



SISTEMA CONSTRUCTIVO BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA Y SU APLICACION EN EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA SOCIAL.

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:

Nicolas Alejandro Silva Guajardo

Profesor Guía:

Alejandro Ossandón Sasso

Fecha:

Agosto 2020

Santiago, Chile

I. INDICE

I. INDICE	2
II. DEDICATORIA.....	7
II. AGRADECIMIENTOS.....	8
CAPITULO IV: RESUMEN	9
CAPITULO V: SUMMARY	10
CAPITULO VI: INTRODUCCION.....	11
6.1 GENERALIDADES	11
6.2 OBJETIVOS	13
6.2.1 OBJETIVO GENERAL	13
6.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
6.3 ALCANCES.....	13
6.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL TEMA.....	14
6.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO	14
CAPITULO VII: CAPITULOS DEL PROYECTO.....	15
7. SISTEMAS DE CONSTRUCCION TRADICIONALES DESDE SUS COMIENZOS HASTA LA ACTUALIDAD.....	15
7.1 ALBAÑILERÍA DE ADOBE.....	15
7.1.1 DEFINICIÓN.....	15
7.1.2 HISTORIA	15
7.1.3 CARACTERÍSTICAS.....	16
7.2 ALBAÑILERÍA DE LADRILLO	18
7.2.1 DEFINICIÓN	18
7.2.2 HISTORIA	18
7.2.3 CARACTERÍSTICAS	18
7.3 ALBAÑILERÍA DE BLOQUES DE HORMIGÓN.....	20
7.3.1 DEFINICIÓN	20

7.3.2 HISTORIA	20
7.3.3 CARACTERÍSTICAS	21
8. MATERIALES QUE DAN VIDA A LOS TIPOS DE ALBAÑILERIA	22
8.1 SISTEMA TRADICIONAL: ALBAÑILERÍA DE LADRILLO.....	22
8.1.1 LADRILLOS CERÁMICOS.....	22
8.1.2 GEOMETRÍA.....	22
8.1.2 TIPOS DE LADRILLOS.	22
8.1.2.1 LADRILLO MACIZO MQM	22
8.1.3.2 LADRILLO HUECO MQH.....	23
8.1.3.3 LADRILLO PERFORADO MQP	23
8.1.3.4 CLASIFICACIÓN DE LOS LADRILLOS.....	23
8.1.4 REQUISITOS DE LADRILLOS PARA SU USO EN ALBAÑILERÍA	23
8.1.4.1 CALIDAD.....	23
8.1.4.2 ALMACENAMIENTO.....	24
8.2 SISTEMA NUEVO: ALBAÑILERÍA DE BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA ..	24
8.2.1 BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA.....	24
8.2.2 DIMENSIÓN.....	24
8.2.3 TIERRA	25
8.2.4 ARCILLA	25
8.2.5 ESTABILIZANTE	26
8.2.6 AGUA.....	27
9. COMPARACIÓN ALBAÑILERÍA DE LADRILLO V/S BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA.....	27
9.1 METODOLOGÍA.....	27
9.2 CRITERIOS A COMPARAR.....	28
9.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA.....	29
9.4 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	31
10. CONSTRUCCION CON BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA	33

10.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SUSTENTABILIDAD	33
10.2 FUNDACIONES	38
10.3 ELABORACIÓN DE MUROS	39
10.4 REVESTIMIENTOS	40
10.5 CADENAS	41
10.6 PILARES	42
10.7 SERVICIOS BÁSICOS (INSTALACIÓN DE GASFITERÍA Y ELECTRICIDAD)	42
10.8 MAQUINARIA	42
11. INFORMACION VIVIENDAS SOCIALES EN CHILE (1980-2020).....	50
12. DISEÑO VIVIENDA SOCIAL TIPO CON BTC.....	56
12.1 PLANTA.....	57
12.2 ELEVACIONES.....	58
12.3 ESCANTILLON.....	59
12.4 DISEÑO TIPO SERIE O CONSECUTIVO	60
12.4.1 PLANTA TIPO EN SERIE	60
12.4.2 ELEVACION TIPO EN SERIE	61
12.5 REFERENTES DE VIVIENDAS CON BTC EN EL EXTRANJERO.....	62
13. COSTOS DEL PROYECTO.....	67
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES.	71
CAPITULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	73
GLOSARIO:	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 7.1 Composición adobe	17
Tabla 7.2 Resistencia al fuego según espesor del ladrillo.....	19
Tabla 7.3 Resistencia al fuego, bloques de Hormigón.....	21
Tabla 8.2 Dimensiones BTC.	24
Tabla 9.2 Resistencia térmica por zona en Chile.....	28
Tabla 9.2.1 Comparativo características físicas BTC v/s Ladrillo	29
Tabla 9.3 ventajas y desventajas BTC	29
Tabla 9.4 Comparativo colocación, terminación y comportamiento sísmico.	31
Tabla N° 11.1: Categorías según puntaje.....	51
TABLA N° 11.2: COSTOS UNITARIOS POR METRO CUADRADO DE CONSTRUCCION SEGUNDO TRIMESTRE 2020 (En pesos Moneda Nacional, Base enero 2019)	51
TABLA N° 11.3: SUPERFICIE DE LA VIVIENDA EN EL PERIODO 1980 – 2002.....	52
TABLA N° 13.1: CALCULO ESTRUCTURA PERIMETRAL CON BTC.	68
TABLA N° 13.2: CALCULO CANTIDAD UNIDADES POR MURO.....	69
TABLA N° 13.3: VALOR UNIDAD LADRILLO BTC V/S LADRILLO FISCAL.	70

INDICE DE ILUSTRACIONES

Imagen 01: Gastos energéticos entre BTC, Ladrillo y Hormigón.....	34
Imagen 02: Sistema de amarre y muros en BTC.....	35
Imagen 03: Ejemplo Bloque de tierra comprimida.....	35
Imagen 04: Muro construido en BTC.	36
Imagen 05: Ejemplo de construcción en BTC.....	37
Imagen 06: Ladrillos BTC en proceso de curado.	38
Imagen 07: Bloquera CINVA-RAM.....	44
Imagen 08: Bloquera Americana en Puerto de Valparaíso.	45
Imagen 09: Planta fija ITALMEXICANA BTC. 190kg/cm ² = Producción de 700 a 5000 bloques por día.....	46
Imagen 10: Proceso de Fabricación – Fabrica La Arborada de Cuta, Colombia.	47
Imagen 11: Proceso de Fabricación – Fabrica La Arborada de Cuta, Colombia.	48
Imagen 12: Proceso de Fabricación – Fabrica La Arborada de Cuta, Colombia.	49
Imagen 13: Esquema Avance m ² en Viviendas Sociales en Chile.	55
Imagen 14: Casa Abdo-Kalil – Villa de Leiva – Boyacá, Colombia.....	62
Imagen 15: Interior Casa Abdo-Kalil – Villa de Leiva – Boyacá, Colombia.	63
Imagen 16: Casa La Molina – Cundinamarca, Colombia.....	64
Imagen 17: Aula Ambiental Juan Rey en Usme – Bogotá, Colombia.	65
Imagen 18: Aula Ambiental Juan Rey en Usme – Bogotá, Colombia.	66
Imagen 19: Planta con Muros BTC.	67

III. DEDICATORIA

A MI AMADA GABRIELA Y A MI PEQUEÑA ISIDORA.

Esta dedicatoria es solo una muestra de toda la inspiración que generan en mi estas mujeres en mi vida, mi pareja Gabriela Torres y mi pequeña adorable Isidora Ignacia, ellas han sido la principal fuente de inspiración, sin su apoyo, sin su ánimo, su alegría, sus risas, sus retos, esto no estaría culminando aún. Agradezco cada palabra de aliento, cada ayuda brindada, tanta paciencia y tanto amor brindado en momentos de querer mandar todo lejos. Sin lugar a duda esto es solo el principio de lo mucho que vendrá. Sin su cariño, sin su amor y su preocupación nada de esto habría sido posible, estoy agradecido y lo estaré eternamente. Gracias a mi pequeña Isidora que siempre desde el día cero, en que supo que estaría trabajando para esta tesis ella quería que me fuera bien y que todo saliera bien, por su alegría y espontaneidad que sin lugar a duda alegran no solo el momento si no que alegran el alma. A mi amada y querida Gabriela que sin lugar a duda ha sido pilar fundamental en esta etapa y en muchos cambios generados en mi vida, gracias por cada palabra, por cada abrazo y contención cuando quizás no quería seguir, gracias por la perseverancia y la paciencia otorgada siempre, por la comida rica en momentos de angustia y por abrirme la mente con todo el amor entregado. Las amo con mi vida esto es por y para ustedes también. Agradezco también a Mónica Montes, madre de mi pareja por apoyar e insistir en seguir adelante también, por ayudarnos a cuidar siempre a nuestra pequeña y permitirnos trabajar y avanzar en esta tesis, muchas gracias por su energía, sus risas y su buena disposición siempre.

A MIS PADRES Y FAMILIA.

Quiero dedicar estas palabras a mis padres, Mis amados Rubén Silva y Carmen Gloria Guajardo. Que esto tampoco sería posible sin su apoyo, sin su consentimiento y sin sus principios de querer ver a un hijo crecer y ser mejor que ellos. Agradezco cada momento en que quizás no se pudo compartir tanto, en que me encerraba en la pieza a trabajar y trabajar, por su preocupación e insistencia en terminar esta etapa para que pudieran venir mejores cosas a futuro. Agradezco tanto cariño tanto amor, tanta paciencia y tanta entrega que han brindado por mi siempre, soy un eterno agradecido de ustedes y lo seré siempre por brindarme tanto. Esto sin dudas es para ustedes dos. Los amo con todo mi corazón hoy mañana y siempre.

Y por último esta tesis se la dedico a mis hermanos, a mis sobrinas, cuñado, tíos, primos y todo aquel que siempre de alguna u otra manera se preocupó por uno.

Muchas gracias a todos por cada granito de arena aportado en mi vida.

IV. AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a mis profesores guía, el señor Alejandro Ossandón y el señor Rodrigo Ternero, quienes han estado en todo el proceso estudiantil y ahora final para llegar a la meta de ser Constructor Civil, se agradece cada palabra, cada reto y cada ayuda brindada en todo este proceso.

Quiero agradecer a la Universidad Mayor por brindarme herramientas para ser un buen profesional, con cualidades y competencias adquiridas en este proceso de estudios, agradezco a cada profesor que paso frente a mí, brindando sus conocimientos tanto específicos de cada ramo como también personales.

Por último, quisiera agradecer al profesor Hugo Pereira Gigogne, Arquitecto y Constructor, quien da clases en la Universidad Tecnológica Metropolitana, por su apoyo y experiencia entregados en mi tema tesis.

Muchas gracias a cada uno de ustedes.

SOLO USO ACADÉMICO

CAPITULO IV: RESUMEN

El punto central de esta investigación estará relacionado con el nuevo sistema constructivo Bloque de Tierra Comprimida (BTC), para ser utilizado en viviendas sociales en el área metropolitana.

En el primer capítulo se da a conocer la introducción, objetivo general y objetivos específicos, alcances, justificación y metodología de trabajo del proyecto que será desarrollado.

En el segundo capítulo se da a conocer los métodos tradicionales de construcción que han sido utilizados durante el paso del tiempo, los cuales han sido principalmente desde el adobe hasta la albañilería en bloque de hormigón.

El tercer capítulo se enfoca principalmente en brindar información sobre la albañilería tradicional y sobre el bloque de tierra comprimida.

En el cuarto capítulo se hará una comparación de la albañilería tradicional y el bloque de tierra comprimida.

Así en nuestro quinto capítulo podremos hablar sobre la información del Bloque de Tierra Comprimida, donde se podrá ver su ahorro energético.

En el sexto capítulo se da a conocer información de las viviendas sociales en Chile entre los años 1980 y 2002.

El séptimo capítulo se dará a conocer el diseño propio de una vivienda social tipo con bloque de tierra comprimida donde se podrá apreciar planos arquitectónicos del proyecto en planta, elevación, escantillón.

En el octavo capítulo se dará a conocer costos del proyecto tipo vivienda social, para después tener la oportunidad de ser reproducido en serie.

En el noveno y último capítulo se podrán apreciar las conclusiones del proyecto.

Palabras Claves: Bloque de tierra comprimida (BTC), Vivienda social, Albañilería, Construcción.

CAPITULO V: SUMMARY

The main point of this investigation will be related to the new construction system of Compressed Earth Block (CEB) to be used in social housing in the metropolitan area.

In the first chapter we will introduce the general and specific objectives, project scopes, justification and the work methodology of the project that will be developed in this chapter.

In the second chapter we will explain the traditional construction methods that will be used with the time, which have been mainly from adobe to masonry in concrete masonry units.

The next chapter focused mainly in providing information about traditional masonry and the Compressed Earth Block.

In the fourth chapter we will compare traditional masonry and the Compressed Earth Block

Thus, in our fifth chapter we could discuss the information about the Compressed Earth Block and we could see how it saves energy.

In the sixth chapter, we provide information about social housing in Chile between the years 1980 and 2002.

In the seventh chapter we will tell you about the proper design of a standard social house built with Compressed Earth Block where you could see architectural plans of the plant project, elevation and pattern.

In the eighth chapter we will discuss the costs project of a standard social house, so that afterwards it can be produced in series.

In the nineth and final chapter, we will give you the conclusions of y the project.

Key Words: Compressed Earth Block (BTC), Social Housing, Masonry, Construction.

CAPITULO VI: INTRODUCCION

6.1 GENERALIDADES

Desde el principio de los tiempos e históricamente, la construcción ha sido símbolo de desarrollo y crecimiento de los distintos asentamientos humanos, ya sea desde las distintas civilizaciones antiguas hasta los actuales y distintos países, sus grupos sociales, su desarrollo cultural, sus avances tecnológicos y otros aspectos inherentes a la especie humana. Hasta el día de hoy esto se ha desarrollado de la misma manera en lo que respecta a su envolvente o hábitat.

Se considera que la industria de la construcción es una de las áreas que brinda un alto índice de trabajo y bienestar a un país, esto ligado a que habitualmente requiere mano de obra poco especializada y de énfasis al esfuerzo físico por sobre la preparación teórica para poder llevar a cabo los distintos proyectos.

El uso de tierra como elemento constructivo, ha estado presente desde el inicio de los tiempos, manifestándose en distintas culturas milenarias, como, por ejemplo, en Mesopotamia, imperios africanos y egipcios. La utilización de este elemento ha sido una de las técnicas que se ha mantenido en el tiempo. Ya sea por sus bajos costos monetarios, dado que como materia prima es fácil de encontrar, así como por presentar altos beneficios en términos constructivos, pues no necesita de una mano de obra especializada para realizar algún tipo de edificación, sin dejar de lado, además, su característica de considerarse como un eficaz aislante térmico.

En Chile, a comienzos del siglo XIX, la construcción colonial estaba fuertemente influenciada por la tradición hispano-criolla, la cual se podía observar en casas de uno o dos pisos con muros de adobe, techos de tejas y una fachada no muy bien terminada. Una vez establecido el proceso de independencia y bajo el gobierno de Manuel Bulnes, el desarrollo tanto urbano como arquitectónico comenzó a cambiar, trayendo desde Europa profesionales y arquitectos, con el objetivo claro de cambiar el aspecto visual que tenía la ciudad, notándose claramente en el puerto de Valparaíso, donde se utilizan materias como la madera, fierro forjado y acero.

Uno de los grandes impulsores de cambio de la construcción moderna en Chile, fue la acción de la naturaleza, específicamente los terremotos, los cuales aceleraron en gran manera el proceso de cambio, poniendo en crisis la construcción en adobe, pues frente a sismos de gran magnitud, dejaba ciudades completas derrumbadas en el suelo. Frente a ello, se impulsa a partir de esos fenómenos el uso de albañilería armada y materias primas como el hormigón.

Con la implementación de estos dos nuevos elementos, Chile comenzó su desarrollo arquitectónico, el cual se mantiene hasta la actualidad, en donde ambos aportan mayor resistencia mecánica a las estructuras que componen y le dan mayor durabilidad en el tiempo. Tanto la albañilería como el hormigón armado son utilizados como material estructural y a su vez, como elementos de terminación, no obstante, han demostrado ser

deficientes en la aislación térmica y acústica, de aquí que en el presente esta debilidad, para cumplir con las normas de aislación térmica, deben reforzarse con materiales complementarios de aislación en su construcción haciéndola más compleja en sus acabados y aumentando el valor de su mano de obra y materiales anexos.

El hormigón armado, por su parte se considera como un elemento que ha estado presente desde el inicio del imperio Romano hasta nuestros días, evolucionando su aplicación, así como los elementos que lo componen. Ejemplo de ello son los ensayos constantes a los cuáles es sometido, como lo son los aditivos que se le agregan para modificar alguna de sus propiedades y características, con el fin de asegurar y garantizar su calidad.

Se constituye por árido grueso y/o fino, cemento, agua y aditivos, que al mezclarse forman una pasta aglutinante, que debe ser trabajable, para darle la forma que se desee, obteniendo como resultado una piedra artificial.

Actualmente, se están implementando diversos materiales que cumplan con los mismos requisitos estructurales y mecánicos, se pretende que estos sean más livianos y económicos en términos constructivos. Es por ello, que la aparición del **Bloque de Tierra Comprimida** ha surgido como una posible solución a problemas actuales, como la buena aislación acústica y térmica, ya que los materiales utilizados hoy en día, como se dijo anteriormente, son deficitarios en alguno de esos aspectos. Se considera entonces, que este material innovador, busca generar la posibilidad de mejorar las viviendas en aspectos tan básicos como este. No obstante, en investigaciones arqueológicas realizadas, pero muy controladas por su cultura en China, se han descubierto ciudades que fueron efectuadas mediante tierra comprimida en moldes modulares de madera, que en la actualidad a pesar de ser milenarias están intactas ya que dada su diferencia de densidad no se mezclaron con el terreno perimetral que las cubrió. Una técnica realmente prodigiosa para su época.

6.2 OBJETIVOS

6.2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el sistema constructivo **Bloque de tierra Comprimida**, describiendo sus usos y beneficios de este para ser utilizado en la construcción de viviendas sociales en el área metropolitana.

6.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mostrar la evolución que ha tenido la construcción en Chile, mediante las distintas técnicas usadas en la ejecución.
- Detallar las materias primas utilizadas en los sistemas constructivos de albañilería de ladrillo y de bloque de tierra Comprimida
- Mostrar comparación entre sistema tradicional de albañilería y sistema bloque de tierra comprimida.
- Explicar el proceso de fabricación del bloque de tierra comprimida y su respectiva utilización en el proceso de construcción.
- Propiedades y características sustentables del bloque de tierra comprimida.
- Diseño de vivienda social tipo con bloque de tierra comprimida.
- Identificar costos de una vivienda social, para poder generar una fabricación en serie.

6.3 ALCANCES

La evaluación de esta tesis se basará en también generar una comparativa entre el sistema más conocido de albañilería tradicional y el bloque de tierra comprimida, el cual se enfocará en mostrar sus usos y beneficios que pueden traer tanto en la construcción como en el proceso constructivo mismo que nos ayuda a reducir la emisión de CO₂, bajo aspectos de sustentabilidad generados por este material.

Esta tesis nos permitirá conocer costos generalizados, no al detalle, para esta vivienda social tipo, la cual podrá ser llevada a cabo en serie, pudiendo obtener un conjunto habitacional de mayor envergadura y con un estándar de calidad bastante mejorado.

Se hará el diseño de esta vivienda tipo, pudiendo mostrar y ofrecer una mejor distribución a los espacios, con un tipo de diseño moderno y que va a la vanguardia de la construcción, permitiendo al residente pasar un mejor estar en su estadía en la vivienda.

6.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL TEMA

Producto de la masificación de la tecnología y los rápidos avances que experimenta la industria de la construcción, es que las distintas empresas han sentido la obligación de implementar nuevas tecnologías y materiales al sistema constructivo existente.

Lo anterior, genera que las empresas constructoras deben tratar constantemente de mantenerse vigente y competitivas en el mundo laboral, por lo que han tenido que aplicar nuevas tecnologías en la construcción de diversas edificaciones, que permitan mejorar tanto la estética como las características a niveles de aislación o comportamiento a movimientos sísmicos.

Los constructores tienen el desafío constante de investigar, conocer y ocupar estas nuevas tecnologías, fortaleciendo así su desarrollo profesional, pues a través de estas herramientas se fortalece y enriquece la labor. Poseer estos conocimientos permitirá tener una ventaja comparativa con respecto a otros profesionales que no están a la vanguardia de las nuevas tecnologías para el área.

Así mismo, el buscar nuevas tecnologías, además conlleva hoy en día, ser consciente con el ecosistema, por lo que se deben buscar técnicas que sean amigables con el medio ambiente, siendo capaces de disminuir, por ejemplo, la generación de gases tóxicos. Frente a ello, investigar sobre la técnica de Bloque de tierra Comprimida, se cree un aporte en este sentido, pues si se considera su tipo de fabricación en comparación con otras materias primas, sólo requiere de un prensado mecánico y no emite al medio ambiente algún componente nocivo para el ser humano y su entorno.

Uno de los grandes aportes y motivaciones para desarrollar este tema, es la importancia que tenemos como constructores de tratar de ayudar al medio ambiente, tratar de bajar los contaminantes producidos por la industria, reforzar y mejorar nuestras construcciones con métodos como este (BTC) que viene en ayuda al medio ambiente, con un alto impacto para los usuarios ya que son viviendas que se pueden habitar con estándares de calidad, seguridad, confort térmico y eficiencias muy buenos.

6.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología de esta tesis se centrará principalmente en dar a conocer el método de construcción BTC, donde su objetivo final será concretar la construcción de una vivienda social con este método. Gracias a la información que se tiene sobre la albañilería tradicional, nos permitirá analizar ambos métodos. La información necesaria para el desarrollo de este proyecto será seleccionada a través de páginas web, tesis de otros autores, normativa existente a nivel internacional y en torno a conocimientos y aplicaciones de ambos sistemas constructivos que se estén utilizando en la industria actualmente. Además, se considerarán datos obtenidos de entrevistas con profesionales del área de la construcción y expertos en el tema.

Una vez obtenidos los datos necesarios, se hará el diseño de la vivienda social, donde se podrá ver su planta, elevaciones, escantillón, además se proporcionará una opción para

que esto pueda ser construido en serie. Se realizará estudio de costos para una vivienda social, de forma global, no al detalle por cada partida, con el fin de poder ver si el proyecto de viviendas sociales con este método es viable.

CAPITULO VII: CAPITULOS DEL PROYECTO

7. SISTEMAS DE CONSTRUCCION TRADICIONALES DESDE SUS COMIENZOS HASTA LA ACTUALIDAD.

7.1 ALBAÑILERÍA DE ADOBE

7.1.1 DEFINICIÓN.

El adobe, es un material de construcción que está elaborado de manera cruda y artesanal. Se fabrica mediante una mezcla de una masa de barro (arcilla y arena) más paja y agua, que se moldea manualmente con forma de ladrillo. Posteriormente, es secada (idealmente no directamente al sol) y al aire para adquirir dureza, diferenciándose así de los demás, por ser un material que se aplica sin una cocción anterior.

Este material sirve para la construcción de muros y paredes de distintas edificaciones. Ha sido utilizada en variadas culturas a lo largo de la historia (siglo VIII A.C), el cual fue evolucionando en etapas de acuerdo a las necesidades que se presentaban en las diversas civilizaciones del mundo.

7.1.2 HISTORIA

Desde tiempos inmemoriales; distintas civilizaciones han utilizado la tierra arcillosa para construir. Este mecanismo fue adoptado en el instante mismo en que el hombre pasa de ser nómada a sedentario, permaneciendo permanentemente en un territorio. Se cree que esto sucedió, debido a que las civilizaciones no siempre contaban con madera o piedra que fuera lo que suficientemente cómoda y liviana para construir.

Los primeros datos se logran obtener de la época del neolítico, los cuales están situados en Mesopotamia, ubicada entre el río Tigris y Éufrates (actualmente Irak), en donde, según estudios arqueológicos, se logró avanzar en construcciones tales como la Torre de Babel, la Biblioteca de Alejandría y diversas edificaciones babilónicas.

Actualmente, en la península arábiga aún se mantiene erguido el poblado de Shibam, o más conocido como “Manhattan del Desierto”, construcción realizada en tierra, que tiene aproximadamente cinco siglos de antigüedad. Esta edificación, se mantiene en constante mantención para evitar la erosión, por lo que ha resistido varias inundaciones a lo largo de la historia.

En Asia, la construcción destacada por la excelencia es la Muralla China, la cual tiene entre sus materiales, tierra, adobe y piedra. Con aproximadamente 7.000 km de longitud, es la única construcción del mundo que puede ser observada desde la luna. Otro ejemplo asiático de edificación, lo representa la ciudad de Harapa (años 700 A.C), ubicada actualmente en Pakistán, la cual consta de una serie de murallas que fueron erguidas con adobe doblado, ladrillo cocido y tierra batida.

En África, la construcción en base a materia prima de tierra va ligada a los grandes imperios de Malí y de los faraones egipcios. Las diversas formas que muestras estas edificaciones identifican plenamente a una cultura y civilización que se ha mantenido en el tiempo a pesar de todas las influencias occidentales, ejemplo de ello lo representa la gran obra maestra de la mezquita de Djenné y de sus viviendas aledañas, ya que han sido restauradas y mantenidas por la ciudadanía.

En el continente europeo, se puede observar que la técnica constructiva de tierra, traída por los árabes y romanos, también fue implementada a gran escala. Es así como un gran porcentaje de patrimonio de la humanidad. Actualmente, en Alemania existen 200.000 viviendas con paredes de adobe que están sometidas a funciones de carga. Así mismo, esta realidad se repite en distintas zonas del continente que contienen entre sus materias primas constructivas la utilización del material de tierra.

En Latinoamérica, el adobe aparece entre los años 500 y 600 A.C., donde se utiliza una técnica andina precolombina para la construcción de murallas de 80 cm aproximadamente de espesor. Ejemplo de ello, es la construcción de la ciudad de Chan Chan (Perú), la cual es la ciudad andina más extensa con 20 km², que aún perdura en la actualidad. Así mismo, un sinnúmero de construcciones a lo largo de toda América demuestra la gran influencia y utilización del adobe para el desarrollo de las civilizaciones en esta parte del mundo. Otro ejemplo significativo, lo constituyen las construcciones de las grandes pirámides de “La Vaca del Sol y la Vaca de la Luna”, con 65 m. de lado y 35 m. de alto, ubicadas en México, las cuales se considera que fueron edificadas en el año 8000 A.C.

Actualmente, en Latinoamérica, distintos profesionales han ido recuperando la arquitectura rural de las construcciones con tierra, con el fin de fomentar y preservar sus raíces y cultura arquitectónica en el tiempo.

7.1.3 CARACTERÍSTICAS.

El adobe es un material que posee una baja conductividad térmica, lo que significa que actúa como un regulador de la temperatura interna, y permite que se convierta en una construcción acogedora, puesto que en tiempos de calor es fresco y durante el invierno se conserva el calor.

Generalmente, la materia prima se encuentra en el lugar de construcción, lo que permite ahorrar su eventual transporte y la manera de elaboración puede ser tan primitiva como hacer bolas de lodo y lanzarlas con fuerzas sobre el muro de construcción. Del mismo modo, permite incorporarle elementos que mejoran sus propiedades, tanto físicas como químicas, tales como: pajas, crin de caballo y heno seco, que sirven como armadura y evita grietas posteriores del material.

Las dimensiones de su elaboración están situadas de acuerdo a que el albañil pueda manejarlo con una sola mano. Sin embargo, se debe intentar que tenga proporciones de 1:2 (Ancho y largo), ya que esto permite un adecuado secado del producto.

El adobe, necesita de un constante mantenimiento, el cual consiste en agregar una cierta cantidad de capas de barro para evitar que con el efecto de la lluvia e infiltraciones por instalaciones pueda deshacerse. Es importante destacar, que esta mantención no puede realizarse con capas hechas de mortero, ya que la capa resultante es poco permeable al vapor de agua y por lo general, mantiene humedad, por lo que destruiría el adobe desde el interior y algunas pareces podrías desplomarse sin intervención de ninguna otra fuerza.

Es importante mencionar la baja resistencia a la compresión (3 a 5 kg por cm²) cuando se encuentra seco y la nula resistencia a los esfuerzos de tracción, sin embargo, estas características pueden ser mejoradas con la adición de algunos elementos, como la cal, la cual, al reaccionar químicamente con oxígeno, se va carbonatando, convirtiéndose en algo parecido a la piedra caliza. Este agregado fluctúa entre el 5 y el 15% del total del volumen del aglomerado.

Actualmente, adobe (Bloque de tierra Comprimida) se fabrica con una composición más certera con respecto a sus componentes, lo que se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 7.1 Composición adobe

ELEMENTO	COMPOSICION
Arcilla	20%
Arena	80%
*Aditivo (Opcional)	5% - 15%

*El aditivo es opcional, por ende, puede incluirse o no. De todos modos, lo mejor es que se incluya dentro de la composición.

Fuente: Elaboración propia en base a Ecosur.org.

7.2 ALBAÑILERÍA DE LADRILLO

7.2.1 DEFINICIÓN

Pieza de construcción que generalmente tiene forma ortoédrica, la cual está compuesta por arcilla. Su forma es obtenida a través de un moldeado por medio de un secado y cocido a altas temperaturas, cuyas dimensiones aproximadas son 24 x 11.5 x 6 cm. Se emplean en albañilerías como: muros, tabiques, etc.

7.2.2 HISTORIA

Los comienzos de la utilización del ladrillo como elemento para la construcción tienen una antigüedad de unos 11.000 años. Las primeras personas que usaron este elemento fueron los agricultores del neolítico aproximadamente en el año 9500 A.C.

Mesopotamia es una de las culturas más antigua en las cuales se conocen las hiladas de ladrillo, las cuales datan del año 7500 A.C. y fueron descubiertas en diferentes yacimientos arqueológicos. Del mismo modo, existen ladrillos que fueron hallados en 1952 en diversas excavaciones en Jericó, los cuales se estima que datan entre los años 7000 y 6395 A.C.

En esta ciudad, se encontraron dos tipos de ladrillos, de los cuales el primero se tiene información que corresponden entre el año 8300 y 7600 A.C. y tenían una dimensión de 260 x 100 x 100 mm, y otro tipo hallado, más fino, denominado *ladrillo de caña*.

Un gran avance en la construcción de la albañilería fue el ladrillo cocido, que aparentemente se comenzó a utilizar en el año 3500 A.C. lo que permitió que el ladrillo adquiriera una resistencia similar a la piedra, con la ventaja que se podía moldear anterior a su cocción. Del mismo modo, significó reducir los costos, pues que tallar piedra resultaba mucho más caro.

En China, los ladrillos más primitivos se encontraron el año 2009, en el yacimiento de Xian, los cuales se estima que son del año 3800 A.C; sin embargo, las primeras descripciones de la producción cerámicas de ladrillos aparecen en el manual del carpintero Fashi Yingzao, que fue publicado en el año 1103 por el gobierno.

En Europa, la mayoría de las construcciones están hechas con piedra, sin embargo, de igual manera se utilizó de manera pareja el ladrillo en las arquitecturas de distintas ciudades, dentro de las cuales se pueden observar en países como Dinamarca, Alemania, Polonia y Rusia.

7.2.3 CARACTERÍSTICAS

El ladrillo es un material que permite la construcción de muros y estructuras, que tienen buen comportamiento a movimientos sísmicos, además poseen buenas características en términos de aislación térmica y acústica. Debido a sus características y diseño, este material es uno de los más utilizados para la construcción en nuestro país, especialmente en viviendas de 1 a 2 pisos.

El diseño de la albañilería solicita tener en consideración aspectos tales como, seguridad estructural, habitabilidad y durabilidad en el tiempo, lo cual incluye realizar un tipo de cálculo estructural, resistencia al fuego e impermeabilidad de los muros.

Con respecto a la habitabilidad, se puede mencionar que los muros elaborados con este material, poseen una excelente aislación térmica pero no acústica, lo que afecta en gran medida la vida de las personas que habitan estas casas, ya que no pueden realizar sus actividades diarias con tranquilidad, pues viven preocupados de no molestar a la gente que vive en la casa de al lado, lo cual ocurre en las casas pareadas y no aisladas.

Otro aspecto del ladrillo, que aun no se ha podido manejar de la mejor manera, es la humedad, ya que esta es la principal causa de protesta de los usuarios de viviendas de albañilería, ya sea, por la poca mantención de los muros por parte de los propietarios o simplemente por no aplicar de la mejor manera el producto impermeabilizante.

En relación a la seguridad, se puede mencionar que el ladrillo posee una buena resistencia al fuego, sin embargo, todo dependerá del tipo de ladrillo que se haya empleado, puesto que cada uno cuenta con distintas resistencias. Esto se puede observar en la tabla n°1, la cual se adjunta a continuación.

Tabla 7.2 Resistencia al fuego según espesor del ladrillo

MUROS	F30	F60	F90	F120	F180
Ladrillo cerámico macizo del 75% (No Portante)	6	10	12	18	24
Ladrillo cerámico macizo del 75%	10	20	20	20	20
Ladrillo cerámico hueco (No Portante)	12	15	24	24	24
Ladrillo cerámico hueco (Portante)	20	20	30	30	30

En tabla exhibida, se muestran resistencias al fuego que tienen los ladrillos según sus distintas características.

Fuente: Elaboración propia en base Redproteger.com.

Norma chilena

El boceto estructural del ladrillo está establecido por la norma chilena 169 oficializada el año 2001, la cual indica las cargas a las cuales puede ser sometida, esfuerzos a tracción y compresión. Es importante mencionar, que existen otras normas las cuales también establecen distintas obligaciones que debe cumplir dicho material. Estas normas son las siguientes: NCh 167, NCh 168, NCh 169, NCh 791, NCh 1928, NCh 2123.

7.3 ALBAÑILERÍA DE BLOQUES DE HORMIGÓN.

7.3.1 DEFINICIÓN

Un bloque de hormigón es un material prefabricado con un cemento fino, principalmente compuesto de agua, árido fino y/o grueso, cemento y aditivo, el cual es utilizado en la construcción de muros y paredes.

Este material se va pegando entre sí por medio de un mortero, con características parecidas a la de su elaboración. También, se debe mencionar que puede ser utilizado con una albañilería simple o armada, dependiendo del cálculo estructural al cual sea sometido.

Este elemento funciona de manera parecida al hormigón armado, cuando son colocadas en su interior barras de acero y rellenas con hormigón fresco.

7.3.2 HISTORIA

El primer bloque de hormigón construido data aproximadamente del año 1800 D.C., el cual fue diseñado por profesionales ingleses.

Ya hacia el año 1860, un constructor americano elaboró la primera fábrica o planta de bloques de concreto, la cual tenía añadido elementos decorativos que lo hacían un poco especiales. Estos elementos llegaron a Latinoamérica durante la primera década del siglo XX, no siendo muy utilizados, hasta que los grandes sismos que ocurrieron en el continente botaron algunas ciudades, por lo que la mayoría de los profesionales, debieron buscar nuevas soluciones constructivas que tuvieran buen comportamiento a los sismos.

En el año 1985 aproximadamente, en Chile comenzaron a cambiar las materias primas que se empleaban en la construcción de muros. Es así, como se comienza a implementar el ladrillo, debido a su fácil colocación, la rapidez con que avanza la obra, la versatilidad del material y la uniformidad que permite que sus muros se levanten de manera vertical.

Sin embargo, a pesar de todos sus beneficios este material ha sido poco utilizado en la industria chilena, ya que han surgido nuevos materiales, que resultan ser más livianos y cumplen con condiciones iguales o mucho mejores en otros aspectos como, liviandad, manejabilidad, etc., lo cual, ha llevado a que sea dejado de lado.

Actualmente, este material ha sido muy utilizado en otros países, y puede reflejarse en la producción que este tiene en Norteamérica, ya que se elaboran más de 5.000 unidades anuales, que son destinadas a gran variedad de aplicaciones, tales como estructuras de edificios de gran envergadura, edificación de viviendas, cámaras subterráneas y muros que son sometidos a cargas.

En República Dominicana, el ladrillo es de gran importancia, ya que consideran que las características de dicho material están por sobre otros, y argumentan que la textura superficial del material permite ahorrarse el revestimiento, lo que trae consigo un beneficio económico y arquitectónico, además de su buen comportamiento a movimientos telúricos.

7.3.3 CARACTERÍSTICAS

El ladrillo, ha logrado una gran masificación en la industria de la construcción, ya que este tiene un menor costo por metro cuadrado de muro, en comparación con otros materiales. Producto de las características de textura y dimensiones, es que disminuye de gran manera el costo de mano de obra. Además, este presenta ventajas tales como, la disminución de unidades rotas en obra, mayor uniformidad en la superficie de los muros de encuentro y la seguridad estructural.

El sistema constructivo es un método que estructuralmente es muy versátil y eficiente, lo que permite avanzar de manera rápida en la obra, implicando menores tiempos de construcción y una solución económica para la construcción de vivienda sociales.

Con respecto a su comportamiento sísmico, se puede mencionar que este es un material que casi no sufre deformaciones, y este se pudo demostrar en el terremoto que afectó a Chile en el año 1985, en el cual las estructuras que estaban elaboradas con este material, no se agrietaron ni cayeron.

Con relación a la resistencia al fuego, este es un material que si se compara con otro utilizado para albañilería es demasiado alto, la cual se puede observar en la tabla n°2 que se adjunta a continuación.

Tabla 7.3 Resistencia al fuego, bloques de Hormigón.

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	RESISTENCIA AL FUEGO; Nch 935/1 OF 1997	CLASIFICACION SEGUN; Nch 935/1 OF 1997
B15-1	127	F120
B15-2	131	F120
G15-1	122	F120
G15-2	141	F120
N15-1	126	F120
N15-2	137	F120
B20-1	172	F-150
B20-2	155	F-150
G20-1	160	F-150
G20-2	173	F-150
N20-1	168	F-150
N20-2	153	F-150

La tabla exhibida muestra resistencias al fuego en bloques de hormigón, de acuerdo a su espesor.

Fuente: Elaboración propia en base Nch 935/1 OF 1997.

Norma chilena

El boceto estructural de los bloques de hormigón está bajo la normalización de la NCh, 181, NCh, 182, NCh, 183, NCh 430, etc. Dentro de las cuales, se definen las cargas que actúan, como las de vientos, lluvias, nieves.

8. MATERIALES QUE DAN VIDA A LOS TIPOS DE ALBAÑILERÍA

En este capítulo se darán a conocer todos los materiales que se usan en los sistemas constructivos en estudio.

8.1 SISTEMA TRADICIONAL: ALBAÑILERÍA DE LADRILLO.

A continuación, se nombrarán las condiciones que cumplirán los componentes utilizado en las albañilerías, en lo que concierne al ladrillo mismo, como a su mortero de junta y cuál es la manera correcta en que se puede almacenar para mantener su calidad.

8.1.1 LADRILLOS CERÁMICOS.

El ladrillo es una pieza de cerámica, de forma cuboides (paralelepípedo ortogonal), se obtiene generalmente por el moldeo, secado y cocción a altas temperatura de un conglomerado de arcillas.

Dimensión: las dimensiones más comunes de los ladrillos son las del formato métrico 24 x 11.5 x 5.25 / 7 / 3.5 cm y las del formato catalán 29 x 14 x 5.2 / 7.5 / 6 cm, y del mismo modo los más normalizados que tiene dimensiones aproximadas de 25 x 12 x 5 cm. Y 50 x 24 x 5 cm utilizado por su gran demanda y su reducido costo en obra. Uno de los más conocidos en Chile es el ladrillo fiscal cuales dimensiones son alrededor de 30 x 15 x 7 cm dependiendo de la empresa donde se realice.

8.1.2 GEOMETRÍA.

La forma es de paralelepípedo rectangular, también conocido como prisma rectangular, en el que sus diferentes dimensiones obtienen el nombre de *soga* (mayor dimensión), *tizón* y *grueso*. Además, las diferentes caras se le llaman *canto*, *testa* y *tabla* (mayor dimensión). La *soga* tiene el doble de longitud que el *tizón*.

Existe diferentes formatos de ladrillos, lo principal es que permita trabajarse con una mano. La dimensión depende de la empresa en la que uno compre el ladrillo, debido a que cada empresa tiene diferentes medidas.

8.1.2 TIPOS DE LADRILLOS.

Se nombrarán tipos de ladrillos de acuerdo a clasificación según su forma.

8.1.2.1 LADRILLO MACIZO MQM

Son ladrillos sin perforaciones. En Chile no se realiza en forma industrializada. Es utilizado para las edificaciones en el pavimento y recubrimiento de suelos.

8.1.3.2 LADRILLO HUECO MQH

Estas unidades cerámicas son hechas con máquinas o industrializadas, se puede ver que predomina el volumen de huecos por sobre la arcilla, por esta condición se utiliza sólo en muros divisorios que no reciben cargas estructurales.

8.1.3.3 LADRILLO PERFORADO MQP

Estos ladrillos son industrializados, poseen perforaciones y huecos, regularmente bien distribuidos. Su volumen es inferior al 50% del volumen total de la arcilla. Estos son los más utilizados en Chile para la confección de albañilería armada o confinadas.

8.1.3.4 CLASIFICACIÓN DE LOS LADRILLOS

La Norma Chilena (Nch) 169 Of.2001, establece las clasificaciones que tiene que tener un ladrillo fabricado por máquinas o industrialmente.

La Nch 2123. Of.1997 modificada en 2003, establece las clasificaciones de los ladrillos fabricados a mano.

En la Nch 169 Of.2001 se clasifican según 4 categorías:

- Clase: Depende del tipo de ladrillo si es perforado, hueco o macizo.
- Grado: 1, 2 o 3, según la resistencia a la compresión, absorción de agua y adherencia (ver tabla 1)
- Por uso: Depende si el ladrillo va con revestimiento (NV) o cara a la vista (V). (ver tabla 2)
- Según el tipo de albañilería y esto se establece en las Nch 1928 Albañilería armada y la Nch 2123 Albañilería confinada.

8.1.4 REQUISITOS DE LADRILLOS PARA SU USO EN ALBAÑILERÍA

Tienen que usarse ladrillos industriales grado 1 o 2, clase MqP según la Nch 169.

8.1.4.1 CALIDAD

El proveedor, es el que tiene que certificar las características de los ladrillos por medio de un certificado, otorgado por un laboratorio que deberá tener la aprobación de la inspección Técnica. El certificado deberá tener los valores promedio y la desviación típica de los resultados controlados en los 30 días anteriores a la fecha de entrega.

Incluye:

- Clasificación según NCh 169.
- Dimensiones según NCh 168.
- Resistencia a la Compresión según Nch 167.
- Adherencia según NCh 167.
- Absorción según NCh 167.

Para los ladrillos hechos a mano, tendrán una verificación obligatoria para cada una de las partidas, se deberá tener una muestra representativa que son al menos 10 unidades de ladrillos, se clasificará visualmente su consistencia, regularidad y dimensiones.

8.1.4.2 ALMACENAMIENTO

Los ladrillos se deben almacenar con láminas de polietileno o bajo techo para evitar lluvias y protegerlo de las heladas. Además, es conveniente evitar todo contacto con el suelo natural para evitar la contaminación con tierra, ya que puede inhibir la adherencia. Algunas industrias entregan los ladrillos en pallets forrados en plásticos y hay que almacenarlo en un lugar adecuado dentro de la obra, evitando traslados que son innecesarios y pueden generar fisuras por una mala manipulación del trabajador.

8.2 SISTEMA NUEVO: ALBAÑILERÍA DE BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA

8.2.1 BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA

El bloque de tierra comprimida fue inventado por el ingeniero Chileno Ignacio Ramírez en el programa CINVA de habitación social desarrollado en Colombia en los años 50 del siglo XX, quien invento la bloquera manual CINVARAM. Esta sencilla máquina que aplica el principio de Arquímedes, de la palanca para conferir mayor compresión al bloque redonda en una mejor calidad. Esta máquina se ha copiado infinidad de veces, llegando a producirse plantas de producción automática de BTC como ITALMEXICANA, empresa que vendió cerca de 50 plantas a la zona de Chiapas en México en la década de los 90.

A continuación, se describirán propiedades de los materiales que se utilizan para la construcción del Bloque de tierra Comprimida y la importancia que tiene en el mismo.

8.2.2 DIMENSIÓN

Los Bloque de tierra Comprimida tienen los siguientes tamaños:

Tabla 8.2 Dimensiones BTC.

DIMENSIONES BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA (BTC)			
	Promedio	Opcion Estandar n° 1	Opcion Estandar n° 2
Largo	29	30	40
Ancho	14,8	15	20
Altura	9,5	10	10

En tabla exhibida se muestran dimensiones en cms.

Fuente: Elaboración propia, en base a información de tesis del Sr. Miguel Carcedo Fernández.

8.2.3 TIERRA

Este es el componente principal del Bloque de tierra Comprimida. Este es el que le da el cuerpo y solidez al bloque. La composición es de árido, limos y arcillas (posteriormente se verá con más detalles la arcilla). Los áridos y limos, constituyen el cuerpo resistente que debe soportar las cargas y evitan que se produzca la fisuración. La granulometría de la tierra, es la que entrega las distintas propiedades que tendrá el Bloque de tierra Comprimida, dependiendo de la cantidad de gruesos, finos y limos.

La extracción de tierra es fácil, debido que sólo hay que recogerlo del suelo. Cabe señalar que, todos los suelos son distintos unos de otros, es por esto que no todos son aptos para la producción de Bloque de tierra Comprimida. Se debe desechar toda tierra que contenga elementos orgánicos. La tierra que está a 30 centímetros de profundidad es la indicada para el bloque.

Cuando se elige el suelo, hay que hacerlo pensando siempre en la granulometría del árido. La mejor combinación, se dice que es generalmente entre un 10-25% de limos, 40-70% de arena, nunca se debe incluir grava. Si en la combinación hay un exceso de arena, esta se disgregará y no habrá cohesión para resistir los esfuerzos, por otro lado, si hay escasez de arena tampoco soportará la carga debido a que le faltará cuerpo.

La plasticidad, es otro factor que se debe tomar en cuenta, debido a que tiene que estar moldeable en presencia de agua y al momento que desaparezca el agua, no se debe disgregar. La plasticidad está sometida según la arcilla que tenga el suelo. El índice de plasticidad que tiene que tener es 16-28% y el límite líquido fluctúa entre 32-46%. Si hay una mezcla que es demasiado fluida esta perderá la resistencia mecánica, mientras que si es más seca no será moldeable y por ende no habrá la cohesión necesaria.

Finalmente, la tierra es elegida como material para construir, debido a su inercia térmica. Esto quiere decir, a cuánto resistirá todo su cuerpo cuando varíe la temperatura, acumulado en su interior la energía térmica que recibe. La inercia térmica depende de la variable de difusividad térmica y esta depende del coeficiente de conductividad térmica, el calor específico y densidad. La difusividad térmica de la tierra corresponde a 4.62×10^{-7} . Es por esto que los calentamientos y los enfriamientos son lentos en los muros.

8.2.4 ARCILLA

Es una roca sedimentaria que está que está en gran parte de los suelos debido a que son los productos finales de la meteorización de los silicatos que se hidrolizan. Tienen una finura inferior a 0.002 mm y por esto son considerados como coloides. Su composición es de silicatos a lumínicos hidratados.

Presentan un gran valor de su área superficial con una gran área activa con enlaces no saturados, debido a esto puede interaccionar con variedades de sustancias que tengan

compuestos polares. El agua es un componente polar, por lo que la arcilla y el agua tiene un comportamiento plástico.

Por otra parte, la existencia de carga en las láminas se compensa, con la entrada en el espacio interlaminar de cationes débilmente ligados y con estado variable de hidratación, que pueden ser intercambiados fácilmente mediante la puesta en contacto de la arcilla con una solución saturada en otros cationes, a esta propiedad se la conoce como capacidad de intercambio catiónico y es también la base de multitud de aplicaciones industriales”.

La propiedad de plasticidad se debe a que el agua puede envolver las partículas laminares y esto produce un efecto lubricante que hace que sea más fácil el deslizamiento de unas partículas sobre las otras cuando se aplica un esfuerzo sobre ellas, aunque no todas las arcillas se comportan de la misma manera. Esto se demuestra con los límites de Atterberg:

la relación entre límite líquido y el índice de plasticidad que ofrece información sobre la composición granulométrica. La variación que existe se debe sólo a la diferencia de tamaño de partículas y que tan perfecto es el cristal. En modo de ejemplo, mientras más pequeñas son las partículas y más imperfecta sea su estructura, la arcilla será más plástica.

Por todo lo anterior, la arcilla es el elemento que le da la plasticidad a los productos de la tierra para la construcción. El suelo siempre tiene incorporada una cantidad de arcilla, pero esta puede ser excesiva o insuficiente. Cuando hay insuficiencia de arcilla no hay cohesión, por el contrario, si hay arcilla en exceso hay pérdida de resistencia.

8.2.5 ESTABILIZANTE

Estos son los que mejoran las propiedades físicas del Bloque de tierra Comprimida:

- Aumenta resistencia
- Evita retracción durante el secado
- Evita la erosión
- Mejora resistencia a la corrosión

Los estabilizantes interaccionan con elementos de la tierra y producen todo lo mencionado anteriormente.

Hay una variedad de sustancia que se usan como estabilizantes, como, por ejemplo, polímeros, aceite, yeso, cemento, impermeabilizantes, cal, grasas, emulsiones asfálticas, puzolanas, etc.

La cal, el cemento y el yeso, son los más eficientes y son de adquisición fácil. La estabilización se puede conseguir mediante un cambio en la granulometría de la tierra, para esto se le añadirá áridos externos a la tierra y esto hará que mejore su esqueleto y como resultados obtenemos un bloque de Bloque de tierra Comprimida con una mayor densidad y resistencia.

8.2.6 AGUA

El agua es el componente que activa las propiedades los estabilizantes. Hace que la tierra gane la plasticidad de absorción del agua por la arcilla. Por ende, el agua es fundamental para producir la pieza de tierra.

La humedad óptima del Bloque de tierra Comprimida se obtiene cuando este consigue la mayor densidad. La cantidad para usar en la mezcla debe asegurar una plasticidad suficiente, por lo cual hay que evitar los excesos de agua o falta de esta misma en la mezcla. Si se deja demasiado fluida la mezcla se pierde la resistencia. Si se deja disgregado el esqueleto significa que no hay cohesión entre las partículas.

La cantidad de humedad se puede conseguir con el ensayo de Proctor normal o modificado.

Cuando se seca la pieza a la sombra, el agua desaparecerá y se producirán las reacciones químicas dentro de la pieza, para cuando el Bloque de tierra Comprimida este seco sus componentes habrán producido la máxima resistencia.

9. COMPARACIÓN ALBAÑILERÍA DE LADRILLO V/S BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA.

La construcción de viviendas compuestas por barro, culturalmente se ha considerado una señal de pobreza, por esa razón de a poco se fue dejando de usar y fue reemplazando por materiales industrializados.

Distintos países del mundo, comenzando por Colombia, comenzaron a ocupar la técnica del bloque de tierra comprimida, sin embargo, esta no estaba legislada ni normada. España fue uno de los primeros en sacar, en el año 2008, la normativa UNE 41410, de bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Esta norma, tiene por objeto definir los bloques de tierra comprimida usada en fábricas de albañilería.

Gracias a la creación de esta normativa, se asegura que los bloques de tierra comprimida fabricados industrialmente cumplirán con los requisitos mínimos, para una construcción de calidad.

9.1 METODOLOGÍA

Para que se realice esta comparación, se extrajeron datos desde la realidad hispana de cuatro países: Argentina, Chile, España y Colombia. Se consideró principalmente, la información entregada en la investigación argentina llamada “Producción y transferencia de tecnologías de tierra, apropiadas para la construcción de viviendas de interés social” (CRIATIC), la ficha técnica bloque de tierra comprimida normada en España y fichas técnicas de ladrillos chilenos y colombianos.

9.2 CRITERIOS A COMPARAR

Dimensiones: son las medidas que tiene el adobe prensado entorno a su ancho, alto y largo. Pueden medirse comúnmente en milímetros o en centímetros.

Peso del material: es la cantidad de materia que tiene un cuerpo, esta materia se puede medir según el sistema internacional en gramos, kilogramos o toneladas.

Aislamiento térmico: Capacidad del material que proporciona una alta resistencia a la conductividad térmica o al traspaso de energía calorífica.

Transmitancia térmica: Flujo de calor por grado de temperatura entre dos ambientes isotermos y por unidad de superficie de una de las caras isotermas de un cerramiento, dado, que separa ambos ambientes. También llamado coeficiente de transmisión de calor, coeficiente de transmisión térmica.

Chile: Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. El valor de la Transmitancia Térmica admisible dependerá de la zona geográfica en donde este la vivienda, según zonificación térmica, yendo desde un valor mínimo de 0,6 a un valor máximo de 4,0 ($\text{w/m}^2\text{c}^\circ$)

Tabla 9.2 Resistencia térmica por zona en Chile.

Zona Térmica	CIUDADES	MUROS (Art. 4.1.10 OGUC)		Espesor [cm]	MUROS FAST WORK	
		Transmit. Térmica U [$\text{W/m}^2\text{k}$]	Resist. Térmica Rt [$\text{m}^2\text{k/W}$]		Transmit. Térmica U [$\text{W/m}^2\text{k}$]	Resist. Térmica Rt [$\text{m}^2\text{k/W}$]
1	ARICA a IQUIQUE	4,0	0,25	60	1,73	0,578
2	ANTOFAGASTA a VALPARAISO	3,0	0,33	60	1,73	0,578
3	SANTIAGO a RANCAGUA	1,9	0,53	60	1,73	0,578
4	CURICO a LOS ANGELES	1,7	0,59	60	1,73	0,578
5	COLLIPULLI a VILLARICA	1,6	0,63	90	1,21	0,829
6	FRUTILLAR a CHAITEN	1,1	0,91	120	0,93	1,079

Fuente: Empresa Fastwork.

Aislamiento acústico: Capacidad del material o elementos constructivos que permiten reducir la transmisión de sonido entre dos áreas interiores, o entre el interior y el exterior.

Chile: Artículo 4.1.6. “Los elementos verticales que separen unidades independientes de vivienda o con recintos de uso no habitacional, deberán tener un índice de reducción acústica mínima de 45 dB(A), verificados según las condiciones del punto 4 de este mismo artículo”

Resistencia al fuego: Calidad perteneciente a un material o construcción capaz de resistir al fuego exigible para su uso.

Chile: norma NCh935/1 (clase F150: mayor o igual a 150 minutos y menos a 180 minutos).

Tabla 9.2.1 Comparativo características físicas BTC v/s Ladrillo

TIPOS DE ALBAÑILERIA			
Características	Bloque de Tierra Comprimida	Ladrillo Titan Reforzado Estructural	Ladrillo Titan Termo Acustico Estructural
Dimensiones	29x14x10cm	29x14x7,1cm	29x15,4x7,1cm
Peso	7,15 kg	2,9 kg	3,4 kg
Resistencia Termica	0,89 (W/m ² °C)	2,09 (W/m ² °C)	1,8 (W/m ² °C)
Aislamiento Acustico	54 db	46 db	46 db
Resistencia al Fuego	>240m Tipo M0	F150	F150

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida de Internet.

9.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA

Tabla 9.3 ventajas y desventajas BTC

VENTAJAS Y DESVENTAJAS BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fácil fabricación	Material Higrófilo
Gastos de energías mínimos	Menos resistencia mecánica
Mayor inercia térmica	Construcciones de 2 pisos
Recurso abundante en cualquier lugar	
Sin tóxicos	
Renovables	
Buena aislación acústica	
Buen comportamiento con el fuego	
Bajo costo	
Fabricación propia	

Fuente: Elaboración propia en base a información recopilada de distintas fuentes.

El bloque de tierra comprimida se considera de fácil fabricación, ya que, se puede realizar de forma industrializada como manual, teniendo conocimientos básicos de construcción. Cuando estos se realizan de forma manual, la única energía ocupada sería la fuerza física, esto significa un costo menor en la construcción, a su vez, el hecho de que la tierra se puede extraer del mismo lugar de la construcción, evitando compras y traslado de los bloques, también se traduciría en un ahorro.

El bloque de tierra comprimida, al estar compuesto por tierra, se asegura que no estamos frente a un material tóxico, agregando que por su proceso de fabricación a través de prensado mecánico. A diferencia de los ladrillos tradicionales que se elaboran mediante cocción en hornos, los cuales consumen combustibles fósiles y generan emisión de gases como el CO₂, que contaminan el ambiente, estos no lo hacen. En este proceso, tampoco se realizan vertimientos de residuos o sedimentos a los afluentes, lo que si sucede en el proceso de fabricación de los ladrillos cocidos tradicionales.

A lo anterior se le suma que este tipo de construcción no está asociado a problemas como la deforestación o la minería extractiva que implican otros materiales constructivos.

Se considera de alta disponibilidad, ya que, solo necesitamos un terreno en donde construir y del mismo se puede extraer la tierra, además, que la prensa manual, se puede construir sin tener la necesidad de pagar por ella, porque esta prensa es de libre acceso.

Las edificaciones de bloque de tierra comprimida son de muros gruesos, que tienen gran capacidad de almacenar el calor y cederlo (tiene gran inercia térmica). Lo anterior, se ve reflejado en la atenuación de los cambios de temperatura externos, creando un ambiente interior grato, muy útil para zonas de climas con oscilaciones extremas de temperatura entre el día y la noche.

Los muros de tierra transmiten deficientemente las vibraciones sonoras, de modo que se convierten en una eficaz barrera contra los ruidos indeseados.

La tierra es un material inerte que no se incendia, pudre, ni es susceptible de recibir ataques de insectos.

El bloque de tierra comprimida se comporta mal a efecto de agua y humedad, ya que, la tierra es un material higrófilo, por lo que tiende a absorber el agua del aire atmosférico, aumentando su degradación y disminuyendo su durabilidad.

Respecto a la degradación con el agua, se da de tres maneras diferentes, dependiendo de las reacciones químicas que se produzcan. La primera es por disolución que es un proceso que consiste en la disociación de las moléculas en iones gracias a un agente disolvente, el agua.

El segundo modo es por hidratación, que afecta a algunos minerales, especialmente a las rocas de metamorfismo débil compuestas por silicatos aluminicos, que al hidratarse se transforma en arcillas, más sensibles a los agentes erosivos. Por último, mediante

hidrólisis, que consiste en el desdoblamiento de una molécula en presencia del agua. La consecuencia es la destrucción de los cristales, dando lugar a la progresiva separación y lavado de la sílice y otros elementos que componga la tierra.

Por el peso del bloque de tierra comprimida, no se pueden crear edificaciones de más de dos pisos.

9.4 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Tabla 9.4 Comparativo colocación, terminación y comportamiento sísmico.

CARACTERÍSTICAS	BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA	ALBAÑILERÍA TRADICIONAL
Mano de Obra Calificada	NO	SI
Buena Terminación (Revestimiento Natural)	SI	SI
Comportamiento sísmico	IGUAL	IGUAL

Fuente: Elaboración propia con en base a distintas fuentes.

El bloque de tierra comprimida frente al ladrillo, es un material que resulta ser muy rápido y fácil de colocar, puesto que se elabora en el mismo lugar y por las mismas personas, no es necesario ser especialista para realizar dicha labor, sin embargo, en la utilización y ejecución de algún trabajo tiende a provocar mayor problema, ya que no existe mano de obra especializada en el material, es por esto que en este punto el ladrillo le saca una ventaja muy grande al bloque de tierra comprimida, puesto que no se manejan al 100% la manera en que debiera trabajarse el material. De todos modos, en el aspecto de elaboración el Bloque de tierra Comprimida resulta ser más ventajoso, puesto que el ladrillo debe ser solicitado a una empresa que fabrique el elemento y lo transporte, retardando la ejecución y la utilización del material, del mismo modo, este debe ser instalado por mano de obra especializada, ya que se manipulación y colocación es con cierta rigurosidad para cumplir con los estándares requeridos en las distintas NCh de nuestro país.

En cuanto a la terminación que logran las construcciones con revestimiento de ladrillo y tierra comprimida, se considera que ambas son similares, pues pueden ser complementadas con un revestimiento de cualquier otro material. Sin embargo, para el bloque de tierra comprimida, el revestimiento complementario, puede sufrir un deterioro producto de las lluvias, por lo que requiere un constante mantenimiento, el cual se realiza con capas de barro. Sin embargo, un mortero de cemento no se considera un material adecuado para realizar un revestimiento, ya que la capa superficial resulta ser poco permeable al vapor de agua y conserva la humedad interior, lo que causaría la destrucción del muro de bloque de tierra comprimida. Sin embargo, es posible realizar un revestimiento con enlucido con base de cal en pasta y tierra.

Y, por último, el Bloque de Tierra Comprimido ha ido mejorando su comportamiento sísmico, si bien aún se debería poder desarrollar de mejor manera, hoy en día con estabilizantes llega a cumplir casi las mismas funciones que el ladrillo tradicional. Por ende, con un buen diseño de su estructura y agregando los estabilizantes adecuados se podría utilizar en zonas con movimientos, ya que las fibras cumplen con la función de articular la estructura y volverla flexible ante movimientos sísmicos.

Las fibras de todos modos, aparte de otorgar propiedades flexibles y de articulación, permiten controlar el comportamiento de dilatación y retracción durante el fraguado, la cual consiste en adherirse en forma de red a la tierra y unirse. Estas fibras pueden ser de origen vegetal dentro de las cuales se encuentran la viruta de madera, cáscaras de cocos, paja bien seca, pelo de llama.

SOLO USO ACADÉMICO

10. CONSTRUCCION CON BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA

10.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SUSTENTABILIDAD

El bloque de tierra comprimida (BTC) fue producto de una investigación e invención del ingeniero Chileno Ignacio Ramírez, quien inventó la bloquera manual (CINVA-RAM), copiada hasta ad-eternum, sin protección de patente comercial alguna. Hoy en día se vende en distintos países como Colombia y Brasil, con valores cercanos a USD 200. Es por esto que el BTC es una mejora a los antiguos métodos de construcción con tierra.

Fabricados con tierra, arcilla, arena y un porcentaje no más allá del 5 a 8% de cal y/o cemento, como estabilizantes, es decir, sus materiales son 100% de origen natural. Según la Norma Española UNE 41410, en caso de utilizar aditivos o estabilizantes, el contenido total de éstos debe ser menor o igual al 15% de la masa en seco del BTC. Se fabrican por compresión con una prensa manual, y su secado no implica horneado, se dejan curar al sol, lo que hace que su consumo energético se reduzca al mínimo, siendo amigable con el medio ambiente.

Al momento de apilar los BTC en forma vertical, estos son pegados con mortero del mismo material del bloque, con el fin de obtener homogeneidad. También existe de junta seca, la empresa constructora Minas Gerais de Brasil, desarrollo en los años 90 en conjunto con la Universidad Brasileira el sistema BTC “TIJOLITO” (En español significa Ladrillito). Además, se podían generar perforaciones que dejan instalar tubos de alcantarillados, redes eléctricas, todo esto se instalaba un perfil C que cumplía la función de generar el amarre correspondiente de todo el sistema.

Las construcciones con BTC, tienen la ventaja que regulan de manera natural los cambios de temperatura, esto se debe a que el bloque no está cocido y de esta manera se asegura de que se conserven las propiedades que son capaz de almacenar calor, humedad y energía solar, para luego ser liberada en forma de calor cuando la temperatura descienda o cambie, además, absorbe humedad cuando el tiempo es húmedo y la libera cuando el aire es seco, es decir, son ladrillos termodinámicos. Las construcciones con BTC mantienen una humedad relativa constante en torno al 50%, evitando la formación de hongos.

La eficiencia energética de las construcciones con BTC se puede aumentar aún más si se utiliza un recubrimiento exterior del mismo material que se elaboran estos bloques.

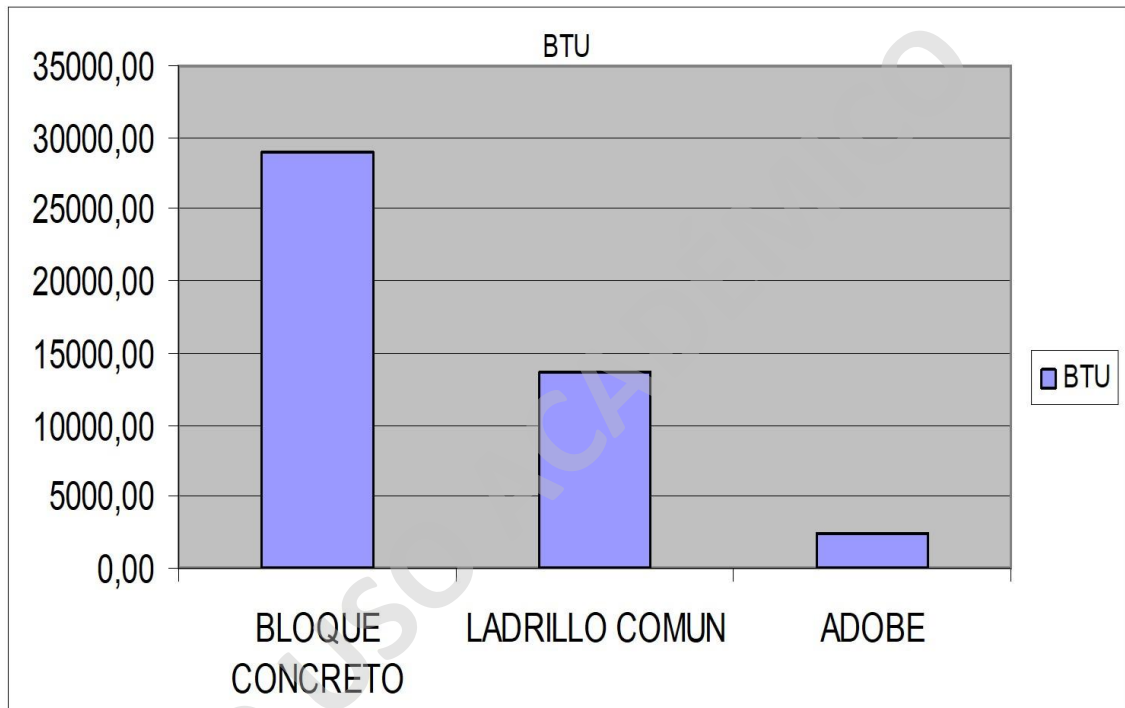
Su elaboración en términos de costo es más económica en comparación a la albañilería común. El costo que se debería considerar, sin lugar a duda sería el costo ambiental que esto implica. Ya que estos costos en construcciones a nivel nacional de nuestro país no se consideran, en cambio en otros países como Alemania si se consideran estos costos para las empresas, con el fin de poder contribuir con el planeta.

Para construir un ladrillo normal se necesita mucha mano de obra, al contrario de los bloques BTC que son fabricados por prensa mecánica que con 1 litro de diésel alcanza a elaborarse 190 bloques, utilizando el 1% de la energía que se utiliza al producir un ladrillo convencional. Todo esto reduce costos y además ayuda a la preservación de los recursos

naturales, además el proceso productivo tiene emisiones de CO₂ mínimas. Otra de las ventajas de los BTC es que no son inflamables.

La única desventaja que tienen los BTC es la baja resistencia a la humedad, pero, sin embargo, esto puede repararse con una capa de recubrimiento del mismo material protegiendo de mejor manera los muros.

Imagen 01: Gastos energéticos entre BTC, Ladrillo y Hormigón.



Fuente: Arquitecto Hugo Pereira Gigogne.

Imagen 02: Sistema de amarre y muros en BTC.



Fuente: Arquitectura y empresa.es

Imagen 03: Ejemplo Bloque de tierra comprimida



Fuente: Estructuras bioclimáticas avanzadas

Imagen 04: Muro construido en BTC.



Fuente: Estructuras bioclimáticas avanzadas

Imagen 05: Ejemplo de construcción en BTC.



Fuente: Mundo constructor

Imagen 06: Ladrillos BTC en proceso de curado.



Fuente: Mundo constructor

10.2 FUNDACIONES

Los cimientos y los sobre cimiento para el Bloque de tierra Comprimida se ejecutan de la misma forma para una cimentación de Albañilería tradicional.

La zanja para el cimiento corrido deben ser 20 cm más anchos que el muro que se construirá, la profundidad deberá ser por lo menos 60 cm. Este es relleno con hormigón tradicional. Además, se le agrega piedra grande que constituye un gran volumen en el cimiento. El cimiento se rellena hasta 10 cm bajo el nivel del terreno natural.

El sobre cimiento se construye también con el hormigón tradicional, lo suficientemente alto (entre 15 a 25 cm sobre el nivel del terreno) para proteger y de esta manera aislar de la humedad las primeras hiladas de Bloque de tierra Comprimida.

10.3 ELABORACIÓN DE MUROS

Para comenzar la elaboración del muro, se tiene que hacer una inspección a los Bloques de tierra Comprimida. Hay que fijarse en todas las caras y poner atención sobre las irregularidades que puede haber, si hay algún Bloque de tierra Comprimida quebrado, este no se podrá utilizar por ende se rechaza si hay que utilizarlo.

El mortero se prepara con un barro de alta calidad, antiguamente también se le agregaba paja, pero como se trata de un “nuevo” adobe (Bloque de tierra Comprimida) no se utiliza para la preparación. La tierra que se utilice debe poseer una gran cantidad de arcilla con el objetivo de obtener buena adherencia.

Para la primera hilada hay que empezar siempre en una esquina o un encuentro de muro. Hay que preparar el sobre cimienta para esto primero hay que limpiarlo para que no haya impurezas, con el fin de haber mayor adherencia, luego se humedece y se dispone a la colocación del mortero para poder colocar la primera hilada de Bloque de tierra Comprimida.

Para la construcción del muro hay que tener cuidado de que este siempre este nivelado y se usan las mismas técnicas del muro del ladrillo, es decir, que se mantiene el nivel por medio de lienzas y nivel de burbujas. Siempre se pone la cara más lisa en el mortero.

Todos los Bloque de tierra Comprimida antes de utilizarse deben cumplir con ciertas recomendaciones:

- Estar seco completamente
- Se deben limpiar
- Se deben mojar

El Bloque de tierra Comprimida se debe mojar para que este no absorba el agua del mortero de pega, de esta manera se consigue una mejor unión entre los Bloque de tierra Comprimida.

Hay que tener en cuenta al momento de levantar un muro de Bloque de tierra Comprimida, que hay que hacerlo de forma pausada, no se puede levantar en un día, debido a que la colocación de las hiladas no puede superar 1 metro por día. Como protección para las primeras capas por el exceso de peso que pueda existir, hasta que el mortero no haya secado, la capa de barro debe tener un espesor de 10 a 15 mm para que el mortero rebalse por los costados, para que haya mayor adherencia entre los bloques.

10.4 REVESTIMIENTOS

Se debe tener en cuenta que los muros de Bloque de tierra Comprimida son sensibles a la humedad, para que estos no se deterioren, se deben tapizar. El tapizar consiste en recubrir la superficie con materiales que se unan por completo al Bloque de tierra Comprimida, además, que este sea capaz de soportar deformaciones a través del tiempo, sin tener cambios significativos.

Teniendo en cuenta las propiedades anteriores, se utiliza el barro con paja, el cual debe tener una serie de características, para que este sea útil a la hora de tapizar los muros:

- 1) Normalmente los Bloque de tierra Comprimida se confeccionan con una proporción baja de arcilla, pero en este caso ocuparemos la proporción 1:3 (arcilla-arena). Se utiliza esta medida, ya que, mientras más arcillosa la mezcla, mayor capacidad de producir fisuras, que se reflejan en una mejor adherencia.
- 2) Se debe retirar todo elemento extraño de la tierra, esta debe estar libre de piedras y maicillo.
- 3) La paja de trigo utilizada debe medir máximo 10 cm de largo y se incorporaran 10 kg de tierra aproximadamente.
- 4) Para que la paja quede completamente incorporada al barro, se deberá pisar muy bien la mezcla e ir volteándola.
- 5) La mezcla anterior descrita (barro + paja) se debe dejar reposar como mínimo 2 días antes de ser utilizada, además se debe asegurar que esté homogénea antes de ocuparla, si no es así, se debe voltear hasta que lo esté.
- 6) Antes de dos meses, no se recomienda revocar, ya que, la humedad ambiental puede variar y los muros se fijarán y estabilizarán lentamente en un periodo estimativo de un mes.

Los muros a revocar se deben humedecer, para que no se vea afectada la albañilería en Bloque de tierra Comprimida y no absorba esta humedad; posteriormente se chicotea la mezcla sobre los paramentos, y se distribuye en este con movimientos ascendentes de forma circular con un platacho, donde se debe asegurar de dejar una capa de 2-3 cm.

Para dejar el espesor adecuado y uniforme en el muro, se deben asistir con reglas maestras. Si se desea un mejor acabado, puede pasar una llana sin agregar agua, al transcurso de cinco horas, esto evitará que se note de sobremanera la paja en la mezcla del revoque.

En las cadenas, soquetes y otras zonas donde exista madera, el barro no se va adherir, para lograr la adherencia se clavan grampas o clavos, los cuales se doblan, esto me mantendrá firme el revoque.

Para que el muro logre resistir las lluvias (diez a quince años aproximadamente), se agrega una lechada de cal-cemento (1:2), está se aplica antes que se seque por completo el revoque. Durante tres semanas se mantendrá la cal con agua, se debe ser riguroso con ello, ya que, la cal al tener contacto con el aire comienza a secarse y endurecerse. Respecto al cemento, este se añade al utilizar la lechada, ya que, luego de tres horas contacto con la humedad comienza el proceso de fraguado del cemento y este ya estará sobre el muro. Este proceso se realiza con la ayuda de un rodillo o platacho y llana.

La capa de lechada debe ser delgada, no más de dos mm, sin embargo, esta es muy resistente, a pesar de que resiste diez a quince años el perjuicio creado por la lluvia y la erosión es importante realizar una mantención anual.

Finalmente, al revestimiento (interior y exterior) se le aplica actualmente una capa de pintura sintética, comúnmente látex, la cual es flexible y se adecúa a las dilataciones que tiene a través del tiempo él. Su principal función, es aislar la humedad, sin embargo, su utilización comenzó con un fin estético y las casas hechas con Bloque de tierra Comprimida fueran gratas a la vista.

10.5 CADENAS

Las cadenas se comienzan a instalar, luego que las paredes están levantadas a la altura de las puertas, la primera cadena ira ubicada a nivel del dintel de las puertas y ventanas, esta cadena es continua por todo el largo de los muros, lo que conlleva a que no hallan puntos débiles por la resistencia que esta crea, es decir, se están fortaleciendo esquinas y encuentros de muro que a futuro no deberían tener defectos estructurales.

Estas cadenas, también resisten las fuerzas que crean el muro superior y la techumbre. Cabe mencionar, la diferencia de estas cadenas con las que se ocupaban antiguamente, pues sólo iban sobre cada dintel sobrepasando unos 60 cm. en cada extremo de los vanos, las actuales se colocan sobre todo el muro la cual amarra a toda la masa.

Una cadena, consiste en hacerlas similar al método tradicional de albañilería, donde las cadenas van con enfierradura, se procede con instalación de moldajes y posteriormente se llenan con hormigón tradicional.

Finalmente, a la cadena superior se le ensambla el envigado y la techumbre, su función principal es la de repartir las cargas sobre el muro, haciendo este sistema más óptimo ante eventuales sismos.

10.6 PILARES

El peso de la techumbre, no solo se trasmite a los muros, este también viaja por los pilares de ahí a las vigas horizontales, las soleras o viga de corredor, y de estas llega al pilar, y este por medio de la base les transfiere a las fundaciones las cargas a distribuir al terreno.

Los pilares serán contruidos con enfierradura tradicional, posteriormente se procede con instalación de moldajes y para luego ser llenados con hormigón tradicional.

10.7 SERVICIOS BÁSICOS (INSTALACIÓN DE GASFITERÍA Y ELECTRICIDAD)

Para las instalaciones de las tuberías que corresponden a los servicios básicos (que son la electricidad, el agua y la instalación sanitaria), esta se puede realizar embutida, es decir que se rompe el Bloque de tierra Comprimida y se coloca la cañería o tubería. Este permite que se hagan cortes verticales y horizontales, y no altera la cohesión del material. El corte es realizado con la hachuela. El Bloque de tierra Comprimida es un material que se puede reparar fácilmente. Con las tuberías de agua y gas es preferible que se instalen por el piso, y solo cuando sea necesario pasarlo por los muros.

10.8 MAQUINARIA

Desde los años 50, se comenzó a utilizar el método de bloques de tierra comprimida, iniciada en Latinoamérica, Colombia, con el ingeniero Raúl Ramírez de nacionalidad chilena. Este tipo de construcción nace gracias al afán de varios ingenieros y constructores de poder otorgar viviendas a personas de escasos recursos.

De esta nueva técnica, nació la prensa CINVA-RAM, también llamada “The Liberator”, ya que es accesible para todo público, por ser de código abierto (su replicación es permitida).

Dentro de los procedimientos que conlleva hacer un bloque de tierra comprimida, se contempla el hacer la mezcla (suelo-arena) y al finalizar está, vendrá la compresión, con la the liberator, para obtener finalmente el bloque. Esta prensa se instala con pernos adosados a hormigón pobre, que será la base en donde se procederá a la fabricación de bloque de tierra comprimida.

La característica primordial y valiosa de esta máquina, es que es completamente manual, no utiliza ningún tipo de energía más que la mecánica creada sólo por el esfuerzo físico de quien la ocupa.

La composición de este aparato consta de una caja rectangular de acero que le da la forma al bloque. Tiene un pistón que, al accionar, produce que la base o parte inferior de la máquina suba y ejerza la compresión necesaria contra la tapa para que obtenga los requerimientos necesarios el Bloque de tierra Comprimida.

Actualmente, estas prensas varían en su base inferior, ya que, se le pueden dar forma con orificio al bloque de Bloque de tierra Comprimida, para crear mayor estabilidad en la construcción. El rendimiento de la máquina es de un bloque cada 2 minutos aproximadamente. Las acciones que debe realizar el operador de la máquina son las siguientes:

1. Primero debe aceitar la caja para que la mezcla no quede en las paredes de la máquina.
2. Rellenar con la mezcla el molde o dependiendo la máquina un tipo de “cono” que va relleno automáticamente el molde.
3. Debe presionar las esquinas del molde con la mano, nunca debe aprisionar la tierra antes de la compresión.
4. Tapar el molde.
5. Accionar la palanca, para que se produzca la compresión del bloque.
6. Retirar el bloque terminado.
7. Finalizado el trabajo, el operador debe limpiar la maquinaria con kerosene o aceite de motor usado con el fin de que no se oxide la maquinaria.

Para acopiar los bloques, estos se deben proteger del sol y del viento. Para ello, se puede usar plástico o paja para mantener a la vez la humedad del bloque. Posteriormente, luego de unas 4 - 6 horas producido el bloque de tierra comprimida, es sometido al proceso de curación, en donde se riegan los bloques unas 3 veces durante el día. Después de 21 días, es recomendable usar el bloque, ya que el material se contrae.

Imagen 07: Bloquera CINVA-RAM.



Fuente: Arquitecto Hugo Pereira Gigogne.

Imagen 08: Bloquera Americana en Puerto de Valparaíso.



Fuente: Arquitecto Hugo Pereira Gigogne.

Imagen 09: Planta fija ITALMEXICANA BTC. 190kg/cm² = Producción de 700 a 5000 bloques por día.



Fuente: Arquitecto Hugo Pereira Gigogne.

Imagen 10: Proceso de Fabricación – Fabrica La Arborada de Cuta, Colombia.



Fuente: TierraTec.

Imagen 11: Proceso de Fabricación – Fabrica La Arborada de Cuta, Colombia.



Fuente: TierraTec.

Imagen 12: Proceso de Fabricación – Fabrica La Arborada de Cuta, Colombia.



Fuente: TierraTec.

11. INFORMACION VIVIENDAS SOCIALES EN CHILE (1980-2020).

Primero debemos saber qué se entiende por vivienda social:

Según el Artículo 6.1.2, capítulo 1, de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, vivienda social se define como: *vivienda económica de carácter definitivo, cuyo valor de tasación no sea superior a 400 unidades de fomento, salvo que se trate de condominios de viviendas sociales en cuyo caso podrá incrementarse dicho valor hasta en un 30%.*

La certificación del carácter de vivienda social es dictada por el director de obras municipal respectivo, quién la tasaré considerando la suma de los siguientes factores:

1. El valor del terreno, que será el avalúo fiscal del inmueble.
2. El valor de la construcción de la vivienda. Ésta se evaluará conforme a la tabla de costos unitarios a que se refiere el artículo 127 de la Ley General de Urbanismo y Construcción, para esto el Ministerio de Vivienda y Urbanismo elabora la tabla y sus reajustes trimestrales, de acuerdo a tablas de valores bases de construcción utilizadas por el Servicio de Impuestos Internos, excluyendo los factores relativos a clasificación comunal.

Según la Resolución Exenta 80 de fecha 13.01.2020, Fija valores unitarios de construcción para aplicar en cálculo de derechos de permisos municipales:

1. Según listado de clasificación de las construcciones mencionado en el punto número 1 de dicha Resolución, la construcción de vivienda social con BTC correspondería a la categoría F, que especifica: *Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de entramados de madera.*
2. en el punto 2.3 las construcciones del tipo vivienda social o casetas sanitarias ejecutadas para programas SERVIU o características similares, corresponden a la categoría de construcción número 5, puesto que pueden ser calificada en una categoría distinta.

Tabla N° 11.1: Categorías según puntaje.

TABLA DE CATEGORÍAS		
CÓDIGO	NOMBRE	PUNTAJE SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS
1.-	Superior	20 ó más puntos
2.-	Media superior	13 a 19 puntos
3.-	Media	6 a 12 puntos
4.-	Media inferior	0 a 5 puntos (*)
5.-	Inferior	Ver definición en 2.3.-

(*) Cuando la construcción no presente características evaluables por la tabla, se debe chequear previamente si corresponde a la definición de la categoría 5.- (pto. 2.3.-). Si la definición no concuerda con las características de la construcción, la categoría que se debe asignar es 4.-.

Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo – Resolución Exenta n°80, de 13 de Enero del 2020.

TABLA N° 11.2: COSTOS UNITARIOS POR METRO CUADRADO DE CONSTRUCCION SEGUNDO TRIMESTRE 2020 (En pesos Moneda Nacional, Base enero 2019)

CATEGORIA	TIPO DE EDIFICACION								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	342.020	390.123	342.020	342.020	243.132	-	-	-	-
2	253.866	288.572	253.866	253.866	181.672	128.272	181.672	165.670	200.416
3	187.049	213.762	187.049	187.049	133.584	93.518	133.584	120.221	147.020
4	133.584	152.264	133.584	133.584	96.111	66.752	96.111	85.530	104.171
5	-	-	72.137	72.137	72.137	50.730	77.463	69.466	82.783

Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo – Tabla segundo trimestre del 2020.

SUPERFICIE DE LA VIVIENDA SOCIAL EN SUS INICIOS

Las superficies de las primeras viviendas sociales en nuestro país, a comienzos de los años 1980 oscilaban entre los 40 a 58,1 m² por vivienda, con un promedio a nivel país de 45,09 m². En los años 1990-1994 las superficies bajan a 39,1 / 36,6 m² con un promedio de 36,5m² por vivienda.

Se observa una disminución de la superficie de la vivienda de 8,51 m², superficie que equivale a un dormitorio menos por vivienda.

En el periodo 1995-1996 vemos como la superficie disminuye notoriamente hasta a llegar al mínimo de 22 m² por vivienda en la comuna de Quilicura.

TABLA N° 11.3: SUPERFICIE DE LA VIVIENDA EN EL PERIODO 1980 – 2002.

Comuna	Año	N° de viviendas	Tipología	Programa	Superficie de la vivienda
Total	1987-1988	15396	block/continua	PVB	40,8
La Reina	1988	2922	block	PVB	40,6
	1989	492	continua	PVB	40,6
Total	1988-1989	3414	block/continua	PVB	40,6
Lampa	1989	1343	block/continua	PVB	40,6
Total	1989	1343	block/continua	PVB	40,6
Las Condes	1989	991	block/continua	PVB	40,4
Total	1989	991	block/continua	PVB	40,4
Lo Barnechea	1989	620	block	PVB	40,3
	1999	1624	continua	PVB	s/información
Total	1989-1999	2244	block/continua	PVB	40,3
Lo Espejo	1989	1348	Continua/block	PVB	40,0
Total	1989	1348	Continua/block	PVB	40,0
Lo Prado	1989	3547	block/continua	PVB	39,5
	1990	4167	block	PVB	39,1
Total	1989-1990	7714	block/continua	PVB	39,3
Macul	1990	1341	continua	PVB	38,5
Total	1990	1341	continua	PVB	38,5
Maipú	1990	4345	continua	PVB	38,1
	1991	7237	Continua/altura	PVB	37,3
Total	1990-1991	11582	Continua/altura	PVB	37,7
Ñuñoa	1991	730	continua	PVB	37,0
Total	1991	730	continua	PVB	37,0
Pedro A. Cerda	1991	893	continua	PVB	37,0
Total	1991	893	continua	PVB	37,0
Peñalolén	1991	3987	continua	PVB	37,0
	1992	9217	continua	PVB	36,3
Total	1991-1992	13204	continua	PVB	36,6
Puente Alto	1993	13855	continua	PVB	33,7
	1994	9892	continua/pareada	PVB	31,0
	1995	2384	continua/pareada	PVB	28,0

Comuna	Año	N° de viviendas	Tipología	Programa	Superficie de la vivienda
Total	1993-1995	26131	continua/pareada	PVB	30,9
Pudahuel	1992	10602	continua/block	PVB	35,0
	1993	2588	continua	PVB	34,1
Total	1992-1993	13190	continua/block	PVB	34,5
Quilicura	1995	1455	pareada	PVB	22,0
	1996	4048	pareada	PVB	s/información
Total	1995-1996	5535	pareada	PVB	s/información
Recoleta	1996	2556	s/información	S/información	s/información
	1997	310	s/información	s/información	s/información
Total	1996-1997	2866	s/información	s/información	s/información
Renca	1997	6888	s/información	s/información	s/información
	1998	2088	s/información	s/información	s/información
	1999	140	s/información	s/información	s/información
Total	1997-1999	9116	s/información	s/información	s/información
San Bernardo	1998	8309	block	PVB	s/información
	1999	6820	block	PVB	s/información
	2000	6582	block	Vivienda Social	s/información
	2001	846	continua	Vivienda Social	s/información
	2002	370	pareada	Vivienda Social	s/información
Total	1998-2002	22927	block/continua	PVB/Viv.Social	s/información
San Joaquín	1999	1962	block/pareada	PVB	s/información
Total	1999	1962	block/pareada	PVB	s/información
San Ramón	1999	4486	pareada/block	PVB/Viv.Social	s/información
Total	1999	4486	pareada/block	PVB/Viv.Social	s/información
Santiago	1999	972	continua/block	PVB	s/información
Total	1999	972	continua/block	PVB	s/información
Total General	1980-2002	203236	Varias tipologías	PVB/Viv.Social	Según comuna

Comuna	Año	N° de viviendas	Tipología	Programa	Superficie de la vivienda
Cerrillos	1980	3059	continua	PVB	58,1
Total	1980	3059	continua	PVB	58,1
Cerro Navia	1980	2003	continua	PVB	54,0
	1981	1834	block	PVB	52,7
Total	1980-1981	3837	continua/block	PVB	53,3
Colina	1981	272	block	PVB	49,4
Total	1981	272	block	PVB	49,4
Conchalí	1982	1124	block	PVB	47,8
Total	1982	1124	block	PVB	47,8
	1982	5071	block	PVB	45,5
El Bosque	1983	2668	block	PVB	44,3
	1984	2565	block/continua	PVB	43,5
Total	1982-1984	10304	block	PVB	44,4
Estación Central	1984	3680	block	PVB	43,3
Total	1984	3680	block	PVB	43,3
Huechuraba	1984	2041	block	PVB	42,8
Total	1984	2041	block	PVB	42,8
La Cisterna	1984	215	block	PVB	42,6
Total	1984	215	block	PVB	42,6
	1983-1999	3200	block	PVB	38,6
La Florida	1984	5249	block	PVB	42,5
	1985	11.029	block	PVB	42,2
	1986	4028	block	PVB	42,2
Total	1983-1999	23506	block	PVB	41,3
La Granja	1986	5570	block/continua	PVB	42,0
	1987	2243	block/continua	PVB	41,6
Total	1986-1987	7813	block/continua	PVB	41,8
La Pintana	1987	10857	block/continua	PVB	41,1
	1988	4539	block/continua	PVB	40,6

Fuente: Vivienda Social en Santiago de Chile. Analisis de su comportamiento locacional, periodo 1980-2002. Ricardo Tapia Zarricueta.

Hoy se busca una evolución en la vivienda social, puesto que de 22m² aproximadamente ha aumentado a 47 – 55 m² por vivienda. Además, se busca no sólo dar solución de vivienda, sino también de dar mayor estándar y calidad de vida al usuario e integración social.

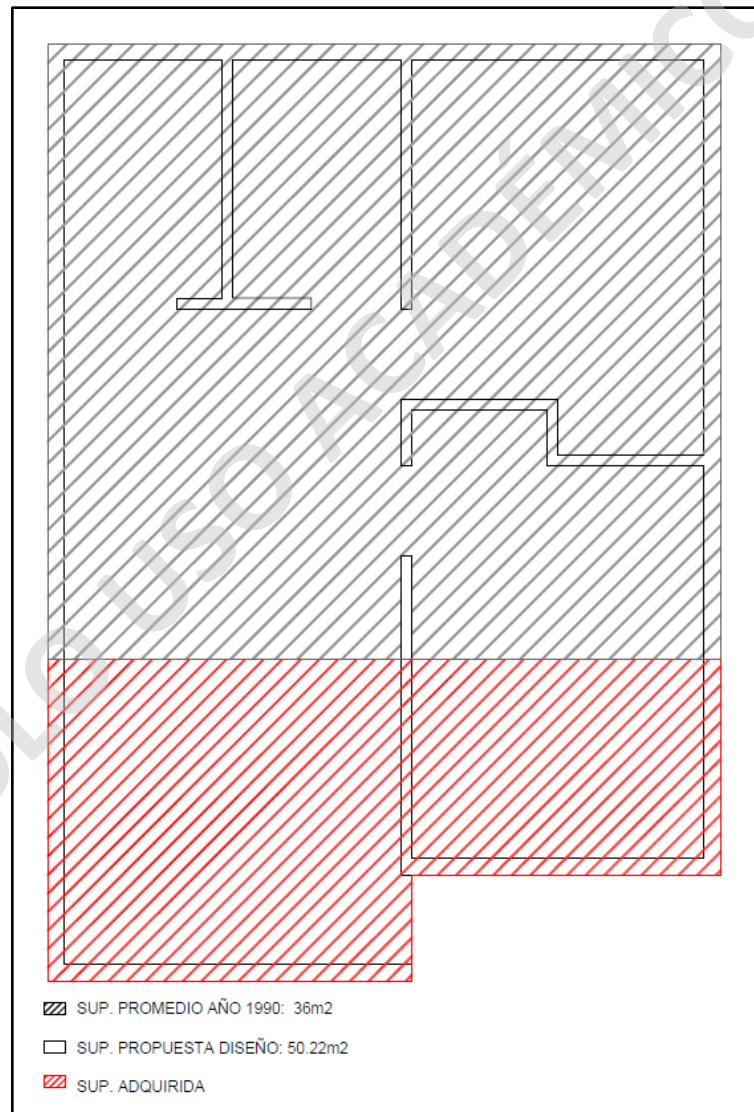
El tema energético hoy es un punto primordial a la hora de diseñar y construir, es por esto que el SERVIU a través de la reglamentación térmica busca generar un estándar de confort habitacional mínimo para el interior de la vivienda.

Es por eso que se realiza una calificación energética de cada vivienda, de manera voluntaria pero que a futuro se espera que sea una calificación obligatoria. Todo esto debido al compromiso internacional pactado, que busca que de aquí al 2025 se reduzca en un 20% el requerimiento de energía para edificación y para el año 2035 al menos el 35% de la energía provenga de fuentes renovables.

El ministerio del Medio Ambiente está elaborando el Proyecto de Ley Marco de Cambio Climático, que busca bajar las emisiones de gases de efecto invernadero, para garantizar el cumplimiento de los compromisos internacionales asumidos por el país.

A continuación, podremos observar de forma esquemática la progresión de metros cuadrados adquiridos con el paso de los años. El cómo pasamos de tener una superficie reducida en cuanto a metros cuadrados, es por esto que hoy en día hemos ido adquiriendo una mayor superficie para el diseño de estas viviendas sociales, se busca no sólo dar solución de vivienda, sino también de dar mayor estándar y calidad de vida al usuario e integración social.

Imagen 13: Esquema Avance m2 en Viviendas Sociales en Chile.



Fuente: Elaboración Propia

12. DISEÑO VIVIENDA SOCIAL TIPO CON BTC.

Se diseña una propuesta de vivienda social en base a bloques de tierra comprimida, con más recintos y metros cuadrados de lo que exige la norma vigente a la fecha, de acuerdo a Ordenanza general de urbanismo y construcción, en título 6 “Reglamento especial de viviendas económicas”, capítulo 4: sobre arquitectura, punto 6.4.1

“El programa de la vivienda debe considerar al menos dos recintos: un baño con inodoro, lavamanos y ducha, con excepción de la vivienda progresiva en primera etapa y la infraestructura sanitaria, mencionadas en el artículo 6.1.2 de este reglamento, y otro que permita disponer dos camas y lugar de estar, comedor y cocina. Con todo, la vivienda social deberá tener a lo menos tres recintos: un dormitorio para dos camas, una sala de estar-comedor-cocina y un baño con inodoro lavamanos y ducha.”

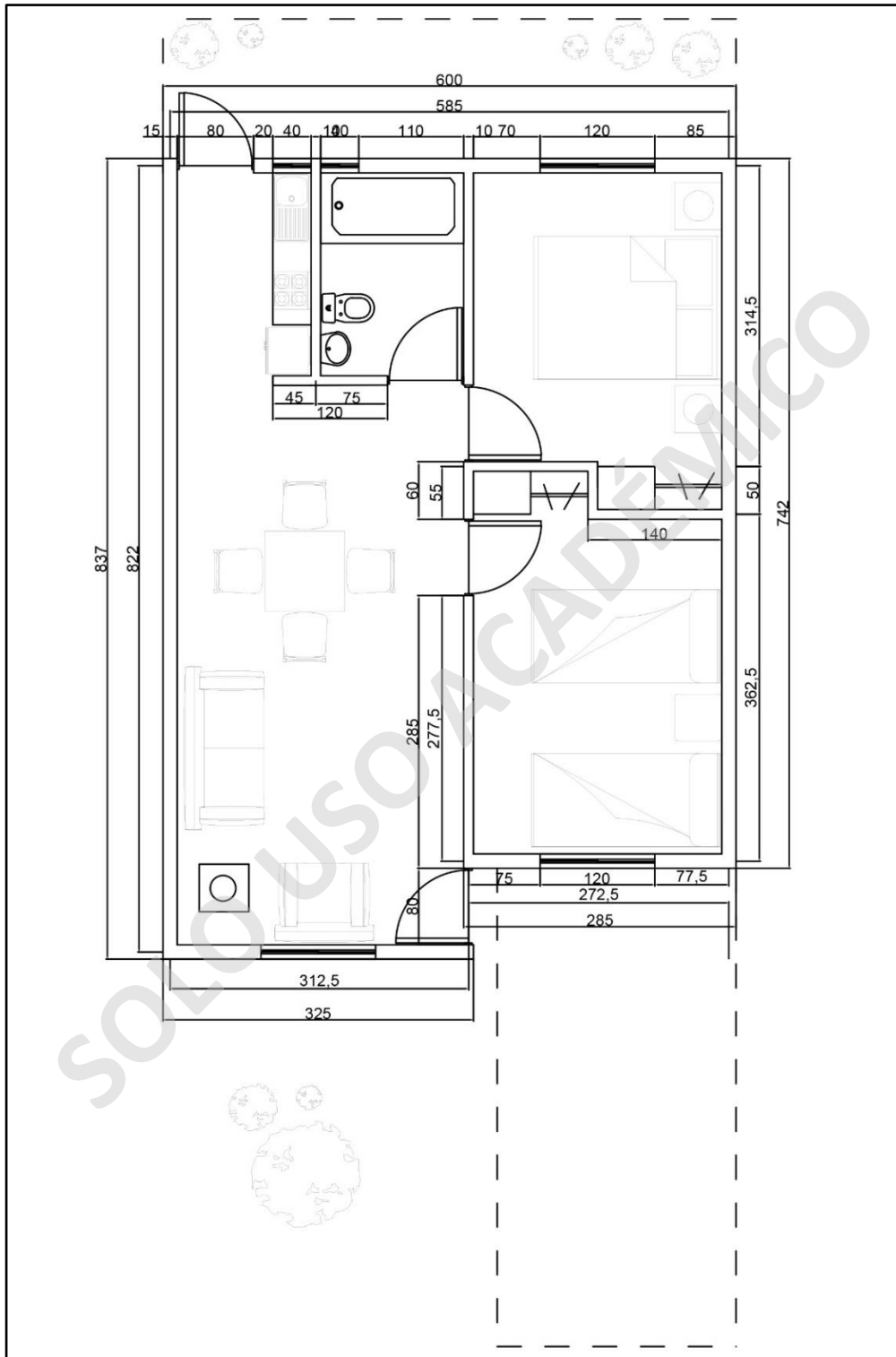
Entendido esto, la propuesta que se hace para esta vivienda social es la siguiente;

Poder construir una vivienda emplazada en un terreno de 90m², con una construcción en BTC de 50,22 m². Donde se tendrán los siguientes recintos.

- 2 dormitorios
- 1 cocina
- 1 baño
- 1 estar – comedor

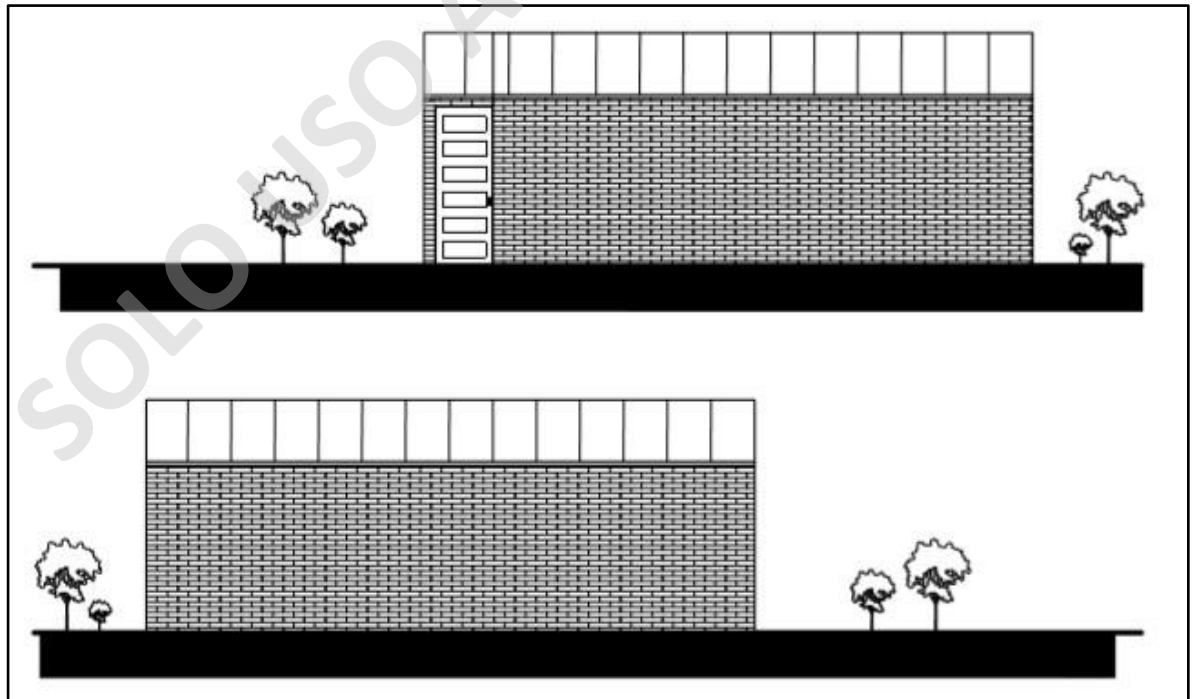
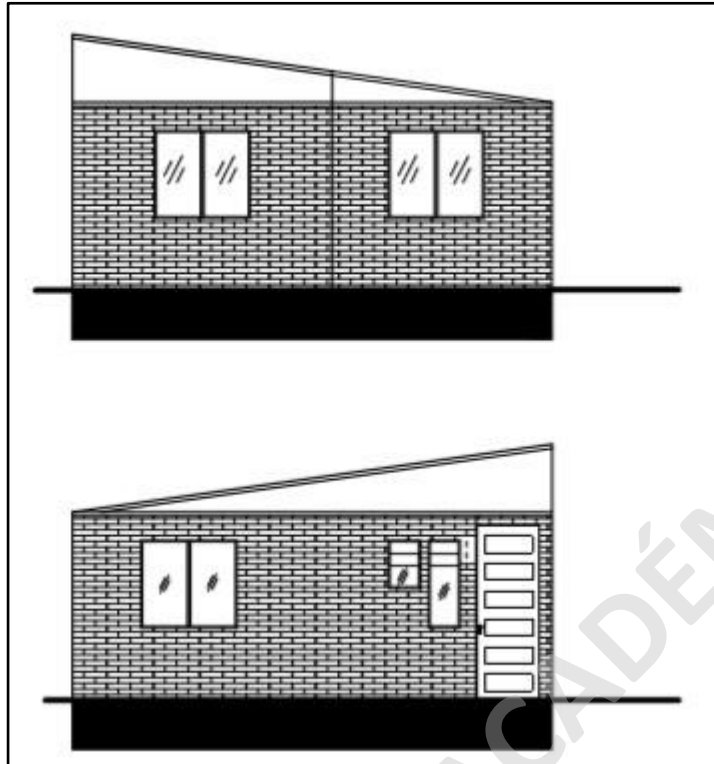
Con esto, se darán a conocer costos de cuánto costaría generar la construcción de una vivienda social en BTC v/s albañilería tradicional, y en caso de ser conveniente se tendrá la opción de ampliar los m² mínimos de la vivienda por el mismo valor de la albañilería tradicional o se podrá abaratar costos para poder construir más cantidad de viviendas sociales.

12.1 PLANTA



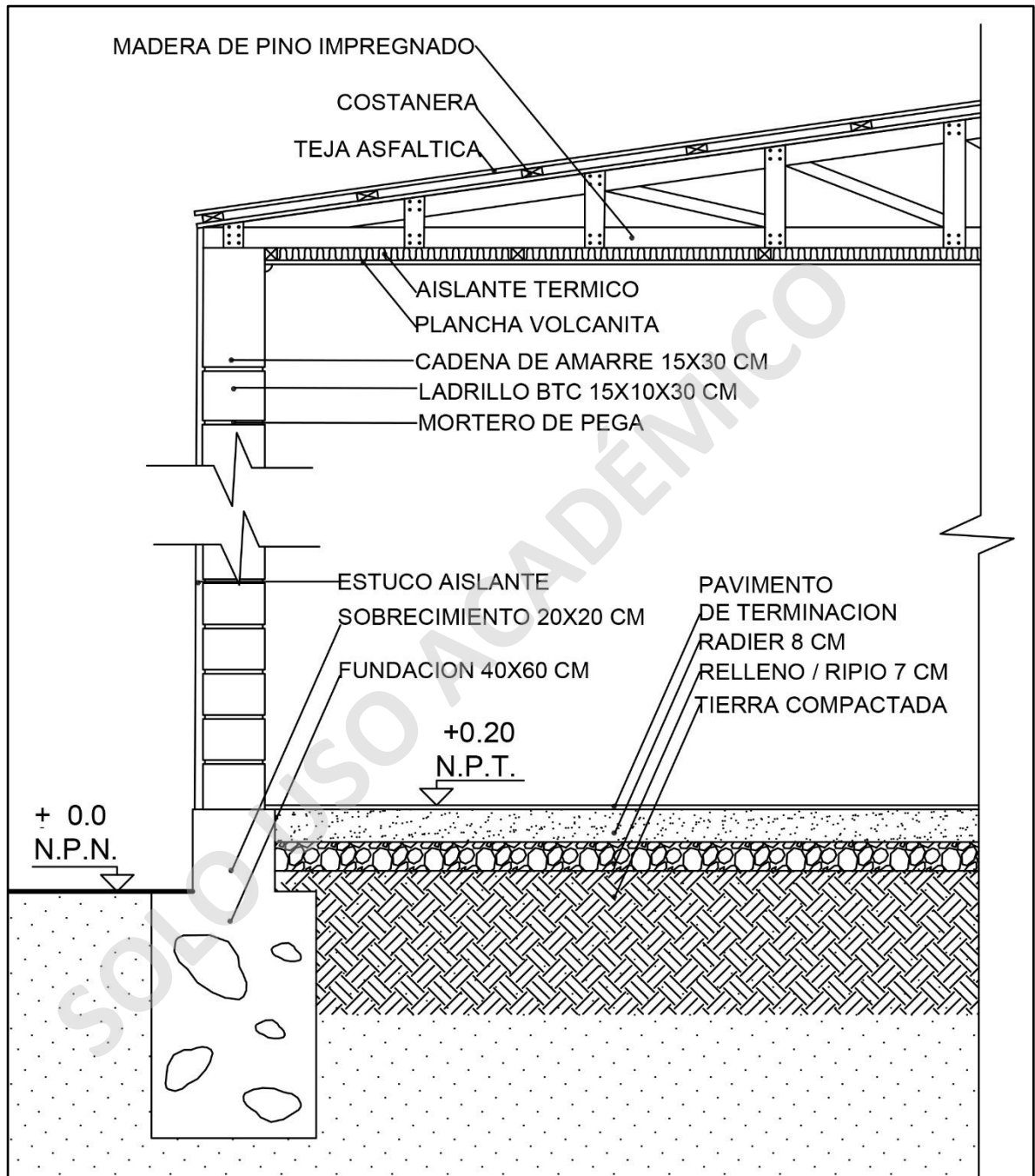
Fuente: Elaboración propia.

12.2 ELEVACIONES



Fuente: Elaboración propia.

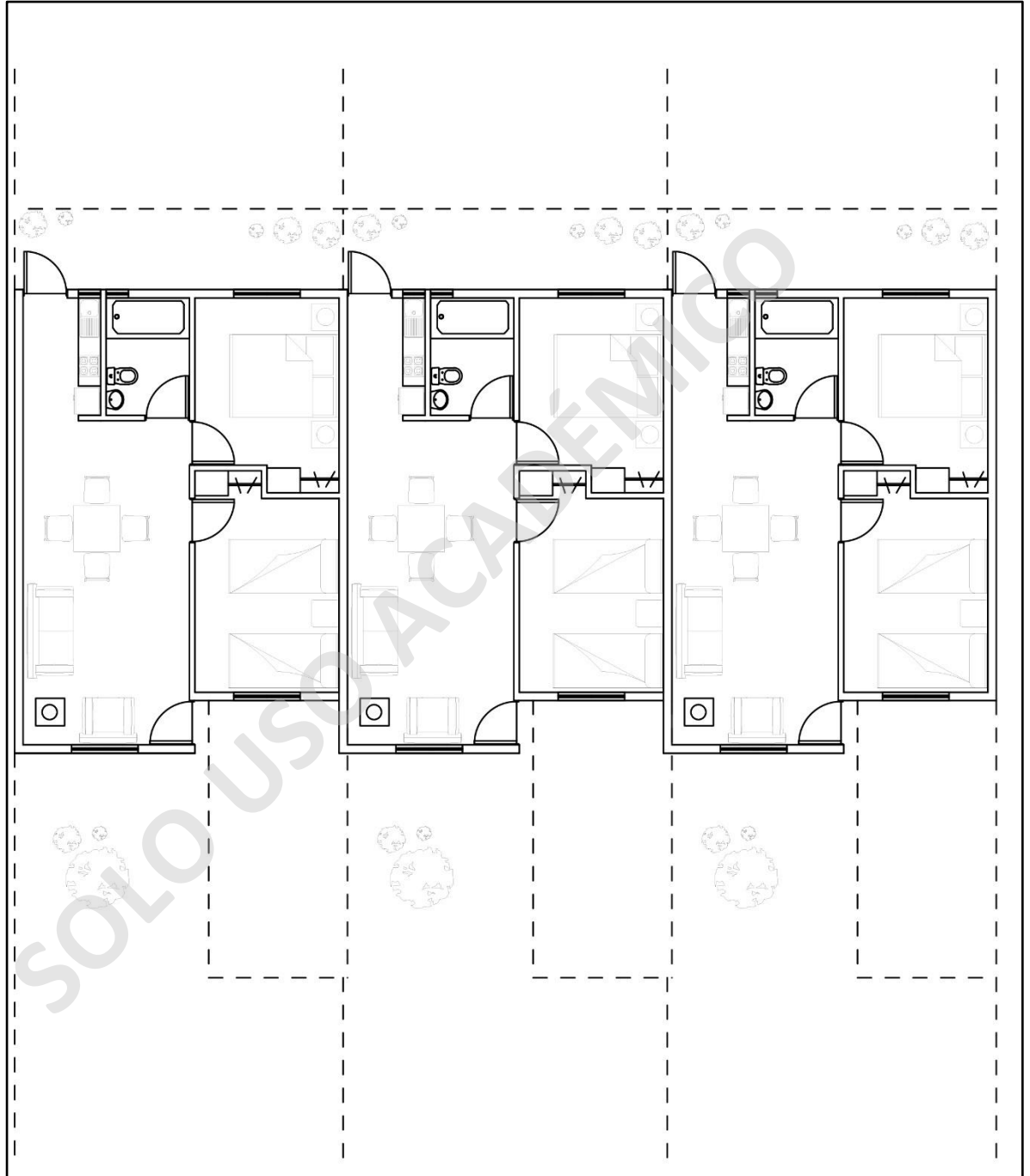
12.3 ESCANTILLON



Fuente: Elaboración propia.

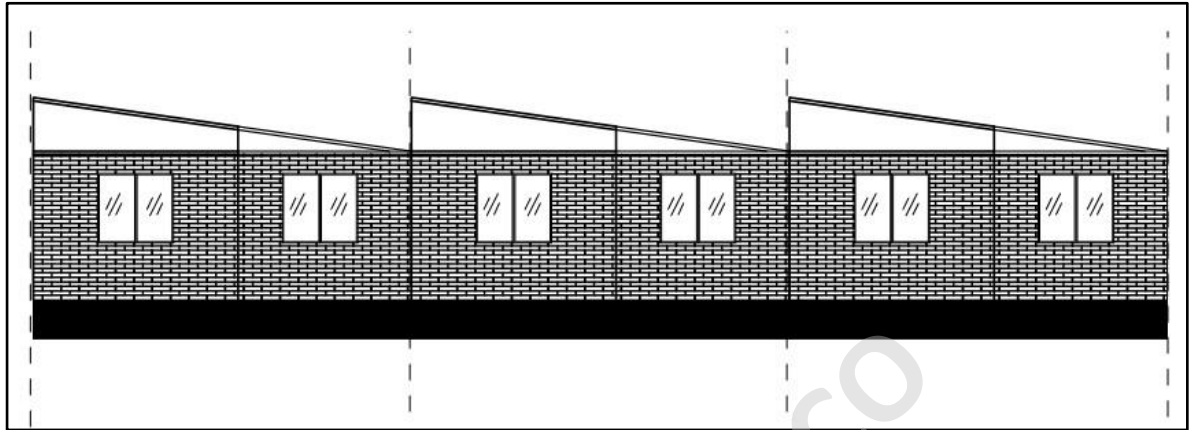
12.4 DISEÑO TIPO SERIE O CONSECUTIVO

12.4.1 PLANTA TIPO EN SERIE



Fuente: Elaboración propia.

12.4.2 ELEVACION TIPO EN SERIE



Fuente: Elaboración propia.

SOLO USO ACADÉMICO

12.5 REFERENTES DE VIVIENDAS CON BTC EN EL EXTRANJERO

Imagen 14: Casa Abdo-Kalil – Villa de Leiva – Boyacá, Colombia.



Fuente: TierraTec.

Imagen 15: Interior Casa Abdo-Kalil – Villa de Leiva – Boyacá, Colombia.



Fuente: TierraTec.

Imagen 16: Casa La Molina – Cundinamarca, Colombia.



Fuente: TierraTec.

Imagen 17: Aula Ambiental Juan Rey en Usme – Bogotá, Colombia.



Fuente: TierraTec.

Imagen 18: Aula Ambiental Juan Rey en Usme – Bogotá, Colombia.

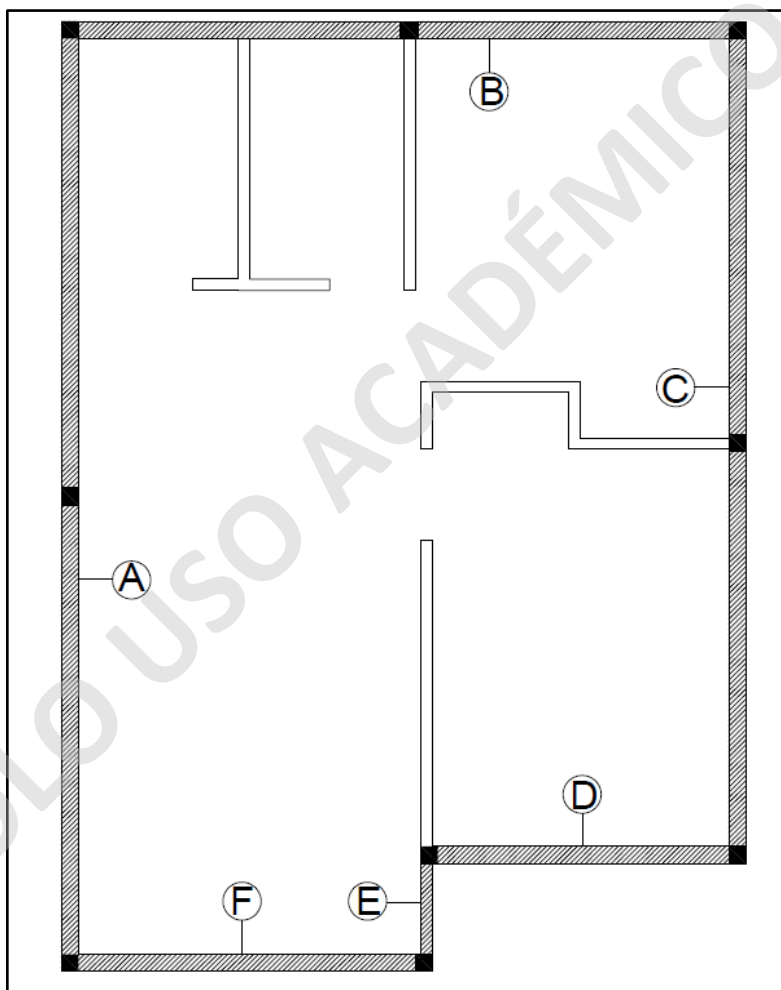


Fuente: TierraTec.

13. COSTOS DEL PROYECTO.

En esta etapa, podremos observar el diseño en planta para vivienda social de 50,22m². Donde se realizará el cálculo de cantidad de bloques de tierra comprimida, ladrillos corrientes (Fiscal) y hormigón requerido para pilares y cadenas del proyecto. Con esto podremos determinar el motivo y la justificación del porque se propone este tipo de construcción (BTC) para una vivienda social.

Imagen 19: Planta con Muros BTC.



Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 13.1: CALCULO ESTRUCTURA PERIMETRAL CON BTC.

CALCULO ESTRUCTURA PERIMETRAL VIVIENDA CON BTC		
MUROS	ELEMENTO	CANTIDAD
Muro A	Area muros (m2)	15,84
	Pilares (m3)	0,14
	Cadena (m3)	0,38
Muro B	Area muros (m2)	11,12
	Pilares (m3)	0,09
	Cadena (m3)	0,27
Muro C	Area muros (m2)	13,96
	Pilares (m3)	0,09
	Cadena (m3)	0,33
Muro D	Area muros (m2)	5,10
	Pilares (m3)	0,045
	Cadena (m3)	0,13
Muro E	Area muros (m2)	N/A
	Pilares (m3)	0,045
	Cadena (m3)	0,036
Muro F	Area muros (m2)	5,70
	Pilares (m3)	0,045
	Cadena (m3)	0,014
RESUMEN	CANTIDAD	
Total Muros Vivienda (m2)	51,72	
Perimetro Muros S/Pilares (ml)	25,86	
Pilares (m3)	0,455	
Cadena (m3)	1,286	

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 13.2: CALCULO CANTIDAD UNIDADES POR MURO.

CALCULO CANTIDAD DE BLOQUES Y LADRILLOS POR MUROS		
MUROS	TIPO	CANTIDAD
Muro A	Bloque BTC (unidad)	528
	Ladrillo Fiscal (unidad)	1.056
Muro B	Bloque BTC (unidad)	371
	Ladrillo Fiscal (unidad)	742
Muro C	Bloque BTC (unidad)	466
	Ladrillo Fiscal (unidad)	931
Muro D	Bloque BTC (unidad)	170
	Ladrillo Fiscal (unidad)	340
Muro E	Bloque BTC (unidad)	N/A
	Ladrillo Fiscal (unidad)	N/A
Muro F	Bloque BTC (unidad)	190
	Ladrillo Fiscal (unidad)	380
RESUMEN	CANTIDAD	
Bloque BTC (unidad)	1.725	
Ladrillo Fiscal (unidad)	3.449	

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 13.3: VALOR UNIDAD LADRILLO BTC V/S LADRILLO FISCAL.

VALOR MATERIALES CONSTRUCCIÓN			
LADRILLO BTC		LADRILLO COMÚN (FISCAL)	
MATERIAL	VALOR (unidad)	MATERIAL	VALOR (unidad)
Tierra	\$66,70	Ladrillo Fiscal (Un.)	\$150
Arcilla			
Estabilizante 5%			

*Fuente: Elaboración propia. Valor ladrillo fiscal según mercado actual Julio 2020,
Valor BTC según estudio y análisis propio.*

Justificación valor ladrillo BTC, según tabla N° 13.3.

El valor de este ladrillo según estudio propio, como se ve reflejado en la tabla el valor por unidad ladrillo BTC es de \$66,7.

Se llega a este valor con un análisis de los metros cuadrados de la vivienda, para poder determinar cuántas unidades de ladrillo BTC, según su dimensión, tendremos que utilizar para la vivienda tipo y así tener un valor total del costo del material por vivienda, el cual podremos ver reflejado el porque se podría optar a la reproducción de estas viviendas en serie.

CALCULO DEL VALOR POR UNIDAD DE LADRILLO BTC		
Valor Estabilizante	Saco 25kg Cemento	\$3.490
Rendimiento x saco	0,012 m3	

Cantidad Perimetro Muros S/Pilares 25,86 ml
 Altura Muro 2,00 m
 Espesor Muro 0,15 m

$$25,86 \times 2,00 \times 0,15 = 7,785 \text{ m}^3$$

Estabilizante 5% de 7,785 m³ = 0,388 m³

m³ % Estabilizante / Rendimiento por saco = 0,012 m³

$$0,388 / 0,012 = 32,3 \text{ Sacos de Estabilizante}$$

Cantidad de sacos = 33 unidades.

Valor saco estabilizante = \$3.490

$$33 \times 3.490 = \$115.170$$

$$\text{Valor total sacos estabilizante} = \$115.170$$

Valor Sacos / N° Ladrillos BTC

$$115.170 / 1.725 = \$66,70$$

Valor Unidad Ladrillo BTC \$66,70.

CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES.

- ❖ El bloque de tierra comprimida, como medio de construcción, tiene ventajas significativas, ya que es un método constructivo amigable con el medioambiente, que, si se pudiera generar a mayor escala o bien industrializar manteniendo su principio de ejecución los beneficios serían múltiples, pero uno de los grandes y principales aportes que este método constructivo nos brinda es su baja emisión de contaminantes, al ser un proceso mecánico y natural. Por ende, todo esto se traduce a una construcción más eficiente y sustentable. Siendo un aporte a nivel país y mundial.
- ❖ Las ventajas que nos proporciona este sistema constructivo es que sus materiales son de fácil obtención, de costos casi nulos, se trabaja con bajos costos de mano de obra debido a que no se necesita una mano de obra especializada. Su método constructivo es de forma manual, de rápida y fácil elaboración.
- ❖ Este sistema constructivo es muy eficiente, pero debido al poco conocimiento en nuestro país, las ventajas de este no se aprovechan de mejor manera. Ya que como profesionales debiésemos ir a la vanguardia con este método de construcción, debido a que no se utiliza ni se aprovechan los recursos naturales que tenemos, esto debido a que todo es industrializado y de manera contaminante, no de forma natural y respetando nuestro medio ambiente.
- ❖ Realizado el análisis de costo por unidad de ladrillo BTC v/s unidad de ladrillo corriente (Fiscal), podemos observar el bajo costo que este tiene debido al aprovechamiento de recursos naturales para su ejecución y así podemos notar que el valor de una unidad de ladrillo BTC es equivalente a la mitad del valor de una unidad de ladrillo corriente.
- ❖ Entregado el valor unidad de ladrillo BTC, podemos concluir y darnos cuenta de lo significativo que es este sistema constructivo, esto debido a que con el valor de construcción de una vivienda de la misma cantidad de metros cuadrados, en materialidad BTC podemos obtener el doble de viviendas que podríamos construir con el sistema tradicional de albañilería, por ende podemos adquirir la misma calidad y confort de una vivienda tradicional, a un menor costo y así obtener un mayor número de viviendas.

- ❖ Con este sistema nos damos cuenta que además de todos los beneficios que nos entrega, podemos obtener la siguiente relación. Si tenemos un presupuesto para un proyecto de 500 viviendas sociales de albañilería tradicional (Fiscal), con el mismo presupuesto, pero con el sistema constructivo BTC, obtenemos 1.000 viviendas sociales con las mismas características y por que no decir, mejoradas, ya que presentan mayor confort general al usuario.

SOLO USO ACADÉMICO

CAPITULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Revista Electrónica Nova Scientia; El Hidróxido de Calcio y los bloques de tierra comprimida, alternativa sostenible de construcción. Rubén Salvador Roux Gutiérrez y José Adán Espuna Mujica.
- Construcción sustentable, análisis de retraso térmico a bloques de tierra comprimidos. Rubén Salvador Roux Gutiérrez y Diana Patricia Gallegos Sánchez.
- Rendimiento y coste energético en la construcción de cerramientos de fábrica de adobe y bloque de tierra comprimida. Luis Maldonado Ramos, Francisco Castilla Pascual, Fernando Vela Cossío; Colaborador: David Rivera Gómez.
- Norma Española UNE 41410; Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. AENOR, diciembre 2008.
- Vivienda Social en Santiago de Chile. Análisis de su comportamiento locacional, periodo 1980-2002. Ricardo Tapia Zarricueta.
- Resolución Exenta n°80 fecha 13.01.2020. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
- Ley General de Urbanismo y Construcciones.
- Diccionario Real Academia Española.
- <https://pgigogne.wixsite.com/arquitecto>
- www.tierratec.com
- www.arquitecturayempresa.es
- www.construyediferente.com
- www.ebasl.es

GLOSARIO:

- **BTC: Bloque de tierra comprimida.**
- **E.E: Eficiencia energética.**
- **Higrófilo: Se aplica al organismo, especialmente al vegetal, que tiende a realizar todas sus actividades en ambientes húmedos.**
- **BTU: Es una unidad de energía o unidad térmica. Unidad térmica británica. Mide la cantidad de gas natural necesario para aumentar en un grado Fahrenheit de una libra de agua.**
- **M2: Metros cuadrados.**
- **M3: Metros cúbicos**
- **ML: Metros lineales.**
- **ESCANTILLON: Detalle constructivo que define los materiales a utilizar.**
- **PLANTA: Representación de un cuerpo sobre un plano horizontal.**
- **ELEVACION: Es la imagen de una de sus fachadas de una construcción.**