



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**Trabajo de Titulación previa a la obtención del título de
Ingeniero Civil**

**CALCULAR Y DISEÑAR LA SOLUCIÓN ESTRUCTURAL DE UNA
“CASA TIPO” PLANTEADA PARA EL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE
PAREDES PORTANTES**

Autor : Ing. Tcnlgco. Luis Fernando Caguante Paredes

Director : Ing. Juan Carlos Moya Mg. Sc.

Quito, marzo de 2013

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ingeniero Juan Carlos Moya Mg. Sc., tutor designado por la Universidad Internacional del Ecuador UIDE para revisar el Trabajo de Titulación con el tema: "CALCULAR Y DISEÑAR LA SOLUCIÓN ESTRUCTURAL DE UNA "CASA TIPO" PLANTEADA PARA EL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE PAREDES PORTANTES" del estudiante **Luis Fernando Caguete Paredes**, alumno de Ingeniería Civil, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos de fondo y los méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Comité Examinador designado por la Universidad.

Quito, febrero 1 del 2013

EL TUTOR



Ing. Juan Carlos Moya Mg. Sc.
C.I.:171091908-3

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a mi esposa e hijos, Patricia, Darío y Daniel, que siempre estuvieron junto a mí brindándome su amor y apoyándome en estos momentos de mi vida mientras completaba con los conocimientos requeridos para alcanzar esta noble profesión.

A mi padre y a mi hermano, Luis Gonzalo y Manolo, quienes siempre se mantuvieron atentos y están brindándome su confianza y su apoyo incondicional en mi desarrollo personal.

AGRADECIMIENTO

A mis maestros.

De manera especial al Ing. Juan Carlos Moya Mg. Sc., que durante mucho tiempo estuvo compartiendo su sapiencia e impulsando nuestra formación profesional, hasta concluir con la dirección del presente trabajo de titulación. A la Ing. Verónica Cevallos y al Ing. Galo Ponce que siempre estuvieron motivándonos para la culminación de la carrera.

A mi gran compañero y amigo, HTB23, que durante esta etapa de nuestras vidas, ha prevalecido ese gran sentido de hermandad y colaboración en todos los ámbitos en los cuales hemos estado inmersos, hasta conseguir el objetivo planteado.

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, LUIS FERNANDO CAGUATE PAREDES, declaro bajo juramento que el trabajo de titulación denominado: "CALCULAR Y DISEÑAR LA SOLUCIÓN ESTRUCTURAL DE UNA "CASA TIPO" PLANTEADA PARA EL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE PAREDES PORTANTES", es producto original de mi autoría y exclusiva responsabilidad legal y académica, el mismo que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional, citándose las fuentes y referencias bibliográficas correspondientes y en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la UIDE, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Quito, febrero 1 del 2013

EL AUTOR



Luis Fernando Caguata P.

ÍNDICE GENERAL

| DESCRIPCIÓN | PÁGINA |
|--------------|--------|
| Resumen | xi |
| Abstract | xii |
| Introducción | xiii |

CAPÍTULO I

| | |
|--|---|
| 1. EL PROBLEMA | 1 |
| 1.1. El Objeto de Investigación | 2 |
| 1.2. Planteamiento del Problema | 3 |
| 1.3. Formulación del Problema | 4 |
| 1.4. Sistematización | 5 |
| 1.5. Objetivos General y Específico | |
| 1.5.1. Objeto General | 5 |
| 1.5.2. Objetivos Específico | 5 |
| 1.6. Justificación | |
| 1.6.1. Justificación Teórica | 6 |
| 1.6.2. Justificación Práctica | 7 |
| 1.6.3. Justificación Relevancia Social | 7 |
| 1.7. Idea a Defender | |
| 1.7.1. Idea a Defender | 7 |
| 1.7.2. Variable Independiente | 8 |
| 1.7.3. Variable Dependiente | 8 |

CAPÍTULO II

| | | |
|--------|---|----|
| 2. | El Marco Referencial | |
| 2.1. | Marco Teórico | |
| 2.1.1. | Definición del sistema de muros portantes | 9 |
| 2.1.2. | Ventajas y desventajas del sistema de muros portantes | 12 |
| 2.2. | Marco Conceptual | 13 |
| 2.3. | Fundamentación Legal | 14 |

CAPÍTULO III

| | | |
|--------|---|----|
| 3. | Metodología de Investigación utilizada en la zona del Impacto del proyecto a ejecutarse | |
| 3.1. | Tipo de Investigación Realizada | 15 |
| 3.2. | Población y Muestra de la Investigación | 15 |
| 3.3. | Técnicas e Instrumentos para la recolección de la Información utilizada | 15 |
| 3.3.1. | Encuesta | 16 |
| 3.3.2. | Entrevista | 17 |
| 3.4. | Técnicas para el procesamiento de datos y análisis de los resultados obtenidos | 18 |
| 3.5. | Interpretación de los resultados de la Encuesta y de Entrevista | 21 |

CAPÍTULO IV

| | | |
|------|--|----|
| 4. | Diseño Estructural de la Casa Tipo | |
| 4.1. | Especificaciones Generales de la Estructuración Bajo el Sistema de Muros Portantes | 23 |

| | | |
|----------|---|----|
| 4.1.1. | Dimensionamiento de la Losa | 24 |
| 4.1.2. | Cuantificación de Cargas | 27 |
| 4.1.3. | Cálculos de Solicitaciones | |
| 4.1.3.1. | Cálculos de Momentos | 28 |
| 4.1.3.2. | Cálculos de Cortantes | 29 |
| 4.1.4. | Chequeo de la Losa | |
| 4.1.4.1. | Comprobación a Flexión | 30 |
| 4.1.4.2. | Comprobación a Corte | 31 |
| 4.1.5. | Armado de la Losa | 33 |
| 4.1.6. | Determinación del Corte Basal | 35 |
| 4.1.7. | Distribución de la Fuerza Horizontal | 36 |
| 4.1.8. | Diseño de Paredes Portantes en Hormigón | |
| 4.1.8.1. | Cálculo en Pared Portante Tipo | 37 |
| 4.1.8.2. | Cálculo de Rigideces | 39 |
| 4.1.8.3. | Cálculo de Momentos de Empotramiento | 40 |
| 4.1.8.4. | Cálculo de Giros mediante Cross | 40 |
| 4.1.8.5. | Cálculo de Momentos Finales | 41 |
| 4.1.8.6. | Cálculo de Acero | 42 |
| 4.1.8.7. | Comprobación a Corte | 42 |
| 4.1.9. | Cálculo de la Losa de Cimentación | 46 |
| 4.1.9.1. | Comprobación de Momentos y Cortantes | 49 |
| 4.1.10. | Modelación en Sap 2000 | 50 |
| 4.2. | Especificaciones Generales de la Estructuración Bajo el Sistema Aporticado | |
| 4.2.1. | Características de la Casa Tipo | 59 |
| 4.2.2. | Dimensionamiento de la Losa | 60 |
| 4.2.2.1. | Cuantificación de Cargas | 62 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 4.2.2.2. | Cálculo de Momentos y Cortes | 62 |
| 4.2.3. | Chequeo de la Losa | |
| 4.2.3.1. | Comprobación a Flexión | 64 |
| 4.2.3.2. | Comprobación a Corte | 66 |
| 4.2.4. | Armado de la Losa | 66 |
| 4.2.5. | Determinación del Corte Basal | 68 |
| 4.2.6. | Diseño de Pórtico 2 - 2 | 69 |
| 4.2.6.1. | Cálculo de Rigideces | 70 |
| 4.2.6.2. | Cálculo de Momentos de Empotramiento | 72 |
| 4.2.6.3. | Cálculo de Giros mediante Cross | 72 |
| 4.2.6.4. | Cálculo de Momentos Finales | 73 |
| 4.2.7. | Diseño de Viga del Pórtico 2 - 2 | 74 |
| 4.2.7.1. | Cálculo del Acero | 75 |
| 4.2.7.2. | Cálculo de Estribos | 77 |
| 4.2.8. | Cálculo del Pórtico C - C | 79 |
| 4.2.8.1. | Cálculo de Rigideces | 80 |
| 4.2.8.2. | Cálculo de Momentos de Empotramiento | 81 |
| 4.2.8.3. | Cálculo de Giros | 82 |
| 4.2.8.4. | Cálculo de Momentos Finales | 82 |
| 4.2.9. | Diseño de Viga del Pórtico C - C | 83 |
| 4.2.9.1. | Cálculo del Acero | 84 |
| 4.2.9.2. | Cálculo de Estribos | 85 |
| 4.2.10. | Pre-Diseño de Elementos Verticales | 87 |
| 4.2.10.1. | Chequeo por Esbeltez | 88 |
| 4.2.10.2. | Chequeo por Punzonamiento | 88 |
| 4.2.10.3. | Determinación de Armadura longitudinal de la Columna C-2 | 90 |

| | |
|---|-----|
| 4.2.10.4. Pre diseño por Última Resistencia | 90 |
| 4.2.10.5. Cálculo de Estribos | 91 |
| 4.2.10.6. Ubicación de la rótula plástica | 92 |
| 4.2.11. Determinación del Tipo de Cimentación | 93 |
| 4.2.11.1. Diseño al Corte | 95 |
| 4.2.11.2. Diseño a Flexión | 96 |
| 4.2.11.3. Cálculo de Acero | 97 |
| 4.2.12. Modelación en Sap 2000 | 98 |
| 4.3. Análisis de Costos | 108 |

CAPÍTULO V

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 5. Conclusiones y Recomendaciones | |
| 5.1. Conclusiones | 110 |
| 5.2. Recomendaciones | 113 |
| Referencia Bibliográfica | 115 |

ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo 1: Análisis de Precios Unitarios | 116 |
| Anexo 2: Planos de la “Casa Tipo” en Sistema de Muros | 124 |
| Anexo 3: Planos de la “Casa Tipo” en Sistema Aporticado | 135 |

RESUMEN

El presente trabajo de titulación realiza el análisis y diseño estructural en concreto armado para una “casa tipo” económicamente accesible, cuyo sistema estructural está definido a partir de muros portantes de concreto armado.

En este sistema estructural todas las paredes son portantes por lo tanto la distribución estará definida según la arquitectura. En los planos preliminares de arquitectura los muros tienen un espesor de 0.10 m. a excepción del muro central que para cumplir con la norma es de 12 cm, el sistema de cubierta empleado es de losas macizas de 12 cm de espesor en todos los ambientes.

Para el análisis y diseño se tuvo en cuenta las exigencias establecidas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción, Cap. 1 Cargas y Materiales, Cap. 2 Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente, Cap. 10 Vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 4.0 m.

Se asume que la casa se encuentra cimentada en un suelo con una capacidad baja admisible (3 ton/m^2). Debido a esta característica del terreno, se decidió realizar una losa de cimentación por su facilidad constructiva y ahorro en tiempo.

Esta investigación incluye criterios de estructuración, análisis y diseño de los diversos elementos estructurales y diseño del tipo de cimentación mencionada.

ABSTRACT

This graduation work performed structural analysis and reinforced concrete design for a "home-type" affordable, the structural system is defined from reinforced concrete structural walls.

In this system all the walls are structural bearing therefore be defined according to the distribution architecture. In preliminary architectural drawings walls have a thickness of 0.10 m. except the central wall to meet the standard is 12 cm, the cover system is solid slabs employee of 12 cm thick in all environments.

For analysis and design took into account the requirements of the Construction Reporting Standard, Cap. 1 Loads and Materials, Cap. 2 Seismic Hazard and Earthquake Resistant Design Requirements, Cap. Housing 10 to 2 floors with spans up 4.0 m.

It is assumed that the house is built on a soil with a low capacity admissible (3 ton/m²). Because of this feature of the terrain, it was decided to make a foundation slab construction for ease and time savings.

This research includes structuring criteria, analysis and design of various structural elements and design the type of foundation said.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años en la ciudad de Quito el mercado de vivienda popular ha sido atendido principalmente por el sector informal, lo que ha producido viviendas de baja calidad, con elevados costos financieros y sociales.

El incremento poblacional ha sido muy representativo, por lo que esta particularidad ha contribuido al incremento del déficit acumulado que se tiene en la vivienda, a pesar que también es sabido que el sector de la construcción ha presentado un repunte significativo, especialmente en la producción de casas tanto unifamiliares como multifamiliares, las cuales hacen uso de diversos sistemas estructurales. Uno de estos es el de paredes portantes el cual está basado en paredes y losas delgadas de concreto armado de aproximadamente 10 cm.

Una ventaja representativa de las estructuras de muros portantes que se puede mencionar, es el ahorro significativo que se tiene en el factor económico (costo) y en tiempo de construcción, por lo que se puede lograr una gran aceptación como alternativa de solución al problema de vivienda en la ciudad.

El objetivo de este trabajo es realizar la distribución, análisis y el diseño estructural en concreto armado de una casa tipo unifamiliar de una planta, ante sollicitaciones dinámicas y estáticas, cumpliendo con las disposiciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Se enuncia una descripción resumida de los capítulos que comprende la investigación:

El capítulo uno comprende el objeto de la investigación, con el planteamiento y formulación del problema, los objetivo general y específicos de la investigación, las justificaciones teórica, práctica y de relevancia social, culminando con la idea a defender.

En el capítulo dos se presenta el marco teórico con definiciones de los elementos que conforman el sistema de muros portantes, ventajas y desventajas que dispone este sistema constructivo, además se explica el marco conceptual de la investigación y la fundamentación legal que sustenta este estudio.

El capítulo tres presenta la metodología de investigación utilizada en la zona del impacto del proyecto, además el tipo de investigación realizada, la población y muestra de la investigación, las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de la información, terminando con el procesamiento y análisis de datos e interpretación de resultados obtenidos en la encuesta y entrevistas realizadas.

En el capítulo cuatro se realiza el cálculo estructural de la casa tipo, tanto para el sistema de muros portantes como para el sistema aporticado y la modelación de la estructura en el sap 2000 en cada sistema constructivo, concluyendo con el análisis de costos de las estructuras.

En el quinto capítulo se presenta las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

Se termina con la presentación de los anexos de análisis de precios unitarios y los planos estructurales de los sistemas constructivos analizados.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

En nuestro país según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (VII **Censo de Población** y VI de **Vivienda** 2010), se tiene el 32.8% de pobreza a nivel nacional, la cual se ve reflejada en una necesidad de vivienda, la que constituye un bien de primera necesidad para el desarrollo de las familias, la vivienda pertenece al sector económico de la construcción, el cual por sus características de generación de empleo, provisión de bienes de capital fijo, es un termómetro de la dinámica económica del país, pues su crecimiento implica el desarrollo económico, y a su vez su retroceso se puede relacionar a procesos de recesión.

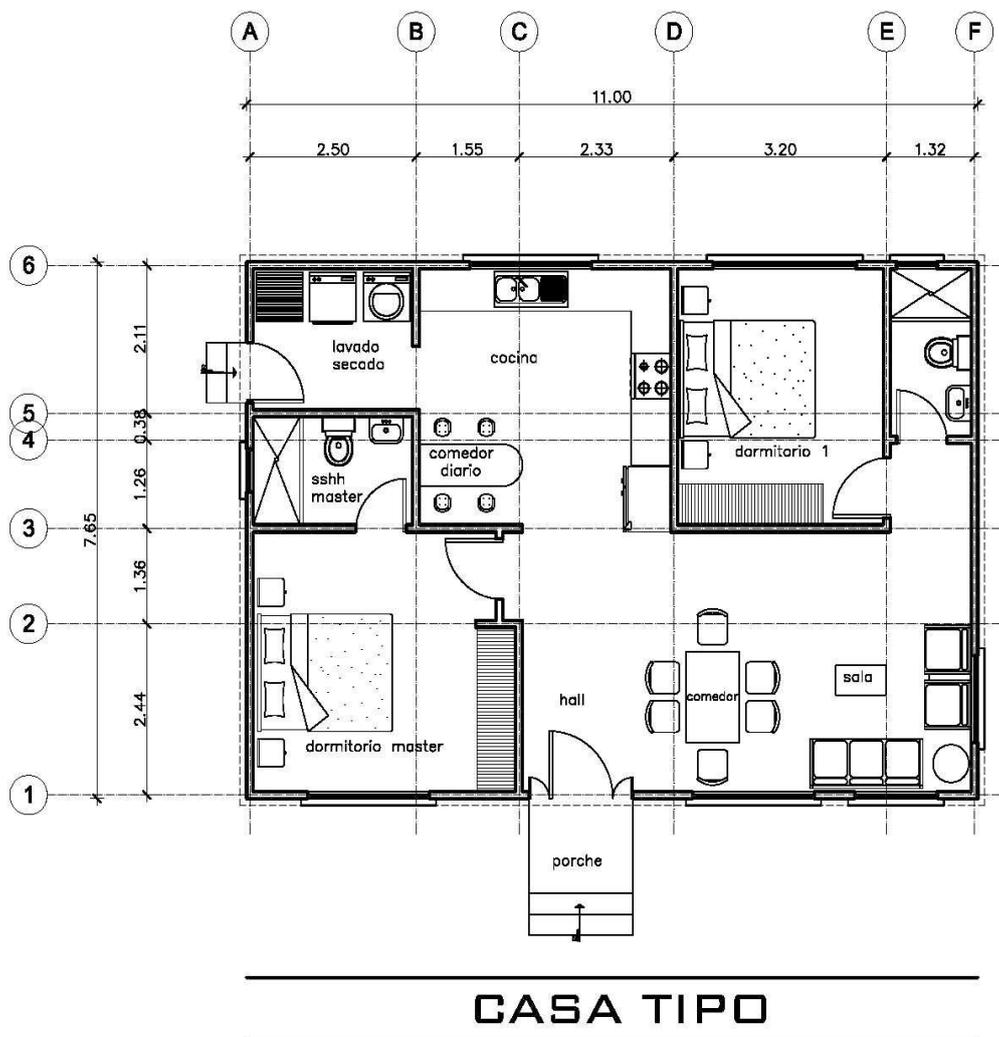
Los asentamientos irregulares que se presentan en Quito, hacen que el crecimiento de la ciudad vaya sin planificación alguna, este problema es el resultado del desfase entre el crecimiento de la densidad poblacional con la construcción de viviendas. Debido a este déficit habitacional existe un gran sector de la población que desea adquirir viviendas que estén a su alcance y que satisfagan las necesidades de albergue y confort que estos requieren, las cuales deben ser funcionales y cumplir con las especificaciones de calidad y seguridad.

El entorno en el que se encuentra el sector de la construcción habitacional exige un mercado cada vez más exigente y competitivo, razón por la cual, deben analizarse otros sistemas constructivos que garanticen menores costos, tiempos de ejecución y adecuada calidad de las viviendas, uno de estos es el Sistema de Paredes Portantes, el cual entre las ventajas que presenta podemos mencionar el ahorro significativo debido al menor tiempo de construcción y el aprovechamiento de espacios por cuanto está basado en paredes delgadas de hormigón armado de aproximadamente 10 cm., más delgadas que los muros de albañilería.

1.1 EL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

Con el presente estudio se está generando la información suficiente del análisis y diseño de una “Casa Tipo” económicamente accesible y planteada bajo el sistema constructivo de paredes portantes, la cual consta de sala – comedor, una cocina, área de lavado y secado, 2 dormitorios, un hall, un baño completo en el dormitorio principal y un baño completo para visitas, todo esto dentro de una área de 87,90 m².

Gráfico 1



Para el análisis sísmico y diseño estructural de la “casa tipo” se cumplirá con los requisitos establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11 (Capítulo - 1 Cargas y Materiales, Capítulo 2 - Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente y Capítulo 10 - Vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 4.0 m.), vigente desde inicios del año 2012 y para el estudio se utilizará el software especializado SAP2000 que es un programa informático de diseño estructural.

Con los resultados obtenidos se elaborará el proceso detallado que se debe seguir para realizar el diseño estructural de una casa cuando se utilice este sistema constructivo.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mayoría de las viviendas en la ciudad de Quito, están construidas mediante el sistema constructivo aporticado (vigas y columnas, de nudos rígidos), el cual plantea una solución de diseño que dificulta los procesos de construcción y los tiempos de ejecución, incrementando el costo de este tipo de vivienda.

El sistema constructivo de paredes portantes simplifica los procesos de ejecución, por lo cual al diseñar una vivienda mediante este sistema se genera la solución técnica del módulo de vivienda tipo, que puede ser utilizado como una alternativa de costo más accesible que masificaría el uso de este tipo de sistema constructivo.

El sistema de muros portantes puede ser utilizado en viviendas unifamiliares y en edificios de gran altura, brinda grandes ventajas como aislamiento térmico, resistencia estructural, optimización en la utilización de espacios en la arquitectura de edificaciones, además de ser resistente al fuego. Cabe señalar que el sistema trabaja como sistema constructivo íntegro, logrando así una estructura portante.

Esta tecnología de construcción es utilizada en diferentes países de América del Sur tales como: Chile, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela y Brasil.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la ciudad de Quito, durante las últimas décadas, la forma estructural y los métodos de construcción no han variado de manera significativa, ya que en la mayoría de construcciones se aplica el sistema constructivo aporricado, por el desconocimiento de otros sistemas constructivos y tipos estructurales, por lo que es necesario el proponer el cálculo y diseño estructural de uno de estos sistemas como es el sistema de paredes portantes, para brindar una opción adicional que permita a través de este conocimiento comprender el comportamiento de este sistema y obtener ventajas mutuas para el constructor y el adquirente de una vivienda.

Las estructuras con muros portantes de hormigón armado no se la utiliza con mucha frecuencia debido al costo del encofrado y por desconocer las ventajas que puede brindar en proyectos de gran magnitud. Actualmente el uso de los encofrados tipo cajón, de alto nivel de industrialización, se utiliza encofrados completos de paredes y techos, con sistemas de curado químicos que permiten acelerar el proceso de fraguado, ya que a las 24 horas puede repetirse sucesivamente la operación de desencofrado, encofrado, armar y hormigonar un nuevo elemento.

Durante el proceso de encofrado y antes del vertido, se incorporan elementos que permiten los pasos de las instalaciones que ya quedan empotradas sin tener que romper al momento de efectuar los trabajos de instalaciones.

1.4 SISTEMATIZACIÓN

Al proponer la aplicación de otra solución estructural para las viviendas en nuestra ciudad, se está tratando de brindar alternativas constructivas que han tenido una buena acogida en países vecinos.

Es tiempo de implementar nuevos sistemas constructivos y dejar el monopolio que ha mantenido el sistema aporricado en la construcción de unidades habitacionales.

Conociendo las ventajas y desventajas de los distintos sistemas constructivos, se puede tener varias opciones para solventar el déficit habitacional que se presenta en la ciudad de Quito.

1.5 OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICO

1.5.1 Objetivo General

Plantear la solución estructural de la “Casa Tipo” mediante el cálculo y diseño en el sistema constructivo de paredes portantes. Estableciendo una alternativa de vivienda económicamente accesible a la clase media del sector sur oriental de la ciudad de Quito.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar las alternativas de soluciones para viviendas mediante el sistema constructivo de paredes portantes.
- Optimizar en el diseño el acero y hormigón contemplando los parámetros de la Norma Ecuatoriana de la Construcción de acuerdo a los Requisitos de Diseño Sismo Resistente

- Utilizar el reglamento normativo especificado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11 para viviendas de paredes portantes.
- Desarrollar el cálculo y diseño sismo-resistente de la “Casa Tipo” utilizando el software SAP 2000 Versión 14.0

1.6 JUSTIFICACIÓN

1.6.1 Justificación Teórica

Entre los diversos sistemas constructivos para la edificación de viviendas se tiene el de paredes portantes, el cual presenta una gran evolución ya que la construcción en sus inicios se lo realizaba con los denominados tapias o muros de adobe que median hasta 1 metro de ancho, mientras que en la actualidad se pueden tener paredes de hormigón armado de 10 cm de ancho.

El sistema constructivo de paredes portantes de concreto reforzado, está recomendado para la construcción de viviendas en serie aunque esto no es un limitante para poder construir viviendas independientes, este sistema permite conformar cada uno de los elementos de la estructura, tales como: cimientos, paredes, vigas y losas con concreto premezclado fundido in situ para generar un solo conjunto de alta resistencia y rigidez.

Hoy en día con el desarrollo de la tecnología y la experimentación, se ha encontrado que:

- Los sistemas de paredes portantes, tienen un comportamiento superior bajo la acción de un sismo comparado con otros sistemas.
- La forma de construcción, facilita el control de calidad, pues se manejan únicamente dos materiales.

- Al terminar la estructura, queda también terminada la obra de mampostería o divisiones.

1.6.2 Justificación Práctica

El resultado de este trabajo, producirá la información referente al cálculo y diseño de la estructura de una vivienda de interés social dentro del sistema constructivo de paredes portantes.

1.6.3 Justificación Relevancia Social

Con los datos que se obtendrá se puede mostrar la factibilidad técnica y evaluar el impacto socioeconómico que se puede producir con la construcción de viviendas con el sistema de paredes portantes de hormigón armado.

1.7 IDEA A DEFENDER

1.7.1 Idea a Defender

Las estructuras con muros portantes resultan ser más económicas y rápidas en el proceso constructivo que las edificaciones con estructuras aporricadas de concreto armado.

Las estructuras con muros portantes suelen ser las que cuentan con una importante densidad de muros en ambas direcciones por lo que se aprovechará esta característica y se usarán todos los muros como portantes para resistir cargas de gravedad y también sollicitaciones sísmicas.

La ventaja estructural de este sistema radica en el uso de paredes de concreto, lo cual nos asegura que no se produzcan cambios bruscos de las

propiedades resistentes y principalmente de las rigideces, por lo que al presentar este estudio, el constructor podrá acoger este sistema constructivo como alternativa para proyectos destinados a la clase media de la zona sur oriental de Quito, con un menor costo y tiempo de ejecución.

1.7.2 Variable Independiente

La industrialización de la construcción es una necesidad urgente en el Ecuador y debe ser una de las estrategias más adecuada para atender el déficit existente, disminuyendo los costos y proporcionando niveles adecuados de calidad.

En la ciudad de Quito, los bajos ingresos de las familias de escasos recursos no han permitido acceder con facilidad a cubrir su necesidad de vivienda siendo este un derecho garantizado y amparado por la Constitución Política del Estado y un bien de primera necesidad para el desarrollo de las familias, porque aquí es donde se cobijan y desarrollan los hogares.

Por lo que los proyectos destinados a la clase media, siempre deben ser contruidos de una manera ágil, segura y económica, para lo cual se deberá definir el tipo de sistema estructural más viable para este tipo de proyectos.

1.7.3 Variable Dependiente

Para realizar este estudio debemos cumplir con todas las especificaciones técnicas inmersas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, la cual entrará en vigencia próximamente.

CAPÍTULO II

2. EL MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Definición del Sistema de Muros Portantes

Cada sistema estructural tiene su característica única teniendo en cuenta consideraciones como: funciones estructurales de los elementos y del sistema, forma geométrica y orientación, materiales de los elementos utilizados, forma de ensamblaje de los elementos, forma de apoyo de la estructura, condiciones específicas de cargas a soportar, uso, procesos de construcción y la necesidad de características especiales.

Se entiende como sistema de muros portantes a la disposición de las paredes verticales (las cuales funcionan como muros de carga), y las losas de entrepiso, en este arreglo las cargas gravitacionales se transmiten a la cimentación fundamentalmente por fuerzas axiales¹ en las paredes. Los momentos flexionantes² transmitidos por las losas son en general pequeños por ser estas de claros reducidos y con apoyo en dos direcciones. Las cargas laterales se resisten como se ha dicho por flexión de los muros en su plano.

Es un sistema estructural donde la resistencia ante cargas sísmicas y cargas de gravedad, en las dos direcciones, está dada por muros de concreto armado que no pueden desarrollar desplazamientos inelásticos³ importantes. Los muros son de espesores reducidos y el refuerzo vertical se dispone en una sola hilada. Los sistemas de piso son losas macizas o alivianadas que cumplen la función de diafragma rígido, este sistema genera gran resistencia y rigidez lateral, pero si la disposición de los muros se hace en una sola dirección o se

¹ Fuerza Axial: Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural aplicada al centroide de la sección transversal del mismo produciendo un esfuerzo uniforme.

² Flexión: Doblamiento que sufre un elemento estructural al ser sometido a una fuerza transversal externa.

³ Inelástico: Dicho de un cuerpo que no puede recobrar completamente su forma y extensión tan pronto como cesa la acción que lo alteraba

utiliza una configuración asimétrica en esta distribución, se generan comportamientos inadecuados que propician la posibilidad del colapso de la estructura.

De acuerdo a la disposición de las paredes de este sistema, se puede formar un elemento de diversas características, al que de manera general se denomina sistema tipo cajón, el cual permite que las paredes que cumplen la función de ser divisiones para delimitar los ambientes arquitectónicos, a la vez constituyan los elementos portantes de la edificación. La losa se apoya en las dos direcciones con lo que su rigidez y resistencia ante cargas laterales aumentan notablemente.

La importancia estructural del sistema radica en el uso de muros de concreto, lo cual nos asegura que no se produzcan cambios bruscos de las propiedades resistentes y principalmente de las rigideces de los elementos que la componen.

El suelo es el material formado por elementos de origen mineral y orgánico, de cuyo comportamiento resulta la conformación de diversos tipos de suelos y de varios tipos de estructuras⁴ establece la presencia de distintos tipos de cimentaciones.

La cimentación es el conjunto de elementos estructurales que tiene la misión de transferir las cargas de las edificaciones hacia el suelo, repartiéndolas de forma que no superen su presión admisible, se le debe prestar especial atención ya que la estabilidad de la construcción depende en gran medida del tipo de terreno.

Cuando un suelo recibe la carga de la estructura, este tiende a comprimirse en menor o mayor intensidad y produce el asentamiento de los diferentes elementos de la cimentación y por consiguiente de toda la estructura.

⁴ Estructura: Conjunto de elementos simples capaces de soportar pesos y cargas dispuestos de tal forma que permiten soportar, sin romperse y sin apenas deformar, otras partes del sistema o mecanismo.

Las paredes o muros estructurales de hormigón armado, denominados también muros de corte o pantallas, son elementos que proporcionan gran rigidez lateral y ayudan a resistir las cargas gravitacionales en las edificaciones.

De manera general, el uso de los muros estructurales controla el desplazamiento lateral de un edificio siempre y cuando tengan una disposición y cuantía adecuada en planta, esto le termina proporcionando al edificio una elevada seguridad estructural ante un eventual sismo de moderada magnitud.

Cabe destacar que los muros presentan una gran rigidez en su plano, pero debido a su poco espesor, presentan muy poca rigidez para cargas normales a él. Por esto es que cobra vital importancia el distribuir a los muros en la planta de manera uniforme, para que existan líneas de resistencia en direcciones ortogonales.

Las losas son los elementos estructurales encargados de receptor de forma directa las cargas de actividad de una edificación ya que son las que soportan el peso de las personas, objetos, materiales, maquinarias, etc., que estarán dando uso a la misma, y así trasmitirlo a los demás elementos estructurales que llevarán las cargas hasta el suelo de fundación⁵.

Las cargas que actúan sobre la losa son comúnmente perpendiculares a su plano principal, es por ello que su comportamiento está dominado por el efecto de flexión de dicho plano. Cumplen un aspecto muy importante en el desempeño antisísmico de la estructura, ya que se deben comportar como un diafragma rígido que no sufre deformaciones en las direcciones paralelas a su plano principal y une a todos los demás elementos en su mismo nivel de manera que se garantice que todos los elementos de un piso tendrán desplazamientos laterales de igual magnitud cuando la estructura sea atacada por un sismo.

⁵ Fundación es el elemento estructural destinado a transmitir las cargas de las estructuras al suelo

2.1.2 Ventajas y desventajas del sistema de muros portantes

Es un sistema que constructivamente es rápido de ejecutar, ya que se utilizan encofrados monolíticos o formaletas de muro y losa, incluidos los vanos de puertas y ventanas y los detalles arquitectónicos que tenga el proyecto, lo que permite vaciar el concreto de manera simultánea en estos elementos y el desencofrado se lo puede realizar luego de transcurrir apenas 24 horas

Si está bien estructurado es poco propenso al colapso, ya que ofrece gran resistencia a los esfuerzos laterales, como es un sistema muy rígido, donde casi no se producen desplazamientos laterales, los elementos no estructurales no sufren daños considerables.

La estructura termina siendo mucho más liviana que el sistema aporticado, y gracias a su rigidez lateral se pueden llegar a construir edificios de gran altura.

Puede llegar a ser un sistema muy vulnerable si la configuración estructural no posee líneas de resistencias en las dos direcciones ortogonales. Por lo cual es muy importante que exista una interacción entre proyectista y constructor al momento de realizar el proyecto.

Por la continuidad de los muros en toda su longitud, existirán grandes limitaciones en cuanto a la distribución de los espacios internos de cada planta, por cuanto no se podrán realizar derrocamientos ni modificaciones internas.

Por poseer losas de delgado espesor, la longitud de los ramales de instalaciones de aguas servidas es limitada. En algunos casos se tiene que llegar a aumentar el espesor de la losa donde van ubicados los baños para poder cumplir con las pendientes.

Por ser un sistema que posee gran rigidez, estará expuesto a grandes esfuerzos sísmicos, los cuales tienen que ser disipados por las fundaciones,

esto significa que debe estar sustentado por un suelo con gran capacidad portante, para cuando se trate de construir edificios.

El tiempo que se requiere para obtener una casa de una planta en el sistema de muros portantes desde el replanteo, es de aproximadamente 10 días, mientras que la misma casa mediante el sistema aporricado, únicamente la estructura se la consigue en 18 días.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

El Sistema de Muros Portantes es el que se emplea para resistir las cargas de gravedad y las cargas laterales de viento o sismo, está compuesto por elementos horizontales de la estructura, tales como losas y su función es transmitir las cargas verticales hacia los apoyos y posteriormente a la cimentación.

Es necesario que cumpla además la función de conectar los elementos verticales y distribuir entre ellos las cargas horizontales, para lo cual debe formar un diafragma con alta rigidez en su plano.

El siguiente componente del sistema es el sistema vertical o elemento de soporte resistente de los edificios, tiene la función de resistir tanto las cargas verticales de diseño como las cargas laterales, cuya importancia crece a medida que aumenta la altura de la edificación, son muros de concreto armado de espesores reducidos, reforzados con acero corrugado convencional en los extremos y malla electro soldada o barras corrugadas en el alma del muro, generalmente en una sola capa de refuerzo, pues los espesores típicos suelen estar entre los 10 cm.

Este sistema estructural conforma una sola unidad, el trabajo conjunto define su comportamiento, proporciona resistencia a fuerza lateral y rigidez para mantener las deformaciones ante las cargas dentro de los límites tolerables.

Las conexiones losa-pared deben ser capaces de resistir fuerzas cortantes y en estructuras de altura notable, también tracciones, por los momentos de giro producidos por las cargas laterales.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Para poder realizar el cálculo y diseño estructural con muros portantes, este debe cumplir con las especificaciones técnicas impartidas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, la cual forma parte de las Normas del Hábitat y Vivienda del Ministerio de Urbanismo y Vivienda del Ecuador. La aplicación de esta normativa es de carácter obligatorio en todo el territorio nacional.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN UTILIZADA EN LA ZONA DE IMPACTO DEL PROYECTO A EJECUTARSE

La “casa tipo” que se plantea para este análisis es de tipo unifamiliar, para la clase media de la zona sur-oriental de la ciudad de Quito, por lo cual se realizan encuestas y entrevistas a ingenieros calculistas que tienen gran experiencia en el diseño y análisis de este sistema constructivo y a residentes de obra del sector antes mencionado.

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN REALIZADA

La investigación empleada en el estudio es de tipo descriptiva y explicativa, en vista de que se presenta el análisis y cálculo de la “casa tipo” para el sistema constructivo de paredes portantes.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

En virtud de que la zona de investigación se encuentra delimitada, se procede con el desarrollo de las encuestas y entrevistas a los ingenieros calculistas de proyectos en ejecución o en procesos de estudio de la zona sur-oriental de la ciudad de Quito.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA

Las técnicas empleadas en la recopilación de información fundamental para la investigación del presente estudio están basadas específicamente en encuestas y entrevistas las cuales se procede a detallarlas a continuación.

3.3.1 ENCUESTA

Las preguntas presentadas para la encuesta son las siguientes:

| | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conoce Ud., el Sistema de Paredes Portantes en hormigón armado? | Si <input type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ha empleado Ud., el Sistema de Paredes Portantes en sus proyectos de vivienda? | Si <input type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ha utilizado como refuerzo estructural, malla electrosoldada en este sistema de paredes portantes? | Si <input type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conoce las características del hormigón autocompactante a utilizar en el sistema de paredes portantes? | Si <input type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cree que es posible ejecutar un proyecto de vivienda realizando previamente todos los ductos de instalaciones de servicio, embebidas en las paredes? | Si <input type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cree que el sistema de paredes portantes, disminuye notablemente el desperdicio de materiales y favorece a la economía del proyecto? | Si <input type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conoce Ud., que este sistema reduce la contaminación del ambiente en sus procesos constructivos? | Si <input type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conoce Ud., que al emplear este sistema no se puede modificar la distribución arquitectónica de sus espacios? | Si <input type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conoce Ud., las alternativas de encofrado existentes para utilizarlos con el sistema de paredes portantes? | Si <input type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sabía Ud., que este sistema requiere de mano de obra especializada y calificada? | Si <input type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |

| | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conoce Ud., que este sistema constructivo es adaptable a edificaciones de gran altura? | Si <input type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |
|--|-----------------------------|-----------------------------|

3.3.2 ENTREVISTA

La entrevista planteada a los ingenieros calculistas es la siguiente:

- Cuál es la diferencia entre una pared en el sistema aporticado y el sistema de paredes portantes?
- Que ventajas importantes podría describir entre el sistema de paredes portantes vs el sistema aporticado?
- Cuál es la ventaja del sistema de paredes portantes en el método de cálculo, que simplificaciones se tiene?
- Qué tipo de cimentación es la más empleada al utilizar este sistema constructivo (paredes portantes)?
- Que bondades presenta el sistema de paredes portantes frente a las solicitaciones sísmicas?

3.4 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

El análisis de datos de la encuesta tiene como objetivo, observar el comportamiento del sistema de paredes portantes dentro de la zona establecida para la investigación, a través de tablas y gráficos, mientras que los datos obtenidos en la entrevista nos permitirán confirmar o rectificar la idea a defender del presente estudio.

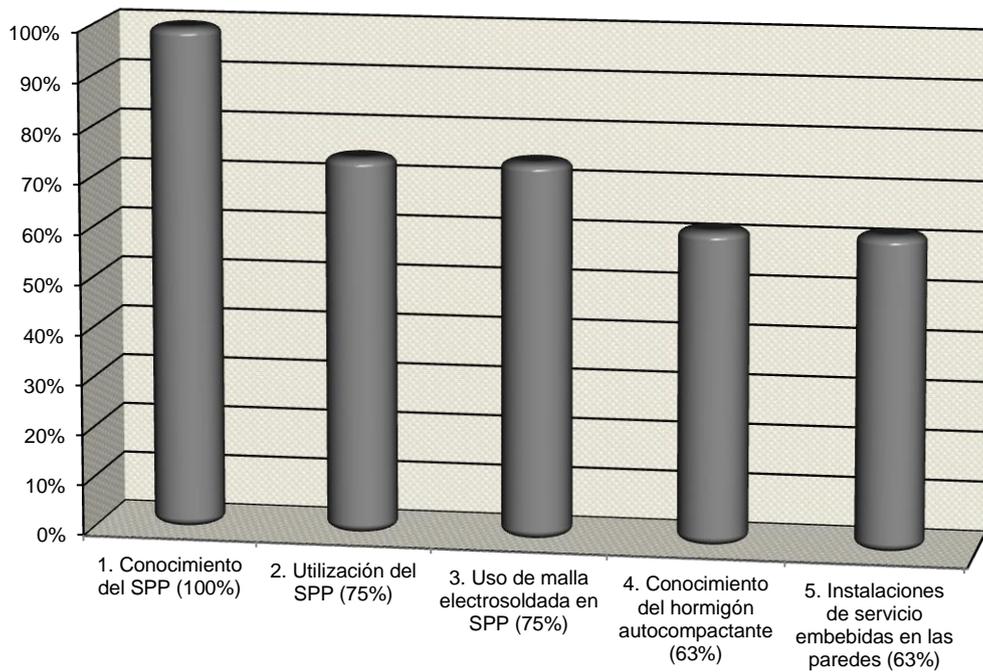
- Tabla de tabulación de la encuesta.

Los resultados en porcentaje, obtenidos luego de haber realizado la encuesta son:

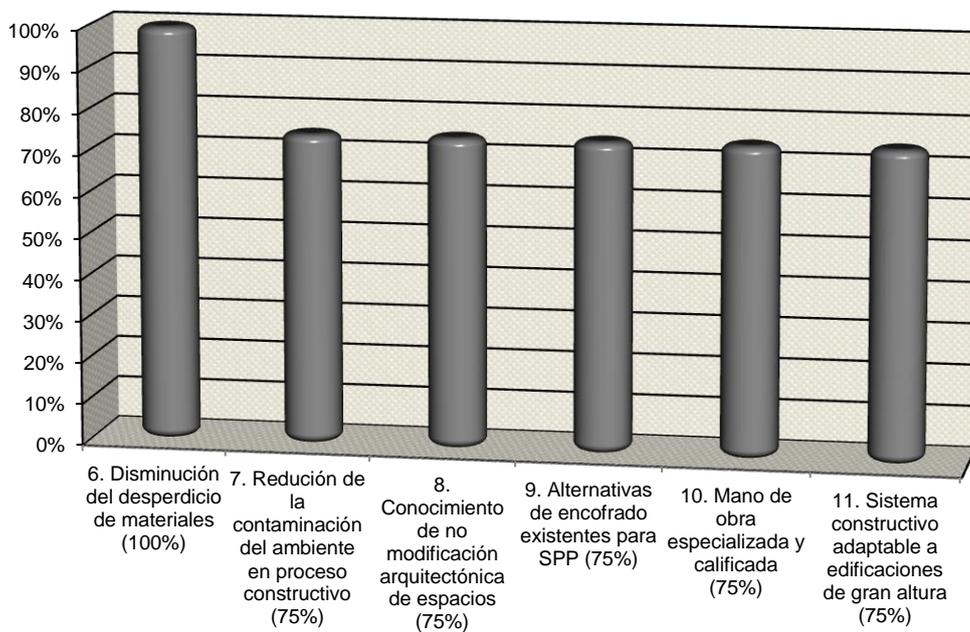
| # | PREGUNTAS | % SI | % NO |
|----|--|------|------|
| 1 | Conoce Ud., el sistema de paredes portantes en hormigón armado? | 100% | 0% |
| 2 | Ha empleado Ud., el sistema de paredes portantes en sus proyectos de vivienda? | 75% | 25% |
| 3 | Ha utilizado como refuerzo estructural, malla electrosoldada en este sistema de paredes portantes? | 75% | 25% |
| 4 | Conoce las características del hormigón autocompactante a utilizar en el sistema de paredes portantes? | 63% | 38% |
| 5 | Cree que es posible ejecutar un proyecto de vivienda realizando previamente todos los ductos de instalaciones de servicio, embebidas en las paredes? | 63% | 38% |
| 6 | Cree que el sistema de paredes portantes, disminuye notablemente el desperdicio de materiales y favorece a la economía del proyecto? | 100% | 0% |
| 7 | Conoce Ud., que este sistema reduce la contaminación del ambiente en sus procesos constructivos? | 75% | 25% |
| 8 | Conoce Ud., que al emplear este sistema no se puede modificar la distribución arquitectónica de sus espacios? | 75% | 25% |
| 9 | Conoce Ud., las alternativas de encofrado existentes para utilizarlos con el sistema de paredes portantes? | 75% | 25% |
| 10 | Sabía Ud., que este sistema requiere de mano de obra especializada y calificada? | 75% | 25% |
| 11 | Conoce Ud., que este sistema constructivo es adaptable a edificaciones de gran altura? | 75% | 25% |

La forma gráfica de los resultados de la encuesta, se los indica a continuación:

SISTEMA DE PAREDES PORTANTES (SPP)



SISTEMA DE PAREDES PORTANTES (SPP)



Los siguientes son los resultados obtenidos de la encuesta:

- Cuál es la diferencia entre una pared en el sistema aporticado y el sistema de paredes portantes?.

Para el sistema aporticado la pared es el elemento que brinda división a los ambientes que conforman la estructura, adicionalmente es un aislante térmico⁶ y acústico⁷.

En el sistema de paredes portantes aparte de que divide ambientes⁸ es un panel que sostiene cargas verticales y horizontales, haciendo un sistema más resistente que el sistema aporticado.

- Que ventajas importantes podría describir entre el sistema de paredes portantes vs el sistema aporticado?

El sistema de paredes portantes es un sistema más económico ya que disminuye su tiempo de ejecución y varios rubros que de igual forma repercuten en el ahorro del proyecto, es un sistema rígido más seguro porque disminuye las derivas⁹ y elimina esfuerzos¹⁰.

- Cuál es la ventaja del sistema de paredes portantes en el método de cálculo, que simplificaciones se tiene?

Bueno el Sistema de Paredes Portantes no tiene ventajas en su método de cálculo, todo lo contrario es más complejo y exacto ya que requiere la aplicación de la teoría de elementos finitos o también se lo puede calcular como un sistema de diafragmas¹¹ entrelazados.

⁶ Aislante térmico: elemento que actúa como una barrera al paso del calor entre dos ambientes.

⁷ Aislante acústico: elemento que impide que un sonido penetre en un medio, o que salga de él.

⁸ Ambiente: es una de las partes funcionales, estructurales o decorativas de un diseño arquitectónico.

⁹ Deriva: Desplazamiento lateral relativo de un piso con respecto al piso consecutivo, medido en dos puntos ubicados en la misma línea vertical de la estructura.

¹⁰ Esfuerzo: Es la relación entre la fuerza o carga aplicada y el área de aplicación de la misma, si la fuerza es perpendicular al área se le dice Esfuerzo de Tensión y si la fuerza es paralela al área se le dice Esfuerzo de Cizalladura o de corte.

¹¹ Diafragma: Es un elemento estructural cerrado que reparte las fuerzas en una vivienda.

- Qué tipo de cimentación es la más empleada al utilizar este sistema constructivo (paredes portantes)?

La recomendación para este sistema es la aplicación de cimentación corrida con losas de cimentación.

- Que bondades presenta el sistema de paredes portantes frente a las sollicitaciones sísmicas?

Es un sistema muy rígido que presenta una forma más lógica de la distribución de fuerzas sísmicas, evita problemas en las uniones por que no se tiene el nudo sismo resistente, se tiene una disminución de las derivas y bajos esfuerzos y no requiere demasiado detallamiento estructural.

3.5 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA Y DE LA ENTREVISTA

De la tabulación de la encuesta y de la entrevista realizada a profesionales que conocen del sistema de paredes portantes, se puede confirmar que este sistema es más económico que el sistema aporricado, por cuanto se disminuye el tiempo de ejecución al igual que varios rubros (mamposterías, enlucidos, cortes y corchados para instalaciones sanitarias eléctricas e hidrosanitarias, etc.) que influyen en el desarrollo del proyecto.

De igual manera se puede confirmar que este sistema es más rígido, ya que se tiene una disminución de las derivas y bajos esfuerzos, además se lo puede calcular como un sistema de diafragmas verticales y horizontales entrelazados.

El sistema de paredes portantes, es conocido dentro de las experiencias constructivas de unidades habitacionales, pero no es aplicado en vista de que el costo de los encofrados es representativo, por lo que para poder amortizar esta inversión, se debe planificar para proyectos de construcción masiva, en

virtud de que al producir en forma sistematizada se puede llegar a optimizar los recursos de materiales, mano de obra y tiempo de ejecución, reduciendo los costos de producción para el proyecto.

Una recomendación importante que se debe aplicar con las instalaciones hidrosanitarias es tratar de que sean perimetrales o encausadas a ductos de instalaciones, evitando embeberlas en las paredes, con el objetivo de evitar daños en la estructura cuando se deba efectuar alguna reparación.

La distribución de los espacios debe siempre tender a la simetría y las luces no deben ser muy grandes (aproximadamente 4 m.) al igual que los volados (máximo 0.50 m).

Cuando se proyecten viviendas de más de dos pisos, las paredes deben tener continuidad vertical en al menos el 90% de las mismas.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CASA TIPO

4.1 ESPECIFICACIONES GENERALES DE LA ESTRUCTURA BAJO EL SISTEMA DE MUROS PORTANTES

La Residencia ha sido conceptualizada como una estructura que sea capaz de asimilar las solicitaciones de cargas verticales y horizontales previstas en los códigos vigentes y aplicables, destacando que en cuanto a altura, se ha modelado y diseñado considerando que las bases de los muros proveen empotramiento o restricción para desplazamientos horizontales.

En el proceso de iteraciones de pre-diseños se verifica que se cumpla con deformaciones y derivas máximas que se puedan esperar ante eventos extremos, más aún de la versión estructural final.

La característica geométrica de la casa tipo (Gráfico 1), a diseñar mediante el sistema de paredes portantes es la siguiente:

- Casa para vivienda unifamiliar de 1 piso, los muros tanto verticales como para la loseta de cubierta serán diseñados para un espesor de 12 cm, la loseta es inclinada a dos aguas
- La altura de entrepiso en las paredes principal y posterior es de 2.50 m
- La altura de entrepiso en la parte central de la vivienda es de 3.40 m
- Se especifica el $f'c$ del concreto como 180 Kg / cm² ó 17.65 Mpa
- La malla electrosoldada tiene el f_y de 5000 Kg / cm²
- Las varillas de refuerzo tienen el f_y de 4200 Kg / cm²
- Peso propio de los elementos de hormigón armado 2400 Kg / m³

El procedimiento empleado para el diseño es:

- Dimensionamiento de la losa
- Determinación de las cargas, tanto verticales como horizontales
- Comprobación de flexión, corte y punzonamiento
- Determinación del corte basal
- Cálculo de la pared más representativa
- Cálculo de la losa de cimentación y comprobación de solicitaciones críticas
- Análisis de la estructura en Sap 2000
- Diseño de la estructura

4.1.1 Dimensionamiento de la losa

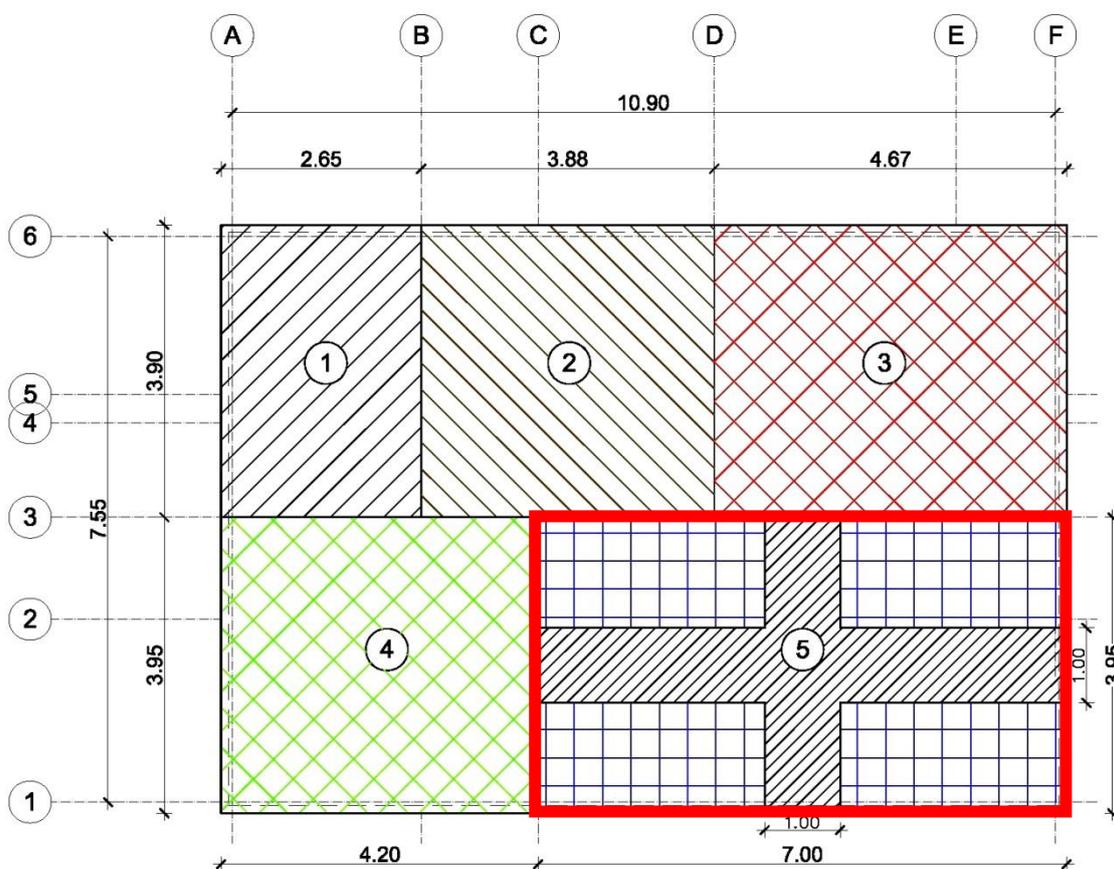
Las losas pueden ser armadas en una o en dos direcciones, esto quiere decir que pueden estar apoyadas en dos lados opuestos o en todo su perímetro. La dirección del armado de una losa depende básicamente de las dimensiones de sus lados y de las condiciones de apoyo de los mismos, y será determinante en el comportamiento estructural tanto de la losa como de sus elementos de apoyo, todo análisis y diseño de losas requiere de un planteamiento estructural previo, es decir, de una estructuración general a partir de la cual se confeccionan los planos que nos indica los apoyos y las dimensiones de los paños, con lo que se hará la determinación del tipo de losa a utilizar de acuerdo a la dirección del armado.

Las losas pueden ser de un solo tramo o continuas, dependiendo de la presencia de otras losas adyacentes en la estructura. El análisis y diseño de este tipo de entrepisos según la teoría de la elasticidad, conduce por lo general

a desarrollos matemáticos complejos y laboriosos que sólo reflejan parcialmente las verdaderas condiciones de trabajo de los elementos.

Por ello, se han propuesto diferentes métodos simplificados que permiten abordar con suficiente aproximación los casos comunes en la práctica, uno de los más usualmente utilizados para la resolución de losas de entrepiso, y sus fundamentos teóricos permiten determinar, en función de las luces y condiciones de apoyo, el porcentaje de la carga total que es soportado en una dirección y en la ortogonal, de manera que podremos saber si es necesario armar en una o en dos direcciones.

A partir del plano de implantación de la casa tipo, en el cual se indica la ubicación de las paredes, se puede determinar las dimensiones que tendrá cada paño de losa.



TABLEROS DE LOSA

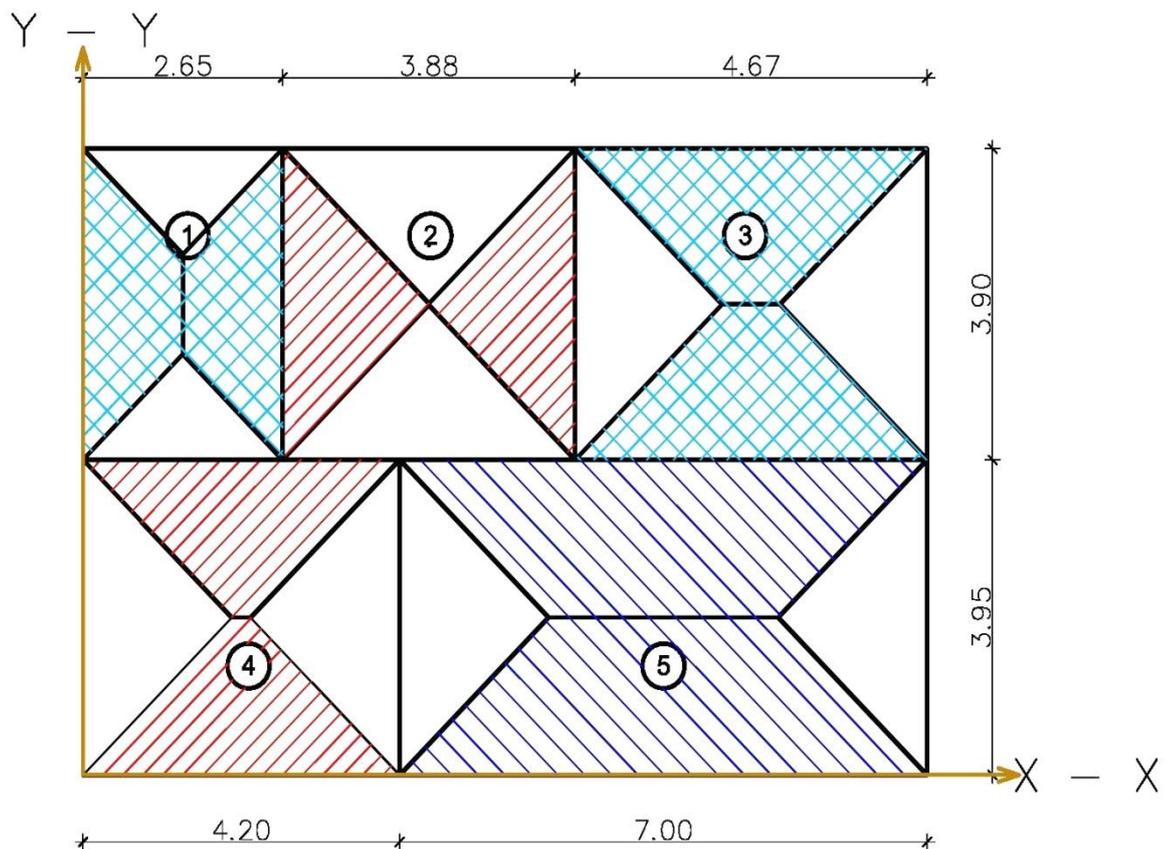
Verificamos el armado que debe tener la losa

Si $\frac{S}{L} < 0.5$ el armado debe ser en una dirección

$\frac{S}{L} > 0.5$ el armado debe ser en dos direcciones

$$\Rightarrow m = \frac{3.95}{7.00} = 0.564 > 0.5 \rightarrow \text{Armado en dos direcciones}$$

El tablero más representativo para determinar el pre-diseño de la losa es el número 5 como se lo puede observar en el gráfico siguiente



CÁLCULO DE h

De acuerdo al ACI 318S-08, capítulo 9.5.3.2 el espesor que debe tener la losa es de 125 mm, sin embargo para el presente estudio como se tiene una losa inaccesible se va a determinar un:

$$h = 0.12 \text{ m}$$

4.1.2 Cuantificación de cargas (T / m²)

A continuación se procede con la cuantificación de los distintos tipos de carga (carga muerta y carga viva) que se requiere determinar para avanzar con el diseño estructural

CARGA MUERTA.

$$\text{Peso Propio} \quad (1\text{m} * 1\text{m} * 0.12 \text{ m}) * 2.4 \text{ T} / \text{m}^3 = 0.29 \text{ T} / \text{m}^2$$

$$\text{Recubrimiento 2} * (1\text{m} * 1\text{m} * 0.01\text{m}) * 2.0 \text{ T} / \text{m}^3 = 0.04 \text{ T} / \text{m}^2$$

$$\text{Tejuelo, baldosa} \quad (1\text{m} * 1\text{m} * 0.02\text{m}) * 2.0 \text{ T} / \text{m}^3 = 0.04 \text{ T} / \text{m}^2$$

$$\text{Instalaciones y otros} \quad = \underline{0.18 \text{ T} / \text{m}^2}$$

$$\underline{CM = 0.55 \text{ T} / \text{m}^2}$$

CARGA VIVA.

$$\text{Terraza Inaccesible} \quad \underline{CV = 0.10 \text{ T} / \text{m}^2}$$

PESO ÚLTIMO

$$W_u = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$W_u = 1.4 * 0.55 + 1.7 * 0.10$$

$$W_u = 0.94 \text{ T} - \text{m}^2$$

CARGA ÚLTIMA

$$q_u = W_u * \text{ancho}$$

$$q_u = 0.94 * 1.0$$

$$q_u = 0.94 \text{ T - m}$$

4.1.3 Cálculo de solicitaciones (momentos y cortes)

4.1.3.1. Cálculo de Momentos

Se procede con el cálculo de los MOMENTOS en la franja central del paño determinado para lo cual se utiliza los coeficientes del ACI

| TABLERO | DIMENSIONES | | m | CASO CONTINUIDAD | COEFICIENTES A.C.I. | | | |
|---------|-------------|------|-------|------------------|---------------------|-------|-----------|------------|
| | S | L | S / L | | LADO CORTO | | | LADO LARGO |
| | | | | | 0.6 | 0.5 | INTERPOL. | |
| 5 | 3.95 | 7.00 | 0.56 | 3 | | | | |
| | | | | | 0.078 | 0.080 | 0.0788 | 0.049 |
| | | | | | 0.039 | 0.045 | 0.0414 | 0.025 |
| | | | | | 0.059 | 0.063 | 0.0606 | 0.037 |

Luego se obtiene los resultados de los coeficientes de momentos

| COEF. MOMENTO LADO CORTO | | | COEF. MOMENTO LADO LARGO | | |
|--------------------------|---------------|-------|--------------------------|------------|-------|
| M (-) | M (+) | M (+) | M (-) | M (+) | M (+) |
| BANO CONT. | BANO DISCONT. | CL | BANO CONT. | BANO DISC. | CL |
| 0.079 | 0.041 | 0.061 | 0.049 | 0.025 | 0.037 |

A continuación se calcula los momentos mediante la fórmula

$$M_{\text{MOMENTO}} = C_{\text{COEF.}} * W * S^2$$

| MOMENTO FAJA CENTRAL LADO CORTO | | | MOMENTO FAJA CENTRAL LADO LARGO | | |
|---------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|
| M (-) | M (+) | M (+) | M (-) | M (+) | M (+) |
| | | CL | | | CL |
| 1.156 | 0.607 | 0.889 | 0.719 | 0.367 | 0.543 |

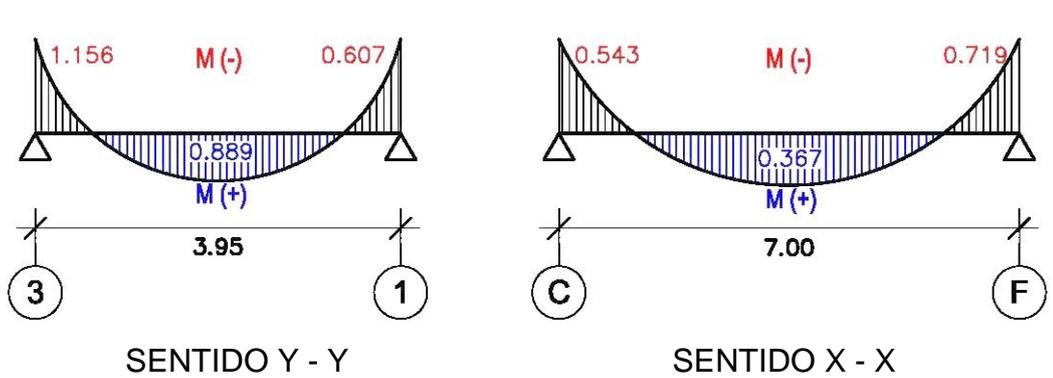
4.1.3.2. Cálculo de Cortantes

Se continúa con el cálculo de los CORTANTES, para lo cual se emplea las siguientes fórmulas:

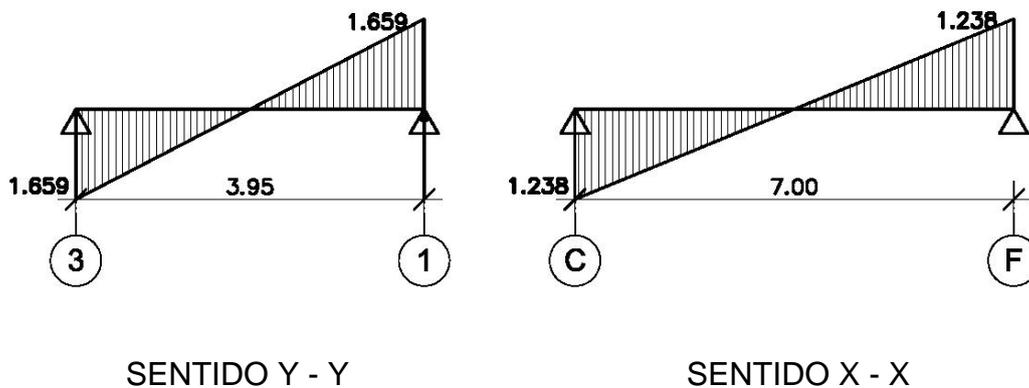
$$\text{Corte}_{\text{CORTO}} = W \cdot S / 3 \cdot (3 - m^2) / 2 \quad \text{Y} \quad \text{Corte}_{\text{LARGO}} = W \cdot S / 3$$

| CORTE | |
|------------|------------|
| LADO CORTO | LADO LARGO |
| 1.659 | 1.238 |

En forma gráfica se indica el resumen de momentos obtenidos en la franja central del tablero 5



De igual forma el resumen de cortantes para la franja central del tablero 5 es:



El resumen de solicitaciones en el sentido vertical es el siguiente:

Momento Crítico : $M_{u(-)CRÍTICO} = 1.156 \text{ T} - \text{m} / \text{m}$

$M_{u(+)}CRÍTICO = 0.889 \text{ T} - \text{m} / \text{m}$

Se toma el valor más alto por ser una losa maciza

$M_{uCRÍTICO} = 1.156 \text{ T} - \text{m} / \text{m}$

Cortante Crítico

$V_{uCRÍTICO} = 1.659 \text{ T} - \text{m}$

4.1.4 Chequeo de la losa

4.1.4.1. Comprobación a flexión

Con los datos anteriormente obtenidos se realizan la comprobación a flexión, para lo cual debemos obtener los resultados del Momento nominal resistente, el ρ_{MAX} , cálculo de R_u .

$d = h - \text{recubrimiento}$

$d = 12 - 3$

$d = 9 \text{ cm}$

$M_u \text{ Crítico} = 1.156 \text{ T} - \text{m} / \text{m}$

$M_{\text{nominal resistente}} = M_{nr} = b \cdot d^2 \cdot R_u$

La norma recomienda hacer un diseño dúctil en donde:

$\rho_b = 0.02125$

$\Rightarrow \rho_{(max)} = 0.75 \cdot \rho_b = 0.0159375$

Cálculo de Reacción de eje de apoyo de R_u para $f'c = 180 \text{ kg / cm}^2$ y malla electrosoldada $f_y = 5000 \text{ kg / cm}^2$

$$w = \rho * f_y / f'c = (0.0159375 * 5000 / 180)$$

$$w = 0.4427$$

$$R_u = 180 * 0.4427 * ((1 - (0.59 * 0.4427)))$$

$$R_u = 58.87 \text{ para } f'c = 180 \text{ kg / cm}^2$$

Aplicando todos los datos obtenidos se consigue:

$$M_{nr} = b * d^2 * R_u = 100 * (9^2) * 58.87$$

$$M_{nr} = 476847 \text{ kg - cm / m}$$

$$M_{nr} = 4.77 \text{ T - m / m}$$

Chequeo flexión

$$M_{uCRÍTICO} \leq \phi M_{nr} \quad \text{donde } \phi = 0.9$$

$$1.156 \leq 0.9 * 4.77$$

$$1.156 \leq 4.29$$

4.1.4.2. Comprobación a corte

$$V_{uCRÍTICO} \leq \phi V_{nominal}$$

$$V_n = 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_n = 0.53 * \sqrt{180} * 100 * 9$$

$$V_n = 6.40 \text{ T}$$

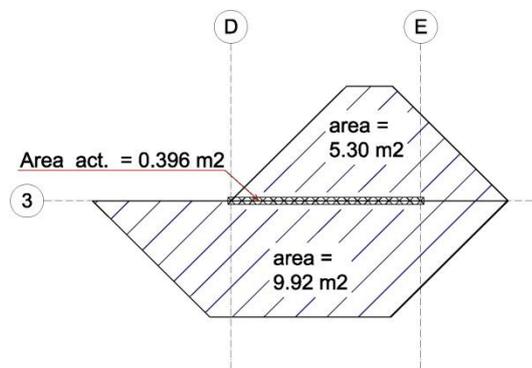
Verificación

$$V_{UCRÍTICO} \leq \phi V_{nominal} \quad \text{donde } \phi = 0.85$$

$$1.659 \leq 0.85 * 6.40$$

$$1.659 \leq 5.44$$

Comprobación a punzonamiento



Factor de mayoración FM

$$FM = \frac{1.4D + 1.7L}{D + L} \quad ; \quad 1.4 < FM < 1.7$$

$$FM = \frac{1.4(0.55) + 1.7(0.10)}{0.55 + 0.10} \quad ; \quad FM = 1.45$$

$$1.4 < \mathbf{1.45} < 1.7 \quad \text{Ok}$$

$$\text{Área de corte} = (5.30 + 9.92) - (3.30 * 0.12) = 14.82 \text{ m}^2$$

Determinación de la Carga Última (P_U) y del Perímetro de Corte (b_o)

$$P_U = FM * \text{Area Corte} * (100\%CM + 100\%CV)$$

$$CM = 0.55 \text{ T / m}^2 \quad \quad CV = 0.10 \text{ T / m}^2$$

$$P_U = 1.45 * 14.82 * (0.55 + 0.10)$$

$$P_u = 13.97 \text{ T}$$

$$b_o = 2(l + h + 2d) = 2(3.30 + 0.12 + 2*0.09) = 7.20 \text{ m}$$

l = longitud de la pared

Corte Crítico Actuante

$$v_u = \frac{P_u}{\phi * b_o * d} ; v_u = \frac{13.97}{0.85 * 7.20 * 0.09} ; v_u = 25.36 \text{ T/m}^2$$

$$v_u = 2.54 \text{ Kg/cm}^2$$

Corte permisible

$$v_{up} = 1.06\sqrt{f'_c} ; v_{up} = 1.06\sqrt{180} ; v_{up} = 14.22 \text{ Kg/cm}^2$$

$$2.54 < 14.22$$

$$\Rightarrow v_u < v_{up} \text{ Ok}$$

4.1.5 Armado de la Losa

Para el armado de la losa se debe utilizar $\phi = 0.9$ y emplear las siguientes fórmulas:

$$K = \frac{M_u}{\phi * b * d^2 * f'_c}$$

$$K = w - 0.59w^2$$

de donde despejamos w obteniendo $w = 1.05 * K$

Se tiene la fórmula de $A_s = \rho * b * d$ y se conoce que $\rho = \frac{w * f'c}{f_y}$

$$A_s = \frac{w * f'c}{f_y} * b * d$$

$$A_s = \frac{w * 180}{5000} * 100 * 9$$

$$\underline{A_s = 32.40 * w}$$

$$A_{smin.} = 14/f_y * b * d$$

$$A_{smin.} = 14/5000 * 100 * 9 \rightarrow A_{smin.} = 2.52 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{STEMP.} = \rho_{TEMP.} * b * d$$

$$A_{STEMP.} = 0.0018 * 100 * 9 \rightarrow A_{STEMP.} = 1.62 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

A continuación se presenta el detalle del cálculo de A_s que se debe emplear en la losa, además como referencia de catálogos técnicos se puede determinar que la malla R-335 ($\phi 8$ y separación longitudinal y transversal de 15 cm) tiene de sección transversal $3.35 \text{ cm}^2 / \text{m}$ en los dos sentidos y para contrarrestar la temperatura la malla R-188 ($\phi 6$ y separación de 15 cm) tiene tanto en sentido longitudinal como transversal $1.88 \text{ cm}^2 / \text{m}$, por lo tanto se recomienda la utilización de este tipo de malla.

DETALLE DE A_s

| Apoyo o Tramo | Mu T-m / m | K | W | A_s (cm ²) cm ² / m | A_s mínimo cm ² / m | $\phi @ S$ | $A_{STEMP.}$ cm ² / m | $\phi @ STEMP.$ |
|---------------|------------|-------|-------|--|----------------------------------|---|----------------------------------|---|
| 3 | 1.156 | 0.088 | 0.093 | 2.997 | 2.52 | Malla R-335 3.35 cm ² / m | 1.62 | Malla R-188 1.88 cm ² / m |
| 3 - 1 | 0.889 | 0.068 | 0.071 | 2.305 | | | | |
| 1 | 0.607 | 0.046 | 0.049 | 1.574 | | | | |

4.1.6 Determinación del Corte Basal

$$f'c = 180 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$fy = 5000 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Códigos

C.E.C. , ACI – 05, AISC – LRFD 93

$$CV = 100 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

CM = 550 Kg / cm² carga permanente total

COEFICIENTE SÍSMICO

Ct = 0.06 otras estructuras

hn = 3.40 m altura medida de la edificación medida desde la base

$$T = Ct \cdot h_n^{3/4} \quad T = 0.1502 \quad (\text{Período Calculado})$$

Ss = 1.50 Coeficiente de suelo tabla 3 (Para suelo blando y estrato profundo)

Cm = 2.80 Coeficiente de suelo tabla 3 (Para suelo blando y estrato profundo)

$$C = (1.25 \times Ss) / T \quad C = 5.286 > Cm \Rightarrow \text{Usar } Cm = 2.80$$

Z = 0.40 (Provincia de Pichincha, tabla 2)

I = 1 (Importancia estructura, tabla 4)

ϕp = 1 (Configuración de planta, tabla 5)

ϕe = 1 (Configuración en elevación, tabla 6)

R = 5 (Reducción respuesta estructural tabla 9)

$$V = \frac{Z * I * C * W}{R * \phi_p * \phi_e}$$

Utilizar V = 0.2240W Cortante Basal de diseño

$$V = 0.224(0.94) \quad ; \quad V = 0.2106 \text{ T / m}$$

4.1.7 Distribución de la Fuerza Horizontal

La expresión es: $f_i = (V - Ft) * \frac{h_i * W_i}{\sum h_i W_i}$

f_i fuerza de piso a un nivel determinado

V cortante basal

F_t fuerza de tope, si T ≤ 0.7 seg. → F_t = 0

h_i altura medida desde el nivel basal hasta el piso considerado

W_i peso de la losa del piso considerado (carga actuante)

Como T_x = 0.095 seg. y T_y = 0.114 seg. ⇒ T ≤ 0.7 seg. ∴ F_t = 0

$$\Rightarrow f_i = V * \frac{h_i * W_i}{\sum h_i W_i}$$

| Nivel | Area | W | W _i | h _i | W _i *h _i | Sentido X - X | | Sentido Y - Y | |
|-------|----------------|--------------------|----------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | m ² | T / m ² | T | m | | f _i | S _i | f _i | S _i |
| Losa | 84.15 | 0.58 | 48.81 | 3.40 | 165.94 | 0.21 | 0.21 | 0.21 | 0.21 |

$$V = 0.2106$$

4.1.8 Diseño de paredes portantes de hormigón

4.1.8.1. Cálculo en pared portante tipo

La norma Nec 2011 describe “La cuantía del refuerzo para muros portantes de hormigón armado, no puede ser inferior a:

a) 0.0018 para barras corrugadas con $f_y = 420$ MPa, para el eje vertical y horizontal.

b) $0.0018 \times 420 / f_y$ (MPa); para refuerzo electrosoldado en los ejes vertical y horizontal, pero no menor a 0.0012; pudiendo emplearse mallas electrosoldadas con f_y de hasta 600 MPa

El refuerzo vertical y horizontal debe espaciarse a no más de tres veces el espesor del muro, ni de 300mm.

La resistencia a la compresión simple del hormigón o mortero en estos sistemas será $f'c \geq 18$ MPa (180 kg/cm²) a los 28 días.

Estos sistemas estructurales son recomendables, debido a su gran rigidez y resistencia (ya que resisten todo el sismo de diseño sin necesidad de disipar energía) no requieren ductilidad. Son muy seguros, porque neutralizan los problemas de columnas cortas, pisos blandos, pisos a desnivel y pueden llegar a ser más económicos que otros sistemas constructivos.”¹²

“El espesor mínimo para estos sistemas estructurales no debe ser menor de 1/30 de la altura del muro, ni tampoco menor que 80 mm”¹³

Para el presente estudio se prevé una pared de 10 cm de espesor para las interiores y laterales, a excepción de las que se encuentran en el eje 3 (eje central) y para cumplir con la norma en vista de que se tiene una altura de 3.40 m, se va a diseñar con 12 cm.

¹² NEC 2011. Cap. 10.5.4.1

¹³ NEC 2011. Cap. 10.5.4

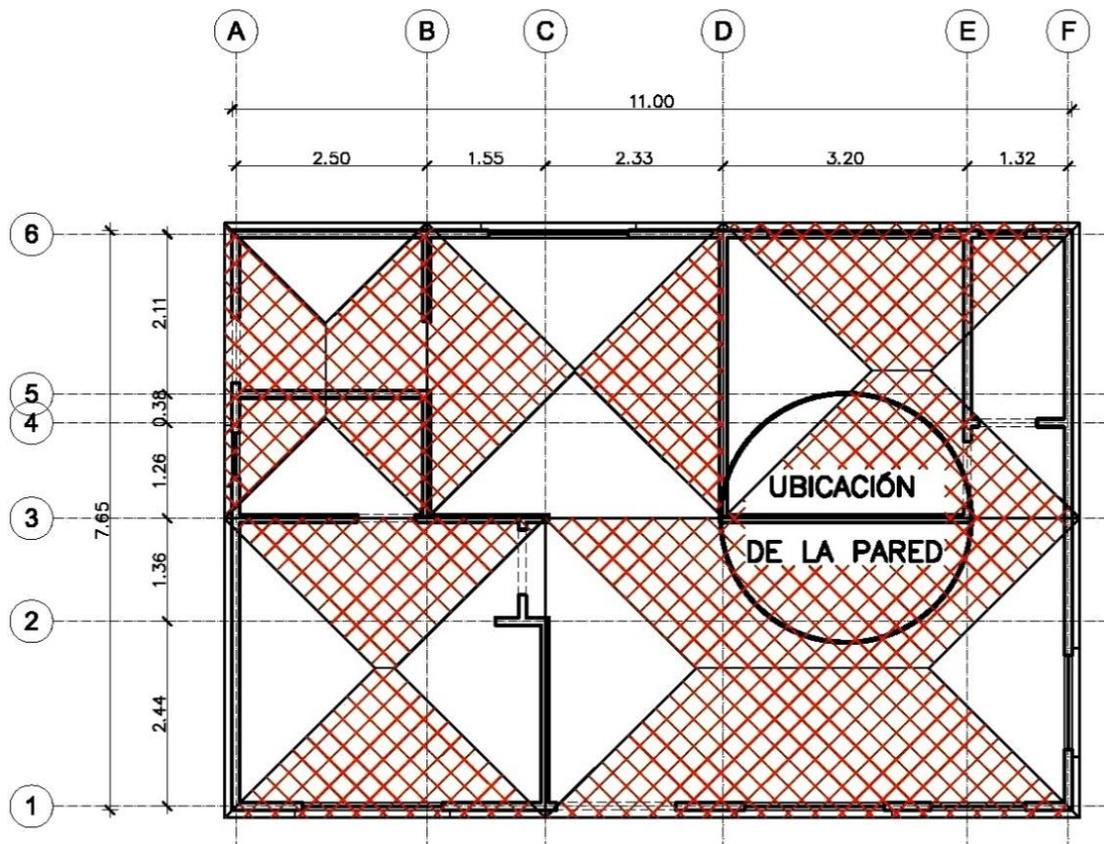
El $\rho_{\min.}$ para el refuerzo electrosoldado a utilizar en las paredes no puede ser menor a:

$$\rho_{\min.} = 0.0012$$

$$A_{S_{\min.}} = 0.0012 \times l \times h$$

De acuerdo a catálogos técnicos de malla electrosoldada se tiene que la R-158 ($\phi 5.5$ y separación de 15 cm) tiene tanto en sentido longitudinal como transversal $1.58 \text{ cm}^2 / \text{m}$

Para efectuar un análisis representativo se toma la pared ubicada en el eje 3-3 entre D-E



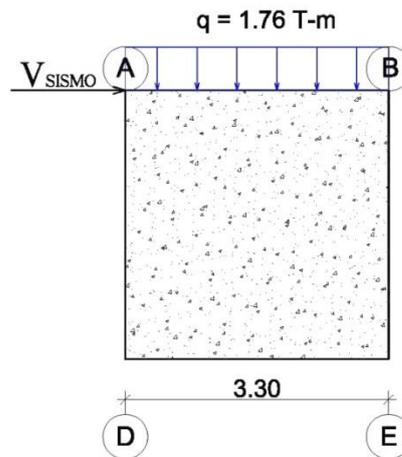
El área colaborante de la losa en la pared 3 es la que se detalla a continuación.

Cargas actuantes en la pared

$$W = 0.940 \text{ Ton/m}^2$$

| Area Losa | L | S | m (S/L) | m ² | (3-m ²)/2 | WS/3 | WS(3-m ²)/6 |
|-----------|------|-------|---------|----------------|-----------------------|------|-------------------------|
| A1 | 4.67 | 1.950 | 0.418 | 0.17 | 1.41 | 0.61 | 0.86 |
| A2 | 7.00 | 1.975 | 0.282 | 0.08 | 1.46 | 0.62 | 0.90 |

La carga que soporta la pared es:



Los datos de la pared son :

$$L = 3.30 \text{ m} \quad ; \quad b = 12 \text{ cm} \quad ; \quad h = 340 \text{ cm}$$

4.1.8.2. Cálculo de Rigideces

Inercia de la pared

$$I_0 = b \cdot h^3 / 12$$

$$I_0 = 12 \cdot (340^3) / 12$$

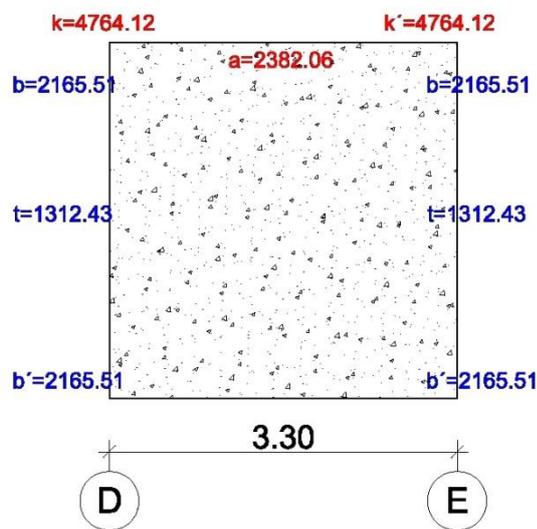
$$I_0 = 3275.33 \text{ dm}^4$$

Como se tiene una sección constante se puede aplicar la referencias de $E = 1$ por ser un elemento del mismo material.

$$K = \frac{4EI_0}{L} \quad ; \quad a = \frac{k}{2} \quad ; \quad b = \frac{6EI_0}{L^2} \quad ; \quad t = \frac{12EI_0}{L^3}$$

| ELEMENTO | L (m) | I (dm ⁴) | k = k' | a | b | t |
|----------|---------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|
| PARED | 3.30 | 3930.40 | 4764.12 | 2382.06 | 2165.51 | 1312.43 |

En el gráfico adjunto se indica los datos de rigideces K, a, K', b, t, b'



4.1.8.3. Cálculo de momentos de empotramiento perfecto

$$M_F = \frac{qL^2}{12} = M_F' \quad q = 1.76 \text{ T - m}$$

$$M_F = \frac{1.76 \cdot (3.30)^2}{12} \quad ; \quad M_F = M_F' = 1.597 \text{ T - m}^2$$

4.1.8.4. Cálculo de los giros mediante Cross

| | |
|-------------|-----------|
| QA = | 3.98E-04 |
| QB = | 3.98E-04 |
| D = | -5.77E-04 |

4.1.8.5. Cálculo de M y M´.

Para lo cual se emplea las siguientes expresiones

$$M = M_F + K\phi + a\phi' \quad ; \quad M' = M_{F'} + K'\phi' + a\phi$$

$V_o = V_o' \Rightarrow$ Reacción de viga simplemente apoyada y se aplica $V = qL/2$

$V_h \Rightarrow$ Reacción hiperestática, para lo cual se aplica $V_h = \mp \frac{M-M'}{L}$

$V = V' \Rightarrow$ Reacciones y se aplica $V = V_o \mp V_h$

$X \Rightarrow$ Punto donde el momento es máximo, para lo cual se aplica $X = V/q$

$M_{MAX} \Rightarrow$ Momento máximo aplicado en el centro del vano y se obtiene de

$$M_{(+)} = \frac{V^2}{2q} + M$$

M_b es el momento de borde y se aplica $M_b = M - \frac{V*a}{3}$; $a =$ ancho de pared

Luego de aplicar las expresiones descritas, se obtiene los siguientes resultados

| | | | |
|-------------|--------|-------|-------|
| M | M´ | 4.444 | 4.444 |
| V_o | V_o' | 2.904 | 2.904 |
| V_h | V_h' | 0.000 | 0.000 |
| V | V´ | 2.904 | 2.904 |
| $X_{(v=0)}$ | | 1.650 | |
| $M_{(+)}$ | | 6.840 | |
| M_b | | 4.328 | 4.328 |

4.1.8.6. Cálculo de A_s .

La pared debe ser diseñada para una zona sísmica, por lo que es necesario calcular la armadura requerida para resistir el momento flector solicitante y se utiliza la siguiente expresión:

$$A_s = \frac{0.85 * f'c * b * d}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_u}{0.85 * \phi * f'c * b * d^2}} \right]$$

$$A_s = \frac{0.85(180 \text{ Kg/cm}^2)(12 \text{ cm})(330 \text{ cm})}{5000 \text{ Kg/cm}^2} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2(432800)}{0.85(0.90)(180)(12)(330)^2}} \right]$$

$$A_s = 0.292 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.0012$$

$$A_{s_{\min.}} = 0.0012 \times l \times h$$

$$A_{s_{\min.}} = 0.0012 \times 100 \times 12$$

$$A_{s_{\min.}} = 1.44 \text{ cm}^2$$

De los resultados obtenidos se determina que para el armado de paredes se debe considerar el $A_{s_{\min.}}$, para lo cual se utilizará malla electrosoldada R-158, que corresponde a ϕ 5.5 mm con espaciamiento de 15 cm.

4.1.8.7. Comprobación a Corte

El corte último para la pared es:

$$V_U = 2.904 \text{ T}$$

El cortante máximo admisible es:

$$V_{\max} = 2.65 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot 0.8 \cdot L \quad ; \quad V_{\max} = 2.65 \cdot \sqrt{180} \cdot 0.12 \cdot 0.8 \cdot 3.30$$

$$V_{\max} = 11.26 \text{ T}$$

La capacidad de corte del muro está dada por:

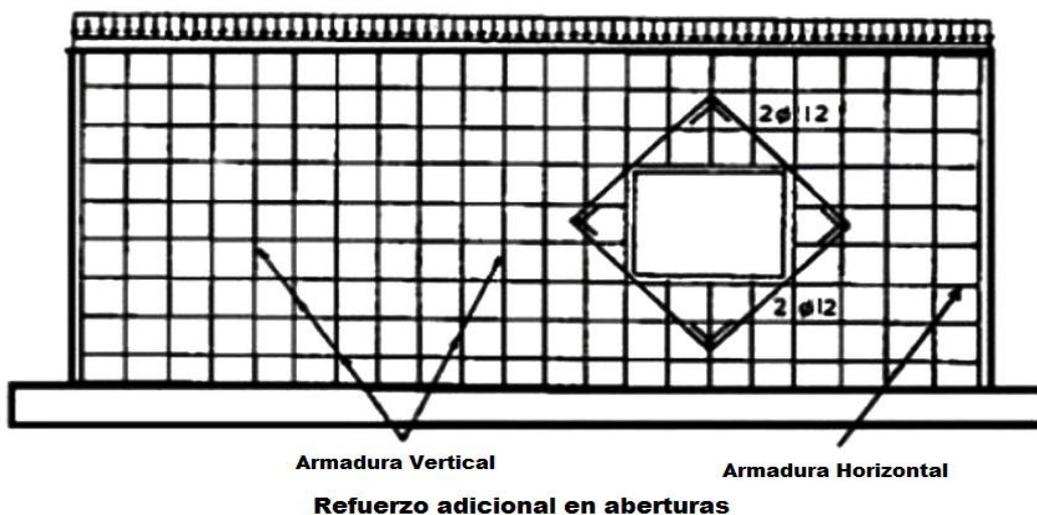
$$V_{\text{pared}} = 0.85 \cdot A_{CV} \cdot (0.53 \sqrt{f'c} + \rho_s \cdot f_y)$$

$$\rho_s = \frac{A_v}{A_g} \quad ; \quad \rho_s = \frac{0.207}{150} \quad ; \quad \rho_s = 0.0014$$

$$V_{\text{pared}} = 0.85 \cdot 12 \cdot 330 \cdot (0.53 \cdot \sqrt{180} + 0.0014 \cdot 5000) = 47.50 \text{ T}$$

La capacidad de corte del muro es mayor que el corte de diseño, por lo tanto se mantiene este diseño.

En los sitios en donde se generan concentraciones de esfuerzos como en puertas se colocan dinteles con varillas ϕ 12 mm y estribos con ϕ 10 mm, en las ventanas, se colocan refuerzos adicionales de acero, 2 ϕ 12 mm, (1 a cada lado de la cara de la malla) posicionados a 45° con la finalidad de evitar fisuras.



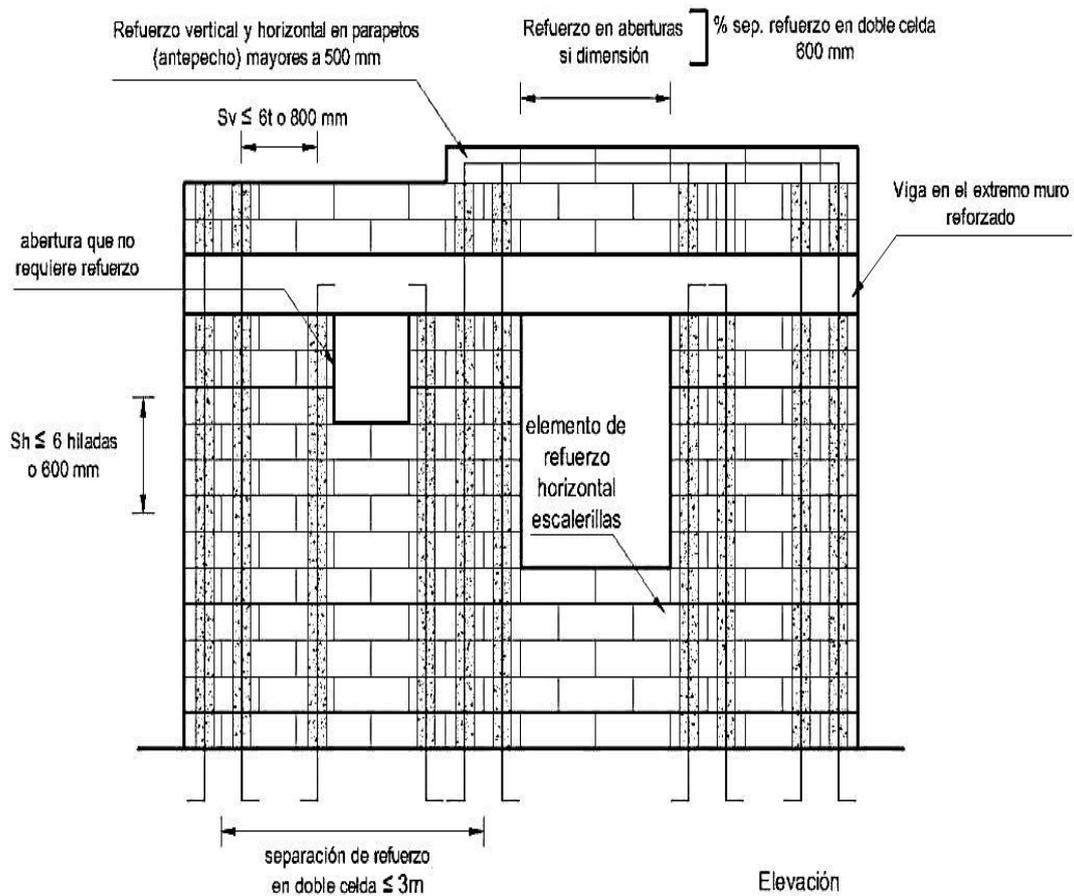


Figura 10.7 Detalle del reforzamiento vertical, detalle de reforzamiento en aberturas

14

En el piso se debe colocar chicotes de empalme de pared (1 ϕ 10 mm cada 25 cm) para brindar continuidad a la malla electrosoldada.

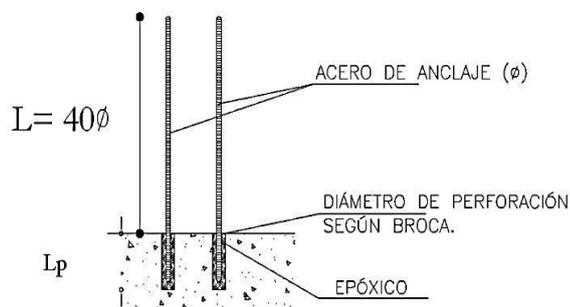


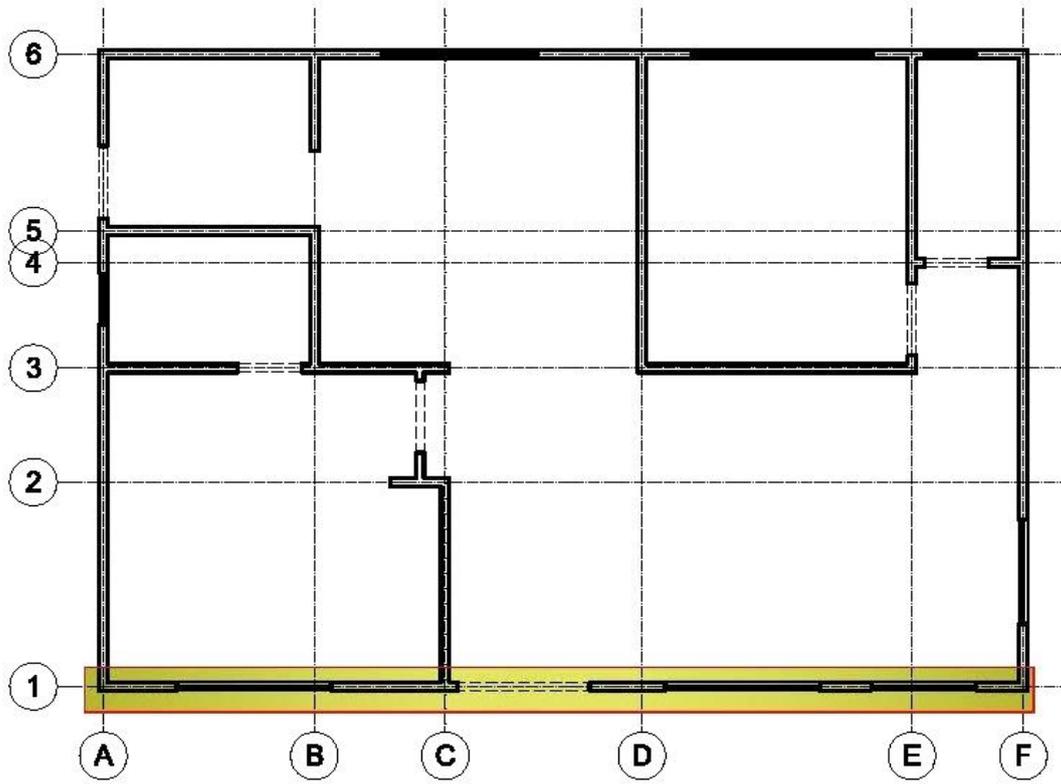
Figura 10.11 Acero de anclaje (Chicotes)

15

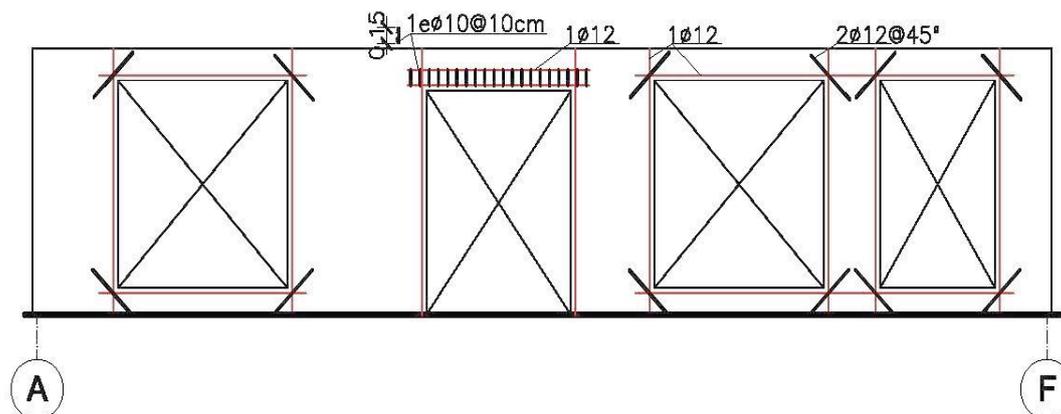
¹⁴ NEC 2011 Cap. 11 pag. 21

¹⁵ NEC 2011 Cap. 11 pag. 27

En el siguiente gráfico se indica la ubicación de la pared con sus refuerzos.



UBICACIÓN DE LA PARED CON REFUERZOS



4.1.9 Cálculo de la losa de cimentación

Los datos para el cálculo de la losa de cimentación son los siguientes:

P se obtiene de la carga total de la estructura mayorada con los efectos por sismo más el peso propio de la losa de cimentación dividida para el área destinada a la losa.

$$P = 1930 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 12 \text{ cm}$$

$$r_{ec} = 3 \text{ cm}$$

$$f'c = 180 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

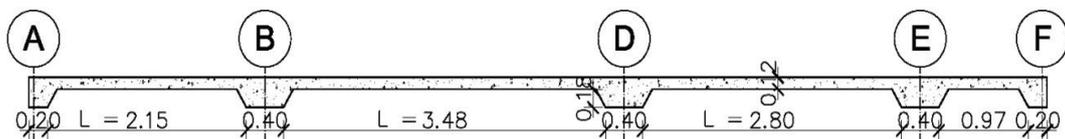
$$f_y = 4200 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Diseño por última resistencia

Factor de carga = 1.45

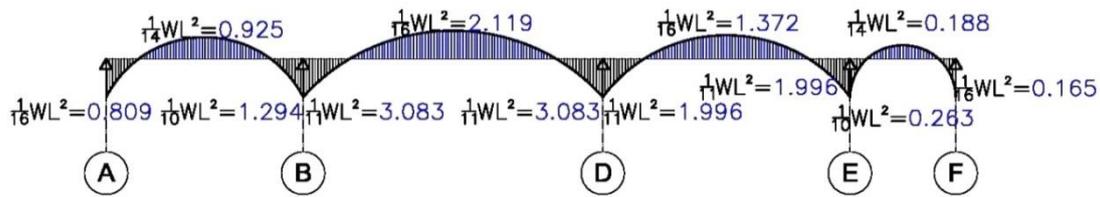
$$\Rightarrow W_U = 1.45 * 1930 \quad ; \quad W_U = 2800 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

Se procede al cálculo como losa maciza, para lo cual se toma como referencia el sentido X-X. Se adjunta gráfico del sitio de análisis



L = claro – ancho cadena

Se calculan los momentos mediante coeficientes del ACI, especificando que por ser losa de cimentación, se invierten los resultados.



Momentos X - X

Luego se aplican las siguientes especificaciones hasta obtener los aceros que se debe utilizar en el armado de la losa

$$w = \frac{M_u}{\phi * b * d^2 * f'_c} \quad ; \quad \rho_{\min} = \frac{14}{f_y} \quad ; \quad \rho_{\max} = 0.5 \rho_b$$

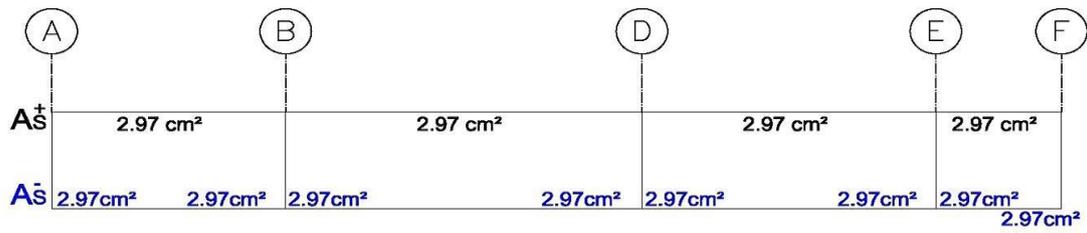
$$\rho_b = \frac{0.85 * f'_c * \beta_1 * 6000}{f_y * (6000 + f_y)} \quad ; \quad \beta_1 = 1.05 - \frac{f'_c}{1400}$$

$$\rho_{\text{calc}} = \frac{w * f'_c}{f_y} \quad ; \quad A_s = \rho * b * d$$

Las fuerzas actuantes (T.m) en un metro de la franja de tramo son las indicadas a continuación:

| | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
| | (A) | | (B) | | (D) | | (E) | | (F) |
| M_u^+ | | 0.925 | | 2.119 | | 1.372 | | 1.372 | |
| M_u^- | 0.809 | | 1.294 | 3.083 | | 3.083 | 1.996 | 0.26 | 0.17 |
| V_u | 3.01 | | -3.46 | 4.87 | | -4.87 | 3.92 | -3.92 | 1.56 |
| | | | | | | | | | -1.36 |

El refuerzo requerido en cm^2 , considerando el ρ mínimo y el espaciamiento máximo nos dio como resultado que se debe utilizar el acero mínimo



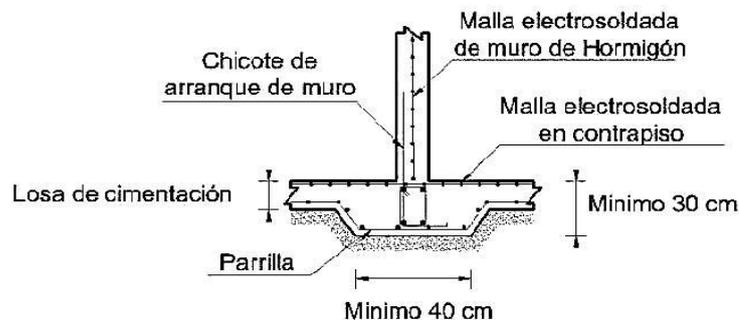
Lo que en acero comercial representa lo siguiente:



El As negativo igualmente tiene una separación de 25 cm

De igual manera se puede remplazar el acero comercial por malla electrosoldada, que de acuerdo a catálogos, correspondería a la malla R-283, que tiene un espesor de ϕ 6 mm y un espaciamiento de 10 cm., para el As (+) y para el As (-).

Para el armado de las cadenas de la losa de cimentación el NEC-2011, establece en el Cap. 10, tabla 10.5 las dimensiones y refuerzos mínimos de la cimentación corrida, teniendo para el acero longitudinal 4 ϕ 10 mm y estribos de ϕ 8 mm cada 20 cm, adicionalmente se deberá incluir chicotes de arranque de muro ϕ 10 mm con separación de 25 cm.



d) Viga corrida de Cimentación sobre suelo resistente mejorado

4.1.9.1. Comprobación de solicitaciones críticas (momentos y cortantes)

$$\text{Momento Crítico: } M_{U \text{ CRITICO}} \leq \phi * M_{n \text{ RESISTENTE}}$$

$$M_{(-)} = 3.083 \text{ T} - \text{m}^2$$

$$M_{(+)} = 2.119 \text{ T} - \text{m}^2$$

$$R_U = 58.87$$

$$M_{n \text{ RESISTENTE}} = b * d^2 * R_U$$

$$M_{n \text{ RESISTENTE}} = 100 * 9^2 * 58.87 = 4.77$$

$$\phi * M_{n \text{ RESISTENTE}} = 0.9 * 4.77 = 4.29$$

$$\Rightarrow 3.083 \leq 4.29 \quad \text{Ok}$$

$$\text{Corte Crítico: } V_{U \text{ CRITICO}} \leq \phi * V_n$$

$$V_U = 4.87 \text{ T} - \text{m}$$

$$V_n = 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_n = 0.53 * \sqrt{180} * 100 * 9 = 6.40$$

$$\phi * V_n = 0.85 * 6.40 = 5.44$$

$$\Rightarrow 4.87 \leq 5.44 \quad \text{Ok}$$

El análisis para el sentido Y-Y, nos proporciona los mismos resultados de cuantía de acero, por cuanto se tiene menores momentos y cortantes en comparación con el sentido X-X, por lo tanto el armado es similar al ya detallado anteriormente.

4.1.10 Modelación

Para emplear la modelación de la estructura se utilizó el Sap 2000 y se consideraron los siguientes valores y criterios:

- Peso específico del hormigón (γ) : 2.4 T / m³
- Módulo de Poisson (ν) : 0.2
- Módulo de elasticidad del acero (E) : 2.01e6 T / m²
- Esfuerzo de fluencia de la malla electrosoldada (f_y) : 5000 Kg / cm²
- Resistencia del hormigón (f'_c) : 180 Kg / cm²
- Carga sísmica para el corte basal (V) : 0.224
- Las combinaciones de carga son las emitidas por default del programa

1.4 CM

1.2 CM + 1.6 CV

1.2 CM + CV + SISMO

1.2 CM + CV – SISMO

1.2 CM + CV + SY

1.2 CM + CV – SY

0.9 CM + SISMO

0.9 CM – SISMO

0.9 CM + SY

0.9 CM – SY

4.1.10.2. Ingreso de Datos

Define Grid System Data

Edit Format

System Name GLOBAL

Units: Tonf, m, C

Grid Lines: Quick Start...

X Grid Data

| | Grid ID | Ordinate | Line Type | Visibility | Bubble Loc. | Bubble Loc. ▲ |
|---|---------|----------|-----------|------------|-------------|---------------|
| 1 | A | 0. | Primary | Show | End | |
| 2 | B | 2.5 | Primary | Show | End | |
| 3 | C | 4.05 | Primary | Show | End | |
| 4 | D | 6.38 | Primary | Show | End | |
| 5 | E | 9.58 | Primary | Show | End | |
| 6 | F | 10.9 | Primary | Show | End | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |

Y Grid Data

| | Grid ID | Ordinate | Line Type | Visibility | Bubble Loc. | Bubble Loc. ▲ |
|---|---------|----------|-----------|------------|-------------|---------------|
| 1 | 1 | 0. | Primary | Show | Start | |
| 2 | 2 | 2.44 | Primary | Show | Start | |
| 3 | 3 | 3.8 | Primary | Show | Start | |
| 4 | 4 | 5.06 | Primary | Show | Start | |
| 5 | 5 | 5.44 | Primary | Show | Start | |
| 6 | 6 | 7.55 | Primary | Show | Start | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |

Z Grid Data

| | Grid ID | Ordinate | Line Type | Visibility | Bubble Loc. | Bubble Loc. ▲ |
|---|---------|----------|-----------|------------|-------------|---------------|
| 1 | Z1 | 0. | Primary | Show | End | |
| 2 | Z2 | 2.5 | Primary | Show | End | |
| 3 | Z3 | 3.4 | Primary | Show | End | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |

Display Grids as: Ordinates Spacing

Hide All Grid Lines

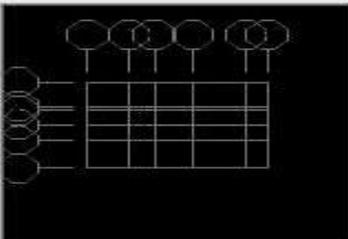
Glue to Grid Lines

Bubble Size: 1.25

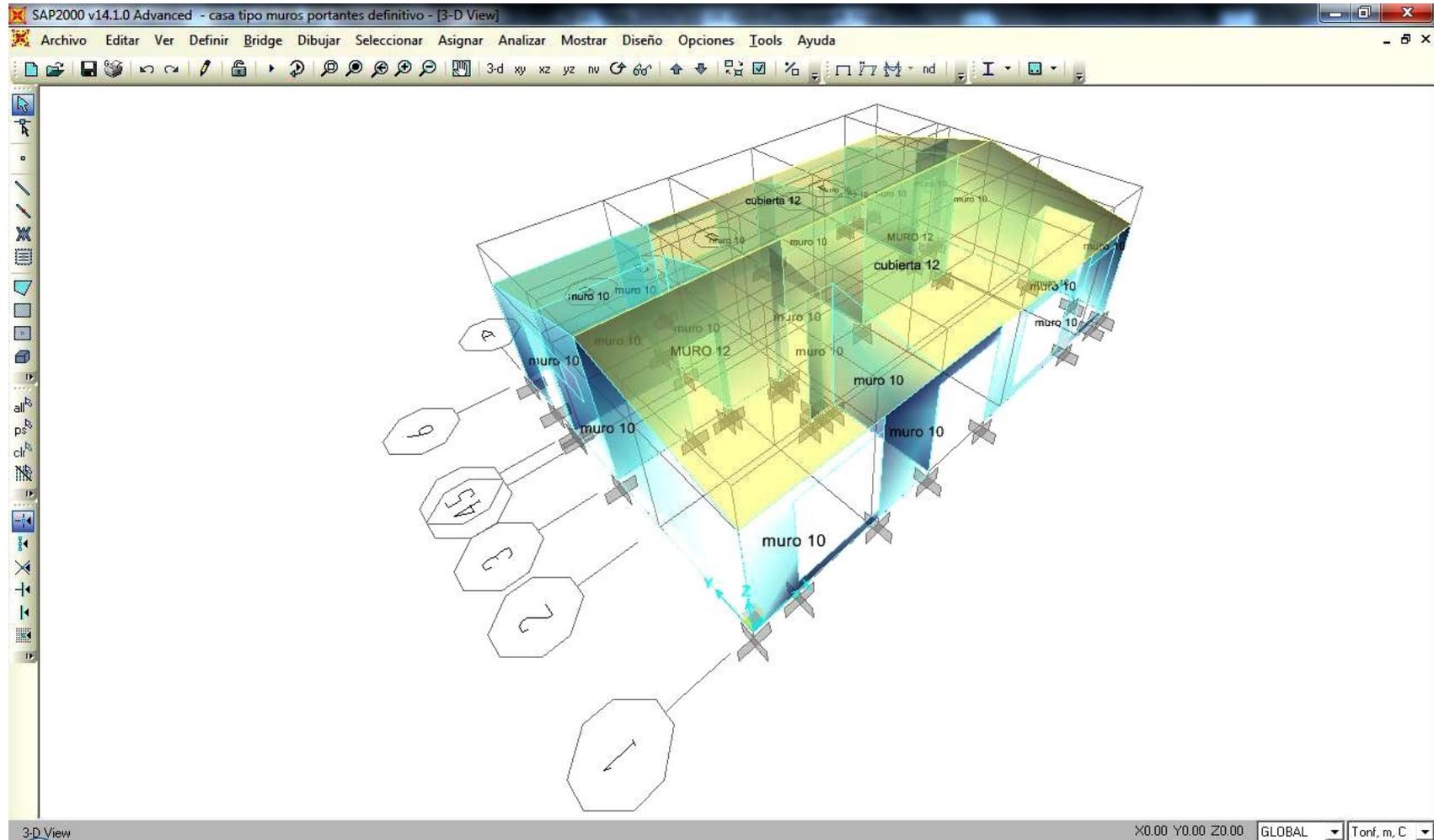
Reset to Default Color

Reorder Ordinates

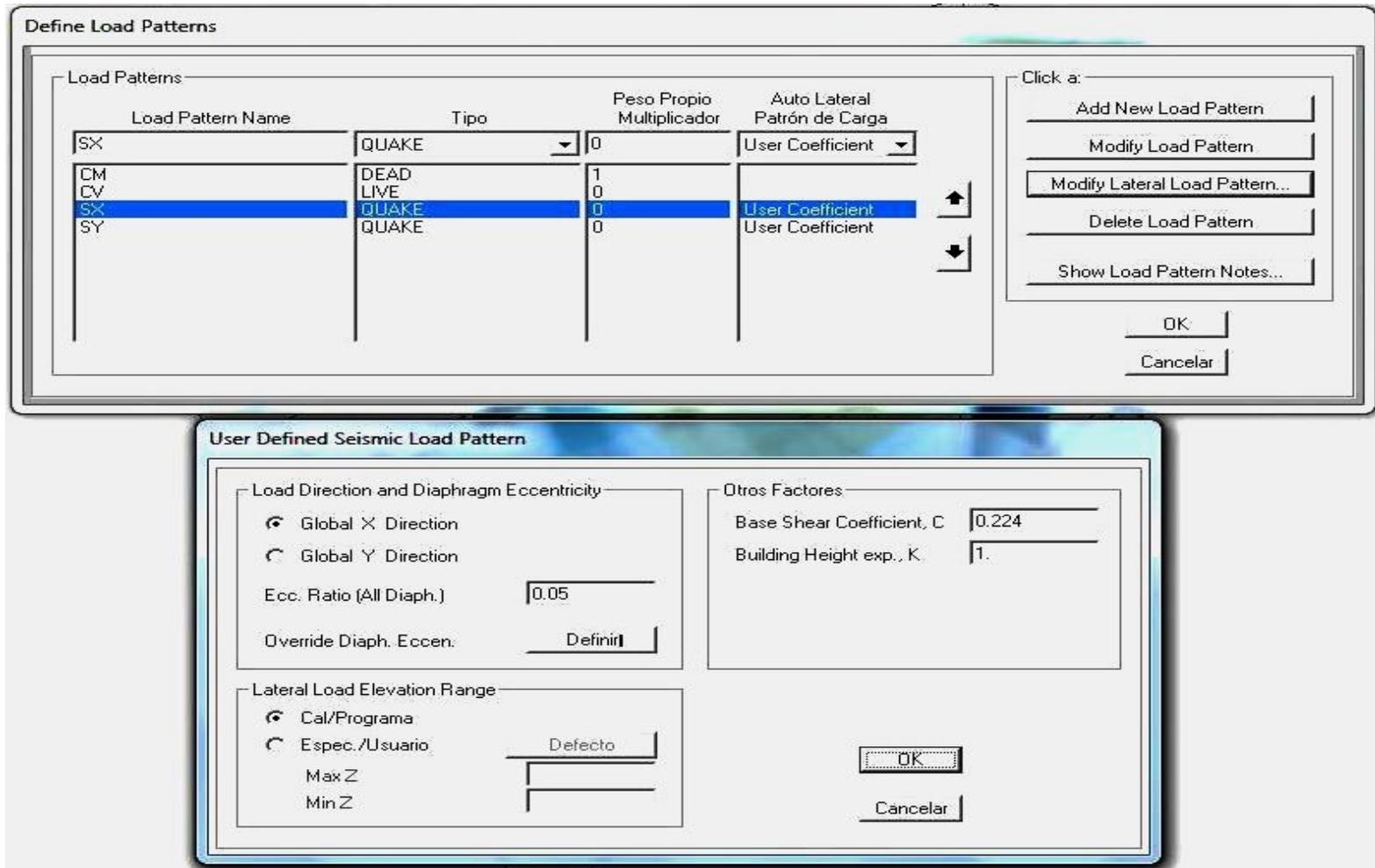
OK Cancel



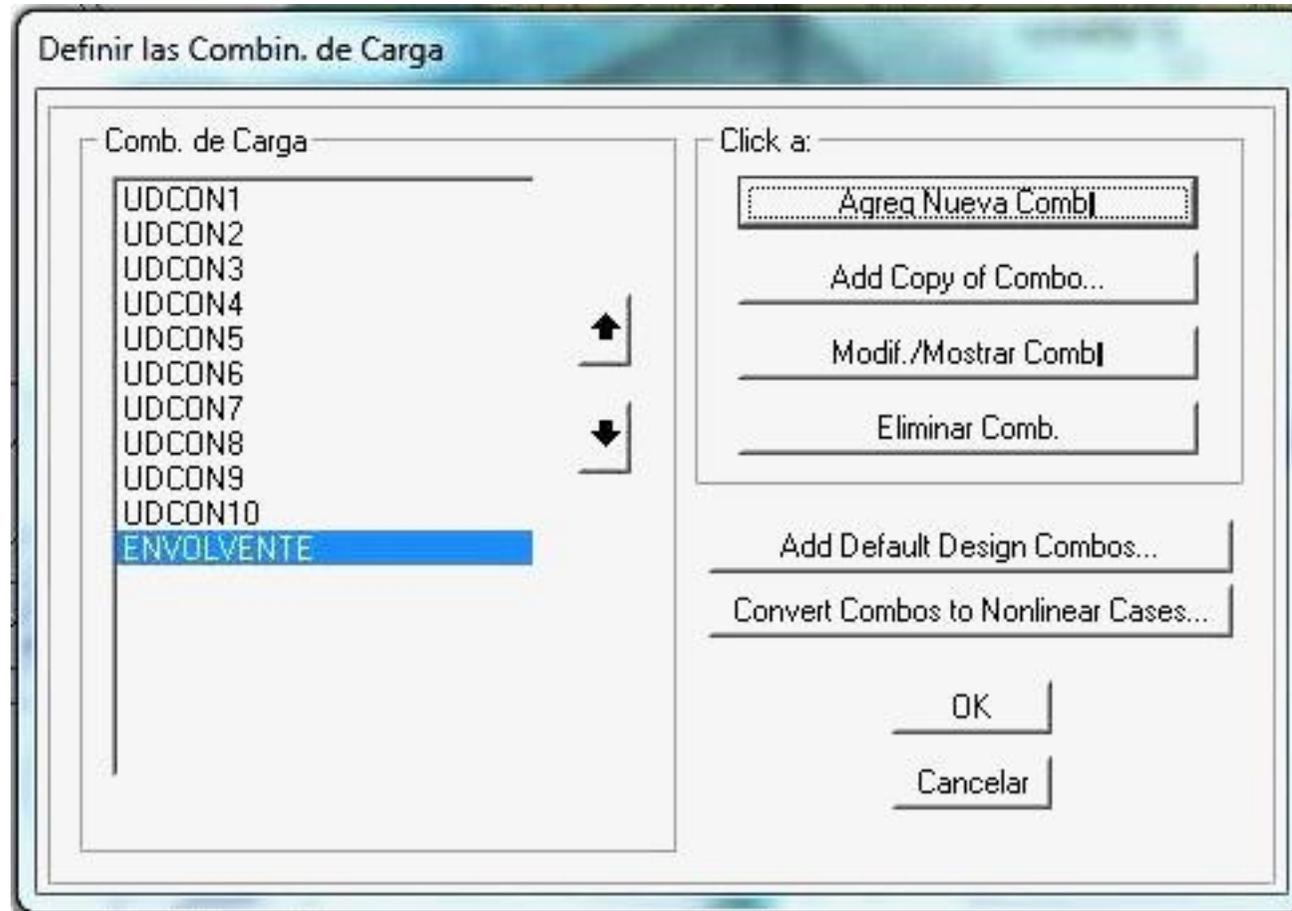
4.1.10.3. Vista de la estructura



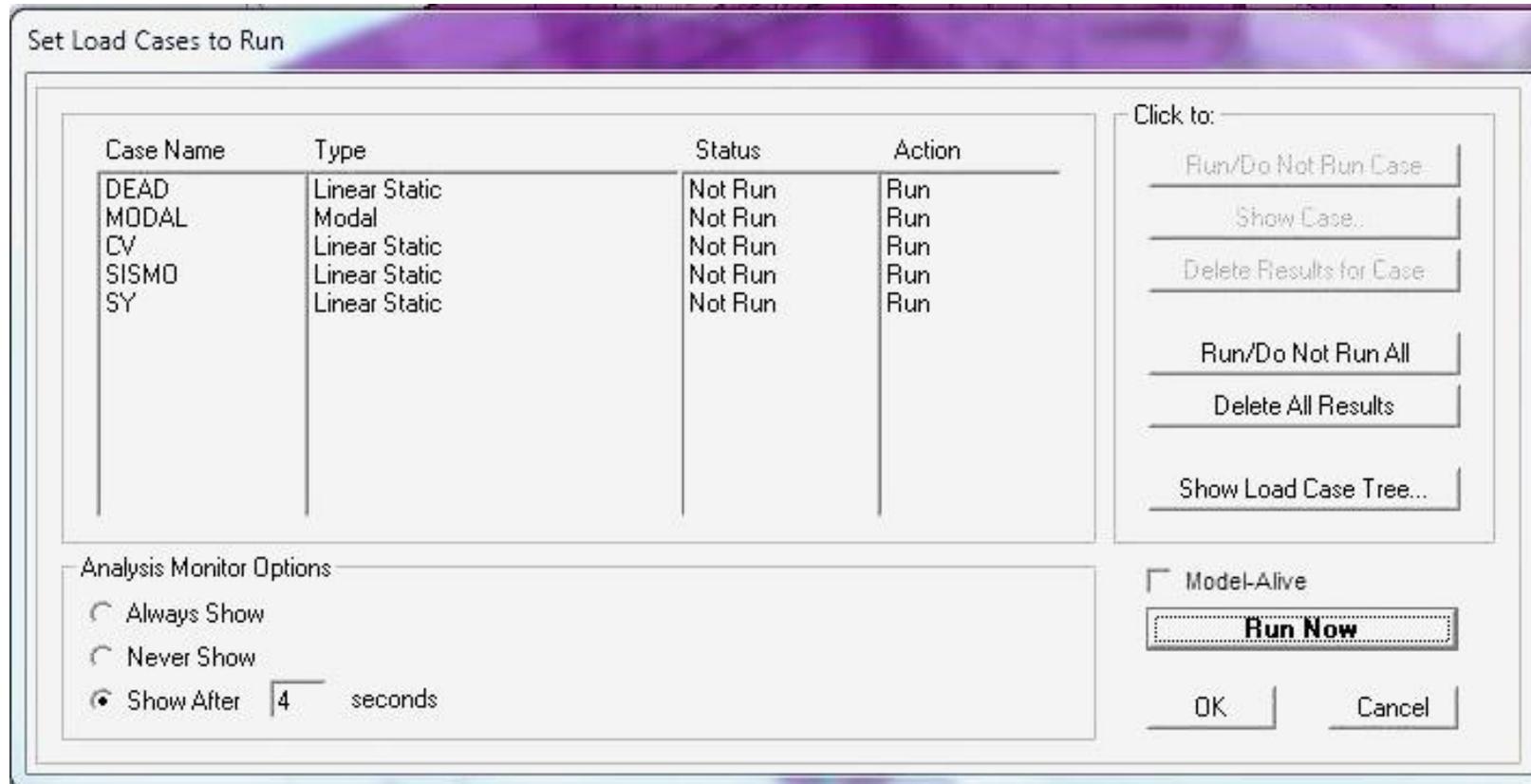
4.1.10.4. Ingreso de Cortante Basal



4.1.10.5. Combinaciones de Carga



4.1.10.6. Preparación para correr el Sap



4.1.10.7. Resultado del ejercicio

Analysis Complete - casa tipo muros portantes definitivo

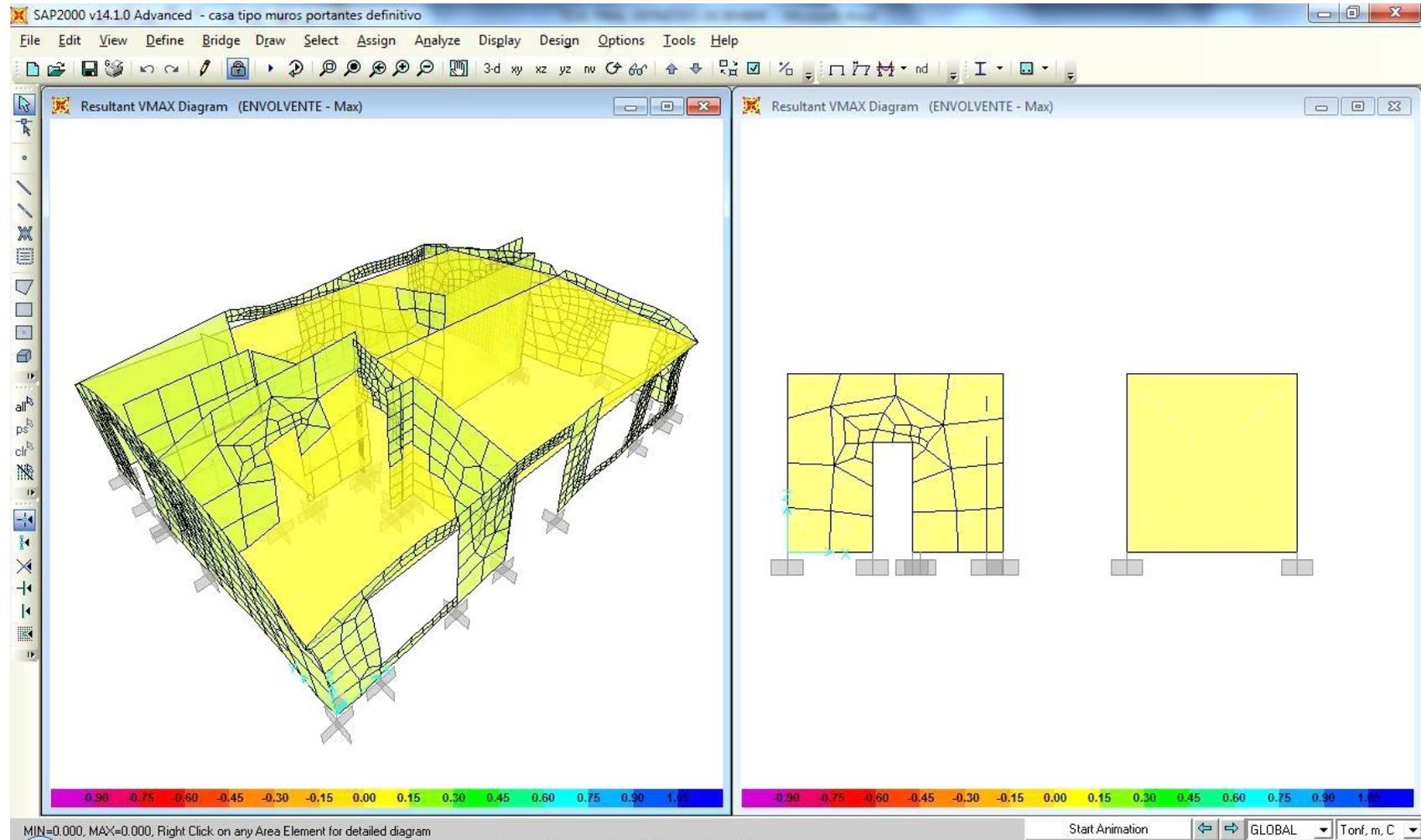
File Name: D:\PLAN DE TESIS\ENCOFRADOS\TESIS FINAL\SAP 2000 ULTIMO V14\casa tipo muros portantes Less
Start Time: 03/12/2012 12:36:49 Elapsed Time: 00:00:10
Finish Time: 03/12/2012 12:36:59 Run Status: Done - Analysis Complete

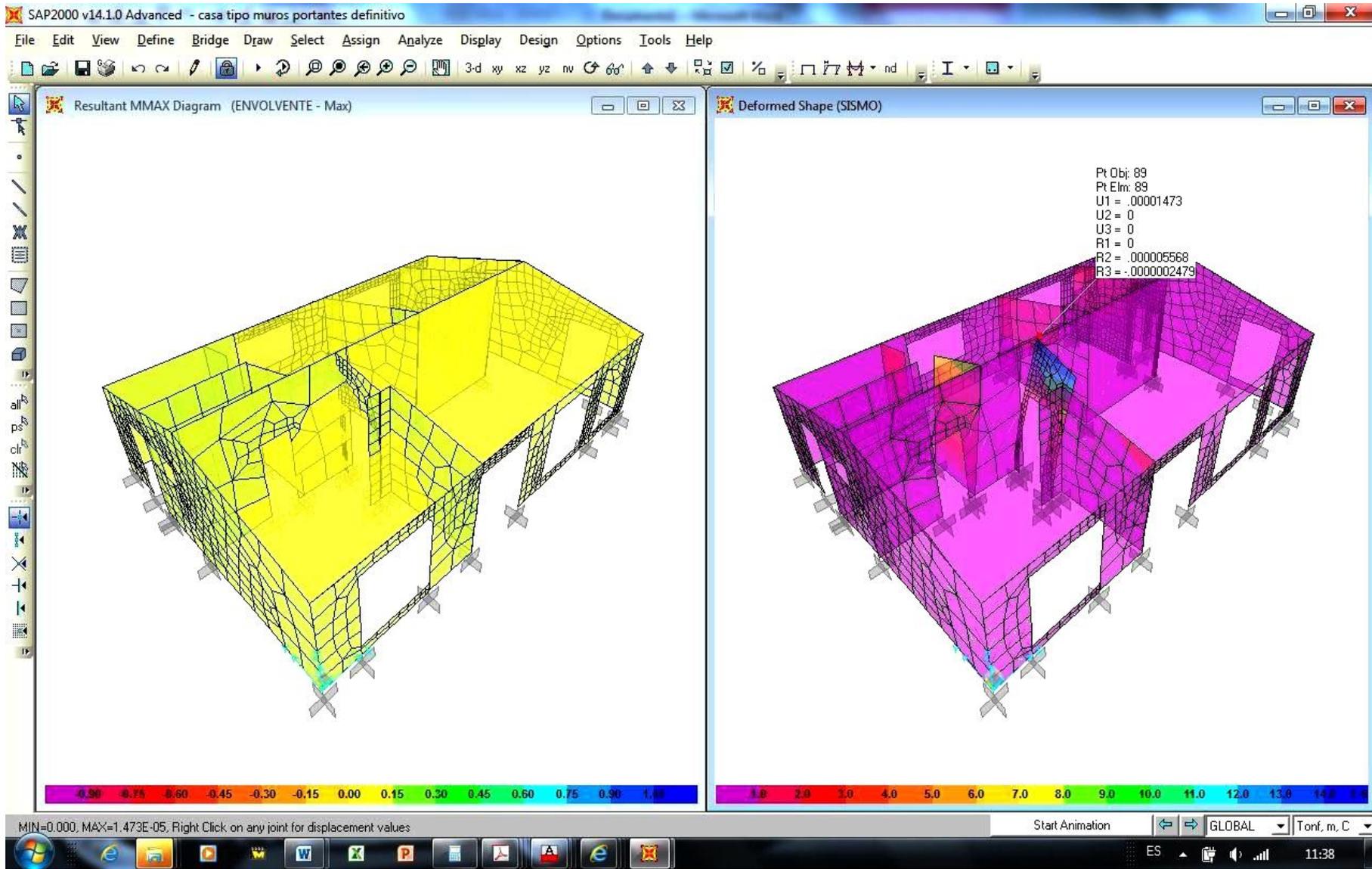
| ALLOW AUTOMATIC FREQUENCY SHIFTING | | = | NO | |
|------------------------------------|-------|-----|---|--|
| Found mode | 1 of | 12: | EV= 2.7138967E+05, f= 82.911885, T= 0.012061 | |
| Found mode | 2 of | 12: | EV= 3.3870984E+05, f= 92.626240, T= 0.010796 | |
| Found mode | 3 of | 12: | EV= 3.7466570E+05, f= 97.418648, T= 0.010265 | |
| Found mode | 4 of | 12: | EV= 3.9442055E+05, f= 99.953935, T= 0.010005 | |
| Found mode | 5 of | 12: | EV= 8.7910410E+05, f= 149.224553, T= 0.006701 | |
| Found mode | 6 of | 12: | EV= 9.3803208E+05, f= 154.144835, T= 0.006487 | |
| Found mode | 7 of | 12: | EV= 1.0109428E+06, f= 160.023373, T= 0.006249 | |
| Found mode | 8 of | 12: | EV= 1.0273365E+06, f= 161.315642, T= 0.006199 | |
| Found mode | 9 of | 12: | EV= 1.3626851E+06, f= 185.788099, T= 0.005382 | |
| Found mode | 10 of | 12: | EV= 1.6249971E+06, f= 202.883358, T= 0.004929 | |
| Found mode | 11 of | 12: | EV= 2.3345730E+06, f= 243.177766, T= 0.004112 | |
| Found mode | 12 of | 12: | EV= 2.3728666E+06, f= 245.164053, T= 0.004079 | |

NUMBER OF EIGEN MODES FOUND = 12
NUMBER OF ITERATIONS PERFORMED = 9
NUMBER OF STIFFNESS SHIFTS = 0

ANALYSIS COMPLETE 2012/12/03 12:36:58

4.1.10.8. Análisis de Respuestas (Cortantes y Momentos)

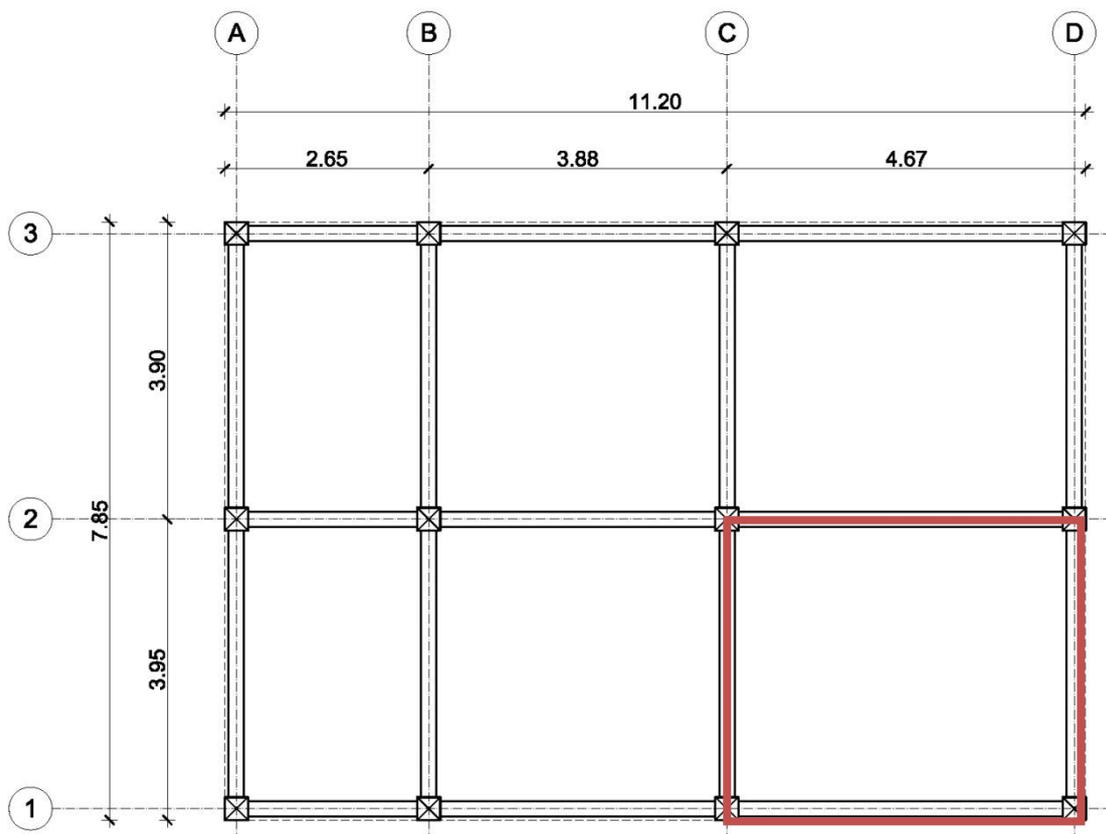




4.2 ESPECIFICACIONES GENERALES DE LA ESTRUCTURACIÓN MEDIANTE EL SISTEMA APORTICADO

4.2.1 Características de la casa tipo

La característica geométrica de la casa tipo mediante este sistema se lo puede ver en el Gráfico adjunto



Las características de la casa son:

Casa para vivienda unifamiliar de 1 piso, con vigas y columnas de 30*30 cm y la loseta de cubierta con un espesor de 12 cm, la cual es inclinada a dos aguas

La altura de entrepiso en las columnas principal y posterior es de 2.50 m

La altura en las columnas centrales de la vivienda es de 3.40 m

Se especifica el $f'c$ del concreto como 210 Kg / cm² ó 20.59 Mpa

Las varillas de refuerzo tienen el f_y de 4200 Kg / cm²

La capacidad portante del suelo es de 3 Ton / m²

Peso propio de los elementos de hormigón armado 2400 Kg / m²

El procedimiento empleado para el diseño es:

Dimensionamiento de la losa

Determinación de las cargas, tanto verticales como horizontales

Determinación del corte basal

Análisis de la estructura en Sap 2000

Diseño de la estructura

4.2.2 Dimensionamiento de la losa

Como se puede observar en el plano de implantación de la casa tipo, en el cual se indica la ubicación de las vigas, y columnas, se puede determinar las dimensiones que tendrá cada tablero o paño de losa.

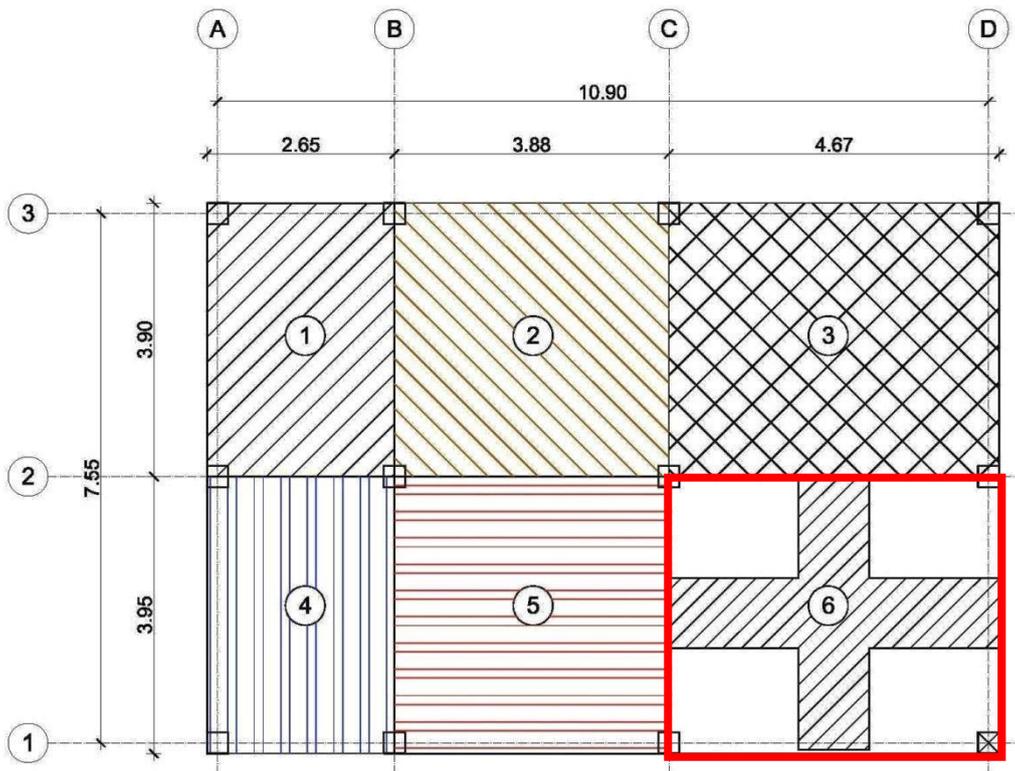
Procedemos a verificar el armado que debe tener la losa

Si $\frac{S}{L} < 0.5$ el armado debe ser en una dirección

$\frac{S}{L} > 0.5$ el armado debe ser en dos direcciones

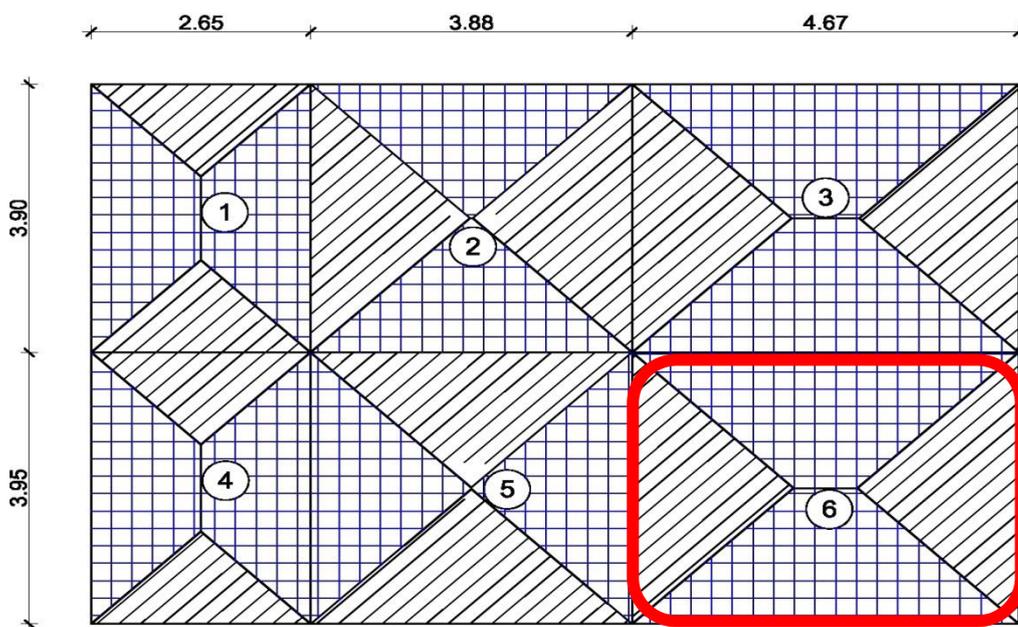
$$\Rightarrow m = \frac{3.95}{4.67} = 0.85$$

→ Armado en dos direcciones



TABLEROS DE LOSA

Por consiguiente, el tablero más representativo para determinar el pre-diseño de la losa es el número 6 como se lo puede observar en el gráfico.



Cálculo de h

Para determinar el espesor de la losa, según el ACI 318S-08, capítulo 9.5.3.2 el espesor que debe tener la losa es de 125 mm, pero como se prevee una losa inaccesible, se adopta un espesor de losa $h = 12 \text{ cm}$

4.2.2.1. Cuantificación de Cargas (t / m^2)

Las Carga Muerta y Carga Viva son iguales a las que se determinó para el sistema de muros portantes

$$CM = 0.55 \text{ T} / m^2 \quad CV = 0.10 \text{ T} / m^2$$

PESO ÚLTIMO

$$W_u = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV} \quad W_u = 0.94 \text{ T} - m^2$$

CARGA ÚLTIMA

$$q_u = W_u * \text{ancho} \quad q_u = 0.94 \text{ T} - m$$

4.2.2.2. Cálculo de solicitaciones (momentos y cortes)

Se procede con el cálculo de los MOMENTOS en la franja central del paño determinado para lo cual se utiliza los coeficientes del ACI

| TABLERO | DIMENSIONES | | m | CASO CONTINUIDA D | COEFICIENTES A.C.I. | | | |
|---------|-------------|------|-------|----------------------|---------------------|-------|----------|------------|
| | S | L | S / L | | LADO CORTO | | | LADO LARGO |
| 6 | 3.95 | 4.67 | 0.85 | 3 | 0.9 | 0.8 | INTERPOL | |
| | | | | | 0.057 | 0.064 | 0.0612 | 0.049 |
| | | | | | 0.028 | 0.032 | 0.0304 | 0.025 |
| | | | | | 0.043 | 0.048 | 0.0460 | 0.037 |

Se obtiene los resultados de los coeficientes de momentos

| COEF. MOMENTO LADO CORTO | | | COEF. MOMENTO LADO LARGO | | |
|--------------------------|---------------|-------|--------------------------|------------|-------|
| M (-) | M (+) | M (+) | M (-) | M (+) | M (+) |
| BANO CONT. | BANO DISCONT. | CL | BANO CONT. | BANO DISC. | CL |
| 0.061 | 0.030 | 0.046 | 0.049 | 0.025 | 0.037 |

Se obtiene los momentos mediante la aplicación de la fórmula

$$M_{\text{MOMENTO}} = C_{\text{COEF.}} * W * S^2$$

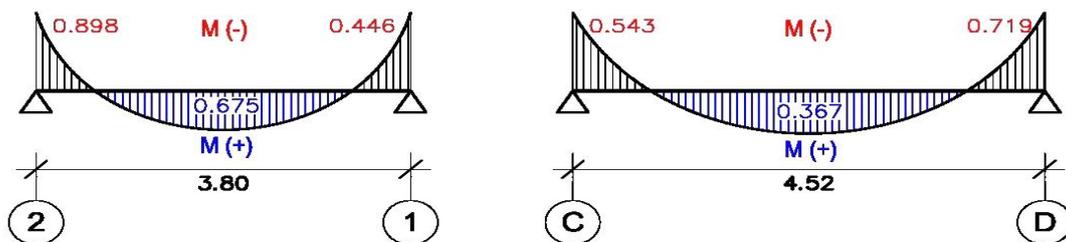
| MOMENTO FAJA CENTRAL LADO CORTO | | | MOMENTO FAJA CENTRAL LADO LARGO | | |
|---------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|
| M (-) | M (+) | M (+) | M (-) | M (+) | M (+) |
| | | CL | | | CL |
| 0.898 | 0.446 | 0.675 | 0.719 | 0.367 | 0.543 |

Para el cálculo de los cortantes, se emplean las siguientes fórmulas:

$$\text{Corte}_{\text{CORTO}} = W * S / 3 * (3 - m^2) / 2 \quad \text{Y} \quad \text{Corte}_{\text{LARGO}} = W * S / 3$$

| CORTE | |
|------------|------------|
| LADO CORTO | LADO LARGO |
| 2.121 | 1.238 |

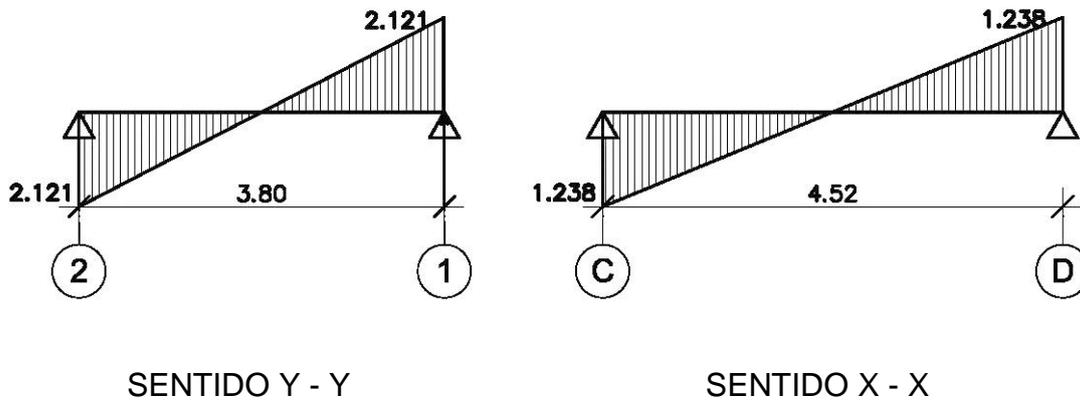
En el gráfico adjunto se indica el resumen de momentos obtenidos en la franja central del tablero 6



SENTIDO Y - Y

SENTIDO X - X

El resumen de cortantes para la franja central del tablero 6 es:



El resumen de solicitaciones en el sentido vertical es el siguiente:

Momento crítico : $M_{u(-)CRÍTICO} = 0.898 T - m / m$

$M_{u(+)CRÍTICO} = 0.675 T - m / m$

Se toma el valor más alto por ser una losa maciza

$M_{uCRÍTICO} = 0.898 T - m / m$

Cortante crítico

$V_{uCRÍTICO} = 2.121 T - m$

4.2.3 Chequeo de la losa

4.2.3.1. Comprobación a flexión

Se procede a la comprobación por flexión, tomando los datos anteriormente calculados en el diseño de muros portantes

$d = h - \text{recubrimiento} \quad d = 12 - 3$

$d = 9 \text{ cm}$

$$M_u \text{ Crítico} = 0.875 \text{ T} - \text{m} / \text{m}$$

$$\rho_b = 0.02125 \quad \Rightarrow \quad \rho_{(\text{max})} = 0.75 * \rho_b = 0.0159375$$

Cálculo de Reacción de eje de apoyo R_u para $f'c = 210 \text{ kg} / \text{cm}^2$ y acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg} / \text{cm}^2$

$$R_u = f'c * w * (1 - 0.59w)$$

$w =$ Índice de refuerzo

$$w = \rho * f_y / f'c = (0.0159375 * 4200 / 210)$$

$$w = 0.31875$$

$$R_u = 210 * 0.31875 * ((1 - (0.59 * 0.31875)))$$

$$R_u = 54.35 \text{ para } f'c = 210 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$M_{nr} = b * d^2 * R_u$$

$$M_{nr} = b * d^2 * R_u = 100 * (9^2) * 54.35$$

$$M_{nr} = 440235 \text{ kg} - \text{cm} / \text{m}$$

$$M_{nr} = 4.40 \text{ T} - \text{m} / \text{m}$$

Chequeo flexión

$$M_{u \text{ CRÍTICO}} \leq \phi M_{nr} \quad \text{donde } \phi = 0.9$$

$$0.875 \leq 0.9 * 4.40$$

$$0.875 \leq 3.96 \quad \text{Ok Cumple}$$

4.2.3.2. Comprobación al corte

$$V_{uCRÍTICO} \leq \phi V_{nominal}$$

$$V_n = 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$V_n = 0.53 \cdot \sqrt{210} \cdot 100 \cdot 9$$

$$V_n = 6.91 \text{ T / m}$$

Verificación

$$V_{uCRÍTICO} \leq \phi V_{nominal} \quad \text{donde } \phi = 0.85$$

$$2.11 \leq 0.85 \cdot 6.91$$

$$2.11 \leq 5.87 \quad \text{Ok Cumple}$$

4.2.4 Armado de la losa

Para el armado de la losa se debe utilizar $\phi = 0.9$ y emplear las siguientes fórmulas:

$$K = \frac{M_u}{\phi * b * d^2 * f'_c}$$

$$K = w - 0.59w^2$$

de donde despejamos w obteniendo

$$w = 1.05 * K$$

Se tiene la fórmula de $A_s = \rho * b * d$ y se conoce que $\rho = \frac{w * f'_c}{f_y}$

$$A_s = \frac{w * f'c}{f_y} * b * d$$

$$A_s = \frac{w * 210}{4200} * 100 * 9$$

$$\underline{A_s = 45 * w}$$

$$A_{smin.} = 14 / f_y * b * d$$

$$A_{smin.} = 14 / 4200 * 100 * 9 \rightarrow A_{smin.} = 3.00 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{STEMP.} = \rho_{TEMP.} * b * d$$

$$A_{STEMP.} = 0.0018 * 100 * 9 \rightarrow A_{STEMP.} = 1.62 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

De la referencia de catálogos técnicos se puede determinar que la malla R-335 ($\phi 8$ y separación longitudinal y transversal de 15 cm) tiene de sección transversal $3.35 \text{ cm}^2 / \text{m}$ en los dos sentidos y la malla R-188 ($\phi 6$ y separación de 15 cm) tiene tanto en sentido longitudinal como transversal $1.88 \text{ cm}^2 / \text{m}$, por lo tanto se recomienda la utilización de este tipo de malla.

DETALLE DE A_s

| Apoyo o Tramo | Mu T-m / m | K | W | A_s (cm^2) cm^2 / m | A_s mínimo cm^2 / m | $\phi @ S$ | $A_{STEMP.}$ cm^2 / m | $\phi @ S_{TEMP.}$ |
|---------------|------------|-------|-------|---|--|---|--|---|
| 2 | 0.898 | 0.059 | 0.062 | 2.772 | 3.00 | Malla R-335 3.35 cm^2 / m | 1.62 | Malla R-188 1.88 cm^2 / m |
| 2 - 1 | 0.675 | 0.044 | 0.046 | 2.083 | | | | |
| 1 | 0.446 | 0.029 | 0.031 | 1.377 | | | | |

4.2.5 Determinación del corte basal

ACCIONES SÍSMICAS DE DISEÑO

“Los sistemas constructivos utilizados para la construcción de vivienda, son redundantes pero carecen de ductilidad. Por tal razón, el diseño sismo-resistente está basado en fuerzas y consiste en verificar que la resistencia lateral de la estructura, V_{MR} , es mayor o igual a la demandada por el sismo de diseño, $V_{SISMICO}$. El análisis de las derivas de piso no es mandatorio.”¹⁶

$$V_{SISMICO} \leq V_{MR}$$

Para en análisis se debe emplear la siguiente expresión

$$V_{SISMICO} = ZCW/R$$

$Z = 0.4$ depende de la posición geográfica del proyecto y su correspondiente zona sísmica.¹⁷

$C = 3$ es un coeficiente de respuesta sísmica obtenido según Tabla 10.1 del NEC-2011, Cap. 10 pág. 11

W es el peso sísmico efectivo de la estructura, igual a la carga muerta total de la estructura más un 25% de la carga viva de piso.

$$CM = 0.55 \text{ T / m}^2 \quad CV = 0.10 \text{ T / m}^2$$

$$W = CM + 25\%CV \quad W = 0.575$$

$R = 3$ Factor de reducción de resistencia, R , se debe adoptar de los valores establecidos en la Tabla 10.2, del NEC-2011, Cap. 10 pág. 12 según el sistema estructural adoptado.

$$V_{SISMICO} = 0.4 * 3 * 0.575 / 3 ; V_{SISMICO} = 0.23W ; V_{SISMICO} = 0.132 \text{ T / m}$$

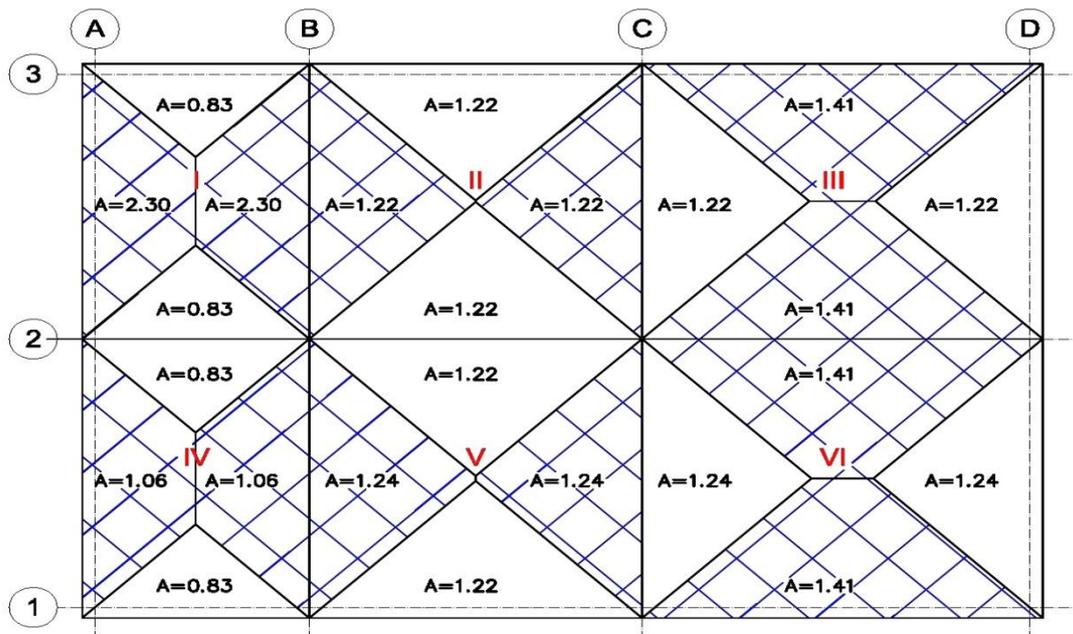
¹⁶ NEC 2011. Cap. 10.3.1

¹⁷ NEC 2011. Cap. 2.5.2.4

4.2.6 Diseño de Pórtico 2-2 (Sentido X – X)

Determinación del área cooperante de las vigas

| AREA | W | S | L | m= S / L | m ² | $\frac{(3 - m^2)}{2}$ | W x S / 3 | $\frac{W*S*(3 - m^2)}{(3*2)}$ |
|------|------|------|------|----------|----------------|-----------------------|-----------|-------------------------------|
| I | 0.94 | 2.65 | 3.90 | 0.68 | 0.46 | 2.77 | 0.83 | 2.30 |
| II | 0.94 | 3.88 | 3.90 | 0.99 | 0.99 | 1.01 | 1.22 | 1.22 |
| III | 0.94 | 3.90 | 4.67 | 0.84 | 0.70 | 1.15 | 1.22 | 1.41 |
| IV | 0.94 | 2.65 | 3.95 | 0.67 | 0.45 | 1.27 | 0.83 | 1.06 |
| V | 0.94 | 3.88 | 3.95 | 0.98 | 0.96 | 1.02 | 1.22 | 1.24 |
| VI | 0.94 | 3.95 | 4.67 | 0.85 | 0.72 | 1.14 | 1.24 | 1.41 |



Se tiene como datos:

Columnas de 30 * 30 cm:

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

$$I_o = b*h^3/12$$

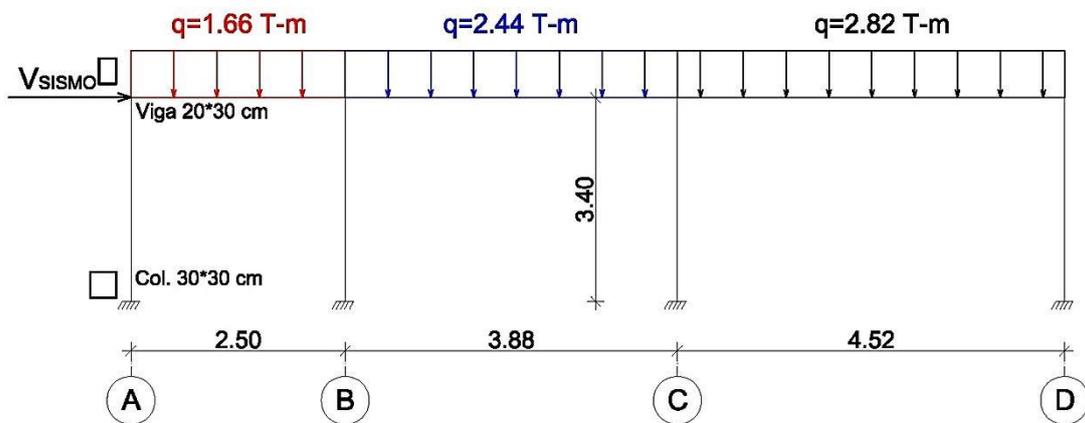
Vigas de 20 * 30 cm

b = 20 cm

h = 30 cm

$I_o = b \cdot h^3 / 12$

Se adjunta gráfico del Pórtico 2 - 2



4.2.6.1. Cálculo de Rigideces en Pórtico 2 - 2

Inercia de columnas

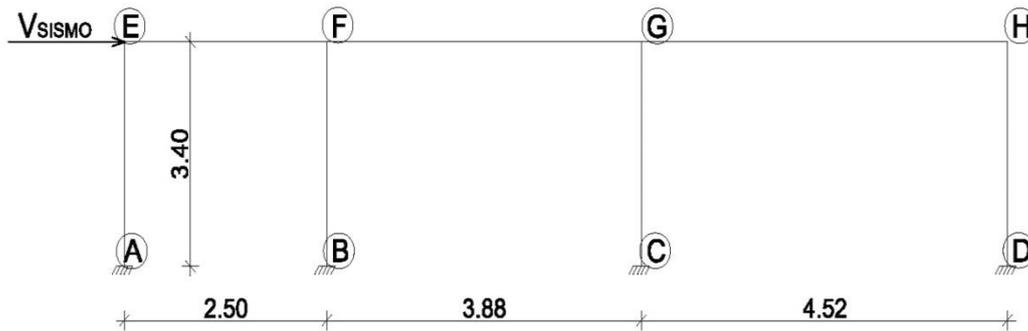
$$I_o = 30 \cdot (30^3) / 12 \quad I_o = 67500 \text{ cm}^4 \quad \text{ó} \quad I_o = 6.75 \text{ dm}^4$$

Inercia de vigas

$$I_o = 20 \cdot (30^3) / 12 \quad I_o = 45000 \text{ cm}^4 \quad \text{ó} \quad I_o = 4.5 \text{ dm}^4$$

Por tener elementos de secciones constantes se puede aplicar las siguientes referencias para obtener las rigideces K y a, E = 1 por ser elementos del mismo material.

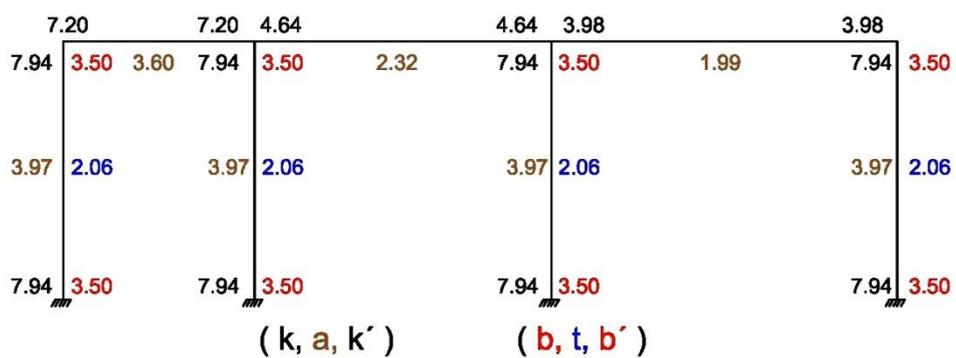
$$K = \frac{4EI_o}{L} \quad ; \quad a = \frac{k}{2} \quad ; \quad b = \frac{K+a}{L} \quad ; \quad t = \frac{b+b'}{L}$$



| ELEMENTO | L (m) | I (dm ⁴) | k = k' | a | b | b' | t |
|------------|---------|-----------------------|--------|------|------|------|------|
| Col. A - E | 3.40 | 6.75 | 7.94 | 3.97 | 3.50 | 3.50 | 2.06 |
| Col. B - F | 3.40 | 6.75 | 7.94 | 3.97 | 3.50 | 3.50 | 2.06 |
| Col. C - G | 3.40 | 6.75 | 7.94 | 3.97 | 3.50 | 3.50 | 2.06 |
| Col. D - H | 3.40 | 6.75 | 7.94 | 3.97 | 3.50 | 3.50 | 2.06 |
| Viga E - F | 2.50 | 4.50 | 7.20 | 3.60 | - | - | - |
| Viga F - G | 3.88 | 4.50 | 4.64 | 2.32 | - | - | - |
| Viga G - H | 4.52 | 4.50 | 3.98 | 1.99 | - | - | - |

En el gráfico siguiente se adjunta los datos de rigideces [K, a, K'],

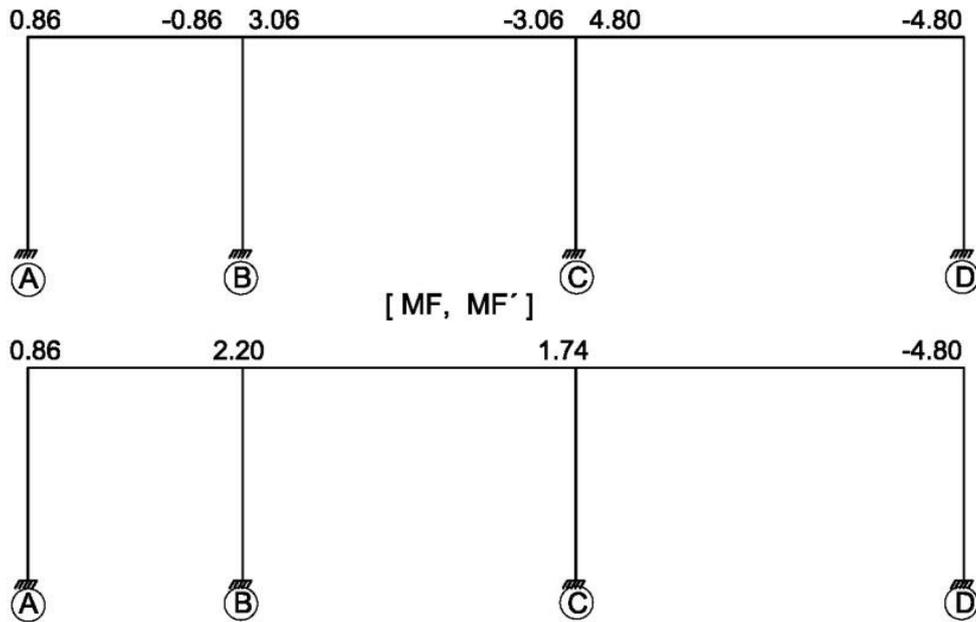
[b, t, b']



4.2.6.2. Se continua con los momentos de empotramiento perfecto para lo cual se aplica la siguiente expresión

$$M_F = \frac{qL^2}{12} = M_F'$$

En las columnas el M_F es igual a cero y se obtiene los siguientes resultados



4.2.6.3. Luego se realiza el cálculo de giros mediante Cross, de donde se obtienen los siguientes resultados:

| | |
|---------------|--------|
| $\varrho_E =$ | -0.021 |
| $\varrho_F =$ | -0.078 |
| $\varrho_G =$ | -0.132 |
| $\varrho_H =$ | 0.447 |
| $D =$ | -0.076 |

4.2.6.4. Posteriormente se procede con el cálculo de momentos finales para lo cual se aplica las ecuaciones de Maney

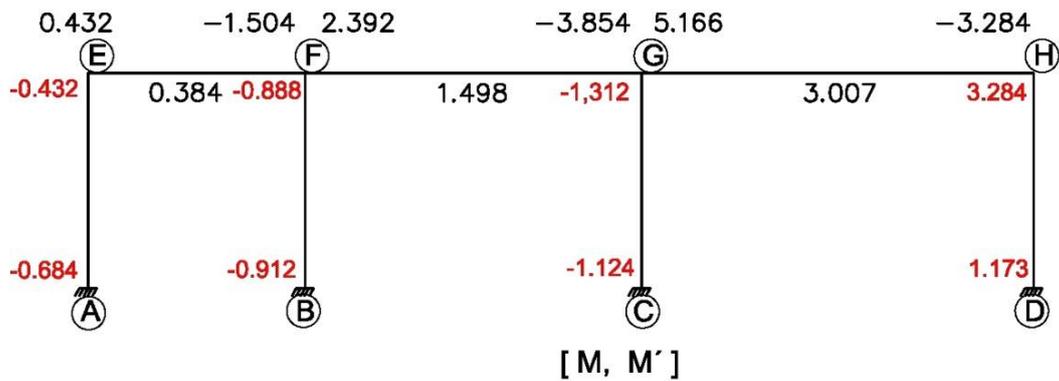
Para Vigas: $M = M_F + K\theta + a\theta'$; $M' = M_{F'} + K'\theta' + a\theta$

Para Columnas: $M = M_F + K\theta + a\theta' + b_D$; $M' = M_{F'} + K'\theta' + a\theta + b'D$

Se obtienen los siguientes resultados:

| ELEMENTO | M | M' |
|------------|--------|--------|
| Col. A - E | -0.432 | -0.684 |
| Col. B - F | -0.888 | -0.912 |
| Col. C - G | -1.312 | -1.124 |
| Col. D - H | 3.284 | 1.173 |
| Viga E - F | 0.432 | -1.504 |
| Viga F - G | 2.392 | -3.854 |
| Viga G - H | 5.166 | -3.284 |

Se representa los momentos de los datos obtenidos.



Se realiza el cálculo de momentos positivos y reacciones, en donde tenemos:

$V_o = V_o' \Rightarrow$ Reacción de viga simplemente apoyada y se aplica $V = qL/2$

$V_h \Rightarrow$ Reacción hiperestática, para lo cual se aplica $V_h = \mp \frac{M-M'}{L}$

$V = V' \Rightarrow$ Reacciones y se aplica $V = V_o \mp V_h$

$X \Rightarrow$ Punto donde el momento es máximo, para lo cual se aplica $X = V/q$

$M_{MAX} \Rightarrow$ Momento máximo aplicado en el centro del vano y se obtiene de

$$M_{(+)} = \frac{V^2}{2q} + M$$

| | | | | | | | |
|----------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| M | M' | -0.432 | -1.504 | -2.392 | -3.854 | -5.166 | -3.284 |
| V _o | V _{o'} | 2.075 | 2.075 | 4.734 | 4.734 | 6.373 | 6.373 |
| V _h | V _{h'} | -0.429 | 0.429 | -0.377 | 0.377 | 0.416 | -0.416 |
| V | V' | 1.646 | 2.504 | 4.357 | 5.111 | 6.790 | 5.957 |
| $X_{(v=0)}$ | | 0.992 | | 1.786 | | 2.408 | |
| $M_{(+)}$ | | 0.384 | | 1.498 | | 3.007 | |

4.2.7 Diseño de la viga del pórtico 2 – 2 (Sentido X – X)

La viga debe ser diseñada para una zona sísmica, para lo cual es necesario calcular la armadura requerida para resistir el momento flector solicitante y se debe utilizar la siguiente expresión:

$$A_s = \frac{0.85 * f'c * b * d}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_u}{0.85 * \phi * f'c * b * d^2}} \right]$$

Los datos para la viga G - H son:

$$f'c = 210 \text{ Kg / cm}^2$$

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

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$d = 27 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$Mu = 5.17 \text{ T - m} = 517000 \text{ Kg - cm}$$

4.2.7.1. El acero de tracción requerido es:

$$A_s = \frac{0.85(210 \text{ Kg/cm}^2)(20 \text{ cm})(27 \text{ cm})}{4200 \text{ Kg/cm}^2} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2(517000)}{0.85(0.90)(210)(20)(27)^2}} \right]$$

$$A_s = 5.80 \text{ cm}^2 = 3 \phi 16 \text{ mm.}$$

Con el dato del momento para la viga F - G se determina el A_s requerido

$$Mu = 3.85 \text{ T - m} = 385000 \text{ Kg - cm}$$

$$A_s = 4.14 \text{ cm}^2 = 2 \phi 16 \text{ mm.}$$

La cuantía de armado es:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \quad ; \quad \rho = \frac{5.80 \text{ cm}^2}{(20 \text{ cm})(27 \text{ cm})} = 0.0107$$

La cuantía balanceada de la sección es:

$$\rho_b = 0.85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f_y} * \frac{0.003}{\frac{f_y}{E_s} + 0.003} \quad (18)$$

$$\rho_b = 0.85(0.85) \frac{210 \text{ Kg/cm}^2}{4200 \text{ Kg/cm}^2} * \frac{0.003}{\frac{4200 \text{ Kg/cm}^2}{2100000 \text{ Kg/cm}^2} + 0.003}$$

¹⁸ Diseño de Estructuras de Concreto Armado, Ing. Marcelo Romo Proaño, M.Sc.

$$\rho_b = 0.02168$$

La cuantía máxima permisible para zonas sísmicas es:

$$\rho_{MAX} = 0.50 \cdot \rho_b = 0.01084$$

Por lo tanto está dentro de lo permitido.

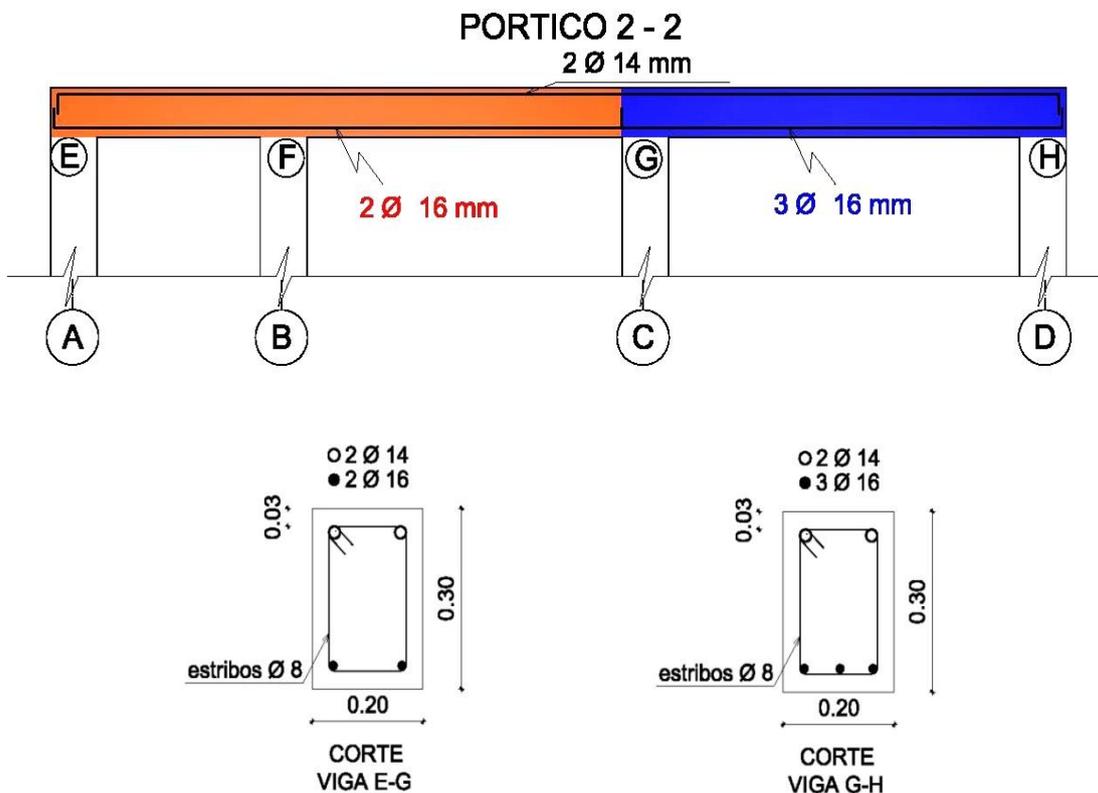
Para el acero de compresión se calcula con:

$$M_u = 3.007 \text{ T - m} = 300700 \text{ Kg - cm}$$

De donde:

$$A_s = 3.16 \text{ cm}^2 = 2 \phi 14 \text{ mm.}$$

Por lo tanto la viga se diseña para compresión con 2 ϕ 14 mm y para tracción con 2 ϕ 16 mm, en el tramo E - G y con 3 ϕ 16 mm, en el tramo G - H.



4.2.7.2. Cálculo de estribos

“En regiones de confinamiento, cuando la altura de la sección sea 600 mm o más se colocan varillas longitudinales distribuidas en la altura del estribo con separación no mayor a 350 mm., tal como se muestra en la Figura 4.4”¹⁹

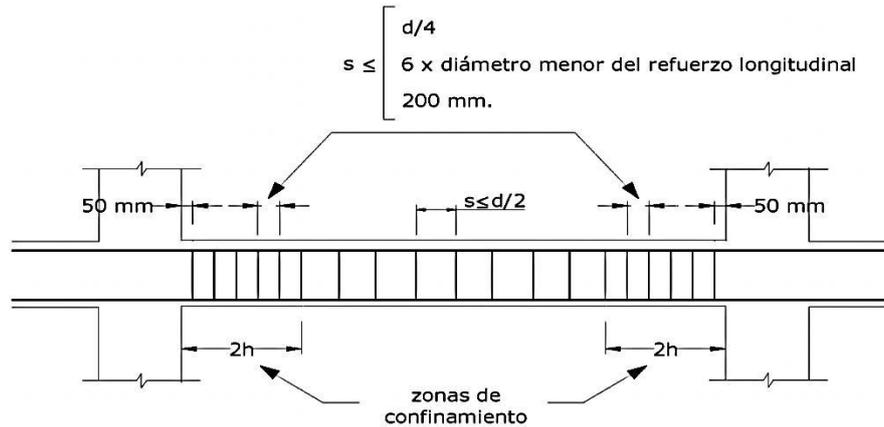


Figura 4.4. Separación de estribos

Se debe cumplir con las siguientes especificaciones en donde $\phi = 0.85$ y V_u es la fuerza de corte última

$$v_u = \frac{V_u}{\phi * b * d} ; \quad v_c \leq 0.53\sqrt{f'_c}$$

Si $v_u < v_c$ no se requiere refuerzo

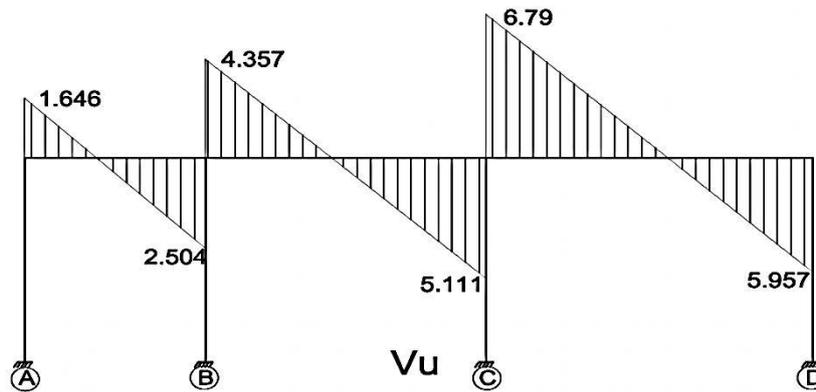
$$\text{Si } \frac{v_c}{2} < v_u < 1.53\sqrt{210} \Rightarrow S \leq \frac{d}{2}$$

$$\text{Si } 1.53\sqrt{f'_c} < v_u < 2.63\sqrt{f'_c} \Rightarrow S \leq \frac{d}{4}$$

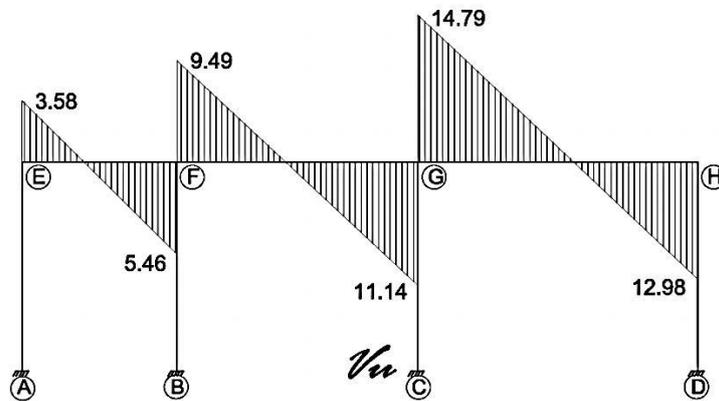
Si $v_u > 2.63\sqrt{f'_c} \Rightarrow$ Se debe rediseñar

Se adjunta el resumen de V_u

¹⁹ NEC-2011 CAPITULO 4 pag.9



El gráfico con los resultados del v_u aplicando los datos del V_u es:



$$v_c = 0.53\sqrt{f_c}$$

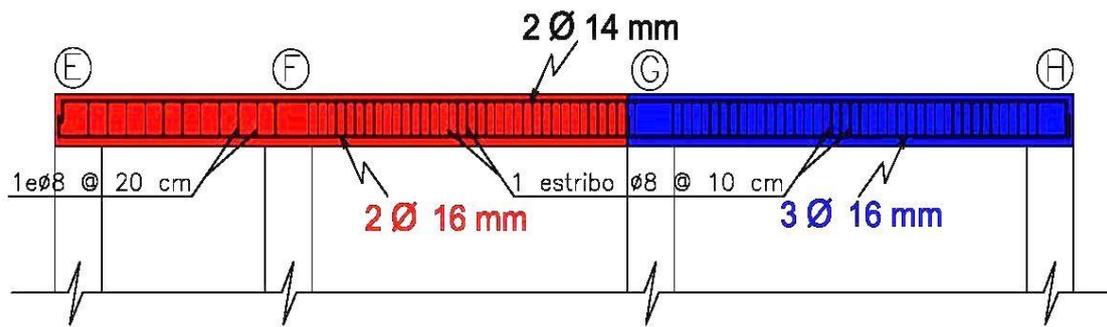
$$v_c = 0.53\sqrt{210} \Rightarrow v_c = 7.68$$

Con los datos obtenidos se puede determinar lo siguiente:

Viga E – F se colocará estribos cada 20 cm

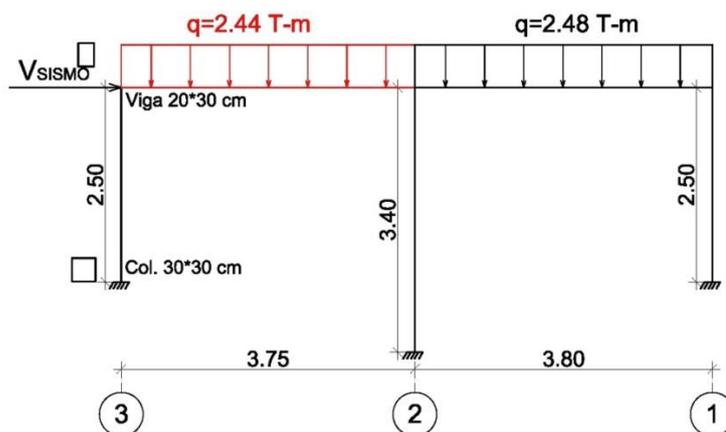
En las vigas F – G y G – H, por encontrarse entre $\frac{v_c}{2} < v_u < 1.53\sqrt{210}$, se colocarán estribos \varnothing 8 mm cada 10 cm., cumpliendo con $S \leq \frac{d}{2}$

Por lo que el armado queda representada de la siguiente forma:



4.2.8 Cálculo del pórtico C-C (Sentido Y - Y)

Se representa el grafico del pórtico C – C.



Se tiene como datos:

Columnas de 30 * 30 cm:

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

$$I_o = b \cdot h^3 / 12$$

Vigas de 20 * 30 cm

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

$$I_o = b \cdot h^3 / 12$$

4.2.8.1. Cálculo de rigideces en pórtico C - C

Inercia de columnas

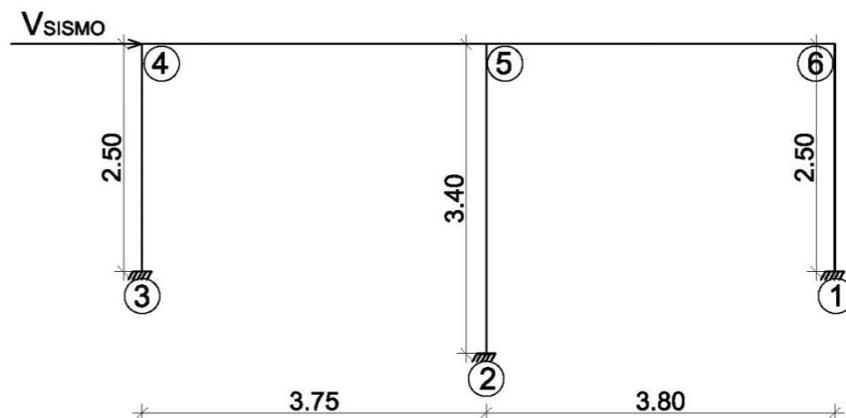
$$I_o = 30 \cdot (30^3) / 12 \quad I_o = 67500 \text{ cm}^4 \quad \text{ó} \quad I_o = 6.75 \text{ dm}^4$$

Inercia de vigas

$$I_o = 20 \cdot (30^3) / 12 \quad I_o = 45000 \text{ cm}^4 \quad \text{ó} \quad I_o = 4.5 \text{ dm}^4$$

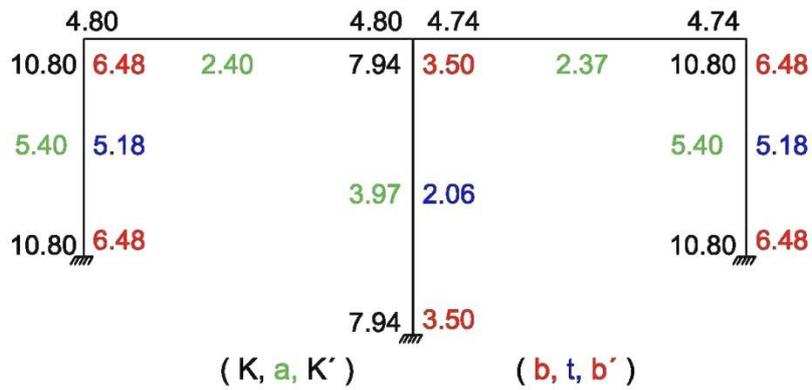
Se obtiene las rigideces K y a, aplicando las expresiones, en donde por ser la estructura del mismo material se considera E = 1:

$$K = \frac{4EI_o}{L} ; \quad a = \frac{k}{2} ; \quad b = \frac{K+a}{L} ; \quad t = \frac{b+b'}{L}$$



| ELEMENTO | L (m) | I (dm ⁴) | k = k' | a | b | b' | t |
|------------|---------|-----------------------|--------|------|------|------|------|
| Col. 3 - 4 | 2.50 | 6.75 | 10.80 | 5.40 | 6.48 | 6.48 | 5.18 |
| Col. 2 - 5 | 3.40 | 6.75 | 7.94 | 3.97 | 3.50 | 3.50 | 2.06 |
| Col. 1 - 6 | 2.50 | 6.75 | 10.80 | 5.40 | 6.48 | 6.48 | 5.18 |
| Viga 4 - 5 | 3.75 | 4.50 | 4.80 | 2.40 | - | - | - |
| Viga 5 - 6 | 3.80 | 4.50 | 4.74 | 2.37 | - | - | - |

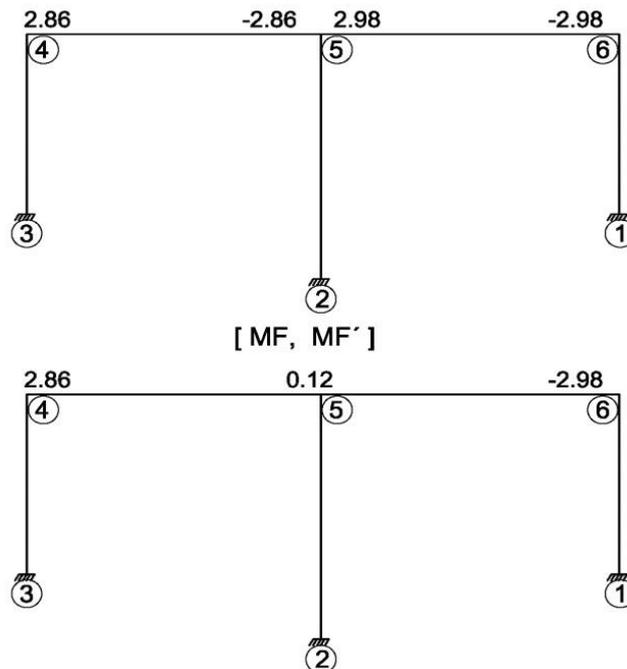
En el gráfico siguiente se adjunta los datos de rigideces [K, a, K'],
[b, t, b']



4.2.8.2. Se continúa con los momentos de empotramiento perfecto, para lo cual se aplica

$$M_F = \frac{qL^2}{12} = M_F'$$

En las columnas el M_F es igual a cero y se obtiene los siguientes resultados



4.2.8.3. Luego se realiza el cálculo de giros de donde se obtienen los siguientes resultados:

| | |
|--------|--------|
| $Q4 =$ | -0.187 |
| $Q5 =$ | -0.010 |
| $Q6 =$ | 0.188 |
| $1D =$ | 0.013 |

4.2.8.4. Luego se procede con el cálculo de momentos finales para lo cual se aplica las ecuaciones de Maney

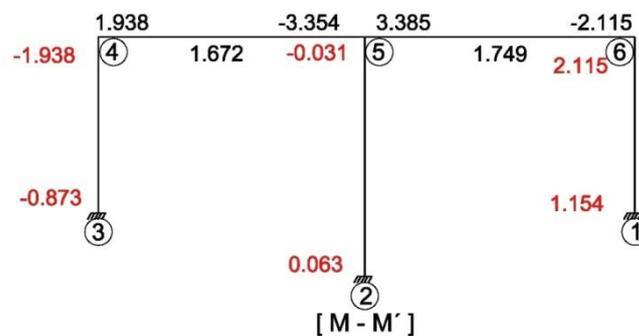
Para Vigas: $M = M_F + K\theta + a\theta'$; $M' = M_F' + K'\theta' + a\theta$

Para Columnas: $M = M_F + K\theta + a\theta' + bD$; $M' = M_F' + K'\theta' + a\theta + b'D$

Obteniendo los siguientes resultados:

| ELEMENTO | M | M' |
|------------|--------|--------|
| Col. 3 - 4 | -1.938 | -0.873 |
| Col. 2 - 5 | -0.031 | 0.063 |
| Col. 1 - 6 | 2.115 | 1.154 |
| Viga 4 - 5 | 1.938 | -3.354 |
| Viga 5 - 6 | 3.385 | -2.115 |

Se representa los momentos de los datos obtenidos.



Se realiza el cálculo de momentos positivos y reacciones aplicando las fórmulas ya enunciadas en el pórtico 2 – 2

| | | | | | |
|-------------|-----|--------|--------|--------|--------|
| M | M' | -1.938 | -3.354 | -3.385 | -2.115 |
| Vo | Vo' | 4.575 | 4.575 | 4.712 | 4.712 |
| Vh | Vh' | -0.378 | 0.378 | 0.334 | -0.334 |
| V | V' | 4.197 | 4.953 | 5.046 | 4.378 |
| $X_{(v=0)}$ | | 1.720 | | 2.035 | |
| $M_{(+)}$ | | 1.672 | | 1.749 | |

4.2.9 Diseño de la viga del pórtico C – C

Los datos para el diseño a tracción de la viga para zona sísmica, son los que se indica a continuación empleando la expresión que se aplicó para el pórtico 2 - 2:

$$:f'c = 210 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$fy = 4200 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$d = 27 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$Mu = 3.385 \text{ T} - \text{m} = 338500 \text{ Kg} - \text{cm}$$

4.2.9.1. Cálculo de acero de tracción y compresión

$$A_s = \frac{0.85 * f'c * b * d}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 Mu}{0.85 * \phi * f'c * b * d^2}} \right]$$

$$A_s = 3.60 \text{ cm}^2 = 2 \phi 12 \text{ mm y } 1 \phi 14 \text{ mm}$$

La cuantía de armado es:

$$\rho = \frac{A_s}{b*d} ; \quad \rho = \frac{3.60 \text{ cm}^2}{(20 \text{ cm})(27 \text{ cm})} = 0.0067$$

La cuantía balanceada de la sección es:

$$\rho_b = 0.85 * \beta_1 * \frac{f'c}{f_y} * \frac{0.003}{\frac{f_y}{E_s} + 0.003}$$

$$\rho_b = 0.85(0.85) \frac{210 \text{ Kg/cm}^2}{4200 \text{ Kg/cm}^2} * \frac{0.003}{\frac{4200 \text{ Kg/cm}^2}{2100000 \text{ Kg/cm}^2} + 0.003}$$

$$\rho_b = 0.02168$$

La cuantía máxima permisible para zonas sísmicas es:

$$\rho_{MAX} = 0.50 * \rho_b = 0.01084$$

El resultado se encuentra dentro de lo permitido.

Para el acero de compresión se utiliza:

$$Mu = 1.749 \text{ T - m} = 174900 \text{ Kg - cm}$$

De donde:

$$A_s = 1.78 \text{ cm}^2 = 2 \phi 12 \text{ mm}$$

El Acero mínimo se obtiene de:

$$A_{Smin} = \frac{14}{f_y} * b * d$$

$$A_{Smin} = \frac{14}{4200} * 20 * 27$$

$$A_{Smin} = 1.8 \text{ cm}^2$$

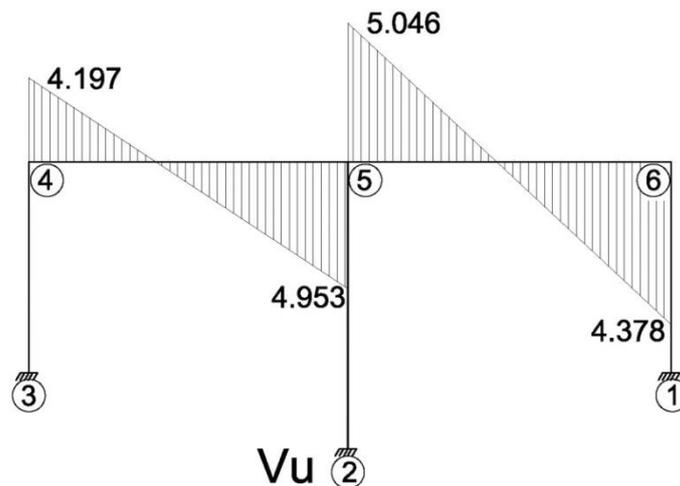
Por lo tanto la viga se diseña para compresión con 2 ϕ 12 mm y para tracción con 2 ϕ 12 mm y 1 ϕ 14 mm.

4.2.9.2. Cálculo de Estribos

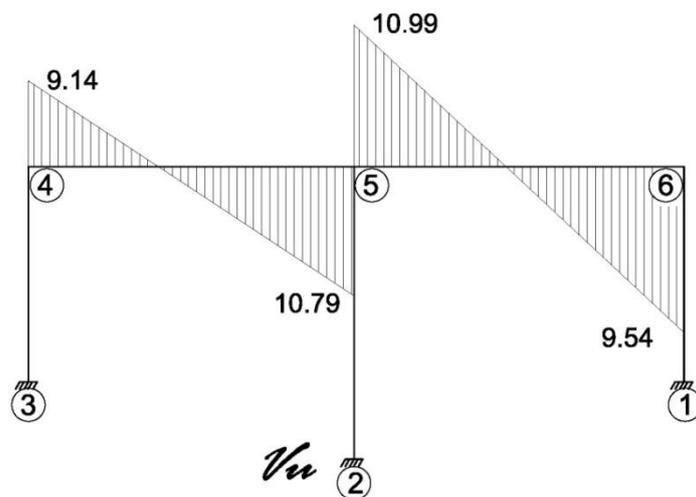
Se aplican las siguientes especificaciones en donde $\phi = 0.85$ y V_u es la fuerza de corte última

$$v_u = \frac{V_u}{\phi * b * d} \quad ; \quad v_c \leq 0.53 \sqrt{f'_c}$$

Se adjunta el resultado de cortantes últimos

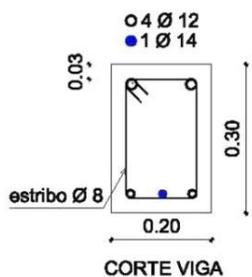
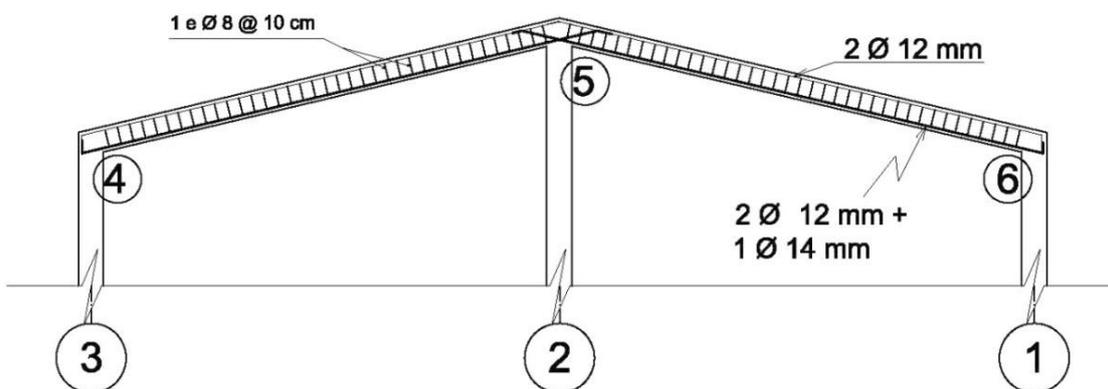


Los resultados de v_u son:



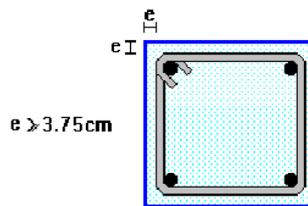
Como los resultados se encuentran entre $\frac{v_c}{2} < v_u < 1.53\sqrt{210}$, se debe colocar estribos $\varnothing 8$ mm cada 10 cm., cumpliendo con $S \leq \frac{d}{2}$

PORTICO C - C

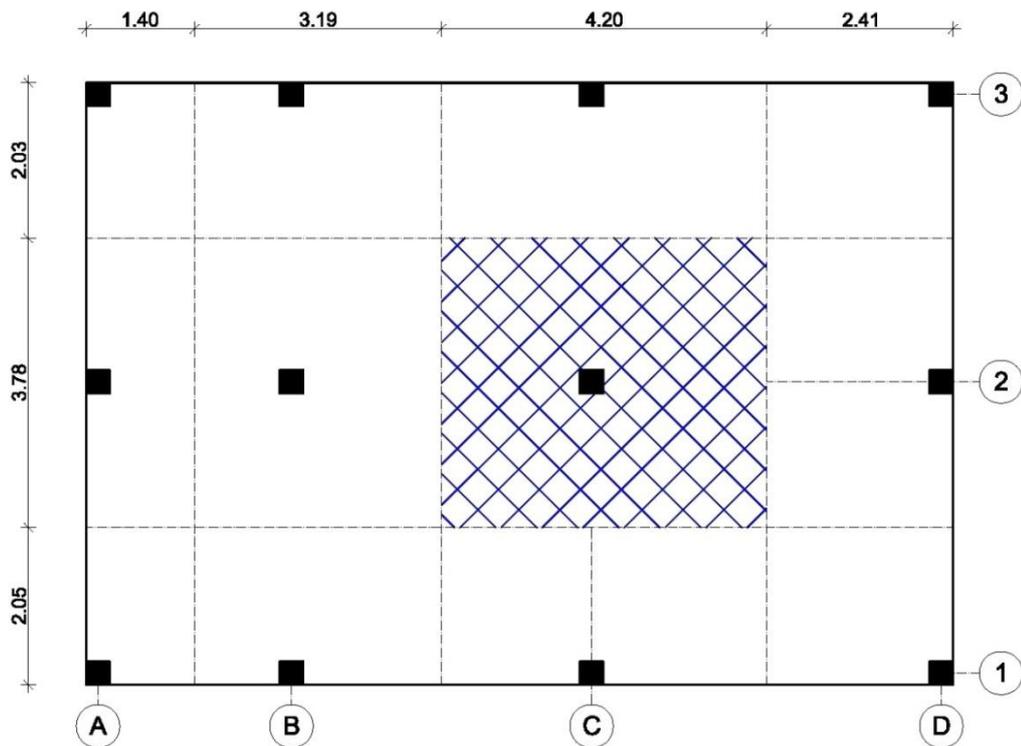


4.2.10 Pre-diseño de elementos verticales

En zonas sísmicas, la dimensión transversal mínima de las columnas con estribos debe ser de 30 cm., El criterio anterior debería ser modificado en el Código Ecuatoriano de la Construcción, para el caso de viviendas unifamiliares con luces pequeñas, pues tiene un efecto limitante para la vivienda económica.



En nuestro estudio vamos a aplicar el estudio en la columna C – 2, que se la ubica en el gráfico adjunto:



El área cooperante de la columna es:

$$X = 4.20 \text{ m}$$

$$Y = 3.78 \text{ m}$$

Área cooperante = 15.88 m²

Los datos de la columna C-2 son :

b = 0.3 m

h = 0.3 m

d = 30 – 4

d = 26 cm

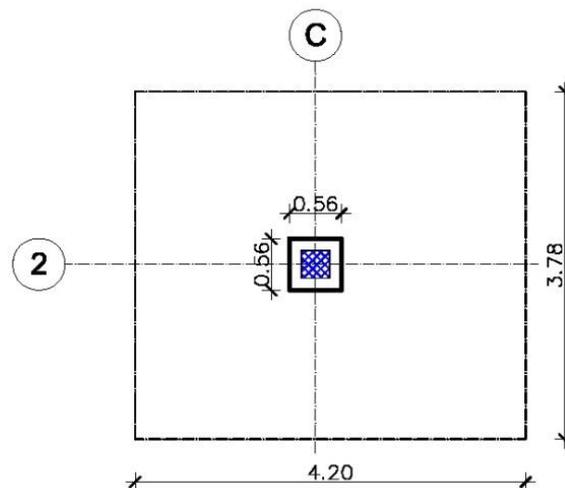
4.2.10.1. Chequeo por Esbeltez

La esbeltez L / r de la columna debe ser menor a 60.²⁰

$$r = \frac{b}{2\sqrt{3}} \quad ; \quad r = \frac{30}{2\sqrt{3}} \quad ; \quad r = 8.66$$

$$L / r = 340 / 8.66 = 39.30 < 60 \quad \text{Ok}$$

4.2.10.2. Chequeo por punzonamiento



²⁰ NEC 2011 Cap. 5 pag. 33

Factor de mayoración FM

$$FM = \frac{1.4D+1.7L}{D+L} \quad ; \quad 1.4 < FM < 1.7$$

$$FM = \frac{1.4(0.55)+1.7(0.10)}{0.55+0.10} \quad ; \quad FM = 1.45$$

$$1.4 < \mathbf{1.45} < 1.7 \quad \text{Ok}$$

$$\text{Área de corte} = (4.20 * 3.78) - (0.56 * 0.56) = 15.56 \text{ m}^2$$

Determinación de la carga última (P_U) y del perímetro de corte (b_o)

$$P_U = FM * \text{Area Corte} * (100\%CM + 100\%CV)$$

$$CM = 0.55 \text{ T / m}^2 \quad \quad CV = 0.10 \text{ T / m}^2$$

$$P_U = 1.45 * 15.56 * (0.55 + 0.10)$$

$$P_U = 14.67 \text{ T}$$

$$b_o = 2(b + h + 2d) = 2(0.3 + 0.3 + 2*0.26) = 2.24 \text{ m}$$

Corte crítico actuante

$$v_u = \frac{P_u}{\phi * b_o * d} \quad ; \quad v_u = \frac{14.67}{0.85 * 2.24 * 0.26} \quad ; \quad v_u = 29.63 \text{ T/m}^2 = 2.96$$

Kg/cm^2

Corte permisible

$$v_{up} = 1.06\sqrt{f'_c} \quad ; \quad v_{up} = 1.06\sqrt{210} \quad ; \quad v_{up} = 15.36 \text{ Kg/cm}^2$$

$$2.96 < 15.36 \Rightarrow v_u < v_{up} \quad \text{Ok}$$

4.2.10.3. Determinación de la armadura longitudinal de la columna C-2

Predimensionado usando teoría elástica

$$P = A_g * f'c + A_s * f_s$$

$$f_c = 0.25f'c \quad f'c = 210 \text{ Kg / cm}^2$$

$$f_s = 0.40f_y \quad f_y = 4200 \text{ Kg / cm}^2$$

Considerando la regulación $\rho_{\min} = 1\%$ para columnas con estribos

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} \quad A_s = \rho * A_g$$

$$P = 0.85(A_g * f_c + A_s * f_s)$$

$$P = 0.85(A_g * 0.25f'c + A_s * 0.40f_y) \Rightarrow P = 0.85A_g(0.25f'c + 0.40\rho f_y)$$

De donde se obtiene la expresión de

$$A_g = \frac{P}{0.2125 * f'c + 0.34 * \rho * f_y}$$

Obteniendo

$$A_g = \frac{P(T)}{0.05838} \quad ; \quad A_g = \frac{14.67 T}{0.05838} \quad ; \quad A_g = 251.28 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 0.01 * 251.28 \quad ; \quad A_s = 2.51 \text{ cm}^2 \quad ; \quad 4 \phi 12$$

4.2.10.4. Predimensionado usando teoría de última resistencia

$$P_u = \phi * 0.80 * P_o \quad P_u = 1.4CM * 1.7CV$$

$$P_u = \phi * 0.80(A_g * 0.85 * f'c + A_s * f_y) \quad A_s * f_y = 0 \text{ para pre-diseño}$$

$$\Rightarrow P_u = \phi * 0.80 (A_g * 0.85 * f'_c)$$

$\phi = 0.70$ para columnas con estribos

Despejando A_g se obtiene:

$$A_g = \frac{P_u}{\phi * 0.68 * f'_c} \quad A_g = \frac{P \text{ (Kg)}}{99.96} \quad \cong \quad A_g = \frac{P \text{ (Kg)}}{100}$$

$$A_g = \frac{14670 \text{ (Kg)}}{100} \quad A_g = 146.7 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow P_u = \phi * 0.80 (A_g * 0.85 * f'_c + A_s * f_y) = 0.94 T$$

$$A_s = \frac{\frac{P_u}{\phi * 0.80} - A_g * 0.85 * f'_c}{f_y} ;$$

$$A_s = 5.84 \text{ cm}^2 ;$$

$$4 \phi 14 \text{ ó } 6 \phi 12$$

4.2.10.5. Cálculo de estribos

Cuantía máxima de refuerzo longitudinal

La razón ρ_g del área de refuerzo longitudinal al área bruta de la sección, A_g , no puede ser menor que 0.01 ni mayor que 0.03.

$$\rho_g = 0.01 * A_g \quad ; \quad \rho_g = 0.01 * 146.7 \quad ; \quad \rho_g = 1.47 \text{ cm}^2$$

$$A_v = 2 \text{ ramas } \phi 10 = 2(0.785) = 1.57 \text{ cm}^2$$

De acuerdo a norma se debe colocar estribos $\phi 10$ cada 10 cm en una distancia $L_o \geq h/6$ y cada 15 cm en la zona de traslapos.

Se adjunta la figura del Nec 2011, detallando la colocación de estribos

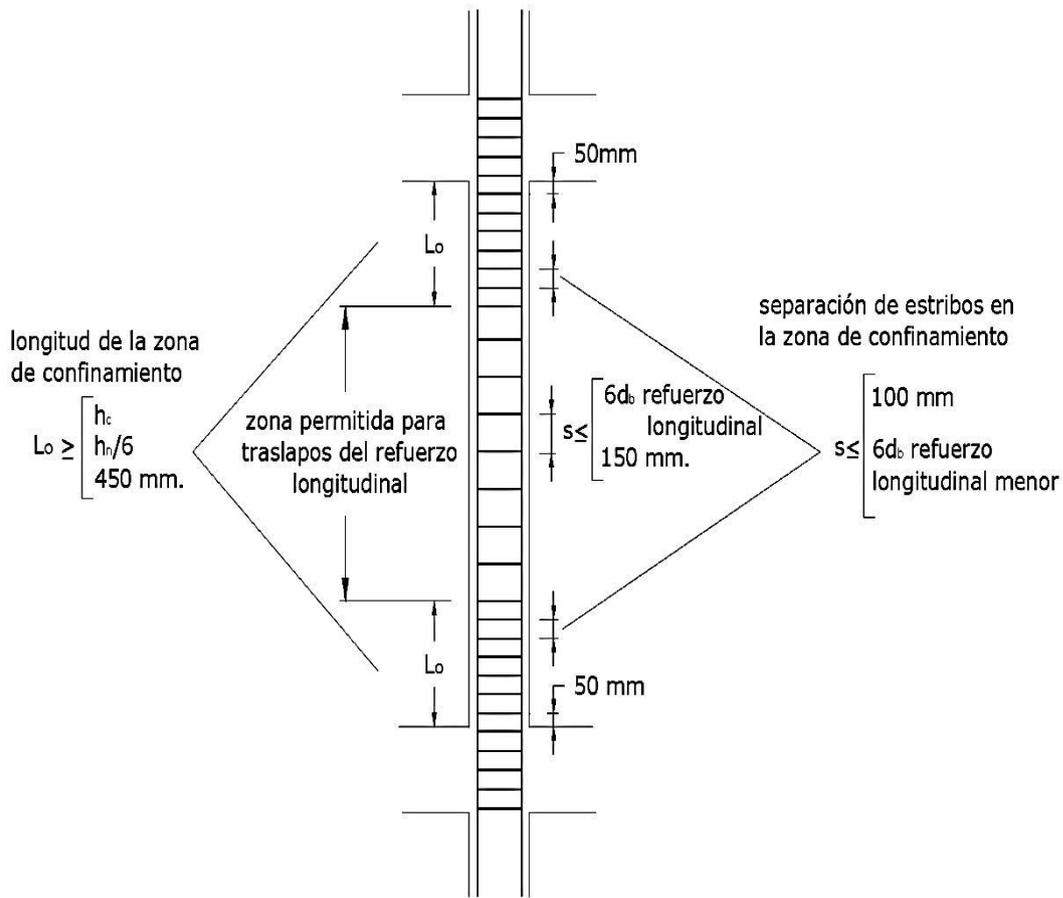


Figura 4.7. Separación de estribos

21

4.2.10.6. Ubicación de la rótula plástica.

Se realiza el cálculo en la columna C2 para lo cual se emplean los datos de las pags. 74 y 83.

“Las resistencias a flexión de las columnas deben satisfacer la ecuación

$$\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \Sigma M_{nb}$$

²¹ NEC 2011-cap. 4 pag. 12

M_{nc} = suma de los momentos nominales de flexión de las columnas que llegan al nudo, evaluados en las caras del nudo. La resistencia a la flexión de la columna debe calcularse para la fuerza axial mayorada, congruente con la dirección de las fuerzas laterales consideradas, que conduzca a la resistencia a la flexión más baja.

M_{nb} suma de los momentos resistentes nominales a flexión de las vigas que llegan al nudo, evaluadas en la cara del nudo. En vigas T, cuando la losa está en tracción debida a momento en la cara del nudo, el refuerzo de la losa dentro del ancho efectivo de losa definido en 8.12 debe suponerse que contribuye a M_{nb} siempre que el refuerzo de la losa esté desarrollado en la sección crítica para flexión.”²²

Datos

$$M_{nc1} = 1.312 \text{ T-m}$$

$$M_{nc2} = 0.031 \text{ T-m}$$

$$\Sigma M_{nc} = 1.343 \text{ T-m}$$

$$1.2\Sigma M_{nc} = 1.612 \text{ T-m}$$

$$M_{nb1} = 3.385 \text{ T-m}$$

$$M_{nb2} = 5.166 \text{ T-m}$$

$$\Sigma M_{nb} = 8.551 \text{ T-m} > 1.612$$

4.2.11 Determinación del tipo de cimentación

Los esfuerzos en el suelo no deben sobrepasar los esfuerzos admisibles bajo condiciones de carga sin factores de mayoración, el recubrimiento mínimo para el hierro, cuando el hormigón es fundido en obra en contacto con el terreno y queda permanentemente expuesto a él, es de 7 cm.

Para el estudio se va a determinar la columna C-2, anteriormente ya citada.

²² ACI 318S-08 Cap. 21.6.2 pag. 354

$$\text{Area cooperante} = 15.88 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso de la losa} = 15.88 * 1.15 = 18.27 \text{ T}$$

$$\text{Peso columna} = 0.30 * 0.30 * 3.4 * 2.4 = 0.73 \text{ T}$$

$$\text{Peso total} = P = 19 \text{ T}$$

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

A_F = Area de fundición

$$q_a = 3 \text{ T / m}^2 = 0.3 \text{ Kg / cm}^2.$$

$$\gamma_S = 1.70 \text{ T / m}^3$$

$$\gamma_H = 2.40 \text{ T / m}^3$$

Se requiere calcular el peso específico medio entre los pesos específicos del suelo y el hormigón.

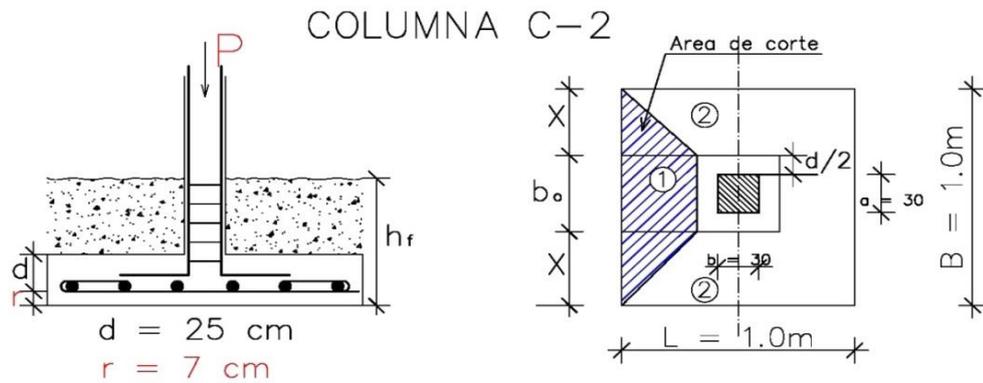
$$\gamma_M = \frac{\gamma_S + \gamma_H}{2} = \frac{1.70 + 2.40}{2} = 2.05 \text{ T - m}^3$$

Para proceder con los cálculos correspondientes se va a considerar el ancho del plinto de cimentación de $L = 1.0 \text{ m}$

$$A_F = 1.0 * 1.0 = 1 \text{ m}^2$$

$$W_{(F+R)} = h_F * A_F * \gamma_M = 1.0 * (1.0 * 1.0) * 2.05 = 2.05 \text{ T / m}^3$$

4.2.11.1. Diseño al corte



La presión neta del suelo se obtiene de:

$$P_{ns} = \frac{P}{A_F} ; \quad P_{ns} = \frac{15 T}{1.0 * 1.0} = 15 T / m^2$$

Para determinar el área de corte se aplican las siguientes expresiones:

$$b_0 = a + \frac{d}{2} + \frac{d}{2}$$

$$b_0 = 0.3 + 0.125 + 0.125 = 0.55$$

$$X = \frac{B - b_0}{2} = \frac{1.00 - 0.60}{2} = 0.2$$

| Figura | Area de Corte | Brazo de Palanca | Momento |
|----------|---------------|------------------|---------|
| | A | BP | A*BP |
| 1 | $X*B$ | $X/2$ | 0.034 |
| | 0.34 | 0.1 | |
| 2 | $-2(X*X)/2$ | $2*X/3$ | -0.005 |
| | -0.040 | 0.133 | |
| Σ | 0.300 | | 0.029 |

$$A_v = 0.30 \text{ m}^2$$

$$V = P_{ns} * A_v = (15 T / m^2) * (0.30 \text{ m}^2) = 4.50 T$$

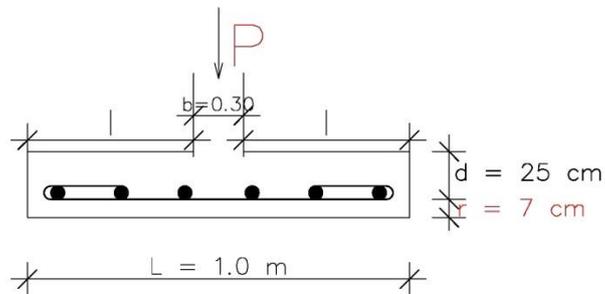
$$v = \frac{V}{b_o * d} \quad ; \quad v = \frac{4.50 * 1000 \text{ Kg}}{55 * 25 \text{ cm}^2} \quad ; \quad v = 3.27 \text{ Kg / cm}^2$$

$$v_{adm} = 0.53\sqrt{f'c} \quad ; \quad v_{adm} = 0.53\sqrt{210} \quad ; \quad v_{adm} = 7.68 \text{ Kg / cm}^2$$

$$3.27 \leq 7.68 \quad \text{Ok}$$

4.2.11.2. Diseño a flexión

$$l = \frac{L - b}{2} \quad ; \quad l = \frac{1.0 - 0.30}{2} \quad l = 0.35 \text{ m}$$



$$M = Pns * B * l^2 / 2 \quad M = 15 * 1.0 * (0.35)^2 / 2 \quad M = 0.92 \text{ T - m}$$

$$d_{min} = \sqrt{\frac{M}{R * B}}$$

R es coeficiente de rigidez y se requieren los siguientes datos para obtenerlo:

$$\text{Elasticidad del acero: } E_s = 2100000 \text{ Kg / cm}^2$$

$$\text{Elasticidad del concreto: } E_c = 215380 \text{ Kg / cm}^2$$

$$f_s = 0.4f_y = (0.4)(4200) = 1680 \text{ Kg / cm}^2$$

$$f_c = 0.45f'c = (0.45)(210) = 94.5 \text{ Kg / cm}^2$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad ; \quad K = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} \quad ; \quad J = 1 - \frac{K}{3} \quad ; \quad R = \frac{f_c * J * K}{2}$$

Luego de aplicar todas las expresiones solicitadas se obtiene

$$R = 14.76$$

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{0.92 * 10^5 M}{14.76 * 100}}$$

$$d_{\min} = 7.89 < d = 25 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

4.2.11.3. Cálculo de A_s

$$A_s = \frac{M}{f_s * j * d} \quad ; \quad A_s = \frac{0.92 * 10^5}{1680 * 0.882 * 25} \quad ; \quad A_s = 2.50 \text{ cm}^2$$

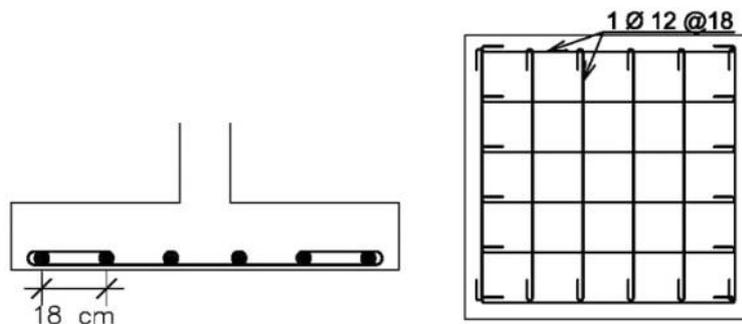
El refuerzo mínimo para zapatas es:

$$A_{s \min} = 0.0018 * b * h$$

$$A_{s \min} = 0.0018 * 100 * 32$$

$$A_{s \min} = 5.76 \text{ cm}^2$$

La armadura para la zapata en las dos direcciones es $1 \phi 12 @ 18 \text{ cm}$.



ARMADO DE LA ZAPATA

4.2.12 Modelación

Para emplear la modelación de la estructura se utilizó el Sap 2000 y se consideraron los siguientes valores y criterios:

- Peso específico del hormigón (γ) : $2.4 \text{ T} / \text{m}^3$
- Módulo de Poisson (ν) : 0.2
- Módulo de elasticidad del acero (E) : $2.1 \text{e}6 \text{ T} / \text{m}^2$
- Esfuerzo de fluencia de la malla electrosoldada (f_y) : $4200 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
- Resistencia del hormigón (f'_c) : $210 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
- Factor para análisis sísmico : 0.12
- Las combinaciones de carga son las mismas que se emplearon en el sistema constructivo anteriormente enunciado

4.2.12.1. Ingreso de datos

Define Grid System Data

Edit Format

System Name: GLOBAL Units: Tonf, m, C

Grid Lines: Quick Start...

X Grid Data

| | Grid ID | Ordinate | Line Type | Visibility | Bubble Loc. | Bubble Loc. ▲ |
|---|---------|----------|-----------|------------|-------------|---------------|
| 1 | A | 0. | Primary | Show | End | |
| 2 | B | 2.5 | Primary | Show | End | |
| 3 | C | 4.05 | Primary | Show | End | |
| 4 | D | 6.38 | Primary | Show | End | |
| 5 | E | 9.58 | Primary | Show | End | |
| 6 | F | 10.9 | Primary | Show | End | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |

Y Grid Data

| | Grid ID | Ordinate | Line Type | Visibility | Bubble Loc. | Bubble Loc. ▲ |
|---|---------|----------|-----------|------------|-------------|---------------|
| 1 | 1 | 0. | Primary | Show | Start | |
| 2 | 2 | 2.44 | Primary | Show | Start | |
| 3 | 3 | 3.8 | Primary | Show | Start | |
| 4 | 4 | 5.06 | Primary | Show | Start | |
| 5 | 5 | 5.44 | Primary | Show | Start | |
| 6 | 6 | 7.55 | Primary | Show | Start | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |

Z Grid Data

| | Grid ID | Ordinate | Line Type | Visibility | Bubble Loc. | Bubble Loc. ▲ |
|---|---------|----------|-----------|------------|-------------|---------------|
| 1 | Z1 | 0. | Primary | Show | End | |
| 2 | Z2 | 2.5 | Primary | Hide | End | |
| 3 | Z3 | 3.4 | Primary | Show | End | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |

Display Grids as: Ordinates Spacing

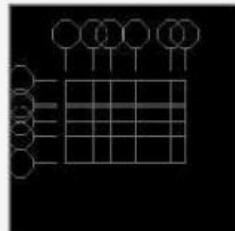
Hide All Grid Lines
 Glue to Grid Lines

Bubble Size: 1.25

Reset to Default Color

Reorder Ordinates

OK Cancel



4.2.12.2. Datos de los materiales

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: 210 

Material Type: Concrete

Material Notes: [Modify/Show Notes...](#)

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2.4

Mass per Unit Volume: 0.2447

Units: Tonf. m. C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2012461.1

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.

Shear Modulus, G: 838525.5

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 2100.

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: 4200 

Material Type: Rebar

Material Notes: [Modify/Show Notes...](#)

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7.849

Mass per Unit Volume: 0.8004

Units: Tonf. m. C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 21000000

Poisson's Ratio, U: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 8076923

Other Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 42000.

Minimum Tensile Stress, Fu: 63276.27

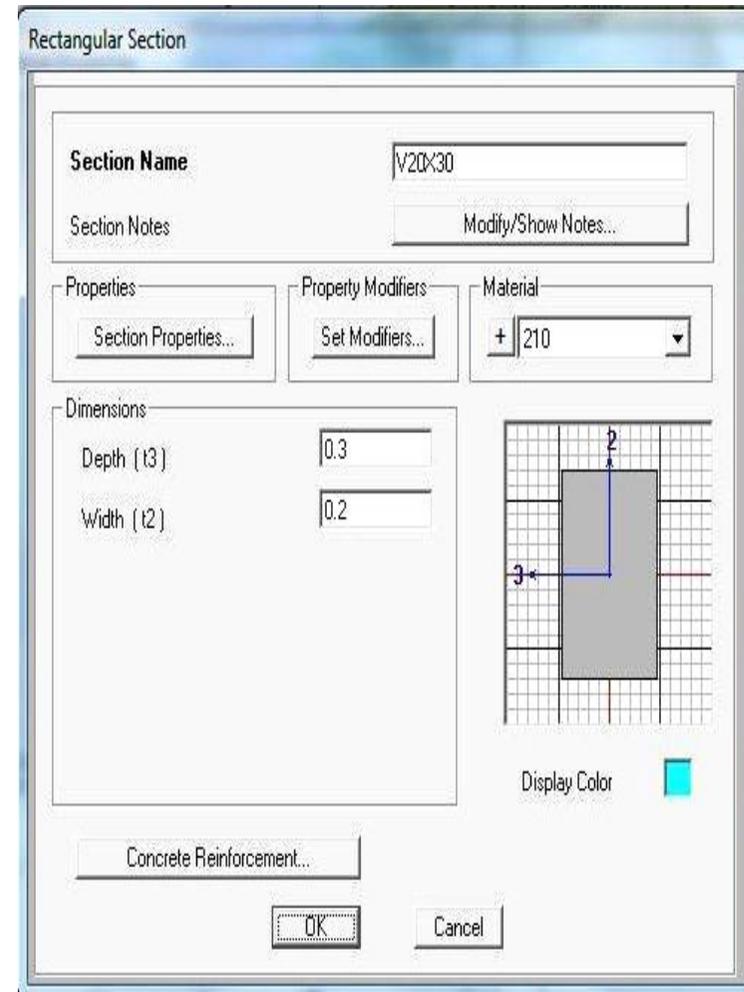
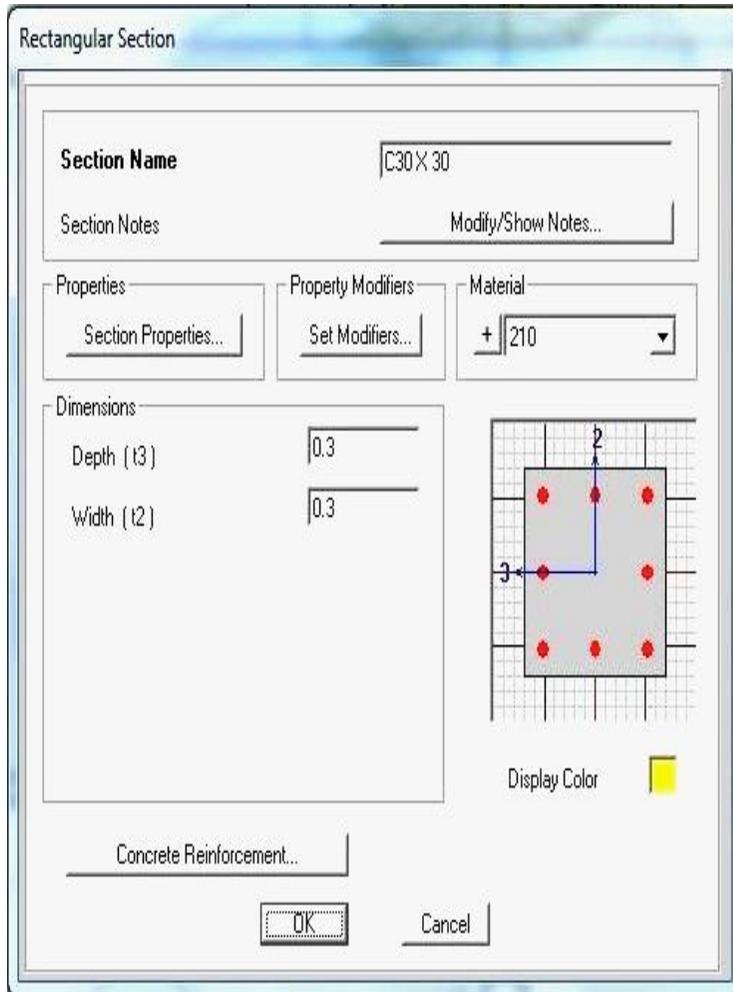
Expected Yield Stress, Fye: 46402.6

Expected Tensile Stress, Fue: 69603.89

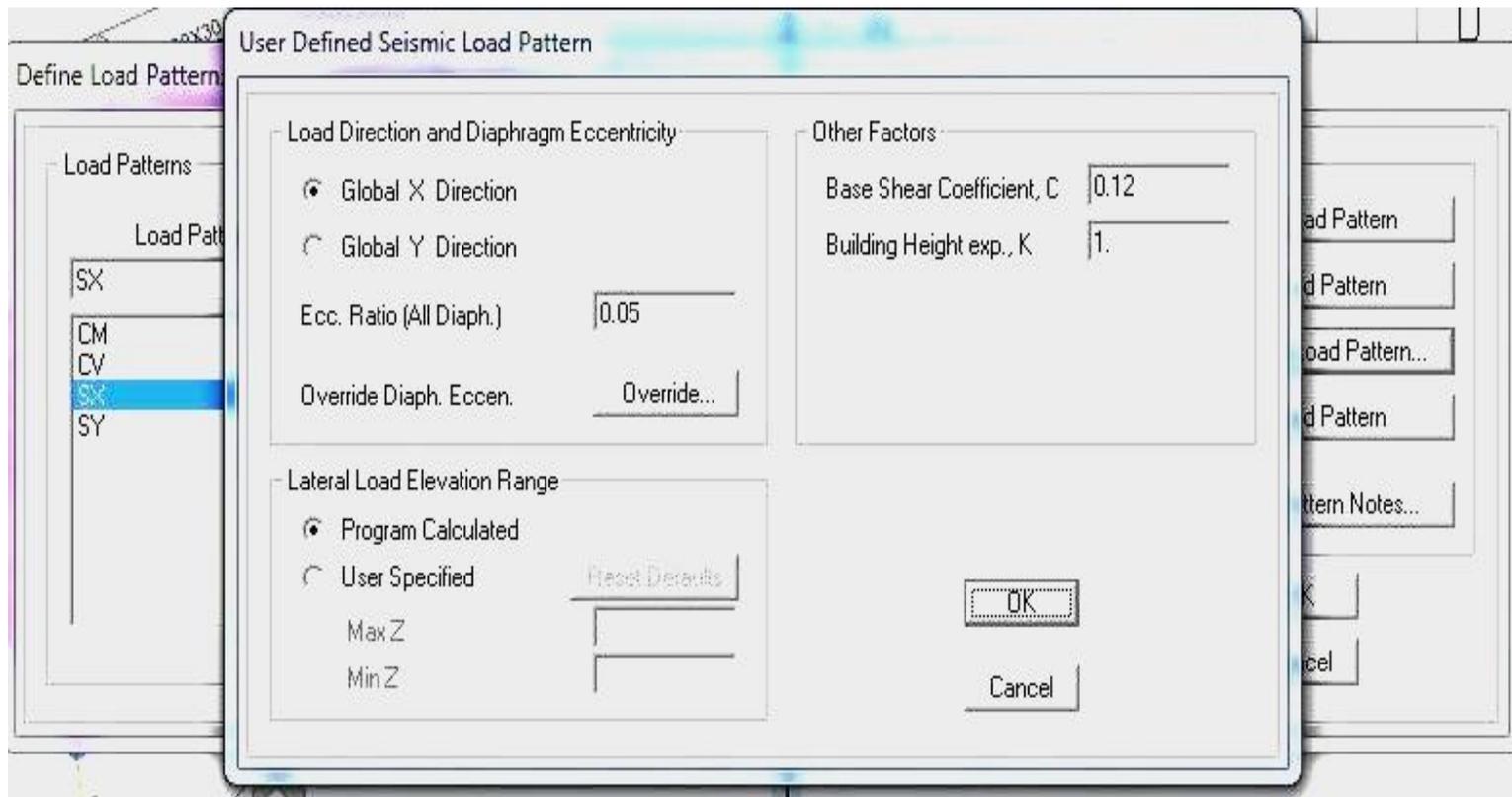
Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

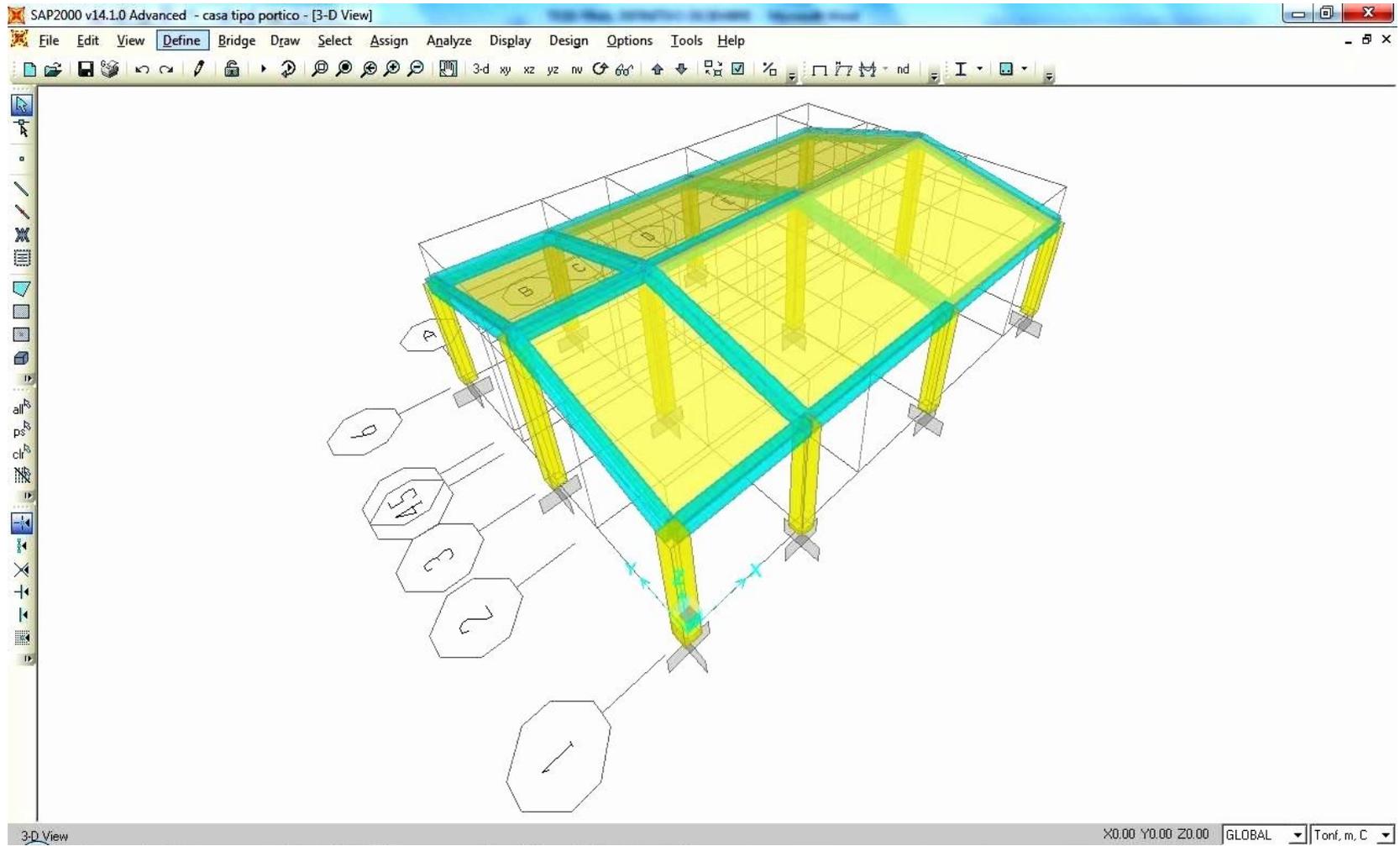
4.2.12.3. Creación Columna y Viga

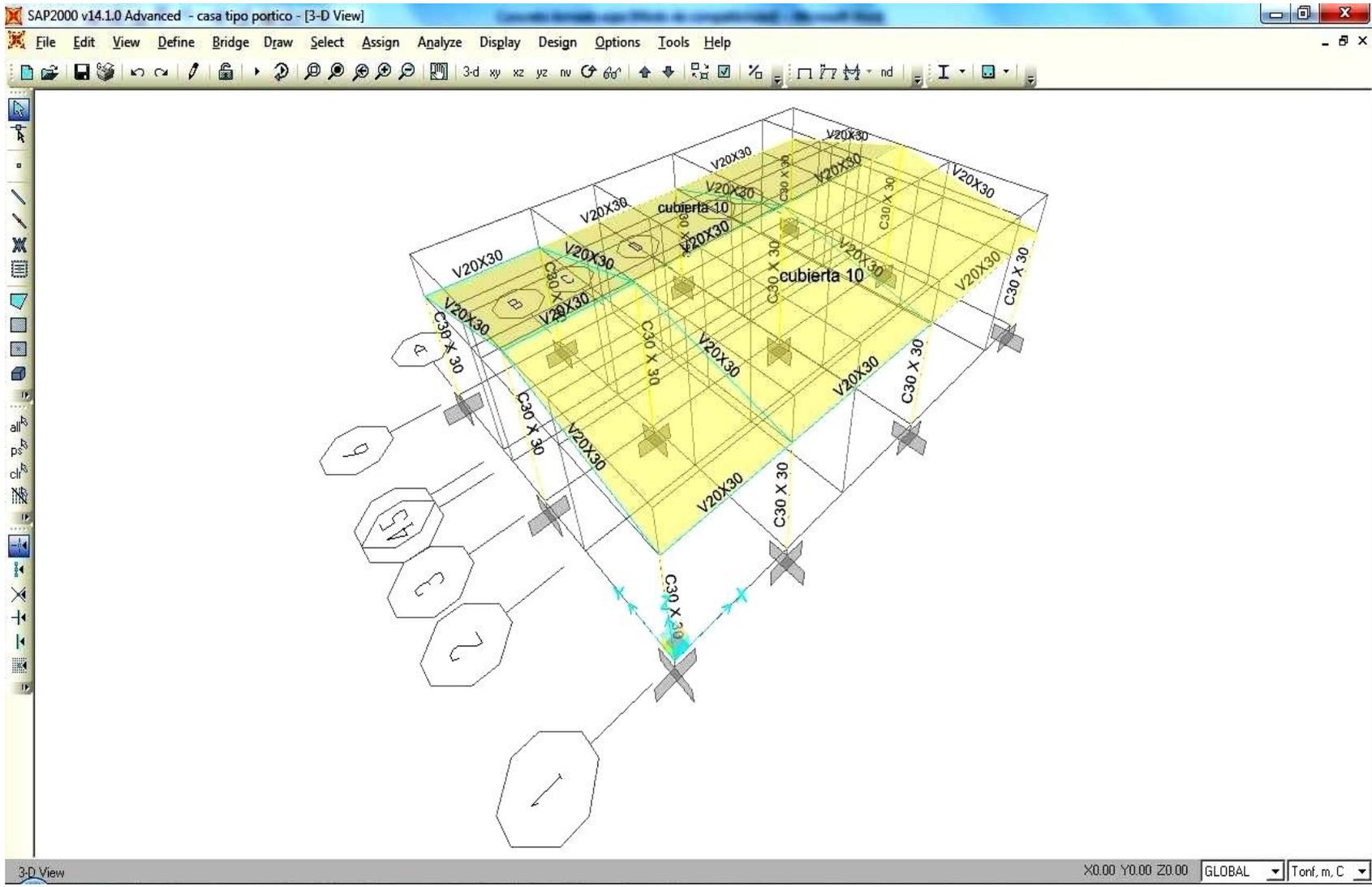


4.2.12.4. Ingreso de datos para análisis sísmico

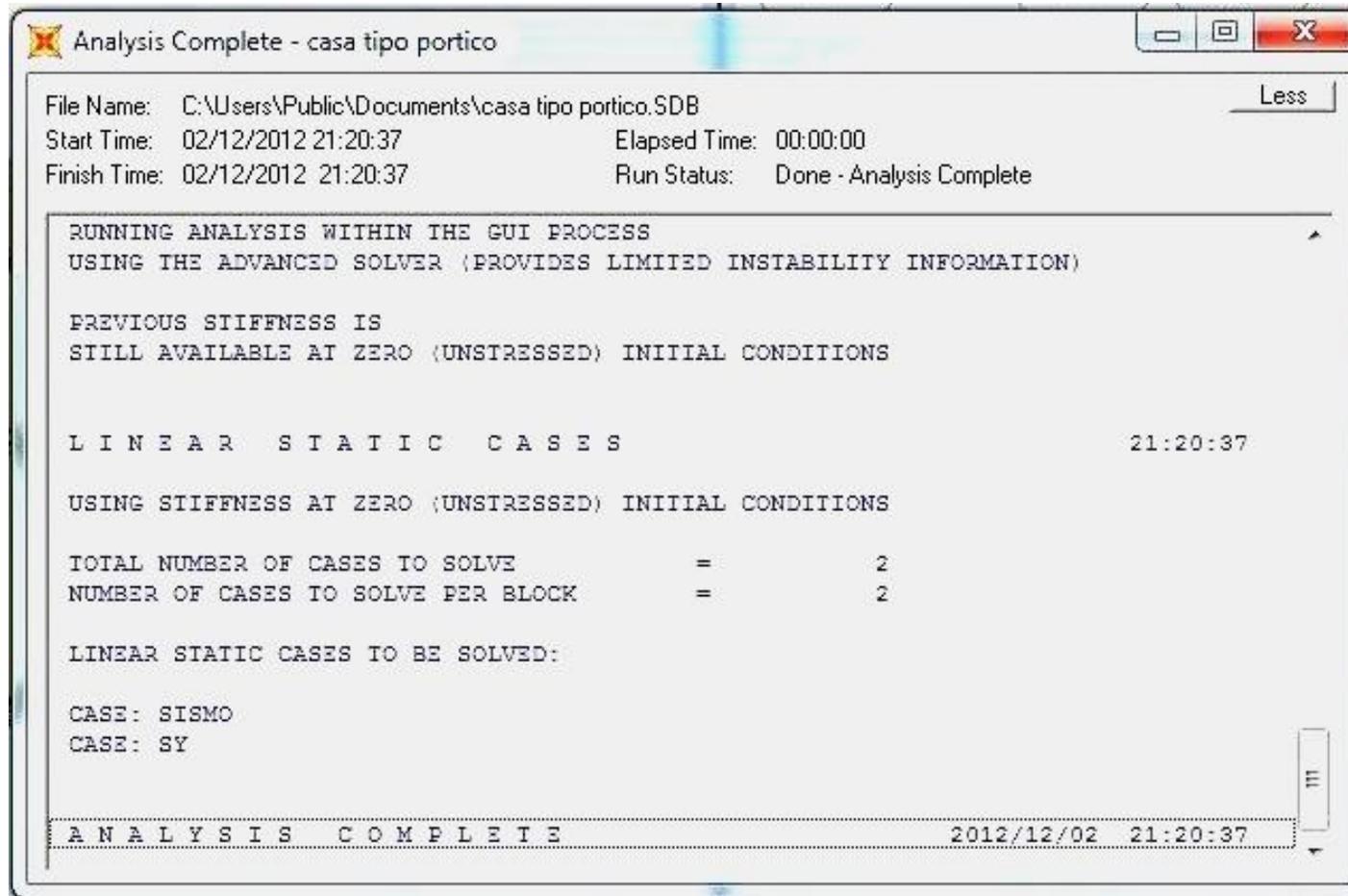


4.2.12.5. Visualización de estructura

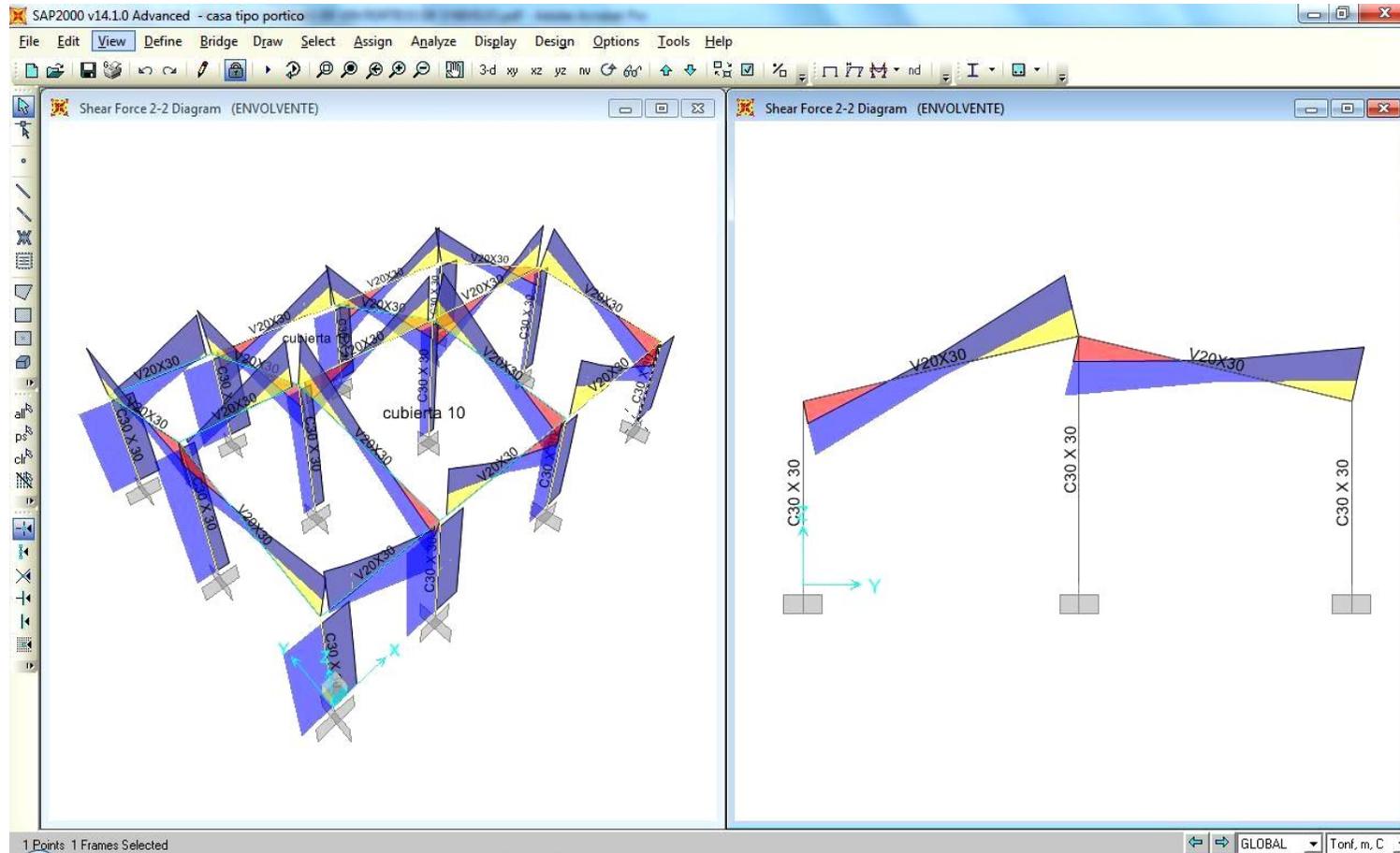


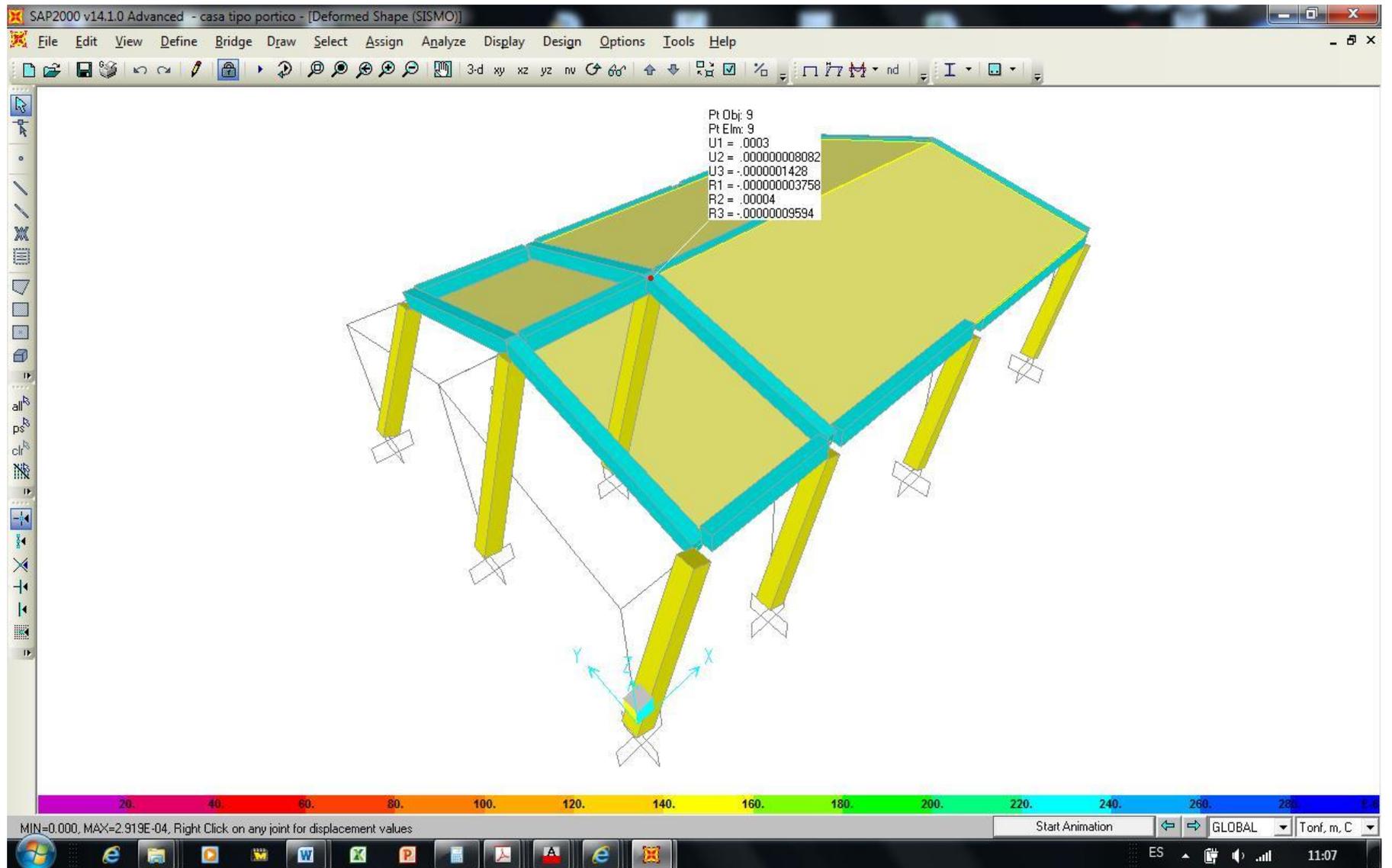


4.2.12.6. Análisis de la estructura



4.2.12.7. Visualización de resultados





4.3 ANÁLISIS DE COSTOS

Para continuar con este estudio se presenta un presupuesto de los rubros que comprenden la estructura de la casa tipo en los dos sistemas constructivos, especificando que dichos valores no incluyen los costos de mano de obra.

PRESUPUESTO DE ESTRUCTURA DE LA CASA TIPO

SISTEMA DE MUROS PORTANTES

| # | DESCRIPCIÓN | U. | CANT. | P.U. | PRECIO TOTAL |
|--------------|---------------------------------------|----------------|---------|--------|----------------|
| 1 | Acero de Refuerzo | Kg | 1030.41 | 1.42 | 1463.18 |
| 2 | Malla R-283 (Ø6@10cm) | m ² | 168.30 | 7.09 | 1193.25 |
| 3 | Malla R-158 (Ø5.5@15cm) | m ² | 160.66 | 4.35 | 698.87 |
| 4 | Malla R-188 (Ø6@15cm) | m ² | 90.37 | 4.74 | 428.35 |
| 5 | Malla R-335 (Ø8@15cm) | m ² | 90.37 | 8.66 | 782.60 |
| 6 | Hormigón f'c = 180 kg/cm ² | m ³ | 39.50 | 121.12 | 4784.24 |
| TOTAL | | | | | 9350.50 |

SISTEMA APORTICADO

| # | DESCRIPCIÓN | U. | CANT. | P.U. | PRECIO TOTAL |
|--------------|---------------------------------------|----------------|---------|--------|----------------|
| 1 | Acero de Refuerzo | Kg | 1619.97 | 1.42 | 2300.36 |
| 2 | Malla R-158 (Ø5.5@15cm) | m ² | 74.92 | 4.35 | 325.90 |
| 3 | Malla R-188 (Ø6@15cm) | m ² | 90.37 | 4.74 | 428.35 |
| 4 | Malla R-335 (Ø8@15cm) | m ² | 90.37 | 8.66 | 782.60 |
| 5 | Hormigón f'c = 210 kg/cm ² | m ³ | 28.84 | 130.20 | 3754.97 |
| TOTAL | | | | | 7592.19 |

Con los resultados presentados en el resumen anterior se puede determinar que el costo de la estructura del sistema de paredes portantes es 23% más elevado que la del sistema aporticado, con la gran diferencia entre las dos armaduras de que la primera se encuentra prácticamente habitable, lo que no ocurre con la aporticada por cuanto esta solamente se encuentra en

esqueleto y para tratar de equilibrarla se requiere de realizar trabajos como colocación de mamposterías, enlucidos, etc., y lo más importante en la construcción el tiempo que conlleva ejecutar estos trabajos.

Por consiguiente con el presente estudio se trata de presentar una alternativa adicional para cuando se dispone de proyectos habitacionales masivos de interés social.

En los anexos se especifica el análisis de precios unitarios de los rubros que intervienen en el presente reporte.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El diseño y análisis de la casa tipo, estuvo basada en las recomendaciones que emite la nueva Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11), la misma que contempla la implementación de normas que deberán cumplirse en los distintos campos de la industria de la construcción para precautelar las vidas humanas, garantizando la calidad de las viviendas y de las construcciones ejecutadas mediante inversiones tanto nivel público como privado, luego de lo cual se puede determinar las siguientes conclusiones:

- Se cumple con el objetivo del presente estudio, el cual es el de entregar un diseño y análisis estructural para una casa tipo mediante el sistema constructivo de paredes portantes y el sistema aporticado, culminando con un análisis de precios de las estructuras, luego de lo cual se determina que la estructura mediante el sistema de muros portantes es 23% más alto que la casa tipo aporticada, especificando que esta estructura, prácticamente se encuentra semi-habitada mientras que la vivienda aporticada está en esqueleto, por lo cual se requerirá ejecutar más rubros para completar el porcentaje de avance de la mencionada casa tipo.
- Los dos sistemas constructivos son confiables ante la solicitud de cargas verticales y horizontales y revisando los resultados obtenido en el sap 2000 se obtiene que la deformada por sismo para el tipo aporticado se tiene el valor máximo de 2.919E-04 (pag. 99), mientras para muros portantes se tiene 1.473E-05 (pag. 54), de donde se concluye que el comportamiento estructural del sistema de paredes portantes como tipo cajón, es superior al sistema aporticado por cuanto presenta mayor

rigidez lateral y más resistencia frente a acciones sísmicas, brindando mayor protección a los elementos no estructurales de la vivienda.

- Para la construcción de viviendas económicas mediante el sistema de paredes portantes, se deberá cumplir con lo estipulado en el NEC-11, Cap. 10, pag. 23, en la cual indica que “el espesor mínimo para estos sistemas estructurales no debe ser menor que $1/30$ de la altura del muro, ni tampoco menor que 80mm”, y además se puede remplazar el acero convencional con mallas electrosoldadas permitiendo optimizar las tareas de obra.
- El sistema aporticado se diseña para que sus elementos se vayan agotando en el caso de un sismo fuerte, en tanto que para el sistema de paredes portantes, se diseña para que resista en el rango elástico un sismo más fuerte.
- El Sistema de Muros Portantes brinda una estructura más segura que el Sistema Aporticado frente a la actuación de cargas sísmicas, por cuanto las paredes y losas conforman grandes diafragmas haciendo un sistema muy rígido, que a su vez si no se cuenta con un correcto estudio del suelo en el caso de asentamiento de la cimentación en el Sistema Aporticado se produce un asentamiento diferencial mientras en el de Muros Portantes todo el bloque tiende a equilibrarse.
- Un aspecto importante a tomar en cuenta para la economía del proyecto es el de las paredes, ya que estas en el Sistema Aporticado se las emplea para divisiones, mientras que en Muros Portantes a más de ser una división es una parte de la estructura.
- Como limitantes a considerar en una vivienda elaborada bajo el Sistema de Paredes Portantes se tiene el que no se puede realizar modificaciones arquitectónicas después de haberla construida, además para las instalaciones sanitarias y eléctricas se deberán establecer

ductos fuera de las paredes, para no establecer comportamientos estructurales ajenos a lo proyectado.

- El programa sap 2000 entrega datos de momento por lo cual estos resultados se debe transformarlos a acero comercial, mientras que de otros programas como el Etabs, se puede obtener en forma directa la cuantías de acero.

5.2 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se pueden emitir son :

- Al realizar el diseño y análisis estructural de un anteproyecto de construcción, en el cual se utilizará alguno de los distintos sistemas constructivos, se lo debe desarrollar cumpliendo con todos los procesos y códigos especificados en la norma de construcción vigente en el país, la cual también se encuentra basada en el ACI 318-11.
- Se debe tener en cuenta que al utilizar el sistema de paredes portantes en unidades habitacionales de más de dos pisos, se deberá cumplir en los pisos superiores con al menos el 90% de su simetría arquitectónica para evitar torsiones en la edificación.
- Previo al diseño estructural de un proyecto constructivo, se recomienda realizar un completo estudio de Mecánica de Suelos, para determinar el tipo de suelo, su capacidad admisible y de ser el caso detallar como mejorarlo.
- Cuando se utiliza un programa informático para el análisis estructural se debe estar capacitado de ingresar los datos de forma correcta, para evitar errores en los resultados obtenidos.
- En el sistema de paredes portantes se recomienda desde el planeamiento y el diseño de la estructura, ubicar las instalaciones sanitarias y eléctricas de tal manera que todas lleguen a un ducto especial con el objetivo de no debilitar las paredes.
- Como el sistema de paredes portantes posee un avance rápido de ejecución se debe tomar las medidas necesarias para que los elementos que la conforman, tengan su debida humedad o curado luego de haberlos confinado, evitando las retracciones que se puede suscitar por no cumplir con este proceso.

- A los estudiantes de Arquitectura se debe entregar información suficiente respecto al comportamiento estructural de sistemas constructivos que se pueden utilizar en nuestro país para nuevos proyectos de vivienda de interés social y que se vayan popularizando en sus aplicaciones.
- Se recomienda a las Instituciones de Educación Superior que incluyan en los pensum de estudio de la Ingeniería Civil, más información acerca del comportamiento de otros Sistemas Constructivos realizando modelos estructurales en programas informáticos para observar el comportamiento de los esfuerzos y realizar comparaciones con el Sistema Aporticado que es el más utilizado en el país.
- A los organismos encargados de emitir la norma NEC-11 (MIDUVI y CCQuito), se solicita que se realice una revisión de la sección mínima (900 cm^2) para columnas en el sistema aporticado, por cuanto durante el presente estudio se pudo comprobar que con una sección de 600 cm^2 , se cumplía con las recomendaciones para diseño sísmoresistente.
- Las estructuras con muros portantes pueden resultar más económicas y más rápidas en construirse que las estructuras aporticadas, siempre y cuando los proyectos por lo menos dispongan de 80 unidades habitacionales, que es el número con el cual se puede amortizar la inversión realizada en la adquisición de los encofrados, lo que no ocurre con el sistema aporticado.
- Luego del análisis presentado queda a criterio del proyectista el utilizar el sistema que más se ajuste a sus requerimientos, disponibilidades o necesidades, conociendo las ventajas y desventajas de los dos sistemas constructivos expuestos en el presente estudio.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

La bibliografía considerada adecuada y que se empleó como fundamento de la investigación propuesta es la siguiente:

- American Concrete Institute (2011). **Building Code Requirements for Structural Concrete ACI 318M-11.**
- Nilson, Arthur H. (1999). ***Diseño de Estructuras de Concreto.*** (12 Ed.) Colombia: McGraw Hill
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (2012). **NEC-11.** Ecuador
- Romo Proaño, Marcelo (2008). ***Diseño de Estructuras de Concreto Armado.*** Quito: Escuela Politécnica del Ejército.
- Torres Beltrán, Héctor A. (2013). ***Tesis “Análisis Comparativo para Vivienda Unifamiliar en la Ciudad de Quito, de Sistemas Constructivos: Pórticos de Hormigón Armado, Paredes Portantes y Emmedue”.*** Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
- Villarreal Castro, Genner (2005). ***Interacción Sísmica Suelo-Pilote-Superestructura en Edificaciones en Edificios Altos.*** (Primera Edición) Perú.

ANEXO 1

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS²³

²³ Tesis UIDE, “Análisis Comparativo para Vivienda Unifamiliar en la Ciudad de Quito, de Sistemas Constructivos: Pórticos de Hormigón Armado, Paredes Portantes y Emmedue”, Héctor Torres



Universidad Internacional Del Ecuador

Análisis Comparativo de Sistemas Constructivos

Formulario de Análisis de Precios Unitarios

RUBRO: **ACERO DE REFUERZO** UNIDAD: **Kg**

A.- MATERIALES

| CÓDIGOS | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
|---------|-------------------------------|--------|----------|-------------|----------------|
| 9 | Acero de refuerzo en varillas | Kg. | 1.050 | 1.05 | 1.10 |
| 10 | Alambre recocido # 18 | Kg. | 0.050 | 1.73 | 0.09 |
| | | | | | \$ 1.19 |

B.- MANO DE OBRA

| CÓDIGOS | TRABAJADOR | No. | J.N.D. | F.S.R. | J.R.D. | R. DIA | COSTO |
|---------|----------------------------------|------|--------|--------|--------|--------|----------------|
| 5 | Inspector de Obra - Categoría IV | 0.10 | 29.10 | 2.46 | 71.59 | 250.00 | 0.03 |
| 2 | Ayudante - Categoría II | 1.00 | 8.00 | 2.55 | 20.40 | 250.00 | 0.08 |
| 18 | Fierrero - Categoría III | 1.00 | 9.53 | 2.53 | 24.12 | 250.00 | 0.10 |
| | | | | | | | \$ 0.21 |

C.- EQUIPO Y MAQUINARIA

| CÓDIGOS | DESCRIPCIÓN | No. | COSTO DIA | R. DIA | COSTO |
|---------|-----------------------------|------|-----------|--------|----------------|
| 12 | Cizalla | 1.00 | 4.98 | 250.00 | 0.02 |
| 4 | Andamios metálicos (módulo) | 4.00 | 0.28 | 250.00 | 0.00 |
| | | | | | \$ 0.02 |

| No. | RESUMEN | |
|-----|-------------------------|--------|
| A | MATERIALES | 1.19 |
| B | MANO DE OBRA | 0.21 |
| C | EQUIPO Y MAQUINARIA | 0.02 |
| D | COSTO DIRECTO DEL RUBRO | A+B+C |
| E | COSTOS INDIRECTOS | 0.00 % |
| F | COSTO UNITARIO TOTAL | D+E |

COSTO UNITARIO DE LA OFERTA \$ 1.42



Universidad Internacional Del Ecuador

Análisis Comparativo de Sistemas Constructivos

Formulario de Análisis de Precios Unitarios

RUBRO: MALLA ELECTROSOLDADA EN LOSA CIMENTACIÓN Ø 6 mm @10 cm. **UNIDAD:** m²

Disponer de una estructura de refuerzo para el hormigón, y que consistirá en el suministro y colocación de malla electrosoldada de la clase, tipo y dimensiones que se indiquen en los planos del proyecto y/o especificaciones.

A.- MATERIALES

| CÓDIGOS | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
|---------|--------------------------------------|----------------|----------|-------------|----------------|
| 241 | Malla electro soldada Ø 6 mm @10 cm. | m ² | 1,100 | 5,95 | 6,55 |
| 10 | Alambre recocido # 18 | Kg. | 0,050 | 1,73 | 0,09 |
| | | | | | \$ 6,63 |

B.- MANO DE OBRA

| CÓDIGOS | TRABAJADOR | No. | J.N.D. | F.S.R. | J.R.D. | R. DÍA | COSTO |
|---------|----------------------------------|------|--------|--------|--------|--------|----------------|
| 18 | Fierrero - Categoría III | 1,00 | 9,53 | 2,53 | 24,12 | 120,00 | 0,20 |
| 2 | Ayudante - Categoría II | 1,00 | 8,00 | 2,55 | 20,40 | 120,00 | 0,17 |
| 5 | Inspector de Obra - Categoría IV | 0,10 | 29,10 | 2,46 | 71,59 | 120,00 | 0,06 |
| | | | | | | | \$ 0,43 |

C.- EQUIPO Y MAQUINARIA

| CÓDIGOS | DESCRIPCIÓN | No. | COSTO DÍA | R. DÍA | COSTO |
|---------|-------------------|------|-----------|--------|----------------|
| 1 | Herramienta menor | 1,00 | 2,52 | 120,00 | 0,02 |
| | | | | | \$ 0,02 |

| No. | RESUMEN | | |
|-----|-------------------------|--------|------|
| A | MATERIALES | | 6,63 |
| B | MANO DE OBRA | | 0,43 |
| C | EQUIPO Y MAQUINARIA | | 0,02 |
| D | COSTO DIRECTO DEL RUBRO | A+B+C | 7,09 |
| E | COSTOS INDIRECTOS | 0,00 % | 0,00 |
| F | COSTO UNITARIO TOTAL | D+E | 7,09 |

COSTO UNITARIO DE LA OFERTA **\$ 7,09**



Universidad Internacional Del Ecuador

Análisis Comparativo de Sistemas Constructivos

Formulario de Análisis de Precios Unitarios

RUBRO: MALLA ELECTROSOLDADA EN PAREDES Ø 5.5 mm @15 cm. **UNIDAD:** m²

Disponer de una estructura de refuerzo para el hormigón, y que consistirá en el suministro y colocación de malla electrosoldada de la clase, tipo y dimensiones que se indiquen en los planos del proyecto y/o especificaciones.

A.- MATERIALES

| CÓDIGOS | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
|---------|--|----------------|----------|-------------|----------------|
| 241 | Malla electrosoldada Ø 5,5 mm a 15 cm. R-158 | m ² | 1,100 | 3,46 | 3,81 |
| 10 | Alambre recocido # 18 | Kg. | 0,050 | 1,73 | 0,09 |
| | | | | | \$ 3,90 |

B.- MANO DE OBRA

| CÓDIGOS | TRABAJADOR | No. | J.N.D. | F.S.R. | J.R.D. | R. DÍA | COSTO |
|---------|----------------------------------|------|--------|--------|--------|--------|----------------|
| 18 | Fierrero - Categoría III | 1,00 | 9,53 | 2,53 | 24,12 | 120,00 | 0,20 |
| 2 | Ayudante - Categoría II | 1,00 | 8,00 | 2,55 | 20,40 | 120,00 | 0,17 |
| 5 | Inspector de Obra - Categoría IV | 0,10 | 29,10 | 2,46 | 71,59 | 120,00 | 0,06 |
| | | | | | | | \$ 0,43 |

C.- EQUIPO Y MAQUINARIA

| CÓDIGOS | DESCRIPCIÓN | No. | COSTO DÍA | R. DÍA | COSTO |
|---------|-------------------|------|-----------|--------|----------------|
| 1 | Herramienta menor | 1,00 | 2,52 | 120,00 | 0,02 |
| | | | | | \$ 0,02 |

| No. | RESUMEN | | |
|-----|-------------------------|--------|------|
| A | MATERIALES | | 3,90 |
| B | MANO DE OBRA | | 0,43 |
| C | EQUIPO Y MAQUINARIA | | 0,02 |
| D | COSTO DIRECTO DEL RUBRO | A+B+C | 4,35 |
| E | COSTOS INDIRECTOS | 0,00 % | 0,00 |
| F | COSTO UNITARIO TOTAL | D+E | 4,35 |

COSTO UNITARIO DE LA OFERTA **\$ 4,35**



Universidad Internacional Del Ecuador

Análisis Comparativo de Sistemas Constructivos

Formulario de Análisis de Precios Unitarios

RUBRO: MALLA ELECTRO SOLDADA EN LOSA Ø 6 mm @15 cm. **UNIDAD:** m²

Disponer de una estructura de refuerzo para el hormigón, y que consistirá en el suministro y colocación de malla electrosoldada de la clase, tipo y dimensiones que se indiquen en los planos del proyecto y/o especificaciones.

A.- MATERIALES

| CÓDIGOS | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
|---------|--------------------------------------|----------------|----------|-------------|----------------|
| 241 | Malla electro soldada Ø 6 mm @15 cm. | m ² | 1,100 | 3,82 | 4,20 |
| 10 | Alambre recocido # 18 | Kg. | 0,050 | 1,73 | 0,09 |
| | | | | | \$ 4,28 |

B.- MANO DE OBRA

| CÓDIGOS | TRABAJADOR | No. | J.N.D. | F.S.R. | J.R.D. | R. DÍA | COSTO |
|---------|----------------------------------|------|--------|--------|--------|--------|----------------|
| 18 | Fierrero - Categoría III | 1,00 | 9,53 | 2,53 | 24,12 | 120,00 | 0,20 |
| 2 | Ayudante - Categoría II | 1,00 | 8,00 | 2,55 | 20,40 | 120,00 | 0,17 |
| 5 | Inspector de Obra - Categoría IV | 0,10 | 29,10 | 2,46 | 71,59 | 120,00 | 0,06 |
| | | | | | | | \$ 0,43 |

C.- EQUIPO Y MAQUINARIA

| CÓDIGOS | DESCRIPCIÓN | No. | COSTO DÍA | R. DÍA | COSTO |
|---------|-------------------|------|-----------|--------|----------------|
| 1 | Herramienta menor | 1,00 | 2,52 | 120,00 | 0,02 |
| | | | | | \$ 0,02 |

| No. | RESUMEN | | |
|-----|-------------------------|--------|------|
| A | MATERIALES | | 4,28 |
| B | MANO DE OBRA | | 0,43 |
| C | EQUIPO Y MAQUINARIA | | 0,02 |
| D | COSTO DIRECTO DEL RUBRO | A+B+C | 4,74 |
| E | COSTOS INDIRECTOS | 0,00 % | 0,00 |
| F | COSTO UNITARIO TOTAL | D+E | 4,74 |

COSTO UNITARIO DE LA OFERTA **\$ 4,74**



Universidad Internacional Del Ecuador

Análisis Comparativo de Sistemas Constructivos

Formulario de Análisis de Precios Unitarios

RUBRO: MALLA ELECTROSOLDADA EN LOSA Ø 8 mm @15 cm. **UNIDAD:** m²

Disponer de una estructura de refuerzo para el hormigón, y que consistirá en el suministro y colocación de malla electrosoldada de la clase, tipo y dimensiones que se indiquen en los planos del proyecto y/o especificaciones.

A.- MATERIALES

| CÓDIGOS | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
|---------|---|----------------|----------|-------------|----------------|
| 84 | Malla electrosoldada Ø 8 mm. a 15 cm. R-335 | m ² | 1,100 | 7,34 | 8,08 |
| 10 | Alambre recocido # 18 | Kg. | 0,050 | 1,73 | 0,09 |
| | | | | | \$ 8,16 |

B.- MANO DE OBRA

| CÓDIGOS | TRABAJADOR | No. | J.N.D. | F.S.R. | J.R.D. | R. DÍA | COSTO |
|---------|----------------------------------|------|--------|--------|--------|--------|----------------|
| 18 | Fierrero - Categoría III | 1,00 | 9,53 | 2,53 | 24,12 | 110,00 | 0,22 |
| 2 | Ayudante - Categoría II | 1,00 | 8,00 | 2,55 | 20,40 | 110,00 | 0,19 |
| 5 | Inspector de Obra - Categoría IV | 0,10 | 29,10 | 2,46 | 71,59 | 110,00 | 0,07 |
| | | | | | | | \$ 0,47 |

C.- EQUIPO Y MAQUINARIA

| CÓDIGOS | DESCRIPCIÓN | No. | COSTO DÍA | R. DÍA | COSTO |
|---------|-------------------|------|-----------|--------|----------------|
| 1 | Herramienta menor | 1,00 | 2,52 | 110,00 | 0,02 |
| | | | | | \$ 0,02 |

| No. | RESUMEN | | |
|-----|-------------------------|--------|------|
| A | MATERIALES | | 8,16 |
| B | MANO DE OBRA | | 0,47 |
| C | EQUIPO Y MAQUINARIA | | 0,02 |
| D | COSTO DIRECTO DEL RUBRO | A+B+C | 8,66 |
| E | COSTOS INDIRECTOS | 0,00 % | 0,00 |
| F | COSTO UNITARIO TOTAL | D+E | 8,66 |

COSTO UNITARIO DE LA OFERTA **\$ 8,66**



Universidad Internacional Del Ecuador

Análisis Comparativo de Sistemas Constructivos

Formulario de Análisis de Precios Unitarios

RUBRO: **HORMIGÓN PREMEZCLADO $f_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$** UNIDAD: **m³**

A.- MATERIALES

| CÓDIGOS | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
|---------|--|----------------|----------|-------------|-----------------|
| 167 | Hormigón (HQ) Premezclado $f_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$ (Incluye Bomba y Transport | m ³ | 1.030 | 80.68 | 83.10 |
| | | | | | \$ 83.10 |

B.- MANO DE OBRA

| CÓDIGOS | TRABAJADOR | No. | J.N.D. | F.S.R. | J.R.D. | R. DIA | COSTO |
|---------|----------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| 1 | Peón - Categoría I | 7.00 | 8.00 | 2.55 | 20.40 | 20.00 | 7.14 |
| 3 | Albañil - Categoría III | 5.00 | 9.53 | 2.53 | 24.12 | 20.00 | 6.03 |
| 5 | Inspector de Obra - Categoría IV | 1.00 | 29.10 | 2.46 | 71.59 | 20.00 | 3.58 |
| 20 | Carpintero - Categoría III | 5.00 | 9.53 | 2.53 | 24.12 | 20.00 | 6.03 |
| 2 | Ayudante - Categoría II | 10.00 | 8.00 | 2.55 | 20.40 | 20.00 | 10.20 |
| | | | | | | | \$ 32.98 |

C.- EQUIPO Y MAQUINARIA

| CÓDIGOS | DESCRIPCIÓN | No. | COSTO DIA | R. DIA | COSTO |
|---------|-------------------|-------|-----------|--------|----------------|
| 1 | Herramienta menor | 13.00 | 2.52 | 20.00 | 1.64 |
| 3 | Vibrador | 2.00 | 34.00 | 20.00 | 3.40 |
| | | | | | \$ 5.04 |

| No. | RESUMEN | |
|-----|-------------------------|--------------|
| A | MATERIALES | 83.10 |
| B | MANO DE OBRA | 32.98 |
| C | EQUIPO Y MAQUINARIA | 5.04 |
| D | COSTO DIRECTO DEL RUBRO | A+B+C 121.12 |
| E | COSTOS INDIRECTOS | 0.00 % 0.00 |
| F | COSTO UNITARIO TOTAL | D+E 121.12 |

COSTO UNITARIO DE LA OFERTA \$ 121.12



Universidad Internacional Del Ecuador

Análisis Comparativo de Sistemas Constructivos

Formulario de Análisis de Precios Unitarios

| | |
|---|------------------------------|
| RUBRO: HORMIGÓN PREMEZCLADO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ | UNIDAD: m³ |
|---|------------------------------|

A.- MATERIALES

| CÓDIGOS | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
|---------|---|----------------|----------|-------------|-----------------|
| 167 | Hormigón (HQ) Premezclado $f_c = 210 \text{ Kg./cm}^2$ (Incluye Bomba y Transportación) | m ³ | 1.030 | 89.50 | 92.19 |
| | | | | | \$ 92.19 |

B.- MANO DE OBRA

| CÓDIGOS | TRABAJADOR | No. | J.N.D. | F.S.R. | J.R.D. | R. DIA | COSTO |
|---------|----------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| 1 | Peón - Categoría I | 7.00 | 8.00 | 2.55 | 20.40 | 20.00 | 7.14 |
| 3 | Albañil - Categoría III | 5.00 | 9.53 | 2.53 | 24.12 | 20.00 | 6.03 |
| 5 | Inspector de Obra - Categoría IV | 1.00 | 29.10 | 2.46 | 71.59 | 20.00 | 3.58 |
| 20 | Carpintero - Categoría III | 5.00 | 9.53 | 2.53 | 24.12 | 20.00 | 6.03 |
| 2 | Ayudante - Categoría II | 10.00 | 8.00 | 2.55 | 20.40 | 20.00 | 10.20 |
| | | | | | | | \$ 32.98 |

C.- EQUIPO Y MAQUINARIA

| CÓDIGOS | DESCRIPCIÓN | No. | COSTO DIA | R. DIA | COSTO |
|---------|-------------------|-------|-----------|--------|----------------|
| 1 | Herramienta menor | 13.00 | 2.52 | 20.00 | 1.64 |
| 3 | Vibrador | 2.00 | 34.00 | 20.00 | 3.40 |
| | | | | | \$ 5.04 |

| No. | RESUMEN | |
|-----|-------------------------|--------------|
| A | MATERIALES | 92.19 |
| B | MANO DE OBRA | 32.98 |
| C | EQUIPO Y MAQUINARIA | 5.04 |
| D | COSTO DIRECTO DEL RUBRO | A+B+C 130.20 |
| E | COSTOS INDIRECTOS | 0.00 % 0.00 |
| F | COSTO UNITARIO TOTAL | D+E 130.20 |

| | |
|------------------------------------|------------------|
| COSTO UNITARIO DE LA OFERTA | \$ 130.20 |
|------------------------------------|------------------|

ANEXO 2

PLANOS DEL SISTEMA DE MUROS PORTANTES

ANEXO 3

PLANOS DEL SISTEMA APORTICADO