

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN EXTRAORDINARIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO
FLORESTY USANDO ELEMENTOS FINITOS
EMBEBIDOS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

**Bach. CASTILLO MELGAREJO FELIX ALBERTO
Bach. GONZALES DELGADO ORLANDO JUNIOR**

ASESOR: Dr. Ing. VIRGILIO ALEJANDRO PEÑA HARO

LIMA - PERÚ

AÑO: 2015

DEDICATORIA

A Dios por darnos la oportunidad de ser profesionales y de permitirnos cumplir nuestros sueños.

A nuestros padres por estar en todo momento apoyándonos para salir adelante.

Félix Alberto Castillo Melgarejo
Orlando Junior Gonzales Delgado

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I : ASPECTOS GENERALES	
1.1 Planteamiento del Problema	2
1.2 Formulación del Problema General	9
1.3 Objetivo general	9
1.4 Importancia y Justificación del estudio	9
CAPITULO II: MARCO TEORICO CONCEPTUAL	
2.1. Antecedentes de Estudio	11
2.2. Definición de Términos Básicos	11
2.2.1 Norma E.060	11
2.2.2 Norma E.030	12
2.2.3 Elementos Finitos	13
2.2.4 Programa VisualFEA	16
2.3. Hipótesis.....	16
2.3.1 Hipótesis General.....	16
CAPITULO III: DISEÑO DE CIMENTACION	
3.1 Tipos de Cimentación	17
3.1.1 Cimentaciones ciclópeas	19
3.1.2 Cimentaciones superficiales puntuales.....	20
3.1.2.1 Zapatas aisladas	20
3.1.2.2 Zapatas centradas.....	22
3.1.2.3 Zapatas medianeras	22
3.1.2.4 Zapatas esquineras	23
3.1.3 Cimentaciones superficiales lineales	24
3.1.3.1 Zapatas combinadas	24
3.2 Teoría de Muro Contención	27

3.2.1	Tipología de muros de contención.....	27
3.2.1.1	Muro de gravedad	27
3.2.1.2	Muros ménsula	28
3.2.1.3	Muros de contrafuertes	29
3.3	Modelamiento con el programa VisualFEA.....	30
3.4	Diseño según el proyectista.....	49
CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
4.1	Conclusiones.....	50
4.2	Recomendaciones.....	51
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		52

INDICE DE FIGURAS

Figura N°01	Ubicación del proyecto	4
Figura N°02	Vista de planta del proyecto	5
Figura N°03	Vista de elevación del proyecto.....	6
Figura N°04	Vista de la cimentación	8
Figura N°05	Modelamiento en el programa visualFEA.....	15
Figura N°06	Imagen de la cimentación	18
Figura N°07	Cimentación ciclópea	20
Figura N°08	Zapata aislada.....	21
Figura N°09	Por su morfología.....	21
Figura N°10	Zapata medianera	23
Figura N°11	Zapata esquinera	23
Figura N°12	Zapata combinada.....	24
Figura N°13	Zapata corrida	25
Figura N°14	Muro de gravedad	28
Figura N°15	Muro ménsula.....	28
Figura N°16	Muro de contrafuerte	29
Figura N°17	Plano de cad de la cimentación.....	30
Figura N°18	Plano de cad corte de la estructura.....	31
Figura N°19	Modelamiento de la estructura – Restricción de los apoyos	32
Figura N°20	Modelamiento de la estructura – Propiedades del concreto.....	34
Figura N°21	Modelamiento de la estructura – Propiedades del acero	36
Figura N°22	Metrado de la estructura – Peso de la estructura.....	38
Figura N°23	Modelamiento de la estructura – Aplicación de cortantes	42
Figura N°24	Modelamiento de la estructura – Aplicación de carga empuje .	43
Figura N°25	Modelamiento – Desplazamientos en X-X	44
Figura N°26	Modelamiento – Desplazamientos en Y-Y	45

Figura N°27	Diagrama de fuerzas axiales	46
Figura N°28	Diagrama de esfuerzos axiales X-X	47
Figura N°29	Diagrama de esfuerzos axiales Y-Y	48
Figura N°30	Resultados del analisis sismico.....	49

RESUMEN

El Perú es un país sísmico debido que se encuentra cerca de una zona de Subducción donde la Placa de Nazca se mueve por debajo de la Placa Continental. En las llamadas zonas de subducción la placa acumula gran cantidad de energía al introducirse debajo de la otra, estas placas avanzan en sentido contrario comprimiéndose hasta llegar a un punto de ruptura de grandes volúmenes de roca generando sismos de gran magnitud.

En Lima se han producido fuertes sismos según los registros que se tienen de la época siendo el más fuerte en el año de 1746 donde hubo mucha destrucción y muchas personas murieron.

En el Perú se han desarrollado las normas E.060 Concreto armado y la E.030 Diseño Sismorresistente dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones, estas normas son muy importantes para el diseño y buen comportamiento de las edificaciones. Las cuales se soportan en la cimentación, siendo ésta la encargada de transmitir las cargas al suelo distribuyéndolas de manera que no supere la presión admisible.

El área de estudio que se va a analizar se encuentra ubicado en el distrito de Surquillo de la provincia y departamento de Lima, donde se está ejecutando el edificio multifamiliar "Floresty", del cual nos interesa su cimentación y los muros para su análisis. El análisis se llevará a cabo con el programa VisualFEA. Este programa nos arrojará diferentes resultados a pesar de haber sido considerado el

acero como elemento embebido. La aplicación del programa para obtener diferentes resultados es el fin de la presente tesina.

Palabras Claves

VisualFEA, MEF, Respuesta Sísmicas, Fuerza Cortante, Factor de ductilidad y Zusc

ABSTRACT

Peru is a seismic country because it is near to a subduction zone where the Nazca Plate moves under the Continental Plate. In the denominated subduction zones, the plate accumulates a great amount of energy in getting into the other plate. These plates move forward to the contrary sense compressing themselves up to come to a break point of large volumes of rock generating earthquakes of great magnitude.

In Lima, strong earthquakes have occurred according to records kept until now, and the most significant was that of 1746 where there were a lot of destruction and where many people died.

In Peru, Reinforced Concrete E.060 and Earthquake Resistant Design E.030 Standards have developed in the National Construction Regulations. These standards are very important for designing and good building performance, which supports to the foundations, which is in charge of transferring the loads to the ground spreading these one so that it does not exceed allowable pressure.

E.060 standard contains minimal values, which shall fulfill for structure performance with ACI momentum coefficient method. However, it is possible design with finite-element method using VisualFEA software and the results are obtained with this software shall fulfill the standard.

The study area to analyze is within San Miguel District, Province and Department of Lima, where a multifamily apartment block is constructed, and we are interested in analyzing its foundation because it shows already a design given by projector; this design comes to be a pad foundation or foundation slab. It is from this item where we are going to start to prove it fulfills with ACI momentum coefficient method according to Peruvian Standard and it shapes with finite-element method through VisualFEA software whose results shall also fulfill.

In this sense, the main objective would be comparison and demonstration of analysis results of building F's foundation slab using finite-element method through VisualFEA software; these results shall fulfill the Construction E.60 Peruvian standard with the ACI momentum coefficients method.

Key words

VisualFEA, MEF, Results Seismic, Shear, Ductility Force y Zusc

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo que lleva por nombre: “Verificación Estructural del Edificio Floresty Usando Elementos Finitos Embebidos”, se ha centrado en la aplicación de un análisis no-lineal para obtener resultados como fuerzas, esfuerzos y desplazamientos.

En especial nos hemos centrado en verificar los desplazamientos en X e Y que surgen del análisis sísmico.

En la actualidad se han desarrollado métodos como el MEF (método de elementos finitos) que dan una mejor aproximación a la respuesta real de las estructuras.

Se vio conveniente llevar a cabo este método para verificar el comportamiento de la estructura ante las solicitaciones sísmicas.

Esta aplicación se llevara a cabo mediante el programa VisualFEA, que analiza todo tipo representación gráfica usando el método de elementos finitos.

CAPITULO I : ASPECTOS GENERALES

1.1 Planteamiento del Problema

El Perú es un país sísmico debido que se encuentra cerca de una Zona de Subducción o de Compresión, en el cual la Placa de Nazca se mueve por debajo de la Placa Continental como producto de la Cordillera Submarina del Pacífico – Este o también llamada Dorsal Oceánico; en este lugar se originan las placas y el movimiento convectivo de la parte superior del manto las arrastra.

En las llamadas Zonas de Subducción, la placa acumula energía al introducirse debajo de la otra. Es el caso de la placa oceánica Nazca que se introduce bajo la placa Continental, frente al Perú, a razón de unos 9cm/año, velocidad que se ha establecido mediante mediciones satelitales muy precisas. Estas placas, al avanzar en sentido contrario, comprimiéndose, acumulan gran cantidad de energía por décadas o siglos, provocando la ruptura de grandes volúmenes de roca, lo que genera terremotos de gran magnitud.

En Lima se han registrado sismos muy fuertes, como es el caso que sucedió en el año de 1746 que tuvo una magnitud de 9 MW siendo considerado el mayor terremoto ocurrido en Lima hasta la fecha, y el segundo en la historia del Perú después del Terremoto de Arica de 1868. La duración del sismo, según las relaciones del tiempo, fue de tres a cuatro minutos, tiempo más que suficiente para una destrucción total de la ciudad. Lima tenía 60,000 habitantes y contaba con 3,000 casas, repartida en 150 manzanas. Cayeron las partes altas de templos, conventos, mansiones y diversas construcciones; culminado el sismo nubes de polvo ocultaron la visión de la población.

En el Perú hoy en día se ha desarrollado el Reglamento Nacional de Edificaciones para el diseño de estructuras aperticadas, se utilizan específicamente dos normas la E.030 Diseño de Sismorresistente y la E.060 Concreto Armado, estas dos normas son de mucha importancia porque nos dan los factores mínimos que se debe cumplir para una buena estabilidad y seguridad del edificio.

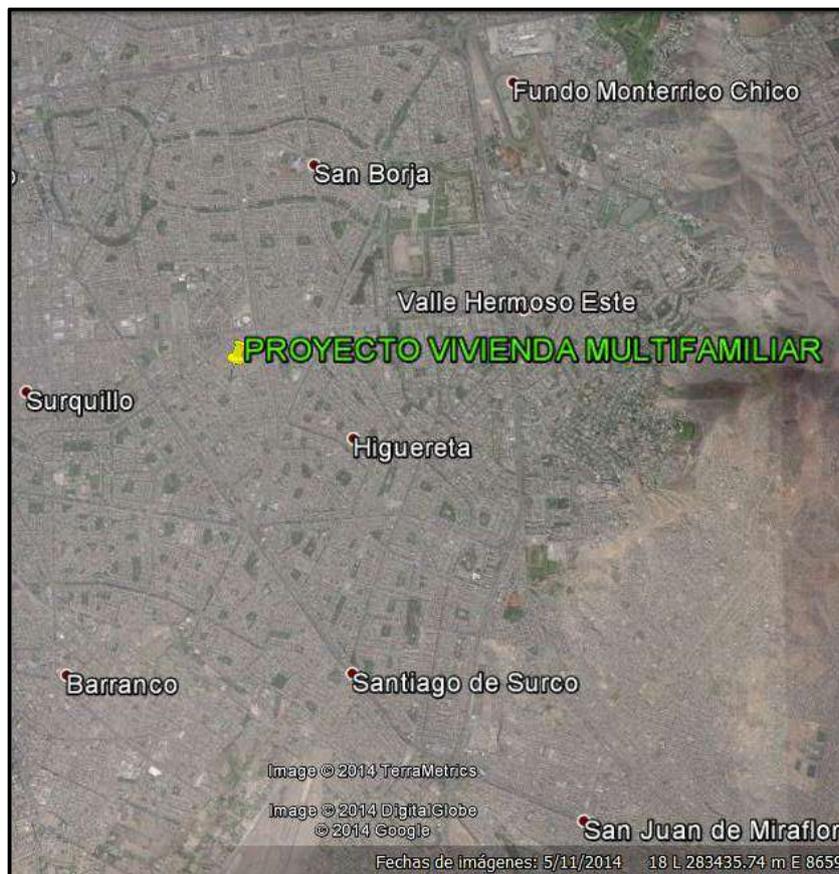
En toda edificación para el buen comportamiento y estabilidad frente a una eventualidad se debe tomar en cuenta la cimentación, la cual se encarga de transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales. Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que la de los pilares o muros que soportará, el área de contacto entre el suelo y la cimentación será proporcionalmente más grande que los elementos soportados (excepto en suelos rocosos muy coherentes).

En la norma E.060 nos dan parámetros y factores mínimos para el diseño de las estructuras y en este caso de las cimentaciones que se puede emplear el diseño usando la norma E-0.60, por otra parte se tiene el método de elementos finitos siendo un método de ecuaciones diferenciales que permite analizar todo tipo de estructuras mediante un programa de computadora llamado VisualFEA, que arroja resultados sobre el comportamiento de cualquier estructura.

La zona de estudio que se analizará es, en el distrito de Surquillo de la provincia y departamento de Lima donde se está desarrollando un proyecto multifamiliar llamado "Floresty" .Este proyecto, tiene un área construida de 166,57 m² en un

área de terreno de 242.33 m², ubicado en la Calle 6 Mz. U Lote 7 esquina Calle Engels, de la Urb. La Calera de la Merced. (Ver Figura N°01).

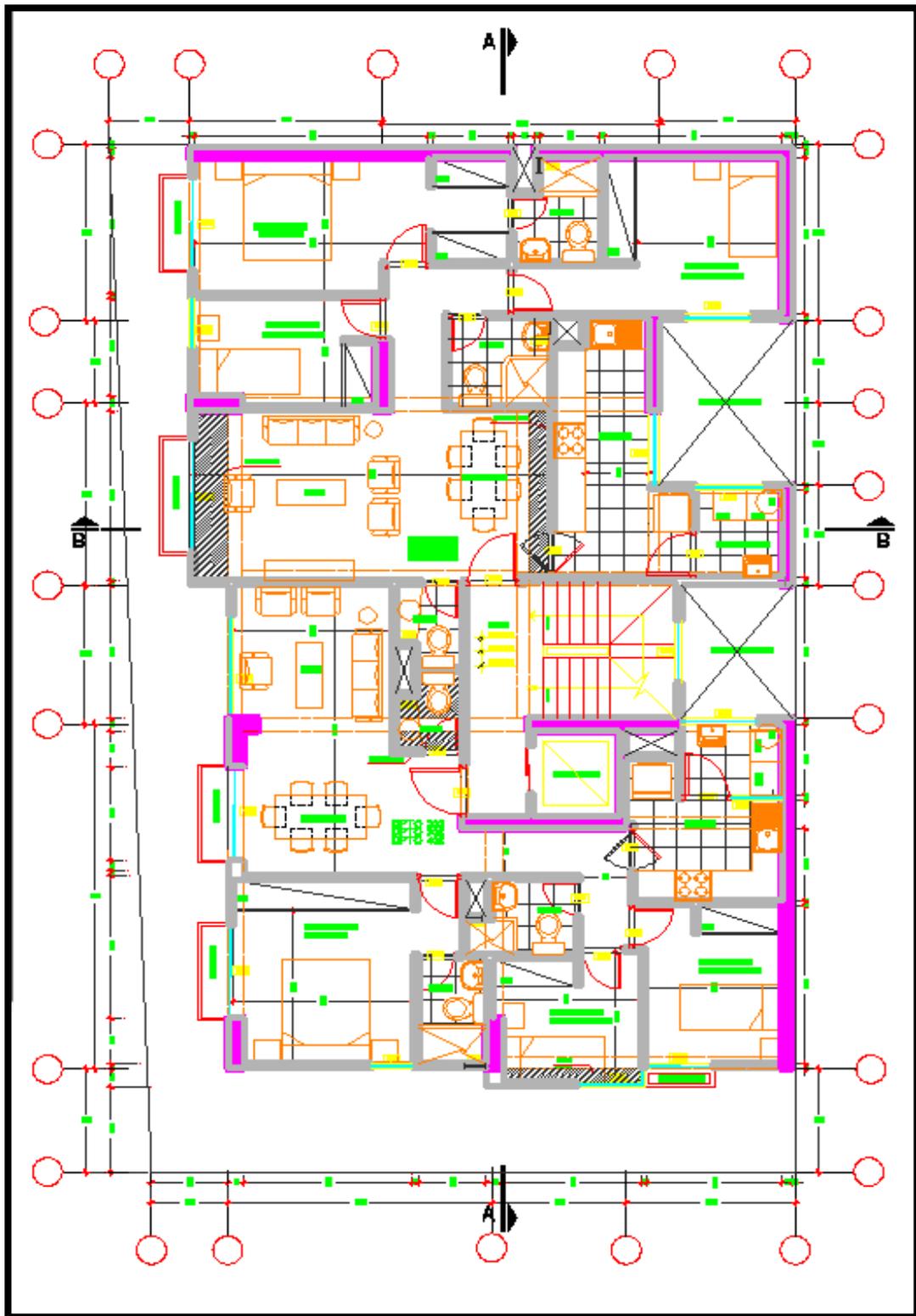
Figura N° 01: Ubicación del proyecto



Fuente: <https://www.google.es/earth/index.html>

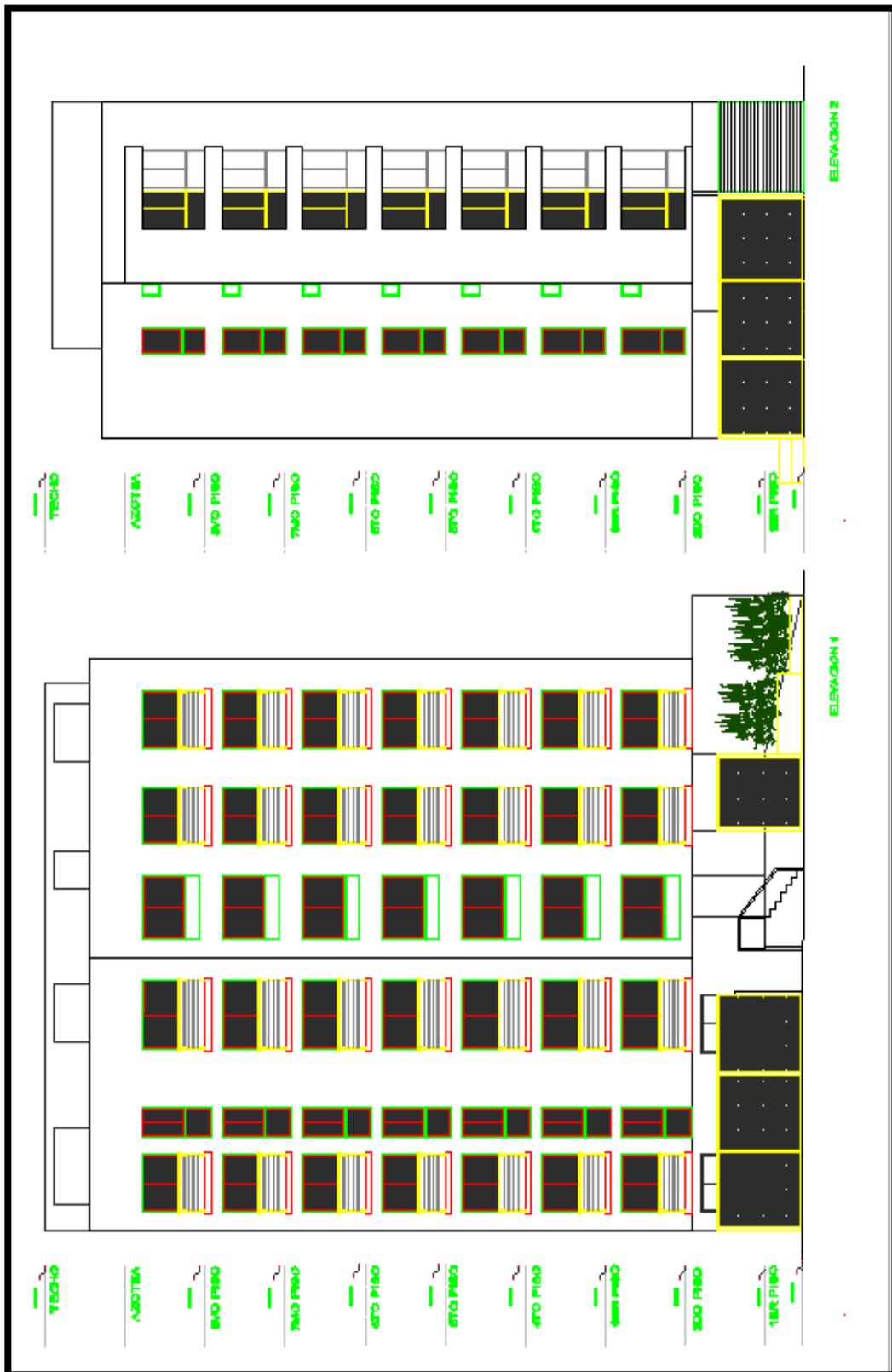
El proyecto comprende la construcción de un semisótano, 8 pisos y azotea, conformando un total de 15 departamentos y 13 estacionamientos. (ver Figura N°02) y (ver Figura N°03).

Figura N° 02: Vista de planta del proyecto



Fuente: Plano Cad

Figura N° 03: Vista de elevación del proyecto



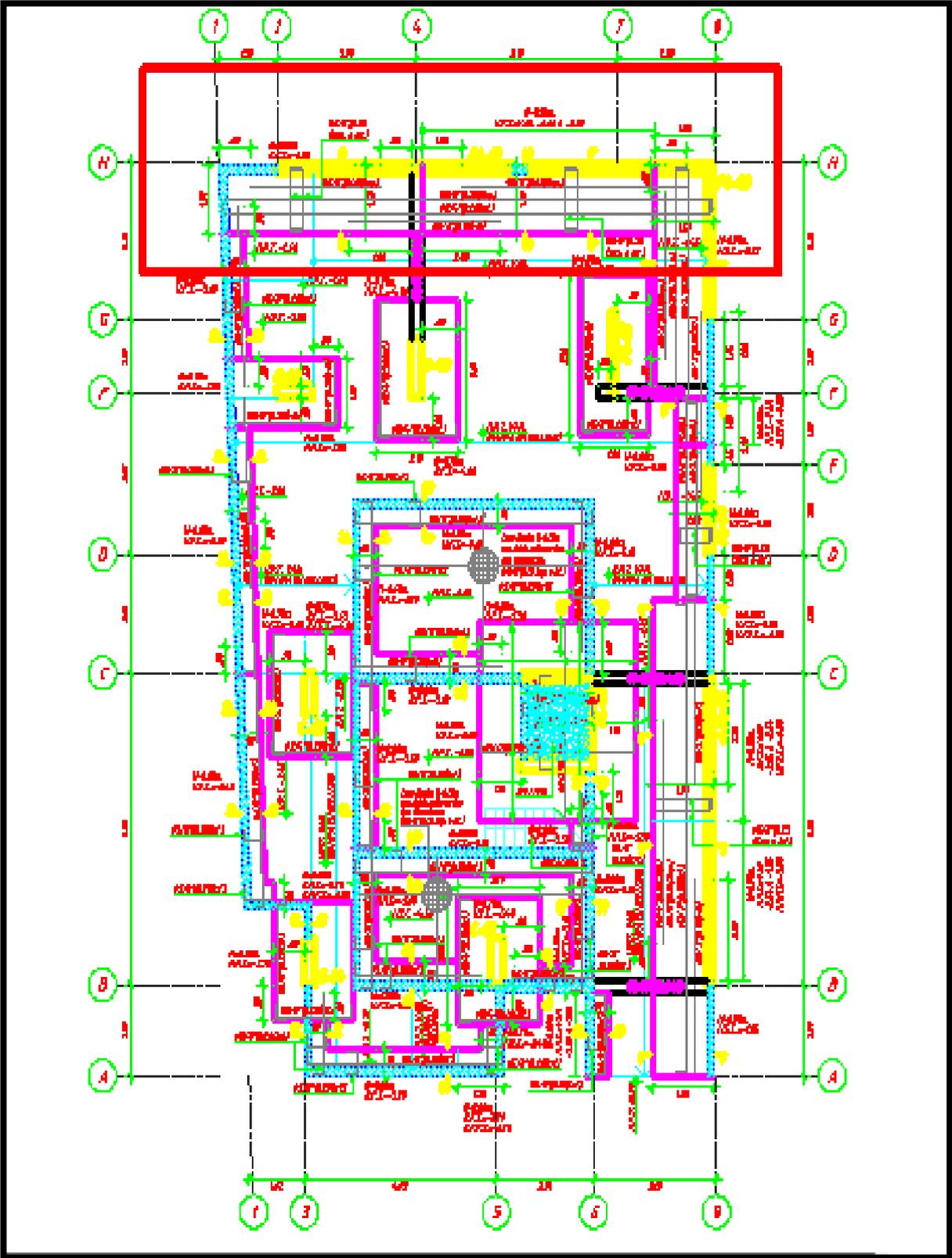
Fuente: Plano Cad

Según el especialista de suelos recomendó las siguientes dos opciones de cimentación para el proyecto:

- Cimentación Corrida: Se ha determinado un asentamiento instantáneo inmediatamente después de la construcción de 0.30 cm, las que son consideradas menores a 2.54 cm, siendo la profundidad mínima 1 m con respecto al nivel de la superficie actual del terreno, teniendo una capacidad admisible de 3.45 kg/cm².
- Cimentación Cuadrada: Se ha determinado un asentamiento instantáneo inmediatamente después de la construcción de 0.60 cm, las que son consideradas menores a 2.54 cm, siendo la profundidad mínima 1 m con respecto al nivel de la superficie actual del terreno, teniendo una capacidad admisible de 3.70 kg/cm².

El área que se va analizar es el cimiento corrido del eje "F", la cual está señalada en la Figura N°04 y donde se va aplicar el método de elementos finitos con el programa VisualFEA.

Figura N° 04: Vista de la cimentación



Fuente: Plano Cad

1.2 Formulación del Problema General

¿Es posible verificar los resultados obtenidos del análisis estructural del edificio Multifamiliar del proyecto “Floresty”, usando el método de elementos finitos embebidos mediante el programa VisualFEA?

1.3 Objetivo general

EL objetivo es la aplicación de elementos embebidos dentro de la cimentación Los muros del edificio Floresty. Esta aplicación se llevará a cabo mediante el programa VisualFEA. Este programa nos arroja diferentes resultados como fuerzas, esfuerzos y desplazamientos; a pesar que en la modelación de una parte de la estructura se haya incluido al acero como el elemento embebido. Se pondrá mayor atención a las respuestas sísmicas que figuran en el plano, que serán comparadas con los resultados que arroja el programa.

1.4 Importancia y Justificación del estudio

En el análisis y diseño de cada estructura se debe de cumplir parámetros y principios establecidos en normas.

En el Perú contamos con la norma E.060 la cual se basa para diseñar y modelar estructuras de concreto armado y la norma E. 0.30 que establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan

un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en la filosofía de la norma.

La importancia es la aplicación del programa VisualFEA para obtener diferentes resultados teniendo como modelo un sector de la estructura a la cual se le aplican cargas sísmicas y la fuerza de empuje. El elemento embebido, el acero, no se encuentra en contacto nodal en la modelación.

CAPITULO II: MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes de Estudio

No existen datos o información pasada sobre alguna aplicación de elementos embebidos con el programa Visual FEA.

2.2. Definición de Términos Básicos

2.2.1 Norma E.060

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento da conformidad con la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, tiene competencia para formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento a cuyo efecto dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento; Que, mediante Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA, se aprobó el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones, en adelante RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones, como instrumento técnico – normativo que rige a nivel nacional, y por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, se aprobaron sesenta y seis (66) Normas Técnicas del RNE, y se constituyó la Comisión Permanente de Actualización del RNE, a fin que se encargue de analizar y formular las propuestas para su actualización.

Dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones se encuentra la norma E.060 Concreto Armado, la cual fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis,

diseño, materiales, construcción, control de calidad e inspección de estructuras de concreto simples o armadas. Las estructuras de concreto presforzado se incluyen dentro de la definición de estructuras de concreto armado.

2.2.2 Norma E.030

Esta norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios del diseño sismorresistente.

Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, a la evaluación y reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaren dañadas por la acción de los sismos.

Para el caso de estructuras especiales tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas, plantas nucleares y todas aquellas cuyo comportamiento difiera del de las edificaciones, se requieren consideraciones adicionales que complementen las exigencias aplicables de la presente Norma.

La filosofía del diseño sismorresistente consiste en:

- a) Evitar pérdidas de vidas
- b) Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- c) Minimizar los daños a la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras.

En concordancia con tal filosofía se establecen en esta Norma los siguientes principios para el diseño:

- a) La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.
- b) La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.

2.2.3 Elementos Finitos

El método de los elementos finitos (MEF en castellano o FEM en inglés) es un método numérico general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería y física.

El MEF está pensado para ser usado en computadoras y permite resolver ecuaciones diferenciales asociadas a un problema físico sobre geometrías complicadas. El MEF se usa en el diseño y mejora de productos y aplicaciones industriales, así como en la simulación de sistemas físicos y biológicos complejos. La variedad de problemas a los que puede aplicarse ha crecido enormemente, siendo el requisito básico que las ecuaciones constitutivas y ecuaciones de evolución temporal del problema a considerar sean conocidas de antemano.

El MEF permite obtener una solución numérica aproximada sobre un cuerpo, estructura o dominio (medio continuo) —sobre el que están definidas ciertas ecuaciones diferenciales en forma débil o integral que caracterizan el comportamiento físico del problema— dividiéndolo en un número elevado de

subdominios no-intersectantes entre sí denominados «elementos finitos». El conjunto de elementos finitos forma una partición del dominio también denominada discretización. Dentro de cada elemento se distinguen una serie de puntos representativos llamados «nodos». Dos nodos son adyacentes si pertenecen al mismo elemento finito; además, un nodo sobre la frontera de un elemento finito puede pertenecer a varios elementos. El conjunto de nodos considerando sus relaciones de adyacencia se llama «malla».

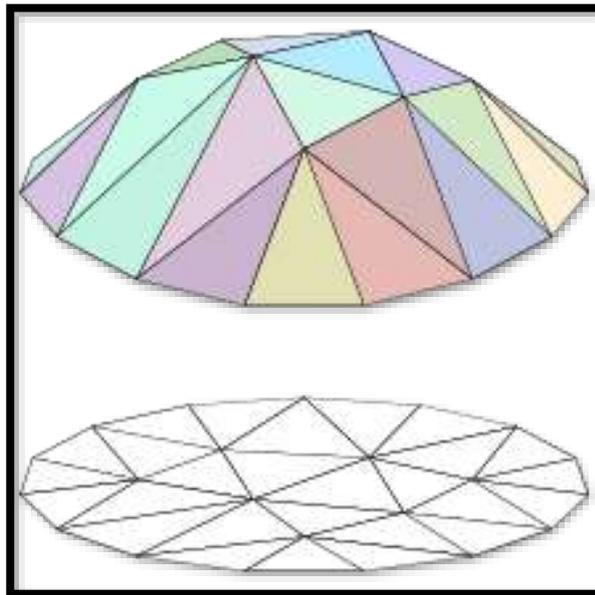
Los cálculos se realizan sobre una malla de puntos (llamados nodos), que sirven a su vez de base para discretización del dominio en elementos finitos. La generación de la malla se realiza usualmente con programas especiales llamados generadores de mallas, en una etapa previa a los cálculos que se denomina pre-proceso. De acuerdo con estas relaciones de adyacencia o conectividad se relaciona el valor de un conjunto de variables incógnitas definidas en cada nodo y denominadas grados de libertad. El conjunto de relaciones entre el valor de una determinada variable entre los nodos se puede escribir en forma de sistema de ecuaciones lineales (o linealizadas). La matriz de dicho sistema de ecuaciones se llama matriz de rigidez del sistema. El número de ecuaciones de dicho sistema es proporcional al número de nodos.

Típicamente el análisis de los elementos finitos se programa computacionalmente para calcular el campo de desplazamientos y, posteriormente, a través de relaciones cinemáticas y constitutivas las deformaciones y tensiones respectivamente, cuando se trata de un problema de mecánica de sólidos deformables o más generalmente un problema de mecánica de medios continuos. El método de los elementos finitos es muy usado debido a su generalidad y a la

facilidad de introducir dominios de cálculo complejos (en dos o tres dimensiones). Además, el método es fácilmente adaptable a problemas de transmisión de calor, de mecánica de fluidos para calcular campos de velocidades y presiones (mecánica de fluidos computacional, CFD) o de campo electromagnético. Dada la imposibilidad práctica de encontrar la solución analítica de estos problemas, con frecuencia en la práctica ingenieril los métodos numéricos y, en particular, los elementos finitos, se convierten en la única alternativa práctica de cálculo.

Una importante propiedad del método es la convergencia; si se consideran particiones de elementos finitos sucesivamente más finas, la solución numérica calculada converge rápidamente hacia la solución exacta del sistema de ecuaciones. (Ver Figura N°05).

Figura N° 05: Modelamiento en el programa VisualFEA



Fuente: VisualFEA

2.2.4 Programa VisualFEA

Es un programa de análisis de elementos finitos mediante la simulación gráfica del objeto o cuerpo a modelar. Se basa en una técnica para resolver y analizar problemas físicos que surgen en los campos de la ciencia y la ingeniería. Un punto importante del programa VisualFEA es su uso práctico y accesible para el análisis.

2.3. Hipótesis

2.3.1 Hipótesis General

Es posible la obtención de diferentes resultados en un modelamiento con el programa VisualFEA usando elemento finitos embebidos.

CAPITULO III: DISEÑO DE CIMENTACION

3.1 Tipos de Cimentación

Se denomina cimentación al conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales. Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que la de los pilares o muros que soportará, el área de contacto entre el suelo y la cimentación será proporcionalmente más grande que los elementos Soportados (excepto en suelos rocosos muy coherentes).

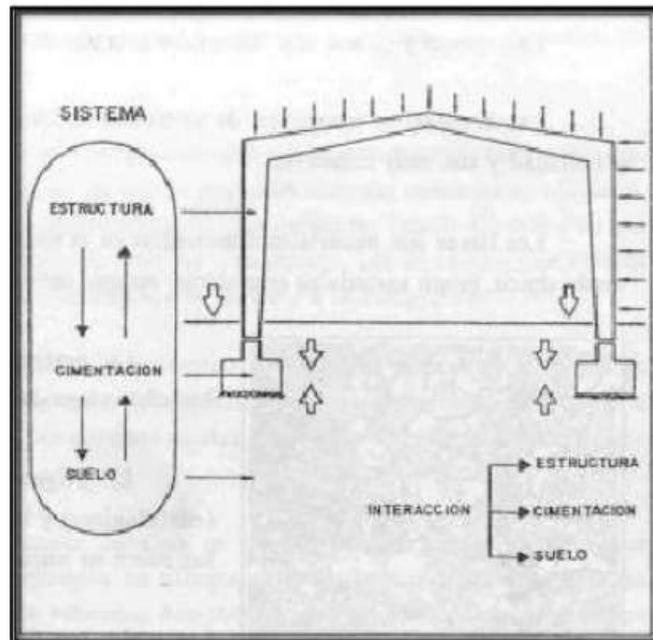
La cimentación es importante porque es el grupo de elementos que soportan a la superestructura. Hay que prestar especial atención ya que la estabilidad de la construcción depende en gran medida del tipo de terreno.

Propósitos

- Ser suficientemente resistentes para no romper por cortante.
- Soportar esfuerzos de flexión que produce el terreno, para lo cual se dispondrán armaduras en su cara inferior, que absorberán las tracciones.
- Acomodarse a posibles movimientos del terreno.
- Soportar las agresiones del terreno y del agua y su presión, si la hay. Su función es distribuir las cargas del edificio, dispersándolas en el suelo adyacente, de

modo que éste y los materiales que los sostienen tengan suficiente fuerza y rigidez para soportarlas sin sufrir deformaciones excesivas. (ver Figura N°06).

Figura N° 06: Imagen de la Cimentación



Fuente: http://www.academia.edu/7719275/tipos_de_cimentaciones

La elección del tipo de cimentación depende especialmente de las características mecánicas del terreno, como su cohesión, su ángulo de rozamiento interno, posición del nivel freático y también de la magnitud de las cargas existentes. A partir de todos esos datos se calcula la capacidad portante, que junto con la homogeneidad del terreno aconsejan usar un tipo u otro diferente de cimentación. Siempre que es posible se emplean cimentaciones superficiales, ya que son el tipo de cimentación menos costoso y más simple de ejecutar. Cuando por problemas con la capacidad portante o la homogeneidad del mismo no es posible usar cimentación superficial se valoran otros tipos de cimentaciones.

Son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener éste suficiente capacidad portante o por tratarse de construcciones de importancia secundaria y relativamente livianas. En este tipo de cimentación, la carga se reparte en un plano de apoyo horizontal.

Se considera cuando tienen entre 0.50m. Hasta 4m de profundidad

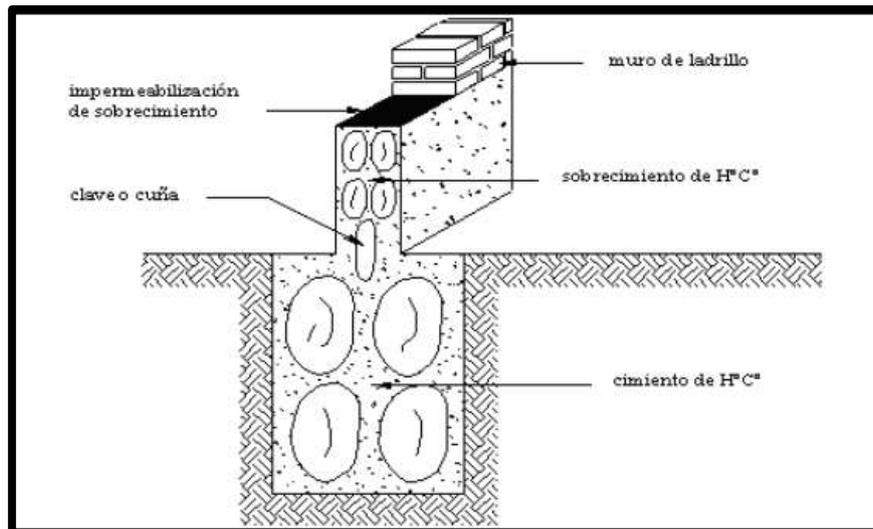
3.1.1 Cimentaciones ciclópeas

En terrenos cohesivos donde la zanja pueda hacerse con paramentos verticales y sin desprendimientos de tierra, el cimiento de concreto ciclópeo (hormigón) es sencillo y económico. El procedimiento para su construcción consiste en ir vaciando dentro de la zanja piedras de diferentes tamaños al tiempo que se vierte la mezcla de concreto en proporción 1:3:5. El hormigón ciclópeo se realiza añadiendo piedras más o menos grandes a medida que se va hormigonando para economizar material. (Ver Figura N°07).

Precauciones:

- Tratar que las piedras no estén en contacto con la pared de la zanja.
- Que las piedras no queden amontonadas.
- Alternar en capas el hormigón y las piedras.
- Cada piedra debe quedar totalmente envuelta por el hormigón.

Figura N° 07: Cimentación Ciclópea



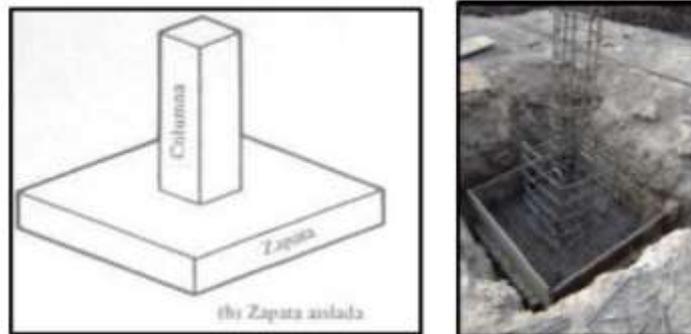
Fuente: http://www.academia.edu/7719275/tipos_de_cimentaciones

3.1.2 Cimentaciones superficiales puntuales

3.1.2.1 Zapatas aisladas

Las zapatas aisladas son un tipo de cimentación superficial que sirve de base de elementos estructurales puntuales como son los pilares; de modo que esta zapata amplía la superficie de apoyo hasta lograr que el suelo soporte sin problemas la carga que le transmite. El término zapata aislada se debe a que se usa para asentar un único pilar, de ahí el nombre de aislada. Es el tipo de zapata más simple, aunque cuando el momento flector en la base del pilar no es excesivo. Son adecuadas y en su lugar deben emplearse zapatas combinadas o zapatas corridas en las que se asienten más de un pilar. (ver Figura N°08).

Figura N° 08: zapata aislada



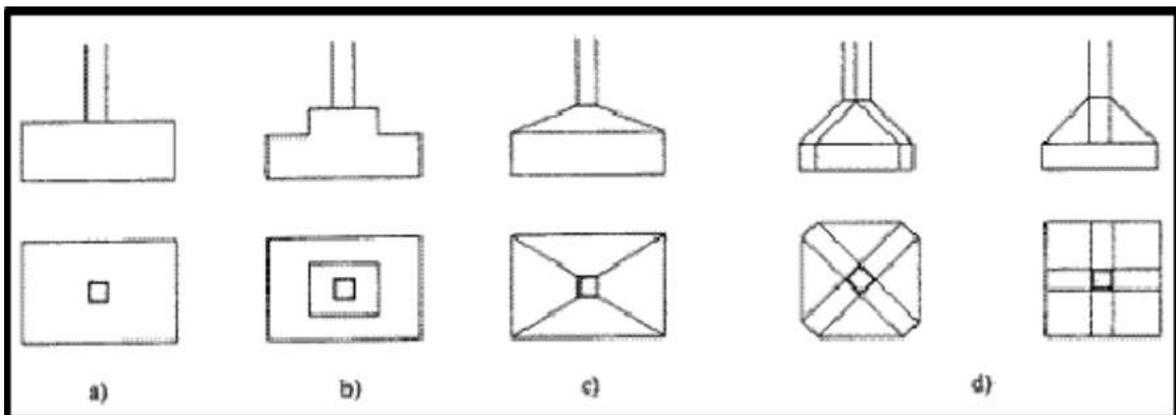
Fuente: http://www.academia.edu/7719275/tipos_de_cimentaciones

Por su morfología

- a) Recta b) escalonada c) ataluzada d) aligeradas o nervadas

(Ver Figura N°09).

Figura N° 09: Por su Morfología



Fuente: http://www.academia.edu/7719275/tipos_de_cimentaciones

En el cálculo de las presiones ejercidas por la zapata debe tenerse en cuenta además del peso del edificio y las sobrecargas, el peso de la propia zapata y de las tierras que descansan sobre sus vuelos, estas dos últimas cargas tienen un efecto desfavorable respecto al hundimiento. Por otra parte en el cálculo de vuelco, donde el peso propio de la zapata y las tierras sobre ellas tienen un efecto favorable. El cálculo de la presión de hundimiento, para excentricidades pequeñas $e = M_{\max}/N_x$ (N_x es la carga vertical sobre el terreno y

M_{\max} es el momento flector máximo) pueden usarse las siguientes fórmulas:

$$p = \begin{cases} \frac{N_x + P}{A} \left(1 + 6 \frac{e}{a} \right) & e/a \leq 1/6 \\ \frac{N_x + P}{A} \frac{4}{3(1 - 2e/a)} & 1/6 < e/a < 1/2 \end{cases}$$

3.1.2.2 Zapatas centradas

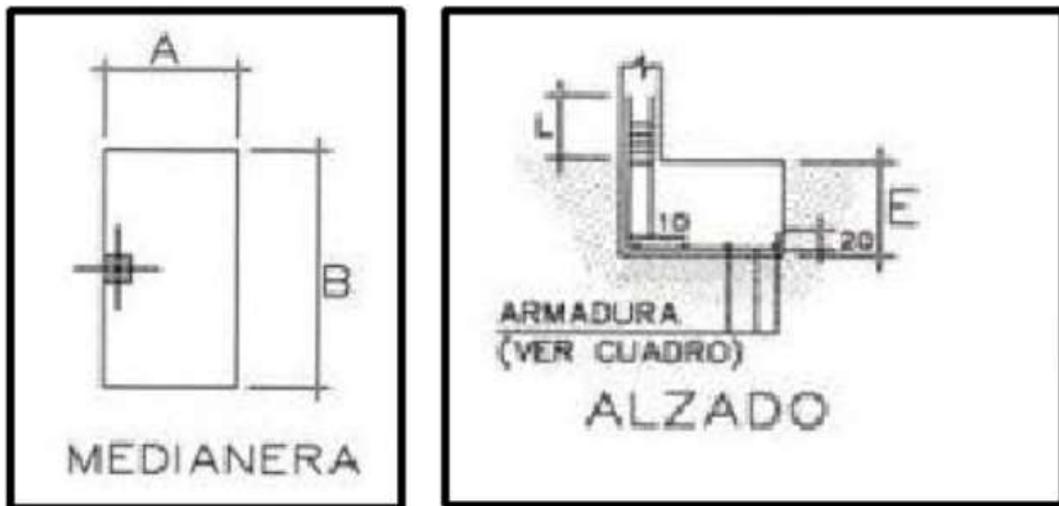
La Zapata Centrada es una zapata aislada, corresponde a un tipo de Cimentación Superficial que sirve de base a los elementos estructurales puntuales (pilares); de modo que esta zapata amplía la superficie de apoyo hasta lograr que el suelo soporte sin problemas la carga que le transmite.

3.1.2.3 Zapatas medianeras

Son aquellas que soportan una columna dispuesta de tal forma que una de sus caras coincida con el borde de la zapata. La necesidad de su uso es muy

frecuente debido a las limitaciones de colindancia con las edificaciones adyacentes. (ver Figura N°10).

Figura N° 10: Zapata Medianera

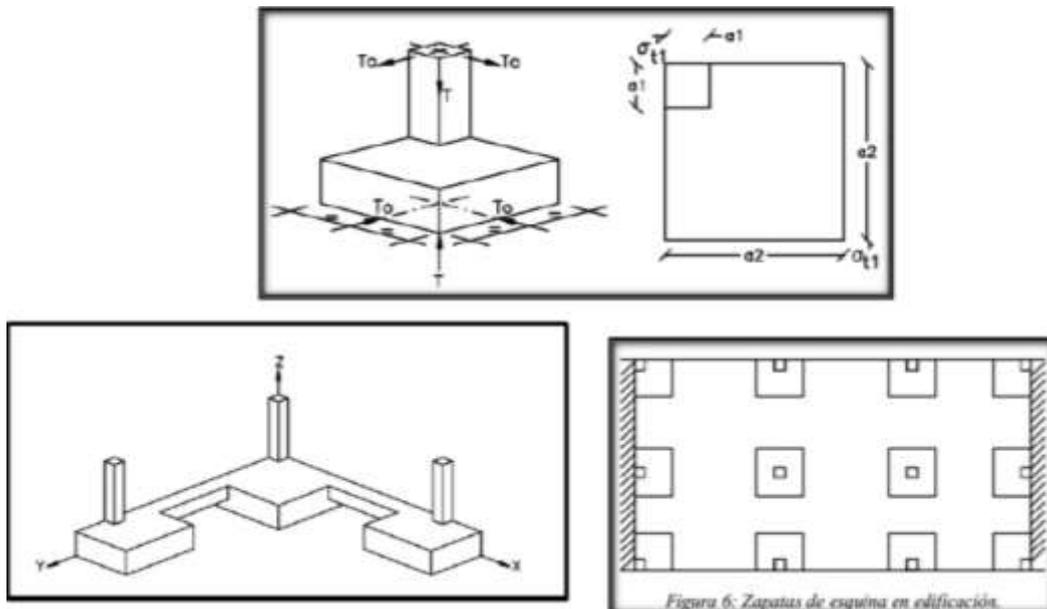


Fuente: http://www.academia.edu/7719275/tipos_de_cimentaciones

3.1.2.4 Zapatas esquineras

Este tipo de zapatas aparecen en los edificios, bien en las esquinas que concurren dos medianerías o bien en las que concurren una medianería y una fachada en límites de vía pública. Es por eso que este tipo de zapata es de uso muy frecuente en construcciones urbanas y ciertos tipos de construcciones industriales. (Ver Figura N°11).

Figura N° 11: Zapata Esquinera



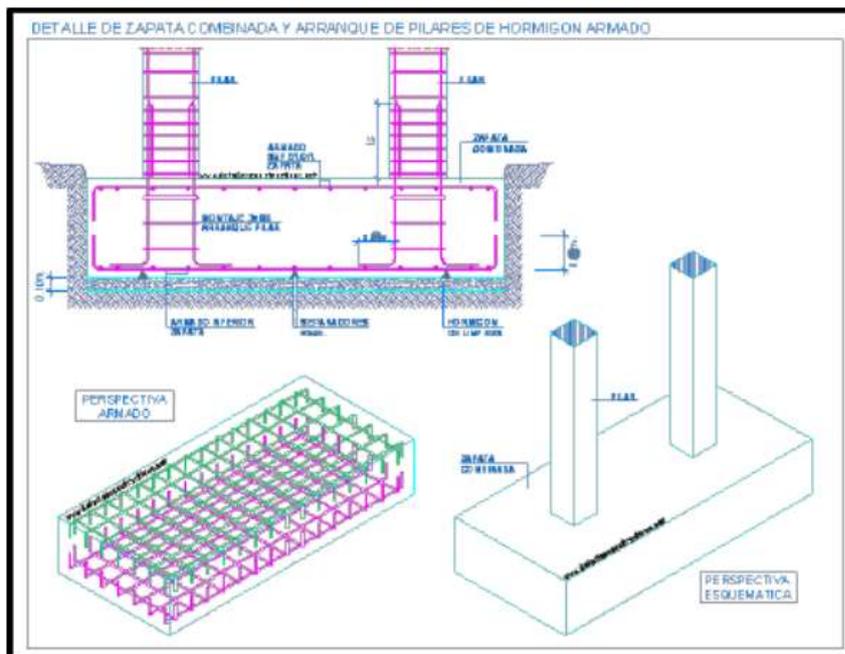
Fuente: http://www.academia.edu/7719275/tipos_de_cimentaciones

3.1.3 Cimentaciones superficiales lineales

3.1.3.1 Zapatas combinadas

Son aquellas fundaciones que soportan dos columnas. Se opta por esta solución cuando se tienen dos columnas muy juntas y al calcular el área necesaria de zapata para suplir los esfuerzos admisibles sobre el suelo nos da que sus áreas se montan. (ver Figura N°12).

Figura N° 12: Zapata Combinadas



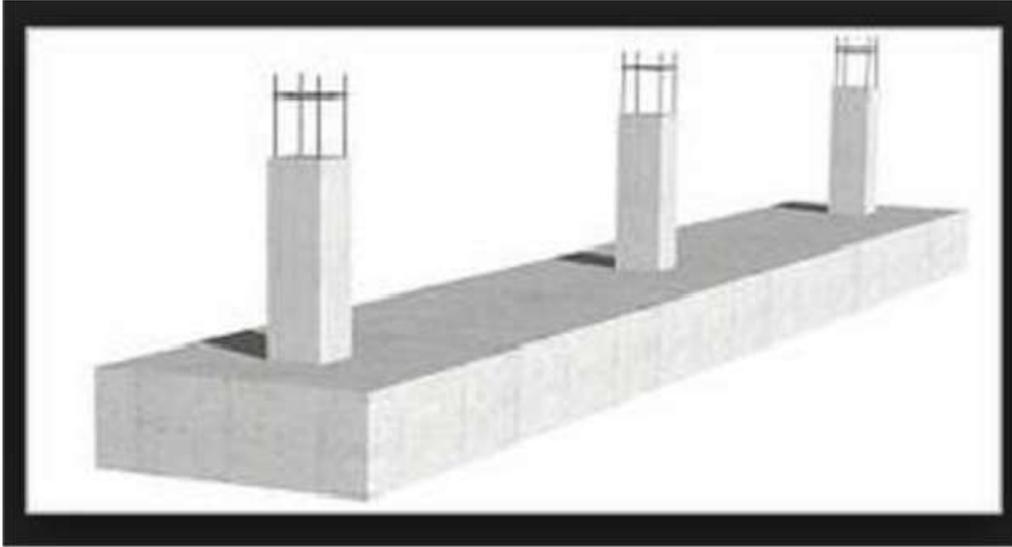
Fuente: http://www.academia.edu/7719275/tipos_de_cimentaciones

3.1.3.2 Zapatas corridas

Las zapatas corridas son, según el código técnico de la edificación CTE, aquellas zapatas que recogen más de tres pilares. Se aplican normalmente para soporte de muros. Pueden tener sección rectangular, escalonada o estrechada cónicamente. Las zapatas corridas se consideran así cuando recogen tres pilares.

Las zapatas corridas se emplean para cimentar muros portantes, o hileras de pilares. Estructuralmente funcionan como viga flotante que recibe cargas lineales o puntuales separadas. (Ver Figura N°13).

Figura N° 13: Zapata corridas



Fuente: http://www.academia.edu/7719275/tipos_de_cimentaciones

3.2 Teoría de Muro Contención

Los muros de contención se utilizan para detener masas de tierra u otros materiales sueltos cuando las condiciones no permiten que estas masas asuman sus pendientes naturales. Estas condiciones se presentan cuando el ancho de una excavación, corte o terraplén está restringido por condiciones de propiedad, utilización de la estructura o economía.

Por ejemplo, en la construcción de vías férreas o de carreteras, el ancho de servidumbre de la vía es fijo y el corte o terraplén debe estar contenido dentro de este ancho. De manera similar, los muros de los sótanos de edificios deben ubicarse dentro de los límites de la propiedad y contener el suelo alrededor del sótano.

3.2.1 Tipología de muros de contención

Los tipos de muros de contención de uso más frecuente son:

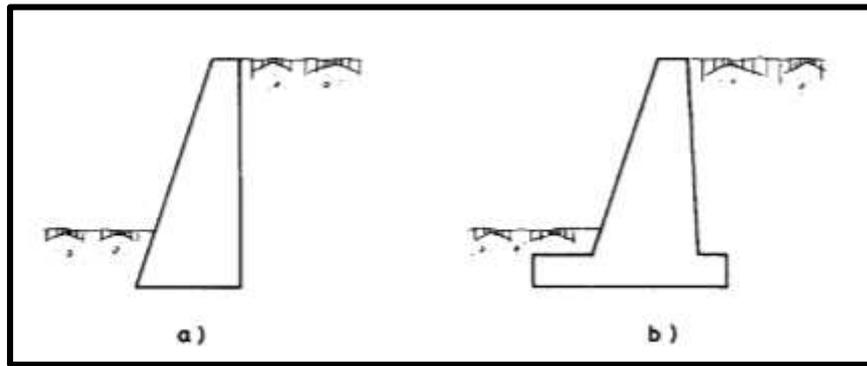
3.2.1.1 Muro de gravedad

Son muros de hormigón en masa en los que la resistencia se consigue por su propio peso (ver Figura N°14 a). Normalmente carecen de cimiento diferenciado, aunque pueden tenerlo (ver Figura N°14 b).

Su ventaja fundamental es que no van armados, con lo cual no aparece en la obra el tajo de ferralla. Pueden ser interesantes para alturas modernas si su

longitud no es muy grande, pues en caso contrario representan una solución antieconómica frente a los muros de hormigón armado.

Figura N° 14: Muro de gravedad

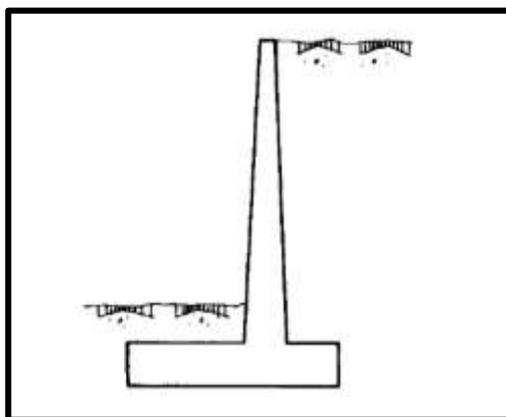


Fuente: https://www.uclm.es/area/ing_rural/Hormigon/Temas/Muros2011.pdf

3.2.1.2 Muros ménsula

Son los muros de contención de uso más frecuente, y aunque su campo de aplicación depende de los costes de excavación, hormigón, acero, encofrado y relleno, se puede pensar que constituyen la solución más económica para muros de hasta 10 ó 12 m de altura. (ver Figura N°15).

Figura N° 15: Muros ménsula

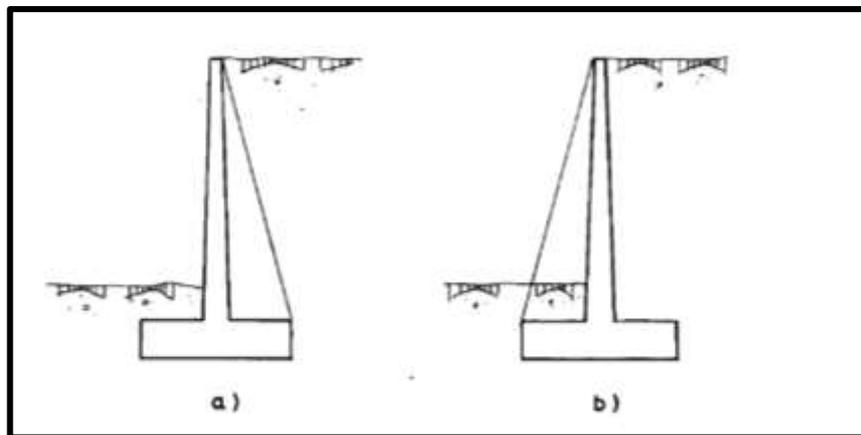


Fuente: https://www.uclm.es/area/ing_rural/Hormigon/Temas/Muros2011.pdf

3.2.1.3 Muros de contrafuertes

Representan una evolución del tipo anterior. Al crecer la altura, y por ende los espesores de hormigón, compensa aligerar las piezas con la solución de los contrafuertes, aunque conlleva un tajo de ferralla y encofrado más complicado y un hormigonado más difícil.

Figura N° 16: Muros de contrafuertes



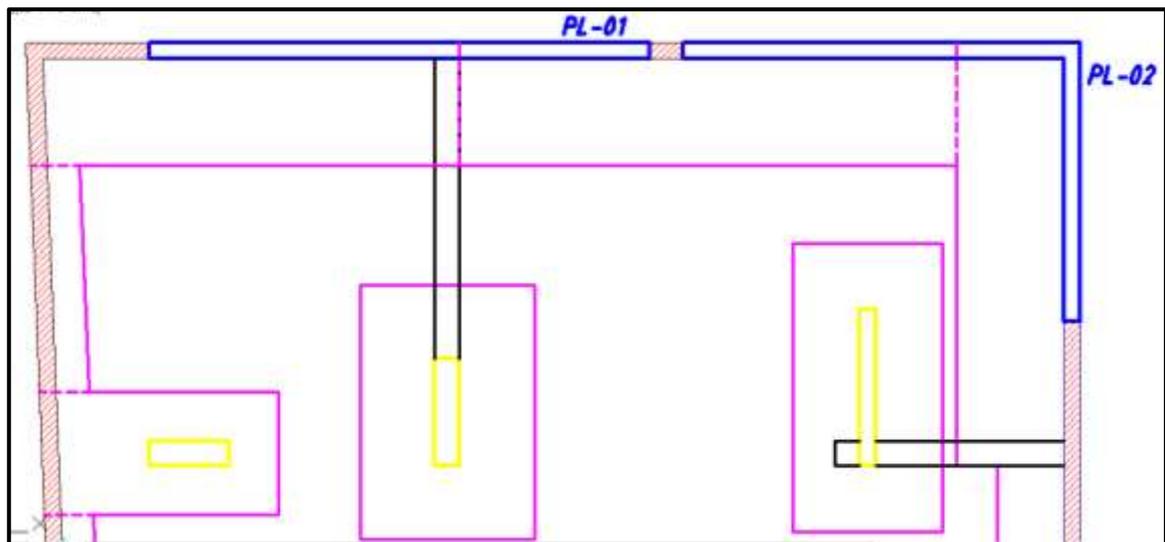
Fuente: https://www.uclm.es/area/ing_rural/Hormigon/Temas/Muros2011.pdf

Los contrafuertes pueden disponerse en el trasdós (ver Figura N°16 a) o en el intradós (ver Figura N°16 b), aunque la primera solución es técnica y económicamente mejor por colocarse el alzado en la zona comprimida de la sección en T que se forma. La segunda solución, además, presenta un claro inconveniente estético.

3.3 Modelamiento con el programa VisualFEA

Primero identificamos el tipo de cimentación y el muro de contención de la zona a analizar, las cuales soportan la fuerzas de empuje y sísmicas. (Ver Figura N°17)

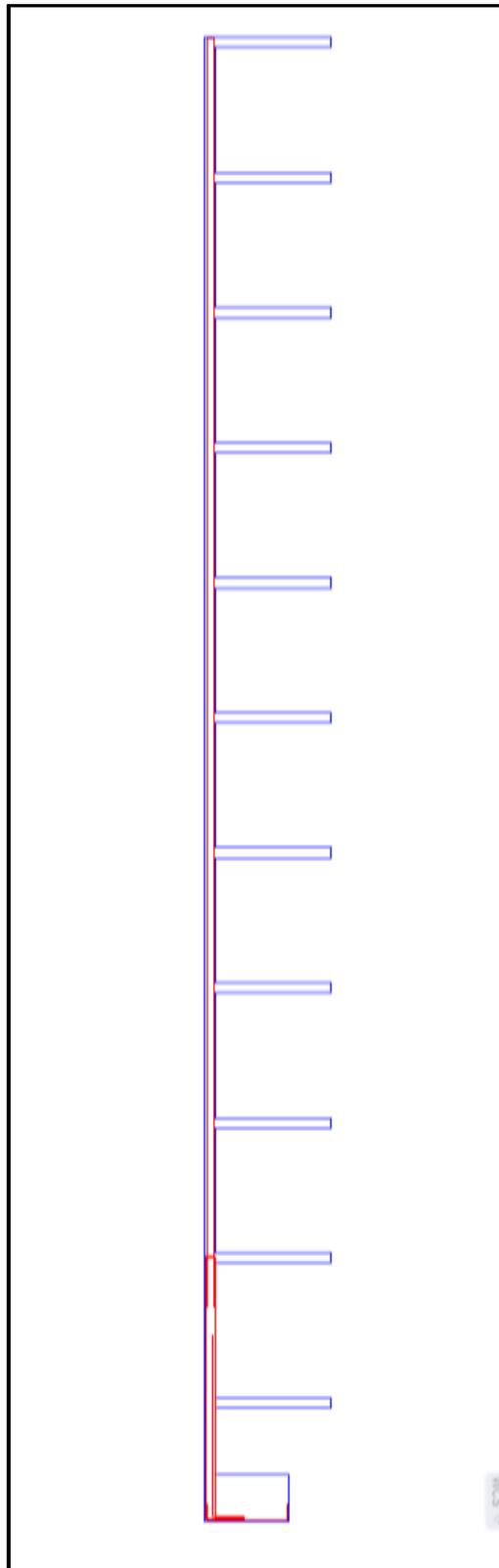
Figura N° 17: Plano de cad de la cimentación



Fuente: Plano Cad

De la zona a analizar se dibujo el perfil de la estructura con el programa AUTOCAD. La estructura esta conformada por 1 semisótano, 8 pisos y azotea. Este archivo fue guardado en formato DXF, el cual se importará al programa VisualFEA. (Ver Figura N°18).

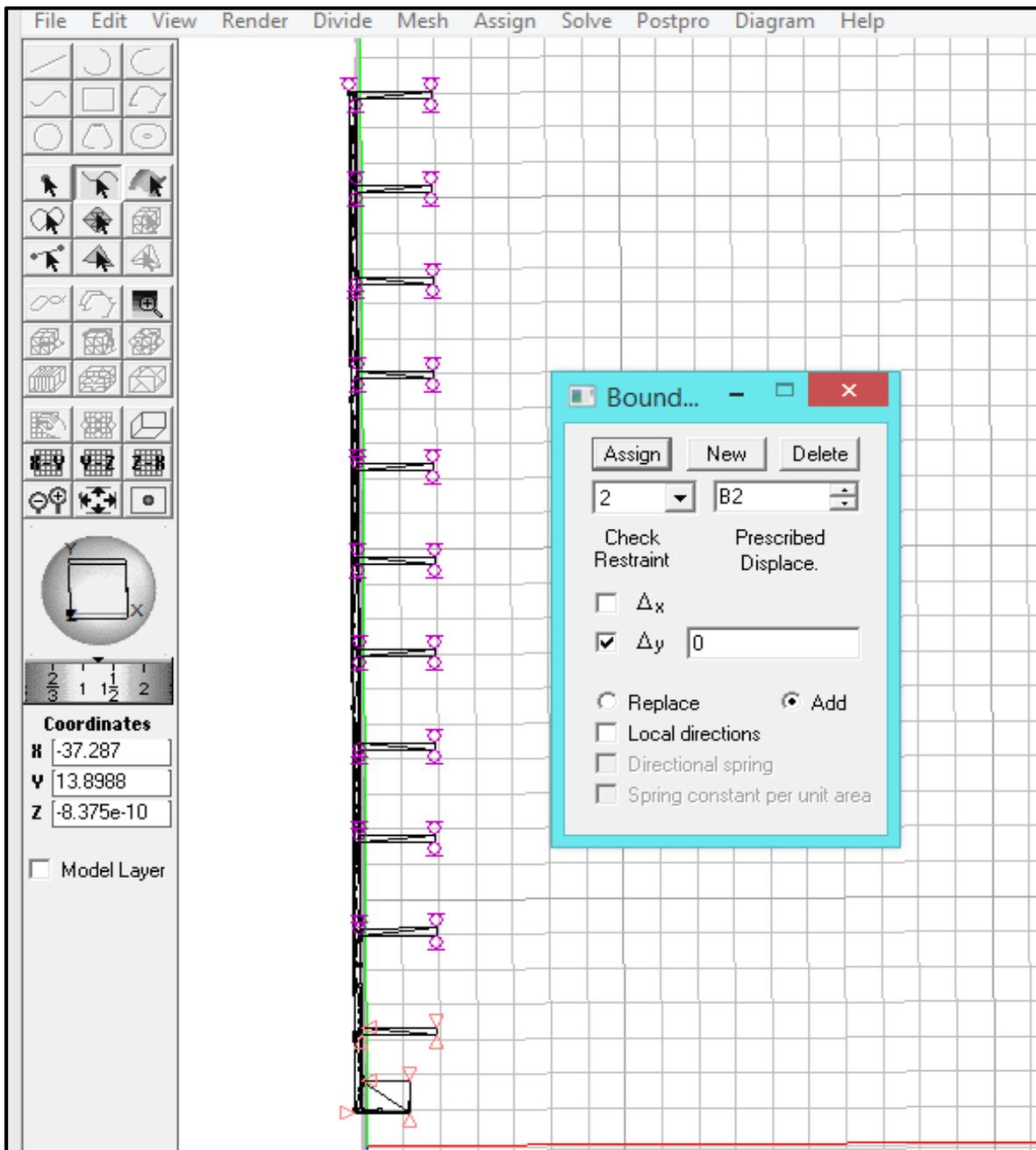
Figura N° 18: Plano de cad corte de la estructura



Fuente: Plano Cad

Una vez importado el archivo al VisualFEA, se considerará el perfil de la estructura de 1 m de ancho para el modelamiento, el semisotano se colocó apoyo fijo y a partir del 1er piso hacia la azotea se colocó apoyo móvil. (Ver Figura N°19).

Figura N°19: Modelamiento de la estructura – restricción de los apoyos



Fuente: Programa VisualFEA

Luego asignamos las propiedades de los materiales a modelar. (ver Figura N°20) y (ver Figura N°21).

Concreto:

- Módulo de Elasticidad (E)

Para concretos de peso normal (aproximadamente 2400 kg/m³) el ACI y la norma peruana permiten estimar el E_c :

$$E_c = 15,000 \sqrt{f'_c} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Donde $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ entonces el

$$E_c = 15,000 \sqrt{210} = 217370.65 \text{ kg/cm}^2$$

- Módulo de Poisson (μ)

Por debajo del esfuerzo crítico (75% a 80% de f'_c) el Modulo de Poisson μ varía entre 0.20 y 0.40. Permanece aproximadamente constante bajo cargas sostenidas. En la práctica se puede adoptar $\mu = 0.30$ según estudio de suelos.

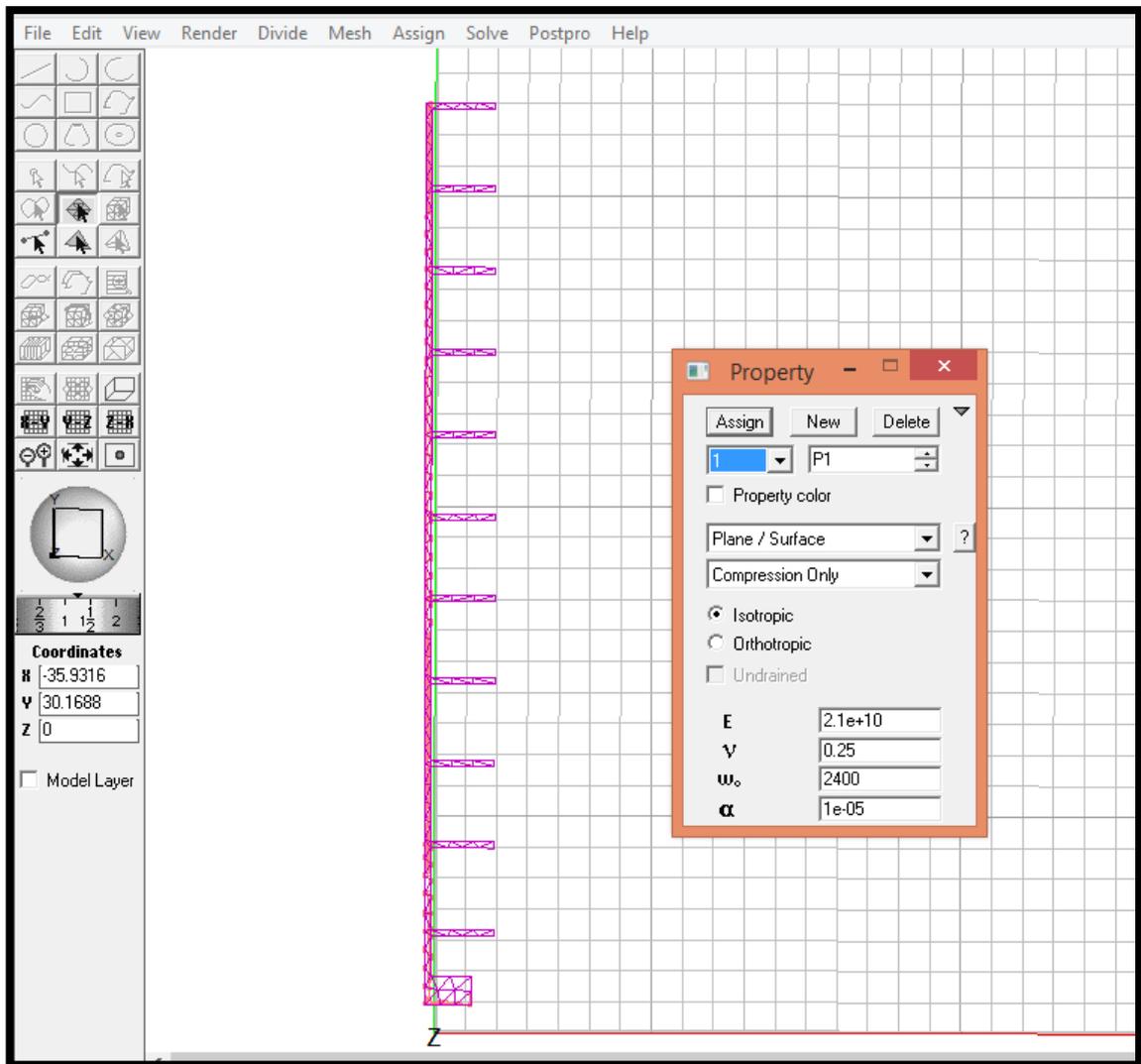
- Peso Específico (W_o)

Aproximadamente un concreto reforzado esta en 2400 kg/m³.

- Coeficiente de dilatación térmica (α)

Para concreto el valor es $1e5$

Figura N°20: Modelamiento de la estructura – propiedades del concreto



Fuente: Programa VisualFEA

Acero:

- Módulo de Elasticidad (E)

Para acero el valor es 2.1×10^9 kg/m³

- Área (A)

Para acero el valor es 7.85×10^5

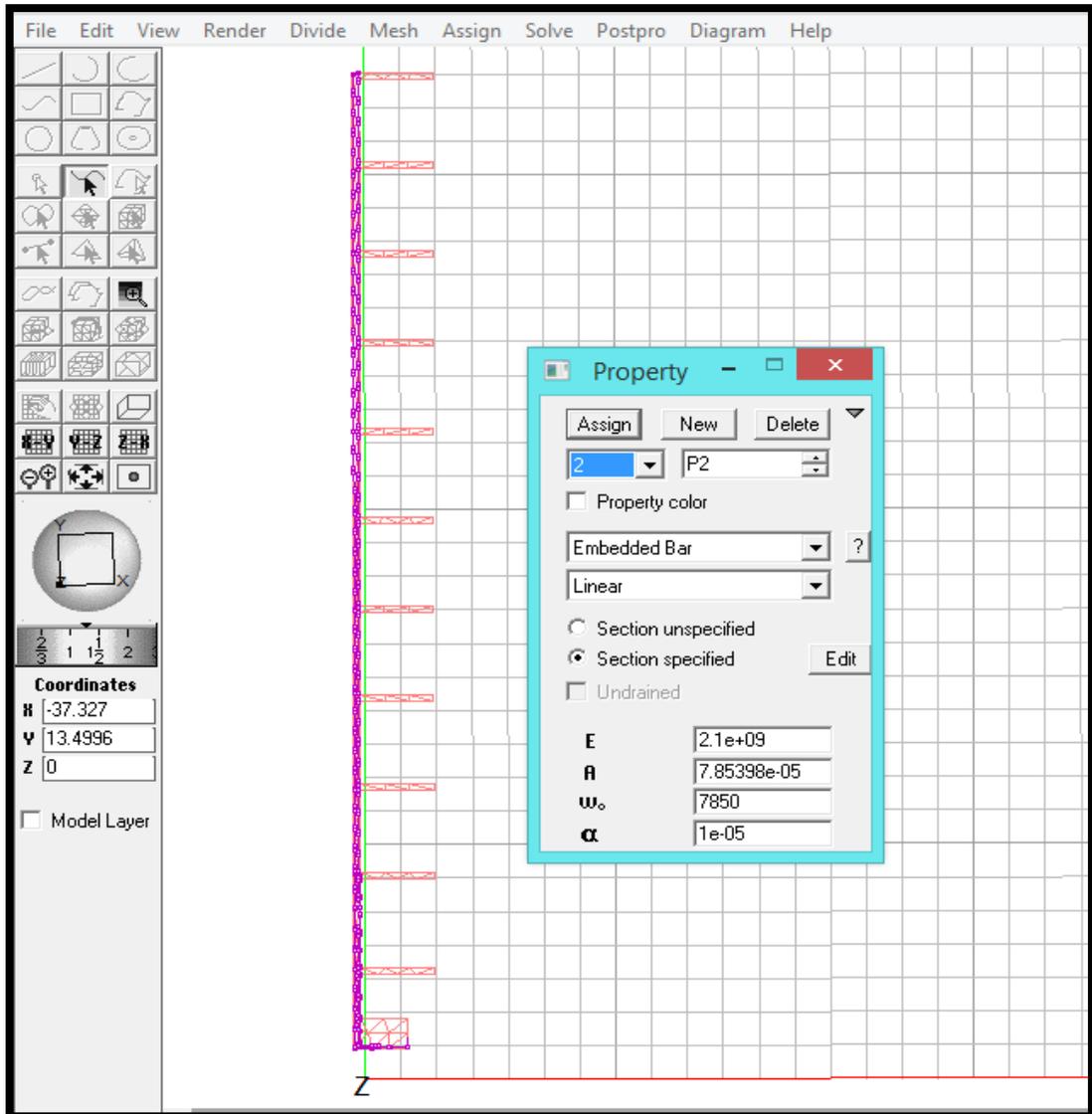
- Peso (W_o)

Para acero el valor es 7850 kg

- Coeficiente de dilatación térmica (α)

Para acero el valor es 1×10^{-5}

Figura N°21: Modelamiento de la estructura – propiedades del acero



Fuente: Programa VisualFEA

A continuación se introduce la fuerza cortante sobre la estructura, la cual se calcula con el metrado de cargas de todo el edificio. (Ver Figura N°22).

Para el metrado de cargas del edificio solo se ha considerado el piso típico en todos los pisos.

N° de pisos: 9

Área de piso: 175.95 m²

Carga por m²: 979 kg/m²

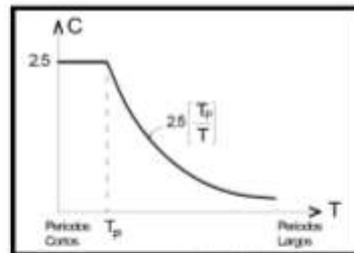
El peso total del edificio es: $Q = 9 \times 175.95 \times 979 = 1'550,295.45 \text{ kg}$

Luego obtenemos la fuerza cortante del sismo en “x” e “y”

CALCULO DE LAS FUERZAS POR ACCION DEL SISMO

Proyecto EDIFICIO MULTIFAMILIAR FLORETTY - 8PISOS - AZOTEA		
Zona	Factor de Zona (Z)	
3	0.4	
Factor de Uso (U)		
U	1	
25% de la carga viva		
Suelo	s	Tp (s)
S1	1	0.4

Factor de Amplificación Sismica (C)



$$C = 2.5 \times \left(\frac{T_p}{T} \right) \leq 2.5$$

Página 1

Tx Dinámico	Cx
2.68	
2.50	

Ty Dinámico	Cy
2.68	
2.50	

Periodo Estimado	0.37
H (m)	22.4
Ct	60

Periodo Estimado	0.37
H (m)	22.4
Ct	60

Factor de Ductilidad (R)

EJE X	
Di/Dt > 20%	
Irregular por esquinas entrantes	57%

EJE Y	
Di/Dt > 20%	
Irregular por esquinas entrantes	37%

$$R_{irregular} = \frac{3}{4} R_{regular}$$

R regular	6
R irregular	4.5

R regular	6
R irregular	4.5

Nota General: Cuando sobre un sólo elemento de la estructura, muro o pórtico, actúa una fuerza de 30% o más del total de la fuerza cortante horizontal en cualquier entrepiso, dicho elemento deberá diseñarse para el 125% de dicha fuerza.

Nota Especifica: Si el sistema es dual, los pórticos deberán ser diseñados para tomar por lo menos 25% del cortante en la base.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C \cdot P}{R}$$

Cortante en la base:

Donde :

Z = Factor de zona

U = Factor de uso e importancia

S = Factor de Suelo

C = Coeficiente de Amplificación Sísmica

P = Peso total de la edificación

R = Coeficiente de reducción de solicitación sísmica

Nivel i	Altura entrepiso m	Peso tn
------------	-----------------------	------------

AZOTEA	2.65	161.15
8	2.65	161.15
7	2.65	161.15
6	2.65	161.15
5	2.65	161.15
4	2.65	161.15
3	2.65	161.15
2	2.65	161.15
1	2.65	161.15
SEMISOTANO	2.45	172.28
Σ	23.65	1300.33

PESO TOTAL DE LA ESTRUCTURA (tn)	1300.33
---	----------------

Cortante Basal en el Eje X

V (tn)	288.96
---------------	---------------

Cortante Basal en el Eje Y

V (tn)	288.96
---------------	---------------

Distribución de las fuerzas en altura-Eje X

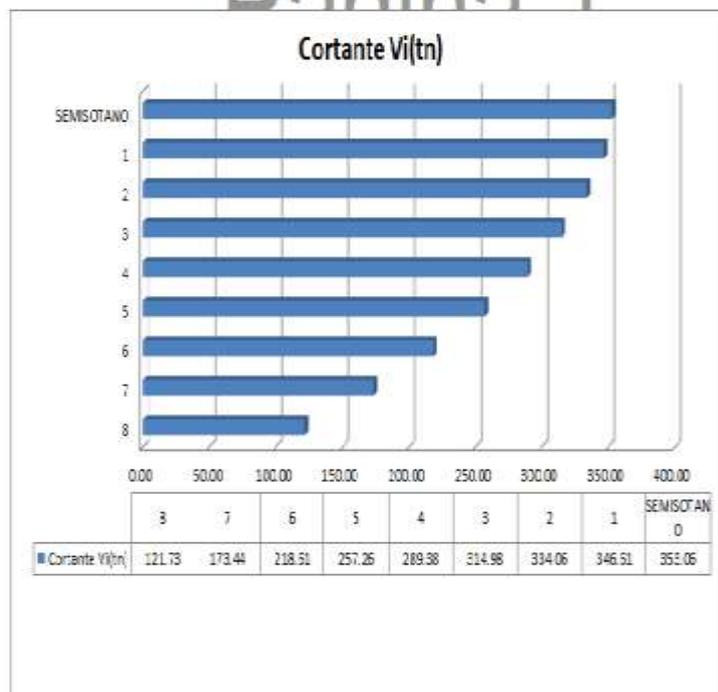
V 288.96

$$F_i = \frac{P_i \cdot H_i}{\text{Suma}(P_i \cdot H_i)} \cdot V$$

Nivel i	Altura entrepiso	Altura total hi	Pi	Pi*hi	Fi,T	Cortante Vi (tn)
------------	---------------------	--------------------	----	-------	------	---------------------

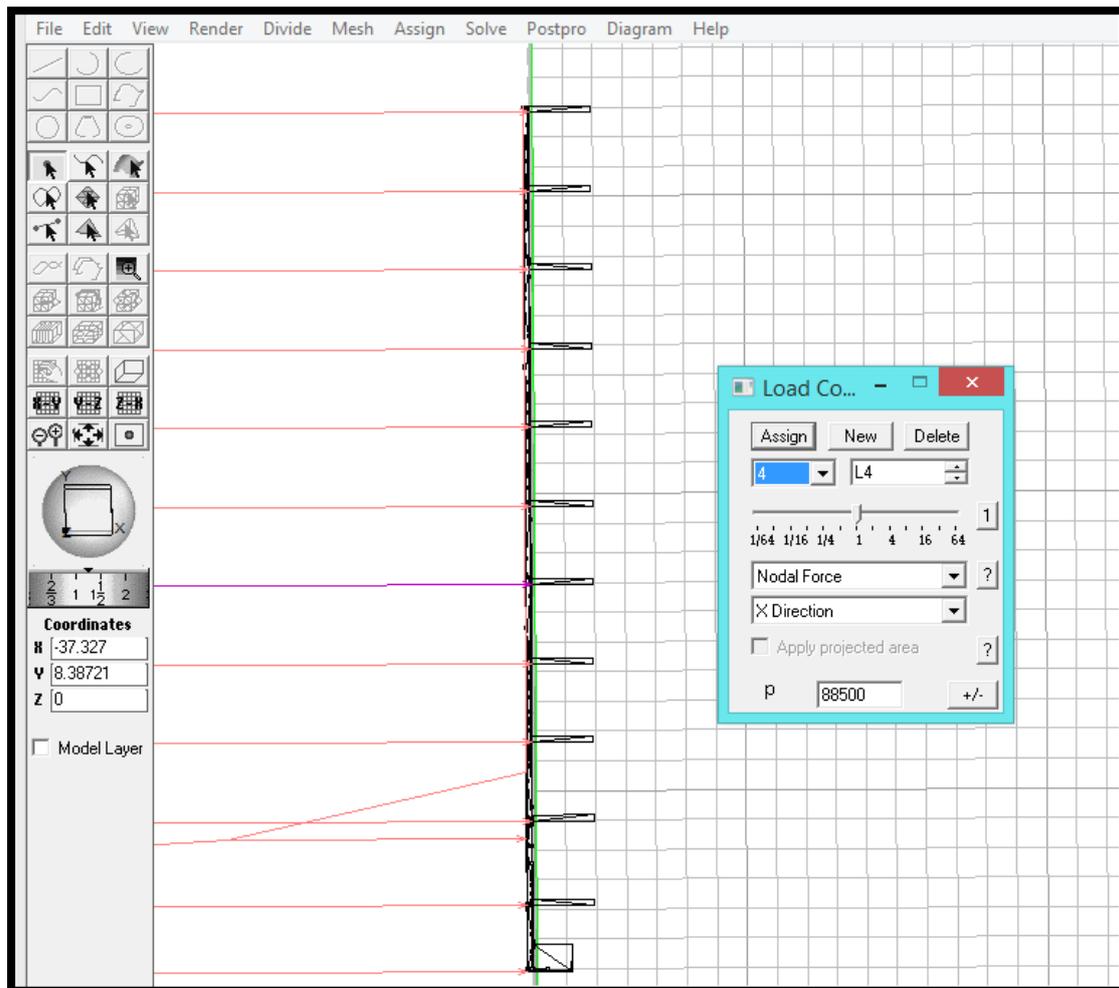
AZOTEA	2.65	26.30	159.55	4196.17	64.10	64.10	16.02
8	2.65	23.65	159.55	3773.36	57.34	121.73	30.43
7	2.65	21.00	161.19	3384.99	51.71	173.44	43.36
6	2.65	18.35	161.15	2957.10	45.17	218.61	54.65
5	2.65	15.70	161.15	2530.06	38.65	257.26	64.31
4	2.65	13.05	161.15	2103.01	32.12	289.38	72.34
3	2.65	10.40	161.15	1675.96	25.90	314.98	78.75
2	2.65	7.75	161.15	1248.91	19.08	334.06	83.51
1	2.65	5.10	161.15	821.87	12.55	346.61	86.65
SEMSOTANO	2.45	2.45	172.28	422.09	6.45	353.06	88.26
Σ	23.65			18917.34			

Dógrina 1



Después de realizar los cálculos debidos, ingresamos el valor de la cortante en cada nivel. (ver Figura N°23).

Figura N°23: Modelamiento de la estructura – aplicación de cortantes

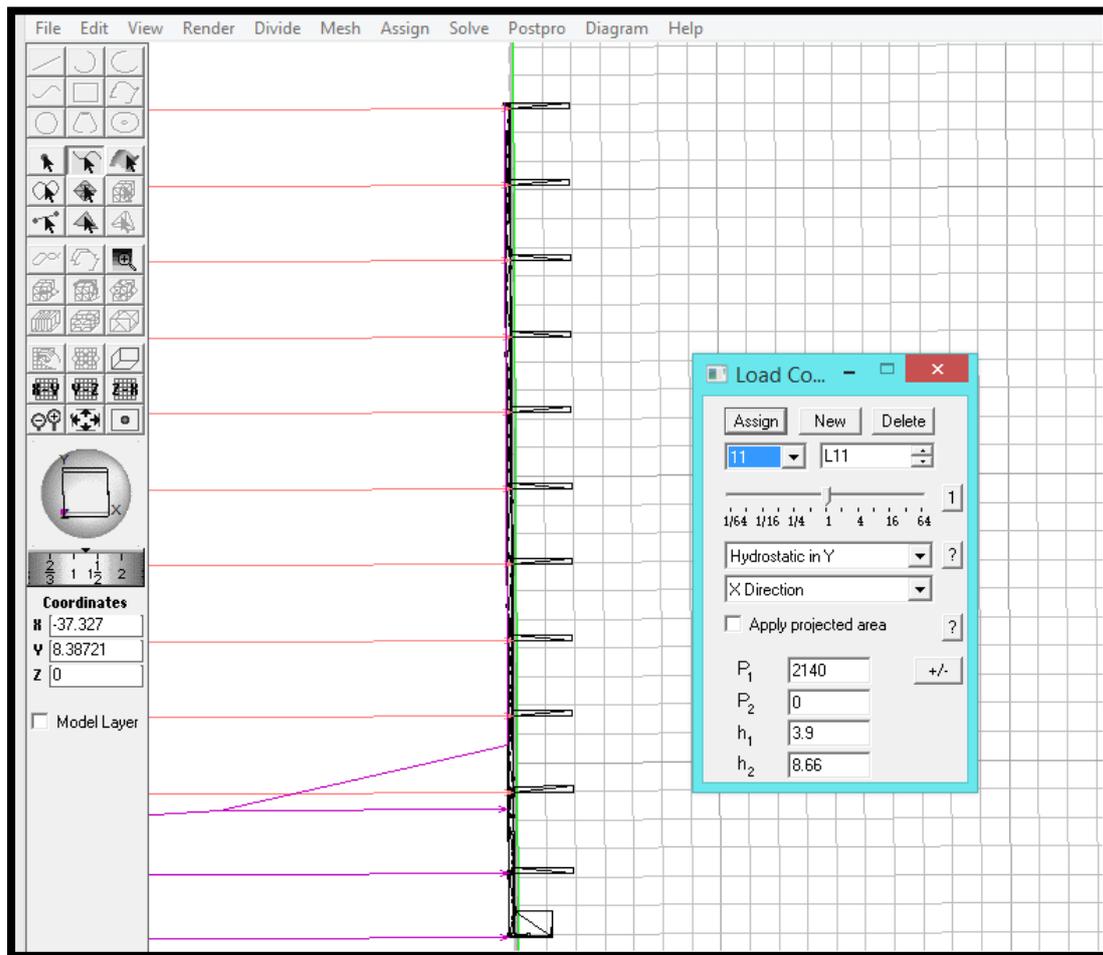


Fuente: Programa VisualFEA

Ingresamos también el valor de la fuerza de empuje (P1). (Ver Figura N°24).

El valor de $P_1 = 0.2379 \times 475 \times 1.90 = 2.14 \text{ ton/m}$

Figura N°24: Modelamiento de la estructura – aplicación de carga de empuje



Fuente: Programa VisualFEA

Después de haber ingresado todos los datos se procede a resolver obteniéndose los siguientes resultados. (Ver Figura N°25), (ver Figura N°26), (ver Figura N°27), (ver Figura N°28) y (ver Figura N°29).

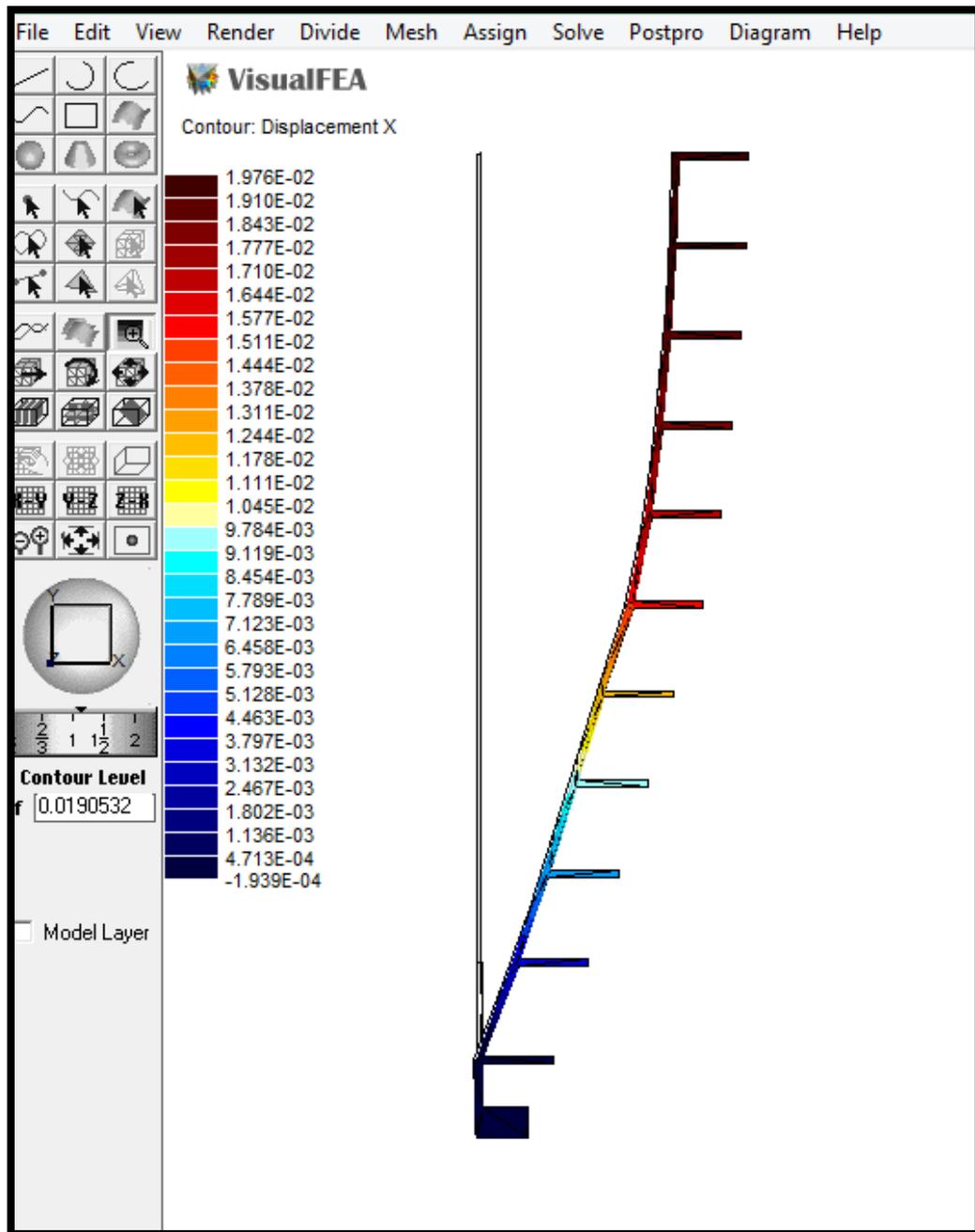
Modelo 01

Características:

División de malla: 120

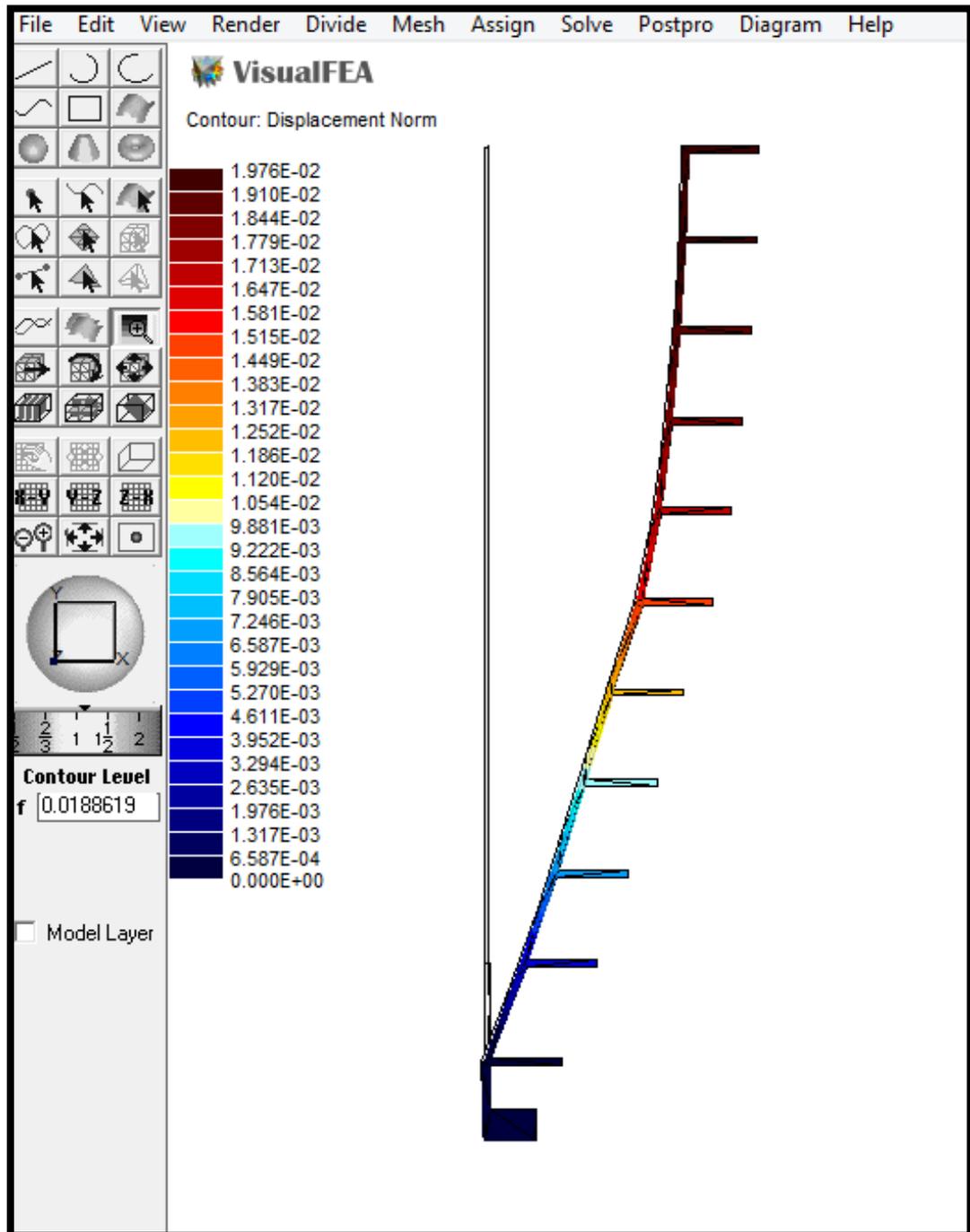
Tipo de malla: triangulación

Figura N°25: Modelamiento – Desplazamientos en X-X



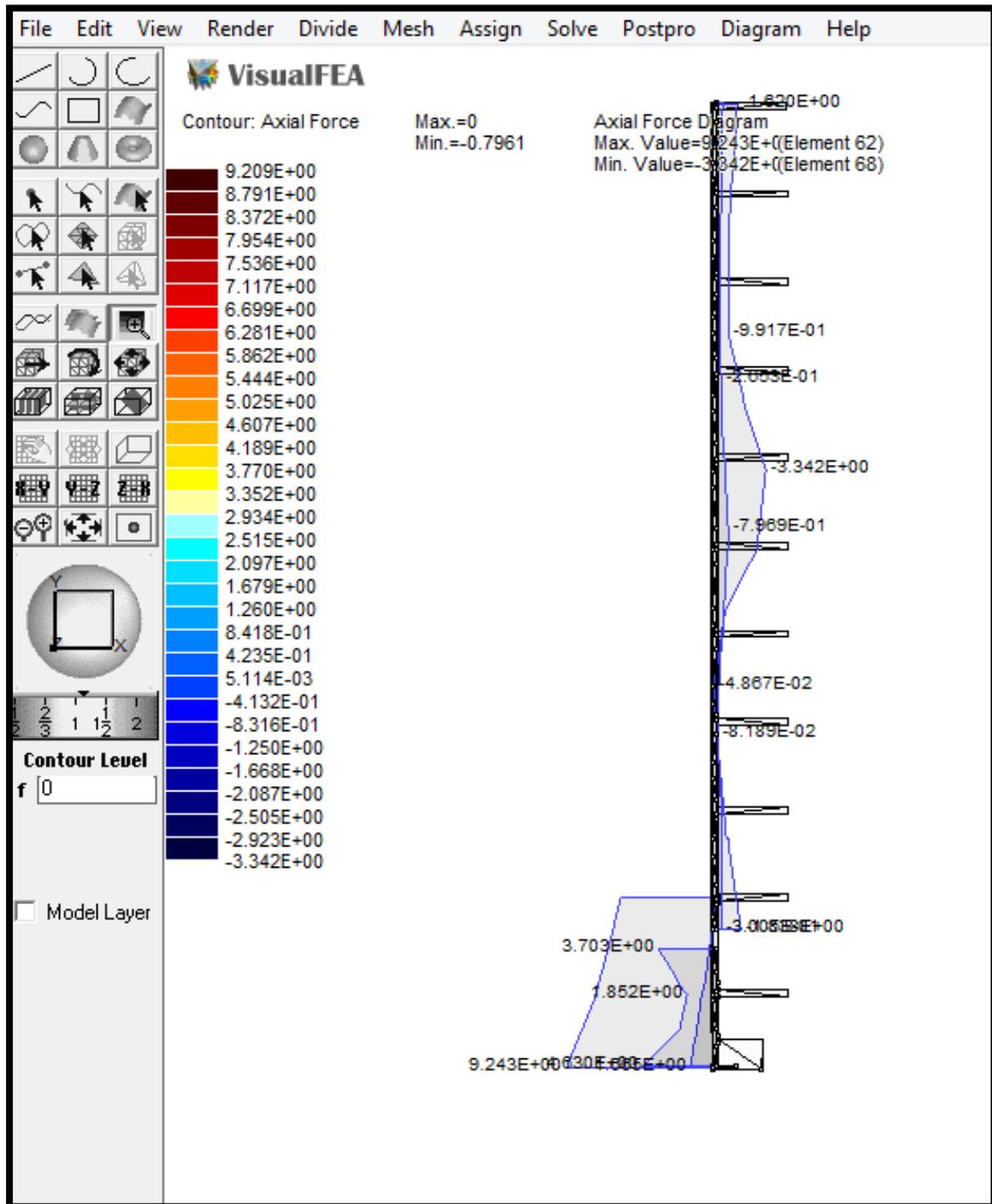
Fuente: Programa VisualFEA

Figura N°26: Modelamiento – Desplazamientos en Y-Y



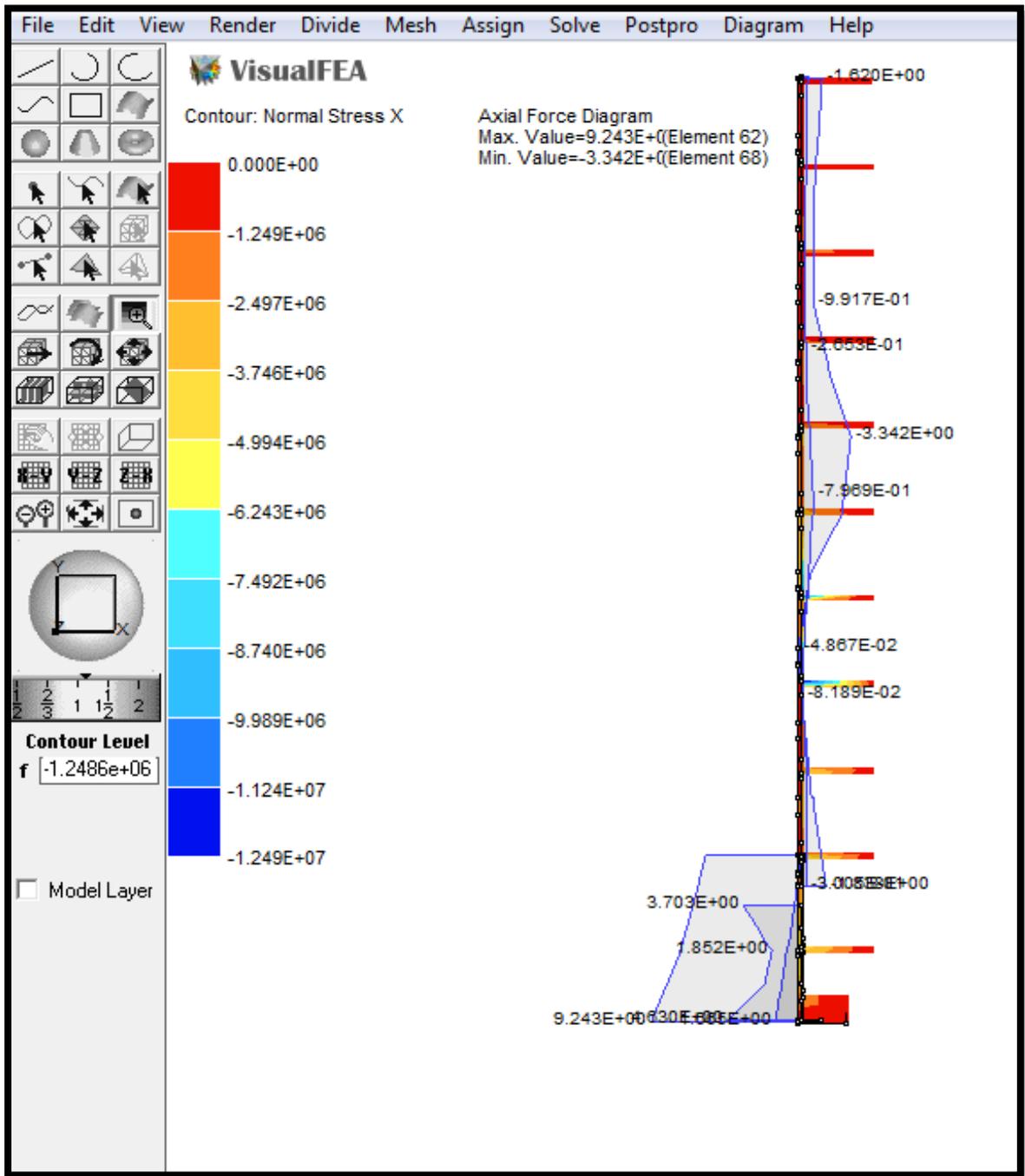
Fuente: Programa VisualFEA

Figura N°27: Diagrama de Fuerzas Axiales



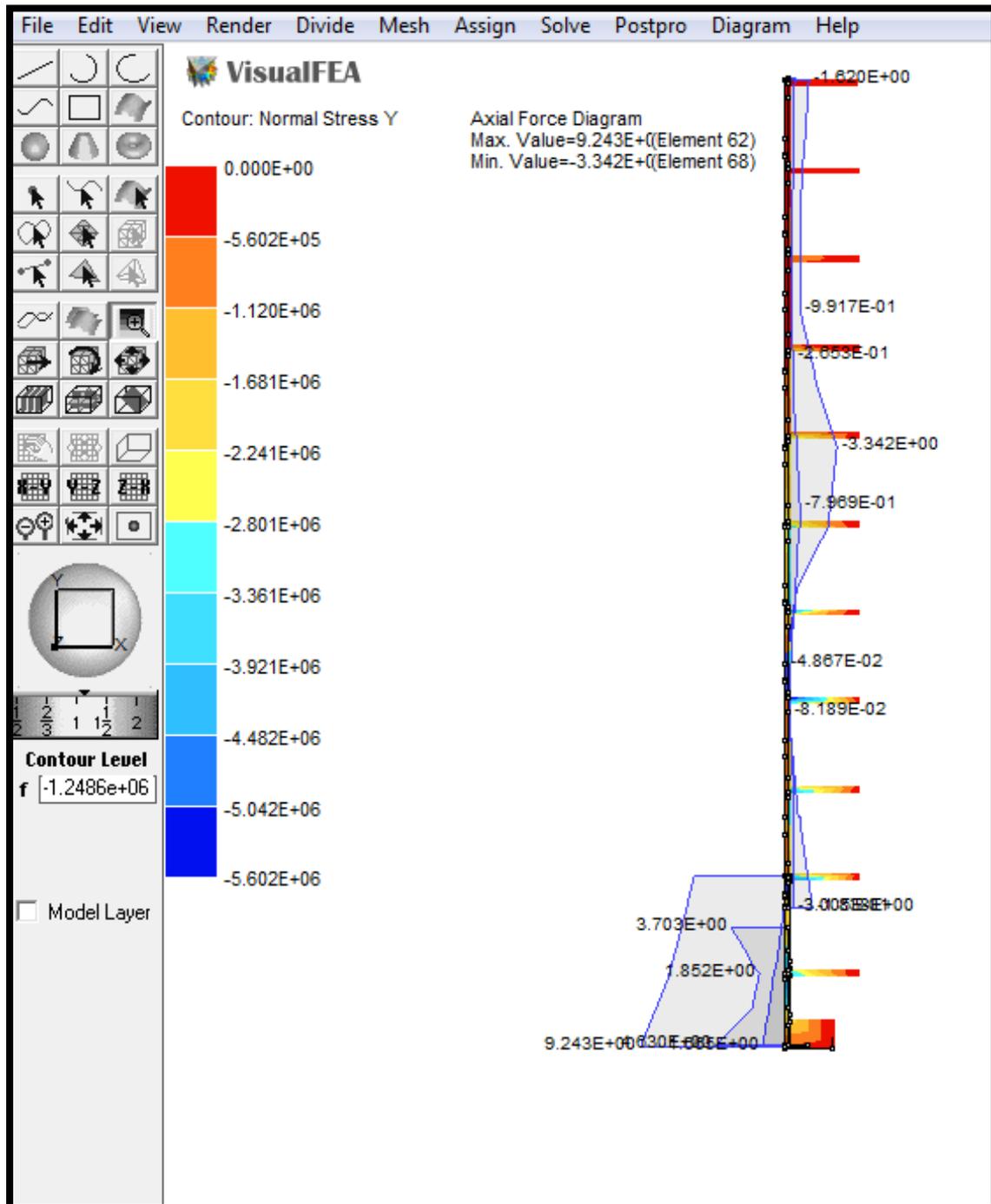
Fuente: Programa VisualFEA

Figura N°28: Diagrama de Esfuerzos Axiales X-X



Fuente: Programa VisualFEA

Figura N°29: Diagrama de Esfuerzos Axiales Y-Y



Fuente: Programa VisualFEA

Tomaremos mayor énfasis en las respuestas sísmicas del plano procediendo a verificar los resultados que nos arroja el programa.

Cuadro de resumen de desplazamientos máximos según el programa VisualFEA:

Desplazamiento Final (cm) = Desplazamiento de Entrepiso X R (irregular) X Factor X 100							
	MALLA	DESPLAZAMIENTO DE ENTREPISO DEL VISUALFEA (m)	R (irregular)	FACTOR	(m)	100	(cm)
X	120	0.01976	4.5	0.75	0.066690	100	6.6690
Y	120	0.01975	4.5	0.75	0.066656	100	6.6656

3.4 Diseño según el proyectista

Del siguiente cuadro (ver Figura N°30). Solo verificaremos los desplazamientos en las dos direcciones X e Y.

Figura N°30: Resultados del Análisis Sísmico

<u>RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO</u>	
<i>DIRECCIÓN X-X:</i>	
<i>-Txx = 0.627 seg.</i>	
<i>-MÁXIMO DESPLAZAMIENTO EN LA AZOTEA = 7.52 cm.</i>	
<i>-MÁXIMA DERIVA DE ENTREPISO = 0.0067 hei</i>	
<i>DIRECCIÓN Y-Y:</i>	
<i>-Tyy = 0.678 seg.</i>	
<i>-MÁXIMO DESPLAZAMIENTO EN LA AZOTEA = 6.44 cm.</i>	
<i>-MÁXIMA DERIVA DE ENTREPISO = 0.0046 hei</i>	

Fuente: Plano Cad

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- 1 Se verifica que el tema propuesto elemento finito embebido aplicado a este modelamiento cumple, porque nos arroja resultados como esfuerzos, fuerzas y desplazamientos.
- 2 El elemento embebido, en este caso el acero, no se encuentra en contacto nodal en el modelamiento.
- 3 El VisualFEA es un programa de fácil uso para análisis de cualquier cuerpo u objeto usando la teoría de elementos finitos.
- 4 Verifica que los valores que arroja el programa VisualFEA con respecto a las respuestas sísmicas, son bastante cercanos a los valores obtenidos por el proyectista, teniendo una variación en el eje X de 0.86 cm y en el eje Y de -0.22 cm.
- 5 Esta verificación ha sido posible utilizando una malla de 120 triángulos para todo el perfil, ya que aplicando otra triangulación mayor nos arroja resultados bastante lejanos a los del proyectista.

4.2 Recomendaciones

- 1 Se recomienda el uso del programa VisualFEA para todo tipo de modelamiento.
- 2 Se recomienda la difusión del MEF método de elementos finitos.
- 3 Recomendamos el programa por su uso comercial y su accesible manejo.
- 4 Recomendamos que los esquemas o dibujos a analizar se realicen en Cad con formato DXF para luego ser importados al VisualFEA. Esto facilitaría el modelamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- RNE Norma E.060 Concreto armado
- RNE Norma E.030 Sismorresistente
- VisualFEA Manual
- Estudio de Mecánica de Suelos del proyecto – M&M Consultores
- http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_de_los_elementos_finitos
- AGUIAR, R. “Análisis Sísmico por Desempeño”. CEINCI-ESPE. Agosto del 2003.