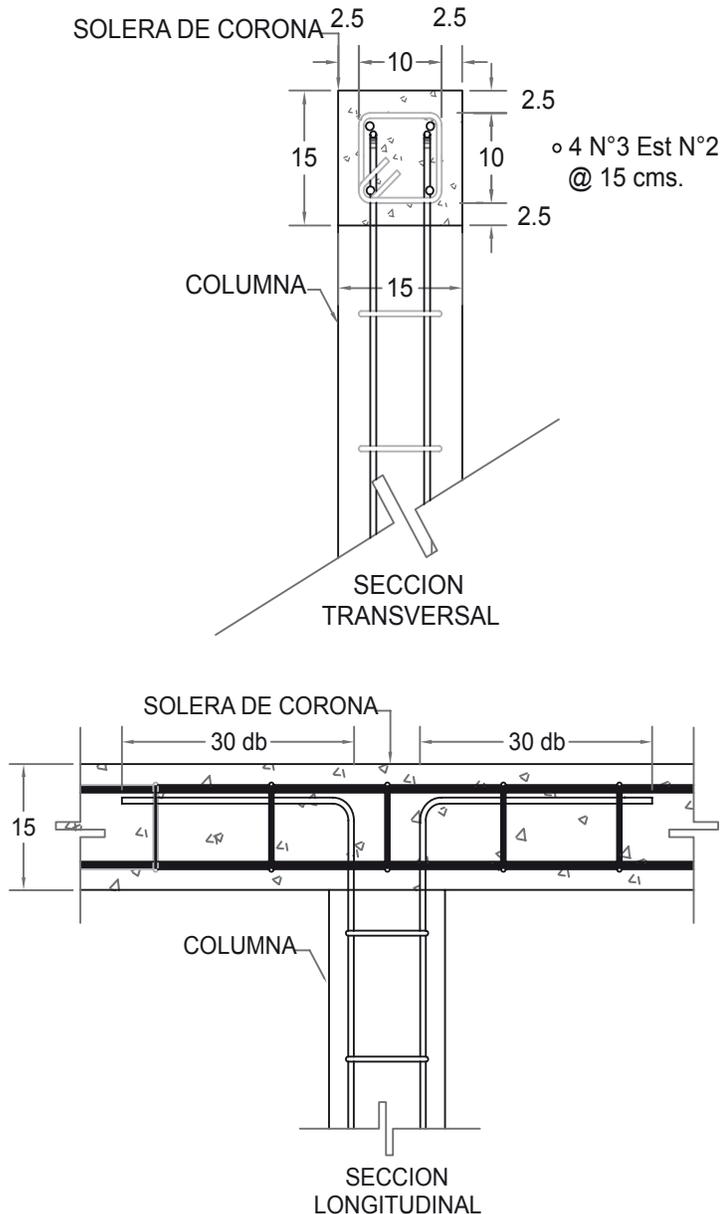


- c) **Columna – Solera de Coronamiento:**  
Es una conexión de tipo húmeda la cual se logra por medio del acero longitudinal de la columna prefabricada, que queda embebido en la solera de coronamiento de concreto colada en el sitio. La figura 3.18 muestra el detalle de conexión.



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Fig. 3.18: Detalle de anclaje de columna a solera de coronamiento.**

### 3.7 Contenido de planos estructurales.

En el Sistema Constructivo Bloque Panel, los planos estructurales deben considerar el siguiente contenido:

- Planta de fundaciones indicando sitio de colocación de columnas prefabricadas y unidades bloque panel.
- Sección transversal de solera de fundación con información correspondiente del concreto, recubrimientos, acero longitudinal y transversal, así como niveles de desplante y de piso terminado.
- Detalle de las diversas secciones de columnas prefabricadas, indicando dimensiones de machimbre, resistencia del concreto y características del acero de refuerzo.
- Detalles de unidad de bloque panel indicando dimensiones de machimbre, resistencia del concreto.
- Esquema de acoplamiento ó conexión de las unidades bloque panel con las columnas prefabricadas.
- Sección transversal con información completa de solera de coronamiento y cargaderos en puertas y ventanas.
- Conexión de solera de coronamiento y columnas prefabricadas.
- Cuadro informativo de especificaciones técnicas de materiales.

### 3.8 Criterios estructurales de aceptación del sistema bloque panel.

El propósito de esta sección es establecer algunos criterios generales obligatorios para el diseño y construcción de viviendas con el Sistema Constructivo Bloque Panel.

Requisitos mínimos para vivienda de un nivel:

- a) **Suelo de cimentación:** Deberá ser suelo firme que garantice la estabilidad de las viviendas.
- b) **Fundación:** Será formada por soleras corridas de concreto colado en el sitio, debiendo estar constituida por materiales y dimensiones según lo detallado en la sección 3.5 y 3.6. Se debe asegurar la debida conexión entre la solera de fundación y la columna, que corresponde a una profundidad mínima de empotramiento de 1.5 veces la dimensión mayor de columna, es decir, 22.5 cm de la columna deberá quedar embebida en la solera de fundación, como mínimo. El nivel de desplante mínimo de la columna será de 50 cm desde el nivel de terreno natural, (Ver Sección 3.6, figura 3.13).
- c) **Paredes:** Tomando como base los resultados analíticos y experimentales del sistema bloque panel, las paredes deben de cumplir los requerimientos explicados en la sección 3.4 del presente manual: PROCEDIMIENTO DE DISEÑO Y/O REVISIÓN ESTRUCTURAL, además de los siguientes criterios básicos:
  - 1) Las esquinas que conforman las paredes perimetrales deberán estar formadas por al menos un panel sin hueco en cada dirección, por lo que se deberá evitar la colocación de vanos en las esquinas.
  - 2) La altura máxima de paredes será 3.70 m medida desde el nivel superior de la solera de fundación hasta el nivel inferior de la solera de coronamiento.
  - 3) En la medida de lo posible, se debe buscar una distribución de huecos de manera que exista la mayor simetría de paredes paralelas, y de preferencia dos huecos deben ser separados por un panel lleno.
- 4) La mayor longitud de paredes sin arriostramiento transversal estará regido de acuerdo a la sección 3.4 del presente manual, sin embargo, tomando en cuenta el modelo analizado en la investigación experimental que sirve de base en el presente manual, se podrá considerar una longitud máxima de paredes sin arriostramiento de hasta 6 m, utilizando la sección de solera de coronamiento detallada en la sección 3.5, figura 3.14. Para longitudes de paredes sin arriostramiento mayores de 6 m y hasta 8 m, se deberá incrementar el refuerzo longitudinal de la solera de coronamiento a 4 varillas No.4 grado 40 y refuerzo transversal de varilla No.2 espaciada a cada 15 cm. Toda distribución diferente a lo antes expuesto deberá ser demostrado mediante un análisis estructural que lo soporte técnicamente.
- d) **Solera de coronamiento:** Para lograr un adecuado comportamiento estructural ante sismos, este tipo de sistemas prefabricados demanda de la colocación de una solera de coronamiento de concreto colada en el sitio, la cual realizará un trabajo de integrar estructuralmente el sistema prefabricado. Esta solera deberá cumplir con los requerimientos de la sección 3.5 y los mínimos contenidos en la sección 3.8.

## CAPÍTULO 4: PROCESO CONSTRUCTIVO

El presente capítulo tiene como finalidad definir una estrategia constructiva en los proyectos que consideran el uso del sistema bloque panel, presentándose en las siguientes secciones los pasos fundamentales que constituyen el proceso constructivo correspondiente.

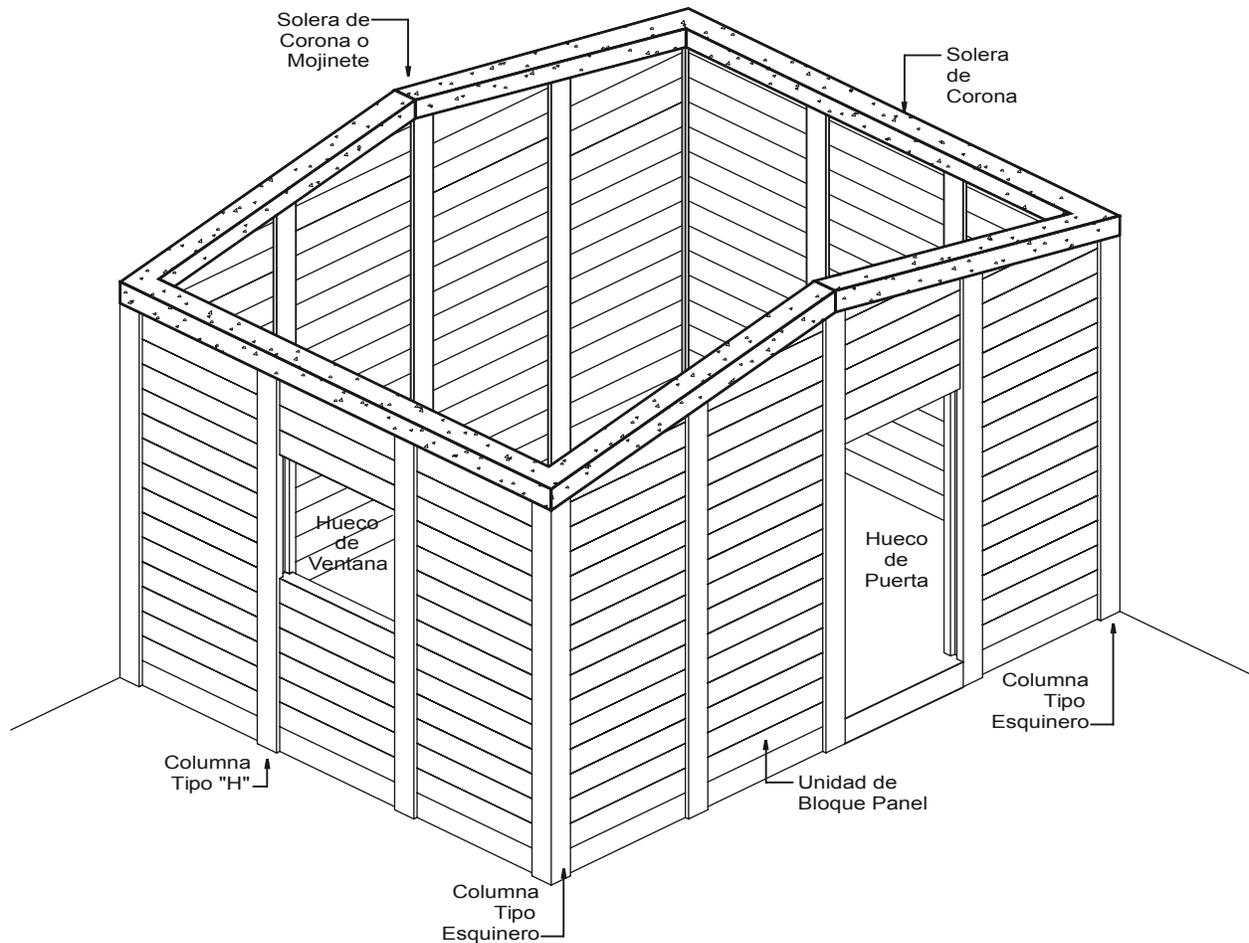


Figura 4.1: vivienda con sistema constructivo bloque panel

### 4.1 Actividades previas.

Con el objetivo de organizar adecuadamente el acopio de materiales y las actividades constructivas, se deberán tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

#### 4.1.1. Organización física de patios de recepción de materiales.

Debido al peso de los elementos componentes del sistema, principalmente columnas, es recomendable el acopio de materiales en el mismo terreno donde se realizará la construcción, garantizando la horizontalidad del sitio donde se ubicarán columnas y bloques, con la debida

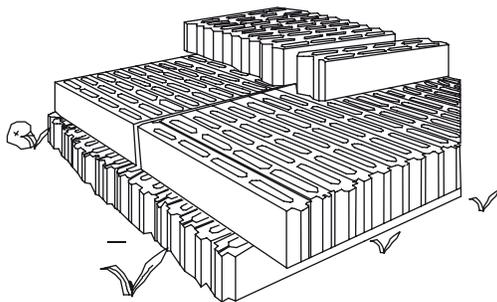
compactación para que no se den hundimientos por concentración de peso.

#### 4.1.2. Logística de transporte, recepción y almacenamiento de elementos prefabricados.

Para una mejor funcionalidad es recomendable organizar el transporte por paquetes de vivienda completos, considerando el peso máximo que se puede enviar según el transporte.

La recepción en obra debe tener el cuidado de la correcta manipulación y descarga de los materiales, para evitar daños en los elementos. Para el almacenamiento, será preferible dejar el acopio en el lugar de construcción, con los siguientes cuidados:

- Las columnas deben almacenarse horizontalmente y sobre una superficie firme, plana y continua.
- Los bloques deben almacenarse por medidas, en estibas no mayores de seis unidades, para facilitar su manejo, colocados en la misma posición que se colocan entre las columnas, lo cual facilita el transporte y manejo (Ver figura 4.2). Las unidades de bloque panel deberán protegerse de la lluvia para evitar contracciones posteriores por secado y para no incrementar su peso durante la manipulación para su colocación.



**4.2: colocación y estibado de bloque panel.**

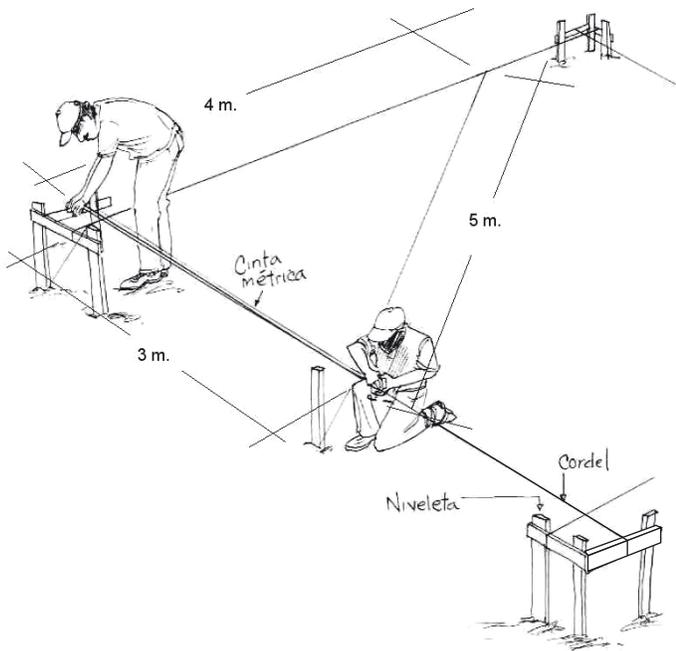
- Para todos los demás materiales a utilizar en la construcción, deberán seguirse las recomendaciones generales correspondientes, como el acero y el cemento, que deban aislarse al menos 20 cm del suelo protegidos de la humedad.

#### 4.1.3. Entendimiento-discusión de planos y planteamiento de estrategia constructiva.

Previo a toda logística de inicio de construcción, deberán analizarse los planos de la vivienda a construir, para distribuir correctamente los elementos prefabricados y definir los elementos estructurales complementarios a construir en el sitio, así como el número de unidades a ejecutar, con el objetivo de definir la estrategia constructiva para la óptima utilización de herramientas complementarias, como andamios, encofrados y castillos para montaje de columnas, etc.

### 4.2 Trazo y nivelación.

Se trazan los niveles y dimensiones de la construcción de acuerdo a lo expresado en los planos, siendo el Residente y Maestro de Obra los responsables de que el trabajo terminado quede conforme a las especificaciones de los planos, ya que por la particularidad del sistema es importante respetar la modulación entre columnas de acuerdo a la longitud de los bloques, realizando una revisión preliminar de distancias en función de las tolerancias permisibles de los mismos, de acuerdo al Capítulo 2 de este manual. Posterior a ello quedan definidas las distancias a ejes de columnas.



**Figura 4.3: Diagrama para el trazo y colocación de niveles.**

### 4.3 Excavación y verificación de la capacidad de soporte del suelo de fundación.

El nivel de excavación será el indicado en los planos, considerando el nivel de desplante de las columnas prefabricadas.

En los sitios donde la consistencia del terreno lo permita, las paredes de la excavación podrán utilizarse como formaletas para las fundaciones.

La capacidad de carga del suelo deberá cumplir con lo establecido en la Propuesta de Norma Especial para Diseño y Construcción de Vivienda de El Salvador, año 2004, del Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano MOPTVDU, en el Capítulo 7.

### 4.4 Armado de cimentaciones.

El tipo de cimentación a utilizar consiste en una solera corrida de sección transversal de 40 x 30 cm, con refuerzo longitudinal de 4 varillas No. 3

y estribos No.2 a cada 20 cm (Ver detalles en las secciones 3.5 y 3.8).

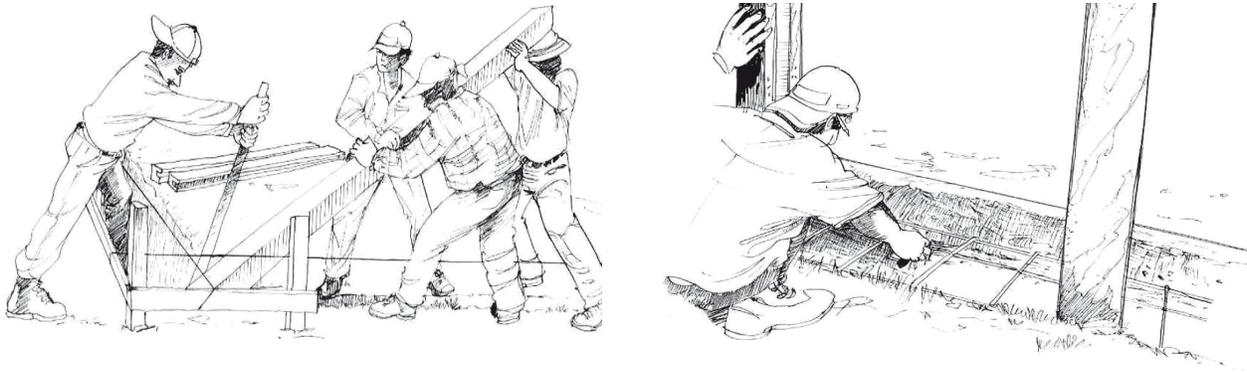
### 4.5 Colocación de columnas.

Una vez determinados los puntos de ubicación de columnas de acuerdo a la modulación, disponiendo también con el trazo definitivo y la armadura de solera de fundación ya instalada se procederá a la colocación de columnas en los puntos definidos.

Para el sistema bloque panel, la colocación de las columnas es uno de los procesos más importantes, ya que de la completa verticalidad de ellas depende el correcto ensamblaje de las unidades de bloque panel para la construcción de las paredes. Para este proceso de colocación de columnas se pueden aplicar los siguientes métodos de construcción:

1. *Método tradicional:* Consiste en colocar las columnas en la solera de fundación antes del colado, para lo cual será necesario disponer de un castillo de madera o metálico que sirva de apoyo para la sujeción de columnas, con el objetivo de mantener la verticalidad antes y durante el colado, además es conveniente colocar cada columna sobre una base de concreto que servirá de apoyo para fijación del elemento, la cual puede tener dimensiones variables siempre que quede bajo el nivel de desplante de la solera de fundación y que abarque la sección de la columna.

Una vez colocadas las columnas en los puntos específicos y sujetas al castillo para mantenerlas en su lugar, se realizará el colado monolítico de la solera de fundación, dejando las columnas embebidas en el concreto (Ver Figura 4.4).

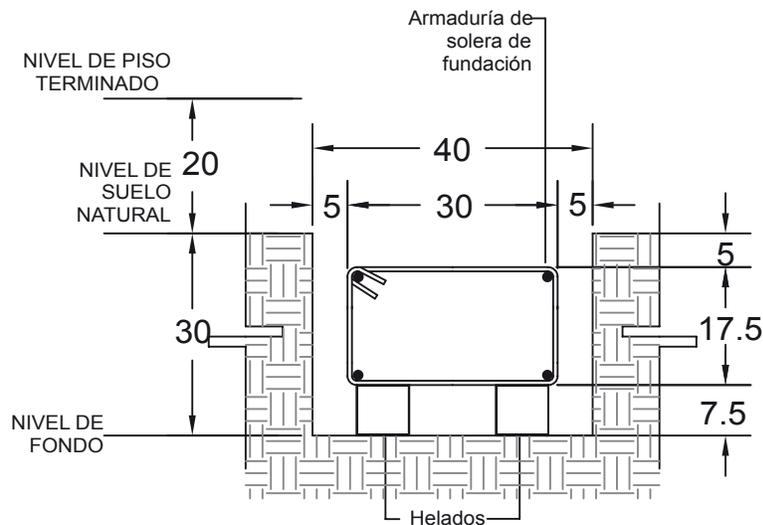


**Figura 4.4: colocación de columnas previo a colado de solera**

2. *Método de los vaciadores:* consiste en realizar primero el colado de la solera de fundación, dejando en ella huecos donde posteriormente se colocarán las columnas.

Para dejar forjados los huecos, se deberá utilizar moldes llamados vaciadores, que son piezas reutilizables de poliestireno expandido o de madera, las cuales se colocan dentro de la armadura de la solera de fundación previo al colado de la misma y se removerán después del fraguado.

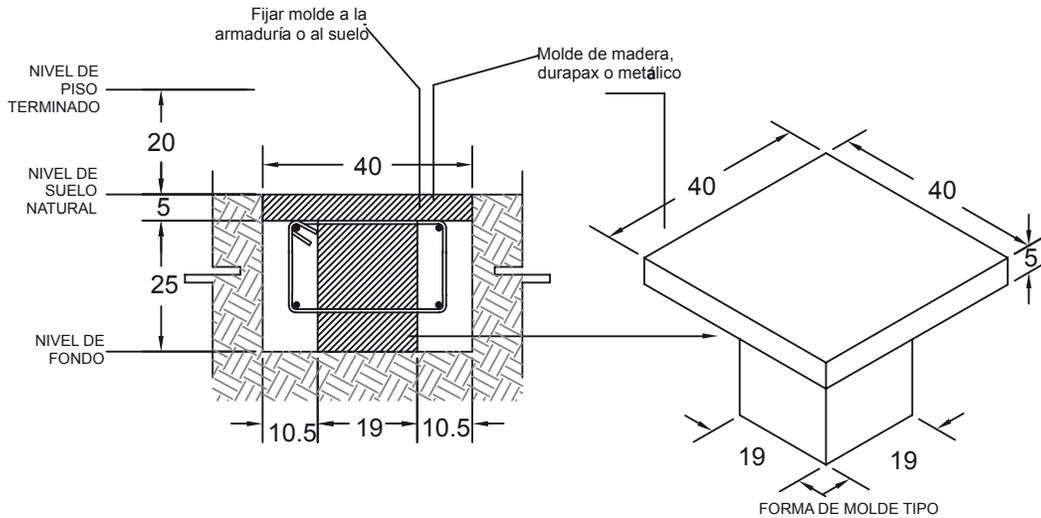
De esta manera quedan definidos los huecos forjados con los vaciadores, para la posterior colocación de columnas, para lo cual deberá garantizarse la verticalidad de las mismas y posteriormente colar el perímetro (Ver figura 4.5).



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

1 COLOCACION DE ARMADURÍA

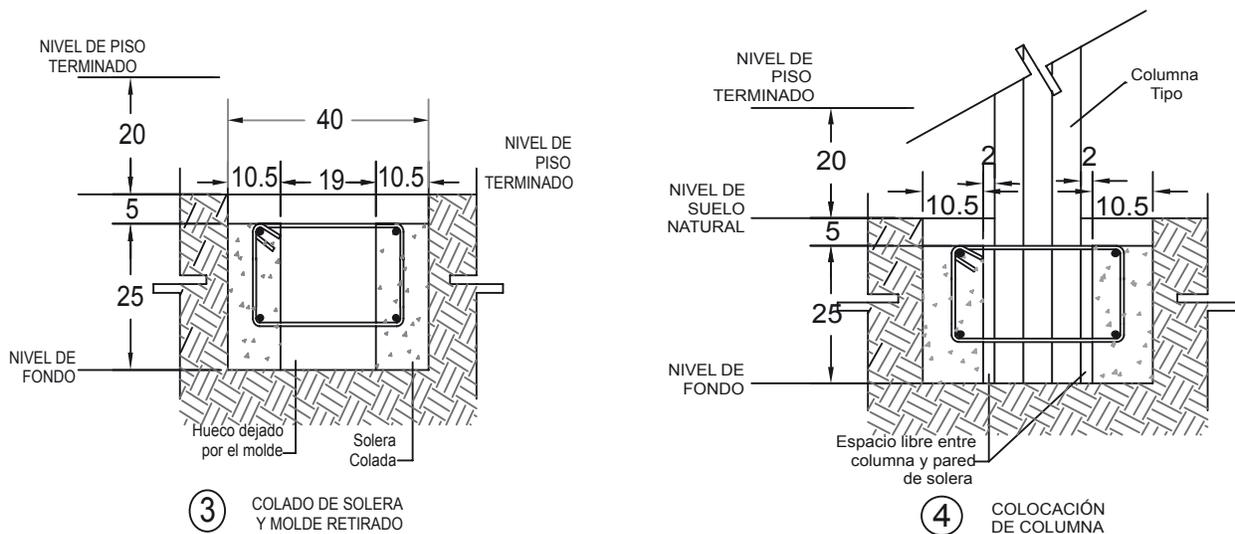
La armadura de la solera de fundación se debe colocar bajo el mismo procedimiento que el método tradicional.



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

② COLOCACION DE MOLDE

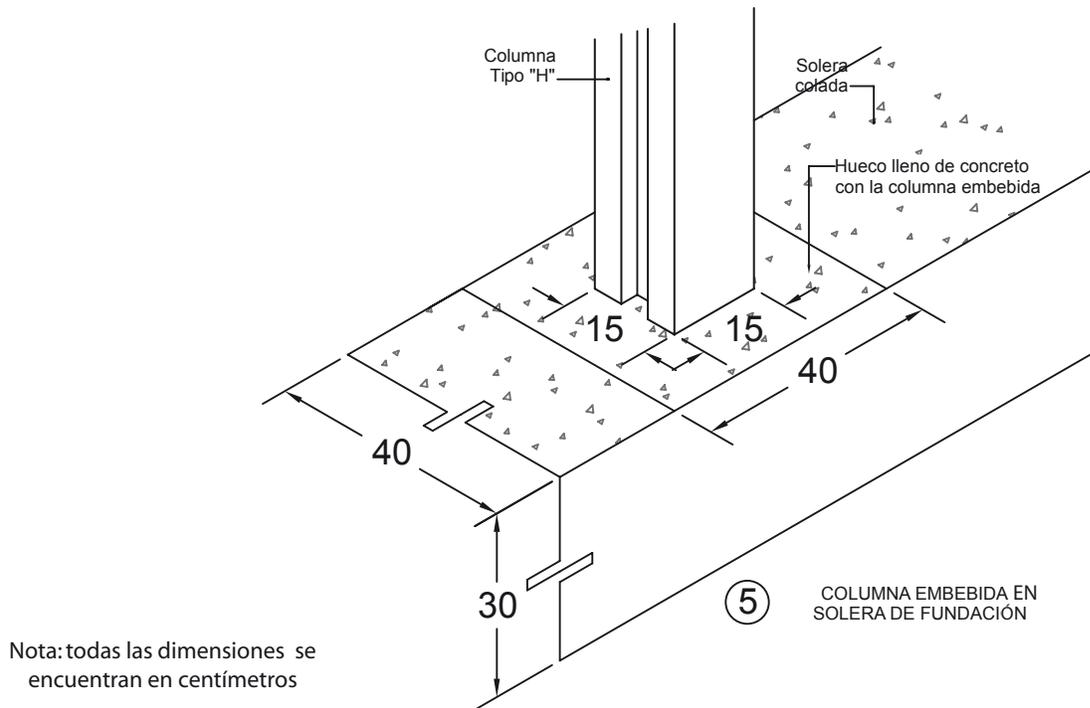
Se deben colocar los moldes que sirven para dejar el hueco de acuerdo a la modulación de columnas, fijándolos de tal manera que no se desplacen durante el colado.



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Posterior al colado, aproximadamente 24 horas después se podrán retirar los moldes, obteniendo la sección mostrada para luego colocar la columna.

Después del retiro del molde se procede a colocar las columnas con el cuidado que permanezcan verticales y centradas en el hueco, para el posterior colado.



Acabado de conexión solera-columna por el método de vaciadores.

**Figura 4.5: detalle de secciones, para la colocación de las columnas por el método de vaciadores.**

Las dimensiones de los vaciadores son de una sección de 20 x 20 cm con una profundidad que coincide con la altura de la solera de fundación, por lo que al colocar la columna dentro del hueco, quedará un espacio de 2.5 cm en todo el perímetro de la columna mas los canales de ensamble; estos espacios deberán llenarse con el mismo concreto de la solera de fundación, con una Resistencia a la compresión a los 28 días de 210 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Con el método de vaciadores se tiene la ventaja de la reducción del uso de madera para el castillo y se facilita el montaje y aplome de las columnas.

Independientemente del método a utilizar es importante respetar un empotramiento de columnas de 1.5 veces la dimensión máxima de la sección transversal de la misma, es decir 22.5 cm para una columna de sección de 15 x 15 cm.

Por medio de ensayos experimentales a escala real se estudió el comportamiento del método de vaciadores para la colocación de columnas,

el cual reflejó resultados similares al método convencional, por tanto el uso de uno u otro método queda a criterio del usuario de este manual. (Ver Informe II: Evaluación experimental del sistema constructivo Bloque Panel bajo carga lateral fuera del plano, Numeral 2.2, Pág.33).

#### 4.6 Propiedades del concreto y proceso de colocación.

El concreto a utilizar en la obra será de acuerdo a las especificaciones del proyecto considerando cumplir requisitos de resistencia especificada y requisitos en obra de consistencia y temperatura, determinado por procedimientos de normas ASTM ó similares. Para la investigación TAISHIN fase I, la resistencia especificada del concreto utilizado tanto para las soleras de fundación y coronamiento fue de 21 Mpa (210 Kgf/cm<sup>2</sup>) a 28 días, lo cual reflejó un comportamiento estructural adecuado.

La forma de colocación del concreto debe basarse en procedimientos del comité ACI 304 o similares que rigen el proceso de colocación del concreto fresco.

#### 4.7 Construcción de paredes.

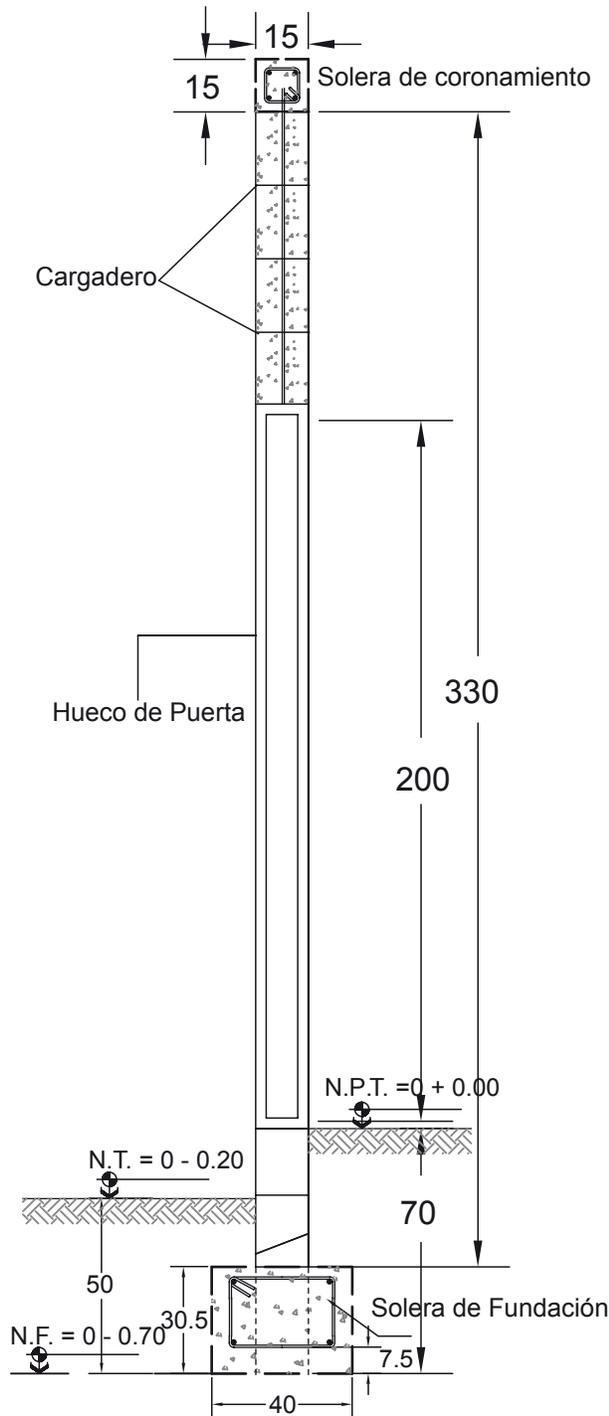
Posterior a la correcta colocación de las columnas, se procede a la colocación de las unidades de bloque panel, lo que constituye el levantamiento de paredes, por lo que se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) La superficie de la solera de fundación deberá estar bien nivelada, para garantizar que la pared sea levantada en un mismo plano, y que a la vez las hiladas en los diferentes paneles (tramos entre columnas) queden uniformemente alineadas.
- b) Las unidades de bloque panel se deberán deslizar sin inconveniente uno a uno entre las columnas, y se deberá completar la colocación de las unidades cada hilada, para garantizar la horizontalidad y uniformidad de modulación vertical en todas las hiladas.
- c) Limpiar la superficie de cada unidad de bloque panel colocado a fin de eliminar el material suelto que dificulte o contamine el mortero de pega de la siguiente hilada.
- d) Para el pegamento de las unidades de bloque panel es importante realizar un diseño de mortero que cumpla con una resistencia a la compresión de 125 Kg/cm<sup>2</sup>, descartando todas las partículas mayores a 4.75 mm (malla # 4), según lo establecido en la Propuesta de Norma Especial para Diseño y Construcción de Viviendas 2004, del MOPTVDU.
- e) Se debe iniciar la colocación de los bloques con una capa de mortero bajo las caras que estarán en contacto con la superficie de la solera de fundación.
- f) Las celdas de los bloques en hiladas que quedan bajo el nivel de terreno, deberán llenarse con concreto fluido, para evitar inconvenientes por exceso de humedad.
- g) Para garantizar la calidad y el buen manejo de las unidades de bloque panel en la obra se recomienda transportarlos de manera adecuada en una carretilla, para evitar la caída y daño a los elementos.
- h) Para el pegamento entre hiladas o unidades de bloque panel, se debe colocar la cantidad suficiente de mortero para cubrir toda la base de apoyo (espesor de paredes y membranas de las unidades), de manera que el sobrante salga a presión cuando el bloque sea colocado. Esto indicará que las juntas están adecuadamente llenas.
- i) El espesor de la sisa o junta de pega entre unidades deberá ser de 5 a 10 mm, dependiendo de la altura real del bloque, para una modulación vertical entre hiladas de 20.5 cm.
- j) Después de que la unidad de bloque panel ha sido colocada y nivelada, se debe retirar el exceso de mortero e inmediatamente se deberá sisar la junta, para asegurar el sellado y mejorar la estética de la pared.

Un detalle típico de la pared en elevación se muestra en la figura 4.6.

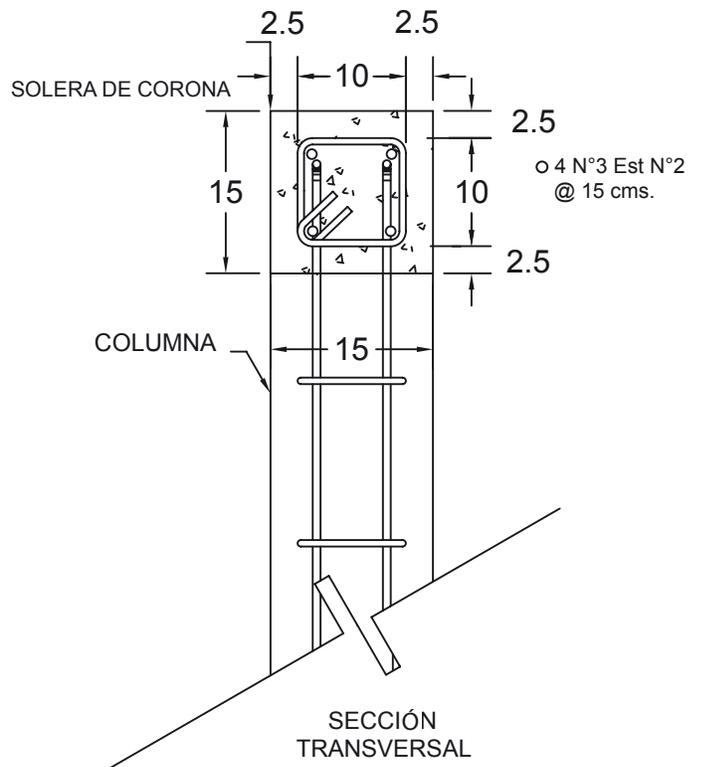
#### 4.8 Solera de coronamiento.

La solera de coronamiento deberá ser moldeada y colada en el sitio de la obra. El refuerzo longitudinal será según planos, no menor de 4 varillas No.3, para longitudes de paredes sin arriostre de 6 m como máximo (Ver figura 4.7).



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Figura 4.6 Elevación típica de pared.**



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Figura 4.7 Sección típica y distribución de refuerzo para solera de coronamiento.**

La unión de las columnas con la solera de coronamiento se debe realizar por medio del doblado de las varillas de la columna dentro de la solera de coronamiento, tal como se muestra en la figura 4.7.

#### 4.9 Cargadero de puertas y ventanas.

Preferiblemente, los cargaderos de puertas y ventanas deberán coincidir con la solera de coronamiento para un mejor confinamiento. Cuando sea necesaria la colocación de cargaderos en puertas y ventanas se deberán anclar a la solera de coronamiento por medio de varillas verticales (Ver sección 3.5), conectadas a una varilla horizontal que se coloca en la base inferior de la primera unidad (Ver Figura 4.8).

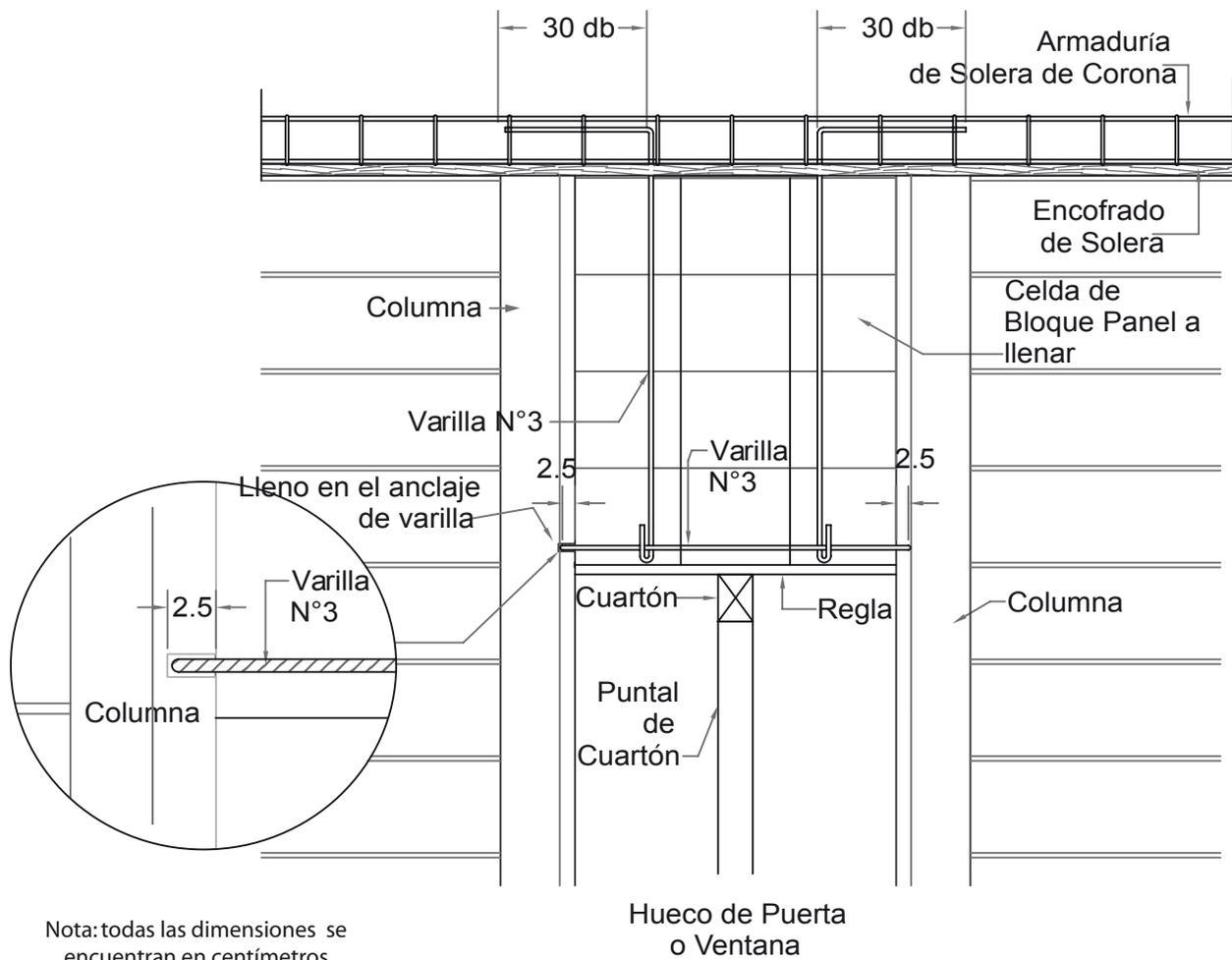


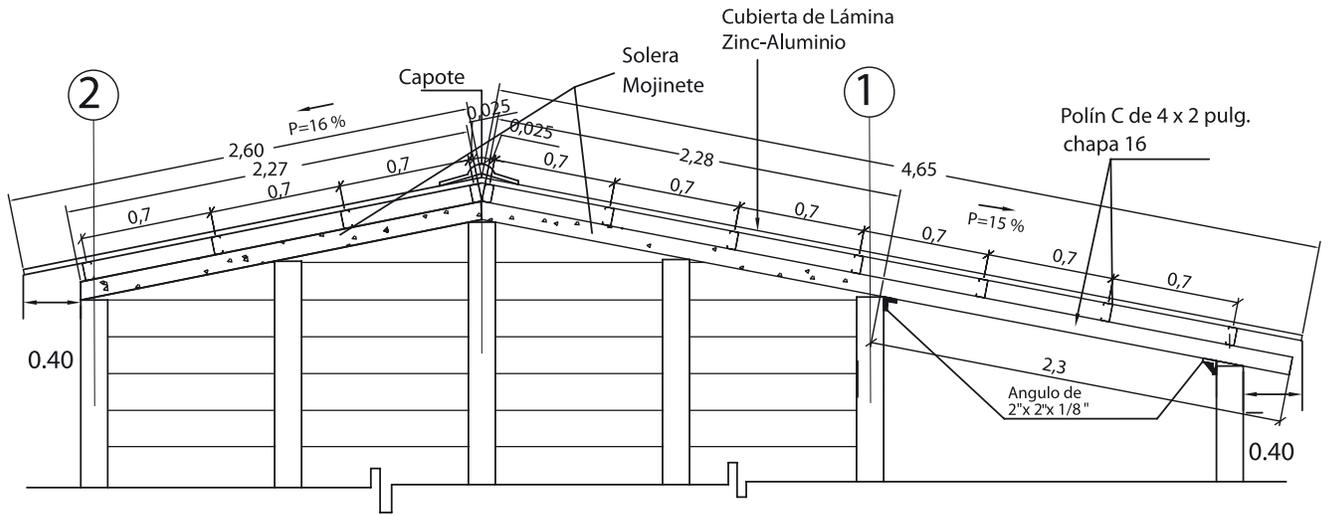
Figura 4.8 Detalle cargadero de puerta y/o ventana.

#### 4.10 Construcción de estructura de techo y cubierta.

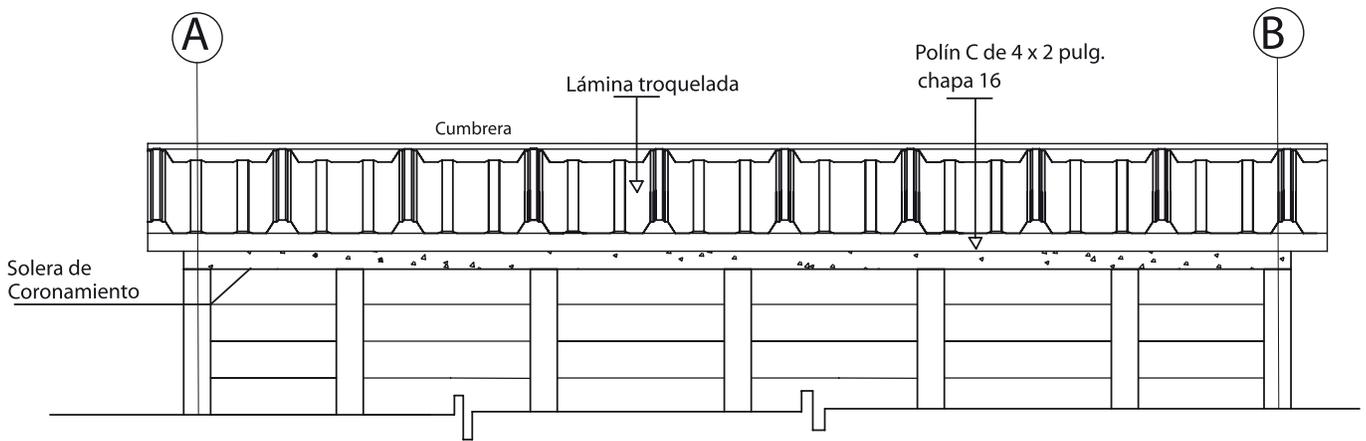
Independientemente del tipo de estructura que se utilice, esta se deberá anclar a la solera de coronamiento por medio de pines, ver figura 4.9, o placas previamente colocados, principalmente cuando la estructura es a base de polín C o perfiles similares.

Si la estructura la constituyen polines espaciales, la varilla inferior deberá quedar embebida en la solera de coronamiento y las dos varillas superiores serán apoyadas y fijadas en la parte superior de la solera.

Para la cubierta, se pueden utilizar las diferentes opciones disponibles en el mercado, entre ellas: Teja de Micro concreto, Lámina de Zinc y Aluminio y Lámina acanalada de fibrocemento. Es importante que el tipo de cubierta se defina desde el momento del diseño de la vivienda, ya que de sus características depende la pendiente del techo a utilizar, la cual es dada por el fabricante. Esta pendiente también define la altura de las columnas prefabricadas y paredes.



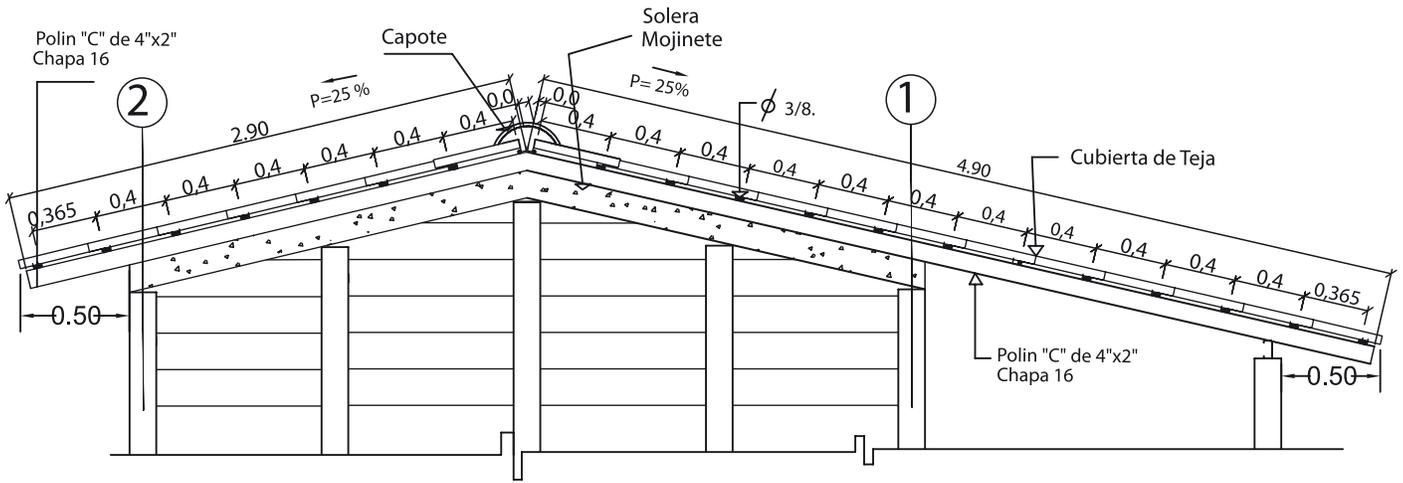
Vista lateral  
detalle de cubierta de lámina  
utilizando polín "C"



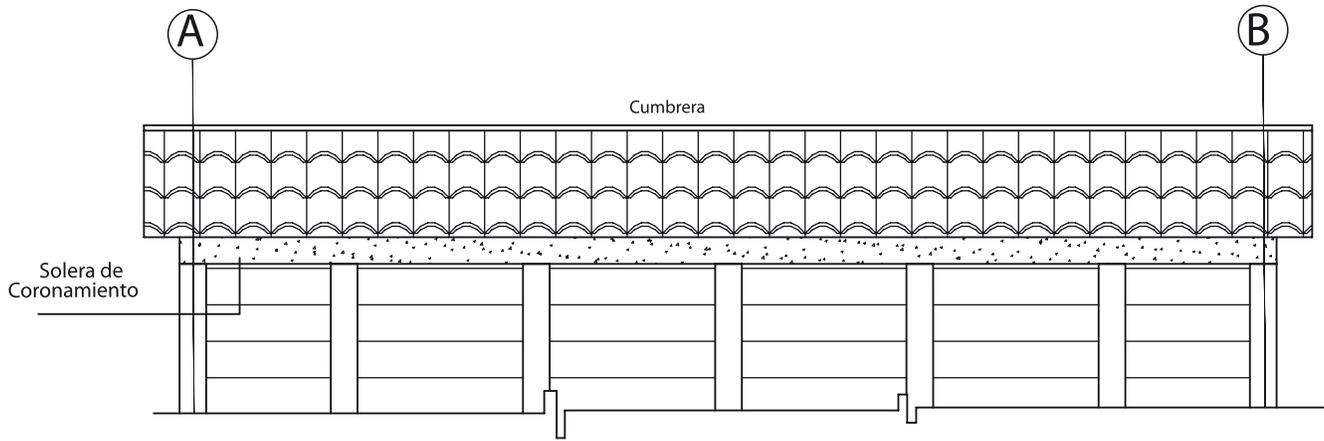
Vista frontal  
detalle de cubierta de lámina  
utilizando polín "C"

Nota: todas las dimensiones se encuentran en metros

**Figura 4.9a Anclaje de estructura a SC utilizando polín C para cubierta de Lámina.**



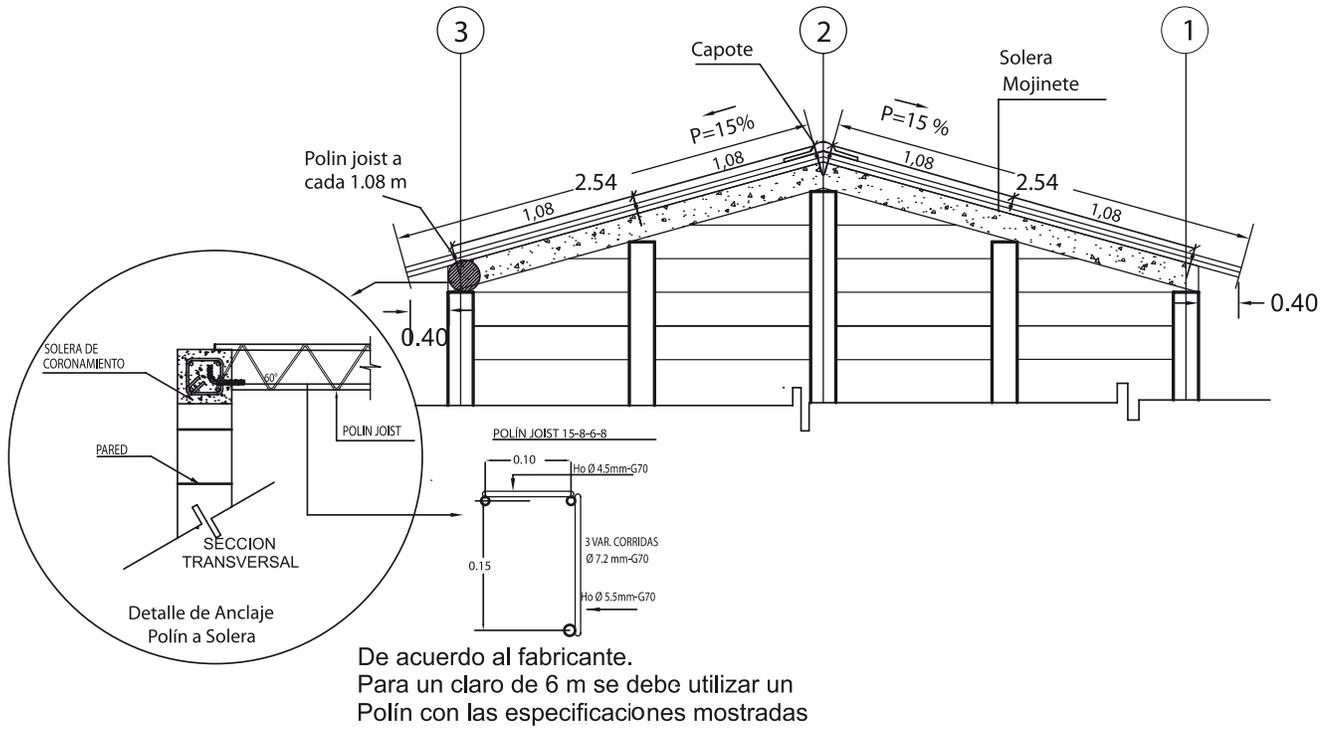
Vista lateral  
detalle de cubierta de teja  
utilizando polín "C"



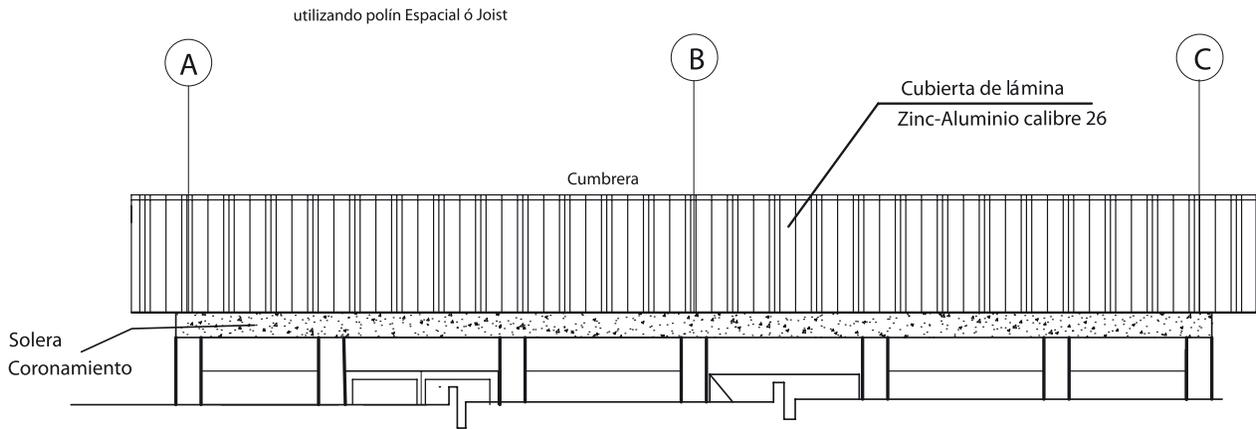
Vista frontal  
detalle de cubierta de teja  
utilizando polín "C"

Nota: todas las dimensiones se encuentran en metros

**Figura 4.9b Anclaje de estructura a SC utilizando polín C para cubierta de Teja.**



Vista lateral  
detalle de cubierta de lámina  
utilizando polin espacial ó polin joist



Vista frontal  
detalle de cubierta de lámina  
utilizando polin espacial ó polin joist

Nota: todas las dimensiones se encuentran en metros

**Figura 4.10 Anclaje de estructura a SC utilizando polin espacial o Joist para cubierta de Lámina.**

## 4.11 Colocación de puertas y ventanas.

### Colocación de puertas:

Dependiendo del giro y abertura de la puerta (al interior o exterior), el marco deberá anclarse en sus laterales a uno de los bordes de las columnas por medio de pines de varilla No. 2, que serán previamente empotrados en las mismas columnas por lo menos a una profundidad de 25 mm.

El marco superior deberá quedar anclado al

cargadero ó solera de coronamiento, perforando previamente con un taladro y fijándose por medio de tornillos.

En las figuras 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14 se ejemplifica la ubicación de lo recibidores utilizando puertas troqueladas o metálicas, cuando se tienen giros interiores o exteriores.

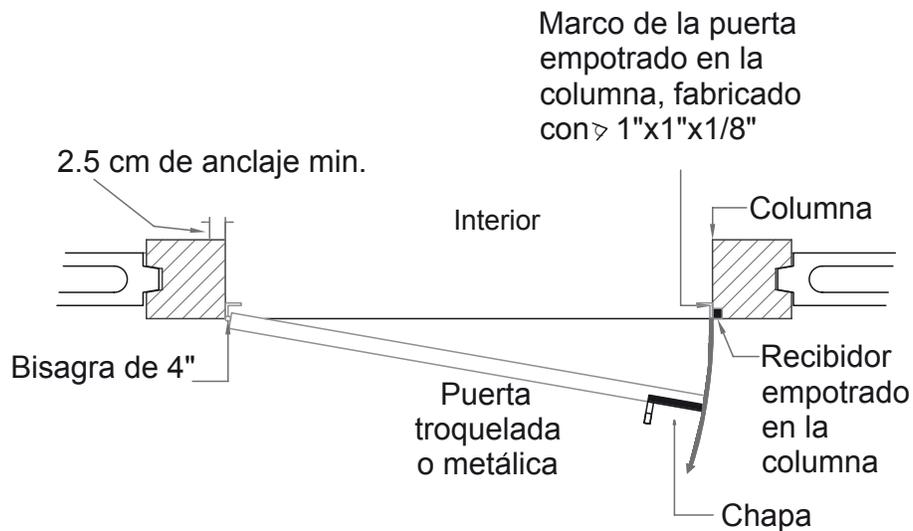


Figura 4.11 Puerta con giro hacia el exterior y recibidor en columna.

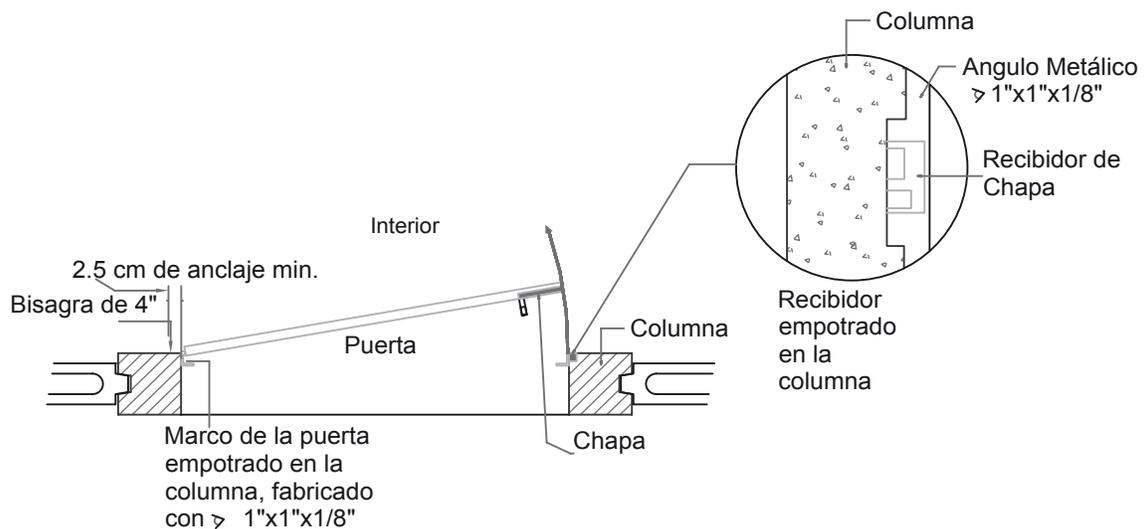
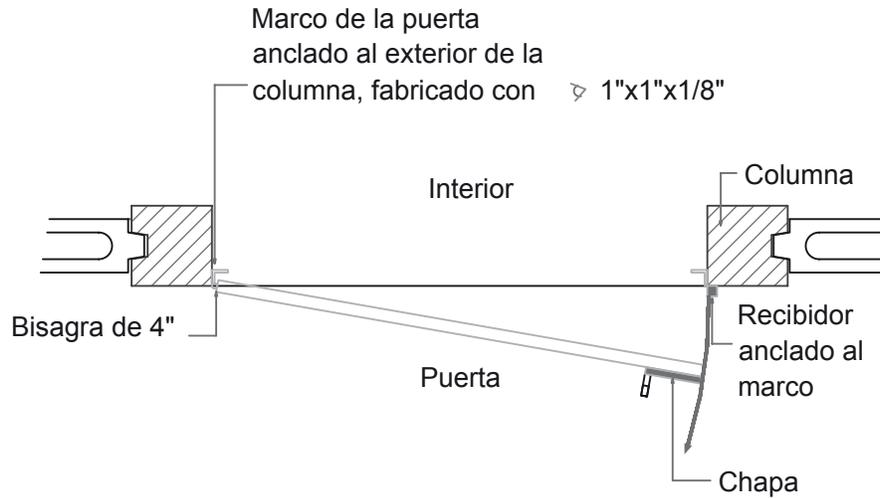
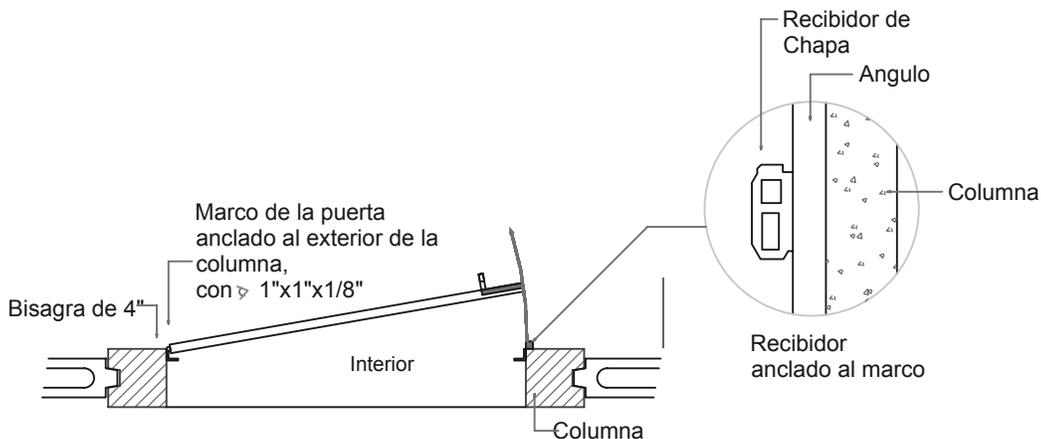


Figura 4.12 Puerta con giro hacia el interior y recibidor en columna.

Para no perforar en exceso o demoler los bordes de las columnas, preferiblemente el recibidor y la chapa deberán quedar externos, soldados al marco de la puerta. Si esto no es posible, se deberá picar el borde de la columna y conectar con soldadura para colocar la pieza del recibidor.



**Figura 4.13 Puerta con giro hacia el exterior y recibidor externo.**



**Figura 4.14 Puerta con giro hacia el interior y recibidor externo.**

### *Colocación de ventanas:*

Preferiblemente se debe colocar una pieza prefabricada de repisa para ventana. Si no se cuenta con esta pieza, se deberán llenar las celdas del bloque panel que sirve de base y dejar embebidos en ellas pines de varilla No.2 para la fijación en la base inferior de la ventana.

Para la fijación lateral, perforar con un taladro el borde de la columna, colocar pines y luego anclar el marco de la ventana, o dejar anclas plásticas en las perforaciones para después fijar con tornillos. El método a seleccionar dependerá del tipo de ventana.

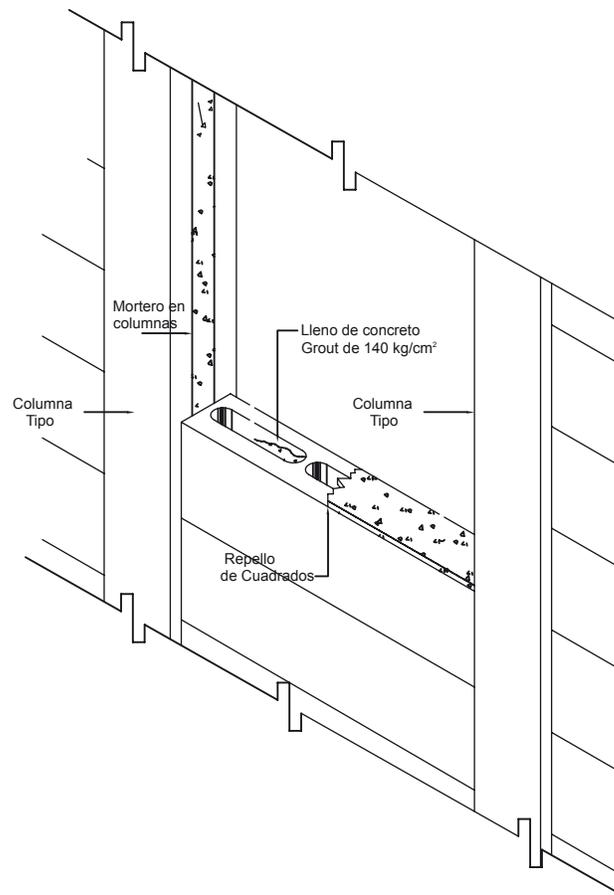


Figura 4.15 Detalle de repisa para hueco de ventana.

## 4.12 Colocación de ductos para electricidad y agua potable.

### DUCTOS PARA ELECTRICIDAD

La colocación de ductos, cajas para interruptores, tomacorrientes y demás accesorios a utilizar en las instalaciones eléctricas, deberán ser colocados siempre dentro de las celdas de las unidades de bloque panel, tal como se muestra en la figura 4.14 con los resanes posteriores. No es recomendable la colocación de ductos y cajas dentro de las columnas prefabricadas, aún cuando no estén ubicadas en puntos principales para la estructuración de la vivienda.

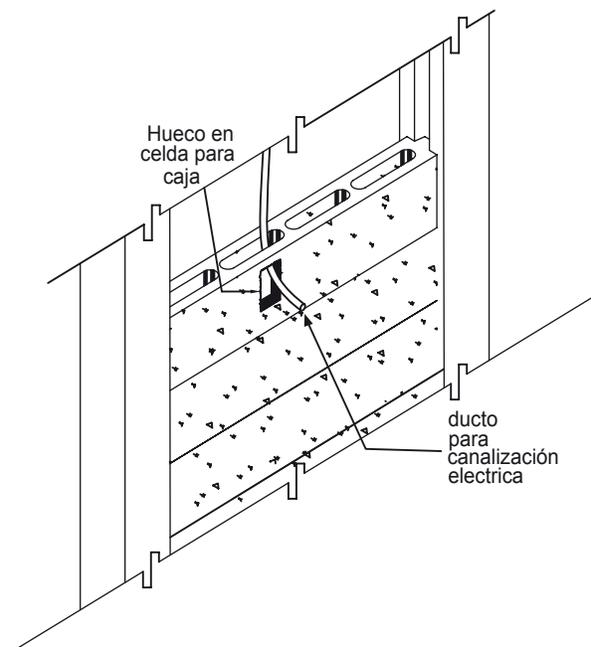


Figura 4.16 Ubicación de ductos y cajas eléctricas.

## TUBERÍA PARA AGUA POTABLE

Las tuberías para agua potable deberán quedar embebidas en las celdas de las unidades de bloque panel.

### 4.13 Acabados.

El sistema bloque panel no requiere de acabados especiales, sin embargo se debe tener el cuidado de realizar el sisado vertical de paredes en las uniones de bloque panel-columna, este proceso se recomienda realizarlo posterior al colado de la solera de coronamiento para evitar fisuras. Se debe procurar también la realización de cuadrados (repello y afinado) en la solera de coronamiento y marcos de puertas y ventanas, así como el perfilado de las aristas de columnas

para corregir cualquier desgaste causado por la manipulación.

Si se quiere mejorar la apariencia ó protección de las paredes por la intemperie, se puede aplicar un acabado final con lechada de cemento o repello de paredes con mortero.

### 4.14 Pisos.

El tipo de piso a utilizar queda a criterio del usuario, ya que no existe ninguna limitación para la aplicación de las diferentes alternativas existentes en el mercado convencional. Entre las alternativas de pisos económicos recomendados para la vivienda social se tienen: Piso de mortero con base de piedra cuarta (fraguado), piso de ladrillo de cemento y piso de mortero ó concreto, de acuerdo a las figuras 4.17, 4.18, 4.19 y 4.20.

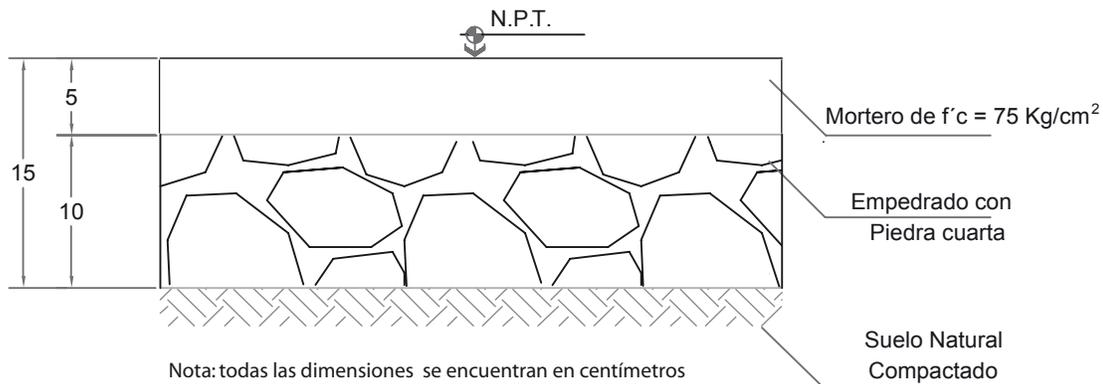


Figura 4.17 Empedrado fraguado con piso de mortero.

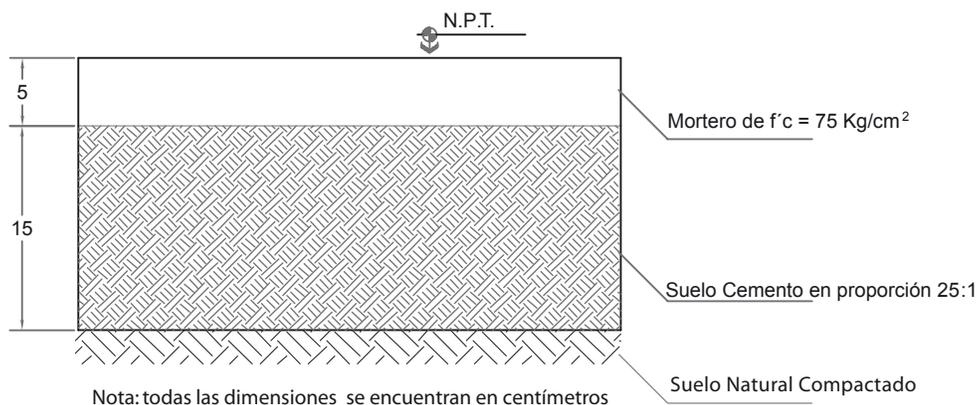
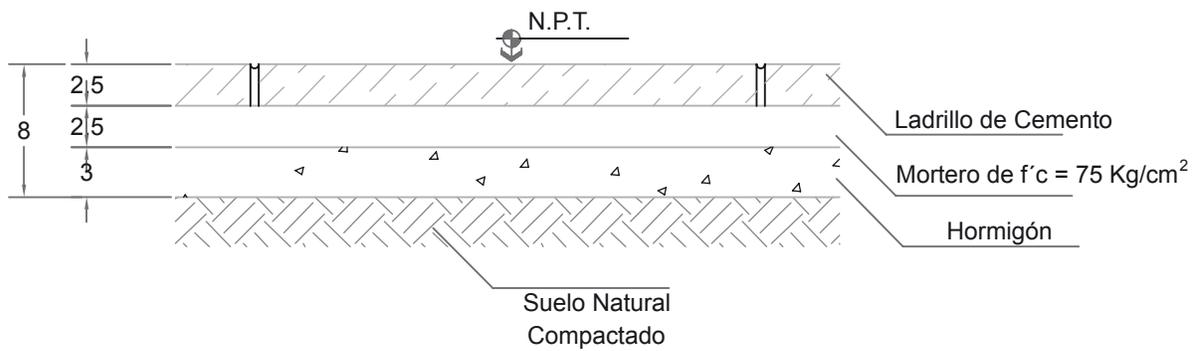
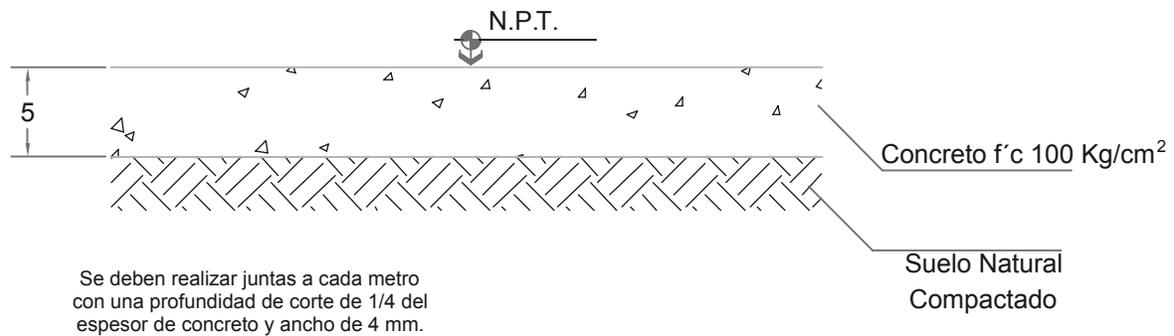


Figura 4.18 Piso de mortero con base de suelo cemento.



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Figura 4.19 Piso de ladrillo de cemento.**



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Figura 4.20 Piso de concreto.**

En general, según las condiciones de suelo para la construcción de los diferentes tipos de pisos se debe realizar una restitución de suelo o estabilización con cemento, de tal manera que se eviten los posibles asentamientos o deformaciones que puedan darse cuando existen suelos plásticos o contaminados.

**ANEXO A:**  
**FABRICACIÓN DE ELEMENTOS**  
**COMPONENTES**



## A.1 Fabricación de elementos componentes.

La fabricación de los componentes del sistema bloque panel juega un papel indispensable en el comportamiento de la vivienda, ya que al momento de su recepción, el constructor únicamente realizará algunos ensayos que le garanticen las propiedades mecánicas que el sistema demande, debido a que es el productor el responsable de que los componentes cumplan los requisitos mínimos para su utilización.

A continuación y de manera general, en este apartado se expondrán algunas consideraciones importantes de las instalaciones necesarias para la fabricación de los componentes del sistema, proceso de fabricación de los mismos y características de equipo.

## A.2 Características de las plantas de producción y secuencia productiva.

Los elementos componentes del sistema bloque panel se pueden elaborar de diferentes maneras, desde una fabricación manual hasta una totalmente automatizada, por lo tanto no es el fin de este manual limitar las condiciones de producción, sino más bien dar una guía para la distribución de zonas de una planta que cumpla las exigencias mínimas que requiere cada uno de los procesos.

### A.2.1 Infraestructura básica de las plantas de producción.

El espacio para la fabricación de los elementos debe brindar condiciones básicas que garanticen la obtención de productos con calidad, y su tamaño dependerá de la escala de producción,

tipo de maquinaria y curado, sin embargo, se debe disponer indispensablemente de instalaciones que protejan del sol, lluvia y viento en las áreas de elaboración del producto, curado e incluso una parte de almacenamiento.

Los pisos deben ser bien nivelados, tanto en el área de trabajo como de almacenamiento y aislados de la humedad.

Las zonas que se deben definir en una planta de producción básicamente son:

- Zona de materiales (recepción y almacenamiento).
- Zona de producción.
- Zona de almacenamiento.

### *Zona de recepción y almacenamiento de materiales:*

En este lugar principalmente se recibirá el cemento, los agregados y si fuera necesario aditivos y agua. El lugar debe ser amplio, para permitir que los vehículos que transportan el material puedan maniobrar fácilmente, además de la disposición de espacios para control de los diferentes tipos de materiales que se provea.

Es importante que el cemento se almacene en lugares protegidos de humedad, de tal manera que se pueda utilizar el cemento de mayor edad o antigüedad. En cuanto a los agregados, estos deben almacenarse separados según su tamaño, con el objetivo de que no se mezclen entre sí o se contaminen con otro tipo de material (aceite, desperdicios, combustible, polvo, etc.).

### *Zona de producción:*

Comprende las áreas de dosificación, elaboración y curado. Además es necesario considerar las áreas destinadas a la circulación de equipos encargados

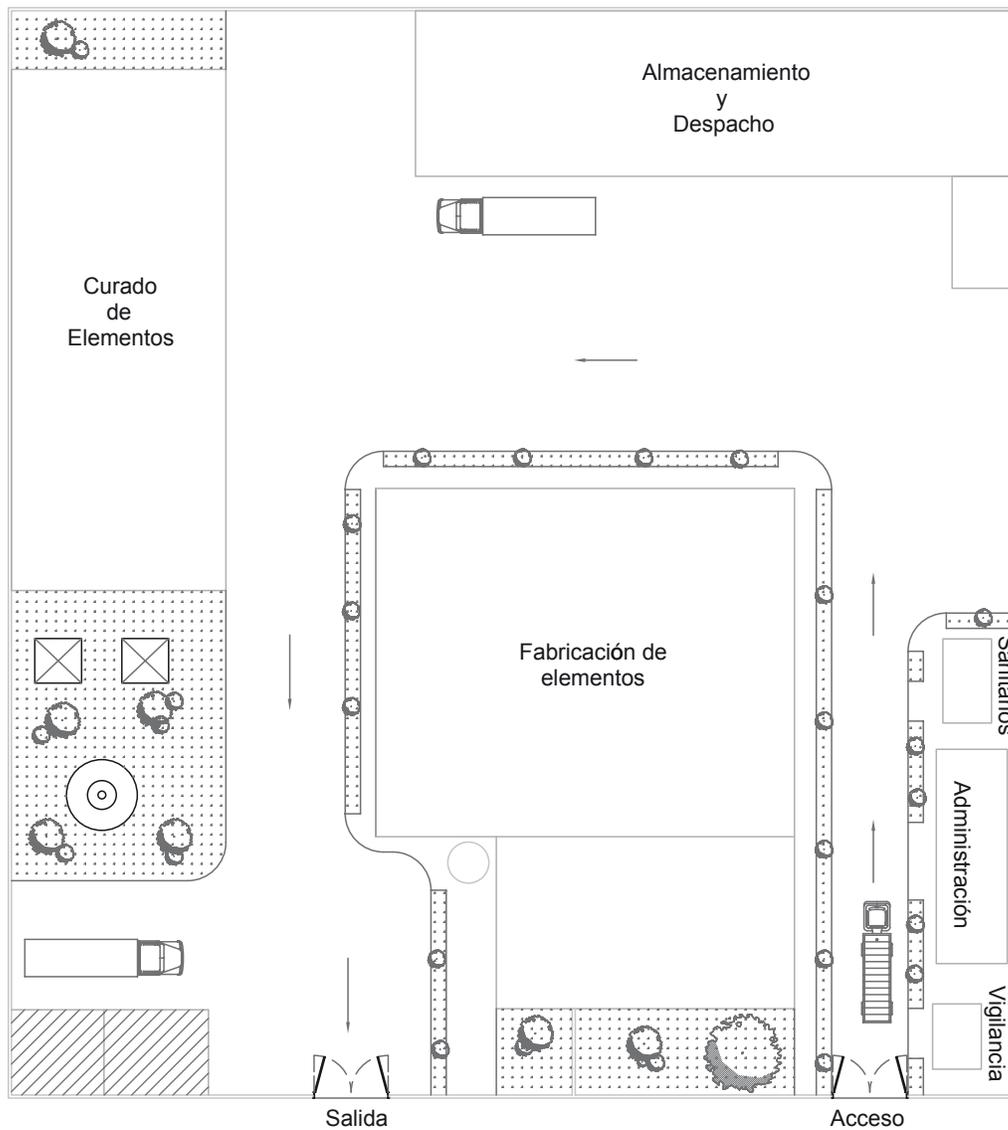
del transporte de materiales y productos. Si existiere, el área de esta zona dependerá del tipo y cantidad de equipos disponibles.

**Zona de almacenamiento y despacho de productos:**

Es la zona destinada al almacenamiento y despacho de productos terminados. Estas zonas serán establecidas de manera paralela al proceso

de fabricación de los paneles, ya que según las cantidades diarias de producción así será la demanda de espacios. De igual manera para las columnas.

En la figura A.1 se muestra la distribución de las diferentes zonas para una planta típica de producción de elementos del sistema bloque panel.



**Figura A.1: Distribución típica para una planta de producción**

### A.2.2. Recurso humano.

Con la aplicación de este manual no se pretende limitar o sobredimensionar las características de producción de los componentes del sistema, sino más bien ser guía de aplicación de acuerdo a las condiciones que el usuario pueda tener, por lo tanto el recurso humano puede variar según el caso, por ejemplo si se posee una maquina semi-manual para la elaboración de paneles, basta con un operador de la misma, que también sería el encargado de depositar la mezcla en ella, y otras dos personas adicionales encargadas de la colocación de materiales, mezclado y vaciado del concreto, según el tipo de mezclador con que se

cuenta, pero si se tiene un mezclador automático, éste dosificará los materiales y basta con el operador de la misma para realizar el proceso. Si se cuenta con una máquina de mezclado con dosificación externa, es necesario contar con dos personas como mínimo.

De acuerdo a lo anterior, el usuario definirá cual sería la competencia técnica que le demande su proceso.

En la figura A.2 se esquematiza lo que podría ser un proceso manual e industrial, en la cual se denota la capacidad requerida del personal según el tipo de proceso.

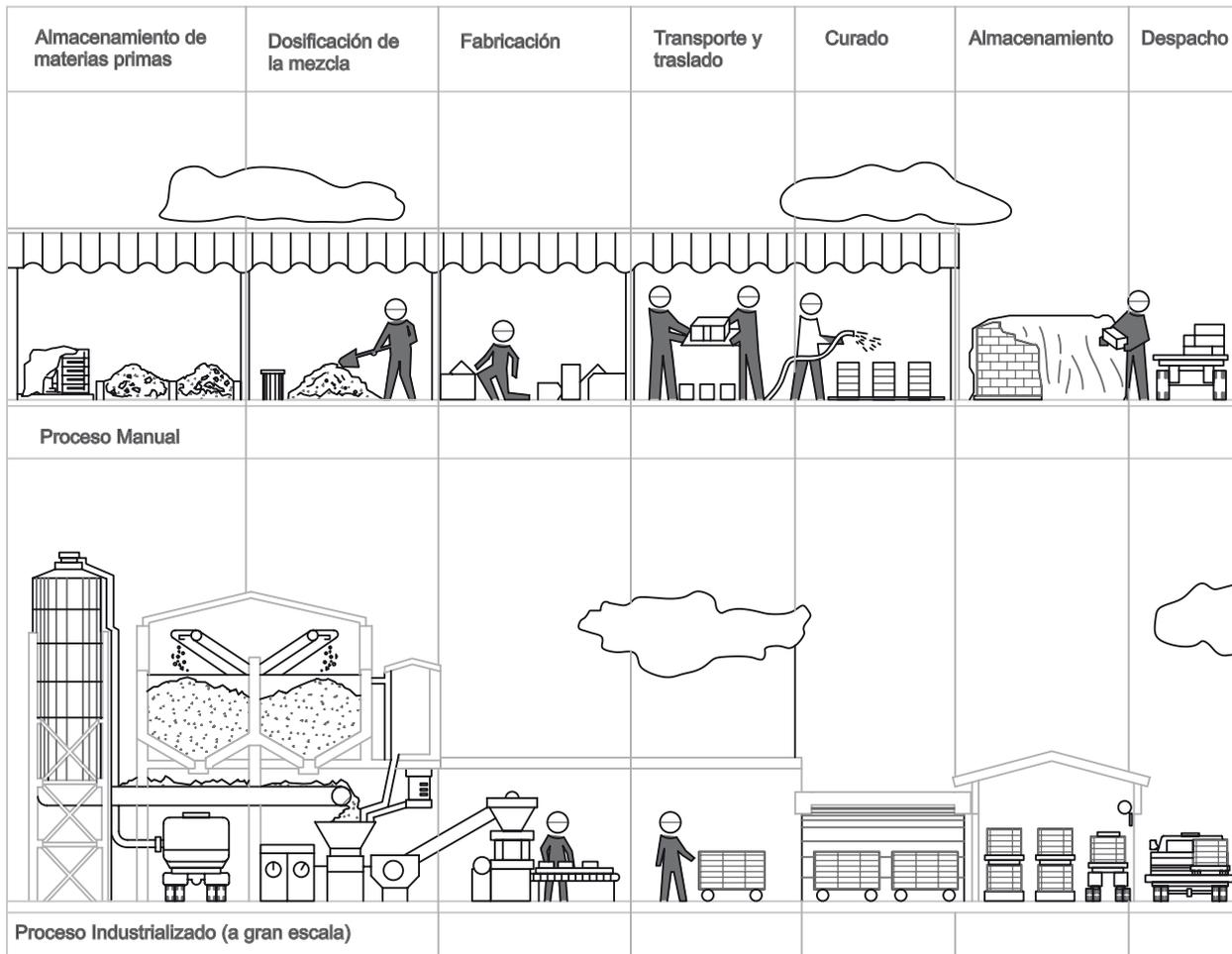


Figura A.2: Esquemización de procesos de producción manual e industrial

### A.2.3. Características generales del equipo de producción.

Existe una variedad de equipos con los cuales se pueden elaborar los componentes del sistema bloque panel que se adecuan a las condiciones, utilización de elementos auxiliares y diferentes tiempos por ciclo de producción.

Las máquinas móviles reciben el nombre de "ponedoras" las demás se conocen como "estáticas" o fijas, las cuales generalmente se les denomina "bloqueras".

Cuando la máquina es estática, en algunos casos tiene adosada la mezcladora, lo cual es una ventaja que permite un rendimiento muy alto en

la fabricación de bloques, libre del problema de suministro de mezcla, pero cuando no es así, se requiere una dosificación manual, lo cual hace más lenta la producción, siendo necesario, en ambos casos, trasladar los paneles en bandejas hasta la zona de fraguado.

Si se dispone de una máquina ponedora, se colocarán los bloques directamente en la zona de fraguado con la consecuente economía de evitar transporte y uso de bandejas así como la disminución de daños en los bloques por la manipulación, la desventaja es que la máquina ponedora no posee su mezclador propio, por lo tanto requiere suministro externo de mezcla, al mismo tiempo la extensión del área para tender los bloques debe ser amplia y estar cubierta.

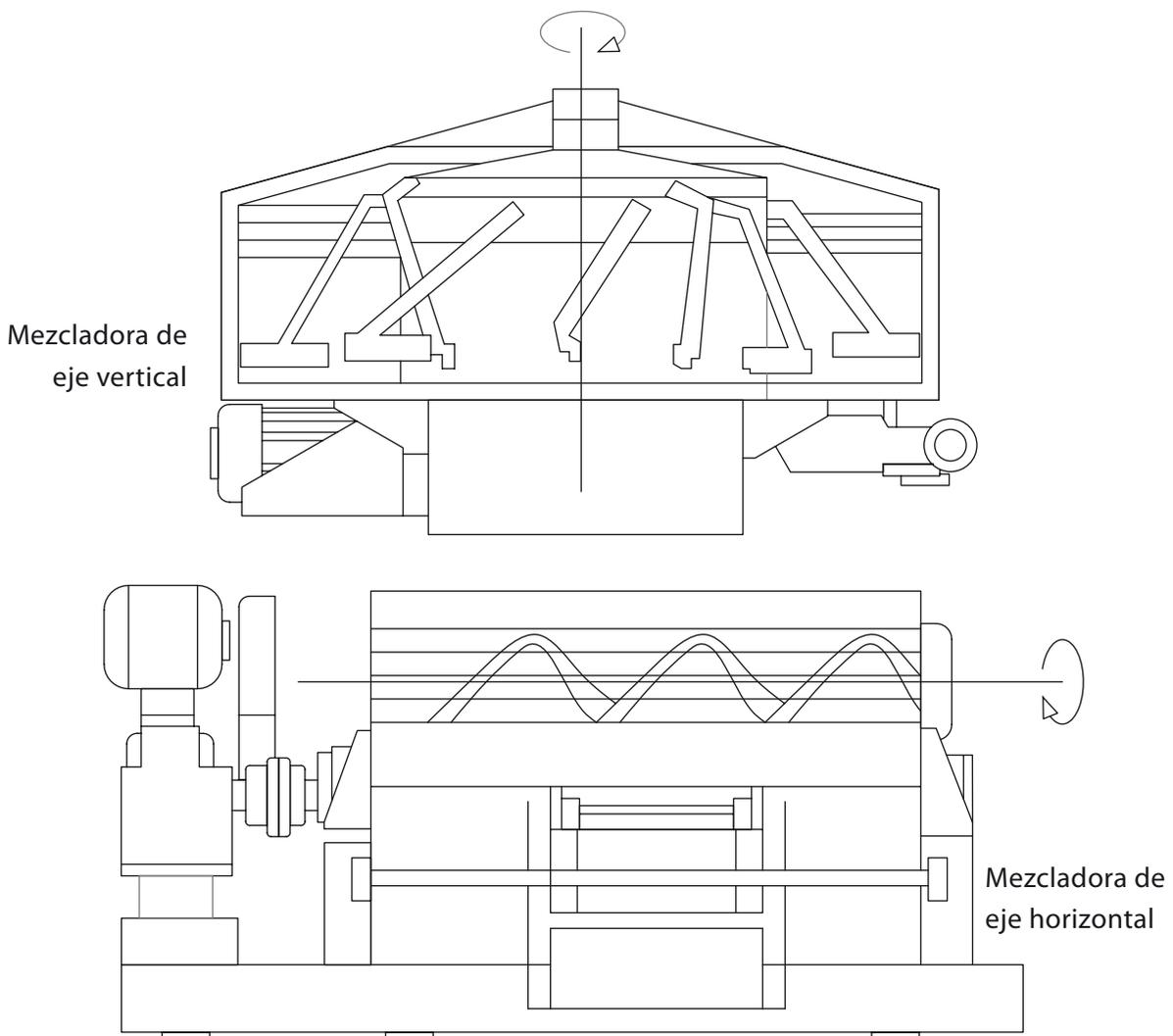


Figura A.3: Mezcladores de eje vertical y horizontal

En general, independientemente del tipo de máquina para la elaboración de los bloques se debe contar con una mezcladora de eje vertical, de preferencia, tanto para la mezcla del concreto de los bloques como para las columnas, de acuerdo a figura A.3.

- Dosificado.
- Mezclado.
- Llenado.
- Fraguado.
- Curado.
- Almacenamiento.

**A.2.4. Descripción general del ciclo de producción.**

El ciclo de producción para las columnas y bloques es bastante similar, con la única diferencia que para las columnas es necesario realizar previamente el armado y posterior desmoldado. Los procesos básicos son:

La variabilidad de ellos dependerá de los recursos e instalaciones, personal y equipo. En la siguiente figura se esquematiza de manera general el proceso (Ver figura A.4).

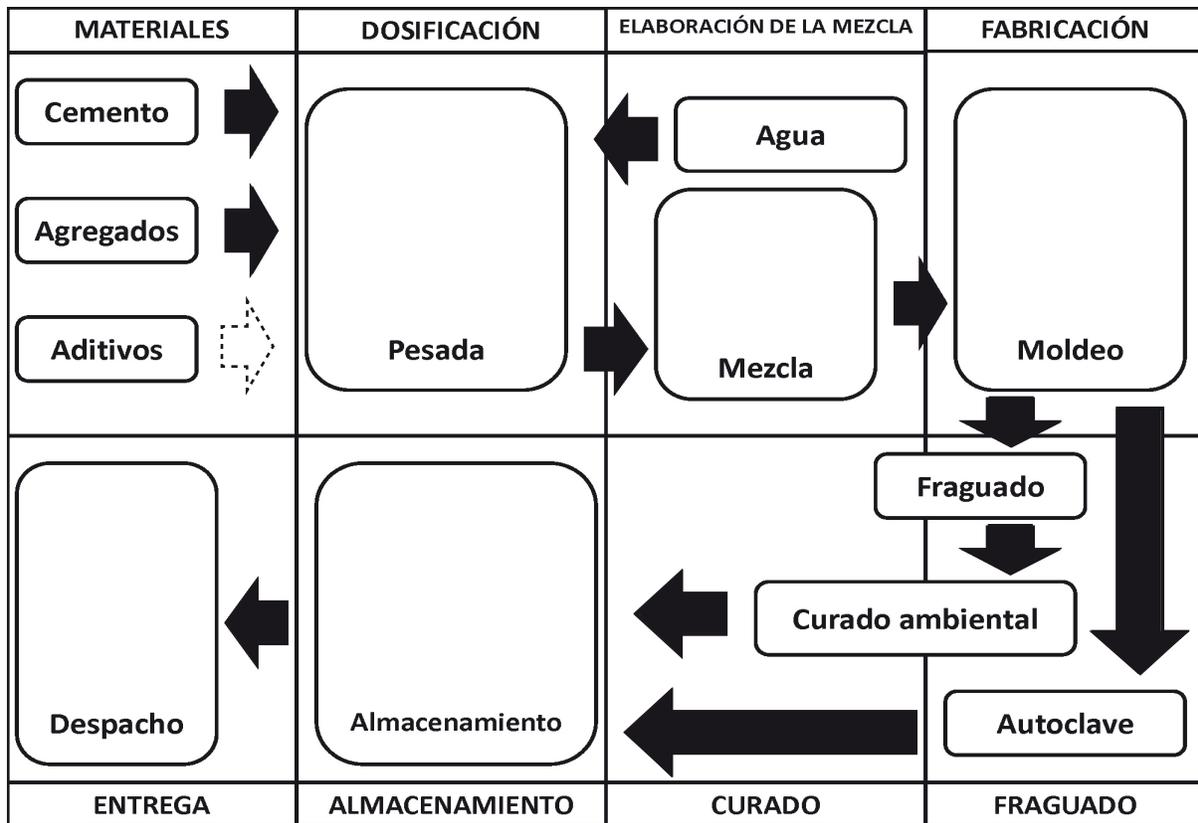


Figura A.4: Esquemización del ciclo de producción

## A.3 Proceso de fabricación del bloque panel y columnas.

### A.3.1. Especificaciones técnicas de los materiales.

Debido a que en El Salvador no se cuenta con una normativa local que rijan especificaciones de materiales para concreto y acero, será necesario basarse en las recomendaciones de las normativas internacionales de la ASTM.

Los materiales a utilizar en la fabricación de bloques son:

- Cemento.
- Arena.
- Agregado grueso: de peso normal y/o de bajo peso volumétrico.
- Agua.

#### Cemento

Lo recomendable es utilizar un cemento que sea de resistencia temprana, como el cemento ASTM C 1157 tipo HE, el cual se ajusta mejor a las condiciones de producción de elementos prefabricados.

#### Agregados

Los agregados deben ser limpios y estar libres de materia orgánica e impurezas, que no contengan partículas corrosivas, por la eflorescencia que se pueda reflejar en los elementos, y lo perjudicial que puede ser para el acero de refuerzo.

La graduación de los agregados para la fabricación de las columnas debe ser tal que cumpla los requisitos de la norma ASTM C 33. Con agregados de tamaño máximo de 1/3 del recubrimiento, el cual varía de acuerdo al tipo de columna. Para los bloques el tamaño máximo del agregado a utilizar en la mezcla debe ser de 1/2 pulgada.

De acuerdo al ACI 211.3, Apéndice 6. Para la fabricación de bloques lo más recomendable es obtener una combinación de óptima de agregados según la disponibilidad, para reducir el consumo de cemento y agua y mejorar la apariencia y resistencia de la unidad.

#### Agua

El agua debe ser potable; no debe contener materia orgánica, azúcares u otras sustancias químicas que afecten la durabilidad y resistencia de los paneles, columnas y bloques. Las aguas saladas aceleran el fraguado, generan eflorescencia en la superficie del concreto y sobre todo es nocivo cuando se tiene refuerzo en el concreto.

#### Acero

La calidad del acero se rige de acuerdo a los requerimientos mostrados en la sección 4.2.2 y 4.3.1

### A.3.2 Proceso de fabricación.

En cuanto al proceso de fabricación de los elementos componentes, el más complejo es de los bloques, ya que requiere procedimientos y técnicas poco usuales que varían de acuerdo al equipo que se utilice, siendo el más común el de vibro compactación en moldes colocados sobre tarimas de madera o metal que posteriormente se retiran al sitio de curado.

- Mezclado de materiales: lo recomendable es que se inicie con el agregado grueso, después el fino y posteriormente el cemento, sin embargo, en algunos casos puede cambiar el orden, por el tipo de mezcladora, si es de eje vertical u horizontal ya que al colocar en primer lugar el agregado grueso podría tender a acumularse en el fondo y pegarse, por lo tanto se podría optar en colocar en primer lugar la arena, después la grava y de último el cemento y agua.

- Colocación y mezclado en la máquina vibro compactadora: se coloca en primer lugar mezcla hasta llenar el molde y se inicia únicamente la vibración para que el material se acomode y luego agregar más, posteriormente se dejan caer los martillos por un rango de tiempo de 2 a 5 minutos, lo cual varía de acuerdo a la consistencia de la mezcla y características de equipo, por lo tanto deberá determinarse a prueba y error para definir el tiempo exacto.

Las bandejas que se utilicen deben estar correctamente empalmadas, con una superficie superior plana y lisa. Después de cada uso se le debe pasar una espátula para desprender los residuos de concreto y cada cierto tiempo se debe revisar las condiciones por el desgaste.

Después de cumplir el tiempo de vibro compactación se deben retirar las bandejas con los bloques. Esto se puede realizar de

dos formas de acuerdo a las condiciones, con montacargas (sistema utilizado en instalaciones automáticas) ó de forma manual, evitándose los movimientos bruscos.

- Transporte a la Zona de Fraguado y curado: lo ideal es dejar los bloques protegidos de climas adversos y sin perturbación ni vibración por al menos 24 horas, para que el concreto fragüe, posterior a las 24 horas se debe controlar la humedad de los bloques ya que de ella depende la evolución de la resistencia.

### *A.3.3. Control de elementos fabricados en la producción.*

El control de los elementos componentes se realizará por medio de ensayos de resistencia a compresión en bloques y resistencia a compresión en muestras de concreto para las columnas de acuerdo a lo expresado en las secciones 2.1.2 y 2.2.2 de este manual.



**ANEXO B:**  
**EJEMPLO DE APLICACIÓN PRÁCTICA PARA**  
**EL DISEÑO Y/O REVISIÓN ESTRUCTURAL**  
**DEL SISTEMA BLOQUE PANEL**



## B.1 Ejemplo para la aplicación del diseño y/o revisión estructural.

Con la finalidad de explicar en detalle el procedimiento de diseño y/o revisión estructural del sistema bloque panel, se ha considerado el desarrollo de un ejemplo correspondiente a una vivienda tipo Módulo Básico de dicho sistema con las características siguientes y como se muestra en la figura B.1.

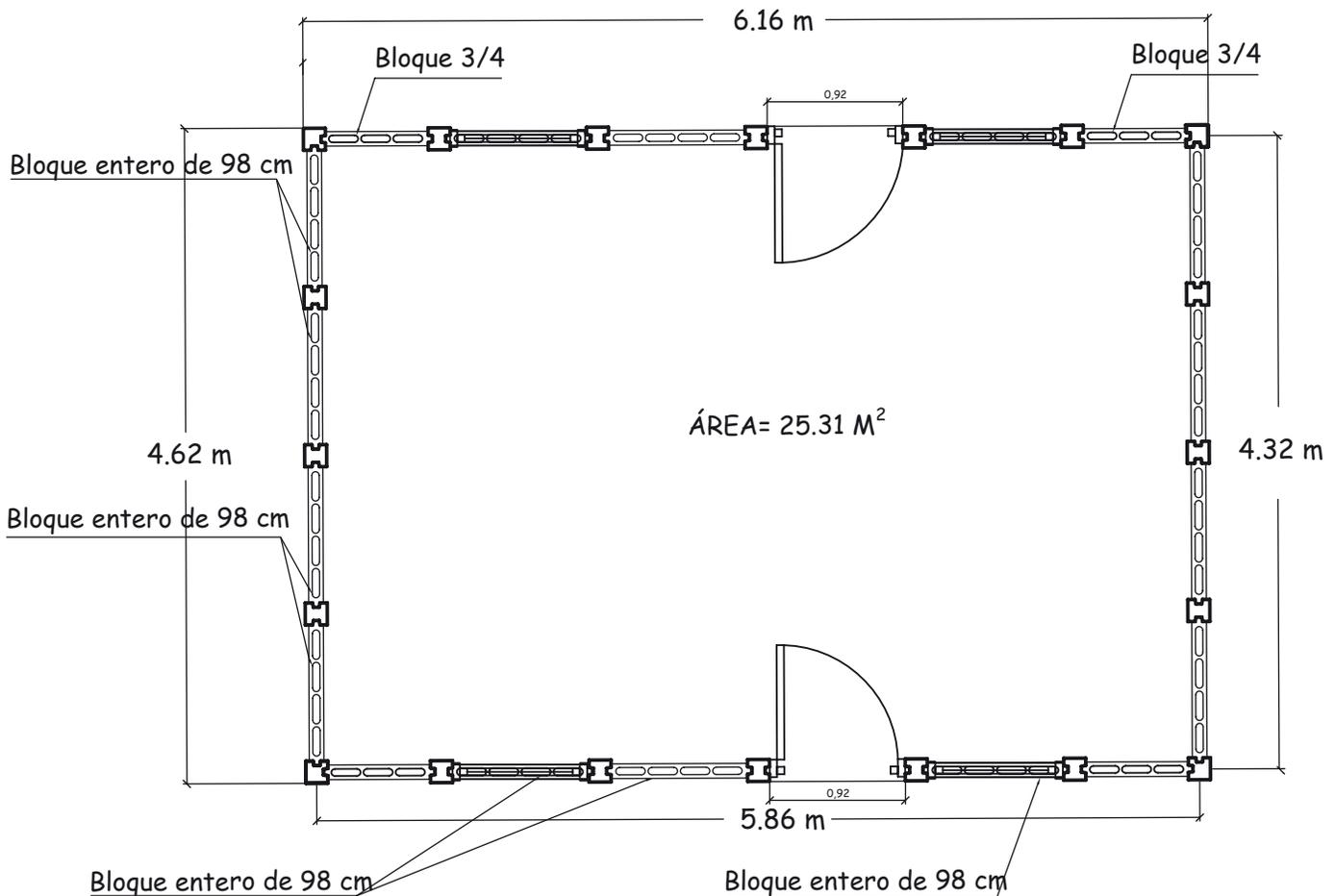
Dimensiones a caras: 4.62 m x 6.16 m

Área total de paredes incluyendo mojinetes:  
60.9 m<sup>2</sup>

Peso por área de pared: 200 kg/m<sup>2</sup>

Área total de techo: 38.4 m<sup>2</sup>

Peso por área de techo: 100 kg/m<sup>2</sup>, considerando una cubierta de Teja de Microconcreto y estructura metálica.



Planta Arquitectónica

Fig. B. 1. Plano de vivienda típica de Bloque Panel.

*Revisión considerando carga lateral en el plano.*

Paso N°1.

*Análisis de cargas y demanda sísmica.*

$$W_{paredes} = 0.2 \text{ ton/m}^2 * 60.9 \text{ m}^2 = 12.18 \text{ t.}$$

$$W_{techo} = 0.1 \text{ ton/m}^2 * 38.4 \text{ m}^2 = 3.84 \text{ t.}$$

$$W_{vivienda} = 12.18 \text{ t} + 3.84 \text{ t} = 16.02 \text{ t.}$$

El cortante de demanda sísmica será:

$$V_{demanda} = W_{vivienda} * C_s = 16.02 \text{ t} * 0.3 = 4.81 \text{ t.}$$

Es importante mencionar, que la vivienda en la dirección de mayor longitud tiene 8 paneles completos que soportaran el cortante (considerando 2 paredes en dicho sentido), sin embargo en la dirección más corta tiene solamente 7 paneles resistentes, por tanto, el cortante de demanda calculado se distribuye de acuerdo a lo siguiente:

En dirección de mayor longitud.

$$V_{en \text{ cada panel}} = V_{demanda} / \text{Número de paneles} = 4.81 \text{ t} / 8 \text{ paneles} = 0.6 \text{ t}$$

En dirección de menor longitud.

$$V_{en \text{ cada panel}} = V_{demanda} / \text{Número de paneles} = 4.81 \text{ t} / 7 \text{ paneles} = 0.69 \text{ t} \rightarrow \text{Se toma este como el cortante por panel}$$

PASO N°2. REVISIÓN DE DEMANDA Y RESISTENCIA DEBIDO A LAS COLUMNAS.

Para el caso del ejemplo que se está analizando, tenemos que el acero de refuerzo longitudinal utilizado en la fabricación de las columnas, tiene un esfuerzo de fluencia de:  $f'_y = 4900 \text{ kgf/cm}^2$  y constituido por 4 varillas de 7.2 mm de diámetro con un área transversal de  $0.41 \text{ cm}^2$  cada una.

Así, al revisar por tensión la columna, se tiene:

$$T_{cn} = A_{SV} * f'_y = 4 * 0.41 \text{ cm}^2 * 4900 \text{ kgf/cm}^2 = 8,036 \text{ kg} = 8.04 \text{ t}$$

Debido a que la separación de las columnas,  $S$ , es de 1m y la altura  $h$  de la pared es 3.0 m, entonces en este segmento se desarrolla un cortante nominal de:

$$V_{RNT/panel} = (T_{cn} * S) / h = 8.04 \text{ t} * 1 \text{ m} / 3.0 \text{ m} = 2.68 \text{ t.}$$

$$F_R * V_{RNC/panel} = 0.7 * 2.68 \text{ t} = 1.88 \text{ t} \geq V_{demanda/panel} = 0.69 \text{ t} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Paso N°3. Revisión de demanda y resistencia debido a la compresión diagonal de la mampostería.

De los resultados obtenidos en la fase experimental de bloque panel proyecto Taishin Fase I, se determinó un valor promedio de la resistencia a la compresión diagonal de primas  $\bar{U}_m = 9.9 \text{ kgf/cm}^2$  y un coeficiente de variación  $C_v = 35.9\%$ . El área bruta de la sección transversal de la mampostería de un panel con 1 m como separación de columnas es  $A_T = 840 \text{ cm}^2$ .

Por tanto, se tiene:

$$V_m = \bar{U}_m / (1 + 2.5 * C_v) = 9.9 \text{ kgf/cm}^2 / (1 + 2.5 * 0.359) = 5.22 \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{RNM/panel} = 0.85 * V_m * A_T = 0.85 * 5.22 \text{ kgf/cm}^2 * 840 \text{ cm}^2$$

$$V_{RNM/panel} = 3727 \text{ kg}$$

$$V_{RNM/panel} = 3.73 \text{ t.}$$

$$F_R * V_{RNM/panel} = 0.7 * 3.73 \text{ t} = 2.61 \text{ t} \geq V_{demanda/panel} = 0.69 \text{ t.} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

*Revisión considerando carga fuera del plano.*

Paso N°1. Análisis de cargas y demanda sísmica.

Se analizará en este apartado la revisión de la pared izquierda de la figura B.1 considerando una altura de 3.0m.

De cálculos realizados durante los ensayos se determina que las paredes poseen un peso por unidad de área igual a 0.20 ton/m<sup>2</sup> y debido al techo recibe una carga distribuida de 0.05 ton/m<sup>2</sup>, totalizando una carga distribuida, de 0.25 ton/m<sup>2</sup>. Por otro lado se considera un coeficiente sísmico de 0.3 de acuerdo a la Norma Especial de Vivienda.

La demanda sobre la pared es:

$$q = C_s * \omega = 0.3 * 0.25 \text{ ton/m}^2 = 0.075 \text{ ton/m}^2$$

Esta carga representa la carga distribuida en la figura 3.7

L= 4.30 m. a ejes de columnas, y h = 3.0 m se determina la relación de peralte

$$h/L = 3.0 / 4.30 = 0.7$$

El momento por metro lineal en la base de la pared es de

$$M_{bp} = 0.216 qh^2 = 0.216 * 0.075 * 3.0^2 = 0.1458 \text{ ton-m/m.}$$

El momento al centro de la solera de coronamiento  $M_{cs}$  es

$$M_{cs} = 0.0599 q L^2 = 0.0599 * 0.075 * 4.3^2 = 0.083 \text{ ton-m.}$$

El momento total en la base de la pared será igual a:

$$M_{bt} = M_{bp} * L = 0.1458 \text{ ton-m/m} * 4.3 \text{ m} = 0.627 \text{ ton-m}$$

Cada columna tendrá una demanda en su base de:

$$M_{bc} = M_{bt} / \# \text{ de columnas sujetas a flexión} = 0.627 \text{ ton-m} / 3 \text{ columnas}$$

$$M_{bc} = 0.209 \text{ ton-m.}$$

### Paso N°2. Revisión de demanda y resistencia en columnas.

Si la resistencia nominal a compresión del concreto,  $f'_c$  es de 210 kgf/cm<sup>2</sup>, mientras que  $f'_y$  es de 4900 kgf/cm<sup>2</sup>, además,  $b = 15 \text{ cm}$ , y el área transversal de cada varilla de acero de refuerzo longitudinal es de 0.41 cm<sup>2</sup>, tenemos:

$$a = A_{st} * f'_y / 0.85 * f'_c * b = 2 * 0.41 \text{ cm}^2 * 4900 \text{ kgf/cm}^2 / (0.85 * 210 \text{ kgf/cm}^2 * 15 \text{ cm})$$

$$a = 1.5 \text{ cm}$$

$$M_{RNC} = A_{st} * f'_y * (d - a/2) = 2 * 0.41 * 4900 \text{ kgf/cm}^2 * (12.04 \text{ cm} - 1.5 \text{ cm} / 2)$$

$$M_{RNC} = 45363 \text{ kg-cm} = 0.45 \text{ ton-m}$$

$$M_{RNC} = 0.45 \text{ ton-m} \geq M_{bc} = 0.209 \text{ ton-m} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

### PASO N°3. REVISIÓN DE DEMANDA Y RESISTENCIA EN SOLERA DE CORONAMIENTO.

Sean  $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $b = 15 \text{ cm}$ ,

$$a = A_s * f'_y / 0.85 * f'_c * b = 2 * 0.71 \text{ cm}^2 * 2800 \text{ kgf/cm}^2 / (0.85 * 210 \text{ kgf/cm}^2 * 15 \text{ cm})$$

$$a = 1.48 \text{ cm}$$

$$M_{RNS} = A_s * f'_y * (d - a/2) = 2 * 0.71 \text{ cm}^2 * 2800 \text{ kgf/cm}^2 * (11.39 \text{ cm} - 1.48 \text{ cm} / 2)$$

$$M_{RNS} = 42344 \text{ kg-cm} = 0.42 \text{ ton-m}$$

$$M_{RNS} = 0.42 \text{ ton-m} \geq M_{cs} = 0.083 \text{ ton-m} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

En este caso no hay excedente de momento debido a la flexión en la base de la pared, por tanto no se revisa la capacidad a tensión en la unión entre las paredes por medio de la solera de coronamiento.

De los cálculos anteriores se determina que el sistema estructural de la vivienda analizada es capaz de resistir las sollicitaciones sísmicas demandadas bajo los criterios considerados.





PROYECTO DE COOPERACIÓN TÉCNICA  
Mejoramiento de la Tecnología para la Construcción y Sistema de Difusión de la  
"Vivienda Social Sismo-Resistente" TAISHIN – FASE II

