

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ARQUITECTURA.

Monografía para optar al título de
ARQUITECTO

TITULO:
**Elaboración de bloque prototipo de tierra comprimida
(BTC) como una alternativa tecnológica bioclimática a
utilizar en la construcción de modelos de vivienda.**

AUTORES:
BR. ORLANDO JOSÉ GALLEGOS ZELEDÓN
BR. RODOLFO ERNESTO VELASQUEZ AGUIRRE
BR. WAYNE KENNETH MONTRONE PALMA.

TUTOR:
ARQ. JUAN PABLO TREMINIO SANDOVAL

Managua, Nicaragua

MARZO 2023



ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA (BTC) COMO UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA BIOCLIMÁTICA A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCION DE MODELOS DE VIVIENDA.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
SECRETARIA DE FACULTAD



F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE ARQUITECTURA** hace constar que:

GALLEGOS ZELEDÓN ORLANDO JOSÉ

Carne: **2006-23261** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2000** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **ARQUITECTURA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y ocho días del mes de noviembre del año dos mil diecisiete.

Atentamente,

Arq. Javier Antonio Parés Barberena
Secretario de Facultad





SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

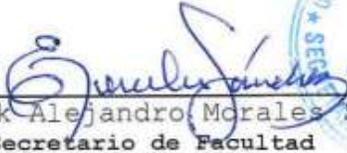
El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE ARQUITECTURA** hace constar que:

VELÁSQUEZ AGUIRRE RODOLFO ERNESTO

Carné: **2005-21014** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2000** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **ARQUITECTURA**, y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los siete días del mes de diciembre del año dos mil veinte y dos.

Atentamente,


Msc. Erick Alejandro Morales Sanchez
Secretario de Facultad





SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8 CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE ARQUITECTURA**, hace constar que:

MONTRONE PALMA WAYNE KENNETH

Carné: **2015-0723I**, Turno **Diurno**, Plan de estudio **2015** de conformidad con el Reglamento de Régimen Académico Vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **ARQUITECTURA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO** a solicitud del interesado en la Ciudad de Managua, a los 29 días del mes de abril del año dos mil veinte y uno.

Atentamente,

Dr. Pablo José Medrano Aguirre
SECRETARIO DE FACULTAD





FACULTAD DE
ARQUITECTURA

Managua, lunes 09 de enero del 2023

Br. (a) Orlando José Callegos Zeledón
Br. (a) Rodolfo Ernesto Velásquez Aguirre
Br. (a) Wayne Kenneth Montrone Palma

Estimado (s) Bachiller (es), reciba (n) cordiales saludos.

Por medio de la presente se le(s) comunica que el Tema de Trabajo Monográfico: "**Elaboración de bloque prototipo de tierra comprimida (BTC) como una alternativa tecnológica bioclimática a utilizar en la construcción de modelos de vivienda.**", ha sido aprobado y se le ha asignado como Tutor(a) al (a la) **Arq. Juan Pablo Treminio Sandoval**.

La ejecución, entrega y defensa del Trabajo Monográfico dispondrá de una duración a partir de la fecha de aprobación del Decano, conforme a la Normativa Formas de Culminación de Estudios de la carrera de Arquitectura de la Universidad Nacional de Ingeniería. Siendo el periodo establecido del **09 de enero del 2023 al 28 de abril del año 2023**.

Por lo tanto, ud (s) deberá (n) cumplir en el periodo mencionado con lo siguiente:

- Desarrollar el Cronograma de Ejecución y realizar las actividades en correspondencia con el mismo, en el cual se tienen que programar los periodos de encuentros con el tutor y defensa.
- Presentar al tutor sistemáticamente los avances obtenidos en el proceso de ejecución conforme el cronograma.
- Realizar al menos una pre defensa del Trabajo Monográfico en versión borrador, cuando a criterio del tutor, considere que el contenido del documento está concluido, con el objetivo de garantizar en todos los aspectos el éxito de la defensa.

Sin más a que hacer referencia y deseándole éxito en su Trabajo Monográfico para optar al título de Arquitecto, se despide.

Atentamente,


Ma. Arq. Marcela Carolina Galán Gaitán
Decano

Cc. Archivo
Arq. Francis Alejandra Cruz Pérez. - Responsable de Formas de Culminación de Estudios
Arq. Juan Pablo Treminio Sandoval. - Tutor

☎ Teléfono (505) 22781467 Facultad de Arquitectura
☎ Teléfono (505) 2267-0275 / 77 Sede Central - UNI
☎ Telefax (505) 2267-3709, (505) 2277-2728

📍 Recinto Universitario Simón Bolívar RUSB, Sede Central - UNI
Edificio Facultad de Arquitectura, Decanatura
Avenida Universitaria, Managua, Nicaragua.
Apdo. 5595
🌐 www.uni.edu.ni
📧 fatq.uni.edu.ni



CARTA AVAL.

**A: Orlando Gallegos
Rodolfo Vásquez.
Wayne Montrone.**

Saludos.

De acuerdo al planteamiento que realizaron sobre el proyecto Elaboración de bloques de tierra comprimida BTC, hemos acordado lo siguiente:

1. nuestra familia está de acuerdo en que puedan hacer su estudio de trabajo monográfico **“Elaboración de bloque prototipo de tierra comprimida (BTC) como una alternativa tecnológica bioclimática a utilizar en la construcción de modelos de vivienda”** en nuestro terreno, ubicado en el .Castillo no. 1.
2. Poder utilizar la tierra necesaria para elaborar los bloques BTC.
3. Poner a disposición la mano de obra familiar cuando sea requerida.
4. Recibir capacitación sobre el manejo de maquina prensa metálica.
5. Recibir capacitación sobre la fabricación del bloque.
6. Recibir asesoramiento en construcción de casas con el sistema BTC.

Sin más que agregar estamos a la disposición y con interés de que puedan obtener buenos resultados en su trabajo de estudio.

Dado en San Juan de Oriente, Masaya a los 10 días del mes de febrero del 2023.

Firmamos dicho compromiso:



Oliver Nororis/ Verónica Meléndez.

Familia Nororis Meléndez.



Dedicatorias

A mi mamá, **Marlen Palma**, por estar ahí en las buenas y en las malas, por brindarme las herramientas que necesite a lo largo de mi carrera, y por todo el amor que me ha demostrado a lo largo de la vida.

A mi papá, **Marco Montrone**, quien despertó en mí desde muy pequeño el hambre de aprender cosas nuevas y me inspiró cada día para ser una mejor persona.

A mi mamita, **Norma Rapaccioli**, quien ha sido uno de los pilares fundamentales de este viaje, quitándome mucha carga de los hombros, lo cual me permitió concentrarme de lleno en mis estudios.

A mi novia, **Diana Corea**, quien fue el impulso para poder completar esta parte final de mi viaje, no me permitió jamás abandonar e incluso brindo su apoyo en momentos clave de la ejecución de este proyecto.

Y, por último, pero no menos importante, a **todos mis amigos**, que son muchos para mencionarlos a todos, pero sin quienes esto no sería posible. Tanto los que me acompañaron en la carrera y las incontables noches de desvelo, como los que no, pero que de igual forma me impulsaron a quien soy hoy, a no rendirme nunca y a alcanzar el sueño de convertirme en arquitecto.

Br. Wayne Kenneth Montrone Palma.

Gracias te doy, Padre, porque me has escuchado" (Juan 11:41), esta meta te la dedico a ti, nunca dejaste de estar presente en mi conciencia, y me diste la oportunidad de dar un paso más en vida, permite que este logro sea herramienta para servir mejor a mi comunidad y orgullo de mis padres.

Br. Rodolfo Ernesto Velásquez Aguirre.

Al Padre Celestial que da sabiduría, inteligencia, ciencia y arte al ser humano para hacer el bien. A mis padres **Orlando Gallegos L. y Martha Zeledón G.** quienes me han dado todo el apoyo para prepararme. A mi esposa **Amanda Cano C.** con su insistencia, cuidado he podido llegar hasta aquí. A mi hija **Zoe Gallegos C.** algún día leerá esto, quiero que ella se esfuerce para lograr sus metas, y sepa que su mamá la cuidó haciendo doble esfuerzo para poder terminar este trabajo y Mi hermana **Alina Gallegos**, ella me inscribió en la carrera dándome esta opción y en su tiempo me motivo.

Br. Orlando José Gallegos Zeledón.



Agradecimientos

Quiero dar gracias a mis amigos y a mi familia, por ser los pilares de mi vida, impulsarme a continuar y a seguir creciendo. Gracias a mis compañeros de tesis por su trabajo duro y por el momento que estamos por compartir. Y gracias a nuestro Tutor, el **Arq. Juan Pablo Treminio**, por el apoyo durante este proceso.

Br. Wayne Kenneth Montrone Palma.

A mis padres Rodolfo Velásquez y Maura Aguirre, por siempre apoyarme y guiarme por el camino del bien, por su insistente petición de “Saca tu título” que nunca dejo morir la esperanza de cumplir mi meta.

A mis maestros, grandes arquitectos y arquitectas, que formaron mi carácter, responsabilidad y proactividad, y hoy soy un poco de todos ellos.

A la UNI por darnos la oportunidad de cumplir nuestra meta mediante el diseño del taller monográfico, a nuestro tutor Arq. Juan Pablo por acompañarnos e impulsarnos hasta el último minuto para cumplir el Objetivo.

Br. Rodolfo Ernesto Velásquez Aguirre.

A Dios por escuchar mi petición hace tiempo, Él es fiel.

a mis Padres Orlando Gallegos y Martha Zeledón, que con mucho esfuerzo me motivaron a prepararme profesionalmente.

A mi esposa Amanda Cano fuerza impulsora, mujer esforzada y ejemplo en disciplina.

A mis compañeros de clase que con ellos aprendimos lo difícil de la carrera, hambre, desvelos, sufrimiento, alegría, inspiración, compañerismo, pero disfruté la carrera. A amigos, que bendijeron en la carrera, a doña Martha mujer de buen corazón y su familia, extendió su mano a estudiantes en alimento y hospedaje.

Con mis compañeros de monografía, este era el tiempo y para nosotros, aportaremos un poco con este trabajo.

A la familia Mauck, quien nos brindó apoyo económico para fabricar la máquina, también a mis compañeros de misión que motivaron a terminar la carrera.

A la UNI y FARQ que nos permite culminar esta etapa, a nuestro tutor **Arq. Juan Pablo Treminio**, siempre buscando como nos vaya bien, motivándonos y darnos confianza.

Br. Orlando José Gallegos Zeledón.



INDICE.

1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. OBJETIVOS	6
3.1. <i>Objetivo General</i>	6
3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	6
4. ANTECEDENTES	7
4.1. <i>Antecedentes nacionales.</i>	7
4.2. <i>Antecedentes Internacionales</i>	13
5. DISEÑO METODOLÓGICO	15
5.1. <i>Tipo de investigación: universo/ muestra</i>	15
5.2. <i>Recopilación de información, análisis de los criterios y construcción del objeto de estudio.</i>	16
5.3. <i>Esquema Metodológico</i>	18
5.4. <i>Cuadro de Certitud Metodológica.</i>	19
CAPITULO II	20
6. MARCO TEÓRICO	20
6.1. <i>Marco Conceptual</i>	21
6.2. <i>Marco Legal.</i>	32
6.3. <i>Marco de Referencia.</i>	34
6.3.1. Macro localización, Masaya Departamento.	34



6.3.2.	Micro localización y ubicación del sitio.	35
6.3.3.	Características físico naturales	38
6.3.4.	Amenazas Geológicas	40
CAPITULO III.....		43
DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DEL PROYECTO.....		43
7. PRIMERA FASE - DISEÑO DE LA PRENSA MECANICA QUE SE UTILIZARÁ EN LA PRODUCCIÓN DE LOS BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA BTC.....		44
7.1.	Caja de Compactación	46
7.2.	Sistema de compresión	47
7.3.	Sistema de apalancamiento	48
8. SEGUNDA FASE – PROCESO DE SELECCIÓN Y PRUEBAS DEL TIPO DE TIERRA.....		50
8.1.	Ensayos de suelos – ensayos de campo	52
8.2.	Selección de Agregados	55
8.3.	Elaboración del BTC	57
8.4.	Pruebas a los BTC Individuales	59
8.5.	Prueba de Caída de Ladrillo Completo, Adobe, BTC, Tapial.	60
8.6.	Resistencia a la compresión – pruebas de laboratorio	62
8.7.	Requisitos del BTC según las regulaciones estudiadas	63
8.8.	Regulaciones nacionales como punto de comparación	70
9. TERCERA FASE: FACTIBILIDAD DE CONSTRUCCIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA.		73



9.1. Estudio de costos para la producción de BTC	75
9.2. Modelo de Vivienda de BTC	79
9.3. Ventajas y desventajas de la construcción con BTC	86
10. RECOMENDACIONES.....	89
11. CONCLUSIONES	91
12. BIBLIOGRAFÍA	93
13. ANEXOS.....	96
Cronograma de actividades del taller monográfico 2023	97
Fotografías Autoría: Proceso de cotización de materiales y fabricación de prensa BTC.	98
Fotografías Autoría: Explicación sobre el BTC, selección del sitio y acuerdo a desarrollar el trabajo	99
Fotografía Autoría: Fabricación de Prensa BTC.	100
Fotografía Autoría: Proceso de elaboración del BTC.	101
CARTA COMPROMISO PRENSA METALICA BTC	102
Planos Máquina BTC.	103



1. INTRODUCCIÓN

Recientemente, la construcción se ha vuelto cada vez más sostenible y eficiente, buscando reducir el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida de las personas. Sin embargo, en algunas comunidades rurales, esto puede presentar un desafío, ya que la imposibilidad de transportar materiales al sitio debido a la mala infraestructura o el terreno accidentado, sumado, a la escasez de recursos, dificultan el acceso a una vivienda digna para las personas que allí habitan.

Este documento, busca darle visibilidad, a la utilización de bloques de tierra comprimida (BTC) en la construcción de viviendas, estos tienen el potencial de resolver algunas de estas limitantes, ya que los bloques de tierra comprimida son elementos de construcción hechos de una mezcla de tierra, que puede obtenerse del sitio donde se llevará a cabo la construcción, y otros materiales que varían en dependencia de la disponibilidad.

Los BTC se fabrican mediante compresión, a través de una prensa mecánica que se utiliza de forma manual para darle una mayor densidad y resistencia a una mezcla de tierra y otros materiales. Esta máquina tiene el potencial de ser una herramienta simple y económica, que permitirá a los constructores en





áreas rurales y de bajos recursos crear bloques de tierra comprimida de alta calidad con poco costo y sin la necesidad de maquinaria costosa adicional.

El BTC tiene el potencial de ser un material de construcción muy conveniente, debido al fácil acceso que se tiene a su material principal, que es la tierra. Al ser comprimido, se aumenta la resistencia y durabilidad de sus materiales base, lo que permite su uso en vivienda rural. Son considerados una forma sostenible y económica de construir, ya que utilizan materiales locales y no requieren de un alto consumo de energía para su fabricación.

Al visibilizar el proceso con el que se llevará a cabo la elaboración de la maquina y la fabricación de los bloques, se espera que sea posible su implementación en diversas áreas del país, específicamente comunidades rurales, esto facilitaría el acceso de la población a viviendas dignas, aún en lugares donde la dificultad el acceso o la falta de recursos económicos a ha causado dificultad en la obtención de materiales de calidad.

Con este documento aspiramos que sea tomado como una guía práctica para la elaboración de BTC y que se a una base para futuros estudios de resistencia y mejora de proporciones con pruebas de laboratorio.





2. JUSTIFICACIÓN

El déficit de la vivienda rural en Nicaragua cada vez es mayor principalmente por el incremento de costos de los materiales de construcción, el problema de malas prácticas constructivas, el poco uso de materiales alternativos bioclimáticos, con lleva a realizar una reflexión sobre la construcción en las zonas rurales de Nicaragua.



Ilustración 1-4 Foto: Casas con materiales plásticos y zinc, municipio San Juan de Oriente. Fuente: Propia autoría

¿Cómo llegaron estos materiales de construcción (piedras canteras, bloques, cemento, hierro, etc.) hasta este lugar? Es una de las tantas preguntas que uno se hace, cuando te ubicas en una comunidad lejana, donde la movilidad de las personas es dificultosa a pie o por medio de motos montañeras, camiones de doble tracción, quizás a caballo, mulas, carretas jaladas por bueyes, solo debemos ubicar un sitio y sabremos la complejidad para transportarse. Esta situación es una realidad que atraviesan muchas comunidades de Nicaragua, en estos sitios llevar los productos que se producen o se venden en las ciudades o pueblos, para su traslado a las comunidades se aplica un coste extra y los materiales de construcción no son la excepción.





Esta complejidad permite realizar una propuesta que pueda contribuir con la mejora de calidad de vida de las personas de las zonas rurales que habitan en viviendas improvisadas, con materiales que no son idóneos para una residencia. Estas son construcciones improvisadas, que llegan a perpetuarse en las generaciones familiares, por ello realizar este proyecto contribuye en aprovechar el mismo recurso natural con el que cuentan en sus propiedades

la tierra.

Esta será el elemento fundamental en la construcción de la vivienda, permitiendo aminorar los elevados costos de aplicación de los sistemas constructivos tradicionales por medio de la fabricación de los bloques de tierra comprimida BTC.

Al utilizar este sistema se abaratará el costo de inversión en la construcción, resolviendo la dificultad de adquirir los materiales de cerramiento tradicionales costosos, la facilidad para obtener el producto sin necesidad de comprar en otro sitio, únicamente cuando se utilice los materiales complementarios para el funcionamiento del sistema.





Estos bloques puedan fabricarse de dos maneras:

1. la forma tradicional que es través de moldes de madera y hechos a manos.
2. Por medio de la propuesta que se realiza en este trabajo monográfico, consistiendo en la fabricación de una prensa prototipo mecánica manual, que permitirá adquirir un bloque con mejor diseño, resistencia y producción y todo esto extraído de la propiedad del beneficiado.





3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Proponer el uso del bloque de tierra comprimida (BTC) como un sistema constructivo, mostrando su proceso de fabricación por medio del armado de una prensa metálica, con la finalidad de presentarlo como una alternativa real dentro de la construcción del modelo de vivienda en comunidades rurales de Nicaragua.

3.2. Objetivos Específicos

1. Diseñar la prensa metálica que se utilizará en la producción de los Bloques de tierra comprimida BTC.
2. Fabricar un prototipo de Bloque de tierra comprimida BTC que cuente con las propiedades mecánicas requeridas para su utilización dentro de un sistema de vivienda.
3. Exponer el proceso de elaboración de la prensa metálica y los ladrillos BTC, así como su factibilidad al fungir como un material alternativo para la construcción de vivienda en la comunidad de El Castillo N°1, San Juan de Oriente, Masaya.



4. ANTECEDENTES

4.1. Antecedentes nacionales.

Por 357 años, León, la primera capital de Nicaragua, estuvo enterrada bajo las cenizas y polvo frente al majestuoso volcán Momotombo, el mismo que provocó el abandono de sus pobladores en 1,610, después de más de un año de su violenta erupción de 1609.



Ilustración 5 - Foto: cortesía la Prensa

De aquella ciudad colonial,

cuyas ruinas fueron descubiertas en 1967, quedó en evidencia un elemento común de su arquitectura: la mayoría de sus casas fueron construidas de ladrillos de barro y adobe.¹



Ilustración 6 - imagen León Viejo, fuente de:

<https://www.facebook.com/figcoa/photos/a.1167182623361044/1167185186694121>

¹ <https://www.laprensani.com/2018/12/02/suplemento/la-prensa-domingo/2501803-galeria-ruinas-de-una-ciudad-leon-viejo>





La arquitecta Martha Julia Acevedo, tiene una opinión positiva sobre el uso del adobe en la construcción, ya que, a lo largo de su experiencia profesional, ha conocido diferentes sistemas tradicionales e industriales donde se utilizan bloques de cemento o mortero, método de construcción con madera, con acero, procesos constructivos con poroplast y sistemas que se construyen a base de materiales comprimidos como el Plycem y todos tienen sus ventajas y desventajas.

La arquitecta Acevedo afirmó que alrededor de la construcción con adobe hay demasiados mitos; que las construcciones se caen, que el terremoto, que el mal de Chagas.

Agregó que estos mitos hasta cierto punto se atribuyen al oportunismo de la industria, porque para el terremoto de 1972 Managua ya había tenido un terremoto en 1931, donde el 90 o quizás el 70 por ciento de las mejores casas eran de adobe y quizás había algunas de madera, a las que se las llevó el fuego, otras cayeron, pero otras quedaron en pie y de eso quedaron muchas evidencias.

“Yo personalmente vivía en una casa de taquezal y quedó en pie. En mi barrio, en el sector del palacio del ayuntamiento, cerca de donde hoy queda el Teatro





Nacional Rubén Darío, había tres esquinas que eran de adobe y eran casas que habían sobrevivido al terremoto de 1931 y al del 72. ¿Por qué esas casas existían? Esas casas existían porque estaban muy bien construidas, entonces puede haber un terremoto y ellas sobreviven, pueden tener daño, pero puede ser reparado y eran casas que no habían costado lo mismo que costó un edificio del palacio del ayuntamiento, que era otro sistema y que también se cayó», recordó la arquitecta.

Como experiencias positivas del uso de adobe en construcción de viviendas, la arquitecta Acevedo mencionó una escuela en Condega que entrena a jóvenes mujeres campesinas de la ciudad y el campo, para que puedan construir sus propias casas, las que están integradas en la Asociación de Mujeres Constructoras de Condega (AMCC), así como en El Salvador, con Fundasal, que tiene más de 25 años construyendo con adobe reforzado.²

Andrés Arturo Mendoza Espinoza, constructor y maestro de obras de Ciudad Antigua, Nueva Segovia, ha dirigido y construido casi 100 casas, de ellas 30 de adobe en todo el municipio y más allá, varias estilo casa-hacienda, con hasta 3 mil adobes. Sus 40 años de experiencia le permiten hablar con autoridad sobre este oficio.

² <https://ipnicaragua.com/construir-con-adobe-alternativa-barata-que-beneficia-al-medio-ambiente/>





Mendoza calcula que para construir una casa de tres habitaciones de 5×4 varas cada una, se necesitan 1,200 adobes y el tiempo requerido va en dependencia del terreno; si es plano o accidentado, la disponibilidad de los materiales, las dimensiones, la altura, el estilo del techo y la cantidad de ayudantes, entre otros.

Para el maestro de obras lo ideal es que se compre el adobe ya hecho y bien seco, preferible con un año de fabricado, con las medidas estándar de 10 pulgadas de ancho, 6 de alto y 15 de largo.



Ilustración 7-Construcción de casa de adobe en Jalapa

Fuente: Ethnographic photography

El presupuesto para levantar una casa de tres cuartos hoy en día, Andrés Arturo lo establece en 60 mil córdobas para material de construcción y 60 mil en mano de obra, para terminarse en un plazo 60 días.

Proyecto viviendas en San Rafael del Sur, elaboración del bloque de adobe con tierra.

Para el año 2017 HPHN realizará la construcción de 250 viviendas unifamiliares en el Municipio de San Rafael del Sur Comunidad de la Gallina.



A partir de enero del reciente año (2018) pretende arrancar con dicha obra; el propósito de esta es reconstruir las viviendas que se encuentran en mal estado y así ayudar a mejorar las condiciones de vida en las que se encuentran estas familias. Cada vivienda tiene un monto aproximado de \$3,500, en el proyecto participará la alcaldía de esta localidad como así también la ONG y (FUNDESONIC), según la planificación de este a finales del año 2017 dará por culminada la obra.³

“Del total de viviendas construidas, actualmente el 73% son de adobe, sobre todo

en Nueva Segovia, Estelí, Madrid y parte de Jinotega”, se concentran la mayor parte de viviendas construidas con este material según estudios realizadas por. (HPHN).



Ilustración 8 - Máquina industrial para elaborar BTC – Fuente: Bolsa de Noticias

³ <https://www.habitat.org/lac-es/quienes-somos/noticias/2011-06-3-gallina-esp>





El proyecto habitacional es un programa compartido, el aporte de las familias protagonistas es ayudar a la elaboración de los bloques y construcción de las viviendas. "El que haya aportado al proyecto con la elaboración de los ladrillos hace que cuide más mi vivienda, cuidándola con más amor," dice emocionada María Leonarda, otra ama de casa beneficiada.

Con este proyecto la idea de las autoridades de San Rafael del Sur es construir 200 viviendas de bloque de adobe, aprovechando que los pobladores de la comunidad de La Gallina son bendecidos con la tierra en donde vive.

Es posible hacer ladrillo de adobe con cualquier tipo de tierra, no se exige una mezcla precisa de arcilla y arena. Se secan al Sol y no llevan más que unos pocos días para quedar listos. La observación es necesaria, sin embargo, la calidad de los ladrillos (mayor o menor resistencia) van a resultar de la calidad de la tierra. El ideal para hacerse los ladrillos es el barro con 30% de arcilla en su composición.⁴

⁴ <http://www.bolsadenoticias.com.ni/2013/Septiembre/17/bloquera.html>





4.2. Antecedentes Internacionales

Casa Martha – México



Ilustraciones 9-11 -Fotografías Casa Martha - Fuente: ArchDaily México

Este proyecto está localizado entre Malinalco, un sitio arqueológico y turístico y Chalma, uno de los centros de peregrinaje más importantes de México. La vivienda fue diseñada por el despacho de Arquitectura Naso, nació a partir de la iniciativa reconstruir México, un movimiento que se enfocó en ayudar en el proceso de construcción de viviendas para las familias damnificadas en el terremoto de septiembre del 2017. Con ejemplos como el de casa Martha, se puede observar como la construcción con Bloques de tierra comprimida, siendo su bajo coste y su facilidad de acceso de materia prima, no está limitado a un contexto de vivienda estándar, pequeño tamaño o baja complejidad, sino que es posible producir obras arquitectónicas.



Ilustración 12-13 - Casa entre muros (tapial reforzado) Arquitectos: AL BORDE: David Barragán y Pascual Gangotena. Ubicación: Tumbaco, Quito, Ecuador Construcción: 2007 – 2008 Fuente: ArchDaily Chile



Ilustración 14-15 -Centre for Earth Architecture (adobe) Arquitecto: Kere Architecture Ubicación: Mali Construcción: 2008 Fuente:



5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. Tipo de investigación: universo/ muestra

El diseño metodológico se encarga de definir la organización de los procesos a desarrollarse dentro del proyecto, para llevarlo a cabo satisfactoriamente. Esta investigación se realizó usando la metodología experimental en la cual se identifica como variables independientes el tipo de suelo, tipo de arcilla y tipo de cemento, dichas variables son manipuladas para obtener la variable dependiente que es la resistencia a la compresión simple.

El universo de la investigación se centra en brindar un material asequible para la población de las comunidades rurales de San Juan de Oriente. Mediante la fabricación de bloques de tierra comprimida (BTC), aplicando criterios de “La arquitectura bioclimática que es la que se centra en el diseño y construcción de edificios tomando en cuenta las condiciones climáticas de la región o país en que se está construyendo, y se enfoca, además, en el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles (sol, vegetación, lluvia, viento) para disminuir en lo posible el impacto ambiental generado por la construcción y el consumo de energía.”⁵

⁵ <https://www.saint-gobain.com.mx/que-es-la-arquitectura-bioclimatica-y-por-que-es-tan-importante-para-saint-gobain>





5.2. Recopilación de información, análisis de los criterios y construcción del objeto de estudio.

En Nicaragua han existido varias iniciativas de la implementación de BTC, generalmente promovida por los gobiernos locales (alcaldías) a través de mecanismos de cooperación de países extranjeros. Como por ejemplo el de san Rafael del sur⁶ y San Juan del sur⁷.

Aunque muchos de los edificios siguen activos después de años de servicio, la promoción de este sistema no ha sido efectiva debido a la falta de respaldo académico de las instituciones creíbles inclusive y al terror sísmico de la población.

Tomando como modelo análogo una prensa mecánica utilizada en Colombia Cimba Ram, se ha construido una prensa para efectos de estudio, nuestro diseño está enfocado hacia la producción de ladrillos de ladrillos de BTC, aumentando mediante una máquina, su producción, mejorando la calidad, disminuyendo los costos de producción y haciendo el producto competitivo en comparación con el bloque hueco de cemento.

⁶ <http://www.bolsadenoticias.com.ni/2013/Septiembre/17/bloquera.html>

⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=vf4JkjQ0UNw&t=84s>





Para aminorar costos y que el sistema de bloques de tierra comprimida sea factible para las familias de áreas rurales con ingresos austeros, tiene que ser acompañada por una guía técnica de auto construcción.

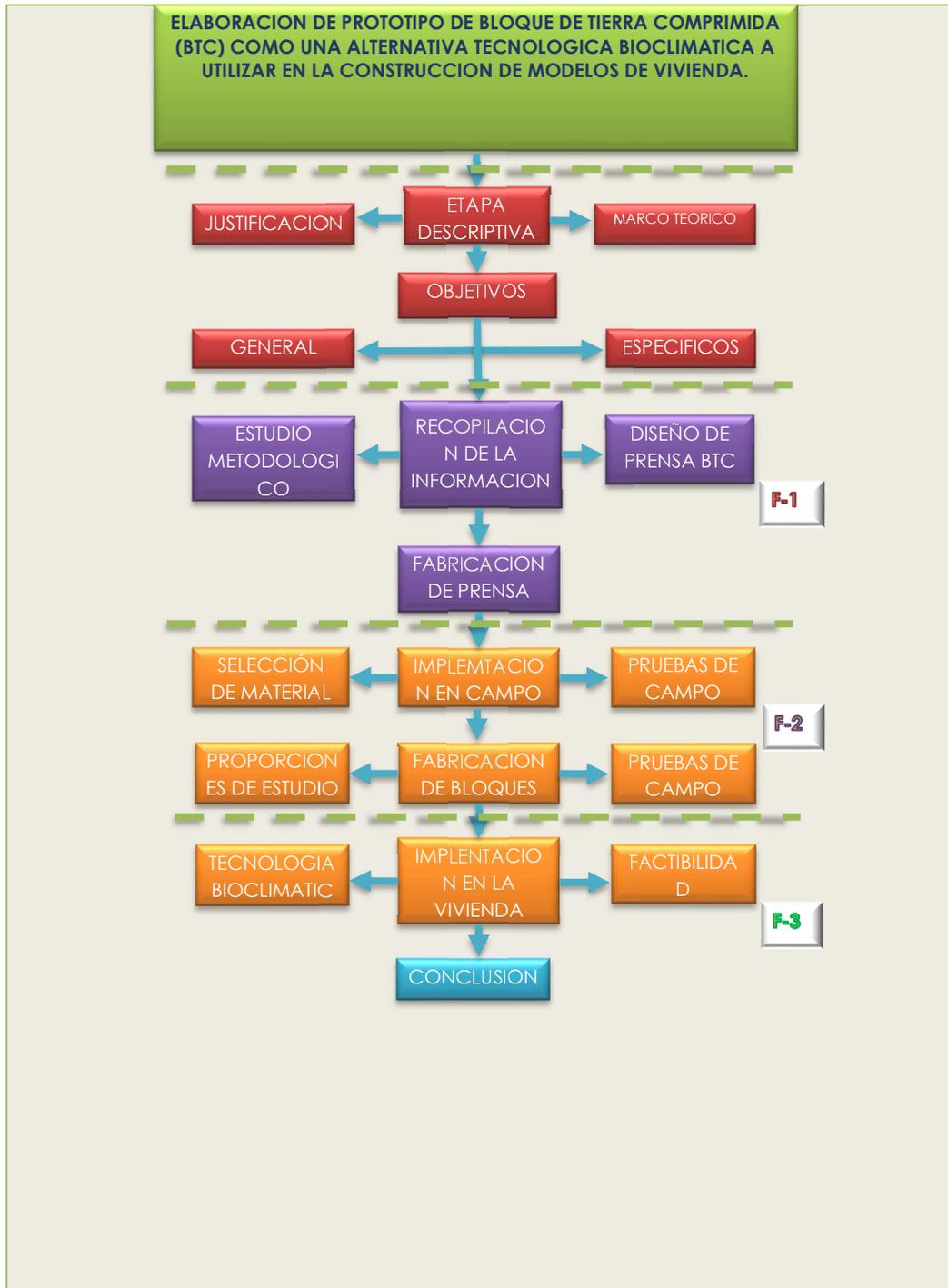
En Nicaragua podemos tomar como referencia “La cartilla popular de la autoconstrucción” del año 2002, un documento que nació del Sistema nacional para la prevención, mitigación y atención de desastres (SINAPRED), para hacer accesible a todos los sectores populares las normas elementales para construir de forma más segura y económica.

Otra referencia en menor jerarquía es la “Guía de asistencia técnica para la autoconstrucción de viviendas en madera” publicado por la organización internacional Hábitat para la humanidad.

Estos mecanismos apoyados por la asistencia técnica de las instituciones de educación superior, de las carreras de ingeniería y arquitectura mediante prácticas profesionales pueden hacer del BTC una alternativa económica y confiable para las áreas desfavorecidas ya sea geográficamente, económicamente.



5.3. Esquema Metodológico.





5.4. Cuadro de Certitud Metodológica.

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO ESPECIFICO	INFORMACION	HERRAMIENTAS	INTERPRETACION	RESULTADOS
Proponer el uso del bloque de tierra comprimida (BTC) como un sistema constructivo, mostrando su proceso de fabricación por medio del armado de una prensa metálica, con la finalidad de presentarlo como una alternativa real dentro de la construcción del modelo de vivienda en comunidades rurales de Nicaragua.	Diseñar la prensa metálica que se utilizará en la producción de los Bloques de tierra comprimida BTC.	Referencias con casos similares, referencias bibliográficas.	Método de observación, Planos arquitectónicos, videos tutoriales, Método de modelación.	Propuesta de Maquina, mejoramiento de Prensa Metálica.	Fabricación de Prensa metálica, ajustada para dos tipos de bloques Btc sólido y hueco.
	Fabricar un prototipo de Bloque de tierra comprimida BTC que cuente con las propiedades mecánicas requeridas para su utilización dentro de un sistema de vivienda.	Referencias con casos similares, referencias bibliográficas. Estudio de sitio, propuesta de bloque prototipo.	Entrevistas verbales, Técnica de Campo y observación. Normativas, reglamentos, artículos, videos, tablas comparativas. Maquina prensa mecánica metálica.	Tipos de materiales, Dosificaciones, con esto se logró encontrar una variedad de mezclas para proponer un prototipo adecuado de bloque.	Fabricación de bloque con dimensiones de 10x15x30cm bloque BTC compuesto por tierra, cemento o cal y arena.
	Exponer el proceso de elaboración de la prensa metálica y los ladrillos BTC, así como su factibilidad al fungir como un material alternativo para la construcción de vivienda en la comunidad de El Castillo N°1, San Juan de Oriente, Masaya	Máquina de Prensa Metálica para fabricar bloques, Prototipo de bloque sólido y hueco de dimensiones de 10x15x30 cm. Tipo de materiales metálicos, tipo de tierra y agregados.	Materia prima, Precios de materiales, formulación de costes.	Los costos de fabricación permiten encontrar una alternativa de utilización del bloque.	Fabricar la maquina y los bloques, tienen un coste más económico que los sistemas convencionales.

Tabla 1 - Cuadro de certitud metódica, Fuente: Propia autoría





CAPITULO II

CAPITULO II

6. MARCO TEÓRICO

Con el propósito de ir construyendo el proyecto monográfico, es necesario conocer los conceptos, teorías, experiencias para consolidar la estructura de investigación y poder dar respuesta a los objetivos específicos que se plantean, abordando la construcción en términos del uso del BTC y lo que se pretende realizar con el proyecto: **Elaboración del prototipo de bloques de tierra comprimida BTC, como una alternativa tecnológica bioclimática a utilizar en la construcción de modelos de vivienda.**



6.1. Marco Conceptual

Conceptos Generales

Tierra:

La Real Academia Española lo define como “Material desmenuzable de que principalmente se compone el suelo natural”.



Imagen ilustrativa

Suelo:



Imagen ilustrativa

Algunos ingenieros Civiles definen al suelo como una combinación de partículas minerales, resultado de la descomposición y fragmentación de rocas preexistentes, para este estudio será después de la

capa fértil 40 cm.

Bloque:

La Real Academia Española lo define como “Trozo grande de un material compacto” para este estudio será ubicado en esta categoría el Bloque BTC.

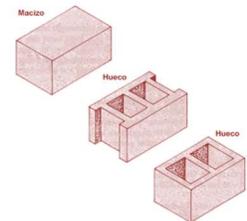


Imagen ilustrativa





Compresión:

Presión a que está sometido un cuerpo por la acción de fuerzas opuestas que tienden a disminuir su volumen, esto será aplicado a la fuerza que se ejercerá a los materiales que se unirán por medio de compresión.

Agregados:

Los agregados, compuestos de materiales geológicos tales como, la piedra, la arena y la grava, se utilizan virtualmente en todas las formas de construcción. Se pueden aprovechar en su estado natural o bien triturarse y convertirse en fragmentos más pequeños, esto permitirá mejorar el bloque que se pretende elaborar.

Cemento:

La palabra cemento se deriva del latín *cementum* que significa argamasa. Se



entiende por cemento, al producto resultante de la calcinación de una mezcla homogénea de caliza y toba, que posteriormente es pulverizada.

Imagen ilustrativa





Adobe:

Masa de barro y paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol, utilizada en la construcción.



Imagen ilustrativa

Suelo estabilizado:



Imagen ilustrativa

Se define como suelo estabilizado in situ la mezcla homogénea y uniforme de un suelo con un conglomerante, del tipo cal o cemento, y eventualmente agua, con el objetivo de disminuir su plasticidad y susceptibilidad al agua o aumentar su resistencia, y que convenientemente compactada.

Compactación:

Es un proceso de la disminución o minimización de espacios vacíos por medio de la acción mecánica de los equipos de compactación. Durante este proceso se pueden mejorar las características



Imagen ilustrativa

del suelo, con un aumento simultáneo de densidad. Por lo que con la compactación de un suelo se busca:



Mayor capacidad de carga: Al compactar un suelo se obtiene mayor densidad del mismo, debido a lo anterior se obtiene una mejor distribución de fuerzas que actúan directamente sobre el suelo como consecuencia de la carga que transmite la carga, lo que nos da una mayor capacidad de carga.

Mayor estabilidad. Al construirse alguna edificación sobre un suelo sin compactar o compactado en forma desigual, el suelo por la acción de la carga se asienta en forma desigual, lo cual ocasionara grietas en la estructura, y en un momento dado la inestabilidad de la construcción.

La contracción del suelo:



Imagen ilustrativa

El conocer el límite de contracción lineal nos permite tener una idea del comportamiento que puede tener el suelo durante el proceso de secado. Ya que una característica indeseable de los suelos es su predisposición por manifestar cambios volumétricos, particularmente expansión y contracciones, que suelen provocar agrietamientos y fisuras.



Arquitectura de tierra:

Mezclas con tierra, la arcilla, la marga (Roca sedimentaria compuesta de arcilla y caliza) utilizadas para construir edificios, que ha pasado a formar parte de un elemento poco visible en la arquitectura moderna actual.



Imagen ilustrativa

Resistencia a la compresión:

Se considera para este estudio la capacidad del material bloque BTC para resistir a las fuerzas que intentan comprimirlo o apretarlo. El esfuerzo de compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen o un acortamiento en determinada dirección. En general,



Imagen ilustrativa

cuando se somete un material a un conjunto de fuerzas se produce tanto flexión como cizallamiento o torsión, todos estos esfuerzos conllevan la aparición de tensiones tanto de tracción como de compresión.



Material térmico:

La tierra es un regulador natural de la temperatura. Por lo cual al utilizar este tipo de ladrillos regulamos de forma natural el ambiente del proyecto.

Los bloques de tierra compacta no están cocidos (al igual que el adobe), de esta forma se asegura que los bloques conserven sus propiedades únicas de regulación de humedad y acumulación de calor.

Un muro construido con bloques BTC absorbe la humedad cuando el tiempo es húmedo y la libera cuando el aire es seco, de esta forma también podemos decir que estos ladrillos son termodinámicos.

Los muros de tierra comprimida pueden almacenar el calor y luego liberarlo para evitar los cambios de temperatura, en este aspecto su comportamiento es muy similar al del adobe.

Sistema de cerramiento:

Para este estudio se propone el uso del bloque de tierra comprimida mejorado como un material alternativo para construir muros como cerramiento en el modelo de vivienda.

Los muros son construidos con diferentes materiales que se pegan generalmente con una mezcla de mortero tierra, cemento-arena en hiladas

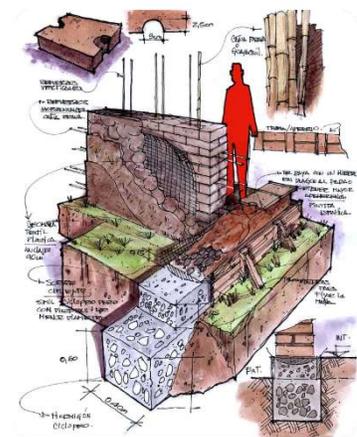


Imagen ilustrativa





horizontales, utilizando elementos verticales de concreto y horizontales para una mejor estabilización.

Arquitectura bioclimática:

“la arquitectura bioclimática es aquella capaz de utilizar y optimizar los recursos naturales para su aprovechamiento en la mejora de las condiciones de habitabilidad, entendiendo la actividad arquitectónica como una filosofía o conjunto de pensamientos organizados que tienen como objetivo la integración del objeto arquitectónico en su entorno natural.” (Nieva, 2014, pág. 1) enfoque de este trabajo monográfico, la mejora de condiciones de habitabilidad y armonía con el medio ambiente.

Composición y eficiencia energética del BTC:

composición (En cada caso, es necesario realizar un análisis de las tierras que se utilizarán en la mezcla, estudiando la proporción y características de las arenas, arcillas y demás componentes, para obtener el mejor comportamiento en cuanto a resistencia a la compresión, cohesión y durabilidad del material de tierra) y si es necesario, estabilizarla con cal o cemento.





Definiciones De BTC y afines

Bloque de tierra comprimida (BTC):

El Bloque de Tierra Comprimida o BTC es un mampuesto fabricado mediante la compresión de tierra alojada dentro de un molde, mediante el empleo de prensas de accionamiento manual o hidráulico y compresión vertical. Si bien el material base para estos bloques lo constituye la tierra, a la misma se le pueden adicionar estabilizantes naturales o minerales (cal o cemento) con el fin de mejorar las propiedades físicas de los bloques resultantes, particularmente su resistencia y durabilidad. Generalmente se utiliza en sustitución del ladrillo convencional para la construcción de muros de carga, de cerramiento o muros acumuladores de calor.

Formas y dimensiones de los (BTC):

En vista de que las dimensiones de los adobes son variadas, solo es conveniente dictar sobre este tema algunas recomendaciones de carácter general.

La longitud no debe ser mayor que el doble de su ancho más el espesor de una junta de pega. Tanto la longitud como el ancho tendrán una dimensión máxima de 40 cm.





La altura no debe ser mayor a 14 cm en lo posible. La relación entre la longitud y la altura debe ser aproximadamente de 4 a 1 para permitir un traslape horizontal en proporción de 2 a 1, lo cual brinda seguridad ante el efecto de corte producido por los sismos.⁸

Definición de cal (cal hidratada):

Comencemos por señalar que la cal se obtiene de la piedra caliza, esta roca se tritura para conseguir piedras más pequeñas las cuales se queman a 1100 grados para obtener: cal viva, Óxido de calcio y CaO . A la cal viva se le agrega agua para generar: cal hidratada, Hidróxido de calcio y Ca (OH)_2 .

La cal hidratada es conocida también como hidróxido de calcio, hidrato de cal, cal apagada, cal muerta, cal de construcción, cal química, cal fina, cal de albañilería, flor de cal o dihidróxido de calcio. Ésta debe recibir una cantidad estrictamente necesaria de agua, obteniéndose un hidróxido que se muele finamente.

Moldeo:

El moldeo puede ser el tradicional, utilizando moldes sin fondo y vaciando la mezcla en el molde directamente sobre el tendal, o también utilizando moldes

8

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17000/ELABORACION%20DE%20BLOQUE%20DE%20TIERRA.pdf?sequence=1>, pag 28.





con fondo, que permite producir adobes más uniformes, más resistentes y de mejor presentación.

Prensa manual BTC:

Consta de un molde cuya parte superior es móvil y se acciona con una palanca, El peso total de la prensa es de 65 kg, la presión lograda es de 5 kg/cm² y se obtiene una compresión de 2800 kg/cm². se calcula que con esta prensa y tres personas trabajando en tratamiento, mezcla y moldeado se puede obtener en un día un promedio de 200 bloques; este rendimiento se puede mejorar curando se cuenta con una mezcladora mecánica siempre y cuando se tenga cantidad suficiente de suelo mezclado

Máquina de tipo CINVA – RAM:



Imagen ilustrativa

Uno de los prototipos de la máquina que se emplea para llevar a cabo la fabricación de los adobes artesanales recibe el nombre de Cinva Ram a partir del centro de investigaciones donde se llevó a cabo

inicialmente el desarrollo de bloques de tierra comprimida en la década de 1950 (Centro Interamericano de Vivienda, CINVA) y también por el apellido del desarrollador Raúl Ramírez.





Eficiencia energética con ladrillos BTC:

Este material ha demostrado ser eficiente energéticamente, ya que se ahorra energía porque los muros elaborados con estos bloques son capaces de almacenar energía solar, para luego liberarla en forma de calor radiado cuando la temperatura cae. Esta eficiencia energética se puede aumentar aún más utilizando un aislamiento exterior o recubrimiento del mismo material del que se elaboran estos bloques (arcilla). De esta forma el proyecto estará caliente en invierno y fresco en verano.

Sumando a los puntos mencionados anteriormente, la elaboración de estos bloques también es amigable con el medio ambiente, ya que proceso de fabricación es a través de un prensado mecánico.

A diferencia de los ladrillos tradicionales que se elaboran mediante cocción en hornos, los cuales consumen combustibles fósiles y generan una gran emisión de gases contaminantes como el CO₂.

¿Qué función cumplen los agujeros o huecos?

Los agujeros que poseen nuestros ladrillos cumplen varias funciones, algunas de ellas son: permiten que las instalaciones eléctricas y sanitarias sean introducidas dentro (evitando la rotura de pared para realizarlas), cumplen una





función termoacústica y permiten una mejor distribución de los puntos de apoyo (pilares). Además, hace que el bloque sea más ligero y reduzca volumen de agregados.

6.2. Marco Legal.

Al establecer una estructura conceptual en la propuesta a desarrollar “ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA (BTC) COMO UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA BIOCLIMÁTICA A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCION DE MODELOS DE VIVIENDA” se acude a la recopilación de leyes, normas, reglamentos, decretos, acuerdos, resoluciones y normas técnicas esenciales que logren darle validez al trabajo monográfico realizado.

- CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE NICARAGUA Aprobada el 21 de enero de 1948. Publicada en La Gaceta, Diario Oficial N°. 16 del 22 de enero de 1948, arto 60 y 64. Los habitantes de este país tienen derecho a una vivienda digna y habitar en un ambiente saludable.
- Ley no. 819 ley de reforma a la ley n°. 677, “ley especial para el fomento de la construcción de vivienda y de acceso a la vivienda de interés social”
- VIVIENDA Y DESARROLLOS HABITACIONALES NORMA TÉCNICA NTON 12 012-20, aprobada el 28 de septiembre de 2021. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial N°. 218 del 25 de noviembre de 2021.





Debido a que no existe una ley o reglamentación aprobada para el uso del bloque se utilizara la tabla de normas o estudios realizados por otros países.⁹

Cuadro de normativas.

Pais	Norma/Reglamento	ORG	REF	EST	Adobe BTC	Tapial	Notas
Brasil	NBR 8491, 1986.	ABNT	7	x	x	x	BTC estabilizado con cemento especifica, métodos de ensayo.
	NBR 8492, 1986.		8				
	NBR 10832, 1989		9				
	NBR 10833, 1989		10				
	NBR 10834, 1994.		11				
	NBR 10835, 1994		12				
	NBR 10836, 1994		13				
	NBR 12023, 1992		14				
	NBR 12024, 1992		15				
	NBR 12025, 1990		16				
	NBR 13554, 1996		17				
	NBR 13555, 1996		18				
	NBR 13553, 1996		19				
	Colombia		NTC 5324, 2004				
EEUU	NMAC, 14.7.4, 2004	CID	21		x	x	Reglam. Estatal de Nuevo México.
	ASTM E2392 M-10	ASTM	22		x	x	
España	UNE 41410:2008	AENOR	23			x	Primera norma Europea
Francia	XP P13-901, 2001	AFNOR	24			x	Norma experimental
India	IS 2110 : 1980	BIS	25	x			Paredes de suelo-cemento
	IS 1725 : 1982.	BIS	26	x		x	
	IS 13827 : 1993	BIS	27		x	x	Directrices resistencia a terremotos
Italia	Ley nº 378, 2004		28		x	x	Leyes para la conservación del patrimonio de tierra
	L.R. 2/06 2 2006		29				
Kenya	KS 02-1070: 1999.	KEBS	30	x		x	
Nigeria	NIS 369:1997.	SON	31	x		x	
	NZS 4297, 1998.		32				
	NZS 4298, 1998.	SNZ	33		x	x	
	NZS 4299, 1999.		34				
Perú	NTE E 0.80, 2000	SENCICO	35			x	
	NTP 331.201, 1979	INDECOPI	36	x	x		
	NTP 331.202, 1979.		37				
	NTP 331.203, 1979.		38				
Regional África	ARS 670, 1996	ARSO	39			x	
	ARS 671, 1996		40				
	ARS 672, 1996		41				
	ARS 673, 1996		42				
	ARS 674, 1996		43				
	ARS 675, 1996		44				
	ARS 676, 1996		45				
	ARS 677, 1996		46				
	ARS 678, 1996		47				
	ARS 679, 1996		48				
	ARS 680, 1996		49				
	ARS 681, 1996		50				
	ARS 682, 1996		51				
	ARS 683, 1996		52				
Sri Lanka	SLS 1382-1:2009	SLSI	53	x		x	Bloques de suelo comprimido estabilizados
	SLS 1382-2:2009		54				
	SLS 1382-3:2009		55				
Túnez	NT 21.33:1996	INNORPI	56			x	En francés
	NT 21.35:1996		57				En francés
Turquía	TS 537, 1985.	TSE	58	x			En turco
	TS 2514, 1985.		59		x		
	TS 2515, 1985.		60				
Zimbabue	SAZS 724, 2001.	SAZ	61			x	

Año	País	Norma	REF	
1979	Perú	NTP 331.201,331.202,331.203	36-38	
1980	India	IS 2110	25	
1982	India	IS 1725	26	
1985	Turquía	TS 537, TS 2514, TS 2515	58-60	
1986	Brasil	NBR 8491, 8492	7-8	
1989	Brasil	NBR 10832,10833	9-10	
1990	Brasil	NBR 12025	16	
1992	Brasil	NBR 12023,12024	14-15	
1993	India	IS 13827 : 1993	27	
1994	Brasil	NBR 10834,10835,10836	11-13	
		NBR 13554,13555,13553		
1996	Regional África	ARS 670-683	39-52	
		NT 21.33, 21.35		
1997	Nigeria	NIS 369	31	
1998	Nueva Zelanda	NZS 4297, 4298	32-33	
1999	Nueva Zelanda	NZS 4299	34	
		Kenya		KS 02-1070
2000	Perú	NTE E 0.80	35	
2001	Francia	XP P13-901	24	
		Zimbabue		SAZS 724
2004	Colombia	NTC 5324	20	
		EEUU		NMAC, 14.7.4
		Italia		Ley nº 378, 2004
2006	Italia	L.R. 2/06	29	
2008	España	UNE 41410	23	
2009	Sri Lanka	SLS 1382-1, 1382-2, 1382-3,	53-55	
2010	EEUU	ASTM E2392 M-10	61	

Tablas 2-3 - Cuadro de normativas.

⁹ J. Cid, F. R. Mazarrón, I. Cañas(*), Las normativas de construcción con tierra en el mundo.





6.3. Marco de Referencia.

6.3.1. Macro localización, Masaya Departamento.

Ley 59 Ley Política Administrativa y sus Reformas (221, 332, 417) 1989, 1996, 2000, 2002. • Cap. II, Arto. 6. Determina que el territorio nacional se divide en dos regiones autónomas, quince departamentos y ciento cincuenta y dos municipios; que el Departamento de Masaya está integrado por nueve municipios con cabeceras del mismo nombre, ellos son La Concepción, Nindirí, Tisma, Masatepe, Nandasmo, Catarina, Niquinohomo, San Juan de Oriente y Masaya, esta última como cabecera departamental.

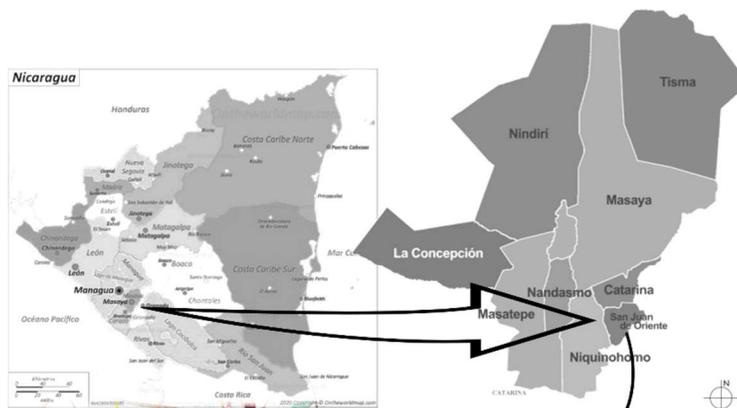


Ilustración 16 Mapa Nicaragua y Depto. Masaya. Fuente: Google Maps

En 1751 el Obispo Pedro Agustín Morel de Santa Cruz en su visita apostólica por todo el territorio nacional, describió las ciudades que se

encontró a su paso, entre ellas Masatepe, Nandasmo, Niquinohomo, **San Juan de Oriente** y Catarina. El arquitecto Lorenzo Guerrero Mora llamó a estos poblados “Pueblos blancos”, Jaime Incer por su parte, los llamó “Pueblos brujos”, todos ellos son relativamente pequeños y se encuentran ubicados en un tramo de 20 kilómetros entre el volcán Mombacho y Jinotepe. Antiguamente eran conocidos como pueblos “Namotivas”, que en náhuatl significa “vecinos o hermanos”. El título de Pueblos blancos se explica en el hecho de que





tradicionalmente, en estas poblaciones perdura la típica construcción de adobe con paredes pintadas de blanco y puertas y ventanas coloridas con un estilo de evidente influencia andaluza. Éstas no han sido rehabilitadas, aunque poco a poco van siendo sustituidas por las construcciones modernas (ver Echanove y Rabella, 2005).

El Departamento de Masaya se encuentra en la región Centro - Pacífico de Nicaragua, entre el lago de Managua, Xolotlán y el lago Nicaragua, Cocibolca.

Está delimitado al Noroeste por el Departamento de Managua, al Sureste el de Granada y al Suroeste Carazo. (AMUDEMÁS, 2009)

6.3.2. Micro localización y ubicación del sitio.

En el municipio de San Juan de Oriente, según censo poblacional realizado por parte de las instituciones de la Municipalidad, Alcaldía, MINSA y otras instituciones, cuenta con una población para el 2016 de 7,456 habitantes aproximadamente.

su densidad poblacional es de 262 Hab/km². El 46 % de la población del municipio es urbana que representa en habitantes 3,429 y la población Rural el 54 % que representa a 4,027 habitantes de las Comarcas y comunidades;





también se compara con datos recopilados por Censo realizado por la Oficina del Registro Civil, con el siguiente dato de habitantes con 7,456.

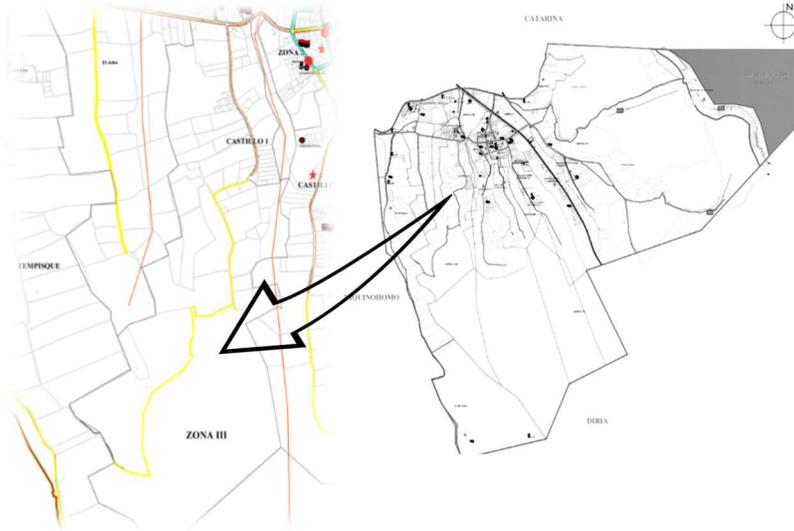


Ilustración 17 - Mapa Municipio San Juan de Oriente y el Sitio Castillo No. 1 Fuente: Google Maps

El municipio de San Juan de Oriente se encuentra en el departamento de Masaya, está ubicado entre las coordenadas 11°54' latitud norte y 86°04' longitud oeste a 41 Km de la ciudad de Managua, y su altura aproximada sobre el nivel del mar es de 495.16 msnm, además posee como extensión territorial un área de 13.8 Km².

Este municipio limita al norte con el municipio de Catarina, al sur con el municipio de Diriá, al este con la Laguna de Apoyo y al oeste con el municipio de Niquinohomo (Instituto Nicaraguense de Fomento Municipal, 2003).



Localidades.

El número de localidades en el municipio de San Juan de Oriente se subdividen en dos tipos de localidades: localidades urbanas y localidades rurales. Entre las localidades urbanas se encuentra la zona 1, zona 2, y zona 3, y entre las localidades rurales se ubican las comunidades: El Castillo No. 1, El Tempisque, y Buena Vista (Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal, 2003) actualmente ha crecido su división política agregándose; rurales Castillo No. 2, Los López, Plan de la Laguna, El mamey, Garnacha, Plan de la Laguna El Corozo, semi urbano; Repto David Salazar y Repto. Luis Fernando Carballo, Bo. Buena Vista.¹⁰

El municipio se caracteriza por la concentración de talleres artesanales dedicados a la elaboración de alfarería en barro y sus productos se exhiben y comercializan en los talleres locales, en mercados de Managua, Catarina y Masaya principalmente.¹¹

Selección del sitio.

La comunidad como objeto de estudio para la implantación de fabricar los bloques BTC para la vivienda rural, se escogió un tipo de suelo ubicado en el sector del castillo N°1 en el Municipio de San Juan de Oriente con coordenadas Norte: 4°45'23". Oeste: 75°36'39", ubicada a dos kilómetros del centro urbano

¹⁰ Alcaldía municipal de San Juan de Oriente, Caracterización Socio-Económica 2013-2017

¹¹ [Interno-zona-sur.pdf \(aacid.org.ni\)](#)





San Juan de Oriente, teniendo conocimiento previo de que en el sitio hay presencia de suelo limo – arcilloso ideal para la fabricación de los bloques.

Al plantear la propuesta de estudio sobre la fabricación del bloque BTC y explicarle el proceso de elaboración se logró un acuerdo con La familia Nororis Meléndez,¹² ellos son artesanos, se dedican a la elaboración de cerámica de barro cocido, su mismo terreno les permite extraer la materia prima, al conocer más sobre el tema ellos se interesan en aplicar esta alternativa, teniendo en cuenta que la tierra de su propiedad es ideal para la fabricación del ladrillo, ellos a igual que otras familias, están muy interesadas en los resultados del estudio de bloques BTC, al demostrarse como una alternativa que homologa las normas constructivas para utilizarse como bloque estructural sería una alternativa económica para mejoras o realizar ampliaciones en sus hogares o nueva construcción completa de su hogar.

6.3.3. Características físico naturales

Tipo de suelo

Suelos Mollisoles de sedimentos minerales: se localizan en la zona central del Municipio de Nandasmo, en el sureste de Masatepe y en su totalidad en los municipios de Niquinohomo, San Juan de Oriente y Catarina. Estos suelos son

¹² Carta de aprobación anexo en el documento.





aptos para cultivos como el algodón, ajonjolí, maní, maíz, sorgo, arroz y caña de azúcar. En condiciones especiales son aptos para bosque de protección, conservación y explotación, así como para la agroforestería. Usos potenciales o adecuados de los suelos Los suelos de la Zona Sur como los del resto del departamento provienen de erupciones volcánicas. A continuación, se analizan los usos recomendados para los municipios de La Concepción, Masatepe, Nandasmo, Niquinohomo, San Juan de Oriente y Catarina.

Geomorfología

El municipio de San Juan de Oriente se encuentra en la zona sur del departamento, localizada sobre la formación geológica Las Sierras, con relieve abrupto, surcado por arroyos que drenan hacia la laguna de Masaya y su punto culminante es el volcán Masaya (Aragon, y otros, 2009).

Topografía

Con pendientes de 4% a 15%. Presenta un relieve muy variable y con fuertes elevaciones, con una red de arroyos que drenan hacia la laguna de Masaya, lago Cocibolca y hacia el municipio de Ticuantepe (Aragon, y otros, 2009).





Suelos específico Serie Niquinohomo

La Serie Niquinohomo es un suelo franco arcilloso se encuentra en pendientes del 8 al 15%, se indica que los suelos con serie IV poseen severas limitantes que restringen el uso de los cultivos; requieren prácticas de conservación y de manejo de mucho cuidado o ambos.

El escurrimiento superficial es rápido y la mayoría de los suelos han perdido parte del suelo superficial por erosión, las profundidades del suelo varían de 25 a 90 centímetros, debido a las gradientes de las pendientes, el riesgo de erosión es demasiado alto para cultivos anuales de surco.

Las comunidades que presentan este tipo de suelo son: **El Castillo**, Buena Vista, El Guapinol, Pica Pica, entre otras.

6.3.4. Amenazas Geológicas

Peligro sísmico:

De acuerdo al Estudio Geológico y Reconocimiento de la Amenaza Geológica realizado por INETER, la zona sur del departamento, en la cual se ubica el municipio de San Juan de Oriente, está expuesta a peligro sísmico muy alto y a peligro volcánico bajo, ya que se asienta sobre la Caldera Carazo. Esto significa que debajo de la superficie del municipio, existe un sistema muy





inestable de bloques tectónicos, el cual está todavía en etapa de desarrollo y presenta fallas geológicas.

El peligro sísmico es causado por la actividad en los márgenes de las calderas del sistema volcánico Masaya, pero además existen otros peligros generados por otros procesos como erosión superficial, erosión subterránea, la cual genera cavernas bajo el terreno, provocando con frecuencia el hundimiento del mismo, en este caso las edificaciones sobre estos suelos pueden presentar hundimientos por fisuras e inestabilidad de sus cimientos.

Además de esto, existen otras amenazas tales como: flujos de lodo, avalanchas de predisposición tectónica y sísmica, deslizamientos, inundaciones y la acumulación de nuevos conos fluviales (Aragon, y otros, 2009).

Peligro volcánico:

a) Sistema volcánico Masaya: Presenta un alto potencial de amenaza volcánica de tipo explosiva. Una fuerte actividad afectaría el territorio urbano y rural del municipio.





b) Estrato Volcán Apoyo: Frecuentes enjambres sísmicos someros se producen en los bordes de su caldera y son una potencial amenaza volcánica.¹³

¹³ [Resistencia al esfuerzo cortante de los suelos del municipio de San Juan de oriente \(Masaya\). \(unan.edu.ni\)](http://unan.edu.ni)





CAPITULO III

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DEL PROYECTO

A continuación, se describen las fases de trabajo realizadas para llevar a cabo el proyecto, durante ellas se determina para la elaboración la máquina, la producción de los BTC, el suelo a utilizar, los porcentajes de aditivos a aplicar al suelo, así como las variables relevantes en su proceso de fabricación, como son la humedad de compactación y el tiempo de secado.



7. PRIMERA FASE - DISEÑO DE LA PRENSA MECANICA QUE SE UTILIZARÁ EN LA PRODUCCIÓN DE LOS BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA BTC.

La elaboración mecánica de bloques de tierra comprimida, se logra mediante una prensa que permite la compresión elevada de la mezcla en un molde. Este sistema hace alcanzar una solidez casi tan alta como los bloques de hormigón.

Modelo de Prensa Metálica.

La máquina manual cinva ram fue desarrollada por la cinva en Bogotá, consta de un molde cuya parte superior es móvil y se acciona con una palanca, el peso total de la presa es de 65 kg, la presión lograda es de 5kg/cm² y se obtiene una compresión de 2.800 kg/cm².

La máquina elaborada para este proyecto está basada ligeramente en la Cinva Ram, pero ha sido diseñada para adaptarse a la disponibilidad de materiales y a los objetivos de este estudio, sin embargo, la referencia fue extraída de un video tutorial desde YouTube, encontrándose los elementos que componen la máquina.¹⁴

¹⁴ [Prensa manual para BTC \(Ensamble y funcionamiento\) - YouTube](#)





Descripción de la maquina diseñada y construida para el taller monográfico.

La prensa está construida en su mayoría de lámina metálica de 3/8" y 1/2" de espesor de acero ASTM A36, esto es requerido para que las paredes del molde soporten la fatiga mecánica de la compresión de la tierra. La soldadura a utilizar para este modelo, será soldadura de filete y se ha seleccionado un electrodo de penetración E-6011 de Ø3/12", para evitar fracturas prematuras durante los ejercicios, para efectos de un mejor acabado se recomienda aplicar un segundo cordón de soldadura con electrodo de relleno que podrían ser el E-6013 o E-7018, siempre se recomienda utilizar electrodo de Ø3/32" para disminuir el amperaje de aplicación, esto a su vez se traduce en menor temperatura, lo que previene la deformación de las piezas por calor.

La máquina está compuesta de 3 partes principales, la cámara de compactación, el sistema de compresión y el sistema de apalancamiento que tiene el objetivo principal de multiplicación de la fuerza.



7.1. Caja de Compactación

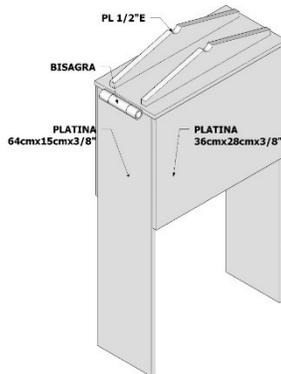


Ilustración 18 - Diseño Caja de compactación prensa BTC - Fuente: Propia autoría

Compuesta por 4 paredes de lámina de 3/8" y una tapa abatible de lámina de 1/2" de espesor. Sobre la tapa están soldadas 2 platinas de 1/2" con una muesca de $\varnothing 1\ 1/2$ " donde se soporta el eje de la palanca de barra solida de acero de $\varnothing 1\ 1/2$ ".

La función de la caja de compactación será soportar la presión ejercida un volumen de tierra mayor, al volumen final del ladrillo que contará con la resistencia mecánica necesaria para la construcción.



Ilustración 7-19 -Caja metálica BTC construida Fuente: Propia autoría

Lo más importante en la fabricación de la caja es que quede completamente ortogonal, ya que esto permitirá un buen desplazamiento del pistón sobre la recámara.

Los espesores de las láminas de las cajas se seleccionaron de manera análoga de modelos existentes, láminas de menor espesor tienen a deformarse por la fatiga mecánica ejercida durante el apalancamiento de la tierra dentro de la caja.

7.2. Sistema de compresión

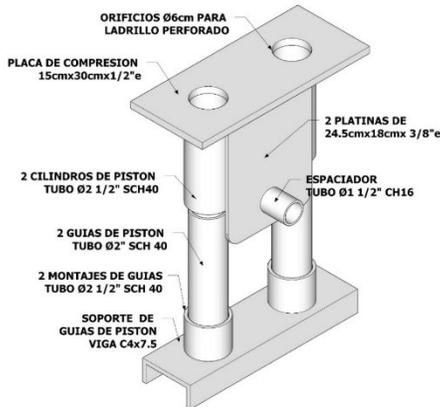


Ilustración 20 -Diseño sistema compresión, fuente: Propia autoría

El sistema de compresión, está compuesto básicamente por un soporte, 2 guías y el pistón. El soporte este fabricado de una viga C4X7.25, que sirve de fijar el montaje y cargar las guías del pistón.

Los montajes de las guías del pistón son dos tubos de acero Ø2 ½"x6cm sch 40, que tiene la función de evitar que las guías se muevan durante el recorrido del pistón.

Las guías del pistón son 2 tubos de Ø2"x25.7cm sch 40 que mantienen estable el recorrido de los cilindros del punto inferior hasta el punto superior.

En las guías se monta el pistón de compresión, el cual se compone de 2 cilindros de tubo de Ø2 ½"x17.7cm, 1 placa de compresión de 15cmx30cmx1/2", que será la base de nuestro ladrillo y dos platinas de amarre de 24.5cmx18cmx3/8" soldadas a los cilindros y a la placa de compresión para formar el conjunto pistón.



Ilustración 21 -Proceso de Fabricación del Pistón, Fuente: Propia autoría

Las placas de amarre cuentan con un orificio de $\varnothing 1 \frac{1}{2}$ ", por donde pasará el eje del brazo que ejercerá la fuerza de compresión por apalancamiento.

7.3. Sistema de apalancamiento

Compuesto de dos piezas, la palanca y el brazo aplicador de fuerza.

La palanca está compuesta por un tubo de $\varnothing 1 \frac{1}{2}$ "x1.50mt, sch 80 soldado a una platina de 25cmx8cmx1/2" e, la que a su vez esta soldada perpendicularmente a un par de platinas de 6.4cmx15.2cmx3/8", estas son atravesadas por dos pines de barra solida de acero A36 de $\varnothing 1 \frac{1}{2}$ "x12cm, la distancia que hay entre las partes externas de los pines 11.4cm, que será igual a la distancia de desplazamiento del pistón.

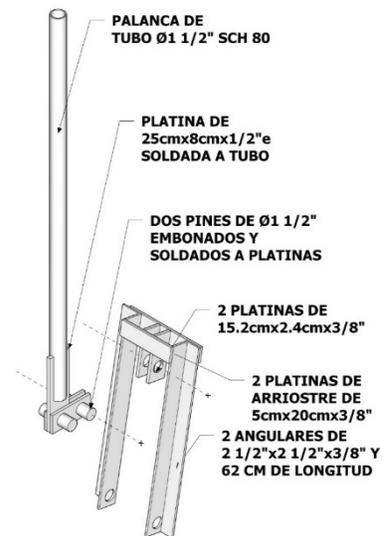


Ilustración 22 -Sistema de apalancamiento prensa BTC-
Fuente: Propia autoría



Ilustración 23 - Fabricación de Palanca,
Fuente: Propia Autoría



El brazo está compuesto por dos angulares de $2\frac{1}{2}'' \times 2\frac{1}{2}'' \times \frac{3}{8}''$ de 62cm de longitud, en la parte inferior cuenta con dos agujeros de $\varnothing 1\frac{1}{2}''$ por donde instalara el eje que a través del brazo desplazara el pistón para realizar el trabajo de compresión.

En la parte superior del brazo se soldarán dos platinas de $15.2\text{cm} \times 6.4\text{cm}$ que cuentan con 1 orificio de $\varnothing 1\frac{1}{2}''$ por donde se instalará el pin de barra solida de $\varnothing 1\frac{1}{2}''$, que tendrá su punto de apoyo sobre la muesca de la tapa de la caja de compactación.

Por lo que se pretende comprimir un volumen de tierra de $9,630\text{ cm}^3$ a $4,500\text{ cm}^3$, logrando una compresión de la mezcla de tierra del 46.72%, considerando los aglomerantes como, la arcilla, cemento y cal, y agregados como la arena como estabilizador, el objetivo será producir un bloque con la resistencia adecuada para la construcción en las comunidades de San Juan de Oriente.





8. SEGUNDA FASE – PROCESO DE SELECCIÓN Y PRUEBAS DEL TIPO DE TIERRA



Ilustración 24 -Capa de Tierra, Orgánica, Talpetate, barro, sitio del proyecto. Fuente: Propia autoría

El tipo y composición de la tierra que se utilice para la elaboración de los bloques, será uno de los factores más relevantes, en cuanto a la resistencia final del material. Como recomendación inicial, es importante tener en cuenta que la tierra libre de materia orgánica funcionara mejor para este caso de estudio, por tanto, es recomendable extraer la tierra por debajo de 40 cm de la superficie.

Hay 3 tipos de suelos que recomendamos principalmente para la elaboración de los bloques, estos son, arenoso, arcilloso y limoso. En la selección del sitio a trabajar en el Castillo No. 1 se encuentra conformado por el tipo de suelo requerido, arcilloso y limoso, considerando estudios previos en la comunidad **“Determinación de la resistencia de corte de los suelos de las comarcas: Buena vista, El Castillo N°1, Garnacha y Calle Campo Deportivo, municipio de San Juan de Oriente, departamento de Masaya”** trabajo monográfico por Estudiantes de la UNAN, Managua y los resultados obtenidos de este trabajo por las pruebas de resistencia, plasticidad y compresión que realizaron, mencionamos la descripción de los tipos de suelo.





El suelo arenoso

se considera un tipo de suelo grueso, está formado por partículas resistentes, que son muy poco solubles, esto significa que hay poco espacio entre dichas partículas, por tanto, al utilizar una mezcla de cemento, no se logra una integración estructural adecuada. Por tanto, al utilizarse este tipo de suelo, es preferible la utilización de otros agregados. Debido a su porosidad y falta de cohesión entre sus partículas, este tipo de suelo puede resultar más susceptible a la erosión y presentar propiedades mecánicas que son inferiores a los otros tipos.

Los suelos arcillosos y limosos



Ilustración 25 -Suelo arcilloso y limoso, Fuente: Propia autoría

son considerados por su parte, suelos finos, por tanto, son mejores opciones para trabajar con mezclas de cemento.

Los suelos arcillosos, son moldeables, pero también son muy permeables, es decir, son propensos a retención de agua, al esto ocurrir es posible que se presente expansión en el material, por lo cual al utilizarlo es importante impermeabilizarlo de forma

adecuada. Sin embargo, cuando este se seca, se contrae, por lo cual obtiene una alta resistencia a la compresión.



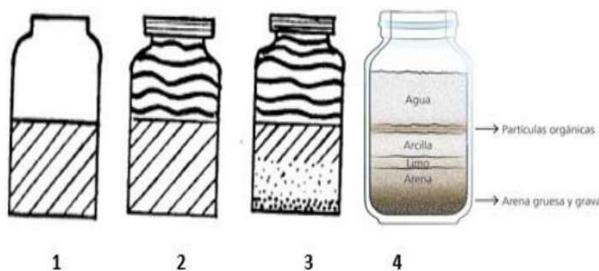
Los suelos limosos

por su parte, tienen una textura intermedia entre los dos tipos de suelo anteriores, esto quiere decir que su permeabilidad y plasticidad se encuentra en un punto medio, lo que genera un equilibrio entre su resistencia a los elementos y a la compresión.

8.1. Ensayos de suelos – ensayos de campo

También es posible determinar empíricamente el estado y composición de un suelo que se usará para edificar con tierra. Para esto nos basamos en Normas NE 080 2014 - Perú y ASTM E2392/E2392M – 2010. “Guía estándar para Diseño de sistemas de construcción de pared de tierra” Esto debido a la ausencia de una reglamentación establecida en nuestro país.

Prueba de determinación de partículas (prueba de la botella)



- 1) Llenar la jarra con tierra hasta la mitad
- 2) Agregue 2 cucharaditas de sal. Llene con agua; tape la jarra y sacúdala durante 2 minutos.
- 3) Deje que se asiente por 30 minutos como mínimo hasta que el agua este completamente pesada.

Ilustración 26 -Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. *El suelo-cemento como material de construcción*

Esta prueba también analiza el suelo para encontrar la proporción de arena, arcilla y lodo blando, Se usa la tierra que tenga por lo menos 1/3 parte de arena y

entre 5 y 30% de arcilla. Si la tierra que se tiene no es buena, mejorarse añadiendo arena o arcilla.

Ensayo de cinta



Ilustración 27 -Ensayo de cinta – Fuente: PROTOCOLO DE ENSAYOS PARA MATERIALES DE CONSTRUCCION CON TIERRA: ADOBE, BTC, TAPIAL Y MORTERO

Se amasa un puñado húmedo de tierra en la mano para obtener una cinta de tierra húmeda del tamaño de un dedo. La cinta debería poder colgar de la mano sin romperse un largo de por lo menos la misma longitud de la mano. Esta prueba establecerá la plasticidad y la cohesión de la mezcla de tierra, pero no la resistencia o

durabilidad del material curado. Con esta prueba, se evalúa el contenido y la calidad de la arcilla del suelo ensayado.

Ensayo de bola

Método empírico para estimar la resistencia a la compresión del material curado.

Se enrolla una masa húmeda de tierra en las manos para hacer una bola de aproximadamente 2 cm de diámetro. Se hacen varias bolas de la misma mezcla y nivel de

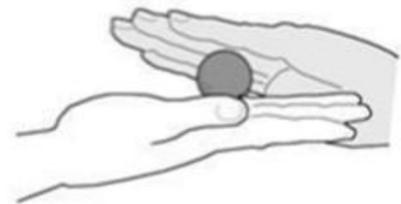


Ilustración 28 -Ensayo de bola - Fuente: PROTOCOLO DE ENSAYOS PARA MATERIALES DE CONSTRUCCION CON TIERRA: ADOBE, BTC, TAPIAL Y MORTERO

humedad y se apartan para que se sequen fuera del sol directo. Después del secado completo, ninguna de las bolas debe poder romperse entre el pulgar y los dedos de la mano. 2.7- Prueba empírica de Contenido de Humedad de una Mezcla de Tierra para Apisonado.

Test de Caída de Terrón

Se debe exprimir con la palma de una mano un puñado de la mezcla de tierra lista para ser colocada entre los moldes (es decir, que contenga todos los componentes tales como el suelo, el agua, el cemento, completamente mezclados), se sostiene el puñado de tierra a la altura del hombro y se lo deja caer sobre cualquier superficie dura y plana.

Criterios de Aceptación

Si se rompe o destroza en un patrón más pequeño en forma de estrella que contiene varios grumos, entonces el contenido de humedad es satisfactorio. Si el bulto simplemente se

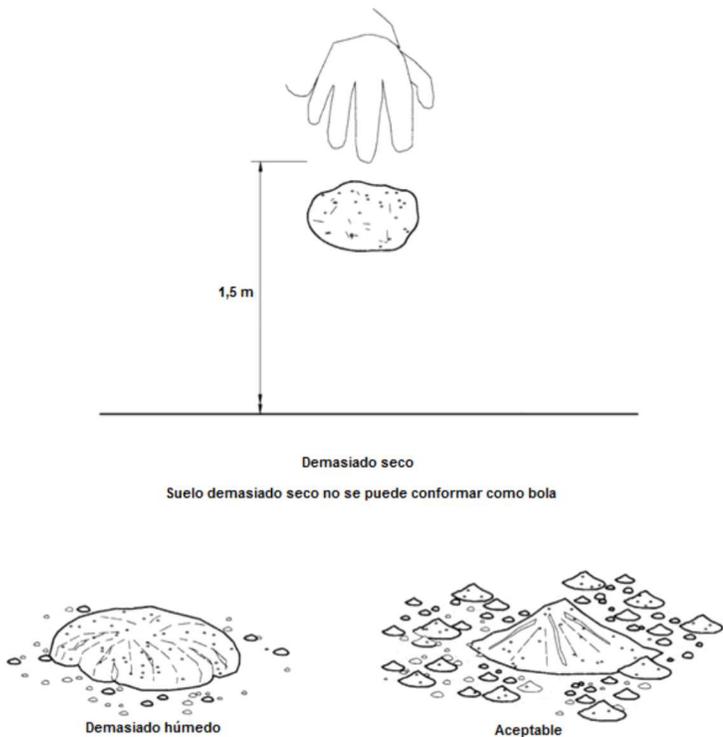


Ilustración 29 - Test de caída de terrón - Fuente: PROTOCOLO DE ENSAYOS PARA MATERIALES DE CONSTRUCCION CON TIERRA: ADOBE, BTC, TAPIAL Y MORTERO



rompe en 2 o 3 piezas pequeñas deformadas, o permanece como una pieza empapada y deformada, entonces el contenido de humedad es demasiado alto.

8.2. Selección de Agregados

En dependencia de la disponibilidad de materiales, el presupuesto y las preferencias; es posible utilizar uno solo o varios agregados en diferentes proporciones, para obtener resultados diferentes para la fabricación de los bloques BTC.

El agregado más común, será la arena, puesto que es uno de los más comunes y más tradicionales. Normalmente este se utiliza para fabricar hormigón, concreto y mortero. La arena sirve la función de incrementar la homogeneidad de la mezcla, disminuyendo la posibilidad de fracturas. Si se utiliza arena, es normalmente recomendable también utilizar cal o cemento dentro de la mezcla.

La cal, por su parte, es un aditivo que se usa regularmente para producir morteros, aunque tiene diversos usos, este es el más común e importante.

En el caso de su utilización para la producción de bloques de tierra comprimida, tiene como



Ilustración 30 - Cal viva humedecida, para hacer cal hidratada. Fuente: Propia autoría.



propiedades generar un material con mejor adherencia, mayor estabilidad, mayor resistencia mecánica e impermeabilidad.

La cal viva, es recomendable para su uso con tierra más arcillosa, mientras que la cal hidratada es preferible para tierra arenosa.

Para uso del estudio se utilizó cal hidratada, para este proceso se dejó cal viva durante 17 en un recipiente con agua.

El cemento, es el material más utilizado en construcción en estos días, especialmente en nuestro país. Una de sus principales ventajas es la gran resistencia que aporta y su elevada durabilidad. Es una excelente opción a considerar para la fabricación de los bloques donde deberá considerarse si es la mejor en base a su precio y disponibilidad.

Para efectos de este documento, se harán estudios con bloques fabricados 1. Cemento, tierra y arena.

2.Tierra, arena y cal.

3.Cal, cemento, tierra y arena.





8.3. Elaboración del BTC

Una vez finalizado el ensamble de la prensa metálica, la elaboración de los bloques de BTC resulta en un proceso técnicamente sencillo, pero que requiere muchas horas de trabajo físico, para elaborar la cantidad necesaria de bloques para realizar una construcción. Según antecedentes revisados, un grupo de 3 persona, con una máquina que tiene capacidad para un bloque a la vez, deberían ser capaces de elaborar alrededor de 200 bloques en una jornada de trabajo.

Para producir el bloque se toma la tierra y se le añade un aditivo, esto puede ser variado, tanto en proporción como en material, en dependencia de las preferencias o de la disponibilidad de los mismos. Como aditivo es posible utilizar arena, arcilla, cemento, cal área o cal hidráulica.

Una vez la mezcla esté preparada, se introduce dentro de la prensa metálica, donde será sometido a compresión para poder tomar las dimensiones y la consistencia deseada. Una vez retirado de la prensa, se le deja en un periodo de reposo, que va a variar en dependencia de los materiales utilizados, posterior a lo cual, el bloque estaría listo para ser utilizado en la construcción.



Ilustración 31 - hidratada, Tierra y arena Fuente: Propia autoría.



ANÁLISIS DEL CICLO FABRICACION BTC

- Se introduce la mezcla en el boquete de la máquina.
- Luego se manipulan las palancas de la máquina, para abrir la tapadera y depositar la mezcla fresca de suelo cemento en el molde de 10x15x30 cm.
- Se baja la tapadera, que se encuentra unida a un brazo mecánico, nivelando la mezcla y retirando el exceso.
- Mueva la palanca, para aplicarle compactación a la mezcla.

Luego de prensado vuelva las palancas a su posición inicial, para que la tapadera se abra y accione la palanca en el sentido de los ladrillos hacia afuera.

Teniendo en cuenta, que, en la fabricación de estos, se debe tener especial cuidado en el curado de las muestras de los primeros 7 días con el fin de que estas alcancen una resistencia optima; se recomienda dejar en bandejas metálicas tapadas con un plástico húmedo para controlar la humedad en ellas, luego de 21 días se deben secar al sol para terminar su proceso de curado.





8.4. Pruebas a los BTC Individuales



Ilustración 32 -Aplicación de compresión por peso humano, Foto: Propia autoría

Debido a que no logramos tener acceso al laboratorio, para determinar la resistencia exacta a la compresión de los bloques que se fabricaron, y teniendo en cuenta que se siguieron las recomendaciones descritas en varios documentos sobre fabricación de bloques BTC, podemos asumir que la resistencia a la compresión del bloque elaborado esta entre 2 MPa y 6 MPa y cumple con las normativas internacionales de referencia como; La norma brasilera ABNT NBR 8491¹⁵, colombiana NTC 5324¹⁶, La norma mexicana NMX-C-508¹⁷, la norma española UNE 41410¹⁸

Para efectos de este estudio la mezcla usada para la fabricación de las unidades esta entre el 25% de arcilla, 75% de arena y un 5% de cemento. (Proporciones propuestas por Díaz, C.A. en su tesis de 2010) nos ha brindado resultados idóneos.

¹⁵ ABNT (2012). ABNT NBR 8491 Tijolo de solo-cimento. Requisitos. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

¹⁶ ICONTEC (2004). NTC 5324 Bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Definiciones. Especificaciones. Métodos de Ensayo. Condiciones de Entrega. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

¹⁷ CID (2008). NMAC 14.7.8 New México Earthen Buildings Materials Code. Construction Industries Division (CID) of the Regulation and Licensing Department.

¹⁸ AENOR (2008). UNE 41410 Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. Asociación Española de Normalización.





8.5. Prueba de Caída de Ladrillo Completo, Adobe, BTC, Tapial.

Un ladrillo de tierra curada, que tenga al menos 28 días de antigüedad, se someterá a ensayo de la siguiente manera: si un ladrillo mide más de 2,0 veces su ancho, debe ser aserrado o roto para obtener una muestra de prueba que tenga una longitud entre 1.0 y 2.0 veces su ancho.

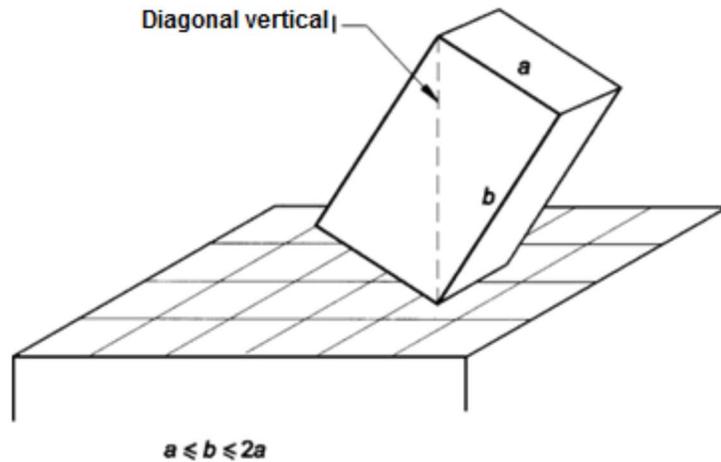
Se mantendrá suspendido en la posición como se muestra en la ilustración 13 y se dejará caer con su punto más bajo ubicado a 900 mm por encima del punto de impacto sobre una superficie dura o más dura y apoyada sólidamente.

Esta prueba es una prueba de campo adecuada para cualquier muestra de ladrillo de adobe, bloque BTC, tapial apisonado, o mortero; ya sean de tierra estabilizada o no estabilizada.

Criterios de Aprobación

El ladrillo se considera apto si no se rompe en trozos de aproximadamente el mismo tamaño, ni faltare un trozo de 100mm o más grande de cualquier esquina de la pieza que quede.





NOTA -
Si $b > 2a$, cortar el ladrillo por la mitad antes de ensayar

Ilustración 33 -prueba de caída de ladrillo completo - Fuente: PROTOCOLO DE ENSAYOS PARA MATERIALES DE CONSTRUCCION CON TIERRA: ADOBE, BTC, TAPIAL Y MORTERO

Los únicos resultados posibles son: pasa / no pasa. Si falla, exige reformular mezcla y procesos

Esta prueba se realiza antes de los ensayos de Compresión y de Módulo de Rotura por Flexión.

Con este ensayo también se debe probar la resistencia del mortero de tierra, que se habrá curado en moldes del mismo tamaño que los ladrillos que se usan en los muros.





8.6. Resistencia a la compresión – pruebas de laboratorio

Ya que no hay una regulación nacional, el criterio a seguir para efectos de este estudio será según la Norma UNE 41410 de España para BT, Criterio para BTC Según Normas XP P13 -901,2001 de Francia, NTC 5324-2004 de Colombia para BTC Normas ABNT NBR, Brasil. BTC y adobes.

Según esta Norma, la resistencia a la compresión se determina en ensayos de piezas enteras secas. El fabricante de bloques debe declarar la resistencia normalizada a compresión del BTC, en N/mm². El valor declarado debe corresponder a la resistencia normalizada a compresión (fractil f_c del 5%) en el momento del suministro y debe ser como mínimo el valor indicado en la Tabla 1. Esto significa que el 95% de la producción debe presentar una resistencia al menos igual al valor correspondiente de la Tabla 1. Según esta Norma, las unidades totalmente curadas y secas de BTC deben tener una resistencia característica a la compresión mínima de 1,30 N/mm² (MPa). La resistencia a la compresión se define como P/A , donde P = carga y A = área de superficie de compresión. En el caso de los BTC, la prueba puede no aplicarse si el fabricante del bloque proporciona la certificación de conformidad. La certificación debe estar fechada dentro de un año de la fecha en la solicitud del permiso de construcción.





CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES	BTC 1	BTC 3	BTC 5
Resistencia característica normalizada, f_c	1.3	3	5
Unidad de medida de presión	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²

Tabla 2 - Clases de BTC medido por N/mm². Fuente: Norma UNE 41410 de España

En la Tabla 2 se muestran los valores de las resistencias a la compresión y las Clases Normalizadas

CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES	BTC 20	BTC 40	BTC 60
Resistencia característica normalizada, f_c	20	40	60
Unidad de medida de presión	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²

Tabla 3 - Clases de BTC medido por kg/cm² – Fuente: Normas XP P13 -901,2001 Francia y NTC 5324-2004 Colombia

8.7. Requisitos del BTC según las regulaciones estudiadas

Las Normas NBR 8491 y 8492 /2012 de Brasil, establecen los requisitos y los ensayos para BTC. Los bloques a ensayar se cortan por mitades que se pegan apiladas, superpuestas, con una mezcla con cemento portland, y luego se sumergen en un tanque con agua por un lapso mínimo de 6 horas. Inmediatamente después, las probetas se ensayan a compresión cumpliendo los requisitos de la Norma ABNT NBR ISO 7500-1.





La muestra total ensayada no puede tener un valor de resistencia a la compresión medio inferior a 2,0 MPa (20 kg/cm²) y ningún resultado individual debe ser inferior a 1,7 MPa (17 kg/cm²).

Por su parte, la **Norma NBR 16.814/2020**, refiere a adobe y establece la resistencia media a la compresión admisible del lote de prueba de piezas en $f_{cam} = F_{rup} / A_{rup} \geq 1,5 \text{ MPa}$ (15 kg/cm²). Y una resistencia característica $f_{cak} = f_{cam} - 1,65 \times Sd$, siendo Sd la desviación estándar. Se usan bloques cúbicos con lados iguales al espesor, cortados de los adobes ensayados.

Criterios de ensayos de laboratorio según la Norma NE 080-2017 de Perú.

Esta Norma establece criterios para adobes y tapial. No se mencionan los bloques BTC.

“Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del material tierra a la **compresión** (ensayo de compresión en cubos) se realiza conforme al procedimiento siguiente:

a) La resistencia se mide mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.1 m de arista.





b) La resistencia última se calcula conforme a la expresión siguiente: $f_0 = 1,0\text{MPa} = 1,02 \text{ kgf/cm}^2$ o

c) Los cubos de adobes o muestras de tapial deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.

d) En el caso del tapial, de no existir muestras secas, se recomienda elaborar muestras comprimidas en moldes de $0.1 \times 0.1 \times 0.15 \text{ m}$. con 10 golpes de un mazo de 5 kg de peso.”

“Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del material tierra a la **tracción**, se realiza conforme al procedimiento siguiente:

a) La resistencia se debe medir mediante el ensayo brasileño de tracción, en cilindros de 6” x 12” o 15.24 cm x 30.48 cm de diámetro y largo.

b) La resistencia última es de $0.08\text{MPa} = 0.81 \text{ kgf/cm}^2$.

c) Las muestras deben tener humedad inicial de 20 % a 25 % para control de adobes y 10 % a 15 % para control de tapial, y un secado cubierto de sol y viento de 28 días, debiendo cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.”



“Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la **Resistencia del murete a la compresión**, se realiza conforme al procedimiento siguiente:

- a) La resistencia última es de 0.6 MPa = 6.12 kgf/cm².
- b) El ensayo de compresión en muretes de adobe o tapial de altura igual a tres veces la menor dimensión de la base (aproximadamente).
- c) Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada, después de 28 días de secado.”

Ensayo de Compresión. Muretes de adobe o tapial

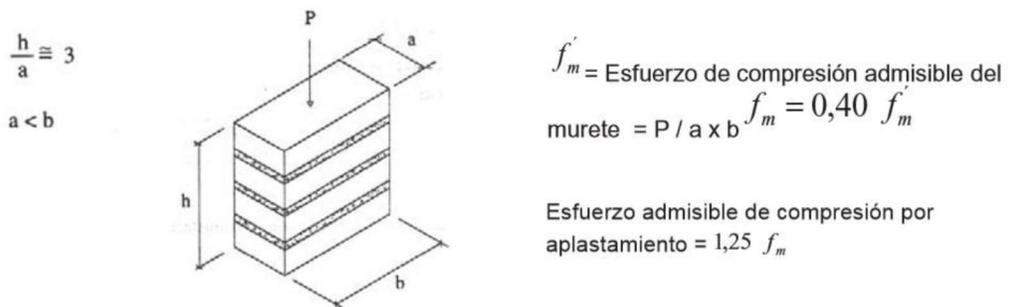


Ilustración 34 -Ensayo de compresión. Murete de adobe o tapial - Fuente: la Norma NE 080-2017 de Perú.

Prueba de campo de fácil ejecución.

La prueba se realizará en un terreno firme, o sobre una superficie firme de hormigón o madera. La prueba se debe configurar como se muestra en la ilustración 15, utilizando lechos de arena de 10 mm de espesor debajo de cada



punto de carga para distribuir las cargas en todo el ancho del ladrillo. El listón de madera que sostiene el borde de la pila de ladrillos se colocará directamente encima del soporte para el ladrillo que se está probando. La pila de carga se compensa con la dimensión $x \approx 0.04$ m (40 mm) para evitar que los ladrillos de carga caigan antes de que ocurra la falla. El ladrillo que se prueba debe tener un mínimo de 350 mm de largo. Para ladrillos de prueba de menos de 350 mm, se debe usar el método 5.3 de rotura con palanca. La longitud entre los soportes del ladrillo que se prueba debe ser más del doble de su profundidad.

Procedimiento

El peso (W) de los ladrillos se determina tomando el promedio de los pesos de 10 ladrillos que se han fabricado de manera idéntica. Los pesos se determinarán con una precisión de 0,5 kg y cualquier ladrillo de los 10 que varíe más del 5% del promedio, se descontará y el peso de otro ladrillo se sustituirá hasta que se cumpla este criterio.

Antes de colocar ladrillos adicionales en el primer ladrillo de carga, se deben tomar medidas de las dimensiones b , d , l , L y x con una precisión de 1,0 mm.

La carga de prueba se aplica apilando ladrillos de uno en uno hasta que se alcanza la falla en la flexión.



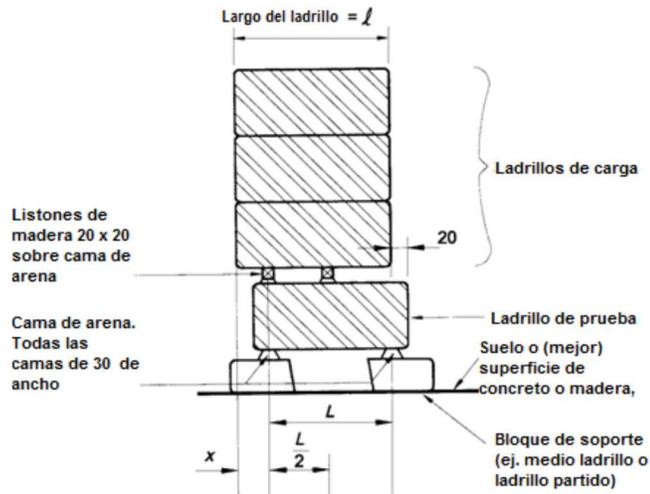


Ilustración 35 -Prueba de campo. Murete de adobe o tapial - Fuente: la Norma NE 080-2017 de Perú.

Resultados

La tensión correspondiente a la resistencia a la flexión (módulo de rotura), f_{et} , se calcula a partir de la fórmula:

$$f_{et} = \frac{0.015nWL}{bd^2} \times \frac{1-2x}{L} \quad \text{kPa}$$

donde

b = ancho del ladrillo de prueba (m)

B = longitud del ladrillo (m)

d = espesor del ladrillo de prueba (m)

L = longitud entre centros de soporte de ladrillo de prueba (m)

n = número de ladrillos de carga en caso de falla



W = peso de cada ladrillo de carga (kg)

x = desplazamiento del soporte de ladrillos de carga desde el final de la pila de carga (m)

l = longitud de los ladrillos de carga (m)

El resultado se redondeará a los 10 kPa más cercanos.

Comentario

La fórmula se deduce suponiendo que 100 kg = 1 kilo Newton. El factor $(1- 2x) / L$ es para la compensar la variación de la excentricidad de carga. El método de laboratorio equivalente, debe usar dos tubos de acero de 50 mm para apoyar el ladrillo y un tercer tubo para aplicar la carga de prueba. Este es el módulo de prueba de rotura como se describe en el Código Uniforme de Construcción de EE. UU 1982 (Conferencia Internacional de funcionarios de Construcción, Whittier, California), Sección 24. 1409

En esta prueba

$$f_{et} = \frac{3}{2} \times \frac{nW(1-2x)}{bd^2} \text{ kPa, si } W \text{ está en kN}$$

$$f_{et} = \frac{3}{200} \times \frac{nW(1-2x)}{bd^2} \text{ kPa, si } W \text{ está en kg}$$





8.8. Regulaciones nacionales como punto de comparación

La ley de nuestro país contempla diversas regulaciones que se aplican a la construcción con bloques de concreto. Para fines de este documento, serán analizadas con la finalidad de comparar con las capacidades del bloque que se producirá paralelo a este documento.

Es importante recalcar que las medidas físicas de los bloques de concreto son diversas, y se requieren valores distintos para cada medida, sin embargo, no hay uno con dimensiones similares al bloque que estamos desarrollando, y esa diferencia de tamaño será tomada en cuenta para la comparativa que se llevará a cabo entre los materiales.

NTON 12 008 – 09 Fabricación de Bloques de Concreto

Las siguientes son las regulaciones de NTON que se tomaran en cuenta para la comparativa. Existen tres tipos de bloque, catalogados como BE-1, BE-2 Y BNE en dependencia de sus propiedades mecánicas. Están catalogadas de más a menos resistentes en el orden antes mencionado, donde BE-1 y BE-2 son bloques estructurales y BNE son bloques no estructurales

Las pruebas se realizarán según ASTM C-140. Este es un estándar utilizado para medir las características de los bloques de concreto.





Absorción: La absorción es la propiedad del bloque para absorber agua hasta llegar al punto de saturación. Los bloques de concreto deben cumplir con los requisitos de absorción máxima según la siguiente tabla:

Tipo de bloque	Valor máximo en un bloque (%)
Bloque BE-1	10
Bloque BE-2	12
Bloque BNE	15

Tabla 4 -Tipo de bloque según el porcentaje de humedad permisible –

Fuente: NTON 12 008 – 09 Fabricación de bloques de concreto

Densidad: Esta es la relación entre el volumen bruto y la masa del bloque.

Estos se clasificarán de acuerdo con su densidad siguiendo esta tabla:

Tipo de bloque	Bloque de peso ligero (kg/m ³)	Bloque de peso mediano (kg/m ³)	Bloque de peso normal (kg/m ³)
Bloque BE-1	Hasta 1682	De 1682 hasta menos de 2000	Más de 2000
Bloque BE-2	Hasta 1682	De 1682 hasta menos de 2000	Más de 2000
Bloque BNE	Hasta 1680	De 1680 hasta menos de 2000	Más de 2000

Tabla 5 -Tipo de bloque según la densidad – Fuente: NTON 12 008 – 09 Fabricación de bloques de concreto

Resistencia a la compresión: Los bloques deben cumplir con el siguiente requisito de resistencia a los 28 días de fabricados:

Tipo	Promedio mínimo de tres unidades	Resistencia mínima a la compresión para una pieza individual
Bloque BE-1	13.65 MPa (1980 psi)	12.19 MPa (1765 psi)
Bloque BE-2	8.41MPa (1220 psi)	7.51 MPa (1090 psi)
Bloque BNE	5.65 MPa (820 psi)	5.04 MPa (732 psi)

Tabla 6 -Tipo de bloque según la resistencia a la compresión – Fuente: NTON 12 008 – 09 Fabricación de bloques de concreto





Control de la calidad: Para la realización de las pruebas, se requerirá una cantidad mínima determinada de bloques según la siguiente tabla:

Tamaño del Lote	Tamaño mínimo de la muestra para	
	Dimensiones y resistencia a la compresión	Absorción, área neta y peso unitario
0 - 2 000	3	3
2 001 - 10 000	6	3
>10 000 < 100 000	12	6
>100 000	6 unidades por cada 50 000 unidades o fracción de lote	6

Tabla 7 -requisitos de control de calidad – Fuente: NTON 12 008 – 09 Fabricación de bloques de concreto

Inspección visual: Todos los bloques deberán estar en buen estado, libres de fisuras, quebraduras y otros defectos que pudieran interferir en la correcta colocación de la unidad o bien que influyan en la resistencia y durabilidad de las unidades.





9. TERCERA FASE: FACTIBILIDAD DE CONSTRUCCIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA.

En esta etapa del proyecto, se han realizado varias pruebas con el BTC, a través de la comunidad Castillo No. 1. No se realizaron pruebas de resistencia por laboratorio. Para efectos de este documento, se asumirán los estudios realizados en otros proyectos con máquinas similares a la que se está utilizando en este estudio.

Con las dosificaciones empleadas de estabilizantes; cemento, cal y agua que se agregó a la mezcla pudo adquirir un fraguado y solidificación adecuada, a los 28 días alcanzando su máxima resistencia a la compresión de 1217 PSI o 85 kg/cm² ; sobrepasando la resistencia a la compresión mínima del bloque de adobe suelo cemento de 711 PSI o 50 kg/cm² que es lo que emplea la normativa para fabricación o elaboración de adobe suelo cemento, con los resultados obtenidos nos permite determinar que el material es apto para ser aplicado como una alternativa a la construcción de viviendas rurales.

La prensa mecánica BTC, es una herramienta portátil de fácil manejo y bajo costo. La prensa está fabricada completamente de acero, tiene una caja molde en la cual un pistón operado a mano, comprime una mezcla de tierra y cemento o cal ligeramente húmedo.





Esta máquina puede producir un promedio de 150 a 200 bloques por día, trabajando 2 personas por 8 horas de acuerdo al promedio de las pruebas realizadas para esta investigación.

El Volumen según capacidad de la maquina es de 0.0081 m³, el cajón metálico de la Prensa BTC presenta dimensiones internas de 15x18x30 cm. Una vez comprimido, el bloque tiene las dimensiones de 10x15x30 cm, Sin embargo, para realizar el cálculo se debe considerar el volumen total sin compactar, para poder utilizar las proporciones adecuadas de los agregados que permitirá la resistencia del bloque.

Elaboración del bloque BTC mejorado, Solo con el tipo de tierra encontrado, tierra talpetate, barro y un poco de arena, se puede fabricar los bloques, con ayuda de algunas herramientas como; palas, colador y un molde de madera.

Con ayuda de otros tipos de agregados como el cemento o cal y un poco de arena, es posible mejorar calidad del bloque, para una mejor resistencia, estética y durabilidad. Si esto sumamos el uso de la prensa mecánica, aumenta la calidad del bloque aún más, así como facilitamos el proceso de elaboración.





Volumen de producción:

Se ha calculado que la producción diaria será de 200 bloques, trabajando seis días a la semana, se tendría la cantidad de 1,200 unidades, lo que nos daría una cantidad aproximada de 4,800 bloques en cuatro semanas. Lo que nos daría un total de 28,800 bloques en seis meses, que es el tiempo que se trabajaría en el año, debido a las lluvias.

9.1. Estudio de costos para la producción de BTC

Se hicieron los cálculos después de varios estudios, hasta definir fórmulas que garantizan un buen acabado.

1. Basado en cemento, tierra y arena

1. COSTO DE 1 BLOQUE	CANT	C/UNIT	COSTO Tt
MANO DE OBRA			
CEMENTO	0.79	C\$4.22	C\$3.34
ARENA	3.95	C\$0.16	C\$0.64
TIERRA	11.06	C\$0.14	C\$1.57
DEPRECIACION DE MAQUINARIA			C\$0.15
COSTO UNITARIO			C\$5.69

Tabla 8 -Costo del bloque de cemento, tierra y arena - Fuente: Propia autoría





2. Basado en cal, tierra y arena

2. COSTO DE 1 BLOQUE	CANT	C/UNIT	COSTO Tt
MANO DE OBRA			
CAL	1	C\$2.78	C\$2.78
ARENA	3.95	C\$0.16	C\$0.64
TIERRA	11.06	C\$0.14	C\$1.57
DEPRECIACION MAQUINARIA			C\$0.15
COSTO UNITARIO			C\$ 5.13

Tabla 9 -Costo del bloque de cal, tierra y arena - Fuente: Propia autoría

3. Basado en cal y cemento, tierra y arena

3. COSTO DE 1 BLOQUE SOLIDO	CANT	C/UNIT	COSTO Tt
MANO DE OBRA			
CAL 80%	0.80	C\$2.78	C\$2.22
CEMENTO 20%	0.20	C\$4.22	C\$0.84
ARENA	3.95	C\$0.16	C\$0.64
TIERRA	11.06	C\$0.14	C\$1.57
DEPRECIACION			C\$0.15
COSTO UNITARIO			C\$ 5.27

Tabla 10 -Costo del bloque sólido de cal, cemento, tierra y arena - Fuente: Propia autoría





3. COSTO DE 1 BLOQUE CON 2 HUECOS	CANT	C/UNIT	COSTO Tt
MANO DE OBRA			
CAL 80%	0.63	C\$2.78	C\$1.74
CEMENTO 20%	0.16	C\$4.22	C\$0.66
ARENA	3.09	C\$0.16	C\$0.50
TIERRA	8.64	C\$0.14	C\$1.22
DEPRECIACION			C\$0.00
COSTO UNITARIO			C\$ 4.12

Tabla 11 -Costo del bloque perforado de cal, cemento, tierra y arena - Fuente: Propia autoría

Recursos Económicos:

La inversión se hará con fondos propios de los participantes, con la asistencia técnica de parte de los creadores de este proyecto.

COSTO DE MATERIALES	CANT	COSTO Tt	C/UNIT
ARENA 1 MT3	2778	C\$450.00	C\$0.16
CEMENTO 1 BOLSA	93.5	C\$395.00	C\$4.22
TIERRA 1 MT3	2118	C\$300.00	C\$0.14
CAL	27	C\$75.00	C\$2.78
PIEDRA POMEZ 1 MT3	2470		C\$0.00
DEPRECIACION DE MAQUINARIA			C\$0.15
MANO DE OBRA	200	C\$200.00	C\$1.00

Tabla 12 -Costo de materiales - Fuente: Propia autoría





Depreciación

El valor de depreciación de la maquinaria está calculado en base a la producción durante 3 años, que es su vida útil

O sea, el costo de la maquinaria entre la producción de 3 años que serían 86,400 bloques. Esto nos da el valor de C\$ 0.15

DEPRECIACION DE MAQUINARIA

VALOR DE MAQUINARIA	US 350.00	C\$12,600.00
VIDA UTIL	3 Años	
PRODUCCION EN 3 AÑOS (Bloques)	86,400	
DEPRECIACION POR CADA BLOQUE		C\$0.15

Tabla 13 -Estimado de la depreciación de la máquina- Fuente: Propia autoría

MATERIALES MÁS COMUNES PARA LA AUTOCONSTRUCCIÓN EN MUROS

En la municipalidad los materiales utilizados para la autoconstrucción especialmente de paredes en las viviendas dependiendo del sector social se realiza con:

Diversos materiales incluso de desecho Lamina de asbesto o metálica

bambú o palma, Madera, Piedra pómez.

Piedra Cantera.

Bloque de concreto.

Tapial





Ladrillo cocido (para hornos)

Otros materiales

Y en la zona de estudio son predominantes:

Madera sin tratamiento

Madera rolliza

Plástico (polietileno)

Piedra pómez

Piedra Cantera.

Con estos datos actual de la vivienda en la municipalidad y la comunidad el Castillo No 1¹⁹, permite introducir el nuevo producto (BTC) como una alternativa viable en la autoconstrucción de vivienda en este sector rural, de acuerdo a la tabla de producción y coste que se presentara, se realizara el análisis de su factibilidad.

9.2. Modelo de Vivienda de BTC

Como futura referencia, para quienes consideren llevar a cabo una construcción residencial a base de BTC, paralelo al proceso de elaboración de la prensa metálica y de los bloques de muestra, se elaboró un ejemplo sencillo de vivienda a base de BTC.

¹⁹ Levantamiento visual y fotográfico.





La propuesta está pensada en base a las necesidades de los residentes de la zona objetivo de este estudio, utilizando áreas un poco mayores a las requeridas para una vivienda de interés social. Esta propuesta toma como base las dimensiones del bloque propuesto y las utiliza para la modulación de sus áreas.

La vivienda está pensada para poder trabajar con el Bloque BTC de manera autoportante, pero está abierta a la posibilidad de utilizar reforzamientos si se da el caso de elegir los bloques perforados. De ser autoportante, se propone el entramado de los bloques en las esquinas, este debe añadir medio bloque de longitud en los extremos de cada cara de la vivienda para añadir estabilidad a la construcción.

Para dinteles, viga corona y estructura del techo, se puede trabajar con elementos de madera, en dependencia del presupuesto y preferencias del propietario, pero siempre es posible mejorarlo con perlines para el techo o dinteles de concreto.

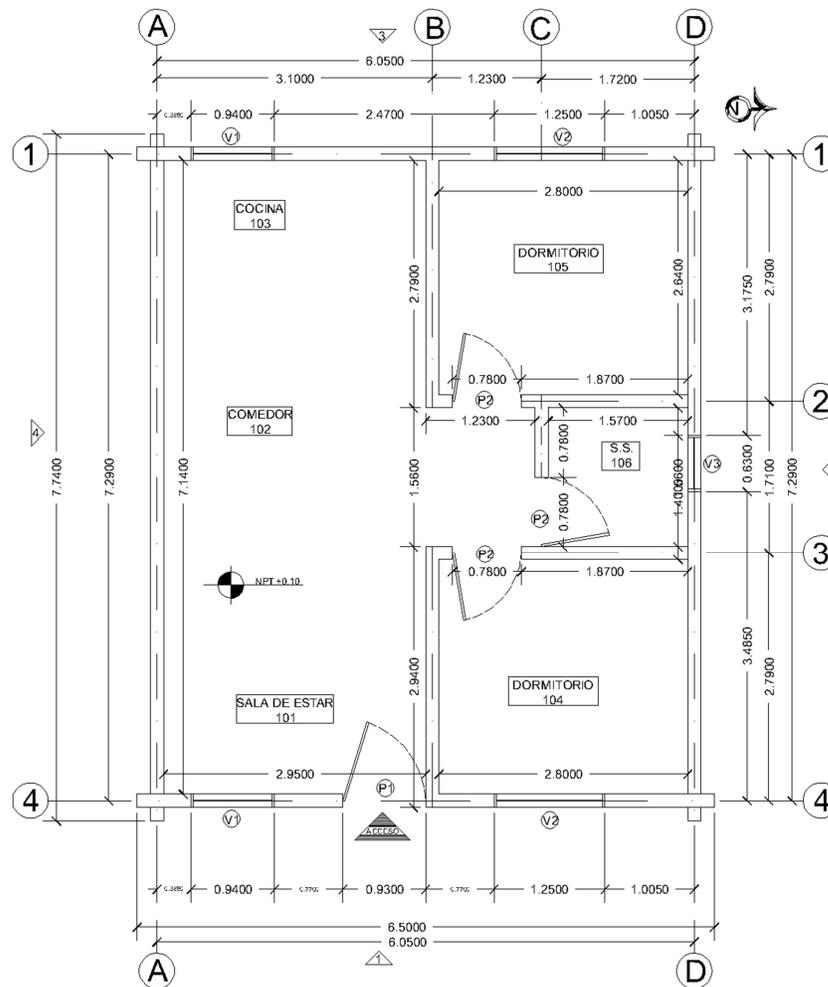
En dependencia del claro que el techo cubra, es posible que sea necesario recubrir los ladrillos inferiores de la casa con un recubrimiento a base de





cemento, a modo de repello, para protección contra los elementos, principalmente agua. Para el resto de la vivienda, no es necesario utilizar el recubrimiento, pero es una posibilidad, dejando el acabado final a gusto del propietario.

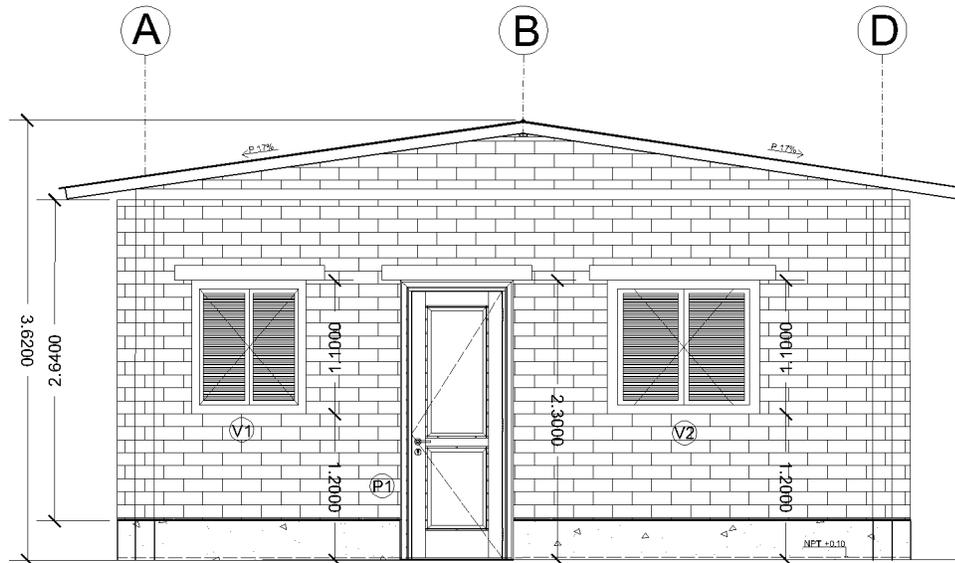
9.2.1. PLANOS DEL MODELO DE VIVIENDA DE BTC



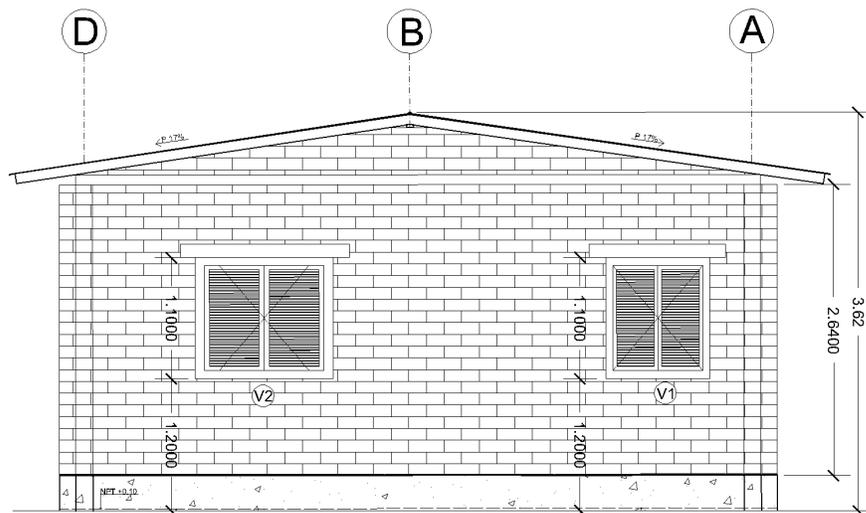
PLANTA ARQUITECTÓNICA
ESCALA 1:100

Ilustración 36 -Planta Arquitectónica propuesta BTC – Fuente: Propia autoría





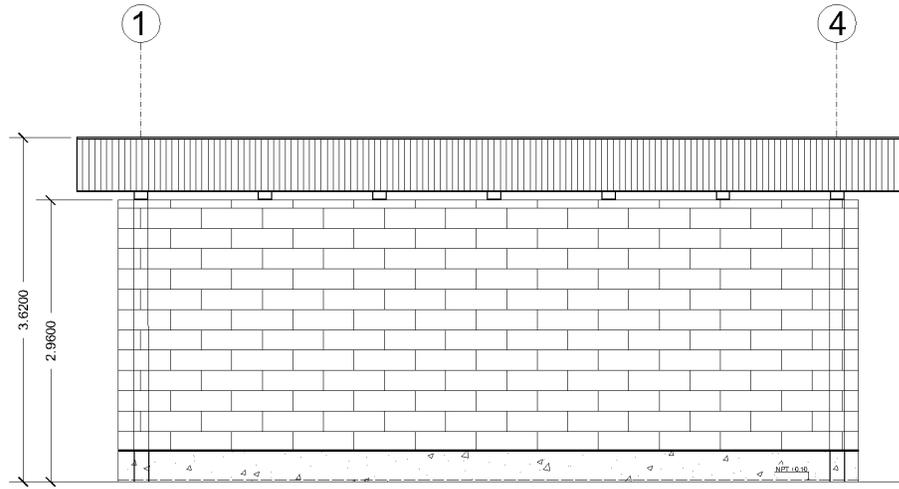
ELEVACION ARQUITECTONICA
ESCALA 1:100



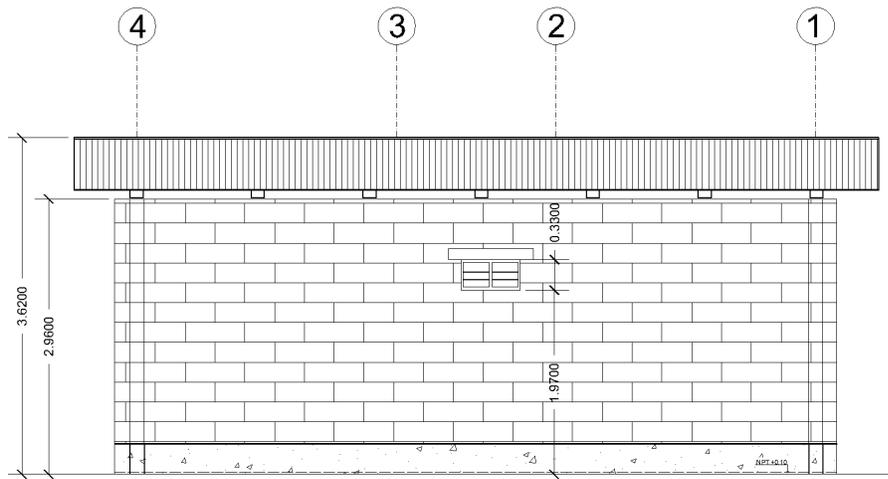
ELEVACION ARQUITECTONICA
ESCALA 1:100

Ilustraciones 36-39 -Elevaciones Arquitectónicas propuesta BTC – Fuente: Propia autoría





ELEVACION ARQUITECTONICA
ESCALA 1:100



ELEVACION ARQUITECTONICA
ESCALA 1:100



9.2.2. ILUSTRACIONES DEL MODELO DE VIVIENDA DE BTC



Ilustraciones 41-44 -

Renders, vistas externas propuesta BTC – Fuente: Propia autoría





Ilustraciones 45-48 - Renders, vistas



internas propuesta BTC – Fuente: Propia autoría



9.3. Ventajas y desventajas de la construcción con BTC

Desventajas

-Baja producción, teniendo como rendimiento de 20 a 40 bloques por hora, para lo cual es necesaria otra máquina o una diseñada para producir múltiples bloques a la vez, para tener un rendimiento aceptable.

-Poca presión de compactación, de 0.5 a 2.5 N/mm², lo que significa que, si la tierra no es demasiado buena, los bloques no contarán con la resistencia necesaria.

-Tendencia a irregularidades en los bloques, ya que dependerá de la compactación y del relleno, operaciones que se hacen manualmente, pero se irá reduciendo con la práctica, al encontrar las proporciones y el proceso correcto.

-El rendimiento de la máquina es baja, lo cual se verá afectada por el cansancio del operario.

Ventajas.

Se cuenta con recurso abundante de tierra disponible.

- Reutilización de tierra en proyectos que realizan excavaciones.





- Contaminación mínimo.
- Reducido coste energético de transporte (al emplear tierras locales o realizar la producción in situ)
- Facilidad de puesta en obra con bajo coste energético (según técnicas convencionales de albañilería, lo que facilita su implementación);
- Larga vida útil (a través de procesos de estabilización);
- Alta inercia térmica (lo que favorece el acondicionamiento térmico de la edificación y el ahorro energético);
- Capacidad de regular la humedad ambiental (al resultar permeable al vapor de agua);
- Facilidad de recuperación, reutilización y reciclado;
- Residuos naturales de nulo impacto ambiental (al estar compuesto de tierra, con un bajo porcentaje de aglomerante en su caso).

En resumen:

Las máquinas pequeñas y de fácil utilización son las más adecuadas para:

- Cuando los recursos económicos sean limitados.
- Por proyectos de zonas aisladas y que no tienen la infraestructura necesaria.
- En lugares o construcciones pequeñas con espacio limitado.





- En áreas con poca precipitación, desaparece así el peligro de absorción del excedente de agua.
- Por edificios de una sola planta, donde la calidad de los bloques es menor en resistencia.
- En lugares donde la auto-ayuda a la hora de construir es importante.
- En lugares donde un empresario con poco capital y trabajadores inexpertos, produzcan bloques para el mercado local.





10. RECOMENDACIONES

- A las instituciones públicas o privadas correspondientes, encargadas o relacionadas con la formulación de proyectos de tipo social, se les insta a implementar estos tipos de proyectos.
- En las construcciones de viviendas con el sistema de bloques BTC, se debe contar con asesoramiento técnico para obtener los resultados deseados en dicho proyecto.
- Hacer buen uso y manejo de los elementos y materiales que forman parte del sistema constructivo tales como; Bloque de tierra, suelo cemento y otros.
- Al implementar el sistema constructivo de BTC mejorado, es recomendable construir en verano, porque en invierno las lluvias representan atraso en la obra física y es más difícil trabajar con tierra mojada, ya que el material tiene que tener una humedad óptima para alcanzar una resistencia mínima de 200 psi.
- El BTC mejorado es idóneo para implementarse en nuestro país, tomando en consideración la viabilidad económica de este.
- Es Recomendable aplicar la prueba de las probetas para obtener un mejor control de calidad para la fabricación de los bloques de adobe suelo cemento.
- El bloque funciona de manera artesanal si hay falta de recursos económicos y disponibilidad de una Prensa mecánica BTC para comprimir el bloque, se recomienda su uso, ya que es lo más adecuado para obtener mejor calidad y resistencia en los bloques.





- El sistema constructivo con bloques BTC es más rentable para proyectos de interés social en zonas rurales y también donde haya tierra en abundancia con los debidos requisitos.
- Se debe elegir, para localizar la vivienda un terreno seco firme y plano, de preferencia ligeramente elevado con respecto al terreno adyacente.
- Debe evitarse la proximidad de pantanos, ríos o mar las zonas de relleno o antiguos basureros, las zonas bajas y los terrenos con mucha pendiente.
- Hay que proteger de la erosión las primeras hiladas del adobe, haciendo una sobre fundación de concreto pobre del ancho de la pared o haciendo una sobre fundación de mampostería de piedra con cemento.
- Proteger las paredes ya construidas disponiendo de buenos aleros en el techo, facilitando el escurrimiento de agua lluvia hacia el exterior, de igual manera dar mantenimiento a las paredes con repellos en cuanto al deterioro del mortero que la cubre ocasionado por las ráfagas de lluvias para evitar fisuras o desintegración del mampuesto.





11. CONCLUSIONES

1.- Se puede fabricar un producto de calidad, con alto desempeño estructural y con calidad total, sin llegar a procesos automatizados de alto costo que requieren de mano de obra especializada; por lo que el sistema de bloques de suelo comprimido es apto para fabricación de viviendas de interés social, además este sistema puede ser implementado en toda la municipalidad y sus municipios alrededor.

2.- El sistema de bloques de tierra comprimida es un sistema que, tanto en nuestro país como en nuestra facultad, no se le ha tomado el debido interés. En otros países es un sistema de construcción que se utiliza para la construcción de viviendas; por lo que este documento de apoyo será de mucho interés para los estudiantes, catedráticos y cualquier otra persona que quisiera aprender a utilizar este sistema.

3. Al fabricar bloques de suelo comprimido, con un buen control de calidad, se obtienen bloques de alta calidad los cuales superan el aspecto económico, confortable y de resistencia mínima adecuada para la construcción.

4. El manual de bloques de suelo comprimido es una herramienta que da a conocer este sistema constructivo, que en Guatemala no ha sido implementado, pero aun así es un sistema que puede venir a contribuir mucho





a la población, ya que es económico, ecológico, confortable, seguro y sobre todo que es un sistema de autoconstrucción.

5. La autoconstrucción del sistema de bloques de suelo comprimido ayudará a las personas de escasos recursos puesto que se evitarán la mano obra calificada y por ende un ahorro a la hora de construir.

6. Con este documento de apoyo se propone una solución adecuada, económica y con los estándares de calidad requeridos para la construcción de viviendas de interés social.





12. BIBLIOGRAFÍA

Aragón, E. A., Galán Gaitán, M. C., Linarte Castillo, J. C., Reyes, C. M., Sediles Martínez, M. B., Traña Rivera, B. A., & Reyes García, M. A. (2011). Estudio de ordenamiento territorial con énfasis en patrimonio cultural para los municipios del. AECID Nicaragua. <http://www.aecid.org.ni/wp-content/uploads/2014/04/Interno-zona-sur.pdf>

Arcia, L. (2020). Construir con adobe, alternativa barata que beneficia al medio ambiente. IP Nicaragua. <https://ipnicaragua.com/construir-con-adobe-alternativa-barata-que-beneficia-al-medio-ambiente/>

Arquitectura bioclimática: definición y ejemplos. (2022). AQ Acentor. <https://aq-acentor.com/arquitectura-bioclimatica-definicion-ejemplos-y-objetivos/>

Arteaga Medina, K. T., Medina, Ó. H., & Gutiérrez junco, Ó. J. (2011). Bloque de tierra comprimida como material constructivo. Revista fac, 31, 55–68. <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/1421/1416>

Blanco, M. Matus, I. (2010).

Brummer, M. (2011). Pequeña guía de la cal en la construcción y su aplicación. Ecohabitar.org. <https://ecohabitar.org/pequena-guia-de-la-cal-en-la-construccion-y-su-aplicacion/>

Díaz, C. A. (2009). En busca de la protección del patrimonio construido en adobe. Estudio de caso del centro histórico de Villavicencio, Colombia siglos XIX-XX. Pontificia Universidad Javeriana.

Echeverry Correa, J. E., & Jaramillo Valencia, C. (2017). Elaboración de (BTC) bloques de tierra comprimida con suelos derivados de cenizas volcánicas y materiales alternativos [Universidad Libre Seccional Pereira]. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17000/ELABORACI>





[%c3%92N%20DE%20BLOQUES%20DE%20TIERRA.pdf?sequence=1&isAll
owed=y](#)

Inauguran Fábrica de bloques de adobe en comunidad La Gallina. (2013).
Bolsa de Noticias.

<http://www.bolsadenoticias.com.ni/2013/Septiembre/17/bloquera.html>

López Beteta, Y. J., & López Sevilla, J. E. (2016). Determinación de la resistencia de corte de los suelos de las comarcas: Buena vista, El Castillo N°1, Garnacha y Calle Campo Deportivo, municipio de San Juan de Oriente, departamento de Masaya [Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua].
<https://repositorio.unan.edu.ni/2908/1/90471.pdf>

López, E., Fuentes, E., Aráuz, J. M., Rios, D., Tercero, V., Pérez, A., Reyes, R. P., Lacayo, J., Dávila, O., Taleno, H., Rivera, E. A., Corea, A., Saavedra, D., & López, O. (2010). Norma Técnica Nicaragüense denominada NTON 12 008 - 09 Fabricación de Bloques de Concreto.
[http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/28D56471B97E5E66062578460056D77B?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/28D56471B97E5E66062578460056D77B?OpenDocument)

Luco, A. (2020). Casa Martha / Naso. ArchDaily México.
<https://www.archdaily.mx/mx/932484/casa-martha-naso>

Maquinas Simples. (s/f). Gsu.edu. Recuperado el 3 de marzo de 2023, de
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Mechanics/lever.html>

¿Qué es la arquitectura bioclimática y por qué es tan importante para Saint-Gobain? (n.d.). Saint Gobain. Recuperado el 16 de Febrero de 2023, de
<https://www.saint-gobain.com.mx/que-es-la-arquitectura-bioclimatica-y-por-que-es-tan-importante-para-saint-gobain>





Rivas Jarquin, K. E., & Cerrato Cerrato, C. M. (2016). [Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/3673/1/53827.pdf>

Román, J. C. (2013). Tecnologías para la fabricación de bloques de tierra de gran resistencia [Universidad Politécnica de Catalunya]. <https://core.ac.uk/download/pdf/41810821.pdf>

Villalaz, C. C. (2005). Mecánica de suelos y cimentaciones. Editorial Limusa.

Usos de la cal en construcción y sus proporciones. (s/f). Keobra.com. Recuperado el 3 de marzo de 2023, de <https://keobra.com/usos-de-la-cal-en-construccion>



13. ANEXOS

Cronograma de actividades del Taller monográfico.

Cotización de materiales.

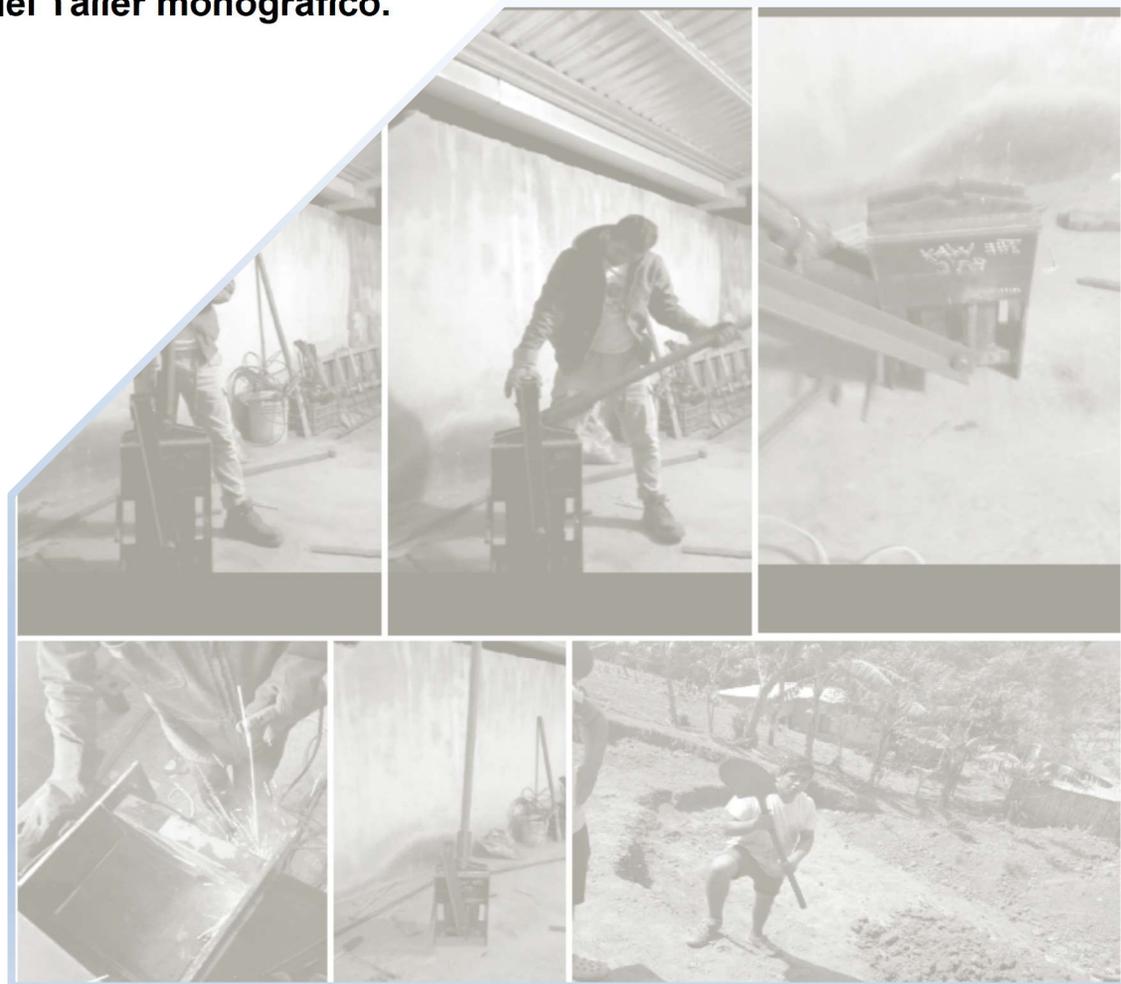
Selección del sitio.

Fabricación de máquina.

Elaboración del bloque.

Carta compromiso.

Planos de Prensa BTC.





Cronograma de actividades del taller monográfico 2023

Fecha de inicio 9 enero y finalización del taller para la culminación de estudios 10 de marzo del 2023

Actividades 2023	Enero 2023					Febrero 2023					marzo 2023					Observación					
	Semanas																				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Fase 2) Inicio del taller para la culminación de estudio, enero del 2023																					
Elaboración de: Tema a investigar y objetivos.																					Selección de tema sobre: Tecnología bioclimática.
Aprobación del tema por el decano																					El título: consiste en la creación de un bloque de tierra comprimida y construcción de prensa mecánica.
Marco conceptual/Elaboración de prensa hidráulica.																					Se realizará por vista de campo, prueba error y documentación existente.
Diseño metodológico																					Procesamiento de datos.
Desarrollo del diseño metodológico																					No se pueden realizar las pruebas, debido al cierre de laboratorio de la UNI y poco tiempo.
Aplicación de instrumentos, prueba de laboratorios																					
Procesamiento y análisis de la información																					
Conclusiones, recomendaciones y anexos																					Los resultados fueron los esperados, maquina y bloque a costo competitivo.
Entrega final																					





Fotografías Autoría: Proceso de cotización de materiales y fabricación de prensa BTC.

Una vez obtenido el diseño y separado las partes que conforman la prensa metálica, se realizaron las cotizaciones de los materiales, mostrado en las siguientes imágenes, se procedió analizar el valor de los materiales y se compraron, en sitio fueron cortados las platinas a medida con márgenes de corte para posteriormente precisar las medidas correctas.





Fotografías Autoría: Explicación sobre el BTC, selección del sitio y acuerdo a desarrollar el trabajo

Familia Noris Melendez extrayendo materia prima Barro, para su comercialización, se expone el planteamiento del proyecto construcción del bloque, en su interes preguntan ¿se puede hornear el bloque?

Se llevo a un acuerdo en intentar implementarse en la constuccion de horno, para quemar ceramicas de barro. Tambien en utilizar la tierra necesaria para poder hacer el proyecto de estudio. Se realizo prueba de tierra y esta compuesta por suelo arcilloso y otro limo.

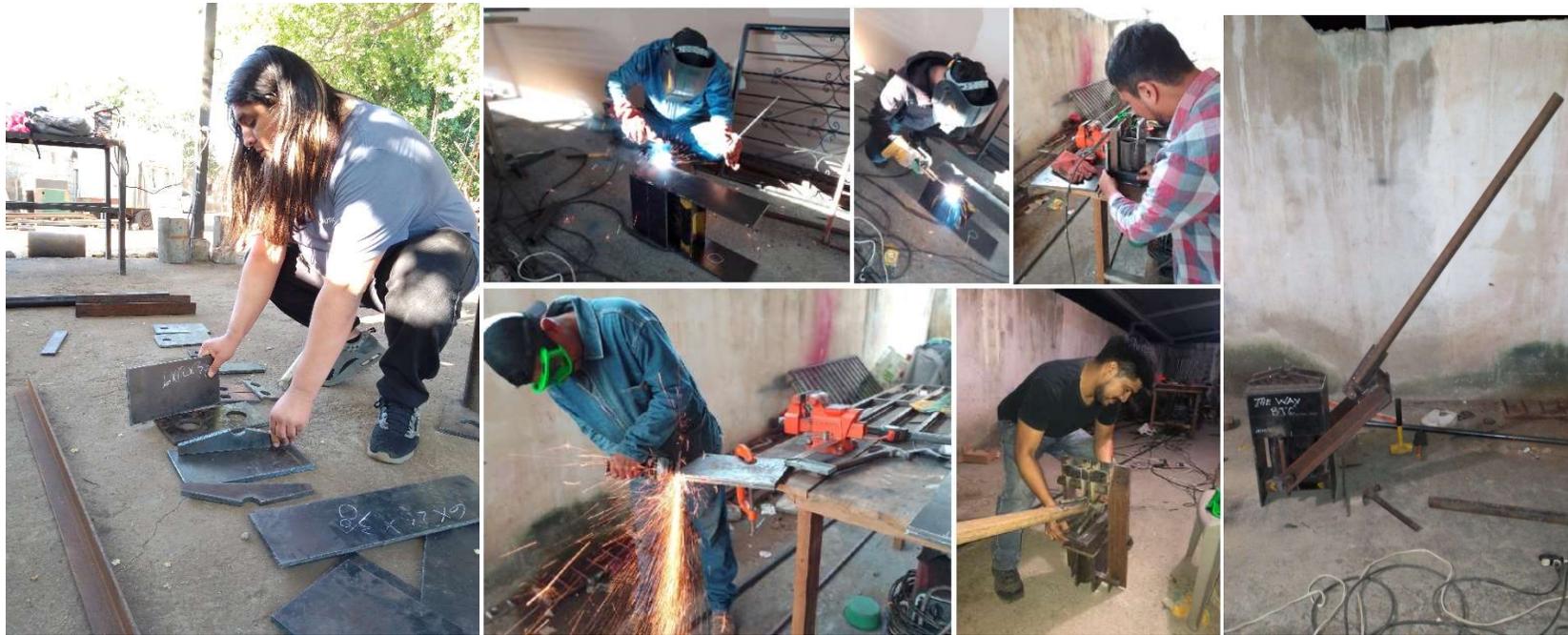




Fotografía Autoría: Fabricación de Prensa BTC.

La maquina fue fabricada en Santa Teresa, Carazo con ayuda de un soldador, si la adquisición de los materiales fue rapido su fabricación tuvo una duración de casi dos meses, debido a los compromisos de trabajo.

sin embargo, esta maquina podria estar terminada en un lapso de diez días, el proceso que paso fue cortes mas preciso perforaciones y soldadura para tener la dimension requerida, en el proceso de armado, trabajo todo el equipo, se hizo ajustes distintos a los planos y se corrigieron los planos, la maquina es desarmable.





Fotografía Autoría: Proceso de elaboración del BTC.

La primera prueba que se realizo con el bloque BTC fue con una proporción de arena 25%, cal viva 10%, Tierra colada a una capa de 10 cm, con molde de bloque y piedra cantera como pared y apisonado manualmente.

la prueba fue con un llenado de 15 cm, al compactarse el volumen redujo y sus dimensiones de 15x30x11 cm, el bloque no se desintegro se dejo secar por 10 horas y luego se extrajo para dejarlo secar a temperatura ambiente, el bloque no soporto esfuerzo de compresion implementada por undimiento con los dedos, se partio a mitad.

Segunda prueba fue con tierra de patio para probar la maquina con tierra superficial y 10 porciento de cemento,.

se realizaron 7 pruebas y se desprendian parte del bloque al sustraerlo de la maquina, hasta la prueba siete, se dejo secar sobre la maquina, se dejo secar por con apariencia de endurecer, se aplico compresion con peso de 200 lbs una persona y sufrio fractura.

Prueba numero Trece, se encuentra la dosificación correcta 12 libras de tierra 75% , 6 lbs de arena 25%, 0.80 lb cemento 5%, o tambien 0.80 lb 3.5 % Cal y 1.5 % cemento, el bloque retirado de la maquina no sufrio desprendimiento y solido.



CARTA COMPROMISO PRENSA METALICA BTC

CARTA COMPRIMISO.

Kyle Mauck
Patrocinador
Maquina BTC.

Estimado Mauck.

Gracias por tu interés e iniciativa mostrado en el proyecto que se está realizando, sobre la fabricación de los bloques de tierra comprimida, proyecto que a través de la Universidad Nacional de Ingeniería estamos desarrollando, esto permitirá el poder obtener el título de Arquitecto una vez finalizado la defensa monográfica.

De acuerdo al propósito que se tiene en la ayuda social a familias en la construcción para mejorar sus viviendas, y tu planteamiento sobre poder continuar desarrollando este tipo de proyectos como mejor alternativa bioclimática en la construcción, para estas familias, y de acuerdo a las investigaciones realizadas y el acceso a este tipo de materiales y factibilidad de este proyecto.

El equipo de trabajo dispone de la máquina que se ha construido para la fabricación de los bloques de tierra comprimida en el proceso de culminación monográfica para la UNI, una vez terminado la defensa de dicho proyecto, asume el compromiso de:

1. Entregar la máquina para continuar con el proyecto de construcción de viviendas, esto en agradecimiento de apoyar lo invertido económicamente en la fabricación de la máquina.
2. Instruir en el funcionamiento de la máquina.
3. Brindar seguimiento y asesoramiento en la creación de los bloques de tierra comprimida BTC.
4. Facilitar modelo de vivienda, costes y supervisión en la primera construcción de proyecto.

Culminado la defensa monográfica, se asume el compromiso para el propósito requerido.

Sin mas que agregar nos despedimos y deseamos que el proyecto pueda tener el impacto correcto.

Dado a los 18 días del mes de febrero del 2023.

Firmamos dicho compromiso:

Br. Orlando José Gallegos Zeledón.

Br. Rodolfo Ernesto Velásquez Aguirre.

Br. Wayne Kenneth Montrone Palma.

Cc. Archivo.



ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA (BTC) COMO UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA BIOCLIMÁTICA A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE VIVIENDA.

Planos Máquina BTC.

