

COMPARACION ENTRE EL SISTEMA ESTRUCTURAL  
DE CAJON EN BLOQUE REFORZADO Y  
EL PANEL ESTRUCTURAL DE POLIESTIRENO  
“ELECTROPANEL”

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

COMPARACION ENTRE EL SISTEMA ESTRUCTURAL  
DE CAJON EN BLOQUE REFORZADO Y  
EL PANEL ESTRUCTURAL DE POLIESTIRENO  
"ELECTROPANEL"

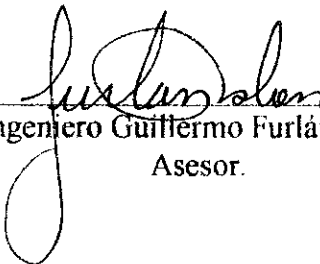
**FRANCISCO JAVIER MONZON MIRALLES**




GUATEMALA

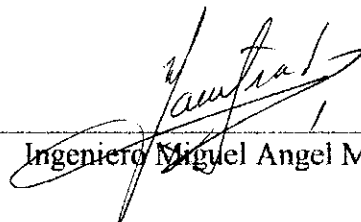
1,997

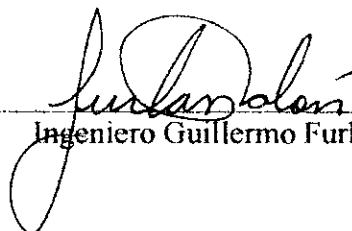
Vo. Bo. :

  
Ingeniero Guillermo Furlán Ralón  
Asesor.

Tribunal:

  
Ingeniero Franklin Matzdorf

  
Ingeniero Miguel Ángel Molina

  
Ingeniero Guillermo Furlán Ralón

Guatemala, 17 octubre de 1997

DEDICO ESTE TRABAJO A

MIS PADRES

MIS HERMANAS

Y MI TIA

## CONTENIDO

	Páginas
I. PREFACIO	1
II. TIPOS DE PREFABRICADOS PARA MUROS Y LOSA QUE SE ENCUENTRAN EN EL MERCADO	2
A. Los muros prefabricados	3
1. Panel de concreto	4
2. Placas de concreto y postes	5
3. Paneles de concreto celular	6
4. Panel de poliestireno con malla	7
B. Losas prefabricadas	7
1. La losa nervada	7
2. Losa pretensada	8
3. Losa con molde metálico	9
4. Losa con panel de poliestireno y malla	9
III. DESCRIPCIÓN DE TIPOS DE PANEL ESTRUCTURAL SUS SIMILITUDES Y SUS DIFERENCIAS	10
A. Panel A	12
B. Panel B	13
C. Electropanel	14

	Páginas
IV. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL ELECTROPANEL ESTRUCTURAL EN MUROS Y LOSA Y SUS DETALLES ESTRUCTURALES	17
A. Ensayos de paneles de Electropanel	18
1. Ensayo de paneles a compresión	18
2. Ensayo de paneles a flexión transversal	19
3. Ensayo de paneles a carga de corte	19
4. Ensayo de losa simplemente apoyada	20
5. Ensayo del alambre a Tensión	21
B. Capacidad estructural de muro	22
C. Capacidad estructural de losa	24
D. Detalles constructivos y de refuerzo	26
1. Detalle de cimentación	26
2. Detalle de refuerzo en unión de muros	27
3. Unión de muros perpendiculares	29
4. Unión de muro y losa	30
5. Refuerzo en vanos y dinteles	33
6. Fijación del panel en cenefas	35
7. Utilización del panel para muros en edificios	36

	Páginas
V. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA MODELO CON DETALLES EN PLANOS DE BLOQUE REFORZADO Y SU ADAPTACIÓN EN ELECTROPANEL	37
A. Descripción de diseño en bloques reforzados	38
B. Descripción de diseño en Electropanel	39
VI. LOS REQUISITOS GENERALES DE ACEPTABILIDAD	47
A. Requisitos arquitectónicos	49
B. Requisitos estructurales	53
1. Cimientos para paredes	54
2. Refuerzo vertical	56
3. Refuerzo Horizontal	56
4. Carga de diseño	58
5. Requisitos de aceptabilidad en sistemas prefabricados	59
VII. COMPARACION DE LOS MÉTODOS PARA ERIGIR LOS SISTEMAS DE MAMPOSTERÍA DE BLOQUES DE PÓMEZ REFORZADO Y ELECTROPANEL CON LAS RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS	60
A. Sistemas de mampostería reforzada	60
B. Sistema Electropanel	68

	Páginas
VIII. COMPÁRACION DE DETALLES EN INSTALACIONES	73
A. Sistema de Bloques	73
1. Instalaciones eléctricas	73
2. Instalación de aguas y drenajes	74
2.1. Agua potable	74
2.2. Drenajes pluviales y sanitarios	75
B. Sistema Electropanel	76
1. Instalaciones eléctricas	76
2. Instalaciones de agua potable y drenajes	77
2.1. Instalación de agua potable	77
2.2. Drenajes sanitarios y pluviales	77
IX. DETALLES CONSTRUCTIVOS Y FIJACIONES	79
A. Puertas y ventanas	79
B. Aparatos Sanitarios	80
C. Aparatos y muebles de cocina	81
X. CONCLUSIONES SOBRE LAS DIFERENCIAS CONSTRUCTIVAS DEL ELECTROPANEL Y LA MAMPOSTERÍA DE BLOQUES DE PÓMEZ	82

	Páginas
X. BIBLIOGRAFÍA	85
APÉNDICES	
A. Diagrama de interacción Carga - Momento Transversal	86
B. Diagrama de interacción Carga - Momento Paralelo al muro	88
C. Diagramas de interacción Sobrecarga - Luz Libre de la Losa con Electropanel	90
D. Diagrama de interacción de Deflexión - Sobrecarga	93

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Páginas
3.1 Tabla de comparación	16
4.1 Franja de poliestireno a extraer desde los apoyos en losas	25
5.1 Áreas de vivienda y terreno	37
5.2 Dimensiones de vivienda	37
6.1 Dimensiones mínimas según altura de ventanas entre la vivienda y propiedades colindantes	48
6.2 Dimensiones mínimas en ambientes	49
6.3 Áreas mínimas en ambientes	49
7.1 Clasificación de bloques huecos	61

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica	Páginas
4.1 Resistencia última de los materiales	24
4.2 Detalle anclaje a cimentación y mallas para refuerzos	27
4.3 Detalle unión muro longitudinal	28
4.4 Detalle unión muro transversal	28
4.5 Detalle unión esquina de muro	29
4.6 Detalle muro perpendicular en “ T ”	30
4.7 Detalle muro perpendicular en cruz	30
4.8 Unión muro - losa discontinua	31
4.9 Unión muro - losa continua	32
4.10 Unión panel transversal en losa	32
4.11 Detalle de Cumbreira	33
4.12 Refuerzo en dinteles y vanos	34
4.13 Refuerzo en esquinas de vanos	34
4.14 Fijación de paneles en cenefas	35
5.1 Planta acotado en bloques de pómez	41
5.2 Planta modulada en bloques de pómez	42

Gráfica	Páginas
5.3 Planta de losa prefabricada	43
5.4 Planta acotada en Electropanel	44
5.5 Planta de muros modulada con Electropanel	45
5.6 Planta de losa modulada con Electropanel	46

## I. PREFACIO

Este trabajo trata sobre la comparación entre el sistema de mampostería de bloques de pómez reforzado y el sistema de poliestireno con malla electro soldada y revestido con concreto liviano. En él se estudian los requisitos constructivos y los detalles de ambos sistemas.

La comparación se basa en el procedimiento constructivo de erección de una vivienda modelo que se describe y se detallan sus dimensiones. La comparación se hace desde la cimentación, hasta la fundición de losa. También se comparan los detalles de las instalaciones de servicios y de las fijaciones de los utensilios sanitarios y de cocina.

Además de la comparación de ambos sistemas, se describe el tipo de panel que se utilizó.

Se hace mención de los diferentes tipos de panel que ofrece el mercado de la construcción y se hizo una comparación entre ellos.

Se analiza la capacidad estructural en muros y losas del panel que se utilizó en el proyecto. Además de mencionar los detalles constructivos y de refuerzo.

Finalmente se destacan las diferencias entre el sistema de bloque de pómez y el sistema de panel con poliestireno y malla electro soldada.

## **II. TIPOS DE PREFABRICADOS PARA MUROS Y LOSAS QUE SE ENCUENTRAN EN EL MERCADO**

La revolución industrial se inició en Europa con el descubrimiento del vapor como fuerza motriz y con la subsiguiente fabricación de máquinas para aprovecharlo. Esto alteró profundamente el modo de vida de los hombres en la sociedad moderna.

Las máquinas tomaron el lugar de la producción manual; el vestido, los utensilios, los vehículos llegaron a ser productos de la máquina. Sin embargo, un aspecto de la producción conservó hasta fines de la tercera década del siglo XX, las principales características de antes de la revolución industrial: nos referimos a la construcción de la vivienda.

En efecto, el principio general del levantamiento de una vivienda, es la colocación de ladrillo sobre ladrillo o piedra sobre piedra. Pero hoy se construyen casas o secciones de casas en fábricas, en serie, de la misma manera que se fabrican los automóviles o aparatos electrodomésticos.

Con la idea de reducir el costo y simplificar la construcción de la casa en el lugar escogido, se fabrican en el taller secciones que incluyen las paredes, los techos y los pisos. En algunos casos, los materiales que se utilizan para este fin, son ligeros pero fuertes, tales como la madera laminada, el aluminio, y algunos materiales inorgánicos a prueba de fuego.

En la fábrica, las secciones que constituyen las diferentes partes de la casa, se construyen por el método de la fabricación en serie, pasando cada sección una tras otra en el tren de montaje donde se añaden los materiales que corresponden a su función, hasta que los productos sean completados y llevados al lugar donde serán erigidos.

En Guatemala existen distintos métodos de construcción y no es sino hasta fines de los setenta y principio de los ochenta, que surgen los prefabricados en la construcción.

A raíz del terremoto de 1976, la construcción tuvo gran auge. Los materiales y la mano de obra aumentaron de precio considerablemente.

El aumento del costo de la mano calificada para la construcción y de los pasivos laborales, hizo ver como una solución, la utilización de prefabricados parciales o totales en la construcción. Otro factor que vino a contribuir a fines de los años ochenta y principios de los noventa para que los prefabricados fueran aceptados en la construcción, fue el incremento del interés bancario que llegó a ser determinante para que las obras se levantaran en el menor tiempo posible.

#### **A. Los muros prefabricados**

Se entiende como muro prefabricado el que no tiene que ser levantado en su totalidad en el lugar. El muro que sea fabricado parcial o totalmente en una fábrica y sea transportado al lugar donde será levantado.

Existen por lo menos tres o cuatro tipos de muros que tienen el mismo principio. Es un panel de concreto liviano reforzado, que puede ser colocado manualmente por una cuadrilla de hombres sobre una base previamente preparada.

1. Panel de concreto. Es un panel de concreto liviano reforzado, con una densidad de 1,600 Kg / m<sup>3</sup> y reforzado con una malla electrosoldada con varillas de 6.20 mm de alta resistencia grado 70 en el sentido vertical y 4.50 mm de alta resistencia de grado 70 en el sentido horizontal.

En su parte superior, los paneles tienen dos dovelas o pines de conexión de varilla No. 2 unidos a la armadura principal del panel. Estas dovelas se colocan para realizar la unión estructural entre panel y viga de corona. Su función es transmitir los esfuerzos de tensión y cortante.

En uno de los cantos laterales, el panel tiene 3 ganchos de levantado, elaborados con alambre negro No.8 y unidos a la armadura principal del panel. Los ganchos de levantado se utilizan para el transporte y manipuleo de los paneles, así como en la formación de las juntas húmedas esquineras y de tipo T. En estas juntas, los ganchos de los paneles que convergen en la junta se entrelazan para realizar la unión.

Los paneles tienen en sus cantos laterales, una ranura de tipo V que forma una cavidad rectangular al juntar los cantos de dos paneles. La cavidad formada en la junta de los paneles se llena con mezcla fluida, formando una junta húmeda. Este tipo de unión permitirá la transmisión de esfuerzos de corte entre paneles.

Primero se hace una zanja de 20 cm de altura x 30 cm de ancho .Los paneles son asentados en unos dados hechos de mezclón, con una separación del ancho del panel .Se montan los paneles comenzando por las esquinas , se refuerza la cimentación con dos hierros de 3/8 luego se funde el cimientto con el concreto hecho en obra.

2. Placas de concreto y postes. El tipo de este muro prefabricado, consta de placas de concreto reforzado con malla electro soldada con varillas de 3.80 mm en ambos sentidos, o depende del fabricante el armado a colocar. El grosor puede variar desde los 3.50 cm hasta los 5.00 cm . Las medidas de las placas pueden variar, dependiendo del fabricante, pero oscilan entre 1.38 hasta 2.00 metros de largo y la altura entre 0.35 hasta los 0.50 metros de altura.

En la partes laterales de la placa , sobresale una pestaña de concreto que es la que se acopla a los postes que se utilizan para el ensamble.

Los postes , tienen un pin en la parte superior. En esa forma se pueden transferir los esfuerzos de la solera de corona, ya sea en madera o metal , a los muros. Existen varios tipos de postes, los postes en forma de H , los cuales dan continuidad a los muros longitudinalmente. Los postes de esquina o en L y los postes en forma de T que hacen la unión de tres muros. Esto facilita el ensamble de los muros en el sitio donde será erigida la vivienda.

La sección del poste es de 15 cm. x 15 cm. La altura del poste puede variar, pero el largo recomendable para que tenga una casa la altura mínima de 2.40, será el poste de

3.00 metros, en esa forma es posible profundizar el poste no menos de 60 cm. La cimentación se hará con la colocación de los postes en un agujero de 30 cm x 30 cm . El agujero donde se colocó el poste es fundido con concreto. Antes de fundir, hay que verificar el plomo para no obtener paredes desniveladas.

Como en el caso anterior, se comienza a modular en las esquinas, y si algún espacio es menor que el de las placas estándar, se recomienda producir las placas para el caso, o se pueden cortar las placas con una cortadora de disco de concreto.

3. Paneles de concreto celular. El material que lo compone es la mezcla de agua , cemento y fibras artificiales y un componente aireante, que tras fraguar, resulta un material compacto, con apariencia similar al concreto, pero mucho más ligero.

Los paneles tienen las siguientes dimensiones:

- altura máxima de 3.05 metros
- el ancho standard es de 1.00 metro y
- el espesor es variable de 10 o 15 centímetros.

El panel consta de una ranura en los laterales, el cual al juntarlo con otro panel, llega a formar una cavidad que sirve como una junta húmeda que se llena con mezcla fluida y se refuerza con una varilla de 3/8 la cual sirve para transmitir los esfuerzos de la solera corona a los cimientos.

Las características del material son:

- la resistencia térmica
- la resistencia al fuego
- resistencia al impacto y flexión
- resistencia al viento y sismo
- buen aislamiento acústico y
- baja densidad.

Es un material liviano que sirve para el cerramiento de edificios , paredes divisorias, tapias, etc, pero no como muros de carga.

4. Panel de poliestireno con malla. Este es un producto innovador que viene a revolucionar la industria del prefabricado . En el siguientes capítulo, se mencionarán los distintos paneles que existen en el mercado , sus comparaciones , sus ventajas y sus aplicaciones.

## **B. Losas prefabricadas**

1. La losa nervada. Esta losa se compone de varios elementos , que al unirse forman una losa que es capaz de resistir cargas de entresijos, cargas especiales y cargas sísmicas.

- La losa se compone de viguetas , bovedillas , malla electro soldada, y se arma de tal forma que se vuelve una losa nervada en un sentido.

- Las viguetas funcionan como vigas que están diseñadas para soportar las cargas de diseño de los entresijos o techos.

- Las bovedillas de pómez aligerarán el peso muerto de la losa. Esto se puede sustituir con bovedillas de poliestireno u otro material liviano..

- La malla electro soldada, servirá para el refuerzo del diafragma y refuerzo por temperatura de la losa, la cual se fundirá en la obra con un concreto cuya resistencia a la compresión sea de  $210 \text{ Kg / m}^2$  según la norma del F.H.A.

Aparte de esto, se reforzará con bastones en los apoyos y se colocarán rigidizantes en el centro de la luz o a  $2/3$  de la luz con varillas de acero , dependiendo de las especificaciones del fabricante.

Este tipo de losa es más liviana que la losa armada en obra, reduciendo la carga sobre la estructura .Es de fácil montaje y se ahorra el 50 % de madera para parales, y un 75 % de tablas para la losa. El formateado de la solera de corona es igual que en la losa tradicional.

2. Losa pretensada. Esta losa tiene la mismas características que la losa nervada simplemente apoyada, con la única diferencia de que sus viguetas son pretensadas. Esto hace que las viguetas cubran una mayor luz y que el peralte de la losa sea menor.

En este tipo de losa ,además de utilizar bovedillas de concreto, pómez o poliestireno , puede ser utilizado un molde para que el espacio de la bovedilla de pómez quede libre y en esa forma el peso propio de la losa es menor.

Es necesario colocar una malla electro soldada para evitar grietas en el diafragma por los cambios de temperatura.

Los refuerzos en los apoyos con bastones de acero y la colocación de los rigidizantes en las losas para evitar la deflexión de la losa también se aplican en este caso.

3. Losa con molde metálico. Para este tipo de losa, se coloca un molde metálico que sirve a su vez como formaleta muerta , y es reforzado en su parte superior con malla electro soldada . La fundición, como en los casos anteriores, es de 5 cm. La desventaja de este sistema es que no puede abarcar luces muy grandes.

4. Losa con panel de poliestireno y malla. El panel estructural de Poliestireno, puede ser utilizado como losa para entresijos y techos. Puede abarcar luces hasta de 4.50 metros para entresijo y de 5.50 metros para techos sin alguna estructura adicional.

Este panel trabaja en un sentido y puede ser reforzado para soportar cargas mayores, tanto en los apoyos como en el centro de las luces.

Sus características principales son su facilidad de instalación, resistencia, peso liviano menor que una losa tradicional, y es un buen aislante térmico y acústico.

En los siguientes capítulos, se describirán los detalles de las losas y sus refuerzos.

### **III. DESCRIPCIÓN DE TIPOS DE PANEL ESTRUCTURAL , SUS SIMILITUDES Y SUS DIFERENCIAS**

Existen diferentes tipos de panel, que se clasifican dependiendo de la capacidad de soporte y resistencia a la compresión. También se pueden clasificar dependiendo de la diferencia en espacio entre malla y malla

Los paneles llamados de tipo simple se dividen así :

- los paneles de tipo estructural
- los paneles de tipo no estructural .

Los paneles de tipo no estructural tienen pulgada y media o dos pulgadas de grosor. Los semi estructurales que son de dos y tres pulgadas de espesor pero con menos refuerzo que los estructurales que son de dos pulgadas y media o tres pulgadas de espesor. Esta distancia es la medida de separación entre las mallas laterales .

Los paneles de tipo simple estructural, pueden usarse como paredes de carga y techo. Los paneles de tipo simple no estructural, pueden ser utilizados para paredes divisorias no portantes , para cerramientos de edificios , revestimientos aislantes internos y externos y para cenefas .

Aparte de los paneles de tipo simples, existen otras variedades , como los tipo dobles que sirven para colocar dentro del núcleo del panel una capa de concreto aparte del recubrimiento exterior, que sirve para paredes de carga grande.

También existe el panel de tipo escalera que está formado por un núcleo de poliestireno de gran tamaño ( bloque ) y armado con malla de acero de alta resistencia unidas por unas escalerillas de acero de alta resistencia.

El panel tipo losa, sirve para cubrir luces mayores a 4.50 m , ya que la luz menor a 4.50 puede ser cubierta por el panel simple estructural. El panel tipo losa está formado con un núcleo de poliestireno tomando una forma tipo bovedillas. Este núcleo está localizado entre dos mallas unidas por una escalerilla y a su vez existe un espacio para poder reforzar, con una armadura de acero y varillas de refuerzo, según la luz a cubrir. Esta losa es luego cubierta con concreto con una resistencia a la compresión no menor a los 210 Kg / m <sup>2</sup>.

En el mercado existen varios nombres que identifican al producto , como COVINTEC, PANEL W , TRIDITEC, VARINSA, y otros.

Describiremos los paneles más utilizados en el mercado a parte del ELECTRO PANEL, viendo sus similitudes entre ellos y sus diferencias .

Vamos a comparar los paneles tipo estructural de 3 pulgadas de espesor , ya que éstos nos servirán para la construcción de nuestro prototipo. El panel será utilizado tanto para muros como para losa, ya que las luces a cubrir son menores a 4.50 metros entre paredes de carga.

### A. Panel A

El Panel A está formado por una estructura tridimensional de alambre de acero , provista de un alma de espumado sintético colocado al centro de la estructura , dejando un espacio libre de ambos lados entre el espumado y la malla para la aplicación del mortero.

El material , un alambre de acero de bajo carbono con un esfuerzo de fluencia  $f_y = 4,200 \text{ Kg / cm}^2$  . El área de refuerzo es  $A_s = 0.628 \text{ cm}^2 / \text{m}$  con una Espuma de Poliuretano de densidad  $14-16 \text{ Kg / m}^3$  . Consta de 25 varillas de alambre calibre 14 en el sentido longitudinal y de 49 varillas en el sentido transversal. La separación entre las varillas es de 5 cm en ambos sentidos.

Sus dimensiones estándar:

Largo	2.44 m.
Ancho	1.22 m
Espesor	0.075 m

El peso del panel es

Sin mortero	$5 \text{ Kg / m}^2$
Con mortero	$135 \text{ Kg / m}^2$ *

\* este peso es con un espesor de 10 cm. , seco.

## **B. Panel B**

El panel B consiste en una estructura tridimensional de alambre de acero calibre 14, formado por armaduras verticales continuas de 76 mm de peralte, separadas a cada 51 mm con tiras de espuma de poliestireno expandido de 57 mm de espesor. Las armaduras están unidas a lo ancho del Panel por alambres horizontales calibre 14 electro soldados a cada 51 mm.

La retícula de alambre, está separada 9.5 mm del poliestireno para permitir el agarre del mortero aplicado a cada cara del Panel después de su colocación.

El material es un alambre de acero al bajo carbono de 2 mm de diámetro nominal de acuerdo a ASTM A - 82 y ASTM A - 85 para malla electro soldada. Una espuma de poliestireno expandido auto extingible, con densidad de 12 a 15 Kg / m<sup>3</sup> y un coeficiente de conductividad térmica de 0.545 Kcal / Hm<sup>2</sup> C.

Sus dimensiones standard

Largo	2.44 m
Ancho	1.22 m
Espesor	0.076 m

El peso del panel es

Sin mortero	4.2 Kg / m <sup>2</sup>
Con mortero	148 Kg / m <sup>2</sup> *

\* Este peso es con un espesor de 10 cm., seco.

### **C. Electropanel**

El Electopanel está formado por un núcleo de poliestireno expandido (Monoport) de una densidad medio de 12 a 14 Kg / m<sup>3</sup> de 5.50 cm de espesor y sirve de aislante termo-acústico.

El núcleo aislante se localiza entre dos mallas de alambre de acero de alta resistencia , electro soldadas y unidas entre sí también por alambre también de alta resistencia y soldado eléctricamente , formando una estructura tridimensional.

Las mallas paralelas sobresalen de la superficie de poliestireno expandido un centímetro en cada cara, estando entre ellas a 7.50 cm de separación. Lo anterior se hizo para asegurar un recubrimiento del mortero que protege al alambre de alta resistencia.

El alambre utilizado para las mallas y la escalerilla de unión entre ellas, es de 2.70 mm de diámetro con un esfuerzo de fluencia  $f_y = 5000 \text{ Kg / cm}^2$ . Los alambres longitudinales o paralelos al lado más largo del Panel están separados a 7.50 cm y los alambres transversales están espaciados a cada 15 cm . Las escalerillas están espaciadas a cada 15 cm formando una onda triangular con inclinación a 45 grados aproximadamente . Además, sobresalen las mallas de ambas caras en los bordes largos , para traslapes de continuidad entre los paneles.

Sus dimensiones estándar

Largo	2.44 m
Ancho	1.20 m
Espesor	0.075 m

El peso del panel es

Sin mortero	9.8 Kg / m <sup>2</sup>
Con mortero	150 Kg / m <sup>2</sup> *

\* este peso es con un espesor de 10 cm. ,seco.

Tabla 3.1

**Tabla de comparación**

	PANEL A	PANEL B	ELECTRO PANEL
Esfuerzo de Fluencia en Kg/m <sup>2</sup>	4200	4220	5000
Diámetro de Varilla en mm	2.00	2.00	2.70
Número de varillas longitudinales	25	24	16
área de acero por panel cm <sup>2</sup>	0.80	0.72	0.92
Malla de Unión	Adicional	Adicional	Incluida

#### **IV. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL ELECTROPANEL ESTRUCTURAL EN MUROS Y LOSA Y SUS DETALLES DE REFUERZO.**

Como referimos en el capítulo anterior, el ELECTROPANEL está formado por un núcleo de poliestireno expandido de un espesor de 5.50 cm , el cual se encuentra entre dos mallas de alta resistencia con varillas longitudinales a cada 7.50 cm y varillas transversales a cada 15 cm de separación. Las mallas están unidas por una escalerilla en forma ondulatoria triangular, aproximadamente a 45 grados. Todo esto unido, forma una estructura tridimensional que está compuesta por un alambre de alta resistencia de 2.70 mm de diámetro.

Para muros , al panel se le aplica un mortero estructural, en ambas caras, formado por arena de río y cemento en una proporción de tres a uno o cuatro a uno, en volumen, dando como resultado un mortero con resistencia mínima a la compresión de 125 Kg / cm <sup>2</sup> a los 28 días.

Para la fundición de losa, es recomendable utilizar un concreto 210 Kg / m <sup>2</sup> de resistencia a la compresión a los 28 días , con una proporción en volumen de una de cemento , dos de arena de río y dos de grava.

El espesor mínimo recomendado es de 2.50 cm de recubrimiento en cada cara del panel para muros estructurales, podrá ser aplicado a mano o con máquina y para techo o entrepiso, es recomendado recubrir con mortero en la parte inferior de 2.50 cm y

en la parte superior un recubrimiento de 5.00 cm con concreto.

#### **A. Ensayos de paneles de Electropanel**

Para los ensayos del panel se citaran los efectuados en el informe técnico

No. E- 39 -96 del Centro de Investigación de Ingeniería de la Universidad de San Carlos .

1. Ensayo de paneles a compresión. Se colocaron en posición vertical, con el alto de 2.44 m y se aplicó carga a lo largo del borde superior , en el marco de carga. Se tomó la carga al iniciar el aplastamiento en extremos, la carga cuando el panel transversal se deformó 1.00 cm y la carga máxima de colapso.

Cantidad de paneles	2
Largo	2.44 m.
Ancho	1.20 m.
Espesor	0.095 m.

#### Resultados

Panel	Carga máxima Pmax.	Esfuerzos máximos Fmax.
1	12,500 Kg	10.79 Kg / cm <sup>2</sup>
2	15,454 Kg	13.33 Kg / cm <sup>2</sup>

2. Ensayo de paneles a flexión transversal. Se colocaron en posición horizontal apoyados en los bordes cortos, con una luz de 2.30 m y se aplicó carga distribuida por medio de bolsas de arena . Se aplica carga gradualmente y se miden las deflexiones al centro de la luz.

Cantidad de paneles	2
Largo	2.44 m.
Ancho	1.20 m.
Espesor	0.095 m.

#### Resultados

Condición	Presión
A deflexión 1 / 360	42.00 Kg / m <sup>2</sup>
A deflexión 1 / 180	93.50 Kg / m <sup>2</sup>
A deflexión 1 / 100	140.20 Kg / m <sup>2</sup>

3. Ensayo de paneles a carga de corte. Se sometieron a ensayo paneles individuales. Se colocan en posición vertical, de tal manera que se aplica carga siguiendo la diagonal en una esquina superior , en el plano del panel, hasta la falla.

Cantidad de paneles	2
Largo	2.44 m.
Ancho	1.20 m.
Espesor	0.095 m

### Resultados

Panel	Carga máxima Pm.	Esfuerzos respectivos Fm.
1	5,400 Kg	2.07 Kg / cm <sup>2</sup>
2	6,225 Kg	2.39 Kg / cm <sup>2</sup>

4. Ensayo de losa simple apoyada. Se colocó en posición horizontal, entre dos apoyos y con una luz de 2.30 m . Se aplicó la carga distribuida por medio de bolsas con arena previamente pesadas y se midió la deflexión al centro de la luz , hasta que la deflexión rebasaba 1 / 100.

Cantidad de paneles	2
Largo	2.44 m.
Ancho	1.20 m.
Espesor	0.125 m.*
Armado	2 varillas de 6.00 mm alta resistencia grado 70

El espesor está compuesto de 5.00 cm de concreto en la parte superior y 2 cm de mortero en la parte inferior.

#### Resultados

Condición	Carga
A deflexión 1 / 360	100 Kg / m <sup>2</sup>
A deflexión 1 / 180	210 Kg / m <sup>2</sup>
A deflexión 1 / 100	325 Kg / m <sup>2</sup>

5. Ensayo del alambre a Tensión. Se cortaron varias muestras de la barra y alambre del panel y fueron sometidos al ensayo de tensión , de acuerdo a los procedimientos de ASTM A 370.

#### Resultados

Esfuerzo de fluencia	708 Mpa.
Esfuerzo máximo	502 Mpa.
Elongación en 20 cm	6 %

De acuerdo a los resultados, es grado 500 o con límite de fluencia de 5000 Kg / m<sup>2</sup>

## B. Capacidad estructural de muros

Los muros se ven afectados a varias condiciones de carga , como el peso de lo que llevan encima, cargas temporales o transitorias como el viento o sismos.

Las cargas permanentes serán su propio peso y las cargas muertas que le sean transmitidas por los entrepisos o techos u otros.

Este análisis se hizo en un ensayo para ver la capacidad de estructural del panel tanto en muro como en losa por el Centro de Investigaciones de la Universidad San Carlos de Guatemala.

De acuerdo al ACI 318-89 sección 10.11.5 los muros se deben chequear para un corte último ( $P_u$ ) y un momento último que es igual al corte último ( $P_u$ ) por una excentricidad mínima, la cual se tomará como  $e/6$  donde  $e$  es igual al espesor del muro.

Se desarrolló un diagrama de interacción entre carga axial y momento flexionante transversal, el cual se compara para los casos que se analizaron en los muros. (Ver apendice A.)

Se hizo con una capacidad de compresión del mortero a  $100 \text{ Kg / cm}^2$  y otro a  $125 \text{ Kg / cm}^2$  a una luz de 4.00 metros entre apoyos. Y otra a  $125 \text{ Kg / cm}^2$  a una luz de 5.00 metros entre apoyos.

Se llegó a la conclusión de que la capacidad del muro aumenta al disminuir la luz de la

losa entre los apoyos en esos muros , más rápido que aumentando la resistencia a compresión del mortero de recubrimiento de 100 a 125 Kg. / cm <sup>2</sup>.

Para edificaciones de tres niveles y con losas de luces de 5 metros , pueden usarse a compresión con seguridad, usando mortero estructural de 100 Kg/ cm<sup>2</sup>. Si se aumenta el mortero a 125 Kg / cm <sup>2</sup> y se reducen las luces a 4.00 metros , los muros soportan muy bien hasta 4 niveles.

La capacidad a flexión transversal de un metro cuadrado de ELECTROPANEL con un mortero con capacidad a los 100 Kg / cm <sup>2</sup> a la compresión, es superado ampliamente por el muro. La flexión es superada por un 21 % y 7.3 veces más resistente en el cortante.

El análisis y determinación de la capacidad del panel a flexo - compresión en su plano, se basaron en los datos del apéndice B, los cuales están basados en los principios del apéndice A para flexión transversal.

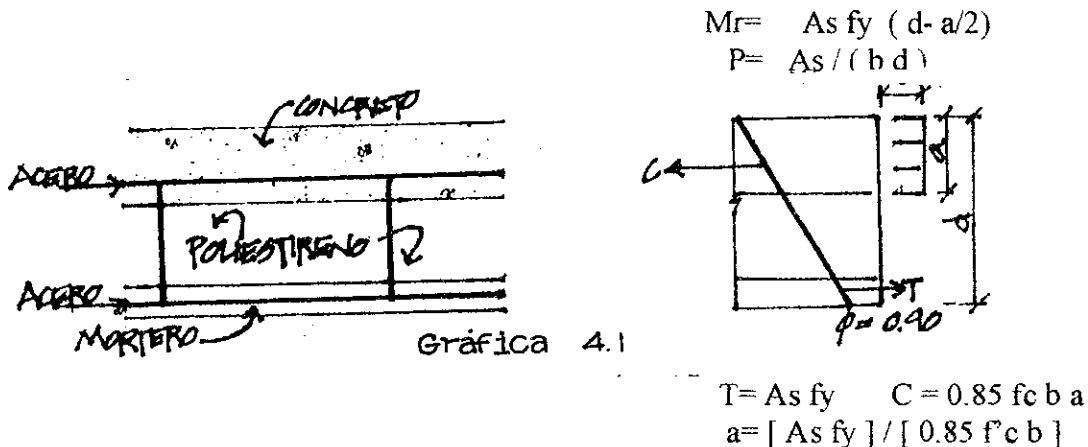
La capacidad a compresión más flexión paralelo al muro, nos da como resultado que el muro entre más largo en los niveles inferiores de edificios requieren menos refuerzos.

Los muros cortos que en niveles superiores requieren refuerzo mínimo, en los niveles inferiores necesitarán mayor refuerzo.

En general, los muros formados por paneles con ELECTROPANEL, tienen alta capacidad a flexo- compresión en su plano. Por tanto, darán buena respuesta como muros de corte y carga en edificaciones tipo cajón.

### C. Capacidad estructural de losa

La capacidad se analizó, según la teoría de resistencia última de los materiales, que se basa en la siguiente figura y fórmulas.



El espesor de la capa de concreto, será de 5 cm con la que se logra dar capacidad integridad y condiciones óptimas de servicio, para evitar fracturas indeseables.

La condición más crítica, será la de una losa simplemente apoyada, ya que requiere mayor cantidad de refuerzo positivo, para una carga dada. El procedimiento fue poner un refuerzo positivo, luego calcular el momento resistente. Después determinar la carga última que lo provoca y obtener la carga de servicio o sobrecarga.

Los resultados se plotearon en la gráfica de sobrecarga contra la luz libre del apéndice C.

La flexión en una pieza, produce también esfuerzos de cortante transversal que debe resistir. El panel se analizó según capacidad de cada uno de los elementos que lo

componen , el concreto de la parte superior , el mortero de la parte inferior y la malla de alambre de alta resistencia. La capacidad del conjunto, no es la suma de las capacidades sino se toma la capacidad más débil.

La capacidad del concreto al corte es de  $V_c = 3186 \text{ Kg/m}$  . La capacidad del acero es de  $V_r = 11393 \text{ Kg/m}$  y la capacidad del mortero es de  $V_m = 910 \text{ Kg/m}$ . Este último puede limitar la capacidad de las losas. Para ello puede lograrse una solución la cual es suprimir el núcleo de poliestireno próximo a los apoyos y rellenar ese espacio con concreto.

Para determinar el ancho de poliestireno que se debe extraer desde el apoyo, se analizó y se obtuvo la siguiente tabla. La misma expresa la carga viva a soportar la luz entre los apoyos y la extracción de poliestireno.

Tabla 4.1

Franja de poliestireno a extraer desde los apoyos en metros.

Carga Viva Kg/ m <sup>2</sup>	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50
100	-	0.01	0.20	0.51	0.76
200	0.09	0.34	0.59	0.84	1.09
300	0.30	0.55	0.80	1.05	1.30
400	0.44	0.69	0.94	1.19	1.44
500	0.55	0.80	1.05	1.30	1.55

Otra solución sería colocar un mortero más resistente , o aumentar el grosor de la capa inferior del mortero . Pero la primera consideración, es un 100 % más confiable.

#### **D. Detalles constructivos y de refuerzo**

Para obtener óptimos resultados en la construcción con este producto, hay que tener en cuenta los detalles constructivos y de refuerzo a aplicar, para no tener problemas de rajaduras en el mortero.

1. Detalle de cimentación. Primero hay que ver qué tipo de cimentación se va a aplicar . Esto difiere si la edificación sera de uno o dos niveles.

Para la cimentación de dos niveles, hay que hacer un cimiento corrido de 40 cm de ancho y 20 cm de peralte como mínimo . Esto, más dos hiladas de bloque y una solera de humedad rectangular de la cual saldrán los pines, o varillas en forma de U que servirán como anclaje para el panel.

La separación entre las úes sera de 40 cm . Se pondrá la primera U a 20 cm del rostro del panel y de allí se modulan los 40 cm. Cada panel tendrá tres úes de anclaje., salvo los que se tengan que cortar por la modulación de los muros y vanos de puertas .

El panel deberá ser anclado en ambas caras y su longitud de desarrollo de anclaje debe ser como mínimo de 40 cm.

En el caso de casas menores de 70 metros cuadrados de construcción, se podrá utilizar un cimiento trapezoidal que además se utilizará a su vez como solera de humedad.

También podrá usarse una losa de cimentación de donde podrán salir las úes de anclaje .

En caso de que se desee anclar los paneles de muros en una losa ya fundida, podrá optarse por una fijación de clavos de percusión tipo Hilti o pernos pegados con algún epóxido.

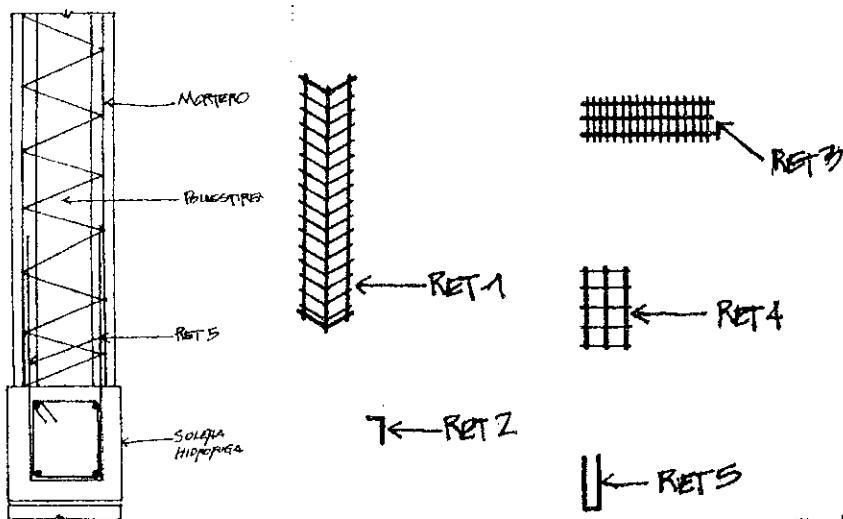
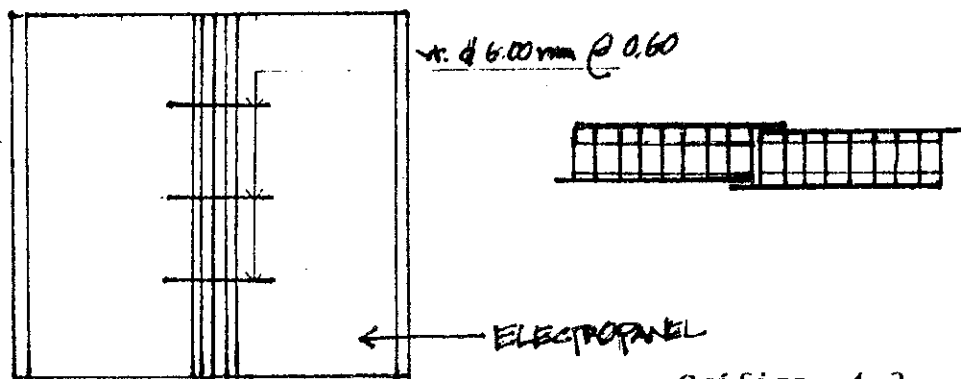


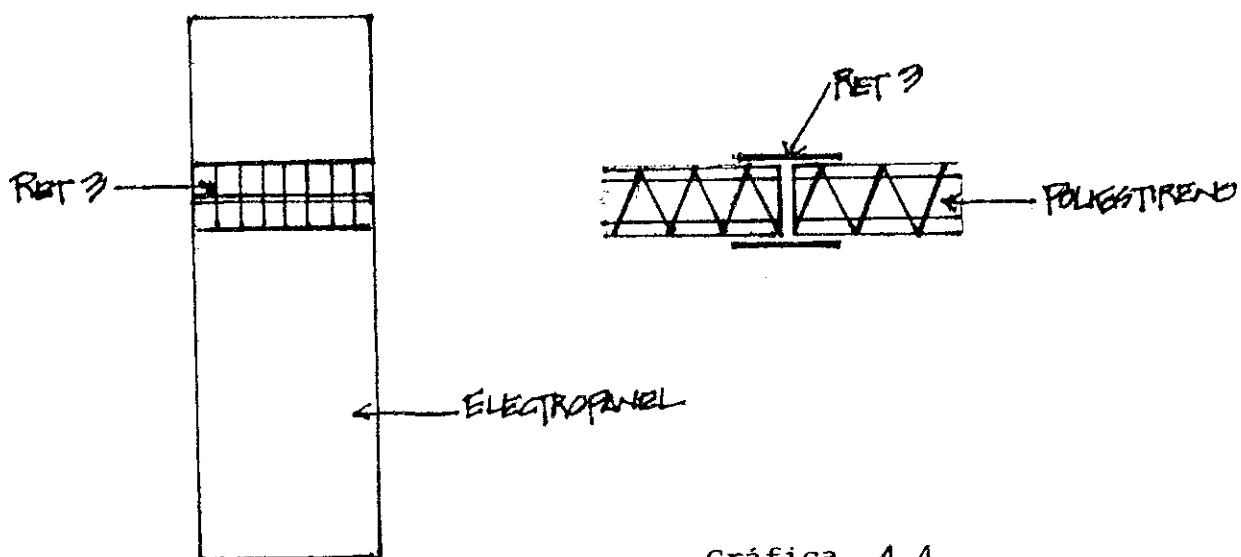
GRÁFICO 4.2

2. Detalle de refuerzo en unión de muros. El anclaje de panel a panel para muros en el sentido longitudinal, se hará con la malla que sobresale del panel en ambos lados. Esta unión, puede hacerse con pistola de grapas de amarre, o simplemente con alambre de amarre a cada 15 cm.

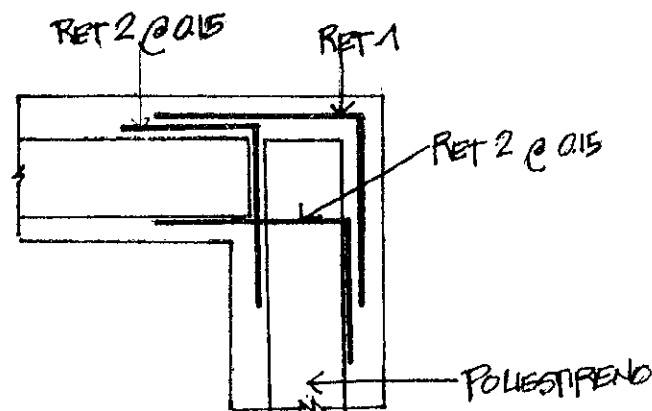
Es recomendable poner tres varillas adicionales en ambos lados , de 6.00 mm grado 70, de un metro de longitud a cada 60 cm. La primera varilla se pondrá a 30 cm del rostro superior del panel y las siguientes dos varillas a 60 cm , para tener una rigidez en



En el caso que se desee tener una altura mayor a 2.44, se unirá una malla tipo traslape transversal o lado corto en ambos lados del panel. A este tipo de malla, se le llama Ret. 3 , y está formado con varillas de 2.70 mm de diámetro de grado 70.

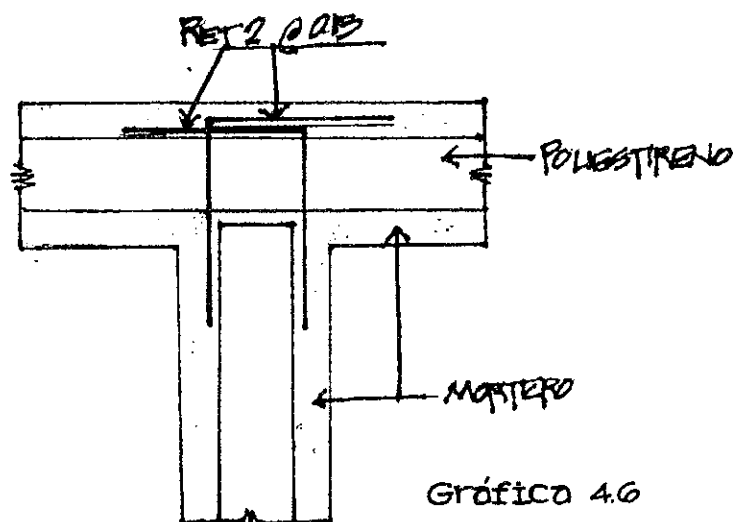


El refuerzo de paneles en esquina de muros, se hará con unas escuadras de 2.70 mm ,a cada 15 cm. Las escuadras se colocaran de la parte interior de primer panel a la parte exterior del segundo y viceversa. En esta forma, evitaremos rajaduras en las esquinas . Adicionalmente, se colocará una malla en la parte exterior de la esquina para que haya continuidad en el muro . Esta malla en forma de escuadra, tiene una longitud de 2.44 m y un ancho de 0.30 m hecha también de varillas de 2.70 mm de diámetro grado 70.

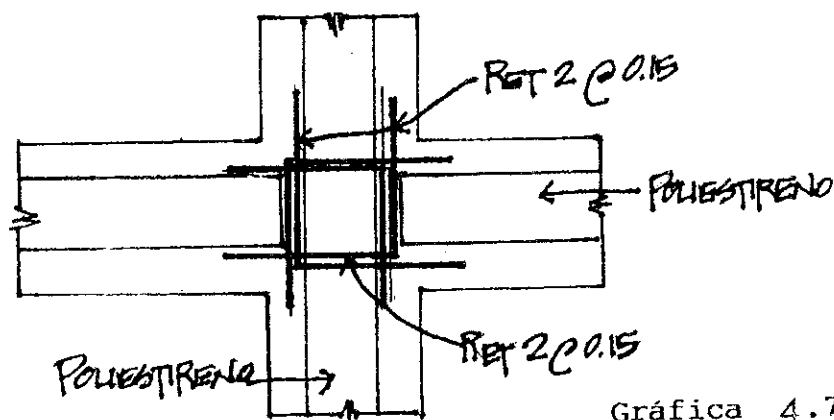


Gráfica 4.5

3. Unión de muros perpendiculares. La unión de paneles en muros perpendiculares se hará con las escuadras en forma de L. Estas escuadras, de 90 grados de acero de 2.70 mm grado 70 . Las escuadras se colocarán de la parte exterior del muro a la parte interior del muro perpendicular. En esa forma, los esfuerzos del panel interior pasarán a la parte exterior del otro muro . Lo mismo se aplicará, si la unión de muro no es perpendicular, si se encuentra a 30, 45 o 60 grados .

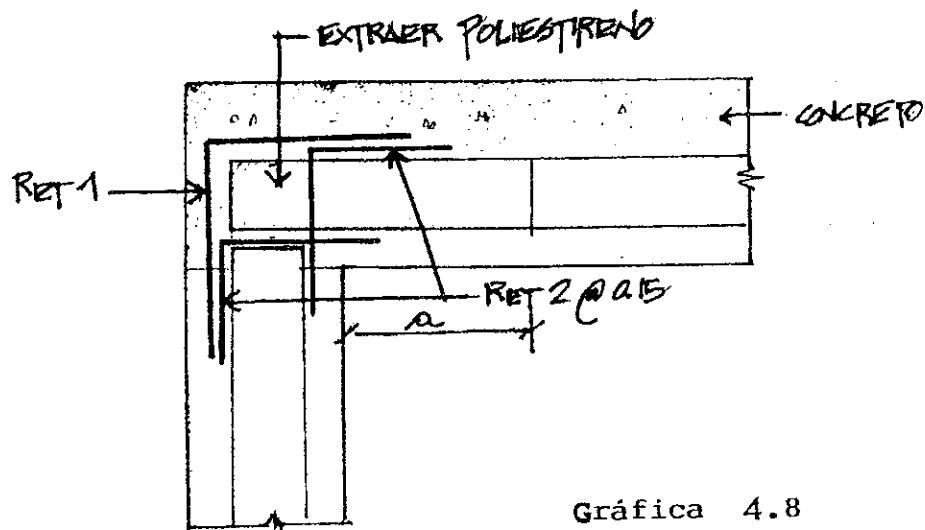


Cuando sean dos muros perpendiculares, en forma de cruz, se hará el mismo armado que en el paso anterior. Las escuadras siempre en forma de L y del mismo material, se colocarán de la parte interior a la parte exterior del muro perpendicular.



4. Unión de muro y losa. En la unión en muro y losas discontinuas, se hará el mismo detalle que en muros en esquina. Se colocarán las escuadras en forma de L de la parte interior del muro a la parte superior de la losa, y la otra escuadra, de la parte inferior de la losa a la parte exterior del muro. Además, se colocará la malla en forma de escuadra en la parte exterior de la unión, y si es necesario dependiendo de la luz, se bastoneará la parte superior de la losa en los apoyos.

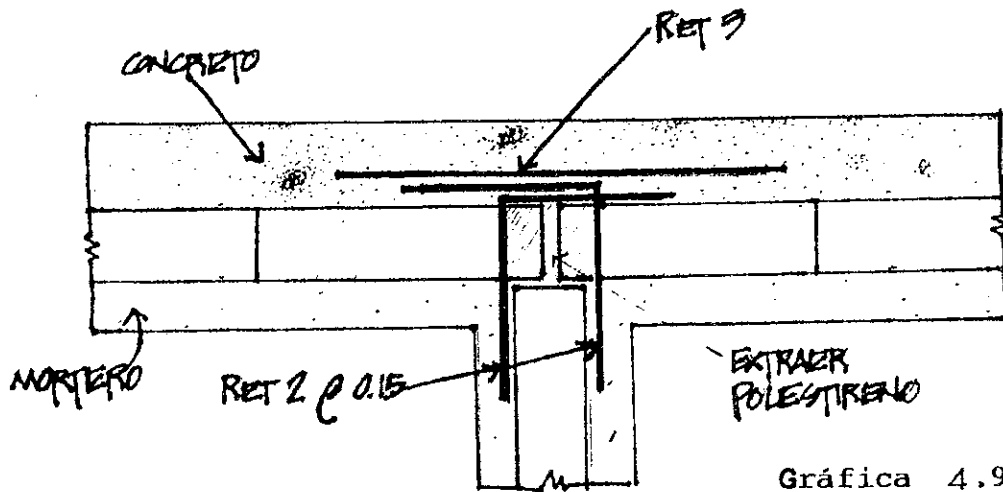
En este caso, es recomendable extraer el poliestireno que está sobre el muro y unos centímetros hacia el centro de la losa, dependiendo de la luz y la carga con que se diseñe, así a la hora de fundir este espacio, se llena de concreto. Esto es porque así el concreto trabajará en esa área en donde se concentrarán los momentos máximos y cortantes máximos.



Gráfica 4.8

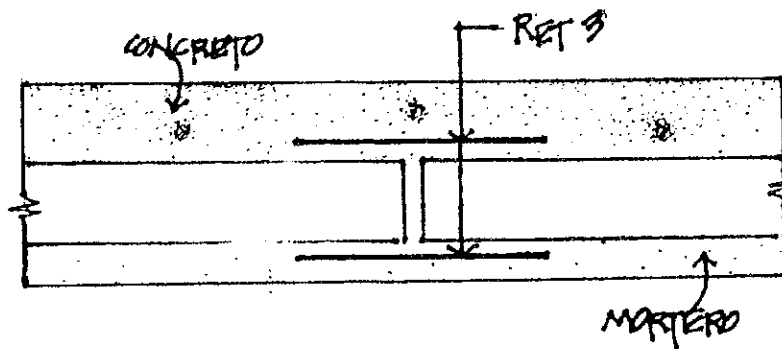
La unión de muro y losa continuas se colocarán las escuadras de tal forma que la parte interior del muro se colocará en la parte superior de la losa, en ambos lados. Además, se reforzará con bastones de longitud de un cuarto de la luz de apoyo de la losa, y la separación dependerá directamente de la luz de apoyo de la losa. Lo mismo se aplicará si existiera un voladizo.

En este caso, al igual que en el anterior, es recomendable extraer una franja de poliestireno sobre los apoyos de la losa, a ambos lados del apoyo hacia el interior de la losa, para que este espacio se rellene con concreto a la hora de fundir.



Gráfica 4.9

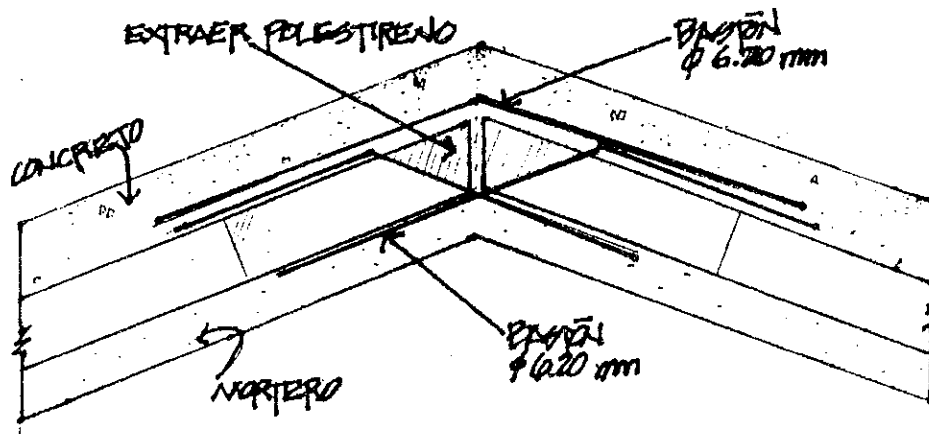
Cuando sea necesario trabajar con luces mayores de 2.44 metros, los paneles se podrán unir con la malla transversal identificada como Ret 3 en la parte inferior y en la parte superior de la losa.



Gráfica 4.10

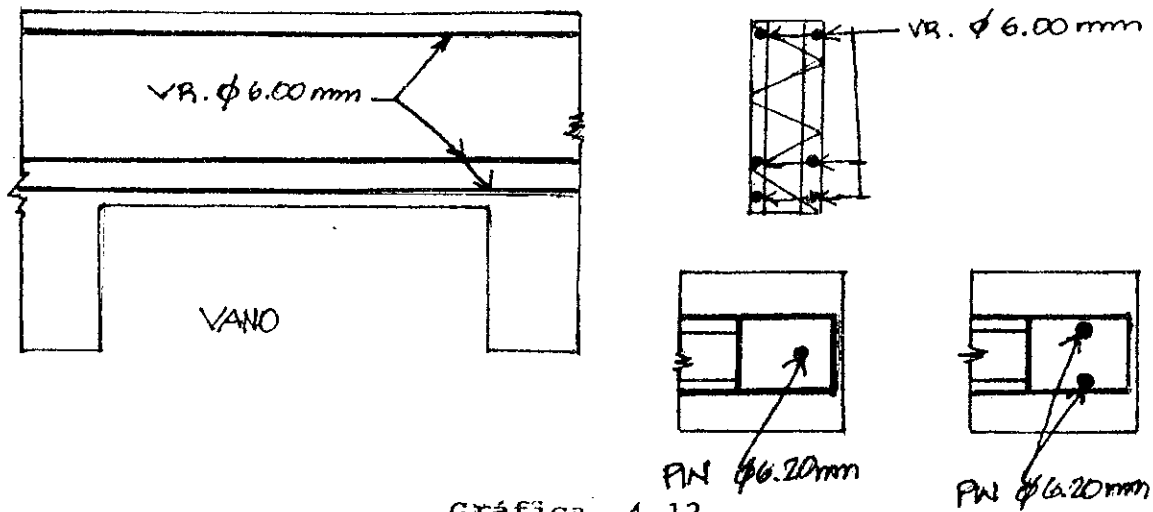
Además, para que podamos abarcar luces hasta de 4.50 metros con carga de entepiso, hay que reforzar en la parte inferior con acero de 6.00 mm grado 70 o 3/8 grado 40 tipo comercial. La separación, dependerá de la luz de apoyo. Ver tabla y diagrama de sobrecarga en apéndice C gráfica 1,2 y 3

En losas de dos aguas hay que reforzar , bastoneando la parte inferior y en la parte superior de la cumbrera con acero de 6.00 mm . La separación depende de la luz que exista entre la cumbrera y el muro de apoyo. Al igual que en los otros detalles, debe extraerse el poliestireno de la cumbrera .



Gráfica 4.11

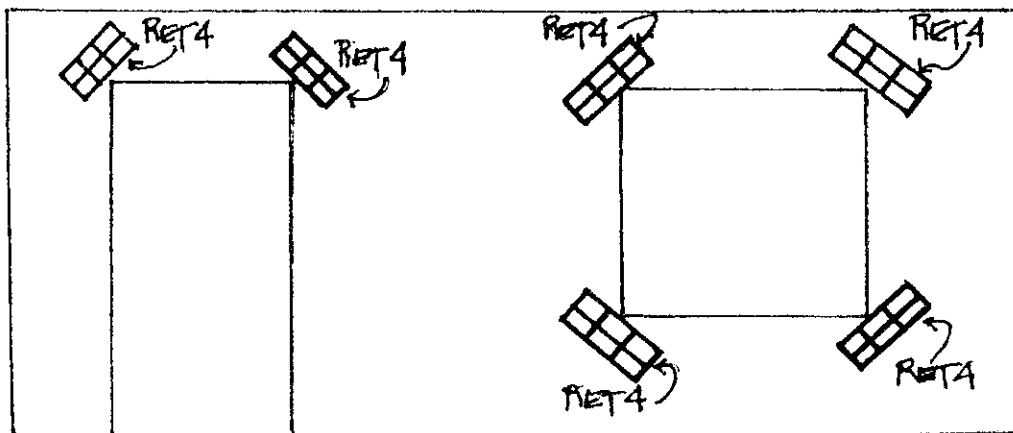
5. Refuerzo en vanos y dinteles. En los vanos de las ventanas y puertas, el dintel debe ser reforzado para que llegue a comportarse como una viga, el diámetro de la varilla a utilizar para el refuerzo dependerá directamente de la luz y la carga de diseño . La forma de reforzar estos dinteles o vanos, es colocar cuatro hierros inferiores y dos superiores amarrados al panel , es decir que se colocan tres varillas a cada lado del panel. Se recomienda no confinar las varillas de refuerzo para evitar que éstos marquen el mortero de revestimiento . Ver detalles en la gráfica No. 4.12



Gráfica 4.12

Para la fijación de puertas y ventanas, es recomendable extraer el poliestireno unos 7.5 a 10 cm para fundir ese pedazo con concreto, para obtener una buena fijación. , es recomendable colocar un pin de acero, en ese espacio de concreto, para los esfuerzos que puedan existir en esos espacios .

Además, es necesario colocar refuerzos perpendicularmente a las esquinas, para evitar que el mortero raje en esos puntos por los esfuerzos que existen en las esquinas.

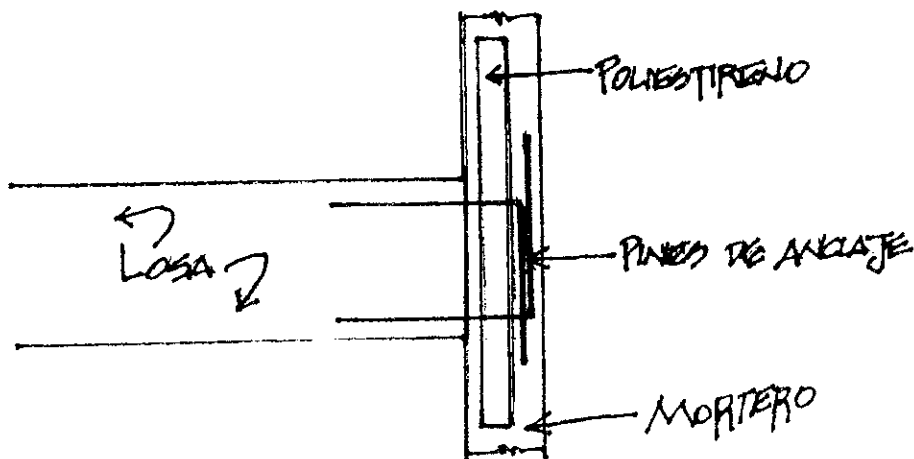


Gráfica 4.13

6. Fijación del panel en cenefas. El panel puede ser fijado en cenefas para galeras, edificios, etc. Para ello es necesario fijar dichos paneles a la estructura principal, dependiendo de su material.

En estructuras metálicas es conveniente dejar previsto unas esperas o varillas soldadas a la estructura y amarrar la parte frontal del panel a dichos pines. Esta fijación, se puede hacer con alambre de amarre o con pistola de grapas de fijación.

En estructuras de concreto es necesario dejar previstos pines salidos para poder fijar a estos el panel. Estos pines es conveniente que tengan como mínimo, unos 40 cm de longitud de desarrollo de amarre. Al igual que en la estructura de metal, es conveniente amarrar la parte frontal del panel a la estructura .



Gráfica 4.14

7. Utilización del panel para muros en edificios. Para edificios estructurales, el panel es ideal, ya que una persona puede maniobrar 3 metros cuadrados de cubrimiento, lo cual en bloque sería imposible. Esto para los pisos superiores es ventajoso.

La fijación del panel en la estructura de concreto, puede hacerse con esperas o varillas de acero previamente fundidas a la estructura.

O en el caso de que no sea posible, con clavos de percusión tipo Hilti, asegurar una lámina de fijación de donde se sujetará el panel, o utilizar pernos de anclaje que aseguren la lámina de fijación.

Este tipo de fijación, debe hacerse tanto en la parte inferior, como en la parte superior del muro.

**V. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA MODELO CON  
DETALLES EN PLANOS DE BLOQUE REFORZADO  
Y SU ADAPTACIÓN EN ELECTROPANEL**

Tabla 5.1

Áreas

Terreno mínimo por vivienda:	160.00 m. Cuadrados
Construcción :	46.28 m. Cuadrados
Primer nivel :	46.28 m. Cuadrados

Tabla 5.2

Dimensiones

Terreno	8.00 m	X	20.00 m.
Vivienda	6.00 m.	X	7.50 m.
Sala y Comedor	5.00 m.	X	3.00 m.
Baño	1.80 m.	X	1.20 m.
Cocina	2.00 m.	X	3.00 m.
Dormitorio 1	3.00 m.	X	3.15 m.
Dormitorio 2	3.00 m	X	3.15 m.

El área de la Sala , Comedor y Cocina es de 22.50 metros cuadrados, lo cual es recomendable en la tabla 4-VIII del capítulo 4 de las normas de planificación y construcción del F.H.A..

#### **A. Descripción de diseño en bloques reforzados**

El cimiento será del tipo corrido bajo los muros de forma trapezoidal, que a su vez servirá de solera de humedad con zapatas en las columnas principales. Será de concreto reforzado con 3 varillas de tres octavos de grado 40 y eslabones a cada veinte centímetros , o su equivalencia en área de varillas de acero grado 70.

Los muros serán de bloques de pómez, levantado con sabieta de cemento y arena de río, con el refuerzo de columnas, mochetas , solera intermedia y solera de remate con concreto reforzado con acero de grado 40 o su equivalencia en varilla de acero de alta resistencia grado 70.

La losa del techo, será de concreto reforzado, con acero grado 40 en ambos sentido o losa prefabricada con vigueta y bovedilla .

Los acabados de las paredes, se harán de repello y cernido vertical y la pintura látex como acabado final. Se tallarán los filos de las soleras y columnas. Los acabados de los cielos se harán con repello y un cernido de granza y como acabado final con pintura látex.

El piso será de concreto reforzado con malla electro soldada y con un alisado como acabado.

Los artefactos sanitarios serán un lavamanos de pared y un inodoro tipo Incesa Standard de color blanco, y una ducha con su regadera . En la cocina se instalará un lavatrastos

#### **B. Descripción de diseño en Electropanel**

El cimiento será el mismo que el anterior, de forma trapezoidal que a su vez servirá de solera de humedad, con la diferencia que no cuenta con zapatas ya que los muros no requieren columnas. Será de concreto reforzado con 3 varillas de 6.20 mm y eslabones a cada veinte centímetros con el mismo acero.

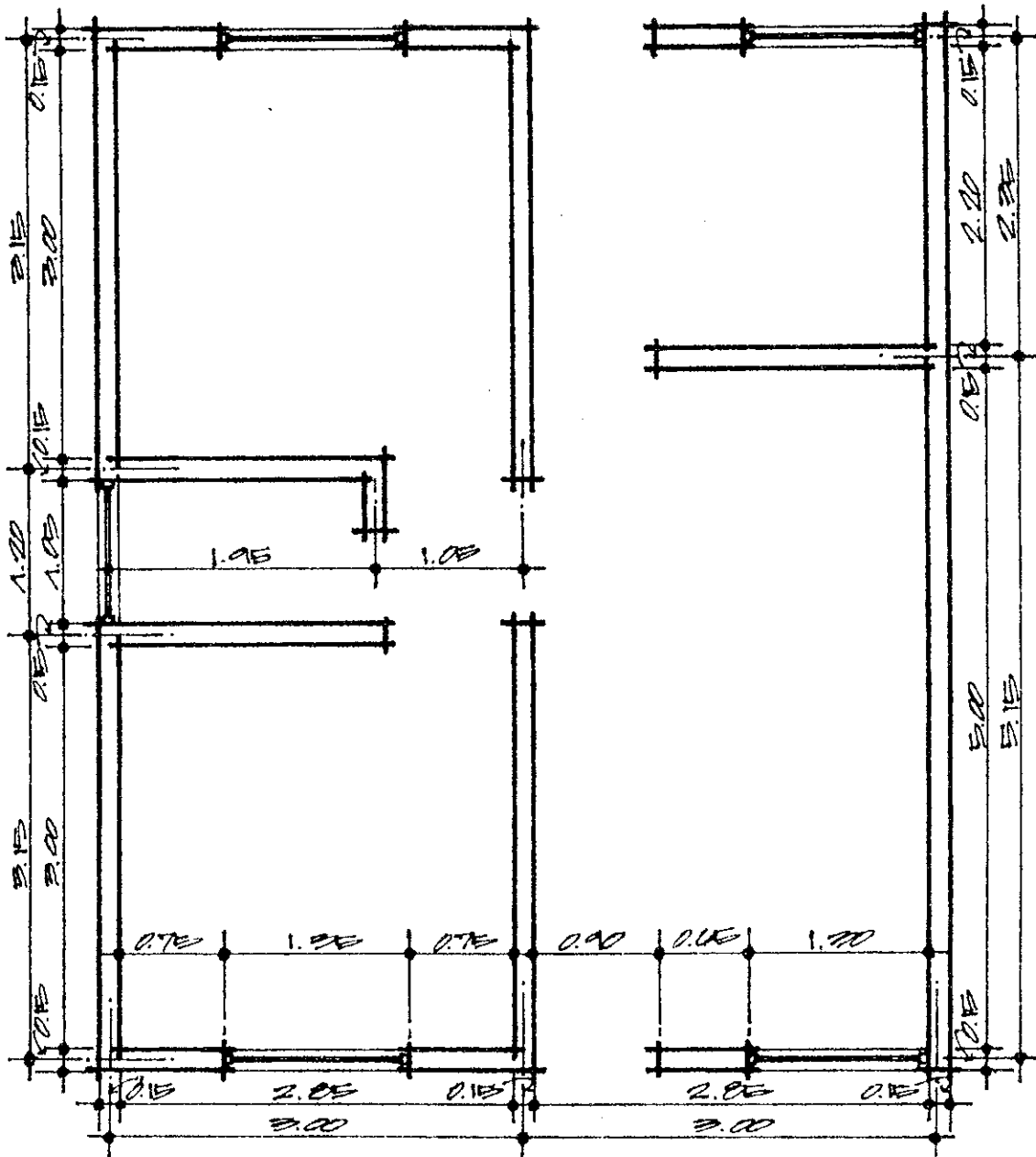
Los muros serán de ELECTROPANEL, con un recubrimiento mínimo de dos punto cinco centímetros (2.50 cm) de espesor por ambos lados del panel con un concreto liviano de capacidad a la compresión mínima de ciento veinticinco kilogramos por centímetro cuadrado ( 125 Kg / cm<sup>2</sup>) y reforzado con acero de alta resistencia en las esquinas , uniones de paneles y vanos de puertas y ventanas .

La losa de techo, será del mismo material Electropanel, con una fundición mínima de concreto de cinco centímetros ( 5.00 cm) y un recubrimiento en la parte inferior de la losa, con concreto liviano de un espesor mínimo de dos punto cinco centímetros ( 2.50 cm) y con una capacidad a la compresión mínima de ciento veinticinco

kilogramos por centímetro cuadrado ( 125 Kg / cm<sup>2</sup> ).

Los acabados tanto en los muros como en los cielos del techo, serán de cernido remolineado o cernido vertical aplicado en la última capa del revestimiento del panel y como acabado final pintura látex. El piso será de concreto reforzado con Electro malla y con un alisado como acabado final .

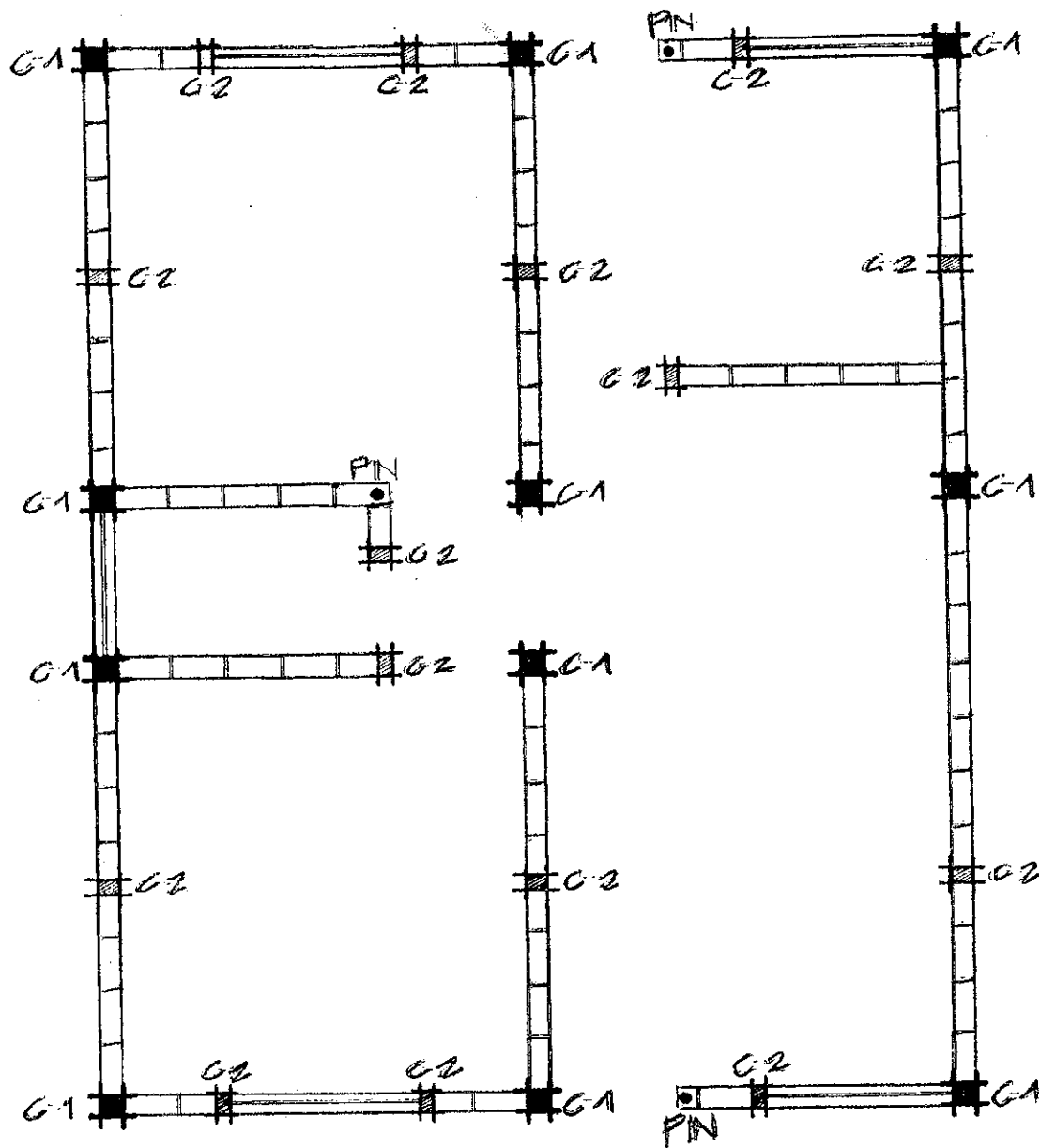
Los artefactos sanitarios a instalar en la casa, serán un lavamanos de pared , un inodoro tipo Incesa Standard color blanco y ducha con regadera. En la cocina habrá un lavatrastos empotrado a la pared.



Gráfica 5.1

PLANTA ACOTADA EN BLOQUES DE POMEZ

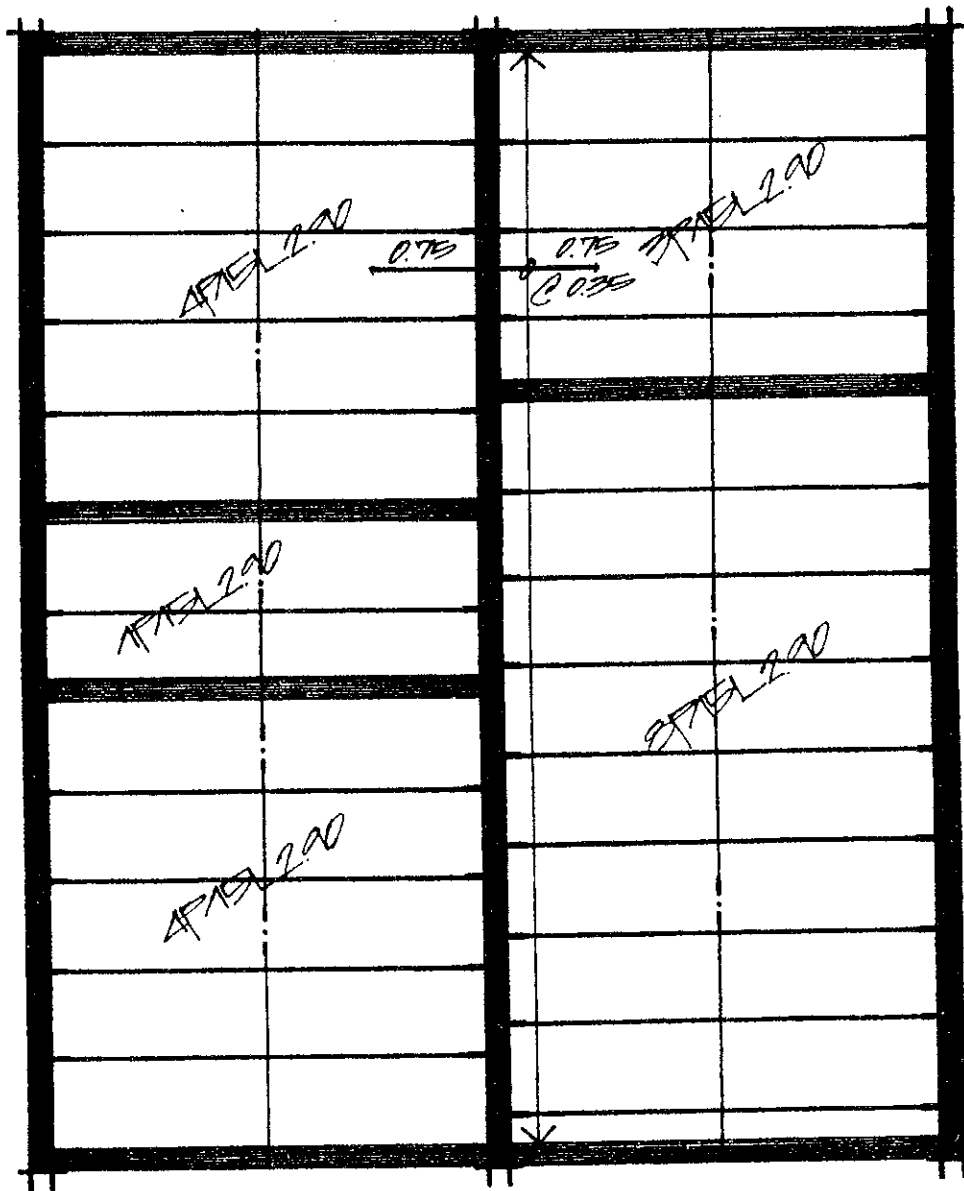
Escala 1:50



Gráfica 5.2

PLANTA MODULADA EN BLOQUES DE PÓMEZ

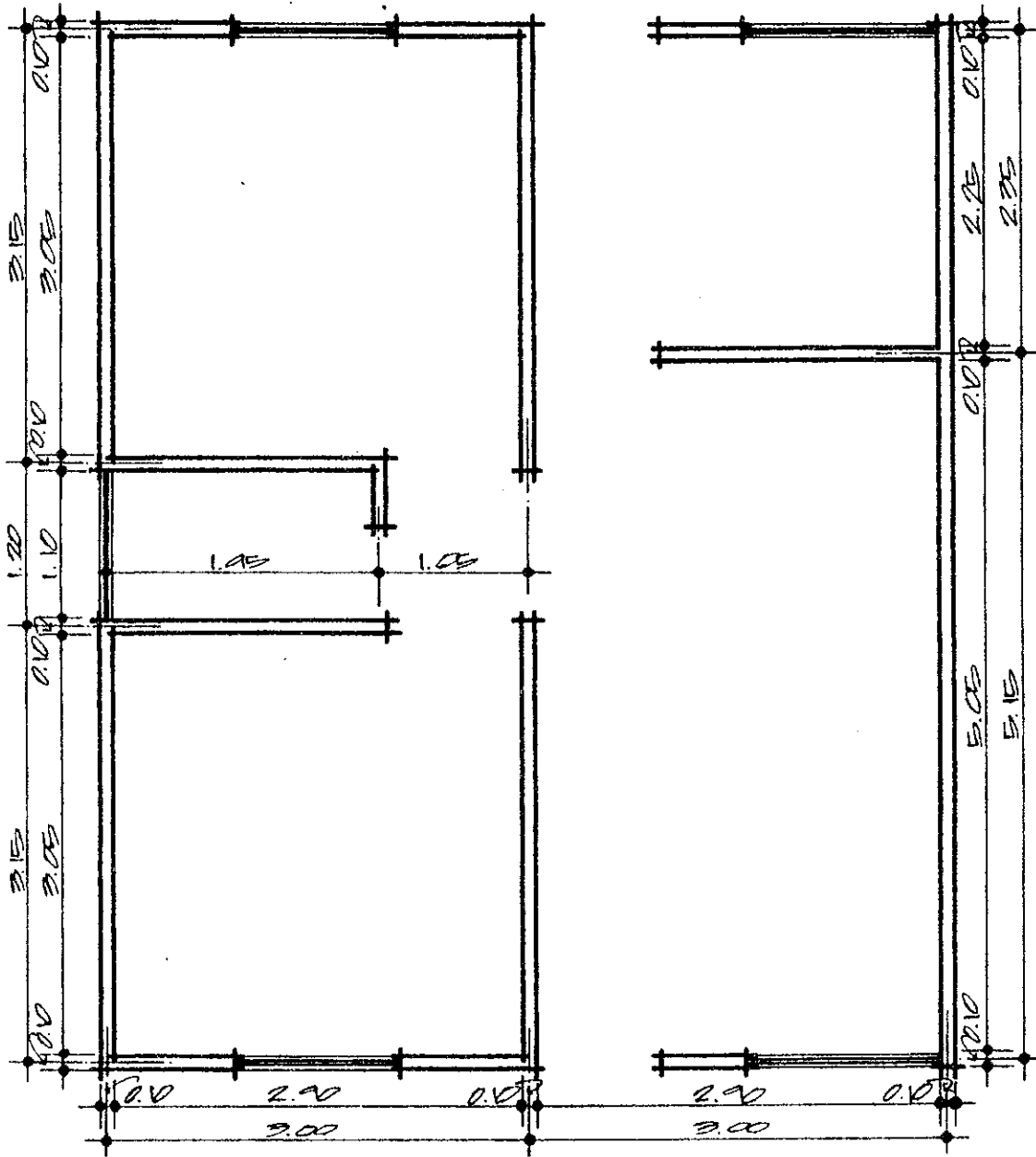
Escala 1:50



Gráfica 5.3

PLANTA LOSA PREFABRICADA

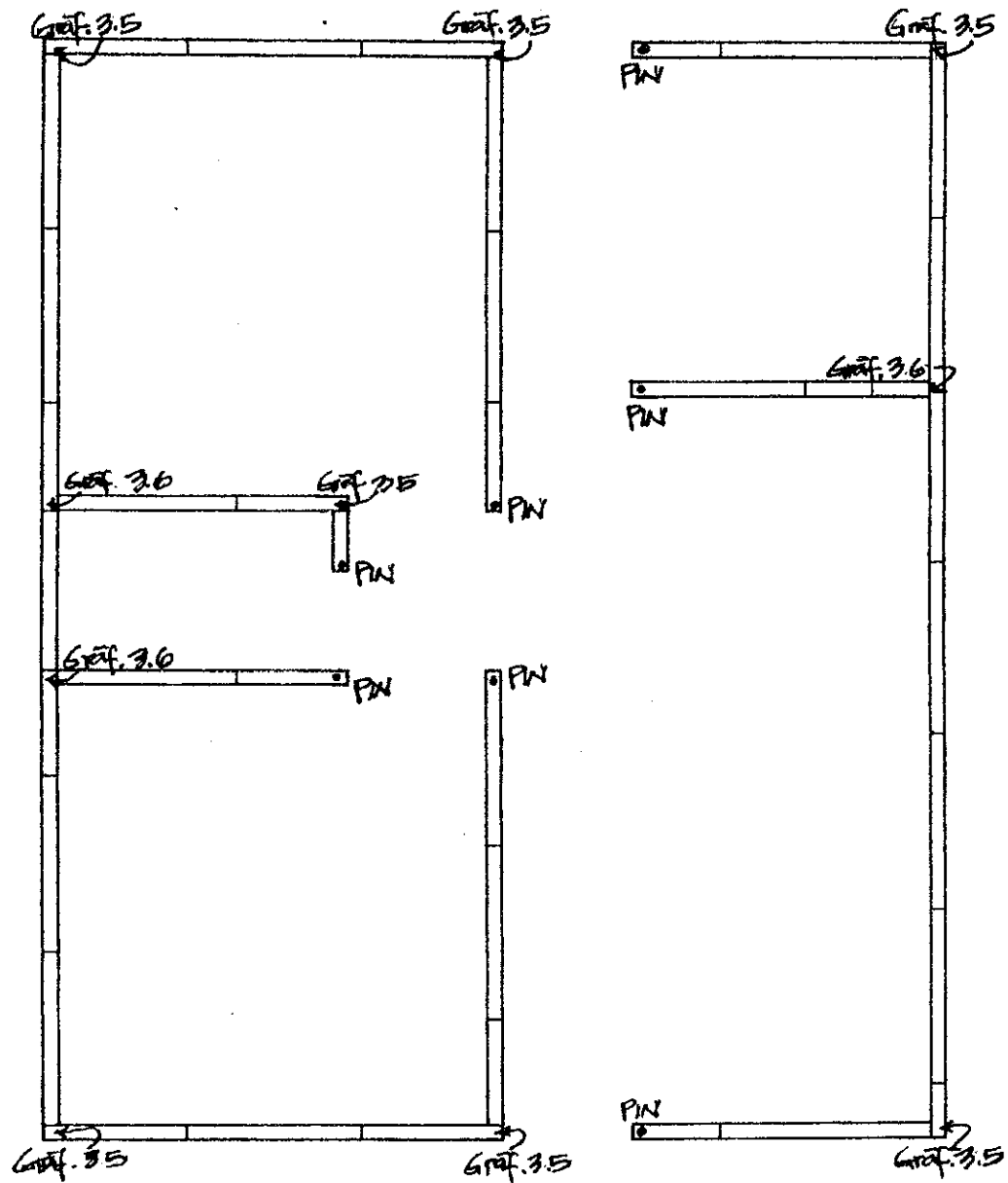
Escala 1:50



Gráfica 5.4

PLANTA ACOTADA EN ELECTROPANEL

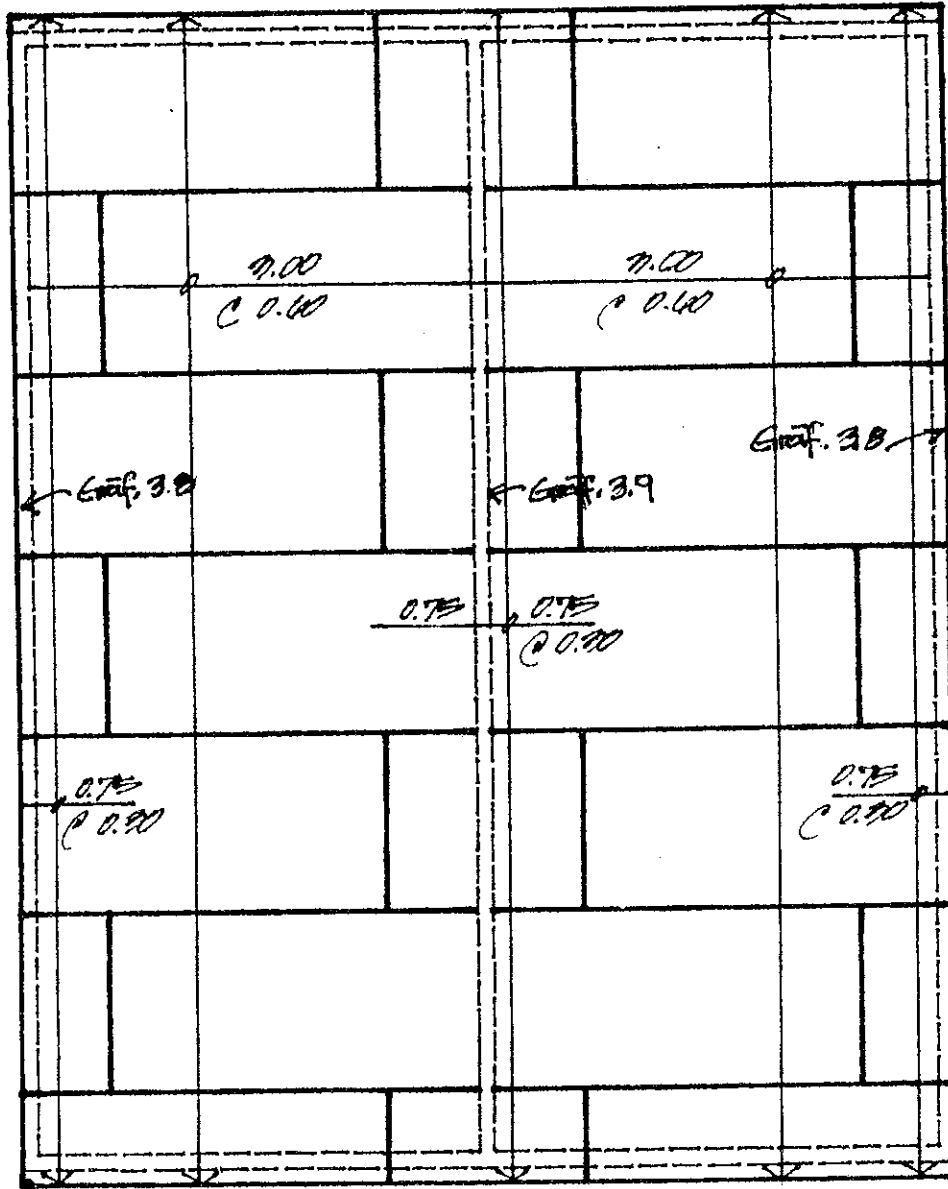
Escala 1:50



Gráfica 5.5

PLANTA MODULADA EN ELECTROPANEL

Escala 1:50



Gráfica 5.6

PLANTA DE LOSA MODULADA CON ELECTROPANEL

Escala 1:50

## **VI. LOS REQUISITOS GENERALES DE ACEPTABILIDAD**

El terreno debe estar bien delimitado con muros o verjas perimetrales. Debe estar provista de servicios , como agua potable y un sistema de drenajes que proporcione una evacuación adecuada y segura de las aguas negras y pluviales del inmueble en un sistema propio o público y con energía eléctrica suficiente para el buen funcionamiento de la iluminación artificial y el equipo que se use en la vivienda.

Acceso directo de la calle , que permita la entrada de un automóvil al lote.

Se considera como una unidad de vivienda, la que cuenta como mínimo con un dormitorio , área de estar , baño y cocina. Los patios posteriores y jardines, tendrán acceso del exterior por medio de un pasillo o a través del área de servicio.

Con el fin de promover principalmente la construcción de viviendas de bajo costo, se estipulan algunas especificaciones con requerimientos menores a los mínimos generales de las normas del F.H.A. , las cuales podrán aceptarse cuando el área sea menor de setenta metros cuadrados de construcción ( 70.00 m.<sup>2</sup>) siempre rigiendo la totalidad de requisitos de planificación y construcción estipuladas en las Normas, a menos que se especifiquen otros diferentes.

El área mínima del solar para viviendas semi aisladas es de ciento sesenta metros cuadrados (160.00 m<sup>2</sup>) con un frente mínimo de ocho metros ( 8.00 m) .

El índice de ocupación, es de un factor que no sobrepase cero punto cincuenta y cinco a

cero punto cincuenta ( 0.55 a 0.50). Este factor se obtiene dividiendo el área de planta baja, a construir sobre el área total del lote.

El objeto de los espacios libres, es el de lograr distancias adecuadas entre la vivienda y las construcciones de propiedades colindantes , garantizando la luz y ventilación y la privatización.

La línea de propiedad, se recomienda de por lo menos tres metros ( 3.00 m.), en el espacio al fondo , si el proyecto arquitectónico exige una menor dimensión, dicha reducción puede considerarse aplicando la tabla 5.1.

Tabla 6.1

Dimensiones mínimas según altura de ventana  
entre vivienda y propiedades colindantes

Ventanas a 1.80	1.20 m.
Ventanas mayor a 1.80	1.00 m.
Ventanas menor a 1.80 , o a nivel de piso	2.00 m.
Sin ventanas	0.80 m.

### A. Requisitos arquitectónicos

Para viviendas de bajo costo, las dimensiones y superficies mínimas serán las siguientes sin incluir el grosor de los muros, enlucidos o espacios para closets.

Tabla 6.2

#### Dimensiones mínimas en ambientes

Lado menor de la sala o comedor y combinaciones	2.70 m.
Lado menor de dormitorios	2.60 m.
Lado menor de baño principal	1.10 m.
Lado menor de la cocina	1.40 m.
Ancho mínimo de los pasillos	0.80 m.

Las superficies mínimas que se aceptan para los diferentes ambientes en combinación sala- comedor , cocina, dormitorio.

Tabla 6.3

#### Área mínimas en ambientes

Vivienda de dos (2) dormitorios	
Sala- Comedor	11.20 m <sup>2</sup>
Cocina	3.92 m <sup>2</sup>
Dormitorio 1	8.40 m <sup>2</sup>

Dormitorio 2	7.84 m <sup>2</sup>
Baño principal	2.20 m <sup>2</sup>

La altura de muros para climas calidos, será de 2.60 metros y para clima templados será de 2.40 metros como mínimo. En caso de viviendas con techo inclinado se podrá dejar en la parte baja del muro a una altura de 2.20 metros.

Los closets en viviendas de bajo costo podrán suprimirse.

Cada unidad de vivienda, deberá poseer por lo meno una unidad de baño completo, es decir , ducha, inodoro y lavamanos. El piso de la ducha deberá estar diez centímetros (10.00 cm) más abajo que el resto de piso o hacer un bordillo sobre el nivel de piso de diez centímetros (10.00 cm).

La cocina para vivienda unifamiliar de bajo costo, tendrá como mínimo el espacio para estufa , refrigeradora y mesa de trabajo.

Los muros linderos y verjas, deberán apegarse a los siguientes requisitos: paredes lindero una altura mínima de 1.80 metros , tomando como referencia el nivel de piso interior y una altura de 3.00 metros como máximo.

Las verjas frontales una altura máxima de 2.50 metros cuando permitan la visibilidad a través de las mismas y 1.60 metros en caso contrario.

Las verjas laterales y/ o posteriores, tendrán una altura mínima de 1.00 metro.

Todas las losas de techo, deberán tener un voladizo mínimo de diez centímetros (10 cm) , provisto de gota que evite el deslizamiento del agua hacia las paredes y produzca humedad en el interior de la vivienda.

En casos de techos de una o varias aguas , de las cuales escurra el agua libremente , deberán tomarse las medidas precautorias necesarias, para evitar el humedecimiento de paredes, puertas exteriores o entradas de agua por las ventanas.

Todas las áreas deberán estar dotadas de iluminación y ventilación naturales, por medio de ventanas que den a jardines , patios exteriores o interiores o cualquiera área descubierta.

El nivel del piso interior, deberá quedar por lo menos unos diez centímetros más alto que el nivel del área exterior. Los patios de servicio, deben contar con la pendientes adecuadas 1% mínimo, para facilitar el escurrimiento del agua de lluvia.

Los acabados son un requisito para establecer y garantizar una calidad estética y funcional , así como una prolongada duración y bajo costo de mantenimiento.

Los pisos de losas de concreto, deben tener un espesor mínimo de siete centímetros ( 7.00 cm.) y cuando existan condiciones no usuales, deberán diseñarse y reforzarse.

En losas de concreto, deben dejarse juntas de dilatación cada 2.00 m en un sentido y 1.50 metros en el otro, como máximo. Además, se dejarán juntas en cambios de pendientes, accesos u otros.

Enlucidos son todos aquellos trabajos para proteger y mejorar la apariencia de estructuras y demás elementos de la vivienda, como repellos, cernidos y blanqueados .

Las paredes de concreto, deberán llevar enlucidos para controlar la humedad ambiental interior de la vivienda.

Cuando el acabado en losas sea repello y cernido , deben forjarse previamente con mortero tipo A según las normas del F.H.A..

Sobre muros de concreto o de bloques de concreto, se usará únicamente cernido con mortero tipo A según las normas del F.H.A.

Sobre el repello deberá usarse cernido, blanqueado y otra clase de acabado que aprueba el F.H.A..

Cualquier superficie en el interior de la vivienda que quede expuesta a salpicaduras de agua, deberá protegerse con azulejo , mosaico, mármol, blanqueado de cemento o cualquier otro material impermeable que apruebe el F.H.A..

Todas las paredes que queden expuestas a recibir humedad, deberán ser impermeabilizadas en forma conveniente y aprobada por el F.H.A..

Las pinturas deberán ser las adecuadas según el uso a que se destinen.

Aislamiento térmico e impermeabilización de losas son dos requisitos que deben llenar la estructura utilizada para techos . En caso de las losas de concreto reforzado que

no es impermeable ni aislante, deben añadirse elementos con los que se logren las dos finalidades . Para el aislamiento, se aplicarán 5 cm como espesor mínimo de mortero de cal, cuyo material inerte sea altamente poroso como granza, pómez u otro ( mezclón ). Sobre dicha capa, se aplicará un blanqueado como remate.

Para obtener la impermeabilización, podrán usarse productos y procedimientos aprobados por F.H.A..

#### **B. Requisitos estructurales**

Las obras de construcción para viviendas, deberán ajustarse a las leyes y reglamentos y regulaciones de las municipalidades o de otras instituciones. Cuando existan diferencias regirán las más estrictas.

Cuando se desea hacer algún cambio en la planificación , debe someterse a la consideración del F.H.A., por escrito y a través de la entidad aprobada correspondiente, para que ésta autorice y efectúe el análisis de la variación que pueda sufrir el Resguardo.

Las normas contienen requisitos mínimos de observancia obligatoria y recomendaciones de conveniencia práctica. Su objetivo es prevenir riesgos o construcciones defectuosas, sin que necesariamente representen las condiciones más adecuadas.

Las paredes de carga, podrán ser de concreto reforzado fundido, de elementos prefabricados o de mampostería reforzada. En todo caso, deben diseñarse para resistir fuerzas sísmicas además de las cargas superpuestas.

Las paredes a base de elementos prefabricados, deberán corresponder a un sistema constructivo previamente aprobado por el F.H.A., o bien deberán recibir la aprobación específica por parte de la División Técnica de la misma institución, para lo cual se deberá presentar la memoria de cálculo correspondiente.

Las paredes de mampostería, deberán reforzarse adecuadamente , tanto vertical como horizontalmente, de acuerdo con los requisitos estipulados más adelante .

Se describirán únicamente los requisitos para el diseño de nuestra casa descrita en el capítulo anterior, la cual es una casa menor de 70.00 metros cuadrados de construcción de un nivel .

1. Cimientos para paredes. Se diseñaran para soportar las cargas superpuestas , dando una distribución adecuada a las mismas, de acuerdo al terreno. Se debe proveer un amarre adecuado entre ellos, es decir formar cuadros cerrando los ambientes que delimiten.

Para casa de un nivel, se tomarán como dimensiones mínimas, el cimiento corrido con un peralte de 15 centímetros y un ancho de 30 centímetros. Con un refuerzo longitudinal de dos varillas numero tres grado 40 y el refuerzo transversal de varilla número tres

grado 40 a cada treinta centímetros o acero número dos grado 40 a cada quince centímetros.

Como alternativa, pueden usarse tres hierros de 5.50 mm de alta resistencia grado 70 con acero transversal a cada quince centímetros de 5.50 mm grado 70.

Para viviendas menores de setenta metros cuadrados, podrán utilizarse cimientos de sección trapezoidal con un ancho de la base de 25 cm., y un peralte de 30 cm. El ancho de la corona, será el ancho del muro más 1 cm. Con un refuerzo de 2 varillas número tres grado 40 con eslabones número dos a cada 25 cm., o como alternativa 3 varillas de 6.20 mm de alta resistencia y estribos de 4.50 mm a cada 20 cm.

La profundidad de la cimentación, debe ser como mínimo de 15 cm, si el suelo se determina como buena base para resistencia de la obra.

Las longitudes de desarrollo de anclaje para hierro de 3/8 grado 40 es de 30 cm., y 1/4 es de 20 cm. Para el acero de alta resistencia de 6.20 mm es de 40 cm , para acero de 5.50 mm de 35 cm., y para el acero de 4.50 mm la longitud de desarrollo es de 30 cm..

El espesor mínimo para paredes de casas de un nivel, es de 11 cm con refuerzos verticales y horizontales. El concreto para soleras, refuerzos verticales , sillares y dinteles, tendrá una resistencia mínima a la compresión a los 28 días, de por lo menos  $176 \text{ Kg/ m}^2$  ( 2,500 lbs/ plg<sup>2</sup> ).

2. Refuerzo Vertical. El refuerzo vertical para casas de un nivel, las columnas tipo A serán con 4 varillas de 3/8 grado 40 y estribos con acero de 1/4 grado 40 a cada 20 cm., con una fundición no menor al grueso del muro y debe estar ligado a la mampostería por medio de concreto.

Para columnas tipo C el armado es de 2 varillas 3/8 grado 40. y eslabones de acero de 1/4 a cada 20 cm.

Este refuerzo se puede sustituir con varillas de alta resistencia. Para casas de un nivel, el refuerzo será para columnas tipo A 8 varillas de 6.20 mm y estribos de 4.50 mm a cada 20 cm o 4 varillas de 9.50 mm con estribos de 5.50 mm a cada 20 cm.

Para columnas tipo B, 4 varillas de 6.20 mm y estribos de 4.50 mm a cada 20 cm y columnas tipo C , 2 varillas de 6.20 mm con eslabones de 4.50 mm a cada 20 cm. Los ganchos serán de 135 grados.

3. Refuerzo Horizontal. Las paredes de mampostería deben reforzarse horizontalmente con un área no menor de 0.0013 veces a la sección transversal si el esfuerzo de fluencia es de 40,000 lbs. / plg<sup>2</sup> y 0.0010 veces a la sección transversal del muro si el esfuerzo de fluencia es mayor de 60,000 lbs. / plg<sup>2</sup>.

Las dimensiones mínimas para los elementos en sentido normal a la pared, es el grueso del muro y en el otro sentido será para la solera hidrófuga de 10 cm , para la solera intermedia de 7 cm. , y para la solera de remate de 10 cm..

El recubrimiento del acero de refuerzo no debe ser menor a 1.5 cm.

La distancia máxima entre columnas, depende del tipo de columna ,el espesor y tipo de material que se vaya a emplear.

Por ejemplo, para los bloques huecos de concreto con un ancho de 15 cm. , la distancia entre las columnas tipo A-A es de 4.00 metros y la distancia entre columnas tipo A-C es de 2.00 metros. Estas distancias regirán para refuerzo de acero con esfuerzo de fluencia menor a 60,000 lbs / plg.<sup>2</sup>.

Para el mismo material , bloques huecos de concreto con un ancho de 15 cm las distancias entre columnas tipo B-B es de 4.00 metros y la distancia entre columnas tipo B-C es de 2.00 metros para columnas que tengan su armado con acero de alta resistencia con un esfuerzo de fluencia mayor de 60,000 lbs. / plg.<sup>2</sup>.

Para soleras hidrófugas, el refuerzo será de cuatro varillas número 3 de grado 40 y estribos con acero número 2 a cada 20 cm., para soleras intermedias, será de dos varillas número 3 de grado 40 y eslabones número 2 a cada 20 cm., y la solera de remate con cuatro varillas número 3 de grado 40 con estribos número 2 a cada 20 cm.

Para soleras hidrófugas, el refuerzo será de cuatro varillas de 6.20 mm grado 70 y estribos con acero 4.50 mm a cada 20 cm., para soleras intermedias será de dos varillas de acero 6.20 mm grado 70 y eslabones de 4.50 mm a cada 20 cm., y para soleras de remate o final con cuatro varillas de acero de 6.20 mm con estribos de 4.50 mm a cada

20 cm.

Los ganchos serán de 135 grados para los estribos y para los eslabones serán de 180 grados .

En casas de bajo costo, podrán hacerse las soleras de remate con tres varillas número 3 o dado su caso, con varillas de 6.20 mm y el eslabones de tipo triangular con acero número 2 o acero de 4.50 mm de alta resistencia grado 70.

Si la altura de los muros es mayor de 2.80 metros deberá colocarse más de una solera intermedia. La separación máxima entre las soleras para muros de bloques de concreto de espesor de 15 cm. ,será de 80 centímetros .

El concreto que se utilice para la construcción de columnas, vigas , losas y cualquier otro elemento , tendrá una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de  $210 \text{ Kg} / \text{cm}^2$  ( 3,000 lbs. /  $\text{plg}^2$ ).

4. Cargas de diseño. Las cargas de diseño serán:

para techos de pendiente no menor de 25 % .....  $100 \text{ Kg} / \text{m}^2$  ( 20 lbs. /  $\text{p}^2$  )

para techos con pendiente mayor a 25 % .....  $75 \text{ Kg} / \text{m}^2$  ( 15 lbs. /  $\text{p}^2$  )

para techos con acceso y/o entrepiso .....  $200 \text{ Kg} / \text{m}^2$  ( 40 lbs. /  $\text{p}^2$  )

**C. Requisitos de aceptabilidad en sistemas no tradicionales**

Para las edificaciones en que se pretenda utilizar sistemas constructivos no tradicionales en nuestro medio, deberá presentar toda la información necesaria para analizar el sistema propuesto. Solicitar la asesoría, cálculos y pruebas de laboratorio que de crea convenientes .

## **VII. COMPARACION DE LOS MÉTODOS PARA ERIGIR LOS SISTEMAS DE MAMPOSTERIA DE BLOQUES DE POMEZ REFORZADO Y ELECTROPANEL CON LAS RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS.**

En este capítulo, se compararán los sistemas constructivos de mampostería de bloques de concreto y el sistema de Electropanel. La comparación no se realizó por costos, porque los factores que afectan el costo de ejecución de obra son variables y depende mucho de los precios de mano de obra e intereses que rijan en el momento de la ejecución de la obra.

### **A. Sistema de Mampostería Reforzada**

El sistema de mampostería de bloques de pómez reforzado, es un sistema de construcción que se ha vuelto popular en Guatemala en las últimas décadas, viniendo a sustituir al sistema de ladrillo de barro cocido.

El sistema de bloques de pómez, tiene gran auge en el mercado de la construcción por ser un sistema rápido y fácil de erigir. A comparación del ladrillo, éste con menos unidades pero a la vez más grandes cubría rápidamente un metro cuadrado de levantado.

El rendimiento de mano de obra por metro cuadrado de levantado hace que la industria de la construcción se incline por este método. Además, su porosidad facilita el revestimiento con repello y cernido. La desventaja de esta característica, es que tiene menor resistencia a la compresión que el ladrillo de barro. Mientras un ladrillo tipo A

tiene una resistencia a la compresión de 84 Kg / cm<sup>2</sup> la de un bloque de pómez de tipo A es de 50 Kg / cm<sup>2</sup>.

Como existen tantos productores de bloques en el país, es difícil tener algún control de calidad, ya que podemos encontrar bloques que tengan solo 20 Kg / cm<sup>2</sup> de la resistencia a la compresión.

Tabla 7.1

Clasificación de bloques huecos

Tipo	Grosor mínimo de las paredes del bloque	Dimensiones	Resistencia a la Compresión a los 28 días
A	3.0 cm	15 x 20 x 40	50 Kg / cm <sup>2</sup>
B	2.5 cm	15 x 20 x 40	35 Kg / cm <sup>2</sup>
C	2.5 cm	15 x 20 x 40	25 Kg / cm <sup>2</sup>

El almacenamiento del material en la obra debe de ser sobre tablonos , para que las unidades no tengan contacto con el suelo, a fin de conservarlas limpias y secas.

Cuando hay suciedad en la cara de asiento del mortero, se reduce la adherencia, y si hay suciedad en la cara del bloque, el aspecto lo afectará. Deben emplearse cubiertas impermeables para proteger las unidades de las inclemencias del tiempo. Las unidades

deben mantenerse secas para reducir los movimientos de contracción en el muro.

El hierro que se utilizará para las mochetas y columnas deben colocarse antes de la fundición del cimiento. Estas deben estar centradas y plomeadas.

Debe eliminarse cualquier agregado suelto, grumos de concreto y cualquier otra cosa que pueda impedir que el mortero se adhiera a la cimentación. Se revisa la cimentación para verificar su alineamiento vertical y horizontal, y corregirse cualquier discrepancia que pueda ocasionar que las juntas sean menores de 6 mm o de más de 16 mm, antes de iniciar la construcción de mampostería.

Al colocar la primera hilada, debe colocarse una cama completa de mortero sobre la cimentación a todo el ancho del muro, excepto donde se vayan a erigir columnas o mochetas. En la construcción con unidades huecas de mampostería, la junta de asiento sobre la cimentación debe cubrirse con mortero en todas las membranas transversales. Así, en los cuerpos frontales, la porción hueca debe quedar libre de mortero.

Las unidades y las superficies donde se aplicará el mortero, deben mojarse ligeramente, para que éstos no absorban el agua del mortero. Así, este no perderá agua durante el fraguado.

El mortero no debe extenderse demasiado por delante de los bloques que se están colocando, para evitar que se endurezca y pierda elasticidad.

Las unidades deben colocarse sobre mortero fresco suave, para lograr el

asentamiento y la adherencia apropiados.

Las unidades sólidas y la primera hilada de unidades huecas, deben colocarse con juntas completas de cabecera y de asentamiento. No deben hacerse surcos profundos en las juntas de asiento. Sin embargo, los surcos ligeros o el rayado en la junta de asiento proporcionan mayor solidez. Las unidades deben empujarse con movimientos hacia adelante y hacia abajo hasta colocarlas en la posición correcta, para obtener una junta apretada.

Primero deben colocarse las unidades de las esquinas, nivelándolas y alineándolas. La primera hilada debe ponerse con mucho cuidado, ya que ayudará al albañil para que las hiladas siguientes formen un muro recto y a plomo. Después de colocar tres o cuatro unidades, el albañil debe utilizar su nivel para verificar el alineamiento, el nivel y el plomeado.

Las esquinas se colocan por lo general hasta una altura de cuatro hiladas, poniendo cada hilada en secuencia de retroceso de la mitad del largo de cada unidad. Cada hilada debe revisarse con cuidado en cuanto a plomeado y alineaciones tanto verticales como horizontales.

Se tiende un tirón, apretando de esquina a esquina, como guía para que el albañil coloque el borde superior externo de cada bloque de las hiladas en la línea y el nivel correctos. Toda alineación o plomeado de las unidades en su posición final, debe hacerse mientras el mortero está blando. Cualquier ajuste posterior, puede causar

posibles filtraciones y reducción de la resistencia del muro.

Todo exceso de mortero que sobresalga de las juntas debe eliminarse. Este mortero puede volverse a verter en la mezclera y mezclarse de nuevo con mortero fresco.

Al llegar a la altura de la solera intermedia, hay que colocar el concreto que servirá para las mochetas o columnas de dos hierros. Estas columnas serán fundidas hasta el nivel de la última hilada de bloques que antecede a la hilada de la solera intermedia. La solera intermedia se amarra a las columnas y mochetas y luego se funde con concreto para continuar con el levantado de bloques. Se puede colocar un bloque tipo U donde se coloca la armadura de la solera intermedia. Esto hace que no se tenga que utilizar madera para el formateado de la fundición de dicha solera.

Se sigue con el proceso de levantado, de la misma forma que cuando se comenzó el levantado desde el cimiento, hasta llegar al nivel de la solera de corona.

Antes de hacer la armadura de la solera, se debe verter el concreto en las columnas y mochetas. Las mochetas de dos hierros, pueden estar dentro del bloque, pero las principales deben cubrirse con madera para su fundición.

En esta etapa se puede decir que se ha terminado el levantado de muros.

Se toma como parte del techo a la solera de corona, ya que ésta se finaliza con la fundición de la losa.

Se coloca la armadura de la solera de corona, y hay que verificar que esté a plomo y nivelada.

Luego se procede a la colocación de los parales y tendales que soportaran la losa. La separación de los parales no debe exceder el 1.50 de metro en ambos sentidos. Estos deben estar a plomo y se debe colocar sobre un suelo firme para que no se hundan durante la fundición. En el caso de que la tierra donde se apoyen los parales no sea adecuado, es recomendable colocar unos polines que evitarán el hundimiento de los mismos.

Se procede con la colocación de las viguetas, modulando primero con el espacio interno de la bovedilla. Esto se logra utilizando una bovedilla como separador en cada extremo de las viguetas. Las bovedillas que se coloquen a partir del muro, deben apoyarse sobre el tendal.

Finalizada la modulación de las viguetas, se empiezan a colocar las demás bovedillas, hasta cubrir el claro. Hay que dejarlas bien asentadas y lo más juntas posible. Hay que dejar una separación mínima de 10 cm entre bovedilla y bovedilla. Donde indique el plano, colocar un rigidizante, donde se colocarán dos hierro formando una costilla perpendicular al sentido de las viguetas.

Finalizada la colocación de la bovedilla, se empezará a colocar la malla. Esta debe amarrarse a las viguetas y deben colocarse sobre la solera de corona y vigas. El traslape recomendado para la electro malla es de 15 cm. Finalizada la colocación de la malla, se coloca el refuerzo adicional que indique el fabricante. El bastoneado debe ir sobre la malla y tener un largo de 1/4 de la luz en ambos lados.

Al finalizar de colocar los refuerzos necesarios y haber instalado el ducto para la iluminación del techo, y de haber colocado los faldones de la solera de corona y vigas, se puede proceder a la fundición. El concreto será transportado desde la mezcladora al sitio de colocación en forma rápida y práctica, usando métodos que eviten la segregación o pérdida de sus componentes.

La superficie de la losa debe estar pareja, limpia y completamente húmeda. El concreto se colocará en forma continua e ininterrumpida. Cuando las fundiciones no puedan llevarse a cabo sin interrupciones, la superficie donde se interrumpa deberá dejarse limpia y rugosa, debiendo tratarse adecuadamente con agua, cemento o con adherente antes de continuar la fundición.

Las interrupciones se harán en los lugares adecuados, de manera que los miembros estructurales no sufran menoscabo en su resistencia, es decir, donde el valor de esfuerzo de corte sea mínimo.

El concreto deberá ser vibrado, con unidades de inmersión y solamente en casos especiales, podrá apisonarse con varillas de hierro con punta redonda y diámetro no menor de 3/8". Los vibradores no deben tocar el acero de refuerzo.

Toda fundición de losa, debe protegerse de la evaporación del agua durante el proceso de fraguado. Por lo menos, durante un período de siete días ininterrumpidos a partir de la finalización de la fundición.

Al los siete días después de la fundición, se puede proceder a remover los parales de los laterales, y a los 14 días de haber concluido con la fundición, los parales centrales.

Se procederá a la colocación del repello y cernido. El repello no debe tener un grosor máximo de 2.00 cm. Antes de aplicar el repello, hay que humedecer la superficie de los muros para que el mortero no pierda agua durante el fraguado. El repello debe dejarse que reviente unos dos o tres días para comenzar a echar la capa final de cernido.

Es recomendable que el mortero de repello tenga la misma capacidad a la resistencia a la compresión que el bloque que se utilice. También el mortero para unir las unidades de bloques es recomendable que sea igual a la resistencia al bloque que se esté utilizando. No debe ser mayor ni menor.

El mismo principio de colocación de repello de muro se hace para el repello de la losa. Este debe colocarse a no más de dos centímetros. El cernido final, debe aplicarse dos o tres días después de haber finalizado la colocación del repello.

Los demás detalles constructivos, se mencionarán en otro capítulo.

## **B. Sistema Electropanel**

El sistema de levantado de cajón con panel estructural de malla y poliestireno se ha utilizado para la construcción de viviendas , cerramiento de edificios y construcción de fachadas.

Se ha tomado como opción en la construcción de obras que tienen tiempo muy corto de ejecución. Un factor muy importante de tomar en cuenta es que el panel cubre 3.00 metros cuadrados de levantado, esto versus la colocación de 38 unidades de bloque de pómez, hace que se tome en cuenta para la ejecución de obras .

Este método al ser comparado con el de mampostería de bloque con revestimiento de repello y cernido, lo hace más ventajoso. La comparación se hará con el recubrimiento a mano.

El recubrimiento a maquina definitivamente lo hace mas ventajoso por el rendimiento en la aplicación de mortero es al rededor de 30 metros cuadrados en ocho horas de trabajo por operario.

El mortero a utilizar para el recubrimiento del panel es una mezcla de 1:3 que es una de cemento por tres de arena de rio en volumen. Esta proporción da como resultado un mortero con resistencia a la compresión de 125 Kg/ cm<sup>2</sup>. Mientras los bloque de concreto solo nos dan una resistencia a la compresión de 50 Kg / cm <sup>2</sup>.

El almacenamiento del producto en la obra debe de ser sobre tabloness y separado del

suelo. Para evitar cualquier deterioro de la malla es conveniente colocarla bajo techo o utilizar una cubierta impermeable para resguardarla de la intemperie .

Antes de la fundición de los cimientos deben de colocarse los bastones de anclaje en donde se fijaran los paneles a colocar para el muro. Estos bastones tendrán una separación de 40 cm entre si, dando a lugar a que cada panel de 1.20 m de ancho tenga 3 bastones de anclaje.

Debe eliminarse cualquier grumo de mortero o agregado suelto para la colocación del panel sobre la cimentación. Esta debe de centrarse y nivelarse para que las paredes no queden desplomadas.

Antes de comenzar a colocar los muros al cimiento, es conveniente unir dos o tres paneles en el suelo para que la instalación de los muros sea más eficiente. Al finalizar de colocar los muros, dejando previsto el sitio de donde se colocaran las ventanas y puertas, debe de reforzarse las esquinas, vanos de ventanas , vanos de puertas, y refuerzos donde sea necesario, como los detalles descritos en el capítulo IV.

Los alambres de los refuerzos del panel deben de ser resistentes a la corrosión, el refuerzo metálico oxidado puede considerarse satisfactorio, siempre que las dimensiones mínimas, incluyendo la altura de las deformaciones y el peso de una muestra cepillada a mano con cepillo de alambre, no sean inferiores a los requisitos aplicables de la especificación de la ASTM. Esta oxidación es hasta beneficiable para la adherencia del mortero al acero.

Las instalaciones de tubería de agua potable , drenajes y la instalación de los ductos eléctricos deben de hacerse antes de la aplicación del mortero a los muros. Esto se detallará mas adelante en el capítulo siguiente.

Antes de aplicar el mortero para el muro es conveniente mojar la superficie del panel para que el no hay perdida de agua durante el fraguado del mortero . La colocación del mortero para el revestimiento del muro, se hace alternado, primero se coloca el mortero de una cara hasta la superficie de la malla en ambas caras. Hay que esperar que esta primera capa reviente unos dos o tres días y luego puede comenzarse a colocar la segunda capa hasta llegar a un grosor de 2.50 cm de espesor en cada una de los lados.

En esta segunda capa se puede hacer el cernido deseado para tenerlo como acabado final . Es conveniente trazar un hilo o arrastres para guiarse en la aplicación del mortero. Todo hierro debe de quedar bien cubierto para evitar su exposición al medio ambiente y evitar su corrosión . Hay que curar esta última aplicación con un regado constante durante 5 días para evitar rajaduras futuras.

Al finalizar con la aplicación del mortero puede procederse a la colocación del techo, la unión del techo con el muro se ve en el detalle indicado en el capítulo III. Las esperas deben de ser colocadas antes de hacer el acabado final del muro.

Como en el caso de la losa prefabricada. Deben de verificarse los niveles y plomos de los muros. Se procede a lo colocación de los parales y tendales que soportaran la losa durante su fraguado. La separación máxima entre parales no debe de ser mayor a 1.50 de

metro en ambos sentidos. Los parales deben de estar nivelados y a plomo y sobre un suelo firme. En el caso de que el suelo sea débil, es conveniente colocar polines debajo de los parales.

El armado del panel del techo, debe de hacerse en el suelo y luego levantarlo para colocarlo sobre el paraleado, es fácil de colocar por su peso liviano. Los refuerzos que se indiquen en los planos como el bastoneado superior y el refuerzo inferior debe de hacerse amarrandolo a la malla superior y la malla inferior respectivamente.

El espacio para los rigidizantes se podrá obtener removiendo el poliestireno de la losa con navaja o con pistola de aire o mechero de gas. No debe ser mayor de 10 cm de ancho. Los rigidizantes que se indiquen en los planos deben ir perpendicular al sentido de las escalerillas del panel. Estos rigidizantes se harán de dos varillas de 6.20 mm y eslabones de 4.50 mm a cada 20 cm .

En las áreas definidas por muros donde la losa tenga continuidad o no continuidad , es recomendable remover el poliestireno de la losa, en esa forma los esfuerzos de corte que existan en los apoyos serán absorbidos por el concreto.

Antes de la fundición de la losa se deben de hacer la instalaciones de iluminación como la colocación de cajas octagonales y el ducto para el alambre. El alambrado se hará en las últimas fases de la construcción.

Debe de colocarse una lechada de agua cemento en la parte inferior del panel, que va a

servir como losa, de esta forma nos facilita la aplicación del mortero en la parte inferior . Se recubre la parte inferior hasta el rostro de la malla, antes de la fundición de la losa en la parte superior.

La superficie de la losa debe de estar pareja , limpia y completamente húmeda. El concreto se colocará en forma continua e ininterrumpida.

La fundición de losa debe de protegerse de la evaporación del agua durante el proceso de fraguado. Por lo menos durante un periodo de siete días ininterrumpidos a partir de la finalización de la fundición.

Se pueden remover los parales laterales a los siete días y los centrales a los 14 días a partir de la finalización de la fundición . Al remover los parales puede ser aplicado la última capa de mortero de la parte inferior de la losa, en esta última capa puede ser aplicado el acabado final, como un cernido con granza semi fina .

Los demás detalles constructivos se mencionaran en los siguientes capítulos.

## **VIII. COMPARACIÓN DE DETALLES EN INSTALACIONES DE AGUA POTABLE , DRENAJES, LUZ Y FUERZA.**

Las instalaciones de los diferentes servicios, se detallarán en ambos sistemas y en qué fase de la construcción hay que colocarlos.

### **A. Sistema de Bloques.**

En este tipo de construcción, se deben realizar las instalaciones en diferentes etapas de la construcción, dependiendo de qué instalaciones se vayan a realizar.

1. Instalaciones Eléctricas. La instalación de la luz y fuerza, se puede llevar a cabo después del levantado de los muros. Un día antes de la fundición de la losa, es preciso dejar el entubado y las cajas para las unidades de luz que irán en el techo, dejando las bajadas correspondientes para los interruptores de apagado y encendido.

Luego de haber quitado el formateado de la losa y antes de hacer los trabajos de repello, es conveniente romper y dejar hechas las instalaciones de ductos de electricidad y cajas metálicas rectangulares y octogonales que van en los muros. De esa forma evitamos romper los muros después de haber realizado el trabajo de repello y cernido.

También la instalación de la caja de fusibles, instalación del ducto telefónico, y otros servicios como cable para televisión, redes para computadoras, etc., hay que realizarlos antes del acabado final.

Los ductos se colocan en zanjas dentro del muro de block y las cajas, mediante boquetes en los muros, lo cual es un renglón adicional de mano de obra y el cual hay que volver a tapar para realizar el repello y cernido.

Adicionalmente, hay que considerar que vamos a tener que pagar por la sacada del ripio que la picada de muro produzca.

El alambrado de los ductos, se hace en las últimas fases de la construcción. Esto es para evitar cualquier maltrato que pueda existir al alambrado y poder dejar las tomas e interruptores instalados.

## 2. Instalaciones de aguas y drenajes.

2.1 Agua potable. La instalación del agua potable se puede hacer de las distintas

tuberías que existen en el mercado, como tubo de hierro galvanizado, tubo de cobre o tubo de P.V.C. .

Los diámetros mínimos sugeridos para las instalaciones de agua potable, deben calcularse en base a los principios hidráulicos. Definitivamente el costo en diámetros menores será relevante, pero siempre que los reglamentos de construcción lo permitan.

El diámetro de tubería, se elige basándose en una tabla después de haber calculado los volúmenes de demanda de los equipos a utilizar, en unidades sanitarias. La longitud equivalente de tubería del sistema, determina la presión mínima promedio que abastece

la empresa de agua y calcula la caída de presión en la tubería .

Los diámetros máximos en un sistema domiciliario, están entre 1 y 3/4 de pulgada y los mínimos entre 1/2 y 3/8 de pulgada.

Al igual que en la electricidad ,la instalación de la tubería se hace después de haber terminado el levantado de muros. Para ello hay que zanjear el bloque y las soleras que se hallan fundido para que la tubería pase por debajo del piso .

En el momento que la tubería es instalada, debe ser probada antes de que se llegue a cerrar las zanjas tanto del muro como las del suelo. Así se puede detectar cualquier fuga que pueda existir.

Con las instalaciones de agua caliente, se usará el mismo procedimiento que con el agua fría.

## 2.2 Drenajes pluviales y sanitarios. La tubería para los drenajes deberán

determinarse en base de las unidades de descarga de cada aparato sanitario y en el caso de los pluviales , en base de los metros cuadrados de desalojo.

No sólo hay que tomar en cuenta la tubería, sino los accesorios , como cajas , trampas de grasas y sifones.

La tubería dentro de los muros de bloques puede guardar tubos hasta de 4 pulgadas de grosor sin ningún problema. Si es necesario mayor diámetro, habría que considerar algún ducto para la bajada del drenaje.

Igual que en el anterior punto, es necesario dejar prevista la instalación del drenaje antes de fundir los cimientos ya que los tubos darán menos problemas si son de una sola pieza, evitando el mayor número de uniones desde la caja de conexión, hasta el aparato sanitario.

De igual forma, para la losa de un segundo nivel, hay que dejar prevista la instalación de los tubos antes de la fundición de losa. Si el drenaje para las unidades sanitarias se coloca sobre la losa ya fundida, es necesario levantar el nivel del baño para realizar todas las instalaciones necesarias y estimar una sobrecarga en la losa en donde se realice el relleno con granza.

## **B. Sistema Electropanel**

En el sistema Electropanel, las instalaciones se pueden realizar antes de comenzar a echar la primera capa de revestimiento de mortero. Por la nobleza del material, este trabajo no es tan arduo para realizar y se puede avanzar rápidamente.

1. Instalaciones eléctricas. El ducto para las instalaciones eléctricas en este sistema, se puede realizar mediante la extracción del poliestireno, a través de un corte con navaja o cuchillo, o con una pistola de aire o mechero de gas que harán que el poliestireno se auto extinga y podrá dar cabida al ducto de electricidad. De la misma manera, se hará con las cajas de metal rectangulares y octogonales.

La fijación del ducto, se puede hacer con alambre de amarre a la malla que está por

encima del panel . Dado el caso de que sea necesario realizar algún corte en la malla para introducir el ducto , debe restablecerse la continuidad de la malla con acero que haya sobrado de algún retazo de panel o de las escalerillas.

Las cajas metálicas deben fijarse con un poco de mortero al panel y luego de este detalle, pueden empezarse a rellenar los espacios donde se extrajo el poliestireno con mortero y luego comenzar a echar la primera capa hasta la malla .

## 2. Instalación de agua potable y drenajes.

2.1. Instalación agua potable. Los diámetros mínimos para este sistema, serán calculados de igual forma que en el sistema de bloque de concreto o pómez .

En las instalaciones de agua potable y agua caliente, se realizarán los mismos pasos que en la instalación eléctrica. Primero se extrae el poliestireno con navaja , pistola de aire caliente o mechero de gas.

Luego se fija la tubería a la malla del panel con alambre de amarre, para que esté firme y con mortero se rellenarán los espacios donde se extrajo el poliestireno..

2.2 Drenajes sanitarios y pluviales. Para la instalación de los drenajes, tanto sanitarios como los pluviales hay que tomar en cuenta el grosor del muro que se está trabajando.

En este caso, el panel es de 3 pulgadas de grosor, lo que hace imposible colocar tubos de diámetro mayor. Aunque la capa de revestimiento sea mayor de 4 pulgadas, no es

recomendable colocar un tubo de diámetro mayor, pues éste se notará por el poco mortero que le recubrirá. Por eso es recomendable utilizar tubería no mayor de 3 pulgadas.

En el caso de que el área de desfogue del agua que cae en la losa, halla sido calculada para un tubo de 4 pulgadas, es recomendable sustituirla por dos de 3 pulgadas, o reducir el área de desfogue.

La tubería se podrá instalar rompiendo la solera de humedad, ya que ésta debe fundirse antes, para poder colocar el panel y así hacer la instalación dentro de los muros.

En el caso de que haya una torta de cimentación, es recomendable dejar los tubos salidos sobre la fundición, para colocar el resto de tubo con una unión.

La instalación de las tuberías, tanto eléctrica como la de agua potable y drenajes, se hace más eficiente para instalar en este sistema, ya que por la facilidad de corte del poliestireno y la introducción de los ductos a los muros y losas de electropanel, da como resultado gran rapidez para la instalación. Ya que hay que revestir al panel con mortero en ambas caras, el trabajo de tapar los ductos no representa un rubro adicional.

Todas las instalaciones de agua potable y de drenajes, deben ser instaladas antes de echar el mortero sobre el panel. También se deben revisar para no tener fugas posteriores.

## IX. DETALLES CONSTRUCTIVOS Y FIJACIONES

En el sistema constructivo Electropanel, es importante tomar en cuenta los detalles de fijaciones de puertas, ventanas, y muebles, así como sanitarios y lavamanos .

### A. Puertas y ventanas

Para la instalaciones de puertas y ventanas, es necesario primero establecer el lugar que van a ocupar en el muro. Antes de comenzar con el revestimiento de mortero, se marcan los espacios donde irán las ventanas y puertas y se corta ese pedazo de panel .

Para tener un mejor rendimiento del producto, es conveniente que se module comenzando de los vanos de puertas y ventanas hacia las esquinas de los muros. Es conveniente modular con  $1/3$  o  $1/2$  paneles.

Determinando los vanos de las puertas y ventanas , éstas deben ser reforzadas en las esquinas con acero perpendicularmente , para evitar rajaduras en los muros .

Adicionalmente, es conveniente extraer unos 7.5 cm., de poliestireno en los laterales de las ventanas y puertas para que se llegue a fundir este espacio con concreto, y en esa forma tener una mocheta sólida para poder fijar allí con tarugos, las puertas de metal o aluminio.

Es recomendable meter un pin adicional o una armadura de dos hierros como acero mínimo en ese espacio de concreto , como sugieren las normas F.H.A. .

## **B. Aparatos Sanitarios**

La instalación del lavamanos dependerá del tipo de lavamanos se tenga. Existen los lavamanos suspendidos a la pared, los lavamanos de pedestal y los lavamanos de óvalo,

Los primeros y los segundos van fijados a la pared, y por tal motivo el detalle de instalación es importante. Primero hay que definir en el plano arquitectónico el lugar de su instalación. En el espacio donde será fijado el lavamanos, se tendrá que extraer el poliestireno para que se pueda fundir con concreto ese espacio en la pared y la fijación podrá hacerse con tarugos de madera, metal o plástico, donde se colocarán los tornillos que fijarán el lavamanos.

En el caso de los ovalines, es posible hacer una mesa con el Electropanel para su fundición. Esta mesa se recubre de mortero, se corta el Electropanel donde el ovalín será colocado. La mesa puede ser luego revestida con azulejo, mosaico u otro material adecuado para muebles de baño.

El inodoro se colocará como en cualquier otro tipo de construcción. Siempre hay que dejar prevista la caja y los drenajes antes de la fundición del piso.

La colocación de la tina o bañera de acero esmaltado, se harán de igual forma que en las construcciones normales, ya que ésta no tiene fijación a las paredes.

### **C. Aparatos y muebles para cocina**

El fregadero puede ser fijado a la pared o colocado sobre una mesa fundida, o de melamina. Si el fregadero va colocado en la pared, hay que proceder como en el caso de los lavamanos de pared. Se extrae el poliestireno y ese espacio se rellenará con concreto liviano donde más adelante se colocarán los tarugos de fijación.

En el caso de que se quiera hacer una mesa de trabajo fundida en la cocina, el material es ideal para poder realizar esta mesa. Podemos hacer cualquier detalle y luego revestirlo con el mortero de recubrimiento. Allí se pueden fijar los fregaderos u otros aparatos como las estufas empotradas. Esta mesa de trabajo, puede ser revestida luego con azulejo, o madera, dependiendo de los detalles finales de la construcción.

Los muebles aéreos de cocina o lavandería, pueden ser fijados a las paredes, siempre que se deje antes del revestimiento del panel, el espacio para colocar el concreto liviano para que en ese lugar se coloquen los tarugos de fijación.

Para el extractor de olores o el calentador de agua de gas propano, debe extraerse el poliestireno del panel donde van a instalarse estos aparatos y luego ese espacio rellenarlo con concreto liviano para que podamos colocar allí los tarugos de fijación.

Este mismo detalle se tomará para cualquier mueble aéreo o repisas que se tengan que fijar a la pared.

## **X. CONCLUSIONES SOBRE LAS DIFERENCIAS CONSTRUCTIVAS DEL ELECTROPANEL Y LA MAMPOSTERÍA DE BLOQUES DE PÓMEZ**

El sistema de mampostería de bloques de pómez, es un sistema bastante utilizado en el área de la industria de la construcción, el cual tiene años de usarse para la construcción de viviendas populares . Este sistema se ha venido optimizando llegando a ser el más popular en la construcción de casas en serie.

La estructura de panel de malla con poliestireno, es un sistema innovador que ha venido a competir con los sistemas tradicionales de la construcción nacional . Se ha tomado como opción en los casos donde se tiene un tiempo de ejecución reducido, o en los casos donde el flete es muy costoso.

La primera diferencia que podemos ver entre el sistema de mampostería y el de bloque de pómez es la capacidad de resistencia a la compresión , optando por la utilización de un bloque tipo A. Su capacidad está alrededor de los 50 Kg. / cm <sup>2</sup> , aunque también existen bloques de piedra volcánica que pueden tener una capacidad de 85 Kg. / cm <sup>2</sup> . El mortero con que se reviste el panel, según la dosificación propuesta es de 110 Kg. / cm <sup>2</sup> a 125 Kg./ cm <sup>2</sup> . La relación es de un 23 % a un 32 % más de capacidad, con respecto a un bloque de piedra volcánica y un 55 % a un 60 % más de capacidad con respecto a un bloque de pómez.

El peso de un metro cuadrado de bloque con su repello y cernido, es aproximadamente de unos  $205 \text{ Kg} / \text{m}^2$ , y un metro cuadrado de panel con mortero a 2.50 cm de espesor en ambas caras  $110 \text{ Kg} / \text{m}^2$ . Esto nos beneficia para cualquier calculo estructural, ya que la estructura no será afectada tanto por el peso de los muros.

El panel es de fácil manejo en la obra, ya que si necesitamos trasladar con un operario tres metros cuadrados de bloques, representaría por lo menos unos 12 traslados asumiendo que en cada traslado cargará 3 unidades, mientras que con la transportación de un solo panel, estaría trasladando un equivalente de 37 unidades de bloques.

El sistema tipo Electropanel no necesita de armaduras como columnas, mochetas, soleras intermedias o solera de corona. Por eso el sistema es versátil, para su levantado. En los puntos necesarios, donde existirán esfuerzos, sera necesario reforzar con varillas que irán amarradas directamente al panel. En el espacio entre la malla y el poliestireno.

Los rubros de mano de obra como: centrado de columnas y mochetas, hechura de estribos o eslabones, levantado de bloque, hechura de soleras intermedias y solera de corona, no tendrán que tomarse en cuenta en el levantado de paneles. El rubro de hachada de mortero en el panel, será tomado como si fuera un repello y cernido con el levantado de bloque. Esto nos dará como resultado, un ahorro en la mano de obra y un tiempo de ejecución más corto.

Como el levantado de bloques se hace unidad por unidad, hay que verificar el plomo y nivel a cada cuatro unidades instaladas. En cambio con el panel, la verificación de plomo

y nivel será por panel o por un grupo de dos o tres paneles. Esto es un equivalente de 75 a 100 unidades de bloques. Esto nos da como resultado, que el rendimiento en la mano de obra se refleje en un tiempo de ejecución más corta.

Las instalaciones eléctricas y de aguas, son mucho más fáciles de instalar en el sistema de paneles que en el sistema bloques de pómez, ya que el poliestireno es más fácil de remover que hacer zanjas con cincel y martillo .

La losa prefabricada de viguetas con bovedillas llevará mayor tiempo de instalación que el de la losa con ELECTROPANEL, porque la losa de viguetas con bovedillas, se instala primero las viguetas, luego la bovedilla unidad por unidad y por último la malla elector soldada. En cambio en el ELECTROPANEL sólo se instala panel con panel y se coloca sobre el formateado.

La desventaja del ELECTROPANEL es que abarca hasta los 4.50 metros de luz, mientras la otra losa puede llegar a tener luces mayores y para cargas especiales arriba de 500 Kg/ m<sup>2</sup> no es recomendable.

Por último, la capacidad de aislamiento térmico y acuatizo del panel, es mucho mayor que la mampostería de bloques de pómez y que la losa de viguetas y bovedillas.

Es recomendable hacer análisis de tipo dinámico. Analizar el comportamiento de los anclajes cemento - muro, muro - losa y la unión entre panel y panel al ser sometidos a cargas de tipo sísmico y de viento.

## BIBLIOGRAFÍA

- American Society for Testing and Materials, Anual Book of ASTM Standards.  
1988 Concrete and Aggregates . Eston , MD. Volumen 4.01. 545 pp.
- American Society for Testing and Materials, Anual Book of ASTM Standards.  
1988 Cement; Lime;Gypsum. Eston, MD. . Volumen 4.02. 751 pp.
- F.H.A. , Normas de Planificación y Construcción para casos Proyectos .  
1982 Guatemala, División Técnica del F.H.A.. 229 pp.
- Gallegos H. Construcción de Viviendas Económicas en Zonas Sísmicas. Ambato  
1985 Ecuador, ESPOL. 50 pp.
- Instituto Mexicano del Cemento y Concreto. Estructuras de Bloques de Concreto  
1983 México, D.F. . 161 pp.
- Instituto Mexicano del Cemento y Concreto. Reglamento de las Construcciones  
de 1981 Concreto Reforzado ( ACI 318-77) y Comentarios. México, D.F. .  
5 a. Edición. 607 pp.
- Manual de Panel W. Paneles Constructivos , S.A. de C.V.. Guadalajara. 4 pp  
1994
- Manual Informativo Monolit. Monolit, S.A.. Guatemala. 14 pp.  
1995
- Manual Panel Covintec. Covintec de Centro América. San Salvador. 12 pp.  
1994
- Rubio J. Miguel. Estudio sobre el sistema Electropanel para uso como muros o  
1996 para viviendas o edificaciones. Guatemala , 35 pp.
- Rubio J. Miguel. Memoria de Cálculo Casa con Sistema Electropanel. Guatemala  
1996 28 pp.

## APENDICE A

### Diagrama de interacción Carga - Momento Transversal

Para elaborar un programa que calcule las coordenadas que generan la gráfica que sigue a continuación, se basa en la figura siguiente.

$$d = 8.50 \text{ cm}$$

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

$$F = 0.003$$

$$E = 2,000,000 \text{ Kg. / cm}^2$$

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

$$f'c = 100 \text{ Kg / cm}^2$$

$$E = (d-c) / c \times E$$

$$E = (c-d') / c \times E$$

$$f = E \times E \quad F_y$$

$$f = E \times E \quad F_y$$

$$C = A_s \times f / 1000$$

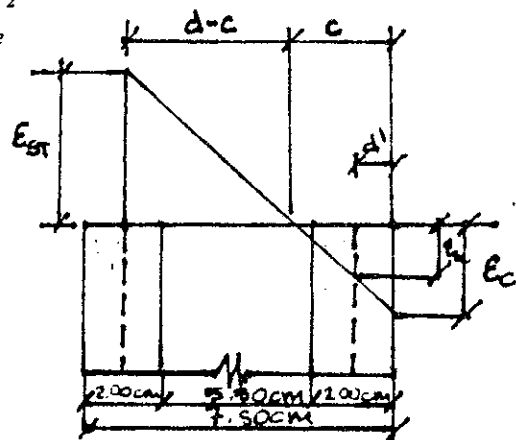
$$T = A_s \times f / 1000$$

$$a = 0.85 \times c \quad 2.00 \text{ cm}$$

$$P = 0.85 \times f'c \times ab / 1000$$

$$P = 0.70 (P + C - T)$$

$$M = 0.70 (P (4.75 - a/2) + (C + T) 3.75) \text{ ton-cm}$$

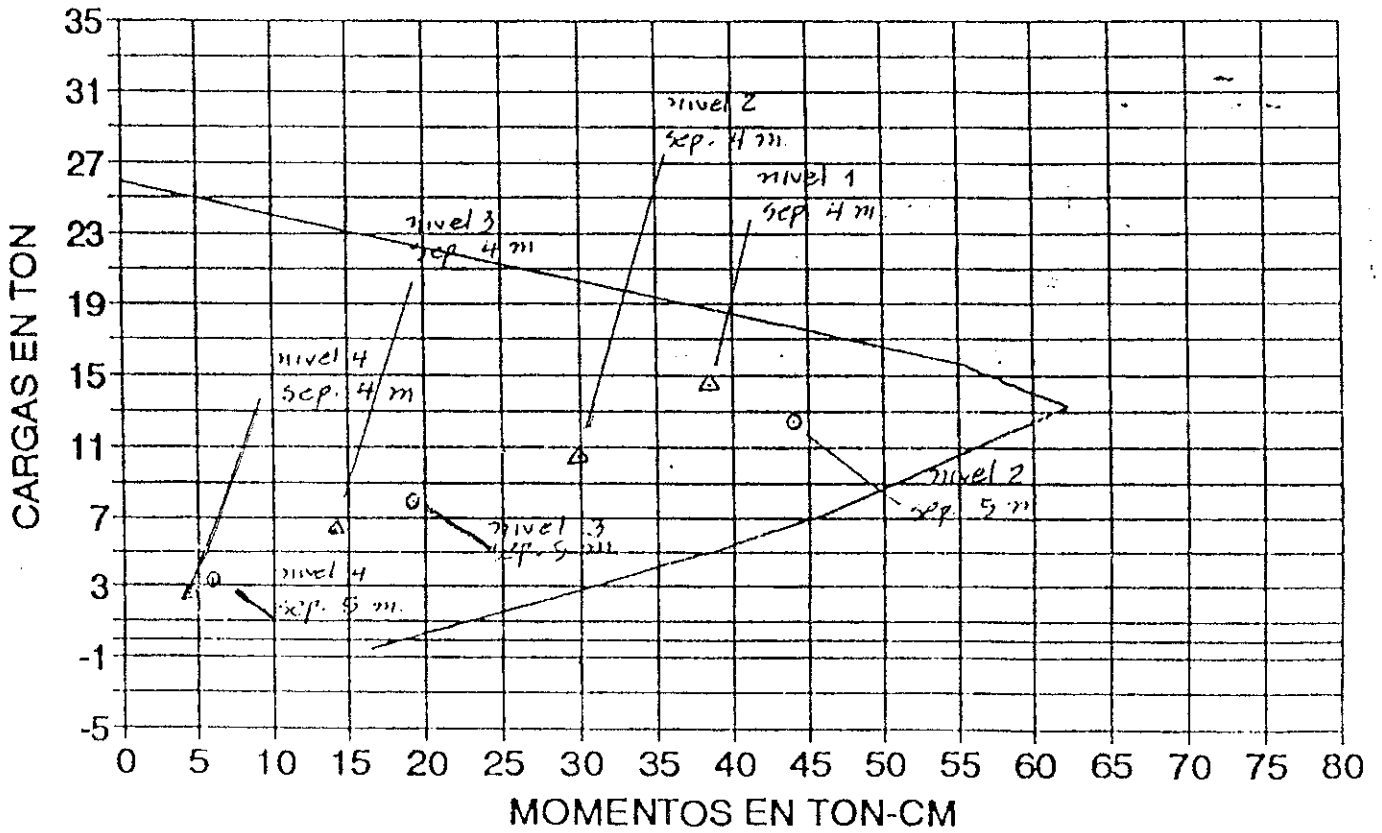


Con las expresiones anteriores, se generó una hoja electrónica variando  $c$  ( la profundidad del eje neutro ) y dió varios de  $P_u$  y  $M_u$  los cuales se grafican.

Se elaboraron dos diagramas, para ver el efecto de la resistencia del mortero estructural en el diagrama, o sea en la capacidad del panel de Electropanel.

# ELECTROPANEL

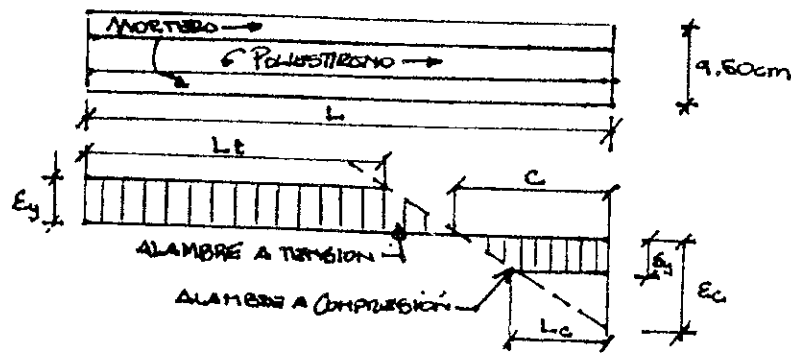
## DIAGRAMA P-M $f_c=100 \text{ kg/cm}^2$



## APENDICE B

### Diagrama de interacción Carga - Momento Paralelo al muro

Para elaborar un programa que calcule las coordenadas que generan la gráfica P - M , se usaron las siguientes suposiciones:



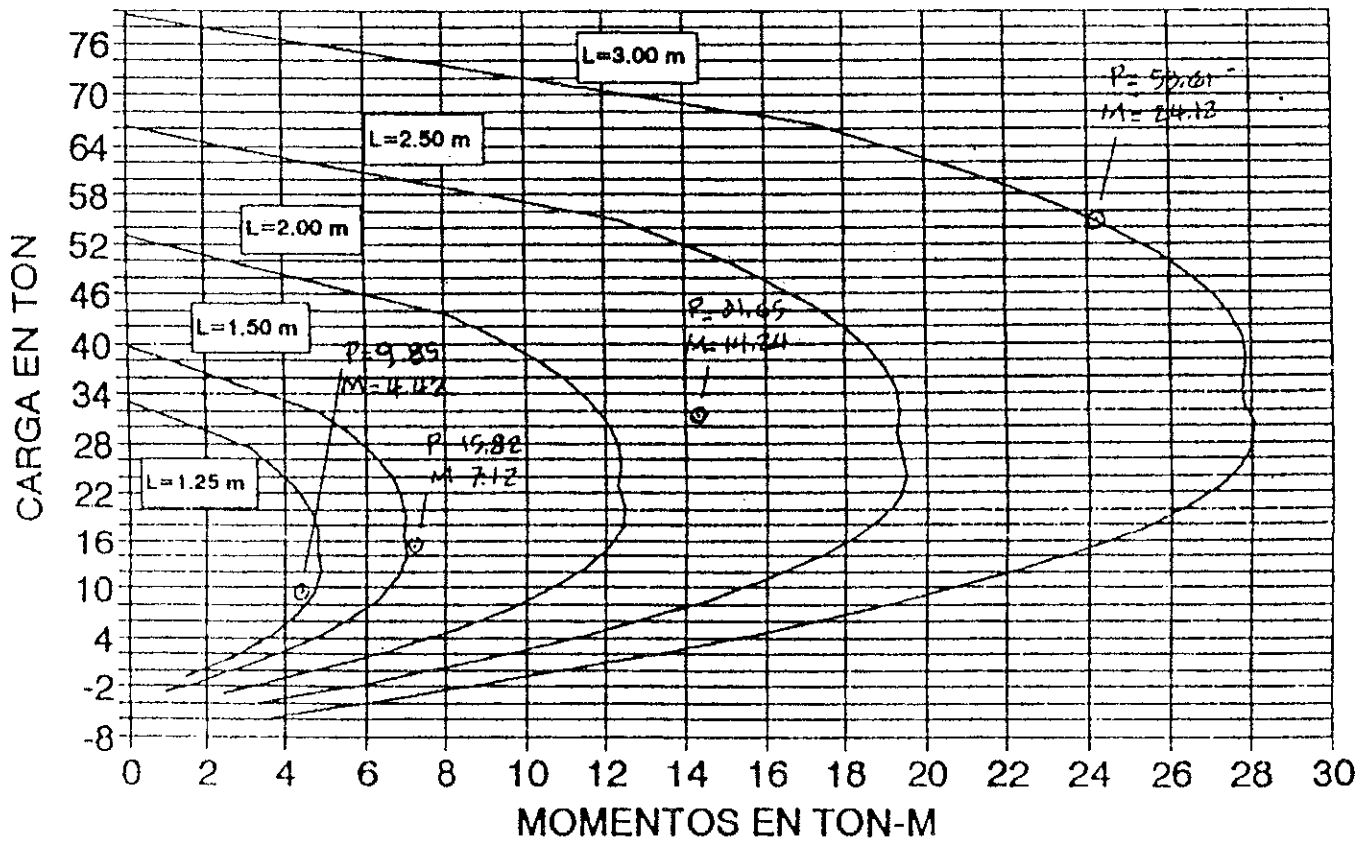
Solamente se tomaron en cuenta las barras que están a su esfuerzo máximo de tensión o compresión y para ello se determinaron los tramos en que esto ocurre.

En esos tramos, se calculó la fuerza de tensión y compresión en el refuerzo de acero que sumadas a la compresión en la esquina respectiva, reúnen las acciones para calcular la carga axial y el momento resistente, usando las mismas expresiones que en el apéndice A.

El programa calcula la distancia donde la deformación en el acero es menor  $E_y$ , delimita las zonas de acero a tensión y a compresión que estarán a  $F_y$  y calcula las fuerzas que actúan a tensión y compresión, para finalmente calcular la capacidad a compresión y el momento últimos resistentes , luego se procede a graficar los resultados.

# ELECTROPANEL

DIAGRAMA P-M  $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$

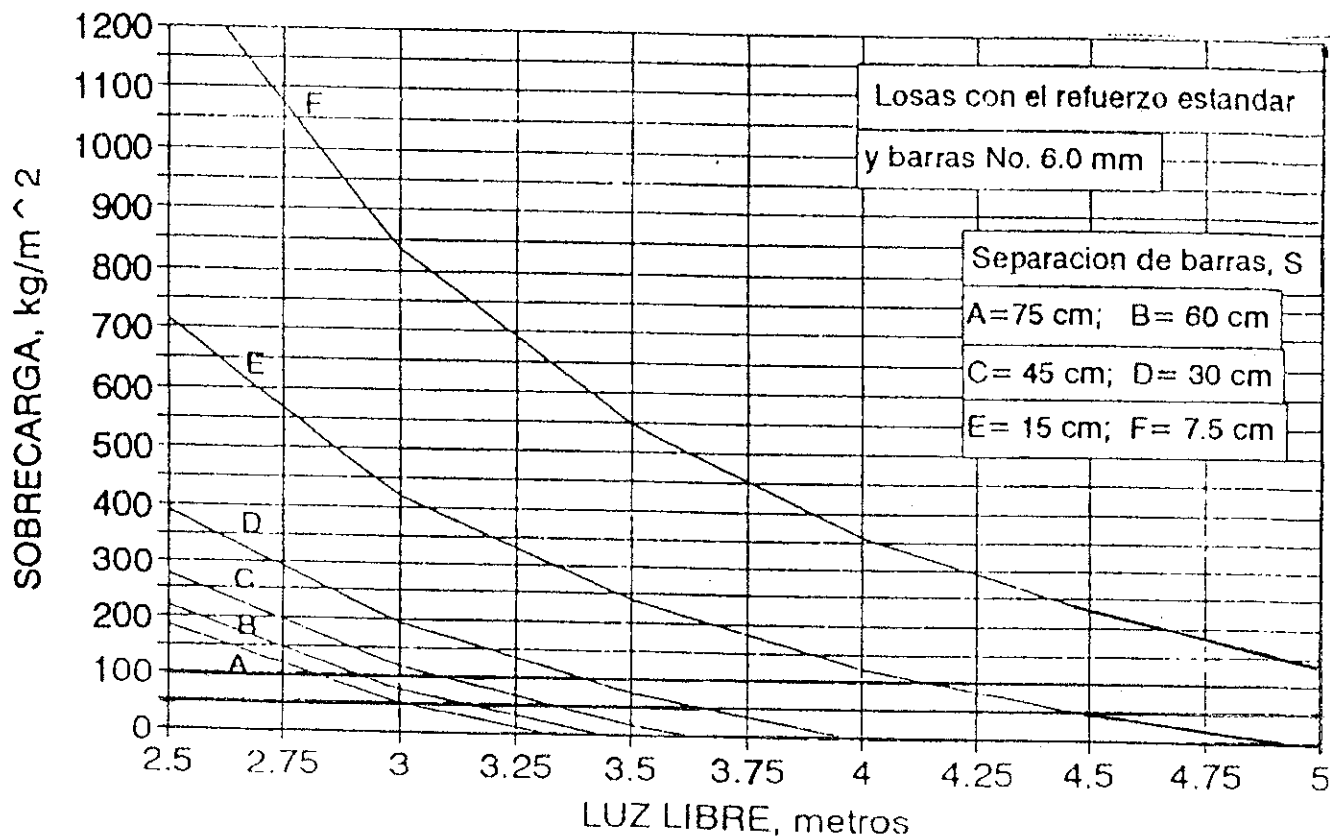


## APENDICE C

### Diagramas de interacción Sobrecarga - Luz Libre de la losa con Electropanel

Las siguientes tres gráficas se definieron basadas en el siguiente procedimiento.  
Proponiendo un refuerzo positivo, calcular el momento resistente, deducir la carga  
última que lo provocaría y despejar la carga de servicio o sobrecarga.

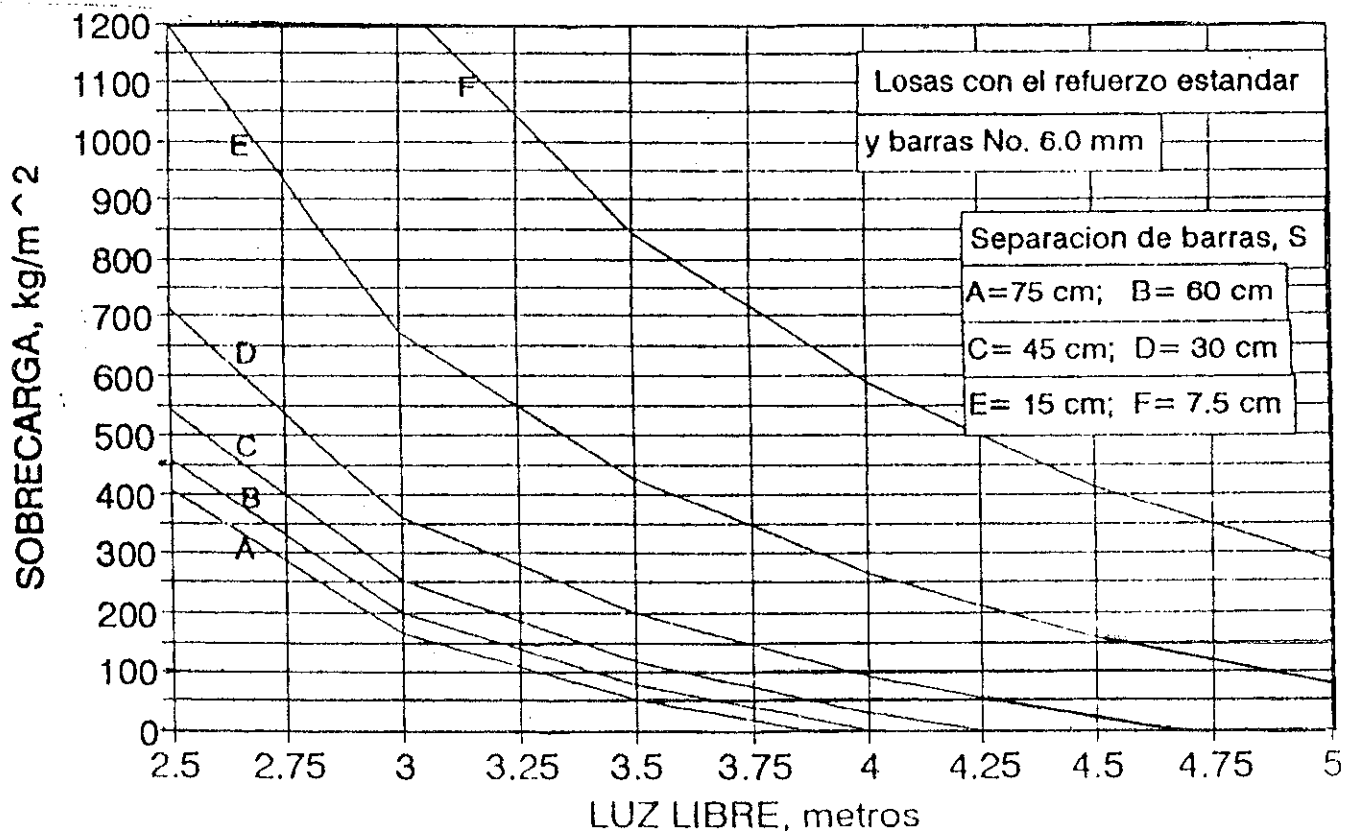
Gráfica No 1.  
Losa simplemente apoyada



Gráfica No. 2

Refuerzo inferior

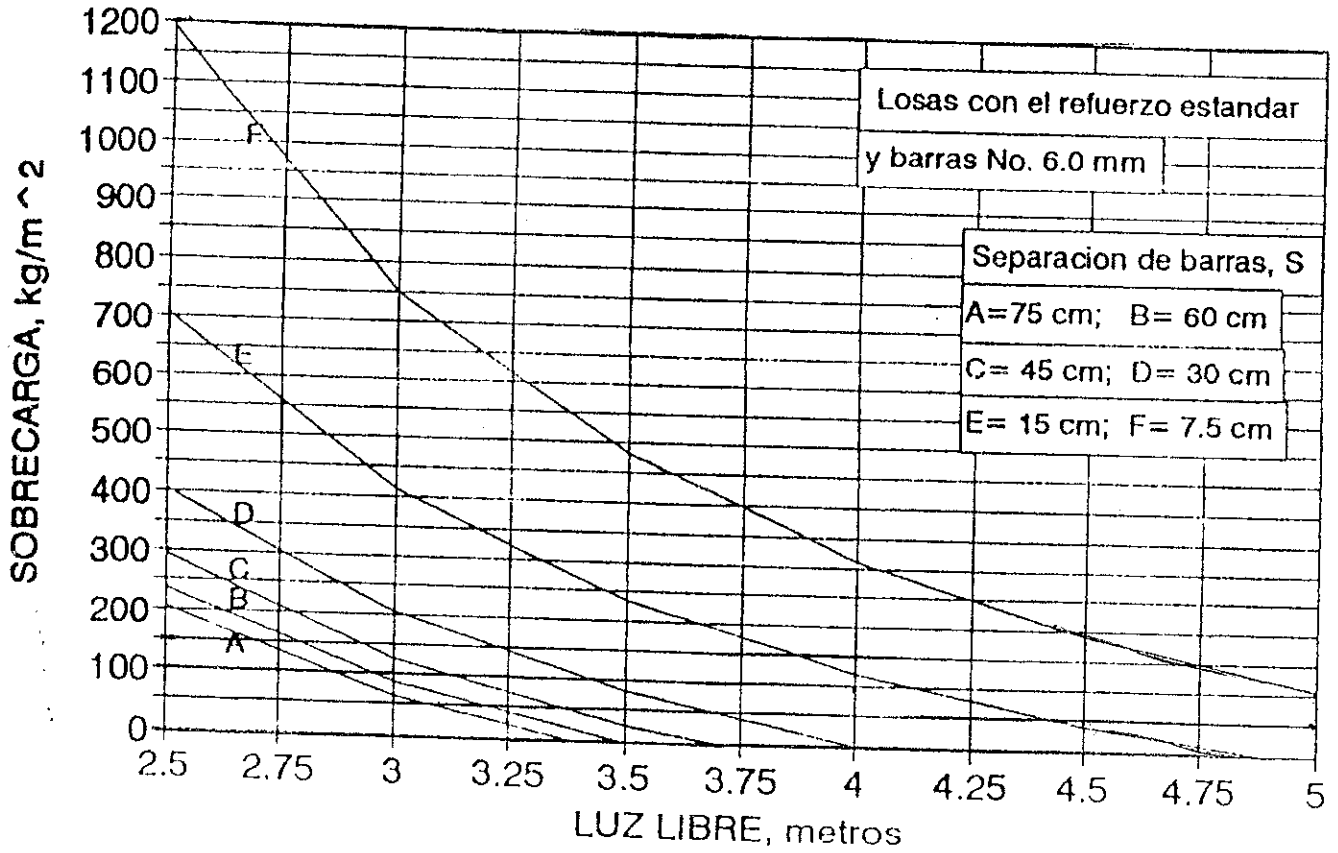
Losa continua



Gráfica No. 3

Refuerzo sobre apoyos

Losa continua



## APENDICE D

### Diagrama de interacción de Deflexión - Sobrecarga

Esta gráfica se obtuvo a través del cálculo de deflexión, para las condiciones de servicio con cargas no factorizadas.

El refuerzo de este resultado fue con varilla de 6.00 mm de alta resistencia grado 70.

