

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO INMOBILIARIO  
CONJUNTO RESIDENCIAL SOL DE ICA, II ETAPA  
ESTRUCTURACION CON ALBAÑILERIA CONFINADA Y  
MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**JOHN ROBERT JAMANCA CARBAJAL**

**Lima- Perú**

**2010**

Dedicatoria:

“Primeramente a Dios por la gracia de la vida, a mis queridos padres y hermanos, que no claudicaron en su confianza y apoyo, a ti Mariela por tu constante amor y paciencia, y a todos aquellos que han marcado mi pasión por la ingeniería y han hecho posible esta realización, mi gratitud eterna, cuyos nombres son interminables.”

## RESUMEN

En el presente informe se desarrolla la comparación de diseño estructural de una vivienda típica del Proyecto Inmobiliario Conjunto Residencial Sol de Ica, con muros de albañilería confinada que es un sistema convencional y muros de ductilidad limitada, y sistema industrializado.

Actualmente en los proyectos inmobiliarios se están empleando las edificaciones con muros de ductilidad limitada que en su mayoría son viviendas multifamiliares de hasta cinco pisos, con mayor notoriedad en la capital, lo cual se está extendiendo hacia otros puntos, como Ica.

Las aplicaciones de muros de concreto armado mayormente son aplicadas por la rapidez constructiva e industrialización y menores plazos de ejecución.

Las edificaciones con Albañilería Confinada siguen teniendo preferencia por la disponibilidad de materiales.

Los diseños que se empleen están supeditados, a los costos que demanden por su ubicación y disponibilidad de materiales, así como el gusto y confort de la vivienda. Para el cual el ingeniero especialista en estructuras tendrá que estar familiarizado ante estas demandas en proyectos inmobiliarios.

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>FIGURA N°1.01:</b> Edificación típica con albañilería confinada	5
<b>FIGURA N° 1.02:</b> Elementos del sistema estructural típico en albañilería confinada.	10
<b>FIGURA N° 1.03:</b> Construcción de edificación con muros de ductilidad Limitada.	13
<b>FIGURA N° 1.04:</b> Cimentación típica para EMDL.	16
<b>FIGURA N° 1.05:</b> Cuantía de acero en bordes no confinados.	18
<b>FIGURA N° 1.06:</b> Muros típico para EMDL.	20
<b>FIGURA N° 1.07:</b> Losa típica para EMDL.	21
<b>FIGURA N° 1.08:</b> Esquema de interacción de fuerzas actuantes, en falla por corte.	27
<b>FIGURA N° 1.09:</b> Esquema de interacción de fuerzas actuantes, en falla por flexión.	27
<b>FIGURA N° 1.10:</b> Combinación de resistencia con ductilidad.	28
<b>FIGURA N° 1.11:</b> Formas de ductilidad.	29
<b>FIGURA N° 1.12:</b> Deformación Plástica.	30
<b>FIGURA N° 1.13:</b> Modos de Falla en Muros de Concreto Armado.	31
<b>FIGURA N° 2.01:</b> Modelo matemático de la edificación en 3D.	36
<b>FIGURA N° 2.02:</b> Espectro de pseudo-aceleraciones dirección	

X, Y – R=4.5.	39
<b>FIGURA N° 2.03:</b> Periodo $T_1 = 0.1432$ seg, traslacional.	41
<b>FIGURA N° 2.04:</b> $T_2 = 0.0710$ seg, traslacional.	41
<b>FIGURA N° 2.05:</b> Desplazamientos máximos y relativos.	43
<b>FIGURA N° 2.06:</b> Desplazamientos máximos y relativos.	43
<b>FIGURA N° 2.07:</b> Modelo matemático de la edificación en 3D.	44
<b>FIGURA N° 2.08:</b> Espectro de pseudo-aceleraciones dirección	
X, Y – R=3 EDML.	47
<b>FIGURA N° 2.09:</b> Periodo fundamental $T_1 = 0.0424$ , traslacional.	49
<b>FIGURA N° 2.10:</b> Periodo $T_2=0.030$ , traslacional.	49
<b>FIGURA N° 2.11:</b> Desplazamientos máximos y relativos.	51
<b>FIGURA N° 2.12:</b> Desplazamientos máximos y relativos.	51
<b>FIGURA N° 2.13:</b> Ubicación y notación de muros portantes, primer nivel.	54
<b>FIGURA N° 2.14:</b> Ubicación y notación de muros portantes, segundo nivel.	55
<b>FIGURA N° 2.15:</b> Esfuerzos por combinación de carga muerta (CM) y carga viva (CM) en el muro MX1.	58
<b>FIGURA N° 2.16:</b> Esfuerzos por combinación de carga muerta (CM) y carga viva (CM) en el muro MX4.	58
<b>FIGURA N° 2.17:</b> Esfuerzos de corte por sismo (SXP) en el muro MX1.	59
<b>FIGURA N° 2.18:</b> Esfuerzos de corte por sismo (SYP) en el muro MX4.	60
<b>FIGURA N° 2.19:</b> Esfuerzos de corte para combinación de cargamuerta	

SERV2.(CM) y carga de Sismo (SXP).	60
<b>FIGURA N° 2.20:</b> Esfuerzos de corte para combinación de carga muerta SERV2. (CM) y carga de Sismo (SXP).	61
<b>FIGURA N° 2.21:</b> Esfuerzos de corte para combinación de carga muerta SERV3. (CM) y carga de Sismo (SYP).	61
<b>FIGURA N° 2.22:</b> Diagrama Esfuerzo – Desplazamiento de Barras de 8mm de Diámetro.	64
<b>FIGURA 2.23:</b> Diagrama Esfuerzo – Desplazamiento de Mallas Electrosoldadas de 7mm de Diámetro.	65
<b>FIGURA N° 2.24:</b> Diagrama Esfuerzo – Desplazamiento de Malla Electrosoldada de 7mm de Diámetro y Barras Corrugadas de 8mm y 1/2" de Diámetro.	66
<b>FIGURA N° 2.25:</b> Grafico de distribución de asentamientos en la interacción suelo estructura.	67
<b>FIGURA N° 2.26:</b> Diagrama de transmisión de esfuerzos al terreno.	68
<b>FIGURA N° 2.27:</b> Distribución de aceros de refuerzo, varillas #3 y #4.	68
<b>FIGURA N° 2.28:</b> Distribución en planta de los muros de concreto armado de espesor 0.10m, primer entrepiso.	69
<b>FIGURA N° 2.29:</b> Distribución de aceros verticales muro MX1, opción que permite el programa ETABS, para el diseño.	70
<b>FIGURA N° 2.30:</b> Diseño de malla de refuerzo para las sollicitaciones	

de cargas M1X.	70
<b>FIGURA N° 2.31:</b> Distribución de aceros verticales muro MY1, opción que permite el programa ETABS, para el diseño.	71
<b>FIGURA N° 2.32:</b> Diseño de malla de refuerzo para las solicitaciones de cargas M1Y.	72
<b>FIGURA N° 2.33:</b> Techo del segundo piso deformación debido a la carga viva $d_{max}=0.024\text{cm}$ .	73
<b>FIGURA N° 2.34:</b> Primer piso deformación debido a la Carga viva $d_{max}=0.027\text{cm}$ .	73
<b>FIGURA N° 2.35:</b> Esfuerzos $S_{11}$ , en la cara inferior de la losa maciza	75
<b>FIGURA N° 2.36:</b> Esfuerzos $S_{22}$ , en la cara inferior de la losa maciza.	76
<b>FIGURA N° 2.37:</b> Distribución de Momentos dirección X.	76
<b>FIGURA N° 2.38:</b> Distribución de acero dirección X.	77
<b>FIGURA N° 2.39:</b> Distribución de Momentos dirección Y.	78
<b>FIGURA N° 2.40:</b> Distribución de acero dirección Y.	79
<b>FIGURA N° 2.41:</b> Armado final de la losa maciza en dos direcciones; primer piso	79
<b>FIGURA N° 2.42:</b> Esfuerzos $S_{11}$ , y $S_{22}$ en la cara inferior de la losa maciza.	80
<b>FIGURA N° 2.43:</b> Diagrama de flujo general del proceso del reforzamiento estructural.	81

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>TABLA N°1.01:</b> Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales.	6
<b>TABLA N° 1.02:</b> Limitaciones en el Uso de la Unidad de Albañilería para Fines Estructurales.	6
<b>TABLA N° 1.03:</b> Granulometría de la Arena Gruesa - Norma E.070.	7
<b>TABLA N° 1.04:</b> Tipos de mortero – Norma E.070.	7
<b>TABLA N° 2.01:</b> Parámetros para el análisis sísmico utilizados en el modelo.	38
<b>TABLA N° 2.02:</b> Fuerzas Cortantes en la Base.	40
<b>TABLA N° 2.03:</b> Participación Modal.	40
<b>TABLA 2.04:</b> Distorsiones para Cada Punto por Piso.	42
<b>TABLA N° 2.05:</b> Parámetros para el Análisis Sísmico Utilizados en el Modelo.	46
<b>TABLA N° 2.06:</b> Fuerzas Cortantes en la Base.	48
<b>TABLA N° 2.07:</b> Participación Modal.	48
<b>TABLA N° 2.08:</b> Distorsiones para Cada Punto por Piso.	50
<b>TABLA N° 2.09:</b> Momentos Resistentes.	52
<b>TABLA N° 2.10:</b> Densidad de muros dirección X.	56
<b>TABLA N° 2.11:</b> Densidad de muros dirección Y.	57



<b>TABLA N° 2.12:</b> Resumen de resultado de análisis dirección X.	62
<b>TABLA N° 2.13:</b> Resumen de resultado de análisis dirección Y.	62
<b>TABLA N° 2.14:</b> Valores de Propiedades del Acero.	63
<b>TABLA N° 2.15:</b> Resultado del Ensayo de Tracción de Barras de 8mm de Diámetro.	64
<b>TABLA N° 2.16:</b> Resultado del Ensayo de Tracción de Mallas electrosoldadas de 7mm de Diámetro.	66

## LISTA DE SIMBOLOS

- $\Delta_y$  : Desplazamiento nominal resultante.
- $l_n$  : Distancia vertical neta entre pisos.
- $l_w$  : Longitud de muro.
- $\rho_l$  : Proporción de refuerzo vertical (cuantía).
- $f_y$  : Resistencia del refuerzo a la fluencia.
- $f_c'$  : Resistencia a la compresión del concreto.
- L : Longitud total del muro (incluyendo columnas si existen).
- t : Espesor efectivo del muro.
- $v_m$  : Resistencia característica a corte de la albañilería.
- $P_g$  : Carga gravitacional de servicio.
- $V_e$  : Fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico.
- $M_e$  : Momento flector del muro obtenido del análisis elástico.
- Nc : Número de columnas de confinamiento en el muro en análisis.
- $\phi$  : Factor de reducción.
- $A_s$  : Área del refuerzo vertical en el extremo del muro.
- $\Delta_i/h_e$  : Desplazamiento relativo de entrepiso.
- C : Profundidad del eje neutro.
- $\Delta_m$  : Desplazamiento del nivel más alto del muro.

1.3.6 Estructuración con Muros de Ductilidad Limitada	21
1.3.7 Espesores Mínimos	22
1.4. CRITERIOS GENERALES DE ESTRUCTURACION	22
1.4.1 Simplicidad y Simetría	23
1.4.2 Simetría	23
1.4.3 Continuidad	23
1.4.4 Longitud y densidad mínima de muros	24
1.4.5 Peso de la Estructura	24
1.4.6 Diafragmas Horizontales	24
1.4.7 Rigidez Lateral	24
1.4.8 Cimentación	25
1.5. COMPORTAMIENTO DE LA EDIFICACION CON ALBANILERIA CONFINADA	25
1.5.1 Agrietamiento Por Corte	25
1.5.2 Separación del Marco de Confinamiento del Muro	26
1.5.3 Falla por corte	26
1.5.4 Falla por flexión	27
1.6. COMPORTAMIENTO DE LA EDIFICACION CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	28
1.6.1 Resistencia y Ductilidad en Muros Estructurales de Concreto Armado	28

1.6.2 Modos de Falla en Muros de Concreto	31
<b>CAPITULO II: DISEÑO ESTRUCTURAL PARA VIVIENDA TIPO DEL PROYECTO</b>	
2.1. ANALISIS ESTRUCTURAL DE VIVIENDA TIPO CON ALBAÑILERIA CONFINADA Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	33
2.1.1. Características	33
2.1.2. Estructuración	34
2.1.3. Pre dimensionamiento	35
2.1.4. Análisis Estructural	36
2.2 DISEÑO DE MUROS DE ALBAÑILERIA CONFINADA	53
2.2.1. Cimentación	53
2.2.2. Diseño por Esfuerzos de Corte	53
2.2.3. Diseño de Muros por Esfuerzos de Corte	62
2.3. DISEÑO DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	63
2.3.1. Características del acero de refuerzo	63
2.3.2. Cimentación	67
2.3.3. Muros	69
2.3.4. Losas	72
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFIA	85
ANEXOS	86

## INTRODUCCION

El mercado de viviendas durante años ha sido atendido principalmente por el sector informal (autoconstrucción), lo que ha producido viviendas de baja calidad con elevados costos financieros y sociales. Existe, en tanto, un severo déficit de oferta habitacional de calidad y accesibles a sectores mayoritarios de la población, razón por la cual existen Programas de Vivienda que ofrecen viviendas seguras y atractivas con nuevos sistemas constructivos, los cuales deben garantizar menores costos, tiempos de ejecución y adecuada calidad de las viviendas.

En el presente informe comparativo, se toman las viviendas desarrolladas en el Proyecto Inmobiliario Conjunto Residencial Sol de Ica, II Etapa, tomando como alternativa sistemas convencionales con Albañilería Confinada y sistemas industrializados como Muros de Ductilidad Limitada, a fin de obtener un comportamiento más real, se ha considerado el efecto de flexibilidad de la base llamado Interacción Sísmica Suelo Estructura.

Los parámetros evaluados en el presente informe fueron los mismos en ambos casos, partiendo de la premisa que toda estructura debe cumplir con las exigencias de las Normas de Diseño Sismoresistente E.030 y otras Normas de Diseño Estructural vigentes.

En el primer capítulo se desarrolla los conceptos básicos, requisitos, estructuración y evaluación de los muros para los sistemas de Albañilería Confinada y Muros de Ductilidad Limitada; la segunda parte comprende los criterios, características del modelo matemático mediante el empleo de los programas de análisis estructural ETABS 9.7 y SAFE 12.0 cuyos programas toman como referencia el código ACI 318-05 ,y finalmente se presentan los diseños de muros requeridos tanto para el sistema de Albañilería Confinada y Muros de Ductilidad Limitada.

## CAPITULO I: CONCEPTOS GENERALES Y ESTRUCTURACION SISMICA

### 1.1. GENERALIDADES

#### 1.1.1. Antecedentes

Las edificaciones en proyectos inmobiliarios que se desarrollan en ciudades en expansión como Ica en su gran mayoría son estructurados con albañilería confinada como el sistema tradicional empleado en muchas partes del Perú, y alternativamente sistemas estructurales de losas y muros delgados de concreto armado para las edificaciones desde el punto de vista económico y rapidez constructiva, llamados edificaciones con muros de ductilidad limitada, que aun falta promover en el Sector Construcción, debido a que existe incertidumbre por su comportamiento estructural ante un eventual sismo.

#### 1.1.2. Memoria Descriptiva del Proyecto

En el presente Proyecto se desarrolla el análisis y diseño estructural de una vivienda tipo correspondiente a un Programa de Vivienda Económico, para el cual se realiza el diseño con albañilería confinada y muros de ductilidad limitada, que se ubica en el la ciudad de Ica, Provincia y Departamento de Ica.

El diseño arquitectónico ha sido tomado del Proyecto "Conjunto Residencial Sol de Ica – II Etapa", cuya "casa tipo 4 ubicado interior en calle" del Plano de Lotización, está proyectado sobre un terreno rectangular de 150.00 m<sup>2</sup> (10.00 mx15.00 m), la edificación está conformado por dos niveles con altura típica de 2.40m.

El tipo de suelo, sobre el cual se asentara los cimientos de la vivienda (platea de cimentación y vigas), es un limo arenoso, cuya capacidad portante obtenido del Estudio de Mecánica de Suelos resulta 0.75 kg/cm<sup>2</sup>, para el cual se hace un mejoramiento de la capacidad del suelo mediante el reemplazo del material por un relleno de préstamo.

Posteriormente se realiza un pre dimensionamiento de los elementos estructurales para cada tipo de estructura, de acuerdo a los criterios planteados en el diseño estructural, así como recomendaciones de orden práctico.

Luego, se realiza el metrado de sobrecargas para dar paso al análisis sísmico teniendo como referencia las indicaciones en la Norma Técnica Peruana Sismoresistente E.030, y comprobar que la rigidez asignada en cada dirección sea la adecuada.

Finalmente se diseñan todos los elementos estructurales, cumpliendo con lo enunciado por la Norma de Concreto Armado E.060.

Para cada tipo de sistema estructural se diseñan los siguientes elementos:

Albañilería Confinada:

- Platea de cimentación
- Muros de corte
- Columnas de confinamiento
- Vigas y dinteles

Losa aligerada

Muros de Ductilidad Limita:

- Platea de cimentación
- Muros de concreto armado
- Losa maciza

### 1.1.3. Especificaciones Técnicas

Albañilería Confinada

Para la vivienda típica propuesta con albañilería confinada y muros de ductilidad limitada, con capacidad portante del terreno obtenida ( $q_a=0.75 \text{ kg/cm}^2$ ), para ambos casos se cimienta sobre una platea de cimentación con concreto  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  de 0.20 m de espesor y recubrimiento de 0.04 m; sobre un relleno controlado de material de préstamo con un espesor mínimo de 0.30 m, compactado con material afirmado, siendo su proctor modificado al 97%; para dejar el área de apoyo de la estructura en un solado de cimentación con

concreto C:H 1:12 ( $e=0.10$  m), posteriormente la platea de cimentación.

La edificación de albañilería confinada, está compuesto por unidades de ladrillos KK de arcilla Tipo IV, unidos entre sí con mortero de cemento y arena en proporción 1:4, con espesor de junta máximo de 0.01 m, que al final de cada paño se confina mediante columnas, la losa aligerada de 0.20 m de espesor y las vigas; para el cual se emplea concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, con acero de refuerzo de  $f'y=4200$  kg/cm<sup>2</sup>.

### Muros de Ductilidad Limitada

Los muros de ductilidad limitada presentan un espesor de 0.10 m de espesor el cual brinda las condiciones mínimas para una adecuada colocación de acero  $f'y=4,200$  kg/cm<sup>2</sup> y vaciado de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Las losas de entrepiso son de 0.125 m de espesor excepto en las zonas de servicios higiénicos donde la losa es de 0.15 m debido a que dentro de ellas se ubican las instalaciones sanitarias.

Al concreto en estado fresco se adicionan fibras de propileno en proporción 0.6 kg/m<sup>3</sup>, tanto al concreto de muros y losas para mejorar la adherencia y controlar fisuras en su superficie.

## 1.2. ALBAÑILERIA CONFINADA

Este es el sistema de construcción que se emplea en casi todo el Perú para edificios de hasta cinco pisos.

La albañilería confinada es un sistema estructural en el cual la armadura se coloca en los elementos de concreto, verticales y horizontales, que confinan al paño de albañilería; el vaciado de estos elementos de confinamiento se realizan posteriormente a la construcción del muro; este proceso hace que en los muros confinados se genere una integración del concreto y la albañilería, con lo cual todo el sistema funciona como una sola unidad.

En edificaciones diafragmadas la función del confinamiento es doble: para cargas coplanares su función esencial es aumentar la capacidad de deformación después que los muros se agrieten, es decir proporcionan ductilidad y no necesariamente mayor resistencia. Para cargas perpendiculares a su plano, los confinamientos funcionan como arriostre o apoyo del paño del muro, ver



FIGURA N° 1.01, el cual muestra la construcción de una edificación con muros de albañilería confinada sobre platea de cimentación, y los elementos verticales que sirven para confinar los muros.



**FIGURA N°1.01:** Edificación típica con albañilería confinada.

### 1.2.1 Componentes de la Albañilería Confinada

#### Unidades de albañilería

La variedad de unidades que se emplea en los muros confinados es elevada; las principales son de arcilla (con moldeado artesanal o industrial), silico-calcáreo (industrial) y bloques de concreto (artesanal o industrial). Debe evitarse el uso de unidades fisuradas o mal cocidas, debido a que representan el punto de debilidad por donde se inicia la falla del muro. Al respecto, se debe tratar de cumplir con todas las especificaciones que aparecen en el capítulo 3 de la Norma E.070, esto es:

- Al golpearse con un martillo deben tener un sonido metálico.
- No deben tener materias extrañas (guijarros, conchuelas, etc.)
- No deben tener manchas salitrosas ni blanquesinas (eflorescencia).
- Deben estar limpias de polvo y de gránulos sueltos.

**REQUISITOS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA NORMA E.070**

**TABLA N°1.01:** Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales.

CLASE	VARIACION DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (Máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERISTICA A COMPRESION $f_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 150 mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17,6 (180)
Bloque P <sup>(1)</sup>	±4	±3	±2	4	4,9 (50)
Bloque NP <sup>(2)</sup>	±7	±6	±4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes.

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

**TABLA N° 1.02:** Limitaciones en el Uso de la Unidad de Albañilería para Fines Estructurales.

TIPO	ZONA SISMICA 2 Y 3		ZONA SISMICA 1
	Muro Portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Solido Artesanal*	No	Si, hasta dos pisos	Si
Solido Industrial	Si	Si	Si
Alveolar	Si	Si	Si
	Celdas totalmente llenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta 2 pisos

\*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser efectuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por el ingeniero.

## Mortero

La construcción tradicional de albañilería utiliza unidades asentadas con mortero. El mortero cumple la función de asumir las inevitables irregularidades de las unidades y, sobre todo, la de unir las o adherirlas en el proceso constructivo, proveyendo rigidez en la hilada para permitir el asentado de la siguiente hilada, y formar, en la última instancia, un conjunto durable, impermeable y con alguna resistencia a la tracción.

El mortero a emplear debe ser trabajable, para lo cual deberá usarse la máxima cantidad de agua posible (se recomienda un slump de 6 pulgadas medido en el Cono de Abrams), evitando la segregación y de tal manera que no se aplaste con el peso de las hiladas superiores.

Y cuyos componentes son:

- Cemento Portland
- Agregado fino: arena gruesa natural
- Agua potable

**TABLA N° 1.03:** Granulometría de la Arena Gruesa - Norma E.070.

MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2.36 mm)	95 a 100
N° 16 (1,18 mm)	70 a 100
N° 30 (0,60 mm)	40 a 75
N° 50 (0,30 mm)	10 a 35
N° 100 (0,15 mm)	2 a 15
N° 200 (0,075 mm)	Menos de 2

**TABLA N° 1.04:** Tipos de mortero – Norma E.070.

TIPO	COMPONENTES			USOS
	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 <sup>1/2</sup>	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

## Acero

El acero a utilizar debe ser corrugado y con un esfuerzo de fluencia definido, permitiéndose el uso de acero liso (pero no trefilado) para los estribos. En los extremos de las columnas del primer entepiso se recomienda usar zunchos (con paso máximo de 5 cm) que confinen el concreto; y con ello, eviten el pandeo del refuerzo vertical. Estos extremos se encuentran sujetos a fuertes compresiones luego de producirse la falla por corte del muro, ya que éste trata de volcar y de deslizarse en torno a la base de la columna.

Cabe señalar que el refuerzo vertical entra a trabajar luego de producirse las fisuras de tracción por flexión en las columnas, y su trabajo es pleno después de generarse la falla por corte en la albañilería.

Lo peculiar de la albañilería es la utilización de refuerzo en la junta de mortero. El refuerzo en la junta de mortero debe hacerse, necesariamente con alambres delgados cuyo diámetro no exceda la mitad del espesor nominal de la junta, o preferiblemente con mallas de refuerzo prefabricadas.

## Concreto

El estado de esfuerzos a que se ven sujetas las columnas de concreto (compresión, tracción y corte-fricción) de un muro sometido a carga lateral y vertical, crean la necesidad de emplear un concreto cuya resistencia ( $f_c$ ) sea mayor o igual a 175 kg/cm<sup>2</sup> y deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.

Por otro lado, las pequeñas dimensiones de las columnas, los ganchos de los estribos y su conexión dentada con la albañilería, hacen que el concreto deba tener un alto revenimiento (se recomienda un slump de 5") y que se use piedras con tamaños menores de 1/2", con una buena técnica de vibración o de chuceo. La finalidad de estas recomendaciones es que el concreto pueda discurrir llenando todos los intersticios, para así evitar la formación de cangrejas, las que pueden disminuir la resistencia al corte del muro hasta en 50%.

El problema de las cangrejas es importante cuando se producen en los extremos de las columnas; de ocurrir esto, será necesario remover el concreto de esa zona y reemplazarlo por otro de mejor calidad, usando resina epóxica en la unión entre ambos concretos. En el caso que la cangrejera ocurriese en la región central de las columnas, el problema resulta menos crítico; en tal situación, podrá picarse esa zona, limpiarla de gránulos sueltos, humedecerla y

rellenarla con concreto o mortero 1:3, de acuerdo al tamaño de la cangrejera.

### 1.2.2 Configuración Estructural

La estructura de las edificaciones de albañilería está conformada por los siguientes elementos estructurales:

#### Cimentación

Una cimentación debe diseñarse de manera que el suelo soporte las fuerzas transmitidas por la superestructura por lo general las fuerzas son el cortante horizontal en la base, el momento de volteo y la fuerza vertical. Además se busca que la cimentación tenga una acción de conjunto que limita en lo posible los desplazamientos diferenciales horizontales y verticales.

Cualquier estructura apoyada bajo el nivel del terreno, su función es transmitir al terreno las cargas provenientes de los techos, vigas, tanques, acabados, y sobrecargas.

Por lo tanto la cimentación debe constituir el primer diafragma rígido en la base de los muros y deberá tener la rigidez necesaria para evitar que asentamientos diferenciales produzcan daños en los muros.

Dependiendo de las condiciones de suelo se eligen entre cimientos corridos o plateas de cimentación.

#### Muros portantes

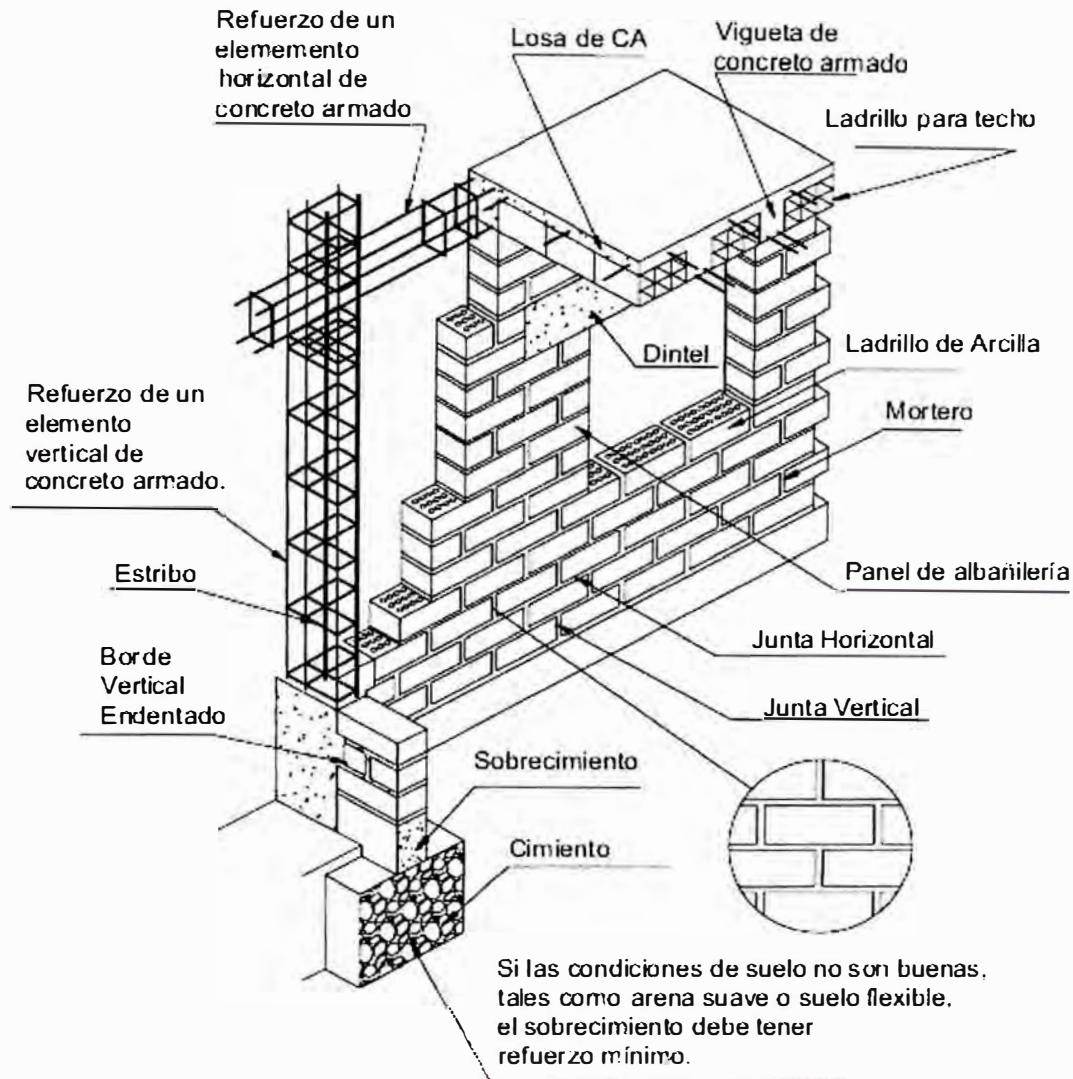
La albañilería confinada nace al reforzar la albañilería simple en todo su perímetro con elementos de concreto armado llamados confinamientos, de esta manera se obtiene el llamado muro portante confinado, el cual podrá estar solicitado por cargas verticales y horizontales ( esfuerzos de compresión, tracción y corte).

Los confinamientos horizontales reciben el nombre de vigas soleras o vigas collar y a los verticales se les denomina columnas de amarre.

#### Diafragmas Rígidos

Las losas aligeradas o macizas se comportan como láminas axialmente rígidas para cargas contenidas en su plano, por lo que al estar integradas a los muros, uniformizan sus desplazamientos laterales ante los sismos, además de proveerles arriostramiento en sus bordes horizontales.

A continuación se muestra en la FIGURA N° 1.02 el detalle de los componentes estructurales en un sistema de albañilería confinada.



**FIGURA N° 1.02:** Elementos del sistema estructural típico en albañilería confinada.

(Referencia Guía para la construcción con albañilería – CISMID)

### 1.2.3 Requisitos Estructurales Mínimos

Según la Norma Técnica de Edificaciones NTE E0.70, establece lo siguiente en el artículo 19.

#### Muro Portante

##### a) Espesor efectivo "t"

El espesor efectivo mínimo será:

$$t \geq \frac{h}{20} \text{ Para las Zonas Sísmicas 2 y 3}$$

$$t \geq \frac{h}{25} \text{ Para la Zona Sísmica 1}$$

Donde "h" es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo.

#### b) Esfuerzo Axial Máximo

El esfuerzo axial máximo ( $\sigma_m$ ) producido por la carga de gravedad máxima de servicio ( $P_m$ ) incluyendo el 100% de sobrecarga, será inferior a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L.t} \leq 0.2f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15f'_m \quad (*)$$

Donde:

L = longitud total del muro, incluyendo el peralte de las columnas de confinamiento.

$f'_m$  = resistencia característica a la compresión de la albañilería

#### c) Aplastamiento

Cuando existan cargas de gravedad concentradas que actúen en el plano de la albañilería, el esfuerzo axial de servicio producido por dicha carga no deberá sobrepasar a  $0.375 f'_m$ . En estos casos, para determinar el área de compresión se considera un ancho efectivo igual al ancho sobre el cual actúa la carga concentrada mas dos veces el espesor efectivo del muro medido a cada lado de la carga concentrada.

#### a) Muros a Reforzar

En las zonas Sísmicas 2 y 3 (ver NTE E0.30) se reforzará cualquier muro portante que lleve el 10% o más de la fuerza sísmica, y a los muros perimetrales de cierre. En la Zona Sísmica 1 se reforzarán como mínimo los muros perimetrales de cierre.

#### b) Densidad Minina de Muros Reforzados

La densidad mínima de muros portantes a reforzar en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la Planta Típica}} = \frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$$

Donde

Z, U y S = factores de zona sísmica, importancia y de suelo, respectivamente

N = número de pisos del edificio

L = longitud total del muro incluyendo el peralte columnas de confinamiento

t = espesor efectivo del muro

De no cumplirse la expresión (\*), podrá cambiarse el espesor de algunos de los muros, o agregarse placas de concreto armado, en cuyo caso, para hacer usos de la fórmula, deberá amplificarse el espesor real de la placa por la relación  $E_c/E_m$ , donde  $E_c$  y  $E_m$  son los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería, respectivamente.

Elementos de confinamiento

Adicionalmente a los requisitos especificados anteriormente deberá cumplirse para que un muro se considere confinado lo siguiente:

- El muro deberá quedar enmarcado en sus cuatro lados por elementos de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras), aceptándose la cimentación de concreto como elemento de confinamiento horizontal para el caso de los muros ubicados en el primer piso.
- La distancia máxima centro a centro entre las columnas de confinamiento será dos veces la distancia entre los elementos horizontales de refuerzo y no mayor de 5 m.
- Todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollen plena capacidad a la tracción.
- Se utilizará en los elementos de confinamiento, concreto con  $f'_c$  superior a 175kg/cm<sup>2</sup>.
- El espesor mínimo de las columnas y soleras será igual al espesor efectivo del muro.
- El peralte mínimo de las columnas será de 15 cm y de las vigas soleras igual al espesor de la losa de techo.



### 1.3. MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

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 inelásticos importantes FIGURA N°1.03. Los muros son de espesores reducidos, se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola hilera. Los sistemas de piso son losas macizas o aligeradas que cumplen la función de diafragma rígido.

El sistema de muros de ductilidad limitada en la actualidad está siendo muy utilizado en el Perú, debido a la facilidad que la industrialización ha traído para este sistema, mediante el uso de encofrados metálicos estructurales y el uso de concreto premezclado, haciendo más ágil y económico el proceso constructivo de las obras.



**FIGURA N° 1.03:** Construcción de edificación con muros de ductilidad limitada.

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

Para edificaciones con Muros de Ductilidad Limitada se tienen las siguientes consideraciones:

### 1.3.1 Características

- Muros con espesores reducidos: 0.10 ó 0.15 m.
- Los muros no cuentan en sus extremos con estribos de confinamiento por ser de espesor reducido, que impide el montaje de estribos.
- El refuerzo vertical de los muros se dispone como una sola malla, debido a que sería dificultoso vaciar y vibrar el concreto en caso existiera doble malla, por el espesor pequeño del muro y la necesidad de cumplir con los recubrimientos mínimos.
- Normalmente en nuestro medio, para los edificios con muros de ductilidad limitada, se usan como sistema de piso losas macizas y/o aligeradas, las cuales además de soportar las cargas de gravedad, cumplen la función de diafragma rígido.

### 1.3.2 Materiales

En cuanto a los materiales para edificaciones con muros de ductilidad limitada (EMDL) las especificaciones indican:

- La resistencia a la compresión del concreto en los EMDL, debe ser como mínimo  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ , salvo en los sistemas de transferencia donde deberá usarse  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .
- El diseño de mezclas para los muros de espesores reducidos, deberá tomar en cuenta las consideraciones de trabajabilidad.
- El acero de las barras de refuerzo en los muros, deberá ser dúctil, de grado 60 siguiendo las especificaciones ASTM A 615 Y ASTM A706.
- Se podrá usar malla electrosoldada corrugada con especificaciones ASTM A496 y A497 con las limitaciones para muros de edificios de hasta 3 pisos y, en el caso de mayor número de pisos, se podrá usar mallas sólo en los pisos superiores, debiéndose usar acero que cumpla lo señalado en el tercer párrafo.

- Si se usa malla electrosoldada, para el diseño deberá emplearse como esfuerzo de fluencia, el valor máximo de  $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$ .
- En edificios de más de tres pisos, deberá proveerse del refuerzo necesario para garantizar una resistencia nominal a flexo compresión del muro por lo menos igual a 1.2 veces el momento de agrietamiento de su sección. Esta disposición podrá limitarse al tercio inferior del edificio y a no menos de los dos primeros pisos.

### 1.3.3 Cimentación

Para la cimentación a diseñar se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Cuando se decida emplear plateas superficiales de cimentacion sobre rellenos controlados, se deberá especificar en los planos del proyecto la capacidad portante del relleno en la superficie de contacto con la platea, así como sus características (densidad mínima, profundidad, espesor, etc.)
- En los bordes de las plateas se deberán colocar vigas (uñas o dientes) con una profundidad mínima por debajo de la losa o del nivel exterior, el que sea más bajo, de 0.6m o dos veces el espesor de la losa, el que sea mayor.
- Las vigas (uñas o dientes) interiores de las plateas deberán tener una profundidad mínima por debajo de la losa de dos veces el espesor de la losa.
- El ancho de las vigas, tanto las de borde como las interiores, no deberá ser mayor que el espesor de la losa ni de 0.25m

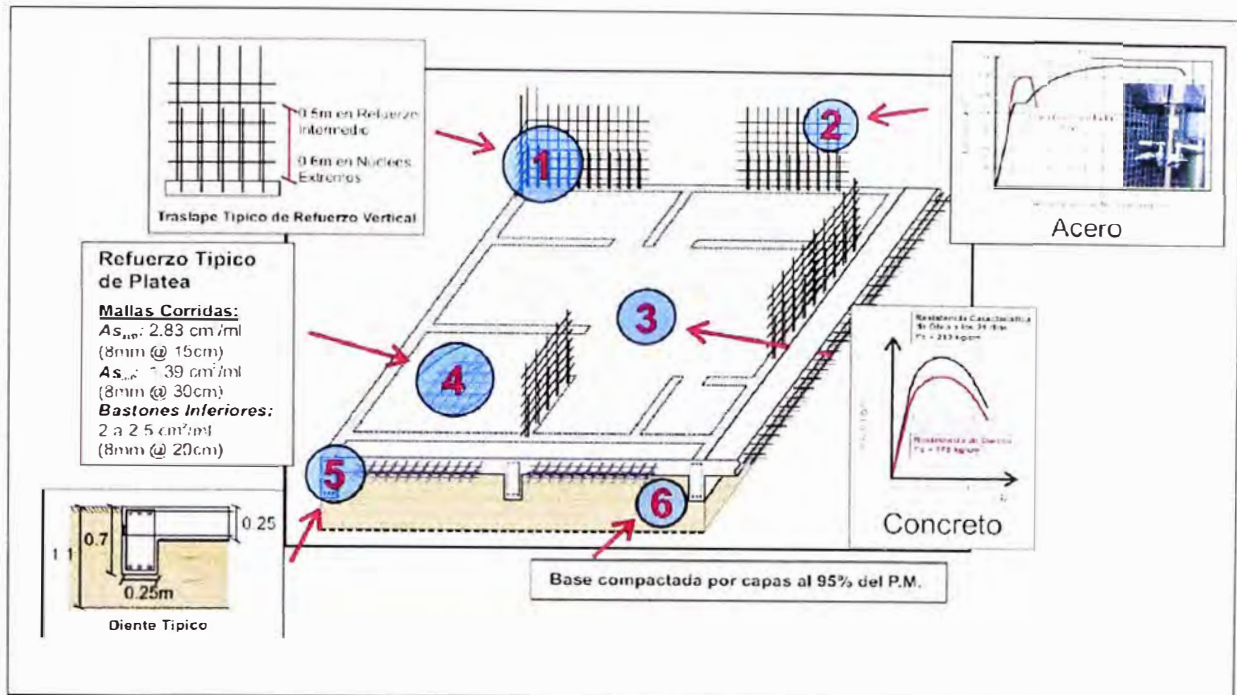


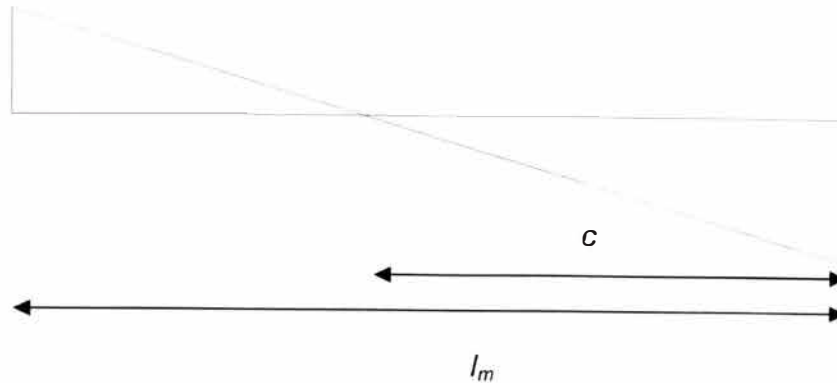
FIGURA N° 1.04: Cimentación típica para EMDL.

### 1.3.4 Muros

Para los diseños de muros de ductilidad limitada, se debe considerar lo señalado en la Norma E.060 para muros estructurales de concreto reforzado, lo siguientes:

- El espesor mínimo de los muros de ductilidad limitada deberá ser de 0.10m.
- Se podrá usar malla electrosoldada como refuerzo repartido de los muros de edificios de hasta 3 pisos y, en el caso de mayor numero de pisos, se podrá usar mallas solo en los pisos superiores, debiéndose usar acero que cumpla con ser dúctil, de grado 60 y que siga las especificaciones ASTM A615 y ASTM A706, en el tercio inferior de la altura.
- En edificios de más de tres pisos, deberá proveerse del refuerzo necesario para garantizar una resistencia nominal a flexo compresión del muro por lo menos igual a 1.2 veces el momento de agrietamiento de su sección. Esta disposición podrá limitarse al tercio inferior del su sección. Esta disposición podrá limitarse al tercio inferior del edificio y no a no menos de los dos primeros pisos.
- La profundidad del eje neutro, "c", de los muros de ductilidad limitada deberá satisfacer la siguiente relación:

$$c < \frac{l_m}{600 \cdot \left( \frac{\Delta_m}{h_m} \right)}$$



Donde:

$l_m$  = es la longitud del muro en el plano horizontal

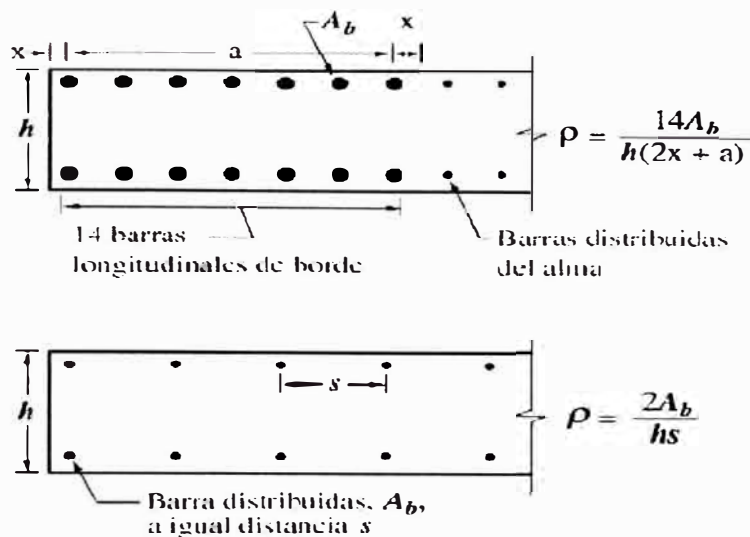
$h_m$  = la altura total del muro

$\Delta_m$  = es el desplazamiento del nivel más alto del muro, correspondiente a  $h_m$  y que debe ser calculado de acuerdo al artículo 16.4 de la NTE E.030.

Para el cálculo de "c" se deberá considerar el aporte de los muros perpendiculares (aletas) usando como longitud de la aleta contribuyente a cada lado del alma el menor valor entre el 10% de la altura total del muro y la mitad de la distancia al muro adyacente paralelo. Deberá usarse el mayor valor de "c" que se obtenga de considerar compresión a cada lado del muro.

- Cuando el valor de "c" no cumpla con lo indicado en el artículo anterior, los extremos del muro deberán confinarse con estribos cerrados, para lo cual deberá incrementarse el espesor del muro a un mínimo de 0.15m. Los estribos de confinamiento deberán tener un diámetro mínimo de 8 mm y un espaciamiento máximo de 12 veces el diámetro de la barra vertical, pero no mayor a 0.20.

- Cuando sea necesario confinar los extremos de un muro, el refuerzo deberá espaciarse de manera tal que su cuantía este por debajo de 1% del área en la cual se distribuye.



**FIGURA N° 1.05:** Cuantía de acero en bordes no confinados.

- La fuerza cortante ultima de diseño ( $V_u$ ) debe ser mayor o igual que el cortante último proveniente del análisis ( $V_{ua}$ ) amplificado por el cociente entre el momento nominal asociado al acero colocado ( $M_n$ ) y el momento proveniente del análisis ( $M_{ua}$ ), es decir:

$$V_u \geq V_{ua} \left( \frac{M_n}{M_{ua}} \right)$$

Para el cálculo de  $M_n$  se debe considerar como esfuerzo de fluencia efectivo 1.25  $f_y$ .

En la mitad superior del edificio podrá usarse 1.5 como valor máximo del cociente ( $M_n/M_{ua}$ ).

- La resistencia al corte de los muros, se podrá determinar con la expresión:

$$\phi V_n = \phi V_c + \phi V_s = \phi(A_c \alpha \sqrt{f'c}) + \phi(A_c \rho_h f_y)$$

Donde  $\phi = 0.85$ , " $A_c$ " representa el área de corte en la dirección analizada, " $\rho_h$ " la cuantía horizontal del muro y " $\alpha$ " es un valor que depende del cociente entre la altura total del muro " $h_m$ " (del suelo al nivel más alto) y la longitud del muro en planta  $l_m$ .

$$\text{si } \left( \frac{h_m}{l_m} \right) \leq 1.5 \quad \alpha = 0.8$$

$$\text{si } \left( \frac{h_m}{l_m} \right) \geq 2.5 \quad \alpha = 0.53$$

$$\text{si } 1.5 < \left( \frac{h_m}{l_m} \right) < 2.5 \quad \alpha \text{ se obtiene interpolando entre 0.8 y 0.53}$$

El valor máximo de  $V_n$  será  $V_n < 2.7\sqrt{f'c}A_c$

- El refuerzo vertical distribuido debe garantizar una adecuada resistencia al corte fricción ( $\phi V_n$ ) en la base de todos los muros.

La resistencia a corte fricción deberá calcularse como:

$$\phi V_n = \phi \mu (N_u + A_v f_y)$$

Donde la fuerza normal ultima ( $N_u$ ) se calcula en función de la carga muerta ( $N_M$ ) como  $N_u = 0.9N_M$ , el coeficiente de fricción debe tomarse como  $\mu = 0.6$  y  $\phi = 0.85$ . Excepcionalmente cuando se prepare adecuadamente la junta se tomara  $\mu = 1.0$  y el detalle correspondiente se deberá incluir en los planos.

- El refuerzo vertical de los muros deberá estar adecuadamente anclado, en la platea de cimentación (o en losa de transferencia), para poder desarrollar su máxima resistencia a tracción, mediante anclajes rectos o con gancho estándar de 90°, las longitudes correspondiente a ambos casos deberán estar de acuerdo a lo señalado en la NTE E0.60.

- Cuando excepcionalmente se decida empalmar por traslape todo el acero vertical de los muros de un piso, la longitud de empalme ( $l_e$ ) deberá ser como mínimo dos veces la longitud de desarrollo ( $l_d$ ), es decir  $l_e = 2 l_d$ . En los casos de mallas electrosoldadas se deberá usar  $l_e = 3 l_d$ .

- El recubrimiento del acero de refuerzo en los extremos de los muros deberá ser como mínimo de 2.5 cm. En los casos de elementos en contacto con el terreno se deberá incrementar el espesor del muro hasta obtener un recubrimiento

mínimo de 4 cm.

- La cuantía mínima de refuerzo vertical y horizontal de los muros deberá cumplir con las siguientes limitaciones:

si  $V_u > 0.5 \phi V_c$  entonces  $\rho_h \geq 0.0025$  y  $\rho_v \geq 0.0025$

si  $V_u < 0.5 \phi V_c$  entonces  $\rho_h \geq 0.0020$  y  $\rho_v \geq 0.0015$

si  $h_m / l_m \leq 2$  la cuantía vertical de refuerzo no deberá ser menor que la cuantía horizontal.

Estas cuantías son aplicables indistintamente a la resistencia del acero.

La cimentación para el caso de EMDL será el mismo que se planteó inicialmente para el sistema de albañilería confinada.

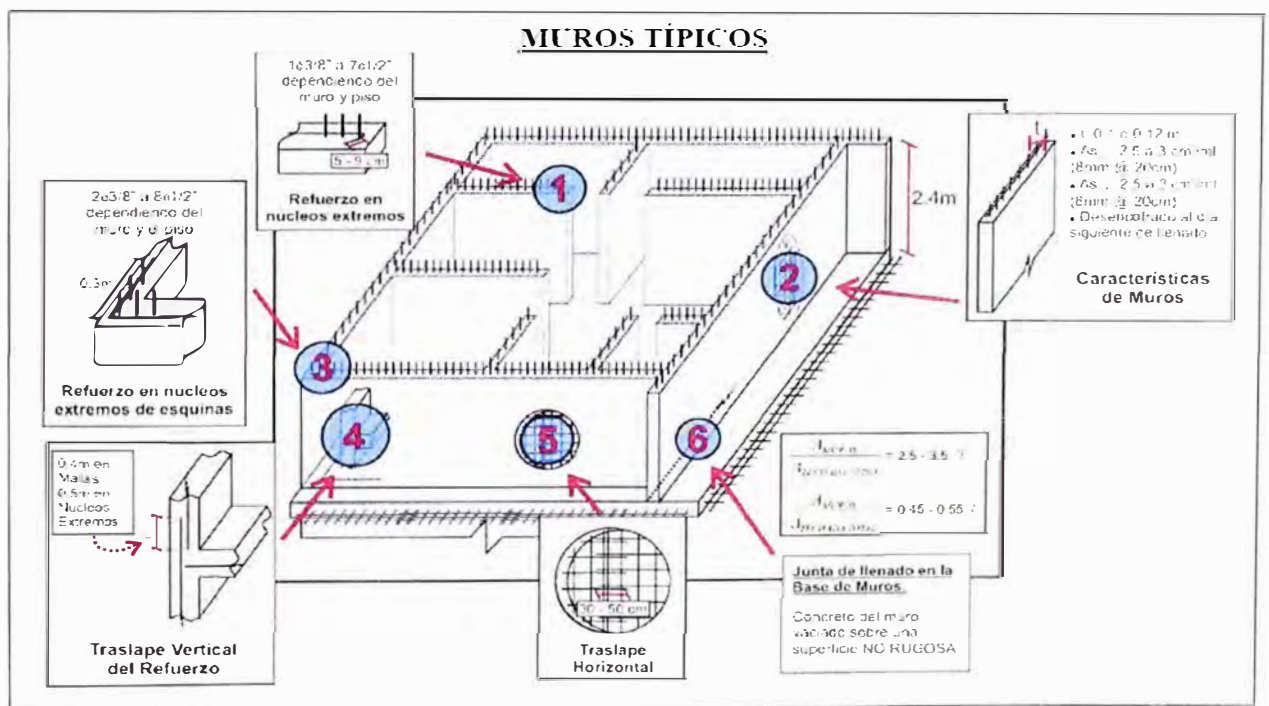


FIGURA N° 1.06: Muros típico para EMDL.

### 1.3.5 Losas

Es necesario que la losa se comporte como un diafragma rígido y reparta las fuerzas sísmicas de acuerdo a las rigideces de los muros estructurales, para el diseño de losas de entrepiso y techo se tomará en cuenta lo siguiente:



-Se podrá emplear malla electrosoldada para el diseño de las losas, debiéndose cumplir los espaciamientos máximos indicados en el artículo 11.5.4 de la Norma E.060 de Concreto Armado.

-Se podrá emplear redistribución de momentos hasta en un 20%, solo cuando el acero cumpla con ser dúctil, de grado 60 siguiendo las especificaciones ASTM A615 y ASTM A706.

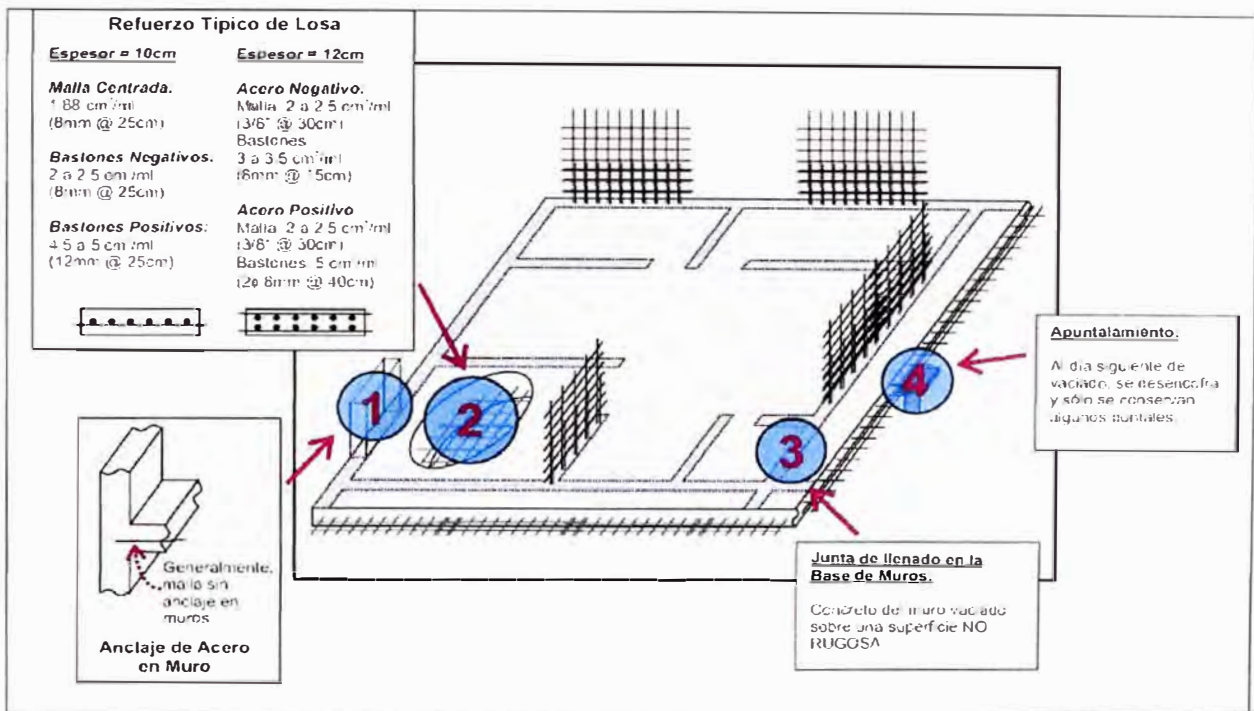


FIGURA N° 1.07: Losa típica para EMDL.

### 1.3.6 Estructuración con Muros de Ductilidad Limitada

Para la estructuración con muros de Ductilidad Limitada se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Simplicidad y Simetría
- Resistencia y Ductilidad
- Hiperestaticidad y Monolitismo
- Uniformidad y Continuidad de la Estructura
- Rigidez lateral

Y la existencia de losas que permitan considerar a la estructura como una unidad (Diafragma Rígido).

### 1.3.7 Espesores Mínimos

- El espesor de los muros será dimensionado considerando la posibilidad de pandeo lateral por flexión de los bordes de muro, salvo que se suministre arriostre lateral en los bordes mediante aletas.
- El espesor del alma de los muros de corte no deberá ser menor de  $1/25$  de la altura entre elementos que le proporcionen apoyo lateral ni menor de 150 mm, salvo para los sistemas estructurales de muros de ductilidad limitada, para los cuales el espesor mínimo del alma no deberá ser menor de 100 mm.
- El diseño de mezclas de concreto para los muros de espesores reducidos, deberá tomar en cuenta las condiciones de trabajabilidad para lograr un concreto homogéneo sin segregación ni cangrejas.
- Cuando el muro de corte se convierta en un muro exterior de contención en los sótanos, el espesor mínimo en los sótanos será de 200mm. El muro deberá diseñarse considerando además las acciones perpendiculares a su plano.
- Cuando el muro reciba carga concentradas provenientes por ejemplo de vigas perpendiculares al plano del muro, deberá investigarse si el espesor es adecuado para la acción de las cargas axiales y de los momentos perpendiculares al plano del muro. La longitud horizontal del muro considera como efectiva para cada carga concentrada no debe exceder la distancia centro a centro entre las cargas ni del ancho de apoyo más dos veces el espesor del muro a cada lado, a no ser que se demuestre mediante un análisis detallado la contribución de una longitud mayor. Estas zonas deberán diseñarse como columnas ateniendo los requerimientos.

## 1.4. CRITERIOS GENERALES DE ESTRUCTURACION

Para asegurar un buen comportamiento sismoresistente y económico tanto en edificaciones de Albañilería Confinada y Muros de Ductilidad Limitada a nivel de concepción estructural. Mediante la concepción estructural se decide las principales características de la estructura: su forma, la ubicación y distribución de los elementos resistentes, características de los diafragmas y el detallado

básico, para asegurar un buen comportamiento Sismoresistente y económico tanto en edificaciones de Albañilería Confinada y Muros de Ductilidad Limitada.

Los principales criterios que son necesarios tener en cuenta para lograr una estructura sismo resistente son:

#### 1.4.1 Simplicidad y Simetría

Se busca simplicidad en la estructuración porque se puede predecir mejor el comportamiento sísmico de la estructura y de esta manera se puede idealizar más acertadamente los elementos estructurales; esto es debido a que una estructura simple puede ser perfectamente modelada para realizar el análisis estructural y los resultados pueden reflejar bien el comportamiento real; sin embargo, cuando las estructuras son complejas existen dificultades en el modelo a realizar, haciendo simplificaciones que muchas veces no permiten asegurar la similitud del modelo y el comportamiento real.

#### 1.4.2 Simetría

La simetría de la estructura en sus direcciones principales es deseable, la falta de simetría produce efectos torsionales que muchas veces son difíciles de evaluar y pueden ser destructivos.

Las fuerza de sismo se pueden idealizar actuando en el centro de corte de cada piso, mientras que las fuerzas que absorben los elementos resistentes estarán ubicados en el centro de corte y el centro de rigidez, el movimiento sísmico no sólo ocasionará un movimiento de traslación sino adicionalmente una torsión en planta, lo cual hace incrementar los esfuerzos debido al sismo, pudiendo sobrepasar los esfuerzos resistentes.

#### 1.4.3 Continuidad

Uno de los mayores problemas que se presentan en algunas edificaciones, debidos generalmente a exigencias arquitectónicas, es la falta de continuidad en las rigideces laterales a lo alto de la edificación.

Estas discontinuidades producen zonas débiles y conducen a respuestas estructurales no satisfactorias, por lo que debe evitarse.

Para el uso de placas de concreto armado y si se requiere eliminarlas en algún

nivel, no deberá hacerse un cambio brusco, sino reducciones paulatinas de manera que se pueda obtener una transición.

#### 1.4.4 Longitud y densidad mínima de muros

El sistema estructural, debe contar con una densidad mínima de muros en sus dos direcciones principales, de tal manera que les permitan absorber las fuerzas provenientes del sismo evitando las desventajas de configuraciones que concentran las fuerzas sísmicas en pocos elementos, sobrepasando su capacidad resistente; en caso de no poder superar esta deficiencia, se deberá incluir pórticos o placas de concreto armado.

#### 1.4.5 Peso de la Estructura

Cuanto menor sea el peso de la estructura menor será la fuerza sísmica. Para el caso de muros de albañilería se reduce el peso de los muros usando ladrillos macizos con pequeñas perforaciones perpendiculares a la cara de asentado y si es posible en aparejo de soga. Mientras que en muros de concreto armado los pesos son controlados por el espesor de sus componentes (muros y losas).

#### 1.4.6 Diafragmas Horizontales

Las losas tienen como función compatibilizar los desplazamientos horizontales de los muros y sirven además como elementos de arriostre para cargas perpendiculares al plano del muro. En los análisis son considerados como elementos horizontales rígidos en su plano que permite la idealización de la estructura como una sola unidad manteniendo un comportamiento uniforme en cada piso, esta condición debe ser verificada teniendo cuidado de no tener losas con grandes aberturas que debiliten la rigidez de estas, además debe tratar de lograrse un relativa simetría, continuidad, robustez y competencia torsional.

#### 1.4.7 Rigidez Lateral

Se debe proveer de elementos estructurales que aporten suficiente rigidez lateral en sus dos direcciones principales, ya que así se podrá resistir con mayor eficacia las cargas horizontales inducidas por el sismo.

En el presente informe, se combinan elementos rígidos (muros) y flexibles (pórticos) consiguiendo que los muros limiten la flexibilidad de los pórticos, disminuyendo las deformaciones, mientras que los pórticos brindan

hiperestaticidad al muro y por tanto una mejor disipación de energía sísmica para la albañilería confinada.

#### 1.4.8 Cimentación

Las solicitaciones a las cuales se ven sometidos los elementos estructurales en la base de la edificación deben ser transmitidas satisfactoriamente al terreno, teniendo en cuenta que es a través de la cimentación que se produce la interacción entre la estructura y el suelo. Es así que la cimentación debe proveer suficiente rigidez y al mismo tiempo asegurar que la estructura funcione como un todo ante acciones sísmicas.

El tipo de cimentación a emplear depende generalmente del tipo de suelo donde se apoyara la estructura. Para suelos de baja resistencia es recomendable emplear platea de cimentación con sardinel perimetral, que por ser estructuralmente más eficiente resulta ser la solución más económica para cimentar en este tipo de suelo.

En suelos de buena calidad, la cimentación se resuelve fundamentalmente mediante cimientos corridos de concreto simple y adicionalmente por requerimientos sísmicos elevados mediante zapatas de concreto simples o de concreto armado.

### 1.5. COMPORTAMIENTO DE LA EDIFICACION CON ALBAÑILERIA CONFINADA

Son dos las características esenciales que definen la naturaleza de la albañilería confinada y que condicionan la calidad de su comportamiento sismo resistente:

#### 1.5.1 Agrietamiento Por Corte

El agrietamiento por corte del paño de albañilería (grieta escalonada a lo largo de las juntas) o agrietamiento diagonal por tracción (grieta que atraviesa las unidades que ocurre cuando la resistencia a la tracción de la unidad es inferior a la adhesión de la unidad con el mortero); este agrietamiento conduce inicial y brevemente a un comportamiento elástico de rigidez reducida para luego dar paso a un comportamiento en el cual el muro admitirá distorsiones crecientes sin aumentar su capacidad resistente, teniéndose un proceso de ablandamiento (pérdida creciente de rigidez) que en edificaciones de varios niveles puede

conducir al indeseable fenómeno de piso blando.

Cuando los confinamientos son débiles en corte (sección reducida y/o falta de estribos) la grieta los atraviesa simultáneamente con el muro generándose una situación terminal; en cambio cuando los confinamientos tienen una resistencia al corte mayor que la del paño, lo confinan y la grieta es contenida, en este caso aunque ocurre el cambio de comportamiento la situación no es terminal.

Además se ha observado que el agrietamiento del paño se produce para una carga cercana a la que se produce la primera fisura de tracción por flexión en las columnas, lo que indica que el trabajo del refuerzo vertical es posterior al agrietamiento diagonal del muro.

### 1.5.2 Separación del Marco de Confinamiento del Muro

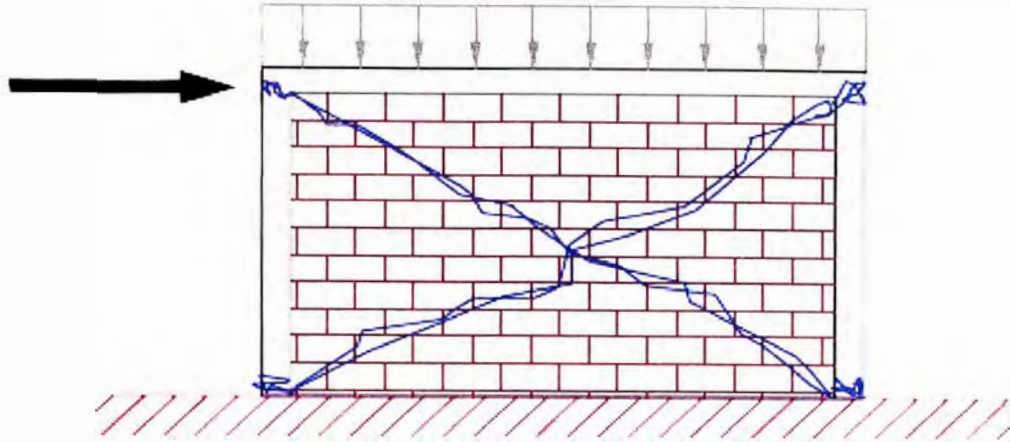
La separación del marco de confinamiento del muro, lo cual se origina cuando el agrietamiento diagonal ya está presente. Si bien en la mayor práctica constructiva, el marco de concreto se llena con posterioridad a la construcción del muro, el cual se deja con dientes para lograr una integración mecánica con el concreto, el efecto de la separación del marco termina ocurriendo igualmente, aunque a cargas un poco mayores, en el proceso de deterioro sísmico. Durante un evento sísmico, las acciones sobre el muro pueden ser coplanares y perpendiculares al plano simultáneamente; como resultado de esta compleja acción posible, podría ocurrir el vaciamiento del paño de albañilería una vez que ha sufrido el agrietamiento diagonal, perdiéndose la indispensable competencia para trasladar las cargas verticales a la cimentación conduciendo a una falla rápida de la estructura; este tipo de falla debe evitarse y la colocación de armadura horizontal será siempre conveniente con este propósito.

### Fallas Predominantes en Muros de Albañilería Confinada

#### 1.5.3 Falla por corte

- Tracción diagonal si  $L_m < H_m < 1.5L_m$ .
- Fisura corre por columna, solera o cimiento.
- Puede deslizarse el talón comprimido

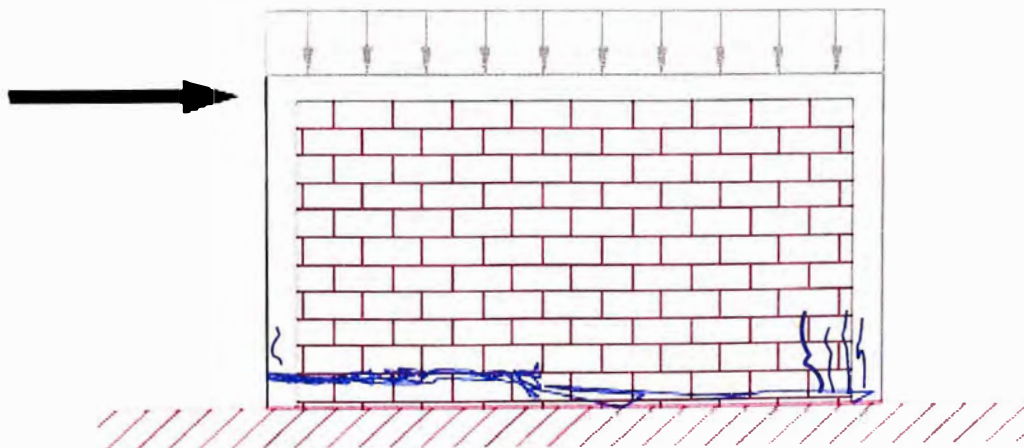
- Solera y/o columna del talón posterior en tracción



**FIGURA N° 1.08:** Esquema de interacción de fuerzas actuantes, en falla por corte.

#### 1.5.4 Falla por flexión

- Falla por tracción o compresión,  $H_m > 1.5L_m$ .
- La columna se abre o se aplasta.
- El muro no aporta mucho, salvo la inercia
- El talón comprimido puede deslizarse.



**FIGURA N° 1.09:** Esquema de interacción de fuerzas actuantes, en falla por flexión.

## 1.6. COMPORTAMIENTO DE LA EDIFICACION CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

### 1.6.1 Resistencia y Ductilidad en Muros Estructurales de Concreto Armado

La combinación de resistencia y ductilidad es clave en la prevención de un colapso sísmico. Se puede alcanzar el nivel de desplazamiento deseado con alta resistencia y muy baja ductilidad, con resistencia media y ductilidad media, y con resistencia baja y ductilidad alta.

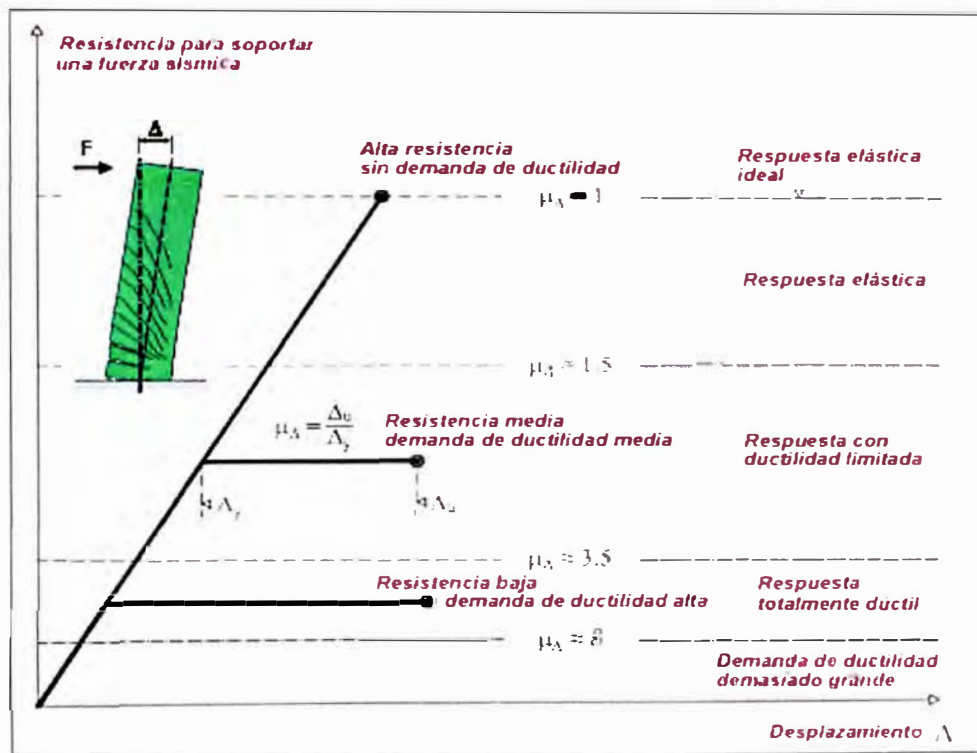


FIGURA N° 1.10: Combinación de resistencia con ductilidad.

El nivel de resistencia mide las sollicitaciones en términos de momento, fuerza, fuerza axial u otro. En correspondencia, la deformación puede estar referida a la deformación unitaria, la rotación, el desplazamiento u otro.

El factor de referencia (el denominador en la medida de la ductilidad) es la deformación correspondiente a la fluencia. Se considera la deformación a la máxima resistencia, para encontrar la demanda de ductilidad. Utilizando la deformación en el nivel último, se obtiene la capacidad de ductilidad. Esta última es la medida usual para la ductilidad. Según se indica en la FIGURA N° 1.10, la ductilidad limitada está entre 1.5 y 3.5.



En consistencia, puede tratarse de una ductilidad por deformación unitaria, por rotación, o por desplazamiento, como se muestra en la FIGURA N° 1.11.

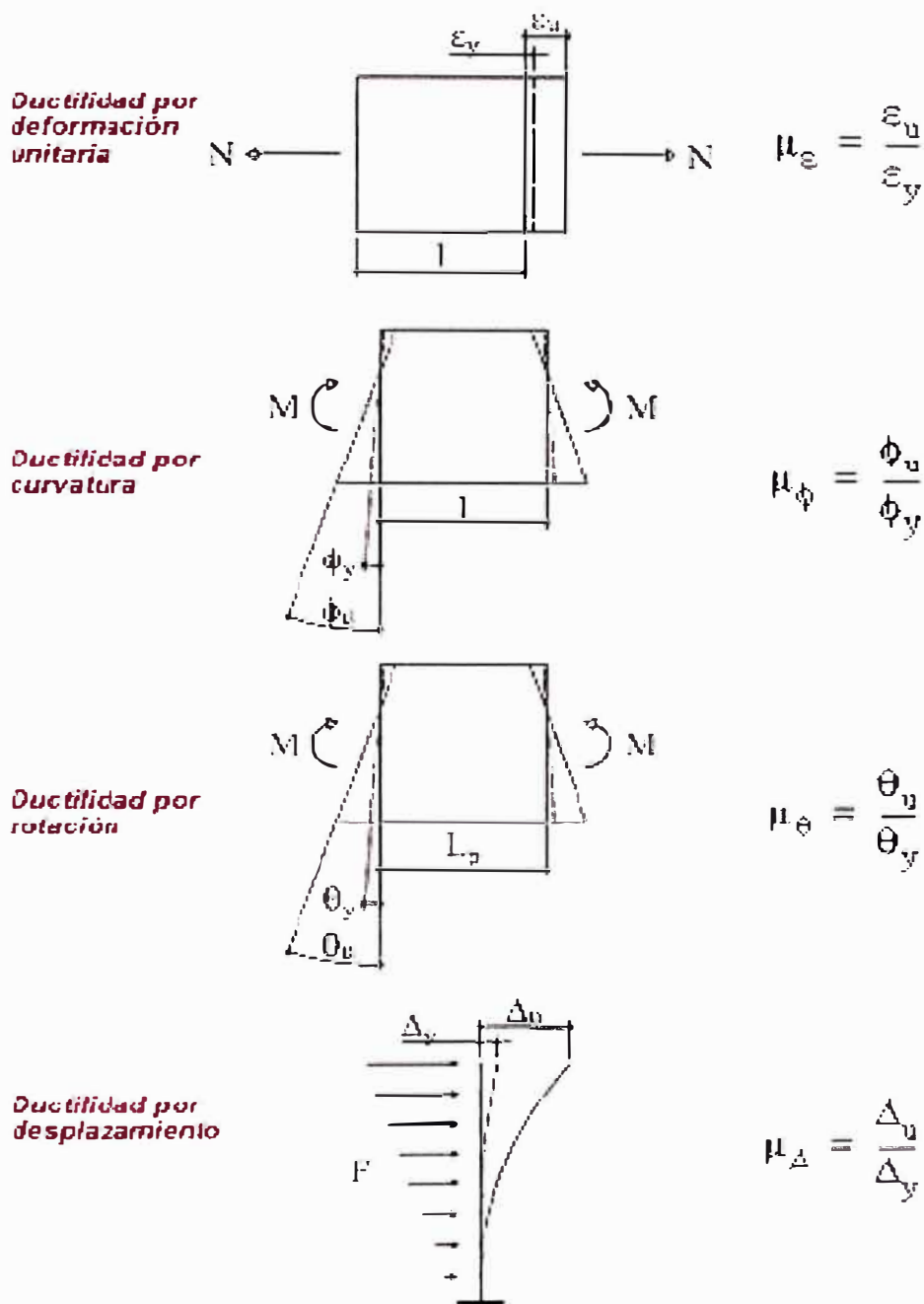


FIGURA N° 1.11: Formas de ductilidad <sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Alessandro Dazio, "Seismic Design of Building Structures".

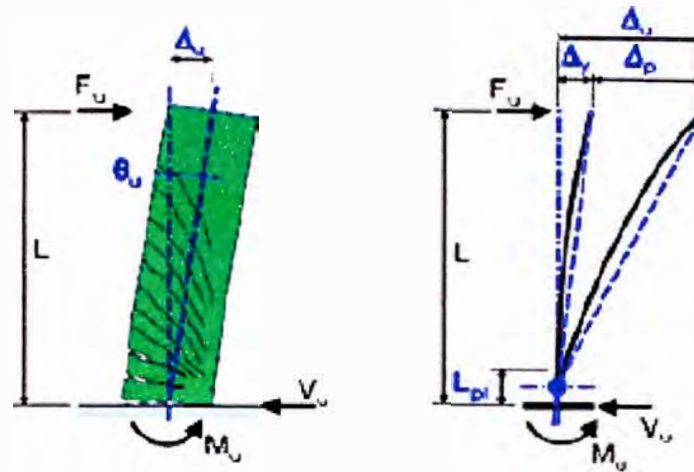


FIGURA N° 1.12: Deformación Plástica <sup>(1)</sup>

La capacidad de deformación elástica de un muro (desplazamiento nominal resultante  $\Delta_y$ ) de concreto armado puede ser estimado como:

$$\Delta_y = \phi_y \cdot \frac{L^2}{3} \quad (1)$$

De la geometría:

$$\Delta_p = (\phi_u - \phi_y) \cdot L_{pl} \left( L - \frac{L_{pl}}{2} \right) \quad (2)$$

De la ecuación (1) y (2) obtenemos la deformación total:

$$\Delta_u = \Delta_y + \Delta_p = \phi_y \cdot \frac{L^2}{3} + (\phi_u - \phi_y) \cdot L_{pl} \left( L - \frac{L_{pl}}{2} \right) \quad (3)$$

Y la ductilidad global resulta:

$$\mu_\Delta = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = 1 + \frac{(\phi_u - \phi_y) \cdot L_{pl} \left( L - \frac{L_{pl}}{2} \right)}{\phi_y \cdot \frac{L^2}{3}} = 1 + \frac{(\mu_\phi - 1) L_{pl} \left( L - \frac{L_{pl}}{2} \right)}{\frac{L^2}{3}} \quad (4)$$

Relación entre la ductilidad local y global

$$\mu_\phi = \frac{\phi_u}{\phi_y} = 1 + \frac{\mu_\Delta - 1}{3 \frac{L_{pl}}{L} \left( 1 - 0.5 \frac{L_{pl}}{L} \right)} \quad (5)$$

Adicionalmente, es posible identificar y diferenciar entre una ductilidad local (en la articulación plástica) y la ductilidad global (en el extremo superior del muro).

1.6.2 Modos de Falla en Muros de Concreto

En la FIGURA N° 1.13 se muestra el mecanismo de falla en muros de concreto armado, ante la acción de cargas que se presentan.

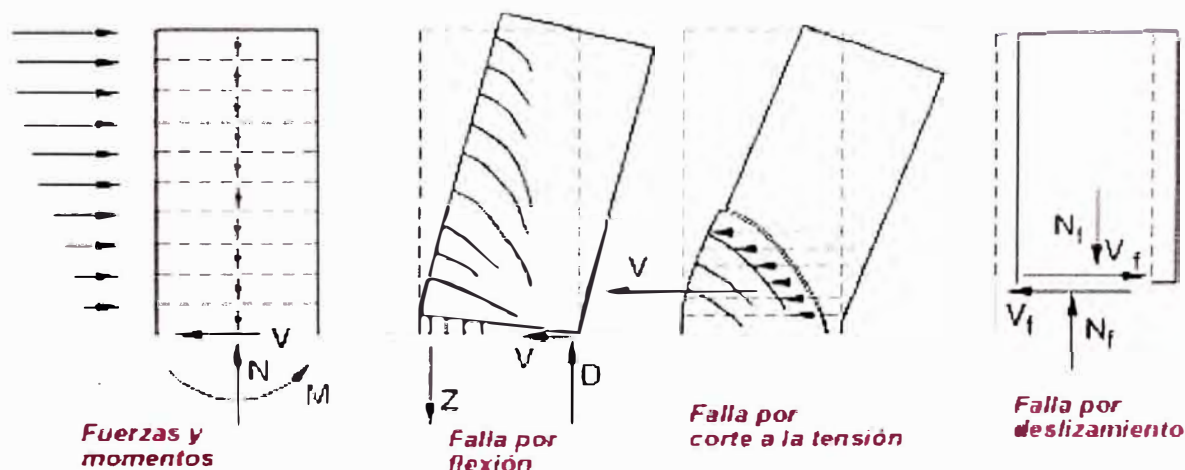


FIGURA N° 1.13: Modos de Falla en Muros de Concreto Armado <sup>(1)</sup>.

Para un análisis plano, se distingue los siguientes modos preferentes de falla: por flexión, falla por corte a la tensión (por deficiencia en estribos), falla de corte por deslizamiento.

## **CAPITULO II: ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL PARA VIVIENDA TIPO DEL PROYECTO**

Antes de diseñar se procede a definir la ubicación y características de los elementos estructurales principales, como son los muros armados, losas aligeradas y macizas, vigas y columnas con el objetivo de que la edificación no presente fallas ante las acciones de esfuerzos que le transmiten las cargas permanentes y eventuales.

Posteriormente las estructuras son analizadas con hipótesis de comportamiento lineal y elástico. Para los cuales se desarrollan los modelos matemáticos correspondientes.

La Norma Peruana E.030 especifica que las edificaciones ante los sismos deben resistir los sismos leves sin presentar daños; en caso de sismos moderados se puede considerar la posibilidad de daños estructurales leves y para sismos severos debe resistir con la posibilidad de daños importantes, con posibilidad remota de ocurrencia de colapso de la edificación.

Para el diseño estructural se ha efectuado para el máximo efecto de las cargas sobre cada uno de los elementos empleando las combinaciones y los esfuerzos admisibles de las especificaciones del reglamento, además se ha escogido el valor máximo de las combinaciones de carga que señala el mismo.

Con el programa ETABS orientada para el análisis de edificaciones, con el cual se modela y tiene una aceptable representación de la rigidez de la edificación y de la distribución de las solicitaciones internas, los modelos se desarrollan tridimensionalmente tomado el efecto entre la interacción entre muros de direcciones perpendiculares.

Se compatibilizará las deformaciones verticales en las zonas comunes en ambas direcciones, tanto para solicitaciones sísmicas como cargas de gravedad.

## 2.1. ANALISIS ESTRUCTURAL DE VIVIENDA TIPO CON ALBAÑILERIA CONFINADA Y MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

### 2.1.1. Características

La arquitectura inicial muestra muros de 15cm de espesor en las dos direcciones principales para los dos niveles de la vivienda con una altura típica de 2.40m, a partir de esto se determina la densidad de muros en ambas direcciones para los dos sistemas planteados.

#### - Características de Vivienda con Albañilería Confinada

Los muros confinados se caracterizan por sus elementos estructurales capaces de absorber esfuerzos cortantes de sismo para el cual se consideran muros con espesores de 0.13 m

Para diseño por esfuerzos admisibles el valor de R se toma el valor de 6, según la Norma E0.30 este coeficiente se aplica únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura.

Para el análisis y diseño sísmico del edificio se usara  $R = \frac{3}{4} \times 6 = 4.5$  como coeficiente de respuesta elástica a la acción sísmica por ser la estructura irregular.

#### - Características de Vivienda con Muros de Ductilidad Limitada

Los EMDL se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad en las dos direcciones está dada por muros de concreto armado que no pueden desarrollar desplazamientos inelásticos importantes. Este sistema los muros son de espesores reducidos, se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola hilera; los sistemas de piso son de losa macizas que cumple la función de diafragma rígido.

Para el análisis y diseño sísmico del edificio se usara  $R = \frac{3}{4} \times 4 = 3$  como coeficiente de respuesta elástica a la acción sísmica por ser la estructura irregular.

### 2.1.2. Estructuración

#### - Estructuración de vivienda con albañilería confinada

En estas edificaciones debe preferirse edificaciones con diafragma rígido y continuo, es decir, edificaciones en las que las losas de piso, el techo y la cimentación, actúen como elementos que integren a los muros portantes y compatibilicen sus desplazamientos laterales.

La cimentación debe constituir el primer diafragma rígido en la base de los muros y deberá tener la rigidez necesaria para evitar que asentamientos diferenciales produzcan daños en los muros.

Prescindir de los muros con excesiva carga vertical, para evitar la disminución en la ductilidad del muro, que incluso puede llegar a flexionar las columnas contenidas en el plano del muro, deteriorando así la unión muro-columna.

Evitar la escasa densidad de muros en los dos sentidos, la falta de continuidad vertical de los muros y la existencia de grandes ductos en la losa del techo que atenten contra la continuidad del diafragma rígido.

Regularidad en planta y elevación, evitando cambios bruscos de rigideces, masas y discontinuidades en la transmisión de las fuerzas de gravedad y horizontales a través de los muros hacia la cimentación.

Los diafragmas rígidos deben tener una conexión firme y permanente con todos los muros para asegurar que cumplan con la función de distribuir las fuerzas laterales en proporción a la rigidez de los muros y servirles, además, como arriostres horizontales. También contribuyen a incrementar la ductilidad y la resistencia al corte de los muros. Es por ello que en la estructuración se ha empleado losas aligeradas para los entrepisos, y losa maciza para la platea de cimentación, esto contribuirá a uniformizar la comparación del comportamiento entre ambos Sistemas Estructurales

#### - Estructuración con Muros de Ductilidad Limitada

Lo ideal es tener muros de longitudes similares, de tal manera que no haya concentraciones de esfuerzos en algunos muros, en algunos casos se recomienda hacer juntas en muros largos mayores a 4.0 m para tener longitudes

similares.

Cuando se tienen edificios alargados, es conveniente hacer juntas de separación, las que también ayudan a disminuir los efectos de contracción y temperatura.

### 2.1.3. Pre dimensionamiento

- Pre dimensionamiento con albañilería confinada

Espesor Efectivo "t"

El espesor efectivo mínimo será

$$t \geq \frac{h}{20} \quad \text{Para Zona Sísmicas 2 y 3 de acuerdo a la Norma E0.70.}$$

Donde  $h$  es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o altura libre de pandeo.

$$t \geq \frac{2.40}{20} = 0.12 \text{ m}$$

Por lo tanto la zona sísmica del proyecto corresponde a la zona 3, el valor del espesor efectivo mínimo  $t = 0.13\text{m}$ , con lo cual se utilizará muros en aparejo de soga, y  $0.15\text{m}$  con tarrajeo, de acuerdo a la Norma E0.30 Ica pertenece a la Zona 3

- Pre dimensionamiento muros de ductilidad limitada

Para dimensionamiento de los Muros de Ductilidad Limitada (MDL) en ambas direcciones.

Se toma en función de la resistencia axial de diseño de un muro según la Norma E0.60, el cual debe calcularse mediante la ecuación:

$$\phi P_n = 0.55 \phi f'_c A_g \left[ 1 - \left( \frac{klc}{32h} \right)^2 \right]$$

Donde:

$$\phi = 0.70$$

K: longitud efectiva para muros arriostrados en la parte superior e inferior con el

fin de evitar el desplazamiento lateral y:

Restringido contra rotación en uno o ambos extremos (superior e inferior), 0.8.

No restringido contra la rotación en ambos extremos, 1.0.

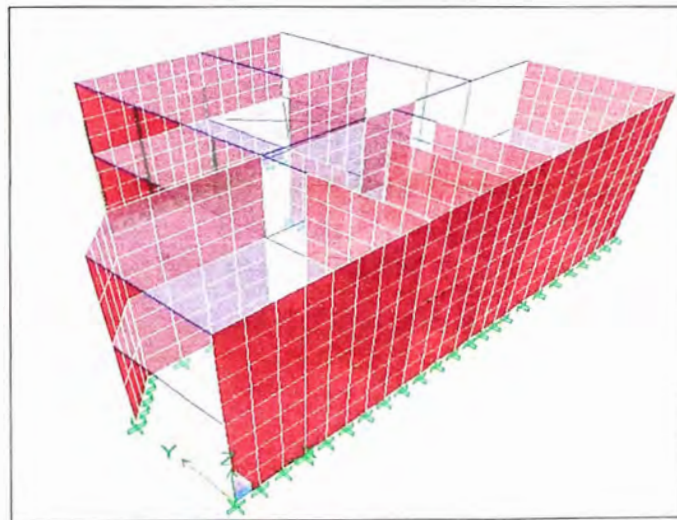
Para muros no arriostrados con el fin de evitar el desplazamiento lateral, 2.0.

#### 2.1.4. Análisis Estructural

##### Análisis Estructural de Vivienda con Muros de Albañilería Confinada

###### - Modelo Matemático del Edificio

Los muros de albañilería confinada han sido modelados con hipótesis de comportamiento lineal y elástico, para el modelo matemático se han modelado los muros con elementos tipo shell que han sido discretizados y las vigas y columnas con elementos tipo barras.



**FIGURA N° 2.01:** Modelo matemático de la edificación en 3D.

###### - Características de los materiales

###### Albañilería

Ladrillo clase IV sólidos (30% de huecos), tipo King Kong de arcilla,  $t=0.13$  m,

$f'b=145$  kg/cm<sup>2</sup>.

Mortero tipo P2: cemento-arena 1:4

Peso por unidad de volumen= 1.8 ton/m<sup>3</sup>

Resistencia a la compresión =  $f'm = 65$  kg/cm<sup>2</sup> = 650 ton/m<sup>2</sup>

Resistencia a corte puro = 8.1 kg/cm<sup>2</sup> = 81 ton/m<sup>2</sup>



Modulo de elasticidad  $E_m = 500f'_m = 32,500 \text{ kg/cm}^2 = 325,000 \text{ ton/m}^2$

Concreto

Peso por unidad de volumen =  $2.4 \text{ ton/m}^3$

Resistencia a la compresión =  $2,100 \text{ ton/m}^2$

Acero

Corrugado, grado 60, esfuerzo de fluencia  $f_y = 42,000 \text{ ton/m}^2$

- Cargas de diseño

Las cargas involucradas en los diseños son los debidos a cargas muertas, cargas vivas y fuerzas de sismo

Peso especifico del concreto armado =  $2.40 \text{ ton/m}^3$

Peso de acabados de piso y techo =  $0.10 \text{ ton/m}^2$

Sobrecargas en techos =  $0.20 \text{ ton/m}^2$

Aligerado ( $h=0.20\text{m}$ ) =  $0.30 \text{ ton/m}^2$

Combinaciones de carga para diseños por esfuerzos admisible

- Las combinaciones de carga han sido tomadas de los reglamentos respectivos para su empleo en el diseño. Estas combinaciones son las siguientes:

$$U=1.4CM+1.7CV$$

$$U=1.25 (CM+CV+/-SX)$$

$$U=1.25 (CM+CV+/-SY)$$

$$U=0.9CM+/-1.25SX$$

$$U=0.9CM+/-1.25SY$$

Donde:

CM: Carga muerta

CV: Carga viva

SX, SY: Cargas de sismo en dirección x e y, respectivamente

- Análisis Sísmico

El análisis sísmico se ha realizado utilizando un modelo matemático tridimensional en donde los elementos verticales están conectados con diafragmas horizontales, los cuales se suponen infinitamente rígidos en sus planos y determinar desplazamientos, fuerzas cortantes debido a la acción del sismo.

De acuerdo a la Norma de Diseño Sismo Resistente (RNC-NTE E.030) se ha considerado para el espectro de diseño los parámetros que conducen a un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones ( $S_a$ ) definido por:

$$S_a = \frac{ZUSC}{R_d} g$$

- Análisis Estático

**TABLA N° 2.01:** Parámetros para el análisis sísmico utilizados en el modelo.

Parámetros para el Análisis Sísmico	
Factor de zona (zona 3), Departamento de Ica	$Z = 0.4$
Factor de uso e importancia (categoría C)	$U = 1.0$
Factor de suelo (S3)	$S = 1.4$
Periodo para definir espectro de seudo aceleración	$T_p = 0.9 \text{ s}$
Factor de Reducción de la Fuerza Sísmica Longitudinal y Transversal Irregular	$R^* = 6$

\* Se consideran los  $\frac{3}{4}$  de R por tratarse de una estructura irregular.

- Factor de Amplificación Sísmica definida por  $C = 2.5 \times \left( \frac{T_p}{T} \right)$ ;  $C \leq 2.5$

- Determinación del periodo fundamental:

$T = \left( \frac{h_n}{C_T} \right)$  donde  $C_T = 60$ , edificio de concreto armado cuyos elementos

Sismoresistente son muros de corte, en los dos sentidos.

Altura de edificación:  $h_n = 5.25$  m,  $T = \left( \frac{5.25}{60} \right) = 0.087 \text{ seg}$

$$C = 2.5 \times \left( \frac{0.9}{0.087} \right) = 25.86 ; C \leq 2.5 \quad \therefore C = 2.5$$

- Irregularidad Estructural en altura
- Sistema Estructural: Factor de reducción de Fuerza Sísmica

$$R_{x,y} = \frac{3}{4} \times 6 = 4.5$$

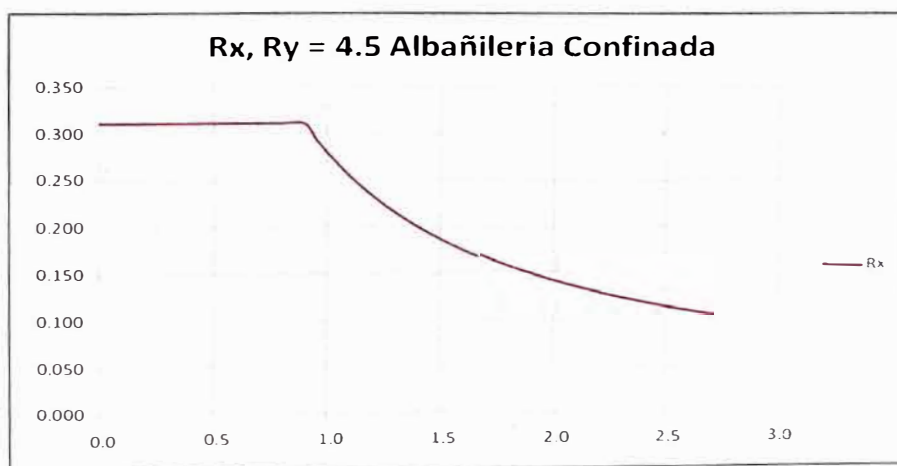
- Coeficiente basal

$$C_b = \frac{ZUCS}{R_{x,y}} = \frac{0.4 \times 1 \times 2.5 \times 1.4}{4.5} = 0.311 \frac{C}{R} = 0.55 > 0.125$$

- Análisis dinámico

Para la aceleración espectral para las dos direcciones usaremos un espectro inelástico pseudo-aceleración espectral. El espectro es procesado por el programa ETABS que determina las fuerzas cortantes, desplazamientos absolutos y relativos producidos por el efecto sísmico.

Para la vivienda típica se tiene el siguiente espectro en ambas direcciones:



**FIGURA N° 2.02:** Espectro de pseudo-aceleraciones dirección X, Y – R=4.5.

- Respuesta de la estructura

Calculo del cortante basal ( $V_b$ )

La estructura se clasifica como categoría "C", por lo tanto el peso que se ha considerado para el análisis sísmico es el debido a la carga permanente mas el 25% de la carga viva. En azoteas y techo en general se considera el 25% de la carga viva (100%CM+ 25%CV).

$$P_t = 165.90 + 0.25 \times 22.8 = 171.60 \text{ ton}$$

$$V_b = 0.311 \times 171.60 \times 90\% = 48.03 \text{ ton}$$

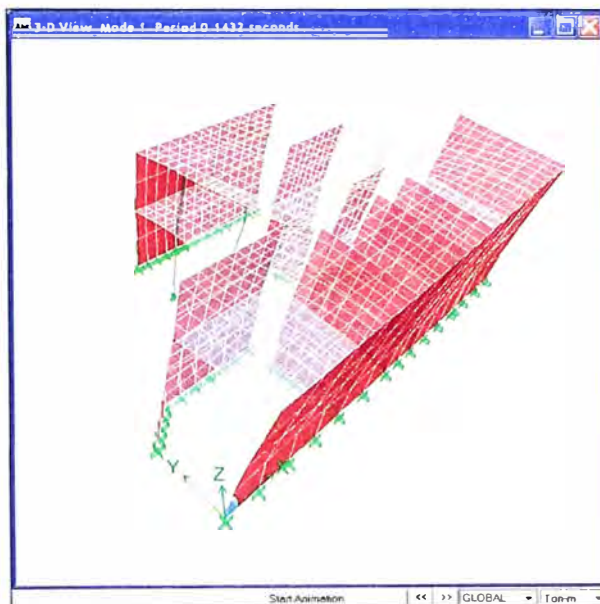
**TABLA N° 2.02: Fuerzas Cortantes en la Base.**

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
PISO1	DEAD	Top	127.2	0	0	0	520.2	-869.3
PISO1	DEAD	Bottom	<b>165.9</b>	0	0	0	658.4	-1140.4
PISO1	LIVE	Top	22.8	0	0	0	88.1	-153.6
PISO1	LIVE	Bottom	<b>22.8</b>	0	0	0	88.1	-153.6
PISO1	SX	Top	0	-47.1	0	189	0	-72
PISO1	SX	Bottom	0	-47.1	0	189	0	-211
PISO1	SXP	Top	0	-47.1	0	212	0	-72
PISO1	SXP	Bottom	0	-47.1	0	212	0	-211
PISO1	SXN	Top	0	-47.1	0	165.9	0	-72
PISO1	SXN	Bottom	0	-47.1	0	165.9	0	-211
PISO1	SY	Top	0	0	-47.1	-323.3	72.0	0
PISO1	SY	Bottom	0	0	-47.1	-323.3	211.0	0
PISO1	SYP	Top	0	0	-47.1	-353.5	72.0	0
PISO1	SYP	Bottom	0	0	-47.1	-353.5	211.0	0
PISO1	SYN	Top	0	0	-47.1	-293	72.0	0
PISO1	SYN	Bottom	0	0	-47.1	-293	211.0	0
PISO1	SPECX	Top	0	38.50	12.60	211.8	20.8	58.6
PISO1	SPECX	Bottom	0	<b>38.50</b>	12.60	211.8	57.2	170.4
PISO1	SPECY	Top	0	11.90	41.00	280.9	67.1	18.1
PISO1	SPECY	Bottom	0	11.90	<b>41.00</b>	280.9	185.3	52.7

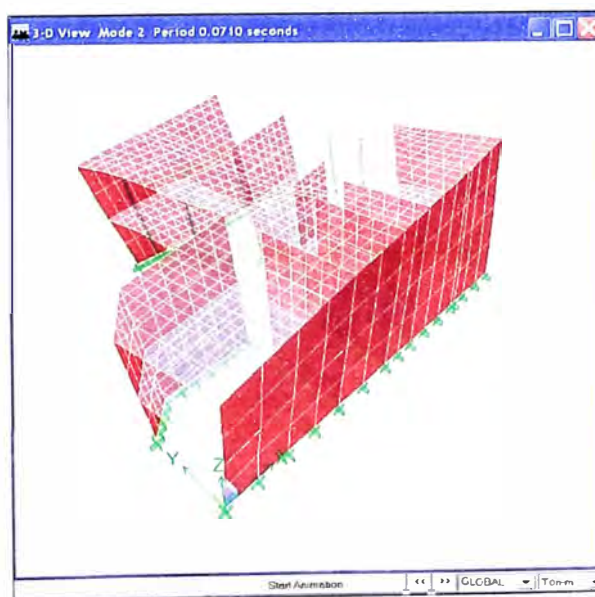
- Periodo fundamental y participación de masa

**TABLA N° 2.03: Participación Modal.**

Modo	Periodo	UX	UY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1.0	0.143	0.23	85.86	0.68	98.59	0.26	0.68
2.0	0.071	68.49	0.01	23.82	98.59	75.34	24.50
3.0	0.063	23.41	0.65	68.75	99.51	99.90	93.25
4.0	0.045	0.00	13.35	0.00	100.00	99.91	93.25
5.0	0.026	7.59	0.00	0.84	100.00	99.93	94.09
6.0	0.024	0.28	0.13	5.91	100.00	100.00	100.00



**FIGURA N° 2.03:** Periodo  $T_1 = 0.1432$  seg, traslacional.



**FIGURA N° 2.04:**  $T_2 = 0.0710$  seg, traslacional.

- Desplazamientos y distorsiones

Los límites para las distorsiones para albañilería confinada según el reglamento NTE E-0.30, es de 0.005, y cuyos valores obtenidos en la tabla son menores para cada piso en sus puntos mostrados, ante la acción del sismo de diseño en las direcciones X e Y. De donde se observa que no exceden los límites establecidos en la norma.

**TABLA 2.04:** Distorsiones para Cada Punto por Piso.

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY	E030 3/4R*=4.5
PISO2	Max Drift X	DEAD	18	10.5	9.8	5.6	0.000018		0.00006
PISO2	Max Drift Y	DEAD	1	12.8	3.6	5.6		0.000053	0.00018
PISO2	Max Drift X	LIVE	18	10.5	9.8	5.6	0.000004		0.00001
PISO2	Max Drift Y	LIVE	1	12.8	3.6	5.6		0.000012	0.00004
PISO2	Max Drift X	SX	18	10.5	9.8	5.6	0.000102		0.00034
PISO2	Max Drift Y	SX	1	12.8	3.6	5.6		0.000036	0.00012
PISO2	Max Drift X	SXP	18	10.5	9.8	5.6	0.000114		0.00038
PISO2	Max Drift Y	SXP	1	12.8	3.6	5.6		0.000044	0.00015
PISO2	Max Drift X	SXN	18	10.5	9.8	5.6	0.000089		0.00030
PISO2	Max Drift Y	SXN	1	12.8	3.6	5.6		0.000028	0.00009
PISO2	Max Drift X	SY	53	1.1	0	5.6	0.000045		0.00015
PISO2	Max Drift Y	SY	4	0	0	5.6		0.0005	0.00169
PISO2	Max Drift X	SYP	53	1.1	0	5.6	0.000036		0.00012
PISO2	Max Drift Y	SYP	4	0	0	5.6		0.000479	0.00162
PISO2	Max Drift X	SYN	53	1.1	0	5.6	0.000053		0.00018
PISO2	Max Drift Y	SYN	4	0	0	5.6		0.000521	0.00176
PISO2	Max Drift X	SPECX	18	10.5	9.8	5.6	0.000106		0.00036
PISO2	Max Drift Y	SPECX	4	0	0	5.6		0.000149	0.00050
PISO2	Max Drift X	SPECY	53	1.1	0	5.6	0.000051		0.00017
PISO2	Max Drift Y	SPECY	4	0	0	5.6		0.000462	0.00156
PISO1	Max Drift X	DEAD	18	10.5	9.8	3	0.000009		0.00003
PISO1	Max Drift Y	DEAD	1	12.8	3.6	3		0.000021	0.00007
PISO1	Max Drift X	LIVE	18	10.5	9.8	3	0.000002		0.00001
PISO1	Max Drift Y	LIVE	1	12.8	3.6	3		0.000004	0.00001
PISO1	Max Drift X	SX	18	10.5	9.8	3	0.000101		0.00034
PISO1	Max Drift Y	SX	1	12.8	3.6	3		0.000021	0.00007
PISO1	Max Drift X	SXP	18	10.5	9.8	3	0.000114		0.00038
PISO1	Max Drift Y	SXP	1	12.8	3.6	3		0.000031	0.00010
PISO1	Max Drift X	SXN	53	1.1	0	3	0.000097		0.00033
PISO1	Max Drift Y	SXN	4	0	0	3		0.000023	0.00008
PISO1	Max Drift X	SY	53	1.1	0	3	0.000038		0.00013
PISO1	Max Drift Y	SY	4	0	0	3		0.000387	0.00131
PISO1	Max Drift X	SYP	53	1.1	0	3	0.000027		0.00009
PISO1	Max Drift Y	SYP	4	0	0	3		0.000364	0.00123
PISO1	Max Drift X	SYN	53	1.1	0	3	0.000048		0.00016
PISO1	Max Drift Y	SYN	4	0	0	3		0.000411	0.00139
PISO1	Max Drift X	SPECX	18	10.5	9.8	3	0.000109		0.00037
PISO1	Max Drift Y	SPECX	4	0	0	3		0.000123	0.00042
PISO1	Max Drift X	SPECY	53	1.1	0	3	0.000048		0.00016
PISO1	Max Drift Y	SPECY	4	0	0	3		0.000351	0.00118

Desplazamiento en el eje X:

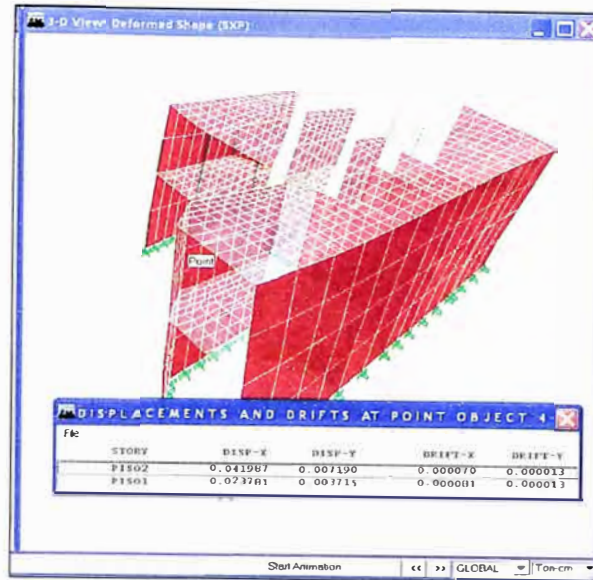


FIGURA N° 2.05: Desplazamientos máximos y relativos.

Máximo absoluto:  $0.041987 \times 3/4 \times 4.5 = 0.14 \text{ cm}$

Máximo relativo:  $0.00007 \times 3/4 \times 4.5 = 0.00024 < 0.005$

Desplazamiento en el eje Y:

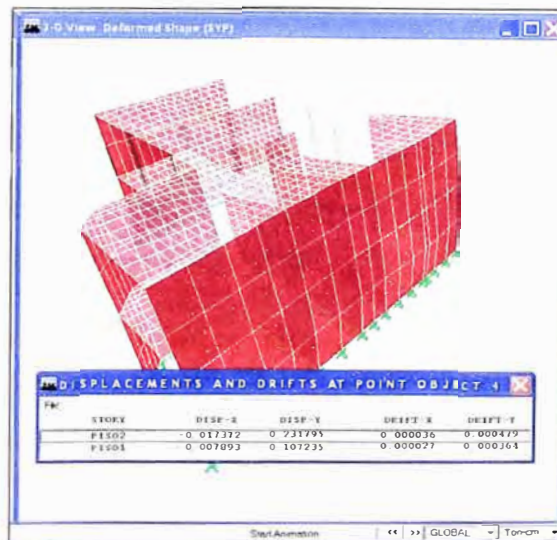


FIGURA N° 2.06: Desplazamientos máximos y relativos.

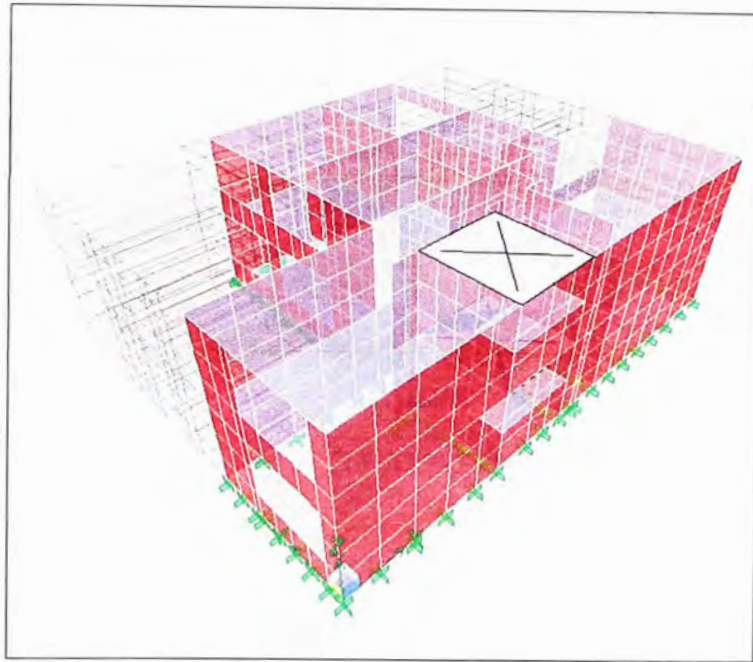
Máximo absoluto:  $0.231795 \times 3/4 \times 4.5 = 0.78 \text{ cm}$

Máximo relativo:  $0.000479 \times 3/4 \times 4.5 = 0.00162 < 0.05$

## Análisis Estructural de Vivienda con Muros de Ductilidad Limitada

### - Modelo Matemático del Edificio

Las estructuras son analizadas con hipótesis de comportamiento lineal y elástico. Para el cual se desarrolla un modelo matemático correspondiente a la edificación. En dicho modelo los elementos modelados con elementos tipo shell.



**FIGURA N° 2.07:** Modelo matemático de la edificación en 3D.

### - Cargas

Las cargas consideradas son las especificadas en el Reglamento Nacional de Construcciones, de acuerdo a lo siguiente:

#### Cargas Permanentes

$$S/C=200\text{kg}/\text{m}^2$$

#### Cargas Vivas

$$S/C=200\text{ kg}/\text{cm}^2$$

### - Combinaciones de carga para diseños por esfuerzos admisible

La verificación de la capacidad de los elementos de concreto armado se basó en un procedimiento de cargas factoradas, conforme a la Norma Técnica de



Edificación E0.60 "Concreto Armado" del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. Estas combinaciones son las siguientes:

$$U=1.4CM+1.7CV$$

$$U=1.25 (CM+CV+/-SX)$$

$$U=1.25 (CM+CV+/-SY)$$

$$U=0.9CM+/-1.25SX$$

$$U=0.9CM+/-1.25SY$$

Donde:

CM: Carga muerta

CV: Carga viva

SX, SY: Cargas de sismo en dirección x e y, respectivamente

- Análisis Sísmico

Para determinar los desplazamientos y fuerzas cortantes que el sismo de diseño impone sobre la estructura se efectúa el análisis dinámico determinando las masas de cada piso, considerándolas concentradas en los niveles de entrepiso. El programa de cómputo utilizado determina las rigideces de cada entrepiso y calcula las frecuencias naturales y los modos de vibración de la estructura. En el análisis tridimensional se ha empleado la superposición de los 6 primeros modos de vibración de las estructuras, considerando para cada piso tres grados de libertad, dos traslacionales horizontales y uno rotacional.

De acuerdo a la Norma de Diseño Sismo Resistente (RNC-NTE E.030) se ha considerado para el espectro de diseño los parámetros que conducen a un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones ( $S_a$ ) definido por:

$$S_a = \frac{ZUSC}{R_d} g$$

- Análisis Estático

El análisis estructural y los diseños se realizan independientemente para cada caso, de acuerdo a la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente (E-030), con el procedimiento de superposición modal espectral. Considerando las condiciones de suelo, las características de la estructura y las condiciones de uso, se utilizaron los parámetros sísmicos que se muestran a continuación.

**TABLA N° 2.05:** Parámetros para el Análisis Sísmico Utilizados en el Modelo.

Parámetros para el Análisis Sísmico	
Factor de zona (zona 3), Departamento de Ica	Z = 0.4
Factor de uso e importancia (categoría C)	U = 1.0
Factor de suelo (S3)	S = 1.4
Período para definir espectro de pseudo aceleración	T <sub>p</sub> = 0.9 s
Factor de Reducción de la Fuerza Sísmica Longitudinal y Transversal Irregular	R* = 3

\* Se consideran los  $\frac{3}{4}$  de R por tratarse de una estructura irregular.

- Factor de Amplificación Sísmica definida por  $C=2.5 \times \left(\frac{T_p}{T}\right)$ ;  $C \leq 2.5$

- Determinación del periodo fundamental:

$T = \left(\frac{h_n}{C_T}\right)$  donde  $C_T = 60$ , edificio de concreto armado cuyos elementos

Sismoresistente son muros de corte, en los dos sentidos.

Altura de edificación:  $h_n = 5.25$  m,  $T = \left(\frac{5.25}{60}\right) = 0.087$  seg

$C=2.5 \times \left(\frac{0.9}{0.087}\right) = 25.86$ ;  $C \leq 2.5$   $\therefore C = 2.5$

- Irregularidad Estructural en altura

Sistema Estructural: Factor de reducción de Fuerza Sísmica

$$R_{x,y} = \frac{3}{4} \times 4 = 3$$

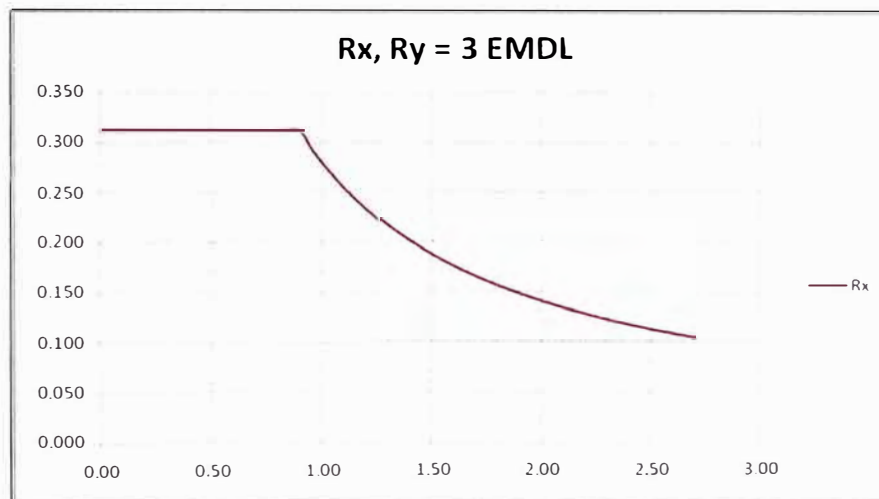
Coefficiente basal

$$C_b = \frac{ZUCS}{R_{x,y}} = \frac{0.4 \times 1 \times 2.5 \times 1.4}{3} = 0.466 \frac{C}{R} = 0.155 > 0.125$$

- Análisis Dinámico

Aceleración espectral para las dos direcciones usaremos un espectro inelástico pseudo-aceleración espectral. El espectro es procesado por el ETABS determinando las fuerzas cortantes, desplazamientos absolutos y relativos producidos por el efecto sísmico.

Para la vivienda típica se tiene el siguiente espectro en ambas direcciones:



**FIGURA Nº 2.08:** Espectro de pseudo-aceleraciones dirección X, Y – R=3 EDML.

- Respuesta de la estructura

Calculo del cortante basal ( $V_b$ )

$$P_t = 151.86 + 0.25 \times 25.51 = 158.24 \text{ ton, resultado del programa}$$

$$V_b = 0.466 \times 158.24 \times 90\% = 66.36 \text{ ton}$$

A continuación se muestran los resultados obtenidos por programa el programa, para el cálculo de las fuerzas cortantes en la base en las dos direcciones principales y la participación modal.

**TABLA N° 2.06: Fuerzas Cortantes en la Base.**

Piso	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
PISO 1	DEAD	Top	117.40	0.00	0.00	0.00	451.56	-796.73
PISO 1	DEAD	Bottom	<b>151.86</b>	0.00	0.00	0.00	561.37	-1022.62
PISO 1	LIVE	Top	23.96	0.00	0.00	0.00	89.84	-159.68
PISO 1	LIVE	Bottom	<b>25.51</b>	0.00	0.00	0.00	91.80	-167.82
PISO 1	SX	Top	0.00	-65.07	0.00	248.31	0.00	-97.78
PISO 1	SX	Bottom	0.00	-66.22	0.00	249.71	0.00	-255.33
PISO 1	SXP	Top	0.00	-65.07	0.00	279.03	0.00	-97.78
PISO 1	SXP	Bottom	0.00	-66.22	0.00	280.43	0.00	-255.33
PISO 1	SXN	Top	0.00	-65.07	0.00	217.59	0.00	-97.78
PISO 1	SXN	Bottom	0.00	-66.22	0.00	219.00	0.00	-255.33
PISO 1	SY	Top	0.00	0.00	-65.07	-442.15	97.78	0.00
PISO 1	SY	Bottom	0.00	0.00	-66.22	-448.17	255.33	0.00
PISO 1	SYP	Top	0.00	0.00	-65.07	-482.43	97.78	0.00
PISO 1	SYP	Bottom	0.00	0.00	-66.22	-488.45	255.33	0.00
PISO 1	SYN	Top	0.00	0.00	-65.07	-401.87	97.78	0.00
PISO 1	SYN	Bottom	0.00	0.00	-66.22	-407.89	255.33	0.00
PISO 1	SPECX	Top	0.00	<b>66.85</b>	26.68	449.39	37.80	102.10
PISO 1	SPECX	Bottom	0.00	<b>67.46</b>	26.90	450.06	101.43	259.82
PISO 1	SPECY	Top	0.00	17.31	<b>68.37</b>	441.32	98.26	26.28
PISO 1	SPECY	Bottom	0.00	17.47	<b>68.98</b>	444.61	261.55	67.19

- Periodo fundamental y participación de masa

**TABLA N° 2.07: Participación Modal.**

Modo	Periodo	UX	UY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1.00	0.042	0.004	90.316	1.427	97.502	0.002	1.427
2.00	0.031	60.164	0.618	28.455	98.056	69.694	29.882
3.00	0.025	29.274	1.486	60.647	99.505	99.849	90.529
4.00	0.014	0.013	6.552	1.382	99.911	99.874	91.910
5.00	0.011	9.049	0.028	1.714	99.916	99.874	93.624
6.00	0.009	0.766	0.192	6.006	99.986	99.980	99.630

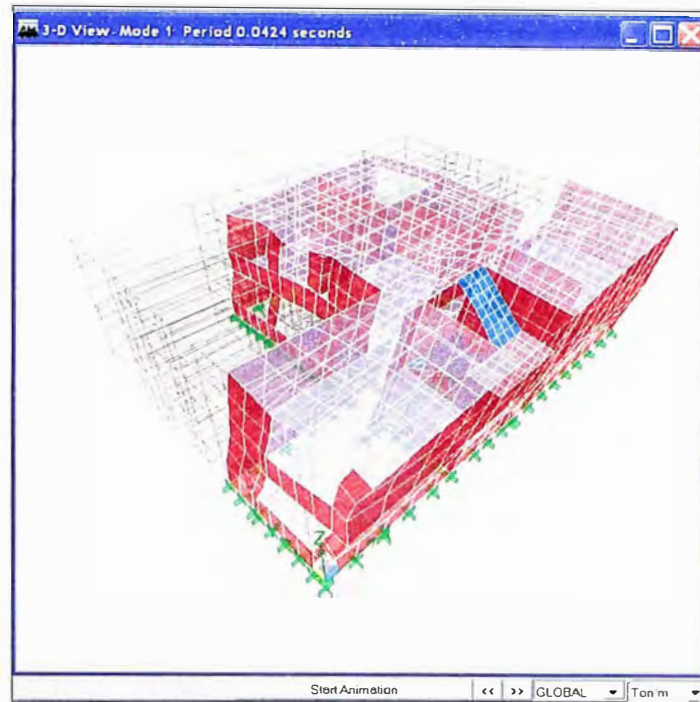


FIGURA N° 2.09: Periodo fundamental  $T_1 = 0.0424$ , traslacional

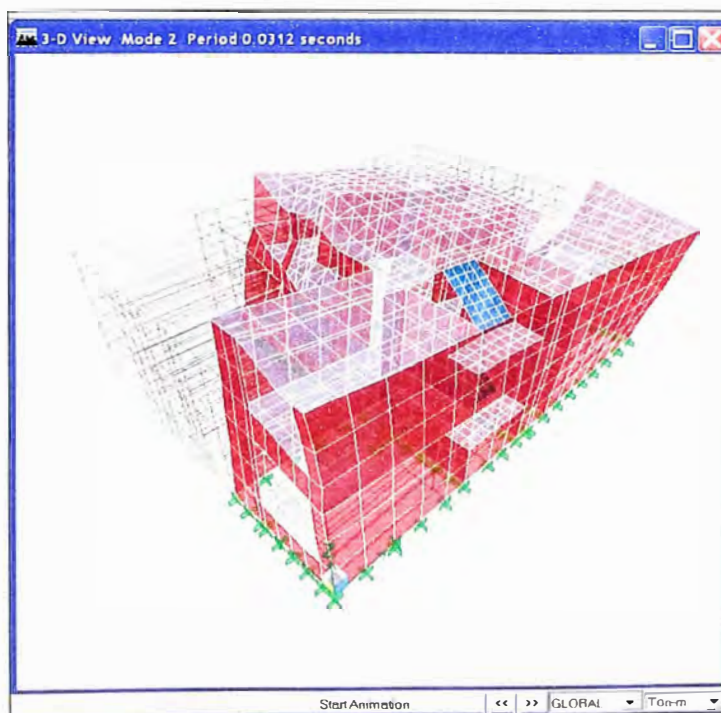


FIGURA N° 2.10: Periodo  $T_2=0.030$ , traslacional.

- Desplazamiento y distorsiones

Los límites para las distorsiones para muros de ductilidad limitada según el reglamento NTE E-0.30, es de 0.007, y cuyos valores obtenidos en la TABLA N° 2.08 son menores para cada piso en sus puntos mostrados, ante la acción del sismo de diseño en las direcciones X e Y. De donde se observa que no exceden los límites establecidos en la norma.

**TABLA N° 2.08:** Distorsiones para Cada Punto por Piso.

Piso	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY	E030 R=3
PISO 2	Diaph D2 X	SX	23	414.99	979.98	480	0.000038		0.000114
PISO 2	Diaph D2 Y	SX	103	-0.02	312.48	480		0.000012	0.000036
PISO 2	Diaph D2 X	SXP	23	414.99	979.98	480	0.000043		0.000129
PISO 2	Diaph D2 Y	SXP	52	-0.02	89.98	480		0.000017	0.000051
PISO 2	Diaph D2 X	SXN	23	414.99	979.98	480	0.000034		0.000102
PISO 2	Diaph D2 Y	SXN	103	-0.02	312.48	480		0.000008	0.000024
PISO 2	Diaph D2 X	SY	23	414.99	979.98	480	0.000008		0.000024
PISO 2	Diaph D2 Y	SY	103	-0.02	312.48	480		0.000059	0.000177
PISO 2	Diaph D2 X	SYP	85	573.74	-0.02	480	0.000005		0.000015
PISO 2	Diaph D2 Y	SYP	103	-0.02	312.48	480		0.000053	0.000159
PISO 2	Diaph D2 X	SYN	23	414.99	979.98	480	0.000014		0.000042
PISO 2	Diaph D2 Y	SYN	103	-0.02	312.48	480		0.000066	0.000198
PISO 2	Diaph D2 X	SPECX	23	414.99	979.98	480	0.000056		0.000168
PISO 2	Diaph D2 Y	SPECX	103	-0.02	312.48	480		0.000042	0.000126
PISO 2	Diaph D2 X	SPECY	23	414.99	979.98	480	0.000002		0.000006
PISO 2	Diaph D2 Y	SPECY	103	-0.02	312.48	480		0.000067	0.000201
PISO 1	Diaph D1 X	SX	23	414.99	979.98	240	0.000034		0.000102
PISO 1	Diaph D1 Y	SX	31	1284.99	364.98	240		0.000008	0.000024
PISO 1	Diaph D1 X	SXP	23	414.99	979.98	240	0.000039		0.000117
PISO 1	Diaph D1 Y	SXP	31	1284.99	364.98	240		0.000011	0.000033
PISO 1	Diaph D1 X	SXN	23	414.99	979.98	240	0.000003		0.000009
PISO 1	Diaph D1 Y	SXN	31	1284.99	364.98	240		0.000004	0.000012
PISO 1	Diaph D1 X	SY	23	414.99	979.98	240	0.000005		0.000015
PISO 1	Diaph D1 Y	SY	105	-0.02	189.98	240		0.000072	0.000216
PISO 1	Diaph D1 X	SYP	85	573.74	-0.02	240	0.000002		0.000006
PISO 1	Diaph D1 Y	SYP	105	-0.02	189.98	240		0.000066	0.000198
PISO 1	Diaph D1 X	SYN	23	414.99	979.98	240	0.000001		0.000003
PISO 1	Diaph D1 Y	SYN	105	-0.02	189.98	240		0.000078	0.000234
PISO 1	Diaph D1 X	SPECX	23	414.99	979.98	240	0.000052		0.000156
PISO 1	Diaph D1 Y	SPECX	105	-0.02	189.98	240		0.000004	0.000012
PISO 1	Diaph D1 X	SPECY	23	414.99	979.98	240	0.000017		0.000051
PISO 1	Diaph D1 Y	SPECY	105	-0.02	189.98	240		0.000081	0.000243

Desplazamiento en el eje X:

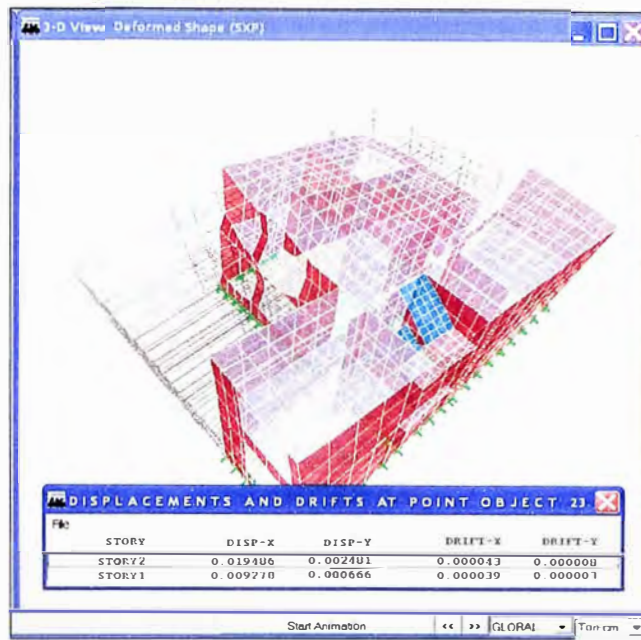


FIGURA N° 2.11: Desplazamientos máximos y relativos.

Máximo Absoluto:  $0.019 \times 3/4 \times 4 = 0.057 \text{ cm}$

Máximo Relativo:  $0.000043 \times 3/4 \times 4 = 0.00013 < 0.007$

Desplazamiento en el eje Y:

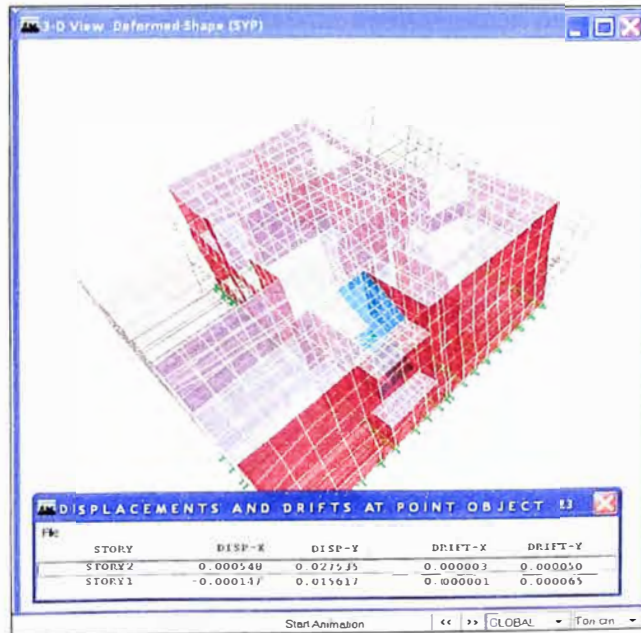


FIGURA N° 2.12: Desplazamientos máximos y relativos.

Máximo Absoluto:  $0.027535 \times 3/4 \times 4 = 0.082 \text{ cm}$

Máximo Relativo:  $0.00005 \times 3/4 \times 4 = 0.00015 < 0.007$

- Estabilidad y volteo:

**TABLA N° 2.09: Momentos Resistentes.**

Piso	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
PISO 1	DEAD	Top	117.4	0	0	0	451.56	-796.73
PISO 1	DEAD	Bottom	<b>151.86</b>	0	0	0	<b>561.37</b>	<b>-1,022.62</b>
PISO 1	SX	Top	0	-65.07	0	248.31	0.00	-97.78
PISO 1	SX	Bottom	0	-66.22	0	249.71	0.00	-255.33
PISO 1	SXP	Top	0	-65.07	0	279.03	0.00	-97.78
PISO 1	SXP	Bottom	0	-66.22	0	280.43	0.00	-255.33
PISO 1	SXN	Top	0	-65.07	0	217.59	0.00	-97.78
PISO 1	SXN	Bottom	0	-66.22	0	219.00	0.00	-255.33
PISO 1	SY	Top	0	0	-65.07	-442.15	97.78	0.00
PISO 1	SY	Bottom	0	0	-66.22	-448.17	255.33	0.00
PISO 1	SYP	Top	0	0	-65.07	-482.43	97.78	0.00
PISO 1	SYP	Bottom	0	0	-66.22	-488.45	255.33	0.00
PISO 1	SYN	Top	0	0	-65.07	-401.87	97.78	0.00
PISO 1	SYN	Bottom	0	0	-66.22	-407.89	255.33	0.00
PISO 1	SPECX	Top	0	66.85	26.68	449.40	37.80	102.10
PISO 1	SPECX	Bottom	0	67.46	26.9	450.06	<b>101.43</b>	<b>259.81</b>
PISO 1	SPECY	Top	0	17.31	68.37	441.32	98.26	26.28
PISO 1	SPECY	Bottom	0	17.47	68.98	444.61	<b>261.54</b>	<b>67.19</b>

Los momentos resistentes debido a la carga permanente  $M_x=561.37$  ton-m,  $M_y=1,022.62$  ton-m

Momentos actuantes debido a la acción sísmica  $M_x=261.54$  ton-m y  $M_y=259.81$  ton-m; son menores que los momentos resistentes.

Determinación del coeficiente de seguridad contra falla al volteo

$$FS_x = \frac{561.37}{261.54} = 2.15 \geq 1.5 \text{ cumple}$$

$$FS_y = \frac{1,022.62}{259.81} = 3.94 \geq 1.5 \text{ cumple}$$



## 2.2. DISEÑO DE VIVIENDA CON MUROS DE ALBAÑILERIA CONFINADA

### 2.2.1. Cimentación.

Las solicitaciones a las cuales se ven sometidos los elementos estructurales de albañilería (muros portantes) en la base de la edificación deben ser transmitidas satisfactoriamente al terreno, teniendo en cuenta que es a través de la cimentación que se produce la interacción entre la estructura y el suelo. Por lo cual la cimentación debe proveer suficiente rigidez y al mismo tiempo asegurar que la estructura funcione como un todo ante acciones sísmicas.

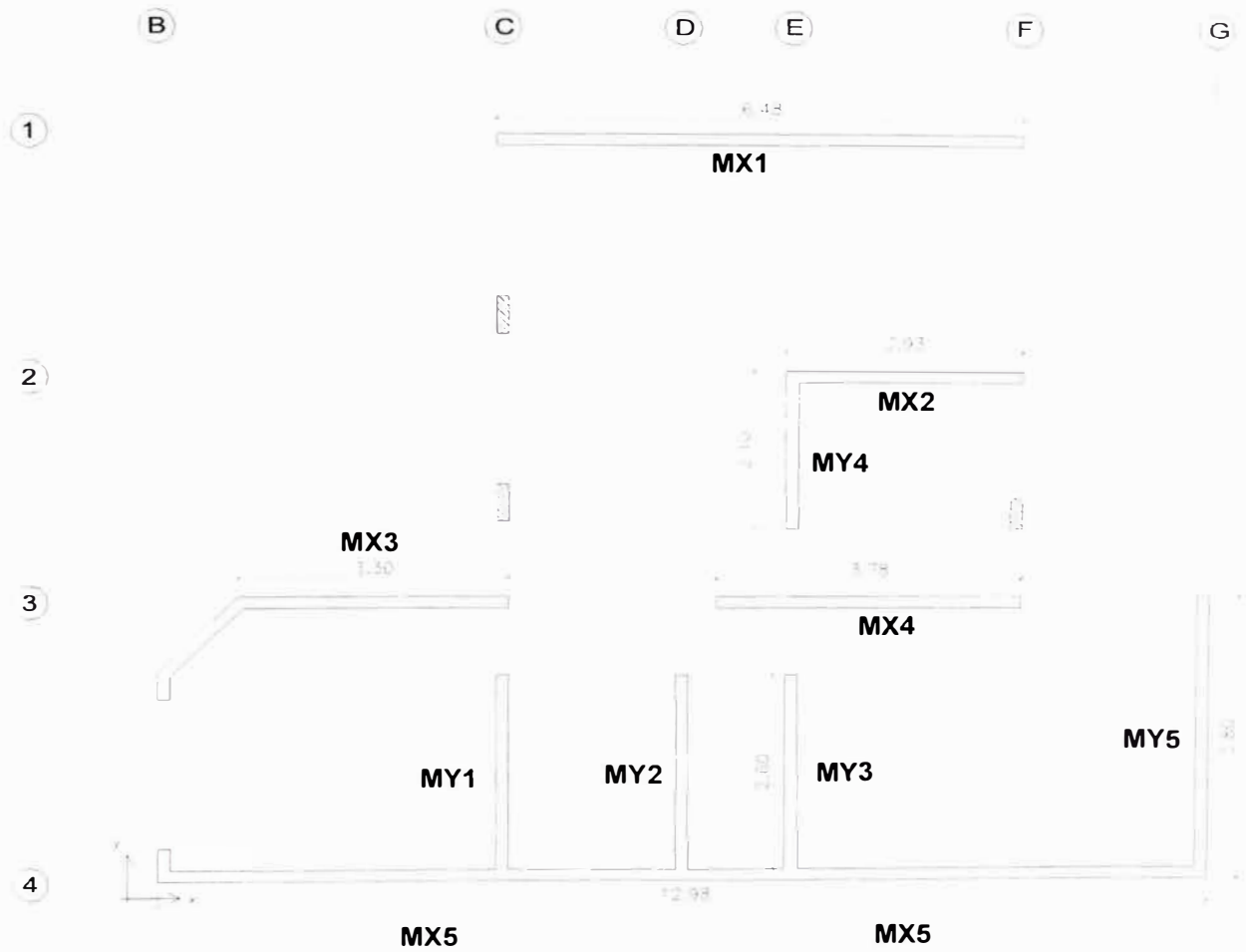
El tipo de cimentación a emplear por la baja resistencia se empleará platea de cimentación con sardinel perimetral, que por ser estructuralmente más eficiente resulta ser la solución para cimentar en un tipo de suelo de  $q_a=0.75 \text{ kg/cm}^2$ .

Cuyo modelamiento se realiza mediante el programa de cómputo SAFE V12.2.0, que al final será empleado para los dos sistemas estructurales que se desarrollan en el presente informe.

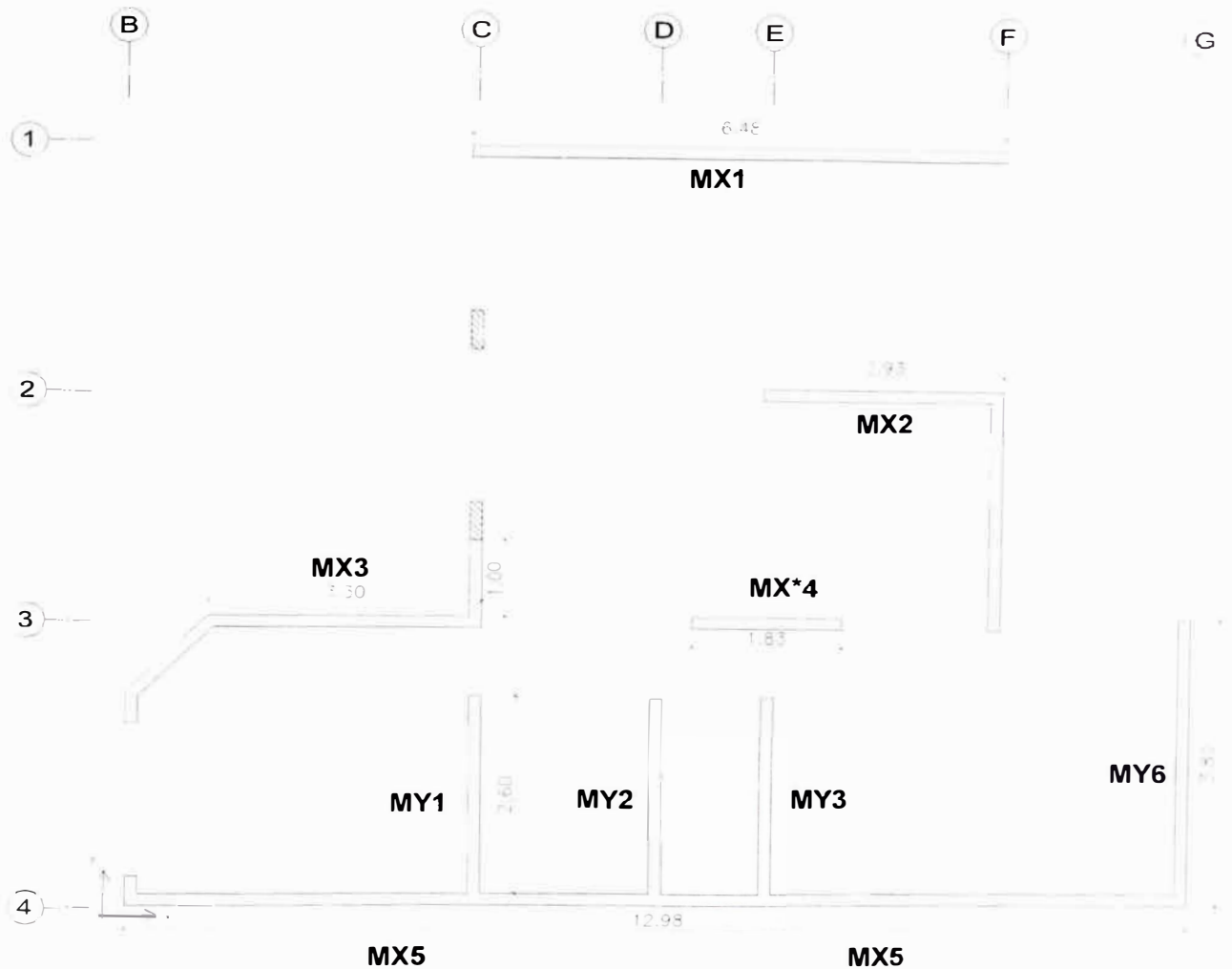
### 2.2.2. Diseño de Muros por Esfuerzos de Corte

- Los muros de corte se diseñarán para resistir cualquiera carga lateral y otras cargas que estén sujetos o interactúen.
- Los muros de corte serán del tipo muro confinado.
- El espesor efectivo "t" mínimo será de 1/20 de su altura o 12 cm, el que sea mayor.
- Los muros de corte tendrán un largo mínimo del doble de su altura.

En las FIGURA N° 2.13 y FIGURA N° 2.14, la distribución de muros de corte, en lo posible se mantiene la densidad de los muros para los dos entrepisos, en lugares que no sean posibles, se ubicará un muro simple o tabiquería.



**FIGURA N° 2.13:** Ubicación y notación de muros portantes, primer nivel.



**FIGURA N° 2.14:** Ubicación y notación de muros portantes, segundo nivel.

- Evaluación por densidad de muros

La densidad mínima de muros reforzados (confinados) para cada dirección de la edificación se determina con la expresión:

$$\frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{Z.U.S.N}{56} = \frac{0.4 \times 1.0 \times 1.4 \times 2}{56} = 0.02$$

Donde:

Factor de zona,  $Z = 0.4$

Factor de uso o importancia,  $U = 1.00$

Factor de suelo,  $S = 1.4$

$N$  = número de pisos de la edificación

$A_p = 89.12 \text{ m}^2$ , área real de la planta típica

$L$  = longitud del muro, incluyendo columnas

$t = 0.13\text{m}$ , espesor efectivo del muro

En la tabla se indica la longitud de los muros, su área de corte ( $A_c=L.t$ ), numero de muros de iguales características ( $N_m$ ) y se verifica que la densidad de muros que presenta la edificación excede en cada dirección al valor mínimo reglamentario de 0.02.

**TABLA N° 2.10:** Densidad de muros dirección X.

<b>Densidad de Muros Reforzados Dirección X</b>				
Muro	L(m)	t(m)	$A_c(\text{m}^2)$	$N_m$
MX1	6.48	0.13	0.842	1
MX2	2.93	0.13	0.380	1
MX3	3.30	0.13	0.429	1
MX4	3.78	0.13	0.491	1
MX5	12.98	0.13	1.687	1

$$L_t = 3.829$$

$$A_p = 89.126$$

$$\sum L.t = 0.0430$$

**TABLA N° 2.11:** Densidad de muros dirección Y.

<b>Densidad de Muros Reforzados Dirección Y</b>				
Muro	L(m)	t(m)	Ac(m <sup>2</sup> )	Nm
MY1	2.60	0.13	0.338	1
MY2	2.93	0.13	0.38	1
MY3	5.20	0.13	0.676	1
MY4	2.10	0.13	0.273	1
MY5	3.78	0.13	0.491	1

$$L_t = 2.158$$

$$A_p = 89.126$$

$$\sum L \cdot t = 0.0242$$

De la distribución en planta y los resultados se observa que se tiene menor densidad de muros en la dirección Y, asimismo la discontinuidad de muros en la misma dirección, en la parte del eje "C" se tiene elementos estructurales tipo aporticado.

- Verificación de esfuerzos admisibles

La resistencia admisible a compresión en muros de albañilería está dada por la expresión:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0.2f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15f'_m$$

Por Carga axial

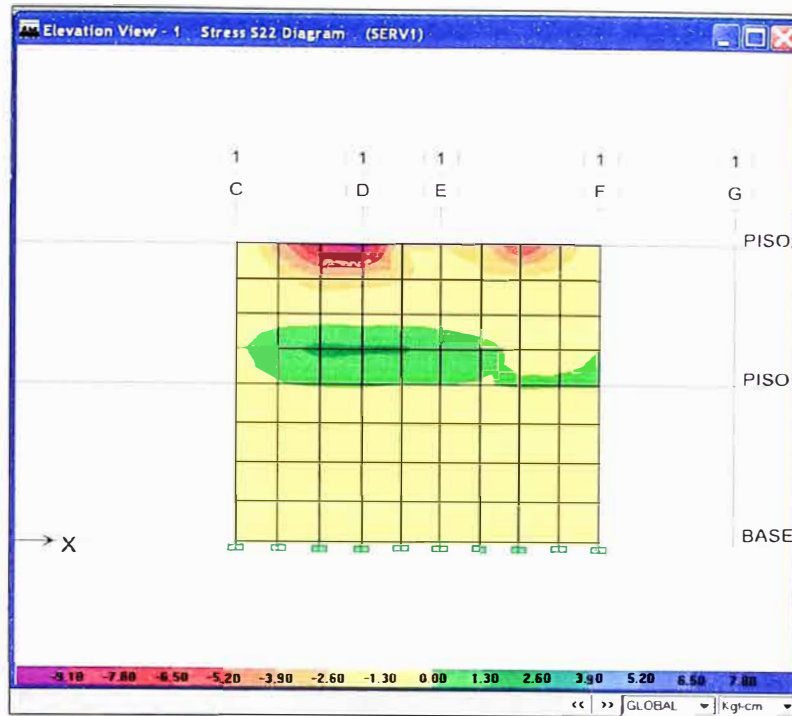
$$F_a = 0.2f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] = 0.2 \times 650 \left[ 1 - \left( \frac{2.4}{35 \times 0.13} \right)^2 \right] = 9.38 \text{ kg/cm}^2$$

Valor que no debe superar a  $0.15f'_m = 0.15 \times 65 = 9.75 \text{ kg/cm}^2$

En la FIGURA N° 2.15 se tiene la combinación de carga muerta (CM) y carga viva (CV) para el muro MX1, se tiene  $f_a = 3.90 \text{ kg/cm}^2$ .

De donde resulta la comparación de esfuerzos actuantes ( $f_a$ ) con el admisible ( $F_a$ ), y se comprueba para los demás muros.

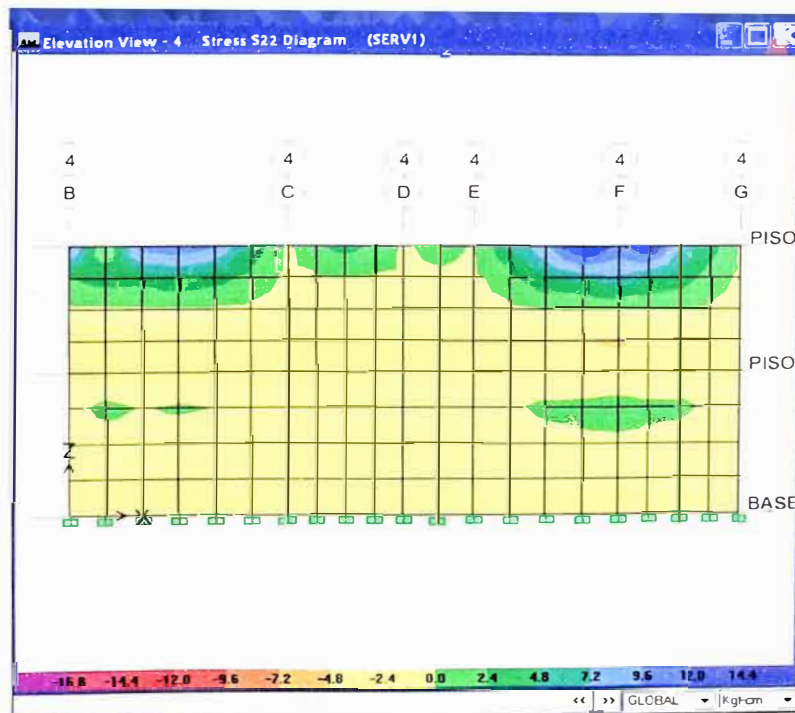
$$0.15f'_m > F_a > f_a$$



**FIGURA N° 2.15:** Esfuerzos por combinación de carga muerta (CM) y carga viva (CM) en el muro MX1.

- Compresión por flexión

$$F_m = 0.375 \cdot f' \cdot m = 0.375 \times 65 = 24.38 \text{ kg/cm}^2$$



**FIGURA N° 2.16:** Esfuerzos por combinación de carga muerta (CM) y carga viva (CM) en el muro MX4.

Para la combinación de CM y CV en el muro MX4, se tiene  $f_a=4.80 \text{ kg/cm}^2 < F_a=9.38 \text{ kg/cm}^2$

A continuación se muestra el diseño del muro MX1. El proceso es similar para el resto de los muros.

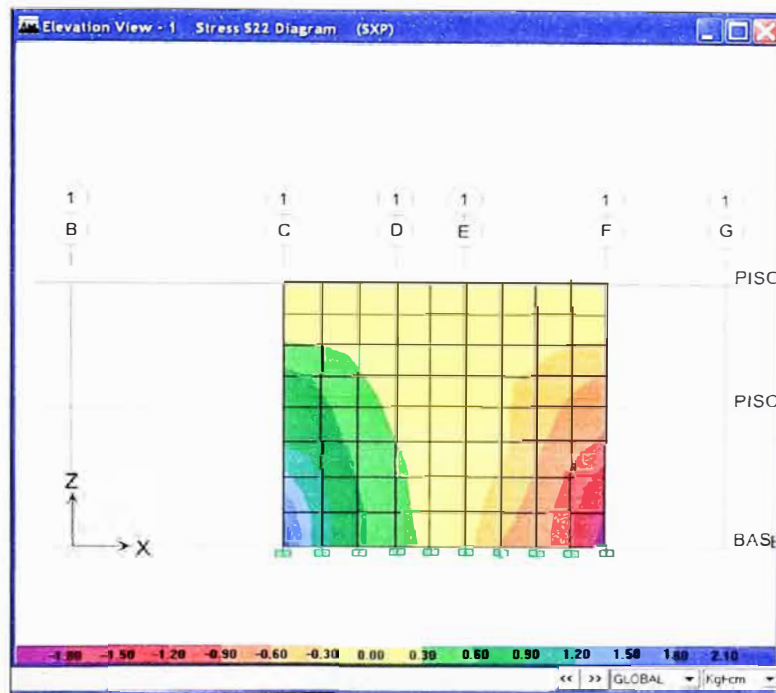


FIGURA Nº 2.17: Esfuerzos de corte por sismo (SXP) en el muro MX1.

Para carga de sismo SXP en el muro MX1,  $f_m=1.5 \text{ kg/cm}^2 < F_m=24.38 \text{ kg/cm}^2$

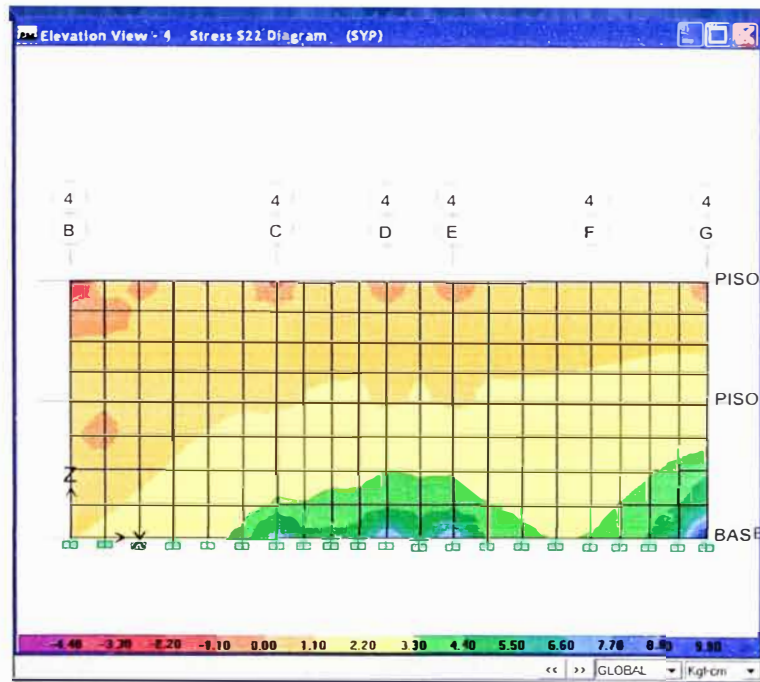


FIGURA N° 2.18: Esfuerzos de corte por sismo (SYP) en el muro MX4.

Para carga de sismo SYP en el muro MX4,  $f_m=4.4 \text{ kg/cm}^2 < F_m=24.38 \text{ kg/cm}^2$

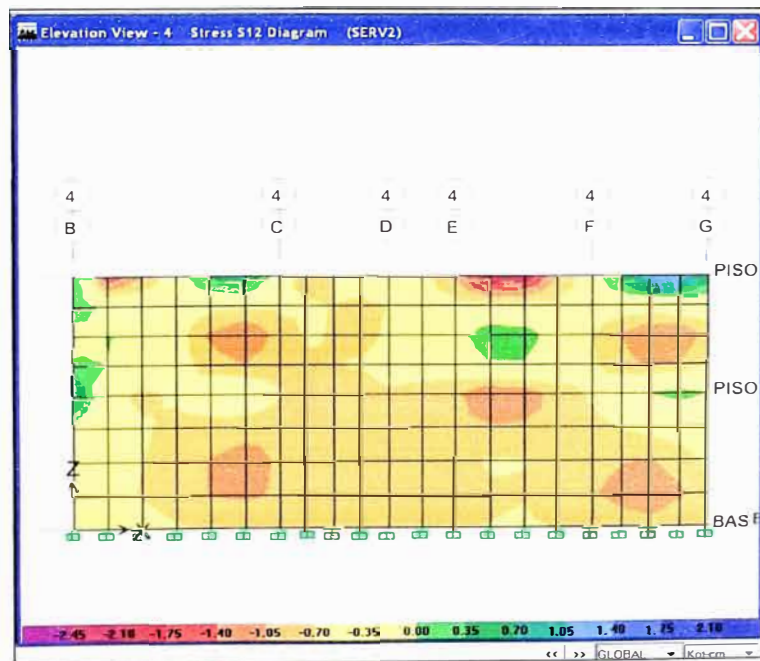
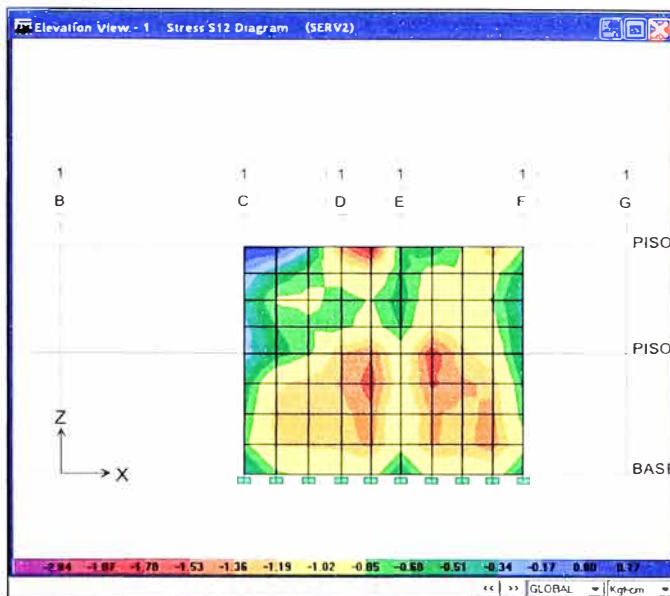
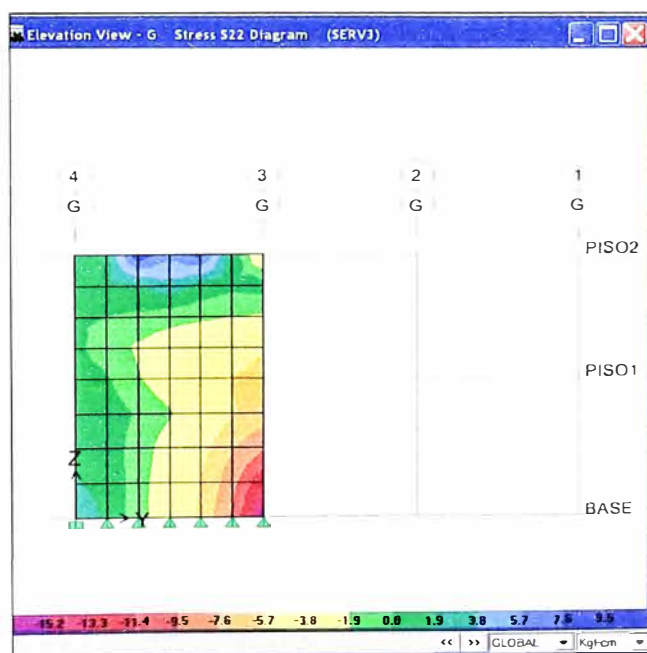


FIGURA N° 2.19: Esfuerzos de corte para combinación de carga muerta SERV2.  
(CM) y carga de Sismo (SXP).





**FIGURA N° 2.20:** Esfuerzos de corte para combinación de carga muerta SERV2.  
(CM) y carga de Sismo (SXP).



**FIGURA N° 2.21:** Esfuerzos de corte para combinación de carga muerta SERV3.  
(CM) y carga de Sismo (SYP).

### 2.2.3. Diseño por Fuerzas Actuantes

A continuación se muestran los resultados obtenidos del programa, ETABS, que luego son tomados para aplicar según la Norma E0.70 de albañilería.

**TABLA N° 2.12:** Resumen de resultado de análisis dirección X.

GEOMETRIA				RESULTADOS DEL ANALISIS			RESISTENCIA AL CORTE			FUERZAS ANTE SISMO SEVERO			DISEÑO DE COLUMNAS DE CONFINAMIENTO		
Nivel	Muro	L(m)	t(m)	Pg (Tn)	Ve (Tn)	Me (Tn-m)	$\alpha$	Vm(Tn)	.55*Vm(Tn)	Vm/Ve	Vu (Tn)	Mu (Tn-m)	Nc	H(m)	M(Tn-m)
PISO 1	MX1	6.48	0.13	10.22	9.27	15.53	1.00	36.47	20.06	3.00	27.80	46.59	3.00	2.65	-1.73
PISO 1	MX2	2.93	0.13	7.98	6.09	2.46	1.00	17.26	9.49	2.83	17.26	6.97	2.00	2.65	-15.90
PISO 1	MX3	3.30	0.13	9.37	11.15	3.47	1.00	19.53	10.74	2.00	22.31	6.94	2.00	2.65	-18.94
PISO 1	MX4	3.78	0.13	15.84	12.78	2.64	1.00	23.54	12.95	2.00	25.55	5.28	3.00	2.65	-25.92
PISO 1	MX5	12.98	0.13	33.17	67.50	51.95	1.00	75.97	41.78	2.00	134.99	103.90	7.00	2.65	3.24

**TABLA N° 2.13:** Resumen de resultado de análisis dirección Y.

GEOMETRIA				RESULTADOS DEL ANALISIS			RESISTENCIA AL CORTE			FUERZAS ANTE SISMO SEVERO			DISEÑO DE COLUMNAS DE CONFINAMIENTO		
Nivel	Muro	L(m)	t(m)	Pg (Tn)	Ve (Tn)	Me (Tn-m)	$\alpha$	Vm(Tn)	.55*Vm(Tn)	Vm/Ve	Vu (Tn)	Mu (Tn-m)	Nc	H(m)	M(Tn-m)
PISO 1	MY1	2.60	0.13	8.95	4.80	16.36	0.76	12.50	6.88	2.60	12.50	42.61	2.00	2.65	26.04
PISO 1	MY2	2.60	0.13	7.98	12.00	16.18	1.00	15.52	8.54	2.00	24.00	32.36	2.00	2.65	11.79
PISO 1	MY3	2.60	0.13	8.96	11.20	16.05	1.00	15.75	8.66	2.00	22.40	32.10	2.00	2.65	11.23
PISO 1	MY4	2.10	0.13	5.50	2.80	7.99	0.74	9.40	5.17	3.00	8.40	23.97	2.00	2.65	11.51
PISO 1	MY5	3.80	0.13	10.76	9.60	16.18	1.00	22.48	12.36	2.34	22.48	37.89	2.00	2.65	8.10

Se decidió revisar muro en eje X, L=6.48m.

Decidir si se usa el corte actuante o el resistente.

Columna:  $V=3.3\text{kg/cm}^2 \times 13\text{cm} \times 648\text{cm}=27,799.20\text{kg}$

$$A_c = \frac{0.9 \times 27,799.2}{\sqrt{210}} = 1,726\text{cm}^2 = 3\text{col } 15 \times 40\text{cm}^2$$

De la misma forma se procede para los demás elementos

## 2.3. DISEÑO DE VIVIENDA CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

### 2.3.1 Características del acero de refuerzo

#### Acero Corrugado

Los aceros corrugados que se producen en el Perú son aceros de grado 60, fabricados por las empresas Aceros Arequipa y Sider Perú.

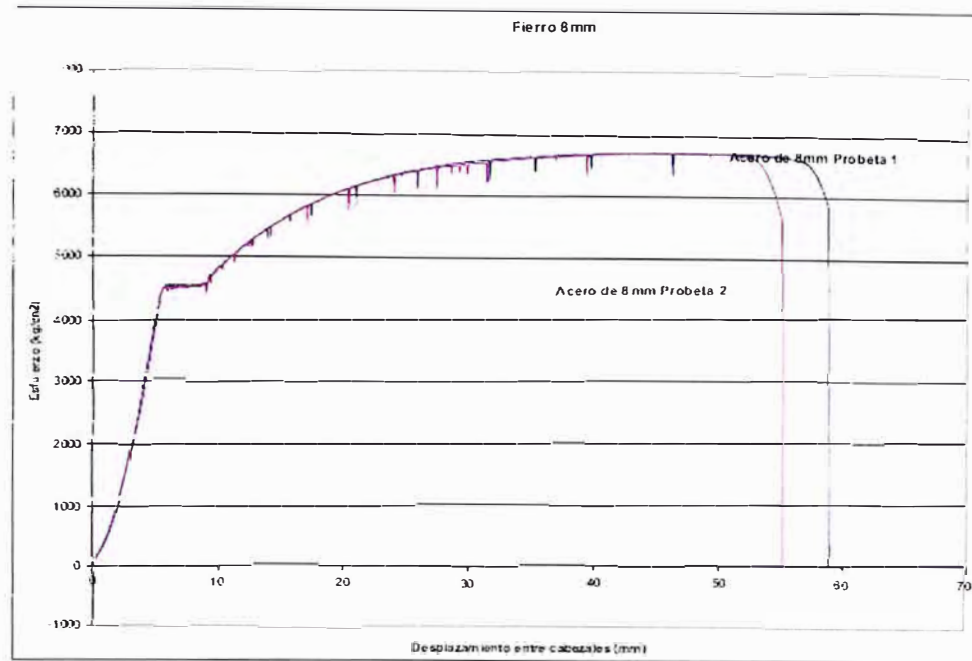
El acero que se emplea como refuerzo en edificaciones con muros de ductilidad limitada es el acero de grado 60 que cumple la Norma ASTM A615, cuyas características son las siguientes características, que se mencionan en la TABLA Nº 2.14.

**TABLA Nº 2.14:** Valores de Propiedades del Acero.

Característica	Valor	ASTM A615
Límite de Fluencia mínimo (Fy)	4,200 kg/cm <sup>2</sup>	Cumple
Resistencia a la Tracción mínima (fu)	6300 kg/cm <sup>2</sup>	Cumple
Módulo de Elasticidad (Es)	2,000,000 kg/cm <sup>2</sup>	No Especifica
Deformación en el inicio de la fluencia (εy)	0.0021	No Especifica
Longitud de la plataforma de fluencia de rotura (εR) y deformación de fluencia (εF)	εR >> εF (30 a 40 veces)	No Especifica
Coeficiente de dilatación	11x10 <sup>-6</sup> 1/Cº	No Especifica
Alargamiento de rotura mínimo	<b>Diametro</b>	<b>Elogacion mínima de rotura</b>
	3/8", 1/2", 5/8" y 3/4"	9%
	1"	8%
	1 3/8"	7%
Sobre-resistencia (fu/fy)	No indica valor mínimo, pero el ACI infiere un valor mínimo de 1.25	No Especifica

#### - Características Generales del Acero ASTM A615 fabricado en el Perú

La FIGURA Nº 2.22 muestra el diagrama esfuerzo-desplazamiento obtenido de los resultados del ensayo de tracción realizado con barras de Aceros Arequipa corrugadas de 8mm de diámetro (referencia Laboratorio de Ensayo 18 de agosto de 2004-PUCP).



**FIGURA N° 2.22:** Diagrama Esfuerzo – Desplazamiento de Barras de 8mm de Diámetro.

Los resultados de los ensayos del acero convencional corrugado ( $\varnothing$  8 mm) tuvieron un valor de esfuerzo de fluencia ( $f_y$ ) mayor a 4200 kg/cm<sup>2</sup> y un valor de esfuerzo de rotura ( $f_u$ ) mayor a 6,300 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual cumple con lo especificado en la Norma ASTM A615 Grado 60. Asimismo, los ensayos de laboratorio indican que el valor de  $f_y$  real puede ser mayor que el nominal en aproximadamente 10%.

**TABLA N° 2.15:** Resultado del Ensayo de Tracción de Barras de 8mm de Diámetro.

Acero de 8 mm	$\sigma$ rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ fluencia (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_u/f_y$	Elongación (%)
Muestra 1	6,883.00	4,587.00	1.50	20.0
Muestra 2	6,877.00	4,587.00	1.50	17.5
Promedio	6,880.00	4,587.00	1.50	18.8

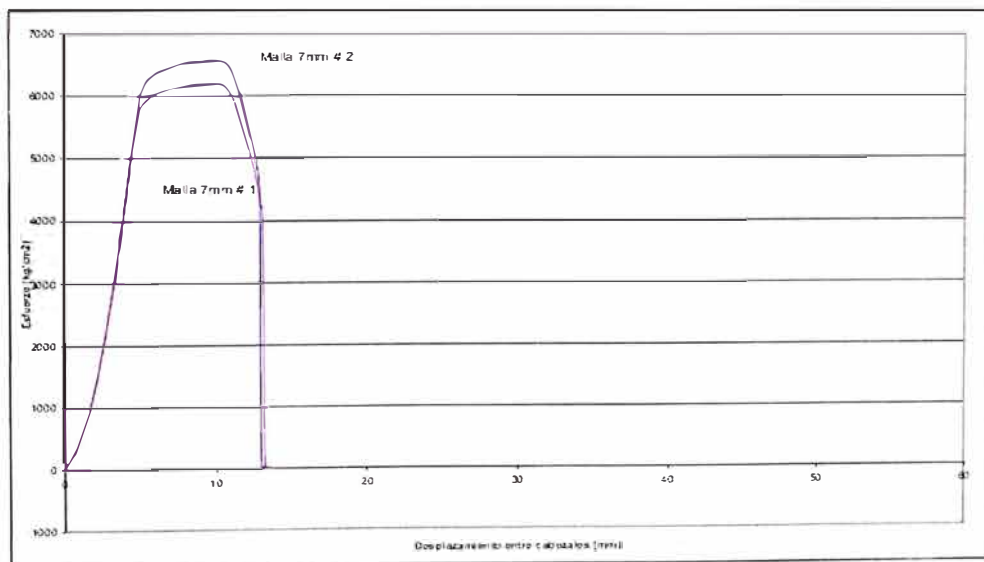
(Referencia Laboratorio de Ensayo 18 de agosto de 2004-PUCP).

La tabla muestra que el valor de elongación de las varillas de acero corrugado es aproximadamente el doble del valor mínimo especificado por la Norma ASTM A615.

### - Malla electrosoldada

Las varillas que forman las mallas electrosoldadas son de acero trefilado en frío y pueden ser lisas o corrugadas. En el Perú las mallas electrosoldadas son producidas por la empresa PRODAC.

La FIGURA 2.23 muestra el diagrama esfuerzo-desplazamiento, obtenido de los resultados del ensayo de tracción realizado con una muestra de malla electrosoldada de PRODAC QE 257 de 7mm de diámetro (*Fuente Laboratorio Ensayo de materiales, PUCP 18 de agosto del 2004*). Este ensayo se realizó empleando porciones que incluyen un punto de soldadura. Los valores de esfuerzo de fluencia calculados en estos ensayos son meramente referenciales, debido a que en este tipo de ensayo existen una serie de factores (resbalamiento y acomodamiento de la muestra) y métodos de estimación que impiden determinar con certeza este valor.



**FIGURA 2.23:** Diagrama Esfuerzo – Desplazamiento de Mallas Electrosoldadas de 7mm de Diámetro.

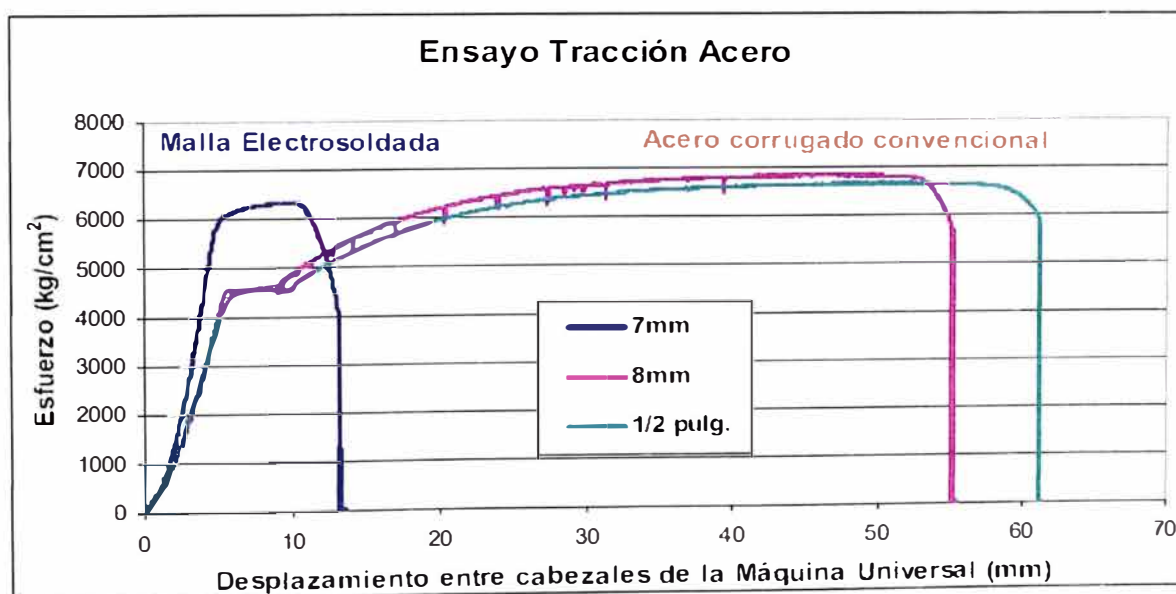
**TABLA N° 2.16:** Resultado del Ensayo de Tracción de Mallas electrosoldadas de 7mm de Diámetro.

Malla de 7mm	$\sigma$ rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ fluencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Elongación (%)
Muestra 1	6,411.00	5,982.00	4.5
Muestra 2	6,798.00	6,349.00	4.0
Promedio	6,604.00	6,166.00	4.3

(Referencia Laboratorio de Ensayo 18 de agosto de 2004-PUCP).

Comparación entre la Malla Electrosoldada y el Acero Corrugado

La FIGURA N° 2.24 muestra el diagrama esfuerzo-desplazamiento obtenido de los resultados de ensayos de tracción realizados a las varillas de acero corrugado y a las varillas que forman la malla electrosoldada (18 de agosto de 2004-PUCP).



**FIGURA N° 2.24:** Diagrama Esfuerzo – Desplazamiento de Malla Electrosoldada de 7mm de Diámetro y Barras Corrugadas de 8mm y 1/2" de Diámetro.

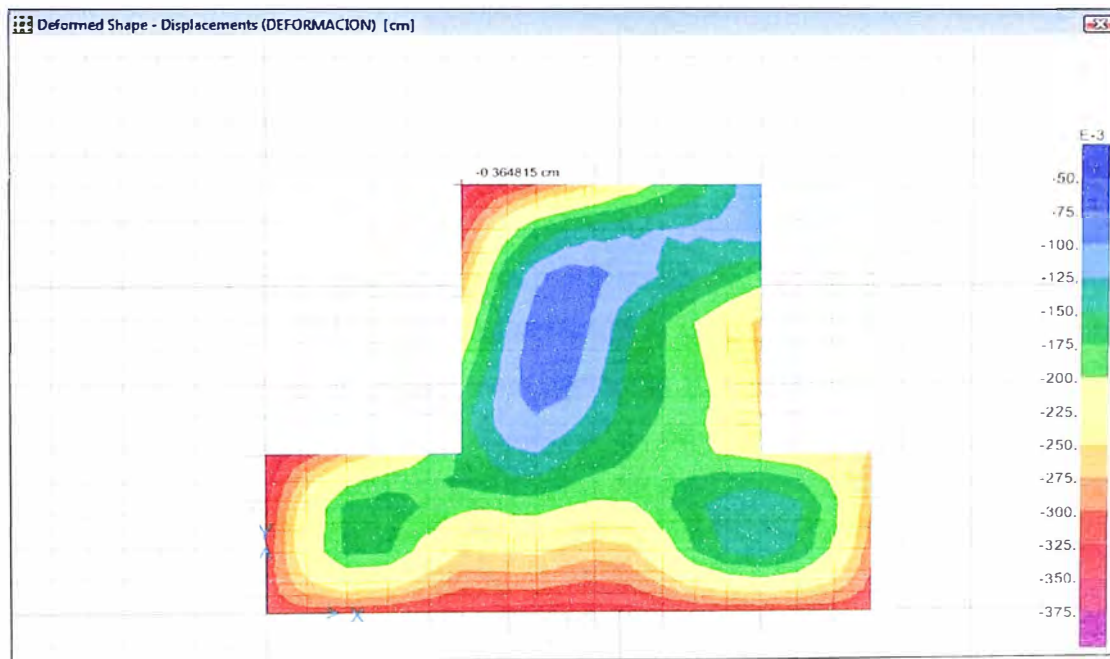
Se observa que los aceros peruanos de grado 60 tienen un claro escalón de fluencia, mientras que las mallas electrosoldadas no exhiben tal plataforma. Los ensayos de tracción muestran que la elongación de las mallas electrosoldadas es aproximadamente 4.5 veces menor que la del refuerzo convencional.

### 2.3.2 Cimentación

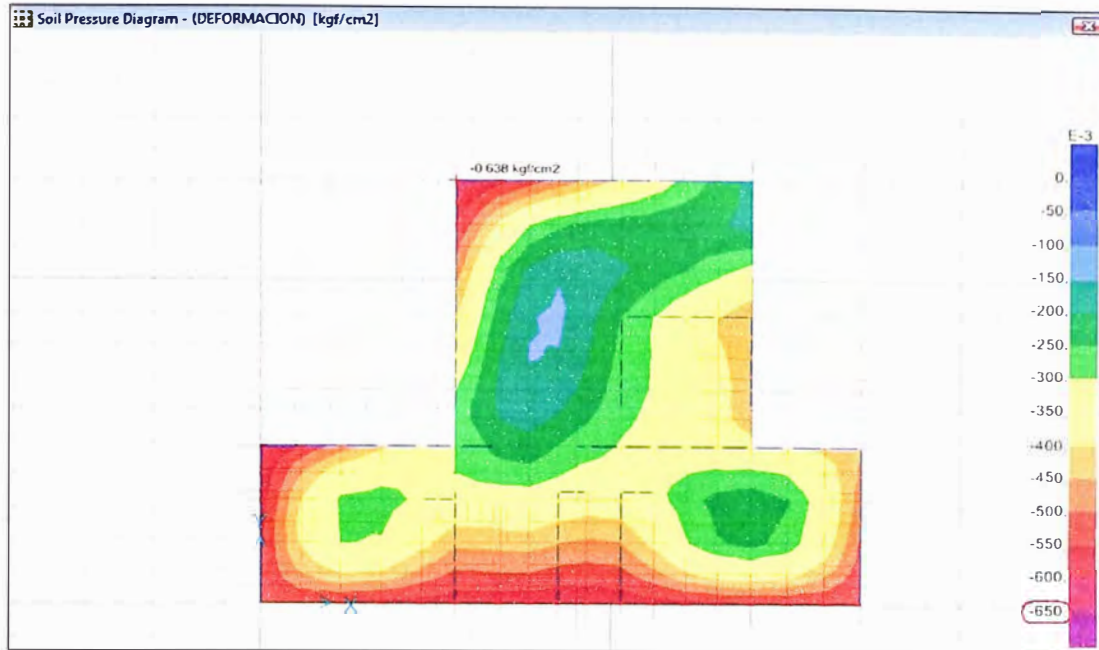
Para el diseño de la cimentación se emplea el programa SAFE V12.0, para el cual se importan los valores de las cargas provenientes de la estructura modelados en el programa ETABS V9.70.

El valor admisible de asentamiento según el estudio de suelos para controlar el asentamiento diferencial se obtiene el valor de 0.80 cm.

La FIGURA N° 2.25 muestra que la platea cargada para servicio tendrá un asentamiento máximo de 0.37cm, que se marca en el perímetro de la edificación de color rojo..



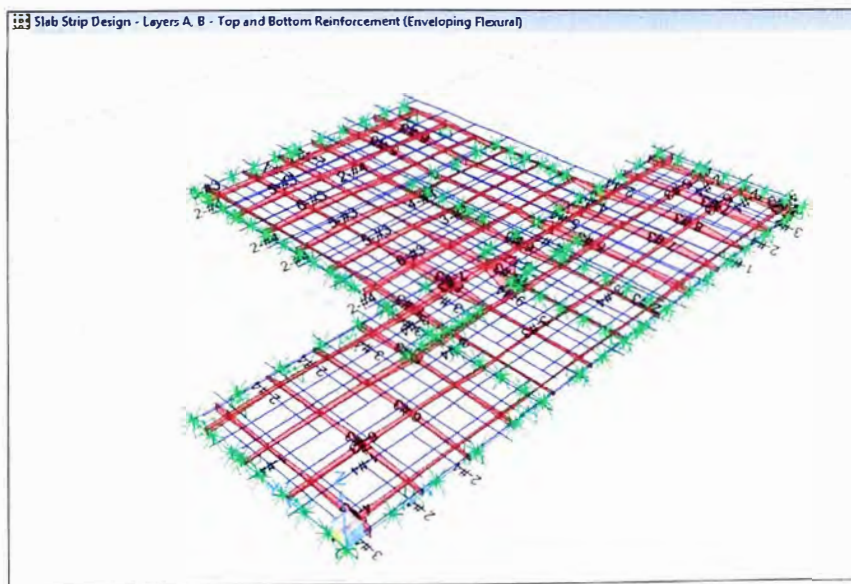
**FIGURA N° 2.25:** Grafico de distribución de asentamientos en la interacción suelo estructura.



**FIGURA N° 2.26:** Diagrama de transmisión de esfuerzos al terreno.

El esfuerzo transmitido al terreno es menor a  $0.75\text{kg/cm}^2$  como se muestra en la FIGURA N° 2.26; el máximo esfuerzo obtenido del análisis se muestra como  $0.63\text{kg/cm}^2$  que esta por debajo del valor de la capacidad portante, en la escala de colores se aprecia que no llegara a transmitir  $0.65\text{kg/cm}^2$ .

Finalmente el programa arroja la distribución de aceros en las dos direcciones principales como se muestra en la FIGURA N° 2.27.

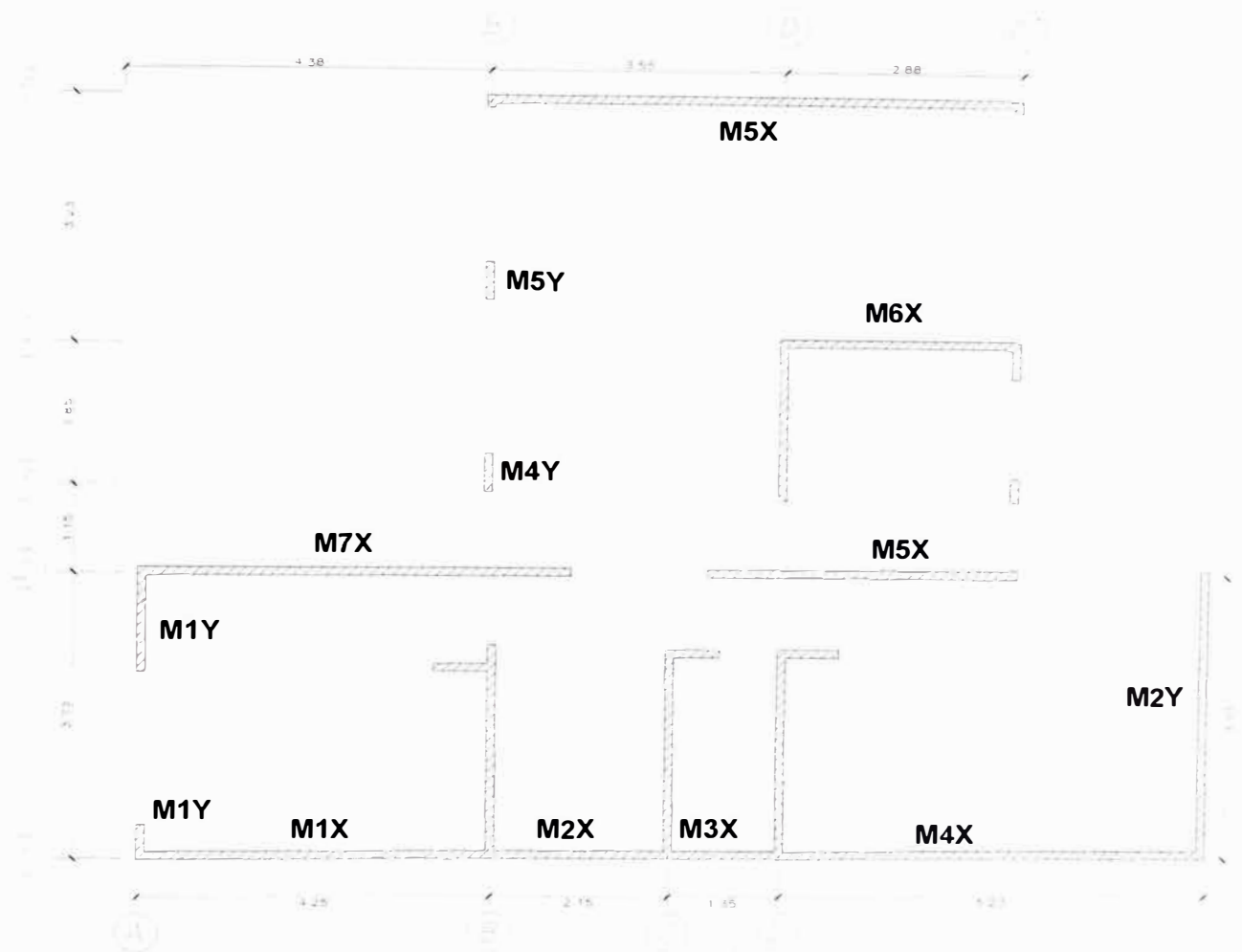


**FIGURA N° 2.27:** Distribución de aceros de refuerzo, varillas #3 y #4.



### 2.3.3 Muros

Para el siguiente caso se hace uso del mismo programa ETABS que cuyos valores ofrecidos están de acuerdo al código ACI 318-05, se verifica para los siguientes Muro1X y Muro 1Y, de la distribución en planta, FIGURA N° 2.28.



**FIGURA N° 2.28:** Distribución en planta de los muros de concreto armado de espesor 0.10m, primer entrepiso.

#### Diseño de muros

Del programa para muros de concreto armado de ductilidad limitada, se tiene los siguientes resultados:

Muro 1X – Tipo Pier

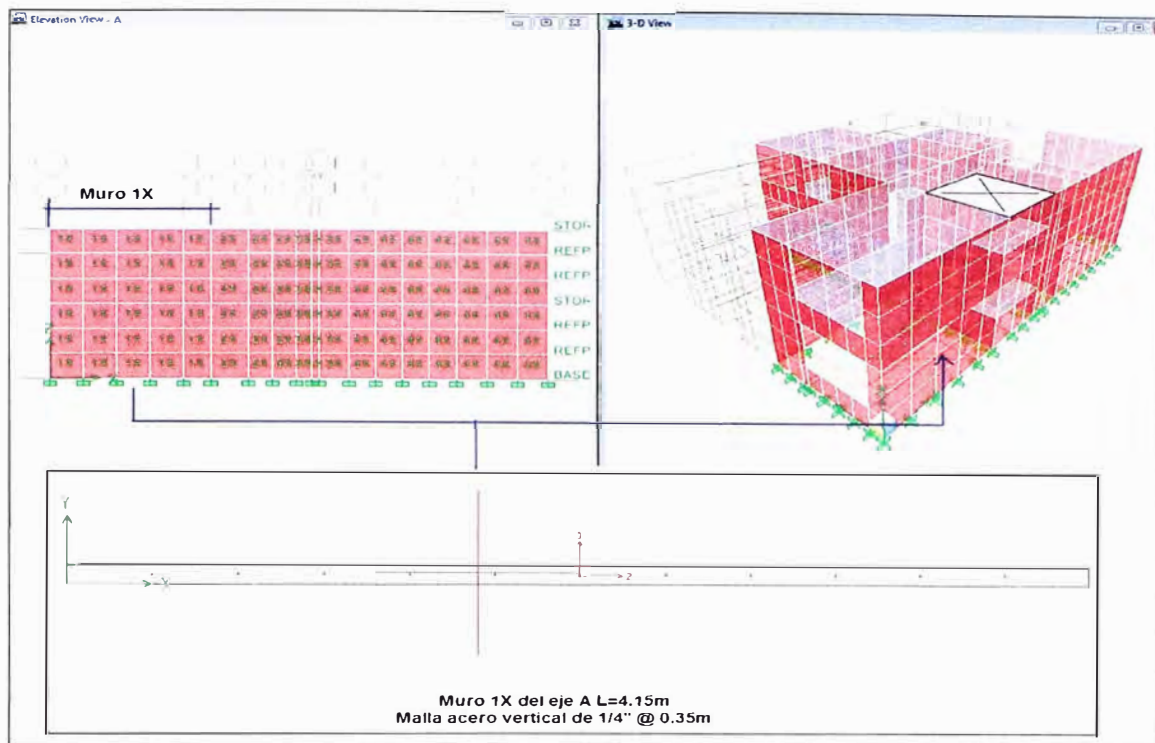


FIGURA N° 2.29: Distribución de aceros verticales muro MX1, opción que permite el programa ETABS, para el diseño.

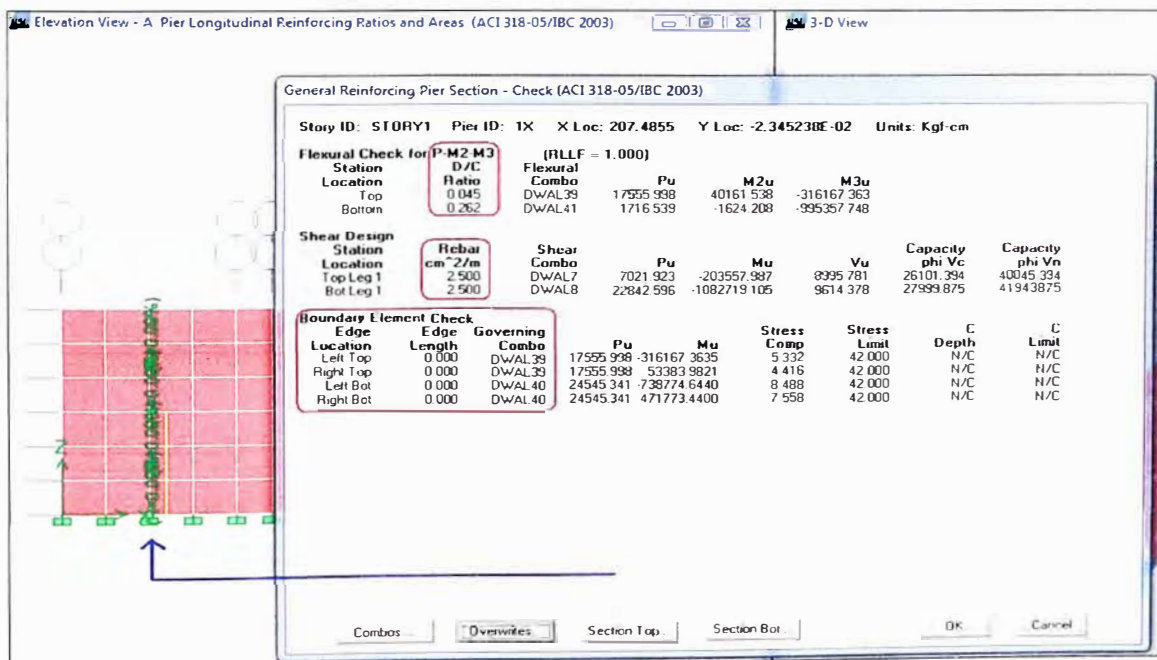


FIGURA N° 2.30: Diseño de malla de refuerzo para las solicitaciones de cargas M1X.

## Malla de refuerzo

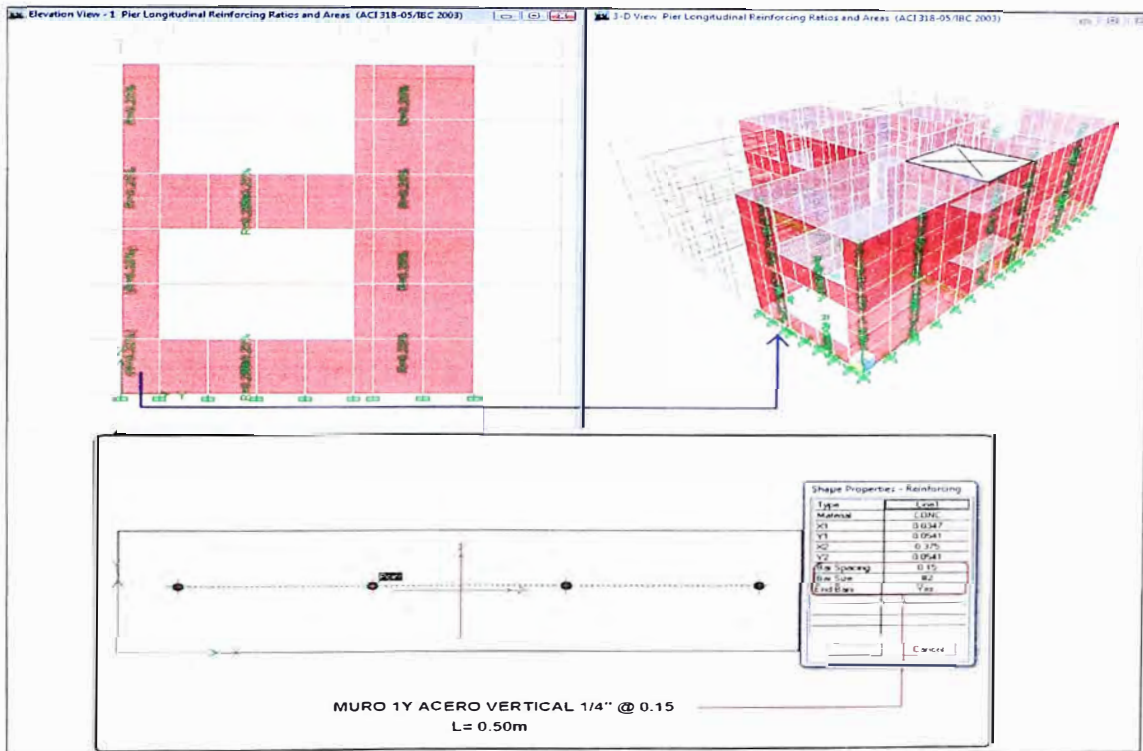
- Acero distribuido verticalmente P-M2-M3 ratio demanda / capacidad

D/C es menor que 1 OK.

- Acero distribuido por corte  $\text{cm}^2/\text{m}$  arriba y abajo,  $s = \frac{0.32}{2.5} = 0.128\text{m}$ , se usa acero  $\varnothing 1/4'' @ 0.12 \text{ m}$ .

- N/C, No necesita elementos de borde o confinamiento.

## MURO 1Y



**FIGURA N° 2.31:** Distribución de aceros verticales muro MY1, opción que permite el programa ETABS, para el diseño.

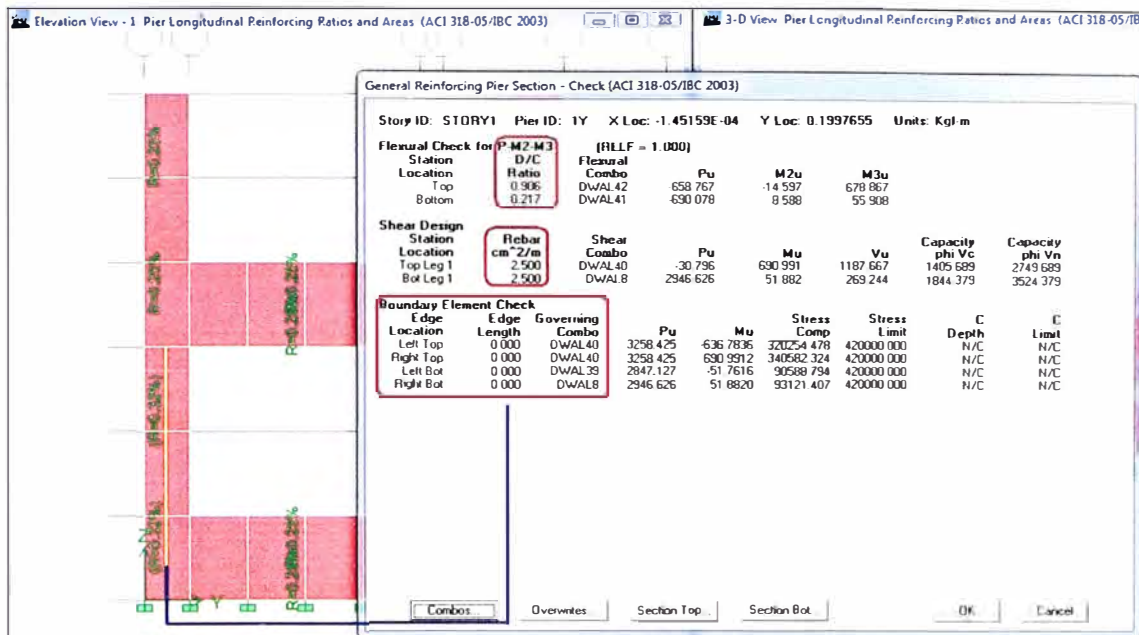


FIGURA N° 2.32: Diseño de malla de refuerzo para las solicitaciones de cargas M1Y.

En la FIGURA N° 2.32 y FIGURA N° 2.33, el programa entrega los resultados de los aceros para cargas de flexión, diseño por cortante y la necesidad de poner elementos de bordes (confinamientos)

De la misma forma se procede para el resto de los muros

### 2.3.4. Losas

Verificación de flecha máxima para techos debido a la carga viva

- Para techos

$$\delta_z = \frac{l}{180} = \frac{5}{180} = 0.027 \text{ m}$$

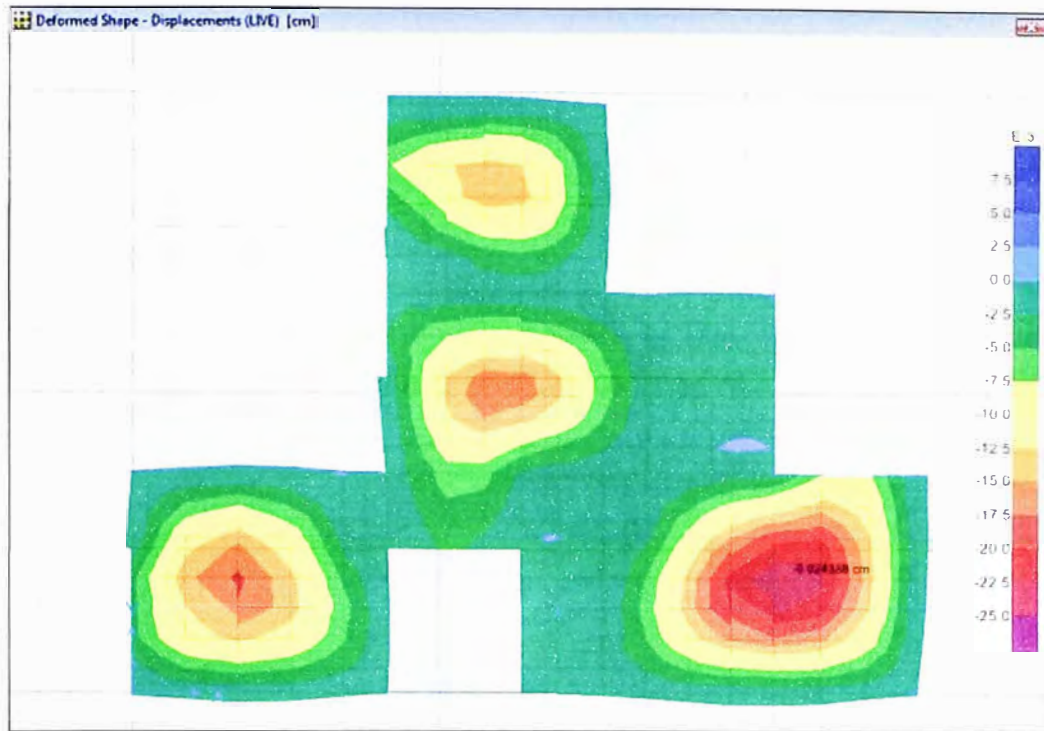


FIGURA N° 2.33: Techo del segundo piso deformación debido a la carga viva  $d_{max}=0.024\text{cm}$ .

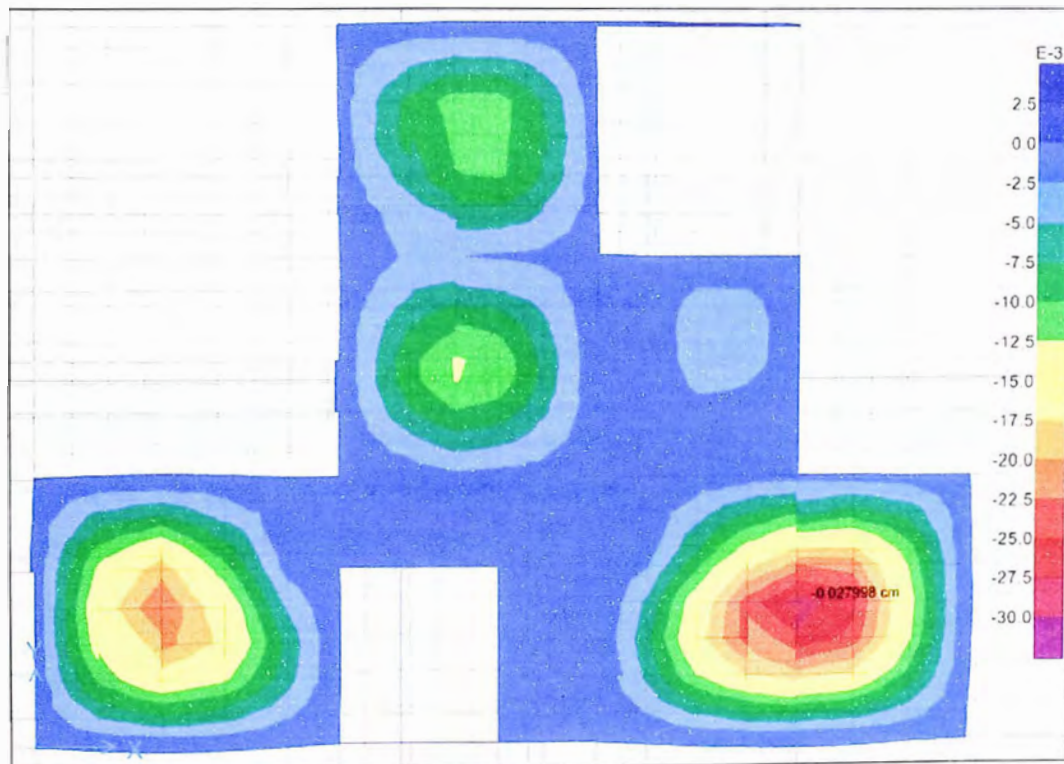


FIGURA N° 2.34: Primer piso deformación debido a la carga viva  $d_{max}=0.027\text{cm}$

- Para pisos

$$\delta_z = \frac{l}{360} = \frac{5}{360} = 0.013 \text{ m}$$

- Diseño de losas macizas

Control de deflexiones en elementos armados en dos direcciones sometidos a flexión: El peralte mínimo de losas armadas en dos direcciones que tengan una relación de tramo largo a tramo corto no mayor de 2 y se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$1) h = [l_n (800 + 0.071f_y)] / \{36000 + 5000\beta [\alpha m - 0.5(1 - \beta s)(1 + 1/\beta)]\}$$

Pero no menor que:

$$2) h = [l_n (800 + 0.071f_y)] / [36000 + 5000\beta(1 - \beta s)]$$

Además, el peralte no necesitara ser mayor que:

$$3) h = [l_n (800 + 0.071f_y)] / 36000$$

Donde:

$\beta$  = Relación de luz libre mayor a luz libre menor.

$\beta s$  = Relación de la longitud de los bordes continuos al perímetro total de un paño de losa.

$\alpha$  = Relación de la rigidez a flexión de la sección de la viga a la rigidez a la flexión de un ancho de losa limitado lateralmente por las líneas centrales de los paños adyacentes en cada lado de la viga.

$\alpha m$  = Promedio de los valores de  $\alpha$  en todo el perímetro del paño. Para losas sin vigas, tomar  $\alpha m = 0$ .

Adicionalmente deberán cumplirse los siguientes mínimos:

a) Losas sin vigas ni ábacos:  $h \geq 12.5 \text{ cm}$

b) Losas sin vigas con ábacos:  $h \geq 10$  cm

c) Losas con vigas en 4 bordes, con  $\alpha m \geq 2$  y  $h \geq 9$  cm

$$1) h = \frac{5 \times (800 + 0.071 \times 4200)}{\left\{ 36000 + 5000 \times 1.25 \left[ -0.5 \times (1 - 0.22) \left( 1 + \frac{1}{1.25} \right) \right] \right\}} = 0.18 \text{ m}$$

2)  $h = 0.12$  m

3)  $h = 0.152$  m

Se usara losa cuyo espesor es  $e = 15$  cm en la zona donde se empotraran las tuberías de desagüe de 4" de diámetro, (SSH, Cocina), las otras serán losa de espesor de  $e = 12.5$  cm.

Sistema de losas en dos direcciones

Esfuerzos en la losa requerida se ha usado un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Losa del Primer Piso:

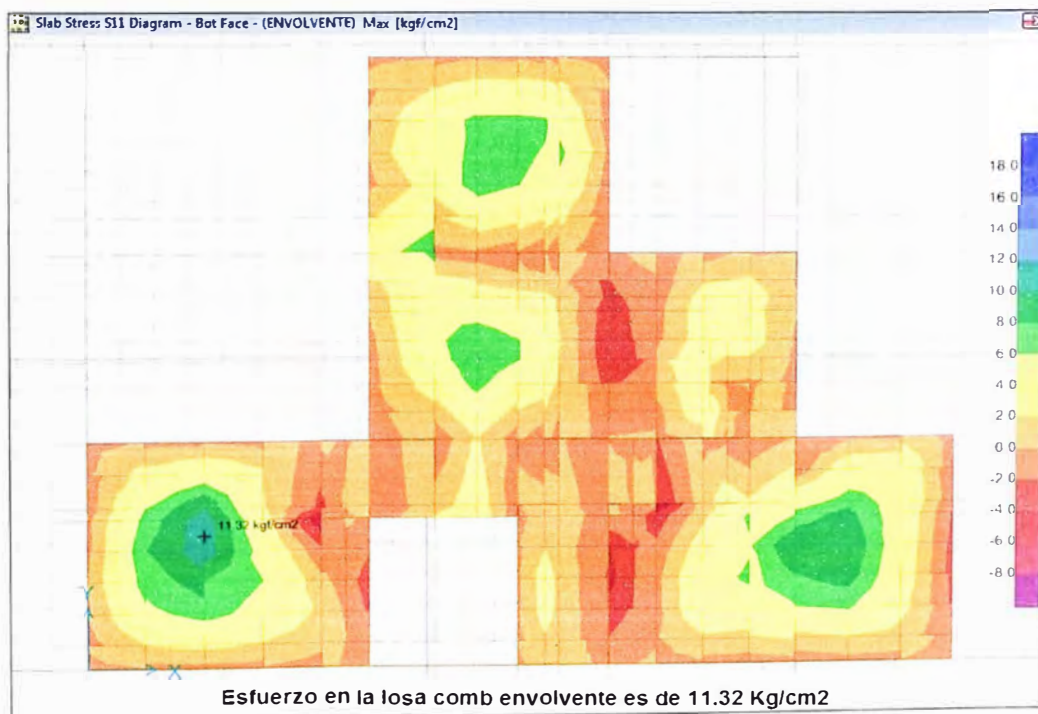
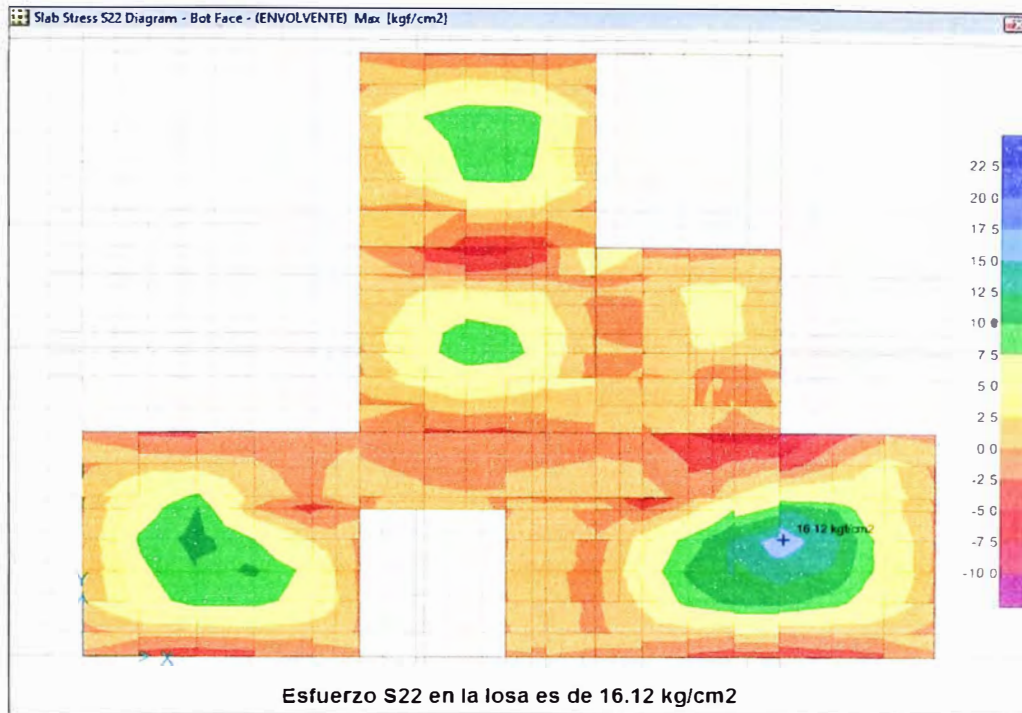
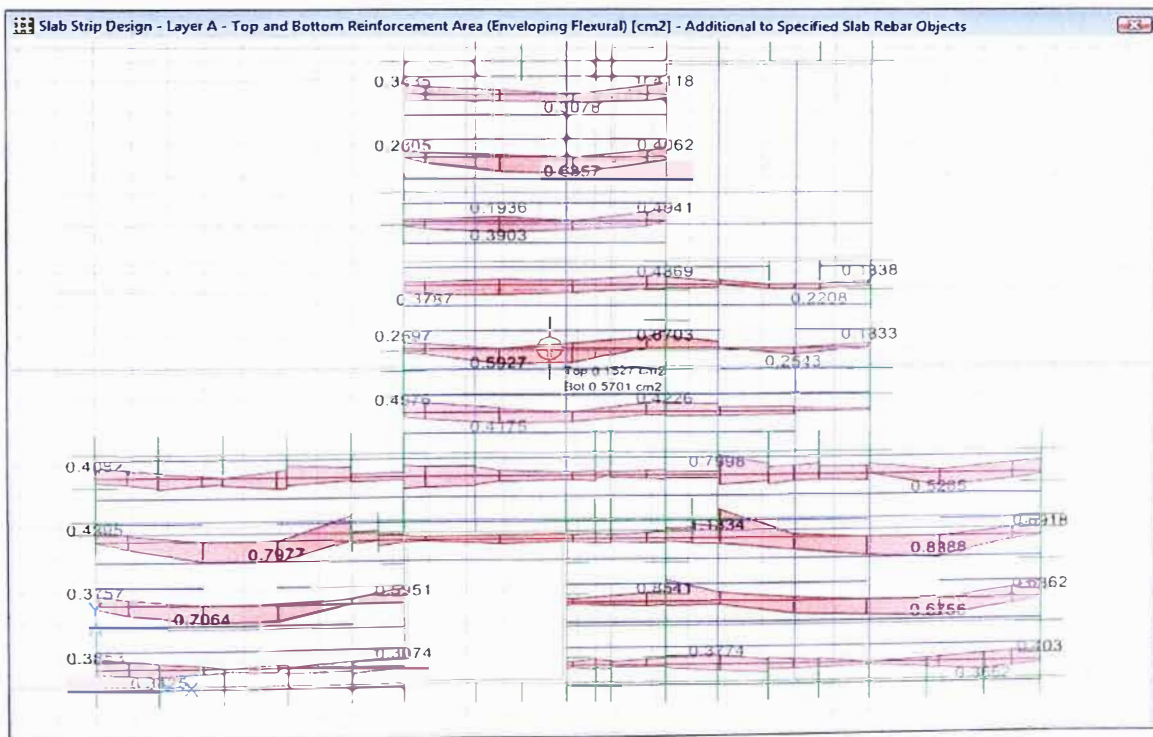


FIGURA N° 2.35: Esfuerzos  $S_{11}$ , en la cara inferior de la losa maciza



**FIGURA N° 2.36:** Esfuerzos  $S_{22}$ , en la cara inferior de la losa maciza.  
 - Acero de Refuerzo en la losa en dos direcciones

Paralela al eje X-X:



**FIGURA N° 2.37:** Distribución de Momentos dirección X.



Las franjas consideradas de diseño es de 1m de ancho; es decir tomando la sollicitación de 0.8388 acero positivo, usando varilla de 3/8"=0.71cm<sup>2</sup> se necesitara  $\frac{0.8388}{0.71} = 1.18$  , es decir 02 varillas de Ø3/8" (#3), cuadro de resumen de refuerzos en la losa:

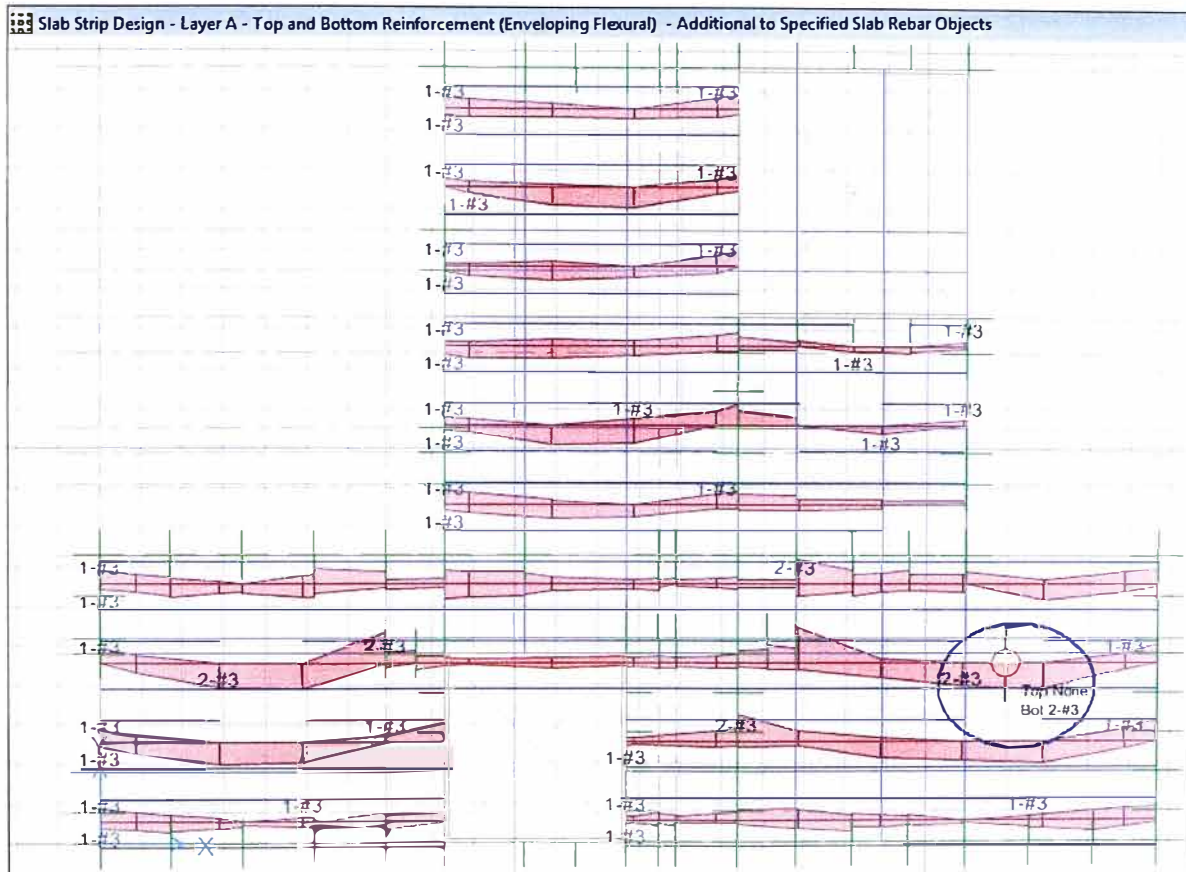
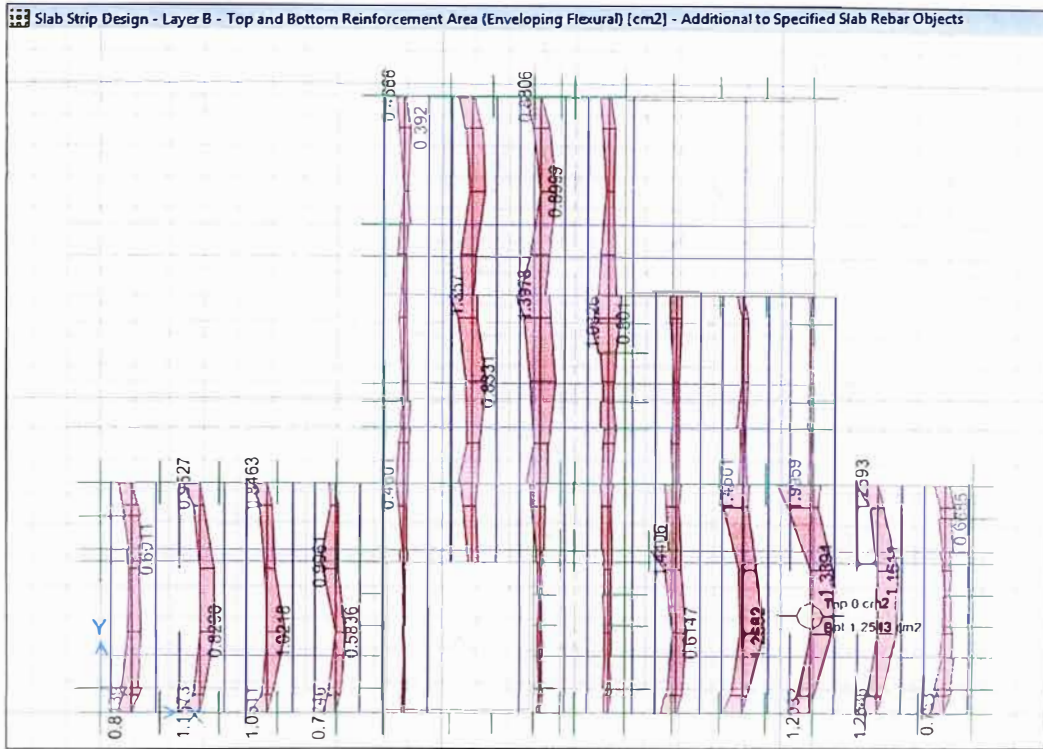


FIGURA N° 2.38: Distribución de acero dirección X.

Paralela al eje Y-Y:



**FIGURA N° 2.39:** Distribución de Momentos dirección Y.

Las franjas consideradas de diseño es de 1.0m de ancho; es decir tomando la sollicitación de 1.254 acero positivo, usando varilla de 3/8"=0.71cm<sup>2</sup> se necesitara  $\frac{1.254}{0.71} = 1.76$ , es decir 02 varillas de Ø3/8" (#3), cuadro de resumen de refuerzos en la losa.

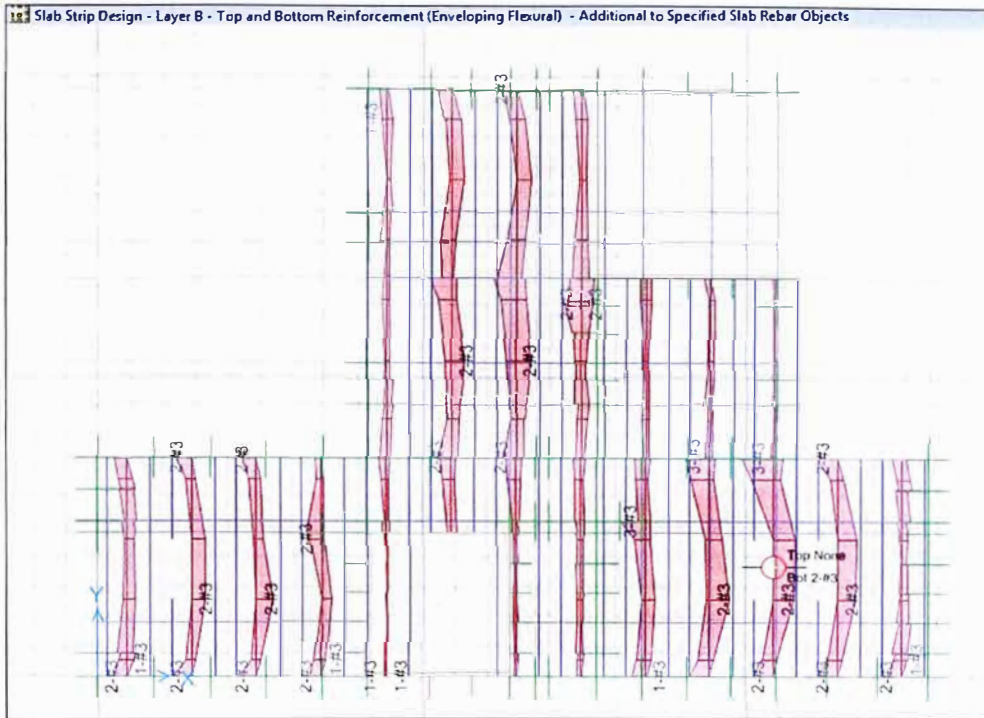


FIGURA N° 2.40: Distribución de acero dirección Y.

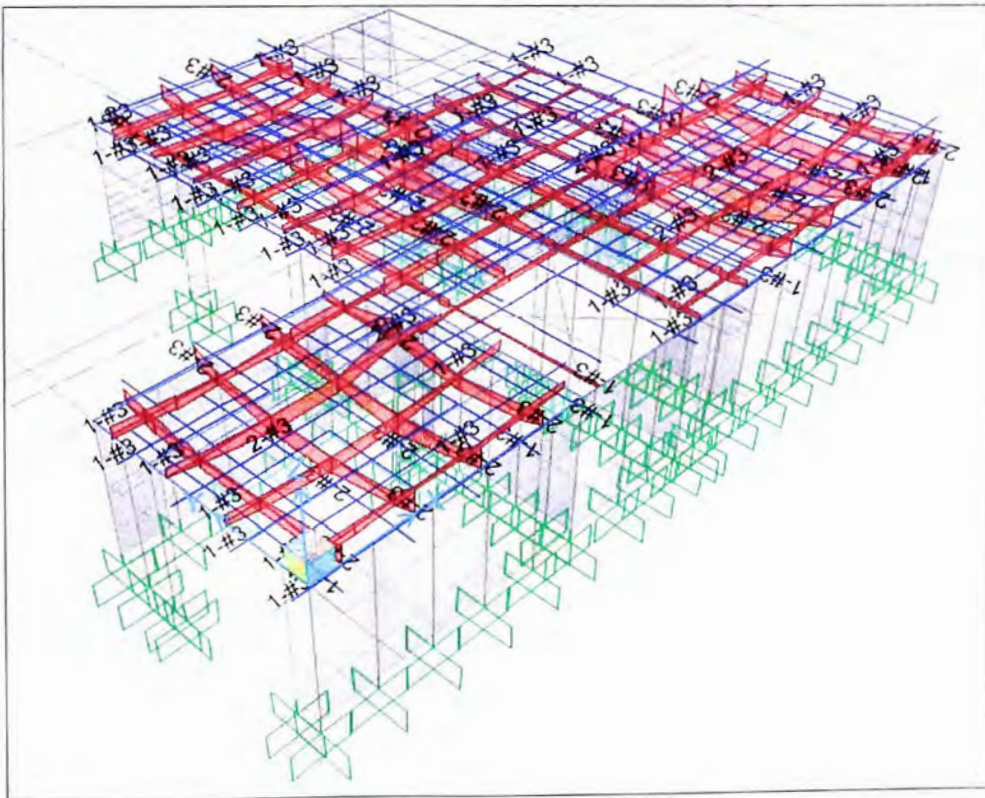


FIGURA N° 2.41: Armado final de la losa maciza en dos direcciones; primer piso.

- Losa del Segundo Piso

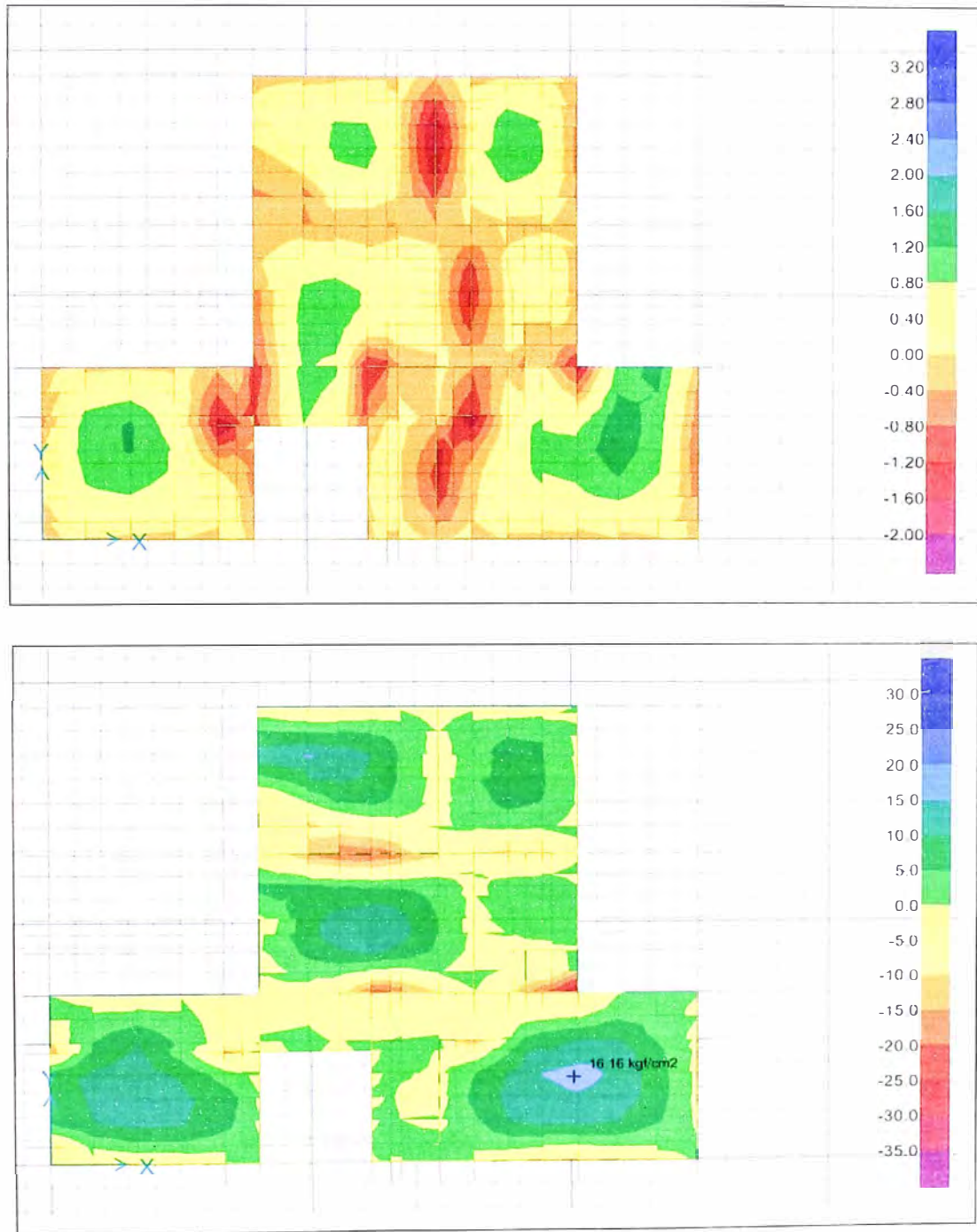
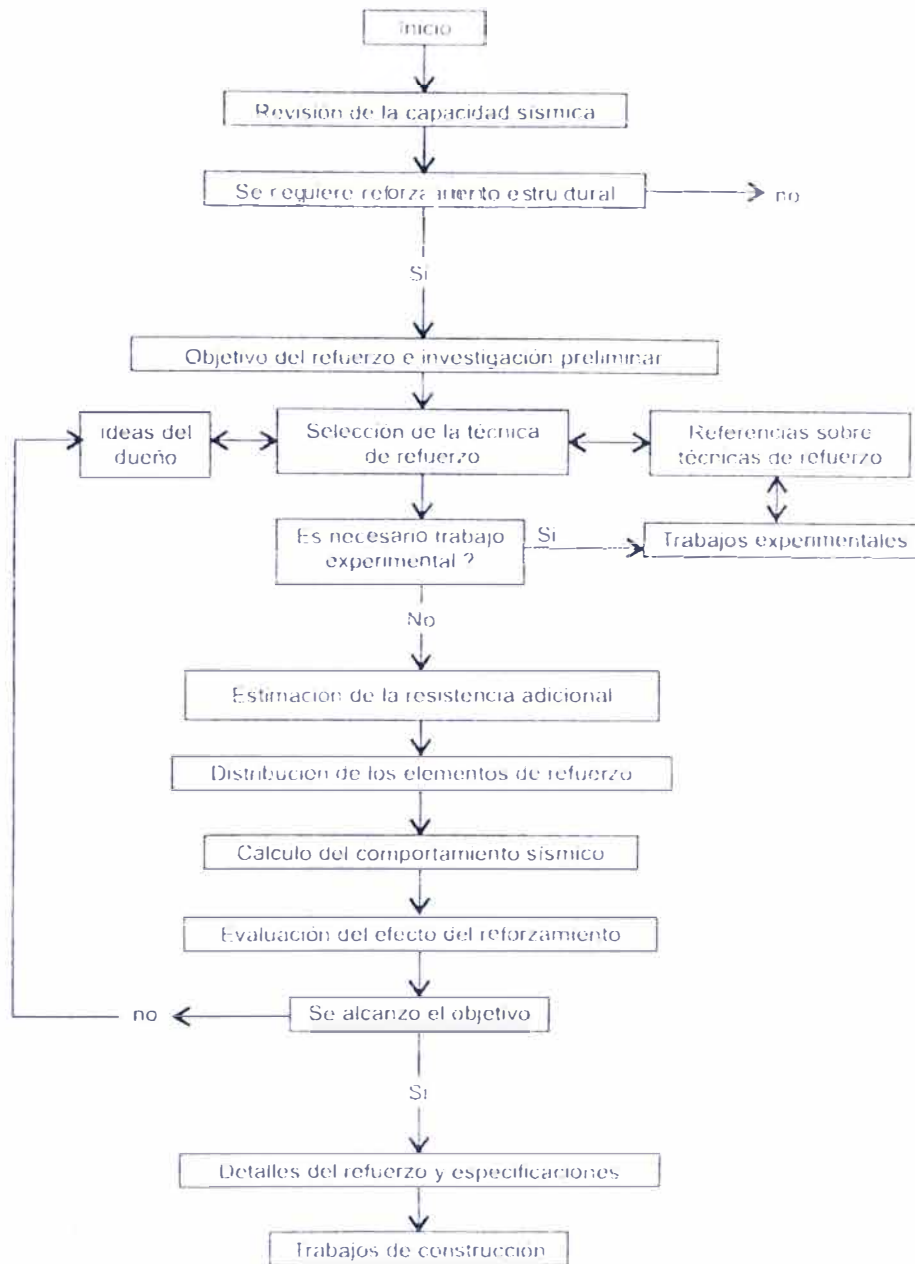


FIGURA N° 2.42: Esfuerzos  $S_{11}$ , y  $S_{22}$  en la cara inferior de la losa maciza.

En resumen se tiene el siguiente diagrama de flujo el cual describe el proceso de reforzamiento estructural para ambos sistemas planteados en forma general



**FIGURA N° 2.43:** Diagrama de flujo general del proceso del reforzamiento estructural.

(Fuente Roberto Morales Morales, Supervisión de Obras – Edit. ICG)

## CONCLUSIONES

- Tanto el sistema albañilería confinada como muros de ductilidad limitada presentan un adecuado y real comportamiento estructural ante un evento sísmico, debido a que cumplen con los requisitos del diseño sismoresistente y del diseño estructural que plantea el RNE, así como incluyen el efecto de la Interacción sísmica suelo estructura.
- En el análisis sísmico de albañilería confinada se ha obtenido un mayor periodo, así como mayor peso en la estructura, con la diferencia que la fuerza cortante basal es menor a diferencia de los muros de ductilidad limitada, esto permite mayor disipación de energía en estructuras con albañilería confinada.
- En albañilería confinada se presentan mayores desplazamientos absolutos que en muros de ductilidad limitada. Por tanto los muros de concreto armado tienen mayor rigidez.
- Al considerar la flexibilidad de la base de fundación tanto para el caso de albañilería confinada como para muros de ductilidad limitada, se puede notar disminución de las fuerzas actuantes, lo cual es un claro indicativo de que el suelo de fundación absorbe parte de los esfuerzos en los elementos estructurales.
- Las diferencias entre las propiedades físico-mecánicas de los materiales usados en los sistemas estructurales empleados como son: el concreto armado y las unidades de albañilería (módulo de elasticidad, resistencia a la compresión y al cortante); de la arquitectura del proyecto en el caso de albañilería confinada se usan muros de espesores de 0.13 m, en tanto que en muros de ductilidad Limitada el espesor es de 0.10 m; y cumplir con los requisitos mínimos normativos del diseño estructural (compresión, cortante, flexocompresión y esbeltez).
- El diseño de las edificaciones con muros de ductilidad limitada mayormente son en formas cuadrangulares o encajonados por facilidad y manejo de los encofrados metálicos.
- La edificación modelada con muros de ductilidad limitada presenta menor peso para cada nivel que la albañilería confinada.

Es necesario conocer que en muchos edificios hay muy buena densidad de muros en una dirección, pero una deficiente densidad en la dirección transversal, por lo que no se puede generalizar que en todos los casos los muros sean de 0.10 m, pero en la dirección transversal es posible que se requiera muros de 0.12 ó 0.15 m, si hay poca densidad de muros.

- Queda a criterio del proyectista el utilizar el sistema que más se ajuste a sus necesidades, disponibilidades o requerimientos, sirviéndole de base las ventajas y desventajas de los dos sistemas estructurales expuestos en el presente informe.

- En edificaciones de poca altura, y sin sótanos los muros de concreto armado con espesores de 0.10 m trabajan adecuadamente, distribuyendo la densidad de muros en sus direcciones ortogonales.

- En edificaciones de ductilidad limitada se debe tener cuidado con las fisuras que se generen por problemas estructurales. Pueden presentarse fisuras por carga vertical. Principalmente por flexión en losas y pandeo en muros. En ambos casos, los patrones son reconocibles, pues las fisuras se dan en las zonas de mayor esfuerzo con mayor espesor en la cara del elemento sometida a tracción. Las cargas sísmicas pueden hacer que se presenten fisuras por corte en los muros, aplastamiento por compresión en los extremos de los muros y fisuras por flexión generada por cargas perpendiculares a la superficie del muro en ambas estructuras.

## RECOMENDACIONES

- Para cimentaciones superficiales con baja capacidad portante es bastante recomendable usar plateas de cimentación a fin de evitar asentamiento de la cimentación, a consecuencia de un mal dimensionamiento de los cimientos o problemas de suelo, como que se cimiente sobre relleno inadecuado o mal compactado. Evitando presentar fisuras son diagonales y claramente identificables.
- En estructuras de albañilería confinada asegurar con la cantidad necesaria de elementos de confinamiento horizontal y vertical, a fin de que estas no fallen por corte.
- Las dificultades de tener espesores reducidos se advierte en las obras, por los defectos del vaciado del concreto, dado el poco espesor se advierten problemas de cangrejas y segregación, siendo importante controlar y reparar estos defectos. Es posible que sea mejor engrosar ligeramente los muros y tener menos problemas en el vaciado.
- Asimismo se advierten problemas de fisuración en los muros y losas debido a los efectos de retracción de fragua y cambios de temperatura, por lo que es conveniente el uso de concretos de contracción controlada y de fibras de polipropileno. Sin embargo es necesario recalcar que las fisuras que se presentan, no representan problemas de seguridad estructural y que en muchos casos son inevitables. Lo que se debe hacer es minimizarlas para no afectar la parte estética de la obra.
- En cuanto a los materiales para albañilería confinada, como son las unidades de mampostería, morteros y concreto, seguir las recomendaciones de la Norma E0.70 albañilería.



---

---

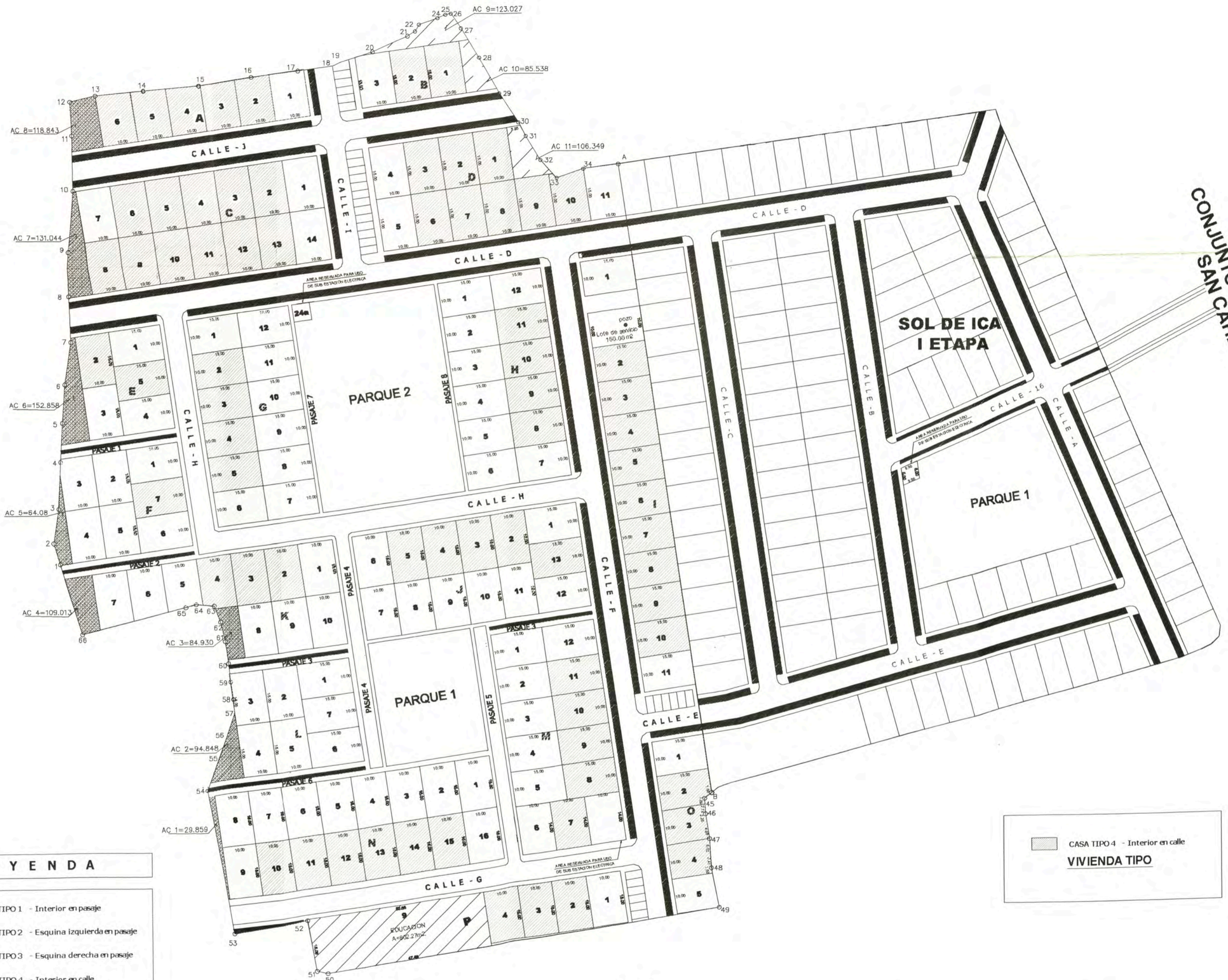
## BIBLIOGRAFIA

1. Abanto Castillo Flavio, Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería, Editorial San Marcos, Segunda Edición, Lima 2005.
2. Alessandro Dazio, "Seismic Design of Building Structures", Artículo Técnico, Alemania, 2007.
3. Delgado Contreras Genaro, Diseño Estructural de una Vivienda Económica de 160 m<sup>2</sup>, Editorial Edicivil, Séptima Edición, Lima 2008.
4. Huaco Cardenas Guillermo. ETABS 9.X, Empresa Editora Macro, Primera Edición, Lima 2008.
5. Morales Morales Roberto, Diseño en Concreto Armado, Fondo Editorial ICG, Tercera Edición, Lima 2006.
6. San Bartolomé Ángel, Manual de Diseño y Análisis en Albañilería, Editorial PUCP-Facultad de Ciencias e Ingeniería, Primera Edición, Lima 2004.
7. Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima - Perú 2006.

# ANEXOS

- I PLANO DE LOTIZACION: L-01
- II PLANO DE ARQUITECTURA: A-01
- III PLANOS DE ESTRUCTURAS AC: E-01, E-02
- IV PLANOS DE ESTRUCTURAS MDL: E-01, E02

CONJUNTO HABITACIONAL  
SAN CARLOS



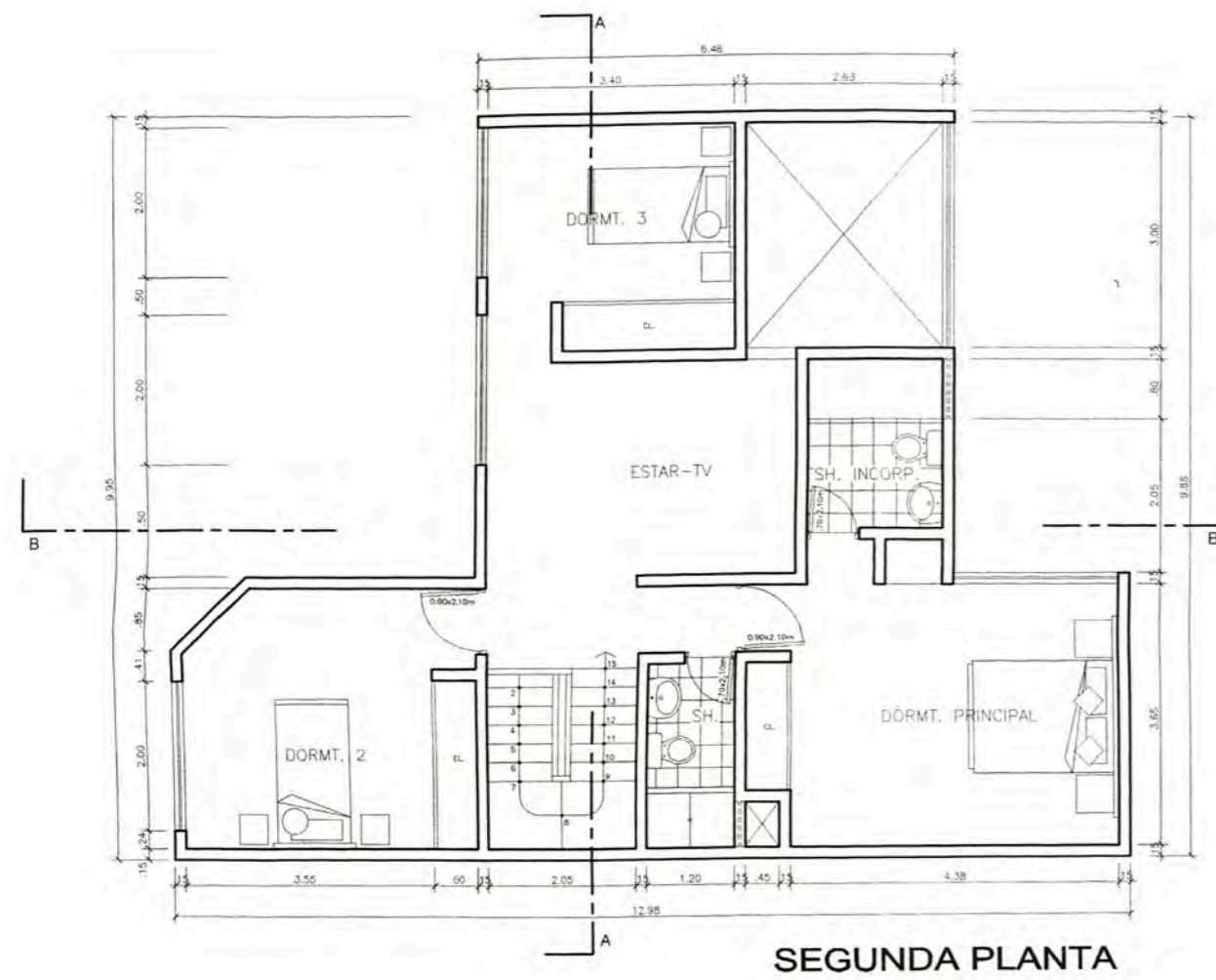
**LEYENDA**

- CASA TIPO 1 - Interior en pasaje
- CASA TIPO 2 - Esquina izquierda en pasaje
- CASA TIPO 3 - Esquina derecha en pasaje
- CASA TIPO 4 - Interior en calle
- CASA TIPO 5 - Esquina izquierda en calle
- CASA TIPO 6 - Esquina derecha en calle

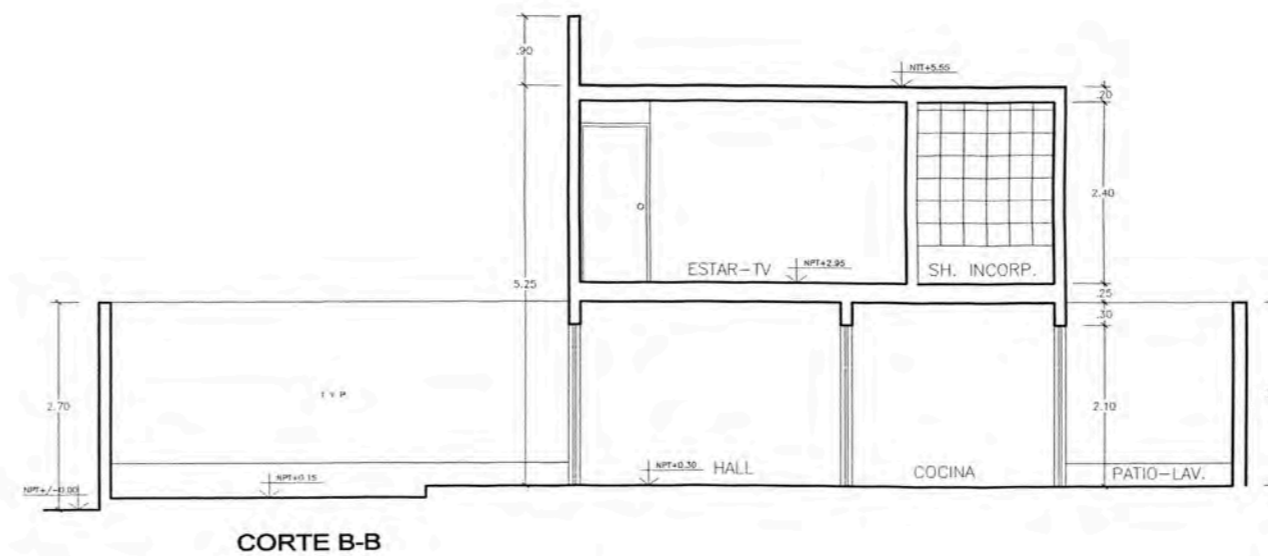
CASA TIPO 4 - Interior en calle  
**VIVIENDA TIPO**

AREA de COMPENSACION

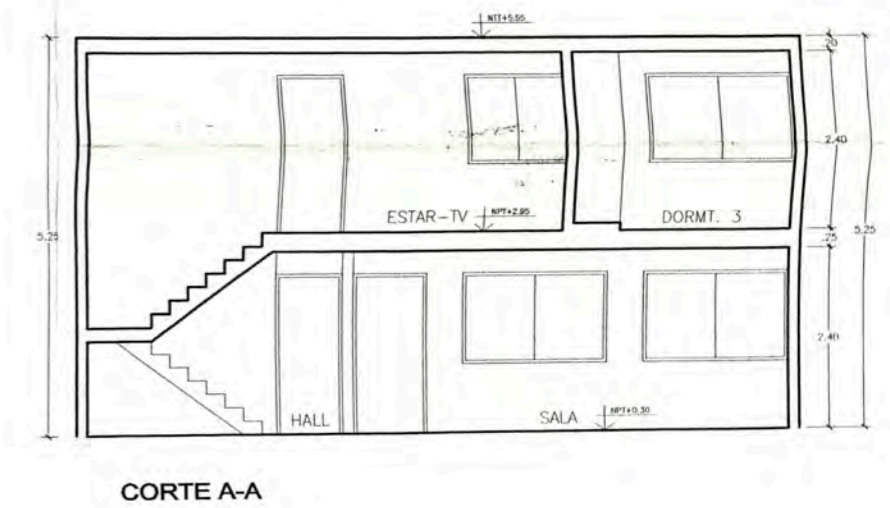
	<b>CURSO DE TITULACION CONJUNTO RESIDENCIAL SOL DE ICA</b>		<b>INFORME DE SUFICIENCIA</b>	
	Beh. Ing. Jehn Jamanca Carbojal		J.R.J.C	1:500
			<b>LOTIZACION SOL DE ICA II ETAPA</b>	
			<b>L-01</b>	



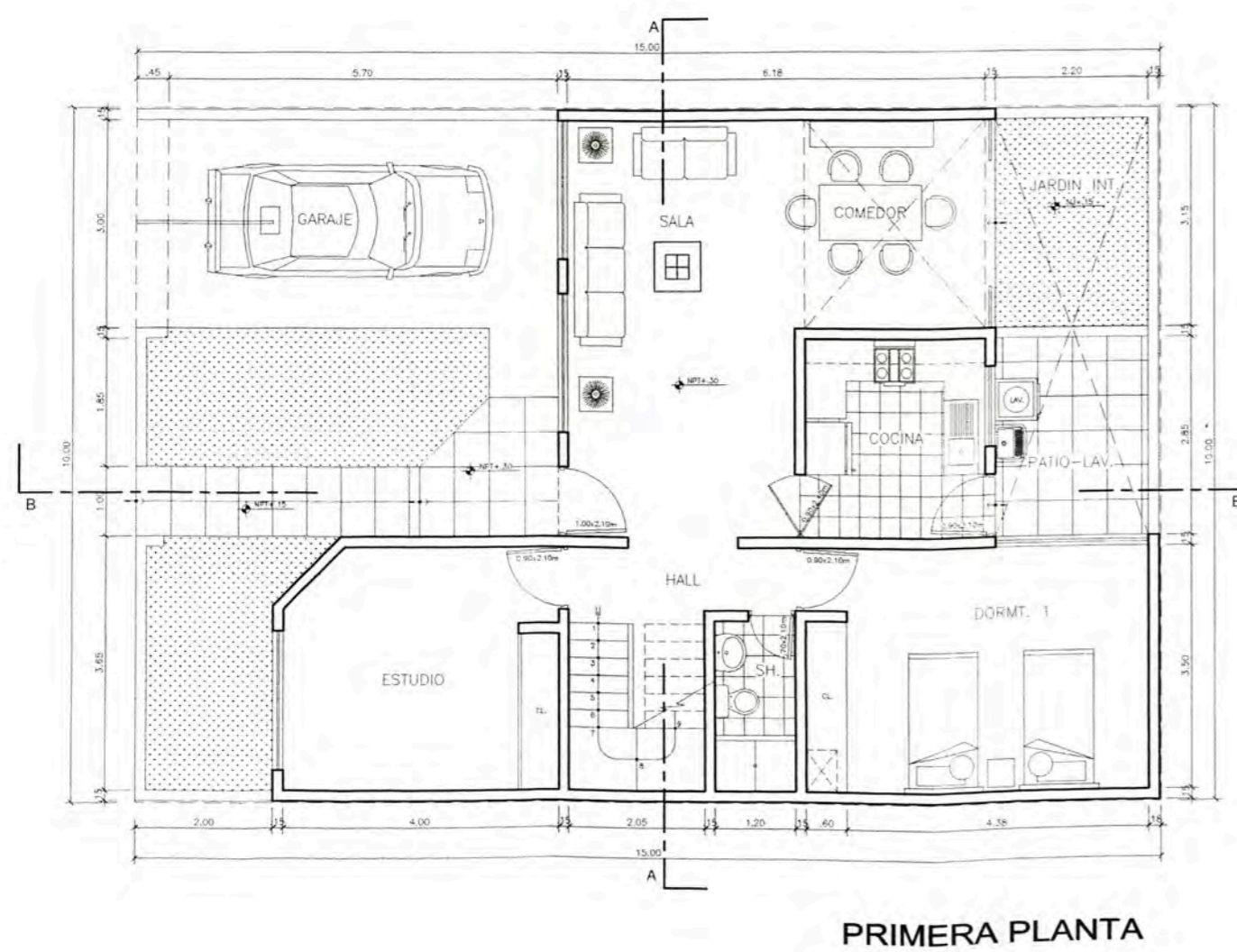
SEGUNDA PLANTA



CORTE B-B



CORTE A-A

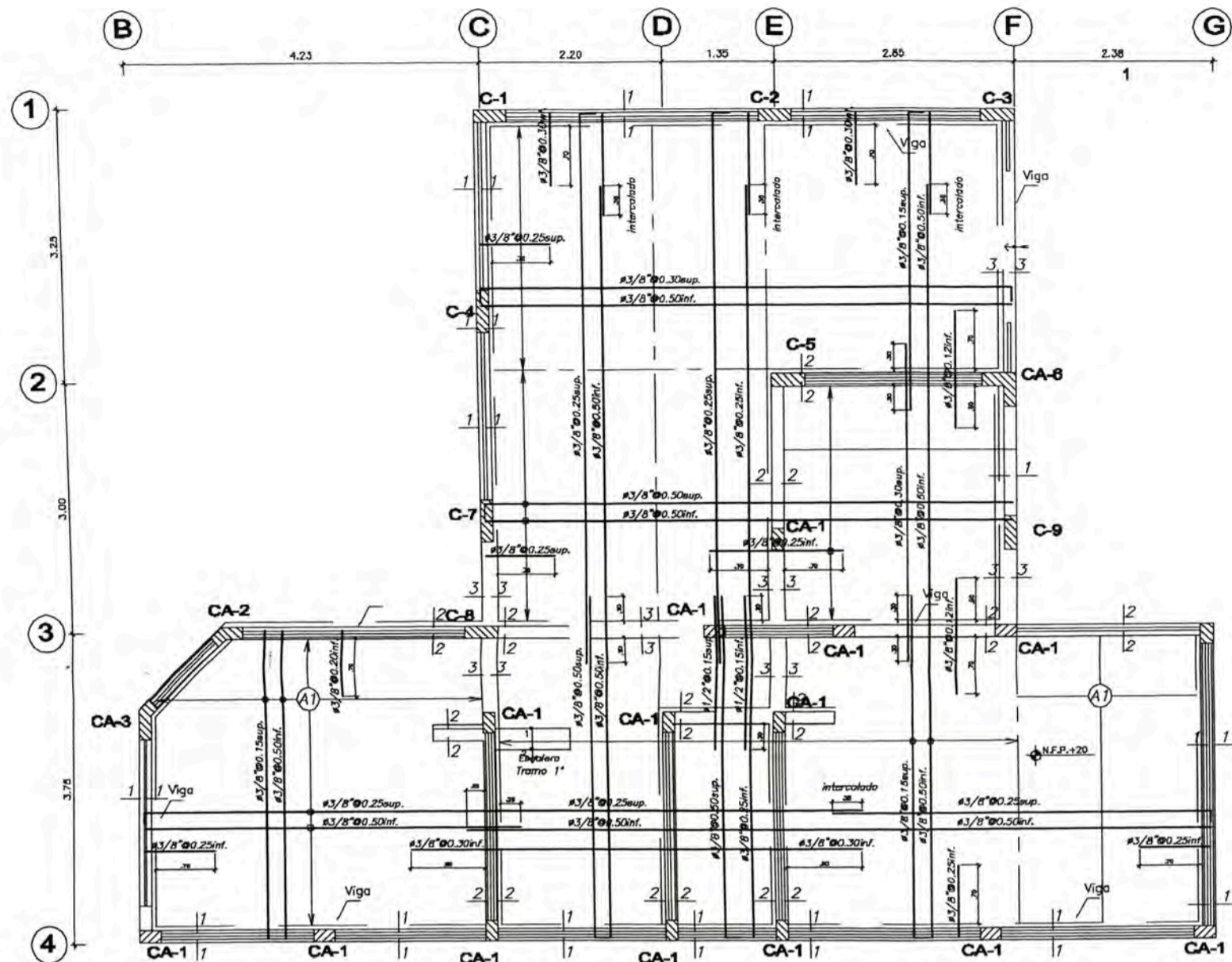


PRIMERA PLANTA



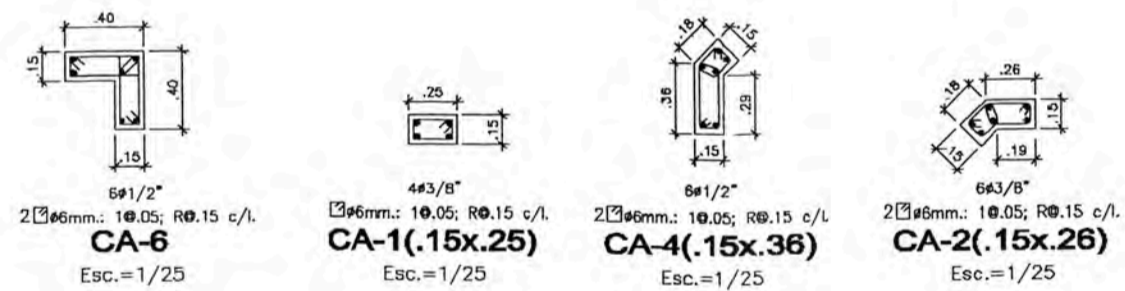
ELEVACION FRONTAL

	<b>CURSO DE TITULACION</b> <b>PROYECTO INMOBILIARIO</b> <b>DE VIVIENDA</b>		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>	
	DESARROLLO Bach. John R. Jamanca Carbajal		DIBUJO: J.R.J.C	ESCALA 1:100
PLANO <b>VIVIENDA UNIFAMILIAR</b> <b>DISTRIBUCION 1° Y 2° PISO -ELEV. Y CORTES</b>			LAMINA: <b>A-01</b>	

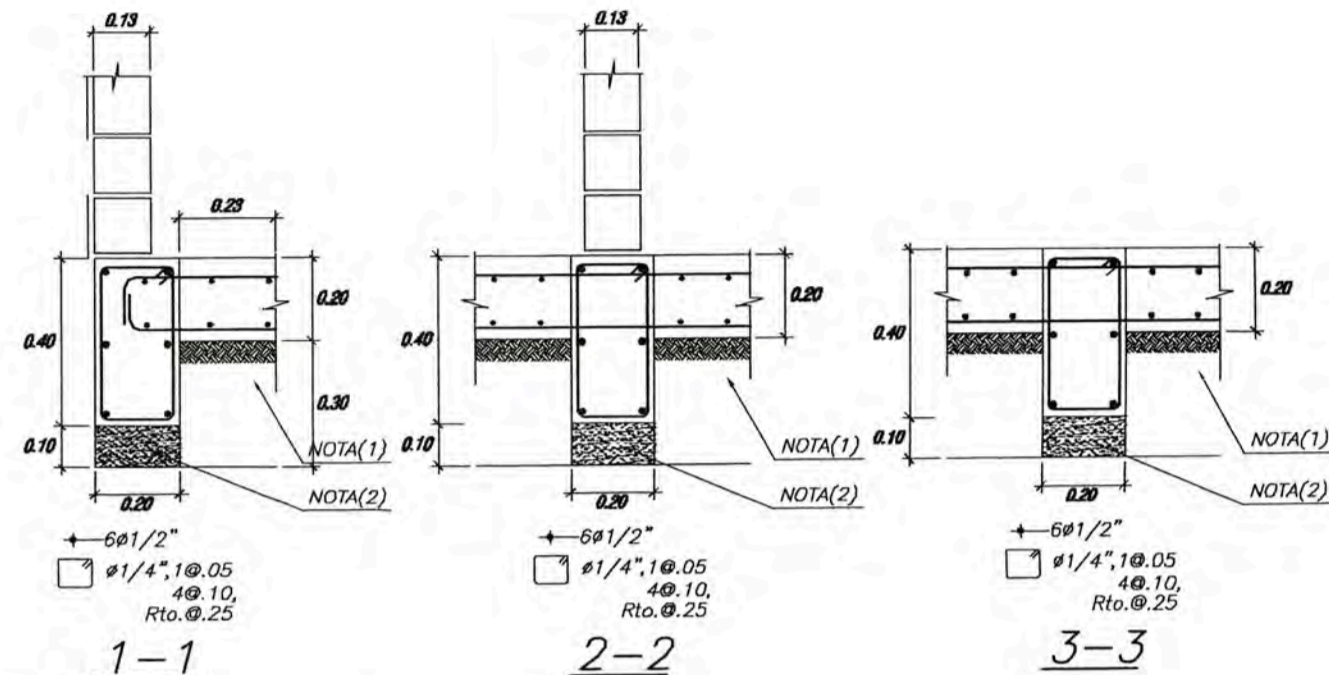


PLATEA DE CIMENTACIÓN ( H = 0.20 m. )

Esc.=1/50

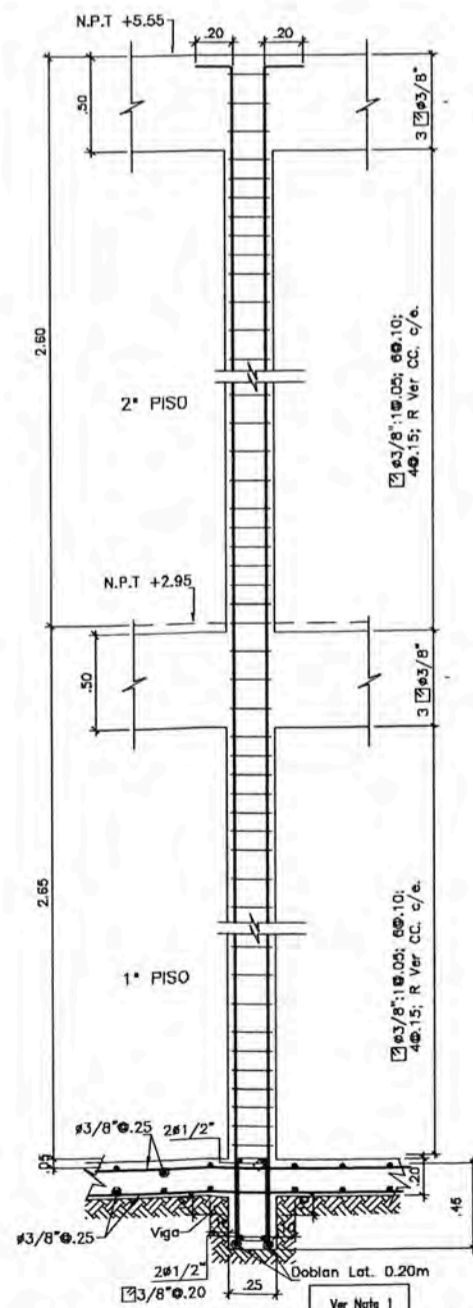


CUADRO DE COLUMNAS - $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (Ver Distribución de Estribos en Arranque de Columna)						
NIVEL	C-1/C-2/C-3/C-8	C-4/C-7	C-5	C-6	C-9	C-10
2° Piso						
1° Piso	 $6\phi 1/2"$ $3\phi 3/8" \phi .25$	 $4\phi 5/8" + 2\phi 1/2"$ $3\phi 3/8" \phi .25$	 $4\phi 5/8" + 2\phi 1/2"$ $3\phi 3/8" \phi .25$	 $6\phi 1/2"$ $3\phi 3/8" \phi .25$	 $6\phi 1/2"$ $3\phi 3/8" \phi .25$	 $6\phi 1/2"$ $3\phi 3/8" \phi .25$



NOTA(\*)  
 1.- Mejoramiento de terreno con afirmado compactado colocación de material de préstamo capa  $e=0.30\text{m}$   
 2.- Solado C:H 1:12  $e=0.10\text{m}$

ESC. 1/20



ARRANQUE DE COLUMNA TÍPICA EN VIGA DE CIMENTACION

Esc.=1/25

ESPECIFICACIONES GENERALES

- 1.- CEMENTO:**  
 - Concreto de toda la estructura: Cemento Portland Tipo I
- 2.- RESISTENCIA DEL CONCRETO:**
- Plata de cimentación: 210 Kg/cm<sup>2</sup>
  - Viga de cimentación: 210 Kg/cm<sup>2</sup>
  - Viga de cerco y columnas de amarre de muros: 210 Kg/cm<sup>2</sup>
  - Columnas, escaleras, losas y vigas: 210 Kg/cm<sup>2</sup>
- 3.- ACERO DE REFUERZO:**  
 -Barras corrugadas: ASTM A-615 (Grado 60)  $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$  (480 Mpa)
- 4.- RECURRIMIENTOS:**
- Vigas de cimentación: 4.0 cm
  - Muros y losas en contacto con el agua: 4.0 cm
  - Losas macizas y/o aligeradas, vigas chalas, y escaleras: 2.5 cm
  - Vigas peraltadas: 2.5 cm
- 5.- RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION:**
- Tipo de cimentación: Plata de cimentación  
 Cimientos corridos cercos perimetrales
- Estrata de apoyo de la cimentación: Relleno controlado de Ingeniería  
 (0.60m. mínima por debajo del nivel inferior de la PLATEA. Ver detalle y nota 1, respecto al reemplazo del suelo existente).
- Capacidad admisible del terreno:  $\sigma_t = 0.75 \text{ Kg/cm}^2$  (Ver EMS)
- Agresividad del suelo a la cimentación: Baja, usar cemento portland tipo I
- 6.- ALBAÑILERIA**
- Muros portantes:  
 Serán de unidades macizas tipo IV con  $f_m=65 \text{ kg/cm}^2$   
 Porcentaje Máximo de Vacíos = 20%  
 Mortero Cemento - Arena 1:4  
 Espesor de Junta Max = 1cm  
 Tabiquería: Serán unidades tubulares tipo ladrillo pondereta o similar

SOBRECARGA Y COEFICIENTES SISMICOS

- 1.- SOBRECARGA:**
- Techo aligerado 1er piso: -200 Kg/m<sup>2</sup>
  - Techo aligerado 2do piso: -100 Kg/m<sup>2</sup>
  - Escaleras: -200 Kg/m<sup>2</sup>
- 2.- COEFICIENTES SISMICOS:**
- Espectro Sísmico  $S_a = \frac{ZUSC}{R} g$  - Desplazamiento máximo del último nivel  $D$  en  $x = 0.14\text{cm}$ ,  $D$  en  $y = 0.78\text{cm}$ .
  - $S=1.4$  (Suelo Tipo S3) - Desplazamiento relativo de entrepiso  $(d/h)$  en  $x = 0.0024$ ,  $(d/h)$  en  $y = 0.0016$
  - $U=1.0$  (Factor de Uso)
  - $Z=0.4$  (Zona Tipo 3) - Desplazamiento Norma S/1000
  - $R_t=4.5$  (Albañilería confinada)
  - $R_m=4.5$  (Albañilería confinada)

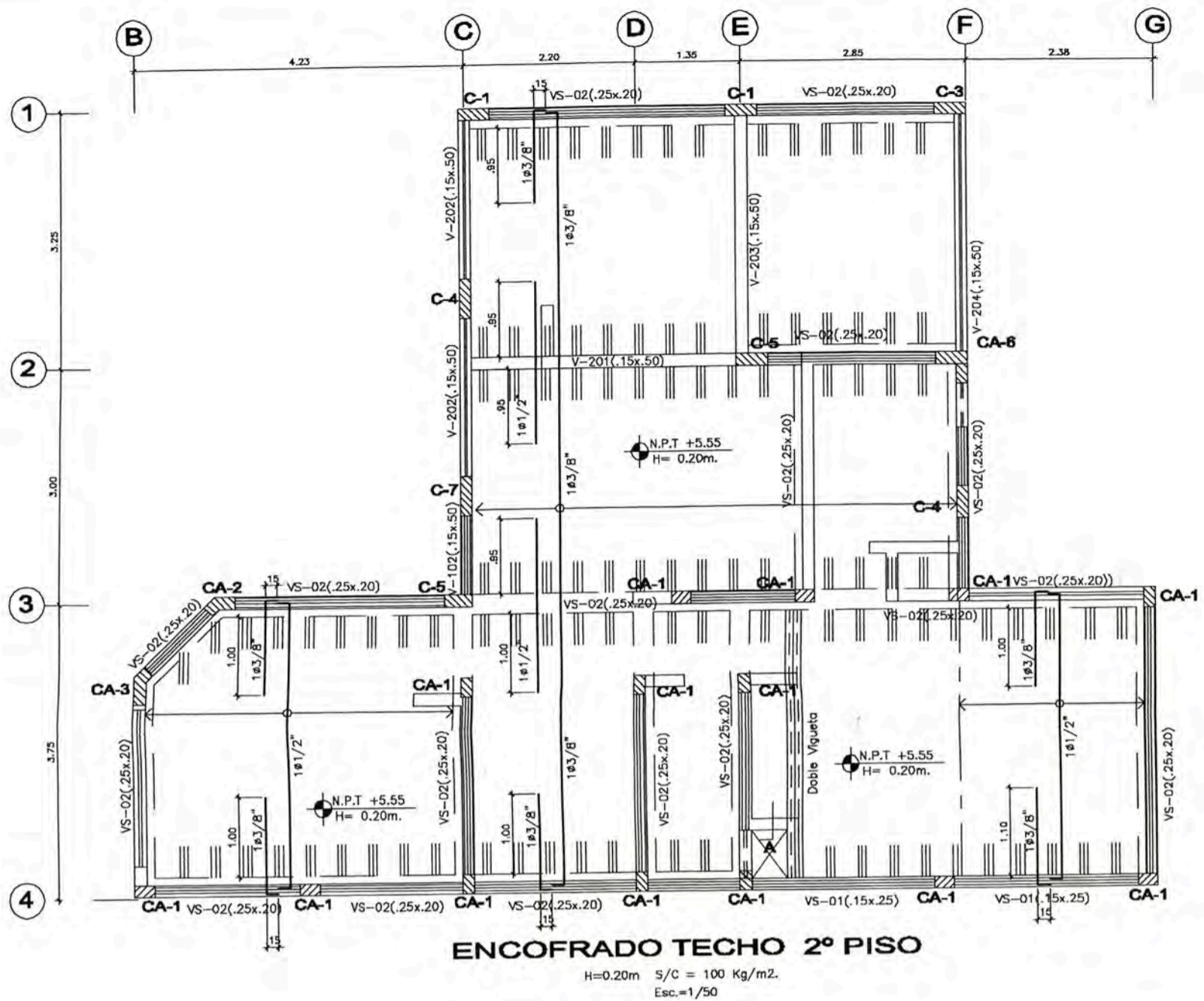


CURSO DE TITULACION  
 PROYECTO INMOBILIARIO  
 DE VIVIENDA

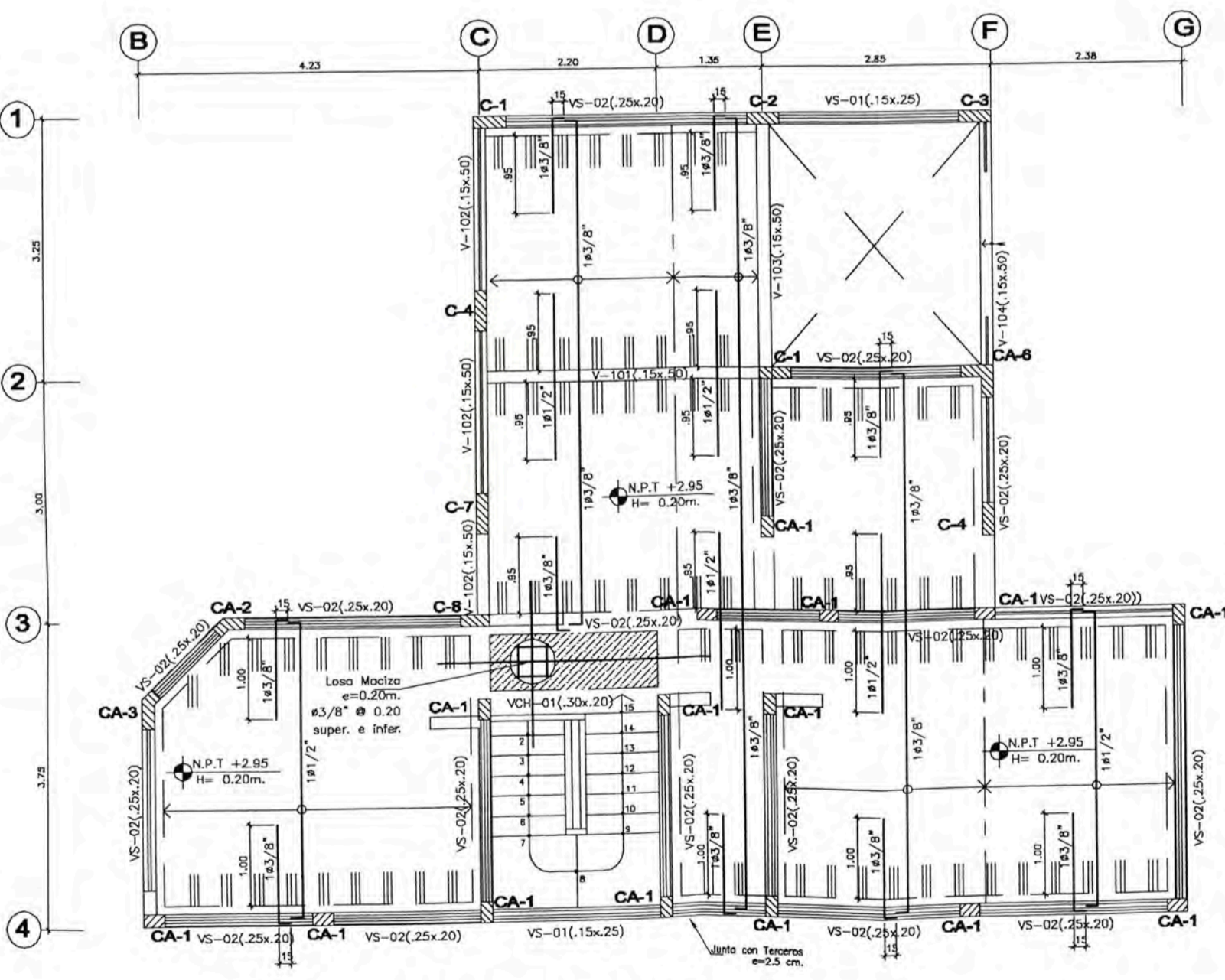
REVISOR: BCH, JOHN R. JAMANCA CARBAJAL

INFORME DE SUFICIENCIA			
PROYECTO:	VIVIENDA UNIFAMILIAR		
PLANO:	ESTRUCTURAS - PLATEA DE CIMENTACION ALBAÑILERIA CONFINADA		
DESENÑADO:	J.R.J.C	ESCALA:	1:50
FECHA:	NOVIEMBRE 2010		

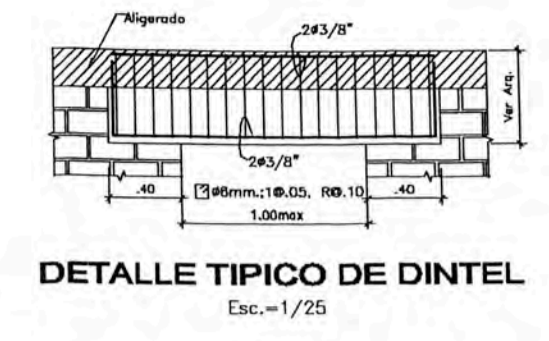
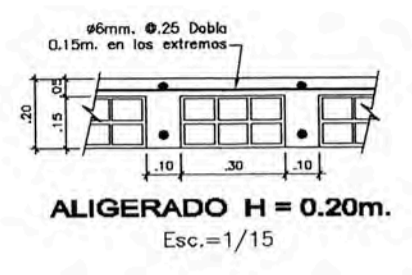
E-01



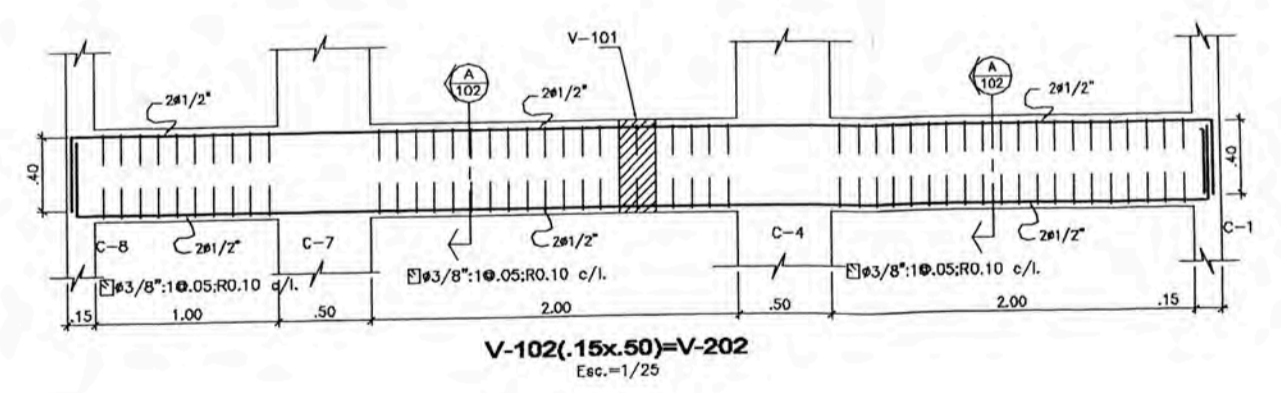
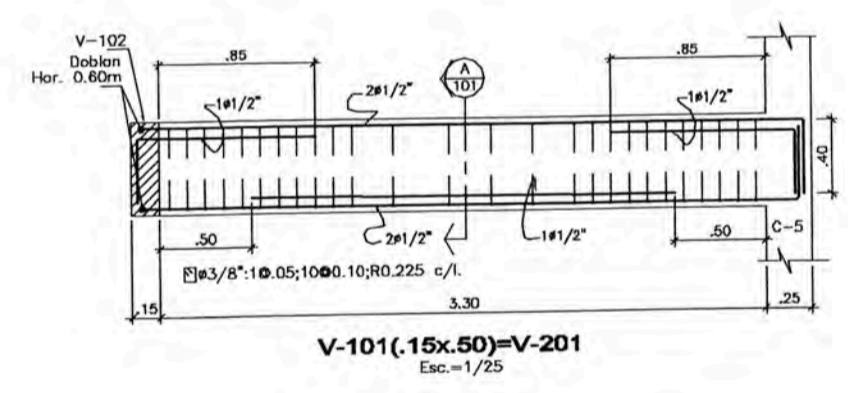
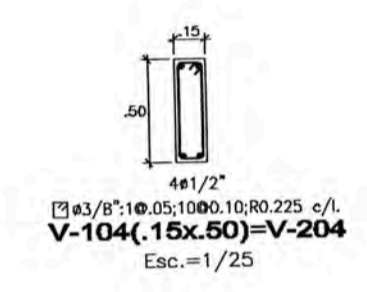
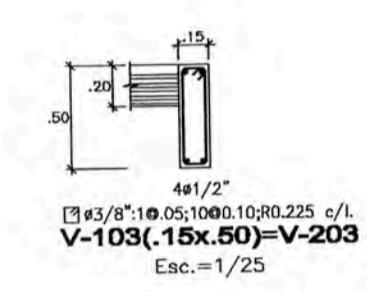
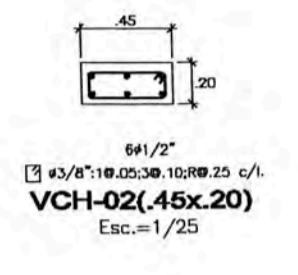
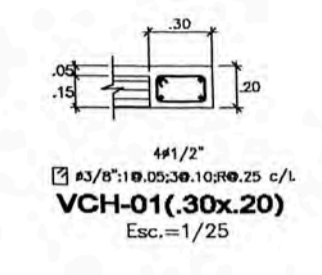
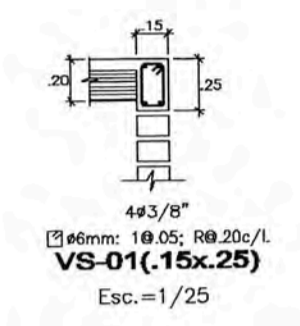
**ENCOFRADO TECHO 2º PISO**  
 H=0.20m S/C = 100 Kg/m<sup>2</sup>.  
 Esc.=1/50



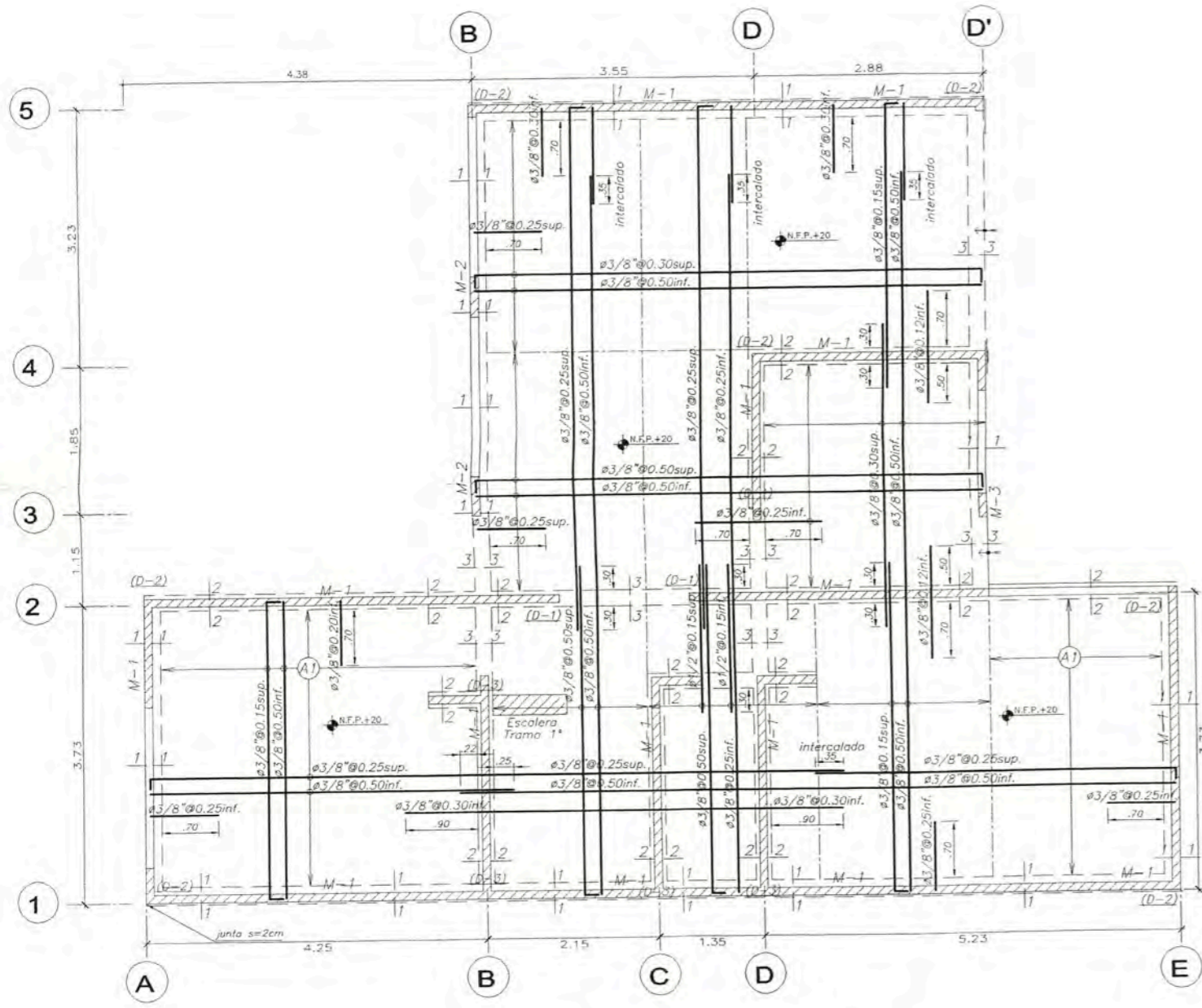
**ENCOFRADO TECHO 1º PISO**  
 H=0.20m S/C = 200 Kg/m<sup>2</sup>.  
 Esc.=1/50



**Muro de Ladrillo K.K Macizo.**  
 S/E



	<b>CURSO DE TITULACION</b> PROYECTO INMOBILIARIO DE VIVIENDA	<b>INFORME DE SUFICIENCIA</b>	
	DESARROLLADO: BCH. JOHN R. JAMANCA CARBAJAL	PLANO: VIVIENDA UNIFAMILIAR ESTRUCTURAS - ENCOFRADOS 1º Y 2º PISO ALBAÑILERIA CONFINADA	ESCALA: 1:50
		<b>E-02</b>	



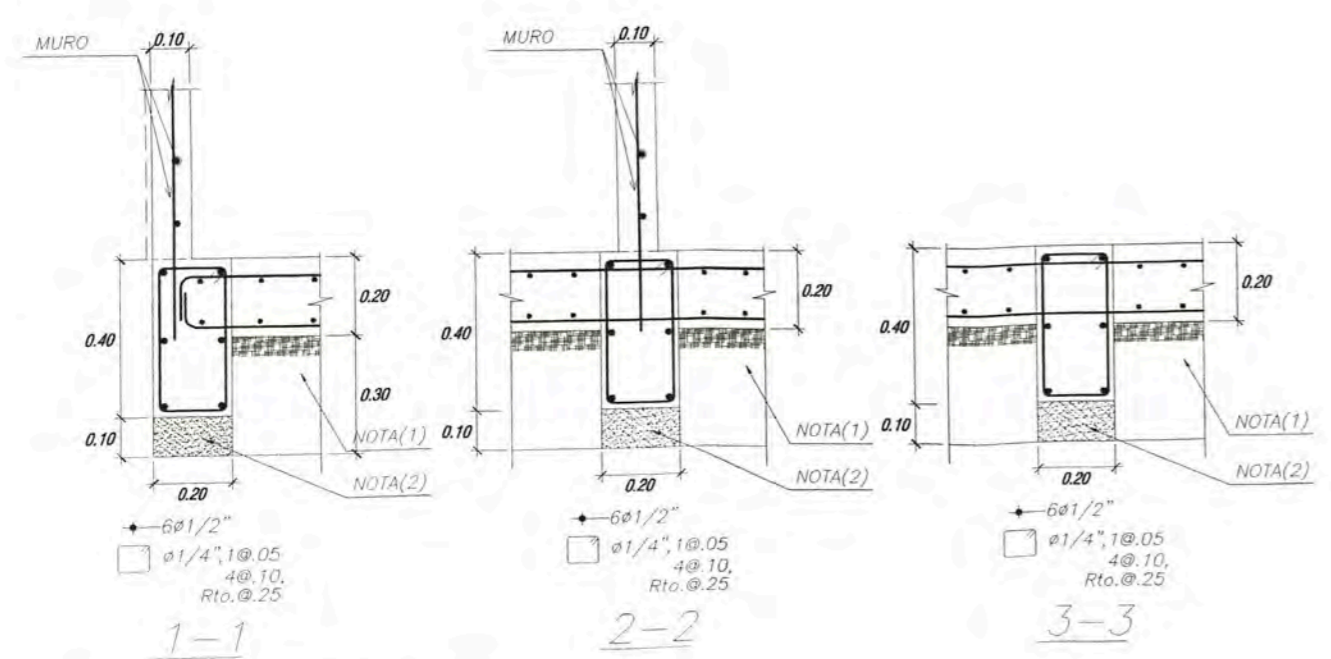
PLATEA DE CIMENTACION ESC. 1/50

**CUADRO DE MUROS**  
 Espesor t=0.10m  
 Malla fy=4200kg/cm2

PISO	MURO M1		MURO M2		MURO M3	
	Vert.	Horizon	Vert.	Horizon	Vert.	Horizon
Ter. y 2do.	ø8mm@.30m	ø8mm@.15m	ø8mm@.25m	ø8mm@.12m	ø8mm@.25m (Sólo 1° piso)	ø8mm@.10m (Sólo 1° piso)

**ESPECIFICACIONES GENERALES**

- 1.- CEMENTO:**  
 - Concreto de toda la estructura: Cemento Portland Tipo I
- 2.- RESISTENCIA DEL CONCRETO:**
- Placa de cimentación: 175 Kg/cm2.
  - Viga de cimentación: 175 Kg/cm2.
  - Muros de concreto armado: 210 Kg/cm2.
  - Columnas, escaleras, losas y vigas: 210 Kg/cm2.
- 3.- ACERO DE REFUERZO:**  
 - Barras corrugadas: ASTM A-615 (Grado 60) fy=4,200 kg/cm2 (480 Mpa)
- 4.- RECUBRIMIENTOS:**
- Vigas de cimentación: 4.0 cm
  - Muros y losas en contacto con el agua: 4.0 cm
  - Losas macizas y/o aligeradas, vigas chatas, y escaleras: 2.5 cm
  - Vigas peraltadas: 2.5 cm
- 5.- RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION:**
- Tipo de cimentación: Placa de cimentación  
 Solado de cimentación
- Estrato de apoyo de la cimentación: Relleno controlado de Ingeniería  
 (0.60m. mínima por debajo del nivel inferior de la PLATEA. Ver detalle y nota 1, respecto al reemplazo del suelo existente).
- Capacidad admisible del terreno:  $f_t = 0.75 \text{ Kg/cm}^2$ . (Ver EMS)
- Agresividad del suelo a la cimentación: Baja, usar cemento portland tipo I



NOTA(\*)  
 1.- Mejoramiento de terreno con afirmado compactado colocación de material de préstamo capa e=0.30m  
 2.- Solado C.H. 1:12 e=0.10m

ESC. 1/20

**SOBRECARGA Y COEFICIENTES SISMICOS**

**1.- SOBRECARGA:**

- Techo aligerado 1er piso: =200 Kg/m2.
- Techo aligerado 2do piso: =100 Kg/m2.
- Escaleras: =200 Kg/m2.

**2.- COEFICIENTES SISMICOS:**

- Espectro Sismico  $S_a = \frac{ZUSC}{R} g$  - Desplazamiento máximo del último nivel  $D$  en  $x = 0.057cm$ ,  $D$  en  $y = 0.082cm$ .

-  $S=1.4$  (Suelo Tipo S3) - Desplazamiento relativo de entrepiso  $(d/h)$  en  $x = 0.0001$ ,  $(d/h)$  en  $y = 0.0001$ .

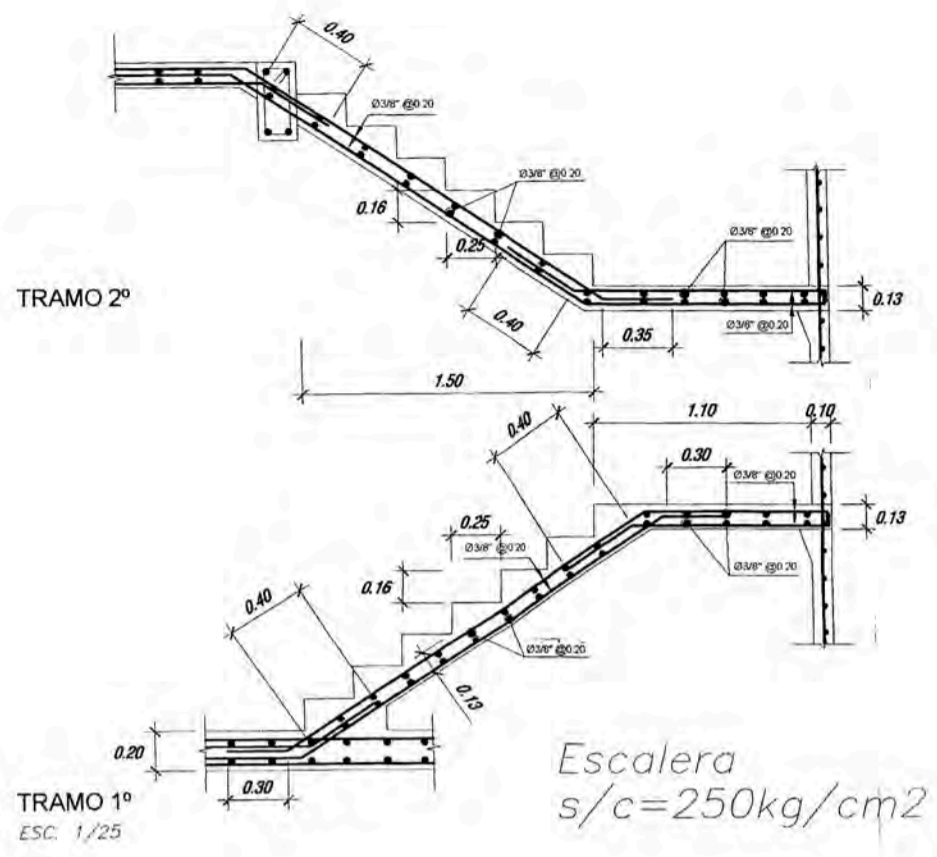
-  $U=1.0$  (Factor de Uso)

-  $Z=0.4$  (Zona Tipo 3) - Desplazamiento Norma  $7/1000$

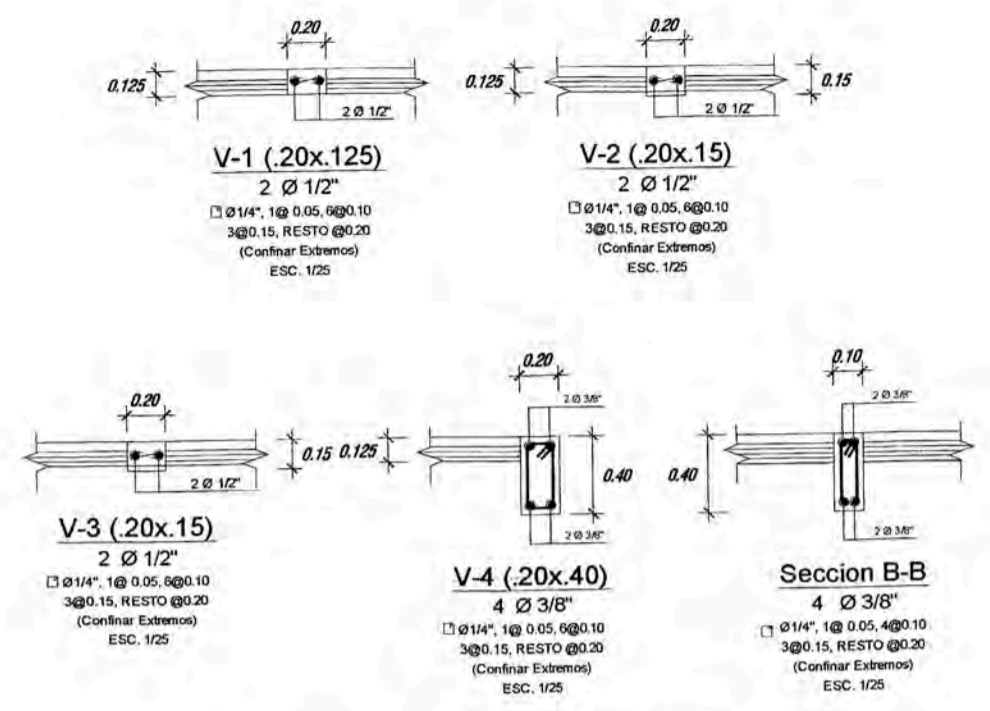
-  $R_y=6$  (Albañilería confinada)

-  $R_x=6$  (Albañilería confinada)

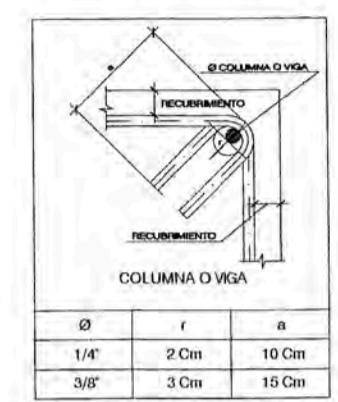
	<b>CURSO DE TITULACION</b>	<b>INFORME DE SUFICIENCIA</b>	
	<b>PROYECTO INMOBILIARIO DE VIVIENDA</b>	<b>VIVIENDA UNIFAMILIAR ESTRUCTURAS - PLATEA DE CIMENTACION MUROS DUCTILIDAD LIMITADA</b>	<b>E-01</b>
DESARROLLADO: <b>BCH. JOHN R. JAMANCA CARBAJAL</b>	DIBUJO: <b>J.R.J.C</b>	ESCALA: <b>1:50</b>	FECHA: <b>NOVIEMBRE 2010</b>



Escalera  
s/c=250kg/cm<sup>2</sup>



Detalles de Secciones



DETALLE DE DOBLADO DE ESTRIBOS

TRASLAPES Y EMPALMES PARA VIGAS Y LOSAS

NOTAS

- NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA DE UNA MISMA SECCION
- EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS PORCENTAJES ESPECIFICADOS, AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 70%
- PARA ALISERADOS Y VIGAS CHATAS EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 25 CM. PARA FIERRO DE 3/8" Y 3/4". PARA 1/2" O 5/8"

Ø	VALORES DE m	
	REFUERZO INFERIOR h CUALQUIERA	REFUERZO SUPERIOR a < 0.30, h > 0.30
3/8"	0.40	0.40 - 0.45
1/2"	0.40	0.40 - 0.50
5/8"	0.50	0.45 - 0.60
3/4"	0.60	0.55 - 0.75
1"	1.15	1.00 - 1.30

