



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Construcción Civil

**“Análisis comparativo entre albañilería de EPS
como método innovador y albañilería tradicional
de ladrillo en base a una vivienda de 44,3mt², en
relación costo-sustentabilidad”**

**Tesis para optar al Título de:
Ingeniero Constructor.**

**Profesor Guía:
Sr. Hernán Arnés Valencia.
Constructor Civil.
Ingeniero Civil.**

RICARDO ANDRÉS ORTIZ BERTIN
Valdivia-Chile
2007

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se realiza una análisis comparativo entre albañilería de ladrillo como método tradicional y albañilería con bloques de EPS (Poliestireno expandido) como método innovador.

Se describen los materiales utilizados, se desarrollan todas las etapas de ejecución de obras y se analizan costos por partidas de manera de poder verificar la factibilidad de la técnica.

Además se consideran en el análisis factores como el transporte, reducción de tiempos de ejecución y mano de obra, aislamiento térmico y ahorros de energía por concepto de calefacción en base a una vivienda tipo de 44,3 mt.²

SUMMARY

The present work of degree is made a comparative analysis between masonry of brick like traditional method and masonry with blocks of EPS (Expanded Polystyrene) like innovating method.

The used materials are described, all the stages of work execution are developed and costs by way games are analyzed to be able to verify the feasibility of the technique.

In addition factors like the transport, reduction of run times and manual labor, heat insulation and savings of energy by concept of heating on the basis of a house of 44,3mt² are considered in the analysis.

INDICE

Introducción

Objetivos

Capítulo I: Generalidades.

1.1.-Normativa térmica.....	5
-----------------------------	---

Capítulo II: Métodos tradicionales de albañilerías.

2.1.- Albañilería de adobes.....	9
2.2.- Albañilería de ladrillo.....	10
2.3.- Albañilería de bloques de hormigón.....	11

Capítulo III: Descripción de los materiales.

3.1.- Sistema tradicional: “Albañilería de ladrillo”.....	13
3.1.1.- Ladrillos cerámicos.....	13
3.1.2.- Materiales para los morteros de junta	19
3.1.2.1.- Cemento.....	19
3.1.2.2.- Aridos.....	20
3.1.2.3.- Agua.....	21
3.1.2.4.- Barras de refuerzo para hormigón armado.....	21
3.2.- Sistema innovador: “Albañilería de EPS (Poliestireno expandido).”.....	22
3.2.1.- Bloques de EPS.....	22
3.2.1.1.- Ficha Técnica.....	23
3.2.1.2.- Características bloque 250.....	24
3.2.1.3.- Características bloque 125.....	25
3.2.2.- Materiales para el Hormigón de relleno.....	26
3.2.2.1.- Clasificación por resistencia a compresión.....	26
3.2.2.2.- Clasificación por resistencia a flexotracción.....	27
3.2.3.- Barras de refuerzo para hormigón armado.....	27

Capítulo IV: Construcción con ladrillos cerámicos.

4.- Constricción con ladrillos cerámicos.....	29
4.1.- Tipos de albañilería.....	29
4.2.- Construcción con ladrillos cerámicos.....	30
4.2.1.- Cimientos en la vivienda de albañilería.....	30
4.2.2.- Los muros de ladrillo.....	30
4.2.3.- Espesor del tendel.....	32
4.2.4.- Las llagas.....	32
4.2.5.- El mortero o mezcla.....	33
4.2.6.- Grado de humedad de los ladrillos.....	33
4.2.7.- Refuerzos de hormigón armado.....	34
4.3.- Ejecución del muro.....	37
4.3.1.- Levantamiento del muro.....	37
4.3.2.- Vanos de las puertas.....	38
4.3.3.- Formación de las hiladas.....	38
4.3.4.- Juntas verticales o llagas.....	40
4.3.5.- Vanos de ventanas y entrevanos.....	41
4.3.6.- Endientado.....	41

Capítulo V: Construcción con bloques de EPS.

5.1.- Fundaciones.....	43
5.1.1.- Sistema cimiento, sobrecimiento y radier.....	43
5.1.2.- Sistema radier con zarpa.....	44
5.2.- Anclaje.....	45
5.3.- Construcción de muros.....	47
5.3.1.- Trazado.....	47
5.3.2.- Montaje.....	47
5.3.3.- Levantamiento de muros.....	48
5.3.4.- Armadura.....	50
5.3.5.- Apuntalamiento.....	50
5.3.6.- Vanos de puertas y ventanas.....	51
5.3.7.- Relleno de hormigón.....	51
5.3.8.- Encuentro techumbre y cubierta.....	53
5.4.- Revestimientos.....	54
5.4.1.- Estucado Cementicio.....	54
5.4.2.- Yeso.....	55
5.4.3.- Enchape de ladrillos y Cerámicos.....	56
5.4.4.- Enchape de placas de fibrocemento, volcanita, siding y madera.....	57
5.5.- Gasfitería y electricidad.....	58
5.5.1.- Pequeño diámetro.....	58
5.5.2.- Gran diámetro.....	59

Capítulo VI: Análisis comparativo.

6.1.- Análisis comparativo de transporte.....	61
6.2.- Análisis comparativo de tiempo de ejecución y mano de obra.....	64
6.2.1.- Glosario Técnico.....	65
6.2.2.- Albañilería ladrillo rejilla.....	66
6.2.3.- Albañilería Exacta 125.....	67
6.2.4.- Albañilería Exacta 250.....	68
6.2.5.- Resumen tiempo de ejecución y mano de obra.....	69
6.3.- Análisis comparativo de costos.....	70
6.3.1.- Marco teórico.....	71
6.3.2.- Sistema tradicional.....	73
6.3.3.- Sistema innovador.....	77
6.3.4.- Resumen análisis comparativo de costos vivienda tipo.....	80
6.4.- Análisis comparativo de aislación térmica.....	81
6.5.- Análisis comparativo de sustentabilidad.....	83
6.5.1.- Método de cálculo de combustible para calefacción.....	83
6.5.2.- Aplicación cálculo de combustible en vivienda tipo.....	86

Capítulo VII: Conclusiones.

7.1.- Conclusiones análisis comparativo de transporte.....	88
7.2.- Conclusiones análisis comparativo de tiempo de ejecución y mano de obra.....	88
7.3.- Conclusiones análisis comparativo de costos.....	89
7.4.- Conclusiones análisis comparativo de aislamiento térmica.....	90
7.5.- Conclusiones análisis comparativo sustentabilidad.....	91
7.6.- Conclusiones generales.....	91

Bibliografía.....	93
--------------------------	-----------

Documentos anexos.....	94
-------------------------------	-----------

INTRODUCCION.

Se dice que el ladrillo es tal vez el material más antiguo empleado por el hombre. Su descubrimiento a lo mejor fue por azar, cuando los campesinos, al apagar el fuego, se dieron cuenta de que la tierra que quedaba se tornaba dura y resistente.

Chile tiene mucho que hablar de este tema. Una larga historia de albañilería albergan sus ciudades. Por eso no es casual que la primera fábrica tecnologizada de ladrillos date de 1957 y que tuviera, en esa época, procesos mecanizados para el mezclado, extrusión, secado, cocción y enfriamiento.

Hoy existen más de una docena de fábricas industrializadas. Y la mayoría cuenta con equipamiento y tecnología apropiados para la obtención, la maduración y la preelaboración de la arcilla, el moldeado, el secado, la cocción, el almacenamiento y el transporte de los ladrillos producidos.

No en vano pareciera que este elemento tan tradicional es uno de los favoritos de constructores, sin embargo la evolución de las técnicas empleadas en la construcción nos llevan a utilizar métodos innovadores como construcciones con ladrillos livianos de poliestireno expandido (EPS) que se rellenan de hormigón, para la fabricación in situ de muros portantes, quedando los ladrillos incorporados a la estructura, aportando aislación térmica y acústica sin costo adicional.

En el estudio se desarrollarán todas las etapas de ejecución de obras con este método y se analizarán costos por partidas de manera de poder verificar la factibilidad de la técnica. Finalmente se desarrollará un análisis comparativo entre una vivienda de 44m² construida albañilería de ladrillo y otra con bloques de EPS.

OBJETIVOS.

- Analizar las materias primas utilizadas en ambos sistemas constructivos.
- Mostrar una manera distinta de utilizar el Poliestireno Expandido (EPS) en la construcción.
- Estudiar el sistema de albañilería con bloques de EPS (Poliestireno expandido) y su utilización en obras menores.
- Analizar la factibilidad, costos, beneficios y sustentabilidad de la utilización de este método como una solución innovadora.
- Introducir en la construcción la utilización de un material innovador, poco conocido en el mercado de nuestro país.
- Analizar la ejecución de ambos sistemas, destacando cual simplifica más los procesos constructivos.
- Comparar el sistema de albañilería con bloques de EPS (Poliestireno expandido) con la albañilería tradicional en base a una vivienda tipo de 44m².

CAPITULO I
GENERALIDADES

1.1.-Normativa térmica.¹

La necesidad de protegerse contra los elementos hostiles para el perfecto desarrollo, equilibrio y bienestar social de la vida humana ha sido un problema permanente con el que se ha tenido que enfrentar la humanidad desde sus orígenes, por lo que la noción de confort térmico en las construcciones ha sido un requerimiento muy antiguo y vigente.

Es así que el concepto de cobijarse del medio exterior a través de los diversos modos de habitación que ha experimentado el ser humano en la historia, por una necesidad básica para guarecerse de las condiciones adversas, entre ellas el clima, está directamente asociado a los materiales que le han servido de abrigo para desenvolverse en su hábitat.

Dentro del universo de materiales que se han utilizado para edificar y posibilitar algún grado de protección térmica a las construcciones desde antaño, surgieron con el tiempo nuevos materiales y productos con buenas propiedades de comportamiento térmico y clasificados como aislantes térmicos.

Después de la crisis energética de los años 70, los países desarrollados pusieron de manifiesto la necesidad de estudiar los edificios desde el punto de vista térmico, incorporando aislación térmica para conseguir el mayor ahorro posible de energía en vista de su creciente costo y dada su dependencia de provisión foránea de petróleo, a raíz de lo cual los materiales aislantes térmicos comenzaron a jugar un rol preponderante y masivo para reducir la demanda energética.

En vista de esto, con el transcurso del tiempo y a la fecha, los países europeos cuentan con normativas y regulaciones cada vez más exigentes que se han implementado progresivamente con éxito.

¹ La información de esta sección ha sido extraída principalmente de Manual de Aplicación Reglamentación Térmica. MINVU, Chile 2006.

A la luz de lo realizado en el mundo y de lo estratégico que es actuar en este ámbito, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo incorporo la reglamentación térmica en su programa de acciones en el año 1994, con los siguientes objetivos:

- Mejorar la calidad de vida de la población mediante un mejor confort térmico y los beneficios que ello reporta: mayor habitabilidad, mejor salud, menor contaminación y mayor durabilidad de la vivienda.
- Optimizar y/o reducir el consumo de combustibles destinados a calefaccionar y refrigerar las viviendas.
- Promover y estimular la actividad productiva, industrial, académica, gremial y de investigación aplicada.

Para llevar a cabo los objetivos señalados, se ha definido una estrategia de reglamentación, sobre la base de considerar las siguientes tres acciones secuenciales:

1. Disminuir al máximo las demandas de energía.
2. Utilizar y optimizar las ganancias internas y externas.
3. En el caso de requerir calefaccionar o refrigerar, utilizar sistemas no contaminantes, eficientes y de bajo costo.

Los objetivos señalados y las acciones para llevarlos a cabo, constituyen lineamientos simples y concretos que sustentan la normativa nacional e internacional, en términos térmicos, sociales y económicos.

Chile es el primer país de Latinoamérica que ha incorporado en su reglamento de construcción exigencias de acondicionamiento térmico para todas las viviendas, en el marco de una política de mejoramiento de calidad de vida de la población y más allá de la actual distancia respecto de las condiciones de confort y de la baja demanda de energía alcanzada en los países desarrollados.

El programa de reglamentación térmica, definido por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo en el año 1994, contempla tres etapas:

- En marzo de 2000 entró en vigencia la primera etapa de la reglamentación térmica, donde se establecen las disposiciones para los complejos de techumbre; fija los valores de pérdida unitaria máxima por zona climática que se divide el país.
- En enero de 2007 entro en vigencia la segunda etapa de reglamentación térmica que regula las exigencias de aislación térmica de muros, ventanas y pisos de edificios habitacionales.
- La tercera etapa, cuya definición se encuentra en proceso, considera la certificación energitérmica sobre el comportamiento global.

La elaboración de la propuesta para la segunda etapa de la reglamentación térmica hace ver la deficiente aislación térmica de gran parte del parque de viviendas en Chile y la necesidad de introducir modificaciones a los sistemas constructivos mas utilizados en el país. En particular a la construcción de albañilería de ladrillo cerámico y hormigón, la cual no se encuentra tecnológicamente preparada para enfrentar una reglamentación térmica.

Los estándares de calidad térmica de muros de este tipo de construcción en el país son insuficientes para atender las exigencias reglamentarias en gran parte del territorio nacional, situación que afecta a Chile actualmente la competitividad de la industria del ladrillo y el cemento.

CAPITULO II
METODOS TRADICIONALES
DE ALBAÑILERIAS

2.1.- Albañilería de adobes.

El adobe es un bloque formado por una masa de arcilla y algún aditivo, secada al sol y al aire, caracterizándose por ser un material que se emplea sin cocción previa. Es un antiquísimo sistema de construcción que se encuentra en muchas regiones geográficas. Funciona muy bien en regiones de clima seco.

Características.

Se fabrica con tierra arcillosa y agua, mediante un molde, y se deja secar al sol. Para evitar que se agriete al secar se añaden a la masa, paja, crin de caballo, heno seco, que sirven como armadura. Las dimensiones adecuadas deben ser tales que el albañil pueda manejarlo con una sola mano.

Tiene una gran inercia térmica, por lo que sirve de volante regulador de la temperatura interna; en tiempo de calor es fresco y tibio durante el invierno.

Puede deshacerse con la lluvia por lo que, generalmente, requiere un mantenimiento sostenido, que suele hacerse con capas de barro. No es correcto hacerlo con mortero de cemento, puesto que la capa resultante es poco permeable al vapor de agua y conserva la humedad interior, por lo que se desharía el adobe desde dentro.

En países de mano de obra barata es muy económico; permite fabricar uno mismo los materiales para construir su propia casa. Antiguamente, en los días que los labradores no tenían faenas que hacer en el campo, fabricaban adobes, que luego vendían al que quisiera hacerse una casa.

Actualmente se fabrican de manera más certera con respecto a la composición, y suelen tener un veinte por ciento de arcillas y un ochenta por ciento de arena, sin agregar algún tipo de paja u otros elementos a la masa.

2.2.- Albañilería de ladrillo.

Un ladrillo es una pieza cerámica, generalmente ortoédrica, obtenida por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa, cuyas dimensiones suelen rondar 24 x 11,5 x 6 cm. Se emplea en albañilería para la ejecución de fábricas de ladrillo, ya sean muros, tabiques, tabicones, etc. Se estima que los primeros ladrillos fueron creados alrededor del 6.000 a.C.

Características.

El ladrillo permite la construcción de muros y estructuras similares, con buenas características estructurales y de aislación térmica y acústica. Por esta tradición e infraestructura existente, los ladrillos cerámicos constituyen uno de los principales recursos empleados para la construcción, especialmente de viviendas en nuestro país.

El diseño de estructuras de albañilería requiere tener en consideración su seguridad estructural, durabilidad y habitabilidad, lo cual implica el manejo de conceptos de cálculo estructural, aislación térmica y acústica, resistencia al fuego e impermeabilidad.

En lo concerniente a habitabilidad y seguridad, las albañilerías de ladrillo proporcionan características apropiadas de aislación térmica, aislación acústica y resistencia al fuego, en particular si se considera el aspecto costo para el análisis. Sin embargo, su habitabilidad puede verse afectada por el manejo de la humedad, que constituye alrededor del 70% de las causas de reclamo de los usuarios de viviendas de albañilería.

Normativa.

El diseño estructural del ladrillo está cubierto por la normalización existente, que comprende textos para definir las cargas actuantes, incluidas las sísmicas, y para el dimensionamiento en las normas NCh 167, NCh 168, NCh 169, NCh 791, NCh 1928, NCh 2123.

2.3.- Albañilería de bloques de hormigón.

Los bloques de hormigón son elementos prefabricados, que se usan para la construcción de muros de albañilería, pegándolos entre sí mediante mortero. Si en los huecos de los bloques se colocan barras de acero, y se rellenan estos huecos con mortero u otro hormigón, se pueden construir obras llamadas albañilería armada, que trabajan en forma parecida a las de hormigón armado.

Características.

El bloque de hormigón prefabricado ha logrado una amplia difusión en el campo de la construcción. La estructura de albañilería armada empleando bloques de hormigón ha demostrado además, una buena capacidad de resistencia sísmica y un menor costo frente a la albañilería de ladrillo. Esto, más su facilidad de uso tanto en soluciones constructivas simples como estructurales, con una variedad de texturas y colores, ha hecho del bloque un producto de gran demanda por constructores, arquitectos y proyectistas.

Las notables propiedades de aislación térmica y acústica se complementan con una buena resistencia al fuego y una baja absorción de humedad. Han tenido un excelente desempeño en condiciones de clima especialmente extremos, bajo fuertes y prolongadas precipitaciones y bajas temperaturas.

Normativa.

El diseño estructural de bloques de hormigón está cubierto por la normalización existente, que comprende textos para definir las cargas actuantes, incluidas las sísmicas, y para el dimensionamiento en las normas NCh 181, NCh 182, NCh 183, NCh 430, NCh 1928, NCh 2123.

CAPITULO III

DESCRIPCION DE LOS MATERIALES

3.- Descripción de los materiales.

En este capítulo se hará referencia a todos los materiales que se utilizan en ambos sistemas constructivos, que serán comparados mas adelante

3.1.- Sistema tradicional: “Albañilería de ladrillo”.²

En adelante se indican las condiciones que cumplirán los materiales componentes de las albañilerías, tanto en lo que concierne a las unidades como a los morteros de junta, y la forma en que se almacenarán para mantener adecuadamente su calidad.

Materiales:

3.1.1.- Ladrillos cerámicos.

Un ladrillo es una pieza cerámica, generalmente ortoédrica, obtenida por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa.

La arcilla con la que se elabora los ladrillos es un material sedimentario formado sustancialmente de sílice, alúmina y agua, cantidades variables de hierro y otros materiales alcalinos.

Geometría.

Su forma es la de un prisma rectangular, en el que sus diferentes dimensiones reciben el nombre de *soga*, *tizón* y *grueso*, siendo la *soga* su dimensión mayor. Así mismo, las diferentes caras del ladrillo reciben el nombre de *tabla*, *canto* y *testa o cabezal* (la *tabla* es la mayor). Por lo general, la *soga* es del doble de longitud que el *tizón* o, más exactamente, dos tizones más una junta, lo que permite combinarlos libremente. El *grueso*, por el contrario, puede no estar modulado.

² La información de esta sección ha sido extraída principalmente de Wikipedia, 2007.

Existen diferentes formatos de ladrillos, por lo general de un tamaño que permita manejarlo con una mano. En particular, destaca el formato *métrico*, en el que las dimensiones son 24 x 11,5 x 5,25 cm. (nótese que cada dimensión es dos veces la inmediatamente menor más 1 cm. de junta).

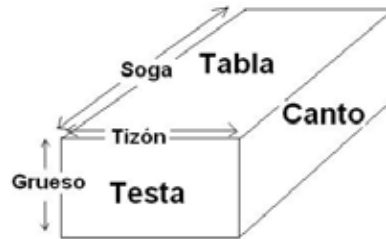


Fig.1 Dimensiones de los ladrillos.

Tipos de ladrillo.

Según su forma, los ladrillos se clasifican en:

- **Ladrillo Perforado**, que son todos aquellos que tienen perforaciones en la tabla que ocupen más del 10% de la superficie de la misma. Muy popular para la ejecución de fachadas de ladrillo visto.



Fig.2 Ladrillo perforado.

• **Ladrillo Macizo**, aquellos con menos de un 10% de perforaciones en la tabla. Algunos modelos presentan rebajes en dichas tablas y en las testas para ejecución de muros sin llagas.



Fig.3 Ladrillo macizo.

• **Ladrillo Tejar o Manual**, simulan los antiguos ladrillos de fabricación artesanal, con apariencia tosca y caras rugosas. Tienen buenas propiedades ornamentales.



Fig.4 Ladrillo manual.

• **Ladrillo Hueco**, son aquellos que poseen perforaciones en el canto o en la testa, que reducen el volumen de cerámica empleado en ellos. Son los que se usan para tabiquería que no vaya a sufrir cargas especiales.



Fig.5 Ladrillo hueco.

Clasificación de los ladrillos.³

La NCh 169 Of2001 establece la clasificación y los requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos de fabricación industrial (hechos a máquina), que se utilizan en la construcción de viviendas, edificios y obras civiles en general. No se aplica a los ladrillos cerámicos artesanales (hechos a mano), cuya clasificación se detalla en la NCh 2123.

La clasificación de ladrillos que plantea la NCh 169 Of2001 está en función de tres aspectos: clases, grados y uso, los cuales se resumen en la Tabla 1 y 2 siguientes:

Tabla 1 Clasificación de los Ladrillos Hechos a Máquina			
Por clases	Características	Grados	Por uso
Macizos (MqM)	Sin perforaciones	1	
Perforados (MqP)	Inferior a 50% de volumen bruto	2	Cara vista Revestidos
Huecos (MqH)	50% o más del volumen bruto	3	

Basándose en la clasificación anterior, los ladrillos deben cumplir requisitos mecánicos que son detallados en la Tabla 2:

Tabla 2 Grados de Ladrillos Cerámicos							
Requisitos mecánicos	Clases de Ladrillos Cerámicos						
	1			2		3	
	MqM	MqP	MqH	MqP	MqH	MqP	MqH
Resistencia a la compresión,							
mínima (Mpa)	15	15	15	11	11	5	5
Absorción de agua, máxima %	14	14	14	16	16	18	18
Adherencia, mínima (Mpa) (área neta)	0,4	0,4	0,4	0,35	0,35	0,3	0,25

³ La información de esta sección ha sido extraída principalmente de NCh 169 of 2001. INN, 2001.

Los ladrillos cerámicos deben cumplir además con criterios de forma y terminación detallados en la NCh169.Of2001, las cuales se describen en la Tabla 3; junto con las recomendaciones detalladas en las normas de diseño de albañilería, considerando siempre que para albañilerías armadas y confinadas, solo puede contemplarse el uso de ladrillos cerámicos Tipo MqP grado 1 ó grado 2.

Tabla 3	
Tipo de ladrillo (según su uso)	
Requisitos	Cara vista (V) Cara para ser revestida (NV)
Fisura superficial La fisura superficial se limita en longitud a no más de 1/3 de la dimensión de la cara con respecto a la dirección de la fisura. En los cabezales se acepta la existencia de fisuras superficiales sin importar su longitud.	Se acepta en cualquier cara sin importar su longitud.
Fisura pasada No se acepta en las caras mayores. Se acepta a lo más una fisura pasada en alguno de los cabezales.	Se acepta una fisura pasada en cualquiera de sus caras.
Desconchamiento Se acepta la existencia de a lo más un desconchamiento superficial y siempre que su diámetro no supere 10 mm.	Se acepta hasta un desconchamiento por cara, limitando también su diámetro a 10 mm como máximo.
Eflorescencia Se acepta presencia de eflorescencias, de fácil remoción, cuya extensión se limita por acuerdo entre las partes.	
Tolerancias de planeidad + - 4mm	+ - 4mm
Tolerancias dimensionales Largo + - 5mm Ancho + - 3mm Alto + - 3mm	+ - 5mm + - 3mm + - 3mm

Calidad.

En las Especificaciones Particulares se establecerá la calidad de los ladrillos cerámicos ya sean hechos a maquina o a mano, destinados a ser empleados en albañilerías simples, las que en todo caso se ajustaran a las prescripciones establecidas en NCh 169.

El Proveedor certificara características de los ladrillos cerámicos mediante un certificado emitido por un Laboratorio aprobado por la Inspección Técnica, el cual incluirá los valores promedio y desviación típica de los resultados controlados en los treinta días anteriores a la fecha de suministro. Este incluirá los siguientes antecedentes:

- Clasificación según NCh 169.

- Dimensiones según NCh 168.
- Resistencia a la Compresión según NCh 167.
- Adherencia según NCh 167.
- Absorción según NCh 167.

El Propietario o la Inspección Técnica podrán exigir una verificación de las características de la partida correspondiente al suministro, el cual se efectuara de acuerdo a las estipulaciones de las mismas Normas antes señaladas. En el caso de los ladrillos hechos a mano, esta verificación será obligatoria para cada partida como mínimo un control de una muestra representativa, que incluya por los menos 10 unidades, de la cual se calificará visualmente su consistencia, regularidad, dimensiones y eventualmente otras características que se estime necesarias para la buena ejecución de la obra.

Almacenamiento.

Los ladrillos cerámicos se almacenaran de manera de evitar su contacto con el terreno natural y protegidos de la lluvia y de las heladas. Es necesario almacenar los pallets en un sector adecuado dentro de la obra, solo en el momento de ser utilizados se preparan las unidades en grupos y se ubican cerca de la faena, evitando traslados innecesarios que pueden generar despuntes o fisuras en el producto cerámico por una mala manipulación.

3.1.2.- Materiales para los morteros de junta. ⁴

3.1.2.1.- Cemento.

Calidad.

Para la confección de los morteros de junta de las albañilerías se utilizan cemento de clase corriente proveniente de fabricas de origen nacional, sin necesidad de certificación de sus características físico químicas.

Si el cemento, en el momento de ser utilizado en obra, presenta grumos o terrones de cemento fraguado distribuidos en su interior en una proporción superior a un 10% de su peso, su empleo quedará condicionado a un harneo previo, por una malla de abertura aproximada a 0.5 mm., eliminando el material retenido y aumentando la dosis de cemento en 10%. Si el porcentaje de grumos es superior a 15%, el cemento no podrá ser empleado.

Almacenamiento.

El cemento en bolsas se almacenara en bodegas que lo protejan de la intemperie, con piso de madera y elevado con respecto al terreno circundante.

Las bolsas de cemento se guardaran en pilas de 10 a 12 unidades, adyacentes; entre sí, pero separadas de las paredes y dejando vías de circulación interiores para la entrada y salida de material.

Las bolsas de cemento se usaran cronológicamente, según su orden de recepción, para lo cual estarán debidamente identificadas las diferentes; partidas y almacenadas de forma que se facilite su empleo en las condiciones señaladas.

⁴ La información de esta sección ha sido extraída principalmente de Construcción de Albañilerías Armadas. Instituto Chileno de Cemento y del Hormigón, 1987.

3.1.2.2.- Áridos.

Calidad.

La arena empleada para la confección de los morteros de junta cumplirá las condiciones estipuladas en la Norma NCh 163, especialmente en lo, que concierne a contenido de materia orgánica y de sales, si la procedencia de los áridos lo hace necesario. Su granulometría será de graduación media, debiendo de preferencia quedar incluida con la siguiente banda:

Tabla 4	
Granulometría de graduación media.	
Tamiz (mm.)	% que pasa
5.0	100
2.5	95-100
1.25	70-100
0.63	40-75
0.315	10-35
0.160	2-15

La verificación del cumplimiento de las condiciones; señaladas en los párrafos; anteriores se efectuará por lo menos una vez al comienzo de los trabajos y se repetirá cada vez qua se produzca un cambio de Proveedor o se observen variaciones sensibles de sus características.

Almacenamiento.

Los arenas se acopiarán separadas según su origen, evitando qua se mezclen entre sí. En el área de acopio se eliminará la vegetación y la capa vegetal y todo material suelto que pueda contaminarlas, colocando una capa, debidamente compactada, del mismo material quo se acopiará.

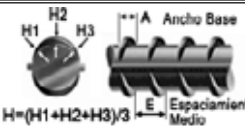
3.1.2.3.- Agua.

Los requisitos de calidad o composición química que debe cumplir el agua de amasado se establecen en la norma chilena NCh 1498. En resumen, esta norma especifica requisitos a los valores de pH, sólidos en suspensión, sólidos disueltos, materia orgánica, cloruros y sulfatos solubles presentes en el agua de amasado; establece que el agua potable será siempre apta para la confección de hormigones; no permite el uso de agua que contenga azúcares (sacarosa, glucosa o similares) y acepta el uso de agua de mar solamente en hormigones simples (sin armaduras) de grado inferior a H15.

3.1.2.4.- Barras de refuerzo para hormigón armado.

Las barras de refuerzo para hormigón armado, son productos de sección circular, con nervios longitudinales y nervios inclinados respecto a su eje, en conformidad a los requisitos de la norma chilena NCh 204. Of77

En el mercado nacional se ofrecen dos calidades A44-28H y A63-42H.

Tabla 5							
Descripción barras de Refuerzo para Hormigón Armado.							
					Dimensiones de los resaltes		
	Diámetro e	Masa	Sección	Perímetro	Separación media máxima, E	Altura media mínima, H	Ancho base máxima, A
	mm	kg/m	cm ²	cm	mm	mm	mm
	6	0,222	0,283	1,89	-	-	-
8	0,395	0,503	2,51	5,6	0,32	2,0	
10	0,617	0,785	3,14	7,0	0,40	2,5	
12	0,888	1,13	3,77	8,4	0,48	3,0	
16	1,58	2,01	5,03	11,2	0,64	4,0	
18	2,00	2,54	5,65	12,6	0,72	4,5	
22	2,98	3,80	6,91	15,4	1,10	5,5	
25	3,85	4,91	7,85	17,5	1,25	6,25	
28	4,83	6,16	8,80	19,6	1,40	7,0	
32	6,31	8,04	10,1	22,4	1,60	8,0	
36	7,99	10,2	11,3	25,2	1,80	9,0	

3.2.- Sistema innovador: “Albañilería de EPS (Poliestireno expandido).”⁵

Materiales.

3.2.1.- Bloques de EPS.

Son ladrillos livianos de poliestireno expandido (EPS) que se rellenan de hormigón, para la fabricación in situ de muros portantes, quedando el ladrillo incorporado a la estructura, aportando aislación térmica y acústica sin costo adicional.

Son fabricados en base a Poliéstireno Expandido o EPS que se elabora a partir de la materia prima, el Poliéstireno Expansible. El insumo base es el estireno que corresponde a un derivado del petróleo el que por un proceso de polimerización da origen a la materia prima expansible que se presenta bajo gránulos esferoidales de tamaño milimétrico y que se denomina Poliéstireno Expansible

Estos gránulos o perlas expansibles al someterlos a un proceso de preexpansión por temperatura y vapor pueden alcanzar un volumen de hasta 50 veces superior al inicial, los que luego de un reposo intermedio, variable según la densidad, se incorporan en moldes para expandirse por temperatura y vapor aún más y termosoldarse entre ellos hasta conformar finalmente un cuerpo volumétrico único y homogéneo.

El producto resultante es una espuma rígida de color blanco y gran trabajabilidad, caracterizado por un termoplástico de baja densidad y alta resistencia físico-mecánica en relación a su reducido peso aparente. Esta espuma rígida está constituida por un sinnúmero de celdas cerradas, solidariamente apoyadas y termosoldadas por sus tangentes, las que tienen aire quieto ocluido en su interior. El 98 % de aire quieto en su volumen es lo que le confiere una extraordinaria capacidad de aislamiento térmico.

⁵ La información de esta sección ha sido extraída principalmente de Exacta – Termopared de Hormigón, 2007.

3.2.1.1.- Ficha Técnica.

Tabla 6 Características comunes a ambos espesores.	
MATERIAL	Poliestireno Expandido de alta densidad de BASF, difícilmente inflamable según Norma DIN N° 4102
DENSIDAD	25 - 30 Kg/m ³
DILATACIÓN TERMICA	0,2 mm/m a temperaturas normales
FORMACIÓN DE CONDENSACIÓN DE AGUA	Con humedad Relativa ambiente del 93% y temperatura exterior de -10°C e interior de +20°C
RESISTENCIA A LA DIFUSION DEL VAPOR	19,6 m (u.s.)
INERCIA TERMICA	7,5 horas
RESISTENCIA A ALTAS TEMPERATURAS	Resiste hasta +100°C y -190°C
RESISTENCIAS QUIMICAS	Resiste a la acción de: Agua, Agua de mar, Ácidos en cualquier concentración, Alcalis, Alcoholes, Amoniaco. No resiste: Solventes aromáticos

Geometría.

En el mercado nacional existen dos formatos, Bloque Exacta 250 que tiene 250 mm. de ancho x 250 mm. de alto y 1000 mm. de longitud creando una vez rellenos de hormigón, muros monolíticos de hormigón de 160 mm. y Bloque Exacta 125 que tiene 125 mm. de ancho x 250 mm. de alto y 1000 mm. de longitud creando tabiques de 80mm. de hormigón.

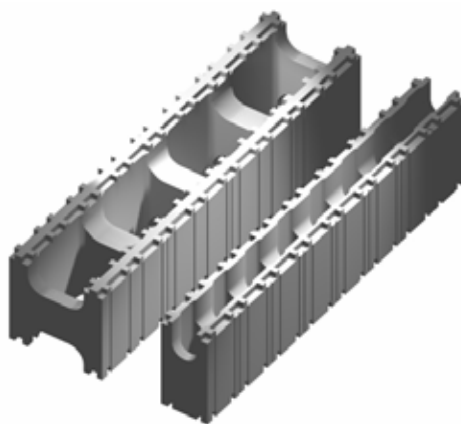


Fig.6 Bloques Exacta 250 y 125.

3.2.1.2.- Características bloque 250.

Peso del bloque (aprox.)

Sin Hormigonar.....3 Kg/m²

Hormigonado.....310 Kg/m²

Rendimiento.....4 Ladrillos por m² de mampostería

Volumen de hormigón necesario..... 0,13 m³/m²

Aislación térmica..... 0,29 W/m²K

Aislación acústica

Sin Estucar..... .43 dB

Con placas de yeso cartón..... 45 dB

Con placas de yeso cartón sobre perfiles.....55 dB

Idem anterior y Lana mineral entre perfiles..... 58 dB

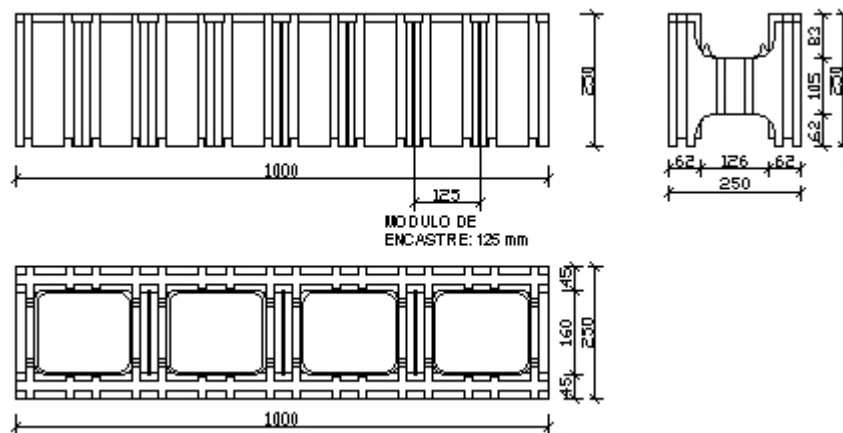


Fig.7 Detalle Bloque 250.

3.2.1.3.- Características bloque 125.

Peso del bloque (aprox.)

Sin Hormigonar.....1 Kg/m²

Hormigonado.....101 Kg/m²

Rendimiento..... 4 Bloques por m² de mampostería

Volumen de hormigón necesario.....0,040 m³/m²

Aislación térmica..... 0,43 W/m²K

Aislación acústica

Sin Estucar.....35 dB

Con placas de yeso cartón.....37 dB

Con placas de yeso cartón sobre perfiles.....47 dB

Ídem anterior y Lana mineral entre perfiles.....50 dB

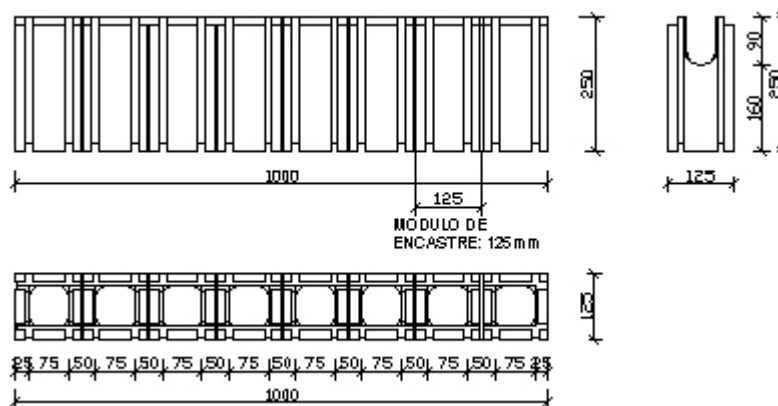


Fig.8 Detalle Bloque 125.

Almacenamiento.

Dada la liviandad de los elementos se recomienda, tanto en el transporte como en el almacenaje en obra a la intemperie, asegurar firmemente los bloques a la superficie para evitar roturas o extravíos provocados por vientos fuertes.

La exposición prolongada al sol puede generar un ligero amarillamiento del exterior de las caras del bloque, la cual debe ser removida antes de estucar.

3.2.2.- Materiales para el Hormigón de relleno.⁶

Se utiliza hormigón de iguales características al usado en obras de hormigón armado, cumpliendo lo establecido en la NCh 170. Se clasifican principalmente por su resistencia a la compresión, medida en probetas cúbicas normalizadas, de acuerdo a NCh 1017 y NCh 1037, ensayadas a 28 días.

Clasificación.

El hormigón se clasifica en grados ya sea con respecto a la resistencia a compresión o con respecto a la resistencia flexotracción.

3.2.2.1.- Clasificación por resistencia a compresión.

El hormigón se clasifica con respecto a su resistencia especificada a compresión f_c , medida en probetas cúbicas de 200 mm. de arista, de acuerdo con las normas NCh1017 y NCh1037, a la edad de 28 días, como se indica en la tabla 6.

Tabla 7		
Clasificación de los hormigones por resistencia a compresión.		
Grado	Resistencia especificada, f_c .	
	MPa	(kgf/cm ²)
H5	5	(50)
H10	10	(100)
H15	15	(150)
H20	20	(200)
H25	25	(250)
H30	30	(300)
H35	35	(350)
H40	40	(400)
H45	45	(450)
H50	50	(500)

⁶ La información de esta sección ha sido extraída principalmente de NCh 170 of 85. INN, 1985.

3.2.2.2.- Clasificación por resistencia a flexotracción.

El hormigón se clasifica con respecto a su resistencia especificada a flexotracción, ft, medida a probetas de $d = 150$ mm. de acuerdo con NCh1017, y ensayadas de acuerdo con la norma NCh1038, a la edad de 28 días, como se indica en la tabla 8.

Tabla 8		
Clasificación de los hormigones por resistencia a flexotracción.		
Grado	Resistencia especificada, ft.	
	MPa	(kgf/cm ²)
HF 3	3,0	(30)
HF 3,5	3,5	(35)
HF 4	4,0	(40)
HF 4,5	4,5	(45)
HF 5	5,0	(50)
HF 5,5	5,5	(55)
HF 6	6,0	(60)

3.2.3.- Barras de refuerzo para hormigón armado

Se utilizaran barras de iguales características, descritas en materiales de albañilería tradicional. (3.1.2.4).

CAPITULO IV
CONSTRUCCION CON LADRILLOS
CERAMICOS

4.- Construcción con ladrillos cerámicos.⁷

4.1.- Tipos de albañilería.

- **Albañilería simple:** La de tipo corriente o tradicional, formada por ladrillos unidos por mortero de cemento (o mixto, de cemento y cal), y que sólo es capaz de resistir esfuerzos de compresión. (Ver Fig. 9-A).
- **Albañilería armada:** La que lleva barras delgadas de acero, ya sea en dirección horizontal, entre alguna de sus hiladas de ladrillo, o en dirección vertical, aprovechando agujeros especiales de los mismos. (Ver Fig. 9-B)
- **Albañilería reforzada:** La que se construye con cadenas, pilares y losas de hormigón armado y se aproxima así a las características resistentes de este último material.
(Ver Fig. 9-C).

Demás está decir que el primer tipo de albañilería es el que se usó desde siempre, a través de muchos siglos. Los dos últimos se conocen sólo en la época actual, a partir del uso del acero y del hormigón armado.

⁷ La información de esta sección ha sido extraída principalmente de Curso Elemental de Edificación. Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile, 1997.

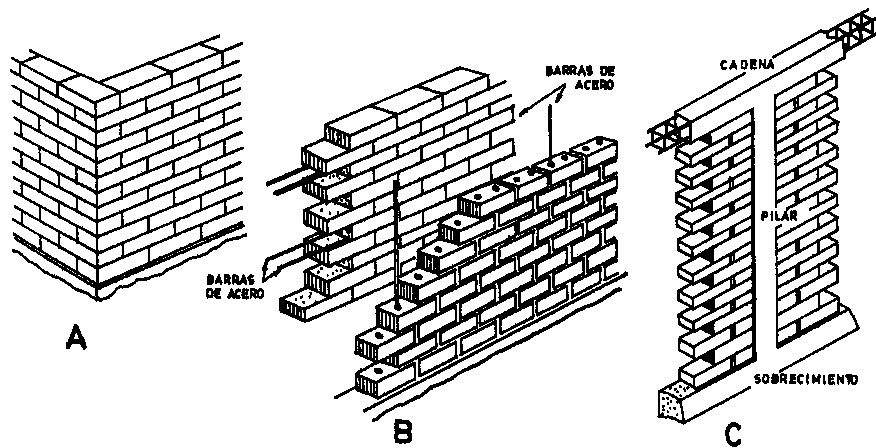


Fig.9 Diversos tipos de albañilería.

4.2.- Construcción con ladrillos cerámicos.

4.2.1.- Cimientos en la vivienda de albañilería.

Se emplean por lo común los llamados cimientos corridos, que son los que van debajo de todos los muros, de manera continua, sin cortarse.

Los cimientos deben tener una profundidad mínima de 60 cm., incluyendo una parte de 20 cm. a lo menos que debe penetrar las capas no removidas del terreno.

4.2.2.- Los muros de ladrillo.

Estos muros están formados por hilados horizontales de ladrillo, unidas con una capa de mortero, también horizontal, que recibe el nombre de tendel, y juntas verticales, entre uno y otro ladrillo, llamadas llagas o degolladuras. (Ver Fig. 10)

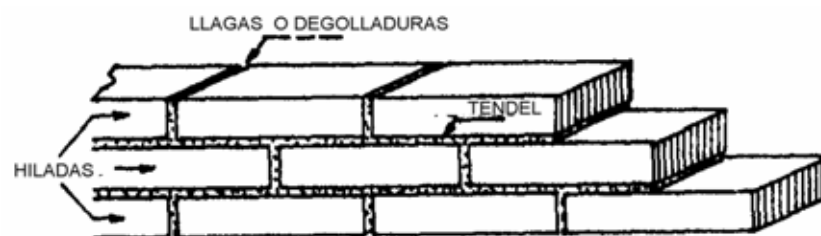


Fig.10 Partes de un muro de albañilería.

Cada ladrillo puede estar colocado de sogá, cuando su longitud tiene en la hilada la misma dirección del muro; a tizón o de cabeza, cuando su mayor dimensión es perpendicular al muro; de sardinel, cuando está colocado de canto, dando cara con cara con los ladrillos vecinos; y por último, de pandereta, caso en que está también de canto, pero formando ahora un tabique delgado, que recibe el mismo nombre. (Ver Fig. 11)

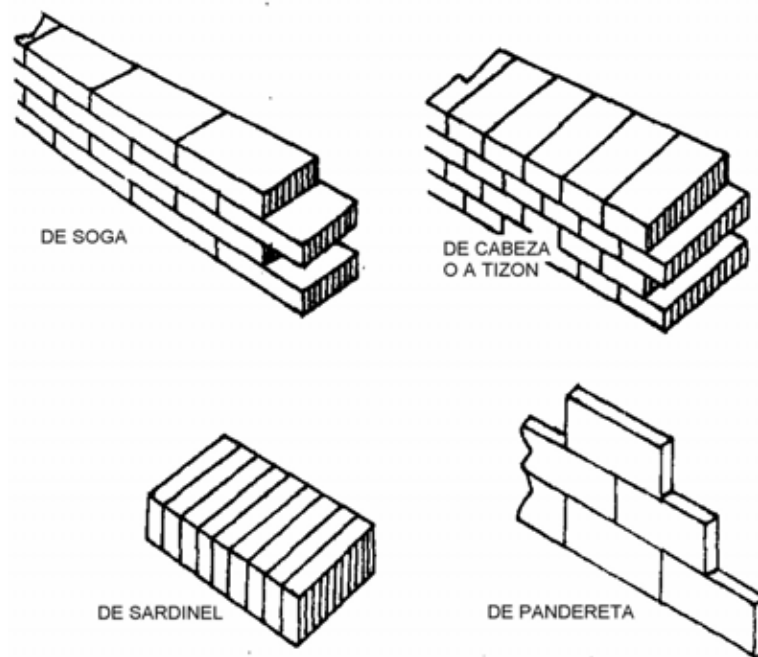


Fig.11 Posiciones comunes de los ladrillos en muros.

Con respecto a las trabas entre ladrillos, pueden ser a medio ladrillo o bien, a un tercio de ladrillo. (Ver Fig. 12)



Fig.12 Trabas comunes de los ladrillos en muros.

En este estudio se proyectará la vivienda tradicional con muros de albañilería cuyos ladrillos tendrán una disposición de sogá, con trabas a medio ladrillo.

4.2.3.- Espesor del tendel.

A menudo se cree que un tendel de mayor espesor influye en el costo del muro o en su resistencia. Lo más probable es que esto no sea efectivo en ninguno de los dos casos: a) porque el costo del mortero en volumen es casi siempre muy semejante al costo del ladrillo, y b) porque siempre se trata de dar al mortero una resistencia parecida a la que tiene el ladrillo.

Este espesor depende más bien de otros factores: Cuando el ladrillo es muy disparejo, como ocurre precisamente con el fabricado a mano, es necesario un espesor mayor de mortero, que sea capaz de contener todas sus diferencias.

Así mismo, si la arena es muy gruesa o contiene pequeñas piedrecillas, sólo puede usarse en un tendel de mayor espesor, o bien, debemos proceder a harnearla. En general, el tamaño máximo de la arena debe ser igual a la mitad del espesor del tendel. Lo más común es que el espesor del tendel sea de 2 cm. lo que implica, que las piedrecillas de la arena no deben ser mayores de 1 cm.

4.2.4.- Las llagas.

También el espesor de las llagas tiene importancia. En muros con ladrillos a la vista suele dársele un espesor muy pequeño, igual al del tendel, de 10 a 12 mm. En este caso es difícil que el mortero llene íntegramente la llaga, si se trata de hacerlo penetrar desde arriba, por lo que es necesario tomar precauciones especiales.

Por esta razón, en los muros cuyos paramentos van a ser estucados, se acostumbra dar a las llagas un espesor francamente mayor que el que tiene el tendel, para asegurarnos que las juntas entre los ladrillos queden completamente llenas de mezcla.

4.2.5.- El mortero o mezcla.

Se trata de obtener un mortero que tenga una resistencia semejante a la resistencia del ladrillo.

El mortero se prepara con arena gruesa (tiene granos que llegan a 4,7 mm. de diámetro), Debe estar limpia y con granos de tamaño variados.

A modo de referencia, se entregarán dos dosificaciones:

- **Para albañilería con ladrillos hecho a máquina o de pequeño espesor:**

1 saco de cemento (de 42,5 kg.) por 135 litros de arena y 25 litros de agua, Rinde 137 litros de mortero. Corresponde a una dosificación en volumen de 1 parte de cemento por 4,5 partes de arena.

- **Para albañilería con ladrillo hecho a mano o de espesor de 20 cm. o más:**

1 saco de cemento por 165 litros de arena y 30 litros de agua. Rinde 165 litros de mortero. Corresponde a una dosificación en volumen de 1:5,5 (1 parte de cemento por 5,5 de arena).

4.2.6.- Grado de humedad de los ladrillos.

Es corriente establecer en las instrucciones para la faena, que los ladrillos deben de estar bien mojados al momento de ponerlos en el muro, para que no resten parte de la humedad del mortero, humedad que es indispensable para su proceso de fragüe o endurecimiento.

Mojar el ladrillo es importante, siempre que no se pase de cierto límite, ya que en otro extremo, un ladrillo con mucha agua crea también problemas: hace más fluido el mortero y puede "flotar" sobre él, dificultando su ubicación exacta en el muro; tarda más en fraguar y limita el número de hiladas que pueden colocarse de una vez; favorece la aparición de eflorcencias (manchas blancas salobres). El estado de humedad ideal es aquel en que el ladrillo no quita ni agrega humedad al mortero.

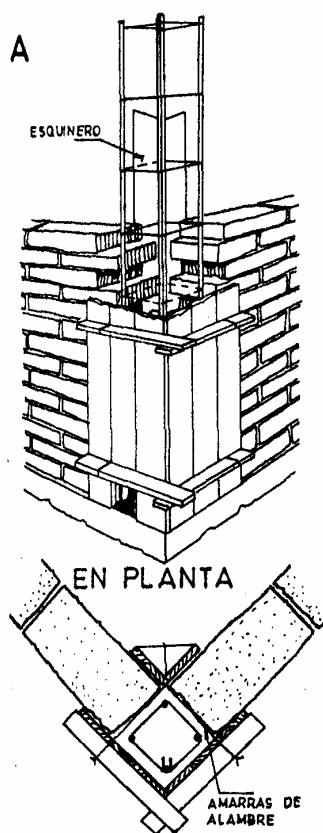
4.2.7.- Refuerzos de hormigón armado.

Se dará la información indispensable sobre los elementos de hormigón armado que se utilizan en una vivienda de albañilería, como son los pilares y la cadena.

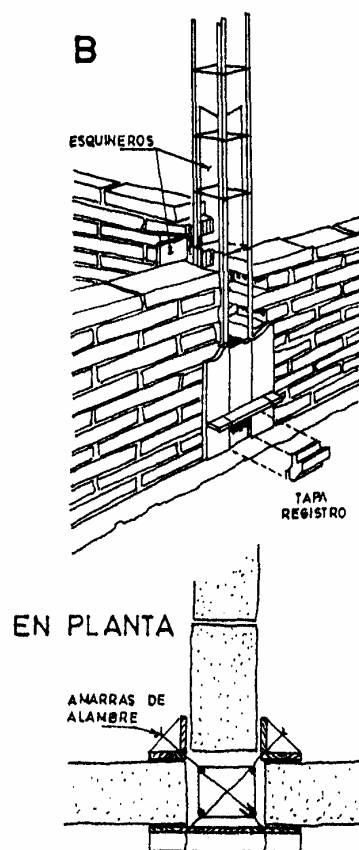
Pilares: Nuestras ordenanzas establecen la necesidad de colocar pilares de hormigón armado en las esquinas y en las intersecciones de muros. Si se produce un tramo de muro mayor de 6 mts. de largo, sin encuentro con otro muro (o de más de 1,8 veces la altura del mismo), cosa poco frecuente en una vivienda, deben colocarse pilares intermedios.

(Ver figura 13 - A, B, y C).

A) Pilar de esquina



B) Pilar intersección de muros



C) Pilar intermedio

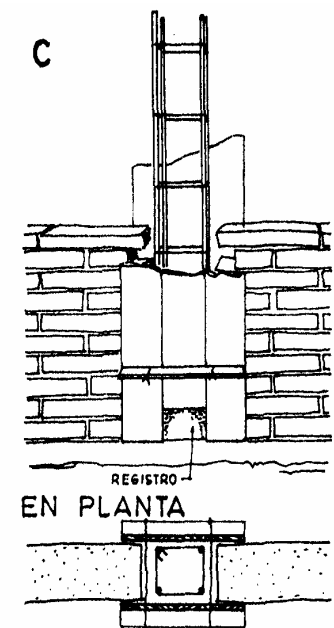


Fig.13 Tipos de pilares.

En general, los pilares deben tener una sección mínima de 400 cm². O sea, pueden ser de 20 x 20 cm., o de 15 x 27 cm., o de 18 x 22 cm., y estar provistos de una armadura de 4 barras de acero redondo de 10 mm. de diámetro cada una (esto se escribe abreviadamente así: 4 fe Ø 10 mm.).

En viviendas de dos pisos, las 4 barras de los pilares del primer piso deberán aumentarse a 12 mm. de diámetro.

Los pilares llevan estribos de acero de 6 mm. , a distancia no mayor de 20 cm. (Los estribos son las amarras transversales que rodean a las barras principales).

Se pueden eliminar los pilares en edificios de un piso, con muros de 25 cm, de espesor y no más de 2,70 m. de altura, siempre que no haya ningún tramo de muro exterior con más de 5 metros de longitud y que los vanos de puertas y ventanas no ocupen más del 50 % de cada tramo.

Se acepta reducir el espesor recién indicado de los muros a 20 cm. si su altura es de 2,40 m, En este caso la longitud de los tramos largos puede aumentarse a 6 m.

Cadenas: Deben ser del ancho del muro y de un alto no inferior a 20 cm. La armadura de las cadenas, en viviendas de un piso, es de 4 barras de 10 mm. de diámetro, con estribos de 6 mm., a no más de 30 cm. de distancia, En viviendas de 2 pisos, la cadena entre el primero y el segundo piso, debe tener 4 barras de 12 mm. de diámetro. Los empalmes de las barras deben estar cruzados por lo menos 40 veces el diámetro de las barras, sin considerar los ganchos. (Ver figura 14).

La armadura de la cadena ha de estar ligada a la armadura de los pilares, En las esquinas de la vivienda, además del cruce normal de estas armaduras, deben agregarse dos barras de refuerzo de una longitud mínima de 40 diámetros en cada dirección, (Ver figura 15).

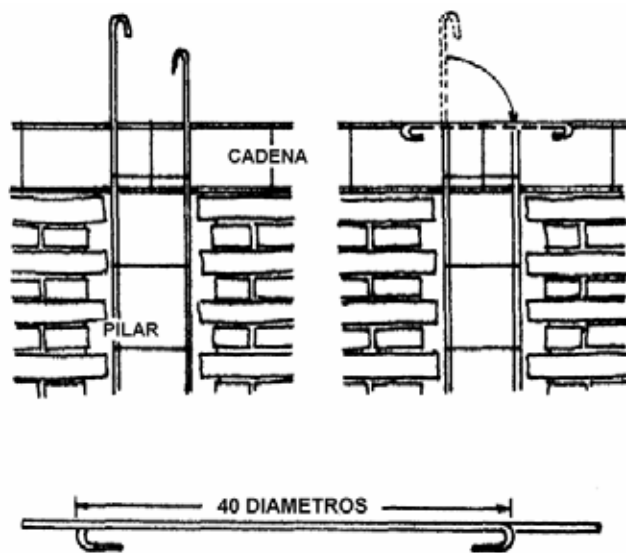


Fig.14 Detalle de armaduras.

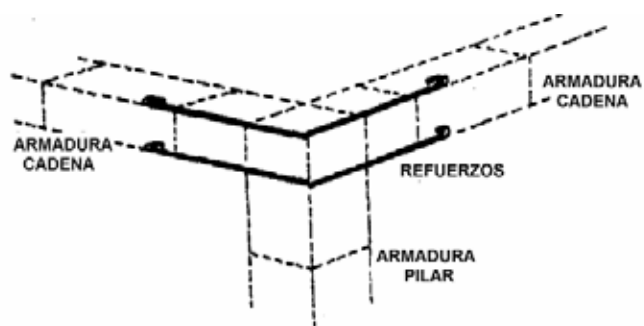


Fig.15 Refuerzo en cadenas.

Cuando las viviendas tienen losa de hormigón armado, la cadena puede ser sólo un aumento del espesor de la losa en forma de nervio, del ancho del muro y de una altura total no inferior a 15 cm. Este nervio deberá incluir a lo menos 4 barras longitudinales de 10 mm. y estribos de 6 mm. a 30 cm.

4.3.- Ejecución del muro.

4.3.1.- Levantamiento del muro.

Para levantar el muro de ladrillo se tienden por última vez los ejes que utilizamos en las fundaciones.

Guiándose por estos ejes y con la máxima precisión posible, el albañil procede a pegar la primera hilada de los muros, hilada que servirá de guía para el resto de la albañilería. Por ser esta una especie de plantilla o guía, se le conoce entre nosotros como emplantillado. Aquí debe aparecer la ubicación exacta de los vanos de las puertas y se resuelven los últimos aspectos de detalle que puedan subsistir.

Por eso es conveniente no comenzar la albañilería misma hasta no obtener la aprobación de este emplantillado por el profesional responsable.

Bajados los ejes con el hilo a plomo y copiados en la cara superior del sobrecimiento, se procede a pegar un ladrillo en cada extremo del tramo de muro de que se trate, distanciándolo unos 2 cm. de la armadura de acero del pilar y a una altura igual a la acordada para el descantillón. (En los casos en que no hay pilar, el ladrillo del extremo llegará hasta la esquina y debe ser ubicado con exactitud en relación a ambos ejes).

Utilizando los ladrillos extremos como guía, se sostiene una lienza en su borde superior, para alinear el resto de los ladrillos del tramo.

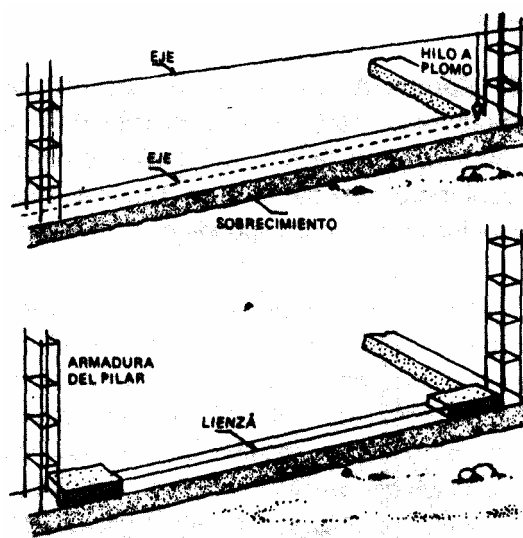


Fig.16 Levantamiento del muro.

4.3.2.- Vanos de las puertas.

Para determinar el del vano debe considerarse el ancho de la hoja de la puerta. A este ancho debe agregarse dos veces el espesor del marco, en su parte rebajada, mas 1 cm. de huelga

En muros con ladrillos a la vista conviene colocar el marco al comenzar a levantar la albañilería, con mayor razón si son metálicos, así también es frecuente colocar la ventana terminada para construir el muro en torno a ella.

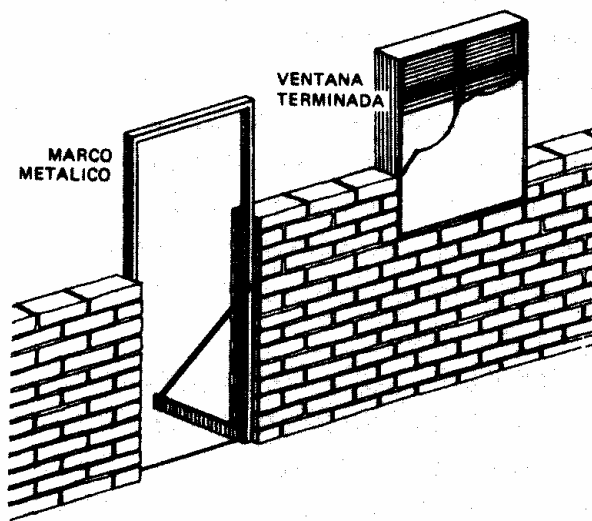


Fig.17 Posición de marcos.

4.3.3.- Formación de las hiladas.

En los extremos de cada tramo se coloca una mira, donde van marcadas las hiladas. Su dirección vertical es muy importante, como también su permanencia sin variaciones mientras dure la confección de la albañilería.

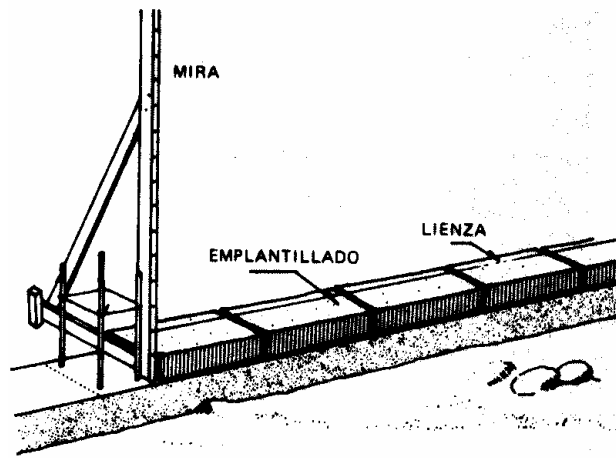


Fig.18 Formación de las hiladas.

El albañil coloca una cantidad de mortero sobre la hilada, dándole a sus bordes con la plana una forma inclinada, para que no caiga hacia los lados. Conviene que el mortero se extienda en tramos cortos, para no más de dos o tres ladrillos.

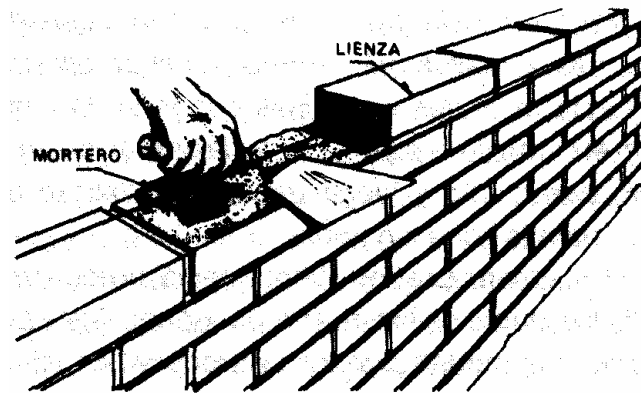


Fig.19 Formación de las hiladas.

El ladrillo se asienta en la mezcla acercándolo a la lienza y dándole pequeños golpes con el mango de la plana, para que tome altura debida.

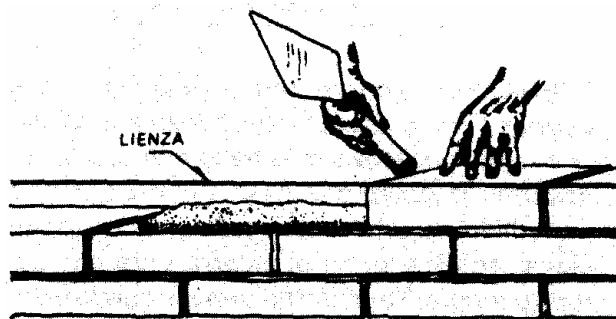


Fig.20 Formación de las hiladas.

4.3.4.- Juntas verticales o llagas.

Es preferible que la separación entre un ladrillo y otro en la hilada sea de mayor tamaño que la del tendel, como dijimos, para que pueda ser llenada con facilidad desde arriba. Es así como una vez terminado de asentar una hilada de ladrillos, el albañil va introduciendo la mezcla con el canto e la plana en cada junta. Con la mano izquierda obstruye la salida del mortero por el paramento opuesto, mientras da golpes cortos en la junta con el canto de la plana. Repite la operación en el otro paramento y luego traslada el exceso de mezcla a la llaga siguiente.

Esta maniobra tiene importancia, porque una falla frecuente de los muros, por donde suele penetrar la humedad exterior, se produce por defectuoso llenado de las llagas. Tanto es así que cuando necesitamos que el espesor de la llaga sea pequeño, por ejemplo, de 10 o 12 mm, debe procederse de una manera especial: Es necesario que el albañil coloque mortero en el canto correspondiente de cada ladrillo -sosteniéndolo levantado- antes de ubicados en la hilada (Figura 12).

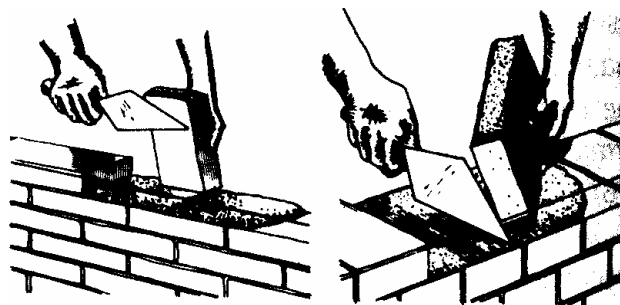


Fig.21 Juntas verticales.

4.3.5.- Vanos de ventanas y entrevanos.

Conviene marcar en las miras la hilada en que comienzan los vanos de las ventanas. Su ubicación exacta en sentido horizontal debe hacerse de acuerdo al plano de planta de la vivienda, y su ancho, con antecedentes semejantes a los que vimos para los vanos de las puertas.

Los trozos cortos de muro que se producen entre dos ventanas cercanas no deben ser menores de un tercio de su altura. O sea, un machón de este tipo de 1,20 m de altura no debe tener menos de 40 cm de longitud. En caso de que se desee una dimensión menor, debe hacerse de hormigón armado.

Con frecuencia se producen machones pequeños entre un vano de ventana y el hueco de un pilar. Además de resultar ellos muy poco resistentes, mientras no se hormigone el pilar, debe cuidarse que al momento de llenarlo, el empuje del hormigón no los haga perder su dirección vertical.

4.3.6.- Endientado.

Para la mejor unión entre la albañilería y el hormigón de los futuros pilares, se deja en la primera lo que se conoce como endientado o adaraja. Cada diente sobresale de las hiladas vecinas unos 5 cm. y puede dejarse hilada por medio o cada dos hiladas. La primera solución es apropiada para hormigón vibrado (el que se apisona o compacta con una máquina vibradora), que puede penetrar en los huecos con mayor facilidad, y la segunda, para un hormigón apisonado a mano.

CAPITULO V
CONSTRUCCION CON BLOQUES DE EPS

5.- Construcción con bloques de EPS.⁸

5.1.- Fundaciones.

El sistema constructivo Exacta se adapta a cualquier sistema de fundación:

- 1.- Sistema cimiento, sobrecimiento y radier.
- 2.- Sistema radier con Zarpa (recomendable).
- 3.- Lo más importante e indispensable es modular tanto los muros perimetrales como interiores en un múltiplo de 12,5 cms. De esta forma se consigue un mejor rendimiento y mayor aprovechamiento del sistema, disminuyendo la pérdida que pueda generarse por mal aprovechamiento del sistema.

La modulación se debe realizar antes de iniciar las fundaciones, ya sea en el proyecto o antes de hormigonar las fundaciones y/o trazar los muros. En caso contrario el sistema no cumpliría con el objetivo principal, por lo tanto el sistema se hace deficiente y no se consiguen los tiempos y plazos de ejecución.

5.1.1.- Sistema cimiento, sobrecimiento y radier.

Es un sistema por el cual cada una de las etapas se hace por separado.

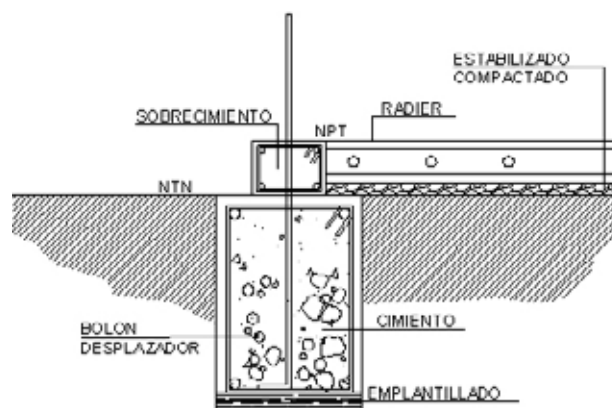


Fig.22 Detalle fundación tradicional.

⁸ La información de esta sección ha sido extraída principalmente de Exacta – Termopared de Hormigón, 2007.

5.1.2.- Sistema radier con zarpa.

Es un sistema por el cual se hormigona el radier y la zarpa en conjunto. Esto se obtiene encajonando la línea perimetral a ser construida. Mediante un camión mixer, se rellena sin juntas y de una vez toda el área de la construcción.

Es muy importante insertar barras de fierro en el radier, ubicadas en posición central al encofrado, según planos de cálculo ver (Fig. 2)

Exacta para obtener un adecuado anclaje del muro.

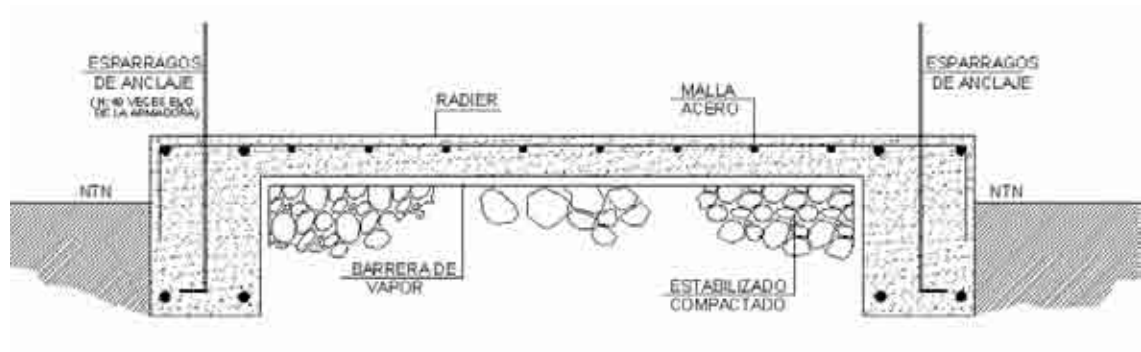


Fig.23 Detalle fundación radier con zarpa.

Procedimiento.

- 1.- Extracción de capa vegetal con material de relleno.
- 2.- Excavación de la fundación.
- 3.- Nivelación y compactación.
- 4.- Ubicación barrera de vapor (Ej. Polietileno)
- 5.- Moldaje del radier
- 6.- Colocación de desagües sanitarios.
- 7.- Ubicación enfierradura radier
- 8.- Relleno de hormigón (las características y el espesor de éste varían de acuerdo al cálculo estático).

5.2.- Anclaje.

Se deben insertar barras de fierro de diámetro 10 cada 50 cm. en todo el perímetro donde se va a apoyar el muro, antes de que fragüe el hormigón, a fin de obtener una buena unión estructural radier-muro. La barra de fierro debe insertarse dentro del hormigón al menos 20 cm. y debe sobresalir, como mínimo, 40 veces el diámetro del espesor.

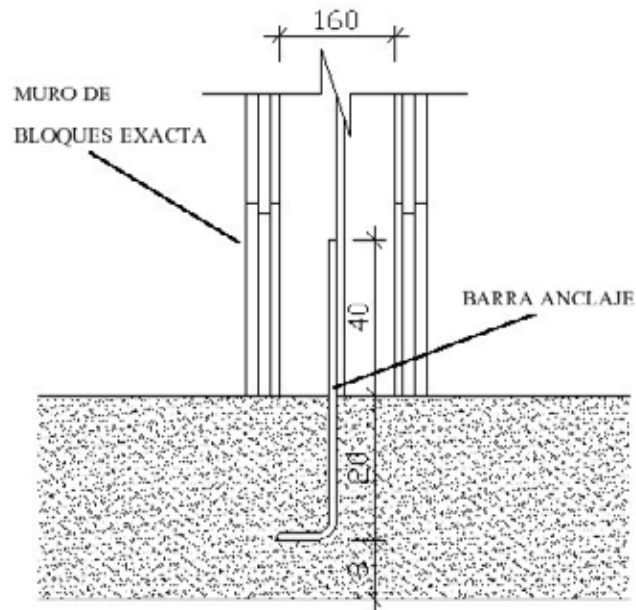


Fig.24 Detalle anclaje en fundación.

En caso de tratarse de subterráneos la armadura debe ubicarse cada 25 cm., siempre y cuando así lo defina el Ingeniero Calculista.

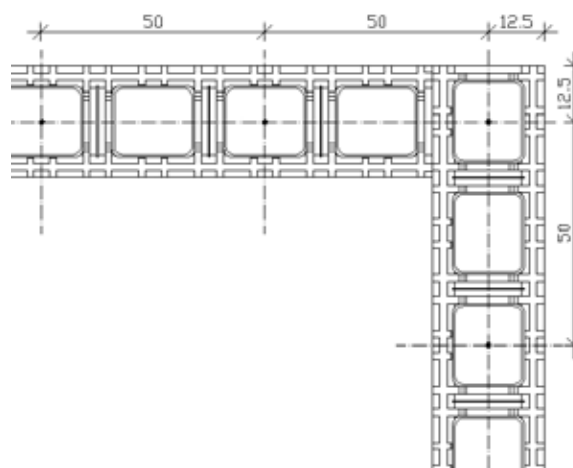


Fig.25 Detalle correcta ubicación del anclaje.

En el caso de subterráneos, las barras se ubican en posición descentrada con respecto a ejes y hacia el interior, siempre y cuando así lo determinen los planos de cálculo.

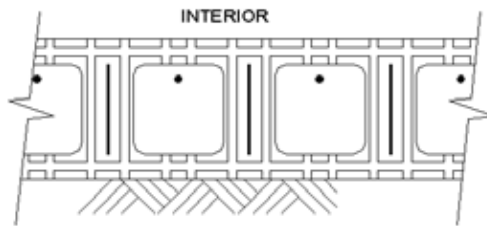


Fig.26 Detalle ubicación anclajes en muros de contención.

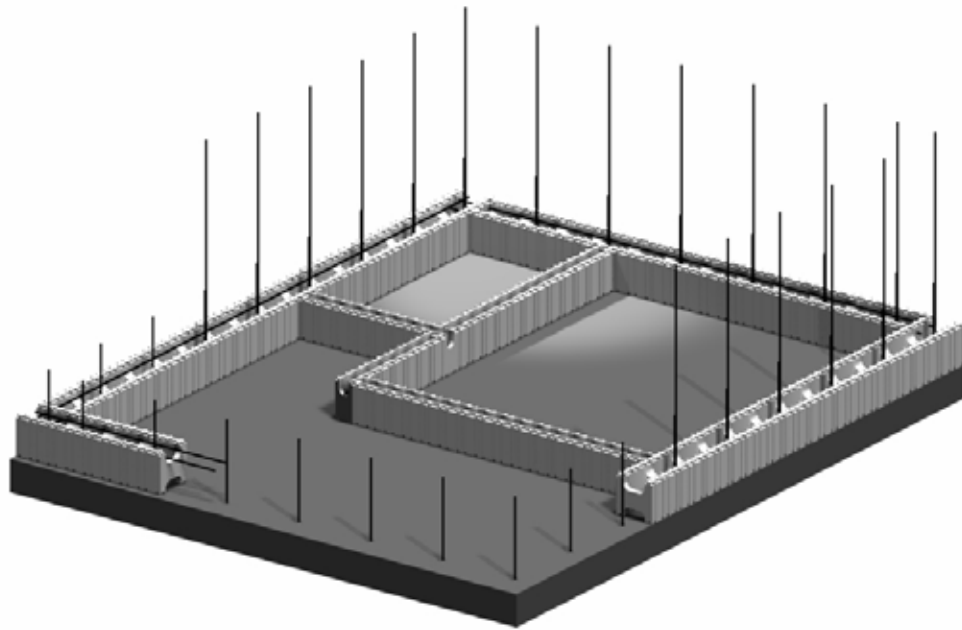


Fig.27 Detalle colocación armadura de anclaje.

5.3.- Construcción de muros.

5.3.1. - Trazado.

Una vez lista la fundación, marque todos los muros ya modulados en múltiplo de 12,5 cms. Interiores y exteriores por la línea perimetral del muro con un trazador.

Es importante que el trazado sea por la línea exterior del muro.

Colocar guías por el exterior del trazo (palillaje) para dar base de apoyo e impedir el escurrimiento de la lechada de hormigón (en la primera hilada)

5.3.2.- Montaje.

- **Encastre:** Las caras superior e inferior del ladrillo Exacta están construidas por encastres macho y hembra que permiten un perfecto ensamble de los mismos.

La correcta ubicación es con el encastre hacia arriba.

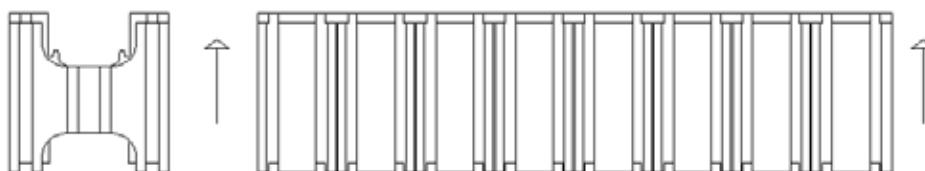


Fig.28 Detalle posición encastre de ladrillos.

- **Cortado de Ladrillos:** Para el dimensionado de los ladrillos sólo es necesario un serrucho de punta fina o una sierra circular eléctrica.

Para facilitar esta operación, las caras externas del ladrillo tienen guías cada 12,5 cm, lográndose de esta manera, cortes de gran exactitud para adaptar a las medidas necesarias en obra.

5.3.3.- Levantamiento de muros.

Los ladrillos se deben encastrar en forma alternada para asegurar un correcto ensamble de todas las hiladas. (fig. 8)

Esto se consigue solo cuando los muros están modulados de acuerdo a lo indicado anteriormente

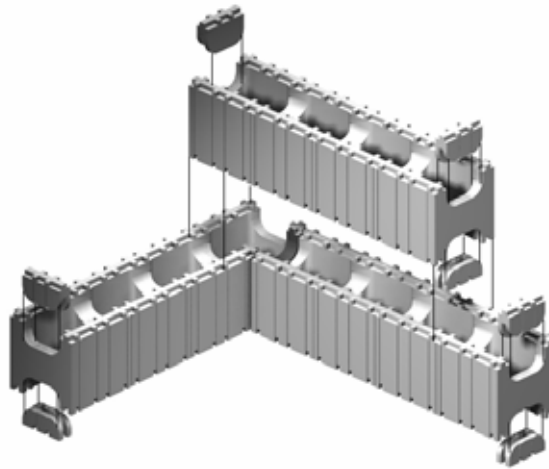


Fig.29 Ejemplo encastramiento entre ladrillos.

Procedimiento primera hilada.

- 1.- Ubique los bloques sobre la línea de trazado (entre las guías de apoyo), a lo largo de todo el perímetro, sin descontar ningún vano.
- 2.- En el encuentro de bloques, es necesario recortar los mismos para asegurar la continuidad del hormigón interior (fig. 13).
- 3.- Asegure las uniones entre bloques con cinta de embalaje.
- 4.- Verifique el correcto posicionamiento de todos los muros, según la línea de trazado.
- 5.- Se llena con un hormigón hidrófugo los primeros 15cms. del bloque inferior a fin de asegurar una perfecta aislación y una correcta nivelación, especialmente en primera planta.

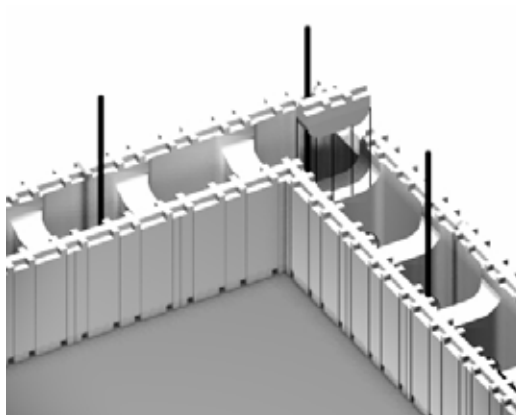


Fig.30 Detalle recorte de ladrillo en encuentros.

Procedimiento hiladas posteriores.

- 1.- Luego de la ubicación de la primera hilada se continúa ensamblando de bloques hasta la tercera.
- 2.- Se verifica la nivelación de bloques
- 3.- Prepare el apuntalamiento en las esquinas formando unos esquineros de moldaje a plomo (apegados al bloque) por dentro y por fuera
- 4.- Luego se continúa el montaje hasta completar la altura de un piso, ubicando la armadura al interior del muro según lo indiquen las especificaciones del cálculo estático.
- 5.- Una vez llenado el muro chequear los plomos.

Observaciones Importantes:

1. No es necesario realizar una cadena de hormigón armado tradicional como coronación, ya que el mismo muro la resuelve estáticamente.
2. No se recomienda interrumpir la continuidad de las paredes con moldajes de madera tradicionales, dado que se pierden las ventajas de rapidez durante el armado e incluso, en algunos casos, lo hace más engorroso.

5.3.4.- Armadura.

Los nervios centrales del bloque fueron diseñados para que la colocación de la armadura horizontal, sea lo más simple posible, facilitando su ubicación en el lugar más adecuado.

En el ladrillo EXACTA 250, dichos nervios poseen concavidades moldeadas que sujetan las barras horizontales cuando se vierte el hormigón.

La distancia entre la cara externa del hormigón y la barra de fierro es de 15 mm.

En el ladrillo EXACTA 125 esta armadura se ubica en la posición central del muro.

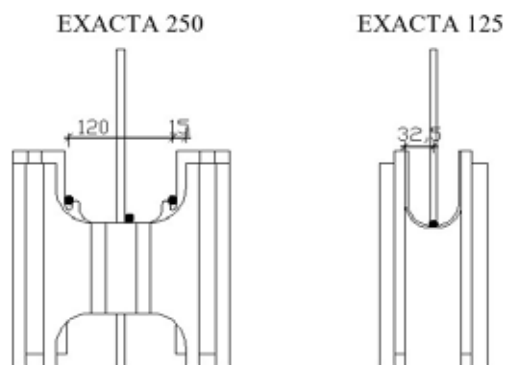


Fig.31 Detalle posición armadura.

5.3.5.- Apuntalamiento.

Una vez que los muros están levantados en toda su longitud se procede a apuntalar el muro para que al llenarlo con hormigón no se pierdan los planos.

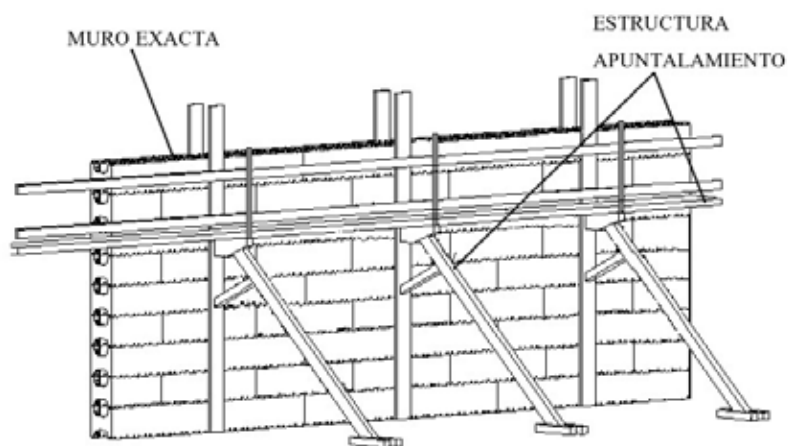


Fig.32 Detalle apuntalamiento.

5.3.6.- Vanos de puertas y ventanas.

El sistema Exacta admite cualquier tipo de aberturas (madera, chapa, aluminio, pvc, etc.) de tamaño Standard o hecho a medida.

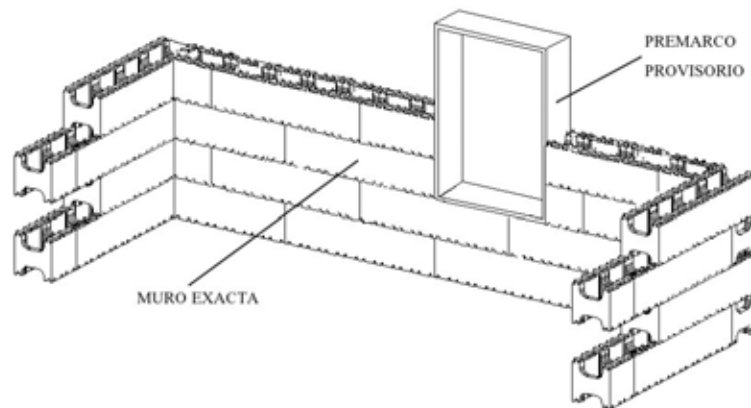


Fig.33 Detalle ubicación de vanos.

Las aberturas se fijan sobre tacos, grampas o premarcos.

5.3.7.- Relleno de hormigón.

El llenado con hormigón del muro puede efectuarse manualmente o con bomba de hormigón.

Se recomienda el llenado con bomba en el ladrillo E-250, con un flexible no superior a $\text{Ø } 3 \frac{1}{2}$ ", de esta forma se disminuye considerablemente el tiempo de ejecución de llenado., se debe contar con un operador de bombas calificado en hormigonado de muros presente antes y durante el llenado.

Para el llenado manual se recomienda usar un buzón de madera o metálico (fig. 17). Para el vibrado se recomienda una sonda no superior a $\text{Ø } 25$ mm., para el ladrillo E-250. Para el ladrillo E-125, se recomienda dar vibrado por palmadas o martillo de goma.

El procedimiento de llenado puede realizarse en una solo operación por piso.

Las características del hormigón a utilizarse dependen, fundamentalmente, de los requerimientos del cálculo estático de cada obra, que son indicados por el calculista.

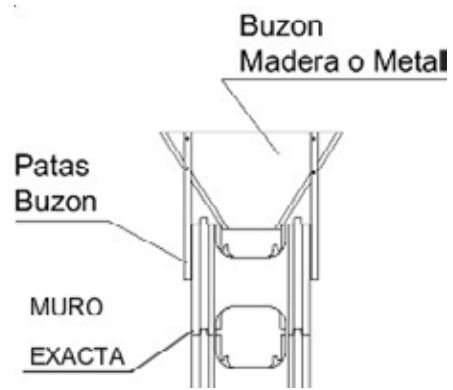


Fig.34 Corte muro con buzón de llenado manual.

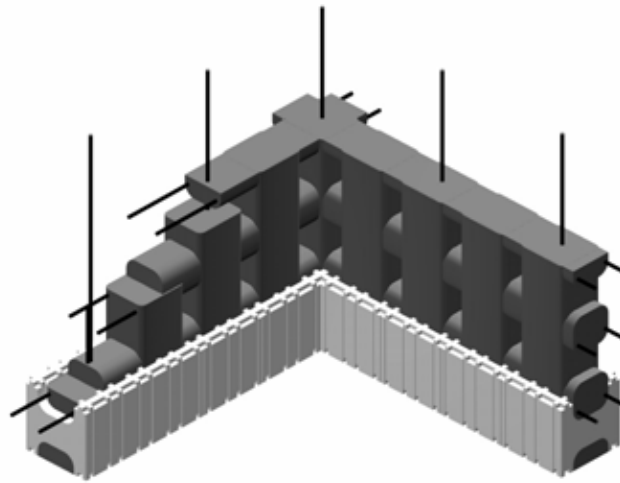


Fig.35 Vista interior del muro Exacta 250 con hormigón armado.

5.3.8.- Encuentro techumbre y cubierta.

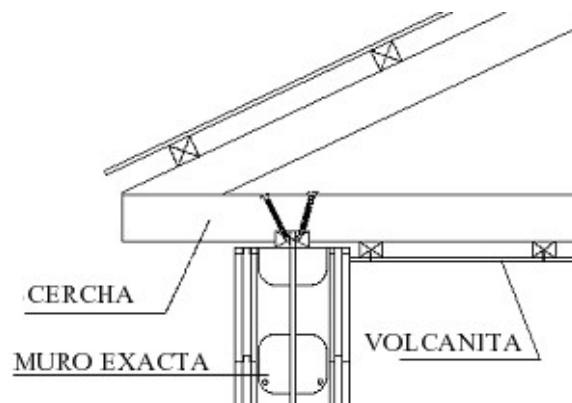


Fig.36 Detalle encuentro techumbre con cercha y cielo falso.

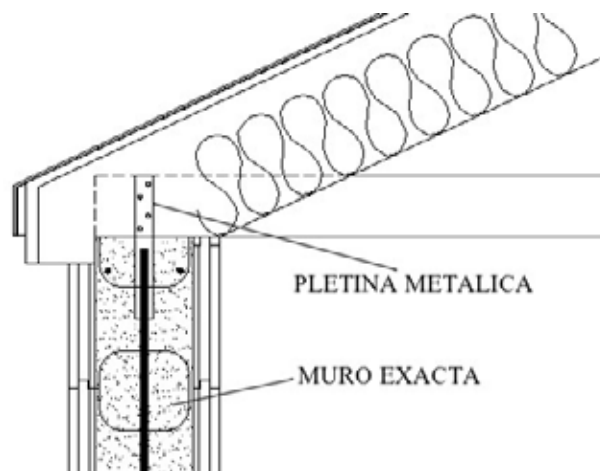


Fig.37 Detalle encuentro con pletina metálica.

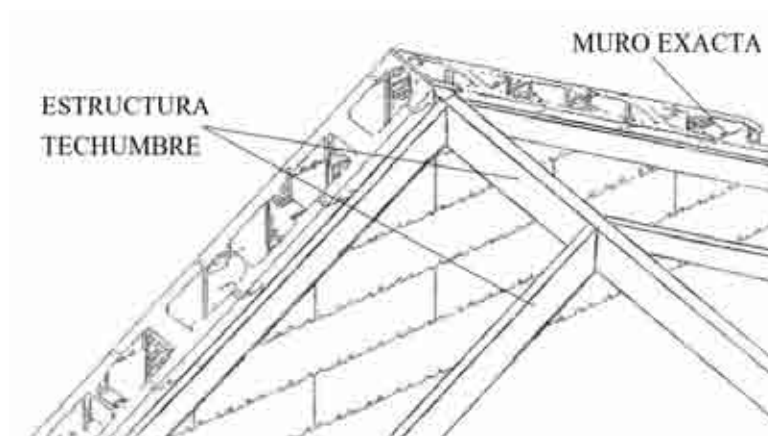


Fig.38 Detalle recorte de muro para techumbre a dos aguas.

5.4.- Revestimientos.

Existe una gran variedad de revestimientos para recubrir el poliestireno expandido:

5.4.1.- Estucado Cementicio (Poliplus 2).

El procedimiento más común es la aplicación de revestimientos cementicios con aditivos plastificantes (POLIPLUS 2), incorporándose una malla de refuerzo de tela de fibra de vidrio o de plástico.

Procedimiento:

- 1.- Limpiar muy bien la superficie a estucar hasta lograr que la misma esté libre de suciedad, partículas flojas y otros contaminantes.

- 2.- Raspar con un cepillo de cerda dura o alambre, suavemente, la superficie del poliestireno a modo de mejorar la adherencia.

- 3.- Mezclar las siguientes proporciones de volumen
 - 1 balde de cemento (10 Lts.)
 - 3 baldes de arena limpia (30 Lts.)
 - Agua de amasado (10 Lt) de Poliplus 2 (diluido en proporción 1:20 de agua).

- 4.- Aplicar la mezcla, directamente sobre el poliestireno expandido con una llana dentada de 8 @ 10 mm.

Humedecer, ocasionalmente el material aplicado cuando está expuesto directamente al sol o al exceso de viento.

No es necesario mojar la superficie con agua antes de aplicar la mezcla. A las 4 horas completar con material las ranuras producidas por la llana dentada.

5.- Apoyar la malla de fibra de vidrio sobre la superficie todavía fresca y apretarla fuertemente.

Traslapar entre tejido y tejido por lo menos 5 cm.

6.- Por último, cubrir la malla con 2 a 3 mm. del estuco fino aplicado anteriormente, sin dejar indicios de tejido.

7.- Dejar fraguar 7 días aproximadamente.

8.- Darle la terminación con cualquier material convencional (pintura)

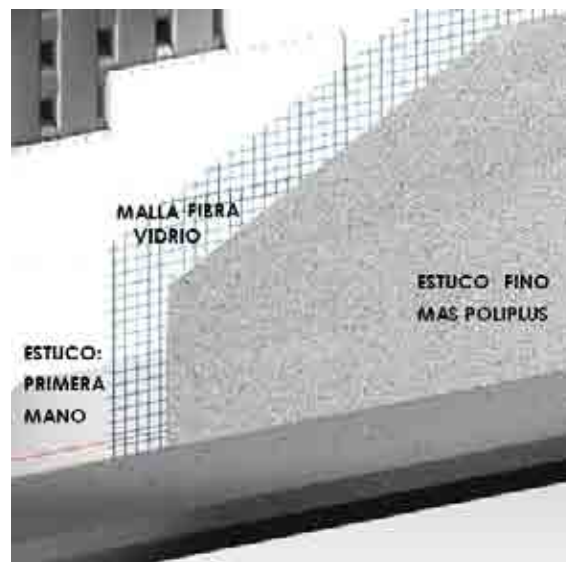


Fig.39 Detalle estuco cementicio.

5.4.2.- Yeso.

En paredes interiores se puede usar directamente 1 cm. (como máximo) de yeso con o sin refuerzo de cemento, sin necesidad de aplicar ninguna base para mejorar la adherencia. Así se logra el mejor acabado posible en forma muy sencilla y económica.

Antes de enlucir o estucar, es importante cepillar la superficie para aumentar el anclaje.

En los encuentros de dinteles con muros (puertas y/o ventanas) se debe reforzar el revestimiento de Yeso con un trozo de malla (Poliplus Tejido) que evite las fisuras en esos puntos.

NOTA: La aplicación de yeso se debe realizar una vez techado el recinto y luego de 7 días como mínimo posteriores al hormigonado final de los muros.

No se recomienda yeso para EXTERIORES.

5.4.3.- Enchape de ladrillos y Cerámicos.

Se adhieren con un adhesivo cementicio apropiado, directamente sobre la superficie del poliestireno.

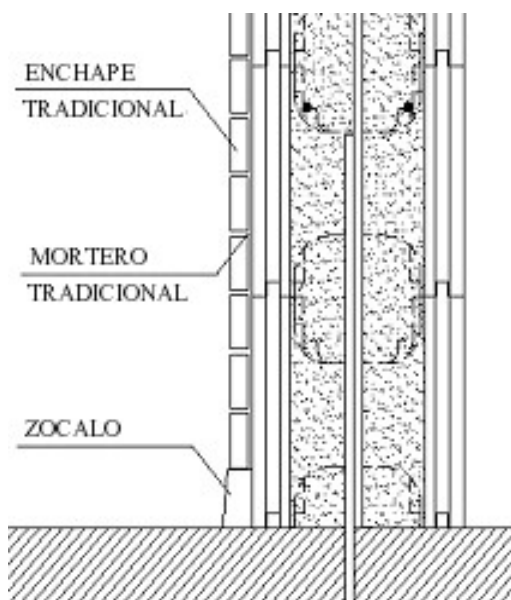


Fig.40 Detalle enchape ladrillo.

5.4.4.- Enchape de placas de fibrocemento, volcánita, siding y madera.

Procedimiento.

- 1.- Se remueve parte de la superficie del poliestireno hasta llegar al hormigón, en aquellos espacios destinados a ubicar las guías (listones).
- 2.- Se fijan los listones al hormigón con pernos de anclaje.
- 3.- Se clava el material a revestir

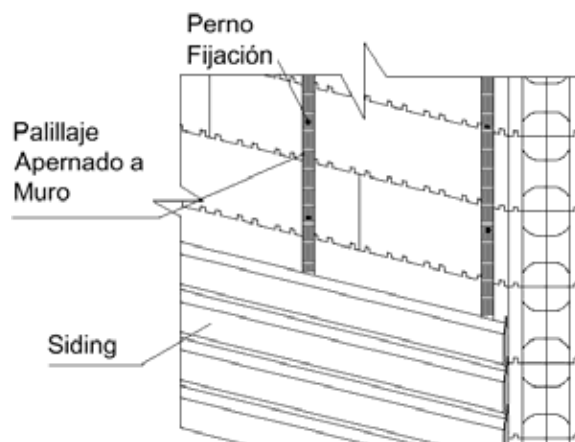


Fig.41 Detalle revestimiento siding.

5.5.- Gasfitería y electricidad.

Instalación de conductos.

5.5.1.- Pequeño diámetro.

Se define en el sistema como conductos de pequeño diámetro, a aquellos que no sobrepasan el ancho de las caras laterales del ladrillo de poliestireno expandido (hasta $1'' \frac{3}{4} = 4,5$ cm diámetro, instalaciones eléctricas, sanitarias y de gas).

Existe una gran variedad de posibilidades para cortar y formar las canaletas en la cara del poliestireno expandido por donde han de pasar todas las instalaciones sanitarias y eléctricas del edificio. La más común de todas es usar una soldadora de estaño a la cual se le intercambian las puntas en función del diámetro de la cañería. Con este procedimiento se logran instalaciones rápidas y prolijas.

Otro método para formar canaletas es por medio de un cuchillo o serrucho de punta fina.

Procedimiento

Se remueve parte de la superficie del poliestireno con un serrucho o caudín formando canales por donde se insertarán las cañerías a presión.

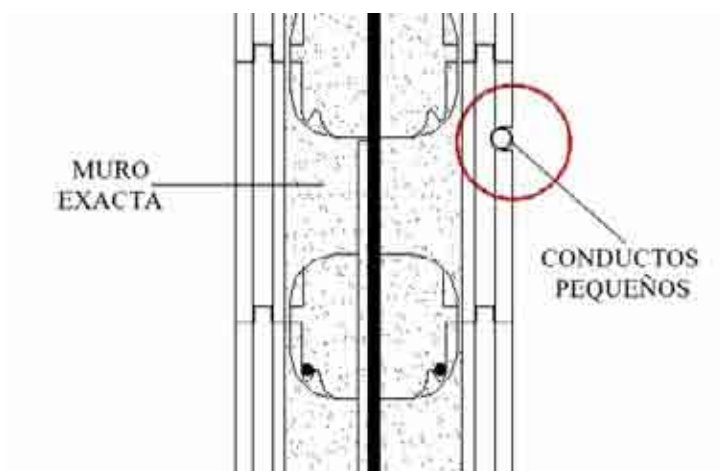


Fig.42 Detalle instalación conductos pequeños.

5.5.2.- Gran diámetro.

Se trata de conductos cuyo diámetro es mayor que 1" 3/4 (4,5 cm.), por lo general desagües fluviales, ventilaciones sanitarias o tuberías para pasar grandes manojos de cables.

Para el ladrillo E-125, no se recomienda la canalización de tuberías superiores a 4 cm. Por el interior, para este tipo de tuberías se recomienda conducir las por el exterior del muro con un staff.

Procedimiento

Antes del hormigonado y mientras se realiza el montaje de muros, se insertan estos conductos dentro del interior del ladrillo, tal como lo muestra la Fig. 34

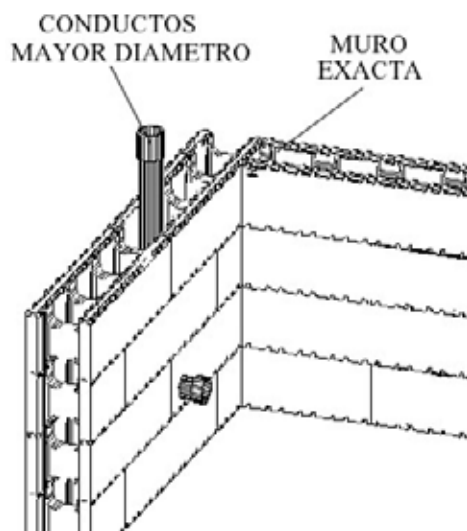


Fig.43 Detalle instalación de conductos de gran diámetro.

CAPITULO VI
ANALISIS COMPARATIVO

6.1.- Análisis comparativo de transporte.

Se comparan 3 productos, los cuales son base de los sistemas constructivos en estudio. Estos productos son:

A.- Ladrillo Rejilla Santiago (29 x 14,1 x 7,1 cm.).

B.- Bloque Exacta 125.

C.- Bloque Exacta 250.

Características.

PROD.	Dimensiones (cm. x cm. x cm.)	Peso Unitario (Kg.)	Unidades por m²	Peso por m² (kg./m²)	Volumen por m² (m³)
A	29 x 14 x 7,1	2,55	40	102	0,12
B	100 x 12,5 x 25	0,25	4	1	0,125
C	100 x 25 x 25	0,75	4	3	0,25

Para la realización de análisis de transporte asumiremos que los materiales se encuentran en sus fábricas ubicadas en la ciudad de Santiago y deben ser trasladados hasta la ciudad de Valdivia. Por tratarse de un trayecto de 850 km. aprox., seleccionaremos un tipo de camión de gran capacidad de carga que resulta más económico para este trayecto y cuyas características son:

- Carga : 30.000 kg.
- Largo : 14,3 mt.
- Ancho : 2,45 mt.
- Altura máxima de carga : 3,0 mt.
- Volumen de carga : 105 m³

Lo primero en determinar para cada material es si éste copará la capacidad máxima del camión por peso o por volumen. Teniendo estos datos se determinará cuantos metros

cuadrados se podrán construir en obra con la carga que transporta el camión de dimensiones ya señaladas.

- Producto “A” Ladrillo Rejilla Santiago.

Restricción : Peso 30000 kg.

La capacidad del camión quedará restringida por peso, lo que permite transportar 11.764 unidades, lo que implica un peso de 29.998 kg. Que permite construir en obra una superficie de 294 m² de muros de albañilería.

- Producto “B” Bloque Exacta 125.

Restricción : Volumen 43,2m³

La capacidad del camión quedará restringida por volumen, lo que permite transportar 3.360 unidades, lo que implica un peso de 840 kg. Que permite construir en obra una superficie de 840 m² de muros Exacta125.

- Producto “C” Bloque Exacta 250.

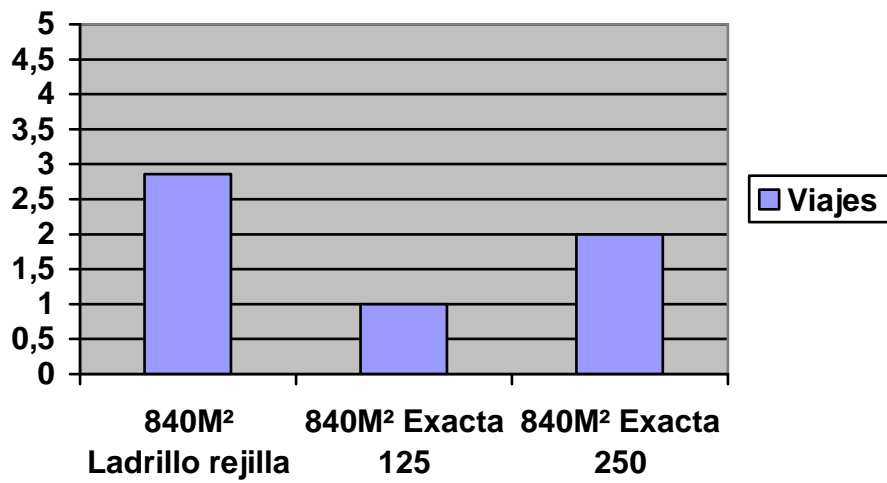
Restricción : Volumen 43,2m³

La capacidad del camión quedará restringida por volumen, lo que permite transportar 1.680 unidades, lo que implica un peso de 1.260 kg. Que permite construir en obra una superficie de 420 m² de muros Exacta 250.

Resumen de transporte, para camión de capacidad 30 ton. Y 105 m³.

MATERIAL	VOLUMEN		PESO		M ²
	%	M ³	%	Kg.	
A	32,3	33,91	100	29.998	294
B	100	105	2,8	840	840
C	100	105	3,82	1.260	420

Equivalencia en viajes.



6.2.- Análisis comparativo de tiempo de ejecución y mano de obra.

Se realizará una comparación en cuanto al tiempo de ejecución de muros con los sistemas ya planteados.

Para calcular en forma aproximada el tiempo de ejecución y tratar de no involucrar etapas que para cada solución son muy distintas, se supondrá que se está en un momento en la obra en que los materiales a utilizar se encuentran a una distancia no mayor a 20 metros de su lugar de colocación, que los cimientos, sobrecimientos, radieres, losas, etc.; están ya confeccionados y estamos en el instante del levantamiento de muros, llegando hasta el instante anterior a la pintura o empapelado.

Se deja constancia que se están obviando varios puntos importantes que afectan en el tiempo de ejecución de una obra, alguno de estos son:

- Transporte
- Instalaciones
- Colocación de marcos

A pesar de lo anterior, este análisis sirve de forma comparativa para visualizar las diferencias más relevantes entre cada sistema.

Los datos que a continuación se entregan están basados en la información que proporcionan los fabricantes, pero con algunas modificaciones que se efectuaron para llevar esto a lo más real posible.

6.2.1.- Glosario Técnico.

- **Trazado y localización:** Esta etapa consiste en el trazado del lugar donde irán colocados los elementos y la ubicación de éstos en el lugar designado para su instalación.
- **Colocación de anclajes:** Esta etapa consiste en la colocación de anclajes en los lugares específicos y la fijación de éstos.
- **Corte y fijación:** Esta etapa consiste en la preparación del elemento a la medida exacta y la fijación de partes si éste no es de una sola pieza, para su colocación.
- **Levantamiento de muros:** Esta etapa consiste en parar los elementos, alinearlos y afirmarlos.
- **Ensamblaje:** Esta etapa consiste en unir los bloques entre sí o a otro elemento y permitir que trabajen como un ente monolítico.
- **Refuerzo de esquinas y uniones:** Esta etapa es aquella en que se refuerzan las uniones, esquinas y lugares en general donde sea necesario para obtener una estructura resistente y monolítica.
- **Revisión, verificación y limpieza:** Esta etapa es aquella en que se revisa la instalación verificando que no falte nada y que está de acuerdo a planos, Se retiran todos los restos, despieces y cualquier elemento que moleste, para permitir un acabado.

6.2.2.- Albañilería ladrillo rejilla.

ACTIVIDAD	RENDIMIENTO min/m ² **	MANO DE OBRA
Trazado y localización	1,4	1M+1AY
Colocación de reglas, andamios refuerzos	5,4	2M+1AY
Preparación de mezclas	1,2	1M+3AY
Levantamiento de muros	46,2	1M+1/2AY
Moldaje de pilares y cadenas	22,5	1M
Enfierradura pilares y cadena	11,3	1M
Hormigonado	10,5	1M+3AY
Revisión, verificación y limpieza	2,0	1M+1AY
Subtotal	100,5	
Terminación (estuco 2 caras)	57,6	1M+1/3AY
Total	158,1	

** Información proporcionada por el fabricante.

6.2.3.- Albañilería Exacta 125.

ACTIVIDAD	RENDIMIENTO min/m ² **	MANO DE OBRA
Trazado y localización	1,4	1M+1AY
Colocación de reglas, andamios refuerzos	4,0	2M+1AY
Levantamiento de muros	6,0	1M+1/2AY
Enfierradura	4,0	1M
Hormigonado	10,0	1M+2AY
Revisión, verificación y limpieza	2,0	1M+1AY
Subtotal	27,4	
Terminación (estuco exterior, enlucido yeso interior)	45	1M+1/3AY
Total	72,4	

** Información proporcionada por el fabricante

6.2.4.- Albañilería Exacta 250.

ACTIVIDAD	RENDIMIENTO min/m ² **	MANO DE OBRA
Trazado y localización	1,4	1M+1AY
Colocación de reglas, andamios refuerzos	4,0	2M+1AY
Levantamiento de muros	6,0	1M+1/2AY
Enfierradura	4,0	1M
Hormigonado	20	1M+2AY
Revisión, verificación y limpieza	2,0	1M+1AY
Subtotal	37,4	
Terminación (estuco exterior, enlucido yeso interior)	45	1M+1/3AY
Total	92,4	

** Información proporcionada por el fabricante

6.2.5.- Resumen tiempo de ejecución y mano de obra.

SISTEMA ALBAÑILERIA	INSTALACION min/m²	TERMINACION min/m²	TOTAL min/m²
LADRILLO REJILLA	100,5	57,6	158,1
EXACTA 125	27,4	45	72,4
EXACTA 250	37,4	45	92,4

6.3.- Análisis comparativo de costos.

Para este análisis se ha determinado la solución arquitectónica de una "vivienda tipo" que consiste en una casa unifamiliar de 44m² cuya distribución lo especifica el plano de arquitectura que se adjunta (Ver anexos).

Debemos señalar que para ambos sistemas constructivos la vida útil de las viviendas es de 25 a 30 años y esta depende más bien de otros materiales complementarios, ya que los muros fabricados con ambos sistemas presentan una vida útil superior. En el caso de la construcción con bloques Exacta por tratarse de una estructura de hormigón armado tienen una vida útil de 80 años y para el sistema de albañilería de Ladrillo se estima una vida útil de 60 años.

Estando definida la solución arquitectónica, se determinará el costo de construir dicha solución mediante dos sistemas constructivos diferentes; el sistema tradicional y el no tradicional.

Si bien un presupuesto de costos incluye la totalidad de las partidas a ejecutar, tanto en obra gruesa como de terminaciones, sólo se considerarán en este análisis, aquellas que difieren entre los distintos sistemas constructivos, ya sea por su naturaleza, cubicación o ejecución.

Por lo tanto no serán considerados en los presupuestos: las fundaciones, las terminaciones interiores, exteriores e instalaciones, por ser comunes a los dos casos.

Así, analizando las distintas faenas de construcción, se ha confeccionado el análisis de precios unitarios y los presupuestos de costos directos para la obra gruesa desde sobrecimiento exclusive hasta la construcción total de los muros inclusive, para cada sistema constructivo.

Cada presupuesto está expresado en moneda de Septiembre de 2007 y considera sólo el costo directo, o sea, sin gastos generales, los cuales son variables para cada empresa constructora. Además se ha determinado un 30 % de recargo en el costo de la mano de obra por concepto de leyes sociales.

6.3.1.- Marco teórico.⁹

- Mensuras en muros de albañilería.

Las albañilerías se medirán, en general por su superficie efectiva, cualquiera que sea su espesor, descontando en los vanos los porcentajes de superficie que se indican en la tabla 4, como compensación por la mano de obra y materiales para la formación del vano.

Superficie del vano m ²	Descuento por vanos sin pilar de H.A. %	Descuento vano con pilar de H.A. %
< 1,5	0	50
> 1,5 y < 3,0	50	75
> 3,0	100	100

Tabla 4.a) Descuento vanos muros de ladrillos o bloques hechos a maquina.

Las longitudes y alturas de los muros serán las efectivas construidas en forma continua con los materiales propios del muro. Se descontarán los espacios para ubicar las cadenas, los dinteles, las vigas y los pilares embutidos en la albañilería

Si las albañilerías están reforzadas o armadas en las juntas entre hiladas, por barras de acero redondo, ellas serán incluidas en la partida albañilería y no en las partidas de fierro para otros elementos.

- Mensuras del hormigón armado en construcción mixta con otros elementos (albañilería).

Las obras de hormigón armado se medirán por su volumen, sin descontar el espacio ocupado por las armaduras de acero ni las tuberías embutidas en su obra gruesa, cuyo diámetro o mayor dimensión transversal no supere 25 cm.

Las cadenas se miden por su volumen real, medido de acuerdo cuerdo a planos.

⁹ La información de esta sección ha sido extraída principalmente de NCh 353 of 2000. INN, 2000.

- Mensuras en armaduras de hormigón armado.

Se cubican según su masa nominal (kg.) deducido en los planos de detalle, de acuerdo con su diámetro y longitud total, considerándose en la medición las armaduras resistentes, las de repartición y los estribos de vigas y pilares.

Los elementos adicionales que se indican a continuación se tomarán en cuenta con un 5 % de aumento del peso nominal mensurado de las armaduras, y corresponde al detalle siguiente:

- 4 % para el conjunto de trabas entre mallas, patas para armaduras de losas, guías, elementos de posición y despunte.
- 1 % para las mayores dimensiones en diámetro y/o longitud de las barras respecto de las nominales consideradas en las mensuras.

El alambre de amarra de las armaduras se incluirá en el precio unitario de éstas.

- Mensuras en estucos (revoques y afinados).

Descuento de vanos: En los muros estucados por ambos lados que tengan vanos de superficie perimetral estucada cuyo ancho, medido entre el paramento del muro y la puerta o ventana no exceda de 0,40 m, se descontará del estuco de cada paramento del muro, la superficie de vano en la proporción indicada en la siguiente tabla.

Superficie del vano m²	Descuento en % de superficie
hasta 3	0
<3 y ≤ 6	30

Los vanos de superficies mayores que 6 m², o de espesor superior al indicado en el punto anterior, se descontarán totalmente formulándose partidas separadas para el estuco de la superficie perimetral, que se medirá por metro lineal de perímetro con indicación del espesor del vano.

6.3.2.- Sistema tradicional.

Corresponde a construir los muros perimetrales de albañilería reforzada, contemplando vigas cadenas y dinteles de hormigón armado. Para una vivienda "tipo", de un piso de 44mt².

A.- Análisis de precios unitarios sistema tradicional.

A.1.- Costo por m² de albañilería Ladrillo Rejilla Santiago (29 x 14,1 x 7,1 cm.).

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT.	TOTAL
1.1	MATERIALES				
	Ladrillo 29x14,1x7,1 cm.	U	40	170	6800
	Mortero de pega 1:3	Lt.	45	50	2250
	Flete ladrillos	U	40	9	360
	Perdidas ladrillo	%	3	6800	204
	Fierro Ø 6 mm.	Kg.	1,5	459	689
SUBTOTAL MATERIALES					\$ 10.303
1.2	MANO DE OBRA				
	Albañil	día	0,2	8500	1700
	Ayudante	día	0,1	5500	550
	Leyes sociales	%	30	2250	675
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 2.925
TOTAL EN PESOS					\$ 13.228
TOTAL EN U.F. (\$19.032 al 1.09.2007)					0,695

A.2.- Costo por m² de moldaje para cadena (20x30 cm. dos usos).

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT.	TOTAL
2.1	MATERIALES				
	Pino 2" x 2" bruto seco	U	1,9	798	1516,2
	Terciado moldaje 12mm.	Placa	0,14	14000	1960
	Clavo corriente 3"	Kg.	0,13	785	102,05
	Puntas 2"	Kg.	0,03	900	27
	Alambre	Kg.	0,15	500	75
SUBTOTAL MATERIALES					\$ 3.680
2.2	MANO DE OBRA				
	Carpintero	día	0,12	10000	1200
	Ayudante	día	0,12	5500	660
	Leyes sociales	%	30	1860	558
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 2.418
TOTAL EN PESOS					\$ 6.098
TOTAL EN U.F. (\$19.032 al 1.09.2007)					0,320

A.3.- Costo por kg. de fierro instalado para cadenas.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT.	TOTAL
3.1	MATERIALES				
	Fierro Ø 10 mm.	Kg.	1,08	459	495,72
	Alambre 18	Kg.	0,02	590	11,8
	Flete	Kg.	1	15	15
SUBTOTAL MATERIALES					\$ 523
3.2	MANO DE OBRA				
	Enfierrador	día	0,011	12000	132
	Ayudante	día	0,011	7500	82,5
	Leyes sociales	%	30	214,5	64,35
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 279
TOTAL EN PESOS					\$ 801
TOTAL EN U.F. (\$19.032 al 1.09.2007)					0,042

A.4.- Costo por m³ de hormigón de cadenas (300kg.cem./m³).

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT.	TOTAL
4.1	MATERIALES				
	Cemento	Saco	7	3578	25046
	Ripio	M ³	0,77	4500	3465
	Arena gruesa	M ³	0,45	6000	2700
	Perdidas	%	4	25046	1001,84
	Flete áridos	M ³	1,22	900	1098
	Betonería 7,5 hp.	día	0,05	13000	650
SUBTOTAL MATERIALES					\$ 33.961
4.2	MANO DE OBRA				
	Concretero	día	0,95	8500	8075
	Leyes sociales	%	30	8075	2422,5
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 10.498
TOTAL EN PESOS					\$ 44.458
TOTAL EN U.F. (\$19.032 al 1.09.2007)					2,336

A.5.- Costo por m² de estuco (340kg.cem./m³, e = 25 mm.).

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT.	TOTAL
1.1	MATERIALES				
	Mortero 340kg.cem./m ³	Lt.	25	55	1375
	Perdidas	%	6	1375	82,5
	Sika 1 (tambor 200kg)	U	0,0016	43000	68,8
SUBTOTAL MATERIALES					\$ 1.526
1.2	MANO DE OBRA				
	Estucador	día	0,144	12000	1728
	Ayudante	día	0,083	7500	622,5
	Leyes sociales	%	30	2350,5	705,15
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 3.056
TOTAL EN PESOS					\$ 4.582
TOTAL EN U.F. (\$19.032 al 1.09.2007)					0,241

B.- Determinación del presupuesto de costos directos vivienda de albañilería

ladrillo cerámico.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	P.UNIT.	TOTAL
1.1	MUROS				
	Alb. Ladrillo 29x14,1x7,1 cm.	M ²	52	13228	687856
	Moldaje terciado cadenas	M ²	10,3	6098	62809,4
	Fierro Ø 6 mm.	Kg.	27	801	21627
	Fierro Ø 10 mm.	Kg.	88	801	704,88
	Hormigón 300kg.cem./m ³	M ³	1,9	44458	844,702
	Estuco 340kg.cem./m ³	M ²	120	4582	549840
TOTAL MUROS EN PESOS					\$ 1.323.682
TOTAL MUROS EN U.F. (\$19.032 al 1.09.2007)					69,550

6.3.3.- Sistema innovador.

Corresponde a construir los muros perimetrales de albañilería Exacta, contemplando ambos espesores de muro. Para una vivienda “tipo”, de un piso de 44m².

A.- Análisis de precios unitarios sistema innovador.

A.1.- Costo por m² de albañilería exacta 125.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT.	TOTAL
1.1	MATERIALES				
	Bloque Exacta 125	U	4	2350	9400
	Perdidas ladrillo	%	3	9400	282
	Fierro Ø 10 mm.	Kg.	3,7	459	1698
	Hormigón relleno H20	M ³	0,04	33961	1358
	Vibrador de inmersión	mes	0,005	22100	111
SUBTOTAL MATERIALES					\$ 12.849
1.2	MANO DE OBRA				
	Maestro primera	día	0,02	10000	200
	Ayudante	día	0,02	5500	110
	Concretero	día	0,038	8500	323
	Leyes sociales	%	30	310	93
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 726
TOTAL EN PESOS					\$ 13.575
TOTAL EN U.F. (\$19.032 al 1.09.2007)					0,713

A.2.- Costo por m² de albañilería exacta 250.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT.	TOTAL
1.1	MATERIALES				
	Bloque Exacta 250	U	4	3690	14760
	Perdidas ladrillo	%	1	14760	147,6
	Fierro Ø 10 mm.	Kg.	6,5	459	2984
	Hormigón relleno H20	M ³	0,13	33961	4415
	Vibrador de inmersión	mes	0,005	22100	111
SUBTOTAL MATERIALES					\$ 22.306
1.2	MANO DE OBRA				
	Maestro primera	día	0,02	10000	200
	Ayudante	día	0,02	5500	110
	Concretero	día	0,13	8500	1105
	Leyes sociales	%	30	310	93
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 1.508
TOTAL EN PESOS					\$ 23.814
TOTAL EN U.F. (\$19.032 al 1.09.2007)					1,251

A.3.- Costo por m² de estuco (340kg.cem./m³, e = 13mm.).

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT.	TOTAL
1.1	MATERIALES				
	Mortero 340kg.cem./m ³	Lt.	13	55	715
	Perdidas	%	6	715	42,9
	Malla fibra	M ²	1	1526	1526
	Poliplus aditivo	Kg.	0,22	3798	835,56
SUBTOTAL MATERIALES					\$ 3.119
1.2	MANO DE OBRA				
	Estucador	día	0,144	12000	1728
	Ayudante	día	0,083	7500	622,5
	Leyes sociales	%	30	2350,5	705,15
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 3.056
TOTAL EN PESOS					\$ 6.175
TOTAL EN U.F. (\$19.032 al 1.09.2007)					0,324

A.4.- Costo por m² de enlucido de yeso (e = 10mm.).

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT.	TOTAL
1.1	MATERIALES				
	Yeso súper volcán	Saco	0,25	2300	575
	Perdidas	%	6	575	34,5
	Poliplus	Lt.	0,0016	43000	68,8
SUBTOTAL MATERIALES					\$ 678
1.2	MANO DE OBRA				
	Yesero	día	0,05	12000	600
	Ayudante	día	0,05	7500	375
	Leyes sociales	%	30	975	292,5
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 1.268
TOTAL EN PESOS					\$ 1.946
TOTAL EN U.F. (\$19.032 al 1.09.2007)					0,102

B.- Determinación del presupuesto de costos directos albañilería exacta.**B.1.- Presupuesto de costos directos exacta 125.**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	P.UNIT.	TOTAL
1.1	MUROS				
	Albañilería Exacta 125	M ²	60	13.575	814514,4
	Estuco exterior e = 13 mm.	M ²	60	6.175	370506,6
	Enlucido yeso e = 10 mm.	M ²	60	1.946	116748
TOTAL MUROS EN PESOS					\$ 1.301.769
TOTAL MUROS EN U.F. (\$19.032 al 1.09.2007)					68,399

B.2.- Presupuesto de costos directos exacta 250.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	P.UNIT.	TOTAL
1.1	MUROS				
	Albañilería Exacta 250	M ²	60	25000	1500000
	Estuco exterior e = 13 mm	M ²	60	6.175	370506,6
	Enlucido yeso e = 10 mm.	M ²	60	1.946	116748
TOTAL MUROS EN PESOS					\$ 1.987.255
TOTAL MUROS EN U.F. (\$19.032 al 1.09.2007)					104,416

6.3.4.- Resumen análisis comparativo de costos vivienda tipo (Valores en U.F.).

Superficie de muros : 60 m²

Valor U.F. : \$ 19.032.-

SISTEMA CONSTRUCTIVO	MUROS	
	VALOR M² (U.F.)	TOTAL
Albañilería Ladrillo 29x14,1x7,1 cm.	1,159	69,550
Albañilería Exacta 125	1,140	68,399
Albañilería Exacta 250	1,740	104,416

6.4.- Análisis comparativo de aislación térmica.

Para determinar el coeficiente de transmitancia térmica del muro de albañilería Exacta, se empleó la Norma NCh 853 of 91 “Acondicionamiento Ambiental Térmico – Calculo de Resistencias y Transmitancias Térmicas”.

El coeficiente de transmitancia térmica (U), es el flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes separados por dicho elemento.

Resistencia térmica (Rt), es la oposición al paso del calor que presentan los elementos de construcción y corresponde al inverso de transmitancia térmica ($Rt = 1/U$).

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones entrega los siguientes valores de transmitancia térmica para muros perimetrales en las distintas zonas del país.

ZONA	MUROS	
	U W/m ² K	Rt m ² K/W
1	4,0	0,25
2	3,0	0,33
3	1,9	0,53
4	1,7	0,59
5	1,6	0,63
6	1,1	0,91
7	0,6	1,67

El sistema Exacta ha sido incorporado al “Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Ambiental, MINVU- DICTEC” (Ver anexos). Con los siguientes valores:

MURO	U W/m ² K	Rt m ² K/W
Exacta 125	0,61	1,63
Exacta 250	0,4	2,79
Albañilería Ladrillo Rejilla e = 20cm.	1,9	0,53

De acuerdo a estos valores:

- El muro Exacta 250 cumple como elemento envolvente para todas las zonas del país.
- El muro Exacta 125 cumple como elemento envolvente en las zonas 1, 2, 3, 4, 5 y 6, ubicándose muy cerca de los valores establecidos para la zona 7.
- El muro de Albañilería Ladrillo Rejilla cumple como elemento envolvente en las zonas 1, 2 y 3, sin aislamiento térmico adicional.
- Para lograr la resistencia térmica de los muros Exacta es necesario construir muros de albañilería con espesores equivalentes.

Muro	Espesor equivalente en Albañilería ladrillo rejilla (mt)
Exacta 125	0,61
Exacta 250	1,05

6.5.- Análisis comparativo de sustentabilidad.¹⁰

Para determinar la sustentabilidad del sistema innovador, comenzaremos estimando los costos necesarios para calefaccionar la vivienda tipo construida con los sistemas en estudio.

Estos costos serán analizados, estimando el tiempo de amortización de la inversión adicional para el sistema Exacta 250 y el ahorro energético para el caso del sistema exacta 125.

6.5.1.- Método de cálculo de combustible para calefacción.¹⁰

De acuerdo con las “Normas técnicas de calefacción, refrigeración y acondicionamiento de aire del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento de España”, el combustible necesario por temporada se calcula según la formula:

$$C = \frac{U \cdot 24 \cdot I \cdot G \cdot M}{Pc \cdot R} \text{ kg/m}^2$$

Siendo:

C : Combustible necesario al año, expresado en kilogramos de carbón, litros de combustible liquido, m³ de combustible gaseoso o kW/h.

U : Transmitancia térmica, expresado en (kcal / h · m² · °C) o (W / °C)

I : Coeficiente de Intermitencia, Tabla 1

G : Grados día del lugar que se trate, suma de las diferencias día a día entre la temperatura exterior media y 15 °C Tabla 2. (Calculado para Valdivia, ver anexos.)

M : Coeficiente de uso, Tabla 3

R : Rendimiento de la instalación, Tabla 5

¹⁰ La información de esta sección ha sido extraída principalmente de Climatización - Cálculo e Instalaciones. CEAC, Barcelona 1980.

Pc : Poder calorífico del combustible empleado, en kilocalorías por kilo, litro, metro cúbico o kW/h, tomado de la Tabla 4.

24 : Factor de conversión de días horas.

➤ Tabla 1. Coeficiente de Intermittencia. (I)

Tiempo en horas que permanece encendida la calefacción al día	% de horas encendidas al día	Edificios típicos con ese régimen de calefacción	Coeficiente de intermitencia I
3	13	Salas de reunión, conciertos.	0,40
6	25	Fabricas, oficinas, iglesias, escuelas.	0,45
9	38	Fabricas, oficinas, escuelas.	0,70
11	46	Tiendas	0,80
15	63	Viviendas, apartamentos, hoteles.	0,85
24	100	Hospitales, sanatorios.	1,00

➤ Tabla 2. Grados día (G)

GRADOS DIA CON UNA BASE DE +15°C CIUDAD : VALDIVIA - CHILE											
	Mes										Acumulado
Año	MR	AB	MY	JN	JL	AG	SP	OC	NV	DC	
2004	-	54,85	142,6	151,35	192,9	172,8	134,3	87,2	12,2	-	948,2
2005	-	83,85	157,3	210,35	199,75	181,7	131,5	103,4	26,4	-	1094,25
2006	13,1	70,05	162,9	139,85	175,8	178,35	140,55	109,75	26,55	9,5	1026,4
	PROMEDIO GRADOS DIA										1022,95

➤ Tabla 3. Coeficiente de uso (M)

Días que se enciende la calefacción al mes	Edificios típicos con ese régimen de calefacción	Coeficiente de uso M
30	Hospitales, viviendas, hoteles, apartamentos, teatros, cines.	1,00
24	Tiendas, oficinas, talleres, fabricas.	0,85
22	Escuelas	0,8
6	Iglesias, salas de reunión.	0,4

➤ Tabla 4. Poder Calorífico (Pc)

Tipo	Descripción	Poder calorífico Pc
Fuel-oil	-	9000 kcal / lt.
Gas-oil	-	10000 kcal / lt.
Leña	-	3500 kcal / kg
Butano	-	11840 kcal / kg
Electricidad	Kg · h	860 kcal

➤ Tabla 4. Rendimiento Instalación

Tipo de combustible	Clase de instalación	Rendimiento R
Carbón	Calefacción individual.	0,50
	Calefacción central, poco atendida.	0,50
	Calefacción central, bien atendida Alimentación manual	0,60
	Calefacción central, bien atendida Alimentación mecánica	0,70
Aceites, combustibles o gas	Calefacción individual	0,60
	Calefacción central normal	0,70
	Calefacción central automática	0,80
Electricidad	Aparatos individuales	1,00

De acuerdo a lo anterior nuestro cálculo se realizara bajo los siguientes supuestos:

- Vivienda tipo ubicada en la ciudad de Valdivia, Chile.
- Tipo de combustible: Leña
- Clase de instalación: Calefacción individual

De esta manera se obtienen los siguientes valores:

- Coeficiente de intermitencia, $I = 0,85$
- Grados día, $G = 1022,95$
- Coeficiente de uso, $M = 1,00$
- Poder calorífico, $Pc = 3500 \text{ kcal / kg}$.
- Rendimiento, $R = 0,5$

6.5.2.- Aplicación cálculo de combustible en vivienda tipo.

A. Gasto por temporada de leña por m² de muro.

Sistema	U	I	G	M	Pc	R	C
Alb. de ladrillo	1,9	0,85	1022,95	1,00	3500	0,5	22,66 kg / m ²
Alb. Exacta 125	0,61	0,85	1022,95	1,00	3500	0,5	7,27 kg / m ²
Alb. Exacta 250	0,4	0,85	1022,95	1,00	3500	0,5	4,77 kg / m ²

B. Gasto por temporada para vivienda tipo.

Sistema	m ²	C	C total
Alb. de ladrillo	60	22,66 kg / m ²	1359,6 kg.
Alb. Exacta 125	60	7,27 kg / m ²	436,2 kg.
Alb. Exacta 250	60	4,77 kg / m ²	286,2 kg.

C. Costo de calefacción por temporada, Valores en U.F.

Sistema	Kg. leña	ρ leña kg / m ³	m ³ leña	Valor m ³ leña U.F.	Total temporada U.F.
Alb. de ladrillo	1359,6	400	3,4	0,85	2,890
Alb. Exacta 125	436,2	400	1,09	0,85	0,927
Alb. Exacta 250	286,2	400	0,72	0,85	0,612

D. Comparación costos de calefacción. (Base albañilería ladrillo)

Sistema	Total temporada U.F.	Ahorro U.F.	ahorro %
Alb. de ladrillo	2,890	-	-
Alb. Exacta 125	0,927	1,963	67,92
Alb. Exacta 250	0,612	2,278	78,82

E. Comparación costos construcción-calefacción (Base albañilería ladrillo)

Sistema	Total construcción U.F.	Inversión adicional U.F.	Amortización (años)
Alb. de ladrillo	69,550	-	-
Alb. Exacta 125	68,399	- 1,51	-
Alb. Exacta 250	104,416	34,866	15,3

CAPITULO VII
CONCLUSIONES

7.1.- Conclusiones análisis comparativo de transporte.

En cuanto al estudio comparativo de transporte efectuado en el presente trabajo, se concluye que el Sistema Exacta resultó ser el que presentaba mayor ventaja al respecto, debido a su liviandad y facilidad de carga.

En el caso de de Exacta 125 se pueden transportar 840 m² por viaje, que equivale a realizar 2,86 viajes de ladrillos, logrando un 186 % de ahorro económico y de tiempo de puesta en obra.

En el caso de de Exacta 250 se pueden transportar 420 m² por viaje, que equivale a realizar 1,43 viajes de ladrillos, logrando un 43 % de ahorro económico y de tiempo de puesta en obra.

También podemos señalar que es posible el transporte de los bloques Exacta con otros materiales pesados de la obra, como el acero, copando la capacidad del camión tanto por peso como por volumen.

7.2.- Conclusiones análisis comparativo de tiempo de ejecución y mano de obra.

Con el empleo del Sistema Exacta se reduce substancialmente el tiempo de construcción en comparación con la Albañilería armada cuyo rendimiento terminado es 158,1 min/m² .

En el caso del Sistema Exacta 125 tiene un rendimiento terminado de 72,4 min/m² que corresponde a un 54,2 % menos que el sistema tradicional.

En el caso del Sistema Exacta 250 tiene un rendimiento terminado de 92,4 min/m² que corresponde a un 41,5 % menos que el sistema tradicional.

Estas notables diferencias de tiempo de ejecución marcan una ventaja apreciable particularmente en la construcción conjuntos residenciales, ya que esta rapidez significa una importante reducción en los costos financieros, un menor impacto de la inflación en el costo de los insumos y grandes ahorros en los gastos de administración.

Podemos señalar además que la diferencia de tiempo entre el sistema exacta 125 y 250 corresponde solamente a la velocidad de llenado de los muros, no afectando los procedimientos de levantamiento.

7.3.- Conclusiones análisis comparativo de costos.

Del análisis comparativo de costos, se desprende que el muro Exacta 125 alcanza un valor muy similar por metro cuadrado con respecto a la Albañilería armada, pues, para la casa tipo, escogida para efectuar el análisis (Ver planos casa tipo en anexo) el valor por metro cuadrado al materializarlos con muros de albañilería es de 1,159 U.F./m², en cambio al estructurarla con muros Exacta 125 el valor por metro cuadrado alcanza un valor de 1,140 U.F./m². Por lo tanto, el muro Exacta 125 es un 1,7 % más económico por metro cuadrado que el de albañilería armada, diferencia que no es incidente al momento de la elección del sistema constructivo.

En el caso del muro Exacta 250 existe una diferencia mas notoria en los valores por metro cuadrado, 1,740 U.F./m² que corresponde a un 50 % mas que el muro de Albañilería armada, lo que nos hace optar por el sistema tradicional si solo evaluamos costos de construcción.

Esta diferencia adquiere menor importancia si lo que se busca es un mayor confort, como menor transferencia de ruido y una menor fuga de calor.

En cuanto al presupuesto de costos directos de la casa tipo se puede concluir lo siguiente:

Al construir todos los muros con albañilería armada el presupuesto asciende a la suma de \$ 1.323.682 (69,55 U.F.) y al ser construido con el sistema Exacta 125 es de \$ 1.301.769 (68,399 U.F.) lo que implica un ahorro de \$ 21.913 (1,151 U.F.) al escoger el sistema Exacta 125. Este ahorro no será significativo y ni trascendente si se piensa en la construcción de un conjunto habitacional.

En el caso del sistema Exacta 250 el presupuesto asciende a la suma de \$ 1.987.255 (104,416 U.F.), lo que implica una inversión adicional correspondiente a la suma de \$663.573 (34,866 U.F.). Esta inversión adicional es significativa al momento de construir un conjunto habitacional, inversión que debe ser traspasada al cliente quien tal vez no busque un mayor confort ni ahorro energético.

7.4.- Conclusiones análisis comparativo de aislamiento térmica.

Según consta la clasificación por zonas con respecto a valores máximos de transmitancia térmica de muros perimetrales a lo largo del territorio Nacional establecidos por La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones se puede deducir lo siguiente:

- El muro Exacta 250 cumple como elemento envolvente y es apto para todas las zonas del país, pues, su coeficiente de conductividad térmica esta bajo los parámetros establecidos.
- El muro Exacta 125 cumple como elemento envolvente en las zonas 1, 2, 3, 4, 5 y 6, ubicándose muy cerca de los valores establecidos para la zona 7.
- El muro de Albañilería Ladrillo Rejilla cumple como elemento envolvente entre las zonas 1-3, sin aislamiento térmico adicional. Para poder construir en las zonas restantes es necesario aplicar métodos adicionales que permitan disminuir el coeficiente de conductividad.

7.5.- Conclusiones análisis comparativo sustentabilidad.

Como resultado del estudio de costos de calefacción podemos afirmar que existe un importante ahorro:

- En el caso del sistema Exacta 125 corresponde a un 67,92 % de ahorro en comparación a los costos obtenidos en la Albañilería de ladrillo.
- En el caso del sistema Exacta 125 corresponde a un 78,82 % de ahorro en comparación a los costos obtenidos en la Albañilería de ladrillo.

Se ha determinado además que la inversión adicional al construir con el sistema Exacta 250, se recupera totalmente en un periodo de 15 años.

7.6.- Conclusiones generales.

- El sistema de muros Exacta cumple con todo los requisitos básicos que entregan en forma separada sus materiales componentes. En primer lugar, todo lo que significa resistencia estructural se debe a la constitución de muros monolíticos, los cuales trabajan como estructura de hormigón armado. En segundo lugar, las propiedades de aislación acústica y térmica son entregadas por el poliestireno expandido.
- El ahorro energético que proporciona el sistema Exacta debido a sus extraordinarias cualidades de aislación térmicas constituye un punto bien importante. La cantidad de dinero destinada para mantener un ambiente con temperatura agradable es considerable en especial en la zona sur de nuestro país.
- La uniforme forma de los conductos internos de los muros permiten una gran exactitud al momento de calcular los volúmenes de relleno de hormigón, lo que genera pocas pérdidas y rapidez en las cubicaciones.
- La rapidez y simplicidad del sistema constructivo Exacta, nos lleva a obtener menores tiempos de construcción y mayor exactitud en las terminaciones.

- Debido a su gran versatilidad, Exacta ofrece al proyectista un potencial ilimitado de diseño, haciéndolo adaptable a cualquier forma y estilo. Es apto para la construcción de viviendas en planta baja y alta y sótanos. También puede emplearse para la construcción de piletas de natación.
- Para ejecutar la construcción en base a Bloques Exacta la capacitación del personal no requiere de gran cantidad de tiempo, ya que las partidas no son de dificultad extraordinaria, y las herramientas son de fácil manejo.
- Las pérdidas de material se pueden minimizar debido a que todos los trozos son aprovechables manteniendo la modulación interna de los bloques.
- Como se pudo percibir en el análisis de tiempo de ejecución y mano de obra gran parte del tiempo de ejecución del muro Exacta se debe al relleno, operación que puede ser simplificada utilizando hormigones prefabricado bombeables.
- Es importante destacar los beneficios que entrega el Sistema Exacta y sus claras ventajas comparativas con respecto al de la albañilería armada, como lo demuestran los resultados obtenidos en los análisis comparativos efectuados en los principales factores a considerar al proyectar una edificación. Sin embargo, la introducción del Sistema Exacta, más allá de todos los beneficios que trae, tiene el problema de convencer a los usuarios de los beneficios del sistema, aspecto que desde este año es apoyado por la implementación de la segunda etapa de reglamentación térmica que regula las exigencias de aislamiento térmico de muros, ventanas y pisos de edificios habitacionales.

Bibliografía.

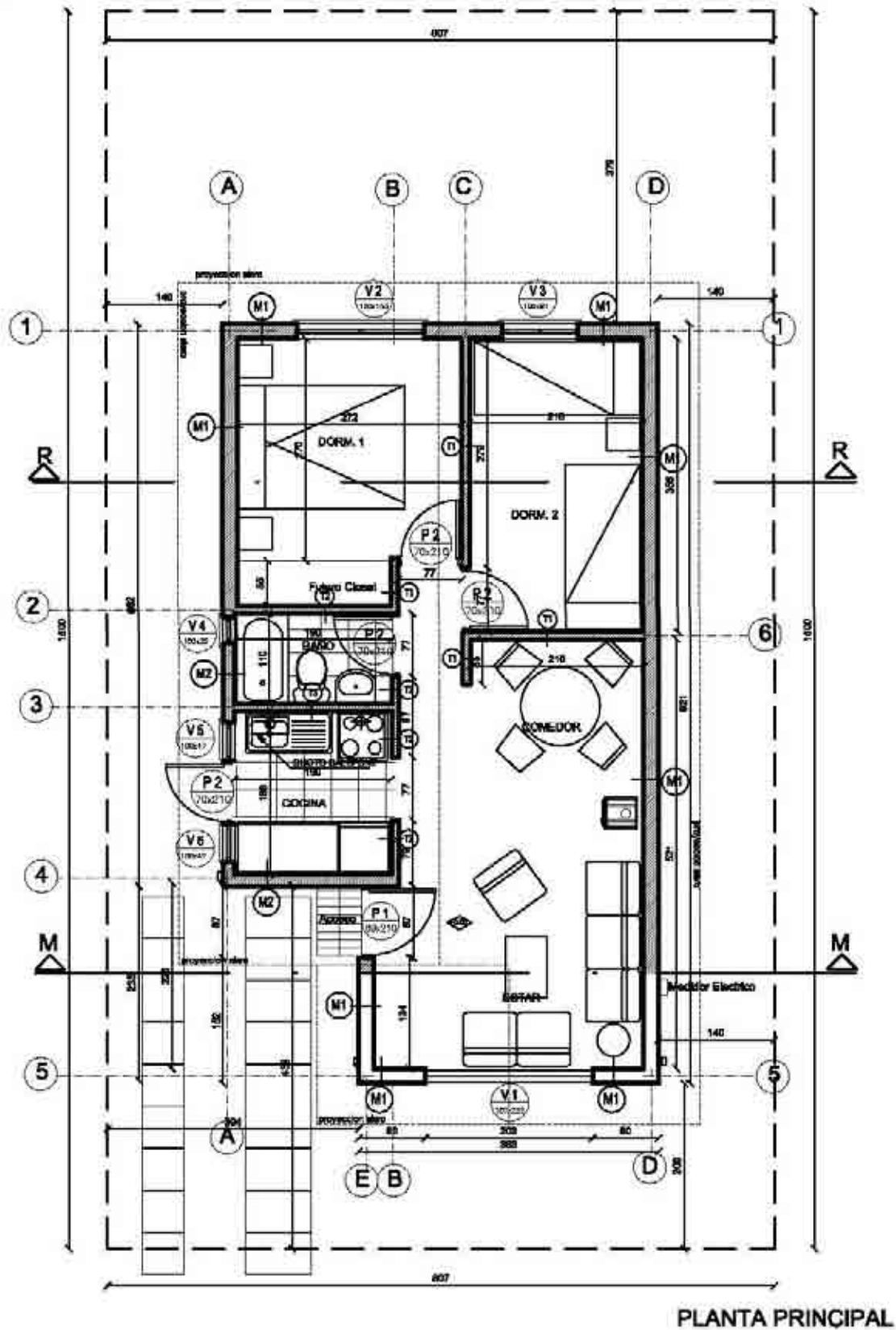
- MINVU. Manual de Aplicación Reglamentación Térmica. MINVU, Chile 2006.
- I.Ch.C.H. Cartilla de Recomendaciones Básicas – Construcción de Albañilerías Armadas. Instituto Chileno de Cemento y del Hormigón, 1987.
- Guzmán, Euclides. Curso Elemental de Edificación. Fac. de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile, 1997.
- José Fernández-Amigó. Climatización - Cálculo e Instalaciones. CEAC, Barcelona 1980.
- NCh 169 of 2001. Ladrillos Cerámicos - Clasificación y Requisitos. INN, 2001.
- NCh 170 of 85. Hormigón – Requisitos Generales. INN, 1985.
- NCh 353 of 2000. Construcción - Cubicación de Obras de Edificación. Requisitos. INN, 2000.
- www.revistabit.cl
- www.wikipedia.org
- www.inn.cl
- www.ceramicasantiago.cl
- www.grau.cl
- www.melon.cl
- www.armacero.cl
- www.exacta.cl.
- www.elmercurio.com
- www.cne.cl
- www.lena.cl
- www.uf.cl
- www.ondac.cl

DOCUMENTOS ANEXOS

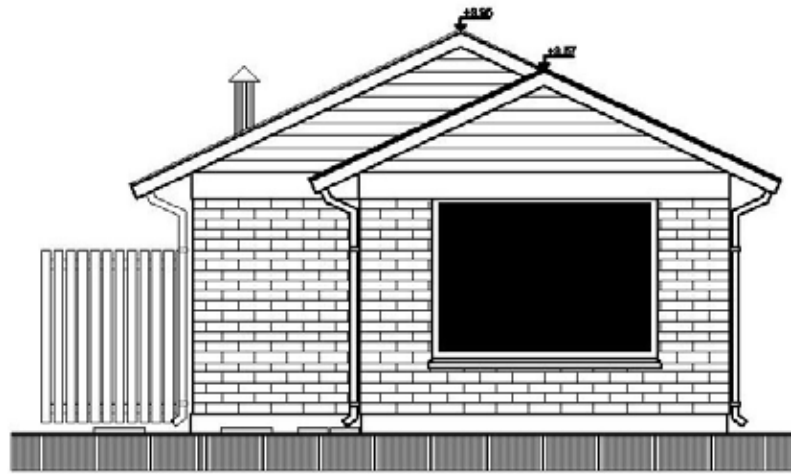
DOCUMENTOS

VIVIENDA TIPO

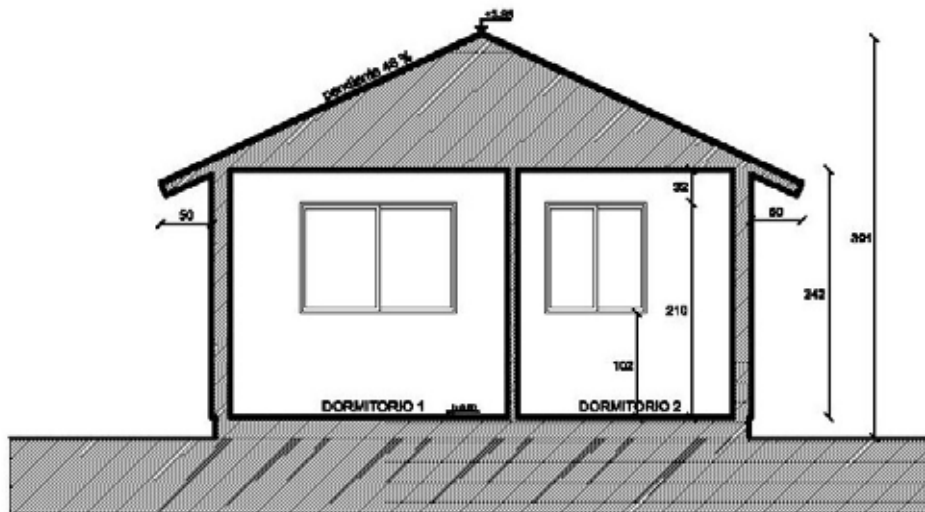
Planta Principal Vivienda Tipo



Fachada Principal y Corte R-R



FACHADA PRINCIPAL



CORTE R-R

DOCUMENTOS

EXACTA MINVU

Código	1.2.M.A10.2	Termopared de hormigón Exacta (espesor total 14.5 cm)
--------	-------------	---

A. Único valor de Resistencia (Rt) y Transmitancia (U) Térmica para la solución constructiva

RESISTENCIA TÉRMICA (Rt):	1.63 (m ² *K/ W)	TRANSMITANCIA TÉRMICA (U)	0.61 (W/m ² *K)
------------------------------	-----------------------------	------------------------------	----------------------------

B. En caso que se modifique el espesor del material aislante manteniendo el resto de la configuración constructiva:

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
Rt (m ² *K/ W)	---	---	---	---	---	---	---
U (W/m ² *K)	---	---	---	---	---	---	---
Espesor Aislante (mm)	---	---	---	---	---	---	---

Descripción de la Solución Constructiva	Genérico	---	Marca Comercial	X
---	----------	-----	-----------------	----------

Ladrillo hueco de poliestireno expandido de 125 mm de espesor (densidad 30 kg/m³) que actúa como moldaje para la construcción de muros de hormigón armado con aislación incorporada. El sistema considera una capa exterior de terminación consistente en un estuco de densidad 2000 kg/m³ de 10 mm de espesor y una capa de terminación interior consistente en un enlucido de yeso de densidad 1200 kg/m³ con un espesor de 10 mm.

Forma de cumplir con las exigencias				Densidad material aislante	Institución	Vigencia
Certificado de ensaye	---	Cálculo (NCh 853. Of. 91)	X	30 kg/m ³	Exacta Ltda..	Enero de 2012

<p>Planta:</p>	<p>Esquema (opcional)</p>
-----------------------	----------------------------------



Código 1.2.M.A10.1	Termopared de hormigón Exacta (espesor total 27 cm)
------------------------------	---

A. Único valor de Resistencia (Rt) y Transmitancia (U) Térmica para la solución constructiva

RESISTENCIA TÉRMICA (Rt):	2.79 (m ² °K/ W)	TRANSMITANCIA TÉRMICA (U)	0.4 (W/m ² °K)
------------------------------	------------------------------------	------------------------------	----------------------------------

B. En caso que se modifique el espesor del material aislante manteniendo el resto de la configuración constructiva:

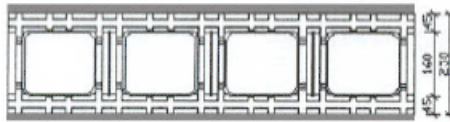
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
Rt (m ² °K/ W)	---	---	---	---	---	---	---
U (W/m ² °K)	---	---	---	---	---	---	---
Espesor Aislante (mm)	---	---	---	---	---	---	---

Descripción de la Solución Constructiva	Genérico	---	Marca Comercial	X
---	----------	-----	-----------------	---

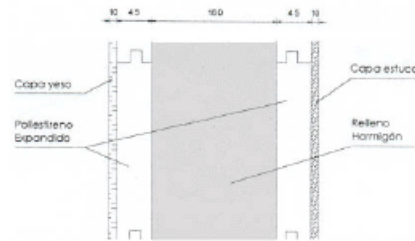
Ladrillo hueco de poliestireno expandido de 250 mm de espesor (densidad 30 kg/m³) que actúa como moldaje para la construcción de muros de hormigón armado con aislación incorporada. El sistema considera una capa exterior de terminación consistente en un estuco de densidad 2000 kg/m³ de 10 mm de espesor y una capa de terminación interior consistente en un enlucido de yeso de densidad 1200 kg/m³ con un espesor de 10 mm.

Forma de cumplir con las exigencias				Densidad material aislante	Institución	Vigencia
Certificado de ensaye	---	Cálculo (NCh 853. Of. 91)	X	30 kg/m ³	Exacta Ltda..	Enero de 2012

Corte:



Esquema (opcional)



DOCUMENTOS

CALCULO GRADOS DIA

RESUMEN CALCULO GRADOS-DIA

GRADOS DIA CON UNA BASE DE +15°C											
CIUDAD : VALDIVIA -											
CHILE											
Mes											Acumulado
Año	MR	AB	MY	JN	JL	AG	SP	OC	NV	DC	
2004	-	54,85	142,6	151,35	192,9	172,8	134,3	87,2	12,2	-	948,2
2005	-	83,85	157,3	210,35	199,75	181,7	131,5	103,4	26,4	-	1094,25
2006	13,1	70,05	162,9	139,85	175,8	178,35	140,55	109,75	26,55	9,5	1026,4
PROMEDIO GRADOS DIA											1022,95

**TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS
CIUDAD : VALDIVIA - CHILE
IINSTITUTO DE GEOCIENCIAS
UNIVERSIDAD AUSTRAL DE
CHILE**

		Temperatura máxima (°C)			Temperatura mínima (°C)		
MES	DIA	2004	2005	2006	2004	2005	2006
EN	1	26,7	25,8	22,4	14,7	16,7	9,5
	2	30,2	22,2	24,4	11,7	13,3	9,5
	3	21,4	26,3	20,7	11	11,5	9,5
	4	21,6	22,6	16,8	11,6	13,6	12,4
	5	21,2	19,1	20,6	14,2	12,1	15
	6	23,7	20,1	21,7	13,4	8,8	12,5
	7	27,7	22,1	18,6	10,8	9,4	15,5
	8	20,8	22,2	21,6	11,6	16,8	12
	9	20,4	24	19,8	11,6	8,1	14
	10	21,2	21,6	21,2	8,3	9	8,5
	11	28,1	20,8	26	12,4	14	10
	12	31,2	22,1	21,6	14,2	8,9	8,5
	13	28,5	23,4	25,2	14,2	11	10
	14	27,8	20	21,2	15,7	10,9	10
	15	29,8	23,2	20	16,9	9,6	8,8
	16	22,2	28,2	24,8	14,6	12,7	6,2
	17	22,4	24,8	31,2	14,3	12	11,9
	18	24,3	26,4	20,8	14	10,9	11
	19	24,5	26,9	19,8	12	13,6	10,3
	20	24,5	26,8	24	13,9	13,6	6,4
	21	24	18,2	23,8	10,6	12,9	8
	22	25,6	20	24	11,8	9,9	10
	23	21,8	19,2	21,4	10,8	10,6	12
	24	19,9	21,5	24,6	13	7,6	7,7
	25	23,3	26,1	27,8	15,4	8,9	7,4
	26	25,2	22	28	12,3	9,3	10,8
	27	23,6	21,4	28,8	12,4	13	13
	28	21,8	19,9	28,8	16,3	11,6	10,5
	29	25,6	18,8	25,8	15,4	6,8	15
	30	26,2	20	28,1	11,3	5,2	14
	31	24,8	25,9	27,9	11,9	10,2	13,7
FB	1	25,8	28	27,6	11,8	12,1	10,5
	2	22,6	33,6	26,6	11,5	10,9	9,7
	3	29,2	24,1	22,8	12,8	12,4	9,2
	4	33	29,8	21,1	15,7	13,2	8,7
	5	36,3	28,4	24,6	13,1	16	13,5
	6	33,8	24,6	27,9	13,8	15,1	13
	7	21,8	20,4	22	15,2	13,7	8,5
	8	20,2	25,2	25,2	11,9	14,4	10,5
	9	21,7	36,2	28,9	12,7	16,9	12
	10	28,4	35,8	32,2	12,7	15,2	12,6
	11	23,8	26,1	31,2	12,6	14,1	10,7
	12	24,3	20,4	28,6	11,7	14,4	14,3
	13	24	23,7	32,8	10,3	14,7	11,3
	14	25,1	24,1	27,6	9,1	12,5	15,2
	15	24,2	25,6	27,6	9,7	13,3	9,5
	16	19,4	27,8	23,3	12,2	13,7	13,5
	17	19,4	27,8	20,4	8,5	15,5	11,5
	18	23	25,8	24,2	9,1	13,4	16
	19	28,8	26,2	26,2	13,3	12,8	13,5
	20	34,5	25,2	24,8	16,5	11,8	13,5
	21	32,6	24,6	21,8	12,7	11,3	13,6
	22	25,3	23,6	20,2	13,7	16,9	14,5
	23	21,2	24,4	25,2	13,6	9,7	12,2
	24	20,2	29,1	29,3	14,8	10,6	12
	25	24	28	21,2	14,9	13,3	13
	26	26,7	28,6	19,3	11,7	13,8	12
	27	20,4	25,2	19,4	12,3	14,8	10,2
	28	22,1	25,8	19,8	13,4	8,4	11,3
	29	19,8			13,1		

Temperatura máxima (°C)

Temperatura mínima (°C)

MES	DIA	2004	2005	2006	2004	2005	2006
	1	19,2	21,5	22,8	12,7	13,7	13,9
	2	21,4	24,1	21,6	13,7	13,4	10,6
	3	23,2	21,9	23,8	10,2	17,4	8,8
	4	23	21,9	21,4	12,3	14,1	11
	5	19,3	21,3	20,4	13,2	8,7	9,5
	6	19,8	17	19,2	10,2	10,6	12
	7	22,8	17,2	17,1	8,9	8,5	9,8
	8	23,8	20,6	20,1	13,3	6,8	14,2
	9	22,2	19,9	22,1	11,3	6,9	13,2
	10	30,4	21,6	19,8	11,5	12,6	6,6
	11	24	24,5	20,6	12,2	10,7	9,2
	12	21,4	21,6	20,7	14,9	15,4	8
	13	17,2	23,4	18,2	14,6	12,2	14
	14	22	18,8	19,1	14,4	14,2	9,1
	15	23,4	20,4	19,6	12,1	13,9	10
MR	16	19	20,2	17,2	13,6	12,1	10,6
	17	20,8	19,6	18,2	9,4	11,4	8,4
	18	23,6	20	21,1	7,9	7,8	11
	19	24,8	17,5	21,2	8,3	11,3	12,8
	20	26,7	19,9	22,2	10,9	14,1	12
	21	26	20,2	20	8,3	4,9	9,6
	22	22,4	22,1	21,3	11,3	5,4	8,2
	23	20,2	23,1	15,2	12,5	8,9	10,4
	24	20,8	20	17,5	8,4	13,2	5,4
	25	21,4	20,2	20,1	9,3	13,6	2
	26	21,4	19,3	18,4	6,9	6,4	11
	27	23,8	21,1	19,8	8,4	6,2	4,5
	28	15,6	19,6	20,4	7,6	8,6	10
	29	20,9	19,1	14,6	13,4	6,7	7,5
	30	23,9	16	19,6	13,5	4,1	4,4
	31	19,6	17,7	16,8	14,9	6,6	6
	1	17,6	19,2	21,6	13,2	2,8	4,6
	2	16,6	20,8	24,4	15,5	6,7	8,6
	3	19,4	15,4	17,2	13,4	5,4	10
	4	17,7	15,7	18,4	9,7	13,1	5,8
	5	19	15	18,6	15	8,6	5,5
	6	17,6	15,6	20,6	12,3	7,6	5
	7	17,4	14,8	17	10,7	4,1	8,8
	8	16,2	17,2	21,1	9,3	8,6	12,5
	9	16,8	16,6	20,6	8,8	7,8	8,5
	10	19,2	17,8	20,6	11,4	8,4	11
	11	19,3	18	16	15,6	6,6	8
	12	16,4	20,2	13	13,3	8,3	7
	13	16,4	16,4	16,8	8,9	8,6	7
	14	16,7	16	15,2	7,5	3,9	4
	15	14,4	18,3	16,6	6,6	9,8	2,4
	16	18	19,8	16,6	11,9	7,2	2,6
AB	17	16,6	20	10,5	10,4	9	5,5
	18	17,2	18,1	12,6	6,3	13	8,6
	19	14,4	17,5	17	3,5	5,6	10,5
	20	14,2	18	16	9	7,7	9,2
	21	15,6	16,1	12,2	8,4	6,9	7,8
	22	19,4	14,8	18,8	5	9,1	10,6
	23	18	16,8	18,9	4,6	8	5
	24	18	18	15,6	5,8	2	11,5
	25	17,6	20,6	18,8	6,4	1,3	13
	26	17,5	16,9	16,6	8,5	5,5	12
	27	17	14,7	19,6	8,2	4,9	13,4
	28	13,8	16,8	16,4	10,3	9,4	11,4
	29	14,8	17,7	15,9	9,5	7,1	4,3
	30	14,9	16,4	20,5	3,6	6,1	2,1

Temperatura máxima (°C)

Temperatura mínima (°C)

MES	DIA	2004	2005	2006	2004	2005	2006
	1	12,5	16,2	21	8,2	12,8	3,4
	2	18,5	13,6	19,6	8,4	13,1	4
	3	18	14,3	13,8	1,9	10,3	7,4
	4	18,1	13	14,4	2,5	4,5	7,4
	5	18,6	13	17,6	7,1	3,7	8,6
	6	16,2	9,6	17,6	6,1	1,1	6
	7	13,8	9,4	14,2	6,5	4,6	5
	8	14	12,2	11	10,2	8,4	5
	9	17,1	16	11,7	10,8	10,9	5,5
	10	13,8	14,1	12,6	6,1	8,1	8,5
	11	14,4	12,4	15,1	7,5	10,4	3,9
	12	17,6	14,8	13,2	4,2	7,1	6
	13	18,8	14,8	17,8	5,2	6,4	7
	14	13,9	11,1	11	1,9	4,4	8,5
	15	12,2	11,9	14	4,3	5,3	9
	16	11,4	13	15	5,3	9,6	6,2
MY	17	12,2	9,4	13,2	9,1	4,4	10,5
	18	15,4	11	12,4	9,8	4,4	2
	19	17,4	11,6	11,8	9,8	3,5	-0,5
	20	13	12,7	10	6,2	3,1	0,3
	21	18,1	9,8	7,9	5,5	4,9	-0,8
	22	17,7	9,6	8,2	1,8	7,5	3,2
	23	18,1	11,9	14,2	1,6	8	7,5
	24	11,5	12,8	15,8	3,1	8,1	11,2
	25	13,1	14	16	7,4	7,9	12,2
	26	12,4	12,8	14,8	3,1	9,2	9,5
	27	11,4	12	7,6	3,5	9,3	4
	28	11,2	15	11,8	4,2	9,9	7
	29	14,6	15,4	10,4	6,8	7,4	5
	30	14,2	11,1	10,8	6,8	5,8	6,6
	31	13,2	14,4	11,4	7,5	8,4	9,2
	1	17,2	14,2	15,4	11,6	11,6	7,3
	2	15	13,6	14,4	9	8,6	7
	3	15,5	12,4	14,2	11,3	6,4	6
	4	14,2	12,4	10,2	9,3	10	5
	5	12,8	14,5	14,8	4,8	10	8,4
	6	7,2	12,4	15	4	9,2	11
	7	13,6	11,4	14,6	4,6	5,4	11,4
	8	14,1	6,2	13,6	8,3	2,6	5,2
	9	14,6	5,5	5	9,2	4,5	1,6
	10	12,2	10,8	6,2	1,8	3,7	1,4
	11	4,6	12,5	13,3	2,3	7,9	5
	12	4,1	9,4	15,8	2,7	2,3	11,2
	13	12,6	5,7	13,6	2,5	0,3	9,6
	14	13,8	2,3	9	8,1	-1,4	6,6
	15	15,4	3,8	14,8	12,5	-0,5	7
	16	10,8	4,7	12,2	8,4	-0,5	5,6
JN	17	10	4,9	13,2	6	1,6	9,5
	18	11	7,5	13,1	9	2	9,4
	19	12,4	11,8	13,4	8	6,2	9
	20	13	9,6	13,8	7	6,7	7,6
	21	10,3	11,8	11,6	9,9	5,3	5
	22	13,7	12,2	13,2	7,9	6,8	9,1
	23	13,2	11,8	11,6	8,5	9,6	9,8
	24	14,4	13,4	13,1	9,7	11,3	10,4
	25	13	12,8	13,2	8,6	6,7	10,6
	26	13,3	13,8	14,4	7	10,8	10,5
	27	14,2	11,6	12,6	12,1	8,9	10
	28	13,2	10,1	16,2	13,1	5,6	9,4
	29	10,8	10,8	12	2,6	2,2	9,2
	30	12,1	13,8	10,6	5,2	7,8	7,4

Temperatura máxima (°C)

Temperatura mínima (°C)

MES	DIA	2004	2005	2006	2004	2005	2006
	1	13	13,1	17,4	11,2	11,9	10,2
	2	10,7	14,6	17,8	6,7	10	13,5
	3	11,2	13,2	13,4	7,4	10	9
	4	14,3	14,6	12,4	9,4	8,6	10,5
	5	13,8	13,1	15	10	2,1	7
	6	13,1	12	16	7,7	2,3	9,5
	7	10,5	11,2	12,6	4,2	7,3	10,5
	8	11,8	14,4	13,6	3,1	8,7	6
	9	9,9	11,2	8	3,7	7,7	6,2
	10	6	13,2	13,8	2,1	6,8	6
	11	8,2	7,8	10,2	2,6	4	10
	12	13	8,7	11,6	5,3	4,8	3,9
	13	11,6	10,1	10	7,6	7,1	1,5
	14	7,6	9,4	9,6	4,4	2,1	2
	15	12,5	10,1	8,8	5,2	3,9	3,2
	16	14,2	9,3	13,6	-0,8	6	7,2
JL	17	11	12,2	15	-0,2	7	10
	18	12,7	8,4	15,2	3,2	3	10,4
	19	14	9	13,2	7,2	3	9,4
	20	9,8	9	13	2,6	5	11,5
	21	15,4	12	11,8	7,8	4,5	8
	22	12,1	11,6	10,4	8,4	2,4	4
	23	12,6	12,6	11,7	7,2	6,7	5
	24	9,6	11,2	9,5	6,8	2,1	4,9
	25	11,6	7,2	12,2	8	1,9	7,1
	26	13,7	8,4	11,7	5,2	2,3	2,6
	27	13,6	10,1	10,2	7,5	6,2	2,9
	28	13,8	10,8	13,4	7,2	8,3	2,1
	29	13	13	12,4	5	9	-0,3
	30	12,4	13,9	12,7	3,4	10	-1,6
	31	13,6	12,4	11,8	4,8	8	-1,8
	1	10,4	12,6	8,4	7,6	8,3	0
	2	13,2	13,2	10,8	8,2	7,3	5
	3	13,5	11,6	11,6	6,1	7,9	7
	4	13,1	11,2	13,8	5,6	2,9	9,5
	5	11,8	11,6	14,6	6,8	3,4	5
	6	14,6	10,4	11,7	2	0,4	8,2
	7	17,8	13,8	12,6	0,5	2,9	7,8
	8	16	11,1	7,8	2	-0,7	7
	9	13,1	8,6	12,6	1,1	4,7	6
	10	12,4	11,5	13	4,4	7,3	6
	11	13,4	11,6	11,4	4,5	7,6	7,6
	12	14,8	12,4	9,8	8,4	10,3	6,2
	13	9,4	12,3	12,3	8,4	1,6	7,4
	14	13,5	12,1	12,3	3,6	0,5	3,7
	15	11,7	8,8	12,8	3,6	2,2	2,4
	16	13,8	13,4	9,6	3,2	7,4	3,5
AG	17	18,2	12,1	12,6	0,5	5,6	3,7
	18	16,1	12,8	13	3,2	5,3	4
	19	16,1	16,3	17,4	0,7	3	8,9
	20	12,6	13,8	17,9	0,8	6,7	4
	21	14	11,4	18,4	2	9,8	3,2
	22	13,6	11,8	15,8	1	8,3	4,6
	23	12,2	14,6	17,6	7,2	7,1	4,9
	24	14,2	15,1	19,2	6,2	15,1	2,4
	25	11,3	12,2	14,6	0,3	7,5	6,5
	26	12,8	12,7	13,4	5,3	11,1	0,6
	27	15,4	12,7	15,3	9,1	8	1,2
	28	13,4	11,7	14,2	10,7	5,5	5
	29	17,4	12,4	15	11,8	5,4	2
	30	16	15,2	12	9,7	3	10
	31	15,2	16,2	14,6	8,9	4	3,9

Temperatura máxima (°C)

Temperatura mínima (°C)

MES	DIA	2004	2005	2006	2004	2005	2006
	1	17	14,7	13,6	6,6	3	0,5
	2	14,1	11,6	13,3	4,2	6	2,5
	3	16,3	12,8	16,1	6,7	7,2	4
	4	14,6	10	17,4	11,6	5,4	0,6
	5	11	12	14,8	6,8	7,2	3
	6	10,4	14,2	9,8	5,9	9,6	7,4
	7	11,8	16,2	14,6	2,8	7	8,8
	8	13,1	16,1	16,4	1,8	5	6,4
	9	14,8	13,6	13,6	-0,2	2	9,5
	10	17,2	14,4	14,7	2,5	1,2	10
	11	20,8	15,6	13,8	1,6	0,6	7
	12	21,7	17,6	14	3,9	5	1,4
	13	15,2	21,4	14,2	7,2	2,8	1,5
	14	16,5	17,7	14,6	2,9	1,7	4,5
	15	19,8	19,4	14,8	5,8	3,4	5,5
	16	16,8	22,6	15,1	3,1	3,5	2
SP	17	14	15,2	16,3	10	1	1,6
	18	12,4	15,4	17,6	6	6,4	5,6
	19	13	16,9	16,7	1,7	9,2	3,8
	20	16	17	12,8	-1,1	5	6,5
	21	14,8	17,7	13,6	1,6	3,9	9,6
	22	13,4	16,3	15	6,8	8,4	7,8
	23	13,9	16,4	14,4	6,7	7,6	5,6
	24	17,2	16	19,9	10,4	4,6	5,6
	25	14,5	19,9	13	8,9	4,3	7,1
	26	16,8	19,2	16,8	10,1	3,4	10
	27	17,5	19,2	20,2	10,1	3,6	3,5
	28	18,5	19,2	17,4	3,9	8	5,4
	29	17,8	19,1	14,2	7,1	2,6	8
	30	17,4	19,2	15,5	7,7	1,8	10
	1	16,9	10,4	15,5	9,4	5,5	4,8
	2	21,4	17,5	15,4	9,8	4,5	4,6
	3	17,7	19,4	10,2	7,6	7,3	3,5
	4	17,1	20,2	14,6	9,8	4	5,7
	5	15,2	20,4	15	8,4	5,5	3,2
	6	13,9	13	15,4	10,3	9,3	7,5
	7	17,1	17	15,3	9,3	6	7,3
	8	13,7	19,8	14,8	9,8	5,5	9,8
	9	15,4	18,2	16,3	8,4	8,6	6
	10	11,4	15	20	8,7	10	10,6
	11	17	14,9	16,8	7,1	11	12
	12	18,5	15	18,2	6,5	5	5
	13	18,6	15,7	16,2	6,9	7	3
	14	18,2	17,8	13,2	8,1	4	8,4
	15	13,3	16,8	15,2	10	9	3,8
	16	16,2	15,2	18,6	8,5	6,5	5,8
OC	17	14,4	14,2	18,8	8,5	7,6	3,6
	18	16,6	20,2	16,8	7,9	10	8,5
	19	21	18,4	18	4,9	8	4,9
	20	17,5	15,2	20	7,1	10,5	7,2
	21	13,8	15,2	17,7	11,1	9,5	3,7
	22	15	17	16,8	3,9	4	9,2
	23	11,8	18,4	16,4	6,7	4,7	11,5
	24	15,1	18,4	15,4	6,6	4,7	7,5
	25	15,7	15,4	17,8	9,6	4	3,2
	26	16,8	13,6	20,2	7,3	7,6	6,5
	27	17,8	13,7	15,6	9,6	3,8	9,2
	28	17,2	17,2	15,1	4,2	7,5	8,7
	29	16,4	17,8	16,9	9,3	6	5,2
	30	17,8	16,8	15,7	5	1,5	5,7
	31	15,8	18,8	15,4	11	8,5	7,6

Temperatura máxima (°C)

Temperatura mínima (°C)

MES	DIA	2004	2005	2006	2004	2005	2006
NV	1	16,2	18,4	16,6	8,8	6	5,2
	2	15,4	14,1	18,8	7,7	10,8	11
	3	16,1	14,8	20,4	3,5	6,5	5,2
	4	16,7	16,2	18,9	4,7	4,5	6,6
	5	18,8	18,6	14,8	4,8	5	7,9
	6	22,4	24,3	18,8	7,9	0,5	3,4
	7	22,2	24,8	22,8	9,3	7,2	8
	8	20,6	23,2	26,4	7,2	7	8,6
	9	22,2	19,7	25	7,6	8,5	9,6
	10	27,4	21,6	28,2	9,2	9	13
	11	19,2	25	17,9	12,9	10,5	12,1
	12	15,8	21,8	17,7	12,4	9,5	11,2
	13	16,8	18,7	20,6	8	9	6
	14	15,8	18,7	16	7,8	11	9,9
	15	17,8	20,2	14,6	4,7	9,5	8
	16	20,8	19,1	17	4,7	13,5	4
	17	22,2	18,4	20,2	8,6	12	6,5
	18	19,1	17,4	20	8,4	12,2	4,2
	19	21,2	18,7	24,4	8,3	9	8
	20	21,2	16,4	17	13,3	9	9
	21	22,6	18,2	19,6	12,3	14,5	10,5
	22	23,9	14,1	18,4	8,8	12,9	8,4
	23	23,6	15,8	18,4	10,3	5	10,8
	24	25,6	14,4	20	8,9	11,5	9,1
	25	22,4	20,2	21,9	11,1	13,2	7,5
	26	19,4	19,5	25	8,5	14	9,7
	27	19,6	18	20,6	8,6	13,5	10,7
	28	22,7	17,9	19,8	11,2	7,6	9,3
	29	24,6	22,1	20,6	12,7	6,5	8,8
	30	16,4	21	17,5	14,7	7	6,8
DC	1	19	25,2	16,8	11,6	8,5	11
	2	19,4	19,2	19,9	6,6	8	7,5
	3	17,9	19,4	20,2	10	11	6,1
	4	19,1	16	21,6	9,5	9,8	6,5
	5	20,7	16	20,8	10	6	8,2
	6	20,1	18,3	21,6	10,4	4,5	8
	7	23	15,2	19,2	9,3	8,6	8
	8	27,4	18	19,2	10,2	10	10
	9	21,8	22	19,6	12,8	8	6,5
	10	20,6	24,8	22,2	12,9	10	9,5
	11	19,8	25,4	18,2	8,2	11	10
	12	20,4	24,4	20,8	10,8	12,5	12,4
	13	21,4	24,6	17,6	10,3	11,8	13,2
	14	17,8	26,4	21,4	11,1	10	9,5
	15	18,6	26,2	18,6	6,3	13	12
	16	19,4	24,2	17,8	11,1	11,2	10,9
	17	17,7	21,4	17,3	13,1	9	10
	18	18,4	19,9	18,6	10,8	11,5	11
	19	20,8	20,4	17,2	5,8	13	10,2
	20	21,4	25,6	16,8	9,2	11	6,4
	21	22,2	24,7	18	10,1	11,5	10
	22	22,9	24,9	18,2	11,3	12	13,4
	23	18,2	25,2	19,2	13,3	12,5	12,7
	24	20,4	29,2	20,4	8,4	12	7,5
	25	27,4	28,9	19,4	10,5	13,6	7,3
	26	25,8	23,9	17,6	12,6	12,2	11,8
	27	22	21,6	18,4	11,6	14,5	6,6
	28	21	23,6	19	10	10	9
	29	20,8	22,2	19,6	15,4	12,2	13,9
	30	20,4	22,6	25,2	15,8	11,2	14,5
	31	24,2	22,8	24	15,6	8,5	13