



CAPÍTULO 9

SISTEMA PREFA HOLCIM

El sistema Prefa Holcim es un sistema modular de columnas de concreto pretensado y paredes prefabricadas de concreto reforzado para construcciones de un nivel, diseñado de manera que el montaje pueda ser efectuado por grupos de cuatro trabajadores, sin que se requiera equipo especial ni grúa.

El sistema Prefa Holcim ha sido usado con éxito en Costa Rica por más de 50 años, en los cuales se han construido con este sistema miles de casas de habitación, aulas escolares, centros de salud y tapias. Durante todo este tiempo el sistema ha evolucionado tecnológicamente, obteniéndose hoy día un producto que cumple con los requisitos del mercado y la normativa vigente.

9.1 Características generales

Estabilidad estructural

Los elementos prefabricados para las paredes del sistema Prefa Holcim han sido diseñados conforme a los criterios establecidos en los códigos y reglamentos vigentes para la construcción de este tipo de edificaciones en Costa Rica con el objetivo de resistir las fuerzas de los sismos y el viento.

Velocidad de construcción

En el sistema Prefa Holcim no hay que formaletear ni apuntalar y tampoco se necesita mano de obra ni equipo especializado. Estas cualidades son las que permiten construir su obra en un plazo mucho menor que el de los sistemas tradicionales, convirtiendo el proceso constructivo en un proceso de montaje de piezas en serie.

Bajo costo

Con el sistema Prefa Holcim se eliminan los desperdicios y se controlan de una forma adecuada las compras de otros materiales. La mayor velocidad de construcción permite ahorros importantes en costos financieros, administrativos y planillas de construcción.

Modulación de paredes

El sistema permite gran flexibilidad en la modulación de paredes, ajustándose a las necesidades de distribución arquitectónica individual de cada proyecto particular.

Respaldo técnico

Holcim Modular Solutions pone a su disposición un departamento técnico con ingenieros especializados para el asesoramiento en el uso del producto y la conclusión exitosa del proyecto.

Seguridad y estética en las fachadas

Además de las mejoras en estética que se han realizado a lo largo del tiempo en columnas y baldosas, actualmente a los diferentes modelos de casas de un piso y aulas Prefa Holcim se les puede incorporar tapicheles de concreto reforzado, que quedan integrados a las paredes laterales mejorando la apariencia y asegurando el interior de la edificación.

Economía en los acabados de la pared

El proceso de producción genera acabados diferentes en sus superficies. Por un lado, una cara lisa de excelente apariencia, que permite dar un óptimo acabado con solo aplicar pintura o revestimiento, y por la otra cara, una superficie más rugosa. Ambas caras pueden ser fácilmente repelladas.

Adicionalmente, Holcim Modular Solutions tiene disponible para la venta baldosas texturizadas (acabado ladrillo), que le permitirán dar un acabado más estético en su solución de casa Prefa Holcim.

Facilidades constructivas

Para mayor facilidad constructiva, las columnas están diseñadas con ménsulas en la parte inferior de las columnas que permiten fijar la primera baldosa y garantizar una altura uniforme de las paredes. También se ha diseñado una unión entre la columna y la estructura del techo que facilita el proceso constructivo y proporciona gran seguridad en casos de vientos fuertes. Además, se dejan dos ductos para facilitar la colocación del tensor perimetral a nivel de fundación.



Figura 9.1 Vista superior esquemática de la distribución interna típica de una vivienda con el sistema Prefa Holcim

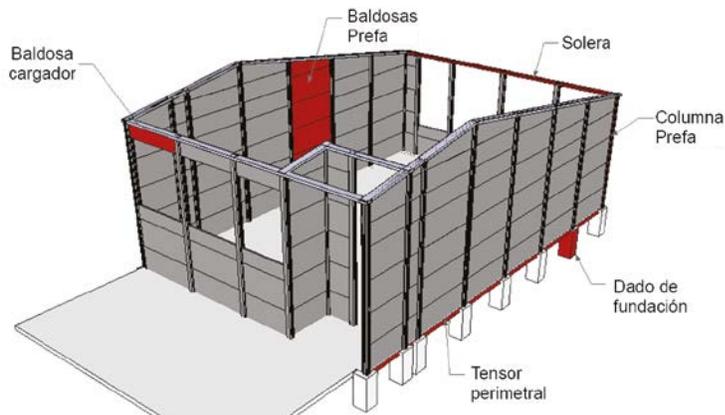


Figura 9.2 Distribución esquemática de los componentes del sistema Prefa Holcim

9.2 Normativa vigente

- Código Sísmico de Costa Rica 2010: establece requisitos mínimos y condiciones para llevar a cabo tanto el diseño formal como el diseño simplificado de sistemas estructurales incluyendo el Prefa Holcim, con el objetivo de resistir las posibles solicitaciones sísmicas.
- Reglamento de construcciones de Costa Rica: establece los parámetros para determinar las cargas de viento que actúan sobre sistemas estructurales incluyendo el Prefa Holcim.
- Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14) y Comentario del Instituto Americano del Concreto (ACI por sus siglas en inglés): establecen los requisitos de diseño de elementos prefabricados de concreto tanto reforzados como pretensados.
- INTE C131 norma para elementos prefabricados de concreto para la construcción de viviendas unifamiliares de un nivel mediante el sistema de baldosas horizontales y columnas. Requisitos.
- INTE 06-10-03:2014 Norma para elementos prefabricados de concreto para la construcción de infraestructura educativa, mediante el sistema de baldosas horizontales y columnas.
- INTE 06-10-04:2017 Elementos prefabricados de concreto para la construcción de viviendas unifamiliares de un nivel, mediante el sistema de baldosas horizontales y columnas. Métodos de ensayo.
- INTE 06-10-02:2017 Elementos prefabricados de concreto para la construcción de viviendas unifamiliares de un nivel, mediante el sistema de baldosas horizontales y columnas. Requisitos.

9.3 Componentes del sistema

Las paredes del sistema Prefa Holcim se construyen usando dos elementos: columnas de concreto pretensado y baldosas horizontales de concreto reforzado. Las columnas se colocan individualmente en posiciones que corresponden a la modulación de

las paredes y las baldosas se introducen entre columnas de acuerdo con su separación y al uso que se requiere según la distribución de puertas y ventanas (figura 9.2).

Las columnas se apoyan en el suelo por medio de dados de fundación unidos a través de un tensor o tirante y a nivel de techo se unen a una viga solera por medio de tornillos de fijación. El sistema se complementa con la colocación de la estructura de techo y el colado del contrapiso.

Cada uno de estos componentes cumple una función importante y ayuda al correcto desempeño global del sistema Prefa Holcim, por lo que a continuación se describen con detalle las características más importantes de cada uno.

Columnas

Son pretensadas para evitar el deterioro causado por el transporte y el proceso de instalación, así como para mejorar el desempeño ante las cargas de servicio durante la vida útil de la estructura. El uso de acero de pre-esfuerzo implica además que se requieran concretos más resistentes y densos lo cual mejora la durabilidad de las columnas (tabla 9.1). Debido al uso del pre-esfuerzo no se recomienda bajo ninguna circunstancia cortar las columnas para ajustar su altura.

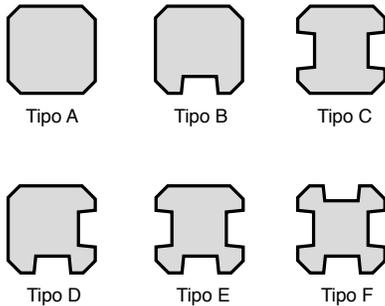
Tabla 9.1 Propiedades de los materiales de columnas	
Concreto	
Resistencia a los 28 días	315 kg/cm ²
Alambre pretensado	
Diámetro	7 mm
Norma ASTM	A 421
Fuerza de pretensión	4830 kg
Varilla de columnas de 12 x 14 cm y 12 x 12 cm	
Diámetro	9.5 mm
Norma ASTM	A 706

Las columnas con sección de 12 cm x 12 cm se fabrican para longitudes que van de los 2,94 m hasta los 3,78 m, siendo la de 3,15 m la más utilizada para construcción de viviendas. Adicionalmente se fabrican columnas de 12 cm x 14 cm para las longitudes desde 3,83 m y hasta 4,20 m. En el caso de incorporar tapicheles, las longitudes intermedias se detallan en los esquemas más adelante. Como un caso especial, se fabrican columnas con sección de 12x12 para el Sistema Prefa Holcim DIEE 2016 con alturas particulares que van desde los 3,18m hasta los 4,40m.

Las columnas cuentan con ranuras o canales longitudinales en los cuales se introducen las baldosas (figura 9.4). Esta disposición de ranuras origina seis diferentes secciones transversales, que son nombradas de la “A” a la “F”. La unión entre las columnas y las baldosas se debe rellenar con mortero.

Todas las columnas están previstas con una ménsula a 63 cm de su extremo inferior para el descanso de la primera baldosa (figura 9.5).

Columnas estándar



Columnas eléctricas

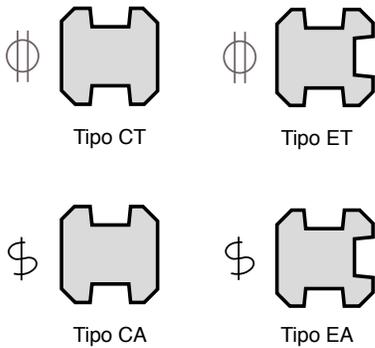


Figura 9.3a Detalle de los tipos de columna del sistema Prefa Holcim

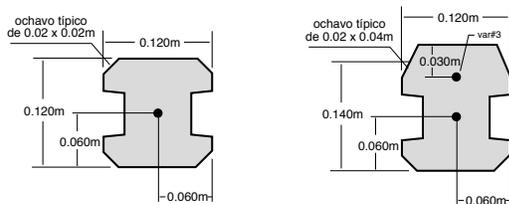


Figura 9.3b Detalle de secciones de columnas 12x12cm y 12x14cm

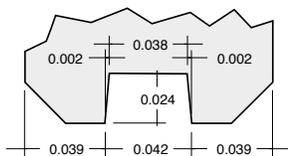


Figura 9.4 Detalle típico de ranura y bisel



Figura 9.5 Detalle de ménsula para apoyo de primera baldosa

a) Tipos de columnas

Existen cuatro estilos básicos de columnas:

- Estándar
- Para desnivel
- Con herraje
- Para tapias

La columna estándar, que es utilizada tanto en aulas como en viviendas, posee ménsulas dentro de las ranuras para apoyar las baldosas inferiores, dos agujeros para pasar el tensor o tirante perimetral y una unión roscada en el extremo superior para unir con la solera.

La columna para desnivel es utilizada en viviendas elevadas y en muros de retención, y se utiliza en conjunto con las extensiones de columnas para muros. Al igual que la estándar, cuenta con ménsula para apoyar las baldosas y agujeros para el pasar el tensor o tirante perimetral. Está disponible en largos de 1,25 y 1,65 m. Para nombrar este tipo de columna se agrega la letra “m” a la tipología de la columna, por ejemplo, columna “Em”.

La columna con herraje es utilizada en aulas y adicional a la estándar cuenta con un accesorio metálico en la parte superior para unir con la viga solera y con la estructura de techo. Para identificar este tipo de columna se agrega la letra “h” a la tipología de la columna, por ejemplo, columna “Eh”.

Para el caso de las tapias, se tiene a disposición dos largos totales de columnas tipo C de sección transversal de 12 cm x 12 cm:

- 3,15 m para una altura libre de 2,50 m.
- 3,78 m para una altura libre de 3,18 m.

Estas columnas se pueden combinar con las baldosas estándar de acuerdo con la separación de columnas que se requiera según las cargas de viento o sismo, siendo la más común la separación de 1,5 m entre columnas.

b) Longitudes de columnas

Existen diferentes longitudes de columnas los cuales pueden ser utilizados en construcciones que mantienen un mismo nivel de cielo o bien pueden ser combinados de la forma en que se muestra en la figura 11.6 con el objetivo de resolver los tapicheles utilizando el mismo sistema Prefa Holcim en combinación con las baldosas tipo tapichel.

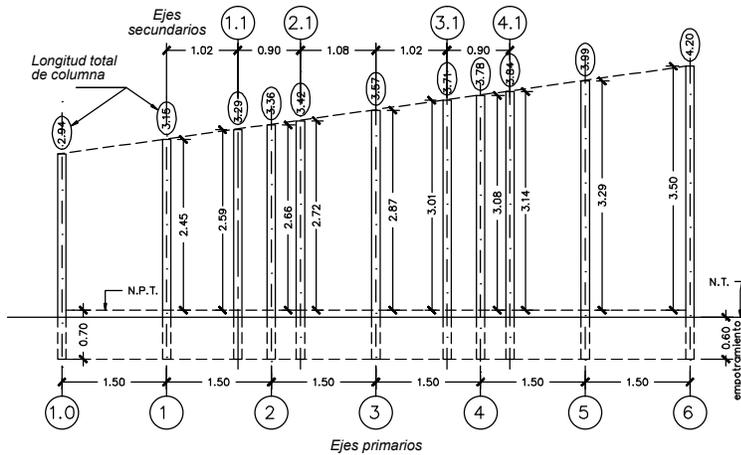


Figura 9.6a Longitudes totales y modulación de columnas para uso de tapicheles prefabricados Prefa Holcim (cotas en metros)

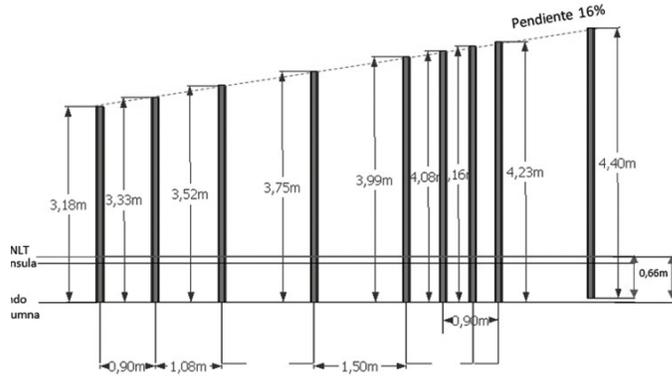


Figura 9.6b Longitudes totales y modulación de columnas para uso de tapicheles prefabricados Holcim para DIEE 2016

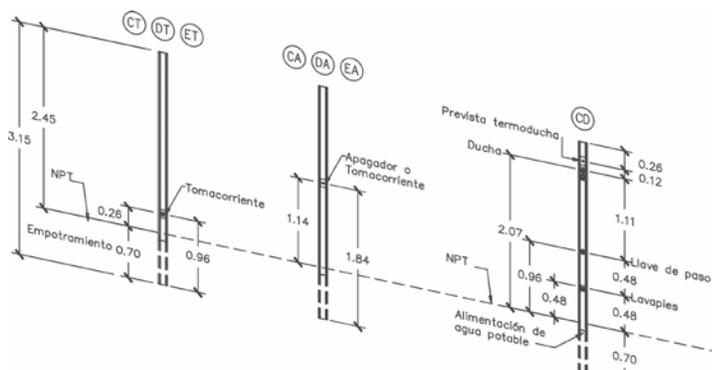


Figura 9.7 Previstas electromecánicas en columnas Prefa Holcim

c) Accesorios electromecánicos

Para el caso de las columnas estándar y de aula con herraje, se tiene a disposición columnas que poseen previstas de accesorios electromecánicos (figura 9.7).

Para identificar las distintas opciones, seguido de la tipología de la respectiva columna, se agrega una “t” para un tomacorriente, una “a” para un apagador, y una “d” para una ducha. De esta forma, por ejemplo, si se requiere una columna tipo “E” de aula con herraje y con apagador, la respectiva tipología sería “Eah”.

d) Extensiones de columnas para muros

Cuando se requiere trabajar diferencias de niveles en el terreno donde se ubica la estructura se puede adicionar a las columnas un elemento de extensión que se empotra en la fundación y que junto con las baldosas permite construir muros de retención (figura 9.8).

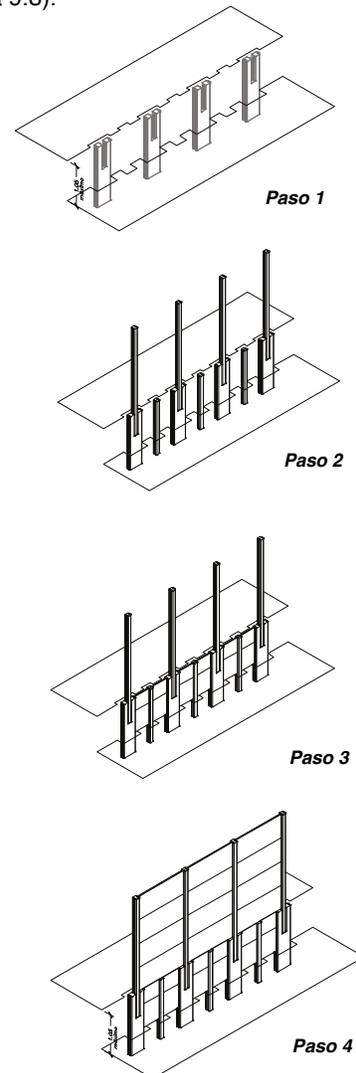


Figura 9.8 Detalles típicos del muro Prefa PC

Hay dos alturas de muro de retención:

- 1,05 m que se construye con la extensión de 1,25 m.
- 0,63 m. que se construye con la extensión de 1,65 m.

El producto presenta las siguientes consideraciones:

- Cuando se separen las columnas a 1,50 m se debe colocar una columna para desnivel en el medio y utilizar baldosas estándar y de ajuste, según sea la altura el muro.
- Cuando la separación entre columnas varíe de 0,72 m a 1,20 m, no se requiere de la columna intermedia, pero debe utilizarse baldosa tipo muro para desnivel.

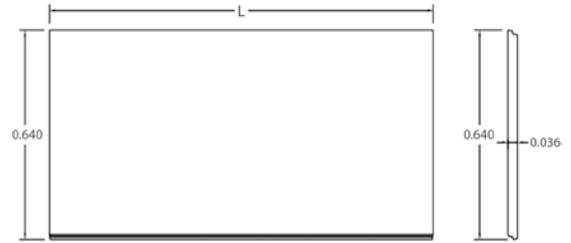


Figura 9.9 Vista longitudinal y sección transversal de una baldosa tipo estándar Prefa Holcim

Baldosas

Existen cinco tipos de baldosas:

- Estándar
- De ajuste
- Banquina
- Cargador
- Muro para desnivel

Las baldosas estándar tienen 63 cm de ancho y se fabrican en nueve longitudes (figura 9.11). Las dimensiones utilizadas en la nomenclatura de las baldosas son nominales de centro a centro de columna, por lo que para obtener las longitudes reales de debe restar 8 cm. Las propiedades de los materiales utilizados en la fabricación de las baldosas se pueden revisar en la tabla 9.2.

Tabla 9.2 Propiedades de los materiales de baldosas	
Concreto	
Resistencia a los 28 días	245 kg/cm ²
Alambre de refuerzo	
Diámetro	4.1 mm
Norma ASTM	A 497

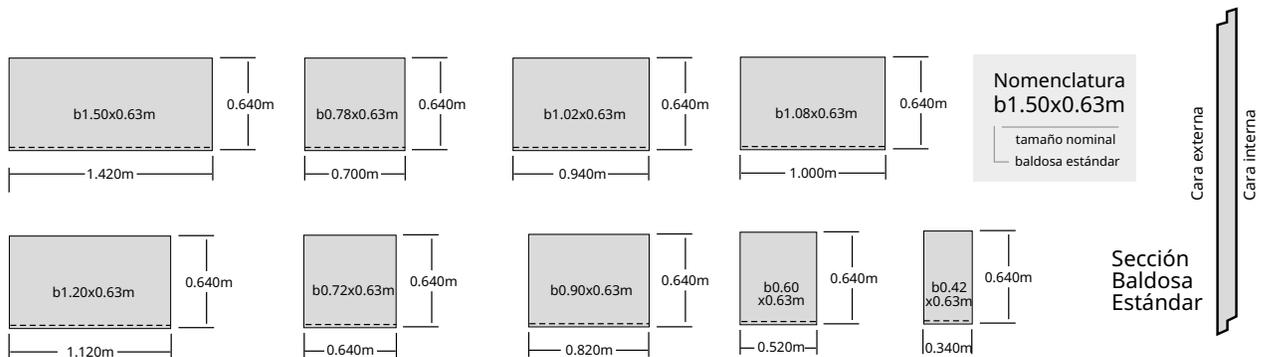


Figura 9.10 Baldosas tipo estándar a usar en casas Prefa Holcim ó en aulas Prefa Holcim

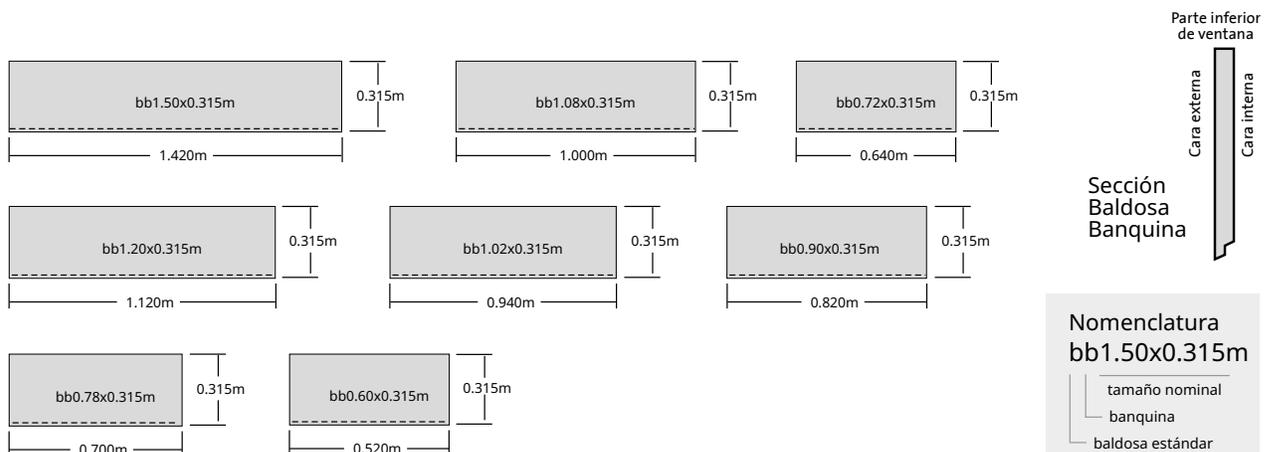


Figura 9.11 Baldosas tipo banquina a usas en casas Prefa Holcim o en aulas Prefa Holcim

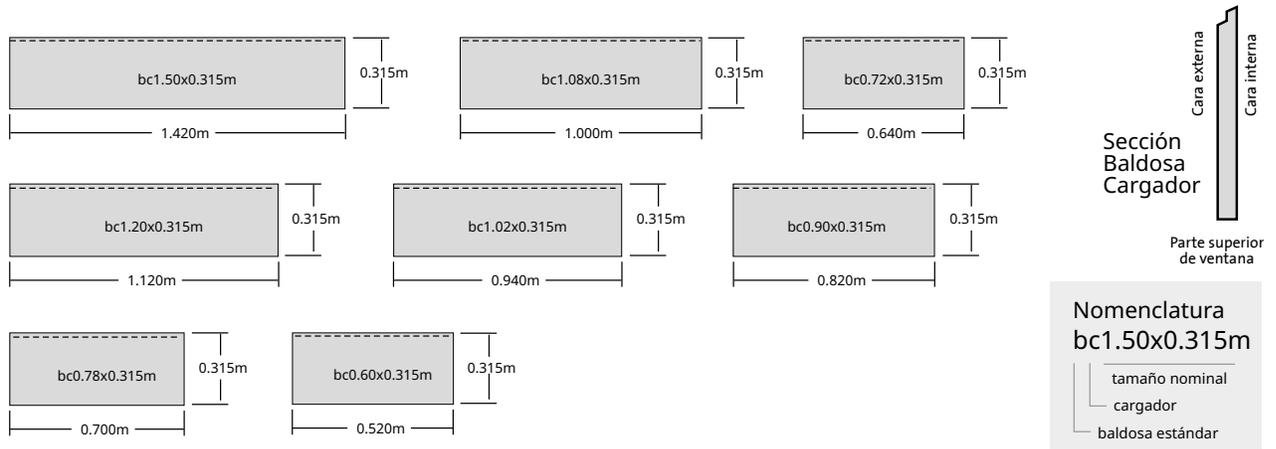


Figura 9.12 Baldosas tipo cargador a usar en casas Prefa Holcim o en aulas Prefa Holcim

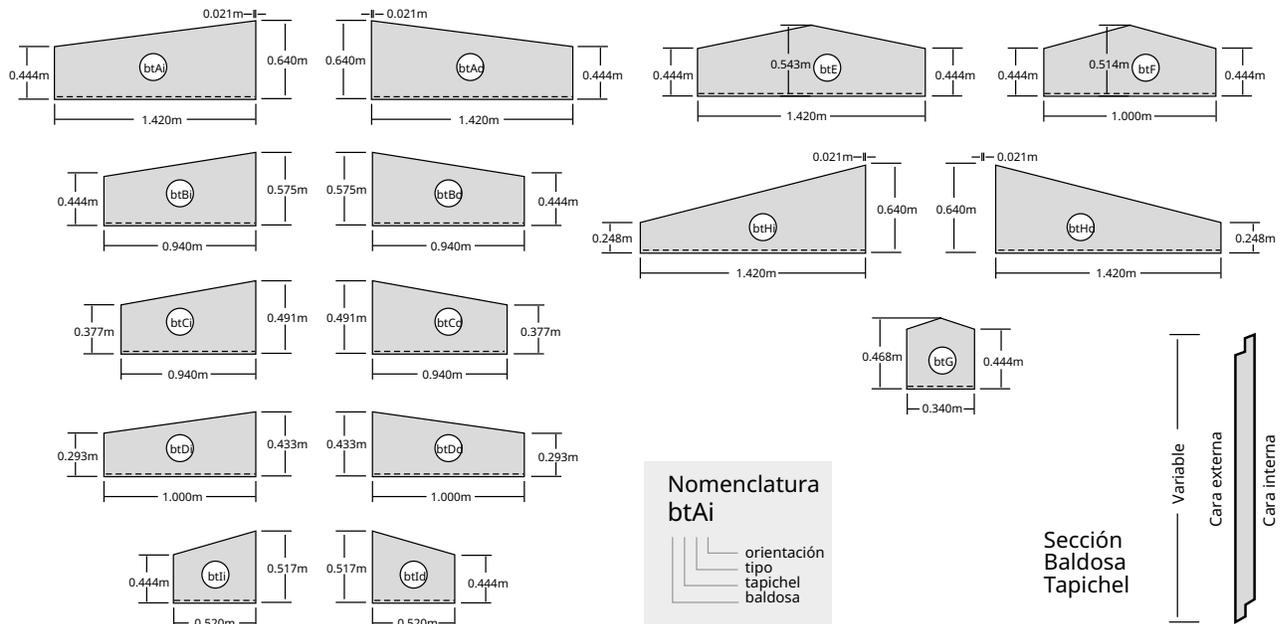


Figura 9.13 Baldosas tipo tapichel a usar en casas Prefa Holcim o en aulas Prefa Holcim

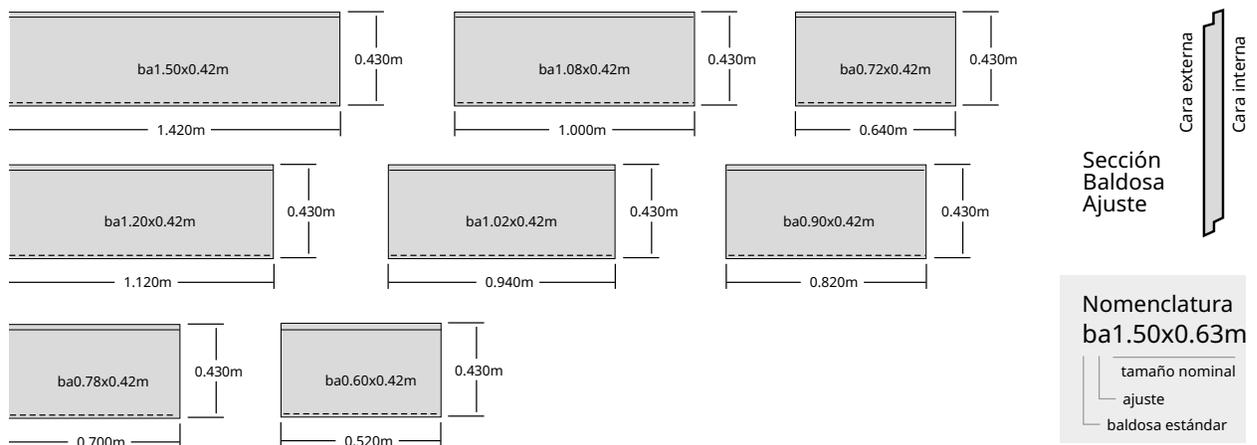


Figura 9.14 Baldosas tipo ajuste a usar en casas Prefa Holcim o en aulas Prefa Holcim

A fin de facilitar la modulación del sistema se cuenta con baldosas de ajuste (figura 9.14), con un ancho nominal de 42 cm y baldosas tapichel (figura 9.13) con pendiente de un 14 %. Para los buques de puertas y ventanas se tienen baldosas banquina (figura 9.11) y baldosas cargador (figura 9.12) ambas de 31 cm de ancho.

Cuando se tienen desniveles y se requiere que el sistema trabaje como muro de contención debe utilizarse, en conjunto con la extensión de columna, la baldosa tipo muro para desniveles (nomenclatura bm), que cuenta con refuerzo especial para desempeñar esta función (figura 9.8).

Combinando las longitudes estándar de las baldosas, el sistema Prefa Holcim puede ser adaptado a la mayoría de las distribuciones arquitectónicas. Para la fabricación de las baldosas se utiliza concreto reforzado y se cuenta con controles de calidad que permiten obtener la misma durabilidad de cualquier obra de concreto bien ejecutada, con la ventaja de que su producción es controlada mediante procesos estandarizados.

El diseño de la junta para la unión entre baldosas garantiza la impermeabilidad de las paredes en climas lluviosos y disminuye considerablemente el despunte del “machimbrado” durante el transporte y la etapa de montaje (figura 9.15). La junta se debe rellenar con mortero por la cara que da al exterior de la casa. Normalmente las baldosas son colocadas con la cara rugosa hacia el exterior de la casa y debe evitarse intercambiar las caras.

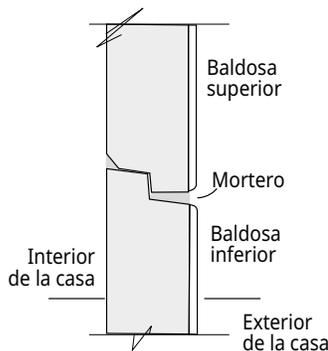


Figura 9.15 Detalle de junta rellena con mortero

9.4 Aspectos de diseño y detallado

El sistema Prefa Holcim cuenta con todo un desarrollo técnico que le avala como un sistema seguro y estable ante cargas gravitacionales y laterales, tanto de sismo como de viento. Mediante la utilización de programas de cómputo se ha desarrollado el análisis estructural en tres dimensiones para los modelos de casas Prefa Holcim presentes en este documento. Cabe aclarar que el sistema de baldosas estándar no debe ser utilizado como muro de retención.

En las tablas 9.3 y 9.4 se pueden revisar las propiedades físicas y mecánicas más importantes de las columnas y baldosas típicas del sistema Prefa Holcim. La columna para tapia es un caso especial. Aunque su sección transversal es de 12 cm x 12 cm, el momento nominal es de 445 kg-m.

Tipo	Longitud 3.15 m		Longitud 3.78 m		Longitud 4.20 m	
	Peso kg	Momento nominal kg-m	Peso kg	Momento nominal kg-m	Peso kg	Momento nominal kg-m
A	94.20	400	113.04	400	125.60	400
B	89.10	400	106.92	400	118.80	400
C	84.45	400	101.34	400	112.60	400
D	84.14	400	100.97	400	112.19	400
E	78.04	400	93.65	400	104.05	400

Tipo	Longitud		Peso (kg)	Momento de rotura (kg-m)	Momento máximo (kg-m/m)
	Nominal (cm)	Real (cm)			
b1.50x0.63m	150	142	70.20	35.6	102
b1.20x0.63m	120	112	55.37	28.8	102
b1.08x0.63m	108	100	49.44	21.8	102
b1.02x0.63m	102	94	46.47	21.8	102
b0.90x0.63m	90	82	40.54	21.8	102
b0.78x0.63m	78	70	36.50	21.8	102
b0.72x0.63m	72	64	33.70	21.8	102
b0.60x0.63m	60	82	25.71	21.8	102
b0.42x0.63m	42	34	16.81	21.8	102

Desde el punto de vista estructural, las baldosas, las columnas, la viga solera y el sistema de fundación todos combinados forman una estructura que actúa en forma hiperestática.

Las baldosas transmiten las fuerzas horizontales de sismo o de viento a las columnas, las cuales resisten las fuerzas horizontales trabajando como elementos que están simplemente apoyados a la solera a nivel de techo y empotrados en cimientos individuales colados in situ a nivel de fundación, al mismo tiempo que las columnas también soportan en compresión las fuerzas verticales del techo y del cielo raso (figura 9.16).

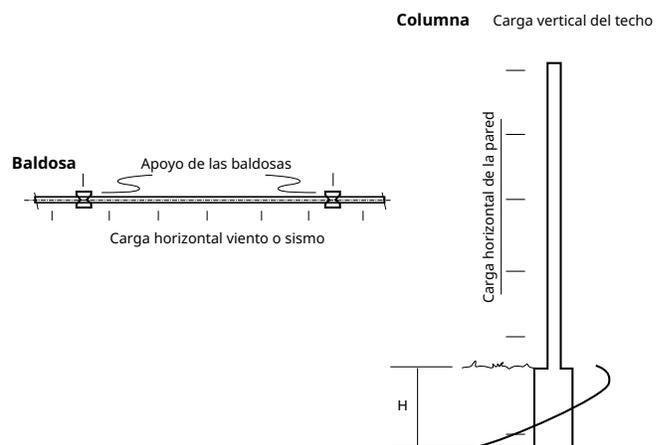


Figura 9.16 Esquema de cargas y reacciones del Sistema Prefa Holcim: (a) Vista en planta (b) Elevación del sistema principal sismo como de viento

Aunque no se ha tomado en consideración en el diseño, se cuenta con una resistencia adicional debido a la acción de diafragma del techo, el cual se integra a las paredes Prefa Holcim mediante la solera corrida conectada a las columnas.

En el caso de las tapias, las columnas actúan como elementos isostáticos en voladizo empotrados en los dados de la fundación y unidas longitudinalmente en la parte superior por medio de la viga solera. Se recomienda eso sí, que para tramos largos las tapias se dividan en longitudes de 25 m, para lo cual se requiere colocar doble columna cada 25 m separando en ese mismo punto también la solera.

Una sección transversal típica del armado del sistema Prefa Holcim se muestra a continuación en la figura 9.17. Esta corresponde al caso más común de columna que es la de 3,15 m de longitud total, pero aplica en cuanto al detallado para cualquiera de los largos disponibles. Con respecto a la estructura de techo y cielo, esta se puede llevar a cabo con el detallado y los materiales que se deseen.

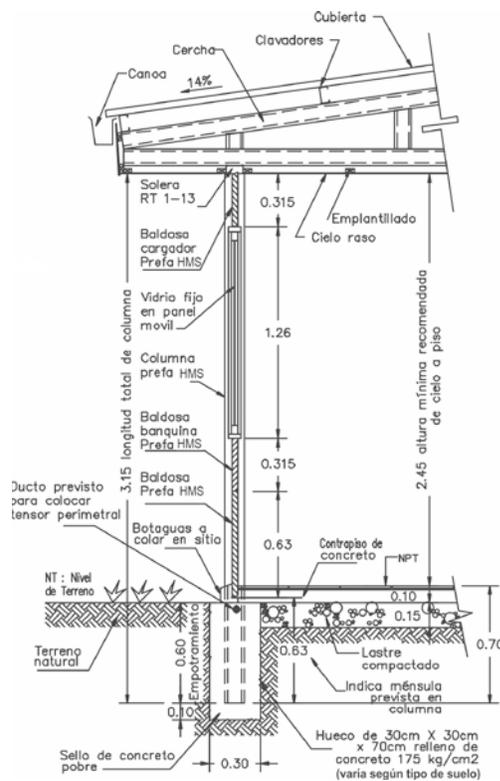


Figura 9.17 Detalle típico

Como parte del proceso de control de calidad, continuamente se llevan a cabo ensayos de carga estática no solo de las baldosas y columnas Prefa Holcim, sino también de paredes completas que integran ambos elementos, tanto en nuestro laboratorio, así como en laboratorios externos de prestigio nacional, comprobándose satisfactoriamente la resistencia tanto de los elementos como de las conexiones planteadas.

a) Fundación

Respecto a los dados de concreto que sirven como cimentaciones de las columnas, estos resisten las cargas laterales de viento y sismo por medio de la contribución de la reacción de la presión pasiva del suelo circundante para generar un empotramiento (figura 9.16).

Las dimensiones estándar recomendadas son de 30 cm x 30 cm de sección transversal por 70 cm de profundidad de desplante que corresponden a 10 cm de sello y 60 cm de columna embebida (figura 9.17). La cavidad se debe rellenar con concreto de una resistencia mínima a la compresión de 175 kg/cm². Sin embargo, estas dimensiones corresponden con un suelo de propiedades regulares, por lo que las condiciones del suelo de cada sitio de cimentación en particular deben ser evaluadas por el profesional responsable de la respectiva obra.

Los valores para un suelo de propiedades regulares son los siguientes:

- $q_{adm} = 10 \text{ ton /m}^2$
- Cohesión = 3,5 ton /m²
- Ángulo de fricción (ϕ) = 17°
- Peso específico = 1,7 ton /m³

La tabla 9.5 se presenta como una ayuda que permite obtener en función de las propiedades del suelo y del nivel de desplante deseado, el ancho del dado a excavar.

Cuando los dados de fundación se deban llevar a cabo con profundidades de desplante mayores a 0,8 m y además sus dimensiones transversales sean menores a 0,4 m por lado, o para cualquier profundidad de desplante y dimensiones transversales cuando existan diferencias de nivel entre la parte superior del dado y el de terreno iguales o mayores a los 0,15 m, o cuando el detalle de fundación lo requiera por las características del suelo del sitio; se debe colocar en el dado una armadura de como mínimo cuatro varillas #3 longitudinales debidamente ancladas y aros de varilla #2 corrugada o #3 con separación cada 20 cm.

Los dados de fundación deben ser unidos siempre por medio de tensores o tirantes de varilla #3 a nivel de contrapiso formando cuadros cerrados (figura 11.18). Todo el acero de los tirantes debe quedar debidamente anclado en sus extremos (figura 9.19), embebido en concreto y con un recubrimiento mínimo de 5 cm.

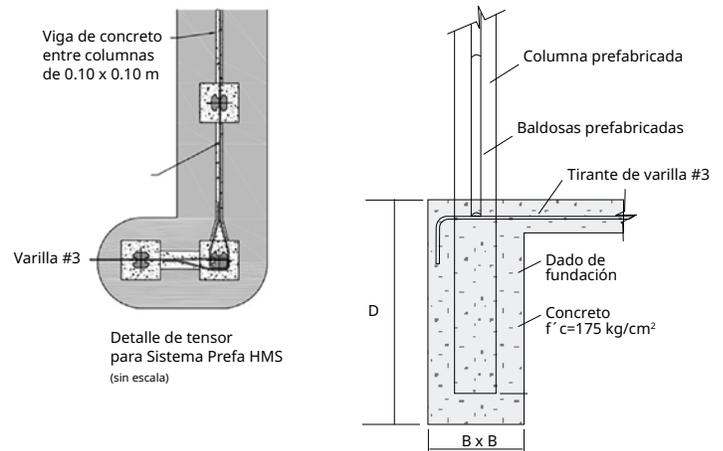
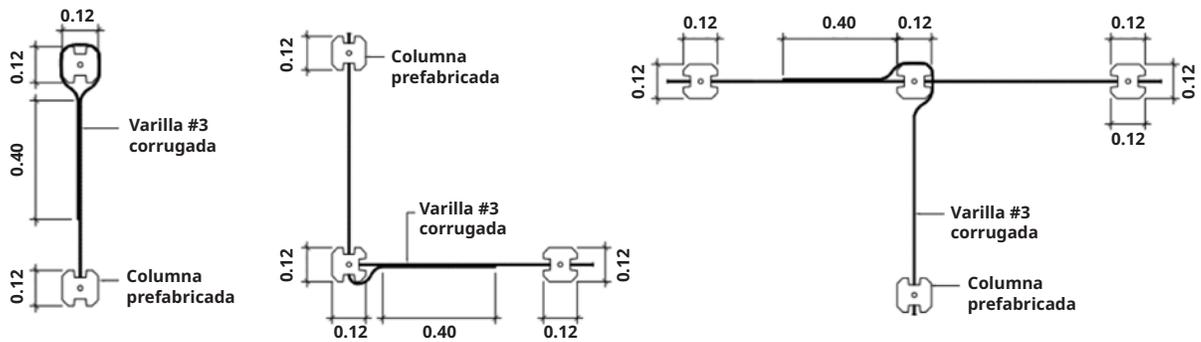


Figura 9.18 Detalle de dado de fundación

Tabla 9.5 Características de los dados de fundación para columnas Prefa Holcim

Ángulo de fricción f (grados)	Profundidad de desplante D (m)	Ancho del dado de fundación para distintos f, C y D para columnas de 12 x 12 cm (m)				Ancho del dado de fundación para distintos f, C y D para columnas de 12 x 14 cm (m)			
		Cohesión C (ton/m ²)				Cohesión C (ton/m ²)			
		5	10	15	20	5	10	15	20
0	0.60			0.60	0.50				0.60
	0.70		0.60	0.40	0.30			0.50	0.40
	0.80		0.50	0.30	0.30		0.50	0.40	0.30
	0.90	0.70	0.40	0.30	0.30		0.40	0.30	0.30
	1.00	0.50	0.30	0.30	0.30	0.60	0.30	0.30	0.30
5	0.60			0.60	0.40			0.70	0.50
	0.70		0.60	0.40	0.30		0.70	0.50	0.40
	0.80		0.50	0.30	0.30		0.50	0.40	0.30
	0.90	0.60	0.30	0.30	0.30	0.70	0.40	0.30	0.30
	1.00	0.50	0.30	0.30	0.30	0.60	0.30	0.30	0.30
10	0.60		0.70	0.60	0.40			0.60	0.40
	0.70		0.50	0.40	0.30		0.70	0.50	0.40
	0.80	0.70	0.40	0.30	0.30		0.50	0.40	0.30
	0.90	0.60	0.30	0.30	0.30	0.70	0.40	0.30	0.30
	1.00	0.50	0.30	0.30	0.30	0.50	0.30	0.30	0.30
15	0.60		0.70	0.50	0.40			0.60	0.40
	0.70		0.50	0.30	0.30		0.60	0.50	0.40
	0.80	0.60	0.40	0.30	0.30		0.40	0.30	0.30
	0.90	0.50	0.30	0.30	0.30	0.60	0.30	0.30	0.30
	1.00	0.40	0.30	0.30	0.30	0.50	0.30	0.30	0.30
20	0.60		0.70	0.40	0.30			0.70	0.50
	0.70		0.40	0.30	0.30		0.50	0.40	0.30
	0.80	0.60	0.30	0.30	0.30	0.70	0.40	0.30	0.30
	0.90	0.40	0.30	0.30	0.30	0.50	0.30	0.30	0.30
	1.00	0.40	0.30	0.30	0.30	0.40	0.30	0.30	0.30
25	0.60		0.50	0.30	0.30			0.70	0.50
	0.70	0.70	0.40	0.30	0.30		0.40	0.40	0.30
	0.80	0.50	0.30	0.30	0.30	0.60	0.40	0.30	0.30
	0.90	0.40	0.30	0.30	0.30	0.50	0.30	0.30	0.30
	1.00	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.30	0.30	0.30
30	0.60		0.50	0.30	0.30			0.60	0.40
	0.70	0.60	0.30	0.30	0.30	0.70	0.40	0.30	0.30
	0.80	0.40	0.30	0.30	0.30	0.60	0.30	0.30	0.30
	0.90	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.30	0.30	0.30
	1.00	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30



Detalle de fundación en I

Detalle de fundación en L

Detalle de fundación en T

Figura 9.19 Detalle de fundación: colocación de tensor perimetral

Las columnas del sistema Prefa Holcim tienen previstos dos ductos en una misma dirección a nivel de fundación para facilitar la colocación de este tensor perimetral o en caso de que se requiera unir las columnas a algún tipo de fundación especial por presencia de suelos de mala calidad o fundaciones excéntricas. En el caso de columnas esquineras en donde coinciden dos tirantes perpendiculares, pero solo se tienen orificios en una dirección, se recomienda que en la otra dirección la varilla #3 rodee la columna y se traslape de nuevo en el mismo tirante para lograr un adecuado anclaje, cuidando siempre que se logre un correcto recubrimiento.

Debido a que las columnas son pretensadas, no se recomienda bajo ninguna circunstancia cortarlas para ajustar su altura. En caso de que se requiera, se sugiere profundizar aún más lo que sea necesario la columna, para lo cual a su vez se debe aumentar la dimensión de desplante del dado de fundación.

b) Viga solera

La viga solera es un elemento muy importante del sistema Prefa Holcim, que se debe utilizar siempre en todas las soluciones, ya sean estas viviendas, aulas, tapias, entre otras.

Tal y como se indicó anteriormente para el caso de estructuras de un nivel, las fuerzas horizontales de sismo y viento son transmitidas de las baldosas a las columnas y estas lo hacen hacia las fundaciones como un empotramiento y hacia la viga solera como un apoyo simple.

Es por lo anterior que la viga solera provee gran parte de la estabilidad lateral de las paredes, para lo cual es necesario que esté apoyada en otras paredes ubicadas perpendicularmente. Además, dado que la fuerza lateral transmitida es horizontal, esta viga trabaja en esa misma dirección y por lo tanto su rigidez y resistencia poseen valores limitados.

Por lo tanto, la viga solera debe tener propiedades mínimas y distancias máximas entre apoyos o paredes perpendiculares que se deben respetar, a menos que se lleve a cabo un diseño formal que demuestre lo contrario. Para el caso del sistema Prefa Holcim, si la distancia máxima entre los soportes laterales de las paredes es menor que 6 m, se recomienda utilizar como mínimo un perfil de acero laminado en frío de 10 cm de peralte con una fijación de las cerchas que forman parte de la estructura del techo.

En el caso de las tapias, que son construcciones con distancias libres considerables entre paredes perpendiculares, la viga solera ayuda a darle integridad al sistema al unir las columnas para distribuir uniformemente las cargas y los desplazamientos en el sentido perpendicular al plano de la pared, así como para mantener la distancia entre columnas y por lo tanto la ubicación de las baldosas en el plano del muro.

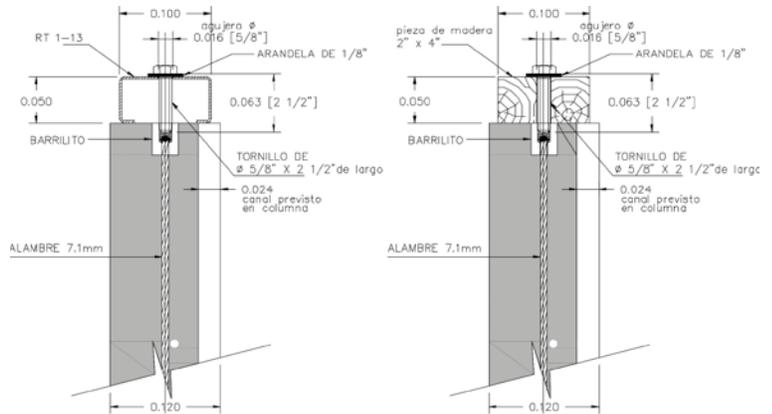


Figura 9.20 Detalle típico de colocación de solera metálica o de madera

Una parte muy importante del correcto desempeño estructural del sistema es la forma en que se lleva a cabo la unión de la viga solera con la columna para poder transmitir de manera efectiva las cargas laterales. El sistema Prefa Holcim cuenta con un detalle de unión diseñado y probado por medio de ensayos de laboratorio para cumplir con esta función de manera segura, estándar, fácil de instalar y durable. Se utiliza un tornillo de 1,6 cm (5/8") de diámetro, SAE grado 1 a 4, que se une a la solera por medio de una arandela y a la columna por medio de una prevista roscada la cual a su vez se encuentra unida al alambre de pretensión, permitiendo un correcto anclaje.



Figura 9.21 Detalle de conexión con solera

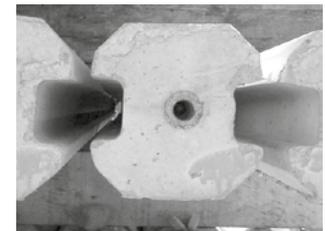


Figura 9.22 Prevista para colocación de tornillo

Es importante que se construya adecuadamente la unión entre vigas perpendiculares de manera tal que se logre una efectiva transmisión de las fuerzas laterales hacia los apoyos que proveen la estabilidad estructural.

Cuando se tenga una diferencia de nivel en la parte superior entre dos columnas que se deben unir por medio de la viga solera (como en el caso de ejes perpendiculares a los tapicheles), se recomienda hacer la unión por medio de un elemento del mismo tipo de la viga solera, pero en diagonal a 45° y soldado o atornillado en ambos extremos.

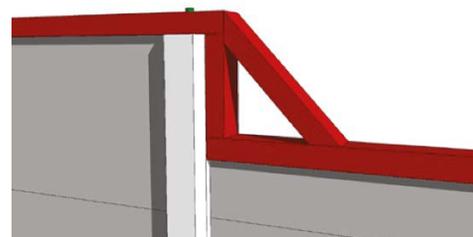


Figura 9.23 Detalle típico de la unión para garantizar continuidad de la solera

Así mismo, se debe garantizar la continuidad de los elementos que forman la viga solera por medio de la utilización de elementos de traslape adecuados (figura 9.24). El caso de la unión de la viga solera a las columnas de aula estándar es un sistema que requiere de detalles especiales.



Figura 9.24 Detalle típico de la unión para garantizar continuidad de la solera

9.5 Instalación

El sistema Prefa Holcim es un sistema de montaje rápido y sencillo, que no requiere de mano de obra ni equipo especializado.

Aunque la construcción de este sistema es muy simple, es importante conocer las indicaciones aquí dadas a fin de llevar a cabo, de manera clara y ordenada, todos los pasos de la construcción.

Holcim Modular Solutions ofrece además la asesoría técnica necesaria para la realización del proyecto, antes y durante su ejecución.

Interpretación de planos

La figura 9.25 muestra una planta típica de una casa Prefa Holcim, en la cual se aprecia la distribución de las columnas y de las baldosas. Junto a cada columna se encierra en un círculo el tipo de sección transversal y se especifica también la longitud total de la columna.

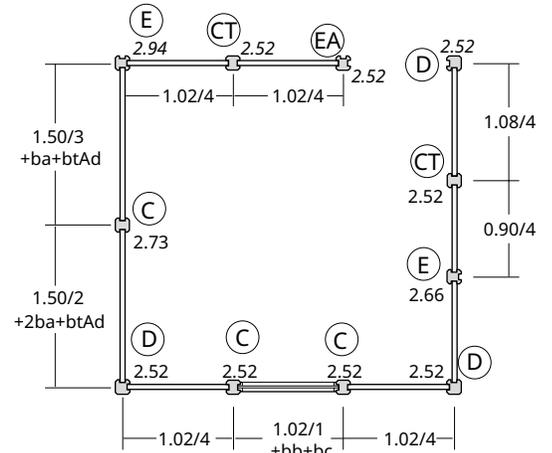


Figura 9.25 Ejemplo de distribución de columnas y baldosas

Las cotas entre columnas indican además de la longitud nominal de las baldosas, la cantidad de baldosas estándar que se colocan, así como si se requieren adicionar baldosas de ajuste, cargador, banquina o tapichel.

Los planos del sistema Prefa Holcim contienen una tabla que resume las cantidades y tipos de columnas y baldosas para cada modelo de casa en particular (tablas 9.6 y 9.7). Es importante que, al recibir el material, el cliente revise que este coincida con el indicado en dicha tabla.

Tabla 9.6 Ejemplo de tabla de elementos - Baldosas											
Tipo	Ancho (m)	1.50	1.20	1.08	1.02	0.90	0.78	0.72	0.60	0.42	Total
b	0.63	29	-	8	36	7	-	-	8	12	100
bb	0.315	1	-	1	6	-	-	-	-	-	8
bc	0.38	1	-	2	6	-	-	-	-	-	9
ba	0.42	9	-	-	2	1	-	-	-	-	12

Tabla 9.7 Ejemplo de tabla de columnas 12 x 12 cm														
Tipo	As	Bs	Cs	Ds	Es	Fs	CDs	CAs	CTs	DAs	DTs	EAs	ETs	Total
2.52	-	-	3	5	2	-	1	5	4	-	-	2	-	22
2.66	-	-	1	1	1	-	-	1	1	-	-	-	-	5
2.73	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3

Proceso constructivo, casas de un nivel

a. Ubicación de la casa en el lote

Los trabajos de construcción de la casa deben iniciarse considerando algunos aspectos de la ubicación de la casa en el lote:

Topografía y tipo de terreno

En primer lugar, debe asegurarse de que el terreno sea apto para la construcción del modelo de vivienda Prefa Holcim escogido.

Si el terreno presenta algún problema, como, por ejemplo, si se trata de un relleno, el tipo de suelo es de mala calidad (suelos de alta plasticidad, suelos con potencial colapsable, arenas susceptibles a la licuefacción, entre otros) o el terreno es demasiado quebrado, se debe consultar al profesional responsable de la obra para determinar las posibles modificaciones en la estructura de la casa.

Forma y tamaño del lote

En este aspecto, se debe comprobar que la casa se ajuste bien a la forma y tamaño del lote y que se reserve suficiente área libre para el tanque séptico y el drenaje, lo mismo que para el antejardín y el patio de tendido.

Retiros exigidos por ley

Generalmente las municipalidades al tramitar el permiso de construcción son las encargadas de indicar la línea de construcción (figura 9.26) o distancia libre entre el cordón del caño y la casa.

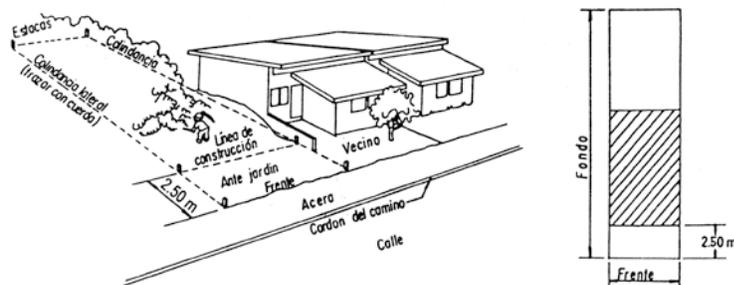


Figura 9.26 Retiros exigidos por ley

Si la propiedad colinda o es atravesada por un río o quebrada, se debe establecer un retiro entre la casa y la línea centro del cauce del río, que por lo general es de 10 m. No obstante, en cada caso, debe consultarse a la Municipalidad correspondiente y corroborar con un topógrafo las distancias y puntos de referencia.

Debe verificarse además que el modelo de vivienda Prefa Holcim escogido no tenga ventanas o puertas que vayan a quedar bloqueadas por las construcciones vecinas. El retiro de ley en este caso es por lo general de 2,50 m.

Delimitación del terreno

Para trazar el lote, se marcan primero sus colindancias y la línea de construcción utilizando una cuerda y estacas colocadas en los vértices o esquinas. Generalmente, el lindero está definido por una cerca, tapias o estacas. Si el lote no tiene las indicaciones del lindero o existen dudas al respecto, lo mejor es consultar a un topógrafo (figura 9.27).

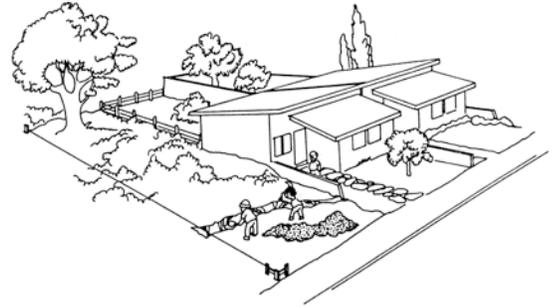


Figura 9.27 Delimitación del terreno

b. Preparación del terreno

Delimitado el terreno y limpio ya de troncos, escombros, basuras y maleza, se procede a su nivelación quitando, de paso, la capa de tierra vegetal y eliminando lomas y obstáculos que dificulten el trazado de la casa.

Si la capa de tierra vegetal es muy profunda o si el terreno es demasiado húmedo, de nuevo se debe consultar al profesional responsable para tomar las precauciones que el caso requiera.

c. Nivelación general

Lo primero es colocar una estaca en un lugar visible, preferiblemente en donde la línea de construcción y una colindancia formen esquina. Luego se marca la estaca a unos 60 cm sobre el nivel del terreno. Este será el nivel de referencia para colocar todas las yuguetas (figura 9.28), las cuales son pares de estacas de donde se amarran las cuerdas del trazado.

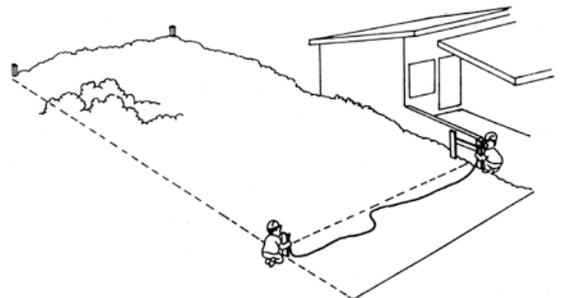


Figura 9.28 Nivelación general

d. Colocación de yuguetas

Las yuguetas se utilizan para fijar las cuerdas con que se van a trazar las líneas de centro de paredes. Una yugueta se construye colocando dos estacas a una distancia aproximada de 80 cm una de otra y uniéndolas con un codal a nivel (figura 9.29). De utilizar madera, asegúrese que esté certificada, contribuyendo así al medio ambiente. En las esquinas o juntas de pared a la yugueta se le añade otra estaca y otro codal, de tal modo que se forme una escuadra.

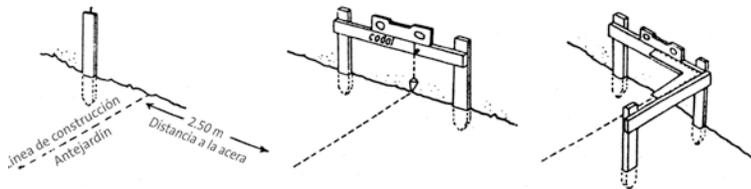


Figura 9.29 Colocación de yuguetas

Para armar la primera yugueta se puede aprovechar la misma estaca en que se había marcado el nivel general. Por lo tanto, estará ubicada en una de las esquinas del frente de la casa. La marca del nivel servirá, precisamente, para establecer la altura o nivel del codal de la yugueta.

Sobre los codales se colocan tres clavos: uno coincidiendo con el centro de pared y otros dos con las caras exteriores de las columnas. Los dos clavos exteriores deben quedar separados 12 cm o 14 cm, dependiendo de las columnas utilizadas. Los clavos servirán para amarrar las cuerdas del trazado.

Para este nivel de referencia a las yuguetas, se utiliza el nivel de manguera, el cual consiste en una manguera plástica transparente de 1,5 cm de diámetro y unos 8 m de largo.

Esta manguera se llena de agua hasta quedar sin burbujas y se sostiene manteniendo los extremos juntos a una misma altura para que el agua no se riegue. Si se baja cualquiera de los extremos, el agua saldrá hasta un nivel igual al del agua del otro extremo.

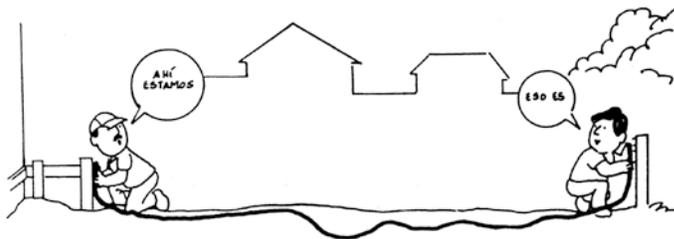


Figura 9.30 Traslado del nivel de referencia a las yuguetas

Aprovechando este principio, cuando se haga coincidir el nivel del agua en uno de los extremos con la marca de la estaca, se sabrá que en el otro extremo el agua tendrá el mismo nivel, sin importar la distancia a que se encuentre. De esta manera, se puede trasladar el nivel de la marca a cualquier punto del cuadrante de la casa (figura 9.30).

El siguiente paso será colocar yuguetas en las esquinas restantes, de manera que se pueda trazar el perímetro total de la casa (figura 9.31).

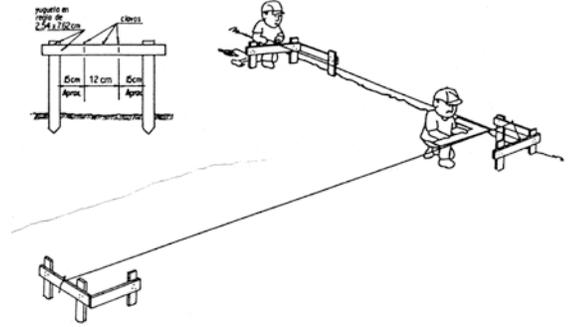


Figura 9.31 Colocación de yuguetas en esquinas restantes

e. Trazado interior

Demarcado ya el cuadrante de la casa se puede iniciar su trazado, lo cual se hace inicialmente, marcando en las cuerdas del perímetro los puntos por donde pasan los ejes o líneas de las paredes internas, todo de acuerdo con las medidas exactas especificadas en los planos constructivos.

Posteriormente, se colocan nuevas yuguetas junto a los puntos marcados y tirando cuerdas sobre ellos, las cuales se amarran de las yuguetas. Una vez trazadas todas las cuerdas interiores, que deben estar a escuadra con las del perímetro, se marcan sobre ellas los puntos donde terminan o doblan las paredes (figura 9.32).

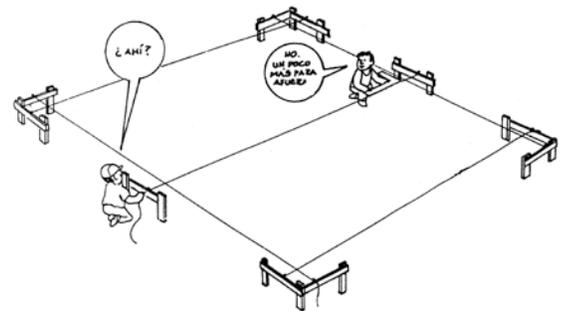


Figura 9.32 Trazado interior

f. Demarcación de huecos para columnas

Una vez trazada toda la casa, se marca en las cuerdas de centro de pared el sitio exacto donde irán las columnas, tomando en cuenta que la separación de centro a centro de las columnas tiene que ser igual a la longitud modular de las baldosas, es decir: 1,50m, 1,20m, 1,08m, etc., tal como se indica en los planos constructivos.

Se colocan estacas de madera semidura de 2,5 cm x 7,5 cm en los puntos marcados, señalando así los centros de los huecos que se deben excavar para empotrar las columnas.

Una vez que se han colocado todas las estacas de madera, se demarcan con una macana los huecos del ancho correspondiente (figura 9.33).

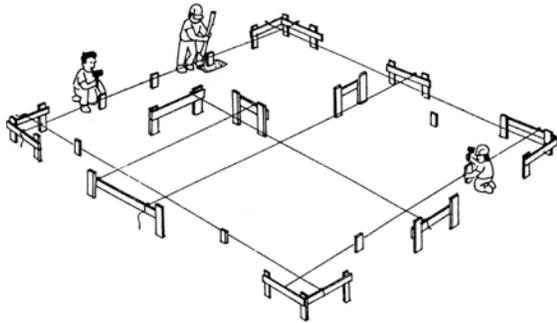


Figura 9.33 Demarcación de huecos para columnas

g. Excavación de huecos para columnas

Se retiran las cuerdas y se inicia la excavación con pico y pala de los huecos demarcados anteriormente, hasta alcanzar una profundidad de 70 cm en el caso estándar. La tierra resultante debe echarse donde no estorbe las labores de construcción, lejos de la excavación para evitar que caiga y ensucie el hueco o, el concreto que se colocará para soportar la columna Prefa Holcim (figura 9.34).

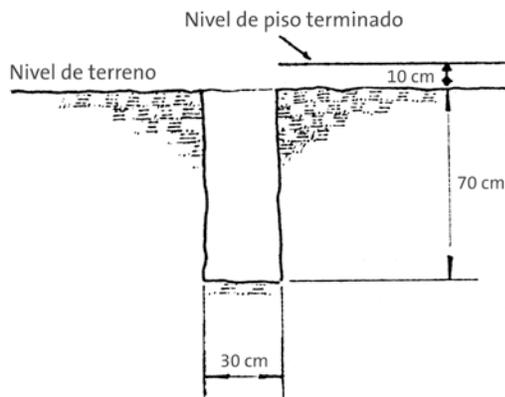


Figura 11.34 Excavación de huecos para columna

h. Sello de concreto

Una vez excavados los huecos se coloca en cada uno de ellos el sello de concreto de 10 cm de espesor (figura 9.35).

Para la fabricación del concreto, se construye un cajón cuyas medidas internas libres deben ser 33 cm x 33 cm x 33 cm y que se utiliza para dosificar la mezcla.

El concreto a utilizar puede dosificarse de la siguiente manera:

- 1 caja de cemento gris.
- 2 cajas de arena.
- 4 cajas de piedra quebrada tamaño máximo de 12mm.

Puede también usarse concreto seco empacado, el cual debe prepararse agregando agua únicamente.

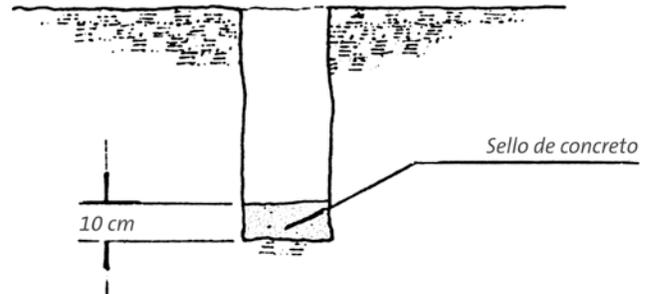


Figura 9.35 Colocación del sello de concreto

En la figura 9.36, se detalla cómo debe ser la fundación de las columnas cuando la profundidad requerida es mayor que la indicada anteriormente.

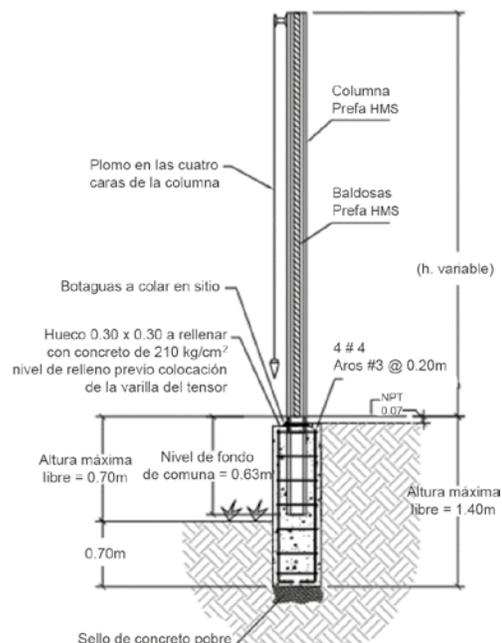


Figura 9.36 Detalle de fundación cambio de altura Sistema Prefa Holcim

i. Colocación de las columnas esquineras

Una vez fraguado el sello de los huecos, se procede a colocar en su sitio las columnas. Puesto que las columnas Prefa Holcim de cada proyecto en específico corresponden exactamente al diseño arquitectónico y estructural escogido, es necesario colocarlas siguiendo estrictamente la distribución indicada en su plano constructivo, orientando correctamente la posición de las ranuras.

Lo primero que se hace es marcar todas las columnas a una distancia mínima de 2,45 m de su extremo superior para indicar el nivel de piso cuando estas miden 3,15 m de altura. El extremo superior es el que tiene la prevista o conexión roscada para la fijación de la solera.

El nivel de piso puede indicarse también marcando en las columnas 70 cm desde el extremo inferior o base, especialmente cuando las columnas son mayores a 3,15 m de altura (figura 9.37), y cuando el espesor del contrapiso sea de 10 cm incluyendo el acabado.

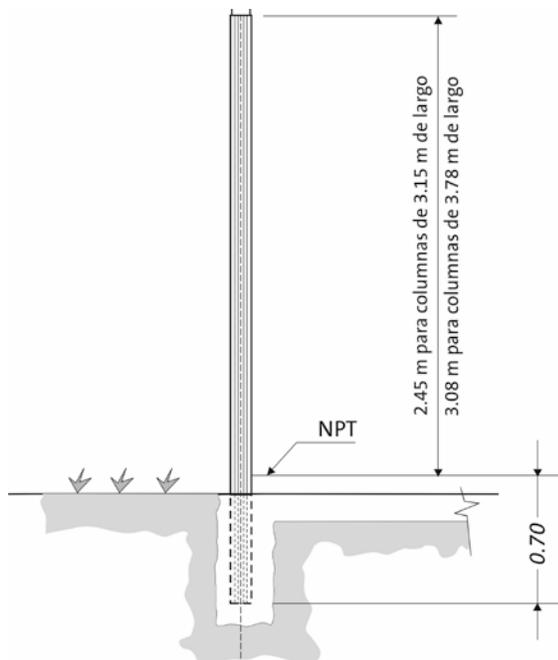


Figura 9.37 Colocación de columnas esquineras

Se colocan las columnas esquineras. Al introducirlas en los huecos es recomendable utilizar una tabla y una regla para mantener intactos los bordes del hueco y no llenar de tierra el sello.

Se colocan estas columnas esquineras a la distancia exacta entre ellas según los planos. Se procede entonces a verter el concreto y simultáneamente se alinean y se da plomo a las columnas, utilizando para ello las cuerdas de trazado y un nivel (figura 9.38).

Cuando se van a utilizar tapicheles Prefa Holcim o cuando existan desniveles y muros, se requiere utilizar columnas de diferentes tamaños las cuales vienen identificadas en los planos, se debe tener el cuidado suficiente para que queden colocadas siempre a las alturas correspondientes.

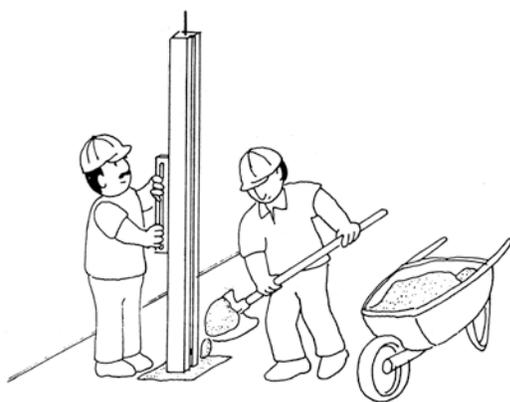


Figura 9.38 Alineamiento de columnas y colado de los dados de fundación

j. Colocación de las columnas intermedias

Se unen ahora las columnas esquineras entre sí con una cuerda superior y una cuerda inferior. Esto permitirá colocar las columnas intermedias completamente a plomo en un sentido y con la ayuda de un nivel se puede plomarlas en el otro sentido. Así mismo esto permite el alineamiento perfecto de las columnas intermedias con las columnas esquineras.

Se repite este procedimiento hasta dejar instaladas todas las columnas de la casa (figura 9.39), puesto que existen algunas columnas especiales, que llevan incorporadas las instalaciones eléctricas o mecánicas, es muy importante identificarlas claramente y colocarlas de acuerdo con la distribución indicada en los planos constructivos.

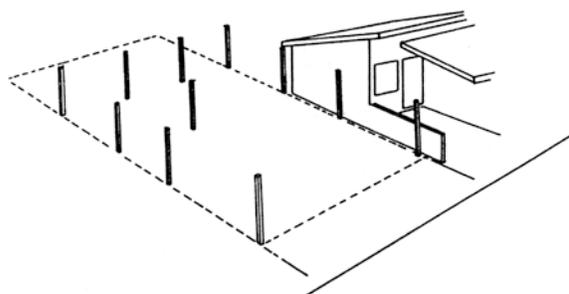


Figura 9.39 Colocación de columnas intermedias

k. Ménsula de apoyo para baldosas inferiores

Se debe revisar siempre que todas las ménsulas estén a un mismo nivel para permitir el alineamiento de las baldosas superiores y su ajuste con la solera. Esta revisión permite además chequear de nuevo el nivel de piso terminado (N.P.T.) indicado y marcado en cada columna (figura 9.37) el cual puede quedar aproximadamente 5,0 cm por arriba de la ménsula en caso de que el espesor del contrapiso sea de 7,5 cm, incluyendo el acabado.

NOTA: en todo caso, siempre el nivel de piso terminado (N.P.T.) predefinido es una referencia para la altura final entre el piso acabado y el cielo raso de la obra. Lo importante es conocer el tipo de acabado que tendrá el piso (lujado, cerámica, terrazo, etc.) para conocer los espesores de losa y del relleno que se van a usar a partir de ese N.P.T.

l. Proceso de colocación de los tensores de fundación

Se debe excavar una zanja para el tensor perimetral con dimensiones de 10 cm x 10 cm a la cual se le coloca una formaleta perimetral o lateral con el fin de posicionar la varilla #3 grado 60. Una vez instalada la varilla se vierte el concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ (figura 9.19).

m. Colocación de las baldosas

Usando un pequeño andamio o tarima de 1 x 2 m por 1.6 m de alto, se colocan las baldosas entre las columnas. Para ello se requieren dos personas en el andamio y dos abajo, para acarrear y luego sostener estas cuando se deslizan hacia abajo. Las baldosas no se deben dejar caer por las ranuras, pues pueden sufrir despuntes o fracturas (figuras 9.40 y 9.41).



Figura 9.40 Colocación de baldosas en sitio

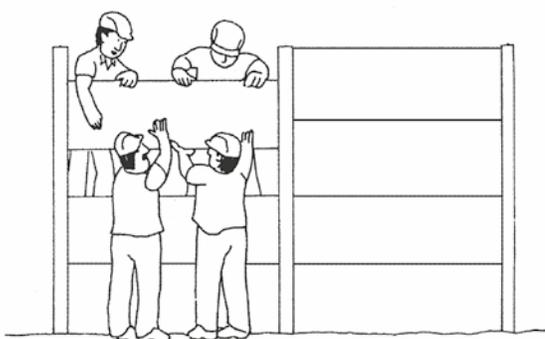
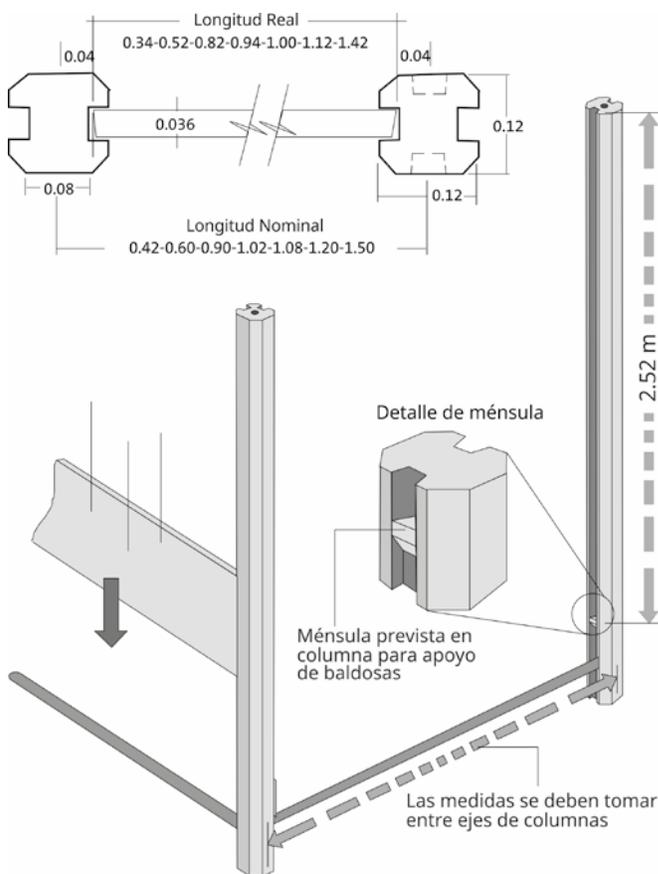


Figura 9.41 Esquema de colocación de baldosas

n. Cargadores

Se tiene ahora la opción de colocar baldosas de 31 cm de ancho como cargadores (parte superior) para puertas o ventanas y como banquetas (parte inferior) para las ventanas.

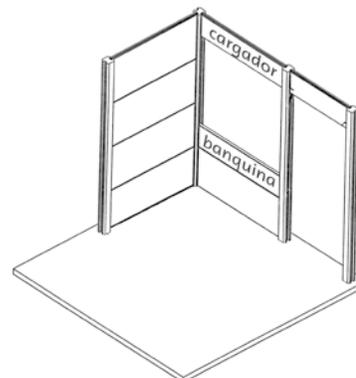


Figura 9.42 Colocación de baldosas cargador

Cuando se utilicen como cargadores, se debe colocar un pin de 6 mm (1/4") de diámetro y conectarlo a manera de pasador. De esta forma estamos logrando la fijación de estas baldosas sin necesidad de utilizar otros elementos.

o. Colocación de tapicheles Prefa Holcim

Si se selecciona un modelo con tapicheles de concreto, las paredes laterales están conformadas por columnas de diferentes alturas, donde se colocarán los tapicheles.

Estos se colocan de forma similar a las baldosas, ubicando cada pieza en su lugar de acuerdo con lo que indica el plano constructivo (figura 9.43).

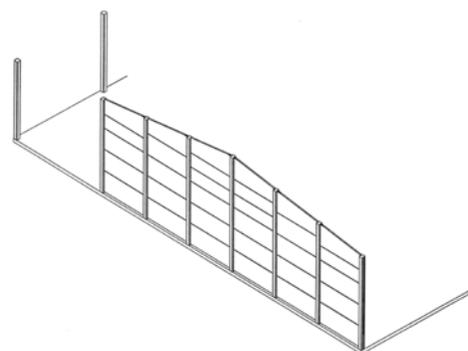


Figura 11.43 Colocación de tapicheles

p. Colocación de la solera

Se fija la solera metálica o de madera por medio de una arandela a un perno de 1,6 cm (5/8") de diámetro el cual a su vez se une a una prevista roscada en la parte superior de la columna (figura 9.44). Se debe guardar especial cuidado a los detalles de unión y traslape entre elementos cuando se requieran.



Figura 9.44 Fijación de viga solera

q. Relleno de sisas horizontales y juntas verticales

Tanto las uniones verticales entre columnas y baldosas, como las sisas horizontales entre baldosas, deben rellenarse por la cara externa como por la interna con morteros. Se recomienda el uso de morteros empacados antes que el mortero preparado en sitio porque los primeros cuentan con aditivos que garantizan la adherencia y plasticidad requeridas para un buen mortero de relleno. Además, han sido dosificados industrialmente y bajo estrictos controles de calidad. Es indispensable dosificar con la cantidad de agua recomendada por el fabricante y seguir sus instrucciones para la aplicación y el curado.

Para lograr un mejor resultado coloque cuñas de madera desde el exterior entre la baldosa y la columna, para asegurar un alineamiento perfecto de las baldosas, luego inicie el proceso de relleno de juntas (figura 9.45).

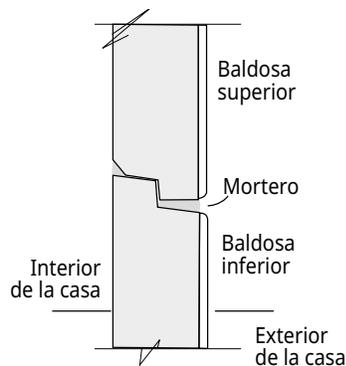


Figura 9.45 Relleno de sisas horizontales

Opcionalmente se puede preparar un mortero en la obra si se cuenta con una arena limpia y de buena calidad. Una posible dosificación volumétrica sería una parte de cemento por cada parte de arena.

El uso de un adherente mejorará la calidad del mortero, sin embargo, se recomienda consultar con un profesional para obtener la mejor dosificación con el cemento y la arena que tengan disponible en la obra.

El mortero de relleno debe ser lanzado y no untado, para lograr una mejor penetración de este en las sisas. Así mismo, debe ser curado para evitar que se pulverice, dejarse secar unos 30 minutos y luego recortar el sobrante con llaneta.

r. Murete o bordillo exterior de concreto

Finalmente, se debe hacer en la parte inferior de todas las paredes exteriores un bordillo de concreto para evitar cualquier filtración de agua al piso o contrapiso (figura 9.46).

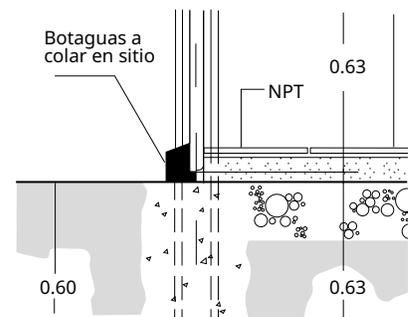


Figura 9.46 Bordillo para evitar infiltraciones

s. Acabado de paredes

Aunque el acabado de las baldosas y columnas Prefa Holcim es muy liso y de buena apariencia, se les puede dar un terminado con un revestimiento de buena calidad. Para esto le recomendamos seguir las instrucciones del fabricante del revestimiento.

Sin embargo, las paredes pueden ser repelladas fácilmente. Para esto es aconsejable usar algún producto adhesivo antes de aplicar el repello sobre las paredes.

En general, las soluciones de acabado de paredes son todas aquellas que existan en el mercado:

- Repello con mortero de cemento y arena fina
- Repello con mortero empacado.
- Masillado a base de cal y cemento
- Revestimientos de buena calidad
- Estucos
- Cualquier tipo de impermeabilizantes químicos preparados y existentes en el mercado.

t. Recomendaciones para la aplicación de acabados

Antes de aplicar cualquier material de acabado se deben tener en cuenta algunas de las siguientes recomendaciones:

- Todas las uniones verticales entre columnas y baldosas y las uniones horizontales entre baldosas deben llenarse con mortero.
- La pared debe estar libre de polvo, grasa, tierra o cualquier otro material contaminante que pueda afectar la adherencia final del material aplicado como acabado de la pared.
- Según el tipo de acabado que se utilice, en algunos casos se necesitará emplear algún tipo de aditivos para mejorar la adherencia, los cuales deben aplicarse con los cuidados necesarios y siguiendo siempre las recomendaciones de los fabricantes.

Cuando se desee dar un acabado a base de mortero cementicio, es importante tomar en cuenta lo siguiente:

- Se debe emplear un aditivo que mejore la adherencia entre la superficie de las baldosas y el mortero de repello. Este debe ser aplicado directamente a la pared según instrucciones del fabricante.
- Es importante utilizar la cantidad de agua recomendada por el fabricante del mortero y evitar el uso de agua adicional, para no disminuir la resistencia ni la adherencia del mismo.
- Se debe realizar un curado óptimo del repello según las instrucciones del fabricante, para garantizar un mejor desempeño.

Cuando se utilicen masillas a base de cal, se debe poner a apagar la cal con un mínimo de 72 horas antes de mezclar con el cemento. La masilla puede aplicarse con llaneta o con plancha y luego esponjear para obtener un buen acabado. Se recomienda que la masilla para aplicar con plancha se prepare así:

- 1 litro de adherente
- 3 litros de agua
- 3 baldes de cal apagada
- 1 balde de cemento
- ½ balde de arena zarandeada

NOTA: el balde utilizado en construcción tiene una capacidad aproximada de 6L.

Si el acabado empleado es un revestimiento como algún estuco o similar, la pared Prefa debe humedecerse bien, aplicando el revestimiento con un espesor mínimo de 3 mm en forma continua y sin cortes bruscos para evitar la variabilidad de colores en una misma área (mapeo).

Para un buen acabado final, es necesario nivelar o emparejar la superficie por medio de plancha de madera. Es necesario mantener el curado del revestimiento aplicado según las recomendaciones del fabricante.

En resumen, el éxito del acabado aplicado va a depender mucho del seguimiento que se haga de todos los procesos que indiquen los fabricantes para el acabado ya preparado.

9.6 Almacenamiento y manipulación

Antes de iniciar los trabajos de construcción de la casa, se debe estar preparado para recibir y acomodar adecuadamente el material Prefa Holcim a utilizar en la obra. Así se evitarán despuntes o fracturas de los elementos. Para ello, se recomienda seguir estas instrucciones:

- Es necesario acondicionar un espacio en el lote para colocar el material Prefa Holcim. Este espacio debe escogerse de tal manera que permita una descargada rápida y segura del material y que sea acomodado de forma tal que no estorbe la realización de los trabajos siguientes ni la circulación del personal.
- Las baldosas deben almacenarse de canto sobre piezas de madera semidura de 5 cm x 10 cm, con soportes verticales adecuados en los extremos (figura 9.47).

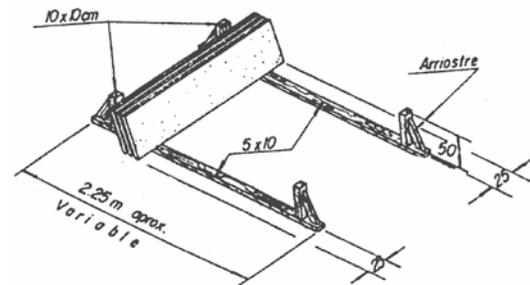


Figura 9.47 Almacenamiento de baldosas

- Las columnas deben ser descargadas cuidadosamente del camión, de manera que no sufran golpes. Deben ser transportadas por dos personas y colocarse consecutivamente sobre piezas de madera semidura alineadas de 5 cm x 10 cm y hasta una altura máxima de 5 camos de columnas (figura 9.48). No es recomendable que las columnas se almacenen encima de las baldosas, porque posiblemente se provocarán despuntes en el material.

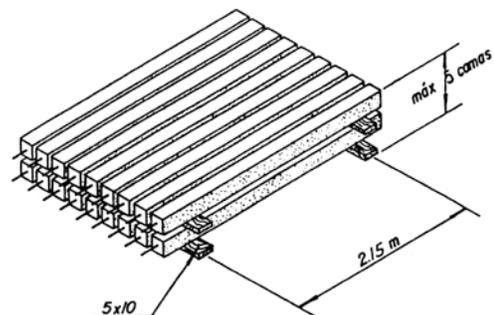


Figura 9.48 Almacenamiento de columnas

Las baldosas deben transportarse y manipularse siempre de canto y para acarrearlas de un lugar a otro se debe hacer por dos personas, y nunca de manera horizontal (figura 9.49).

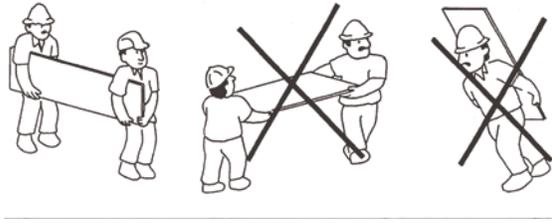


Figura 9.49 Correcta manipulación de las baldosas