

ORDENANZA N° 1677 H. C. D.

VISTO: El Código de Edificación de la localidad de la ciudad de Chajarí, que en sus artículos 182,183 y 184 prohíbe las construcciones de adobe y asentadas en barro, y;

CONSIDERANDO: Que este ancestral método de construcción de viviendas y/o estructuras edilicias ha sido y es parte de la cultura de los pueblos que desde hace miles de años y, generaciones tras generaciones en todo el mundo, han desarrollado la técnica de utilizar elementos de la naturaleza para obtener como resultado una vivienda.

Que la construcción en tierra cruda es uno de los componentes más tradicionales y típicos del hombre en sociedad y, a partir del uso de los recursos naturales, en nuestro país ha sido durante muchos años de manera en la que nuestros antepasados encontraron el método para resolver el problema habitacional.

Que existen prejuicios en la actualidad sobre el mencionado sistema de construcción a partir de la aparición de técnicas y productos en el mercado comercial que han proliferado y dejado atrás el recurso natural mencionado en los párrafos precedentes.

Que también existe, acompañado a lo que llamamos hoy “construcciones industriales” típicas (cementos, cal, ladrillo industrial, hierro, etc) una serie de versiones erróneas y, en algunos casos, sesgadas que juzgan de manera negativa la metodología de trabajo con elementos tales como el adobe y otros de procedencia similar.

Que no hay dudas en los estudios y seguimientos efectuados para conocer las virtudes del sistema de construcción natural en cuanto a la seguridad, salud, impacto ambiental, humedad, hermeticidad, economicidad, etc, que vuelven necesario trabajar legislando positivamente en la materia.

Que existen muchos antecedentes sobre arquitectura y construcción con tierra, que para avalar lo expuesto se contó con el asesoramiento del Arquitecto local Marcelo Zampedri, quien nos brindó detalles del proyecto Hornero de los estudiantes de Agronomía en la República Oriental del Uruguay, el plan municipal en Las Heras (Mendoza), la Municipalidad de Luis Beltrán (Rio Negro) y otros antecedentes que expone con claridad el Arquitecto Rodolfo Rotondaro, investigador del CONICET y Director del Programa ARCONTI-FADU UBA, y que se vuelve oportuno aportar en el presente texto:

1. ANTECEDENTES NACIONALES CONSTRUIDOS.

1.1-Barrios de vivienda FONAVI (IPV) y grupos de vivienda económica a cargo de municipios en el Noroeste argentina:

-en la Provincia de Jujuy en los últimos 20 años: La Quiaca, Humahuaca, Maimará, Tilcara, Tumbaya, Susques.

-en la Provincia de Salta: Cachi.

-en otras provincias: La Rioja, Catamarca, Entre Ríos, Corrientes, Chubut.

1.2-Edificios construidos por el Estado Nacional con proyectos y operatorias específicas:

-escuelas del Programa EMETA en Abrapampa y Humahuaca (Jujuy)

-edificios y estaciones de interpretación en Reservas y Areas Protegidas (Jujuy, Salta, Mendoza)

-edificios del Patrimonio construidos con tierra restaurados con empleo de tecnología de construcción con tierra (iglesias, postas, casonas, cabildos) en Cuyo y Noroeste (Dirección General de Arquitectura, Gobiernos provinciales, Colegios Profesionales)

1.3-Edificios privados con acceso a público y otros edificios:

-Capilla de la Gratitude, Bodega Salentein (Mendoza)

-Centro Cultural Turístico K-Sama (Catamarca)

-Centro Regional de Arquitectura de Tierra Cruda, CRIATIC, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán (Tucumán)

1.4-Edificios privados en ejidos urbanos y rurales, de vivienda, hosterías, restaurantes, oficinas, depósitos, secaderos de tabaco, graneros, equipamiento rural, vivienda minera, etc., en 20 provincias argentinas en los últimos 50 años, con memorias técnicas y presentaciones formales en municipios y comisiones municipales de distintos pueblos y ciudades.

Elementos y sistemas constructivos empleados:

-mampostería de adobe tradicional y de adobe con refuerzos para zona sísmica

-mampostería de BTC (Bloques de Tierra Comprimida)

-tapia mejorada con suelos estabilizados

-cubiertas de tierra mejoradas con estabilización de suelos y sistemas mixtos con materiales industrializados.

2. ANTECEDENTES NORMATIVOS INTERNACIONALES

Existen recomendaciones, reglamentos y normas nacionales para construir con tierra en sus diferentes tipos de sistemas constructivos en los siguientes países:

Perú, Brasil, Colombia, Estados Unidos, Francia, Alemania, India, Nigeria, Costa de Marfil, Sudáfrica, Turquía, Nueva Zelanda y Australia.

En Argentina la normativa que se toma en consideración para construir con tierra se basa en normas de Brasil y Perú y en las Recomendaciones para Adobe, Tapia y BTC emitidas por el Programa CYTED (Ciencia y Técnica para el Desarrollo en Iberoamérica) en 1995 por un grupo de expertos de América Latina. Se tienen en cuenta los códigos y reglamentaciones vigentes (CIRSOC, IMPRES-CIRSOC, IRAM) y los ensayos pertinentes de acuerdo al caso que se trate. Muchas de las construcciones oficiales realizadas en Argentina en las últimas tres décadas han obtenido adecuadas resistencias mecánicas de componentes básicos y elementos constructivos (bloques, muretes, paños) que superan inclusive lo exigido por norma (en BTC y tapia). También muchas obras han tenido el adecuado diseño formal y reforzamiento para obtener respuestas y comportamientos frente a los sismos (siguiendo modelos de otros países, como por ejemplo el muro de adobes cuadrados reforzado con cañas en ambos sentidos). En la actualidad se encuentran en curso de gestión distintos proyectos de normativa (normas nacionales) para construir con tierra en Brasil, México y España, dada la creciente demanda desde sectores públicos de gestión y planificación del Hábitat y la Vivienda para emplear el recurso “tierra” de manera adecuada con fines constructivos y con márgenes de calidad edilicia.

Que es una obligación del estado y un deber de los órganos legislativos trabajar sobre el sentido de demanda, oportunidad y factibilidad, construyendo estructuras formales jurídicas y de acción de gobierno que respondan contundente y satisfactoriamente a este tipo de escenarios sociales.

POR ELLO: EL HONORABLE CONCEJO DELIBERANTE DE LA MUNICIPALIDAD DE LA CIUDAD DE CHAJARI, sanciona la presente:

ORDENANZA

Artículo 1º: Derogase los artículos 182º, 183º y 184º de la Ordenanza N° 18/1976 HCD y autorícese en el ejido de la ciudad de Chajarí el método de construcción con tierra cruda, en las formas establecidas en la presente norma.

Artículo 2º: El Departamento Ejecutivo a través del área de aplicación correspondiente efectuará la visación, autorización, inspección y habilitación necesarias para la construcción de acuerdo a los requisitos y especificaciones que se establecen en la presente Ordenanza.

Artículo 3º: Apruébense los requisitos y especificaciones técnicas incluidas en el Anexo que forma parte de la presente.

Artículo 4º: El Gobierno Municipal instrumentará todos los mecanismos que estén a su alcance para promover, difundir y apoyar a la comunidad frente a esta nueva alternativa que ésta Ordenanza establece.

Artículo 5º: Elévese al Departamento Ejecutivo.

Artículo 6º: Comunicar, registrar, publicar, archivar.

Sancionada en la Sala de Sesiones del Honorable Concejo Deliberante de la Municipalidad de Chajarí, al primer día del mes de diciembre de dos mil dieciséis.

ANEXO

INDICE

1. REFERENCIAS NORMATIVAS.....	5
2. CONSIDERACIONES GENERALES.....	5
3. CARACTERISTICAS DEL SUELO.....	6
3.1. Su estructura y resistencia mecánica en relación a su función como soporte de la construcción	6
3.2. Su composición en relación a su uso como materia prima para la elaboración de elementos constructivos.....	6
4. SISTEMA ESTRUCTURAL.....	6
4.1. Sistema de estructura independiente:.....	6
4.1.1. Cimentación:.....	6
4.1.2. Columnas y vigas:	7
4.1.3. Arriostres y uniones:.....	7
4.1.4. Muros de cerramiento:.....	7
4.1.4.1. Paja encofrada o barro alivianado:	8
4.1.4.2. Bta (bloque de tierra alivianada):	8
4.1.4.3. Quincha:	8
4.1.4.4. Paja enrollada:	8
4.1.4.5. Pared de fardo de paja:	9
4.2. Sistema de muros portantes:	9
4.2.1. Cimentación:.....	9
4.2.2. Muros portantes	9
4.2.2.1. Btc (bloque de tierra comprimida) o bloques de suelo-cemento:.....	10
4.2.2.2. Adobes:.....	11
4.2.2.3. Tapia o tapial:	12
4.2.3. Arriostres y refuerzos	12
4.2.3.1. Hormigón armado.....	13
4.2.3.2. Madera.....	13
5. CUBIERTAS.....	13
5.1. Verdes o ajardinadas:	13
5.1.1. Estructura de soporte	14
5.1.2. Manto impermeable.....	14
5.1.3. Capa drenante	14
5.1.4. Sustrato	14
5.1.5. Vegetación	15
6. REVOQUES, TERMINACIONES Y PINTURAS.....	15
6.1. Revoques:	15
6.2. Pinturas:	15
6.3. Revestimiento:.....	16
7. ANALISIS Y ENSAYOS DE MATERIALES.....	16
8. INSTALACIONES.....	16

9. ENERGÍAS ALTERNATIVAS, EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICOS 17

1. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las indicaciones y recomendaciones redactadas en este documento, fueron tomadas de las reglamentaciones, documentos y manuales descriptos en el cuerpo de la ordenanza, considerando las características de nuestra región, y de la acumulación de experiencias de profesionales idóneos en la materia. Sin embargo, existen numerosas referencias normativas que pueden complementar este contenido.

Así mismo, es de suponer que en un futuro se irán elaborando y sumando normativas y documentos que plasmen nuevos avances en relación al correcto uso de las tecnologías de construcción natural, que deberán ser considerados como complemento de la presente ordenanza.

2. CONSIDERACIONES GENERALES

2.1. Las edificaciones realizadas con tecnologías que emplean la tierra cruda como material de construcción, deberán estar adecuadamente diseñadas; teniendo en cuenta:

- Las leyes de la mecánica y de resistencia de materiales, para garantizar su estabilidad, solidez y durabilidad.
- La racionalidad en el uso de materiales en relación a la sustentabilidad de la construcción.
- La implantación en el entorno, tratando de establecer un diálogo armonioso en el lugar en que se sitúa.
- Los criterios básicos de la estética.

2.2. La elección del sistema estructural de la construcción y de la tecnología a emplear para la realización de los cerramientos deberá definirse en relación a:

- Las características del terreno: su inclinación; su cota en relación a posibles crecidas de los ríos y a la ubicación de napas freáticas; la estructura y resistencia mecánica del suelo, considerándolo como soporte de la construcción; su composición y características, analizándolo como posible materia prima de los elementos constructivos, etc. (Ver inciso 3)
- La esbeltez de la edificación y la función y capacidad estructural de los materiales. Es necesario distinguir entre los muros portantes que cumplen una función estructural, de los muros de cerramiento. Los primeros pueden soportar la cubierta, mientras que los segundos requieren una estructura independiente que sostenga el techo. (Ver inciso 4)

2.3. Para evitar la humedad y erosión producida por agentes externos como la lluvia y el viento en los muros de tierra, y su consecuente deterioro, estos deberán estar protegidas por:

2.3.1. Cimios y sobrecimios que eviten el contacto del muro con el terreno natural construyendo una base, platea o zapata corrida con hormigón, piedra o mampostería tradicional con revoque impermeable e hidrófugo, o similar que cumpla perfectamente la función de barrera de humedad. El revoque de los sobrecimios, se elevará al menos 30 cm de altura desde el nivel de piso exterior conformando un zócalo. (Ver inciso 4.1.2, 4.1.4 y 4.2.1)

2.3.2. Los revoques y pinturas que protejan los muros deberán permitir que se conserve la propiedad higroscópica de los mismos, es decir, su facultad de *“regular la humedad ambiental interior debido a su capacidad de absorber y desorber la humedad del aire amortiguando las fluctuaciones de las mismas”*.¹ (Ver inciso 6)

¹ “Aspectos térmicos de viviendas en adobe”; Arq. Juan Carlos Silva, Boletín N° 16 “Tecní Tierra”, Enero 2008, Colombia

2.3.3. Los aleros deberán proteger los muros de tierra y extenderse al menos 60 cm en el caso de muros de una sola planta, y ampliarse en lo posible en las orientaciones sur y este. Se sugiere evitar muros de dos plantas o de más de 3 m de altura. En este sentido, y sobre todo hacia las dos últimas orientaciones, se recomienda incorporar entramados verticales de caña o madera como elemento extra de protección.

2.4. Es aconsejable que las construcciones de tierra cruda puedan recorrerse en todo su perímetro, tratando de permanecer exentas de los muros medianeros, con el objetivo de poder proteger adecuadamente todos los muros.

3. CARACTERISTICAS DEL SUELO

En todo tipo de construcción con tierra es indispensable el análisis del suelo en relación a dos aspectos fundamentales:

3.1. Su estructura y resistencia mecánica en relación a su función como soporte de la construcción

Se consideran, en general, suelos aptos para cimentar obras convencionales de poca importancia (planta baja y hasta dos pisos de altura), los constituidos por: suelos arcillo-limosos o limo-arcillosos, rojizos densos, suelos limocálcáreos, verduzcos o grisáceos densos, arenas secas o húmedas, densas y confinadas. Para estos suelos y construcciones no se requerirán estudios de suelos especiales y las presiones admisibles podrán variar entre 0,50 y 1,50 Kg/cm².²

Las Construcciones en Tierra Cruda en suelos granulares sueltos, en suelos cohesivos blandos, arcillas expansivas y en zonas propensas a inundaciones deberán presentar un estudio técnico que las respalde.

3.2. Su composición en relación a su uso como materia prima para la elaboración de elementos constructivos

El suelo es un recurso renovable que se divide en varias capas u horizontes. La primera capa de tierra que encontramos sobre la superficie, generalmente de color oscuro, tiene gran cantidad de restos orgánicos y constituye la capa fértil. La mayoría de las técnicas de tierra cruda utilizan la capa de suelo ubicada por debajo de los 40 cm.

Las características y composición de suelo óptimas para ser utilizado como materia prima, depende de la tecnología que se elija para construir los cerramientos y/o el elemento constructivo que se requiera fabricar. Los parámetros de análisis de suelo a tener en cuenta en todos los casos son: la granulometría (proporción de arenas, limos y arcillas), la plasticidad, el nivel de salinidad y el porcentaje de materia orgánica.

Se recomienda hacer un estudio del mismo para decidir la proporción de su utilización y los materiales necesarios para su estabilización.³

4. SISTEMA ESTRUCTURAL

El Sistema Estructural de las construcciones de tierra cruda, tal como cualquier otro tipo de construcción, puede clasificarse de la siguiente manera:

4.1. Sistema de estructura independiente:

En este sistema, el peso de la cubierta y de los cerramientos se descarga a través de vigas o arcos hacia las columnas que transmiten a su vez las cargas al suelo de manera puntual por medio de bases. En él se distinguen:

4.1.1. Cimentación:

² Reglamento de edificaciones de la Ciudad de Santa Fe (Ordenanza 7279)

³“Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra”; Red Iberoamericana Proterra; 2009

Se utilizarán bases de hormigón armado, dimensionadas mediante cálculo estructural.⁴ Antes de su llenado se deberá prever el arriostre de las columnas que podrán ser de hormigón armado, metálicas o de madera.

4.1.2. Columnas y vigas:

Estos elementos podrán ser de Hormigón Armado, metálicos, o de madera.

Las secciones de los mismos deberán estar dimensionadas mediante cálculo estructural.⁵

En el caso de que dichos elementos sean metálicos o de madera, deberán además, estar correctamente tratados para evitar su deterioro por efecto de la humedad o de la acción de insectos. En estos casos, es fundamental que las columnas o vigas de encadenado inferiores no queden en contacto con la humedad del suelo.

4.1.3. Arriostres y uniones:

Las intersecciones de elementos estructurales dan origen a uniones que generalmente constituyen los sectores más vulnerables de las construcciones. Estas deben ser resueltas en la instancia de diseño considerando aspectos estructurales (resistencia y transmisión de las cargas), arquitectónicos (si quedará a la vista o no) y constructivos (procedimientos y consideraciones para la materialización de la unión).

Estructuralmente estas uniones deben resolverse mediante fijaciones que deben ser capaces de transmitir los esfuerzos de un elemento a otro, sin comprometer la rigidez y geometría del sistema estructural. Además es recomendable que sean sencillas, seguras, de rápida ejecución y se obtengan con la mínima pérdida de material.

En el caso de estructuras de madera, se recomienda el uso de uniones mecánicas a partir de elementos metálicos, generalmente cilíndricos y de acero que se hincan, insertan o atornillan en las piezas de madera. Las fijaciones más utilizadas son: clavos, tornillos, tirafondos, pasadores, pernos, placas dentadas, varillas roscadas y conectores. La selección del medio de unión para una situación específica dependerá de la magnitud de las fuerzas a traspasar, las dimensiones de los maderos, condicionantes de arquitectura, necesidades y restricciones de montaje.

4.1.4. Muros de cerramiento:

En el caso de los sistemas constructivos con estructura independiente, el muro no cumple ninguna función estructural, sino que solo provee cerramiento a la edificación.

Los muros de cerramiento de tierra cruda, sea cual fuere la técnica que se elija para su construcción, deberán separarse del suelo y contar de una barrera hidrófuga para evitar el ascenso de humedad por capilaridad o por salpicadura. Es recomendable la ejecución de un zócalo de piedra natural, concreto, o mampostería tradicional con revoque impermeable, que se eleve del nivel de piso al menos 30 cm.

Los muros de cerramiento tendrán elementos de arriostres verticales y horizontales que deberán estar perfectamente unidos a la estructura principal, para garantizar la rigidez necesaria de los mismos y permitir la descarga de su peso propio hacia las columnas y bases, conformando un sistema continuo e integrado que absorba todos los esfuerzos que afecten a la edificación. Estos elementos de arriostres serán dimensionados mediante cálculo estructural, considerando principalmente la esbeltez de los muros. Los vanos serán correctamente adintelados.

Es frecuente que este tipo de cerramientos requieran una estructura auxiliar además de la principal. La misma está conformada por el conjunto de piezas destinadas a sostener el relleno a base de tierra y a veces de piezas intermedias entre la estructura maestra y la osamenta. Deberá estar debidamente amarrada a la estructura maestra asegurando la ligazón y permanencia del relleno en los muros. Para la elección de los materiales que

⁴Ver también reglamentaciones CIRSOC para Hormigón Armado

⁵Ver también reglamentaciones CIRSOC para Madera y Hormigón Armado.

la conforme deberá tenerse en cuenta la durabilidad de los mismos una vez enlodados. Se podrá emplear: Palos de madera, listones o listoncillos, ramas de arbustos o árboles, cañas y bambúes, elementos metálicos (varillas de construcción, alambrado romboidal). Los materiales principales de estos muros son: arcilla, arena, fibra (pasto seco, paja, viruta) y algún otro agregado que le confiera al barro determinadas características (mayor plasticidad, menor retracción, impermeabilidad, etc.). La mezcla tendrá distintas proporciones de cada uno de ellos dependiendo de las características de los materiales locales, la técnica empleada, la función y la aplicación. Estructuralmente la arcilla es el material aglomerante; la arena absorbe los esfuerzos a la compresión y las fibras los esfuerzos de tracción.

Algunas de las técnicas más empleadas para este tipo de cerramientos son:

4.1.4.1. *Paja encofrada o barro alivianado:*

Consiste en una mezcla de barro y paja que se introduce en un encofrado de unos 50cm de altura y se compacta con pisones manuales livianos, resultando un muro alivianado y con suficiente aire intersticial. Este proceso se vuelve a realizar nuevamente elevando el encofrado hasta cubrir toda la altura del vano.⁶

4.1.4.2. *BTA (bloque de tierra alivianada):*

Consiste en una mezcla de barro y gran cantidad de paja u otros componentes livianos, similar a la de la técnica anterior, que es moldeada con forma de mampuestos. La mezcla de barro que se utiliza para embeber las fibras tiene una consistencia sumamente líquida y posee una buena proporción de arcilla. El mortero de asiento que une los bloques entre sí es la misma mezcla que se utiliza para fabricarlos. Para estabilizar el cerramiento, entre las hiladas de bloques se deben colocar varillas o cañas delgadas a modo de armadura horizontal (sección mínima 10cm²) que en sus extremos se fijen a los pie derecho del cerramiento. Deberán también colocarse cañas o estacas clavadas desde arriba verticalmente o inclinadas (guías verticales) penetrando dos hiladas y media como mínimo.⁷

4.1.4.3. *Quincha:*

Los muros de quincha consisten en una estructura principal de madera, que recibe una trama de listones, cañas u otro material dispuestas horizontal o diagonalmente, a la cual se aplica un relleno de barro estabilizado en estado plástico (embarrado).⁸

El material de relleno es un compuesto de tierra y fibras y, eventualmente, aditivos. Estos permiten que sea más liviano, permeable al vapor de agua y con las características elásticas necesarias para responder a los movimientos de la estructura.

4.1.4.4. *Paja enrollada:*

⁶ “En madera cepillada, los pie derecho del cerramiento podrán ser de 2” x 6” con una separación máxima de 60 cm, o de 2” x 4” con una separación máxima de de 40 cm; en madera rolliza, deberán tener un diámetro mínimo de 10 cm con 60 cm de separación máxima. Se deberá colocar clavos en toda la altura del pie derecho del cerramiento, estos deberán ser espiralados, de 4” como mínimo y colocados con una densidad de 20 clavos por metro lineal distribuidos en dos hileras. La mezcla tiene una dosificación en volumen de 3 partes de tierra arcillosa, 1 de arena y 6 de paja. El espesor del cerramiento será entre 20 y 30 cm con revoque incluido.” (Ordenanza N° 111/14 de la Municipalidad de Esquel; Chubut)

⁷ “En madera cepillada, los pie derecho del cerramiento podrán ser de 2” x 6” con una separación máxima de 100 cm o de 2” x 4” con una separación máxima de 40 cm; en madera rolliza, deberán tener un diámetro mínimo de 10 cm con 1 m de separación máxima. Para la mezcla se recomienda una dosificación en volumen de 3 partes de tierra arcillosa, 1 de arena y 6 de paja. El espesor del cerramiento será entre 20 cm y 30 cm con revoque incluido.” (Ordenanza N° 111/14 de la Municipalidad de Esquel; Chubut)

⁸ “Las cañas (o listones) se clavan entre dos pie derecho a ambos lados de la estructura (interior y exterior), con una separación de alrededor de 10 cm aproximadamente (...) Se deberá utilizar clavos espiralados de 1,5” como mínimo. Se recomienda que la sección transversal de las cañas o listones no sea menor a 10 cm². En madera cepillada, los pie derecho del cerramiento podrán ser de 2” x 6” con una separación máxima de 10 cm o de 2” x 4” con una separación máxima de 40 cm; en madera rolliza deberán tener un diámetro mínimo de 10 cm con 1 m de separación máxima.” (Ordenanza N° 111/14 de la Municipalidad de Esquel; Chubut)

Similar a la técnica anteriormente descrita, consiste en elementos formados con paja y barro enrollados alrededor de una estaca (caña o listón), que se fija en guía clavadas sobre el pie derecho. Se forman así “rollos” de barro de un diámetro que va de 15 cm a 20 cm. Se va colocando un rollo sobre otro hasta cubrir todo el vano.⁹

4.1.4.5. Pared de fardo de paja:

Consiste en la utilización de fardos de paja prensada, colocados como mampostería. Para estabilizar el cerramiento, la traba entre hiladas se realiza clavando listones o cañas de 8 cm² de sección transversal mínima dispuestos verticalmente atravesando al menos dos fardos y medio. Igualmente la primera hilada es atravesada por estacas que están fijadas a la solera inferior. Una vez colocados los fardos desde la primera hasta la penúltima hilada, se deberá pretensar la pared antes de colocar la última hilada bajo la solera superior. Cañas fijas verticales o alfajías de madera colocadas en pares (una dentro y otra fuera del cerramiento) y atadas entre sí con alambre son una solución práctica de refuerzo. El espesor de cerramiento llega a ser de 50 cm con revoque incluido.

4.2. Sistema de muros portantes:

En este sistema, el peso de la cubierta y de los cerramientos se descarga hacia los muros, que transmiten a su vez las cargas al suelo de manera lineal por medio de zapatas corridas o vigas de fundación. En él se distinguen:

4.2.1. Cimentación:

Se utilizarán zapatas corridas de hormigón pobre y/o vigas de fundación de hormigón armado. También podrá emplearse el sistema de platea y vigas de hormigón armado.

El sobrecimiento deberá ser de concreto ciclópeo o albañilería, de piedra o de mampostería de ladrillo cocido asentada con mortero y tendrá una altura tal que sobresalga como mínimo 30 cm sobre el nivel de piso. Tendrá su correspondiente aislamiento Hidrófuga, y un tenor mínimo de 250 Kg. de cemento por cada m³ que se utilice.

4.2.2. Muros portantes

Los muros portantes son elementos o conjuntos de elementos que soportan el peso de la cubierta y poseen una rigidez suficiente en el plano horizontal y vertical para impedir el libre desplazamiento lateral de los mismos. Para garantizar la estabilidad de todos los muros, se controlará la esbeltez, se utilizarán arriostres y refuerzos y se deberá garantizar la adecuada transferencia de esfuerzos entre el muro y sus arriostres, conformando un sistema continuo e integrado.

Los elementos de arriostres podrán ser verticales y horizontales. Los arriostres verticales, de ser necesarios, podrán ser columnas de madera o de concreto armado, dimensionadas mediante cálculo estructural y perfectamente anclados a la zapata, base o platea. Los arriostres horizontales deben ser vigas de madera, hormigón armado o metálicas, que estén perfectamente unidas a las verticales o anclados a los muros. Los elementos de arriostre horizontal más comunes son los denominados viga collar, solera o encadenado.

Los elementos que conforman los entresijos o techos de estas edificaciones, deben estar adecuadamente fijados al muro mediante la viga collar o encadenado.

Los vanos deberán estar correctamente adintelados y su tamaño deberá ser considerado y calculado para no reducir la capacidad portante del muro necesaria.

⁹ “Cada estaca deberá ser de una sección transversal no menor a 10 cm². Los pie derecho del cerramiento podrán ser de 2” x 6” con una separación máxima de 60 cm o de 2” x 4” con una separación máxima de 40 cm. La mezcla tiene una dosificación en volumen de 3 partes de tierra arcillosa, 1 de arena y 6 de paja. El espesor del cerramiento será entre 20 cm y 30 cm con revoque incluido.” (Ordenanza N° 111/14 de la Municipalidad de Esquel; Chubut)

Para definir el espesor mínimo de los muros es necesario considerar la tecnología empleada para construirlos, la carga que van a recibir, su esbeltez y la disposición de los mismos según diseño (su trabazón, presencia de contrafuertes, etc.), con el objetivo de garantizar su función estructural como muros portantes. Además, conviene mantener una relación armónica entre espesor, altura y largo del muro.

Los elementos componentes de la mezcla que se utiliza tanto para la elaboración de los mampuestos como para el mortero de asiento, pueden ser: arcilla, arena, fibra, cemento y/o cal, y agua en distintas proporciones dependiendo de la función y aplicación.

Algunas de las técnicas más empleadas para este tipo de cerramientos son:

4.2.2.1. *BTC (Bloque de Tierra Comprimida) o bloques de suelo-cemento:*

Se denomina BTC al mampuesto fabricado con tierra previamente tamizada, humedecida y estabilizada con cemento y/o cal, que se comprime dentro de un molde metálico, permitiendo el desmolde inmediato de la pieza con la resistencias suficiente como para mantener vivas las aristas, las caras lisas y dimensiones regulares.

Los BTC se fabrican con una mezcla de tierra con proporciones adecuadas de arenas, limos y arcillas, estabilizada con cal y/o cemento, a la que se le agrega una dosis mínima de agua potable o con bajo contenido de sales. La cantidad de cemento a adicionar deberá estar entre un 5 % y un 12 % de la mezcla. Debido a su incorporación, para que el bloque adquiera su resistencia efectiva, se necesita un proceso de curado de 21 días hasta su utilización.

La composición y las características de la tierra con la que se cuenta para elaborar los elementos constructivos, definirán los materiales necesarios para estabilizarla.¹⁰ Si es una tierra limo-arcillosa deberá agregársele arena comprada para darle estructura y resistencia al bloque. Si la proporción de arcilla resulta insuficiente, se estabilizará la mezcla agregándole cal y/o cemento para poder lograr la cohesión necesaria de todos los elementos. Por eso, a menor proporción de arcilla, le corresponde mayor cantidad de cemento y/o cal. Estos materiales, por un proceso químico, también colaboran a darle mayor dureza y resistencia al bloque. La cal, además, mejora su comportamiento hidrófugo.

Deberá verificarse la calidad y resistencia a la compresión del BTC mediante ensayos de laboratorio.¹¹

La alta densidad que adquiere el bloque mediante la compresión y la terminación superficial lisa que le otorga la prensa, lo hace más resistente a la erosión de agua que cualquier otro material de tierra cruda, y le permite prescindir del revoque, habilitando la aplicación directa de las pinturas naturales o a la cal, sobre el mismo.

Para realizar los muros de BTC, se sumergen los mampuestos ya curados en agua y se los pega entre sí con la misma mezcla que se utilizó para su elaboración, pero con un 4 % más de cemento y una consistencia mucho más líquida. El espesor del mortero de asiento será de aproximadamente 5 mm y la misma será tomada a medida que se vaya levantando el muro.

Los BTC tienen distintas formas (paralelepípedos simples o con encastrés), según la prensa que les da origen. En todos los casos, al realizarse la pared, los mampuestos

¹⁰ El suelo debe ser seleccionado de forma tal que requiera el menor contenido de cemento para estabilizarlo. Los suelos más adecuados para la fabricación de ladrillos y bloques de suelo-cemento son aquellos con las siguientes características: A) Granulometría: (ASTM D-422-90); es decir, con un tamiz de 4.8 mm pasa 100%, con uno de 0.42 mm pasa 75%-15% y con uno de 0.075 mm pasa el 50%-15%. B) Plasticidad: (ASTM D-4218-84) límite líquido: £ 45% e índice plástico: £ 18%. C) pH del suelo: £ 5.4. D) porcentaje de materia orgánica: £ 2.0. ("Recomendaciones para Adobe, Tapia y BTC", Programa CYTED, 1995)

¹¹ . Ver anexo 2, pag 79 "Recomendaciones para Adobe, Tapia y BTC", Programa CYTED, 1995

deberán trabarse entre sí, evitando la continuidad de juntas verticales, respetando el plomo y el nivel.

El muro deberá levantarse por hiladas, no por paños, avanzando en altura homogéneamente en todo el perímetro de los muros interiores y exteriores.

Las construcciones de BTC se limitarán a dos pisos sino cuentan con elementos de arriostre vertical (columnas), y a tres pisos si cuentan con los mismos. Pero en todos los casos deberán contar con elementos de arriostres horizontales (vigas).

4.2.2.2. *Adobes:*

Los adobes son mampuestos elaborados a partir de una mezcla de tierra cruda con proporciones adecuadas de arenas, limos y arcillas, a la que se le agrega abundante aguay paja u otras fibras, luego se la moldea con forma de ladrillo utilizando moldes generalmente de madera y finalmente es secada al sol. Pueden ser fabricados artesanalmente o con la ayuda de medios mecánicos en el prensado (artesanal, semi-industrial o industrial)

La composición y las características de la tierra con la que se cuente para elaborar los elementos constructivos, definirán los materiales necesarios para estabilizarla. Si es una tierra limo-arcillosa deberá agregársele arena comprada, necesaria para brindarle estructura y resistencia al mampuesto. Si la tierra tiene poca proporción de arcilla, será necesario agregarle tierra arcillosa para que la mezcla tenga la cohesión adecuada. Las fibras estabilizan físicamente la mezcla (evitan el agrietado del mampuesto al secarse y colaboran a mantener su forma), además, ayudan a mejorar sus prestaciones térmicas y acústicas. Algunas veces, a esta mezcla se le incorporan otros materiales (cemento, emulsiones asfálticas o productos naturales) con la finalidad de mejorar sus condiciones de estabilidad frente a la humedad.¹²

Los adobes deberán estar secos antes de su utilización, el tiempo desecado dependerá de las condiciones climáticas, pero en ningún caso será menor de quince días.

Deberá verificarse la calidad y resistencia a la compresión del adobe mediante ensayos de laboratorio.¹³

Para realizar los muros de adobes, se sumergen los mampuestos ya secados en agua, y se los pega entre sí con la misma mezcla que se utilizó para su elaboración. El espesor de la junta es de aproximadamente 15 mm.

El muro deberá levantarse por hiladas, no por paños, avanzando en altura homogéneamente en todo el perímetro de los muros interiores y exteriores.

En todos los casos, los mampuestos deberán trabarse entre sí evitando la continuidad de juntas verticales, respetando el plomo y el nivel.

Se sugiere que la altura máxima de las construcciones de adobe sea de dos plantas.¹⁴

Para definir el espesor mínimo de los muros atendiendo a su función estructural, deberá considerarse una proporción armoniosa entre dicho espesor, el largo y el alto del muro.¹⁵ También se tendrá en cuenta el diseño de los encuentros de muros, considerando la presencia de contrafuertes y encuentros perpendiculares que aumentan la solidez de los mismos.

¹² Para más detalles de la composición de morteros para fabricar adobes y de las recomendaciones en el proceso de elaboración de los mismos, ver “Recomendaciones para Adobe, Tapia y BTC”, Programa CYTED, 1995, incisos 16.1, 16.2 y 16.3

¹³ Para más detalles de ensayos y parámetros de cálculo estructural de la mampostería de adobes ver “Recomendaciones para Adobe, Tapia y BTC”, Programa CYTED, 1995, incisos 12.2, 12.3, 13 –completo- y 14.

¹⁴ Ver “Recomendaciones para Adobe, Tapia y BTC”, Programa CYTED, 1995, incisos 3.4.3.

¹⁵ “El espesor de los muros será función de su altura libre (H) y de su largo efectivo (L) y tendrá como valor mínimo 0.3 m. La relación entre la altura libre, el largo efectivo y el espesor (e) será tal que se cumpla: a) $H \leq 8e$; b) $L \leq 12e$; c) $L \leq 2H$ El cumplimiento de estas relaciones no exime de la revisión de la estabilidad y resistencia de cada uno de los muros. Estas relaciones son válidas para zonas de alta sismicidad, en otras zonas podrán utilizarse relaciones menos exigentes.” (“Recomendaciones para Adobe, Tapia y BTC”, Programa CYTED, 1995)

4.2.2.3. *Tapia o tapial:*

La tapia o el tapial es un muro monolítico de tierra cruda estabilizada, moldeado in situ a partir del encofrado y apisonado del material en capas.

El material con el que se realiza la tapia es una mezcla de tierra cruda estabilizada químicamente con cal y cemento y con cantidades bien distribuidas de arena gruesa, arena fina, limo y arcilla, para que al compactarse se obtenga el menor volumen de vacíos (mayor densidad).

Para definir el espesor mínimo de los muros atendiendo a su función estructural, deberá considerarse una proporción armoniosa entre dicho espesor, el largo y el alto del muro.¹⁵ También se tendrá en cuenta el diseño de los encuentros de muros, considerando la presencia de contrafuertes y encuentros perpendiculares que aumentan la solidez de los mismos.

En la construcción de muros de tapial, deberá utilizarse suelos arcillosos(plásticos), seleccionados de acuerdo a la prueba de campo de Resistencia Seca.¹⁶ Si el suelo tuviera demasiado contenido de arcilla, deberá mezclarse con arena gruesa. Para controlar la fisuración por secado del barro, se puede añadir paja en porcentajes no mayores del 0.5 % en peso (una parte de paja en volumen por cuatro partes de suelo).La cantidad de agua para la compactación del suelo dentro del encofrado o molde o tapialera, deberá ser la mínima posible, mientras se obtenga una mezcla trabajable y no se presenten dificultades para apisonarla tierra (la tierra puede pegarse al pisón o el agua puede salpicar incómodamente). La cantidad de agua estará también limitada de tal modo de obtener encofrados limpios al retirarlos(sin que se pegue el barro al encofrado)y que no se produzcan deformaciones visibles en el muro luego del desencofrado.

Se sugiere que la compactación del suelo se realice con pisones manuales cuyo peso varíe entre 10 y 15 kg y en capas de tierra cuya altura, ya compactada, sea alrededor de 10 cm. Es conveniente, que la altura del muro a compactar encada faena (normalmente un día) no exceda de 0.50 m. La máxima longitud de cada tapia, de preferencia, no superará de 1.2 m. Entre hiladas consecutivas las tapias deberán quedar traslapadas. Se debe compactar la tierra hasta que el pisón rebote en la superficie. La junta más eficiente entre hiladas de tapial, es la que resulta de rociar agua y escarificar (rayar) la superficie de contacto entre dos hiladas. La inclusión en las juntas de grava, piedras, ramas, cañas o materiales ajenos a la tierra misma, no incrementa la resistencia de los muros, por el contrario, se puede reducirla resistencia por la menor compactación en esa zona.

Mientras no se realicen pruebas o ensayos específicos de laboratorio, se considerará que la resistencia de un muro de tapial es semejante a la de un muro de adobe.¹⁷

El diseño y refuerzo de los muros de tapial tendrá las mismas características que el requerido para los muros de mampostería de adobe, excepto que el refuerzo interior de los muros de tapial deberá ser de varillas de madera (por ejemplo Eucalipto)ya que la caña se aplasta durante la compactación.

4.2.3. Arriostres y refuerzos

Para que un muro se considere arriostreado, deberá existir suficiente adherencia o anclaje entre éste y sus elementos de arriostre, que garantice una adecuada transferencia de esfuerzos y un trabajo conjunto e integrado del muro y sus arriostres.

¹⁶ “Ensayo de Resistencia Seca, consistente en fabricar cinco o más bolitas pequeñas de suelo de aproximadamente 20 mm de diámetro. Una vez secas (a las 24 horas) se aplasta cada bolita entre los dedos pulgar e índice. Si las bolitas son tan fuertes que ninguna se puede romper, el suelo contiene arcilla, de lo contrario el suelo es inadecuado y deberá descartarse.” (“Recomendaciones para Adobe, Tapia y BTC”, Programa CYTED, 1995, inciso 16.1)

¹⁷Para más detalles de ensayos y parámetros de cálculo estructural de las mampostería de adobes ver “Recomendaciones para Adobe, Tapia y BTC”, Programa CYTED, 1995, incisos 12.2, 12.3, 13 –completo- y 14

En zonas sin riesgo sísmico, el refuerzo mínimo que se recomienda es la colocación de la viga solera en el extremo superior de los muros, con el fin de proporcionar continuidad entre los muros transversales, aumentar la rigidez, la resistencia a la flexión y permitir una mejor unión de los muros con la cubierta. La viga solera podrá construirse de:

4.2.3.1. *Hormigón armado*

Es conveniente que esta viga sea continua, tenga un ancho igual al del muro y una altura y armaduras definidas por cálculo estructural, en función de las dimensiones, luces, cargas verticales (en las zonas de vanos) y cargas horizontales. La viga solera de concreto armado deberá anclarse firmemente a los muros. Si no existe refuerzo interior de caña o Eucalipto en los muros ni refuerzo exterior de malla de alambre, este anclaje puede lograr ser amurando el muro en su borde superior. Si se utiliza refuerzo interior de caña o Eucalipto en los muros o refuerzo exterior de malla de alambre, puede nomitirse la ranura en el borde superior del muro ,siempre y cuando el refuerzo este firmemente anclado en la viga solera.

4.2.3.2. *Madera*

Podrá utilizarse madera rolliza (troncos rectos de Eucalipto tratados con preservante) o constituirse como viga de alma abierta (dos vigas paralelas) con travesaños en forma de escalera colocados al costado de cada uno de los refuerzos verticales para permitir el anclaje de éstos. Esta viga será continua, con un ancho igual al del muro. Las dimensiones de la viga de madera se determinaran por cálculo, en función de las dimensiones, luces, cargas verticales (en las zonas de vanos) y cargas horizontales. Debe prestarse especial cuidado a las conexiones de las vigas en las esquinas y a los empalmes. La viga solera de madera debe anclarse firmemente a los muros, fijando adecuadamente el refuerzo vertical de los muros a la viga solera. En el caso de no existir refuerzo vertical se utilizaran anclajes de acero corrugado embebidos en alveolos dejados en los muros (o en las juntas verticales) los que se rellenarán con mortero de cemento.

5. CUBIERTAS

Para el diseño y construcción de las cubiertas de las edificación es con tierra cruda deberán considerarse los requerimientos de impermeabilidad y aislamiento térmico, su pendiente y su peso propio en relación a la capacidad portante de los muros o la estructura.

De acuerdo a las condiciones climáticas del lugar, se definirán las pendientes de los techos y la longitud de los aleros. Esta última deberá ser de al menos 60 cm de distancia de la pared en el caso de construcciones de hasta 3 m de altura.

Las cubiertas deberán distribuir su carga homogéneamente en los elementos estructurales o en la mayor cantidad posible de muros, evitando concentraciones de esfuerzos en los mismos. El sistema de techo deberá fijarse adecuadamente a los muros o a la estructura a través de la viga solera.

Su sistema estructural y cada uno de los elementos que lo componen, deberán ser diseñados calculados y construidos de tal manera que no produzca en los muros empujes laterales por efecto de las cargas de gravedad (peso propio, sobrecarga).

Los materiales de las cubiertas pueden ser los empleados tradicionalmente, como la chapa acanalada sobre estructura metálica o de madera, la paja tipo quincho litoraleño o uruguayo, la teja sobre estructura de madera, etc.

También podrá utilizarse la denominada cubierta verde, que se describe a continuación.

5.1. Cubiertas verdes o ajardinadas:

Los techos vivos, también conocidos como techos verdes o ajardinados, son aquellos que contienen elementos vegetales vivos como parte integral del sistema total del techo. Existen

numerosas maneras de conformarlos y ejecutarlos, generando distintos tipos de cubiertas con características y pesos muy diferentes. Sin embargo, su composición en capas, se puede describir genéricamente de la siguiente manera:

5.1.1. Estructura de soporte:

Es la que oficia de contenedora de las capas superiores, proveyendo una plataforma que descarga el peso de la cubierta hacia la mampostería o elementos verticales de soporte. Puede materializarse con diferentes formas, características y materiales, y puede adoptar diferentes pendientes. Las variables anteriores condicionan significativamente el diseño constructivo del resto de los componentes de este tipo de cubiertas.

5.1.2. Manto impermeable:

Se extiende sobre el soporte e impide el paso del agua hacia el interior de los ambientes, absorbiendo los esfuerzos mecánicos producidos por la deformación de los elementos de soporte debido a la humectación de las capas superiores, el cambio térmico o la sobrecarga. Resiste a la humectación permanente y a la acción de los agentes biológicos y generalmente provee de una barrera anti raíz. Entre ellos se destacan:

5.1.2.1. Sistemas de láminas sueltas: la capa impermeable permanece “despegada” del soporte. En estos se distinguen los sistemas de:

- Junta abierta: consisten lonas de tipo polietileno de 200 a 800 micrones (nuevas o recicladas), que se colocan generalmente sobre un soporte liviano con pendiente, con una superposición de un metro en sentido perpendicular a la caída del techo.
- Junta cerrada: consisten en membranas asfálticas con aluminio o membranas de PVC-P soldadas entre sí que se extienden sobre el soporte del techo.

5.1.2.2. Sistemas adheridos: la capa impermeable se adhiere al soporte. En ellos se distinguen los sistemas:

- Con junta: es el que proveen las membranas a base de asfalto o PVC-P que se pegan al soporte.
- Sin junta: es el que provee la poliurea, una pintura plástica que se aplica sobre el soporte, formando una capa uniforme y continua.

5.1.3. Capa drenante:

Es la encargada de evacuar el excedente de agua para evitar los encharcamientos y excesos de humectación en el sustrato. En muchos casos suelen retener una porción del excedente para resolver la disponibilidad de humedad cuando la vegetación lo requiera. Es necesario separar esta capa de la del sustrato con un manto que oficie de filtro granulométrico fino para que los componentes del sustrato no ocupen los espacios de drenaje.

Esta capa también funciona como aislante térmico ya que genera una cámara de aire entre el interior y la humedad del sustrato que está sobre ella.

En techos de más de 5% de pendiente el exceso de agua será eliminado por escorrentía. Pero en cubiertas de baja pendiente o nula, se deberán generar mecanismos de desagüe como ser: la utilización de geocompuestos o láminas drenantes (productos industrializados); o la incorporación de lechos de piedras naturales y/o artificiales de granulometría gruesa, conformados in situ (leca, cascotes de ladrillo, etc.). En el caso de cubiertas verdes sobre losas, deberá estudiarse el sistema de drenaje pluvial, generando -si es necesario- un sistema de conductos de media caña de PVC bajo el sustrato, distribuidos estratégicamente sobre la cubierta para acelerar el proceso de evacuación del agua.

5.1.4. Sustrato:

Es todo el material sólido natural o artificial, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor en forma pura o mezclado, permite el anclaje radicular y el crecimiento de la planta. Es el medio donde esta se desarrolla. Generalmente colabora para retener el

agua de lluvia y aislar térmicamente los ambientes. Los materiales más utilizados para componer el sustrato son: suelo natural, arena gruesa, vermiculita, leca, perlita volcánica expandida, lombricompost, compost, pinocha, resaca de río, turba, etc. Su composición se diseñará en función de la vegetación que se desea plantar, y su espesor dependerá del porte de la misma.

5.1.5. Vegetación:

Son las especies de vegetales que se plantan sobre la cubierta. Pueden tener diferente porte y características.

La vegetación cumple una serie de funciones de gran provecho: protege a la capa de sustrato de la erosión; retiene absorbe y evapora el agua de lluvia; contribuye a la refrigeración de la superficie del techo a través del sombreado, la evaporación y la transpiración; provee aislación acústica hacia el interior de los ambientes; proporciona alimento y hábitat a invertebrados y aves, captura contaminantes presentes en el aire y brinda oxígeno al ambiente; y otorga un aspecto visual muy agradable.

Su conformación está condicionada por: el clima y microclima a en las que se insertan; espesor del sustrato y su capacidad de retener agua y proveer anclaje mecánico; la inclinación del techo en relación a su capacidad de retención de agua; su orientación cardinal y el nivel de asoleamiento que recibe; la cantidad de lluvia y/o riego que recoge; los vientos a los que son expuestas, etc.

Hay muchas tipologías de techos verdes y distintos sistemas tecnológicos y constructivos para realizarlos, materializando las capas descriptas anteriormente. Entre ellos se distinguen:

- Sistemas de capas: Las capas descriptas tienen la extensión de toda la cubierta y su construcción se realiza in situ.
- Sistemas de bandejas: Las capas descriptas se materializan en pequeños módulos de alrededor de 0,60 m x 0,60 m y luego se montan en obra con encastrés entre sí.

6. REVOQUES, TERMINACIONES Y PINTURAS

6.1. Revoques:

Los muros de tierra cruda requieren de revoques, que además de brindarles una terminación adecuada, los protegen evitando la erosión producida por la lluvia y la acción de los insectos.

Los revoques son acabados con materiales maleables de gran compatibilidad adhesiva con el muro de tierra y a menudo con la estructura maestra. Los más utilizados para conformar la mezcla son: tierra de diferente composición granulométrica (arena, limo y arcilla) paja, agua, cal, cemento, polvo de ladrillo, etc. Para las capas más finas de revoques (revoque fino) puede mejorarse la mezcla con agua de penca, aceite de lino, harina, leche en polvo, huevo, cola de carpintería, entre otros. En los lugares donde no se disponga de paja podrá utilizarse viruta, tabaco de hormiguero, bosta de caballo, cortadera, coirón, o chala de caña.

Los revoques de barro se realizan en varias capas, garantizando el puente de adherencia entre la primera capa y el muro de tierra y entre las demás capas entre sí.

Los revoques exteriores expuestos a las inclemencias del tiempo, deberán ser más elásticos que la superficie donde se aplican para poder resistir las influencias hídricas y térmicas sin que aparezcan fisuras. Además, es recomendable que estén protegidos con pinturas que colaboren a repeler la absorción directa del agua en el caso de lluvias, sin impedir la capacidad de regular la humedad de los ambientes por difusión del vapor.

Cuando sea necesario proteger el muro con revoques cementicios en las zonas húmedas como baños y cocinas, es importante no impermeabilizar la cara opuesta del mismo, para permitir que conserve su capacidad higroscópica.

6.2. Pinturas:

Las pinturas, además de darles color a los muros de tierra, terminan de consolidar su superficie, evitando el desprendimiento de polvo, y en el exterior optimizan su protección frente a la acción del viento y la lluvia.

Para ello es necesario utilizar pinturas naturales al agua o a la cal que permitan conservar la capacidad higroscópica del muro, sin impermeabilizarlo.

En las caras exteriores, es importante que las pinturas colaboren a repeler la absorción directa del agua en el caso de lluvias, sin impedir la capacidad de regular la humedad de los ambientes por difusión del vapor.

Los materiales más usados para elaborar pinturas naturales con estas características son: polvo de arcilla, cal, agua, caseína, yeso, suero, leche en polvo, agua de penca, aceites naturales, savia vegetal, huevos, orín, bórax, silicatos, siliconatos, resinas acrílicas, etc.

Es importante que en las superficies expuestas a las inclemencias del tiempo, las pinturas sean periódicamente renovadas, pues la lluvia, el viento y las radiaciones UV, la erosionan continuamente.

No se podrán cubrir los muros con papeles sintéticos o plásticos.

6.3. Revestimiento:

Es el conjunto de materiales que recubren los muros revocados y eventualmente la estructura maestra con fines de protección o decorativos. Se emplea frecuentemente en los muros de las zonas más húmedas de las construcciones, como son los baños y cocinas o lavaderos.

Ningún muro de tierra cruda podrá estar revestido en ambas caras en toda su superficie.

7. ANALISIS Y ENSAYOS DE MATERIALES

Para garantizar la calidad de las construcciones con tierra cruda, es fundamental el análisis de los elementos constructivos y del suelo que se utiliza como materia prima para su elaboración. Algunos podrán ser análisis de campo, mientras que otros deberán ser ensayos realizados en laboratorios adecuados.¹⁸

8. INSTALACIONES

Las instalaciones eléctricas, cloacales, pluviales, de agua y gas deberán estar de acuerdo a las normas y recomendaciones municipales, provinciales y nacionales vigentes y deberán ser ejecutadas por instaladores matriculados.

En construcciones con muros portantes, se recomienda que el tendido de las cañerías esté exento de los mismos, o previendo alojamientos especiales a tal fin, que no reduzcan la capacidad portante del muro. En caso de necesitar embutir algún sector de la cañería, su espesor no deberá superar 1/5 del espesor del muro. En todos los casos, se recomienda que los recorridos de las cañerías embutidas en los muros sean en sentido vertical para no debilitar su capacidad portante.

En relación a las instalaciones cloacales, para realizar construcciones respetuosas del medioambiente, el manejo de los efluentes de una vivienda o edificio, es un aspecto importante a tener en cuenta para evitar la contaminación de los suelos y de las napas de agua subterránea. En zonas donde no existen sistemas de cloacas y tratamientos de efluentes a nivel comunal o municipal, es fundamental considerarlo en el ámbito particular de cada construcción.

Una de las maneras tradicionales de tratar los efluentes de una vivienda, es la utilización de los denominados “pozos negros”. Estos son pozos permeables y ventilados donde confluyen todas las aguas servidas, que paulatinamente se van infiltrando en el suelo circundante a través de sus paredes y su fondo. Si los efluentes se vuelcan sin recibir ningún tipo de tratamiento previo, el

¹⁸ Para los análisis de suelo se sugiere la siguiente bibliografía “Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra” (Red Iberoamericana Proterra-, 2009). Para ensayos de elementos constructivos –en especial a la compresión- se recomiendan ensayos de laboratorios.

pozo negro no aporta casi nada a la depuración de los desechos; solo infiltran en el terreno los líquidos hasta que las grasas impermeabilizan sus paredes, reduciéndose entonces su funcionamiento al de una cisterna de almacenamiento que cada vez que se llene, se debe vaciar con camiones atmosféricos. Se podrá prolongar su vida útil si se utilizan cámaras de separación de grasa para las aguas provenientes de piletas de cocina, lavatorios, ducha, lavarropas, etc.

El envío directo de los efluentes al pozo negro sin tratamiento previo es desaconsejable, ya que la infiltración de los mismos contamina el entorno y las napas de agua.

Una manera de optimizar la solución del pozo negro es la incorporación de cámaras desgrasadoras y cámaras sépticas para realizar el tratamiento previo de los efluentes antes de volcarlos. Las primeras separan las partículas de grasa y jabón para evitar que las mismas impermeabilicen el pozo. Las segundas son dispositivos herméticamente cerrados donde los desechos cloacales permanecen en reposo 24 hs como mínimo, para que se produzca la decantación y digestión anaeróbica de los componentes orgánicos sólidos.

Una alternativa altamente recomendada para zonas donde se dispone de suficiente suelo permeable, es la separación de aguas grises (aguas provenientes de lavatorios, duchas y piletas de cocina) y aguas negras (desecho de inodoro), y el tratamiento diferenciado de las mismas. Las aguas grises se dirigen a una zanja depuradora que retiene las partículas de grasa, jabón y demás elementos mediante la incorporación de camas de piedra y vegetales especiales. Las aguas negras, en cambio se conducen hacia un biodigestor que por decantación separa los componentes líquidos de los sólidos, descompone la materia orgánica y prevé un rebalse hacia la zanja depuradora de los componentes líquidos. Este sistema evita la liberación de aguas contaminantes hacia las napas, y evita la saturación de los dispositivos de almacenamiento.

El biofiltro también es una opción viable para el tratamiento de las aguas grises, que una vez depuradas se acopian y sirven para riego.

Una alternativa para el tratamiento de las deposiciones es el baño seco, que prescinde de agua y almacena la materia orgánica descompuesta generando compost para abono.

9. ENERGIAS ALTERNATIVAS, EFICIENCIA Y AHORRO ENERGETICOS

A partir de la noción de arquitectura o construcción sustentable como aquel modo de construir el hábitat que, teniendo en cuenta los aspectos sociales, económicos y ambientales del contexto en el que se implanta, crea espacios saludables, viables económicamente, sensibles a las necesidades sociales, y respetuosos del medioambiente; es necesario considerar no sólo la materialidad y modo de concreción de las envolventes de dicho espacio, sino también el modo de habitarlo.

En tal sentido es fundamental incorporar desde el diseño de los espacios, algunas estrategias para conseguir niveles de confort climático y ambiental utilizando los menores recursos energéticos externos posibles. Algunas de ellas podrían ser:

- Incorporación de ventilación natural cruzada de los ambientes para mejorar la refrigeración.
- Medidas de aislamiento térmico y acústico en paredes, cubiertas, pisos y aventanamientos, como ser: implementación de parasoles en huecos acristalados, dobles vidriados, empleo de vegetación como elemento de obstrucción solar y como elemento de refrigeración natural (en colaboración con masas de agua).
- Implementación de medidas de captación solar pasiva como ser: aperturas de ventanales al norte, colocación de invernaderos, sistemas de captación cenital en cubierta (lucernarios, ventanales, etc.), muro trombe.
- Medidas de acumulación de la radiación solar: empleo de materiales de alta inercia térmica en suelos, muros, o tabiques y en los sistemas de calefacción y cocina (estufa rocket).
- Utilización de energías renovables para la calefacción y el calentamiento del agua como ser: calefones y termotanques solares, calderas de biomasa, etc.
- Empleo de medidas de eficiencia energética en los sistemas de iluminación: empleo de lámparas de led y bajo consumo.

- Empleo de medidas de ahorro y eficiencia energética en los dispositivos eléctricos: elementos de captación y acumulación de energía solar (paneles solares) y energía eólica (molinos de viento).