetro contiene un nombre variable y su valor asociado.

1.3.1.2 CLASSES

Sección CLASSES: Contiene la información para las clases que aparecen en las secciones BLOCKS, ENTITIES, y OBJECTS de la base de datos. Se asume que una definición de la clase está fijada permanentemente en la jerarquía de la clase. Se requieren todos los campos.

1.3.1.3 TABLES

Sección TABLES. Contiene definiciones para las tablas de símbolo siguientes.

- APPID (tabla de identificación de aplicación).
- BLOCK_RECORD (tabla de referencia del bloque)
- DIMSTYLE (tabla del estilo de la dimensión)
- LAYER (tabla de la capa)
- LTYPE (tabla del tipo de línea)
- STYLE (tabla del estilo del texto)
- UCS (tabla del sistema de la coordenada de usuario)
- UCS (tabla del sistema de la coordenada de usuario)
- VIEW (tabla de la vista)
- VPORT (tabla de configuración del viewport)

1.3.1.4 BLOCKS

Sección BLOCKS: Cada definición del bloque contiene las entidades que crean ese bloque como se utiliza en el dibujo.

1.3.1.5 ENTITIES

Sección ENTITIES. Contiene los objetos gráficos (entidades) en el dibujo, incluyendo las referencias del bloque (entidades del relleno).

1.3.1.6 OBJECTS

Sección OBJECTS: Contiene los objetos no gráficos en el dibujo. Todos los objetos que no son entidades o expedientes de la tabla de símbolo o tablas de símbolo se almacenan en

esta sección. Los ejemplos de entradas en la sección de los OBJETOS son los diccionarios que contienen estilos.

1.3.2 Salida en pantalla.

Para realizar la vista preliminar del sistema se utilizan las clases que brinda la plataforma .NET para el dibujo de figuras en dos dimensiones. Estas clases pertenecen a la biblioteca GDI+ que tiene incorporada y a la cual se tiene acceso mediante el namespace System.Drawing.

Para realizar la visualización de los cimientos se utilizaron sus dimensiones y los resultados de los cálculos de peraltos y refuerzos.

Capítulo 2: Diseño del sistema y automatización de los procesos de cálculo.

Introducción

El análisis de un sistema se centra fundamentalmente en la investigación del problema planteado, determinar los requisitos que se necesitan, los materiales y herramientas con que se cuenta para darle solución. En este capítulo se describirán los elementos correspondientes a la etapa de análisis y diseño, utilizando la notación UML para la modelación. Entre la información que se relaciona de esta etapa, se encuentran los casos de uso del sistema y los diagramas de las clases fundamentales.

2.1 – Estructuración en Módulos del Sistema.

En el proceso de análisis y diseño del sistema, este se dividió en tres partes fundamentales:

1. Módulos de cálculo.
2. Salida gráfica.
3. Sistema de unidades.

La primera parte, es la responsable de los cálculos correspondientes a las diferentes etapas del diseño estructural, consta de los siguientes módulos:

- **DECS.CompLocal.dll**, este módulo chequea si los cimientos cumplen con la condición de compresión local.
- **DECS.DistribucionPresiones.dll**, realiza el cálculo de la distribución de presiones de las cimentaciones.
- **DECS.Peraltos.dll**, realiza los cálculos correspondientes a cada uno de los criterios de peraltos.
- **DECS.Refuerzos.dll**, encargado de calcular los refuerzos de acero para los cimientos de hormigón armado, esto incluye los refuerzos inferiores y refuerzos superiores para cimientos con problemas de flexión negativa.

La segunda parte es la encargada de la salida de los resultados, y está compuesta por los siguientes módulos:

- **DXF Export.dll**, módulo encargado de exportar los planos de la planta de cimentaciones y los planos constructivos de cada uno de los cimientos.
- **Interop.Microsoft.Office.Core.dll**, **Interop.Word.dll**, estos módulos son utilizados para exportar en forma alfanumérica en un documento Word los resultados de los cálculos.
- **DECS.Base.dll**, como en este módulo está implementada toda la interfaz gráfica se le adicionó aquí al sistema una ventana en la cual aparecerá una información gráfica preliminar para que el proyectista vea como van a quedar los cimientos.

La tercera parte esta relacionada con la interfaz gráfica y por supuesto se encuentra dentro del modulo que tiene implementado estas funcionalidades:

- **DECS.Base.dll**, en este módulo se encuentran las ventanas de recepción de los datos y de salida de los resultados y se le adiciona la funcionalidad de mostrar los valores según el sistema de unidades escogido.

2.2 – Requisitos Funcionales. Diagrama de Actores del Sistema y Casos de Uso.

Los requerimientos o requisitos funcionales, se definen como, aquellas opciones que debe ejecutar el software, operaciones que se realizan sin que el usuario tenga que solicitarlas directamente, además de condiciones de excepción o error que el sistema debe manejar.

Los actores del sistema son aquellas persona encargadas de operar sobre este, haciendo un conjunto de acciones para obtener los objetivos por los que fue creado.

Los casos de uso pueden ser descritos como las acciones que los usuarios realizan sobre el sistema. A continuación se muestra el diagrama de casos de uso y actores de nuestro sistema.

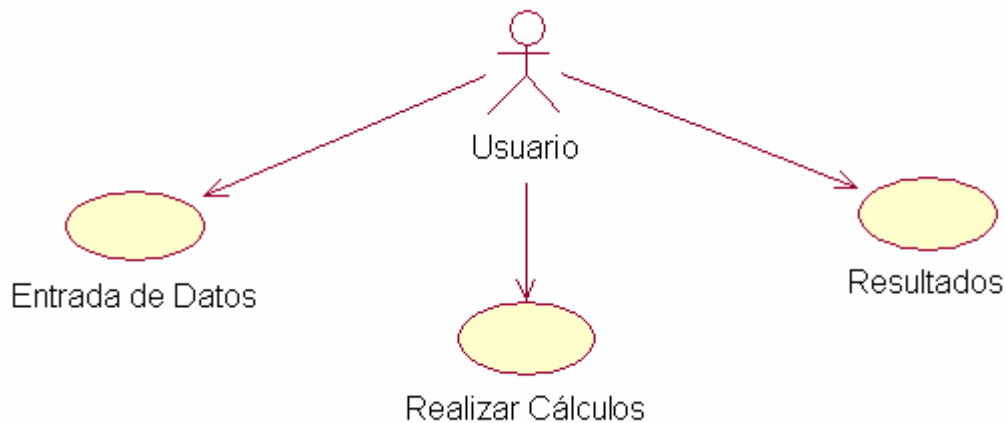


Figura 2.1 – Diagrama de Casos de Uso y Actores del Sistema.

Como se puede observar en la figura 2.1 nuestro sistema cuenta con un solo actor, que es el usuario, él se va a encargar de realizar todas las acciones necesarias para la correcta utilización del sistema; y existen tres casos de uso pero desglosaremos, para un mayor entendimiento, los dos que pertenecen a este trabajo.

El caso de uso Realizar Cálculos se desglosa en 2 operaciones como se muestra en la figura 2.2.

1. Calcular Peraltos, se calculan los diferentes tipos de peraltos (peralto mínimo, por punzonamiento, etc.)
2. Calcular Refuerzos, se calculan los refuerzos del cimiento (refuerzo superior e inferior en el lado L, y en el lado B)

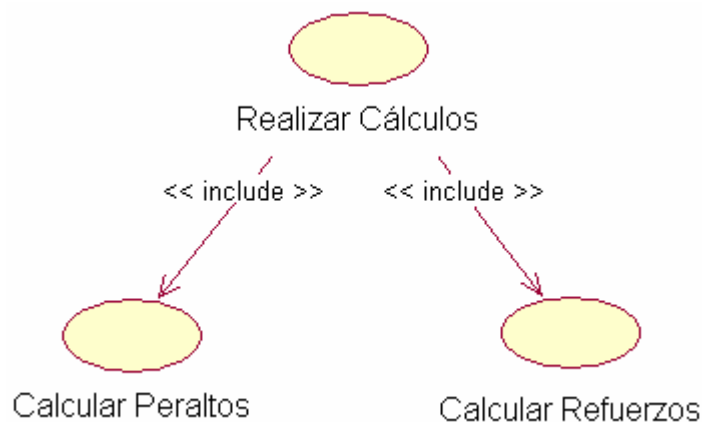


Figura 2.2 – Expansión del Caso de Uso *Realizar Cálculos*.

Mientras que el caso de uso Resultados está dividido en dos operaciones (figura 2.3)

1. Asignar Resultados, se le asignan al cimientos los resultados que mejor cumplan con los requerimientos del usuario.
2. Salvar Resultados, es cuando se salvan los resultados (en formato de Microsoft Word o en el de AutoCAD).



Figura 2.3 – Expansión del Caso de Uso *Resultados*.

Durante la ejecución de los diferentes casos de uso del sistema se realizan otras operaciones que son transparentes al usuario, y que contribuyen al correcto funcionamiento del software, a manera de ejemplo podemos citar el siguiente:

Mientras se ejecuta el caso de uso Calcular Peraltos, se realiza el chequeo de compresión local y se calcula la distribución de presiones.

2.3 Implementación.

2.3.1 – Implementación de los Cimientos. Jerarquía de Clases.

Los cimientos tienen métodos que manipulan el comportamiento del mismo como un objeto real, y tiene propiedades que modifican este comportamiento. Para ello se crearon diferentes clases que resuelven el problema, estas se muestran a continuación y se detallan sus funciones.

Para el trabajo con los cimientos se crearon cuatro clases fundamentales:

1. *Cimiento*

2. *CimientoRectangular*
3. *CimientoCorrido*
4. *CimientoCircular*

(Ver anexo 2, figura 2.1)

A continuación se muestra el diagrama de clases explicado anteriormente y se detallan los métodos y propiedades de cada una de las clases involucradas.

2.3.1.1 – Descripción de la Clase **Cimiento**.

Esta es la clase base donde se encuentran las propiedades y métodos comunes, de donde se derivan las tres restantes.

Propiedades:

- *TipoDistribucion*, permite obtener o modificar el tipo de distribución que tiene el cimiento. Esta puede ser Uniforme o Lineal Variable.
- *Coordenada*, retorna o asigna la ubicación del cimiento en la planta.
- *df*, retorna o asigna el valor correspondiente a la profundidad de cimentación (d_f).
- *Hc*, retorna o asigna el valor correspondiente a la altura de las solicitaciones del cimiento (H_c).
- *Id*, retorna o asigna el identificador del cimiento en la planta, este se determina tomando los ejes en que está situado el cimiento. *Ejemplo: A-I, para un cimiento situado en la coordenada (1, 1)..*
- *Peraltos*, retorna o asigna los peraltos del cimiento.
- *Refuerzos*, retorna o asigna los refuerzos de acero si el cimiento es de hormigón armado.

Métodos:

- *Cimiento*, constructor de la clase.
- *TipoCimiento*, este es un método abstracto que retorna el tipo del cimiento, este puede ser *rectangular*, *circular* o *corrido*. Este método se redefine en las clases *CimientoRectangular*, *CimientoCircular* y *CimientoCorrido*.
- *Recubrimiento*, si no tiene parámetros retorna el valor del recubrimiento del cimiento. Si se le pasa un valor de tipo *double*, asigna el nuevo valor al recubrimiento del cimiento mencionado.

- *SetMaterialCimiento*, este procedimiento asigna al cimiento el material del que está compuesto, este material se determina cuando se calculan los peraltos. Los materiales pueden ser *Hormigón Armado* para cimientos con refuerzo de acero en la base, o *Masivo* para cimientos puramente de hormigón.
- *HormigonCim*, si no recibe parámetros retorna el hormigón del que está compuesto el cimiento, de lo contrario asigna uno nuevo al cimiento.
- *AceroCim*, sin parámetros devuelve el acero del cimiento, en caso contrario se asigna un nuevo tipo de acero al cimiento.
- *SueloCim*, asigna un tipo de suelo al cimiento si recibe este como parámetro, de lo contrario en caso de que el cimiento tenga asignado un suelo, retorna el suelo, sino retorna *null*.
- *AddCombCarga*, añade una combinación de carga al cimiento.
- *DeleteCombCarga*, recibe un entero como parámetro que determina el índice de la combinación de carga que se desea eliminar al cimiento.
- *DeleteAllCombinations*, elimina todas las combinaciones de carga que tiene asignadas el cimiento.
- *GetCombCarga*, retorna una lista con las combinaciones de carga del cimiento.

En las tres clases que particularizan a los cimientos se encuentran tres métodos que manejan las distribuciones de presiones, ellos no están definidos en la clase base *Cimiento* porque difieren en sus parámetros y son los que se muestran a continuación:

- *InicializarDistPresiones*, inicializa los valores necesarios para el cálculo de distribución de presiones.
- *SetDistPresion*, es un método que está sobrecargado pues dependiendo de los parámetros que se le pasen, asigna los valores a la distribución de presiones de tipo *Uniforme* o *LinealVariable*.
- *GetDistPresion*, devuelve la distribución de presiones pedida por parámetro.

2.3.1.2 – Descripción de la Clase *CimientoRectangular*.

Es una especificación de la clase *Cimiento*, define nuevas características que no existen en la clase padre.

Propiedades:

- *L*, retorna o asigna el valor del lado L del cimiento.
- *B*, retorna o asigna el valor del lado B del cimiento.
- *lc*, retorna o asigna el valor del pedestal del lado L del cimiento.
- *bc*, retorna o asigna el valor del pedestal del lado B del cimiento.

Métodos:

- *CimientoRectangular*, constructor de la clase.
- *TipoCimiento*, este es un método que retorna el tipo del cimiento, en este caso es *rectangular*.

2.3.1.3 Descripción de la clase *CimientoCorrido*.

Es otra especificación de la clase *Cimiento*, define nuevas características que no existen en la clase padre.

Propiedades:

- *B*, retorna o asigna el valor del lado B del cimiento.
- *bc*, retorna o asigna el valor del pedestal del lado B del cimiento.
- *CoordenadaFinal*, retorna o asigna la coordenada final del cimiento con la cual se puede obtener el largo del cimiento.
- *Direccion*, retorna o asigna el eje (X o Y) en que se encuentra situado el cimiento.

Metodos:

- *CimientoCorrido*, constructor de la clase.
- *TipoCimiento*, este es un método que retorna el tipo del cimiento, en este caso es *corrido*.
- *SetPoints2Foundation*, calcula, según la dirección, los puntos o vértices del cimiento para dibujarlo en la planta.

2.3.1.4 Descripción de la clase *CimientoCircular*.

Es otra especificación de la clase *Cimiento*, define nuevas características que no existen en la clase padre.

Propiedades:

- D , Diámetro de la base del cimientto.
- dc , Diámetro del pedestal de la base del cimientto.

Metodos:

- *CimientoCircular*, constructor de la clase.
- *TipoCimiento*, este es un método que retorna el tipo del cimientto, en este caso es *circular*.

2.3.2 – Implementación de los Módulos de Cálculo. Jerarquía de Clases.

La realización correcta de los cálculos es uno de los elementos primordiales que debe resolver el sistema, por eso nos dimos a la tarea de crear una estructura de clases que permita un manejo sencillo y una interacción efectiva entre los módulos de cálculo y que a la vez permita el mantenimiento de los mismos.

Para realizar los cálculos se crearon cuatro clases fundamentales:

1. *CompresionLocal*.
2. *DistribucionDePresiones*.
3. *Peralto*.
4. *Refuerzos*.

2.3.2.1 – Módulo *CompresionLocal*.

Este módulo consta solamente de una clase con el mismo nombre. Esta clase tiene un método que comprueba si el cimientto que se pasa como parámetro cumple la condición de compresión local. (Ver figura 2.4)

2.3.2.1.1 – Descripción de la Clase *CompresionLocal*.

Métodos:

- *CompresionLocal*, constructor de la clase.
- *Calcular*, retorna 0 si el cimientto que se pasa por parámetro cumple la condición de compresión local, en caso contrario retorna error (-301).
- *Nbn*, resistencia de diseño del hormigón por aplastamiento.

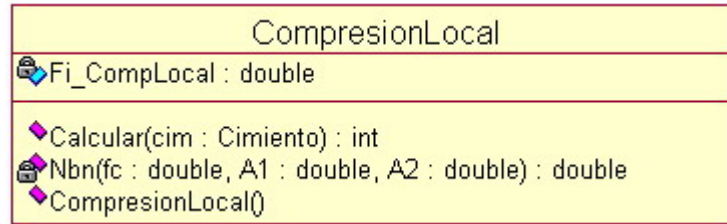


Figura 2.4 – Clase *CompresionLocal*.

2.3.2.2 – Módulo *DistribucionDePresiones*.

Este módulo cuenta con cuatro clases que se encargan de calcular la distribución de presiones de los cimientos. La clase *DistribucionDePresiones* determina cual es el tipo de distribución del cimientos y partir de ese resultado calcula la distribución correspondiente (*Uniforme* o *Lineal Variable*). A continuación se muestra el diagrama de clases correspondiente.

2.3.2.2.1 – Descripción de la Clase *DistribucionDePresiones*.

(Figura 2.5)

Métodos:

- *DistribucionDePresiones*, constructor de la clase.
- *CalcularPresiones*, dependiendo del tipo de distribución de presiones que tiene el cimientos, utiliza los métodos *DistUniforme* para el caso en que la distribución es Uniforme, y *DistLinealVariable* en caso que sea Lineal Variable.
- *DistUniforme*, calcula la distribución uniforme auxiliándose de la clase *Uniforme*.
- *DistLinealVariable*, realiza el cálculo para la distribución Lineal Variable, se auxilia de la clase *LinealVariable*.

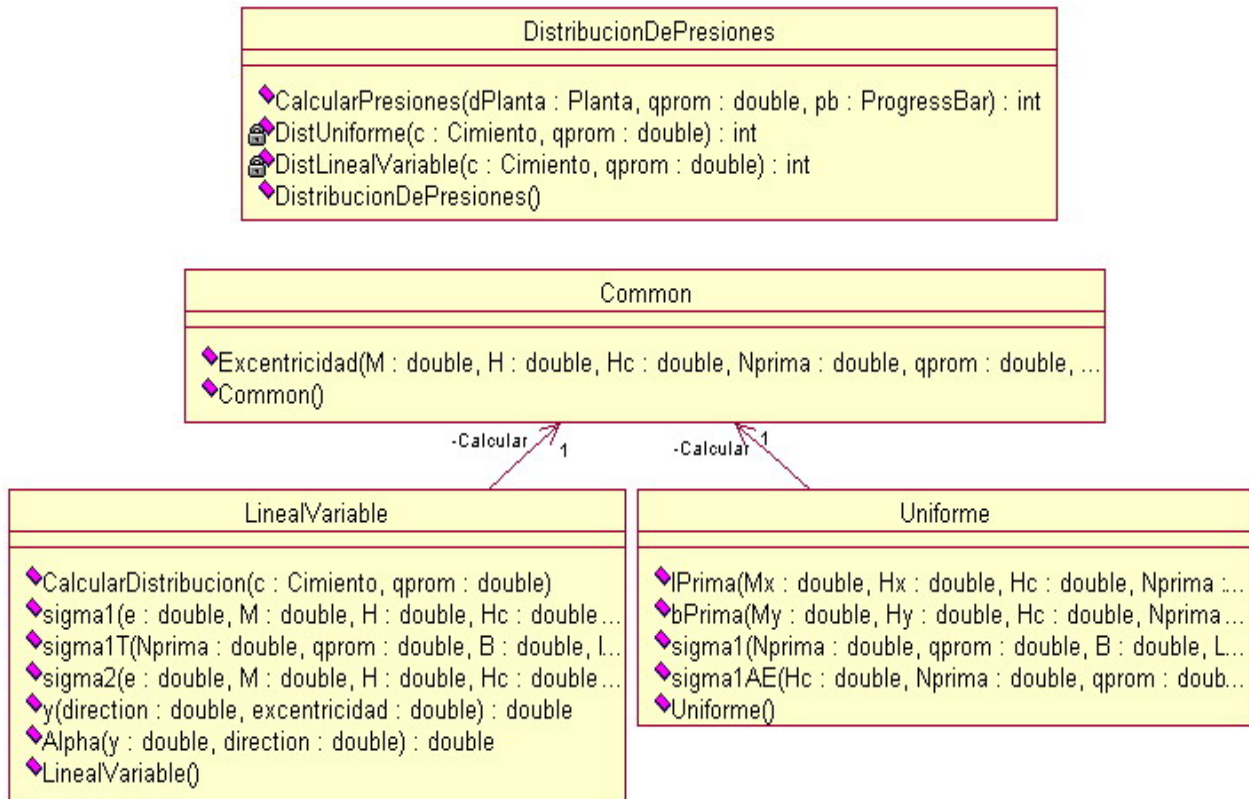


Figura 2.5 – Diagrama de clases correspondiente al cálculo de la distribución de presiones.

2.3.2.2.2 – Descripción de la Clase *LinealVariable*.

Contiene los procedimientos específicos para calcular la distribución lineal variable (*figura 2.6*). Los métodos son los siguientes:

Métodos:

- *CalcularDistribucion*, procedimiento principal, determina en presencia de cual de los tipos de distribución lineal variable está el cimientos (*trapezoidal o triangular*), y a partir de ahí se llaman a los procedimientos correspondientes.
- *sigma1*, este método se encarga de calcular el valor de la presión máxima del cimientos (σ_1) para el caso trapezoidal.
- *sigma1T*, calcula el valor de la presión máxima para el triangular.
- *sigma2*, realiza el cálculo del valor de la presión mínima del cimientos (σ_2).
- *y*, calcula la porción del lado del cimientos que ejerce presión sobre el suelo.

- *Alpha*, calcula la relación entre la porción de la base que ejerce presión sobre el suelo y el lado correspondiente.
- *LinealVariable*, constructor de la clase.

2.3.2.2.3 – Descripción de la Clase *Uniforme*.

Esta clase contiene los procedimientos específicos para el cálculo de la distribución uniforme del cimientto (*figura 2.6*). Esta clase tiene los siguientes procedimientos:

Métodos:

- *lprima*, se encarga de calcular la porción del lado L del cimientto que ejerce presión de forma uniforme sobre el suelo.
- *bprima*, calcula la porción del lado B del cimientto que ejerce presión sobre el suelo de forma uniforme.
- *sigma1*, calcula el valor de la presión que ejerce el cimientto sobre el suelo (σ_{act}).
- *sigma1AE*, calcula la presión uniforme en el área efectiva del cimientto sobre el suelo.
- *Uniforme*, constructor de la clase.

La clase *Common* contiene los procedimientos comunes para ambos tipos de distribución, en este caso solo se tiene el procedimiento *Excentricidad*, que calcula la excentricidad de las cargas del cimientto.

2.3.2.3 – Módulo *Peraltos*.

Este módulo se encarga de realizar las operaciones correspondientes al cálculo de los peraltos del cimientto. Los peraltos tienen diferentes criterios para el cálculo, por tanto para cada uno de ello se creó una clase que implementa un método *Calcular* que realiza las operaciones de cálculo del criterio correspondiente. En el anexo 3, figuras 3.1, se representa el diagrama de clases correspondiente a este módulo.

2.3.2.3.1 – Descripción de la Clase *Peralto*.

La clase *Peralto* es una clase rectora que manipula el cálculo de los diferentes criterios de peralto (*punzonamiento, cortante, rígido, etc.*) para cada cimientto.

Métodos:

- *Peralto*, constructor de la clase.
- *Calcular*, se encarga de mandar a calcular los peraltos de cada cimiento de la planta.
- *CalcularPeraltos*, ordena a las diferentes clases (*PeraltoMinimo*, *PeraltoRigido*, *PeraltoCortante*, etc.) calcular todos los tipos de peraltos al cimiento que le llega por parámetro.

2.3.2.3.2 – Descripción de la Clase *PeraltoMinimo*.

Realiza los cálculos correspondientes al criterio de peralto mínimo. (*Anexo 3, figura 3.1*)

Propiedades:

- *dmin*, retorna el valor del peralto mínimo del cimiento.

Métodos:

- *Calcular*, realiza el cálculo del peralto mínimo del cimiento.
- *VueloMayor*, determina el vuelo mayor del cimiento.
- *Taodl*, calcula la tensión de adherencia (τ_{dl}).
- *ldtrac*, determina la longitud de anclaje recto a tracción.
- *ldcomp*, determina la longitud de anclaje recto a compresión.
- *PeraltoMinimo*, constructor de la clase.

2.3.2.3.3 – Descripción de la Clase *PeraltoRigido*.

Realiza los cálculos por el criterio de peralto rígido. (*Anexo 3, figura 3.1*)

Métodos:

- *Calcular*, procedimiento principal para el cálculo por el criterio de peralto rígido.
- *Geometric*, procedimiento que realiza el cálculo por el modelo geométrico.
- *Analitic*, este procedimiento realiza el cálculo por el modelo analítico.
- *Ehormigon*, calcula el módulo de deformación del hormigón.
- *PeraltoRigido*, constructor de la clase.

2.3.2.3.4 – Descripción de la Clase *PeraltoCortante*.

Como sugiere su nombre se encarga de calcular el peralto por el criterio de cortante. (*Anexo 3, figura 3.1*)

Propiedades:

- *dcort*, retorna el valor del peralto por cortante del cimiento.
- *CombCritica*, retorna el índice de la combinación de carga crítica para la cual se determinó el peralto.

Métodos:

- *Calcular*, procedimiento principal. Determina el valor del peralto y la combinación de carga crítica del cimiento.
- *CheckdCort*, chequea que el error en el cálculo del peralto por el criterio de cortante no exceda el 5%.
- *dcort*, retorna *verdadero* si el peralto calculado cumple la condición anterior, en caso contrario aumenta el valor del peralto.
- *OmegaS*, determina la parte del área de contacto que queda por fuera de la sección crítica a cortante (Ω_s).
- *Vu*, calcula el cortante último actuante en la sección crítica.
- *Vc*, calcula el aporte cortante del hormigón.
- *PeraltoCortante*, constructor de la clase.

2.3.2.3.5 – Descripción de la Clase *PeraltoPunzonamiento*.

Esta clase contiene los procedimientos necesarios para determinar el peralto por el criterio de punzonamiento. (*Figura 2.7*)

Propiedades:

- *dpz*, retorna el valor final del peralto por punzonamiento.
- *comb*, retorna la combinación de carga crítica para la cual se determinó el peralto por punzonamiento.

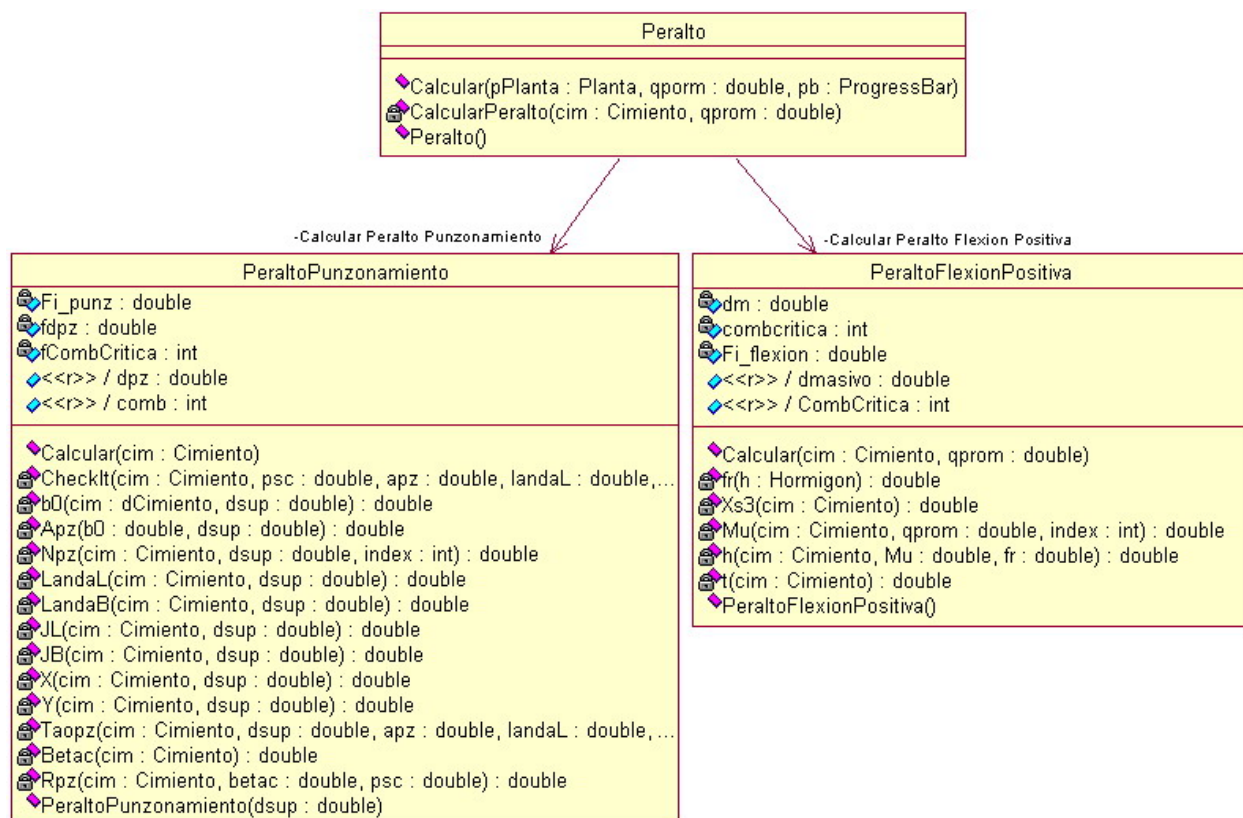


Figura 2.7 – Diagrama de clases correspondiente al cálculo de los peraltos (*continuación*)

Métodos:

- *Calcular*, procedimiento que determina el valor final del peralto así como la combinación crítica.
- *CheckIt*, retorna verdadero si el peralto calculado no excede el 5% de error, en caso contrario se incrementa el valor.
- *b₀*, retorna el valor del perímetro de la sección crítica.
- *Apz*, determina el área de la superficie crítica a punzonamiento.
- *Npz*, determina la carga axial de cálculo de punzonamiento.
- *LandaL*, determina la fracción del momento desequilibrante transmitido por excentricidad de cortante en la dirección del lado L del cimiento (γ_L).
- *LandaB*, equivalente al anterior para el lado B (γ_B).
- *JL*, determina la propiedad de la sección crítica supuesta, análoga al momento polar de inercia, en la dirección del lado L del cimiento.
- *JB*, equivalente al anterior para el lado B del cimiento.

- X , determina la coordenada X del punto de la sección crítica donde τ_{pz} es máximo.
- Y , determina la coordenada Y del punto de la sección crítica donde τ_{pz} es máximo.
- $Taopz$, calcula los esfuerzos cortantes de cálculo originados por punzonamiento en la sección crítica (τ_{pz}).
- $Betac$, determina la relación entre el lado mayor y el lado menor del pedestal (β_c).
- Rpz , calcula la resistencia del hormigón a cortante por punzonamiento.
- *PeraltoPunzonamiento*, constructor de la clase.

2.3.2.3.6 – Descripción de la Clase *PeraltoFlexionPositiva*.

En esta clase se encuentran los procedimientos necesarios para el cálculo del peralto por flexión positiva o peralto masivo del cimiento (*ver figura 2.7*). Esta clase contiene las siguientes propiedades y métodos:

Propiedades:

- *dmasivo*, retorna el valor final del peralto calculado por este criterio.
- *CombCrítica*, retorna la combinación crítica que determinó el valor de peralto obtenido en el proceso de cálculo.

Métodos:

- *Calcular*, determina el valor final de peralto y la combinación de carga crítica.
- *fr*, calcula el módulo de rotura o resistencia a tracción por flexión.
- *Xs3*, calcula la sección crítica a flexión positiva del cimiento.
- *Mu*, determina el momento último en la sección crítica provocada por las cargas.
- *h*, calcula el valor del peralto correspondiente al momento último de la sección crítica.
- *t*, calcula el espesor del muro de mampostería.
- *PeraltoFlexionPositiva*, constructor de la clase.

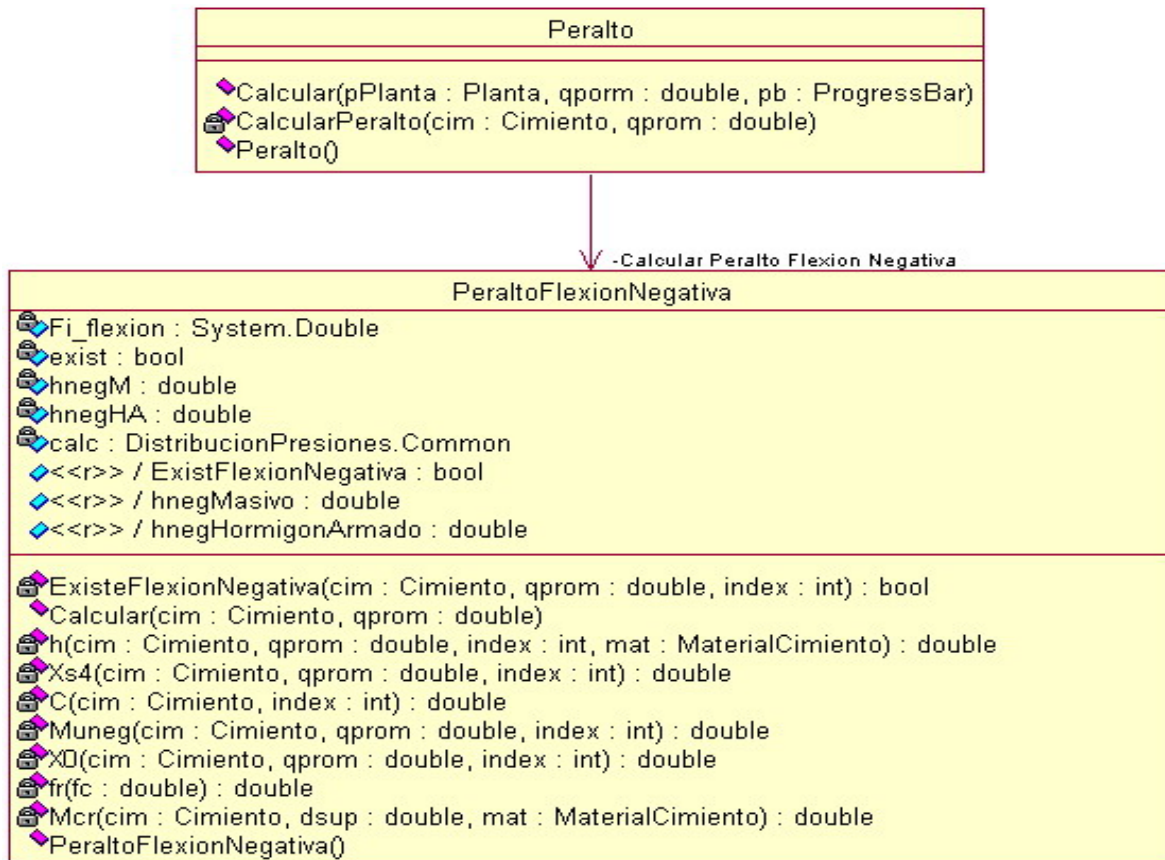


Figura 2.8 – Diagrama de clases correspondiente al cálculo de los peraltos (*continuación*).

2.3.2.3.7 – Descripción de la Clase *PeraltoFlexionNegativa*.

Esta clase es análoga a la anterior. Contiene los procedimientos para el cálculo del peralto por flexión negativa del cimiento (ver figura 2.8).

Propiedades:

- *hnegMasivo*, retorna el valor final del peralto por flexión negativa si el cimiento se diseña como masivo.
- *hnegHormigonArmado*, retorna el valor final del peralto por flexión negativa si el cimiento se diseña de hormigón armado.
- *ExisteFlexionNegativa*, retorna *verdadero* si el cimiento tiene problemas con la flexión negativa, *falso* en caso contrario.

2.3.2.4 – Módulo Refuerzos.

Este módulo se encarga de realizar los cálculos correspondientes a los refuerzos de acero que se deben colocar en la base de los cimientos de hormigón armado. Incluye los refuerzos inferiores y superiores. El diagrama de clases correspondiente a este módulo se muestra en el anexo 4, figura 4.1.

Métodos:

- *Calcular*, en caso de que el cimiento tenga flexión negativa, determina el valor final del peralte para el diseño por el criterio de masivo y de hormigón armado.
- *h*, determina el valor del peralte por flexión negativa en la dirección del lado L y B del cimiento.
- *Xs4*, determina la sección crítica por flexión negativa del cimiento.
- *C*, determina la porción del lado del cimiento que se flexiona negativamente.
- *Muneg*, determina el momento último negativo de la sección crítica provocada por las cargas.
- *Mcr*, determina el momento de fisuración a flexión negativa.
- *PeraltoFlexionNegativa*, constructor de la clase.

2.3.2.4.1 – Descripción de la Clase *Refuerzos*.

Esta es la clase donde que maneja el cálculo de los valores de refuerzo de los cimientos, para ello se auxilia de las clases *RefuerzosCimientoRigido*, *RefuerzosCimientoFlexible* y *Adherencia*. (Véase anexo 4, figura 4.1)

Métodos:

- *Refuerzos*, constructor de la clase.
- *LoadAceroRefuerzo*, este procedimiento carga los valores de los diámetros de las barras de acero desde el fichero externo *acero.dbf*.
- *Calcular*, este procedimiento determina la rigidez de los cimientos de la planta de cimentaciones, llama al procedimiento *CalcularRefuerzos* y luego retorna los valores de refuerzos calculados.
- *CalcularRefuerzos*, este método recibe un cimiento como parámetro, dependiendo de la rigidez del mismo, se determina como calcular los refuerzos de este.

- *ld*, determina la longitud de anclaje recto de las barras de tracción.
- *Anclaje*, chequea la condición de anclaje de la armadura de acero, retorna *verdadero* en caso de que se cumpla, en caso contrario retorna *falso* lo que indica que hay que colocar ganchos a la armadura.
- *Cl*, calcula el vuelo del cimientó en la dirección del lado L.
- *Cb*, calcula el vuelo del cimientó en la dirección del lado B.

2.3.2.4.2 – Descripción de la Clase *RefuerzosCimientoRigido*.

Esta clase implementa los procedimientos de cálculo correspondientes a los refuerzos para cimientos rígidos (*Anexo 4, figura 4.1*). Las propiedades y métodos son los siguientes:

Propiedades:

- *NumBarras*, retorna el número de barras de acero que lleva la armadura de acero.
- *DistLibre*, retorna la distancia libre de la armadura de acero.
- *Espaciamiento*, retorna el espaciamento entre las barras de acero de la armadura.
- *AreaAcero*, retorna el área de acero que ocupa la armadura.

Métodos:

- *Calcular*, este procedimiento determina la cantidad de barras de acero, la distancia libre, el espaciamento y el área de acero que se retorna de los calculados, correspondientes a cada diámetro posible de las barras de acero.
- *Amin_lado*, determina el área de acero mínima correspondiente a cada lado del cimientó.
- *Flado_max*,
- *AreaAcero*, determina el área de acero de la armadura para el diámetro de barra que se pasa como parámetro.
- *Area1DiamBarra*, como parámetro recibe un *double* que representa el diámetro de una barra de acero y determina el área que esta ocupa.
- *NumeroBarras*, determina el número de barras de acero que necesita el cimientó en ambos lados.

- *Esp_Lado*, determina el espaciamiento entre las barras de acero de un lado del cimiento, este valor depende de los calculados por *EspLado1* y de *Esp_max*.
- *DistLibre_Lado*, determina la distancia libre de la armadura para un lado del cimiento dado como parámetro.
- *RefuerzosRefuerzoRigido*, constructor de la clase.

2.3.2.4.3 – Descripción de la Clase *RefuerzosCimientoFlexible*.

Esta clase tiene implementado los procedimientos correspondientes a los refuerzos para cimientos flexibles (*Ver anexo 4, figura 4.1*). Las propiedades y métodos se muestran a continuación:

Propiedades:

- Las propiedades de esta clase tienen la misma función que las de la clase anterior.

Métodos:

Los procedimientos *Calcular*, *AreaAcero*, *AreaIDiamBarra*, *NumeroBarras*, *EspLado1*, *Esp_max*, *Esp_Lado* y *DistLibre_Lado* son análogos a los de la clase anterior, pero sus valores se calculan atendiendo a los resultados de los siguientes procedimientos:

- *MiuR*, determina el momento específico de la sección.
- *OmegaR*, calcula la cuantía mecánica.
- *RoCalc*, determina la cuantía de cálculo.
- *RoMin*, calcula la cuantía mínima.
- *Beta1*, determina el coeficiente de reductor de la resistencia de compresión del hormigón.
- *RoB*, determina la cuantía balanceada.
- *RoMax*, calcula la cuantía máxima.

2.3.3 – Módulo de Salida Gráfica *DXF Export*.

Este módulo es el encargado de exportar los planos de la planta de cimentaciones y los planos de refuerzo de los cimientos. Para ello se implementaron una serie de clases que permiten exportar estos planos en formato DXF, de forma que el proyectista pueda luego

cargar estos planos en el AutoCAD. En el anexo 5, figura 5.1 se muestra el diagrama de las clases fundamentales que integran el módulo propiamente.

2.3.3.1 – Descripción de la Clase *DXFPoint*.

Esta clase define un punto en el espacio, es utilizado por casi todas las clases que se encargan del dibujo. Las propiedades y métodos se muestran a continuación:

Propiedades:

- *X*, retorna o asigna el valor de la coordenada X del punto en el espacio.
- *Y*, retorna o asigna el valor de la coordenada Y del punto en el espacio.
- *Z*, retorna o asigna el valor de la coordenada Z del punto en el espacio.

Métodos:

- *Clone*, este procedimiento permite hacer una copia exacta del punto.
- *DXFPoint*, este es el constructor de la clase. Está sobrecargado ya que se puede crear un punto de tres formas diferentes.

2.3.3.2 – Descripción de la Clase *DXFData*.

La clase contiene los datos que se exportan hacia el archivo en formato DXF. Contiene propiedades y métodos que permiten modificar los datos.

Propiedades:

- *color*, esta propiedad permite definir el color de dibujo.
- *thickness*, define el espesor con que se dibujan las líneas, rectángulos, etc.
- *text*, se utiliza para insertar un texto en el dibujo. Cuando se inserta una línea en el dibujo permite definir el tipo de línea con que se va a dibujar (*Dash*, *DashDot*, *DashDotDot*, etc.)
- *Height*, en los textos permite definir el tamaño de las letras.
- *points*, define una lista de puntos en los que se va a dibujar.

Métodos:

- *Clear*, limpia los valores existentes en las variables correspondientes a las propiedades.
- *DXFData*, constructor de la clase.

2.3.3.3 – Descripción de la Clase *DXFFigure*.

Esta es la clase base de todos los objetos visuales del dibujo (*líneas, rectángulos, puntos, etc.*).

Propiedades:

- *layer*, permite definir la capa del dibujo en que se dibuja el objeto visual.
- *Color*, define el color de la figura que se dibuja.

Métodos:

- *ExportAsDXF*, *ExportBlockAsDXF*, *ToDXFPoint*, estos son métodos virtuales que permiten redefinir en cada uno de los hijos la implementación adecuada para ser exportados hacia un archivo DXF.

2.3.3.4 – Descripción de la Clase *DXFLayer*.

Propiedades:

- *handle*, se obtiene el manipulador de la capa de dibujo.
- *color*, define el color de la capa de dibujo.
- *name*, define el nombre de la capa de dibujo.

Métodos:

- *ExportAsDXF*, redefine el método heredado de su padre *DXFFigure*, implementándose de la forma correspondiente a un *layer*.
- *DXFLayer*, constructor de la clase. Recibe como parámetro una cadena que corresponde al nombre de la capa.

2.3.3.5 – Descripción de la Clase *DXFLine*.

Metodos:

- *ExportAsDXF*, redefine el procedimiento heredado de *DXFFigure*.
- *DXFLine*, constructor de la clase. Recibe como parámetro un *DXFData* que contiene los datos correspondientes a la nueva línea, como son el color, punto inicial, punto final, tipo de línea, etc.

2.3.3.6 – Descripción de la Clase *DXFRectangle*.

Métodos:

- *ExportAsDXF*, redefine el método heredado de su padre *DXFFigure*, en este se especifica como se debe exportar hacia el archivo DXF el rectángulo.
- *IntersectRect*, retorna *verdadero* si el rectángulo se intersecta con otro, *falso* en caso contrario.
- *DXFRectangle*, constructor de la clase. Recibe como parámetro un *DXFData* que contiene los datos correspondientes a como se debe dibujar el rectángulo, como son el punto superior izquierdo, el punto inferior derecho, el color, el tipo de línea, etc.

2.3.3.7 – Descripción de la Clase *DXFText*.

Métodos:

- *ExportAsDXF*, al igual que los métodos anteriores redefine el heredado por su padre.
- *DXFText*, constructor de la clase. Recibe como parámetro un *DXFData* que tiene los datos correspondientes al color del texto, el tamaño de letra, etc.

2.3.4 Clase para la salida en pantalla.

Para la vista preliminar de desarrolló una clase llama da *Visualizar*, la cual tiene en su implementación las funciones graficas que dibujan los cimientos.

Descripción de la clase *Visualizar*:

Métodos:

- *Visualizar*, constructor de la clase. A este método se le pasa por parámetro la planta de cimentaciones.
- *GetSelectedFoundation*, obtiene las coordenadas donde se encuentra el cimiento que ha sido seleccionado para mostrar. Retorna dicho cimiento
- *Paint*, dibuja el cimiento seleccionado. No retorna valores.

2.3.5 Clases para la conversión de sistemas de unidades

Para la conversión se utilizan dos clases, una que muestra las unidades(*Unidades*) y otra que realiza la conversión(*Convertir*). Estas clases son estáticas, lo que significa que no se necesita instanciar un objeto de ellas para llamar a sus métodos.

2.3.5.1 Descripción de la clase *Unidades*.

Propiedades:

- *Sistema*, retorna y asigna el sistema de unidades que se va usar.
- *Longitud*, retorna la unidad de longitud de acuerdo al sistema de unidades corriente. Esta propiedad es de solo lectura.
- *Fuerza*, retorna la unidad de fuerza de acuerdo al sistema de unidades corriente. Esta propiedad es de solo lectura.
- *Presion*, retorna la unidad de presión de acuerdo al sistema de unidades corriente. Esta propiedad es de solo lectura.

2.3.5.2 Descripción de la clase *Convertir*.

Métodos:

- *Longitud*, convierte los valores de longitud de un sistema a otro. Recibe como parametro un valor de tipo float y retorna un valor del mismo tipo.
- *Fuerza*, convierte los valores de fuerza de un sistema a otro. Recibe como parametro un valor de tipo float y retorna un valor del mismo tipo.
- *Presion*, convierte los valores de presión de un sistema a otro. Recibe como parametro un valor de tipo float y retorna un valor del mismo tipo.

2.4 – Conclusiones Parciales.

El sistema se definió utilizando la notación UML los casos de uso y actores del sistema que posibilitó la modelación y posterior desarrollo de la aplicación.

Se describieron las clases fundamentales utilizadas para dar solución a la problemática propuesta, esto incluye las clases empleadas en el trabajo con los cimientos. Se brindó además información detallada de las clases correspondientes a los módulos de cálculo de peralte y de refuerzo. En cada caso se explicó la funcionalidad de las propiedades y/o métodos de las clases.

Se logró desarrollar un módulo capaz de exportar en un fichero en formato DXF los resultados obtenidos en forma gráfica, el diagrama de clases correspondiente, las propiedades y métodos de las mismas también fueron descritos.

Capítulo 3: Manual del usuario.

Resumen

Se presenta un sistema automatizado para el diseño estructural de las cimentaciones superficiales, sometido a la acción de fuerzas verticales, horizontales, y/o momento flector en un plano o dos planos perpendiculares. Los conceptos principales que abordan se sustentan sobre los criterios de las nuevas regulaciones normativas de nuestro país, además de ser abordados con un enfoque por invariantes que da la posibilidad de adecuarse a cualquier documento normativo internacional. Todo lo anterior dentro de un ambiente de trabajo muy cómodo para el proyectista estructural que incluye tratamiento gráfico de planta de cimentación, sistema de ayuda inteligente, facilidades de edición estándares del ambiente Windows, capacidad de dibujar a partir de los resultados del diseño el plano estructural de la cimentación por plotter, selección del diámetro de los refuerzos, lo cual brinda la posibilidad de seleccionar la variante óptima entre un grupo de soluciones o casos de diseño posibles, etc., haciendo de este sistema un instrumento de gran utilidad, sencillez, y comodidad al proyectista estructural.

3.1 Descripción del Programa

Introducción

Nombre del Sistema: DECS.

Propósitos del sistema:

El presente Sistema de Software permite el Diseño Estructural de Cimentaciones Superficiales según la Norma Cubana (**NC-53-039:02**) vigente en la actualidad, basado en el método de los Estados de Límites.

Elementos Componentes:

- **DECS.exe:** Módulo principal del sistema. Es parte integrante del sistema, por lo que es imprescindible su presencia para la ejecución del mismo. Es el encargado de manejar la interacción entre todos los módulos que conforman el sistema propiamente dicho.

- **DECS.Base.dll:** Módulo de entrada y salida de datos del sistema, en el se encuentra la interfaz grafica que actúa directamente con el usuario. Es parte integrante del sistema, por lo que es imprescindible su presencia para la ejecución del mismo. Contiene la infraestructura del programa para la correcta entrada y validación de los datos.
- **DECS.CompresionLocal.dll:** Módulo de cálculo para el chequeo de la compresión local de los cimientos, este chequeo es imprescindible para realizar el resto de los cálculos. Es parte integrante de este sistema por lo que es absolutamente necesaria su presencia para una ejecución adecuada.
- **DECS.DistribucionPresiones.dll:** Módulo de cálculo para determinar la distribución de presión de los cimientos existentes en la planta de cimentaciones. Es parte integrante del sistema, por lo que es imprescindible su presencia para la correcta ejecución del sistema.
- **DECS.Peralto.dll:** Módulo de cálculo para determinar los valores de peralto (*mínimo, rígido, punzonamiento, cortante, flexión positiva, flexión negativa*) de los cimientos en la planta. Forma parte del sistema por lo que es obligatoria su presencia para una correcta ejecución del sistema.
- **DECS.Refuerzos.dll:** Módulo encargado de realizar los cálculos de los refuerzos que necesiten los cimientos. Como los módulos anteriores es parte importante en la ejecución del sistema, por lo que también se hace imprescindible su presencia.
- **DXF Export.dll:** Este módulo se utiliza para exportar la planta de cimentaciones a formato DXF, con el objetivo de que luego esta pueda cargarse en AutoCAD. Es parte imprescindible del sistema y su presencia es obligatoria.
- **Interop.VBIDE.dll:** Este es un módulo complementario del módulo anterior, por tanto se requiere su presencia en el sistema para tener un correcto funcionamiento del mismo.
- **Interop.Microsoft.Office.Core.dll, Interop.Word.dll:** Estos módulos se utilizan para exportar los datos generales de la planta, así como todos los datos de los cimientos, a formato de documento de Microsoft Word. La participación de estos en el sistema es fundamental.

La ejecución del programa se realiza como todas las aplicaciones de Windows, a través del menú de inicio, o simplemente haciendo doble clic sobre el icono situado en el escritorio del usuario. De forma predeterminada los archivos del sistema se copian en la carpeta *%ProgramFiles%\DECS*, aunque esta puede cambiarse según lo entienda el administrador.

Nombre de la Entidad: Centro de Investigación y Desarrollo de las Estructuras y los Materiales (CIDEM), Facultad de Construcciones, Universidad Central de Las Villas.

Lenguaje de Programación: C#, sobre el .NET Framework 2.0, y el ambiente de programación empleado es el Visual Studio 2005.

Objetivo Funcional.

El sistema DECS tiene como objetivo fundamental el diseño estructural de cimentaciones superficiales, sometidas a Cargas Axiales, Momentos Flectores y/o Fuerzas Horizontales en uno o dos planos de acción, en sus distintas combinaciones de cargas. Todo esto a partir de una metodología racional y basada en los principios fundamentales de diseño establecido en la norma para el diseño estructural de cimentaciones superficiales aprobadas por el CONCEH y vigente en nuestro país. Se ofrecen también un máximo de facilidades de entrada, salida, validación de datos, etc. que se brindan dentro de un ambiente de trabajo con grandes facilidades para el proyectista.

Tareas que Resuelve el Sistema.

Para el diseño estructural de cimientos, el sistema DECS resuelve las siguientes tareas:

- Chequeo de la compresión local de la cimentación.
- Comprobación de la distribución de presiones de la cimentación.
- Cálculo del peralte mínimo del cimiento.
- Cálculo del peralte rígido del cimiento.
- Cálculo del peralte por el criterio de punzonamiento.
- Cálculo del peralte por el criterio de cortante.
- Cálculo del peralte del cimiento por el método de flexión positiva.
- Cálculo del peralte del cimiento por el método de flexión negativa.

- Cálculo de refuerzos inferiores del cimiento.
- Cálculo de refuerzos superiores del cimiento.
- Chequeo de las condiciones adherencia y anclaje de las armaduras de acero de los cimientos.

Requerimientos de Hardware.

El sistema DECS tiene los siguientes requerimientos de Hardware:

- Micro computadora IBM compatible o similar, que cumpla con los siguientes requerimientos mínimos:
 - ❖ Procesador Intel Pentium II a 300 MHz o superior.
 - ❖ Memoria RAM: 128 MB. (*recomendados 256 MB*).
 - ❖ Disco Duro: 150 MB de espacio disponible.
 - ❖ Monitor SVGA, resolución mínima 800 x 600 píxeles y 256 colores.
- Windows 2000 o superior. (*recomendado Windows XP o Vista*)
- Microsoft Internet Explorer 5.01 o superior.
- Microsoft .NET Framework 2.0 (*se distribuye con la aplicación*).

Descripción Lógica.

Descripción del Algoritmo.

Una vez que se tienen los cimientos situados en la planta y con todas sus propiedades asignadas, es decir, hormigón, acero, combinaciones de carga, etc. se puede proceder a realizar los procedimientos de cálculo. En este caso lo primero que se calcula son los peraltos, este procedimiento lleva implícito otros procedimientos que se realizan de forma transparente para el usuario, estos son el chequeo de compresión local y cálculo de la distribución de presiones.

Luego de calculados los peraltos de los cimientos, se procede entonces a calcular los refuerzos de acero para los cimientos de hormigón armado. Para ello se realizan los cálculos de refuerzos inferiores, y en caso de que exista problema con la flexión negativa, pues se calculan los refuerzos superiores.

3.2 Funcionalidades nuevas en la interfaz gráfica.

3.2.1 Ventana de propiedades de la planta.

En esta ventana se puede configurar el sistema de unidades que se va a usar.

The screenshot shows a dialog box titled "Propiedades de la Planta de Cimentaciones". It contains two main sections: "Datos Generales" and "Ejes de Cimentación".

Datos Generales:

- Proyecto: <Nombre del Proyecto>
- Fecha: viernes, 07 julio 2006
- Proyectista: <Nombre del Proyectista>
- Empresa: <Empresa>
- Código: <Código del Proyecto>
- Organismo: <Organismo>
- Inversionista: <Inversionista>

Ejes de Cimentación:

- Longitud: 12.00 m
- No. de Intercolumnios: 3
- Ancho: 12.00 m
- No. de Luces: 3

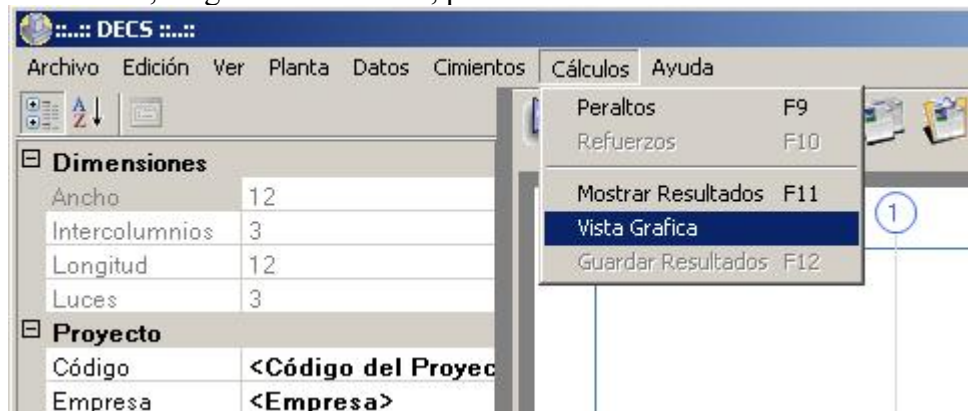
Sistema de Unidades:

- ☐ MKS
- ☐ FPS
- ☒ SI

Buttons: Aceptar, Cancelar

3.2.2 Ventana de vista gráfica preliminar.

Aquí se puede ver que en el menú cálculos existe un submenú Vista Grafica que permite ver la vista, valga la redundancia, preliminar de un cimiento.



En esta ventana se ve la vista preliminar de un cimiento rectangular.

Conclusiones

Al término de este trabajo se puede concluir:

- ◆ El lenguaje C# de la plataforma .NET de Microsoft, presenta una serie de características que facilitan la modelación e implementación del problema. Esto permitió obtener un sistema que brinda al usuario una serie de bondades de las cuales carecían las aplicaciones anteriores.
- ◆ La salida de los resultados implementada cumple con los requerimientos de las normas cubanas de representación, lográndose una forma lógica y racional de mostrar los resultados del diseño, para la correcta ejecución en obra de este elemento estructural. Esto se logra por mediación de un módulo capaz de exportar un fichero de dibujo en formato DXF y en una vista preliminar dentro del mismo sistema.
- ◆ La implementación del sistema permite procedimientos de cálculo relacionados con las cimentaciones superficiales, como pueden ser cimiento circulares, cimientos corridos, cimientos rectangulares con pedestal excéntrico y otros. Además de que se muestran los resultados en distintos sistemas de unidades.

Bibliografía y Referencias

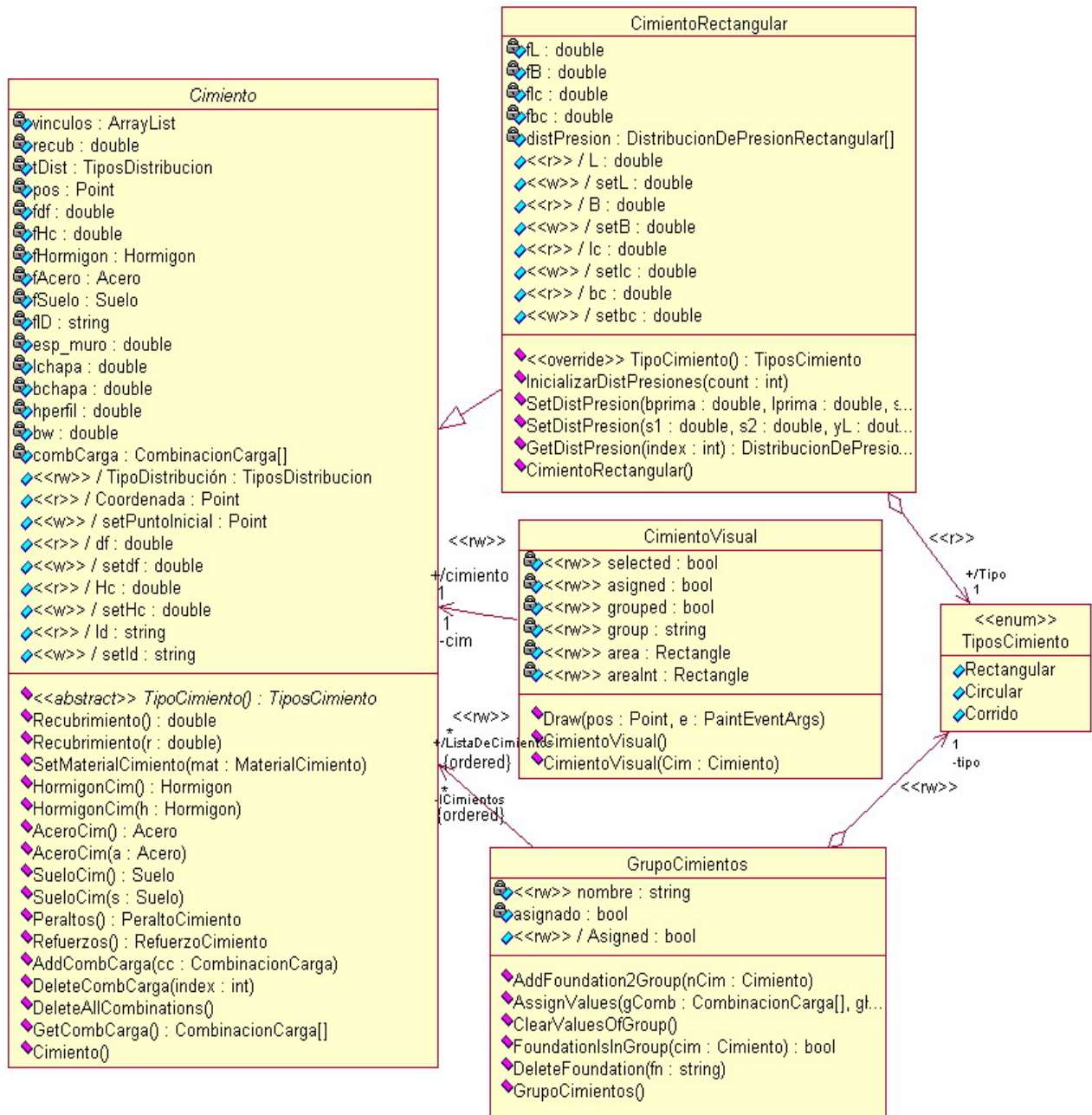
1. Abalos Macias, Miguel A.: Recomendaciones para el cálculo de una zapata circular. Revista de Ingeniería Civil. Habana, 2-75. 74 p.
2. ACI – 318 – 89: Reglamento de las construcciones de concreto reforzado. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, México, D.F. 1991.
3. ACI – 318 – 89R: Comentarios al Reglamento de las construcciones de concreto reforzado. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, México, D.F. 1991.
4. Albahari, Beb: C# Essentials /- Beb Albahari, Peter Drayton y Brand Merrill, O'Reilly, 2000.
5. Archer, Tom: Inside C# /- Tom Archer y Andrew Whitechapel, Microsoft Press, Second Edition, 2002.
6. Autodesk: DXF Reference Guide, <http://www.autodesk.com/techpubs/autocad/dxf/dxf2002.pdf>, 2002.
7. Cabrera Farías, Leonardo R.: Aplicación de la computación al diseño estructural de las cimentaciones aisladas rectangulares./ Leonardo R. Cabrera Farías, Carlos F. Morris Hernández.- TD; UCLV, 1989.
8. Calavera Ruiz, José: Cálculo de estructuras de cimentación, 3ra edición, Editorial INTEMAC, España, 1991. 418 p.
9. Causilla Garrido, M. Eumelia: Diseño estructural de cimentaciones superficiales circulares./ Maria Eumelia Causilla Garrido, Vivian Fernández Quintana.- TD; UCLV, 1997.
10. Chagoyén Méndez, E.: Diseño estructural de cimientos superficiales. Ponencia presentada al IX Forum Provincial de Ciencia y Técnica, Santa Clara, Noviembre de 1994.
11. Chagoyén Méndez, Ernesto L.: Metodología para el diseño estructural de cimentaciones superficiales. / Ernesto L. Chagoyén Méndez, Gilberto J. Quevedo, Jorge L. Broche, Ana V. González-Cueto Vila, Luis O. Ibañez M.- MC; UCLV, 1995.
12. Chand, Mahesh: Programming C#: Working with Arrays in .NET, <http://www.c-sharpcorner.com/Code/2002/July/WorkingWithArrays.asp>, 2002, s.p.

13. Das, Braja M. Principios de Ingeniería de Cimentaciones. Cuarta Edición. Editorial International Thomson Editores. México, 2001.
14. EH-91: Introducción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado. / Editorial de M.O.P.T, Madrid, 1991.
15. Ehrli Cabral, Erika: OOPS Concepts and .NET Part 1: Classes, Objects, and Structures, <http://www.c-sharpcorner.com/Code/2005/June/OOPSand.NET1.asp>, 2005, s.p.
16. Ehrli Cabral, Erika: OOPS Concepts and .NET Part 2: Inheritance, Abstraction, & Polymorphism, <http://www.c-sharpcorner.com/Code/2005/June/OOPSand.NET2.asp>, 2005, s.p.
17. Gonzalez-Cueto Vila, Ana V.: Diseño integral de cimentaciones superficiales, enfoque computacional. / Ana V. Gonzalez-Cueto, Jorge L. Broche, Luis O. Ibañez, Luis F. Díaz.- TD; UCLV, 1994.
18. Gunnerson, Eric: A programmer's introduction to C#, Eric Gunnerson y Phani Vaddadi, APress, Second Edition, 2001.
19. Harvey, Burton: C# Programming with the Public Beta / Burton Harvey, Simon Robinson, Julian Templeman y Karli Watson, First Edition, Wrox Press, 2001.
20. Kant Agarwal, Tushar: Object-Oriented Concepts in C#, http://www.c-sharpcorner.com/Code/2003/Dec/OOPS_In_CSharp_1.0.asp, 2003, s.p.
21. Liberty, Jesse: Programming C#, O'Reilly, 2001.
22. Mañá, Fructuoso: Cimentaciones superficiales, 1ra Edición.- Editorial BLUME, España, 1975.143 p
23. Meli Piralla, Roberto: Diseño Estructural de cimentaciones, en su diseño estructural. /- Edición Revolucionaria, 1986.
24. NC 53-039:97: Cálculo y Ejecución de obras de Hormigón.
25. NC 53-114:84: Construcciones sismo-resistentes. Especificaciones de Proyecto y Método de Cálculo.
26. NC 53-41:90: Cargas de Viento.
27. NRMCM – 001 - 80: Estructuras de hormigón. Cimientos aislados rectangulares. Método de cálculo y diseño. Ciudad de la Habana, 1980.

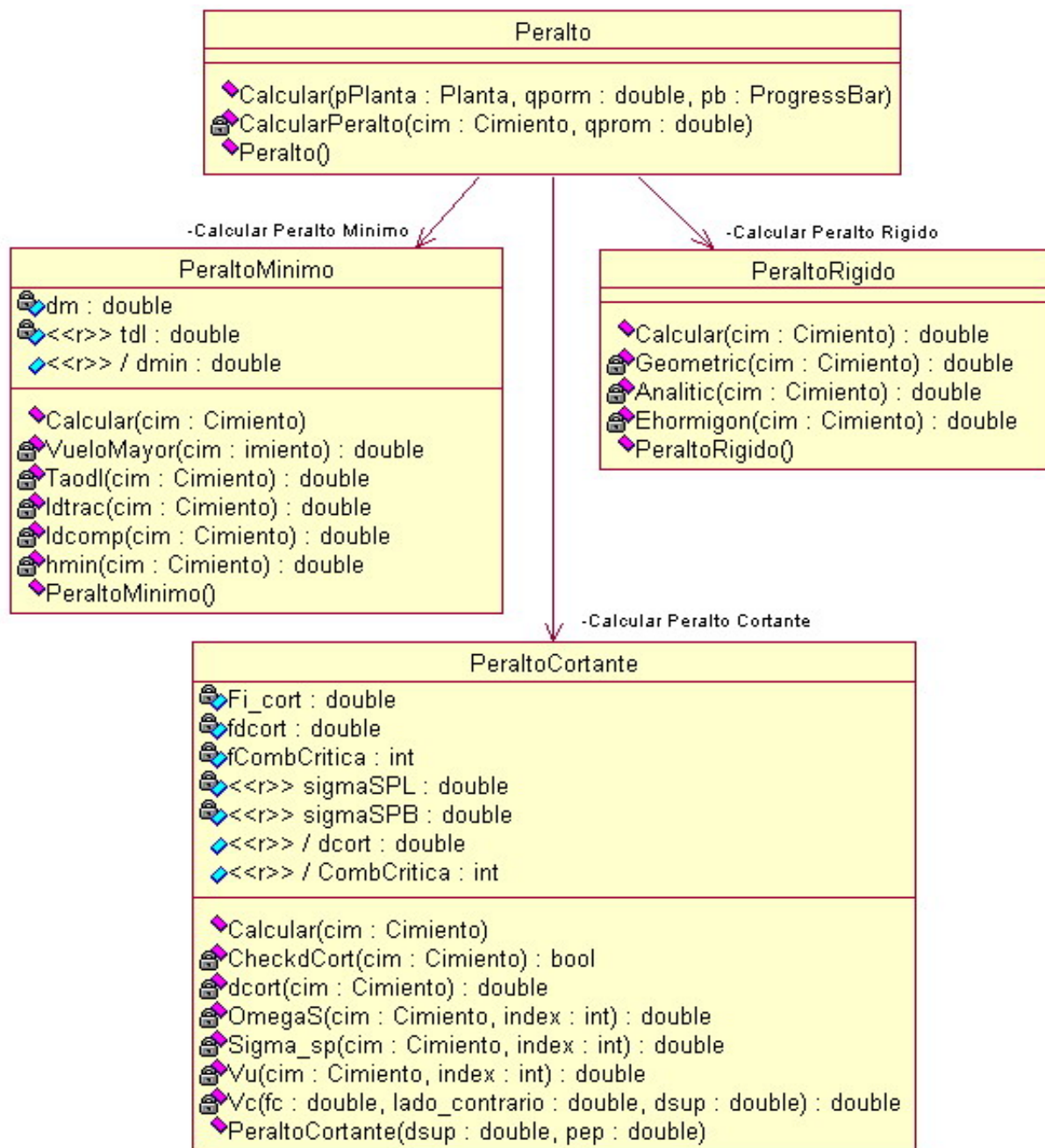
28. Padilla, Pablo: Cimentaciones y estructuras de hormigón armado. Dimensionamiento del hormigón armado. Tomo II. Editores técnicos asociados S.A. España, 1971.
29. Puig Moreno, Arturo: Diseño geotécnico de cimentaciones superficiales, un enfoque por variantes. – TD; UCLV, 1999.
30. Robinson, Simon: Professional C# / Simon Robinson, Burt Harvey, Craig McQueen, Christian Nagel, Morgan Skinner, Jay Glynn, Karli Watson, Ollie Cornes, Jerod Moemeka, 2001.
31. Schulze, Simmer: Cimentaciones./- Editorial BLUME, 1ra Edición Española,1970. España.
32. Troelsen, Andrew: C# and the .NET Framework, APress, Second Edition, 2003
33. Wille, Christoph: Presenting C#, Sams Publishing, First Edition, 2000.

Anexos

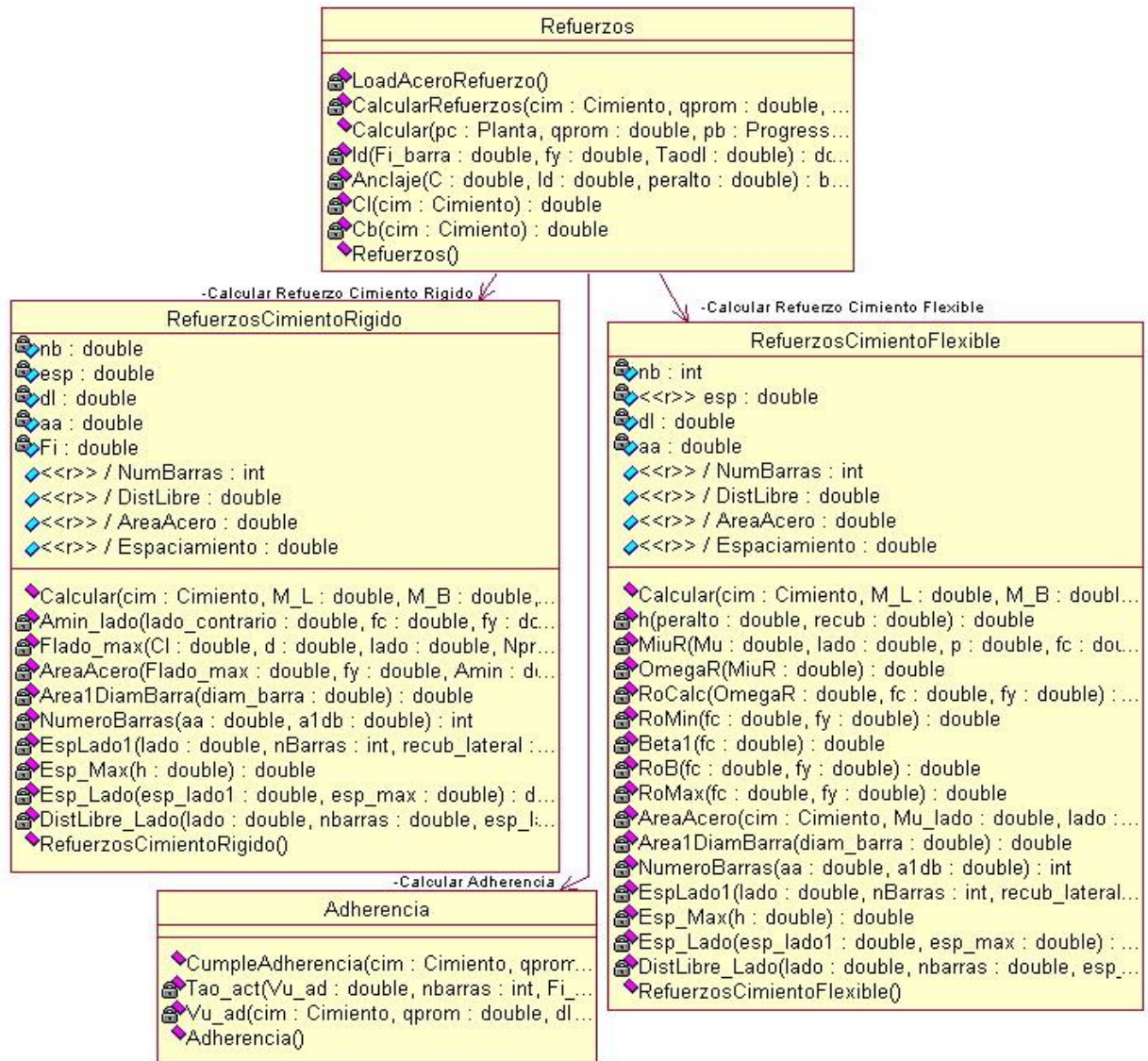
Anexo 1 – Diagrama de Clases de los Cimientos.



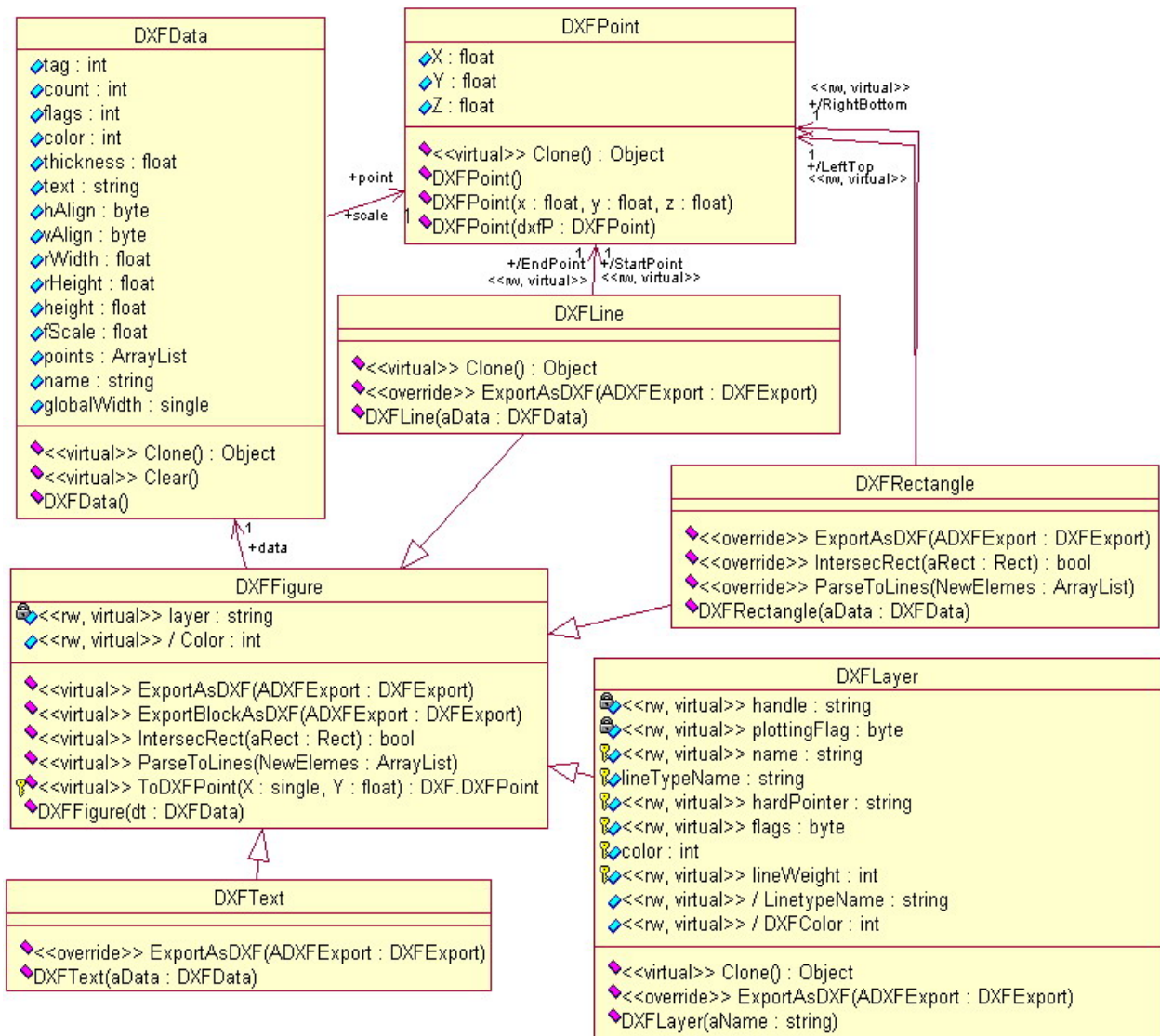
Anexo 2 – Diagrama de Clases Correspondiente al Módulo Peraltos



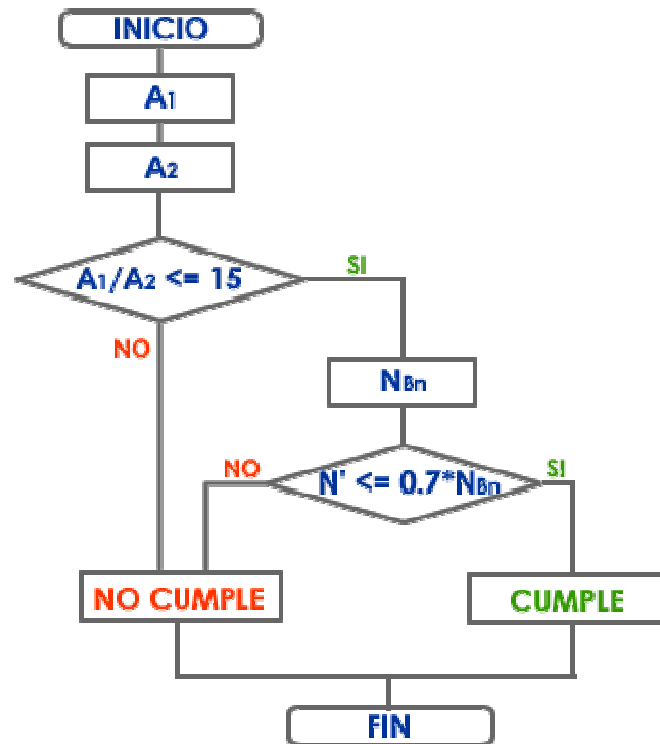
Anexo 3 – Diagrama de Clases Correspondiente al Módulo Refuerzos.



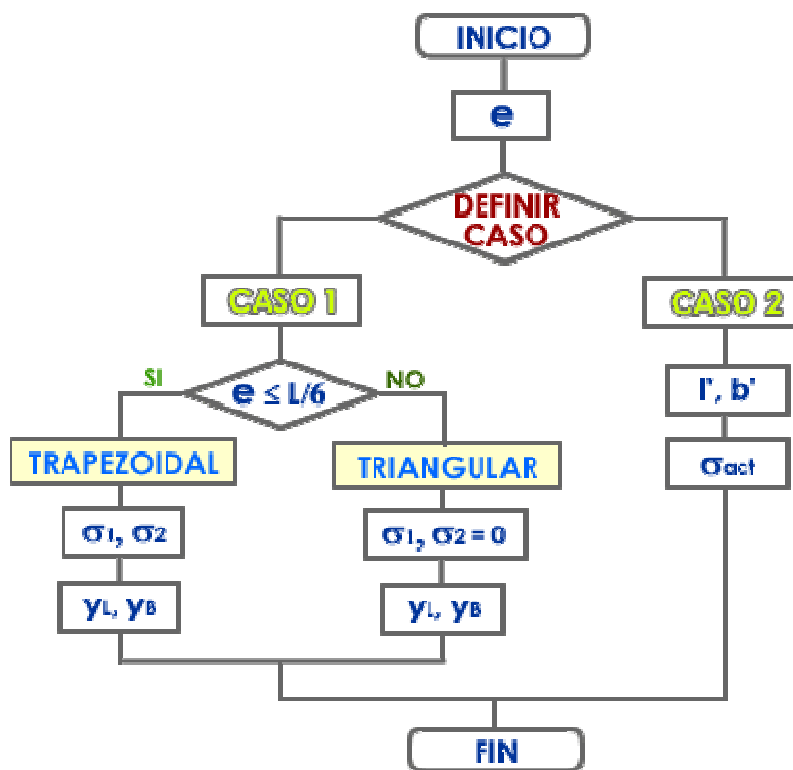
Anexo 4 – Implementación del Módulo DXF.



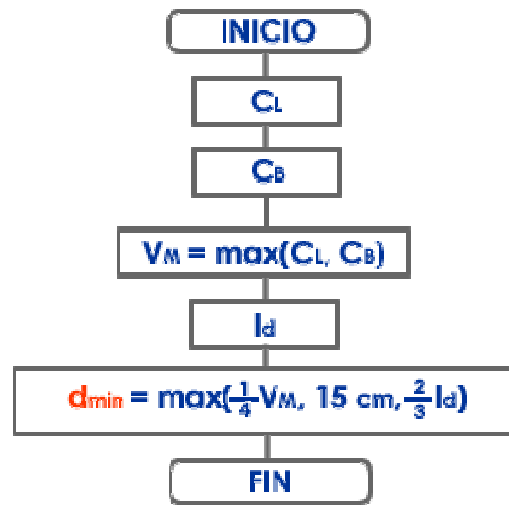
Anexo 5 – Diagrama de flujo del chequeo de *Compresión Local*.



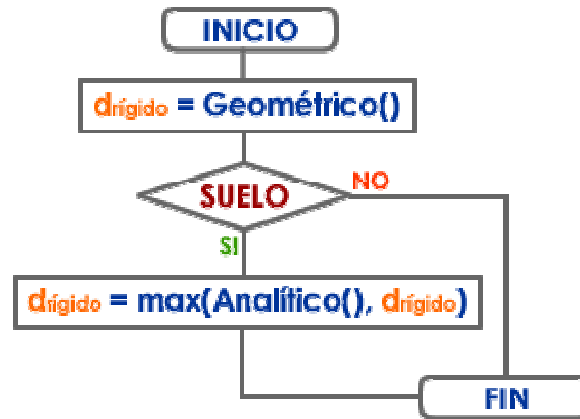
Anexo 6 – Diagrama de flujo del cálculo de la *Distribución de Presiones*.



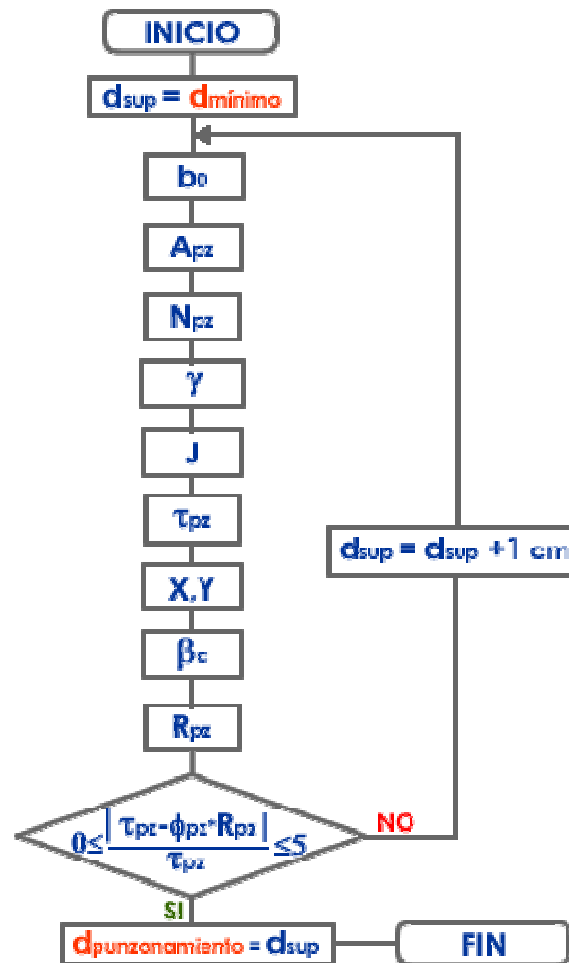
Anexo 7 – Diagrama de flujo del cálculo de *Peralto Mínimo*.



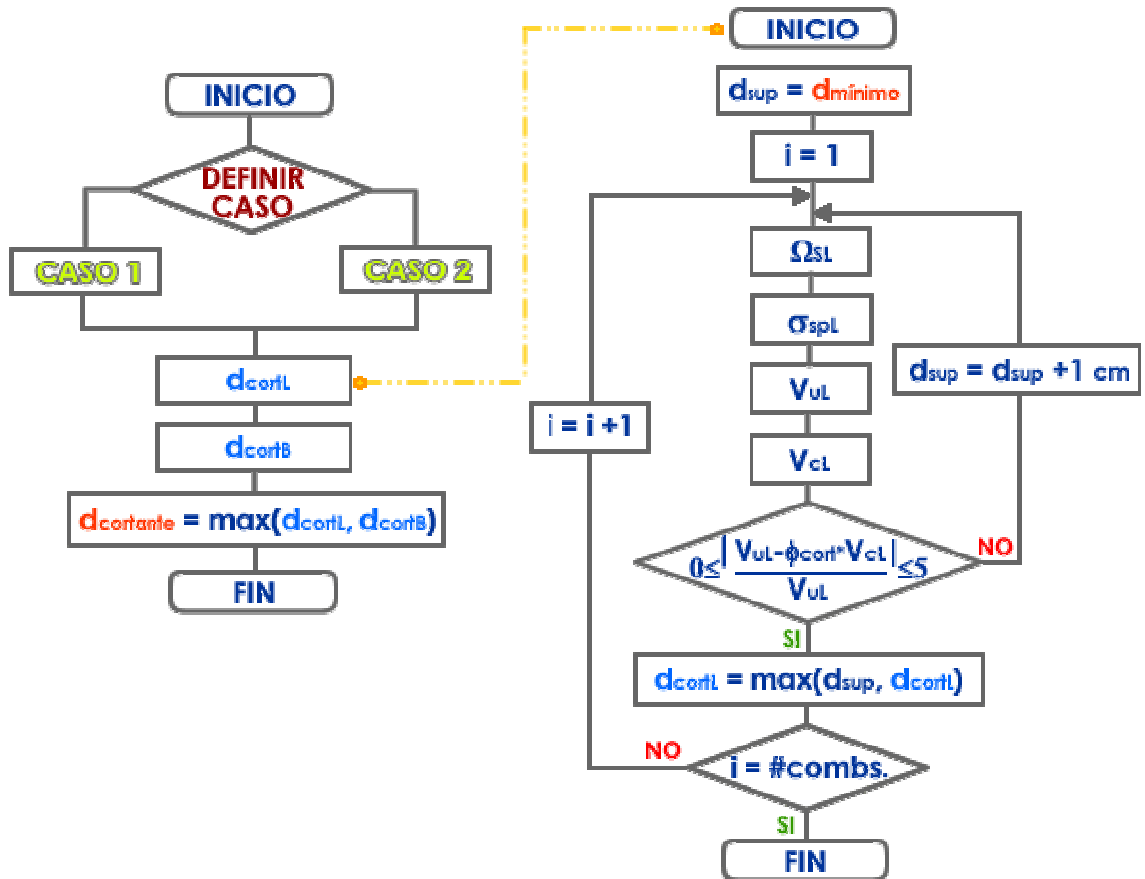
Anexo 8 – Diagrama de flujo del cálculo del *Peralto Rígido*



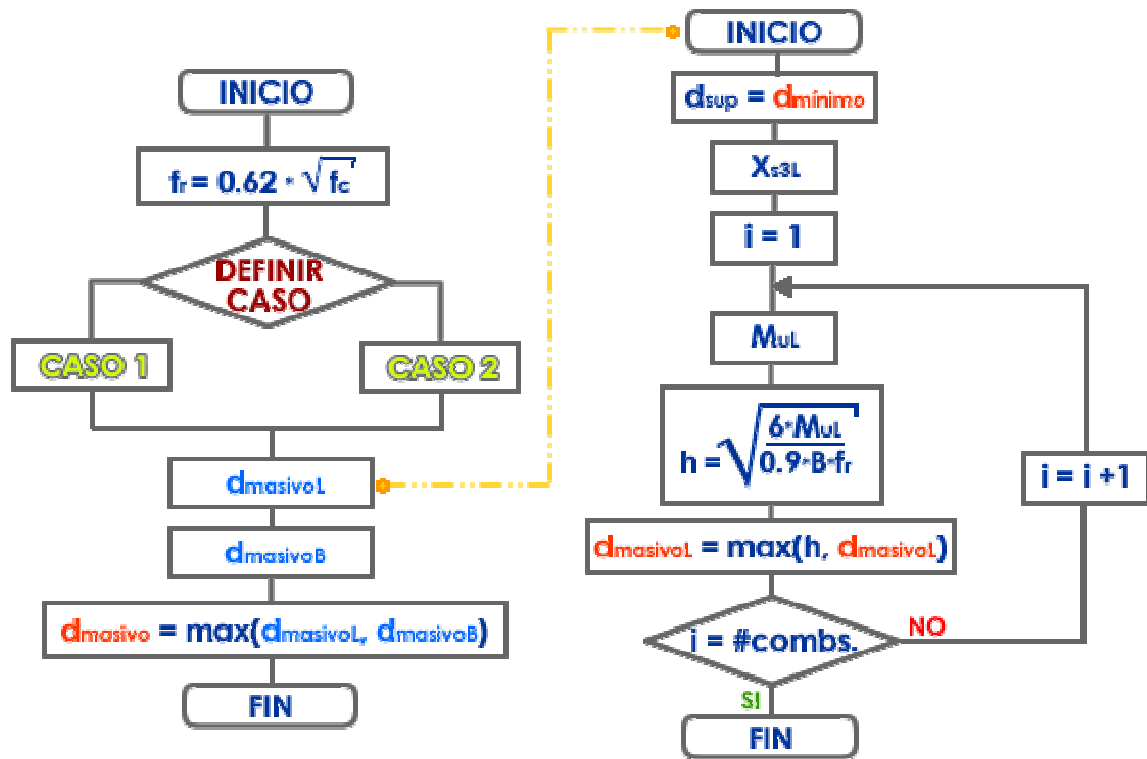
Anexo 9 – Diagrama de flujo del cálculo de *Peralto por Punzonamiento*.



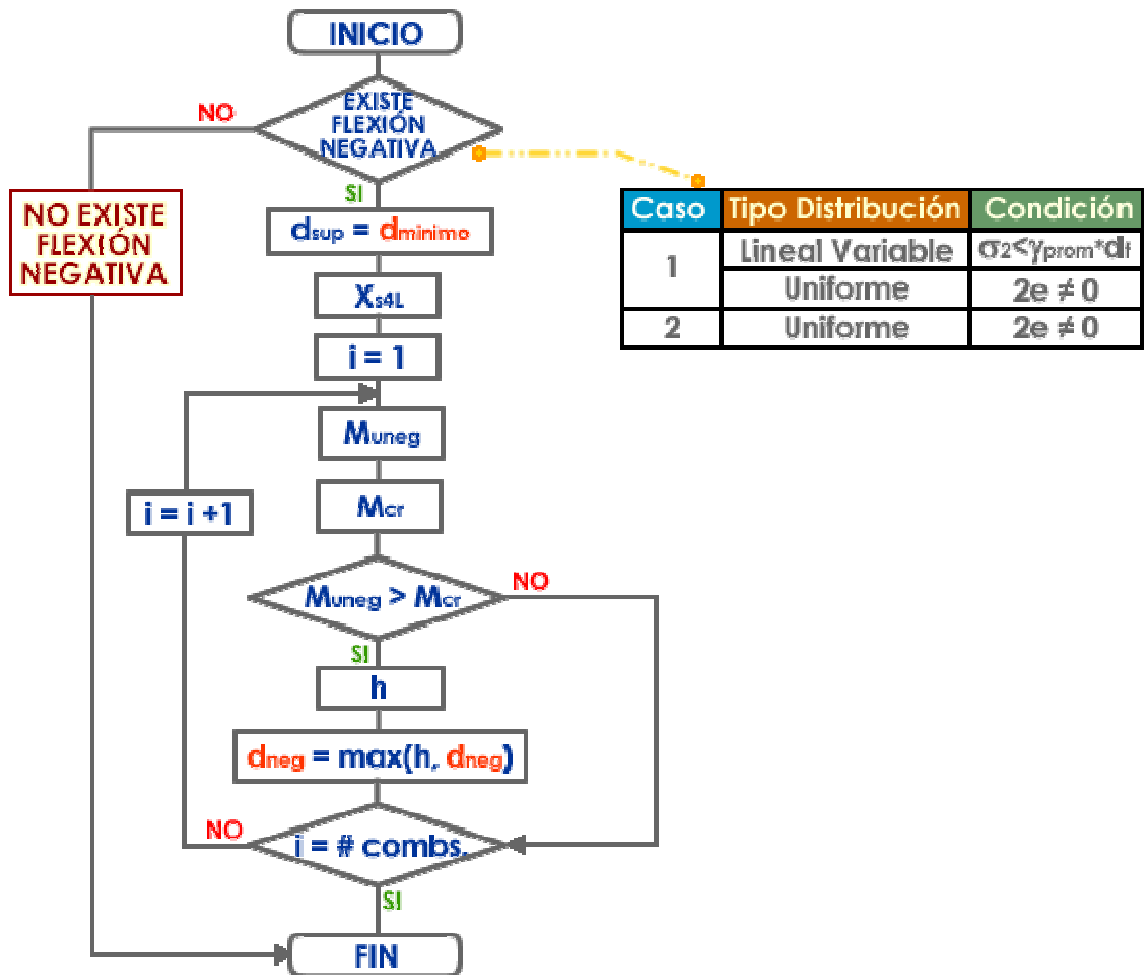
Anexo 10 – Diagrama de flujo del cálculo de *Peralto por Cortante*.



Anexo 11 – Diagrama de flujo del *Peralto Masivo*.



Anexo 12 – Diagrama de flujo del cálculo de *Peralto por Flexión Negativa*.



Anexo 13 – Diagrama de flujo para cálculo de *Refuerzos de Acero*.

