

78
29

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



**"ANALISIS DE CIMENTACIONES CON PILOTES DE
FRICCION CON AYUDA DE UN PROGRAMA DE
COMPUTADORA; METODO DE ZEEVAERT"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

FABIAN MENDOZA JIMENEZ

MEXICO, D.F.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-168/96

Señor
FABIAN MENDOZA JIMENEZ
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **DR. RIGOBERTO RIVERA CONSTANTINO**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

"ANÁLISIS DE CIMENTACIONES CON PILOTES DE FRICCIÓN CON AYUDA DE UN PROGRAMA DE COMPUTADORA; MÉTODO DE ZEEVAERT"

- I. INTRODUCCION
- II. COMPORTAMIENTO DE DIVERSOS TIPOS DE CIMENTACION
- II. ENFOQUES DE DISEÑO PARA CIMENTACIONES MIXTAS (CAJON-PILOTES DE FRICCIÓN)
- III. MÉTODO DE ZEEVAERT
- IV. PROGRAMACION DEL MÉTODO
- V. COMPARACION DEL MÉTODO
- CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria 16 de abril de 1997.
EL DIRECTOR.


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS

JMCS/GMP*lmf

A mis padres, Ing. Modesto Aarón
Mendoza Gutierrez y C.P. Soledad Jiménez
Ramírez, de quienes agradezco todo el apoyo y
enseñanzas que me han brindado y gracias a los
cuales debo todo lo que soy. Así como a mis
hermanos Aarón, Avril y Fabiola.

A mi facultad, a mis maestros y en especial al grupo de los quince(Adolfo, Alfonso, Antonio, Carlos, César, Eduardo, Ezequiel, Guillermo, Helio, Jesús, Jorge, Pablo, René y Tomás) y a mi amigo Bernardo, junto con los cuales compartí una de las mejores etapas de mi vida, así como a todas aquellas personas que contribuyeron en mi formación tanto profesional como personal.

AGRADECIMIENTO

Deseo hacer patente mi agradecimiento al Dr. Rigoberto Rivera Constantino por su colaboración en el desarrollo de ésta tesis, como director de la misma.

De igual manera, agradezco al Ing. Germán López Rincón la ayuda proporcionada para la programación del método.

INDICE

INTRODUCCION

Capítulo I: Comportamiento de diversos tipos de cimentación	1
I.I Cimentaciones usuales en la Ciudad de México	1
I.II Comportamiento de cimentaciones superficiales	3
I.III Comportamiento de cimentaciones compensadas	3
I.IV Comportamiento de cimentaciones sobre pilotes de punta	4
I.V Comportamiento de cimentaciones especiales	4
I.VI Comportamiento de cimentaciones sobre pilotes de fricción	5
Capítulo II: Enfoques de diseño para cimentaciones mixtas(cajón-pilotes de fricción)	7
II.I Diseño tipo I(diseño en términos de capacidad de carga)	9
II.II Diseño tipo II(diseño en términos de deformaciones)	10
II.III Diseño con base en el R.C.D.F. 87 y las N.T.C.D.C.C. 93	12
II.III.I Estados límite de falla	12
II.III.II Estados límite de servicio	14
II.IV Compatibilidad entre losas y pilotes en comportamiento sísmico	14
Capítulo III: Método de Zeevaert	16
III.I Consideraciones generales	16
III.II Cimentaciones con grupos de pilotes de fricción	20
III.III Cimentaciones compensadas con pilotes de fricción	27
III.III.I Problema de desplazamientos	27
III.III.II Reaplicación de carga	32
III.IV Momentos de volteo	37
III.V Momentos flexionantes y cortante	37
Capítulo IV: Programación del método	39
IV.I Consideraciones hechas para la programación del método	40
IV.II Consideraciones hechas para la realización de los programas de los casos I y II para pilotes de fricción	49
IV.III Instalación de los programas	50
Capítulo V: Comparación del método	52
V.I Datos	52
V.II Determinación del cambio de esfuerzos verticales por el método del Instituto de Ingeniería	53
V.III Determinación del cambio de esfuerzos verticales mediante el programa(método de Zeevaert)	64
V.IV Determinación de los asentamientos	66
Conclusiones	69
BIBLIOGRAFIA	71
Apéndice "A"	72
Apéndice "B"	73
Apéndice "C"	83
Apéndice "D"	88
Apéndice "E"	90
Apéndice "F"	134

INTRODUCCION

Las cimentaciones parcialmente compensadas con pilotes de fricción son frecuentes en la Zona de Lago de la ciudad de México, dado que este tipo de cimentación ayuda a disminuir los asentamientos y permite a las edificaciones seguir el hundimiento regional sin emerger respecto a la superficie del terreno.

Uno de los métodos más racionales para el diseño de este tipo de cimentación es el desarrollado por Zeevaert (Capítulo III), el cual ha sido aplicado con bastante éxito por el autor en varias obras de la ciudad de México. En este trabajo se estudia dicho método y se hacen algunas consideraciones para su aplicación práctica. Se programan los algoritmos resultantes del método para la determinación de los esfuerzos verticales finales provocados en la masa del suelo por la cimentación, buscando de esta manera que la aplicación del procedimiento sea más simple, lo cual es factible por la generalización del uso de las computadoras.

En este trabajo se presenta primeramente una breve revisión del comportamiento de diversos tipos de cimentación referido a los sismos de Septiembre de 1985, debido a las incertidumbres que se generaron a partir de dichos eventos referentes al diseño y uso de diferentes tipos de cimentaciones, entre ellas las cimentaciones mixtas (cajón-pilotes de fricción). Posteriormente se presentan los enfoques de diseño para cimentaciones mixtas, en términos de la capacidad de carga, en términos de deformaciones, el enfoque de revisión propuesto por el R.C.D.F. 87 y sus N.T.C.D.C.C 93 y un enfoque de diseño basado en la compatibilidad entre losas y pilotes en comportamiento sísmico. Se continúa con la presentación del método desarrollado por Zeevaert el cual corresponde a un diseño en términos de deformaciones. Se sigue con la explicación de las consideraciones hechas para la programación del método, así como para la elaboración de dos programas, y su correspondiente método en análisis, siendo los casos más simples del comportamiento de pilotes trabajando por fricción, de los cuales parte el autor para el desarrollo del método que conduce a la determinación de los esfuerzos verticales finales en la masa de suelo provocados por una cimentación parcialmente compensada con pilotes de fricción. Se hace la comparación del método de Zeevaert y el propuesto para el cálculo de asentamientos de cimentaciones sobre pilotes de fricción del Instituto de Ingeniería, refiriendo dicha comparación al cálculo de los asentamientos provocados por el cambio de esfuerzos verticales calculados con ambos métodos. Finalmente se presentan las conclusiones derivadas de la realización del presente trabajo de Tesis.

CAPITULO I

COMPORTAMIENTO DE DIVERSOS TIPOS DE CIMENTACION

A continuación se presenta una breve revisión del comportamiento de diversos tipos de cimentaciones que se emplean en la zona lacustre de la Ciudad de México, referidos a los sismos de Septiembre de 1985, dado que éstos han originado incertidumbres y controversias en cuanto a los criterios a seguir para el diseño de cimentaciones en zonas sísmicas, especialmente en presencia de consolidación regional como es el caso de la Ciudad de México.

1.1 Cimentaciones usuales en la Ciudad de México

El diseño de las cimentaciones en la zona lacustre de la Ciudad de México presenta dificultades muy superiores a las usuales en otras ciudades. En efecto, es necesario tomar en cuenta:

- La baja resistencia al esfuerzo cortante de las arcillas y su alta compresibilidad que obliga a limitar las presiones aplicadas al terreno a valores aún más pequeños que los aceptables desde el punto de vista de la resistencia, para evitar asentamientos totales y diferenciales excesivos.
- La existencia de hundimiento regional que provoca la emersión de las cimentaciones apoyadas en estratos resistentes profundos y la sobrecarga de sus pilotes o pilas por fricción negativa.
- La frecuencia e intensidad de los sismos que se presentan en el valle.

Los requerimientos impuestos por las condiciones anteriores hacen que se recurra a una gran variedad de tipos de cimentaciones, dependiendo de las características de la edificación, que van desde cimentaciones superficiales sobre zapatas, losas continuas o cajones, hasta cimentaciones profundas sobre pilotes de punta, de fricción o con sistemas especiales que permiten controlar sus asentamientos o emersiones. Estos diversos tipos de cimentaciones se presentan en forma esquemática en la figura 1.1.1.

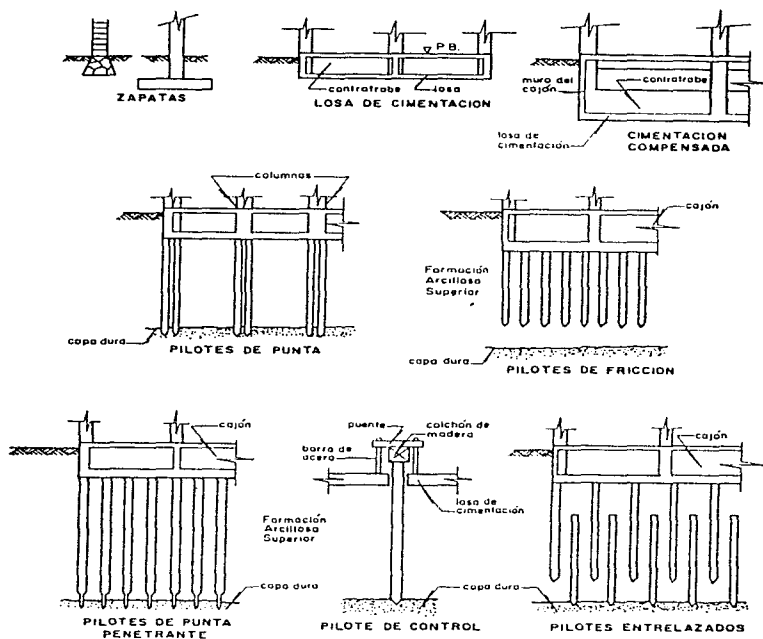


Figura I.I.1

I.II Comportamiento de cimentaciones superficiales

Las cimentaciones superficiales de construcciones ligeras sobre zapatas aisladas o corridas, tuvieron en general un buen comportamiento durante los sismos. Solamente se presentaron asentamientos en cimientos superficiales con construcción pobre o apoyados en rellenos sueltos mal compactados. Sin embargo, fueron numerosos los casos de asentamientos diferenciales inducidos en cimentaciones superficiales por construcciones pesadas vecinas, las cimentaciones sobre losas continuas presentaron en algunos casos asentamientos totales y diferenciales muy significativos que condujeron a desplomes importantes de las construcciones.

Del estudio de los casos, el mal comportamiento puede asociarse con las circunstancias siguientes:

- Presión de contacto excesiva, que aun en condiciones estáticas, conducía a asentamientos excesivos y a un factor de seguridad escaso contra falla de corte.
- Desplomes previos al sismo asociados con la excentricidad de carga de la construcción, pero en mayor grado, con la heterogeneidad del suelo y la realización de excavaciones cercanas con bombeo controlado.

Estas circunstancias hicieron que las construcciones resultaran particularmente vulnerables al sismo.

I.III Comportamiento de cimentaciones compensadas

Se entiende por cimentaciones compensadas, a aquéllas en las que se busca minimizar el incremento neto de carga aplicado al suelo, mediante un cajón de cimentación desplantado a cierta profundidad. Se busca en particular que la presión inducida en el suelo a cualquier profundidad no rebase el esfuerzo de preconsolidación. Según que el incremento de carga en el contacto del suelo con la base del cajón resulte; positivo, nulo o negativo, la cimentación se denomina; parcialmente compensada, compensada o sobrecompensada, respectivamente.

Los casos de mal comportamiento de cimentaciones de este tipo se deben en general a circunstancias previas al sismo análogas a las de las cimentaciones superficiales y en particular, a incrementos netos excesivos de presión de contacto al nivel de la losa de cimentación. La falta de cumplimiento de la condición de coincidencia del centro de gravedad con el centro de reacción tuvo también una gran importancia en este caso, especialmente para estructuras esbeltas.

I.IV Comportamiento de cimentaciones sobre pilotes de punta

El comportamiento de las cimentaciones sobre pilotes de punta apoyados en la primera o segunda capa resistente fue aparentemente adecuado en la mayor parte de los casos. Generalmente se observó que el suelo localizado en la periferia de la construcción presentaba después del sismo un asentamiento importante pero sin consecuencias graves para la misma. Lo anterior puede atribuirse a cierta separación entre el grupo de pilotes y el suelo circundante y a la desaparición parcial o total de la fricción negativa, con el consecuente asentamiento del suelo sometido bruscamente a la totalidad de su peso propio.

Sin embargo, existen evidencias de que cimentaciones de este tipo presentaron problemas mucho más serios. En ciertos edificios, los pilotes de la periferia no soportaron estructuralmente las solicitaciones de flexocompresión inducidas por el momento de volteo y de la fuerza cortante al nivel de la cimentación; en particular se observaron fallas en la cabeza de los pilotes. También se presentaron desplomes importantes de edificios sobre pilotes de punta que hacen palpable la hipótesis de que, en algunos casos, los pilotes hayan llegado a penetrar en la capa resistente de apoyo, o bien que estos se hayan pandeado o colapsado, sobre todo los de madera, ahora en desuso.

I.V Comportamiento de cimentaciones especiales

En las cimentaciones especiales se presentaron también casos de mal comportamiento. Los sistemas con control de carga en la cabeza de los pilotes presentaron con frecuencia deformaciones grandes, y en un número reducido de casos, la falla estructural o volcamiento de dicho mecanismo. Lo anterior puede atribuirse a múltiples factores entre los cuales destacan: la falta de mantenimiento (generadora de concentraciones de carga de ciertos pilotes), los defectos constructivos y la concepción misma de ciertos sistemas que difícilmente permiten absorber la fuerza cortante transmitida a la cimentación por el sismo. También se encontraron casos de mal comportamiento de cimentaciones con pilotes entrelazados o con pilotes penetrantes, atribuible a factores semejantes a los mencionados para cimentaciones con pilotes de punta.

I.VI Comportamiento de cimentaciones sobre pilotes de fricción

Los pilotes de fricción, es decir aquellos que transmiten cargas al suelo principalmente a lo largo de su superficie lateral de contacto con el terreno, suelen usarse como complemento de un sistema de cimentación parcialmente compensado para reducir los asentamientos.

En la Ciudad de México es frecuente el empleo de cimentaciones parcialmente compensadas combinadas con grupos de pilotes de fricción, una cimentación de este tipo esta formada por un cajón de concreto que desplaza un volumen de suelo cuyo peso, disminuido de la carga estática total del edificio, deja un excedente denominado carga no compensada; esta es la carga neta que el cajón transmite al suelo induciendo asentamientos y esfuerzos cortantes. Para reducir los asentamientos se emplean pilotes de fricción, cuya función es transmitir la carga no compensada a estratos más profundos, con lo que se reduce el espesor de arcilla bajo la punta de los pilotes y la magnitud del incremento de esfuerzos efectivos inducidos en ella. Esta solución de cimentación permite al edificio seguir los hundimientos regionales sin emerger respecto a la superficie del terreno.

Para este tipo de cimentación fue posible distinguir claramente dos tipos de comportamiento inadecuado durante los sismos, éstos son:

- Hundimiento brusco de construcciones pesadas, generalmente de grandes dimensiones en planta para las cuales fue posible verificar que la presión de contacto losa-suelo era importante, aun suponiendo que los pilotes trabajaran a su capacidad de carga máxima.
- Desplomes permanentes y, en un caso, colapso total por volcamiento de estructuras esbeltas con insuficiente número de pilotes.

Se identificaron las siguientes características distintivas que contribuyeron a un pobre comportamiento de las cimentaciones con pilotes de fricción:

- Presión media transmitida por la construcción a la cimentación. La existencia de una presión estática alta, en particular al nivel del contacto losa-suelo, genera un estado de esfuerzos previo en el suelo que facilita la aparición de deformaciones permanentes bajo esfuerzos transitorios.
- Repartición de cargas. Las excentricidades y la no uniformidad de las cargas provocan asentamientos diferenciales y generan un momento de volteo estático que debilita la construcción ante solicitaciones dinámicas. Además, crean condiciones favorables a las deformaciones permanentes y fallas locales.

- **Area en planta.** Los asentamientos instantáneos o diferidos inducidos por la presión losa-suelo son aproximadamente proporcionales a la raíz cuadrada del área afectada. En edificios de grandes dimensiones en planta, pequeños incrementos de presiones estáticas o dinámicas son suficientes para producir grandes asentamientos.
- **Esbeltez del edificio.** Para edificios de altura determinada, el sobreesfuerzo máximo sobre la cimentación en condiciones sísmicas es aproximadamente proporcional a la esbeltez.
- **Forma en planta.** Las formas irregulares pueden dar lugar a direcciones de mínima resistencia a los momentos de volteo.
- **Empotramiento de la estructura.** El empotramiento de la estructura en el suelo contribuye a la resistencia de la cimentación ante fuerzas cortantes y momentos de volteo dinámicos en una forma muy significativa.
- **Rigidez de la cimentación respecto a la del suelo subyacente.** Esta rigidez conduce a concentraciones de cargas que favorecen fallas locales. Los cajones usuales en la Ciudad de México generan concentraciones de cargas en las orillas.
- **Repartición en planta de los pilotes.** Los incrementos de esfuerzo debidos a sismo deben tomarse en cuenta en la repartición de los pilotes.

CAPITULO II

ENFOQUES DE DISEÑO PARA CIMENTACIONES MIXTAS (CAJON-PILOTES DE FRICCION)

En la Ciudad de México en el área conocida como Zona de Lago, es frecuente el empleo de cimentaciones parcialmente compensadas combinadas con grupos de pilotes de fricción.

Los pilotes de fricción transmiten las cargas estructurales al suelo principalmente a lo largo de su superficie lateral. Se hincan por impactos o a presión o se cuelan en perforaciones previas en estratos con características mecánicas pobres, sin que su punta se apoye en las capas resistentes subyacentes. Se emplean normalmente cuando el estrato superficial blando tiene un gran espesor que hace antieconómico usar pilotes de punta o cuando la consolidación de éste estrato induce fricción negativa sobre los pilotes de punta y provoca su emersión. Esta última condición es común en la zona lacustre de la Ciudad de México donde se presenta un fuerte hundimiento regional.

La capacidad de carga última de los pilotes de fricción se calcula a partir de la adherencia máxima que puede desarrollarse en el contacto pilote-suelo. Para suelos arcillosos blandos, esta adherencia se estima comúnmente como:

$$\tau = \alpha c_u \quad (II.1)$$

Donde:

c_u = resistencia al corte del suelo en condiciones no drenadas.

α = coeficiente, función de las características del suelo y del pilote.

Sin embargo, varios autores consideran que la adherencia debe estimarse en términos de esfuerzos efectivos:

$$\tau = K \tan \delta \sigma_v' \quad (II.2)$$

Donde :

$\overline{\sigma_v}$ = presión vertical efectiva a la elevación considerada.

K = coeficiente de empuje horizontal.

δ = ángulo de fricción pilote-suelo.

Las ecuaciones II.1 y II.2 corresponden a mecanismos de resistencia diferentes. Sin embargo, esta contradicción es solamente aparente puesto que, para suelos normalmente consolidados, c_u es proporcional a $\overline{\sigma_v}$. Se sabe por otra parte que la adherencia depende de los siguientes factores:

- Forma del pilote: los pilotes cónicos tienen una capacidad de carga mayor que los de sección constante.
- Rugosidad y textura del material constitutivo del pilote: los materiales rugosos y drenantes movilizan mayor adherencia que los lisos e impermeables.
- Longitud del pilote: la adherencia media disponible tiende a decrecer con esta longitud.
- Procedimiento constructivo: los pilotes hincados movilizan una adherencia mayor que los colocados en perforaciones previas.
- Tiempo transcurrido desde el hincado: la adherencia crece con el tiempo debido a la consolidación del suelo alrededor del pilote.
- Velocidad de carga: la adherencia máxima desarrollada bajo carga sostenida es del orden de 2/3 de la correspondiente a carga estática transitoria, la cual es a su vez menor que la adherencia disponible bajo carga dinámica.
- Historia de cargas y deformaciones: al rebasarse el desplazamiento relativo pilote-suelo necesario para movilizar su valor máximo, la adherencia puede sufrir una disminución significativa, especialmente en suelos sensibles.

En un estrato en proceso de consolidación, las condiciones de trabajo de los pilotes de fricción son complejas. Experimentos de campo mostraron que, en ausencia de cargas externas, los pilotes se encuentran sometidos a fricción positiva (ascendente) en su parte inferior y a fricción negativa (descendente) en su parte superior. La elevación en la que la fricción cambia de signo se conoce como nivel neutro. A esta profundidad, no hay desplazamiento relativo entre pilote y suelo y ambos descienden a la misma velocidad. Las cargas aplicada a los pilotes elevan la posición del nivel neutro al movilizar mayor fricción positiva. Si la carga alcanza la capacidad límite de los pilotes, el nivel neutro asciende hasta la parte superior de los mismos y la fricción negativa desaparece.

En la Ciudad de México se han usado dos enfoques alternativos para el diseño de cimentaciones mixtas cajón-pilotes de fricción, cuando prevalecen las condiciones anteriores.

II.1 Diseño tipo I (diseño en términos de capacidad de carga)

El tipo I es un enfoque tradicional de la mecánica de suelos en términos de capacidad de carga, el número y las dimensiones de los pilotes se escogen de tal forma que sean por sí solos capaces de soportar la carga de la construcción en condiciones estáticas y sísmicas con un factor de seguridad amplio. Así por ejemplo, se ha propuesto un criterio en el que para la suma de las cargas permanentes y variables se adopta un $FS=2$, aun cuando a éstas le disminuyen el peso excavado, en tanto que cuando se consideran aquellas cargas más las accidentales, en particular las sísmicas, se adopta un $FS=1.7$. Los pilotes trabajan en las condiciones indicadas en la figura II.1.1.

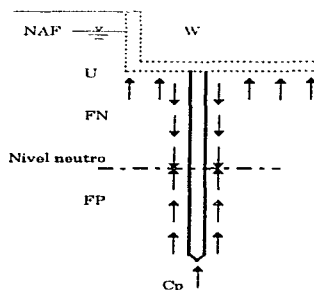


Figura II.1.1

La posición del nivel neutro puede determinarse a partir de la siguiente ecuación de equilibrio (Reséndiz y Auvinet, 1973):

$$W + FN = FP + C_p + U \quad (II.1.1)$$

Donde:

W = peso de la construcción.

U = subpresión actuante sobre la subestructura (en su caso).

C_p = capacidad de carga por punta de los pilotes.

FN = fricción negativa sobre la subestructura y la parte superior de los pilotes.

FP = fricción positiva sobre la parte inferior de los pilotes.

Las fricciones negativas y positivas pueden estimarse a partir de la adherencia máxima de acuerdo con las ecuaciones II.1 ó II.2. Contrariamente a una creencia común, este diseño no permite aprovechar el efecto de compensación (con excepción de la subpresión). En efecto, no existe presión de contacto efectiva entre losa y subsuelo y la descarga que sufre el terreno por excavación no contribuye a aumentar la capacidad de carga de los pilotes ni a reducir significativamente sus asentamientos. Cuando el nivel neutro se encuentra en posición baja (número grande de pilotes o alta resistencia de la parte inferior del estrato) la fricción negativa induce compresiones internas parásitas en los pilotes. Además, con el tiempo, la cabeza de los pilotes puede emerger por consolidación del suelo localizado entre la superficie y el nivel neutro.

Con este diseño, las cargas debidas a sismo deben ser absorbidas por los propios pilotes. Los momentos de volteo inducen cargas verticales sobre los pilotes que suelen calcularse por la regla de la escuadría. Para tomar estas cargas se puede contar con un incremento de adherencia disponible por los efectos de velocidad de carga ya mencionados. Sin embargo, a este efecto se sobrepone la degradación de esta misma adherencia bajo la acción de cargas cíclicas. Cuando el nivel neutro se encuentra en posición baja, la emersión de los pilotes favorece la aparición de zonas de respuesta no confinada y los hace vulnerables estructuralmente a las fuerzas de cortante debidas al sismo. Esta misma condición aumenta el periodo natural de vibración de la construcción, lo cual puede resultar perjudicial en ciertas condiciones.

II.11 Diseño tipo II (diseño en términos de deformaciones)

El enfoque de diseño tipo II considera que tanto pilotes, como losa de cimentación a través de presiones en su contacto, coparticipan para soportar las cargas actuantes, con la intención de disminuir asentamientos. Bajo esta premisa, los pilotes se utilizan simplemente como complemento de un sistema de cimentación sobre losa corrida o cajón, o viceversa, con objeto de reducir los asentamientos de la construcción respecto a la superficie del terreno circundante. Su capacidad de carga es inferior al peso de la construcción por lo que una parte de este peso se transmite al suelo a través de la losa. A este enfoque pertenecen las cimentaciones compensadas

con pilotes de fricción propuestas por Zeevaert, en el que la presión en el contacto no debe exceder la presión removida por la excavación.

Los pilotes están sometidos exclusivamente a fricción positiva (figura II.II.1) por lo que el nivel neutro se encuentra a la profundidad de la losa de cimentación.

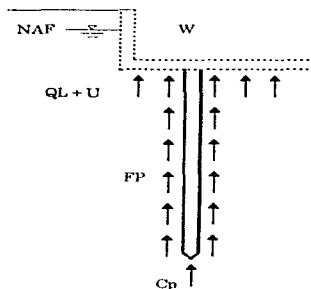


Figura II.II.1

La ecuación de equilibrio es:

$$W = QL + FP + C_p + U \quad (\text{II.II.1})$$

Donde :

QL = fuerza debida a la presión de contacto efectiva entre losa y suelo (la fricción negativa actuando sobre la subestructura puede en este caso despreciarse tomando en cuenta que la parte superior del estrato se encuentra poco afectada por la consolidación).

Esta solución es económica, evita los problemas de fricción negativa y de emersión y permite aprovechar el efecto de compensación. Sin embargo, al igual que las cimentaciones superficiales o compensadas sin pilotes, este tipo de cimentación es sensible a errores de estimación de cargas, a las excentricidades de las mismas y a las variaciones que puedan

presentar durante la vida útil de la construcción (pérdida de subpresión por inundación o abatimiento piezométrico, cambio de uso del edificio, etc.).

En efecto, dado que los pilotes trabajan al límite de su capacidad, cualquier incremento de cargas respecto a las de diseño debe ser absorbido por el suelo en contacto con la losa, con las deformaciones y problemas de estabilidad consecuentes. Este es el caso particular de los incrementos de esfuerzos debidos a momentos de volteo por sismo. Debe además tenerse en cuenta que los pilotes que trabajan al límite son particularmente susceptibles a la degradación de adherencia por carga cíclica. La revisión de capacidad de carga en condiciones sísmicas es delicada puesto que el suelo se encuentra simultáneamente solicitado por los pilotes y la losa. Un método simplificado ha sido propuesto para calcular la capacidad de carga del sistema losa-pilotes bajo momentos de volteo en las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1976.

II.III Diseño con base en el R.C.D.F. 87 y las N.T.C.D.C.C. 93

Con base en el R.C.D.F. 87 y las N.T.C.D.C.C. 93, "los pilotes de fricción son aquellos que transmiten cargas al suelo principalmente a lo largo de su superficie lateral, que generalmente actúan como complemento de un sistema de cimentación parcialmente compensada para reducir asentamientos transfiriendo parte de la carga de la cimentación a estratos más profundos".

II.III.I Estados limite de falla

Para comprobar la estabilidad de las cimentaciones con pilotes de fricción, se verificará, para la cimentación en su conjunto, para cada uno de los diversos grupos de pilotes y para cada pilote individual, el cumplimiento de la desigualdad siguiente para las distintas combinaciones de acciones verticales consideradas:

$$\sum QF_c < R \quad (\text{II.III.I.1})$$

Donde:

$\sum QF_c$ = suma de las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación considerada, afectada de su correspondiente factor de carga. Las acciones incluirán el peso propio de la subestructura y de los pilotes o pilas y el efecto de la fricción negativa que pudiera desarrollarse sobre el fuste de los mismos o sobre su envolvente.

R = capacidad de carga del sistema constituido por pilotes de fricción más losa o zapatas de cimentación, que se considerará igual al mayor de los dos valores siguientes:

- Capacidad de carga del sistema suelo-zapatas o suelo-losa de cimentación, despreciando el efecto de los pilotes. Si éste es el valor que rige, la losa o las zapatas y las contratravesas deberán diseñarse estructuralmente para soportar las presiones de contacto suelo-zapata o suelo-losa máximas calculadas, más la concentración de carga correspondiente a la capacidad de carga total de cada pilote dada por la ecuación II.III.1.2. con $F_R=1$.
- Capacidad de carga del sistema suelo-pilotes de fricción que se considerará igual a la combinación de las capacidades de carga de punta de los pilotes individuales más el menor de los siguientes valores:
 - Suma de las capacidades de adherencia de los pilotes individualmente.
 - Capacidad de adherencia de una pila de geometría igual a la envolvente del conjunto de pilotes.
 - Suma de las capacidades de adherencia de los diversos subgrupos de pilotes en que pueda subdividirse la cimentación.

Cuando la capacidad de carga de la cimentación se considere igual a la del sistema de los pilotes de fricción sin contribución de la losa, estos deberán tener la capacidad de absorber la fuerza de cortante por sismo al nivel de la cabeza de los pilotes sin tomar en cuenta la adherencia suelo-losa o suelo-zapatas.

En la estimación de la capacidad de carga bajo cargas excéntricas se despreciará la capacidad de carga de los pilotes sometidos a tensión, salvo que se hayan diseñado y construido especialmente para este fin.

La capacidad de carga por adherencia lateral de un pilote de fricción individual bajo esfuerzos de compresión se calculará como:

$$C_r = A_L F_R \quad (\text{II.III.1.2})$$

Donde:

$F_R = 0.7 (1-s/5)$ factor de resistencia.

s = relación entre máximos de la solicitación sísmica y la solicitación total que actúan sobre el pilote.

C_r = capacidad por adherencia.

A_L = área lateral del pilote.

f = adherencia lateral media del pilote-suelo.

Para los suelos cohesivos blandos de las zonas II y III la adherencia pilote-suelo se considerará igual a la cohesión media del suelo. La cohesión se determinará con pruebas triaxiales no consolidadas-no drenadas.

II.III.II Estados límite de servicio

Los asentamientos o emersiones de cimentaciones con pilotes de fricción bajo cargas estáticas se estimarán considerando la penetración de los mismos y las deformaciones del suelo que los soporta, así como la fricción negativa y la interacción con el hundimiento regional. En el cálculo de los movimientos anteriores se tomarán en cuenta las excentricidades de carga.

Las deformaciones permanentes bajo la combinación de carga que incluya el efecto del sismo se podrán estimar a partir de los resultados de pruebas de laboratorio representativas del fenómeno. Para el cálculo de estas deformaciones, se considerará que la carga máxima soportada por los pilotes en condiciones sísmicas es la definida por la ecuación II.III.1.2.

II.IV Compatibilidad entre losas y pilotes en comportamiento sísmico

Los grandes asentamientos observados en los sismos de Septiembre de 1985 en algunos edificios con cimentaciones mixtas, constituidas por un cajón parcialmente compensado ligado a un grupo de pilotes de fricción, son consecuencia de la incompatibilidad de los dos mecanismos de transferencia de carga al suelo: uno formado por el conjunto de pilotes y el suelo, cuya deformabilidad es relativamente pequeña y el otro por la losa de cimentación y el suelo, el cual resulta muy deformable con respecto al anterior.

La incompatibilidad de estos mecanismos, sometidos a la acción cíclica del sismo produce, primero, la sobrecarga del conjunto de pilotes, que es el mecanismo más rígido; al fallar este mecanismo transfiere su carga al suelo a través de la losa del cajón generando mayor asentamiento. Los grandes desplazamientos relativos entre los pilotes y la arcilla circundante agravados por la acción alternante del sismo, inducen remoldeo de ésta y disminuye la fricción entre pilotes y suelo, lo que hace disminuir, temporalmente, la capacidad de carga de los pilotes, incrementando aún más la carga transferida a la losa y, con ello, el asentamiento.

Es recomendable diseñar el grupo de pilotes en este tipo de cimentación mixta de manera que éstos sean capaces de soportar, por sí solos, la carga neta total, incluyendo las cargas estáticas y sísmicas, con un adecuado factor de seguridad.

El aceptar un factor de seguridad, implica que la carga máxima que actuará sobre los pilotes será menor que su carga límite, por lo que las deformaciones del suelo circundante no alcanzará el valor correspondiente a la falla plástica; con ello se evitará la pérdida de capacidad de los pilotes por remoldeo de la arcilla.

El asentamiento será debido solamente a deformación acumulada por histéresis y su magnitud será tolerable.

CAPITULO III

METODO DE ZEEVAERT

III.1 Consideraciones generales

Los pilotes de fricción pueden ser usados para soportar un conjunto de cimentaciones pesadas y reducir los asentamientos diferenciales y totales; los pilotes de fricción presentan particular eficiencia cuando el esfuerzo cortante se incrementa y la compresibilidad se reduce con la profundidad. El cálculo de los pilotes de fricción se simplifica mediante el uso de la interacción del esfuerzo cortante último entre el fuste del pilote y el suelo. La cimentación a base de pilotes de fricción se analiza bajo condiciones de equilibrio estático en conjunción con la estructura de cimentación y el sistema de cargas.

El estado de esfuerzos inducido en la masa del suelo por causa de la acción del grupo de pilotes de fricción puede ser manejada vía el principio de superposición en conjunción con otras condiciones de cambios de esfuerzos que tengan lugar en el suelo por causa de diferentes tipos de cargas aplicadas. Los pilotes de fricción producen dos acciones en la masa del suelo:

- 1° Los pilotes restringen la deformación del suelo, reduciendo la compresibilidad.
- 2° Los pilotes transmiten los esfuerzos a estratos más profundos del suelo con menor grado de compresibilidad.

Estas dos acciones se traducen en la reducción de asentamientos, aún cuando la cimentación se encuentre sujeta a cargas muy grandes. La capacidad de carga de la cimentación se ve incrementada, así como las cargas transferidas a estratos profundos con mayor esfuerzo cortante del suelo subyacente a los pilotes.

El grupo o campo de pilotes de fricción para soportar edificios en depósitos de suelo compresible debe ser distribuido uniformemente para reforzar adecuadamente la masa de suelo. La distancia entre centro de pilotes es importante. Los pilotes no deben ser hincados muy cerca unos de otros ya que el remoldeo del suelo podría provocar reducción en el esfuerzo cortante e incremento de la compresibilidad. Por otro lado, el hincado de un pilote no debe interferir en el hincado de otros.

Las presiones de poro generadas en el suelo durante el hincado pueden provocar que los pilotes adyacentes al que se hinca emerjan de la superficie del suelo; sin embargo, este problema se resuelve mediante un programa adecuado de hincado de pilotes. Manteniendo una distancia suficiente entre pilotes durante su hincado, y cuando las presiones de poro se reducen substancialmente en la masa de suelo, se procede al hincado de los pilotes intermedios. Este proceso se realiza del centro del campo de pilotes hacia las esquinas para permitir la disipación de la presión de poro en el campo de pilotes. Cuando se encuentran intercalados en la masa de suelo estratos de arena que permitan el drenaje del agua, el problema del exceso de la presión de poro se vuelve menos crítico. Durante el hincado, el volumen de pilotes introducidos en el suelo desplaza instantáneamente un volumen aproximadamente igual de suelo, dando lugar una importante expansión, particularmente si los pilotes son hincados muy cerca unos de otros.

Conforme transcurre el hincado, el exceso de presión de poro se disipa, y los esfuerzos efectivos en el suelo tienden a retornar a sus valores originales y la expansión por hincado decrece, con la tendencia del suelo a recobrar la posición que tenía antes del hincado. Sin embargo, no se llega a producir la recuperación total de la posición, por que los pilotes se oponen al movimiento vertical hacia abajo. El resultado es que los pilotes trabajan, después de ser hincados, bajo fuerzas de fricción negativa (FN)^o en su parte superior y en su parte inferior bajo fricción positiva (FP)^o y resistencia por punta.

El único camino para ganar experiencia en el fenómeno de expansión por hincado es mediante observación en el campo, instalando, después del hincado de pilotes, un número suficiente de puntos de referencia en la superficie del suelo, entre los pilotes, en la parte central y perimetralmente al campo de pilotes.

El esfuerzo cortante a lo largo del fuste de los pilotes ha sido investigado por Zeevaert para entender mejor el comportamiento de los pilotes trabajando a fricción positiva usados en el diseño de cimentaciones, se han realizado estudios en muestras inalteradas de arcilla obtenidas en la vecindad del fuste de viejos pilotes hincados. Las muestras fueron recuperadas de pozos a cielo abierto profundos y probadas en el laboratorio. A partir de los resultados obtenidos se derivaron las siguientes conclusiones:

^o Ver apéndice A.

^o Ver apéndice A.

- Una delgada capa de suelo perfectamente remoldeado y reconsolidado fue observado cerca del fuste de los pilotes, no excediendo una distancia de cerca del 5% del radio de los pilotes, generando un aumento del esfuerzo cortante de acuerdo con la ecuación:

$$S_{oz} = K_{\phi} \sigma_{oz} \quad (\text{III.1.1})$$

- Fue observado que el contenido de agua a una distancia mayor de $1.05 r_0$ permanecía prácticamente sin cambios, sin embargo hay un pequeño cambio de volumen en el suelo después de hincar los pilotes.
- El esfuerzo cortante de la arcilla en estado natural es afectado por el hincado de los pilotes hasta una distancia de un diámetro del fuste de los pilotes. Cerca del fuste de los pilotes, el esfuerzo cortante del suelo se encontró reducido alrededor del 60% de su valor inalterado. El mínimo valor del esfuerzo cortante de la arcilla semialterada se extendía a cerca de $r_0' = 1.1r_0$ del centro de cada uno de los pilotes. El esfuerzo cortante en esta zona es aproximadamente:

$$S_{oz} = 0.3q_{uz} \quad (\text{III.1.2})$$

Donde:

q_{uz} : consistencia natural inalterada del suelo a la profundidad z .

Para determinar la carga última por fricción positiva a la cual los pilotes trabajando a fricción positiva comienzan a ceder, es necesario investigar los valores mínimos del esfuerzo cortante cercanos al fuste del pilote, por medio de las fórmulas III.1.1 y III.1.2. El elemento tiempo deberá ser también considerado. Los valores de $s_{oz} = c_z = 0.3q_{uz}$, representativos del esfuerzo cortante del estrato cercano al fuste del pilote en arcilla homogénea y saturada, pueden ser usadas para el cálculo descrito anteriormente.

Por lo tanto, la carga última por fricción negativa de un pilote a partir de la superficie del suelo a una profundidad d es:

$$Q_{\mu} = [(FP)k]_0^{z_0} + \overline{w}_2 \sum_{z_0}^d c_i \Delta z_i \quad (\text{III.1.3})$$

Donde:

(FP)_k = fricción positiva calculada con el valor del esfuerzo cortante expresado por medio de la fórmula III.I.1

$$\overline{w}_2 = 2\pi r_0$$

$$c_1 = 0.3q_{uz}$$

Δz_i = grosor del estrato *i*

La distribución del esfuerzo cortante a lo largo del fuste del pilote bajo las circunstancias antes descritas se presenta en la figura III.I.1. La parte superior corresponde al valor del esfuerzo cortante ganado por la reconsolidación del suelo después del hincado del pilote de acuerdo con el valor dado por la fórmula III.I.1; en la parte inferior el suelo es considerado con su esfuerzo cortante natural parcialmente alterado expresado por la fórmula III.I.2.

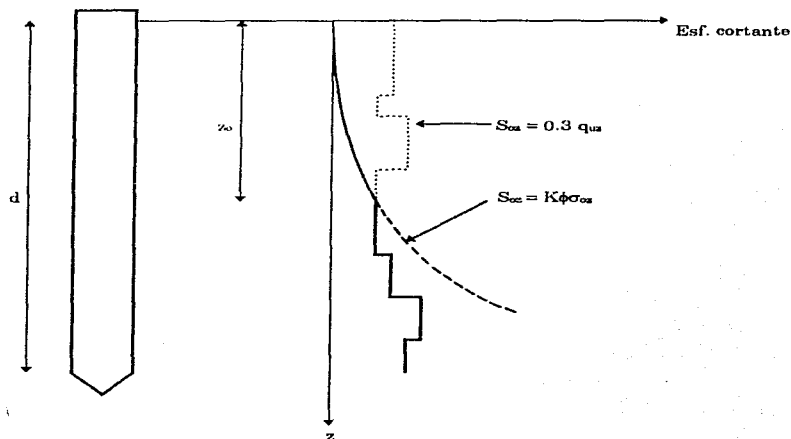


Figura III.I.1

III.II Cimentaciones con grupos de pilotes de fricción

Cuando la parte superior de depósitos de suelo exhibe de alta a muy alta compresibilidad y bajo esfuerzo cortante, es de esperarse que las cimentaciones superficiales presenten grandes asentamientos, frecuentemente mayores de los permisibles para la mayoría de dichas cimentaciones. El problema puede ser minimizado soportando la cimentación sobre pilotes de fricción. Por otro lado, los depósitos de suelos compresibles están usualmente sujetos a consolidación, por causa del incremento continuo de carga en la superficie del suelo, o fuerzas de filtración producidas por un decremento de los niveles piezométricos de agua ubicada en estratos profundos permeables. Por lo tanto, el hundimiento de la superficie del suelo se desarrollará a largo plazo. Este fenómeno podría afectar el diseño del pilote de fricción si no se considera adecuadamente. Por las condiciones de asentamientos bajo la superficie del suelo, los pilotes estarán sujetos a fuerzas últimas de fricción debido al continuo movimiento relativo entre los pilotes rígidos y el suelo compresible.

De manera que dos casos deberán ser considerados:

- Caso 1: Los pilotes trabajan por fricción positiva en su parte baja, debiendo soportar la carga del edificio y las fuerzas debidas a la fricción negativa; por lo tanto:

$$Q_n + (FN)_{z_0} = (FP)_{z_0} \quad (III.II.1)$$

Donde:

Q_n = carga correspondiente a un pilote del grupo.

FN_{z_i} = fricción negativa al nivel z_i .

FP_{z_i} = fricción positiva al nivel z_i .

Cuando tal diseño es contemplado, el problema puede ser resuelto tal y como se describe más adelante. Los esfuerzos finales inducidos en la masa del suelo dentro del campo de pilotes están dados por la curva 1-0-2-3' en la figura III.II.1. Desde el desplante de la cimentación a la profundidad z_0 , tiene lugar una liberación de los esfuerzos efectivos verticales por causa del fenómeno de la fricción negativa. La parte inferior, el área sombreada de esfuerzos 2-3-4-4'-3'-2 representan un incremento en el estado inicial de esfuerzos verticales efectivos σ_{v0} , causando asentamientos del grupo de pilotes de acuerdo a:

$$\delta_c = \sum_{z_1}^d m_{v1} (\sigma_1 - \sigma_{o1}) \Delta z_1 + \sum_{d}^f m_{v1} (\sigma_1 - \sigma_{o1}) \Delta z_1 \quad (\text{III.II.2})$$

Donde:

m_{v1} = coeficiente de compresibilidad volumétrica unitario.

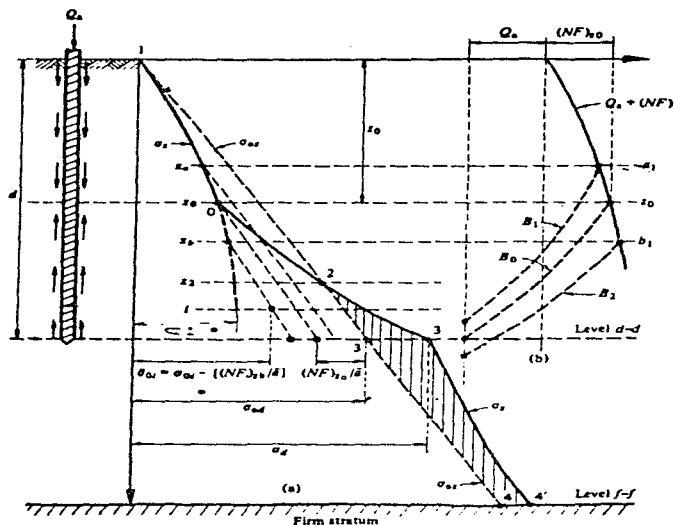


Figura III.II.1

La parte de los asentamientos δ_c causados por el incremento de esfuerzos Q_o/aa por debajo del nivel $d-d$ es expresado por el segundo término de la fórmula III.II.2.

Se estiman los cambios de esfuerzos en la masa del suelo delimitada por los pilotes mediante el cálculo de la fricción negativa y positiva necesaria para el equilibrio estático del campo de pilotes sujeto a la carga Q_o . La fricción negativa en la parte superior de uno de los

pilotes en el grupo para una profundidad de $0 < z < z_0$ se calcula con los algoritmos dados en el apéndice C que se leen como sigue:

$$\begin{aligned}\sigma_i &= A_i \sigma_{oi} - B_i \sigma_{i-1} - C_i (FN)_{i-1} \\ (FN)_i &= (\sigma_{oi} - \sigma_i) \overline{a_i} \quad (\text{III.II.3})^\circ\end{aligned}$$

Siendo la carga en el pilote:

$$Q_i = (FN)_i + Q_n \quad (\text{III.II.4})$$

La integración se realiza a partir de la superficie del suelo con condiciones de frontera:

$$FN_{i-1} = 0 \text{ y } \sigma_{i-1} = 0; \text{ a la profundidad } z_0 \text{ } (FN)_{z_0} = (\sigma_{01} - \sigma_1)_{z_0} \times n' z_0.$$

La fricción positiva en la parte inferior de los pilotes para una profundidad de $z_0 < z < d$ se calcula mediante las fórmulas:

$$\begin{aligned}\sigma_i &= \overline{A_i} \overline{\sigma_{oi}} + \overline{B_i} \sigma_{i-1} + \overline{C_i} (FP)_{i-1} \\ (FP)_i &= (\sigma_i - \overline{\sigma_{oi}}) \overline{a_i} \quad (\text{III.II.5})\end{aligned}$$

Siendo la carga en el pilote:

$$Q_i = (Q_n + (FN)_{z_0}) + (FP)_i \quad (\text{III.II.6})$$

En este caso $\overline{\sigma_{oi}}$ representa los esfuerzos iniciales obtenidos del cálculo de la fricción negativa a partir de la parte superior de los pilotes a una profundidad z_0 , mediante las fórmulas III.II.3. Los esfuerzos efectivos iniciales a ser usados en la ecuación III.II.5 (fig. III.II.1) tienen el siguiente valor:

$$\overline{\sigma_{oi}} = \sigma_{oi} - \frac{(FN)_{i_z}}{\overline{a_o}} \quad (\text{III.II.7})$$

^o Ver apéndices B y C.

La integración deberá realizarse a partir de la profundidad z_0 hacia a abajo. A la elevación $z_0 - z_0$ tendremos $\overline{\sigma_{0i-1}} = \sigma_{i-1}$ y $(FP)_{i-1} = 0$, y la carga en el pilote $Q_{z_0} = Q_0 + (FN)_{z_0}$. El valor de $(FN)_{z_0}$ es desconocido, por lo tanto, la integración de (FP) se hace para varios valores probables de $(FN)_{z_0}$ para una profundidad z_0 propuesta. Después de llevarse a cabo las integraciones se obtienen, curvas como la B para la carga en el pilote en su parte inferior (Fig. III.II.1). A partir de valores bajos y altos de z_0 y por interpolación, la intersección donde $(FN)_{z_0} + Q_0 = (Q)_{z_0}$ conduce a la profundidad real z_0 , y de esta manera obtenemos la distribución final de esfuerzos efectivos en la masa del suelo dentro del campo de pilotes. Debajo de las puntas de los pilotes, nivel d-d, el incremento de esfuerzos efectivos iniciales se debe a $\sigma_{d1} - \sigma_{d0}$ (fig. III.II.1).

Para pilotes hincados en arcilla, la fricción positiva es usualmente gobernada por el esfuerzo cortante residual de la arcilla remoldada a lo largo del fuste del pilote: $s_{0z} = 0.3$ quz, sin embargo es necesario determinar los valores mínimos del esfuerzo cortante como se vio anteriormente en las consideraciones generales. Además un hecho importante que el ingeniero en cimentaciones no debe dejar de observar en este tipo de diseño con grupos de pilotes es que éstos en su parte inferior penetrarán los depósitos de suelo compresible continuamente.

- **Caso 2:** Este caso se encuentra cuando los pilotes trabajan completamente bajo fricción positiva (FP) , soportando una parte importante de la carga total del edificio y permitiendo que la superficie del suelo tome el resto de la carga para propósitos de estabilización.

Una cimentación de este tipo puede ser económica puesto que un pequeño número de pilotes de fricción se requiere para el equilibrio, ya que los pilotes están trabajando a su capacidad de carga por fricción última. La carga total por fricción positiva $(FP)_0 = Q_{f0}$ puede ser calculada con los conceptos de esfuerzo cortante y los algoritmos dados en el apéndice C, por lo tanto:

$$\begin{aligned}\sigma_i &= \overline{A_i} \sigma_{oi} + \overline{B_i} \sigma_{i-1} + \overline{C_i} (FP)_{i-1} \\ (FP)_i &= (\sigma_i - \sigma_{oi}) \overline{a_i} \quad (\text{III.II.8})\end{aligned}$$

Siendo la carga en el pilote:

$$Q_i = Q_{f0} - (FP)_i \quad (\text{III.II.9})$$

Los valores de los coeficientes dados en las fórmulas III.II.3, III.II.5 y II.II.8 pueden ser encontrados en el apéndice C.

La integración comienza desde la superficie del suelo donde $(FP)_{i-1} = 0$ y $\sigma_{i-1} = 0$ y es llevada hasta la profundidad del nivel d-d. El esfuerzo cortante mínimo del suelo cercano al fuste del pilote deberá ser usado, de acuerdo a la filosofía establecida en las consideraciones generales para este propósito.

Este tipo de cimentación de grupos de pilotes de fricción es usada solo en caso de depósitos de suelo de tipo preconsolidado, donde el incremento de esfuerzos en el suelo por causa de la carga transferida de los pilotes al suelo (curva σ_s) sea siempre menor al esfuerzo crítico de compresión σ_{bz} . De otro modo, se generarían compresiones importantes de los depósitos de suelo localizados entre los pilotes y bajo estos (fig. III.II.2).

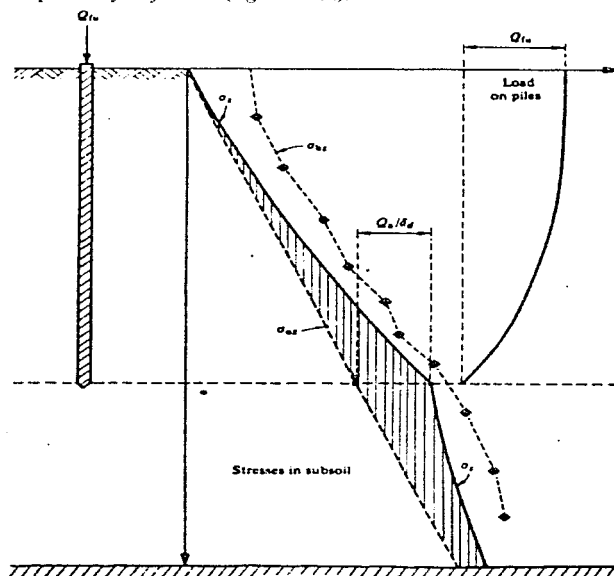


Figura III.II.2

En caso de depósitos de suelo del tipo preconsolidado donde $(\sigma_{vi} - \sigma_{oi})$ es amplio, antes de alcanzar el quiebre en la curva de compresibilidad, a partir del cual el material se vuelve mucho más compresible, es posible permitir a la superficie del suelo tomar una carga unitaria $\overline{q_a}$ adicional a la carga Q_{oi} soportada por cada pilote. Por lo tanto, una cimentación de este tipo puede soportar una carga:

$$q_a = \overline{q_a} + \frac{(FP)_d}{a} \quad (\text{III.II.11})$$

En la cual $\overline{a} = \lambda\beta$ es el área tributaria nominal de la cimentación al nivel del desplante de la cimentación y $(FP)_d = Q_{oi}$.

Para calcular el valor de $(FP)_d$ es necesario considerar primero una carga $\overline{q_a}$ aplicada en la superficie del suelo (Fig. III.II.3). La distribución de esfuerzos en el suelo se calcula haciendo uso de la teoría de la elasticidad llegando a la curva $(\overline{\sigma_{vi}})_q$ que representa el estado de esfuerzos iniciales para la integración en la fórmula III.II.8. Las condiciones de frontera de este caso son: $Z=0$, $(FP)_{i-1} = 0$ y $\sigma_{i-1} = \overline{q_a}$. La integración se sigue hasta la profundidad d , a la cual se obtiene la fricción positiva $(FP)_d$ total.

Los asentamientos de la cimentación pueden ser determinados integrando el área total de incrementos de esfuerzos, Área 1-2-3-3'-2'-1'.

$$\delta_c = \sum_0^f m_{vi} (\sigma_i - \sigma_{oi}) \Delta z_i \quad (\text{III.II.12})$$

En la cual σ_{oi} representa los esfuerzos verticales efectivos iniciales y σ_i es el esfuerzo final inducido por $\overline{q_a}$ y $(FP)_d$ en el campo de pilotes (Fig. III.II.3).

Se sabe que este tipo de cimentación incrementa considerablemente los esfuerzos verticales efectivos iniciales, produciéndose grandes asentamientos si el material es altamente compresible y de gran espesor. Más aún, en el diseño, se deberá observar que el esfuerzo final σ_i inducido en el suelo sea menor que los esfuerzos críticos σ_{ci} , buscando en todo momento mantener

la compresión de los estratos del suelo en la porción plana de la curva de compresibilidad (fig. III.II.3b). Además, en este tipo de diseño de cimentación, los pilotes de fricción no son muy eficientes, excepto cuando la compresibilidad de los estratos de suelo decrece fuertemente con la profundidad. Por otro lado, la ventaja de este tipo de cimentación es de que sigue el hundimiento de la superficie del suelo, después que el asentamiento nominal δ_c expresado por III.II.12 ha tenido lugar. Los pilotes bajo carga última de fricción penetrarán continuamente los depósitos del suelo, por lo tanto, sus puntas deberán localizarse lejos de los estratos de arena que puedan interferir con su penetración. De otro modo, algunos pilotes pueden tomar una mayor carga, produciendo reacciones desiguales e inclinaciones del edificio. Este tipo de cimentación no es recomendable, excepto en el caso de encontrar propiedades de compresibilidad favorable de los estratos del subsuelo y condiciones estratigráficas ideales.

III.III Cimentaciones compensadas con pilotes de fricción

Cuando el diseño del edificio contempla una cimentación profunda, el desplazamiento por excavación en el fondo de la misma puede resultar muy crítico, por lo tanto, los pilotes de fricción, cuando son diseñados adecuadamente, pueden ser utilizados para minimizar este problema, permitiendo economía y reduciendo las posibilidades de daño a las estructuras adyacentes; se logra también una construcción segura de la estructura de cimentación. Para alcanzar el beneficio completo de la acción de los pilotes de fricción, éstos deberán ser hincados a partir de la superficie del suelo antes de ejecutar la excavación. De esta manera la acción de la fricción del suelo contra el fuste del pilote provoca ciertas condiciones de preesfuerzo en él impidiendo en gran parte su expansión. El número de pilotes es un factor importante en el logro de las condiciones requeridas de diseño para desplazamientos permisibles y subsecuentes asentamientos. En una cimentación compensada con pilotes de fricción, **los pilotes deberán ser colocados con una distribución uniforme.**

III.III.1 Problema de desplazamientos

Los problemas del hundimiento y expansión por excavación son considerablemente reducidos debido a la presencia de los pilotes; sin embargo, pueden ser importantes en la parte superior de los depósitos del suelo, cuando el fondo de la excavación se inunda y los minerales de la arcilla absorben el agua. La parte superior del suelo se suaviza con una correspondiente reducción en su esfuerzo cortante, incrementándose la compresibilidad debido al fenómeno de hinchamiento inducido por la absorción del agua en los minerales de la arcilla. Por lo tanto, para

reducir este indeseable fenómeno, principalmente en suelos que exhiban propiedades de hinchamiento, la excavación deberá llevarse a cabo en dos etapas, minimizando de esta manera el cambio de esfuerzos verticales efectivos. La primera parte de la excavación se realiza en los depósitos superiores o en la totalidad de los materiales granulares sin alcanzar en lo posible el estrato de arcilla subyacente; mientras que la segunda parte de la excavación se realiza por substitución.

Supongamos (fig. III.III.1.1) una cimentación compensada con pilotes de fricción que requiere una excavación profunda, proyectada en dos etapas. Primero, los pilotes son hincados desde la superficie del suelo a la profundidad seleccionada, cubriendo todos los estratos altamente compresibles. Al ejecutar la excavación en dos etapas - primero a una profundidad h_1 y segundo por substitución a la profundidad h - el único alivio de esfuerzos será el producido por la excavación para la profundidad h_1 , llamado $[\Delta\sigma_{ex}]_1$. De esta manera tiene lugar una expansión por excavación la cual estará restringida por los pilotes de fricción trabajando a tensión. Como una primera aproximación, los pilotes son considerados bastante rígidos, si se comparan con las propiedades de expansión del subsuelo; esta consideración podría ser investigada posteriormente, si se tiene presente que la rigidez de los pilotes está relacionada con la expansión por excavación, ya que se produce una mayor liberación de esfuerzos a medida que crece la deformación en los pilotes.

Bajo las fuerzas de respuesta de expansión debidas a la liberación de esfuerzos por excavación $[\Delta\sigma_{ex}]_1$, la parte superior de los pilotes es empujada hacia arriba movilizandole la fricción en el fuste hasta que se alcanza un equilibrio estático a una profundidad z_1 (fig. III.III.1.1). Los esfuerzos residuales en la masa del suelo son calculados usando el procedimiento paso a paso por medio de:

$$\sigma_i = \overline{A_i} \overline{\sigma_{oi}} + \overline{B_i} \sigma_{i-1} + \overline{C_i} (FP)_{i-1}$$

$$(FP)_i = (\sigma_i - \overline{\sigma_{oi}}) \overline{a_i} \quad (\text{III.III.1.1})$$

El alivio de esfuerzos a cualquier profundidad es $\Delta\sigma_{ex} = (\sigma_{oi} - \sigma_o)$. La integración se realiza a partir del desplante de la cimentación a la elevación del nivel $h-h$, donde, para $z=0$, la fricción de un pilote en el campo es $(FP)_{i-1} = 0$ y $\overline{\sigma_{oi}} = \sigma_{oi-1} - (\Delta\sigma_{ex})_{i-1}$. Los valores de $\overline{\sigma_{oi}}$ se determinan para la profundidad z_1 , por medio de la teoría de la elasticidad. El valor de z_1 queda determinado cuando $\sigma_2 = \sigma_{o2}$ en este nivel. La carga de tensión en el pilote tiene el valor:

$$T_a = [\Delta\sigma_{ex}]_{z1} \overline{\sigma_d} \quad (\text{III.III.I.2})$$

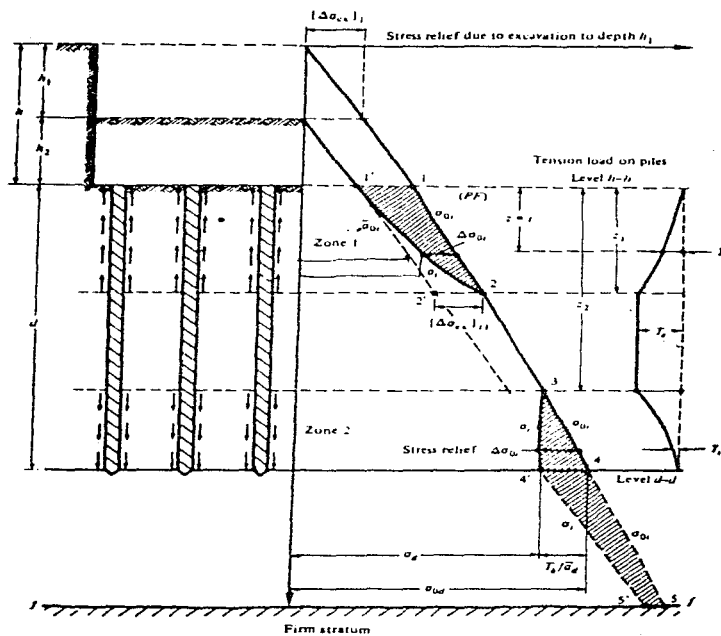


Figura III.III.I.1

En la cabeza de los pilotes $T_{z1} = 0$ y para $z = z_1$, $T_z = T_a$ (fig. III.III.I.1); en cualquier otro nivel $0 < z < z_1$, $T_z = (FP)_z$.

La fuerza de tensión T_a ha de ser balanceada en la parte inferior de los pilotes por la fricción movilizada a lo largo del fuste, desde la profundidad z_2 hasta la profundidad d . Esto produce un efecto de fricción negativa dado por:

$$\sigma_i = \overline{A_{i-1}} \sigma_{oi} + \overline{B_{i-1}} \sigma_{i-1} - \overline{C_{i-1}} (FN)_i$$

$$(FN)_{i-1} = (\sigma_{oi-1} - \sigma_{i-1}) \overline{a_{i-1}} \quad (\text{III.III.1.3})$$

Las condiciones de frontera al nivel d-d son: $(FN)_d = T_n$ y $\sigma_d = \sigma_{od} - T_n/w_d$. La integración se lleva a cabo hacia arriba hasta alcanzar la elevación z_2-z_2 , donde $(FN)_{i-1} = 0$ y $T_1 = T_n$. El alivio de esfuerzos a cualquier profundidad $z_2 < z < d$ en el subsuelo por causa de esta acción es $\Delta\sigma_i = (\sigma_{oi}-\sigma_i)$ y la tensión en el pilote es $T_i = T_n - (FN)_i$. El área de alivio de esfuerzos y el diagrama de carga se muestran en la figura III.III.1.1.

El desplazamiento total por excavación debido al alivio de esfuerzos en un subsuelo estratificado en un campo de pilotes se determina por medio de la siguiente expresión:

$$\delta_e = \sum_0^{z_1} \rho_e v_e M_{ei} (\sigma_{oi} - \sigma_i) \Delta z_i + \sum_d^{d-z_1} \rho_e v_e M_{ei} (\sigma_{oi} - \sigma_i) \Delta z_i + \sum_d^f \rho_e v_e M_{ei} (\sigma_{oi} - \sigma_i) \Delta z_i + \delta_R$$

(III.III.1.4)

El valor de v_e se usa solamente en suelos altamente estratificados, donde $v_e M_e = m_{ve}$ de otro modo se debe adoptar un valor de $v_e = 1$.

Se encuentra generalmente que el primer término en la fórmula III.III.1.4 es considerablemente mayor que los otros. Nótese que el desplazamiento por excavación se reduce considerablemente por la presencia de los pilotes, ya que en caso contrario los desplazamientos serían equivalente al área de esfuerzos $1.5-5'-1'$.

El efecto de la elongación de los pilotes debido a la respuesta elástica en la zona intermedia z_2-z_1 debe ser investigado (fig. III.III.1.D). Sea δ_e la respuesta elástica total del suelo, igual a la elongación del pilote en la misma zona. La expansión aproximada del suelo por causa del alivio adicional de esfuerzos $\Delta\sigma_p$ debido a la elongación del pilote es:

$$\delta_R = \rho_e v_e M_{ep} \Delta\sigma_{ep} (z_2 - z_1) \quad (\text{III.III.1.5})$$

Donde:

M_{ep} = módulo de deformación promedio para la respuesta elástica determinado a partir de los ciclos de histéresis en prueba de compresión no confinada.

ρ_s = factor de expansión .

La elongación del pilote en la misma zona es :

$$\delta_R = \frac{T_a}{a_p E_p} (z_2 - z_1) \quad (\text{III.III.1.6})$$

Donde a_p es la sección transversal del pilote y E_p es el módulo de elasticidad a la tensión. Igualando las expresiones III.III.1.5 y III.III.1.6 y resolviendo para el alivio de esfuerzos en el suelo, obtenemos:

$$\Delta\sigma_{ep} = \frac{T_a}{\rho_s v_c M_{sa} E_p a_p} \quad (\text{III.III.1.7})$$

Por otro lado, la variación de la fuerza de tensión en el pilote es:

$$\Delta T_a = \Delta\sigma_{ep} \bar{a} \quad (\text{III.III.1.8})$$

Substituyendo obtenemos:

$$\Delta T_a = \frac{T_a}{\rho_s v_c M_{sa} E_p} \cdot \frac{\bar{a}}{a_p} \quad (\text{III.III.1.9})$$

La expansión del suelo en la zona (z_2-z_1) es:

$$\delta_R = \frac{T_a - \Delta T_a}{a_p E_p} (z_2 - z_1) \quad (\text{III.III.1.10})$$

Para dar una idea de esta corrección, usaremos valores obtenidos en la práctica. A partir de un primer cálculo, asumiendo pilotes de concreto infinitamente rígidos, la tensión encontrada es $T_a = 36000$ kg en la zona intermedia (z_2-z_1) = 1000 cm. El área de la sección transversal de los pilotes es 1500 cm², y el módulo de elasticidad bajo tensión $E_p = 150000$ kg/cm². El factor de expansión es del orden de $\rho_s = 0.2$. Bajo condiciones de confinamiento lateral para una relación de

Poisson de $\nu = 0.35$, se obtiene un valor de $\nu_e = 0.6$. El módulo de deformación lineal del suelo en la zona $z_2 - z_1$ resulta $M_{en} = 0.02 \text{ cm}^2/\text{kg}$. El área tributaria nominal a' de un pilote en el campo es igual a 40000 cm^2 . Por lo tanto, aplicando las expresiones III.III.1.9 y III.III.1.10, se obtienen los valores siguientes: la variación de la fuerza de tensión en el pilote $\Delta T_n = 2670 \text{ kg}$, el alivio de esfuerzos en el suelo $\Delta \sigma_v = 0.067 \text{ kg/cm}^2$ y $\delta_R = 0.15 \text{ cm}$. De esta manera, para este caso en particular, se concluye que la corrección en la tensión y elongación del pilote en la zona $(z_2 - z_1)$ es insignificante para propósitos prácticos.

III.III.II Replicación de carga

Después de que la primera etapa de excavación se realizó a la profundidad h_1 , tal como se describió anteriormente, el nuevo estado de esfuerzos verticales iniciales en la masa del suelo tomando en cuenta la presencia de los pilotes de fricción, está dado por la curva 1'-2-3-4' en la figura III.III.I.1. Estos esfuerzos en lo sucesivo serán llamados $\overline{\sigma_{oh}}$. En la segunda etapa de excavación, la construcción de la estructura de cimentación y la superestructura se lleva a cabo en trincheras, por substitución de pesos. Por lo tanto, no habrá más cambios significativos en los esfuerzos del subsuelo. Los esfuerzos efectivos $(\Delta \sigma_{ve})_2$ pertenecientes a la segunda etapa de excavación a la profundidad h se presentarán gradualmente por el peso de la estructura de cimentación rígida y edificio. Ningún desplazamiento por excavación ocurre al nivel de desplante de la cimentación cuando la substitución de pesos se lleva a cabo apropiadamente. Bajo la aplicación gradual de los esfuerzos $(\Delta \sigma_{ve})_2$ por la substitución de la estructura de cimentación, los pilotes comienzan a tomar cargas por fricción positiva. La fricción del fuste actúa hacia abajo en la parte inferior de los pilotes, y produce que la tensión T_n sea revertida hasta un punto donde será cancelada, cuando la carga en los pilotes alcance el valor de $(\Delta \sigma_{ve})_1 \cdot \overline{a}$ (fig. III.III.I.1). Así los esfuerzos generados en la masa de suelo regresan a un estado inicial, lo cual está representado por las curvas 3-4-5, en la parte inferior de los pilotes. Por lo tanto este procedimiento representa el diseño de una cimentación totalmente compensada con pilotes de fricción, en la cual los pilotes y el suelo soportarán conjuntamente una carga equivalente al esfuerzo efectivo vertical encontrado a la elevación del nivel $h-h$; por lo tanto:

$$\sigma_{oh} = [\Delta_{ex}]_1 + [\Delta_{ex}]_2 \quad (\text{III.III.I.1})$$

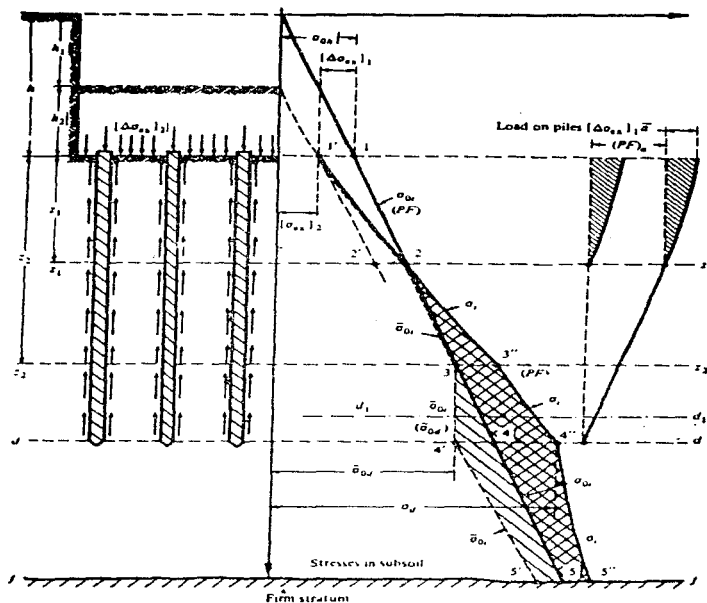


Figura III.III.II.1

El valor de $(\Delta\sigma_{\sigma\sigma})_1$ es tomado por lo pilotes de fricción, y $(\Delta\sigma_{\sigma\sigma})_2$ por el suelo entre los pilotes. Si u_h representa la subpresión del agua a la elevación de la cimentación (profundidad h), entonces la carga unitaria total que puede ser aplicada resulta:

$$q_h = \sigma_{oh} + u_h \quad (\text{III.III.II.2})$$

Los asentamientos generados por la reaplicación de la carga deberán ser sólo aquellos debidos a la recompresión del área de esfuerzos 3-4'-5'-5-4-3 (fig. III.III.II.1) y podrán ser calculados con la fórmula:

$$\delta_s = \sum_{z_2}^f \rho_c m_{vi} (\sigma_{oi} - \overline{\sigma_{oi}}) \Delta z_i \quad (\text{III.III.II.3})$$

Donde ρ_c es el factor de recompresión descrito anteriormente. Nótese que la recompresión del área de esfuerzos 1-1'-2 no se produce, ya que ésta es tomada por los pilotes bajo la acción de la fricción positiva. De esta manera, los asentamientos debidos a la recompresión de los estratos de suelo superiores de alta compresibilidad hasta una profundidad z_1 - z_1 son eliminados con este método. Por lo que la cimentación compensada con pilotes de fricción, para la misma carga, conduce a hundimientos mucho menores que una cimentación compensada sin pilotes de fricción.

Es posible hacer trabajar a los pilotes a una mayor carga, siempre que los asentamientos totales permisibles no sean alcanzados. Lo anterior es factible, cuando los depósitos de suelo inferiores son considerablemente menos compresibles que los de la parte superior y por otra parte no se rebasan los esfuerzos críticos del suelo.

Las cimentaciones compensadas son especialmente importantes en áreas donde se presenta hundimiento regional del suelo. En este caso es conveniente diseñar este dicho tipo de cimentación para evitar que ésta emerja de la superficie del suelo. Por lo tanto, los pilotes se diseñan bajo fricción positiva última, la cual es totalmente movilizada por el desplazamiento relativo entre los pilotes rígidos y el suelo en proceso de consolidación. Para una cimentación de este tipo suponemos que la fricción positiva en los pilotes se desarrolla a partir de la elevación z_1 hasta la punta, pudiéndose calcular utilizando el método paso a paso mediante las expresiones:

$$\sigma_i = \overline{A_i} \overline{\sigma_{oi}} + \overline{B_i} \sigma_{i-1} + \overline{C_i} (FP)_{i-1}$$

$$(FP)_i = (\sigma_i - \overline{\sigma_{oi}}) \overline{a_i} \quad (\text{III.III.II.4})$$

Por lo tanto, el incremento de carga última que los pilotes pueden soportar, además de la carga $\overline{a} (\Delta \sigma_{o2})_1$ se obtiene por integración hacia abajo a partir del nivel (1-1) hasta el nivel (d-d). Las condiciones de frontera al nivel $(z_1$ - $z_1)$ son $(FP)_{0-1} = (FP)_{00} = 0$, $\sigma_{1-1} = (\Delta \sigma_{o2})_2$. Los valores de $\overline{\sigma_{oi}}$ son conocidos y dados por la curva 2-3-4'-5' (fig. III.III.II.1). La integración se sigue hasta una cierta profundidad $(d_1$ - d_1), estableciendo el valor de $(\sigma_i - \overline{\sigma_{oi}})$ a partir del cual la fricción positiva total se determina mediante $(FP)_{01} = (\sigma_i - \overline{\sigma_{oi}}) \overline{a}$. Si en dicho nivel se encuentra que

$0.3q_{ui} \leq k_p \sigma_i$, entonces $\Delta(FP) = 0.3\bar{w} \sum_{d1}^d q_{ui} \Delta z_i$. Por lo tanto, la carga total que puede ser aplicada a los pilotes es:

$$Q_{fu} = \bar{a}(\Delta\sigma_{ex})_1 + FP_{d1} + 0.3\bar{w} \sum_{d1}^d q_{ui} \Delta z_i \quad (\text{III.III.II.5})$$

Siendo la carga total unitaria que la cimentación puede soportar:

$$q_h = (\Delta\sigma_{ex})_2 + \frac{Q_{fu}}{a} + u_h \quad (\text{III.III.II.6})$$

Los asentamientos que pueden ser esperados para este tipo de cimentación serán los correspondientes al área de recompresión de esfuerzos 3-4'-5'-5-4-3 y el área de compresión 2-3-4-5-5''-4''-3''-2 por lo tanto:

$$\delta_s = \sum_{z2}^f \rho_c m_{vz} (\sigma_m - \bar{\sigma}_m) \Delta z_i + \sum_{z1}^f \rho_c m_{vz} (\sigma_i - \sigma_m) \Delta z_i \quad (\text{III.III.II.7})$$

El valor de m_v se usa si los depósitos del suelo son altamente estratificados o reforzados por los pilotes; de otro modo deberá emplearse el valor de M_z .

Puede notarse que el diseño de la cimentación está basado en un criterio elastoplástico. Los pilotes trabajarán bajo equilibrio plástico, y la carga unitaria aplicada al suelo en el desplante de la cimentación representa la respuesta elástica del suelo. No obstante, el esfuerzo crítico σ_{bz} en la parte inferior de los depósitos a partir del nivel z_1-z_1 hasta el nivel $f-f$ deberán ser observados cuidadosamente para evitar grandes compresiones de los estratos del suelo. Por lo tanto, las cimentaciones compensadas con pilotes de fricción pueden ser usadas con ventaja, especialmente en depósitos preconsolidados de suelo donde la compresibilidad decrece con la profundidad, y en áreas donde el hundimiento regional tiene lugar.

Cuando se trata de depósitos sensitivos normalmente consolidados, los esfuerzos inducidos deberán permanecer iguales o menores que los esfuerzos iniciales σ_{oi} , es decir, la curva 2-3"-4"-5" deberá alcanzar como máximo la curva 1-2-3-4-5.

En el caso de cimentaciones compensadas con pilotes de fricción, la resistencia a la penetración de las puntas de los pilotes deberá tomarse en cuenta, ya que la cimentación tiene que seguir el hundimiento regional. Cuando los materiales del subsuelo bajo las puntas de los pilotes son de media a muy alta compresibilidad, la resistencia por punta resulta despreciable, no obstante, puede ser estimada mediante condiciones de flujo plástico a partir de:

$$Q_{pu} = a_p \sigma_c \quad (\text{III.III.II.8})$$

En donde σ_c es el esfuerzo de compresión crítico en estado confinado del suelo al nivel d-d y a_p es el área de la sección transversal de la punta del pilote. En caso de que el material del subsuelo sea limo, o arcilla limosa con arena fina, la resistencia por punta puede ser calculada mediante la siguiente expresión:

$$Q_{pu} = a_p (\alpha_1 (cN_c + \sigma_d N_q))(D_r + 0.1) \quad (\text{III.III.II.9})$$

Las puntas de los pilotes se diseñan para penetrar continuamente en el subsuelo forzados por el hundimiento regional y el peso del edificio. Por lo tanto, las propiedades de esfuerzo cortante deberán ser seleccionadas cuidadosamente por medio de pruebas no drenadas realizadas en cámaras triaxiales en especímenes de suelo no alterados. El espécimen de prueba se reconsolid a los esfuerzos efectivos que tenía in situ, y se ensaya bajo condiciones no drenadas. De esta prueba, el parámetro de cortante c_{cu} y ϕ_{cu} son determinados. El valor de D_r en la fórmula III.III.II.9 para la mayoría de suelos compresibles puede ser tomado del orden de 0.3.

La resistencia por punta última obtenida mediante la expresión III.III.II.9 es añadida a la fricción positiva Q_{fu} . Por lo tanto, la carga que soporta el pilote por punta y fricción positiva es:

$$Q_{tp} = Q_{fu} + Q_{pu} \quad (\text{III.III.II.10})$$

En el diagrama de esfuerzos de la figura III.III.II.1 se muestra el efecto descrito, excepto que los esfuerzos verticales entre el nivel d-d y f-f deberán ser incrementados, debido a la carga por punta de los pilotes en el nivel d-d. La distribución del incremento de esfuerzos provocado por la acción de la punta de los pilotes puede ser determinada de la teoría de la elasticidad, y deberá ser incluido en el segundo término de la fórmula III.III.II.7, cuando se calculen los asentamientos.

III.IV Momentos de volteo

Los sismos y fuerzas de viento de gran intensidad causan en la estructura de cimentación momentos de volteo, incrementando las reacciones a una magnitud necesaria para garantizar un equilibrio estático. Para estimar sus efectos en una cimentación compensada con pilotes de fricción, se considerará la siguiente filosofía: al trabajar los pilotes bajo carga última por fricción positiva, estos no son capaces de admitir incrementos de carga. Por lo tanto, los incrementos inducidos por los momentos de volteo son tomados por reacción del suelo contra la losa de cimentación, como si los pilotes no estuvieran presentes. La rotación de la estructura de la cimentación y la probable inclinación permanente del edificio, originada por el momento de volteo, se calculan por los métodos ya conocidos para cimentaciones compensadas sin pilotes. En el caso de cimentaciones con pilotes de fricción, los esfuerzos de contacto del suelo son usualmente pequeños y permanecen bajo condiciones de respuesta elástica. Por lo tanto deberán tener un comportamiento más favorable bajo fuerzas no balanceadas en comparación con las cimentaciones compensadas sin pilotes de fricción. Más aún, bajo cargas transitorias producidas por sismos, los pilotes ofrecerán resistencia, y por lo tanto el procedimiento recomendado para investigar el comportamiento de la cimentación bajo momentos de volteo resulta conservador.

III.V Momentos flexionantes y cortante

El cálculo de la estabilidad de la estructura de cimentación con las cargas de las columnas, suelo y reacción de los pilotes se realiza de manera que la carga en los pilotes se considera que no cambia con las deflexiones de la estructura de cimentación, ya que los pilotes de fricción trabajan bajo condiciones plásticas. La parte correspondiente a la reacción del suelo en contra de la estructura rígida de cimentación deberá ser investigada usando el método de módulo de cimentación.

En el diseño estructural de cimentaciones, deberá ser considerado que los pilotes no alcanzan exactamente la misma carga plástica. Los valores límite deberán ser establecidos a partir de la variación de las propiedades del esfuerzo cortante a ser esperadas en los depósitos de suelo para la profundidad a la que los pilotes se encuentran embebidos y en el área en que son hincados. En la práctica es común hallar una variación del orden de $\pm 20\%$ en un subsuelo uniformemente estratificado, como sedimentos lacustres compresibles y sedimentos marinos que se extienden a gran profundidad. En general, las variaciones en la carga plástica de los pilotes tiene pequeñas influencias cuando la cimentación se diseña con una gran rigidez y el desplante se encuentra a relativa profundidad, como es el caso de la cimentaciones compensadas y cuando las condiciones estratigráficas en el área cubierta por los pilotes puede ser asumida uniforme. La uniformidad del subsuelo deberá ser investigada por medio de pruebas de penetración con cono, relacionando estos resultados con muestras no alteradas que permitan determinar las características mecánicas de los sedimentos del suelo. Variaciones importantes en las condiciones del subsuelo pueden producir capacidades de cargas no descendas en los pilotes, induciendo inclinaciones del edificio que pueden ser investigadas y evaluadas tomando en consideración la relación peso del edificio-ancho de cimentación.

CAPITULO IV

PROGRAMACION DEL METODO

La programación del método se desarrolló para ser una aplicación de Windows, en específico una aplicación para la versión 3.11(sin embargo, puede ser utilizado en versiones posteriores como la versión 95 de Windows), debido a que la utilización y conocimiento del ambiente Windows se ha vuelto de lo más cotidiano y necesario actualmente en el uso de computadoras. Para lograr lo anterior se programó el método en Visual Basic versión 3, que es un entorno de programación para el desarrollo de aplicaciones para Windows, de manera que se aprovechará la interfaz gráfica amigable que proporciona Windows.

Los programas en los lenguajes de programación convencionales se ejecutan de arriba abajo. En los antiguos lenguajes la ejecución comienza en la primera línea y se desplaza con el flujo del programa a las distintas partes según se necesite. Un programa en Visual Basic funcionan de modo diferente. El núcleo de un programa en Visual Basic es un conjunto de diferentes partes de código que son activadas por, y que solamente responden, a los sucesos que se les ha indicado que reconozcan, de manera que el usuario tiene un gran control en la utilización del programa. La mayor parte del código de programación en Visual Basic indica al programa el modo de responder a determinados sucesos, como el clic del ratón, en lo que en Visual Basic se denomina procedimientos de suceso.

A continuación se ve un resumen de los pasos a seguir para diseñar una aplicación en Visual Basic:

- 1° Personalizar la ventana que utiliza el usuario.
- 2° Decidir los sucesos que deben reconocer los controles en la ventana.
- 3° Escribir los procedimientos de sucesos para los sucesos que debe reconocer el programa.
- 4° Escribir cualquier procedimiento que necesiten los procedimientos de suceso para realizar su labor.

Esto es lo que pasa cuando se ejecuta la aplicación:

1. Visual Basic supervisa las ventanas y los controles de cada ventana para todos los sucesos que cada control puede reconocer (movimientos de ratón, clics, pulsaciones de teclas y demás).
2. Cuando Visual Basic reconoce un suceso, examina la aplicación para comprobar si se ha escrito un procedimiento para ese suceso.
3. Si se ha escrito un procedimiento de suceso, Visual Basic ejecuta el código del procedimiento y vuelve al paso número 1.
4. Si no hay escrito un procedimiento de suceso, Visual Basic espera al siguiente suceso y vuelve al paso número 1.

Este proceso se repite continuamente hasta que se finaliza la aplicación. Normalmente un suceso debe ocurrir para que Visual Basic haga algo. Los programas controlados por sucesos son más reactivos que activos, lo que hace que sean amigables con el usuario.

IV.1 Consideraciones hechas para la programación del método

Para describir las consideraciones hechas para la programación del método propuesto por Zeevaert para la determinación de los esfuerzos verticales finales en cimentaciones compensadas con pilotes de fricción (programa denominado Avalon), se presentarán a continuación los pasos a seguir, necesarios para su análisis mediante el uso del programa, explicándose en cada paso lo que se debe de realizar, las acciones que lleva a cabo el programa y las consideraciones hechas para la realización de dichas acciones.

Para iniciar el programa se debe hacer un doble clic sobre el icono denominado Avalon del grupo de programas Zeevaert. Una vez hecho esto, para la determinación de los esfuerzos finales en una cimentación compensada con pilotes de fricción, se deben de seguir los siguientes pasos:

1.- Del menú *Datos*, se selecciona *Estratigrafía*, después de lo cual se deberá especificar el número de estratos y el número de piezómetros con que se cuenta en el perfil estratigráfico a analizar. Aparecen dos tablas a llenar, una correspondiente a las características de los estratos (número de identificación de estrato, profundidad de inicio del estrato, profundidad del final del estrato, peso volumétrico del estrato, ángulo de fricción del estrato y el valor de q_u del estrato; respectivamente) y otra correspondiente a las características de los piezómetros (identificación del piezómetro, profundidad del piezómetro y la carga correspondiente a dicha profundidad). Para desplazarse dentro de las tablas se puede hacer de dos formas: la primera

utilizando las teclas flecha arriba, abajo, a la derecha y a la izquierda. Para desplazarse de una tabla a otra se utiliza la tecla TAB. O la segunda con el puntero del ratón haciendo clic en donde se desea escribir. Una vez insertados los datos se deberá presionar el botón *Aceptar*, apareciendo inmediatamente un cuadro en donde se deberá especificar la profundidad del Nivel de aguas freáticas. Una vez introducido dicho valor se regresará a la pantalla principal.

Acciones que lleva a cabo el programa:

- Al introducir las características correspondientes al perfil estratigráfico analizado, el programa asigna dichas características a variables que pueden ser accedidas en todo momento para cálculos posteriores.

Consideraciones:

- En la parte de la introducción de datos correspondientes al perfil estratigráfico no se realizó ninguna consideración.

2.- Del menú *Datos* se selecciona *Consideraciones para pilotes*, apareciendo un cuadro en donde se deberán especificar las consideraciones para cálculos posteriores principalmente para la determinación de áreas tributarias^o (el número de pilotes de que consta la cimentación, el tipo de distribución de los pilotes, radio físico de los pilotes, el número de caso para el cálculo de las áreas tributarias^o y el valor de la profundidad. He si se utiliza el caso 3 para el cálculo de áreas tributarias). Para moverse en las cajas para la entrada de datos se puede utilizar el ratón haciendo clic en el lugar donde se quiera escribir o también se puede utilizar la tecla TAB, se recomienda utilizar esta última, puesto que con dicha tecla se puede ir trasladando el cursor de manera ordenada a través del cuadro. Una vez introducida la información se deberá presionar el botón *aceptar*, después de lo cual aparecerán cuadros en donde se solicitarán las dimensiones de la retícula de pilotes ya sea para una colocación uniforme(en donde solo se pregunta el número de pilotes en la dirección X y Y, así como el espaciamiento en dichas direcciones) o no uniforme(en donde se pregunta la ubicación de cada pilote uno por uno). Regresando a la pantalla principal al finalizar.

^o Ver apéndice B.

Acciones que lleva a cabo el programa:

- Al igual que el paso # 1, los valores correspondientes a las consideraciones relativas a los pilotes, se asignan a variables que pueden ser utilizadas más adelante para cálculos posteriores, como la determinación de áreas tributarias.

Consideraciones :

- Se define al lado corto de la cimentación a el eje X y al lado largo al eje Y.

3.- Del menú de *Datos* se selecciona *Distribución de esfuerzos*, presentándose un cuadro en el que se solicitan las consideraciones para la distribución de esfuerzos a partir de la punta de los pilotes, para lo cual; primero se deben de dar los siguientes datos: largo de la cimentación a nivel superficial, ancho de la cimentación a nivel superficial y la profundidad a la que llegan los pilotes; después de lo cual se deberá presionar el botón *Determinar* para que en las cajas paralelas a las correspondientes al largo y ancho de la cimentación ubicadas bajo el título de *Real*, aparezcan los valores correspondientes al área de influencia de la cimentación al nivel de las puntas de los pilotes, debido al incremento del área de la cimentación a nivel superficial por el crecimiento de dicha área con la profundidad según los algoritmos dados en el apéndice B, para pilotes de esquina y laterales. Lo anterior es posible determinarlo solo para el caso de que se trate de una cimentación con una distribución uniforme de pilotes, en caso contrario se deberán proporcionar los valores que se desee considerar al nivel de la punta de los pilotes para calcular la distribución de esfuerzos a partir de dicho nivel hacia abajo, en las cajas correspondientes a los valores bajo el título *Superficial*. Después se deberá indicar el valor de χ para el caso que se presente para la distribución de esfuerzos de acuerdo a la solución de Zeevaert⁹. Presionando el botón de *Aceptar* al terminar de introducir los valores. En este caso también es recomendable el moverse a través del cuadro mediante el uso de la tecla TAB, aunque también es posible el uso del ratón.

Acciones que lleva a cabo el programa:

- En caso de tratarse de una cimentación con una distribución uniforme de pilotes, con los valores del largo y ancho de la cimentación a nivel superficial, la profundidad a la que llegan los pilotes y las consideraciones hechas para la retícula de pilotes antes introducidas, se determinan los valores de las áreas tributarias correspondientes a un pilote de esquina, uno del lado corto y uno del lado largo, a la profundidad a la que llegan los pilotes a partir de las fórmulas que se presentan en el apéndice B. Con dichos valores se determina el incremento del

⁹ Ver apéndice D.

área de la cimentación al nivel de las puntas de los pilotes, ya que con la profundidad el área de influencia va creciendo, presentándose los valores de un largo y ancho(bajo el título *Real*) correspondientes al área de influencia real de la cimentación a nivel de la punta de los pilotes, conservando la relación ancho-largo que se tiene al nivel de desplante de la cimentación.

- En caso de tratarse de una cimentación con una distribución no uniforme de los pilotes, el programa tomará a las dimensiones proporcionadas debajo del título *Superficial* como el ancho y largo del área de influencia al nivel de las puntas de los pilotes.
- El valor de χ proporcionado se asignará a una variable para ser utilizado en todas las distribuciones de esfuerzos que se lleven a cabo.

Consideraciones:

- Se considera el incremento del área de influencia de la cimentación con la profundidad, determinando dicho incremento mediante la programación de las fórmulas proporcionadas en el apéndice B.
- Se considera además que el valor de χ que define la distribución de esfuerzos mediante la solución de Zeevaert, define a todas las distribuciones de esfuerzo a realizarse en el análisis.

4.- Del menú *Correr* se elige *Tensión(Etapa constructiva)*, apareciendo cuadros solicitando los valores de: la profundidad de la primera etapa de excavación, la profundidad de desplante de la cimentación y la profundidad a la que llegan los pilotes, después de lo cual presenta un cuadro con los valores de $\Delta\sigma_{exc1}$ y $\Delta\sigma_{exc2}$, debidos a las profundidades de la primera etapa de excavación y la profundidad de desplante de la cimentación, así como una gráfica donde se presentan los esfuerzos iniciales antes del hincado de los pilotes (en color azul), y los esfuerzos finales (en color verde), debidos a la tensión a la cual se ven sometidos los pilotes por parte del suelo, al tratar éste último de expandirse al realizarse la primera etapa de la excavación, una vez que se hincaron los pilotes. En la parte inferior de la gráfica se solicita el valor de z_1 , el cual puede ser leído de la gráfica, correspondiente al punto en el que los diagramas inicial y final de esfuerzos se cruzan, una vez introducido dicho valor se deberá presionar el botón *Calcular*, con el cual se presentará el valor de la fuerza de tensión a la cual se ven sometidos los pilotes. Finalmente se presionará el botón *Aceptar*, de manera que se regresará a la pantalla principal.

Acciones que lleva a cabo el programa:

- **Primero** recaba los valores correspondientes a: la profundidad de la primera etapa de excavación, la profundidad de desplante de la cimentación y la profundidad a la que llegan los pilotes. Asignándolos a variables que pueden ser accedidas posteriormente para la realización de cálculos.
- **Se determinan** los valores del esfuerzo efectivo en el perfil estratigráfico (3 puntos por estrato), así como al nivel del desplante de la cimentación y al nivel de las puntas de los pilotes, utilizando las características del perfil estratigráfico.
- **Se determinan** los valores de áreas tributarias para un pilote de esquina, uno de centro, uno correspondiente al lado largo y otro al lado corto, para diferentes profundidades(en los mismo puntos donde se determinó el esfuerzo efectivo a lo largo de los pilotes) y a la profundidad de las puntas de los pilotes, asignándose a variables que pueden ser utilizadas posteriormente.
- **Se calculan** los valores de $\Delta\sigma_{\text{total}}$ y $\Delta\sigma_{\text{exez}}$, asignándose a variables para su uso posterior.
- **Se presentan** los valores calculados de $\Delta\sigma_{\text{total}}$ y $\Delta\sigma_{\text{exez}}$ en un cuadro.
- **Se determinan** los valores de fricción positiva ocasionada por el suelo al tratar de expandirse, para un pilote de esquina, uno de centro, uno correspondiente al lado largo y otro al lado corto, para las mismas profundidades de los puntos para los cuales se determinaron los esfuerzos efectivos en el perfil estratigráfico, utilizando los algoritmos correspondientes a la determinación de la fricción positiva, realizando la integración de la cabeza de los pilotes hacia abajo(Capítulo III.III.D), con los valores de las áreas tributarias y esfuerzos efectivos antes determinados.
- **Con los valores** de la fricción positiva de los pilotes de centro, esquina, lado largo y corto, se grafican los esfuerzos generados por dicha fricción, presentándose en forma gráfica.
- **Finalmente**, con el valor de z_1 proporcionado se lleva a cabo la determinación de la fricción positiva para un pilote de centro, uno de esquina, uno correspondiente al lado largo y otro al lado corto, para la profundidad z_1 , a partir de la cabeza de los pilotes, es decir, la profundidad de desplante de la cimentación, utilizando las mismas fórmulas. Con dichos valores se determina la fuerza de tensión(fricción positiva) total a la cual la cimentación se encuentra sometida durante la etapa constructiva.

Consideraciones:

- **Para la determinación** de los esfuerzos efectivos del subsuelo se dividió la longitud de cada estrato en tres partes iguales, determinándose para cada punto dicho esfuerzo.

- Para la determinación de las áreas tributarias, se empalmaron los mismos puntos utilizados para el cálculo del esfuerzo efectivo a lo largo de los pilotes hasta llegar a la punta de éstos, utilizándose estos mismos puntos para la determinación de la fricción positiva en los pilotes.
- Para el cálculo de $\Delta\sigma_{\text{ext}}$ y $\Delta\sigma_{\text{ext}}$ se consideró que: $\Delta\sigma_{\text{ext}}$ es igual al valor del esfuerzo efectivo a la profundidad de la primera etapa de excavación y que $\Delta\sigma_{\text{ext}}$ es igual al valor del esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación menos el valor de $\Delta\sigma_{\text{ext}}$ por su factor de influencia(valor correspondiente debido a la distribución del esfuerzo $\Delta\sigma_{\text{ext}}$ con la profundidad).
- Se determinaron valores de áreas tributarias y fricción positiva para un pilote de centro, uno de esquina, uno correspondiente a lado corto y otro al lado largo, para que a partir de dichos valores, se determine el valor de la fricción positiva total a la cual se encontraban sometidos todos los pilotes (la cimentación), multiplicando el número de pilotes de esquina por su valor correspondiente, lo mismo con los de centro, los de lado largo y los de lado corto, ya fuera fricción positiva o área tributaria, para determinar dichas magnitudes a nivel cimentación.
- Para la determinación de la fricción positiva de los pilotes(de esquina, centro, lado largo y lado corto), en los algoritmos se utilizaron como esfuerzos iniciales los correspondientes a la diferencia de los esfuerzos efectivos del perfil estratigráfico inalterado, menos el valor de $\Delta\sigma_{\text{ext}}$ distribuido mediante las ecuaciones dadas por Zeevaert con el valor de γ adecuado, a partir de la profundidad de la primera etapa de excavación hasta la profundidad requerida.
- La determinación y graficación de los esfuerzos finales debidos a la expansión del suelo después de realizarse la 1ª etapa de excavación, se realizó sumando al valor del esfuerzo inicial utilizado en la determinación de la fricción positiva antes mencionada, el valor de la fricción positiva desarrollada por la cimentación(todos los pilotes de la cimentación), entre el área tributaria del nivel correspondiente(multiplicando el número de pilotes de esquina, de centro, de lado largo y de lado corto, por sus valores correspondientes), verificando que, en el caso de que el área tributaria a dicho nivel(debida a la suma de todos los pilotes) fuera menor que la correspondiente al nivel de desplante de la cabeza de los pilotes, se utilizará esta última como el área tributaria a dicha profundidad.
- La fuerza de tensión se considera igual al valor de la fricción positiva desarrollada para la profundidad z_1 , calculada de la misma forma que para la determinación de los esfuerzos finales en la cimentación durante la etapa constructiva.

5.- Del menú *Correr* se elige *Distribución de esfuerzos cortantes*, presentándose un cuadro solicitando el valor de la carga que estará actuando en el suelo al nivel de desplante de la cimentación durante la vida útil de ésta, apareciendo posteriormente una gráfica en la que se

muestra la distribución del esfuerzo cortante en el perfil estratigráfico en estudio, de acuerdo a las consideraciones generales del método propuesto por Zeevaert (Capítulo III.D), de color azul $k_s \sigma_{oi}$ y de color verde $0.3 q_u$. Esta gráfica tiene el objeto de determinar la profundidad a la cual rige el $0.3 q_u$ en la determinación de la fricción positiva cumpliéndose que: $0.3 q_u < k_s \sigma_{oi}$. Presionando el botón *Aceptar* se regresa a la pantalla principal.

Acciones que lleva a cabo el programa:

- Primeramente recaba el valor de la carga que actuará en el suelo al nivel de desplante de la cimentación durante la vida útil de ésta.
- Con el valor de la carga en el suelo determina $\Delta \sigma_{excl}$ a ser utilizado en los cálculos para la determinación de σ_{oi} .
- Con las características proporcionadas del perfil estratigráfico, el valor de la carga en el suelo y el valor calculado de $\Delta \sigma_{excl}$, determina los valores de $0.3 q_u$ y $k_s \sigma_{oi}$, donde $k_s \sigma_{oi}$ se encuentra definido por el ángulo de fricción interna residual y los valores de σ_{oi} correspondientes (ver apéndice C).
- Finalmente, presentan gráficamente los resultados.

Consideraciones:

- Con el valor de la carga que actuará en el suelo (durante la vida útil de la cimentación) se determina el valor de $\Delta \sigma_{excl}$, como la resta del esfuerzo efectivo del suelo inalterado al nivel del desplante del cajón menos el valor de la descarga. Lo anterior parte de que el cálculo de la capacidad de la cimentación corresponde a una etapa completamente distinta a la correspondiente para el cálculo de la tensión durante la etapa constructiva, por lo que para el cálculo de la capacidad de la cimentación se adopta un valor de $\Delta \sigma_{excl}$ (carga que se transmite al suelo) con el cual el esfuerzo $\Delta \sigma_{excl}$ queda definido como la resta del esfuerzo efectivo del suelo inalterado al nivel del desplante de la cimentación menos el valor de la descarga.
- El valor de σ_{oi} es el correspondiente a la resta del esfuerzo efectivo anteriormente determinado para el perfil estratigráfico inalterado menos el valor correspondiente de $\Delta \sigma_{excl}$, distribuido mediante las ecuaciones dadas por Zeevaert con el valor de γ especificado en las consideraciones para la distribución de esfuerzos a partir del desplante de la cimentación a la profundidad en estudio.
- Para la graficación se conservaron los puntos resultado de la partición de cada uno del estratos en tres partes iguales.

6.- Del menú *Correr* se elige *Capacidad de la cimentación(Largo plazo)*. Apareciendo el valor de z_1 y el valor de la fuerza de tensión a la que se encontró sometida la cimentación después de la 1ª etapa de excavación, solicitándose el valor de la carga en el suelo durante la vida útil de la cimentación a nivel de desplante del cajón de la cimentación y el valor de la profundidad a la cual rige el 0.3 de q_u para la determinación de la fricción positiva. Una vez dado dicho valor se presionará el botón *Determinar*, apareciendo los valores calculados de $\Delta\sigma_{xc1}$ y el de $\Delta\sigma_{xc2}$ a partir de la carga en el suelo, utilizados para la determinación de la fricción positiva total desarrollada por la cimentación a partir de la profundidad de desplante del cajón de la cimentación hasta la punta de los pilotes, apareciendo también el valor de la fricción positiva total calculada, después de lo cual presionando el botón *Graficar*, se presentan unos cuadros solicitando el valor del esfuerzo crítico correspondiente a la mitad de cada estrato, presentando posteriormente la gráfica con los esfuerzos iniciales de color azul, de color rojo los esfuerzos finales y de color verde claro la unión de los valores del esfuerzo crítico correspondientes a la mitad de cada estrato. Para imprimir la gráfica de esfuerzos se presiona el botón *Imprimir* ubicado en la parte inferior de la gráfica. En este punto se puede cambiar la estratigrafía, las consideraciones para los pilotes, para la distribución de esfuerzos, determinar nuevamente los valores de z_1 y la tensión a la cual se encuentran sometidos los pilotes durante la etapa constructiva, así como el valor de la sobrecarga en el suelo que actuará durante la vida útil de la cimentación y la profundidad a la cual rige 0.3 q_u para la determinación de la fricción positiva(capacidad de la cimentación), también es posible consultar la gráfica de la distribución del esfuerzo cortante, mediante la elección del menú correspondiente de manera independiente, por lo que si sólo se desea cambiar las características del perfil estratigráfico es factible realizarlo e inmediatamente volver a determinar el valor de la fricción positiva desarrollada en los pilotes.

Acciones que lleva a cabo el programa:

- Asigna el valor de la carga en el suelo que actuará durante la vida útil de la cimentación en una variable para su uso posterior.
- Asigna el valor de la profundidad a la cual rige 0.3 q_u para la determinación de la fricción positiva a una variable para su uso posterior.
- Asigna el valor de la carga en el suelo como $\Delta\sigma_{xc2}$ y determina el valor de $\Delta\sigma_{xc1}$, presentando dichos valores.
- Determina el valor de la fuerza de fricción positiva para un pilote de centro, uno de esquina, uno del lado largo y otro del lado corto, a diferentes profundidades, a partir del nivel de desplante de la cimentación, permitiendo evaluar la fricción positiva del campo de pilotes mediante la multiplicación del número de pilotes de esquina, los de centro, los del lado largo y

del lado corto por sus valores correspondientes, utilizando los algoritmos propuestos por Zeevaert, así como tomando en cuenta la profundidad a la cual rige $0.3 q_u$ para que a partir de dicha profundidad la fricción positiva se calcule con un esfuerzo cortante correspondiente a $0.3 q_u$ de cada estrato.

- Determina y grafica a partir de la fricción positiva resultante para varias profundidades a lo largo del fuste de los pilotes los valores de los esfuerzos finales generados por la cimentación.
- En caso de solicitarlo imprime la gráfica de esfuerzos finales, junto con los esfuerzos del perfil estratigráfico inalterado y los esfuerzos iniciales determinados para el cálculo de la fricción positiva total.

Consideraciones:

- Se utilizan los valores determinados con anterioridad correspondientes a las áreas tributarias de los pilotes y los esfuerzos efectivos del perfil estratigráfico inalterado, para los puntos antes definidos, puesto que se mantiene el empalme con los pilotes.
- Se determina el valor de $\Delta\sigma_{exc1}$ como la resta del esfuerzo efectivo del suelo inalterado al nivel de desplante de la cimentación menos el valor de la descarga en el suelo que actuará durante la vida útil de la cimentación. Puesto que en lo referente a las condiciones de frontera para la determinación de la fricción positiva desarrollada por los pilotes, son completamente diferentes a las utilizadas durante la etapa constructiva, ya que la determinación de la capacidad de la cimentación parte de condiciones que el suelo presentará a largo plazo una vez construida la estructura.
- Se calculan nuevamente los valores de fricción positiva con los algoritmos y el valor del esfuerzo cortante que rige según la profundidad en la que se encuentre el cálculo ($k_0\sigma_{oi}$ o $0.3 q_u$), para un pilote de esquina, uno de centro, uno del lado corto y uno del lado largo, para diferentes profundidades, desde el nivel de desplante de la cimentación a la punta de los pilotes. Para determinar el valor de la fricción positiva desarrollada por la cimentación mediante la multiplicación del número de pilotes de esquina, los de centro, los del lado largo y los del lado corto por sus valores correspondientes.
- Para la determinación de la fricción positiva en los pilotes mediante el uso de los algoritmos (Capítulo III, III.11) los esfuerzos iniciales utilizados en dichos algoritmos son los obtenidos de la resta de los esfuerzos efectivos del perfil estratigráfico inalterado, menos el valor de $\Delta\sigma_{exc1}$ calculado, distribuido mediante las ecuaciones dadas por Zeevaert con el valor de χ especificado en las consideraciones para la distribución de esfuerzos, a partir de la profundidad de desplante de la excavación hasta la profundidad correspondiente.

- Los valores de los esfuerzos finales para diferentes profundidades se obtuvieron como la suma del valor del esfuerzo inicial utilizado en la determinación de la fricción positiva antes mencionada, más el valor de la fricción positiva a nivel cimentación entre el área tributaria a nivel cimentación(multiplicando el número de pilotes de esquina, los de centro, los del lado largo y los del lado corto por sus valores correspondientes), verificando que, en el caso de que el área tributaria a nivel de cimentación(debida a la suma de todos los pilotes) fuera menor que la correspondiente al nivel de desplante de la cimentación, se utilizará esta última como la correspondiente al área tributaria a dicha profundidad.

Seleccionando de la pantalla principal *Acerea de*. Se presenta un cuadro con información referente a la realización del programa. Para salir del programa se debe seleccionar del menú *Archivo* la opción *Salir*.

IV.II Consideraciones hechas para la realización de los programas de los casos I y II para pilotes de fricción

Además de programar el método para la determinación de esfuerzos finales en cimentaciones compensadas con pilotes de fricción(Capítulo III.III), programa denominado Avalon, se programaron también los dos casos analizados por Zeevaert para la determinación de esfuerzos finales en cimentaciones con pilotes de fricción, diseñados para trabajar bajo la acción de fricción negativa y positiva en un caso y únicamente a fricción positiva en otro (Avalon I y Avalon II respectivamente).

La principal consideración hecha para la programación de los algoritmos fue que todos los valores determinados en ambos programas son para un pilote de la cimentación, el cual es definido al introducir las consideraciones para los pilotes, de manera que los esfuerzos finales son los correspondientes a un pilote de la cimentación en estudio, y no los correspondientes a toda la cimentación. De manera que en lo único en que participa la cimentación completa en los programas es en la determinación de las áreas tributarias(influencia del resto de los pilotes en el pilote en estudio).

De manera análoga al programa Avalon, los programas Avalon I y Avalon II, cuentan con los mismos menús y su funcionamiento se apeg a lo visto en el Capítulo III.II. Por lo que solo se explicara de manera general la manera como funcionan.

El programa Avalon I, determina los valores de la fricción positiva y la fricción negativa para un pilote de una cimentación sometido a una carga Q_a y con una profundidad del eje neutro dada, ambos valores propuestos por el usuario, así como la graficación de los esfuerzos finales correspondientes.

El programa Avalon II, determina la carga última aplicable a un pilote de una cimentación, trabajando a fricción positiva última(eje neutro al nivel del suelo) con una sobrecarga q_a aplicada al suelo alrededor del pilote, así como la graficación de los esfuerzos finales correspondientes.

IV.III Instalación de los programas

El disco de instalación contiene 3 archivos ejecutables (correspondientes a los programas con la extensión .EXE), un archivo de biblioteca de enlaces dinámicos(extensión .DLL) y dos archivos correspondientes a los controles especializados utilizados por los programas(extensión .VBX).

Para la instalación de los programas, siga los siguientes pasos:

1. En el entorno Windows, coloque el disco en la unidad correspondiente, por ejemplo la unidad A.
2. Abra el administrador de archivos y seleccione *Crear directorio* del menú de *Archivo* y teclee *Zeevaert* como nombre para dicho directorio.
3. Copie los archivos con extensión .EXE en el directorio antes creado(*Zeevaert*).
4. Copie los archivos restantes en el subdirectorio *System* del directorio *Windows*(los archivos con la extensión: .DLL y .VBX). En caso de que ya existan alguno de los archivos en el subdirectorio *System* del directorio *Windows* es recomendable ver cual archivo es el más reciente, si el que ya existe o el que contiene el disco, prefiriendo dejar el más reciente. La creación del directorio *Zeevaert* y la copia de los archivos al directorio *Zeevaert* y al subdirectorio *System* del directorio *Windows* puede ser realizado desde *DOS*.
5. Activar la pantalla del Administrador de programas y seleccione *Nuevo* del menú *archivo*.
6. Dentro del menú, *nuevo* seleccione *nuevo grupo de programas* y escriba en el cuadro de descripción *Zeevaert* y seleccione *aceptar*.

7. Vuelva a seleccionar *Nuevo* del menú *Archivo* del Administrador de programas y seleccione del menú *Nuevo Elemento de programa*. Teclee en el cuadro de descripción *Avalon I*, en el cuadro de Línea de comando: *C:\Zeevaert\Avalon1.EXE*, y presione aceptar.
8. Vuelva a seleccionar *Nuevo* del menú *Archivo* del Administrador de programas y seleccione del menú *nuevo Elemento de programa*. Teclee en el cuadro de descripción *Avalon II*, en el cuadro de Línea de comando: *C:\Zeevaert\Avalon2.EXE*, y presione aceptar.
9. Vuelva a seleccionar *Nuevo* del menú *Archivo* del Administrador de programas y seleccione del menú *nuevo Elemento de programa*. Teclee en el cuadro de descripción *Avalon*, en el cuadro de Línea de comando: *C:\Zeevaert\Avalon.EXE*, y presione aceptar.
10. Para iniciar cualquiera de los programas haga doble clic sobre el icono correspondiente.

Las anteriores instrucciones de instalación se encuentran referidas a Windows para trabajo en grupo (versión 3.11), pero si se desea utilizar los programas sin instalarlos, basta con ejecutar directamente los archivos correspondientes al programa que se desee correr (*Avalon.EXE*, *Avalon1.EXE* o *Avalon2.EXE*) desde el ambiente Windows (versión 3.11 o posterior como Windows 95).

CAPITULO V

COMPARACION DEL METODO

Se hará una comparación del método de Zeevaert para el cálculo de los esfuerzos finales en cimentaciones compensadas con pilotes de fricción, con el método propuesto por José Luis León y Daniel Reséndiz, del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. "Cálculo de asentamientos de cimentaciones sobre pilotes de fricción". Mediante la determinación de los asentamientos a partir del cambio de esfuerzos calculados con cada método.

V.I Datos

- Una cimentación de 147 pilotes de 36 m de longitud, en un área rectangular de 24.5 m de ancho por 73.5 m de largo.
- La distribución de los pilotes es uniforme, constando de 7 pilotes en la dirección corta a cada 3.5 m y 21 pilotes en la dirección larga a cada 3.5 m.
- La profundidad del nivel de aguas freáticas es de 1.5 m.
- El ángulo de fricción interna se considerará como constante e igual a 26° a lo largo del perfil estratigráfico.
- El radio de los pilotes es de 20 cm.

A continuación se presentan las características del perfil estratigráfico.

Estrato	Profundidad (m)	Espesor (m)	γ (Ton/m ³)	q_u (Ton/m ²)
1	0.0-6.7	6.7	1.35	5.5
2	6.7-11.8	5.1	1.15	1.5
3	11.8-15.0	3.2	1.42	2.5
4	15.0-19.0	4.0	1.15	2.9
5	19.0-24.0	5.0	1.25	2.4
6	24.0-29.3	5.3	1.18	2.5
7	29.3-31.0	1.7	1.25	3.9
8	31.0-36.0	5.0	1.15	3.9
9	36.0-39.0	3.0	1.64	4.3
10	39.0-42.0	3.0	1.25	5
11	42.0-43.7	1.7	2.08	5.3
12	43.7-49.0	5.3	1.42	5.5
13	49.0-50.0	1.0	1.71	5.9

V.II Determinación del cambio de esfuerzos verticales mediante el método del Instituto de Ingeniería

Para la determinación del cambio de esfuerzos se seguirán los siguientes pasos:

- Primero se dividirá en tramos a cada pilote tratando de conservar la estratificación del suelo a lo largo de cada pilote y siendo iguales para el total de pilotes de la cimentación
- En seguida se determinarán los cambios de esfuerzos verticales para puntos ubicados al centro de cada estrato, tanto abajo como arriba de cada carga mediante la solución de Boussinesq.
- Después de lo cual se calcularán los incrementos netos de esfuerzo vertical como la suma algebraica de incrementos y decrementos debidos a las cargas de los distintos tramos en que se dividió la longitud de los pilotes.

En cuanto a la división en tramos de cada pilote se trato de mantener la estratificación antes presentada a lo largo de los pilotes, quedando de la siguiente manera:

Tramo	Profundidad (m)	Espesor (m)
1	0.0-6.7	6.7
2	6.7-11.8	5.1
3	11.8-15.0	3.2
4	15.0-19.0	4.0
5	19.0-24.0	5.0
6	24.0-29.3	5.3
7	29.3-31.0	1.7
8	31.0-36.0	5.0

Para la determinación del cambio de esfuerzos verticales para puntos ubicados al centro de cada estrato, tanto abajo como arriba de cada carga mediante la solución de Boussinesq. Es necesario primero determinar los valores de ΔP_h , I , P_j y d . Para lo cual se optó por programar una hoja de cálculo, de manera que a continuación se explica como se determinan dichos valores, presentándose finalmente en una tabla los datos necesarios para su determinación, así como los valores calculados.

El valor de ΔP_h se encuentra definido por la siguiente expresión, para la presión debida a la fricción suelo-pilote :

$$\Delta Ph = \frac{\sum_{i=1}^n f h_i P h_i \Delta h}{Area_{cimentacion}}$$

Donde :

$f h_i$ = distribución de esfuerzo cortante de cada pilote.

$P h_i$ = perímetro de cada pilote.

Δh = espesor del tramo en estudio.

n = número de pilotes.

Para la presión provocada por la punta de los pilotes :

$$\Delta Ph = \frac{\sum_{i=1}^n Q p_i}{Area_{cimentacion}}$$

Donde ;

$Q p_i$ = capacidad de carga por punta de cada pilote.

Cabe mencionar que en nuestro caso no se considera la capacidad por punta, de manera que la presión provocada por la punta de los pilotes no se utilizará.

El valor de P_j y d_j (valores de los esfuerzos de compresión y tensión respectivamente provocados por cada tramo de pilotes) se encuentran definidos por las siguientes expresiones:

$$P_j = \Delta Ph I$$

$$d_j = \Delta Ph (1 - I)$$

Donde :

I = valor de influencia (solución de Mindlin) función de la profundidad y las dimensiones del área cargada obtenido de la gráfica de la figura 5 (valores de I al centro de un área rectangular uniformemente cargada) del artículo "Cálculo de asentamientos de cimentaciones sobre pilotes de fricción" para lo cual se debe entrar con los valores de:

- c/a ; donde c es la profundidad a la que se encuentra la descarga y " a " es el semiancho de la cimentación que en nuestro caso es de 12.25 m.
- b/a ; donde " b " es el semilargo de la cimentación que en nuestro caso es de 36.75 m y " a " como ya se mencionó tiene un valor de 12.25 m por lo que la relación b/a es de 3.
- ν = relación de Poisson que para nuestro caso se consideró igual a 0.5.

Para lograr una comparación entre ambos métodos se hicieron las siguientes consideraciones:

- Primeramente se realizó la determinación de la fuerza de fricción por cada tramo de pilote de la cimentación mediante el programa, para que utilizando la siguiente fórmula se determinará los valores de f_{hi} (de manera que los pilotes carguen lo mismo):

$$f_{hi} = \frac{\text{Fuerza}_{\text{friccion}}}{P_{hi} \Delta h}$$

Donde:

$\text{Fuerza}_{\text{friccion}}$ = fuerza de fricción desarrollada en el tramo en estudio determinada a través del programa.

$$P_{hi} = 2\pi l_i r_o$$

r_o = radio del pilote

Δh = longitud del tramo en estudio

Nótese que se utilizó el mismo radio que el adoptado en el programa para la determinación del valor de f_{hi} .

Por último, en la determinación de los valores de Δp_h se utilizó el área tributaria correspondiente (no se conservó el valor del área a nivel de desplante de la cimentación), a la profundidad de análisis, sin embargo, en el caso de que dicho valor fuera menor que el del área a nivel de desplante, se adoptaba este último valor en el cálculo de los esfuerzos verticales finales.

Las anteriores consideraciones fueron realizadas para lograr en lo posible una comparación suficientemente cercana entre ambos métodos.

A continuación se presenta una tabla con los valores de fricción positiva a la profundidad media de los tramos de pilote considerados, para el grupo de 147 pilotes a nivel de cimentación, el valor de la fricción positiva correspondiente a un pilote para las profundidades medias de los tramos, los valores de fricción positiva por tramo y el área tributaria correspondiente a dicha profundidad.

Profundidad (m)	F.P.(147) Ton	F.P.(1) Ton	F.P.(Por tramo) Ton	Area (m ²)
3.35	1414.21	9.62	9.62	1800.75
9.25	1880.55	12.79	3.17	1933.72
13.40	2368.22	16.11	3.32	2076.24
17.00	3075.35	20.92	4.81	2180.86
21.50	3806.87	25.9	4.98	2298.49
26.65	4614.58	31.39	5.49	2421.07
30.15	5018.75	34.14	2.75	2499.02
33.50	6207.46	42.23	8.09	2570.45

En lo que sigue se presenta una tabla con la identificación de cada tramo del grupo de pilotes, su espesor, el valor de c , el valor de c/a (para determinar el valor de I junto con los valores de $v = 0.5$ y $b/a = 3$), el valor de I , el valor de ΔP_h , P_j , d_j y el valor de $f(h)$ utilizado:

Tramo	Espesor	c(m)	c/a	I	$\Delta P_h(T/m^2)$	$P_j(T/m^2)$	$d_j(T/m^2)$	f(h)
1	6.7	3.35	0.2734694	0.99	0.78530612	0.77745306	0.00783306	1.04045
2	5.1	9.25	0.755102	0.95	0.24098111	0.22893206	0.01204906	0.45041
3	3.2	13.4	1.0938776	0.83	0.23509953	0.19509941	0.03996012	0.75181
4	4	17	1.3877551	0.75	0.32421613	0.2431621	0.08105403	0.87138
5	5	21.5	1.755102	0.69	0.31849606	0.21976228	0.09873378	0.72174
6	5.3	26.65	2.1755102	0.67	0.33333609	0.22333518	0.11000091	0.75062
7	1.7	30.15	2.4612245	0.65	0.16176341	0.10514622	0.05661719	1.17221
8	5	33.5	2.7346939	0.63	0.46265440	0.29147227	0.17118213	1.17246

Debido a que la determinación del cambio de los esfuerzos verticales al igual que la de los valores de ΔP_h , I , P_j y d_j son secuenciales y repetitivos se optó también por programar una hoja de cálculo, de manera que a continuación se explicará como se determinan dichos valores, presentándose finalmente tablas con los valores calculados, así como con otros datos necesarios para su determinación.

Para la determinación del cambio de esfuerzos verticales se calcularán primeramente los debidos a puntos abajo de cada carga, calculándose después para puntos por arriba de cada carga, por lo cual cada tramo tendrá su tabla correspondiente.

Cada tabla contendrá:

- La identificación de cada estrato afectado por la carga.
- La profundidad al centro de cada estrato desde la superficie.
- Una columna con la profundidad relativa del centro de cada estrato al punto de aplicación de la carga, que se determinará restando en valor absoluto la profundidad al centro de cada estrato menos la profundidad del punto de aplicación de la carga (rigurosamente se realizará la resta en valor absoluto para cuando se determine el cambio de esfuerzos verticales para puntos por arriba de cada carga), denominando a esta profundidad como " z ".
- Una columna con el valor de " x/z " para la determinación del factor " w_x " (que se explicará más adelante); teniendo que debido a que se determinarán los cambios de esfuerzo en el centro de la cimentación " x " tendrá el valor de 12.25 m.
- Una columna con el valor de " y/z " para la determinación del factor " w_y " (que se explicará más adelante); teniendo que debido a que se determinarán los cambios de esfuerzos en el centro de la cimentación " y " tendrá el valor de 36.75 m.
- Otra columna con el valor de " w_0 " que se obtendrá al introducir los valores de " x/z " y " y/z " en la solución de Boussinesq programada.
- Finalmente se presentará el valor del cambio de esfuerzo debido a la carga correspondiente para cada estrato afectado por dicha carga, determinado mediante la multiplicación del factor " w_0 " por el esfuerzo correspondiente ya sea " D_j " para puntos por debajo de dicha carga o " d_j " para puntos ubicados por arriba de la descarga. Estos esfuerzos se multiplicarán por "4" puesto que se está determinando el valor del cambio de esfuerzo al centro de la cimentación, contando además con signo "+" los esfuerzos debidos a compresiones y signo "-" los esfuerzos debidos a tensiones (puntos ubicados por debajo y por arriba de cada descarga respectivamente).

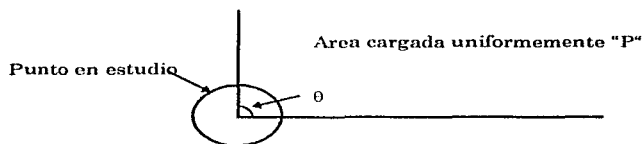
Debido a que se trató de mantener la estratificación al hacer la división en tramos de pilotes y a que se determinarán los cambios de esfuerzos al centro de cada estrato, existirán puntos en donde las profundidades a las cuales se encuentra el centro del estrato y la descarga son iguales, por lo que se seguirá el siguiente criterio para realizar el cambio de esfuerzos provocado por la carga aplicada a una profundidad $z = 0$ del centro del estrato en cuestión; puesto que al aplicar Boussinesq nos daría un factor $w_0 = 0$.

De manera que como se está determinando el cambio de esfuerzos al centro de la cimentación;

$$\sigma_z = 1 \times P_j \text{ ó } \sigma_z = 1 \times dj$$

Según sea para puntos por debajo de la descarga o para puntos por arriba de la descarga respectivamente (ya no se multiplicará por "4").

Lo anterior se basa en el siguiente razonamiento :



$$\sigma_z = \frac{\theta}{360^\circ} P ; \text{ para } Z = 0$$

Por lo que para el centro:

$$\sigma_z = 4 \frac{90^\circ}{360^\circ} P \Rightarrow \sigma_z = 1 \times P$$

Donde;

θ = ángulo que define a la zona del punto que se encuentra invadida por el área cargada uniformemente.

P = carga uniformemente distribuida en el área en estudio (P_j o P_p).

σ_z = cambio de esfuerzo debido a dicha carga aplicada a una profundidad $Z = 0$ (al mismo nivel).

Por lo tanto para puntos ubicados por debajo de las descargas:

Tramo # 1, con $C = 3.35$ m y $P_j = 0.777453$ T/m²

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	σ_z (T/m ²)
1	3.35	0				0.77745306
2	9.25	5.9	2.0762712	6.22881	0.241	0.74946475
3	13.4	10.05	1.2189053	3.65672	0.218	0.67793907
4	17	13.65	0.8974359	2.69231	0.194	0.60330358
5	21.5	18.15	0.6749311	2.02479	0.164	0.51000921
6	26.65	23.3	0.5257511	1.57725	0.138	0.42915409
7	30.15	26.8	0.4570896	1.37127	0.122	0.37939709
8	33.5	30.15	0.4063018	1.21891	0.109	0.33896953
9	37.5	34.15	0.3587116	1.07613	0.095	0.29543216
10	40.5	37.15	0.3297443	0.98923	0.086	0.26744385
11	42.85	39.5	0.3101266	0.93038	0.08	0.24878498
12	46.35	43	0.2848837	0.85465	0.07	0.21765686
13	49.5	46.15	0.2654388	0.79632	0.067	0.20835742

Tramo # 2, con $C = 9.25$ m y $P_j = 0.228932$ T/m²

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	σ_z (T/m ²)
1	3.35	0				0
2	9.25	0				0.22893206
3	13.4	4.15	2.9518072	8.85542	0.246	0.22526915
4	17	7.75	1.5806452	4.74194	0.232	0.21244895
5	21.5	12.25	1	3	0.203	0.18589283
6	26.65	17.4	0.704023	2.11207	0.169	0.15475807
7	30.15	20.9	0.5861244	1.75837	0.15	0.13735924
8	33.5	24.25	0.5051546	1.51546	0.134	0.12270758
9	37.5	28.25	0.4336283	1.30088	0.114	0.10439302
10	40.5	31.25	0.392	1.176	0.104	0.09523574
11	42.85	33.6	0.3645833	1.09375	0.095	0.08699418
12	46.35	37.1	0.3301887	0.99057	0.086	0.07875263
13	49.5	40.25	0.3043478	0.91304	0.077	0.07051107

Tramo # 3, con $C = 13.4$ m y $P_j = 0.19509941$ T/m²

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	σ_z (T/m ²)
1	3.35					0
2	9.25					0
3	13.4	0				0.19509941
4	17	3.6	3.4027778	10.2083	0.248	0.19353862
5	21.5	8.1	1.5123457	4.33704	0.23	0.17949146
6	26.65	13.25	0.9245283	2.77358	0.196	0.15295794
7	30.15	16.75	0.7313433	2.19403	0.174	0.13578919
8	33.5	20.1	0.6094527	1.82836	0.154	0.12018124
9	37.5	24.1	0.5082988	1.5249	0.134	0.10457328
10	40.5	27.1	0.4520295	1.35609	0.12	0.09364772
11	42.85	29.45	0.4159593	1.24788	0.112	0.08740454
12	46.35	32.95	0.3717754	1.11533	0.098	0.07647897
13	49.5	36.1	0.3393352	1.01801	0.089	0.06945539

Tramo # 4 , con $C = 17$ m y $P_j = 0.2431621$ T/m²

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	σ_z (T/m ²)
1	3.35					0
2	9.25					0
3	13.4					0
4	17	0				0.2431621
5	21.5	4.5	2.7222222	8.16667	0.245	0.23829886
6	26.65	9.65	1.2694301	3.80829	0.221	0.2149553
7	30.15	13.15	0.9315389	2.79468	0.197	0.19161174
8	33.5	16.5	0.7424242	2.22727	0.175	0.17021347
9	37.5	20.5	0.597561	1.79268	0.152	0.14784256
10	40.5	23.5	0.5212766	1.56383	0.136	0.13228018
11	42.85	25.85	0.4738878	1.42166	0.124	0.1206084
12	46.35	29.35	0.4173765	1.25213	0.112	0.10893662
13	49.5	32.5	0.3769231	1.13077	0.101	0.09823749

Tramo # 5 , con $C = 21.5$ m y $P_j = 0.219762$ T/m²

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	σ_z (T/m ²)
1	3.35					0
2	9.25					0
3	13.4					0
4	17					0
5	21.5	0				0.21976228
6	26.65	5.15	2.3786408	7.13592	0.243	0.21360893
7	30.15	8.65	1.416185	4.24855	0.227	0.19954415
8	33.5	12	1.0208333	3.0625	0.205	0.18020507
9	37.5	16	0.765625	2.29688	0.179	0.15734979
10	40.5	19	0.6447368	1.93421	0.159	0.13976881
11	42.85	21.35	0.5737705	1.72131	0.146	0.12834117
12	46.35	24.85	0.4929577	1.47887	0.129	0.11339734
13	49.5	28	0.4375	1.3125	0.117	0.10284875

Tramo # 6 , con $C = 26.65$ m y $P_j = 0.223335$ T/m²

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	σ_z (T/m ²)
1	3.35					0
2	9.25					0
3	13.4					0
4	17					0
5	21.5					0
6	26.65	0				0.22333518
7	30.15	3.5	3.5	10.5	0.248	0.2215485
8	33.5	6.85	1.7883212	5.36496	0.236	0.21082841
9	37.5	10.85	1.1290323	3.3871	0.213	0.19028157
10	40.5	13.85	0.8844765	2.65343	0.192	0.17152142
11	42.85	16.2	0.7561728	2.26832	0.177	0.15812131
12	46.35	19.7	0.6218274	1.86548	0.156	0.13936115
13	49.5	22.85	0.536105	1.60832	0.138	0.12328102

Tramo # 7, con $C = 30.15$ m y $P_j = 0.105146$ T/m²

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	$\sigma_z(T/m^2)$
1	3.35					0
2	9.25					0
3	13.4					0
4	17					0
5	21.5					0
6	26.65					0
7	30.15	0				0.10514622
8	33.5	3.35	3.6567164	10.9701	0.248	0.10430505
9	37.5	7.35	1.6666667	5	0.234	0.09841686
10	40.5	10.35	1.1835749	3.55072	0.216	0.09084633
11	42.85	12.7	0.9645669	2.8937	0.2	0.08411697
12	46.35	16.2	0.7561728	2.26852	0.176	0.07402294
13	49.5	19.35	0.6330749	1.89922	0.158	0.06645241

Tramo # 8, con $C = 33.5$ m y $P_j = 0.291477$ T/m²

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	$\sigma_z(T/m^2)$
1	3.35					0
2	9.25					0
3	13.4					0
4	17					0
5	21.5					0
6	26.65					0
7	30.15					0
8	33.5	0				0.29147227
9	37.5	4	3.0625	9.1875	0.247	0.2879746
10	40.5	7	1.75	5.25	0.236	0.27514982
11	42.85	9.35	1.3101604	3.93048	0.222	0.25882738
12	46.35	12.85	0.9533074	2.85992	0.199	0.23201193
13	49.5	16	0.765625	2.29688	0.179	0.20869415

Para puntos ubicados por arriba de las descargas:

Tramo # 1, con $C = 3.35$ m y $d_j = -0.00785306$ T/m²

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	$\sigma_z(T/m^2)$
1	3.35	0				-0.00785306
2	9.25					0
3	13.4					0
4	17					0
5	21.5					0
6	26.65					0
7	30.15					0
8	33.5					0
9	37.5					0
10	40.5					0
11	42.85					0
12	46.35					0
13	49.5					0

Tramo # 2 , con $C = 9.25$ m y $dj = -0.01204906T/m^2$

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	$\sigma_z(T/m^2)$
1	3.35	5.9	2.07627119	6.22881356	0.241	-0.01161529
2	9.25	0				-0.01204906
3	13.4					0
4	17					0
5	21.5					0
6	26.65					0
7	30.15					0
8	33.5					0
9	37.5					0
10	40.5					0
11	42.85					0
12	46.35					0
13	49.5					0

Tramo # 3 , con $C = 13.4$ m y $dj = -0.03996012T/m^2$

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	$\sigma_z(T/m^2)$
1	3.35	10.05	1.21890547	3.65671642	0.218	-0.03484522
2	9.25	4.15	2.95180723	8.85542169	0.246	-0.03932076
3	13.4	0				-0.03996012
4	17					0
5	21.5					0
6	26.65					0
7	30.15					0
8	33.5					0
9	37.5					0
10	40.5					0
11	42.85					0
12	46.35					0
13	49.5					0

Tramo # 4 , con $C = 17$ m y $dj = -0.08105403T/m^2$

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	$\sigma_z(T/m^2)$
1	3.35	13.65	0.8974359	2.69230769	0.194	-0.06289793
2	9.25	7.75	1.58064516	4.74193548	0.232	-0.07521814
3	13.4	3.6	3.40277778	10.20833333	0.248	-0.0804056
4	17	0				-0.08105403
5	21.5					0
6	26.65					0
7	30.15					0
8	33.5					0
9	37.5					0
10	40.5					0
11	42.85					0
12	46.35					0
13	49.5					0

Tramo # 5 , con $C = 21.5$ m y $dj = -0.09873378T/m^2$

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	$\sigma_z(T/m^2)$
1	3.35	18.15	0.67493113	2.02479339	0.164	-0.06476936
2	9.25	12.25	1	3	0.203	-0.08017183
3	13.4	8.1	1.51234568	4.53703704	0.23	-0.09083508
4	17	4.5	2.72222222	8.16666667	0.245	-0.0967591
5	21.5	0				-0.09873378
6	26.65					0
7	30.15					0
8	33.5					0
9	37.5					0
10	40.5					0
11	42.85					0
12	46.35					0
13	49.5					0

Tramo # 6 , con $C = 26.65$ m y $dj = -0.11000091T/m^2$

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	$\sigma_z(T/m^2)$
1	3.35	23.3	0.52575107	1.57725322	0.138	-0.0607205
2	9.25	17.4	0.70402299	2.11206897	0.169	-0.07436061
3	13.4	13.25	0.9245283	2.77358491	0.196	-0.08624071
4	17	9.65	1.26943005	3.80829016	0.221	-0.0972408
5	21.5	5.15	2.37864078	7.13592233	0.243	-0.10692088
6	26.65	0				-0.11000091
7	30.15					0
8	33.5					0
9	37.5					0
10	40.5					0
11	42.85					0
12	46.35					0
13	49.5					0

Tramo # 7 , con $C = 30.15$ m y $dj = -0.05661719T/m^2$

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	$\sigma_z(T/m^2)$
1	3.35	26.8	0.45708955	1.37126866	0.122	-0.02762919
2	9.25	20.9	0.5861244	1.75837321	0.15	-0.03397032
3	13.4	16.75	0.73134328	2.19402985	0.174	-0.03940557
4	17	13.15	0.93155894	2.79467681	0.197	-0.04461435
5	21.5	8.65	1.41618497	4.24855491	0.227	-0.05140841
6	26.65	3.5	3.5	10.5	0.248	-0.05616426
7	30.15	0				-0.05661719
8	33.5					0
9	37.5					0
10	40.5					0
11	42.85					0
12	46.35					0
13	49.5					0

Tramo # 8 , con $C = 33.5 \text{ m y dj} = -0.17118213 \text{ T/m}^2$

Estrato	Prof. 1/2 (m)	Z(m)	x/z	y/z	Wo	$\sigma_z(\text{T/m}^2)$
1	3.35	30.15	0.40630182	1.21890547	0.109	-0.07463541
2	9.25	24.25	0.50515464	1.51546392	0.133	-0.09106889
3	13.4	20.1	0.60945274	1.82835821	0.154	-0.10544819
4	17	16.5	0.74242424	2.22727273	0.175	-0.11982749
5	21.5	12	1.02083333	3.0625	0.205	-0.14036934
6	26.65	6.85	1.78832117	5.3649635	0.236	-0.16159593
7	30.15	3.35	3.65671642	10.9701493	0.248	-0.16981267
8	33.5	0				-0.17118213
9	37.5					0
10	40.5					0
11	42.85					0
12	46.35					0
13	49.5					0

En seguida se presentarán en una tabla los incrementos netos de esfuerzos correspondientes a los estratos para la determinación del asentamiento en el centro de la cimentación. Dichos incrementos se calcularon mediante la suma algebraica de los incrementos y decrementos debidos a las descargas de los distintos tramos en que se dividió la longitud de los pilotes.

Profundidad (m)	$\Delta\sigma \text{ (T/m}^2\text{)}$
3.35	0.4324871
9.25	0.5722372
13.4	0.65601236
17	0.81295747
21.5	0.93602222
26.65	1.06100842
30.15	1.14396625
33.5	1.36770049
37.5	1.38626385
40.5	1.26589387
42.85	1.17319893
46.35	1.04064843
49.5	0.94783769

V.III. Determinación del cambio de esfuerzos verticales mediante el programa(método de Zeevaert)

Para la determinación del cambio de esfuerzos utilizando el método de Zeevaert se realizó una corrida del programa con los datos establecidos anteriormente de manera que se leyeron de la gráfica que genera el programa (figura V.II.1)

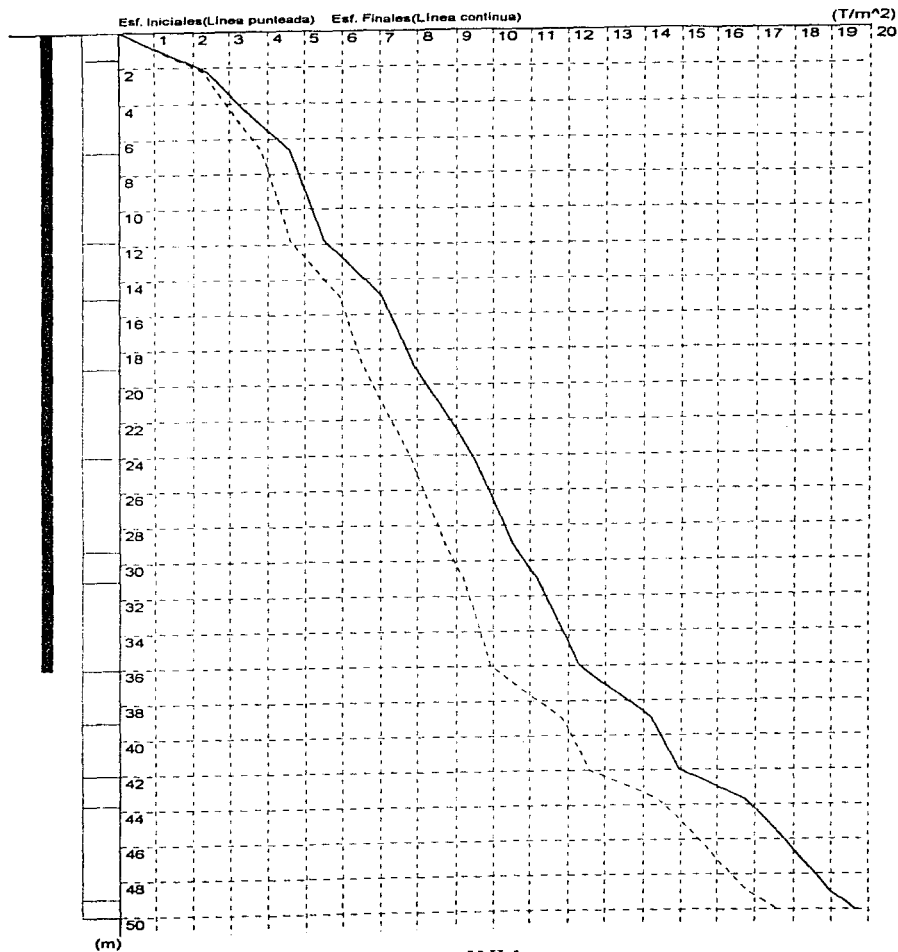


Figura V.II.1

De manera que a continuación se presenta una tabla con los valores del cambio de esfuerzos observados en la gráfica generada por el programa:

Profundidad (m)	$\Delta\sigma$ (T/m ²)
3.35	0.28
9.25	0.88
13.4	1.10
17	1.30
21.5	1.50
26.65	1.80
30.15	2.00
33.5	2.30
37.5	2.40
40.5	2.30
42.85	2.10
46.35	2.00
49.5	1.90

V.IV Determinación de los asentamientos

Debido a que el método de Zeevaert es sólo aplicable para el cambio de esfuerzos verticales, para la determinación de los asentamientos debidos a dichos cambios de esfuerzos verticales se utilizará la metodología descrita por José Luis León y Daniel Reséndiz del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M.

Para la determinación de los asentamientos se optó también por programar una hoja de cálculo de manera que a continuación se explicará la metodología seguida, presentándose finalmente unas tablas con los asentamientos en el centro de la cimentación, junto con otros valores necesarios para su determinación, para los cambios de esfuerzos determinados mediante en método de Zeevaert como para los determinados mediante el método del Instituto de Ingeniería.

Los asentamientos que se presentan en los estratos, se encuentran definidos por la siguiente expresión :

$$\Delta H = \frac{\Delta e}{1 + e} H$$

Donde :

ΔH = asentamiento presentado por el estrato.

Δe = variación de la relación de vacíos correspondiente a la variación de esfuerzos entre el esfuerzo efectivo inicial (estado provocado por el peso del suelo únicamente, estado natural) y el esfuerzo efectivo producto del cambio de esfuerzos por la cimentación (esfuerzo efectivo inicial más el incremento de esfuerzo neto correspondientes).

H = espesor del estrato.

e = relación de vacíos inicial (estado natural del suelo).

A continuación se presentarán dos tablas; una para determinar los asentamientos con los valores del cambio de esfuerzos calculados con el método de Zeevaert y otra para determinar el asentamiento con los valores del cambio de esfuerzos calculador por el método del Instituto de Ingeniería, conteniendo cada una lo siguiente:

- Identificación del estrato.
- Espesor.
- Esfuerzo efectivo inicial (σ_1).
- Incremento neto de esfuerzo vertical ($\Delta \sigma$).
- Esfuerzo efectivo final (σ_2).
- Relación de vacíos inicial (e_1).
- Relación de vacíos final (e_2).
- Valor de la relación de vacíos en estado natural (e).
- Asentamiento.

Los valores correspondientes a las relaciones de vacíos se determinaron de las curvas de esfuerzo contra relación de vacíos (apéndice f). A continuación se presenta una tabla identificando a la gráfica que se utilizó para la determinación de dichos valores; mediante el valor de $W(\%)$.

Estrato	Gráfica de esfuerzo-relación de vacíos con $W(\%)$
1, 3, 9, 11, 12 y 13	119
5, 7 y 10	267
8	364
4	382
6	343
2	374

Asentamientos correspondientes al cambio de esfuerzos verticales calculados por el método de Zeevaert:

Estrato	Espeor (cm)	α (kg/cm ²)	$\Delta\alpha$ (kg/cm ²)	α (kg/cm ²)	c_1	c_2	c	δ (cm)
A	670	0.265	0.028	0.293	3.28	3.27	3.35	1.34022989
B	510	0.425	0.088	0.513	8.9	8.85	9.16	2.50984252
C	320	0.532	0.11	0.642	3.22	3.205	3.35	1.10344828
D	400	0.625	0.13	0.755	9.1	8.95	9.8	3.55555556
E	500	0.715	0.15	0.865	5.9	5.85	6.29	3.42333333
F	530	0.83	0.18	1.01	7.8	7.65	8.48	8.38607595
G	170	0.898	0.2	1.098	5.75	5.7	6.29	1.163808
H	500	0.955	0.23	1.185	8.5	8.45	8.79	7.66087845
I	300	1.09	0.24	1.33	3.18	3.12	3.35	4.13793403
J	300	1.223	0.23	1.453	5.45	5.37	6.29	3.29218107
K	170	1.353	0.21	1.563	3.12	3.09	3.35	1.17241379
L	530	1.55	0.2	1.75	3.1	3.07	3.35	3.65517241
M	100	1.705	0.19	1.895	3.08	3.05	3.35	0.68965517
								$\Sigma\delta =$ 44.2087202

Asentamientos correspondientes al cambio de esfuerzos verticales calculados por el método del Instituto de Ingeniería:

Estrato	Espeor (cm)	α (kg/cm ²)	$\Delta\alpha$ (kg/cm ²)	α (kg/cm ²)	c_1	c_2	c	δ (cm)
A	670	0.265	0.043	0.308	3.28	3.27	3.35	1.34022989
B	510	0.425	0.057	0.482	8.9	8.85	9.16	2.50984252
C	320	0.532	0.066	0.598	3.22	3.21	3.35	0.74563218
D	400	0.625	0.081	0.706	9.1	9.05	9.8	1.85185185
E	500	0.715	0.094	0.809	5.9	5.8	6.29	6.85871056
F	530	0.83	0.11	0.94	7.8	7.7	8.48	5.5907173
G	170	0.898	0.11	1.008	5.75	5.6	6.29	3.49794239
H	500	0.955	0.14	1.095	8.5	8.4	8.79	5.1072523
I	300	1.09	0.14	1.23	3.18	3.15	3.35	2.06896552
J	300	1.223	0.13	1.353	5.45	5.4	6.29	2.09761317
K	170	1.353	0.12	1.473	3.12	3.1	3.35	0.78163992
L	530	1.55	0.1	1.65	3.1	3.08	3.35	2.43678161
M	100	1.705	0.095	1.8	3.08	3.05	3.35	0.68965517
								$\Sigma\delta =$ 35.7268037

Las conclusiones debidas a la comparación del método de Zeevaert con el método propuesto por el Instituto de Ingeniería se presentan en el capítulo correspondiente a las conclusiones del presente trabajo escrito.

CONCLUSIONES

- Con ayuda del programa desarrollado se calcularon los hundimientos de una cimentación con pilotes de fricción y se compararon con los obtenidos empleando el método simplificado de León y Reséndiz ("Cálculo de asentamientos de cimentaciones sobre pilotes de fricción"). Los hundimientos calculados con el método de Zeevaert son de 44.2 cm., mientras que los correspondientes al método simplificado son de 35.7 cm., lo cual es explicable ya que ambos métodos parten de las mismas bases, pero a final de cuentas adoptan consideraciones diferentes, a pesar de que se trato de uniformizar en lo posible su aplicación para la comparación. Lo anterior no quiere decir que uno de ellos este mal, sino que nos lleva a la necesidad de instrumentar un caso real para de esa manera determinar que método nos permite una modelación más cercana a la realidad.
- Con base en la programación del método de Zeevaert para la determinación de los esfuerzos verticales finales inducidos al suelo por una cimentación compensada con pilotes de fricción en lenguaje Visual Basic se logró:
 - Disminuir radicalmente el tiempo necesario para el análisis de una cimentación compensada con pilotes de fricción mediante la aplicación del método de Zeevaert.
 - Una interpretación gráfica de los resultados, más palpable y que permite al diseñador una mejor perspectiva de análisis.
 - La capacidad de realizar cambios a la cimentación a la luz de los análisis desarrollados.
 - Una interfaz programa-diseñador mucho muy amigable, permitiendo un gran control en la utilización del programa.
 - Aplicar de manera práctica uno de los métodos más racionales para el análisis de cimentaciones compensadas con pilotes de fricción, como lo es el desarrollado por Zeevaert.
- Dada la gran aplicación que tienen las computadoras en la actualidad, es posible realizar programas que pueden hacer más viable la utilización de métodos que en otra época su aplicación no era práctica, por la complejidad o número excesivo de iteraciones. Lo cual permite la utilización de un mayor número de herramientas para dar solución a problemas en específico.

- No se quiere dar a entender que entre más complejo sea el método utilizado serán mejor los resultados obtenidos, sino que para la solución de un problema en específico, se debe enfocar más a la correcta elección, interpretación y aplicación del método para dar solución a dicho problema, con base en las necesidades propias del mismo, para darle solución de manera: económica, práctica y funcional sin enfocarse únicamente a la complejidad del método a utilizarse.
- No se debe de perder de vista que para el diseño exitoso de cimentaciones compensadas con pilotes de fricción, especialmente en condiciones difíciles de subsuelo, se debe aprender a aplicar los conocimientos completos, sobre el ambiente ingenieril involucrado en los factores geológicos que se presentan en el sitio bajo estudio y la forma en que dichos factores interactúan.

BIBLIOGRAFIA

Zeevaert, L. Foundation engineering for difficult subsoil conditions. Van Nostrand Reinhold Company. 1982.

José Luis León, Daniel Reséndiz. Cálculo de asentamientos de cimentaciones sobre pilotes de fricción. Instituto de Ingeniería. México, 1979.

Gabriel Auvinet, Manuel J. Mendoza. Comportamiento de diversos tipos de cimentación en la zona lacustre de la Ciudad de México durante el sismo del 19 de Septiembre de 1985. SIMPOSIO Los sismos de 1985: casos de mecánica de suelos. México. 1986.

Gabriel Auvinet, Manuel J. Mendoza. Consideraciones respecto al diseño de cimentaciones sobre pilotes de fricción en zonas sísmicas. Instituto de Ingeniería. México.

Enrique Tamez. Cimentaciones compensadas, compatibilidad entre losas y pilotes en comportamiento sísmico.

Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. Comentarios, ayudas de diseño y ejemplos de las Normas Técnicas Complementarias Para Diseño y Construcción de Cimentaciones. D.D.F.

APENDICE "A"

FRICCION POSITIVA - FRICCION NEGATIVA

A.I Fricción positiva en pilotes

Cuando un pilote se somete a una carga vertical, la masa de suelo que lo rodea (masa de suelo que se encuentra en contacto con el fuste de dicho pilote), soportara la carga del pilote por medio de la fricción que se genera entre el suelo y el fuste del elemento (fenómeno conocido como fricción positiva); la fricción desarrollada induce un incremento en los esfuerzos verticales en el suelo que rodea al pilote.

A.II Fricción negativa en pilotes

Aunque el fenómeno de la fricción negativa se presenta principalmente en pilotes diseñados para trabajar por punta es importante definir dicho fenómeno. Los pilotes que trabajan por punta frecuentemente son apoyados en estratos firmes profundos cubiertos por depósitos compresibles de suelo que contienen sedimentos como arcilla, que se encuentra en proceso de consolidación por la acción de fuerzas o cargas aplicadas en la superficie. En este se genera un movimiento relativo continuo entre el pilote y el suelo, por lo que, parte del peso del suelo que rodea al pilote es transferido a este por fricción negativa, provocando un decremento en los esfuerzos verticales en el suelo que rodea al pilote.

El fenómeno mencionado anteriormente es conocido como fricción negativa, la cual introduce serios problemas en la capacidad de carga de los pilotes. Se reconoce que a partir del hecho de que los esfuerzos verticales decrecen en la masa del suelo por causa de la transferencia de carga del suelo hacia los pilotes, se provoca:

- 1° Un incremento de carga en el pilote.
- 2° Una reducción de los esfuerzos verticales en el suelo.

APENDICE "B"

AREA TRIBUTARIA EFECTIVA

El área tributaria es usada en las fórmulas para obtener mayor exactitud en la determinación de las fuerzas de fricción para pilotes de esquina, centro y laterales. El alivio o incremento de esfuerzos de frontera $\Delta\sigma_z$ por causa de la fricción ya sea negativa o positiva varía a lo largo del fuste del pilote y es generalmente mayor que el valor promedio en la mayor parte del fuste del pilote, y dicha magnitud es función del espaciamiento y profundidad de los pilotes.

Considerando la acción de fricción negativa y para una área tributaria constante $\overline{a_0} = \lambda \cdot \beta$, donde λ y β definen el espaciamiento entre pilotes, se obtiene a partir de cálculos un alivio de esfuerzos promedio $\Delta\sigma_{zo} = \sigma_{oz} - \sigma_z$ definido como $\Delta\sigma_{zo} = (FN)_d / \overline{a_0}$ (figura B.1). El esfuerzo en el fuste del pilote sin embargo es función de la influencia de cada pilote en el campo de pilotes y debe ser considerado en los cálculos. De la figura es posible establecer que si $\sum_0^n (\Delta\sigma_{zo}) = \Delta\sigma'_{zo}$ representa a cualquier profundidad z el total del cambio en los esfuerzos verticales en el fuste del pilote O, por causa del efecto de todos los pilotes en el grupo incluyendo al pilote O bajo estudio, entonces podemos escribir:

$$\Delta\sigma'_{zo} = \alpha_{zo} \Delta\sigma_{zo} \quad (B.1)$$

Aquí α_{zo} es un factor de corrección que es función de la profundidad aplicada al pilote O en el grupo, y es usado para obtener a partir del alivio de esfuerzos promedio $\Delta\sigma_{zo}$, el alivio de la concentración de esfuerzos en el fuste del pilote O. Más aun, denominando a $\overline{a_{ez}}$ como el área tributaria efectiva, la siguiente condición puede ser establecida:

$$\overline{a_{ez}} \sum_0^n [\Delta\sigma_{zo}] = \Delta\sigma_{zo} \overline{a_0} \quad (B.2)$$

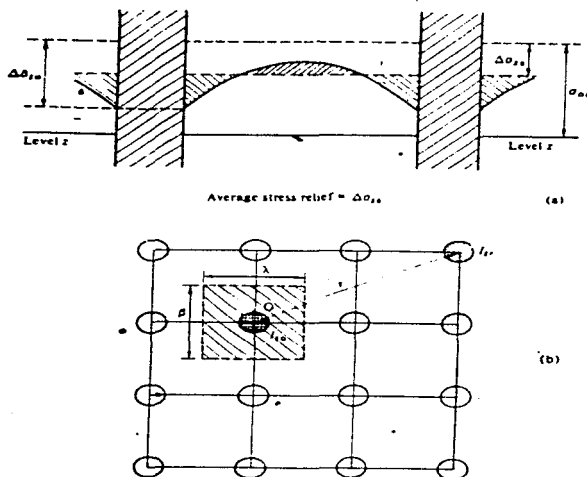


Figura B.1

Por lo tanto:

$$\frac{\overline{a_o}}{a_{sz}} = \alpha_{zo} \quad (\text{B.3})$$

Por lo tanto, si el valor relativo $\Delta\overline{\sigma_{zo}}/\Delta\sigma_{zo}$ puede ser estimado, entonces un valor aproximado de $\overline{a_{sz}}$ puede ser obtenido a cualquier profundidad z , para ser usado en las fórmulas para el cálculo de las fuerzas de fricción.

Para dicho propósito, primero será necesario calcular aproximadamente el valor de $\Delta\sigma_{zo}$ en el fuste del pilote para un pilote aislado.

Considerando un pilote sujeto a fricción negativa (figura B.2). La reducción de esfuerzo efectivo $d(\Delta\sigma_{rz})$ a una distancia r a partir del centro del pilote y sobre un plano horizontal a la profundidad z por causa de la carga elemental $\bar{w}s_{oz}dz$ puede ser calculada aproximadamente si asumimos una distribución de Westergaard de los esfuerzos en el subsuelo y se utiliza el método propuesto por Terzaghi:

$$d(\Delta\sigma_{rz}) = -\frac{1}{2\pi} \frac{\bar{w}s_{oz}dz}{z_i^2} \cos^3 \psi_i \quad (B.4)$$

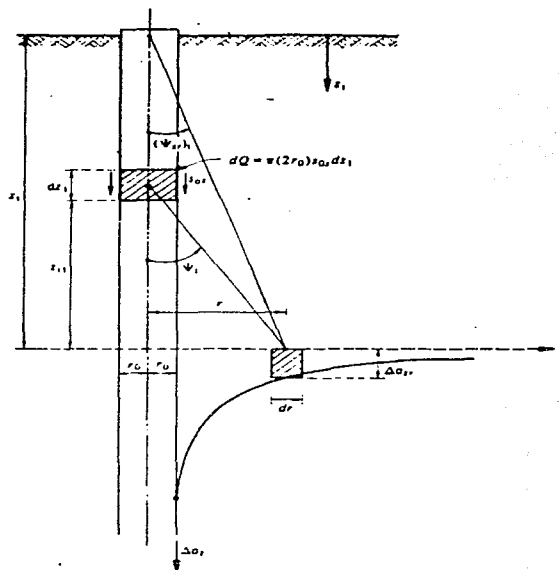


Figura B.2

Donde $z_t = k_w z$ y ψ_t corresponde a la transformación lineal de coordenadas, donde el factor $k_w = 1/\sqrt{2}$. Por lo tanto, el esfuerzo total a la profundidad z_t en el sistema transformado de coordenadas, a una distancia radial r a partir del centro del pilote, es:

$$\Delta\sigma_{rz} = -r_o \int_0^z S_{oz} \frac{\cos^3 \psi_t}{z_t^2} dz_t, \quad (B.5)$$

Para integrar la expresión anterior, es necesario conocer aproximadamente la distribución de la fricción con la profundidad. Este es, por supuesto, el problema que debe ser resuelto con las fórmulas que aparecen en el apéndice C, si el valor aproximado del área tributaria equivalente $\overline{a_{vz}}$ es conocido con la profundidad. De previas investigaciones se ha hallado que para propósitos prácticos, el valor de $\overline{a_{vz}}$ no es muy sensible a la distribución real de la fricción en el cálculo de carga por fricción negativa, si esta es considerada directamente proporcional a la profundidad. Sin embargo es necesario el estudio también del valor de $\overline{a_{vz}}$ en caso de que la fricción pueda ser considerada constante a lo largo del fuste del pilote. Por lo tanto, la integración de la ecuación B.5 es realizada estudiando los siguientes casos:

- 1° Para $S_{oz} = kz$
- 2° Para $S_{oz} = S_o$
- 3° Para $S_{oz} = S_o + kz$

Caso # 1; a partir de la figura B.2 tenemos que $S_{oz} = k(z_t - z_{t1})$, y por lo tanto:

$$\Delta\sigma_{rz} = -r_o k \int_0^z \frac{z_t - z_{t1}}{z_t^2} \cos^3 \psi_t dz_{t1} \quad (B.6)$$

Pero $z_{t1} = r \cot \psi_t$ y $dz_{t1} = -r \csc^2 \psi_t d\psi_t$, y substituyendo en la ecuación B.6 obtenemos:

$$\Delta\sigma_{rz} = r_o k \left[\frac{z_t}{r} \int_{\pi/2}^{(\psi_r)_t} \cos \psi_t d\psi_t - \int_{\pi/2}^{(\psi_r)_t} \frac{\cos^2 \psi_t}{\sen \psi_t} d\psi_t \right] \quad (B.7)$$

Después de integrar y realizar correcciones algebraicas:

$$\Delta\sigma_{zr} = -r_o k \left\{ \frac{z_t}{r} (1 - \text{sen}(\psi_{zr})_t) + \left[\cos(\psi_{zr})_t + \text{Log}\left(\tan\frac{1}{2}(\psi_{zr})_t\right) \right] \right\} \quad (\text{B.8})$$

En donde el argumento angular para:

$$\frac{z_t}{r} = \frac{z}{r\sqrt{2}}$$

Es:

$$\text{sen}(\psi_{zr})_t = \frac{1}{\sqrt{(z_t/r)^2 + 1}}, \cos(\psi_{zr})_t = \frac{z_t}{r} \text{sen}(\psi_{zr})_t$$

Y:

$$\tan\frac{1}{2}(\psi_{zr})_t = \frac{\text{sen}(\psi_{zr})_t}{1 + \cos(\psi_{zr})_t}$$

Los valores de $\Delta\sigma_{zr}$ calculados por el sistema transformado son usados para la profundidad $z = \sqrt{2} z_t$ del sistema real, y la distancia r es la misma. A partir de correlaciones en pilotes sujetos a pruebas de fricción negativa y positiva, respectivamente, se encontró que los esfuerzos verticales efectivos inducidos en el subsuelo son bien representados por la distribución de esfuerzos de Westergaard.

El término limitado por los paréntesis de la ecuación B.8 puede ser expresado como una función de z/r y representa un valor de influencia I_{zr} . En el fuste del pilote el valor de I_{zoz} obtenido para $r=r_o$, también $\psi_{zr}=\psi_{zoz}$; por lo tanto:

$$\Delta\sigma_{zoz} = r_o k I_{zoz} \quad (\text{B.9})$$

En caso de grupos de pilotes r es considerado ser la distancia a partir del pilote en estudio O hacia otros pilotes en el grupo. Los valores de influencia del pilote O pueden ser determinados

para cada pilote del grupo. El total de influencia $\Sigma o^n(I_{zr})_k$ en el pilote O puede ser escrito como sigue:

$$\overline{I_{zk}} = \sum_0^n [I_{zr}]_k = I_{zo} + \sum_1^n I_{zr} \quad (B.10)$$

Por lo tanto, el total alivio de esfuerzo en el fuste del pilote O es:

$$\sum_1^n \Delta \sigma_{zo} = r_o k \overline{I_{zk}} \quad (B.11)$$

Por otra parte, desde que para este caso asumimos $S_{oz} = kz$, el total de la carga de fricción es:

$$\Delta \sigma_{zo} \overline{a_o} = \pi r_o k z^2 \quad (B.12)$$

Y a partir de la ecuación B.2, el área tributaria efectiva para el caso 1 es:

$$\overline{a_{ez}} = \frac{\pi z^2}{I_{zk}} \quad (B.13)$$

La fórmula B.13 puede ser usada para calcular el valor de $\overline{a_{ez}}$ para cualquier profundidad y espaciamiento de pilotes, para ser usada en los algoritmos para determinar la magnitud de fuerzas debidas a fricción negativa o positiva. Llamando R_{ez} al radio del área efectiva a cualquier profundidad z a partir de la superficie del suelo, olvidando la sección transversal del pilote, entonces $\overline{a_{ez}} = \pi R_{ez}^2$, y

$$R_{ez} = \sqrt{\frac{\overline{a_{ez}}}{\pi}} \quad (B.14)$$

Caso # 2; cuando el esfuerzo cortante es considerado aproximadamente constante con la profundidad a lo largo del fuste del pilote, fórmula B.5 puede ser integrada; para $S_{oz}=S_o=\text{constante}$.

Obteniendo:

$$\Delta\sigma_{zr} = \frac{r_o S_o}{z_t} [I_{zr}]_{z_t} \quad (\text{B.15})$$

En el cual el valor de influencia como función de z/r es:

$$I_{zr} = \frac{z_t}{r} [1 - \text{sen}(\psi_{zr})_t] \quad (\text{B.16})$$

Aún mas, a partir de la consideración de que el esfuerzo cortante es constante a lo largo del fuste del pilote en el sistema real tenemos:

$$\Delta\sigma_{zo} \overline{a_o} = 2\pi r_o S_o z \quad (\text{B.17})$$

Por lo tanto a partir de la ecuación B.2 y B.15 obtenemos:

$$\overline{a_{ez}} = \frac{2\pi z^2}{\sqrt{2} I_{zo}} \quad (\text{B.18})$$

La suma de los valores de influencia $\Sigma o^i(I'_{zo})$ tienen el mismo significado dado por la ecuación B.10; que representa la suma de los valores de influencia I_{zo} para el pilote O y aquellos I_{zr} a partir de el resto de los pilotes a una distancia r del pilote O.

Caso # 3; Este caso puede ser encontrado cuando una fricción inicial s_o se obtiene en la cabeza del pilote localizado a una profundidad h_o a partir de la superficie del suelo. Siguiendo las consideraciones anteriores, a cualquier profundidad z a partir de la cabeza del pilote $s_{oz} = s_o + kz$. Más aun, si es considerado que $s_o = kh_o$, entonces podemos usar los casos I y II para resolver el problema. Los esfuerzos verticales inducidos al subsuelo cercano al fuste del pilote como función de z/r es:

A partir del caso I, considerando kz :

$$\left[\overline{\Delta\sigma_{zo}}\right]_k = r_o k \overline{I_{zk}}$$

A partir del caso II, considerando kh_e constante con la profundidad:

$$\left[\overline{\Delta\sigma_{zo}}\right]_c = r_o k \frac{h_e}{z_t} \overline{I_{zc}}$$

La suma de las dos anteriores expresiones puede ser igualada al total de la fricción desarrollada en el pilote con variación lineal por encima de la profundidad z , que es:

$$2\pi\sigma_o \left[kh_e z + \frac{1}{2} kz^2 \right]$$

Obteniendo:

$$2\pi\sigma_o \left[kh_e z + \frac{1}{2} kz^2 \right] = \left\{ r_o k \overline{I_{zk}} + r_o k \frac{h_e}{z_t} \overline{I_{zc}} \right\} \overline{a_{ez}}$$

De la cual obtenemos la siguiente expresión para el área tributaria equivalente:

$$\overline{a_{ez}} = \frac{(2h_e + z)\pi z^2}{z \overline{I_{zk}} + h_e \overline{I_{zc}} \sqrt{2}} \quad (B.19)$$

Los casos anteriormente descritos, sin embargo, son limitados por el espaciamiento entre pilotes. Por lo tanto, los valores mínimos de áreas tributarias debe ser investigado de acuerdo a la figura B.3, usando las siguientes fórmulas aplicadas a un espaciamiento de pilotes uniforme:

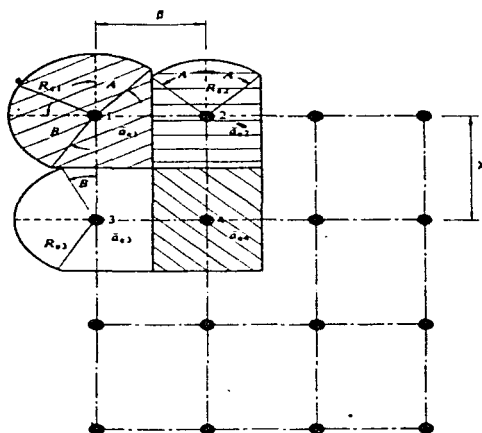


Figura B.3

Para pilotes de esquina:

$$\overline{a_{s1}} = \frac{\pi}{4} R_{s1}^2 + \frac{R_{s1}}{2} [F_{A1}\beta + F_{B1}\lambda] + \frac{\lambda\beta}{4} - a_p$$

Para pilotes con espaciamento β :

$$\overline{a_{s2}} = F_{A2} (R_{s2}\beta) + \frac{\lambda\beta}{2} - a_p$$

Para pilotes con espaciamento λ :

$$\overline{a_{s3}} = F_{B3} (R_{s3}\lambda) + \frac{\lambda\beta}{2} - a_p$$

Para pilotes centrales:

$$\overline{a_{s4}} = \lambda\beta - a_p$$

Los factores F_A y F_B dados en las fórmulas anteriores tienen los siguientes valores de acuerdo a la geometría mostrada en la figura B.3:

$$F_{A2} = \frac{\pi A}{180} \frac{R_{c2}}{\beta} + \frac{1}{2} \cos A$$

$$F_{B3} = \frac{\pi B}{180} \frac{R_{c3}}{\lambda} + \frac{1}{2} \cos B$$

Para la determinación de las áreas tributarias en los programas, se utilizó como base el programa realizado por el Ingeniero Germán López Rincón (ARETRI, informe interno del Departamento de Geotécnia de la Facultad de Ingeniería), que parte de la integración de las fórmulas presentadas en este apéndice, para calcular las áreas tributarias para pilotes de esquina, centro, del lado cort. y del lado largo de una cimentación.

APENDICE "C"

INTEGRACION DE LAS FORMULAS PARA PROBLEMAS DE FRICCION EN CAMPO DE PILOTES

Los algoritmos para la integración paso por paso de problemas de fricción tratados, pueden ser obtenidos para fricción negativa (FN), y para fricción positiva (FP). Al establecer las fórmulas, se asume que el fenómeno de fricción negativa decrece los esfuerzos efectivos y que el fenómeno de fricción positiva los incrementa.

Las condiciones generales para ambos casos son establecidos con el apoyo de la figura C.1, denominando a F como el valor total de fricción para el nivel considerado, así como para el caso considerado.

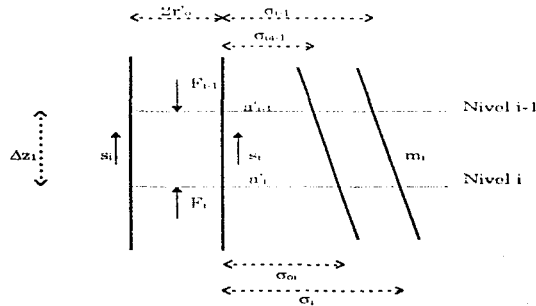


Figura C.1

Al nivel (i-1):

$$F_{i-1} = (\sigma_{oi-1} - \sigma_{oi})a_{i-1} \quad (C.1)$$

Para el nivel i :

$$F_i = (\sigma_i - \sigma_{oi}) \bar{a}_i \quad (C.2)$$

Por equilibrio plástico en el fuste del pilote en la sección Δz_i se obtiene:

$$F_i - F_{i-1} = \frac{1}{2}(\sigma_i + \sigma_{i-1}) k_\phi 2\pi \bar{r}_0 \Delta z_i$$

Y denominando a $m_i = \pi \bar{r}_0 k_\phi$, podemos escribir:

$$F_i - F_{i-1} = m_i (\sigma_i + \sigma_{i-1}) \Delta z_i \quad (C.3)$$

Con las fórmulas C.1, C.2 y C.3, los siguientes casos pueden ser considerados:

- Fricción negativa ($\sigma_i < \sigma_{oi}$)

Caso # 1; la integración comienza a partir de la cabeza del pilote, donde las condiciones de frontera son conocidas, nombrándolas: $(FN)_{i-1}$, σ_{oi-1} y σ_{i-1} . Mientras que los desconocidos son $(FN)_i$ y σ_i .

Substituyendo la ecuación C.2 en la C.3 obtenemos:

$$(\sigma_{oi} - \sigma_i) \bar{a}_i - (FN)_{i-1} = m_i (\sigma_i + \sigma_{i-1}) \Delta z_i$$

Y resolviendo para σ_i obtenemos:

$$\sigma_i = \frac{\bar{a}_i}{a_i + m_i \Delta z_i} \sigma_{oi} - \frac{m_i \Delta z_i}{a_i + m_i \Delta z_i} \sigma_{i-1} - \frac{1}{a_i + m_i \Delta z_i} (FN)_{i-1}$$

Y si definimos:

$$A_i = \frac{\overline{a_i}}{a_i + m_i \Delta z_i}, B_i = \frac{m_i \Delta z_i}{a_i + m_i \Delta z_i}, C_i = \frac{1}{a_i + m_i \Delta z_i} \quad (C.4)$$

Entonces:

$$\begin{aligned} \sigma_i &= A_i \sigma_{oi} - B_i \sigma_{i-1} - C_i (FN)_{i-1} \\ (FN)_i &= (\sigma_{oi} - \sigma_i) \overline{a_i} \end{aligned} \quad (C.5)$$

Caso # 2; la integración comienza a partir de la punta de los pilotes, donde las condiciones de frontera $(FN)_1$, σ_{oi} y σ_1 son conocidos. Los valores desconocidos son: $(FN)_{i-1}$ y σ_{i-1} .

Substituyendo la ecuación C.1 en la C.3 obtenemos:

$$(FN)_i - (\sigma_{oi} - \sigma_{i-1}) \overline{a_{i-1}} = m_i (\sigma_i + \sigma_{i-1}) \Delta z_i$$

Y resolviendo para σ_{i-1} obtenemos:

$$\sigma_{i-1} = \frac{\overline{a_{i-1}}}{a_{i-1} - m_i \Delta z_i} \sigma_{oi-1} + \frac{m_i \Delta z_i}{a_{i-1} - m_i \Delta z_i} \sigma_i - \frac{1}{a_{i-1} - m_i \Delta z_i} (FN)_i$$

Y si definimos:

$$\overline{A_{i-1}} = \frac{\overline{a_{i-1}}}{a_{i-1} - m_i \Delta z_i}, \overline{B_{i-1}} = \frac{m_i \Delta z_i}{a_{i-1} - m_i \Delta z_i}, \overline{C_{i-1}} = \frac{1}{a_{i-1} - m_i \Delta z_i} \quad (C.6)$$

Entonces:

$$\begin{aligned} \sigma_{i-1} &= \overline{A_{i-1}} \sigma_{oi-1} + \overline{B_{i-1}} \sigma_i - \overline{C_{i-1}} (FN)_i \\ (FN)_{i-1} &= (\sigma_{oi-1} - \sigma_{i-1}) \overline{a_{i-1}} \end{aligned} \quad (C.7)$$

- Fricción positiva ($\sigma_i > \sigma_{oi}$)

Caso # 3; la integración comienza a partir de la cabeza de los pilotes donde las condiciones de frontera $(FP)_{i-1}$, σ_{oi-1} y σ_{i-1} son conocidas. Y los desconocidos son $(FP)_i$ y σ_i .

Substituyendo la ecuación C.2 en la C.3 obtenemos:

$$(\sigma_i - \sigma_{oi})\overline{a_i} - (FP)_{i-1} = m_i(\sigma_i + \sigma_{i-1})\Delta z_i$$

Y resolviendo para σ_i obtenemos:

$$\sigma_i = \frac{\overline{a_i}}{a_i - m_i \Delta z_i} \sigma_{oi} + \frac{m_i \Delta z_i}{a_i - m_i \Delta z_i} \sigma_{i-1} + \frac{1}{a_i - m_i \Delta z_i} (FP)_{i-1}$$

Y si definimos:

$$\overline{A_i} = \frac{\overline{a_i}}{a_i - m_i \Delta z_i}, \overline{B_i} = \frac{m_i \Delta z_i}{a_i - m_i \Delta z_i}, \overline{C_i} = \frac{1}{a_i - m_i \Delta z_i} \quad (C.8)$$

Entonces:

$$\sigma_i = \overline{A_i} \sigma_{oi} + \overline{B_i} \sigma_{i-1} + \overline{C_i} (FP)_{i-1} \quad (C.9)$$

$$(FP)_i = (\sigma_i - \sigma_{oi})\overline{a_i}$$

Caso # 4; la integración comienza a partir de la punta de los pilotes donde las condiciones de frontera son conocidas siendo $(FP)_0$, σ_{oi} y σ_i . Los desconocidos dentro del campo de pilotes son: $(FP)_{i-1}$ y σ_{i-1} .

Por lo que sustituyendo la ecuación C.1 en la ecuación C.3 tenemos:

$$(FP)_i - (\sigma_{i-1} - \sigma_{oi-1})\overline{a_{i-1}} = m_i(\sigma_i + \sigma_{i-1})\Delta z_i$$

Y resolviendo para σ_{i-1} obtenemos:

$$\sigma_{i-1} = \frac{\overline{a_{i-1}}}{a_{i-1} + m_i \Delta z_i} \sigma_{oi-1} - \frac{m_i \Delta z_i}{a_{i-1} + m_i \Delta z_i} \sigma_i + \frac{1}{a_{i-1} + m_i \Delta z_i} (FP)_i$$

Y si definimos:

$$A_{i-1} = \frac{\bar{a}_{i-1}}{a_{i-1} + m_i \Delta z_i}, B_{i-1} = \frac{m_i \Delta z_i}{a_{i-1} + m_i \Delta z_i}, C_{i-1} = \frac{1}{a_{i-1} + m_i \Delta z_i} \quad (C.10)$$

Por sustitución finalmente obtenemos:

$$\begin{aligned} \sigma_{i-1} &= A_{i-1} \sigma_{oi-1} - B_{i-1} \sigma_i + C_{i-1} (FP)_i \\ (FP)_{i-1} &= (\sigma_{i-1} - \sigma_{oi-1}) \bar{a}_{i-1} \end{aligned} \quad (C.11)$$

Los valores de $\bar{a}_i$ varían con la profundidad y son determinadas como se vio en el apéndice B. Cuando los pilotes son espaciados a corta distancia, a cierta profundidad el área tributaria alcanza el valor del área nominal $\bar{a} = \lambda \beta$ donde λ y β son los espaciamientos entre los pilotes. Por lo tanto en ese caso el área tributaria se considera constante a partir de dicha profundidad.

Los parámetros usados en los coeficientes A, B y C son:

$\bar{a}_i$ = área tributaria efectiva a la profundidad $z = i$.

$m_i = \pi r'_o K_{\phi i}$, en cm.

r'_o = radio efectivo, 1.05 r_o para fricción negativa y 1.1 r_o para fricción positiva.

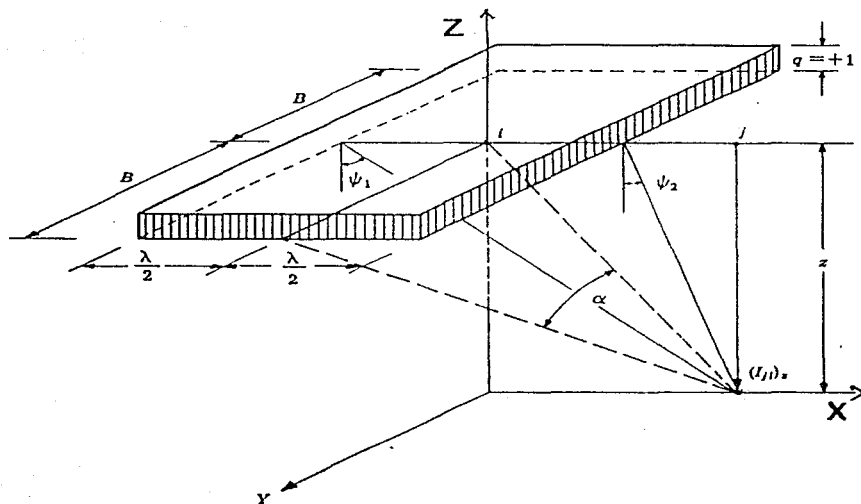
$K_{\phi i} = (\tan \phi_r) / N\phi$

$N\phi = (1 + \text{Sen}^2 \phi_r) / (1 - \text{Sen}^2 \phi_r)$

ϕ_r = ángulo de fricción interna del suelo remoldeado cercano al fuste del pilote.

APENDICE "D"

SOLUCION DE ZEEVAERT PARA UNA AREA RECTANGULAR UNIFORMEMENTE CARGADA



$\chi = 2$; Suelo estratificado, con estratos de diferentes deformabilidades.

$$I_{\mu} = \frac{1}{\pi} \left(\alpha_o + \frac{1}{2} \text{Sen} 2\alpha_o \right) (\text{Sen} \psi_1 - \text{Sen} \psi_2)$$

$\chi = 3$; Solución de Boussinesq. suelo homogéneo e isótropo.

$$I_{\mu} = \frac{3}{2\pi} \left(\text{Sen} \alpha_o - \frac{\text{Sen}^3 \alpha_o}{3} \right) \{ (\psi_1 - \psi_2) + \text{Sen}(\psi_1 - \psi_2) \text{Cos}(\psi_1 + \psi_2) \}$$

$\chi = 4$; Suelo homogéneo en que la compresibilidad se reduce con la profundidad, como en el caso de las arenas.

$$I_{\mu} = \frac{1}{\pi} \left(\frac{3}{2} \alpha_o + \frac{3}{4} \text{Sen} 2\alpha_o + \text{Sen} \alpha_o \text{Cos}^3 \alpha_o \right) \times \left\{ (\text{Sen} \psi_1 - \text{Sen} \psi_2) - \frac{1}{3} (\text{Sen}^3 \psi_1 - \text{Sen}^3 \psi_2) \right\}$$

En donde:

$$\alpha_o = \text{Tan}^{-1} \frac{B}{\sqrt{x^2 + z^2}}$$

$$\psi_1 = \text{Tan}^{-1} \frac{x + \lambda/2}{z}$$

$$\psi_2 = \text{Tan}^{-1} \frac{x - \lambda/2}{z}$$

APENDICE "E"

LISTADO DEL PROGRAMA "AVALON"

Sub Mnudataitem_Click (Index As Integer)

Select Case Index

Case 1

Retomar:

Estratos = Val(InputBox\$("¿Cuántos estratos son?"))

If Estratos = 0 Then GoTo Retomar

Piezo = Val(InputBox\$("¿Cuántos piezómetros existen?"))

Form5.Show

'Estructuración de tabla 1

Form5.Grid1.Cols = 6

Form5.Grid1.Rows = 1 + Estratos

Form5.Grid1.ColWidth(0) = 700

For I = 1 To 5

Form5.Grid1.ColAlignment(I) = 2

Form5.Grid1.ColWidth(I) = 1000

Next I

For I = 0 To Estratos

Form5.Grid1.RowHeight(I) = 280

Next I

Form5.Grid1.Width = 6100

If Estratos < 14 Then

Form5.Grid1.Height = 300 * (1 + Estratos)

If Estratos >= 14 Then

Form5.Grid1.Height = 4500

Form5.Grid1.Visible = True

Form5.Grid1.Col = 0

Form5.Grid1.Row = 0

Form5.Grid1.Text = " Estrato"

Form5.Grid1.Col = 1

Form5.Grid1.Row = 0

Form5.Grid1.Text = " Prof. de (m)"

Form5.Grid1.Col = 2

Form5.Grid1.Row = 0

Form5.Grid1.Text = " Prof. a (m)"

Form5.Grid1.Col = 3

Form5.Grid1.Row = 0

Form5.Grid1.Text = " P.V.(1/m^3)"

Form5.Grid1.Col = 4

Form5.Grid1.Row = 0

Form5.Grid1.Text = " Ang.Fricc.(%)"

Form5.Grid1.Row = 0

Form5.Grid1.Col = 5

Form5.Grid1.Text = " qu (1/m^2)"

For I = 1 To Estratos

Form5.Grid1.Col = 0

Form5.Grid1.Row = 1

Form5.Grid1.Text = " " + Str\$(I)

Next I

'Estructuración de tabla 2

If Piezo = 0 Then Form5.Grid2.Visible =

False

If Piezo > 0 Then

Form5.Grid2.Cols = 3

Form5.Grid2.Rows = 1 + Piezo

For I = 0 To 2

Form5.Grid2.ColWidth(I) = 1000

Next I

For I = 1 To 2

Form5.Grid2.ColAlignment(I) = 2

Next I

For I = 0 To Piezo

Form5.Grid2.RowHeight(I) = 280

Next I

Form5.Grid2.Width = 3340

If Piezo < 14 Then Form5.Grid2.Height = 300 * (1 + Piezo)

If Piezo >= 14 Then Form5.Grid2.Height = 4500

Form5.Grid2.Visible = True

Form5.Grid2.Col = 0

Form5.Grid2.Row = 0

Form5.Grid2.Text = " Piezómetro"

Form5.Grid2.Col = 1

Form5.Grid2.Row = 0

Form5.Grid2.Text = " Prof.(m)"

Form5.Grid2.Col = 2

Form5.Grid2.Row = 0

Form5.Grid2.Text = " Carga (m)"

For I = 1 To Piezo

Form5.Grid2.Col = 0

Form5.Grid2.Row = 1

Form5.Grid2.Text = " " + Str\$(I)

```

Next I
End If

'Habilitación del tab
If Piezo > 0 Then
Form5.Grid2.Col = 1
Form5.Grid2.Row = 1
End If
Form5.Grid1.Col = 1
Form5.Grid1.Row = 1

'Habilitación del botón
Form5.Command1.Visible = True

Case 2
Form2.Show

Case 3
Form6.Show

End Select

End Sub

Sub Command1_Click ()
'Asignación de valores de la malla 1
ReDim Profi(Estratos)
ReDim Proff(Estratos)
ReDim Pev(Estratos)
ReDim Ang(Estratos)
ReDim Qu(Estratos)
For I = 1 To Estratos
Grid1.Row = I
Grid1.Col = 1
Profi(I) = Val(Grid1.Text)
Grid1.Col = 2
Proff(I) = Val(Grid1.Text)
Grid1.Col = 3
Pev(I) = Val(Grid1.Text)
Grid1.Col = 4
Ang(I) = Val(Grid1.Text)
Grid1.Col = 5
Qu(I) = Val(Grid1.Text)
Next I

'Asignación de valores de la malla 2
If Piezo = 0 Then
ReDim Pp(Piezo)
ReDim Cp(Piezo)
GoTo Vamos
End If
If Piezo > 0 Then
ReDim Pp(Piezo)

```

```

ReDim Cp(Piezo)
For I = 1 To Piezo
Grid2.Row = I
Grid2.Col = 1
Pp(I) = Val(Grid2.Text)
Grid2.Col = 2
Cp(I) = Val(Grid2.Text)
Next I
End If
Vamos:

'Asignación del NAF
Naf = Val(InputBox$("¿Cuál es la
profundidad del N.A.F.(m)?"))
Unload Form5

End Sub

Sub Command1_Click ()
'Recabación de las cons. para áreas trib.
N = Val(Text1)
A = Text2
R0 = Val(Text4)
C = Val(Text5)
H = Val(text3)
Unload Form2

'Recabación de la retícula de pilotes
MsgBox "El lado corto corresponde al eje 'X' y
el lado largo al eje 'Y'", 16, "Avalon "
ReDim X(N)
ReDim Y(N)
If A = "n" Then
For I = 1 To N
X(I) = Val(InputBox$("Dame el valor de X(" +
Str$(I) + ") (m)"))
Y(I) = Val(InputBox$("Dame el valor de Y(" +
Str$(I) + ") (m)"))
Next I
End If
Static Z As Integer
Dim J As Integer
Dim K As Integer
If A = "s" Then
N5 = Val(InputBox$("Número de pilotes en
X?"))
B = Val(InputBox$("Separación de los pilotes
en X(m)?"))
N6 = Val(InputBox$("Número de pilotes en
Y?"))
L = Val(InputBox$("Separación de los pilotes
en Y(m)?"))
Z = 1

```

```

For J = 1 To N6
For K = 1 To N5
X(Z) = B * (K - 1)
Y(Z) = L * (J - 1)
Z = Z + 1
Next K
Next J
End If
Unload Form2

```

End Sub

Sub Command1_Click 0

'Verificación

```

If A = "n" Then MsgBox "No se puede para
una distribución no uniforme", 16, "Avalon II"
If A = "s" Then

```

'Recabación de datos

```

Dim Longitud As Single
Longitud = Val(Text3)

```

'Determinación de 3 At

```

Dim Pi As Single
Dim Z2 As Double
Dim Z3 As Double
Static I1 As Double
Static I2 As Double
Dim I3 As Double
Dim I4 As Double
Dim R As Double
Dim R1 As Double
Dim f As Double
Dim F1 As Double
Dim F2 As Double
Dim A0 As Double
Dim A1 As Double
Dim A2 As Double
Dim Area As Double
Dim L1 As Double
Dim B1 As Double
Dim B2 As Double
Static W As Integer
Dim Prof As Single
Dim Atee As Double
Dim Atx As Single
Dim Aty As Single
Dim Tu As Integer
For Tu = 2 To 4
Pi = 3.1416
Prof = Longitud
If Tu = 2 Then N2 = 2

```

```

If Tu = 3 Then N2 = N5 + 1

```

```

If Tu = 4 Then N2 = 1

```

```

U = Tu

```

```

Z2 = Sqr(2)

```

```

Z3 = Prof / Z2

```

```

I1 = 0

```

```

I2 = 0

```

```

If N2 = 1 Then

```

```

For I = N2 + 1 To N

```

```

R = Sqr((X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) - Y(N2)) ^

```

2)

```

f = Atn(R / Z3)

```

```

I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)

```

```

I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))

```

```

I1 = I1 + I3

```

```

I2 = I2 + I4

```

```

Next I

```

```

R = R0

```

```

f = Atn(R / Z3)

```

```

I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)

```

```

I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))

```

```

I1 = I1 + I3

```

```

I2 = I2 + I4

```

End If

```

If N2 = N Then

```

```

For I = 1 To N2 - 1

```

```

R = Sqr((X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) - Y(N2)) ^

```

2)

```

f = Atn(R / Z3)

```

```

I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)

```

```

I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))

```

```

I1 = I1 + I3

```

```

I2 = I2 + I4

```

```

Next I

```

```

R = R0

```

```

f = Atn(R / Z3)

```

```

I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)

```

```

I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))

```

```

I1 = I1 + I3

```

```

I2 = I2 + I4

```

End If

```

If N2 > 1 And N2 < N Then

```

```

For I = 1 To N2 - 1

```

```

R = Sqr((X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) - Y(N2)) ^

```

2)

```

f = Atn(R / Z3)

```

```

I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)

```

```

I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))

```

```

I1 = I1 + I3

```

```

I2 = I2 + I4

```

```

Next I

```

```

For I = N2 + 1 To N

```

```

R = Sqr((X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) - Y(N2)) ^ 2)
2) f = Atn(R / Z3)
   I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
   I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
   I1 = I1 + I3
   I2 = I2 + I4
Next I
R = R0
f = Atn(R / Z3)
I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
I1 = I1 + I3
I2 = I2 + I4
End If
I1 = Abs(I1)
I2 = Abs(I2)
If C = 1 Then Area = Pi * Prof ^ 2 / I1
If C = 2 Then Area = (Pi * (Prof ^ 2) * 2) / (Z2 * I2)
If C = 3 Then Area = ((2 * H + Prof) * Pi * Prof ^ 2) / (Prof * I1 + H * I2)
A0 = Pi * R0 ^ 2
R1 = Sqr(Area / Pi)
If U = 2 Then
  L1 = L
  B1 = B
  If R1 > B1 / 2 Then
    A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-(B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
    If R1 > L1 / 2 Then
      F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) + .5 *
Cos(A2 * (Pi / 180))
      A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 - A0
      Atx = A1
    Else
      A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 * R1 *
Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
      Atx = A1
    End If
  End If
  If R1 > L1 / 2 Then
    A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 / (2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
    A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 + L1 *
R1 * Sin(A2 / 2) * (Pi / 180)) - A0
    Atx = A1
  Else
    A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
    Atx = A1
  End If
End If
If R1 > L1 / 2 Then
  A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 / (2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
  A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 + L1 *
R1 * Sin(A2 / 2) * (Pi / 180)) - A0
  Atx = A1
Else
  A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
  Atx = A1
End If

```

```

End If
If U = 3 Then
  L1 = B
  B1 = L
  If R1 > B1 / 2 Then
    A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-(B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
    If R1 > L1 / 2 Then
      F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) + .5 *
Cos(A2 * (Pi / 180))
      A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 - A0
      Aty = A1
    Else
      A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 * R1 *
Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
      Aty = A1
    End If
  End If
  If R1 > L1 / 2 Then
    A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 / (2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
    A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 + L1 *
R1 * Sin(A2 / 2) * (Pi / 180)) - A0
    Aty = A1
  Else
    A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
    Aty = A1
  End If
End If
If U = 4 Then
  If R1 > B / 2 Then
    If R1 > L / 2 Then
      A2 = (Atn((B / (2 * R1)) / Sqr(-(B / (2 * R1)) * (B / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
      B2 = (Atn((L / (2 * R1)) / Sqr(-(L / (2 * R1)) * (L / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
      F1 = Pi * A2 * R1 / (180 * B) + .5 *
Cos(B2 * (Pi / 180))
      F2 = Pi * B2 * R1 / (180 * L) + .5 *
Cos(B2 * (Pi / 180))
      A1 = Pi * R1 ^ 2 / 4 + R1 / 2 * (F1 * B + F2 * L) + L * B / 4 - A0
      Atee = A1
    Else
      A2 = (Atn((B / (2 * R1)) / Sqr(-(B / (2 * R1)) * (B / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
      L1 = B
      A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 + L1 *
R1 * Sin(A2 * (Pi / 180)) / 2 - A0
      Atee = A1
    End If
  End If

```

```

End If
If R1 > L / 2 Then
    L1 = L
    B1 = B
    A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-L1 / (2 *
R1)) * (L1 / (2 * R1)) + 1)) - (Pi / 2)) * (-180 /
Pi)
    A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 + L1 *
R1 * Sin(A2 * (Pi / 180)) / 2 - A0
    Atce = A1
Else
    A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
    Atce = A1
End If
End If
Next Tu

```

```

'Cálculo del área extra a la profundidad
Dim Extra As Double
Dim Atotali As Double
Extra = (Atce - (.25 * B * L)) * 4 + ((Atx - (.5
* B * L)) * 2 * (N5 - 2)) + ((Aty - (.5 * B * L)) *
2 * (N6 - 2))
Atotali = Extra + (Val(Text1) * Val(Text2))
Bi = Sqr(Val(Text1) / Val(Text2)) * Atotali
Li = Atotali / Bi
Text4 = Format$(Bi, "####.##")
Text5 = Format$(Li, "####.##")
End If

```

End Sub

```

Sub Command2_Click ()
If A = "n" Then
    Li = (Val(Text1)) * .5
    Bi = (Val(Text2)) * .5
    Xi = Val(Text6)
End If
If A = "s" Then
    Li = (Val(Text4)) * .5
    Bi = (Val(Text5)) * .5
    Xi = Val(Text6)
End If
Lii = (Val(Text1)) * .5
Bii = (Val(Text2)) * .5
Unload Form6

```

End Sub

```

Sub Mnurunitem_Click (Index As Integer)
Select Case Index
Case 1
    Sobre = 0

```

```

Exe2 = 0
H1 = Val(InputBox$("¿Cuál es la
profundidad de la 1ª etapa de excavación
(m)?"))
HTT = Val(InputBox$("¿Cuál es la
profundidad de desplante de la cimentación
(m)?"))
Longi = Val(InputBox$("¿Cuál es la
profundidad a la que llegan los pilotes (m)?"))

```

```

'Determinación de esf. efectivo
ReDim Esf(3 * Estratos)
Static Prof As Single
Static Esfuerzo As Single
Dim Pa As Single
Static N As Integer
Dim J As Integer
N = 0
Prof = 0
Esfuerzo = 0
For I = 1 To Estratos
    Prof = Prof + ((Proff(I) - Profi(I)) / 3)
    Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * ((Proff(I) -
Profi(I)) / 3)
    If Piezo = 0 And Naf <= Prof Then Pa =
Prof - Naf
    If Piezo > 0 Then
        If Prof > Naf And Prof < Pp(1) Then
            Pa = (Cp(1) / (Pp(1) - Naf)) * (Prof - Naf)
            For J = 1 To (Piezo - 1)
                If Prof >= Pp(J) And Prof < Pp(J +
1) Then Pa = Cp(J) + ((Cp(J + 1) - Cp(J)) /
(Pp(J + 1) - Pp(J))) * (Prof - Pp(J))
            Next J
            If Prof >= Pp(Piezo) Then Pa =
Cp(Piezo) + Prof - Pp(Piezo)
        End If
        N = N + 1
        Esf(N) = Esfuerzo - Pa
        Prof = Prof + ((Proff(I) - Profi(I)) / 3)
        Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * ((Proff(I) -
Profi(I)) / 3)
        If Piezo = 0 And Naf <= Prof Then Pa =
Prof - Naf
        If Piezo > 0 Then
            If Prof > Naf And Prof < Pp(1) Then
                Pa = (Cp(1) / (Pp(1) - Naf)) * (Prof - Naf)
                For J = 1 To (Piezo - 1)
                    If Prof >= Pp(J) And Prof < Pp(J +
1) Then Pa = Cp(J) + ((Cp(J + 1) - Cp(J)) /
(Pp(J + 1) - Pp(J))) * (Prof - Pp(J))
                Next J

```

```

    If Prof >= Pp(Piezo) Then Pa =
Cp(Piezo) + Prof - Pp(Piezo)
    End If
    N = N + 1
    Esf(N) = Esfuerzo - Pa
    Prof = Prof + ((Proff(I) - Profi(I)) / 3)
    Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * ((Proff(I) -
Profi(I)) / 3)
    If Piezo = 0 And Naf <= Prof Then Pa =
Prof - Naf
    If Piezo > 0 Then
        If Prof > Naf And Prof < Pp(I) Then
Pa = (Cp(I) / (Pp(I) - Naf)) * (Prof - Naf)
            For J = 1 To (Piezo - 1)
                If Prof >= Pp(J) And Prof < Pp(J +
1) Then Pa = Cp(J) + ((Cp(J + 1) - Cp(J)) /
(Pp(J + 1) - Pp(J))) * (Prof - Pp(J))
                Next J
            If Prof >= Pp(Piezo) Then Pa =
Cp(Piezo) + Prof - Pp(Piezo)
        End If
        N = N + 1
        Esf(N) = Esfuerzo - Pa
        Next I

'Determinación de Esf(0)
Dim Dz As Single
N = 0
Prof = 0
Esfuerzo = 0
Pa = 0
For I = 1 To Estratos
    If H1 >= Prof And H1 <= (Prof + (Proff(I)
- Profi(I))) Then Dz = H1 - Prof
    If H1 > Prof And H1 > (Prof + (Proff(I) -
Profi(I))) Then Dz = (Proff(I) - Profi(I))
    Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * Dz
    Prof = Prof + Dz
    If Prof = H1 Then GoTo Ir
Next I
Ir:
    If Piezo = 0 And Naf <= H1 Then Pa =
H1 - Naf
    If Piezo > 0 Then
        If H1 > Naf And H1 < Pp(I) Then Pa
= (Cp(I) / (Pp(I) - Naf)) * (H1 - Naf)
            For J = 1 To (Piezo - 1)
                If H1 >= Pp(J) And H1 < Pp(J + 1)
Then Pa = Cp(J) + ((Cp(J + 1) - Cp(J)) / (Pp(J
+ 1) - Pp(J))) * (H1 - Pp(J))
                Next J
            If H1 >= Pp(Piezo) Then Pa =
Cp(Piezo) + H1 - Pp(Piezo)
        End If
        Esf = Esfuerzo - Pa

'Determinación de Esfnaf
N = 0
Prof = 0
Esfuerzo = 0
Pa = 0
For I = 1 To Estratos
    If Naf >= Prof And Naf <= (Prof +
(Proff(I) - Profi(I))) Then Dz = Naf - Prof
    If Naf > Prof And Naf > (Prof + (Proff(I) -
Profi(I))) Then Dz = (Proff(I) - Profi(I))
    Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * Dz
    Prof = Prof + Dz
    If Prof = Naf Then GoTo Irnaf
Next I
Irnaf:
    If Piezo = 0 Then Pa = 0
    If Piezo > 0 Then
        For J = 1 To (Piezo - 1)

```

```

        End If
        Esf(0) = Esfuerzo - Pa
        Exc1 = Esf(0)

'Determinación de EsfT
Dim EsfT As Double
N = 0
Prof = 0
Esfuerzo = 0
Pa = 0
For I = 1 To Estratos
    If HT >= Prof And HT <= (Prof +
(Proff(I) - Profi(I))) Then Dz = HT - Prof
    If HT > Prof And HT > (Prof + (Proff(I) -
Profi(I))) Then Dz = (Proff(I) - Profi(I))
    Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * Dz
    Prof = Prof + Dz
    If Prof = HT Then GoTo Irial
Next I
Irial:
    If Piezo = 0 And Naf <= HT Then Pa =
HT - Naf
    If Piezo > 0 Then
        If HT > Naf And HT < Pp(I) Then Pa
= (Cp(I) / (Pp(I) - Naf)) * (HT - Naf)
            For J = 1 To (Piezo - 1)
                If HT >= Pp(J) And HT < Pp(J + 1)
Then Pa = Cp(J) + ((Cp(J + 1) - Cp(J)) / (Pp(J
+ 1) - Pp(J))) * (HT - Pp(J))
                Next J
            If HT >= Pp(Piezo) Then Pa =
Cp(Piezo) + HT - Pp(Piezo)
        End If
        EsfT = Esfuerzo - Pa

'Determinación de Esfnaf
N = 0
Prof = 0
Esfuerzo = 0
Pa = 0
For I = 1 To Estratos
    If Naf >= Prof And Naf <= (Prof +
(Proff(I) - Profi(I))) Then Dz = Naf - Prof
    If Naf > Prof And Naf > (Prof + (Proff(I) -
Profi(I))) Then Dz = (Proff(I) - Profi(I))
    Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * Dz
    Prof = Prof + Dz
    If Prof = Naf Then GoTo Irnaf
Next I
Irnaf:
    If Piezo = 0 Then Pa = 0
    If Piezo > 0 Then
        For J = 1 To (Piezo - 1)

```

```

    If Naf >= Pp(J) And Naf < Pp(J + 1)
Then Pa = Cp(J) + ((Cp(J + 1) - Cp(J)) / (Pp(J
+ 1) - Pp(J))) * (Naf - Pp(J))

```

```

    Next J

```

```

    If Naf >= Pp(Piezo) Then Pa =
Cp(Piezo) + Naf - Pp(Piezo)

```

```

    End If

```

```

    Esfnaf = Esfuerzo - Pa

```

'Determinación del # de puntos por

pilote

```

    Static Puntos As Integer

```

```

    Prof = 0

```

```

    Puntos = 0

```

```

    For I = 1 To Estratos

```

```

        Puntos = Puntos + 1

```

```

        Prof = Prof + (Prof(I) - Prof(I)) / 3

```

```

        If Longi <= Prof Then GoTo Exi

```

```

        Puntos = Puntos + 1

```

```

        Prof = Prof + (Prof(I) - Prof(I)) / 3

```

```

        If Longi <= Prof Then GoTo Exi

```

```

        Puntos = Puntos + 1

```

```

        Prof = Prof + (Prof(I) - Prof(I)) / 3

```

```

        If Longi <= Prof Then GoTo Exi

```

```

    Next I

```

Exi:

```

    Valores = Puntos

```

'Determinación de las áreas tributarias

```

    ReDim Prfat(Valores)

```

```

    ReDim Ate(Valores)

```

```

    ReDim Atb(Valores)

```

```

    ReDim Atl(Valores)

```

```

    ReDim Ate(Valores)

```

```

    Dim Pi As Single

```

```

    Dim Z2 As Double

```

```

    Dim Z3 As Double

```

```

    Static I1 As Double

```

```

    Static I2 As Double

```

```

    Dim I3 As Double

```

```

    Dim I4 As Double

```

```

    Dim R As Double

```

```

    Dim R1 As Double

```

```

    Dim f As Double

```

```

    Dim F1 As Double

```

```

    Dim F2 As Double

```

```

    Dim A0 As Double

```

```

    Dim A1 As Double

```

```

    Dim A2 As Double

```

```

    Dim Area As Double

```

```

    Dim L1 As Double

```

```

    Dim B1 As Double

```

```

    Dim B2 As Double

```

```

    Static W As Integer

```

```

    Dim Reviso As Single

```

```

    Dim Tu As Integer

```

```

    For Tu = 1 To 4

```

```

        U = Tu

```

```

        If Tu = 1 Then N2 = N5 + 2

```

```

        If Tu = 2 Then N2 = Int(N5 / 2)

```

```

        If Tu = 3 Then N2 = N5 + 1

```

```

        If Tu = 4 Then N2 = 1

```

```

        Pi = 3.1416

```

```

        Prof = 0

```

```

        W = 0

```

```

        For J = 1 To Estratos

```

```

            Reviso = Prof

```

```

            If Reviso <= Longi And Longi <= (Reviso
+ ((Prof(J) - Prof(J)) / 3)) Then Prof = Longi

```

```

            If Reviso < Longi And Longi > (Reviso +
((Prof(J) - Prof(J)) / 3)) Then Prof = Prof +
((Prof(J) - Prof(J)) / 3)

```

```

            W = W + 1

```

```

            Prfat(W) = Prof

```

```

            Z2 = Sqr(2)

```

```

            Z3 = Prof / Z2

```

```

            I1 = 0

```

```

            I2 = 0

```

```

            If N2 = 1 Then

```

```

                For I = N2 + 1 To N

```

```

                    R = Sqr((X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) -
Y(N2)) ^ 2)

```

```

                    f = Atn(R / Z3)

```

```

                    I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)

```

```

                    I3 = 14 - ((Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))

```

```

                    I1 = I1 + I3

```

```

                    I2 = I2 + I4

```

```

                Next I

```

```

                R = R0

```

```

                f = Atn(R / Z3)

```

```

                I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)

```

```

                I3 = 14 - ((Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))

```

```

                I1 = I1 + I3

```

```

                I2 = I2 + I4

```

```

            End If

```

```

            If N2 = N Then

```

```

                For I = 1 To N2 - 1

```

```

                    R = Sqr((X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) -
Y(N2)) ^ 2)

```

```

                    f = Atn(R / Z3)

```

```

                    I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)

```

```

                    I3 = 14 - ((Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))

```

```

                    I1 = I1 + I3

```

```

                    I2 = I2 + I4

```

```

                Next I

```

```

                R = R0

```

```

f = Atn(R / Z3)
14 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
13 = 14 * (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
11 = 11 + 13
12 = 12 + 14
End If
If N2 > 1 And N2 < N Then
  For I = 1 To N2 - 1
    R = Sqr(X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) -
Y(N2)) ^ 2)
    f = Atn(R / Z3)
    14 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
    13 = 14 * (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
    11 = 11 + 13
    12 = 12 + 14
  Next I
  For I = N2 + 1 To N
    R = Sqr(X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) -
Y(N2)) ^ 2)
    f = Atn(R / Z3)
    14 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
    13 = 14 * (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
    11 = 11 + 13
    12 = 12 + 14
  Next I
  R = R0
  f = Atn(R / Z3)
  14 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
  13 = 14 * (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
  11 = 11 + 13
  12 = 12 + 14
End If
11 = Abs(11)
12 = Abs(12)
If C = 1 Then Area = Pi * Prof ^ 2 / 11
If C = 2 Then Area = (Pi * (Prof ^ 2) * 2)
/ (Z2 * 12)
If C = 3 Then Area = ((2 * 11 + Prof) * Pi
* Prof ^ 2) / (Prof * 11 + 11 * 12)
A0 = Pi * R0 ^ 2
R1 = Sqr(Area / Pi)
If U = 1 Then
  A1 = (L * B) - A0
  If A1 <= Area Then Atc(W) = A1 Else
Atc(W) = Area
End If
If U = 2 Then
  L1 = L
  B1 = B
  If R1 > B1 / 2 Then
    A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-
(B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) *
(-180 / Pi)

```

```

If R1 > L1 / 2 Then
  F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) +
.5 * Cos(A2 * (Pi / 180))
  A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 -
A0
  Atb(W) = A1
Else
  A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 *
R1 * Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
  Atb(W) = A1
End If
End If
If R1 > L1 / 2 Then
  A2 = (Atn(L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 /
(2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-
180 / Pi)
  A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 +
L1 * R1 * Sin((A2 / 2) * (Pi / 180)) - A0
  Atb(W) = A1
Else
  A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
  Atb(W) = A1
End If
End If
If U = 3 Then
  L1 = B
  B1 = L
  If R1 > B1 / 2 Then
    A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-
(B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) *
(-180 / Pi)
    If R1 > L1 / 2 Then
      F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) +
.5 * Cos(A2 * (Pi / 180))
      A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 -
A0
      Atb(W) = A1
    Else
      A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 *
R1 * Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
      Atb(W) = A1
    End If
  End If
  If R1 > L1 / 2 Then
    A2 = (Atn(L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 /
(2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-
180 / Pi)
    A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 +
L1 * R1 * Sin((A2 / 2) * (Pi / 180)) - A0
    Atb(W) = A1
  Else
    A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
    Atb(W) = A1
  End If

```

```

End If
End If
If U = 4 Then
  If R1 > B / 2 Then
    If R1 > L / 2 Then
      A2 = (Atn((B / (2 * R1)) / Sqr(-(B /
(2 * R1)) * (B / (2 * R1) + 1)) * (180 / Pi)
      B2 = (Atn((L / (2 * R1)) / Sqr(-(L /
(2 * R1)) * (L / (2 * R1) + 1)) * (180 / Pi)
      F1 = Pi * A2 * R1 / (180 * B) + .5
      * Cos(B2 * (Pi / 180))
      F2 = Pi * B2 * R1 / (180 * L) + .5
      * Cos(B2 * (Pi / 180))
      A1 = Pi * R1 ^ 2 / 4 + R1 / 2 * (P1
      * B + F2 * L) + L * B / 4 - A0
      Ate(W) = A1
    Else
      A2 = (Atn((B / (2 * R1)) / Sqr(-(B /
(2 * R1)) * (B / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2)) * (-180
/ Pi)
      L1 = B
      A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 +
L1 * R1 * Sin(A2 * (Pi / 180)) / 2 - A0
      Ate(W) = A1
    End If
  End If
  If R1 > L / 2 Then
    L1 = L
    B1 = B
    A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 /
(2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2)) * (-
180 / Pi)
    A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 +
L1 * R1 * Sin(A2 * (Pi / 180)) / 2 - A0
    Ate(W) = A1
  Else
    A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
    Ate(W) = A1
  End If
End If
Reviso = Prof
If Prof = Longi Then GoTo Salida
If Reviso <= Longi And Longi <= (Reviso
+ ((Prof(J) - Profi(J)) / 3)) Then Prof = Longi
If Reviso < Longi And Longi > (Reviso +
((Prof(J) - Profi(J)) / 3)) Then Prof = Prof +
((Prof(J) - Profi(J)) / 3)
W = W + 1
Prfat(W) = Prof
Z2 = Sqr(2)
Z3 = Prof / Z2
I1 = 0
I2 = 0

```

```

If N2 = 1 Then
  For I = N2 + 1 To N
    R = Sqr(X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) -
Y(N2)) ^ 2)
    f = Atn(R / Z3)
    I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
    I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
    I1 = I1 + I3
    I2 = I2 + I4
  Next I
  R = R0
  f = Atn(R / Z3)
  I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
  I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
  I1 = I1 + I3
  I2 = I2 + I4
End If
If N2 = N Then
  For I = 1 To N2 - 1
    R = Sqr(X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) -
Y(N2)) ^ 2)
    f = Atn(R / Z3)
    I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
    I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
    I1 = I1 + I3
    I2 = I2 + I4
  Next I
  R = R0
  f = Atn(R / Z3)
  I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
  I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
  I1 = I1 + I3
  I2 = I2 + I4
End If
If N2 > 1 And N2 < N Then
  For I = 1 To N2 - 1
    R = Sqr(X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) -
Y(N2)) ^ 2)
    f = Atn(R / Z3)
    I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
    I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
    I1 = I1 + I3
    I2 = I2 + I4
  Next I
  For I = N2 + 1 To N
    R = Sqr(X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) -
Y(N2)) ^ 2)
    f = Atn(R / Z3)
    I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
    I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
    I1 = I1 + I3
    I2 = I2 + I4
  Next I

```

```

R = R0
f = Atn(R / Z3)
I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
I1 = I1 + I3
I2 = I2 + I4
End If
I1 = Abs(I1)
I2 = Abs(I2)
If C = 1 Then Area = Pi * Prof ^ 2 / 11
If C = 2 Then Area = Pi * Prof ^ 2 * 2 /
(Z2 * I2)
If C = 3 Then Area = ((2 * H + Prof) * Pi
* Prof ^ 2) / (Prof * I1 + H * I2)
A0 = Pi * R0 ^ 2
R1 = Sqr(Area / Pi)
If U = 1 Then
    A1 = (I1 * B) - A0
    If A1 <= Area Then Ate(W) = A1 Else
Ate(W) = Area
End If
If U = 2 Then
    L1 = L
    B1 = B
    If R1 > B1 / 2 Then
        A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) /
Sqr(-(B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2) /
2)) * (-180 / Pi)
        If R1 > L1 / 2 Then
            F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) +
.5 * Cos(A2 * (Pi / 180))
            A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 -
A0
            Ate(W) = A1
        Else
            A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 *
R1 * Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
            Ate(W) = A1
        End If
    End If
    If R1 > L1 / 2 Then
        A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 /
(2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2) * (-
180 / Pi)
        F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) +
.5 * Cos(A2 * (Pi / 180))
        A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 -
A0
        Ate(W) = A1
    Else
        A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 *
R1 * Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
        Ate(W) = A1
    End If
End If
If R1 > L1 / 2 Then
    A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 /
(2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2) * (-
180 / Pi)
    F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) +
.5 * Cos(A2 * (Pi / 180))
    A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 -
A0
    Ate(W) = A1
Else
    A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
    Ate(W) = A1
End If
If U = 3 Then
    L1 = L
    B1 = B
    If R1 > B1 / 2 Then
        A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) /
Sqr(-(B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2) /
2)) * (-180 / Pi)
        If R1 > L1 / 2 Then
            F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) +
.5 * Cos(A2 * (Pi / 180))
            A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 -
A0
            Ate(W) = A1
        Else
            A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 *
R1 * Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
            Ate(W) = A1
        End If
    End If
    If R1 > L1 / 2 Then
        A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 /
(2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2) * (-
180 / Pi)
        F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) +
.5 * Cos(A2 * (Pi / 180))
        A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 -
A0
        Ate(W) = A1
    Else
        A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
        Ate(W) = A1
    End If
End If
If U = 3 Then

```

```

L1 = B
B1 = L
If R1 > B1 / 2 Then
    A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-(
B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2) *
(-180 / Pi)
    If R1 > L1 / 2 Then
        F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) +
.5 * Cos(A2 * (Pi / 180))
        A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 -
A0
        Ate(W) = A1
    Else
        A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 *
R1 * Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
        Ate(W) = A1
    End If
End If
If R1 > L1 / 2 Then
    A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 /
(2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2) * (-
180 / Pi)
    F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) +
.5 * Cos(A2 * (Pi / 180))
    A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 -
A0
    Ate(W) = A1
Else
    A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
    Ate(W) = A1
End If
End If
If U = 4 Then
    If R1 > B / 2 Then
        If R1 > L / 2 Then
            A2 = (Atn((B / (2 * R1)) / Sqr(-(B /
(2 * R1)) * (B / (2 * R1) + 1)) * (180 / Pi)
            B2 = (Atn((L / (2 * R1)) / Sqr(-(L /
(2 * R1)) * (L / (2 * R1) + 1)) * (180 / Pi)
            F1 = Pi * A2 * R1 / (180 * B) + .5
* Cos(B2 * (Pi / 180))
            F2 = Pi * B2 * R1 / (180 * L) + .5
* Cos(B2 * (Pi / 180))
            A1 = Pi * R1 ^ 2 / 4 + R1 / 2 * (F1
* B + F2 * L) + L * B / 4 - A0
            Ate(W) = A1
        Else
            A2 = (Atn((B / (2 * R1)) / Sqr(-(B /
(2 * R1)) * (B / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2) * (-180
/ Pi)
            L1 = B
            A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 +
L1 * R1 * Sin(A2 * (Pi / 180)) / 2 - A0
            Ate(W) = A1
        End If
    End If

```

```

End If
If R1 > L / 2 Then
  L1 = L
  B1 = B
  A2 = (Atn((L1 / (2 * R1))) / Sqr(-(L1 /
(2 * R1)) * (L1 / (2 * R1)) + 1)) - (Pi / 2)) * (-
180 / Pi)
  A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 +
L1 * R1 * Sin(A2 * (Pi / 180)) / 2 - A0
  Ate(W) = A1
Else
  A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
  Ate(W) = A1
End If
End If
If Prof = Longi Then GoTo Salida
Reviso = Prof
If Reviso <= Longi And Longi <= (Reviso
+ ((Prof(d) - Prof(i)) / 3)) Then Prof = Longi
If Reviso < Longi And Longi > (Reviso +
((Prof(d) - Prof(i)) / 3)) Then Prof = Prof +
((Prof(d) - Prof(i)) / 3)
W = W + 1
Prfat(W) = Prof
Z2 = Sqr(2)
Z3 = Prof / Z2
I1 = 0
I2 = 0
If N2 = 1 Then
  For I = N2 + 1 To N
    R = Sqr(X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) -
Y(N2)) ^ 2
    f = Atn(R / Z3)
    I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
    I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
    I1 = I1 + I3
    I2 = I2 + I4
  Next I
  R = R0
  f = Atn(R / Z3)
  I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
  I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
  I1 = I1 + I3
  I2 = I2 + I4
Next I
R = R0
f = Atn(R / Z3)
I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
I1 = I1 + I3
I2 = I2 + I4
End If
If N2 = N Then
  For I = 1 To N2 - 1
    R = Sqr(X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) -
Y(N2)) ^ 2
    f = Atn(R / Z3)
    I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
    I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
    I1 = I1 + I3
    I2 = I2 + I4
  Next I
  R = R0
  f = Atn(R / Z3)
  I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
  I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
  I1 = I1 + I3
  I2 = I2 + I4
End If
If N2 = N Then
  For I = 1 To N2 - 1
    R = Sqr(X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) -
Y(N2)) ^ 2
    f = Atn(R / Z3)
    I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
    I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
    I1 = I1 + I3
    I2 = I2 + I4
  Next I
  R = R0
  f = Atn(R / Z3)
  I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
  I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
  I1 = I1 + I3
  I2 = I2 + I4
End If

```

```

I2 = I2 + I4
Next I
R = R0
f = Atn(R / Z3)
I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
I1 = I1 + I3
I2 = I2 + I4
End If
If N2 > 1 And N2 < N Then
  For I = 1 To N2 - 1
    R = Sqr(X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) -
Y(N2)) ^ 2
    f = Atn(R / Z3)
    I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
    I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
    I1 = I1 + I3
    I2 = I2 + I4
  Next I
  For I = N2 + 1 To N
    R = Sqr(X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) -
Y(N2)) ^ 2
    f = Atn(R / Z3)
    I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
    I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
    I1 = I1 + I3
    I2 = I2 + I4
  Next I
  R = R0
  f = Atn(R / Z3)
  I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
  I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
  I1 = I1 + I3
  I2 = I2 + I4
End If
I1 = Abs(I1)
I2 = Abs(I2)
If C = 1 Then Area = Pi * Prof ^ 2 / I1
If C = 2 Then Area = Pi * Prof ^ 2 * 2 /
(Z2 * I2)
If C = 3 Then Area = ((2 * H + Prof) * Pi
* Prof ^ 2) / (Prof * I1 + I1 * I2)
A0 = Pi * R0 ^ 2
R1 = Sqr(Area / Pi)
If U = 1 Then
  A1 = (L * I3) - A0
  If A1 <= Area Then Ate(W) = A1 Else
Ate(W) = Area
End If
If U = 2 Then
  L1 = L
  B1 = B
  If R1 > B1 / 2 Then

```

```

A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-(
(B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2)) *
(-180 / Pi)
If R1 > L1 / 2 Then
    F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) +
.5 * Cos(A2 * (Pi / 180))
    A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 -
A0
    Atb(W) = A1
Else
    A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 *
R1 * Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
    Atb(W) = A1
End If
End If
If R1 > L1 / 2 Then
    A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 /
(2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2)) * (-
180 / Pi)
    A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 +
L1 * R1 * Sin(A2 / 2 * (Pi / 180)) - A0
    Atb(W) = A1
Else
    A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
    Atb(W) = A1
End If
End If
If U = 3 Then
    L1 = B
    B1 = L
    If R1 > B1 / 2 Then
        A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-(
(B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2)) *
(-180 / Pi)
        If R1 > L1 / 2 Then
            F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) +
.5 * Cos(A2 * (Pi / 180))
            A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 -
A0
            Atl(W) = A1
        Else
            A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 *
R1 * Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
            Atl(W) = A1
        End If
    End If
    If R1 > L1 / 2 Then
        A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 /
(2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2)) * (-
180 / Pi)
        A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 +
L1 * R1 * Sin(A2 / 2 * (Pi / 180)) - A0
        Atl(W) = A1
    Else
        A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
        Atl(W) = A1
    End If
End If
Next J

```

```

Else
    A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
    At(W) = A1
End If
End If
If U = 4 Then
    If R1 > B1 / 2 Then
        If R1 > L1 / 2 Then
            A2 = (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-(B /
(2 * R1)) * (B / (2 * R1) + 1)) * (180 / Pi)
            B2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L /
(2 * R1)) * (L / (2 * R1) + 1)) * (180 / Pi)
            F1 = Pi * A2 * R1 / (180 * B) + .5
* Cos(B2 * (Pi / 180))
            F2 = Pi * B2 * R1 / (180 * L) + .5
* Cos(B2 * (Pi / 180))
            A1 = Pi * R1 ^ 2 / 4 + R1 / 2 * (F1
* B + F2 * L) + L * B / 4 - A0
            At(W) = A1
        Else
            A2 = (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-(B /
(2 * R1)) * (B / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2)) * (-180
/ Pi)
            L1 = B
            A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 +
L1 * R1 * Sin(A2 * (Pi / 180)) / 2 - A0
            At(W) = A1
        End If
    End If
    If R1 > L1 / 2 Then
        L1 = L
        B1 = B
        A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 /
(2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2)) * (-
180 / Pi)
        A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 +
L1 * R1 * Sin(A2 * (Pi / 180)) / 2 - A0
        At(W) = A1
    Else
        A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
        At(W) = A1
    End If
End If
If Prof = Longi Then GoTo Salida
Next J

```

Salida:
Next Tu

'Determinación de valores para graficar

PF

Dim Mi, As Double
ReDim PFC(Valores)
ReDim PFB(Valores)

```

ReDim PFI(Valores)
ReDim PFe(Valores)
Static Sm As Double
Static Sn As Double
Static So As Double
Static PFM As Double
Static PFN As Double
Static PFO As Double
For Tu = 1 To 4
  N = 0
  Prof = 0
  For I = 1 To Estratos
    N = N + 1
    Prof = Prof + (Poff(I) - Profi(I)) / 3
  If Prof > HT Then
    Dim Ii As Double
    Dim al0 As Double
    Dim T1 As Double
    Dim T2 As Double
    Dim P As Single
    If Prof > HT And HT >= (Prof - ((Poff(I) - Profi(I)) / 3)) Then
      If HT = H1 Then
        Ii = 1
        GoTo Ig1:
      End If
      P = HT - H1
      al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
      T1 = Atn(Lii / P)
      T2 = Atn(-Lii / P)
      If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 * al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
      If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) - ((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * (T1 - T2) + (Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2))
      If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 / 4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) - (Sin(T2) ^ 3)))
      Ig1:
      So = Esf(I) - (Exc1 * Ii)
      PFO = 0
    End If
    P = Prof - H1
    al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
    T1 = Atn(Lii / P)
    T2 = Atn(-Lii / P)
    If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 * al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
    If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) - ((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * (T1 - T2) + (Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2))

```

```

If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 / 4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) - (Sin(T2) ^ 3)))
If Prof > HT And HT > (Prof - ((Poff(I) - Profi(I)) / 3)) Then Dz = Prof - HT
If Prof > HT And HT <= (Prof - ((Poff(I) - Profi(I)) / 3)) Then Dz = (Poff(I) - Profi(I)) / 3
If Prof > HT And Prof >= Longi Then Dz = Longi - Profi(I)
Mi = Pi * 1.1 * R0 * (Tan(Ang(I) * (Pi / 180))) / ((1 + (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2) / (1 - (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2))
If Prof > HT Then
  If Tu = 1 Then
    Sm = ((Esf(N) - (Exc1 * Ii)) * (Ate(N) / (Ate(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) / (Ate(N) - (Mi * Dz)))) + (PFO * (1 / (Ate(N) - Mi * Dz)))
    PFM = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) * Ate(N)
  End If
  If Tu = 2 Then
    Sm = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Atb(N) / (Atb(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) / (Atb(N) - (Mi * Dz)))) + (PFO * (1 / (Atb(N) - Mi * Dz)))
    PFM = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) * Atb(N)
  End If
  If Tu = 3 Then
    Sm = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Atl(N) / (Atl(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) / (Atl(N) - (Mi * Dz)))) + (PFO * (1 / (Atl(N) - Mi * Dz)))
    PFM = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) * Atl(N)
  End If
  If Tu = 4 Then
    Sm = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Ate(N) / (Ate(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) / (Ate(N) - (Mi * Dz)))) + (PFO * (1 / (Ate(N) - Mi * Dz)))
    PFM = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) * Ate(N)
  End If
  If Tu = 1 Then PFe(N) = PFM
  If Tu = 2 Then PFB(N) = PFM
  If Tu = 3 Then PFI(N) = PFM
  If Tu = 4 Then PFe(N) = PFM
End If
If Dz = Longi - Profi(I) Then GoTo Termino

```

```

End If
N = N + 1
Prof = Prof + (Prof(I) - Prof(I)) / 3
If Prof > HT Then
  If Prof > HT And HT >= (Prof - ((Prof(I)
- Prof(I)) / 3)) Then
    If HT = H1 Then
      Ii = 1
      GoTo Ig2:
    End If
    P = HT - H1
    al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
    T1 = Atn((Lii) / P)
    T2 = Atn((-Lii) / P)
    If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 *
al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
    If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
* (Cos(T1 + T2)))
    If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))
  Ig2:
    Sm = EsfT - Exc1 * Ii
    PFm = 0
    End If
    P = Prof - H1
    al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
    T1 = Atn((Lii) / P)
    T2 = Atn((-Lii) / P)
    If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 *
al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
    If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
* (Cos(T1 + T2)))
    If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))
    If Prof > HT And HT > (Prof - ((Prof(I) -
Prof(I)) / 3)) Then Dz = Prof - HT
    If Prof > HT And HT <= (Prof - ((Prof(I)
- Prof(I)) / 3)) Then Dz = (Prof(I) - Prof(I)) /
3
    If Prof > HT And Prof >= Longi Then Dz
= Longi - (Prof(I) + ((Prof(I) - Prof(I)) / 3))
    Mi = Pi * 1.1 * R0 * (Tan(Ang(I) * (Pi /
180))) / ((1 + (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2) / (1
- (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2))
    If Prof > HT Then
      If Tu = 1 Then

```

```

      Sn = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Ate(N) /
(Ate(N) - Mi * Dz))) + (Sm * ((Mi * Dz) /
(Ate(N) - (Mi * Dz)))) + (PFm * (1 / (Ate(N) -
Mi * Dz)))
      PFn = (Sn - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
Ate(N)
    End If
    If Tu = 2 Then
      Sn = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Atb(N) /
(Atb(N) - Mi * Dz))) + (Sm * ((Mi * Dz) /
(Atb(N) - (Mi * Dz)))) + (PFm * (1 / (Atb(N) -
Mi * Dz)))
      PFn = (Sn - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
Atb(N)
    End If
    If Tu = 3 Then
      Sn = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Atl(N) /
(Atl(N) - Mi * Dz))) + (Sm * ((Mi * Dz) /
(Atl(N) - (Mi * Dz)))) + (PFm * (1 / (Atl(N) -
Mi * Dz)))
      PFn = (Sn - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
Atl(N)
    End If
    If Tu = 4 Then
      Sn = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Ate(N) /
(Ate(N) - Mi * Dz))) + (Sm * ((Mi * Dz) /
(Ate(N) - (Mi * Dz)))) + (PFm * (1 / (Ate(N) -
Mi * Dz)))
      PFn = (Sn - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
Ate(N)
    End If
    If Tu = 1 Then PFe(N) = PFn
    If Tu = 2 Then PFb(N) = PFn
    If Tu = 3 Then PFl(N) = PFn
    If Tu = 4 Then PFe(N) = PFn
  End If
  If Dz = Longi - (Prof(I) + ((Prof(I) -
Prof(I)) / 3)) Then GoTo Termino
  End If
  N = N + 1
  Prof = Prof + (Prof(I) - Prof(I)) / 3
  If Prof > HT Then
    If Prof > HT And HT >= (Prof - ((Prof(I)
- Prof(I)) / 3)) Then
      If HT = H1 Then
        Ii = 1
        GoTo Ig3:
      End If
      P = HT - H1
      al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
      T1 = Atn((Lii) / P)
      T2 = Atn((-Lii) / P)

```

```

If Xi = 2 Then li = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 *
al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then li = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
* (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then li = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))
Ig3:
    Sn = EsfT - Exc1 * li
    PFn = 0
End If
    Prof = 111
    al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
    T1 = Atn(Lii) / P
    T2 = Atn(Liui) / P
If Xi = 2 Then li = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 *
al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then li = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
* (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then li = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))
    If Prof > HT And HT > (Prof - ((Proff(I) -
Prof(I)) / 3)) Then Dz = Prof - HT
    If Prof > HT And HT <= (Prof - ((Proff(I)
- Prof(I)) / 3)) Then Dz = (Prof(I) - Prof(I)) /
3
    If Prof > HT And Prof >= Longi Then Dz
= Longi - (Prof(I) + 2 * ((Proff(I) - Prof(I)) /
3))
    Mi = Pi * 1.1 * R0 * (Tan(Ang(I) * (Pi /
180))) / ((1 + (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2) / (1
- (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2))
    If Prof > HT Then
        If Tu = 1 Then
            So = ((Esf(N) - Exc1 * li) * (Ate(N) /
(Ate(N) - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) /
(Ate(N) - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Ate(N) -
Mi * Dz)))
            PFo = (So - (Esf(N) - Exc1 * li)) *
Ate(N)
        End If
        If Tu = 2 Then
            So = ((Esf(N) - Exc1 * li) * (Atb(N) /
(Atb(N) - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) /
(Atb(N) - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Atb(N) -
Mi * Dz)))
            PFo = (So - (Esf(N) - Exc1 * li)) *
Atb(N)
        End If
        If Tu = 3 Then
            So = ((Esf(N) - Exc1 * li) * (Atl(N) /
(Atl(N) - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) /
(Atl(N) - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Atl(N) -
Mi * Dz)))
            PFo = (So - (Esf(N) - Exc1 * li)) *
Atl(N)
        End If
        If Tu = 4 Then
            So = ((Esf(N) - Exc1 * li) * (Ate(N) /
(Ate(N) - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) /
(Ate(N) - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Ate(N) -
Mi * Dz)))
            PFo = (So - (Esf(N) - Exc1 * li)) *
Ate(N)
        End If
    Next I
    Termino:
    Next Tu

```

```

End If
If Tu = 3 Then
    So = ((Esf(N) - Exc1 * li) * (Atl(N) /
(Atl(N) - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) / (Atl(N)
- (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Atl(N) - Mi * Dz)))
    PFo = (So - (Esf(N) - Exc1 * li)) *
Atl(N)
End If
If Tu = 4 Then
    So = ((Esf(N) - Exc1 * li) * (Ate(N) /
(Ate(N) - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) / (Ate(N)
- (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Ate(N) - Mi * Dz)))
    PFo = (So - (Esf(N) - Exc1 * li)) *
Ate(N)
End If
If Tu = 1 Then PFe(N) = PFo
If Tu = 2 Then PFb(N) = PFo
If Tu = 3 Then PFI(N) = PFo
If Tu = 4 Then PFe(N) = PFo
End If
If Dz = Longi - (Prof(I) + 2 * ((Proff(I) -
Prof(I)) / 3)) Then GoTo Termino
End If
Next I
Termino:
Next Tu

'Carga el formulario para la graficación
Form8.Show
Form8.Caption = "Determinación de la
tension en la etapa constructiva"
Form8.DrawWidth = 1
Form8.DrawStyle = 0

'Determinación de los valores para los
ejes
Prof = 0
For I = 1 To Estratos
    Prof = Prof + (Proff(I) - Prof(I))
Next I
Form8.Scale (-3, -1.5) - (12, Int(Prof) + 5)
Form8.Line (0, 0) - (10, 0)
Form8.Line (0, 0) - (0, Int(Prof) + 1)

'Rotulación de ejes
Form8.CurrentX = -.7
Form8.CurrentY = Int(Prof) + 1
Form8.Print "(m)"
Form8.CurrentX = 10
Form8.CurrentY = -1.5
Form8.Print "T/m^2"
For I = 1 To 10 Step 1

```

```

Form8.CurrentX = 1
Form8.CurrentY = 0
Form8.Print Str$(I)
Next I
If Prof > 20 Then
  For I = 2 To Int(Prof) + 1 Step 2
    Form8.CurrentX = 0
    Form8.CurrentY = 1
    Form8.Print Str$(I)
  Next I
End If
If Prof <= 20 Then
  For I = 1 To Int(Prof) + 1 Step 1
    Form8.CurrentX = 0
    Form8.CurrentY = 1
    Form8.Print Str$(I)
  Next I
End If

'Presentación de la excavación
Form8.Line (-2.9, 0)-(-1, H1),
QBColor(0), B
Form8.DrawStyle = 0
Form8.DrawWidth = 3
Form8.FillStyle = 7
Form8.Line (-2.9, H1)-(-1, HT),
QBColor(0), B
Form8.FillStyle = 1

'Presentación del pilote
Form8.DrawStyle = 2
Form8.Line (-2.1, HT)-(-1.8, Longi),
QBColor(8), BF
Form8.DrawStyle = 0

'Presentación de los estratos
For I = 1 To Estratos
  Form8.Line (-1, Profi(I))-(-.01, Proff(I)),
QBColor(0), B
Next I

'Presentación del NAF
Form8.DrawWidth = 2
Form8.Line (-.9, Naf)-(-.01, Naf),
QBColor(1), B

'Creación de la retícula
Prof = 0
For I = 1 To Estratos
  Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I))
Next I
Form8.DrawWidth = 1
Form8.DrawStyle = 2

```

```

For I = 1 To 10 Step 1
  Form8.Line (I, 0)-(I, Int(Prof) + 1),
QBColor(0)
Next I
If Prof > 20 Then
  For I = 2 To Int(Prof + 1) Step 2
    Form8.Line (0, I)-(-10, I), QBColor(0)
  Next I
End If
If Prof <= 20 Then
  For I = 1 To Int(Prof + 1) Step 1
    Form8.Line (0, I)-(-10, I), QBColor(0)
  Next I
End If
Form8.DrawStyle = 0

'Grificación de los esfuerzos efectivos
iniciales
Prof = 0
N = 0
Form8.DrawWidth = 1
Form8.CurrentX = 0
Form8.CurrentY = 0
For I = 1 To Estratos
  Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
  N = N + 1
Form8.Line -(Esf(N), Prof), QBColor(1)
Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
N = N + 1
Form8.Line -(Esf(N), Prof), QBColor(1)
Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
N = N + 1
Form8.Line -(Esf(N), Prof), QBColor(1)
Next I

'Grificación de los esfuerzos por
excavación
Dim FF As Double
Dim AA As Double
Prof = 0
N = 0
Form8.DrawWidth = 1
Form8.CurrentX = 0
Form8.CurrentY = H1
If HT = H1 Then
  Li = 1
  GoTo Cero
End If
P = HT - H1
a0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn(Lii) / P
T2 = Atn((-Lii) / P)

```

```

If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a10 + (.5 *
Sin(2 * a10))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
(Sin(a10) - ((Sin(a10) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) +
(Sin(T1 - T2))) * (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * a10
+ (3 / 4) * Sin(2 * a10) + Sin(a10) * Cos(a10) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
Cero:

```

```

Form8.Line -(EsfT - Exc1 * Ii, HT),
QBColor(2)

```

```

For I = 1 To Estratos
Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
N̄ = N̄ + 1
If Prof < HT Then GoTo Cero1
P = Prof - H1
If N̄ = Valores Then GoTo Ve
FF = (4 * PFe(N̄)) + (2 * (N5 - 2) *
PFb(N̄)) + (2 * (N6 - 2) * PFI(N̄)) + ((N - (4 + 2
* (N5 - 2) + 2 * (N6 - 2))) * PFe(N̄))
If Ate(N̄) > (.25 * B * L) And Atb(N̄) > (.5
* B * L) And Atl(N̄) > (.5 * B * L) Then
AA = ((Bii * 2) * (Lii * 2)) + (4 *
(Ate(N̄) - (.25 * B * L)) + (2 * (Atb(N̄) - (.5 * B
* L)) * (N5 - 2)) + (2 * (Atl(N̄) - (.5 * B * L)) *
(N6 - 2)))
Else
AA = (Bii * 2) * (Lii * 2)
End If
a10 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn(Lii / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a10 + (.5 *
Sin(2 * a10))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
(Sin(a10) - ((Sin(a10) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) +
(Sin(T1 - T2))) * (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * a10
+ (3 / 4) * Sin(2 * a10) + Sin(a10) * Cos(a10) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
If Prof >= HT And N̄ <= Valores Then
Form8.Line -(Esf(N̄) - (Exc1 * Ii) + (FF / AA),
Prof), QBColor(2)
Cero2:

```

```

Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
N̄ = N̄ + 1
If N̄ = Valores Then GoTo Ve
If Prof < HT Then GoTo Cero2
P = Prof - H1

```

```

FF = (4 * PFe(N̄)) + (2 * (N5 - 2) *
PFb(N̄)) + (2 * (N6 - 2) * PFI(N̄)) + ((N - (4 + 2
* (N5 - 2) + 2 * (N6 - 2))) * PFe(N̄))
If Ate(N̄) > (.25 * B * L) And Atb(N̄) > (.5
* B * L) And Atl(N̄) > (.5 * B * L) Then
AA = ((Bii * 2) * (Lii * 2)) + (4 *
(Ate(N̄) - (.25 * B * L)) + (2 * (Atb(N̄) - (.5 * B
* L)) * (N5 - 2)) + (2 * (Atl(N̄) - (.5 * B * L)) *
(N6 - 2)))
Else
AA = (Bii * 2) * (Lii * 2)
End If
a10 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn(Lii / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a10 + (.5 *
Sin(2 * a10))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
(Sin(a10) - ((Sin(a10) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) +
(Sin(T1 - T2))) * (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * a10
+ (3 / 4) * Sin(2 * a10) + Sin(a10) * Cos(a10) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
If Prof >= HT And N̄ <= Valores Then
Form8.Line -(Esf(N̄) - (Exc1 * Ii) + (FF / AA),
Prof), QBColor(2)
Cero2:

```

```

Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
N̄ = N̄ + 1
If N̄ = Valores Then GoTo Ve
If Prof < HT Then GoTo Cero3
P = Prof - H1
FF = (4 * PFe(N̄)) + (2 * (N5 - 2) *
PFb(N̄)) + (2 * (N6 - 2) * PFI(N̄)) + ((N - (4 + 2
* (N5 - 2) + 2 * (N6 - 2))) * PFe(N̄))
If Ate(N̄) > (.25 * B * L) And Atb(N̄) > (.5
* B * L) And Atl(N̄) > (.5 * B * L) Then
AA = ((Bii * 2) * (Lii * 2)) + (4 *
(Ate(N̄) - (.25 * B * L)) + (2 * (Atb(N̄) - (.5 * B
* L)) * (N5 - 2)) + (2 * (Atl(N̄) - (.5 * B * L)) *
(N6 - 2)))
Else
AA = (Bii * 2) * (Lii * 2)
End If
a10 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn(Lii / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a10 + (.5 *
Sin(2 * a10))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
(Sin(a10) - ((Sin(a10) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) +
(Sin(T1 - T2))) * (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * a10
+ (3 / 4) * Sin(2 * a10) + Sin(a10) * Cos(a10) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
If Prof >= HT And N̄ <= Valores Then
Form8.Line -(Esf(N̄) - (Exc1 * Ii) + (FF / AA),
Prof), QBColor(2)
Cero2:

```

```

Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
N̄ = N̄ + 1
If N̄ = Valores Then GoTo Ve
If Prof < HT Then GoTo Cero2
P = Prof - H1

```

```
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * aI0
+ (3 / 4) * Sin(2 * aI0) + Sin(aI0) * Cos(aI0) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
```

```
If Prof >= H1T And N <= Valores Then
Form8.Line (Esf(N) - (Exc1 * Ii) + (FF / AA),
Prof), QBColor(2)
```

Cero3:

Next I

Ve:

'Simbología

Form8.CurrentX = -1.5

Form8.CurrentY = -1.7

Form8.Print "Esf. iniciales(azul) Esf.
por excavación(verde)"

'Asignación de Exc2

If HT > H1 Then

P = HT - H1

aI0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))

T1 = Atn(Lii / P)

T2 = Atn(-Lii / P)

If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (aI0 + (.5 *
Sin(2 * aI0)) * (Sin(T1) - Sin(T2)))

If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(aI0) -
((Sin(aI0) ^ 3) / 3) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
* (Cos(T1 + T2)))

If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * aI0 +
(3 / 4) * Sin(2 * aI0) + Sin(aI0) * Cos(aI0) ^ 3)
* ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))

Exc2 = EsfT - Exc1 * Ii

End If

'Presentación de los valores

Form9.Show

Form9.Text1 = Format\$(Exc1, "###.###")

Form9.Text2 = Format\$(Exc2, "###.###")

Case 2

'Asignación de valores

H1 = HT

Dim ExcII As Single

ExcII = Val(InputBox\$("¿Cuál es el valor de
la carga en el suelo (T/m^2)?"))

'Carga el formulario para la graficación

Form7.Show

Form7.Caption = "Distribución del esfuerzo
cortante"

Form7.DrawWidth = 1

Form7.DrawStyle = 0

'Determinación de Esfh1

Dim Esfh1 As Double

N = 0

Prof = 0

Esfuerzo = 0

Pa = 0

For I = 1 To Estratos

If H1 >= Prof And H1 <= (Prof + (Proff(I) -
Proff(I))) Then Dz = H1 - Prof

If H1 > Prof And H1 > (Prof + (Proff(I) -
Proff(I))) Then Dz = (Proff(I) - Proff(I))

Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * Dz

Prof = Prof + Dz

If Prof < H1 Then GoTo Goneh1

Next I

Goneh1:

If Piezo = 0 And Naf <= H1 Then Pa = H1 -
Naf

If Piezo > 0 Then

If H1 > Naf And H1 < Pp(I) Then Pa =
(Cp(I) / (Pp(I) - Naf)) * (H1 - Naf)

For J = 1 To (Piezo - 1)

If H1 >= Pp(J) And H1 < Pp(J + 1) Then
Pa = Cp(J) + ((Cp(J + 1) - Cp(J)) / (Pp(J + 1) -
Pp(J))) * (H1 - Pp(J))

Next J

If H1 >= Pp(Piezo) Then Pa = Cp(Piezo)
+ H1 - Pp(Piezo)

End If

Esfh1 = Esfuerzo - Pa

'Asignación de valores

Exc2 = ExcII

Exc1 = Esfh1 - ExcII

'Determinación de los valores para los ejes

Prof = 0

For I = 1 To Estratos

Prof = Prof + (Proff(I) - Proff(I))

Next I

Form7.Scale (-2, -3)-(8, Int(Prof) + 5)

Form7.Line (0, 0)-(6, 0)

Form7.Line (0, 0)-(0, Int(Prof) + 1)

'Presentación de la excavación

Form7.DrawStyle = 0

Form7.DrawWidth = 1

Form7.FillStyle = 7

Form7.Line (-2, 0)-(-1, HT), QBColor(0), B

Form7.FillStyle = 1

'Rotulación de ejes

Form7.CurrentX = -.7

```

Form7.CurrentY = Int(Prof) + 1
Form7.Print "(m)"
Form7.CurrentX = 6
Form7.CurrentY = -1
Form7.Print "(T/m^2)"
For I = 1 To 6 Step 1
Form7.CurrentX = 1
Form7.CurrentY = 0
Form7.Print Str$(I)
Next I
If Prof > 20 Then
For I = 2 To Int(Prof) + 1 Step 2
Form7.CurrentX = 0
Form7.CurrentY = 1
Form7.Print Str$(I)
Next I
End If
If Prof <= 20 Then
For I = 1 To Int(Prof) + 1 Step 1
Form7.CurrentX = 0
Form7.CurrentY = 1
Form7.Print Str$(I)
Next I
End If

```

'Presentación de los estratos

```

For I = 1 To Estratos
If I Mod 2 = 0 Then Form7.FillStyle = 5
If I Mod 2 > 0 Then Form7.FillStyle = 4
Form7.Line (-1, Prof(I))-(0.01, Prof(I)),
QBColor(0), B
Next I

```

'Presentación del NAF

```

Form7.DrawWidth = 2
Form7.Line (-1, Na(I))-(0.01, Na(I)), QBColor(1),
B

```

'Creación de la retícula

```

Prof = 0
For I = 1 To Estratos
Prof = Prof + (Proff(I) - Prof(I))
Next I
Form7.DrawWidth = 1
Form7.DrawStyle = 2
For I = 1 To 6 Step 1
Form7.Line (I, 0)-(I, Int(Prof) + 1),
QBColor(0)
Next I
If Prof > 20 Then
For I = 2 To Int(Prof + 1) Step 2
Form7.Line (0, I)-(6, I), QBColor(0)
Next I

```

```

End If
If Prof <= 20 Then
For I = 1 To Int(Prof + 1) Step 1
Form7.Line (0, I)-(6, I), QBColor(0)
Next I
End If
Form7.DrawStyle = 0

```

'Graficación de (Kfi)*(Soi)

```

Pi = 3.1416
Prof = 0
N = 0
Form7.DrawWidth = 1
For I = 1 To Estratos
If I11 > Proff(I) And I11 <= Proff(I) Then
Form7.CurrentX = Exc2 * (Tan(Ang(I) *
(Pi / 180))) / ((1 + (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2)
/ (1 - (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2))
End If
Next I
Form7.CurrentY = HT
For I = 1 To Estratos
Prof = Prof + (Proff(I) - Prof(I)) / 3
N = N + 1
If Prof > I11 Then
P = Prof - I11
a0 = Atn(Biu / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn(Liu / P)
T2 = Atn(-Liu / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a0 + (.5 *
Sin(2 * a0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
(Sin(a0) - ((Sin(a0) ^ 3) / 3)) * (T1 - T2) +
(Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * a0
+ (3 / 4) * Sin(2 * a0) + Sin(a0) * Cos(a0) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
Form7.Line -(Esf(N) - Exc1 * Ii) *
(Tan(Ang(I) * (Pi / 180))) / ((1 + (Sin(Ang(I) *
(Pi / 180))) ^ 2) / (1 - (Sin(Ang(I) * (Pi / 180)))
^ 2)), Prof, QBColor(1)
End If
Prof = Prof + (Proff(I) - Prof(I)) / 3
N = N + 1
If Prof > I11 Then
P = Prof - I11
a0 = Atn(Biu / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn(Liu / P)
T2 = Atn(-Liu / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a0 + (.5 *
Sin(2 * a0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))

```

```

    If Xi = 3 Then li = (3 / (2 * Pi)) *
(Sin(al0) - ((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * (CT1 - T2) +
(Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
    If Xi = 4 Then li = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0
+ (3 / 4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
    Form7.Line -(Esf(N) - Exc1 * li) *
(Tan(Ang(l) * (Pi / 180))) / ((1 + (Sin(Ang(l) *
(Pi / 180))) ^ 2) / (1 - (Sin(Ang(l) * (Pi / 180)))
^ 2)), Prof). QBColor(1)
End If
Prof = Prof + (Proff(l) - Profi(l)) / 3
N = N + 1
If Prof > H1 Then
    P = Prof - H1
    al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
    T1 = Atn(Lii) / P
    T2 = Atn(-Lii) / P
    If Xi = 2 Then li = (1 / Pi) * (al0 + (.5 *
Sin(2 * al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
    If Xi = 3 Then li = (3 / (2 * Pi)) *
(Sin(al0) - ((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * (CT1 - T2) +
(Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
    If Xi = 4 Then li = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0
+ (3 / 4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
    Form7.Line -(Esf(N) - Exc1 * li) *
(Tan(Ang(l) * (Pi / 180))) / ((1 + (Sin(Ang(l) *
(Pi / 180))) ^ 2) / (1 - (Sin(Ang(l) * (Pi / 180)))
^ 2)), Prof), QBColor(1)
End If
Next I

'Graficación de 0.3 Qu
Form7.DrawWidth = 2
Form7.CurrentX = .3 * Qu(1)
Form7.CurrentY = 0
For I = 1 To Estratos - 1
    Form7.Line -(3 * Qu(I), Proff(I)), QBColor(2)
    Form7.Line -(3 * Qu(I + 1), Proff(I),
    QBColor(2)
Next I
Form7.Line -(3 * Qu(Estratos),
Proff(Estratos)), QBColor(2)

'Simbología
Form7.CurrentX = -1
Form7.CurrentY = -3
Form7.Print "Kfi*Soi (Línea azul)    0.3 Qu
(Línea verde)"

```

Case 3

```

Form1.Label1.Visible = True
Form1.Label2.Visible = True
Form1.Label3.Visible = True
Form1.Label4.Visible = True
Form1.Label5.Visible = True
Form1.Label6.Visible = True
Form1.Label7.Visible = True
Form1.Text1.Visible = True
Form1.Text2.Visible = True
Form1.Text3.Visible = True
Form1.Text4.Visible = True
Form1.Text5.Visible = True
Form1.Text6.Visible = True
Form1.Text7.Visible = True
Form1.Command1.Visible = True
Form1.Command2.Visible = True
Form1.Text7 = Format$(Z1, "###.##")
Form1.Text2 = Format$(Tension,
"#####.###")

End Select

End Sub

Sub Command2_Click ()
'Asignación de Z1
Z1 = Val(Form8.Text1)

'Determinación de Esfz1
Dim Esfz1 As Double
Static Prof As Single
Static Esfuerzo As Single
Dim Pa As Single
Static N As Integer
Dim J As Integer
Dim Dz As Single
N = 0
Prof = 0
Esfuerzo = 0
Pa = 0
For I = 1 To Estratos
    If Z1 >= Prof And Z1 <= (Prof + (Proff(I)
- Proff(I))) Then Dz = Z1 - Prof
    If Z1 > Prof And Z1 > (Prof + (Proff(I) -
Proff(I))) Then Dz = (Proff(I) - Proff(I))
    Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * Dz
    Prof = Prof + Dz
    If Prof = Z1 Then GoTo Ir
Next I
Ir:

```

If Piezo = 0 And Naf <= Z1 Then Pa = Z1 - Naf

If Piezo > 0 Then

If Z1 > Naf And Z1 < Pp(1) Then Pa = (Cp(1) / (Pp(1) - Naf)) * (Z1 - Naf)

For J = 1 To (Piezo - 1)

If Z1 >= Pp(J) And H1 < Pp(J + 1) Then Pa = Cp(J) + ((Cp(J + 1) - Cp(J)) / (Pp(J + 1) - Pp(J))) * (Z1 - Pp(J))

Next J

If Z1 >= Pp(Piezo) Then Pa = Cp(Piezo) + Z1 - Pp(Piezo)

End If

Esfz1 = Esfuerzo - Pa

'Determinación del Atz1

Dim AtZ1c As Double

Dim AtZ1b As Double

Dim AtZ11 As Double

Dim AtZ1e As Double

Dim Pi As Single

Dim Z2 As Double

Dim Z3 As Double

Static I1 As Double

Static I2 As Double

Dim I3 As Double

Dim I4 As Double

Dim R As Double

Dim R1 As Double

Dim f As Double

Dim F1 As Double

Dim F2 As Double

Dim A0 As Double

Dim A1 As Double

Dim A2 As Double

Dim Area As Double

Dim L1 As Double

Dim B1 As Double

Dim B2 As Double

Dim Tu As Integer

Pi = 3.1416

For Tu = 1 To 4

Prof = Z1

U = Tu

If Tu = 1 Then N2 = N5 + 2

If Tu = 2 Then N2 = Int(N5 / 2)

If Tu = 3 Then N2 = N5 + 1

If Tu = 4 Then N2 = 1

Z2 = Sqr(2)

Z3 = Prof / Z2

I1 = 0

I2 = 0

If N2 = 1 Then

For I = N2 + 1 To N

R = Sqr((X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) - Y(N2)) ^ 2)

f = Atn(R / Z3)

I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)

I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))

I1 = I1 + I3

I2 = I2 + I4

Next I

R = R0

f = Atn(R / Z3)

I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)

I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))

I1 = I1 + I3

I2 = I2 + I4

End If

If N2 = N Then

For I = 1 To N2 - 1

R = Sqr((X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) - Y(N2)) ^ 2)

2)

f = Atn(R / Z3)

I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)

I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))

I1 = I1 + I3

I2 = I2 + I4

Next I

R = R0

f = Atn(R / Z3)

I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)

I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))

I1 = I1 + I3

I2 = I2 + I4

End If

If N2 > 1 And N2 < N Then

For I = 1 To N2 - 1

R = Sqr((X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) - Y(N2)) ^ 2)

2)

f = Atn(R / Z3)

I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)

I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))

I1 = I1 + I3

I2 = I2 + I4

Next I

For I = N2 + 1 To N

R = Sqr((X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) - Y(N2)) ^ 2)

2)

f = Atn(R / Z3)

I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)

I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))

I1 = I1 + I3

I2 = I2 + I4

Next I

R = R0

```

f = Atn(R / Z3)
I4 = (Z3 / R) * (Sin(I) - 1)
I3 = I4 - (Cos(I) + Log(Tan(.5 * I)))
I1 = I1 + I3
I2 = I2 + I4
End If
I1 = Abs(I1)
I2 = Abs(I2)
If C = 1 Then Area = Pi * Prof ^ 2 / I1
If C = 2 Then Area = (Pi * (Prof ^ 2) * 2) / (Z2 * I2)
If C = 3 Then Area = ((2 * H + Prof) * Pi * Prof ^ 2) / (Prof * I1 + I1 * I2)
A0 = Pi * R0 ^ 2
R1 = Sqr(Area / Pi)
If U = 1 Then
    A1 = (L * B) - A0
    If A1 <= Area Then AtZ1c = A1 Else AtZ1c = Area
End If
If U = 2 Then
    L1 = L
    B1 = B
    If R1 > B1 / 2 Then
        A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-(B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1)) + 1)) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi)
        If R1 > L1 / 2 Then
            F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) + .5 * Cos(A2 * (Pi / 180))
            A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 - A0
            AtZ1b = A1
        Else
            A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 * R1 * Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
            AtZ1b = A1
        End If
    End If
    If R1 > L1 / 2 Then
        A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 / (2 * R1)) * (L1 / (2 * R1)) + 1)) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi)
        B2 = (Atn((L / (2 * R1)) / Sqr(-(L / (2 * R1)) * (L / (2 * R1)) + 1)) * (180 / Pi))
        F1 = Pi * A2 * R1 / (180 * B) + .5 * Cos(B2 * (Pi / 180))
        F2 = Pi * B2 * R1 / (180 * L) + .5 * Cos(B2 * (Pi / 180))
        A1 = Pi * R1 ^ 2 / 4 + R1 / 2 * (F1 * B + F2 * L) + L * B / 4 - A0
        AtZ1e = A1
    Else
        A2 = (Atn((B / (2 * R1)) / Sqr(-(B / (2 * R1)) * (B / (2 * R1)) + 1)) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi)
        L1 = B
        A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 + L1 * R1 * Sin(A2 / 2) * (Pi / 180)) - A0
        AtZ1b = A1
    Else
        A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
        AtZ1b = A1
    End If
End If
If U = 3 Then
    L1 = B
    B1 = L

```

```

If R1 > B1 / 2 Then
    A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-(B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1)) + 1)) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi)
    If R1 > L1 / 2 Then
        F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) + .5 * Cos(A2 * (Pi / 180))
        A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 - A0
        AtZ1b = A1
    Else
        A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 * R1 * Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
        AtZ1b = A1
    End If
End If
If R1 > L1 / 2 Then
    A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 / (2 * R1)) * (L1 / (2 * R1)) + 1)) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi)
    B2 = (Atn((L / (2 * R1)) / Sqr(-(L / (2 * R1)) * (L / (2 * R1)) + 1)) * (180 / Pi))
    F1 = Pi * A2 * R1 / (180 * B) + .5 * Cos(B2 * (Pi / 180))
    F2 = Pi * B2 * R1 / (180 * L) + .5 * Cos(B2 * (Pi / 180))
    A1 = Pi * R1 ^ 2 / 4 + R1 / 2 * (F1 * B + F2 * L) + L * B / 4 - A0
    AtZ1e = A1
Else
    A2 = (Atn((B / (2 * R1)) / Sqr(-(B / (2 * R1)) * (B / (2 * R1)) + 1)) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi)
    L1 = B
    A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 + L1 * R1 * Sin(A2 * (Pi / 180)) / 2 - A0
    AtZ1e = A1
End If
End If
If R1 > L / 2 Then
    L1 = L
    B1 = B

```

```

A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 / (2 *
R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2)) * (-180 /
Pi)
A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 + L1 *
R1 * Sin(A2 * (Pi / 180)) / 2 - A0
AtZ1e = A1
Else
A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
AtZ1e = A1
End If
End If
Next Tu

'Determinación de la fuerza de tension
Dim PFZ1c As Double
Dim PFZ1b As Double
Dim PFZ1l As Double
Dim PFZ1e As Double
Dim Mi As Double
Static Sm As Double
Static Sn As Double
Static So As Double
Static PFm As Double
Static PFn As Double
Static PFo As Double
For Tu = 1 To 4
N = 0
Prof = 0
For I = 1 To Estratos
N = N + 1
Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
If Prof > HT Then
Dim li As Double
Dim al0 As Double
Dim T1 As Double
Dim T2 As Double
Dim P As Single
If Prof > HT And HT >= (Prof - ((Proff(I)
- Profi(I)) / 3)) Then
If HT = H1 Then
li = 1
GoTo Igu1:
End If
P = HT - H1
al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2 + Xi ^ 2))
T1 = Atn((Xi + Lii) / P)
T2 = Atn((Xi - Lii) / P)
If Xi = 2 Then li = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 *
al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then li = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 * T2))
* (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then li = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0 ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))
If Prof > HT And HT > (Prof - ((Proff(I) -
Profi(I)) / 3)) Then Dz = Prof - HT
If Prof > HT And HT <= (Prof - ((Proff(I)
- Profi(I)) / 3)) Then Dz = (Proff(I) - Profi(I)) /
3
Mi = Pi * 1.1 * R0 * (Tan(Ang(I) * (Pi /
180))) / ((1 + (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2) / (1
- (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2))
If Prof > HT And Prof < Z1 Then
If Tu = 1 Then
Sm = ((Esf(N) - Exc1 * li) * (Ate(N) /
(Ate(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) /
(Ate(N) - (Mi * Dz))) + (PFo * (1 / (Ate(N) - Mi
* Dz)))
PFm = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * li)) *
Ate(N)
End If
If Tu = 2 Then
Sm = ((Esf(N) - Exc1 * li) * (Atb(N) /
(Atb(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) /
(Atb(N) - (Mi * Dz))) + (PFo * (1 / (Atb(N) -
Mi * Dz)))
PFm = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * li)) *
Atb(N)
End If
If Tu = 3 Then
Sm = ((Esf(N) - Exc1 * li) * (Atl(N) /
(Atl(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) / (Atl(N)
- (Mi * Dz)))) + (PFo * (1 / (Atl(N) - Mi * Dz)))
PFm = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * li)) *
Atl(N)
End If

```

```

If Xi = 4 Then li = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0 ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))
Igu1:
So = EsfT - Exc1 * li
PFo = 0
End If
P = Prof - H1
al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2 + Xi ^ 2))
T1 = Atn((Xi + Lii) / P)
T2 = Atn((Xi - Lii) / P)
If Xi = 2 Then li = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 *
al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then li = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 * T2))
* (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then li = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0 ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))
If Prof > HT And HT > (Prof - ((Proff(I) -
Profi(I)) / 3)) Then Dz = Prof - HT
If Prof > HT And HT <= (Prof - ((Proff(I)
- Profi(I)) / 3)) Then Dz = (Proff(I) - Profi(I)) /
3
Mi = Pi * 1.1 * R0 * (Tan(Ang(I) * (Pi /
180))) / ((1 + (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2) / (1
- (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2))
If Prof > HT And Prof < Z1 Then
If Tu = 1 Then
Sm = ((Esf(N) - Exc1 * li) * (Ate(N) /
(Ate(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) /
(Ate(N) - (Mi * Dz))) + (PFo * (1 / (Ate(N) - Mi
* Dz)))
PFm = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * li)) *
Ate(N)
End If
If Tu = 2 Then
Sm = ((Esf(N) - Exc1 * li) * (Atb(N) /
(Atb(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) /
(Atb(N) - (Mi * Dz))) + (PFo * (1 / (Atb(N) -
Mi * Dz)))
PFm = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * li)) *
Atb(N)
End If
If Tu = 3 Then
Sm = ((Esf(N) - Exc1 * li) * (Atl(N) /
(Atl(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) / (Atl(N)
- (Mi * Dz)))) + (PFo * (1 / (Atl(N) - Mi * Dz)))
PFm = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * li)) *
Atl(N)
End If

```

```

    If Tu = 4 Then
        Sm = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Ate(N) /
        (Ate(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) /
        (Ate(N) - (Mi * Dz))) + (PFo * (1 / (Ate(N) -
        Mi * Dz)))
        PFm = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
        Ate(N)
    End If
End If
If Prof >= Z1 Then
    P = Z1 - I11
    al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2 + Xi ^ 2))
    T1 = Atn((Xi + Lii) / P)
    T2 = Atn((Xi - Lii) / P)
    If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 *
    Sin(2 * al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
    If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
    (Sin(al0) - ((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * (T1 - T2) +
    (Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2))
    If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) *
    al0 + (3 / 4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0)
    ^ 3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
    3) - (Sin(T2) ^ 3)))
    Dz = Z1 - Prof(I)
    If Tu = 1 Then
        Sm = ((Esfz1 - Exc1 * Ii) * (AtZ1c /
        (AtZ1c - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) / (AtZ1c
        - (Mi * Dz))) + (PFo * (1 / (AtZ1c - Mi * Dz)))
        PFm = (Sm - (Esfz1 - Exc1 * Ii)) * AtZ1c
        PFZ1c = PFm
        GoTo Valor
    End If
    If Tu = 2 Then
        Sm = ((Esfz1 - Exc1 * Ii) * (AtZ1b /
        (AtZ1b - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) / (AtZ1b
        - (Mi * Dz))) + (PFo * (1 / (AtZ1b - Mi * Dz)))
        PFm = (Sm - (Esfz1 - Exc1 * Ii)) * AtZ1b
        PFZ1b = PFm
        GoTo Valor
    End If
    If Tu = 3 Then
        Sm = ((Esfz1 - Exc1 * Ii) * (AtZ1l / (AtZ1l
        - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) / (AtZ1l - (Mi *
        Dz))) + (PFo * (1 / (AtZ1l - Mi * Dz)))
        PFm = (Sm - (Esfz1 - Exc1 * Ii)) * AtZ1l
        PFZ1l = PFm
        GoTo Valor
    End If
    If Tu = 4 Then
        Sm = ((Esfz1 - Exc1 * Ii) * (AtZ1e /
        (AtZ1e - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) / (AtZ1e
        - (Mi * Dz))) + (PFo * (1 / (AtZ1e - Mi * Dz)))
        PFm = (Sm - (Esfz1 - Exc1 * Ii)) * AtZ1e

```

```

        PFZ1e = PFm
        GoTo Valor
    End If
    End If
    N = N + 1
    Prof = Prof + (Proff(I) - Prof(I)) / 3
    If Prof > HT Then
        If Prof > HT And HT >= (Prof - ((Proff(I)
        - Prof(I)) / 3)) Then
            If HT = H1 Then
                Ii = 1
                GoTo Igu2:
            End If
            P = HT - I11
            al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2 + Xi ^ 2))
            T1 = Atn((Xi + Lii) / P)
            T2 = Atn((Xi - Lii) / P)
            If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 *
            al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
            If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
            ((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * (T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
            * (Cos(T1 + T2))
            If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
            4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) *
            ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
            (Sin(T2) ^ 3)))
            Igu2:
                Sm = EsfT - Exc1 * Ii
                PFm = 0
            End If
            P = Prof - I11
            al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2 + Xi ^ 2))
            T1 = Atn((Xi + Lii) / P)
            T2 = Atn((Xi - Lii) / P)
            If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 *
            al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
            If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
            ((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * (T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
            * (Cos(T1 + T2))
            If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
            4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) *
            ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
            (Sin(T2) ^ 3)))
            If Prof > HT And HT > (Prof - ((Proff(I) -
            Prof(I)) / 3)) Then Dz = Prof - HT
            If Prof > HT And HT <= (Prof - ((Proff(I)
            - Prof(I)) / 3)) Then Dz = (Proff(I) - Prof(I)) /
            3
            Mi = Pi * 1.1 * R0 * (Tan(Ang(I) * (Pi /
            180))) / ((1 + (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2) / (1
            - Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2))
            If Prof > HT And Prof < Z1 Then

```

```

    If Tu = 1 Then
        Sn = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Ate(N) /
(Ate(N) - Mi * Dz))) + (Sm * ((Mi * Dz) /
(Ate(N) - (Mi * Dz)))) + (PFm * (1 / (Ate(N) -
Mi * Dz)))
        PFn = (Sn - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
Ate(N)
    End If
    If Tu = 2 Then
        Sn = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Atb(N) /
(Atb(N) - Mi * Dz))) + (Sm * ((Mi * Dz) /
(Atb(N) - (Mi * Dz)))) + (PFm * (1 / (Atb(N) -
Mi * Dz)))
        PFn = (Sn - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
Atb(N)
    End If
    If Tu = 3 Then
        Sn = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Atl(N) /
(Atl(N) - Mi * Dz))) + (Sm * ((Mi * Dz) /
(Atl(N) - (Mi * Dz)))) + (PFm * (1 / (Atl(N) -
Mi * Dz)))
        PFn = (Sn - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
Atl(N)
    End If
    If Tu = 4 Then
        Sn = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Ate(N) /
(Ate(N) - Mi * Dz))) + (Sm * ((Mi * Dz) /
(Ate(N) - (Mi * Dz)))) + (PFm * (1 / (Ate(N) -
Mi * Dz)))
        PFn = (Sn - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
Ate(N)
    End If
    End If
    If Prof >= Z1 Then
        P = Z1 - H1
        a0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2 + Xi ^ 2))
        T1 = Atn(Cxi + Lii) / P
        T2 = Atn(Cxi - Lii) / P
        If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a0 + (.5 *
Sin(2 * a0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
        If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
(Sin(a0) - ((Sin(a0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) +
(Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
        If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) *
a0 + (3 / 4) * Sin(2 * a0) + Sin(a0) * Cos(a0)
^ 3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
        Dz = Z1 - (Prof(I) + ((Prof(I) - Prof(I)) /
3))
        If Tu = 1 Then
            Sn = ((Esf1 - Exc1 * Ii) * (AtZ1e / (AtZ1e
- Mi * Dz))) + (Sm * ((Mi * Dz) / (AtZ1e - (Mi *
Dz)))) + (PFm * (1 / (AtZ1e - Mi * Dz)))

```

```

PFn = (Sn - (Esf1 - Exc1 * Ii)) * AtZ1e
PFZ1e = PFn
GoTo Valor
End If
    If Tu = 2 Then
        Sn = ((Esf1 - Exc1 * Ii) * (AtZ1b /
(AtZ1b - Mi * Dz))) + (Sm * ((Mi * Dz) /
(AtZ1b - (Mi * Dz)))) + (PFm * (1 / (AtZ1b - Mi
* Dz)))
        PFn = (Sn - (Esf1 - Exc1 * Ii)) * AtZ1b
        PFZ1b = PFn
        GoTo Valor
        End If
        If Tu = 3 Then
            Sn = ((Esf1 - Exc1 * Ii) * (AtZ11 / (AtZ11
- Mi * Dz))) + (Sm * ((Mi * Dz) / (AtZ11 - (Mi *
Dz)))) + (PFm * (1 / (AtZ11 - Mi * Dz)))
            PFn = (Sn - (Esf1 - Exc1 * Ii)) * AtZ11
            PFZ11 = PFn
            GoTo Valor
            End If
            If Tu = 4 Then
                Sn = ((Esf1 - Exc1 * Ii) * (AtZ1e /
(AtZ1e - Mi * Dz))) + (Sm * ((Mi * Dz) / (AtZ1e
- (Mi * Dz)))) + (PFm * (1 / (AtZ1e - Mi * Dz)))
                PFn = (Sn - (Esf1 - Exc1 * Ii)) * AtZ1e
                PFZ1e = PFn
                GoTo Valor
                End If
                End If
                End If
                N = N + 1
                Prof = Prof + (Prof(I) - Prof(I)) / 3
                If Prof > HT Then
                    If Prof > HT And HT >= (Prof - ((Prof(I)
- Prof(I)) / 3)) Then
                        If HT = H1 Then
                            Ii = 1
                            GoTo Igu3:
                        End If
                        P = HT - H1
                        a0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2 + Xi ^ 2))
                        T1 = Atn(Cxi + Lii) / P
                        T2 = Atn(Cxi - Lii) / P
                        If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a0 + (.5 * Sin(2 *
a0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
                        If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(a0) -
((Sin(a0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
* (Cos(T1 + T2)))
                        If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * a0 + (3 /
4) * Sin(2 * a0) + Sin(a0) * Cos(a0) ^ 3) *

```

((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) - (Sin(T2) ^ 3)))

Igu3:

Sn = EsfT - Exc1 * li
PFn = 0

End If

P = Prof - H1

al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2 + Xi ^ 2))

T1 = Atn(Xi + Lii) / P

T2 = Atn(Xi - Lii) / P

If Xi = 2 Then li = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 * al0)) * (Sin(T1) - Sin(T2)))

If Xi = 3 Then li = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) - ((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))

If Xi = 4 Then li = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 / 4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) - (Sin(T2) ^ 3)))

If Prof > HT And HT > (Prof - ((Prof(I) - Prof(I) / 3)) Then Dz = Prof - HT

If Prof > HT And HT <= (Prof - ((Prof(I) - Prof(I) / 3)) Then Dz = (Prof(I) - Prof(I) / 3)

Mi = Pi * 1.1 * R0 * (Tan(Ang(I) * (Pi / 180))) / ((1 + (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2) / (1 - (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2))

If Prof > HT And Prof < Z1 Then

If Tu = 1 Then

So = ((Esf(N) - Esf(0) * li) * (Ate(N) / (Ate(N) - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) / (Ate(N) - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Ate(N) - Mi * Dz)))

PFo = (So - (Esf(N) - Esf(0) * li)) * Ate(N)

End If

If Tu = 2 Then

So = ((Esf(N) - Esf(0) * li) * (Atb(N) / (Atb(N) - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) / (Atb(N) - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Atb(N) - Mi * Dz)))

PFo = (So - (Esf(N) - Esf(0) * li)) * Atb(N)

End If

If Tu = 3 Then

So = ((Esf(N) - Esf(0) * li) * (Atl(N) / (Atl(N) - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) / (Atl(N) - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Atl(N) - Mi * Dz)))

PFo = (So - (Esf(N) - Esf(0) * li)) * Atl(N)

End If

If Tu = 4 Then

So = ((Esf(N) - Esf(0) * li) * (Ate(N) / (Ate(N) - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) / (Ate(N) - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Ate(N) - Mi * Dz)))

PFo = (So - (Esf(N) - Esf(0) * li)) * Ate(N)

End If

End If

If Prof >= Z1 Then

P = Z1 - H1

al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2 + Xi ^ 2))

T1 = Atn(Xi + Lii) / P

T2 = Atn(Xi - Lii) / P

If Xi = 2 Then li = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 * al0)) * (Sin(T1) - Sin(T2)))

If Xi = 3 Then li = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) - ((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))

If Xi = 4 Then li = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 / 4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) - (Sin(T2) ^ 3)))

Dz = Z1 - (Prof(I) + 2 * ((Prof(I) - Prof(I) / 3))

If Tu = 1 Then

So = ((Esfz1 - Exc1 * li) * (AtZ1c / (AtZ1c - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) / (AtZ1c - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (AtZ1c - Mi * Dz)))

PFo = (So - (Esfz1 - Exc1 * li)) * AtZ1c

PFZ1c = PFo

GoTo Valor

End If

If Tu = 2 Then

So = ((Esfz1 - Exc1 * li) * (AtZ1b / (AtZ1b - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) / (AtZ1b - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (AtZ1b - Mi * Dz)))

PFo = (So - (Esfz1 - Exc1 * li)) * AtZ1b

PFZ1b = PFo

GoTo Valor

End If

If Tu = 3 Then

So = ((Esfz1 - Exc1 * li) * (AtZ1l / (AtZ1l - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) / (AtZ1l - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (AtZ1l - Mi * Dz)))

PFo = (So - (Esfz1 - Exc1 * li)) * AtZ1l

PFZ1l = PFo

GoTo Valor

End If

If Tu = 4 Then

So = ((Esfz1 - Exc1 * li) * (AtZ1e / (AtZ1e - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) / (AtZ1e - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (AtZ1e - Mi * Dz)))

PFo = (So - (Esfz1 - Exc1 * li)) * AtZ1e

```

PFZ1e = PFO
GoTo Valor
End If
End If
End If
Next I
Valor:
Next Tu

Tension = (4 * PFZ1e) + (2 * (N5 - 2) * PFZ1b)
+ (2 * (N6 - 2) * PFZ11) + ((N - (4 + 2 * (N5 - 2)
+ 2 * (N6 - 2))) * PFZ1c)
Form8.Text2 = Format$(Tension,
"#####.###")
End Sub

Sub Command1_Click 0
Unload Form8
Unload Form9
End Sub

Sub Command1_Click 0
Unload Form7
End Sub

Sub Command1_Click 0
'Recabación de datos
Dim Excl As Single
Profundidad = Val(Form1.Text3)
Excl = Val(Form1.Text1)
Z1 = HT
H1 = HT

'Determinación del Esfpunta
Static Prof As Single
Static Esfuerzo As Single
Dim Pa As Single
Static N As Integer
Dim J As Integer
Dim Dz As Single
N = 0
Prof = 0
Esfuerzo = 0
Pa = 0
For I = 1 To Estratos
If Longi >= Prof And Longi <= (Prof +
(Prof(I) - Prof(I))) Then Dz = Longi - Prof
If Longi > Prof And Longi > (Prof + (Prof(I) -
Prof(I))) Then Dz = (Prof(I) - Prof(I))
Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * Dz
Prof = Prof + Dz
If Prof = Longi Then GoTo Iro
Next I

```

```

Iro:
If Piezo = 0 And Naf <= Longi Then Pa =
Longi - Naf
If Piezo > 0 Then
If Longi > Naf And Longi < Pp(1) Then Pa =
(Cp(1) / (Pp(1) - Naf)) * (Longi - Naf)
For J = 1 To (Piezo - 1)
If Longi >= Pp(J) And Longi < Pp(J + 1)
Then Pa = Cp(J) + ((Cp(J + 1) - Cp(J)) / (Pp(J
+ 1) - Pp(J))) * (Longi - Pp(J))
Next J
If Longi >= Pp(Piezo) Then Pa =
Cp(Piezo) + Longi - Pp(Piezo)
End If
Esfpunta = Esfuerzo - Pa

'Determinación del Esfpro
Dim Esfpro As Double
N = 0
Prof = 0
Esfuerzo = 0
Pa = 0
For I = 1 To Estratos
If Profundidad >= Prof And Profundidad <=
(Prof + (Prof(I) - Prof(I))) Then Dz =
Profundidad - Prof
If Profundidad > Prof And Profundidad >
(Prof + (Prof(I) - Prof(I))) Then Dz = (Prof(I)
- Prof(I))
Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * Dz
Prof = Prof + Dz
If Prof = Profundidad Then GoTo Iroi
Next I
Iroi:
If Piezo = 0 And Naf <= Profundidad Then Pa =
Profundidad - Naf
If Piezo > 0 Then
If Profundidad > Naf And Profundidad <
Pp(1) Then Pa = (Cp(1) / (Pp(1) - Naf)) *
(Profundidad - Naf)
For J = 1 To (Piezo - 1)
If Profundidad >= Pp(J) And
Profundidad < Pp(J + 1) Then Pa = Cp(J) +
((Cp(J + 1) - Cp(J)) / (Pp(J + 1) - Pp(J))) *
(Profundidad - Pp(J))
Next J
If Profundidad >= Pp(Piezo) Then Pa =
Cp(Piezo) + Profundidad - Pp(Piezo)
End If
Esfpro = Esfuerzo - Pa

'Determinación de EsfI'
Dim EsfI' As Double

```

```

Ñ = 0
Prof = 0
Esfuerzo = 0
Pa = 0
For I = 1 To Estratos
    If HT >= Prof And HT <= (Prof +
(Proff(I) - Proff(1))) Then Dz = HT - Prof
    If HT > Prof And HT > (Prof + (Proff(I) -
Proff(1))) Then Dz = (Proff(I) - Proff(1))
    Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * Dz
    Prof = Prof + Dz
    If Prof = HT Then GoTo Irialo
Next I
Irialo:
    If Piezo = 0 And Naf <= HT Then Pa =
HT - Naf
    If Piezo > 0 Then
        If HT > Naf And HT < Pp(1) Then Pa
= (Cp(1) / (Pp(1) - Naf)) * (HT - Naf)
        For J = 1 To (Piezo - 1)
            If HT >= Pp(J) And HT < Pp(J + 1)
Then Pa = Cp(J) + ((Cp(J + 1) - Cp(J)) / (Pp(J
+ 1) - Pp(J))) * (HT - Pp(J))
        Next J
        If HT >= Pp(Piezo) Then Pa =
Cp(Piezo) + HT - Pp(Piezo)
    End If
    EsfT = Esfuerzo - Pa

```

```

'Asignación de valores
Exc2 = Excll
Exc1 = EsfT - Excll

```

```

'Determinación de Atpro

```

```

Dim Pi As Single
Pi = 3.1416
Dim Z2 As Double
Dim Z3 As Double
Static I1 As Double
Static I2 As Double
Dim I3 As Double
Dim I4 As Double
Dim R As Double
Dim R1 As Double
Dim f As Double
Dim F1 As Double
Dim F2 As Double
Dim A0 As Double
Dim A1 As Double
Dim A2 As Double
Dim Area As Double
Dim L1 As Double
Dim B1 As Double

```

```

Dim B2 As Double
Static W As Integer
Dim Reviso As Single
Dim Atproc As Double
Dim Atprob As Double
Dim Atprol As Double
Dim Atproe As Double
Dim Tu As Integer
For Tu = 1 To 4
    Prof = Profundidad
    U = Tu
    If Tu = 1 Then N2 = N5 + 2
    If Tu = 2 Then N2 = Int(N5 / 2)
    If Tu = 3 Then N2 = N5 + 1
    If Tu = 4 Then N2 = 1
    Z2 = Sqr(2)
    Z3 = Prof / Z2
    I1 = 0
    I2 = 0
    If N2 = 1 Then
        For I = N2 + 1 To N
            R = Sqr((X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) - Y(N2)) ^
2)
            f = Atn(R / Z3)
            I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
            I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
            I1 = I1 + I3
            I2 = I2 + I4
        Next I
        R = R0
        f = Atn(R / Z3)
        I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
        I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
        I1 = I1 + I3
        I2 = I2 + I4
    End If
    If N2 = N Then
        For I = 1 To N2 - 1
            R = Sqr((X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) - Y(N2)) ^
2)
            f = Atn(R / Z3)
            I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
            I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
            I1 = I1 + I3
            I2 = I2 + I4
        Next I
        R = R0
        f = Atn(R / Z3)
        I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
        I3 = I4 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
        I1 = I1 + I3
        I2 = I2 + I4
    End If

```

```

If N2 > 1 And N2 < N Then
  For I = 1 To N2 - 1
    R = Sqr((X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) - Y(N2)) ^ 2)
  2) f = Atn(R / Z3)
    I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
    I3 = 14 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
    I1 = I1 + I3
    I2 = I2 + 14
  Next I
  For I = N2 + 1 To N
    R = Sqr((X(I) - X(N2)) ^ 2 + (Y(I) - Y(N2)) ^ 2)
  2) f = Atn(R / Z3)
    I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
    I3 = 14 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
    I1 = I1 + I3
    I2 = I2 + 14
  Next I
  R = R0
  f = Atn(R / Z3)
  I4 = (Z3 / R) * (Sin(f) - 1)
  I3 = 14 - (Cos(f) + Log(Tan(.5 * f)))
  I1 = I1 + I3
  I2 = I2 + 14
End If
I1 = Abs(I1)
I2 = Abs(I2)
If C = 1 Then Area = Pi * Prof ^ 2 / I1
If C = 2 Then Area = (Pi * (Prof ^ 2) * 2) / (Z2 * I2)
If C = 3 Then Area = ((2 * H + Prof) * Pi * Prof ^ 2) / (Prof * I1 + H * I2)
A0 = Pi * R0 ^ 2
R1 = Sqr(Area / Pi)
If U = 1 Then
  A1 = (L * B) - A0
  If A1 <= Area Then Atprob = A1 Else
Atprob = Area
End If
If U = 2 Then
  L1 = L
  B1 = B
  If R1 > B1 / 2 Then
    A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-(B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
    If R1 > L1 / 2 Then
      F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) + .5 *
      Cos(A2 * (Pi / 180))
      A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 - A0
      Atprob = A1
    Else
      A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 * R1 *
      Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
      Atprob = A1
    End If
  End If
  If R1 > L1 / 2 Then
    A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 / (2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
    If R1 > B1 / 2 Then
      A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-(B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
      F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) + .5 *
      Cos(A2 * (Pi / 180))
      A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 - A0
      Atprob = A1
    Else
      A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 * R1 *
      Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
      Atprob = A1
    End If
  End If
  If U = 3 Then
    L1 = B
    B1 = L
    If R1 > B1 / 2 Then
      A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-(B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
      F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) + .5 *
      Cos(A2 * (Pi / 180))
      A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 - A0
      Atprob = A1
    Else
      A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 * R1 *
      Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
      Atprob = A1
    End If
  End If
  If U = 4 Then
    If R1 > B / 2 Then
      If R1 > L / 2 Then
        A2 = (Atn((B / (2 * R1)) / Sqr(-(B / (2 * R1)) * (B / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
        F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B) + .5 *
        Cos(A2 * (Pi / 180))
        A1 = F1 * R1 * B + L * B / 2 - A0
        Atprob = A1
      Else
        A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B * R1 *
        Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
        Atprob = A1
      End If
    End If
  End If

```

```

A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 * R1 *
Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
Atprob = A1
End If
End If
If R1 > L1 / 2 Then
  A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 / (2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
  F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) + .5 *
  Cos(A2 * (Pi / 180))
  A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 - A0
  Atprob = A1
Else
  A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 * R1 *
  Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
  Atprob = A1
End If
End If
If U = 3 Then
  L1 = B
  B1 = L
  If R1 > B1 / 2 Then
    A2 = 90 - (Atn((B1 / (2 * R1)) / Sqr(-(B1 / (2 * R1)) * (B1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
    F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) + .5 *
    Cos(A2 * (Pi / 180))
    A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 - A0
    Atprob = A1
  Else
    A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 * R1 *
    Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
    Atprob = A1
  End If
End If
If R1 > L1 / 2 Then
  A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 / (2 * R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
  F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B1) + .5 *
  Cos(A2 * (Pi / 180))
  A1 = F1 * R1 * B1 + L1 * B1 / 2 - A0
  Atprob = A1
Else
  A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B1 * R1 *
  Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
  Atprob = A1
End If
End If
If U = 4 Then
  If R1 > B / 2 Then
    If R1 > L / 2 Then
      A2 = (Atn((B / (2 * R1)) / Sqr(-(B / (2 * R1)) * (B / (2 * R1) + 1) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi))
      F1 = (Pi * A2 * R1) / (180 * B) + .5 *
      Cos(A2 * (Pi / 180))
      A1 = F1 * R1 * B + L * B / 2 - A0
      Atprob = A1
    Else
      A1 = A2 * Pi * R1 ^ 2 / 90 + B * R1 *
      Cos(A2 * (180 / Pi)) - A0
      Atprob = A1
    End If
  End If
End If

```

```

B2 = (Atn((L / (2 * R1)) / Sqr(-(L / (2 *
R1)) * (L / (2 * R1) + 1))) * (180 / Pi)
F1 = Pi * A2 * R1 / (180 * B) + .5 *
Cos(B2 * (Pi / 180))
F2 = Pi * B2 * R1 / (180 * L) + .5 *
Cos(B2 * (Pi / 180))
A1 = Pi * R1 ^ 2 / 4 + R1 / 2 * (F1 * B
+ F2 * L) + L * B / 4 - A0
Atproe = A1
Else
A2 = (Atn((B / (2 * R1)) / Sqr(-(B / (2 *
R1)) * (B / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2)) * (-180 / Pi)
L1 = B
A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 + L1 *
R1 * Sin(A2 * (Pi / 180)) / 2 - A0
Atproe = A1
End If
End If
If R1 > L / 2 Then
L1 = L
B1 = B
A2 = (Atn((L1 / (2 * R1)) / Sqr(-(L1 / (2 *
R1)) * (L1 / (2 * R1) + 1)) - (Pi / 2)) * (-180 /
Pi)
A1 = (1 - A2 / 180) * Pi * R1 ^ 2 + L1 *
R1 * Sin(A2 * (Pi / 180)) / 2 - A0
Atproe = A1
Else
A1 = Pi * R1 ^ 2 - A0
Atproe = A1
End If
End If
Next Tu

```

'Determinación de la fricción positiva final

```

ReDim PFFe(Valores)
ReDim PFFb(Valores)
ReDim PFFL(Valores)
ReDim PFFe(Valores)
Static Sm As Double
Static Sn As Double
Static So As Double
Static PFm As Double
Static PFn As Double
Static PFO As Double
Dim Mi As Double
For Tu = 1 To 4
N = 0
Prof = 0
If Profundidad <= Z1 Then GoTo Yar
For l = 1 To Estratos
Prof = Prof + (Prof(I) - Profi(I)) / 3
N = N + 1

```

```

If Prof > Z1 Then
If Prof > Z1 And Z1 >= (Prof - ((Prof(I) -
Profi(I)) / 3)) Then
So = Exc2
PFO = 0
End If
If Prof > Z1 And Z1 > (Prof - ((Prof(I) -
Profi(I)) / 3)) Then Dz = Prof - Z1
If Prof > Z1 And Z1 <= (Prof - ((Prof(I) -
Profi(I)) / 3)) Then Dz = (Prof(I) - Profi(I)) / 3
If Z1 < (Prof - ((Prof(I) - Profi(I)) / 3)) And
Profundidad <= Prof Then Dz = Profundidad -
Profi(I)
Mi = Pi * 1.1 * R0 * (Tan(Ang(I) * (Pi /
180))) / ((1 + (Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2) / (1 -
(Sin(Ang(I) * (Pi / 180))) ^ 2))
Dim li As Double
Dim al0 As Double
Dim T1 As Double
Dim T2 As Double
Dim P As Single
If Dz <> Profundidad - Profi(I) Then P = Prof
- 111
If Dz = Profundidad - Profi(I) Then P =
Profundidad - 111
al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn(Lii / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Ni = 2 Then li = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 *
al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Ni = 3 Then li = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
* (Cos(T1 + T2)))
If Ni = 4 Then li = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))
If Dz <> Profundidad - Profi(I) Then
If Tu = 1 Then
Sm = ((Esf(N) - Exc1 * li) * (Ate(N) /
(Ate(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) /
(Ate(N) - (Mi * Dz)))) + (PFO * (1 / (Ate(N) - Mi
* Dz)))
PFm = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * li)) *
Ate(N)
PFFe(N) = PFm
End If
If Tu = 2 Then
Sm = ((Esf(N) - Exc1 * li) * (Atb(N) /
(Atb(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) /
(Atb(N) - (Mi * Dz)))) + (PFO * (1 / (Atb(N) -
Mi * Dz)))

```

```

PFm = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
Atb(N)
PFFb(N) = PFm
End If
If Tu = 3 Then
    Sm = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Atl(N) /
    (Atl(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) / (Atl(N)
    - (Mi * Dz)))) + (PFo * (1 / (Atl(N) - Mi * Dz)))
    PFm = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
Atl(N)
PFFL(N) = PFm
End If
If Tu = 4 Then
    Sm = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Ate(N) /
    (Ate(N) - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) /
    (Ate(N) - (Mi * Dz)))) + (PFo * (1 / (Ate(N) -
    Mi * Dz)))
    PFm = (Sm - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
Ate(N)
PFFe(N) = PFm
End If
End If
If Dz = Profundidad - Profi(I) And
Profundidad <> Longi Then
    If Tu = 1 Then
        Sm = ((Esfpro - Exc1 * Ii) * (Atproc /
        (Atproc - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) /
        (Atproc - (Mi * Dz)))) + (PFo * (1 / (Atproc -
        Mi * Dz)))
        PFm = (Sm - (Esfpro - Exc1 * Ii)) *
Atproc
PFFc(O) = PFm
GoTo Yar
End If
If Tu = 2 Then
    Sm = ((Esfpro - Exc1 * Ii) * (Atprob /
    (Atprob - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) /
    (Atprob - (Mi * Dz)))) + (PFo * (1 / (Atprob -
    Mi * Dz)))
    PFm = (Sm - (Esfpro - Exc1 * Ii)) *
Atprob
PFFb(O) = PFm
GoTo Yar
End If
If Tu = 3 Then
    Sm = ((Esfpro - Exc1 * Ii) * (Atprol /
    (Atprol - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) /
    (Atprol - (Mi * Dz)))) + (PFo * (1 / (Atprol -
    Mi * Dz)))
    PFm = (Sm - (Esfpro - Exc1 * Ii)) *
Atprol
PFFL(O) = PFm
GoTo Yar
End If

```

```

If Tu = 4 Then
    Sm = ((Esfpro - Exc1 * Ii) * (Atproe /
    (Atproe - Mi * Dz))) + (So * ((Mi * Dz) /
    (Atproe - (Mi * Dz)))) + (PFo * (1 / (Atproe -
    Mi * Dz)))
    PFm = (Sm - (Esfpro - Exc1 * Ii)) *
Atproe
PFFe(O) = PFm
GoTo Yar
End If
End If
If Dz = Profundidad - Profi(I) And
Profundidad = Longi Then
    If Tu = 1 Then
        Sm = ((Esfpunta - Exc1 * Ii) *
        (Ate(Valores) / (Ate(Valores) - Mi * Dz))) + (So
        * ((Mi * Dz) / (Ate(Valores) - (Mi * Dz)))) +
        (PFo * (1 / (Ate(Valores) - Mi * Dz)))
        PFm = (Sm - (Esfpunta - Exc1 * Ii)) *
Ate(Valores)
PFFc(O) = PFm
GoTo Yar
End If
If Tu = 2 Then
    Sm = ((Esfpunta - Exc1 * Ii) *
    (Atb(Valores) / (Atb(Valores) - Mi * Dz))) + (So
    * ((Mi * Dz) / (Atb(Valores) - (Mi * Dz)))) +
    (PFo * (1 / (Atb(Valores) - Mi * Dz)))
    PFm = (Sm - (Esfpunta - Exc1 * Ii)) *
Atb(Valores)
PFFb(O) = PFm
GoTo Yar
End If
If Tu = 3 Then
    Sm = ((Esfpunta - Exc1 * Ii) *
    (Atl(Valores) / (Atl(Valores) - Mi * Dz))) + (So
    * ((Mi * Dz) / (Atl(Valores) - (Mi * Dz)))) +
    (PFo * (1 / (Atl(Valores) - Mi * Dz)))
    PFm = (Sm - (Esfpunta - Exc1 * Ii)) *
Atl(Valores)
PFFL(O) = PFm
GoTo Yar
End If
If Tu = 4 Then
    Sm = ((Esfpunta - Exc1 * Ii) *
    (Ate(Valores) / (Ate(Valores) - Mi * Dz))) + (So
    * ((Mi * Dz) / (Ate(Valores) - (Mi * Dz)))) +
    (PFo * (1 / (Ate(Valores) - Mi * Dz)))
    PFm = (Sm - (Esfpunta - Exc1 * Ii)) *
Ate(Valores)
PFFe(O) = PFm
GoTo Yar
End If

```



```

PFn = (Sn - (Esfpro - Exc1 * Ii)) *
Atprol
  PFFL(0) = PFn
  GoTo Yar
  End If
  If Tu = 4 Then
    Sn = ((Esfpro - Exc1 * Ii) * (Atproe /
      (Atproe - Mi * Dz))) + (Sm * ((Mi * Dz) /
      (Atproe - (Mi * Dz)))) + (PFm * (1 / (Atproe -
      Mi * Dz)))
    PFn = (Sn - (Esfpro - Exc1 * Ii)) *
  Atproe
    PFFe(0) = PFn
    GoTo Yar
    End If
  End If
  If Dz = Profundidad - (Prof(i) +
  ((Prof(i) - Prof(i) / 3)) And Profundidad =
  Longi Then
    If Tu = 1 Then
      Sn = ((Esfpunta - Exc1 * Ii) *
      (Ate(Valores) / (Ate(Valores) - Mi * Dz))) +
      (Sm * ((Mi * Dz) / (Ate(Valores) - (Mi * Dz))))
      + (PFm * (1 / (Ate(Valores) - Mi * Dz)))
      PFn = (Sn - (Esfpunta - Exc1 * Ii)) *
    Ate(Valores)
      PFFe(0) = PFn
      GoTo Yar
      End If
    If Tu = 2 Then
      Sn = ((Esfpunta - Exc1 * Ii) *
      (Atb(Valores) / (Atb(Valores) - Mi * Dz))) +
      (Sm * ((Mi * Dz) / (Atb(Valores) - (Mi * Dz))))
      + (PFm * (1 / (Atb(Valores) - Mi * Dz)))
      PFn = (Sn - (Esfpunta - Exc1 * Ii)) *
    Atb(Valores)
      PFFb(0) = PFn
      GoTo Yar
      End If
    If Tu = 3 Then
      Sn = ((Esfpunta - Exc1 * Ii) *
      (Atl(Valores) / (Atl(Valores) - Mi * Dz))) +
      (Sm * ((Mi * Dz) / (Atl(Valores) - (Mi * Dz))))
      + (PFm * (1 / (Atl(Valores) - Mi * Dz)))
      PFn = (Sn - (Esfpunta - Exc1 * Ii)) *
    Atl(Valores)
      PFFL(0) = PFn
      GoTo Yar
      End If
    If Tu = 4 Then
      Sn = ((Esfpunta - Exc1 * Ii) *
      (Ate(Valores) / (Ate(Valores) - Mi * Dz))) +

```

```

(Sm * ((Mi * Dz) / (Ate(Valores) - (Mi * Dz))))
+ (PFm * (1 / (Ate(Valores) - Mi * Dz)))
  PFn = (Sn - (Esfpunta - Exc1 * Ii)) *
  Ate(Valores)
    PFFe(0) = PFn
    GoTo Yar
    End If
  End If
  N = N + 1
  Prof = Prof + (Prof(i) - Prof(i) / 3)
  If Prof > Z1 Then
    If Prof > Z1 And Z1 >= (Prof - ((Prof(i) -
    Prof(i) / 3)) Then
      Sn = Exc2
      PFn = 0
    End If
    If Prof > Z1 And Z1 > (Prof - ((Prof(i) -
    Prof(i) / 3)) Then Dz = Prof - Z1
    If Prof > Z1 And Z1 <= (Prof - ((Prof(i) -
    Prof(i) / 3)) Then Dz = (Prof(i) - Prof(i) / 3)
    If Z1 < (Prof - ((Prof(i) - Prof(i) / 3))
    And Profundidad <= Prof Then Dz =
    Profundidad - (Prof(i) + (2 * ((Prof(i) -
    Prof(i) / 3)))
      Mi = Pi * 1.1 * R0 * (Tan(Ang(i) * (Pi /
      180))) / ((1 + (Sin(Ang(i) * (Pi / 180))) ^ 2) / (1
      - (Sin(Ang(i) * (Pi / 180))) ^ 2))
    If Dz <= Profundidad - (Prof(i) + (2 *
    ((Prof(i) - Prof(i) / 3))) Then P = Prof - H1
    If Dz = Profundidad - (Prof(i) + (2 * ((Prof(i)
    - Prof(i) / 3))) Then P = Profundidad - H1
    al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
    T1 = Atn((Lii) / P)
    T2 = Atn((Lii) / P)
    If Xi = 2 Then li = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 *
    al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
    If Xi = 3 Then li = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
    ((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
    * (Cos(T1 + T2)))
    If Xi = 4 Then li = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
    4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) *
    ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
    (Sin(T2) ^ 3)))
    If Dz <= Profundidad - (Prof(i) + 2 *
    ((Prof(i) - Prof(i) / 3)) Then
      If Tu = 1 Then
        So = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Ate(N) /
        (Ate(N) - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) /
        (Ate(N) - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Ate(N) -
        Mi * Dz)))

```

```

    PFO = (So - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
Ate(N)
    PFFc(N) = PFO
    End If
    If Tu = 2 Then
        So = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Atb(N) /
        (Atb(N) - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) /
        (Atb(N) - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Atb(N) -
        Mi * Dz)))
        PFO = (So - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
    Atb(N)
        PFFb(N) = PFO
        End If
        If Tu = 3 Then
            So = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Atl(N) /
            (Atl(N) - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) / (Atl(N) -
            (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Atl(N) - Mi * Dz)))
            PFO = (So - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
        Atl(N)
            PFFL(N) = PFO
            End If
            If Tu = 4 Then
                So = ((Esf(N) - Exc1 * Ii) * (Ate(N) /
                (Ate(N) - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) /
                (Ate(N) - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Ate(N) -
                Mi * Dz)))
                PFO = (So - (Esf(N) - Exc1 * Ii)) *
            Ate(N)
                PFFc(N) = PFO
                End If
                If Dz = Profundidad - (Profi(I) + 2 *
                ((Proff(I) - Profi(I)) / 3)) And Profundidad <
                Longi Then
                    If Tu = 1 Then
                        So = ((Esfpro - Exc1 * Ii) * (Atproc /
                        (Atproc - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) /
                        (Atproc - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Atproc -
                        Mi * Dz)))
                        PFO = (So - (Esfpro - Exc1 * Ii)) *
                    Atproc
                        PFFc(0) = PFO
                        GoTo Yar
                        End If
                        If Tu = 2 Then
                            So = ((Esfpro - Exc1 * Ii) * (Atprob /
                            (Atprob - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) /
                            (Atprob - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Atprob -
                            Mi * Dz)))
                            PFO = (So - (Esfpro - Exc1 * Ii)) *
                        Atprob
                            PFFb(0) = PFO
                            GoTo Yar
                            End If
                            If Tu = 3 Then
                                So = ((Esfpro - Exc1 * Ii) * (Atprol /
                                (Atprol - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) /
                                (Atprol - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Atprol -
                                Mi * Dz)))
                                PFO = (So - (Esfpro - Exc1 * Ii)) *
                            Atprol
                                PFFL(0) = PFO
                                GoTo Yar
                                End If
                                If Tu = 4 Then
                                    So = ((Esfpro - Exc1 * Ii) * (Atproe /
                                    (Atproe - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) /
                                    (Atproe - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Atproe -
                                    Mi * Dz)))
                                    PFO = (So - (Esfpro - Exc1 * Ii)) *
                                Atproe
                                    PFFe(0) = PFO
                                    GoTo Yar
                                    End If
                                    If Dz = Profundidad - (Profi(I) + 2 *
                                    ((Proff(I) - Profi(I)) / 3)) And Profundidad =
                                    Longi Then
                                        If Tu = 1 Then
                                            So = ((Esfpunta - Exc1 * Ii) *
                                            (Ate(Valores) / (Ate(Valores) - Mi * Dz))) + (Sn
                                            * ((Mi * Dz) / (Ate(Valores) - (Mi * Dz)))) +
                                            (PFn * (1 / (Ate(Valores) - Mi * Dz)))
                                            PFO = (So - (Esfpunta - Exc1 * Ii)) *
                                        Ate(Valores)
                                            PFFc(0) = PFO
                                            GoTo Yar
                                            End If
                                            If Tu = 2 Then
                                                So = ((Esfpunta - Exc1 * Ii) *
                                                (Atb(Valores) / (Atb(Valores) - Mi * Dz))) +
                                                (Sn * ((Mi * Dz) / (Atb(Valores) - (Mi * Dz)))) +
                                                (PFn * (1 / (Atb(Valores) - Mi * Dz)))
                                                PFO = (So - (Esfpunta - Exc1 * Ii)) *
                                            Atb(Valores)
                                                PFFb(0) = PFO
                                                GoTo Yar
                                                End If
                                                If Tu = 3 Then
                                                    So = ((Esfpunta - Exc1 * Ii) *
                                                    (Atl(Valores) / (Atl(Valores) - Mi * Dz))) + (Sn
                                                    * ((Mi * Dz) / (Atl(Valores) - (Mi * Dz)))) +
                                                    (PFn * (1 / (Atl(Valores) - Mi * Dz)))
                                                    PFO = (So - (Esfpunta - Exc1 * Ii)) *
                                                Atl(Valores)
                                                    PFFL(0) = PFO

```

```

    End If
    If Tu = 3 Then
        So = ((Esfpro - Exc1 * Ii) * (Atprol /
        (Atprol - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) /
        (Atprol - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Atprol - Mi
        * Dz)))
        PFO = (So - (Esfpro - Exc1 * Ii)) *
    Atprol
        PFFL(0) = PFO
        GoTo Yar
        End If
        If Tu = 4 Then
            So = ((Esfpro - Exc1 * Ii) * (Atproe /
            (Atproe - Mi * Dz))) + (Sn * ((Mi * Dz) /
            (Atproe - (Mi * Dz)))) + (PFn * (1 / (Atproe -
            Mi * Dz)))
            PFO = (So - (Esfpro - Exc1 * Ii)) *
        Atproe
            PFFe(0) = PFO
            GoTo Yar
            End If
            If Dz = Profundidad - (Profi(I) + 2 *
            ((Proff(I) - Profi(I)) / 3)) And Profundidad =
            Longi Then
                If Tu = 1 Then
                    So = ((Esfpunta - Exc1 * Ii) *
                    (Ate(Valores) / (Ate(Valores) - Mi * Dz))) + (Sn
                    * ((Mi * Dz) / (Ate(Valores) - (Mi * Dz)))) +
                    (PFn * (1 / (Ate(Valores) - Mi * Dz)))
                    PFO = (So - (Esfpunta - Exc1 * Ii)) *
                Ate(Valores)
                    PFFc(0) = PFO
                    GoTo Yar
                    End If
                    If Tu = 2 Then
                        So = ((Esfpunta - Exc1 * Ii) *
                        (Atb(Valores) / (Atb(Valores) - Mi * Dz))) +
                        (Sn * ((Mi * Dz) / (Atb(Valores) - (Mi * Dz)))) +
                        (PFn * (1 / (Atb(Valores) - Mi * Dz)))
                        PFO = (So - (Esfpunta - Exc1 * Ii)) *
                    Atb(Valores)
                        PFFb(0) = PFO
                        GoTo Yar
                        End If
                        If Tu = 3 Then
                            So = ((Esfpunta - Exc1 * Ii) *
                            (Atl(Valores) / (Atl(Valores) - Mi * Dz))) + (Sn
                            * ((Mi * Dz) / (Atl(Valores) - (Mi * Dz)))) +
                            (PFn * (1 / (Atl(Valores) - Mi * Dz)))
                            PFO = (So - (Esfpunta - Exc1 * Ii)) *
                        Atl(Valores)
                            PFFL(0) = PFO

```

```

GoTo Yar
End If
If Tu = 4 Then
    So = ((Esfunta - Exc1 * Ii) *
(Ate(Valores) / (Ate(Valores) - Mi * Dz))) +
(Sn * (Mi * Dz) / (Ate(Valores) - (Mi * Dz))) +
(PFn * (1 / (Ate(Valores) - Mi * Dz)))
    Pfo = (So - (Esfunta - Exc1 * Ii)) *
Ate(Valores)
    PFFe(0) = Pfo
GoTo Yar
End If
End If
End If
Next I
Yar:
    N = 0
    Prof = 0
    Dz = 0
    PFm = 0
    Pfn = 0
    Pfo = 0
For I = 1 To Estratos
    N = N + 1
    Prof = Prof + (Prof(I) - Prof(I)) / 3
    If Profundidad <= Prof Then
        If Profundidad = Prof Then
            If Tu = 1 Then PFFe(N) = PFFe(0)
            If Tu = 2 Then PFFb(N) = PFFb(0)
            If Tu = 3 Then PFFL(N) = PFFL(0)
            If Tu = 4 Then PFFe(N) = PFFe(0)
            If Tu = 1 Then PFm = PFFe(0)
            If Tu = 2 Then PFm = PFFb(0)
            If Tu = 3 Then PFm = PFFL(0)
            If Tu = 4 Then PFm = PFFe(0)
            GoTo Hey
        End If
        If Profundidad > Prof(I) And Longi >
Prof Then
            Dz = (Prof(I) + ((Prof(I) - Prof(I)) /
3)) - Profundidad
            If Tu = 1 Then PFm = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(I) * .3 * Dz) + PFFe(0)
            If Tu = 2 Then PFm = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(I) * .3 * Dz) + PFFb(0)
            If Tu = 3 Then PFm = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(I) * .3 * Dz) + PFFL(0)
            If Tu = 4 Then PFm = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(I) * .3 * Dz) + PFFe(0)
            If Tu = 1 Then PFFe(N) = PFm
            If Tu = 2 Then PFFb(N) = PFm
            If Tu = 3 Then PFFL(N) = PFm
            If Tu = 4 Then PFFe(N) = PFm
        End If
    End If
    Hey:
        N = N + 1
        Prof = Prof + (Prof(I) - Prof(I)) / 3
        If Profundidad <= Prof Then
            If Profundidad = Prof Then
                If Tu = 1 Then PFFe(N) = PFFe(0)
                If Tu = 2 Then PFFb(N) = PFFb(0)
                If Tu = 3 Then PFFL(N) = PFFL(0)
                If Tu = 4 Then PFFe(N) = PFFe(0)
                If Tu = 1 Then PFm = PFFe(0)
                If Tu = 2 Then PFm = PFFb(0)
                If Tu = 3 Then PFm = PFFL(0)
                If Tu = 4 Then PFm = PFFe(0)
            End If
        End If
    End If

```

```

End If
If Profundidad > Prof(I) And Longi <=
Prof Then
    Dz = Longi - Profundidad
    If Tu = 1 Then PFm = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(I) * .3 * Dz) + PFFe(0)
    If Tu = 2 Then PFm = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(I) * .3 * Dz) + PFFb(0)
    If Tu = 3 Then PFm = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(I) * .3 * Dz) + PFFL(0)
    If Tu = 4 Then PFm = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(I) * .3 * Dz) + PFFe(0)
    If Tu = 1 Then PFFe(N) = PFm
    If Tu = 2 Then PFFb(N) = PFm
    If Tu = 3 Then PFFL(N) = PFm
    If Tu = 4 Then PFFe(N) = PFm
    GoTo Ho
End If
If Profundidad <= Prof(I) And Longi >
Prof Then
    Dz = (Prof(I) - Prof(I)) / 3
    PFm = Pfo + (2 * Pi * 1.1 * R0 * Qu(I)
* .3 * Dz)
    If Tu = 1 Then PFFe(N) = PFm
    If Tu = 2 Then PFFb(N) = PFm
    If Tu = 3 Then PFFL(N) = PFm
    If Tu = 4 Then PFFe(N) = PFm
End If
If Profundidad <= Prof(I) And Longi <=
Prof Then
    Dz = Longi - Prof(I)
    PFm = Pfo + (2 * Pi * 1.1 * R0 * Qu(I)
* .3 * Dz)
    If Tu = 1 Then PFFe(N) = PFm
    If Tu = 2 Then PFFb(N) = PFm
    If Tu = 3 Then PFFL(N) = PFm
    If Tu = 4 Then PFFe(N) = PFm
    GoTo Ho
End If
End If
Hey:
If Prof >= Longi Then GoTo Ho
N = N + 1
Prof = Prof + (Prof(I) - Prof(I)) / 3
If Profundidad <= Prof Then
    If Profundidad = Prof Then
        If Tu = 1 Then PFFe(N) = PFFe(0)
        If Tu = 2 Then PFFb(N) = PFFb(0)
        If Tu = 3 Then PFFL(N) = PFFL(0)
        If Tu = 4 Then PFFe(N) = PFFe(0)
        If Tu = 1 Then PFm = PFFe(0)
        If Tu = 2 Then PFm = PFFb(0)
        If Tu = 3 Then PFm = PFFL(0)
        If Tu = 4 Then PFm = PFFe(0)
    End If
End If

```

```

    If Tu = 4 Then PFn = PFfe(0)
    GoTo Hey1
End If
    If Profundidad > Profi(l) + (Proff(l) -
Profi(l)) / 3 And Longi > Prof Then
    Dz = (Profi(l) + 2 * (Proff(l) - Profi(l)) /
3) - Profundidad
    If Tu = 1 Then PFn = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(l) * .3 * Dz) + PFfe(0)
    If Tu = 2 Then PFn = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(l) * .3 * Dz) + PFFb(0)
    If Tu = 3 Then PFn = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(l) * .3 * Dz) + PFFl(0)
    If Tu = 4 Then PFn = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(l) * .3 * Dz) + PFfe(0)
    If Tu = 1 Then PFfe(N) = PFn
    If Tu = 2 Then PFFb(N) = PFn
    If Tu = 3 Then PFFl(N) = PFn
    If Tu = 4 Then PFfe(N) = PFn
End If
    If Profundidad > Profi(l) + (Proff(l) -
Profi(l)) / 3 And Longi <= Prof Then
    Dz = Longi - Profundidad
    If Tu = 1 Then PFn = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(l) * .3 * Dz) + PFfe(0)
    If Tu = 2 Then PFn = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(l) * .3 * Dz) + PFFb(0)
    If Tu = 3 Then PFn = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(l) * .3 * Dz) + PFFl(0)
    If Tu = 4 Then PFn = (2 * Pi * 1.1 *
R0 * Qu(l) * .3 * Dz) + PFfe(0)
    If Tu = 1 Then PFfe(N) = PFn
    If Tu = 2 Then PFFb(N) = PFn
    If Tu = 3 Then PFFl(N) = PFn
    If Tu = 4 Then PFfe(N) = PFn
    GoTo Ho
End If
    If Profundidad <= Profi(l) + (Proff(l) -
Profi(l)) / 3 And Longi > Prof Then
    Dz = (Proff(l) - Profi(l)) / 3
    PFn = PFm + (2 * Pi * 1.1 * R0 * Qu(l)
* .3 * Dz)
    If Tu = 1 Then PFfe(N) = PFn
    If Tu = 2 Then PFFb(N) = PFn
    If Tu = 3 Then PFFl(N) = PFn
    If Tu = 4 Then PFfe(N) = PFn
End If
    If Profundidad <= Profi(l) + (Proff(l) -
Profi(l)) / 3 And Longi <= Prof Then
    Dz = Longi - (Profi(l) + (Proff(l) -
Profi(l)) / 3)
    PFn = PFm + (2 * Pi * 1.1 * R0 * Qu(l)
* .3 * Dz)

```

```

    If Tu = 1 Then PFfe(N) = PFn
    If Tu = 2 Then PFFb(N) = PFn
    If Tu = 3 Then PFFl(N) = PFn
    If Tu = 4 Then PFfe(N) = PFn
    GoTo Ho
End If
End If
Hey1:
If Prof >= Longi Then GoTo Ho
N = N + 1
Prof = Prof + (Proff(l) - Profi(l)) / 3
If Profundidad <= Prof Then
    If Profundidad = Prof Then
        If Tu = 1 Then PFfe(N) = PFfe(0)
        If Tu = 2 Then PFFb(N) = PFFb(0)
        If Tu = 3 Then PFFl(N) = PFFl(0)
        If Tu = 4 Then PFfe(N) = PFfe(0)
        If Tu = 1 Then Pfo = Pfo(0)
        If Tu = 2 Then Pfo = PFFb(0)
        If Tu = 3 Then Pfo = PFFl(0)
        If Tu = 4 Then Pfo = PFfe(0)
        GoTo Hey2
    End If
    If Profundidad > Profi(l) + 2 * ((Proff(l) -
Profi(l)) / 3) And Longi > Prof Then
        Dz = Profi(l) - Profundidad
        If Tu = 1 Then Pfo = (2 * Pi * 1.1 * R0
* Qu(l) * .3 * Dz) + PFfe(0)
        If Tu = 2 Then Pfo = (2 * Pi * 1.1 * R0
* Qu(l) * .3 * Dz) + PFFb(0)
        If Tu = 3 Then Pfo = (2 * Pi * 1.1 * R0
* Qu(l) * .3 * Dz) + PFFl(0)
        If Tu = 4 Then Pfo = (2 * Pi * 1.1 * R0
* Qu(l) * .3 * Dz) + PFfe(0)
        If Tu = 1 Then PFfe(N) = Pfo
        If Tu = 2 Then PFFb(N) = Pfo
        If Tu = 3 Then PFFl(N) = Pfo
        If Tu = 4 Then PFfe(N) = Pfo
    End If
    If Profundidad > Profi(l) + 2 * ((Proff(l) -
Profi(l)) / 3) And Longi <= Prof Then
        Dz = Longi - Profundidad
        If Tu = 1 Then Pfo = (2 * Pi * 1.1 * R0
* Qu(l) * .3 * Dz) + PFfe(0)
        If Tu = 2 Then Pfo = (2 * Pi * 1.1 * R0
* Qu(l) * .3 * Dz) + PFFb(0)
        If Tu = 3 Then Pfo = (2 * Pi * 1.1 * R0
* Qu(l) * .3 * Dz) + PFFl(0)
        If Tu = 4 Then Pfo = (2 * Pi * 1.1 * R0
* Qu(l) * .3 * Dz) + PFfe(0)
        If Tu = 1 Then PFfe(N) = Pfo
        If Tu = 2 Then PFFb(N) = Pfo
        If Tu = 3 Then PFFl(N) = Pfo

```

```

        If Tu = 4 Then PFFe(N) = PFo
        GoTo Ho
    End If
    If Profundidad <= Prof(i) + 2 * (Prof(i) - Prof(i)) / 3 And Longi > Prof Then
        Dz = (Prof(i) - Prof(i)) / 3
        PFS = PFn + (2 * Pi * 1.1 * R0 * Qu(i) * .3 * Dz)
        If Tu = 1 Then PFFe(N) = PFo
        If Tu = 2 Then PFFb(N) = PFo
        If Tu = 3 Then PFFL(N) = PFo
        If Tu = 4 Then PFFe(N) = PFo
    End If
    If Profundidad <= Prof(i) + 2 * ((Prof(i) - Prof(i)) / 3) And Longi <= Prof Then
        Dz = Longi - (Prof(i) + 2 * (Prof(i) - Prof(i)) / 3)
        PFo = PFn + (2 * Pi * 1.1 * R0 * Qu(i) * .3 * Dz)
        If Tu = 1 Then PFFe(N) = PFo
        If Tu = 2 Then PFFb(N) = PFo
        If Tu = 3 Then PFFL(N) = PFo
        If Tu = 4 Then PFFe(N) = PFo
        GoTo Ho
    End If
End If
Hey2:
If Prof >= Longi Then GoTo Ho
Next I
Ho:
Next Tu

Cls
Form1.Text4 = Format$(4 * PFFe(Valores)) + (2 * (N5 - 2) * PFFb(Valores)) + (2 * (N6 - 2) * PFFL(Valores)) + ((N - (4 + 2 * (N5 - 2) + 2 * (N6 - 2)) * PFFe(Valores)), "#####.###")
Form1.Text5 = Exc1
Form1.Text6 = Exc2

End Sub

Sub Command2_Click ()
'Entrada de los esfuerzos críticos
ReDim Esfc(Estratos)
For I = 1 To Estratos
Esfc(I) = Val(InputBox$("Valor del esfuerzo crítico al centro del estrato #" & Str$(I)))
Next I

'Carga el formulario para la graficación
Form3.Show

```

```

Form3.Caption = "Gráfica de Esfuerzos a largo plazo"
Form3.DrawWidth = 1
Form3.DrawStyle = 0

'Determinación de Esfz1
Dim J As Integer
Dim Pa As Single
Static Esfuerzo As Single
Static Prof As Single
Static N As Integer
Dim Dz As Single
Dim Esfz1 As Double
N = 0
Prof = 0
Esfuerzo = 0
Pa = 0
For I = 1 To Estratos
If Z1 >= Prof And Z1 <= (Prof + (Prof(i) - Prof(i))) Then Dz = Z1 - Prof
If Z1 > Prof And Z1 > (Prof + (Prof(i) - Prof(i))) Then Dz = (Prof(i) - Prof(i))
Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * Dz
Prof = Prof + Dz
If Prof = Z1 Then GoTo Gone
Next I
Gone:
If Piezo = 0 And Naf <= Z1 Then Pa = Z1 - Naf
If Piezo > 0 Then
If Z1 > Naf And Z1 < Pp(I) Then Pa = (Cp(I) / (Pp(I) - Naf)) * (Z1 - Naf)
For J = 1 To (Piezo - 1)
If Z1 >= Pp(J) And Z1 < Pp(J + 1) Then
Pa = Cp(J) + ((Cp(J + 1) - Cp(J)) / (Pp(J + 1) - Pp(J))) * (Z1 - Pp(J))
Next J
If Z1 >= Pp(Piezo) Then Pa = Cp(Piezo) + Z1 - Pp(Piezo)
End If
Esfz1 = Esfuerzo + Pa

'Determinación de Esf(0)
N = 0
Prof = 0
Esfuerzo = 0
Pa = 0
For I = 1 To Estratos
If H1 >= Prof And H1 <= (Prof + (Prof(i) - Prof(i))) Then Dz = H1 - Prof
If H1 > Prof And H1 > (Prof + (Prof(i) - Prof(i))) Then Dz = (Prof(i) - Prof(i))
Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * Dz

```

```

Prof = Prof + Dz
If Prof = H1 Then GoTo Ir1
Next I
Ir1:
  If Piezo = 0 And Naf <= H1 Then Pa =
H1 - Naf
  If Piezo > 0 Then
    If H1 > Naf And H1 < Pp(I) Then Pa
= (Cp(I) / (Pp(I) - Naf)) * (H1 - Naf)
    For J = 1 To (Piezo - 1)
      If H1 >= Pp(J) And H1 < Pp(J + 1)
Then Pa = Cp(J) + ((Cp(J + 1) - Cp(J)) / (Pp(J
+ 1) - Pp(J))) * (H1 - Pp(J))
    Next J
    If H1 >= Pp(Piezo) Then Pa =
Cp(Piezo) + H1 - Pp(Piezo)
  End If
  Esf(0) = Esfuerzo - Pa

'Determinación de EsfT
Dim EsfT As Double
N = 0
Prof = 0
Esfuerzo = 0
Pa = 0
For I = 1 To Estratos
  If HT >= Prof And HT <= (Prof +
(Proff(I) - Proff(I))) Then Dz = HT - Prof
  If HT > Prof And HT > (Prof + (Proff(I) -
Proff(I))) Then Dz = (Proff(I) - Proff(I))
  Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * Dz
  Prof = Prof + Dz
  If Prof = HT Then GoTo Irial1
Next I
Irial1:
  If Piezo = 0 And Naf <= HT Then Pa =
HT - Naf
  If Piezo > 0 Then
    If HT > Naf And HT < Pp(I) Then Pa
= (Cp(I) / (Pp(I) - Naf)) * (HT - Naf)
    For J = 1 To (Piezo - 1)
      If HT >= Pp(J) And HT < Pp(J + 1)
Then Pa = Cp(J) + ((Cp(J + 1) - Cp(J)) / (Pp(J
+ 1) - Pp(J))) * (HT - Pp(J))
    Next J
    If HT >= Pp(Piezo) Then Pa =
Cp(Piezo) + HT - Pp(Piezo)
  End If
  EsfT = Esfuerzo - Pa

'Determinación del Espunta
N = 0
Prof = 0

```

```

Esfuerzo = 0
Pa = 0
For I = 1 To Estratos
  If Longi >= Prof And Longi <= (Prof +
(Proff(I) - Proff(I))) Then Dz = Longi - Prof
  If Longi > Prof And Longi > (Prof + (Proff(I) -
Proff(I))) Then Dz = (Proff(I) - Proff(I))
  Esfuerzo = Esfuerzo + Pev(I) * Dz
  Prof = Prof + Dz
  If Prof = Longi Then GoTo Iro1
Next I
Iro1:
  If Piezo = 0 And Naf <= Longi Then Pa =
Longi - Naf
  If Piezo > 0 Then
    If Longi > Naf And Longi < Pp(I) Then Pa
= (Cp(I) / (Pp(I) - Naf)) * (Longi - Naf)
    For J = 1 To (Piezo - 1)
      If Longi >= Pp(J) And Longi < Pp(J + 1)
Then Pa = Cp(J) + ((Cp(J + 1) - Cp(J)) / (Pp(J
+ 1) - Pp(J))) * (Longi - Pp(J))
    Next J
    If Longi >= Pp(Piezo) Then Pa =
Cp(Piezo) + Longi - Pp(Piezo)
  End If
  Espunta = Esfuerzo - Pa

'Determinación de los valores para los ejes
Dim Maxi As Double
Dim FF As Double
Dim AA As Double
Dim li As Double
Dim a10 As Double
Dim T1 As Double
Dim T2 As Double
Dim P As Single
Dim Pi As Single
Pi = 3.1416
Prof = 0
For I = 1 To Estratos
  Prof = Prof + (Proff(I) - Proff(I))
Next I
Maxi = Esfe(Estratos)
Form3.Scale (-3, -1.5)-(Int(Maxi) + 3,
Int(Prof) + 5)
Form3.Line (0, 0)-(Int(Maxi) + 2, 0)
Form3.Line (0, 0)-(0, Int(Prof) + 1)

'Rotulación de ejes
Form3.CurrentX = -.7
Form3.CurrentY = Int(Prof) + 1
Form3.Print "(m)"
If Int(Maxi) + 2 <= 20 Then

```

```

For I = 1 To Int(Maxi) + 2 Step 1
Form3.CurrentX = I
Form3.CurrentY = 0
Form3.Print Str$(I)
Next I
End If
If Int(Maxi) + 2 > 20 And Int(Maxi) + 2 <= 50
Then
For I = 2 To Int(Maxi) + 2 Step 2
Form3.CurrentX = I
Form3.CurrentY = 0
Form3.Print Str$(I)
Next I
End If
If Int(Maxi) + 2 > 50 Then
For I = 10 To Int(Maxi) + 2 Step 10
Form3.CurrentX = I
Form3.CurrentY = 0
Form3.Print Str$(I)
Next I
End If
If Prof > 20 Then
For I = 2 To Int(Prof) + 1 Step 2
Form3.CurrentX = 0
Form3.CurrentY = I
Form3.Print Str$(I)
Next I
End If
If Prof <= 20 Then
For I = 1 To Int(Prof) + 1 Step 1
Form3.CurrentX = 0
Form3.CurrentY = I
Form3.Print Str$(I)
Next I
End If

```

```

'Presentación de la excavación
Form3.Line (-2.9, 0)-(-1, H1), QBColor(0), B
Form3.DrawStyle = 0
Form3.DrawWidth = 1
Form3.FillStyle = 7
Form3.Line (-2.9, H1)-(-1, HT), QBColor(0), B
Form3.FillStyle = 1

```

```

'Presentación del pilote
Form3.DrawStyle = 2
Form3.Line (-2.1, HT)-(-1.8, Longi),
QBColor(8), BF
Form3.DrawStyle = 0

```

```

'Presentación de los estratos
For I = 1 To Estratos

```

```

Form3.Line (-1, Profi(I))-(-.01, Proff(I)),
QBColor(0), B
Next I

```

```

'Presentación del NAF
Form3.DrawWidth = 2
Form3.Line (-.9, Naf)-(-.01, Naf), QBColor(1),
B

```

```

'Creación de la retícula
Prof = 0
For I = 1 To Estratos
Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I))
Next I
Form3.DrawWidth = 1
Form3.DrawStyle = 2
If Int(Maxi) + 2 <= 20 Then
For I = 1 To Int(Maxi) + 2 Step 1
Form3.Line (I, 0)-(I, Int(Prof) + 1),
QBColor(0)
Next I
End If
If Int(Maxi) + 2 > 20 And Int(Maxi) + 2 <= 50
Then
For I = 2 To Int(Maxi) + 2 Step 2
Form3.Line (I, 0)-(I, Int(Prof) + 1),
QBColor(0)
Next I
End If
If Int(Maxi) > 50 Then
For I = 5 To Int(Maxi) + 2 Step 5
Form3.Line (I, 0)-(I, Int(Prof) + 1),
QBColor(0)
Next I
End If
If Prof > 20 Then
For I = 2 To Int(Prof + 1) Step 2
Form3.Line (0, I)-(Int(Maxi) + 2, I),
QBColor(0)
Next I
End If
If Prof <= 20 Then
For I = 1 To Int(Prof + 1) Step 1
Form3.Line (0, I)-(Int(Maxi) + 2, I),
QBColor(0)
Next I
End If
Form3.DrawStyle = 0

```

```

'Grificación de los esfuerzos efectivos
originales
Prof = 0
N = 0

```

```

Form3.DrawWidth = 1
Form3.DrawStyle = 2
Form3.CurrentX = 0
Form3.CurrentY = 0
For I = 1 To Estratos
Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
N = N + 1
Form3.Line -(Esf(N), Prof), QBColor(1)
Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
N = N + 1
Form3.Line -(Esf(N), Prof), QBColor(1)
Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
N = N + 1
Form3.Line -(Esf(N), Prof), QBColor(1)
Next I

```

'Graficación de los esfuerzos efectivos
iniciales

```

Prof = 0
N = 0
Form3.DrawWidth = 1
Form3.DrawStyle = 0
Form3.CurrentX = 0
Form3.CurrentY = H1
For I = 1 To Estratos
Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
N = N + 1
If Prof > H1 Then
If Prof >= HT And HT > Prof - (Proff(I) -
Profi(I)) / 3 Then
If HT = H1 Then
Ii = 1
GoTo Igual1
End If
P = HT - H1
a0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Lii) / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a0 + (.5 *
Sin(2 * a0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
(Sin(a0) - ((Sin(a0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) +
(Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * a0
+ (3 / 4) * Sin(2 * a0) + Sin(a0) * Cos(a0) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
Igual1:
Form3.Line -(EsfT - Exc1 * Ii, HT),
QBColor(1)
End If
P = Prof - H1
a0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))

```

```

T1 = Atn((Lii) / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a0 + (.5 *
Sin(2 * a0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
(Sin(a0) - ((Sin(a0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) +
(Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * a0
+ (3 / 4) * Sin(2 * a0) + Sin(a0) * Cos(a0) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
Form3.Line -(Esf(N) - Exc1 * Ii, Prof),
QBColor(1)
End If
Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
N = N + 1
If Prof > H1 Then
If Prof >= HT And HT > Prof - (Proff(I) -
Profi(I)) / 3 Then
If HT = H1 Then
Ii = 1
GoTo Igual2
End If
P = HT - H1
a0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Lii) / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a0 + (.5 *
Sin(2 * a0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
(Sin(a0) - ((Sin(a0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) +
(Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * a0
+ (3 / 4) * Sin(2 * a0) + Sin(a0) * Cos(a0) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
Igual2:
Form3.Line -(EsfT - Exc1 * Ii, HT),
QBColor(1)
End If
P = Prof - H1
a0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Lii) / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a0 + (.5 *
Sin(2 * a0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
(Sin(a0) - ((Sin(a0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) +
(Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * a0
+ (3 / 4) * Sin(2 * a0) + Sin(a0) * Cos(a0) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))

```

```

Form3.Line -(Esf(N) - Exc1 * Ii, Prof),
QBColor(1)
End If
Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
N = N + 1
If Prof > H1 Then
If HT >= HT And HT >= Prof - (Proff(I) -
Profi(I)) / 3 Then
If HT = H1 Then
Ii = 1
GoTo Igual3
End If
P = HT - H1
a0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Lii) / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a0 + (.5 *
Sin(2 * a0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
((Sin(a0) - ((Sin(a0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) +
(Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * a0
+ (3 / 4) * Sin(2 * a0) + Sin(a0) * Cos(a0) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
Igual3:
Form3.Line -(Esf(I) - Exc1 * Ii, HT),
QBColor(1)
End If
P = Prof - H1
a0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Lii) / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a0 + (.5 *
Sin(2 * a0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
((Sin(a0) - ((Sin(a0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) +
(Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * a0
+ (3 / 4) * Sin(2 * a0) + Sin(a0) * Cos(a0) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
Form3.Line -(Esf(N) - Exc1 * Ii, Prof),
QBColor(1)
End If
Next I
'Grificación de los esfuerzos finales
Form1.Cls
Form3.DrawWidth = 1
Form3.DrawStyle = 0
If HT = H1 Then
Ii = 1

```

```

GoTo Cer
End If
P = Z1 - H1
a0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Lii) / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a0 + (.5 *
Sin(2 * a0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
((Sin(a0) - ((Sin(a0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) +
(Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * a0 + (3 /
4) * Sin(2 * a0) + Sin(a0) * Cos(a0) ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))
Cer:
Form3.CurrentX = EsfZ1 - Exc1 * Ii
Form3.CurrentY = Z1
N = 0
Prof = 0
For I = 1 To Estratos
Prof = Prof + ((Proff(I) - Profi(I)) / 3)
N = N + 1
If N = Valores Then GoTo Vas
If Prof > Z1 Then
P = Prof - H1
a0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Lii) / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (a0 + (.5 *
Sin(2 * a0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) *
((Sin(a0) - ((Sin(a0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) +
(Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * a0
+ (3 / 4) * Sin(2 * a0) + Sin(a0) * Cos(a0) ^
3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^
3) - (Sin(T2) ^ 3)))
FF = (.4 * PFFe(N)) + (.2 * (N5 - 2) *
PFFb(N)) + (.2 * (N6 - 2) * PFFL(N)) + (N - (.4
+ 2 * (N5 - 2) + 2 * (N6 - 2))) * PFFe(N)
If Ate(N) > (.25 * B * L) And Atb(N) > (.5
* B * L) And Atl(N) > (.5 * B * L) Then
AA = ((Bii * 2) * (Lii * 2)) + (.4 *
(Ate(N) - (.25 * B * L)) + (.2 * (Atb(N) - (.5 * B
* L)) * (N5 - 2)) + (.2 * (Atl(N) - (.5 * B * L)) *
(N6 - 2)))
Else
AA = (Bii * 2) * (Lii * 2)
End If
Form3.Line -(Esf(N) - Exc1 * Ii) + (FF /
AA), Prof, QBColor(12)

```

```

End If
Prof = Prof + ((Proff(I) - Profi(I)) / 3)
N̄ = N̄ + 1
If N̄ = Valores Then GoTo Vas
If Prof > Z1 Then
    P = Prof - H1
    al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
    T1 = Atn((Lii) / P)
    T2 = Atn((-Lii) / P)
    If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 * al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
    If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) - ((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
    If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 / 4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) - (Sin(T2) ^ 3)))

    FF = (4 * PFFe(N̄)) + (2 * (N5 - 2) * PFFb(N̄)) + (2 * (N6 - 2) * PFFL(N̄)) + ((N - (4 + 2 * (N5 - 2) + 2 * (N6 - 2))) * PFFe(N̄))
    If Ate(N̄) > (.25 * B * L) And Atb(N̄) > (.5 * B * L) And Atl(N̄) > (.5 * B * L) Then
        AA = ((Bii * 2) * (Lii * 2)) + (4 * (Ate(N̄) - (.25 * B * L)) + (2 * (Atb(N̄) - (.5 * B * L)) * (N5 - 2)) + (2 * (Atl(N̄) - (.5 * B * L)) * (N6 - 2)))
    Else
        AA = (Bii * 2) * (Lii * 2)
    End If
    Form3.Line -((Esf(N̄) - Exc1 * Ii) + (FF / AA), Prof), QBColor(12)
End If
Next I
Vas:
P = Longi - H1
al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Lii) / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 * al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) - ((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 / 4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) - (Sin(T2) ^ 3)))

FF = (4 * PFFe(N̄)) + (2 * (N5 - 2) * PFFb(N̄)) + (2 * (N6 - 2) * PFFL(N̄)) + ((N - (4 + 2 * (N5 - 2) + 2 * (N6 - 2))) * PFFe(N̄))
If Ate(N̄) > (.25 * B * L) And Atb(N̄) > (.5 * B * L) And Atl(N̄) > (.5 * B * L) Then
    AA = ((Bii * 2) * (Lii * 2)) + (4 * (Ate(N̄) - (.25 * B * L)) + (2 * (Atb(N̄) - (.5 * B * L)) * (N5 - 2)) + (2 * (Atl(N̄) - (.5 * B * L)) * (N6 - 2)))
Else
    AA = (Bii * 2) * (Lii * 2)
End If
Form3.Line -((Esf(N̄) - Exc1 * Ii) + (FF / AA), Prof), QBColor(12)
End If
Prof = Prof + ((Proff(I) - Profi(I)) / 3)
N̄ = N̄ + 1
If N̄ = Valores Then GoTo Vas
If Prof > Z1 Then
    P = Prof - H1
    al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
    T1 = Atn((Lii) / P)
    T2 = Atn((-Lii) / P)
    If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 * al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
    If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) - ((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
    If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 / 4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) - (Sin(T2) ^ 3)))

    FF = (4 * PFFe(Valores)) + (2 * (N5 - 2) * PFFb(Valores)) + (2 * (N6 - 2) * PFFL(Valores)) + ((N - (4 + 2 * (N5 - 2) + 2 * (N6 - 2))) * PFFe(Valores))
    AA = ((Bii * 2) * (Lii * 2)) + (4 * (Ate(Valores) - (.25 * B * L)) + (2 * (Atb(Valores) - (.5 * B * L)) * (N5 - 2)) + (2 * (Atl(Valores) - (.5 * B * L)) * (N6 - 2)))
    Form3.Line -((Esfpunta - Exc1 * Ii) + (FF / AA), Longi), QBColor(12)

```

```

FF = (4 * PFFe(N̄)) + (2 * (N5 - 2) * PFFb(N̄)) + (2 * (N6 - 2) * PFFL(N̄)) + ((N - (4 + 2 * (N5 - 2) + 2 * (N6 - 2))) * PFFe(N̄))
If Ate(N̄) > (.25 * B * L) And Atb(N̄) > (.5 * B * L) And Atl(N̄) > (.5 * B * L) Then
    AA = ((Bii * 2) * (Lii * 2)) + (4 * (Ate(N̄) - (.25 * B * L)) + (2 * (Atb(N̄) - (.5 * B * L)) * (N5 - 2)) + (2 * (Atl(N̄) - (.5 * B * L)) * (N6 - 2)))
Else
    AA = (Bii * 2) * (Lii * 2)
End If
Form3.Line -((Esf(N̄) - Exc1 * Ii) + (FF / AA), Prof), QBColor(12)
End If
Next I
Vas:
P = Longi - H1
al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Lii) / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 * al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) - ((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * ((T1 - T2) + (Sin(T1 - T2)) * (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 / 4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) * ((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) - (Sin(T2) ^ 3)))

FF = (4 * PFFe(Valores)) + (2 * (N5 - 2) * PFFb(Valores)) + (2 * (N6 - 2) * PFFL(Valores)) + ((N - (4 + 2 * (N5 - 2) + 2 * (N6 - 2))) * PFFe(Valores))
AA = ((Bii * 2) * (Lii * 2)) + (4 * (Ate(Valores) - (.25 * B * L)) + (2 * (Atb(Valores) - (.5 * B * L)) * (N5 - 2)) + (2 * (Atl(Valores) - (.5 * B * L)) * (N6 - 2)))
Form3.Line -((Esfpunta - Exc1 * Ii) + (FF / AA), Longi), QBColor(12)

```

Gratificación de la distribución de esfuerzos

Dim Iii As Single

Pi = 3.1416

Prof = 0

N̄ = 0

Form3.CurrentX = (Esfpunta - Exc1 * Ii) + (FF / AA)

Form3.CurrentY = Longi

For I = 1 To Estratos

N̄ = N̄ + 1

Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3

If Prof > Longi Then

```

P = Prof - H1
al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Lii) / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Iii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2
* al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Iii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * (T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
* (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Iii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))

```

```

P = Prof - Longi
al0 = Atn(Bi / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Li) / P)
T2 = Atn((-Li) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 *
al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * (T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
* (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))
Form3.Line -((Esf(N) - Exc1 * Iii) + ((FF / AA)
* Ii), Prof), QBColor(12)
End If
N = N + 1

```

```

Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
If Prof > Longi Then
P = Prof - H1
al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Lii) / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Iii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2
* al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Iii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * (T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
* (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Iii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))

```

```

P = Prof - Longi
al0 = Atn(Bi / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Li) / P)
T2 = Atn((-Li) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 *
al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))

```

```

If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * (T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
* (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))
Form3.Line -((Esf(N) - Exc1 * Iii) + (FF / AA)
* Ii, Prof), QBColor(12)
End If
N = N + 1
Prof = Prof + (Proff(I) - Profi(I)) / 3
If Prof > Longi Then

```

```

P = Prof - H1
al0 = Atn(Bii / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Lii) / P)
T2 = Atn((-Lii) / P)
If Xi = 2 Then Iii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2
* al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Iii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * (T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
* (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Iii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))

```

```

P = Prof - Longi
al0 = Atn(Bi / Sqr(P ^ 2))
T1 = Atn((Li) / P)
T2 = Atn((-Li) / P)
If Xi = 2 Then Ii = (1 / Pi) * (al0 + (.5 * Sin(2 *
al0))) * (Sin(T1) - Sin(T2))
If Xi = 3 Then Ii = (3 / (2 * Pi)) * (Sin(al0) -
((Sin(al0) ^ 3) / 3)) * (T1 - T2) + (Sin(T1 - T2))
* (Cos(T1 + T2)))
If Xi = 4 Then Ii = (1 / Pi) * ((3 / 2) * al0 + (3 /
4) * Sin(2 * al0) + Sin(al0) * Cos(al0) ^ 3) *
((Sin(T1) - Sin(T2)) - (1 / 3) * ((Sin(T1) ^ 3) -
(Sin(T2) ^ 3)))
Form3.Line -((Esf(N) - Exc1 * Iii) + (FF / AA)
* Ii, Prof), QBColor(12)
End If
Next I

```

'Graficación de los esfuerzos críticos

```

Prof = 0
Form3.CurrentX = Esfc(1)
Form3.CurrentY = (Proff(1) - Profi(1)) / 2
For I = 2 To Estratos
Prof = Proff(I - 1) + (Proff(I) - Profi(I)) / 2
Form3.Line -((Esf(I), Prof), QBColor(10)
Next I

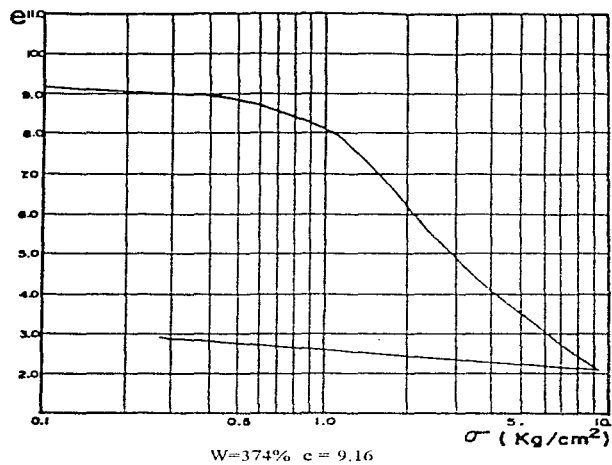
```

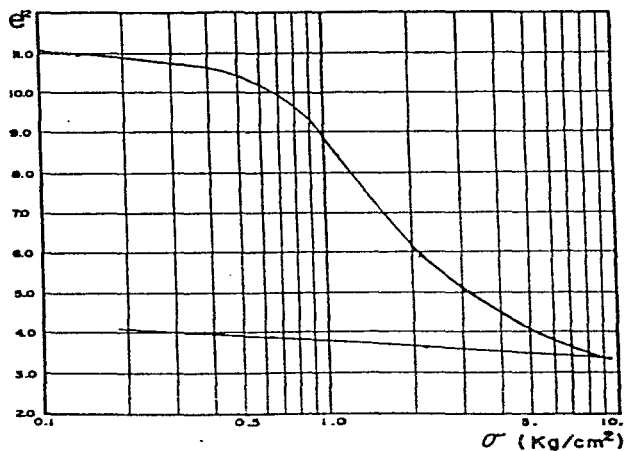
```
'Presentación simbólica
Form3.CurrentY = -1.7
Form3.CurrentX = -1.5
Form3.FontSize = 7
Form3.Print "Esf. Iniciales(Azul)      Esf.
Finales(Rojo)      (T/m^2)"

End Sub
```

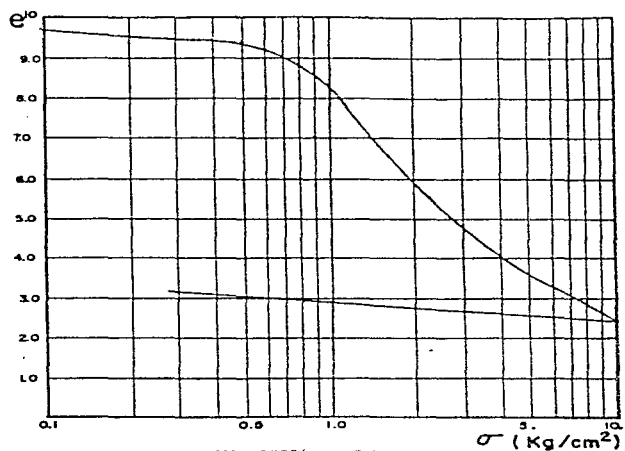
APENDICE "F"

CURVAS ESFUERZO-RELACION DE VACIOS

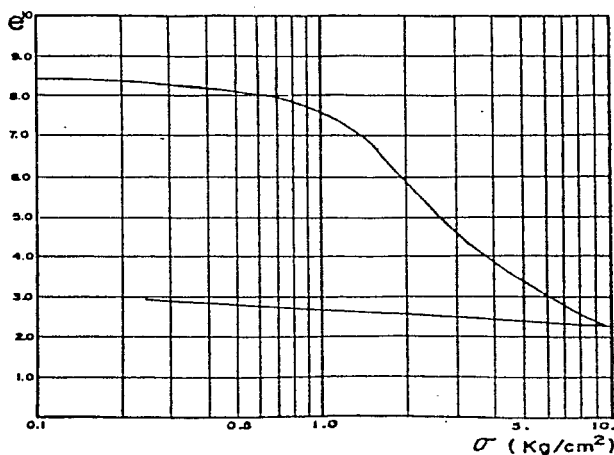




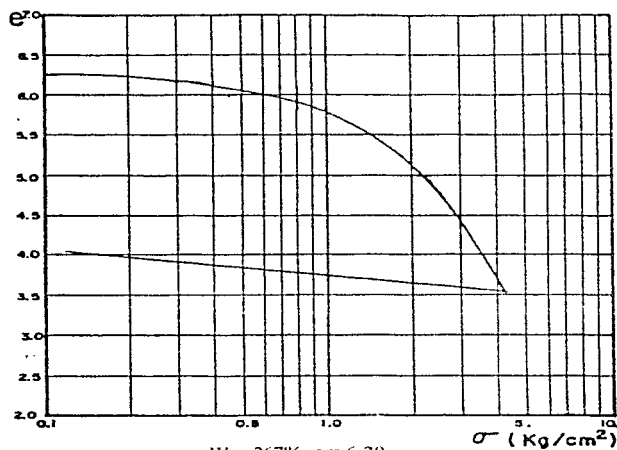
$W = 402\%$ $e = 11.13$



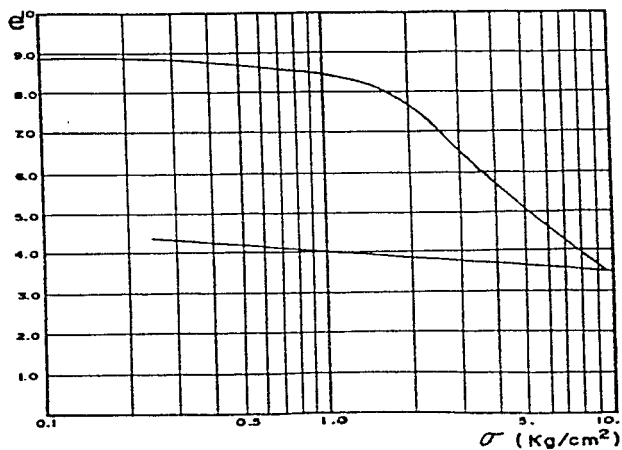
$W = 382\%$ $c = 9.8$



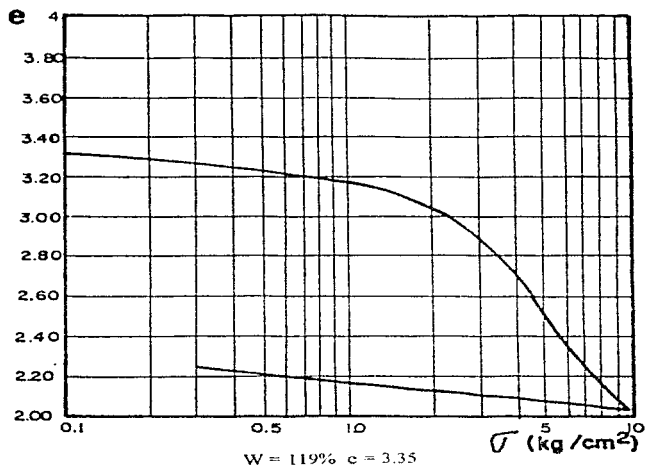
$W = 343\%$ $c = 8.48$



$W = 267\%$ $c = 6.29$



$W = 364\%$ $c = 8.79$



$W = 119\%$ $c = 3.35$