

ARQUITECTURA SUSTENTABLE Y EFICIENCIA ENERGETICA EN LA
CONSTRUCCION CON TIERRA EN NUEVA ZELANDA

NEW ZEALAND EARTH BUILDERS NZEB
HABITAT CONSTRUIDO | EFICIENCIA ENERGETICA

Andrés Delfino



SITUACIÓN DE CONTEXTO: LA CONSTRUCCIÓN EN NUEVA ZELANDA

Nueva Zelanda, Oceanía, conformado por 2 islas, la Norte y la Sur, es notable por su aislamiento geográfico. La mayor parte de su población es de ascendencia británica, siendo los indígenas Maorí la minoría más numerosa.

Las primeras viviendas maoríes fueron construidas en madera. Cuando comenzó la colonización europea de Nueva Zelanda, se necesitaron constructores para producir casas, tiendas y edificios públicos, como oficinas de correos, pubs e iglesias. En la década de 1920, el aumento de los costos de la madera y la mano de obra condujo al bungalow de estilo californiano, más simple y más barato, que reemplazó a la villa ornamentada y hambrienta de madera.



Casas prefabricadas

Después de la 2da. Guerra Mundial se crearon empresas de construcción residencial para producir casas prefabricadas en serie. En la década de 1960 surgieron empresas como Beazley Homes y Neil Housing, asistidas por el **Group Building Scheme** del gobierno. El esquema garantizaba la compra de casas terminadas y alentaba la construcción fuera del sitio para reducir costos y aumentar la velocidad de construcción. A principios del 2000, compañías como Golden Homes, Signature Homes, David Reid Homes, Keith Hay Homes y muchos otros ofrecieron paquetes completos de construcción de viviendas con diseños variados.

Síndrome del “Leaky Homes” (crisis del ‘edificio permeable’)

Desde mediados de la década de 1990, miles de casas se construyeron utilizando métodos que no han evitado los efectos de la lluvia. Muchos eran de estilo mediterráneo, con techos planos, sin aleros y balaustradas sólidas. La humedad quedó atrapada detrás de los tipos de revestimiento, como el yeso fibroso o el estuco.

Los hongos crecieron y la madera se pudrió. Muchos factores contribuyeron, incluido el Código de Construcción de la Ley de Construcción, 1991, menos riguroso, utilizando nuevos materiales no probados (como estructuras de madera no tratadas), nuevas tendencias arquitectónicas, desarrolladores de reducción de costos y prácticas deficientes de construcción.

Los consejos firmaron un mal trabajo de construcción al igual que los certificadores de edificios privados. El Building Code debía supervisarse por la Building Industry Authority, una agencia gubernamental mal financiada.

Otro factor que resultó en daños más importantes por las fugas fue el cambio a la Norma de Nueva Zelanda para el Tratamiento de la Madera en 1995, que permite el uso de madera

de pino radiata, no tratada, para el enmarcado de muros. Como esta madera tiene poca resistencia natural a la putrefacción cuando está mojada, el daño ocurre más rápidamente.

Consecuencias

- La Ley de Edificación de 1991 fue actualizada y reemplazada en 2004, que introdujo un plan de licencias para diseñadores de edificios, constructores y comercios relacionados. Los Consejos debían estar registrados ante la autoridad central, sujetos a controles periódicos de control de calidad. Los inspectores de construcción del Consejo permanecen sin licencia.
- El Gobierno disolvió la BIA Building Industry Authority, Autoridad de la Industria de la Construcción, departamento gubernamental encargado de supervisar y administrar el sector de la construcción, el 30 de noviembre de 2004 y la reemplazó por el DBH, Department of Building and Housing, (Departamento de Construcción y Vivienda).
- Algunas de las Soluciones Aceptables al Código de Construcción fueron re-escritas, más notablemente, la Humedad Externa E2 / AS1 que cubre el detalle de los techos y las paredes, se expandió en gran medida.
- El estándar que cubre la durabilidad del armazón de madera se modificó a fines de 2003 con la publicación de NZS 3602:2003 madera y productos a base de madera para su uso en la construcción. Esta revisión requirió un retorno al uso del enmarcado de pino radiata tratado en paredes externas. Hoy día se aplica NZS 3602:2011.
- Vivienda afectada: miles de hogares en todo el país aún están en espera de renovación, con un costo total que, según un informe de Price Wáter House Coopers, al gobierno en 2008 fue de aproximadamente NZ\$ 11,3 mil millones para una estimación consensuada de 42,000 edificios. Otros expertos en construcción estiman el costo real en NZ\$ 23 mil millones para 89,000 edificios, y acusaron al gobierno de reducir la cifra de edificios afectados a 42,000 edificios por supuestos 'descontentos' con la predicción de expertos.

El clima de Nueva Zelanda

Primavera, septiembre a noviembre: temperatura promedio 18°C Isla Norte, 12°C Isla Sur.

Verano, diciembre a febrero: temp. promedio 28°C Isla Norte - 24°C Isla Sur

Otoño, marzo a mayo: temp. promedio 12°C Isla Norte - 10°C Isla Sur

Invierno, junio a agosto: temp. promedio 10°C Isla Norte - 7°C Isla Sur (llega a 0°C)

NORMATIVA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA BANZ 2004

Cláusula

- H1: Disposiciones de eficiencia energética
- H1.1 El objetivo de esta disposición es facilitar el uso eficiente de la energía.

Requerimiento funcional

H1.2 Los edificios deben construirse para lograr un grado adecuado de eficiencia energética cuando esa energía se utiliza para:

- (a) modificar la temperatura y la humedad, y proporcionar ventilación en forma integral y complementaria
- (b) proporcionar agua caliente de accesorios y equipos sanitarios
- (c) proporcionar iluminación artificial.

Actuación

H1.3.1 El envolvente del edificio adjunto espacios donde la temperatura o humedad (o ambos) se modifican deben ser construido para:

- (a) proporcionar la temperatura adecuada resistencia; y
- (b) limitar el flujo de aire incontrolable.

El rendimiento

H1.3.2E Los edificios deben construirse para garantizar que el índice de rendimiento de su edificio no exceda de 1.55 m² K/W (BPI - Building Performance Index = Índice de rendimiento del Edificio). El rendimiento H1.3.2E se aplica solo a vivienda.

H1.3.3 Se deben tener en cuenta las condiciones físicas que pueden afectar el rendimiento energético de los edificios, incluidos:

- (a) la masa térmica de los elementos de construcción; y
- (b) la orientación y la forma del edificio; y
- (c) la hermeticidad de la envolvente del edificio; y
- (d) las ganancias de calor de los servicios, procesos y ocupantes; y
- (e) el clima local; y
- (e) ganancias de calor de la radiación solar.

H1.3.4 Sistemas para calefacción, almacenamiento o distribución de agua caliente hacia y desde sanitarios o los equipamientos deben tener en cuenta la fuente de energía utilizada:

- (a) limitar la energía perdida en el proceso de calentamiento; y
- (b) estar construido para limitar el calor perdido de los recipientes de almacenamiento y de los sistemas de distribución; y facilitar el uso eficiente de agua caliente.

H1.3.5 Los accesorios de iluminación artificial deben:

- (a) estar ubicados y dimensionados para limitar el uso de energía, consistente con el uso previsto del espacio; y
- (b) estar equipados con un medio para habilitar las intensidades de luz para ser reducido y controlado en forma consistente con actividad reducida en el espacio.

H1.3.6 Los sistemas HVAC deben estar ubicados, construidos e instalados para:

- (a) limitar el uso de energía, consistente con el uso previsto de espacio; y
- (b) permitir que se mantengan para asegurar que el uso de la energía siga siendo limitado, consistente con la ocupación prevista en el espacio.

El Arquitecto

Florian Primbs, arquitecto especializado en Sustentabilidad, estableció el sistema NZEB, *New Zealand Earth Builders*, nació en Alemania, licenciado en la Universidad de Munich, título equivalente al Master en Arquitectura en Nueva Zelanda, donde actualmente vive y trabaja.



- En **1996** recibió el premio Weka por reducción de costos, reducción de energía en los sistemas constructivos de paneles de madera “*Timber frame*”.
- En **2004** fundó su primera compañía “*New Zealand Earth Builders*” NZEB especializada en construcción con tierra, **libre de cemento** y amigable con el medio ambiente, técnicas de tierra liviana y revestimientos de tierra.

ANTECEDENTE:

BREVE HISTORIA DEL MURO DE ADOBE ALIVIANADO EN ALEMANIA

- El adobe ligero es un desarrollo relativamente reciente en la antigua historia de la construcción milenaria con tierra.
- El término “*leihlehm*” fue primeramente usado en los estándares alemanes de construcción con tierra de 1944 en referencia a las mezclas con densidades menores a los 1200 kg/m³.
- Nueva Zelanda tiene algunas estructuras de adobe aligerado con piedra pómez que datan de hace más de 100 años. El principio de estructura de paneles de madera portantes con rellenos de adobe es antiguo, hemos trabajado con ejemplos alemanes de hace más de 800 años. La madera de estas estructuras aún estaba en general, en muy buenas condiciones debido a la protección del relleno de adobe.
- La técnica de adobe ligero fue gradualmente desarrollada durante las dos últimas décadas en Europa para abastecer una demanda creciente para mejoras en aislaciones, en la construcción con adobe ligero, el barro es mezclado con paja o piedra pómez u otro agregado como cámara de aire, para crear muros ligeros y aislantes dentro de marcos estructurales de madera (*wood frame*).

MATERIALES Y PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MURO NZEB

Estructura

La estructura está compuesta por madera ciprés denominada macro-capa, con la misma se materializa toda la estructura de la casa mediante el Sistema Wood Frame.

Masa muraría

De adobe alivianado, compuesto por piedra “pómez” o “paja” y limos seleccionados, la estructura de madera es el marco de este relleno:

- La **cantera de piedra pómez** tiene un agregado de tamaños que varían de 8 a 55mm.
- La **paja** es descortezada y triturada de los residuos de madera y/o virutas de madera o aserrín de macrocapa (ciprés).
- El **limo** se encuentra en el terreno o en las proximidades, con un contenido de 30 % de arcilla, es ideal para el método de adobe ligero.
- La **arcilla** simplemente actúa como adhesivo que sostiene las cámaras de aire, formando agregados en conjunto, el limo es remojado y agitado antes de ser mezclado en una relación de aproximadamente 20 % de limo a 80 % pómez o paja en una mezcladora de doble brazo, la mezcla es entonces vertida temporalmente dentro de un sistema de encofrado de chapa o madera entre los montantes de la estructura. Finalmente, la mezcla es ligeramente suavizada a mano.



Figuras 1 y 2. Estructura de madera y cerramiento de adobe alivianado, y diagonales rigidizando el sistema.

- **Revoques**

Revoque interior de adobe: Los revoques de adobe alivianado de NZEB, de 20 a 25 mm de espesor, se aplican en 2 a 3 capas.

Elaboración: a) La primera capa puede ser colocada directamente sobre el muro humedecido de tierra ligera o tierra apisonada. b) La segunda capa, consiste en una malla de tela arpillera y una fina capa de barro es trabajada dentro del enlucido, la arpillera es un material tradicional, puente natural, que ayuda a evitar los quiebres. c) La capa final es un enlucido fino hecho de limo y arena fina, determina la apariencia del producto final.



Figura 3. Revoque int. adobe aliv. en proceso



Figura 4. Revoque fino adobe aliv. terminación.

Figura 5: Terminación muro exterior revoque fino ala cal, como protección de la lluvia.



Revoque exterior de adobe y cal:

Se aplican a las superficies externas expuestas al sol en un espesor de 25mm en 3 capas.

Elaboración: el enlucido se realiza con 1 parte de cal en pasta de cal remojada y 3 a 4 partes de arena. a) Primero se coloca una capa de adobe de 15 a 20 mm al muro de tierra previamente humedecido. b) Se agrega una malla reforzadora de fibra de vidrio o plástico en la superficie húmeda y, al día siguiente se aplica c) una capa final de aprox. 5 a 10mm. Durante el secado, el muro debe mantenerse húmedo y bajo la sombra.

- **Pintura natural**

Como revestimiento protector se utiliza una pintura natural con base de silicato (silicato de sodio o pintura Keim), la reacción química con el sustrato mineral endurece la superficie, pero permite a los poros permanecer abiertos, manteniendo la respiración de los muros.



Figura 6: Terminación interior pintura natural



Figura 7: Terminación ext. - int. pintura natural

Cualidades ambientales del muro

Aspecto térmico

Estos muros tienen una densidad de entre 350 a 1200 kg/m³, y son considerablemente más ligeros que los muros de ladrillos de adobe o de tierra apisonada (2000-2200 kg/m³), como resultado el valor de la resistencia térmica R (valor R = 1 / K) está por encima de 10 veces más alto para un muro del mismo espesor y los requerimientos del código de construcción de NZ pueden ser fácilmente alcanzados (se observa en la siguiente imagen).

Comparación Valor R: Los datos presentados a continuación fueron tomados de ensayos de varios institutos reconocidos de investigación:



El valor **R** (m²K/W) describe la Resistencia Térmica de un muro al flujo de calor con una diferencia de temperatura en cada cara. Los coeficientes recíprocos de la cantidad de energía (W) viajando a través de 1m² de muro a una diferencia de temperatura de 1° C entre el interior y el exterior (1K) descrito por el Valor U europeo (W/m²K).

- El barro almacena calor, aportando calor en invierno y se mantiene fresco en verano, evitando o reduciendo el uso de energías no renovables en calefacción convencional.
- Cuando el muro se seca tendrá una densidad de aproximadamente 450-750 kg/m³ el cual, junto a los revoques internos y externos, producirán un valor R de aproximadamente 1.2 m²K/W por 200mm de espesor (igual a K= 0.83 W/m²K).
- El registro de los proyectos en Mangawhai y Sandspit durante el invierno han confirmado las buenas propiedades térmicas del muro. La temperatura interna de las habitaciones no calefaccionadas, nunca descendió de los 14 grados C, aun cuando se registraron heladas en el exterior.



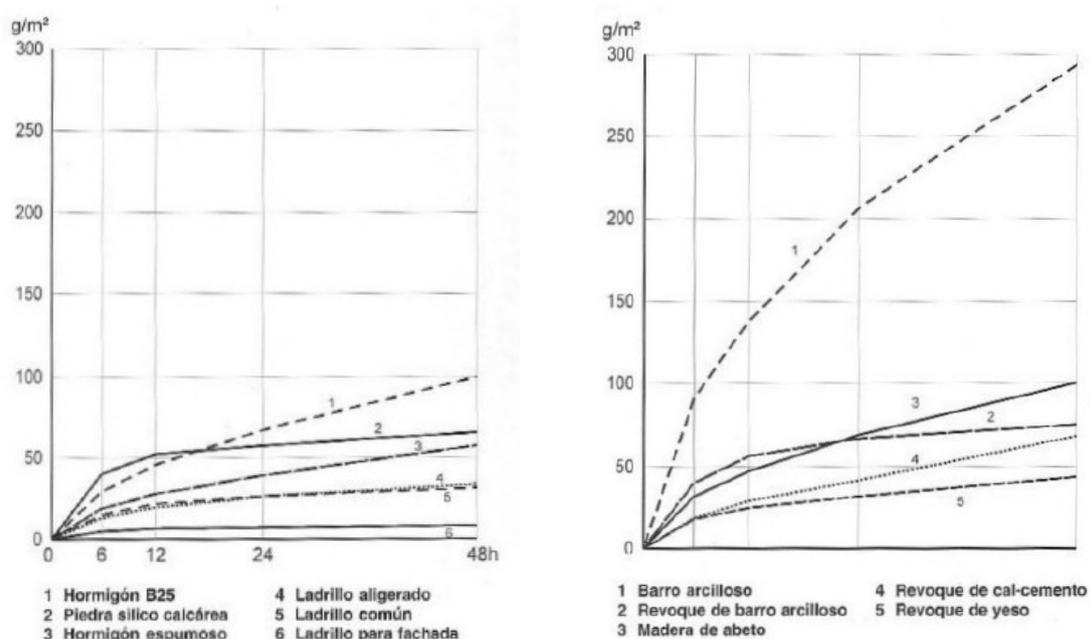
Figuras 8a y 8b: se observa el adobe alivianada con la malla de tela arpillera para evitar fisuras.

Humedad del aire y el impacto en la salud

- La humedad del aire en los espacios interiores ejerce una influencia significativa en el bienestar de los habitantes y la tierra tiene la capacidad de absorber y balancear la humedad del aire como ningún otro material (absorbe 30 veces más que los ladrillos cocidos en un lapso de dos días).
- Un metro cuadrado de revoque libre de cemento con un espesor de 25 mm puede absorber hasta 250/300 ml/m²=g/m² de agua del aire húmedo y saturado, superando a cualquier deshumificador sin usar electricidad, reduciendo el consumo energético

Los revoques contienen solo ingredientes naturales:

- Desintoxicando el ambiente
- Neutralizando olores desagradables como el humo de cigarrillo
- Libre de moho en el revestimiento, crea un cómodo, estable y saludable nivel de humedad en el ambiente evitando riesgos respiratorios.



Figuras 9a y 9b. Capacidad de absorción de vapor de agua según tiempo y material

POTENCIALIDADES Y OBSTÁCULOS

Potencialidades
• Se obtiene del terreno a construir. Economiza materiales de construcción y costos de transporte.
• El adobe ahorra energía y disminuye la contaminación ambiental. No produce contaminación ambiental en relación a los otros materiales de usos frecuente. Para producir el adobe en el sitio se necesita solo el 1% de la energía requerida para producir H ² A ^o o ladrillos cocidos. Reduce casi a cero el impacto ambiental y el impacto económico.
• No hace falta mano de obra especializada, al ser de fácil trabajabilidad, la instruye el mismo arquitecto.
• Es apropiado para la auto construcción. Porque se pueden ejecutar con herramientas sencillas y económicas.
• Potencial por su inercia térmica, ya que no hace falta calefacción artificial.
• El adobe almacena calor. En zonas climáticas en donde las diferencias de temperaturas son amplias o donde es necesario almacenar calor el barro puede balancear el clima interior.
• Potencial en salud ya que absorbe y regula la humedad y olores del ambiente, y no produce moho en los muros.
• Baños con paredes de adobe son usualmente mas higiénicos que los revestidos con azulejos, debido a que las paredes de adobe absorben rápidamente la humedad he inhiben el crecimiento de hongos.
• El adobe preserva la madera y otros materiales orgánicos. El adobe mantiene secos los elementos de madera y los preserva cuando están en directo contacto con él, debido a su bajo equilibrio de humedad de 0,4 a 6% en peso y su alta capilaridad. Los insectos y hongos no pueden destruir la madera en esas condiciones ya que necesitan un mínimo de humedad de 14 a 18% y los hongos más de 20% para vivir.
• El adobe es reutilizable. Solo necesita ser triturado y humedecido con agua para ser reutilizado.
• Potencial estético por su imagen final.

Obstáculos
• Obstáculo socio-cultural, en general, no en Nueva Zelanda, si en sectores de nuestro país.
• Para muchas personas resulta difícil concebir que un material natural como la tierra no necesite ser procesado y que en muchos casos las excavación de cimientos ofrezca un material que puede ser utilizado directamente para construir.
• La afirmación de que gusanos o insectos puedan vivir en muros de tierra es infundada cuando estos son macizos.

RESULTADO ESTÉTICO DE LA VIVIENDA



Figura 10: Fachada sureste, entrada principal.



Figura 11: Fachada Norte, mayor apertura de vanos, galería como espacio intermedio y de parasol en verano, uso de paneles solares.



Figura 12: Vista interior, salamandra a leña para calefacción. Se observa que las terminaciones no denotan apariencia de adobe.



Figura 13: Vista interior, iluminación natural al norte, las terminaciones, no denotan apariencia de adobe.

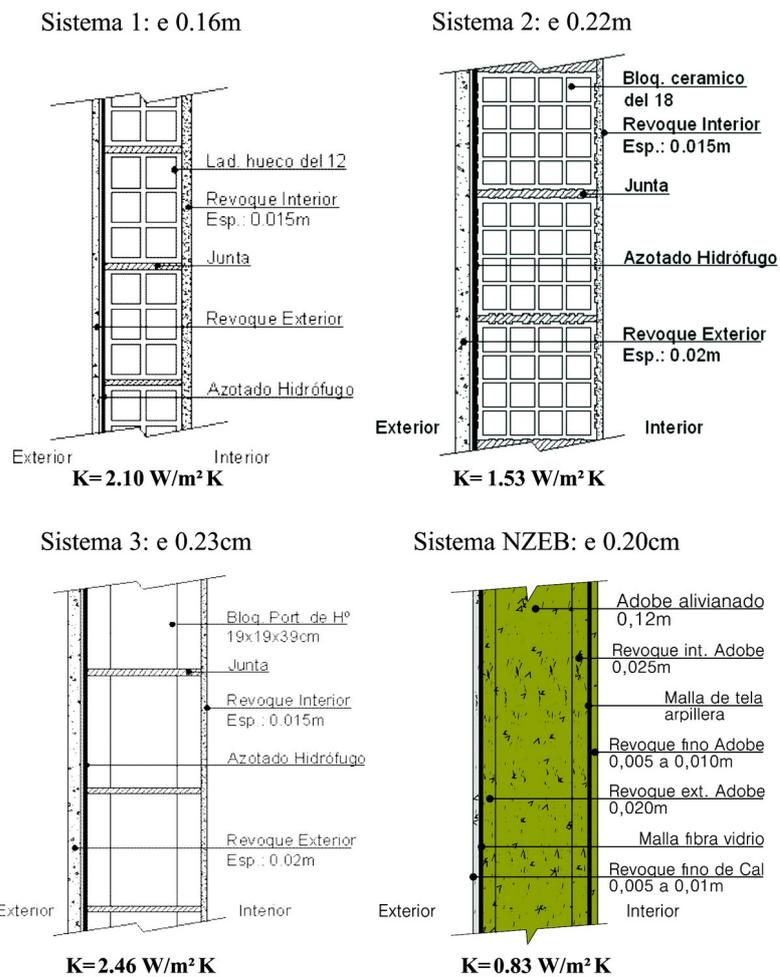


Figura 14. Características térmicas, construcción convencional, 1, 2 y 3, y adobe alivianado, sistema NZEB.

Comparación de transmitancia térmica de sistemas constructivos

Considerando el aporte de la transmisión térmica en el desempeño ambiental y energético, se presenta la Figura 14 que compara la construcción convencional en Nueva Zelanda con adobe alivianado, indicando que éste, con menor espesor, logra una resistencia 2 veces mayor y una transmitancia térmica menor que un muro de ladrillo hueco de $e = 0,22\text{m}$ y 3 veces mayor que un muro de bloques de hormigón de $e = 0,23\text{m}$.

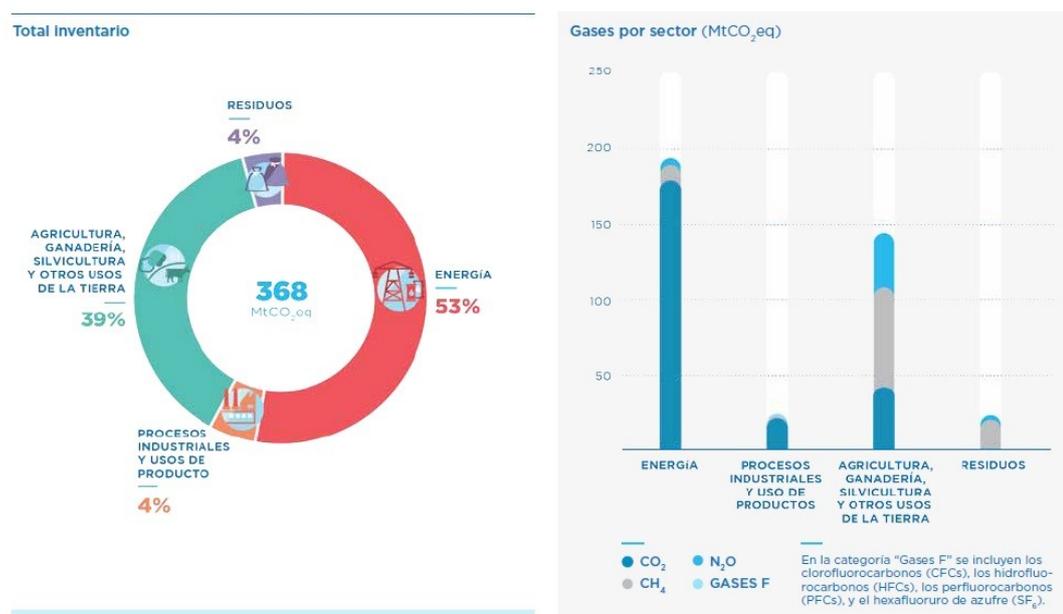


Figura 15. Aporte del uso a energía a emisiones de gases efecto invernadero

CONCLUSIONES

El estudio muestra que un material de cerramiento con buena inercia térmica, como el adobe, reduce la demanda de energía para calefacción y refrigeración, el uso de materiales industriales y su proceso de cocción y la huella de CO₂ emitida al medio ambiente. En ese marco, cabe mencionar que ello afecta los campos básicos de sustentabilidad en la construcción: el aspecto ambiental, el económico y el social.

Aspecto social: Los resultados obtenidos en el estudio impactan en los comitentes, en general personas solas que buscan auto-construir su casa, reduciendo costos y obteniendo una vivienda eficiente, saludable y habitable, amigable con el medio ambiente.

Aspecto económico: El impacto económico es notable al reducir costos de materiales y mano de obra, considerando además que no hay empresa constructora por medio, teniendo en cuenta que los crecientes costos de las viviendas en Nueva Zelanda.

Aspecto ambiental: Mitiga el impacto ambiental, al **reducir el uso de materiales industriales** (reduce la huella de CO₂ del área Procesos industriales y de Energía), **introducir materiales biodegradables** (no genera residuos a futuro), **reducir el traslado** de materiales, siendo que la tierra se trabaja en el sitio, y **eliminar o reducir el uso de calefacción artificial**.

Recomendaciones

- **Orientación** para ganancia solar máxima, sistemas activos + estrategias pasivas.
- **Posicionamiento** para minimizar las pérdidas de energía y proteger del viento.
- **Forma** compacta para minimizar el área de superficie + guardar materiales. En zonas bioambientales muy cálidas, podrían considerarse formas más abiertas a la captación de movimiento de aire y brisa, según el partido de proyecto y escala.
- **Aislamiento térmico** de la superficie externa para minimizar las pérdidas de energía en invierno y el ingreso de calor en verano.
- **Masa térmica** para almacenar ganancias de energía de calefacción + solar pasiva.
- **Zonificación térmica** para usar espacios intermedios o 'colchón' de temperatura.
- **Materiales** de bajo impacto en salud y ambiente, no tóxicos, reciclables, duraderos.

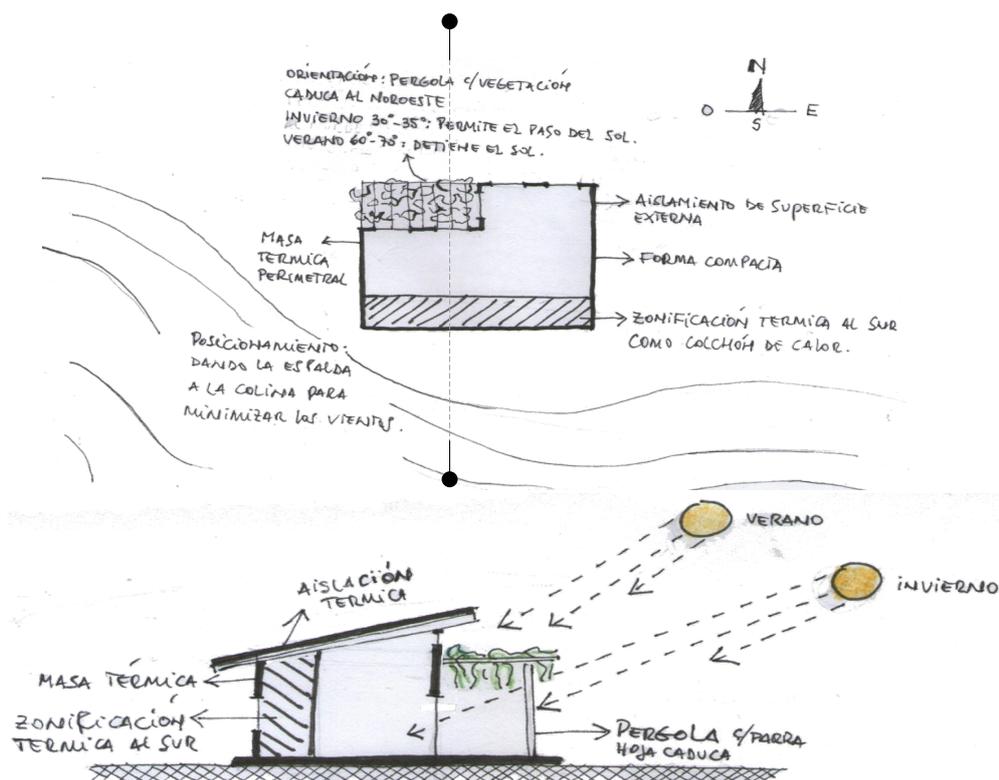


Figura 16. Esquema de estrategias bioclimáticas en planta y corte.

Referencias

NZS 3604:2011 (2011) *New Zealand Standard Timber-Framed Buildings*, Auckland.

Minke, Gernot (2005) *Building With Earth*, Editorial Fin de Siglo, Uruguay.

<http://www.legislation.govt.nz/act/public/2004>

<http://www.legislation.govt.nz/regulation/public/1992>

<http://www.legislation.govt.nz/act/public/2004>

<http://www.legislation.govt.nz/regulation/public/1992>

<http://www.nzeathbuilders.co.nz>

https://en.wikipedia.org/wiki/Leaky_homes_crisis

<https://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc57/inti3>

<https://inventariogei.ambiente.gob.ar/>