

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

**COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE
BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON
CASCARA DE ARROZ Y ASERRÍN**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL

Presentado por:

JAVIER AQUINO RAFAÉL

Asesor:

Dr. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

Cajamarca, Perú

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Javier Aquino Rafaél
DNI: 45559212
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Ingeniería Civil
2. Asesor: Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"Comparación de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra comprimida estabilizada con cascara de arroz y aserrín"
6. Fecha de evaluación: **12/11/2024**
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **20%**
9. Código Documento: **3117:404802682**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **20/11/2024**

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*



Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
DNI: 26733060

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

Copyright © 2024 by
JAVIER AQUINO RAFAÉL
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 090-2018-SUNEDU/CD

Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

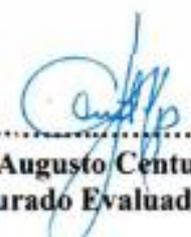
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 10:00 am horas, del día 21 de Agosto de dos mil veinticuatro, reunidos en el Centro de Idiomas de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. Mauro Augusto Centurión Vargas**, **M. Cs. José Luis Marchena Araujo**, **M. Cs. Arnold Ramsey Mendo Rodríguez**, y en calidad de Asesor el **Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la Tesis titulada **“COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CASCARA DE ARROZ Y ASERRIN”**, presentada por el ingeniero **Javier Aquino Rafaél**

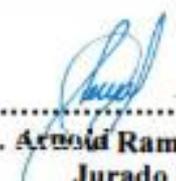
Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó... A. PROBAR con la calificación de ... DIECISIETE... (17.0).....la mencionada Tesis; en tal virtud, el ingeniero **Javier Aquino Rafaél**, se encuentra en aptitud para recibir en ceremonia especial el Diploma que la acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **Ingeniería Civil**.

Siendo las 11:00 am horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno
Asesor(a)


.....
Dr. Mauro Augusto Centurión Vargas
Jurado Evaluador


.....
M. Cs. José Luis Marchena Araujo
Jurado Evaluador


.....
M. Cs. Arnold Ramsey Mendo Rodríguez
Jurado Evaluador

A: Alejandrina Rafael Ramires, Rosa Luz y Rubén Moisés

Mi amada Madre y Hermanos

AGRADECIMIENTO

A Dios por iluminar cada día y así poder cumplir esta meta. Al Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno, por asesorarme en la presente tesis de investigación. A los docentes de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Universidad Nacional de Cajamarca.

La mejor vida no es la más larga, sino la más rica en buenas acciones.

Marie Curie.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| AGRADECIMIENTO | vi |
| ÍNDICE GENERAL | viii |
| ÍNDICE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xii |
| LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS | xiv |
| GLOSARIO..... | xv |
| RESUMEN..... | xvi |
| ABSTRACT | xvii |
| CAPITULO I..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 1 |
| 1.1.1. Contextualización..... | 1 |
| 1.1.2. Descripción del problema..... | 2 |
| 1.1.3. Formulación del problema..... | 4 |
| 1.2. Justificación e importancia de la investigación | 4 |
| 1.2.1. Justificación científica..... | 4 |
| 1.2.2. Justificación técnica-practica..... | 4 |
| 1.2.3. Justificación institucional y personal | 5 |
| 1.3. Delimitación de investigación | 5 |
| 1.4. Limitaciones | 5 |
| 1.5. Objetivos | 6 |
| 1.5.1. Objetivos generales | 6 |
| 1.5.2. Objetivos específicos..... | 6 |
| CAPITULO II..... | 7 |
| MARCO TEÓRICO..... | 7 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 7 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.2. | Marco conceptual..... | 11 |
| 2.3. | Definición de términos básicos..... | 20 |
| | CAPITULO III | 21 |
| | PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES | 21 |
| 3.1. | Hipótesis..... | 21 |
| 3.1.1. | Hipótesis general..... | 21 |
| 3.2. | Variables/categorías | 21 |
| 3.3. | Operacionalización/categorización del componente se la hipótesis ... | 21 |
| | MARCO METODOLÓGICO | 23 |
| 4.1. | Ubicación geográfica | 23 |
| 4.2. | Diseño de la investigación..... | 24 |
| 4.3. | Métodos de investigación | 26 |
| 4.4. | Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación.... | 26 |
| 4.5. | Técnicas e instrumentos de recopilación de información | 27 |
| 4.6. | Técnicas para el procesamiento y análisis de la información..... | 36 |
| 4.7. | Equipos, materiales, insumos, etc..... | 36 |
| 4.8. | Matriz de consistencia metodológica..... | 38 |
| | CAPITULO V | 39 |
| | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 39 |
| 5.1. | Presentación de resultados..... | 39 |
| 5.2. | Análisis, interpretación y discusión de resultados | 52 |
| 5.3. | Contrastación de hipótesis..... | 70 |
| | CONCLUSIONES | 71 |
| | RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS..... | 72 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 73 |
| | APÉNDICES | 77 |
| 1. | Datos de ensayos del suelo de la cantera ubicada en la cruz blanca..... | 77 |

| | | |
|----|--|-----|
| 2. | Datos de ensayo de absorción por capilaridad de los BTC | 80 |
| 3. | Datos de ensayo de absorción por inmersión total de los BTC..... | 81 |
| 4. | Datos de ensayo de erosión de los BTC..... | 83 |
| 5. | Datos de ensayo de resistencia a compresión de los BTC | 85 |
| 6. | Grafica de esfuerzo Vs. Deformación de los BTC | 87 |
| 7. | Datos de ensayo de resistencia a flexión de los BTC | 98 |
| 8. | Panel fotográfico..... | 100 |
| | ANEXOS..... | 106 |
| 1. | Constancias de ensayos de laboratorios | 106 |

ÍNDICE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Resistencia a la Erosión..... | 18 |
| Tabla 2: Operacionalización/categorización del componente se la hipótesis | 22 |
| Tabla 3: Coordenadas del laboratorio de la UNC..... | 23 |
| Tabla 4: Coordenadas de la cantera | 24 |
| Tabla 5: Tipo de la investigación según los diferentes criterios..... | 26 |
| Tabla 6: Cantidad de BTC..... | 27 |
| Tabla 7: Matriz de consistencia metodológica | 38 |
| Tabla 8: Porcentaje que pasa de la muestra..... | 39 |
| Tabla 9: Límite de Atterberg | 40 |
| Tabla 10: Proctor estándar..... | 42 |
| Tabla 11: Absorción por capilaridad de BTC..... | 43 |
| Tabla 12: Absorción por inmersión total de BTC | 45 |
| Tabla 13: Erosión de los BTC | 47 |
| Tabla 14: Resistencia a compresión de los BTC | 49 |
| Tabla 15: Resistencia a flexión de los BTC | 51 |
| Tabla 16: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con cascara de arroz | 53 |
| Tabla 17: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con aserrín | 55 |
| Tabla 18: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con cascara de arroz | 57 |
| Tabla 19: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con aserrín | 58 |
| Tabla 20: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con cascara de arroz | 60 |
| Tabla 21: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con aserrín | 62 |
| Tabla 22: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con cascara de arroz | 63 |
| Tabla 23: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con aserrín | 65 |
| Tabla 24: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con cascara de arroz | 67 |
| Tabla 25: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con aserrín | 69 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Viviendas particulares, según material predominante en las paredes exteriores a nivel nacional..... | 3 |
| Figura 2: Bloque de tierra comprimida..... | 12 |
| Figura 3: Granulometría recomendada para BTC..... | 13 |
| Figura 4: Plasticidad recomendada para BTC..... | 13 |
| Figura 5: Cascara de arroz usada en investigación..... | 15 |
| Figura 6: Aserrín usada en la investigación..... | 15 |
| Figura 7: Maquina (prensa manual)..... | 16 |
| Figura 8: Ubicación del laboratorio de la UNC..... | 23 |
| Figura 9: Ubicación de la cantera..... | 24 |
| Figura 10: Flujo de la investigación..... | 25 |
| Figura 11: Esquema de ensayo de capilaridad..... | 32 |
| Figura 12: Esquema de ensayo de erosión..... | 34 |
| Figura 13: Diagrama de ensayo a compresión..... | 35 |
| Figura 14: Diagrama de ensayo a flexión..... | 36 |
| Figura 15: Curva de distribución granulométrica..... | 40 |
| Figura 16: Limite líquido..... | 41 |
| Figura 17: Comparación del IP con la norma..... | 41 |
| Figura 18: Curva de compactación..... | 42 |
| Figura 19: Comparación de absorción por capilaridad de los BTC..... | 43 |
| Figura 20: Estabilizante Vs. Absorción por capilaridad..... | 44 |
| Figura 21: Comparación de absorción por inmersión total de los BTC..... | 45 |
| Figura 22: Estabilizante Vs. Absorción por inmersión total..... | 46 |
| Figura 23: Comparación de erosión de los BTC..... | 47 |
| Figura 24: Estabilizante Vs. Erosión..... | 48 |
| Figura 25: Comparación de la resistencia a compresión de los BTC..... | 49 |
| Figura 26: Grafico de estabilizante Vs. Resistencia a compresión..... | 50 |
| Figura 27: Comparación de la resistencia a flexión de los BTC..... | 51 |
| Figura 28: Gráfico de estabilizante Vs. Resistencia a flexión..... | 52 |
| Figura 29: Grafica de intervalos de absorción por capilaridad Vs. % Cascara de arroz..... | 54 |
| Figura 30: Grafica de intervalos de Absorción por Capilaridad Vs. % Aserrín..... | 55 |

| | |
|--|----|
| Figura 31: Grafica de intervalos de Absorción por Inmersión Total Vs. % Cascara de Arroz | 57 |
| Figura 32: Grafica de intervalos de Absorción por Inmersión Total Vs. % Aserrín | 59 |
| Figura 33: Grafica de intervalos de Erosión Vs. % Cascara de Arroz..... | 60 |
| Figura 34: Grafica de intervalos de erosión Vs. % Aserrín | 62 |
| Figura 35: Grafica de intervalos de la Resistencia a Compresión Vs. % Cascara de Arroz | 64 |
| Figura 36: Grafica de intervalos de Resistencia a Compresión Vs. % Aserrín..... | 66 |
| Figura 37: Grafica de intervalos de la Resistencia a Flexión Vs. % Cascara de Arroz.. | 67 |
| Figura 38: Grafica de intervalos de Resistencia a Flexión Vs. % Aserrín..... | 69 |

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

ASTM: American society for testing and materials (Sociedad americana para pruebas y materiales).

ANOVA: Análisis de la varianza.

BTC: Bloque de tierra comprimida.

CINVA: Centro Interamericano de vivienda.

cm: Centímetros.

cm²: Centímetros cuadrados.

cm³: Centímetros cúbicos.

g: Gramos.

GL: Grados de libertad.

h: Horas.

IC: Índice de confianza.

kg/cm²: kilogramos por centímetro cuadrado.

min: Minutos.

mm: Milímetros.

NTP: Norma Técnica Peruana.

UNE: Asociación Española de Normalización.

GLOSARIO

Absorción: es la cantidad de agua que puede absorber un bloque.

Desviación estándar: es una medida que se usa para calcular la variación de los datos.

Erosión: es la degradación de un bloque por acción del agua.

Media: es el valor que se obtiene al dividir la suma de un conjunto de datos entre la cantidad de ellos.

Resistencia a compresión: es cuando se determina la magnitud de la carga máxima a compresión que puede resistir un bloque.

Resistencia a Flexión: es cuando se determina la magnitud de la carga máxima a flexión que puede resistir un bloque.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue comparar las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra comprimida estabilizada (BTC) con cascara de arroz y aserrín. Se realizó la estabilización con el 1%, 3% y 5% de cascara de arroz y aserrín para cada bloque de tierra comprimida, para poder observar los efectos que causa en las propiedades físico-mecánicas (absorción, erosión, resistencia a compresión y resistencia a flexión). La muestra estuvo constituida por 210 bloques de tierra comprimida de 300 x 150 x 80 mm, distribuidas en 6 unidades correspondientes a los diferentes ensayos y para cada tipo de estabilizante (cascara de arroz y aserrín). De los resultados obtenidos de los diferentes ensayos de los BTC estabilizados con cascara de arroz son mayor que los BTC estabilizados con aserrín. Por lo tanto, los BTC estabilizados con cascara de arroz son los más recomendables para la construcción de viviendas debido a que tienen mayor resistencia a compresión, superando la resistencia mínima del adobe según como indica la norma E.080.

Palabras clave: **Cascara de arroz, aserrín, absorción, erosión, resistencia a compresión, resistencia a flexión.**

ABSTRACT

The objective of the present research was to compare the physical-mechanical properties of stabilized compressed earth (BTC) blocks with rice husks and sawdust. Stabilization was carried out with 1%, 3% and 5% of rice husks and sawdust for each block of compressed earth, in order to observe the effects it causes on the physical-mechanical properties (absorption, erosion, compressive strength and flexural strength). The sample consisted of 210 blocks of compressed earth measuring 300 x 150 x 80 mm, distributed in 6 units corresponding to the different tests and for each type of stabilizer (rice husk and sawdust). Of the results obtained from the different trials of the BTC stabilized with rice husks are higher than the BTC stabilized with sawdust. Therefore, BTC stabilized with rice husks are the most recommended for housing construction because they have greater compressive strength, exceeding the minimum resistance of adobe as indicated by the E.080 standard.

Keywords: Rice husk, sawdust, absorption, erosion, compressive strength, flexural strength.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

El empleo del suelo como material de construcción es una técnica de tradición vernácula usada en todo el mundo. Existen diferentes sistemas constructivos a base de tierra que se han popularizado en cada país dependiendo de la plasticidad de la arcilla encontrada en el suelo, sin embargo, la falta de normatividad en algunos países ha llevado a que sea necesario realizar diversas pruebas para demostrar su durabilidad ante el agua, agentes atmosféricos especialmente en climas tropicales, así como su resistencia a la compresión. (Aranda & García, 2015)

Según Muñoz & Rojas (2021) Los materiales de construcción como los bloques de hormigón y el ladrillo de arcilla cocida son muy costosos y en algunos casos producen un efecto negativo al ecosistema. Pese a que existe muchas investigaciones para mejorar la durabilidad de los ladrillos estos no han sido divulgados adecuadamente. Una de las opciones es el bloque de tierra comprimida (BTC) estabilizada, como material sostenible que utiliza tierra disponible en el lugar, incorporando estabilizadores para mejorar sus propiedades mecánicas.

“La estabilización de bloques de tierra comprimida (BTC) es un proceso fundamental para incentivar el uso de la tierra como material de construcción e implica acciones químicas, físicas y mecánicas” (Galarza et al., 2021, pág. 30)

En el Perú aún hay una cantidad considerable de habitantes que todavía siguen construyendo viviendas de tierra ya sea de adobe o tapial. Para lo cual es necesario buscar alternativas de solución para mejorar las construcciones de este tipo de material, por esta razón se debe realizar más investigación sobre los bloques de tierra comprimida y estabilizadas con algunos componentes que ayude a mejorar las características físico-mecánicas de este tipo de bloques los cuales traen beneficio por su bajo costo de producción y también no dañan al ambiente.

Por lo cual esta investigación se centra en el estudio de los bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizadas con cascara de arroz y aserrín, en efecto se estudió las propiedades físico-mecánicas de las unidades de BTC para determinar si mejorar algunas de dichas propiedades.

1.1.2. Descripción del problema

El uso de la tierra en la construcción se viene utilizando desde la antigüedad hasta la actualidad y en el mundo entero. Por este motivo se trata de mejorar dichas construcciones utilizando los BTC (bloques de tierra comprimida).

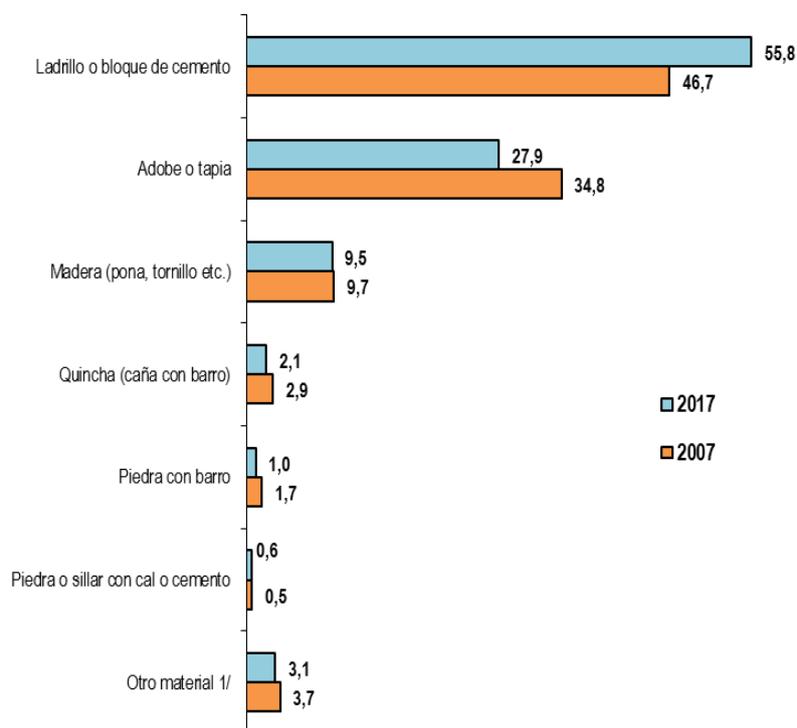
El material más predominante en cualquier lugar es la tierra o suelo, en el presente, su utilización ha aumentado, debido a la conciencia ecológica, el costo de producción es bajo, también es un material reciclable y adaptable a las condiciones climáticas del lugar. Al incorporarle algún agregado, el material es moldeado para así poder obtener mejores propiedades de los bloques. La tecnificación de esta modalidad es el inicio del renacimiento de la ingeniería y arquitectura con tierra. (Arteaga, Medina & Gutiérrez, 2011)

Los países más avanzados han llegado a la conclusión de que existen problemas con el reciclado de materiales, ciclos de los edificios, el gasto de energía que originan dentro de ellos y la contaminación ambiental. Por eso, están

difundiendo y promoviendo el uso de materiales ecológicos para construir edificios sostenibles, en los cuales uno de los materiales principales es la tierra. (Hernández, 2016)

Según Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). A nivel nacional las viviendas con material predominante en las paredes exteriores de ladrillo o bloques de cemento es de 55.80%, las viviendas que tienen como material predominante al adobe o tapial es de 27.90%. Por otro lado, en el departamento de Cajamarca hay 264 310 viviendas de adobe o tapial de un total de 376 223 viviendas.

Figura 1: Viviendas particulares, según material predominante en las paredes exteriores a nivel nacional.



Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017.

Por lo tanto, se puede decir que aún existe una gran parte de la población de Cajamarca tienen sus viviendas construidas de material de tierra con mayor

incidencia en las zonas rurales según la información anterior, para lo cual debe difundir como se puede mejorar este tipo de construcciones de tierra utilizando BTC, ya que tienen mejor resistencia que los materiales tradicionales (adobe o tapial).

Y como en esta parte de la región hay presencia de fuerte lluvia por lo cual se podría mejorar sus propiedades físico-mecánicas con el material estabilizante, que podría ser de origen naturales (cascara de arroz, aserrín, etc.) o químicas (yeso, cal, cemento, etc.) los cuales pueden mejorar algunas de sus propiedades.

1.1.3. Formulación del problema

¿Qué estabilizante genera mejores propiedades físico-mecánicas en los bloques de tierra comprimida estabilizados con cascara de arroz y aserrín en comparación con los bloques de tierra comprimida sin estabilizante?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1. Justificación científica

En esta investigación se realiza la comparación de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra comprimida estabilizada con cascara de arroz y aserrín, en diferentes porcentajes y así poder determinar su influencia en sus propiedades de los BTC.

1.2.2. Justificación técnica-práctica

La investigación ayudará a mejorar las propiedades físico-mecánicas de los bloques de tierra comprimida para lo cual serán estabilizadas con cascara de arroz y aserrín, por lo tanto, se dará solución a los problemas de las construcciones de tierra.

1.2.3. Justificación institucional y personal

Esta investigación aporta información relevante sobre las propiedades físico-mecánicas de los bloques de tierra comprimida las cuales mejoran cuando se realiza la estabilización con cascará de arroz y aserrín, entonces esto permitirá realizar mejores construcciones de tierra.

1.3. Delimitación de investigación

- La Tierra usada fue extraída de la cantera ubicada en la Cruz Blanca de la ciudad de Cajamarca.
- La cascara de arroz procede del distrito de Pucara provincia de Jaén.
- El aserrín es de madera de eucalipto seco la cual procede de la ciudad de Cajamarca.
- La máquina para la elaboración de los BTC es una prensa manual.
- Los ensayos de los bloques de tierra comprimida (BTC) son absorción por capilaridad, absorción por inmersión total, erosión, resistencia a compresión y flexión las cuales fueron ensayadas en el laboratorio de Universidad Nacional de Cajamarca y un laboratorio externo.
- Los resultados obtenidos en la investigación solo son válidos para la cantera ubicada en la Cruz blanca, la cascara de arroz del distrito de Pucara y el aserrín de madera de eucalipto seco de la ciudad de Cajamarca.
- No se realizaron ensayo a tracción de los bloques de tierra de comprimida (BTC) estabilizadas con cascara de arroz y aserrín.
- No se realizaron ensayos de pilas y muretes de los bloques de tierra de comprimida (BTC) estabilizadas con cascara de arroz y aserrín.

1.4. Limitaciones

En la presente investigación no existo limitación alguna.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivos generales

- Comparar las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra comprimida estabilizada con cascara de arroz y aserrín.

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento físico-mecánico de los bloques de tierra comprimida sin estabilizante.
- Analizar el comportamiento físico-mecánico de los bloques de tierra comprimida estabilizadas con 1%, 3% y 5% de cascara de arroz.
- Analizar el comportamiento físico-mecánico de los bloques de tierra comprimida estabilizadas con 1%, 3% y 5% de aserrín.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Cabrera. (2022). “*Estudio de las características físicas, químicas y mecánicas del Bloque de Tierra Comprimida (BTC) con suelo-cal y adiciones minerales*”. El objetivo general de la tesis fue evaluar los efectos del reemplazo parcial de cal por materiales puzolánicos en las propiedades físicas, químicas, mecánicas y ambientales de los BTC. Finalmente concluyo que Un primer aspecto importante de los resultados obtenidos es la confirmación que tanto el polvo de ladrillo como la puzolana utilizados en esta tesis poseen propiedades puzolánicas limitadas y, en combinación con el hidróxido de calcio, forman pequeñas cantidades de fases amorfas de C-(A)-S-H con propiedades cementantes. Sin embargo, también se ha observado que en comparación con las muestras de BTC estabilizadas únicamente con cal, el uso de pequeñas cantidades de ambas adiciones minerales en combinación con cal aérea hidratada en la fabricación de BTC no mejora sus propiedades físicas y mecánicas.

Galarza. (2020) “*Fábrica de tierra estabilizada con adición de fibra del Bagazo de caña aplicado a viviendas rurales*”. Esta investigación tuvo como objetivo el desarrollo de fábricas de tierra estabilizadas a base de arcillas, reforzadas con fibra de bagazo de caña de azúcar, cementantes y aglutinantes locales, hacia la optimización de su respuesta mecánica a cargas y deterioro. Concluyendo que, según los resultados la adición de 8% de CBCA (Ceniza del bagazo de caña de azúcar) en combinación con 12% de cal mejora significativamente las propiedades mecánicas y la durabilidad de los bloques de

tierra comprimida. El uso de la CBCA como adiciones estabilizantes permiten recomendarlo como refuerzo puzolánico de alta valoración dentro de la sustentabilidad de proyectos con fábricas de tierra, ya que se hace uso de un residuo vegetal reciclado reduciendo el uso del cemento portland.

López. (2018). “*Desarrollo de un nuevo bloque de tierra mejorada con la incorporación de aditivos de compuestos orgánicos*”. El objetivo de la investigación fue lograr aumentar las propiedades resistentes de los bloques de tierra mediante la incorporación de un gel de origen vegetal, este es un procedimiento estrictamente sostenible y completamente ecológico. Mejorar la resistencia mecánica de los bloques de tierra conlleva intrínsecamente la mejora de las técnicas de construcción de tierra utilizadas hasta hoy en día. Además, permitirá tener en el sector una nueva alternativa de construcción segura, económica y sostenible. El investigador concluye que, todas las muestras que fueron elaborados con GOV (Gel de Origen Vegetal), obtuvieron resultados de resistencia a compresión y flexión superiores que el blanco de referencia Muestra 1 el GOV mejora la resistencia de la tierra, llegando en la muestra 2 a una resistencia media de 7,34N/mm², es decir que tiene una mejora de 134% a compresión y a flexión media de 3,88 N/mm² esto significa una mejora de 300% a flexión respecto al blanco de referencia. Superando en resistencia mecánica y entre otras características al BTC 5 citado en la norma UNE 41410: 2008.

Ruiz. (2018). “*Diseño y evaluación de un ladrillo de suelo estabilizado con escoria metalúrgica activada alcalinamente*”. El objetivo de la investigación fue de diseñar un bloque con tierra y escorias metalúrgicas activadas mediante una solución alcalina y someterlo a evaluación frente a la normativa establecida, donde se analizó la incorporación de escorias activadas para fabricar bloques de

tierra compactada, evaluando la composición química de las escorias y activándolas con NaOH en concentraciones 8 M, 10 M, 12 M, 14 M; evaluando relaciones l/s de 0.4, 0.6, 0.8, obtenido resultados de 8 MPa hasta 56 MPa a compresión de las pastas activadas de escorias. Se diseñaron mezclas para los bloques de tierra compactada con escoria activada en porcentajes de 5% al 25%, obtenido resistencias de 4 MPa a 12 MPa, con absorciones de agua de 15% en promedio. Se diseñó la mezcla final con 23% de escoria activada, obteniendo un resultado a la compresión de 12 MPa en estado seco y 6.4 MPa estado húmedo con una absorción promedio de 12%.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Aliaga & Alvarado. (2019). “*Mejora del bloque de tierra comprimida con aditivos regionales naturales para la auto construcción de viviendas*”. El objetivo principal de esta tesis fue el de contribuir a la mejora de la tecnología para la fabricación de los BTC estabilizados con aditivos naturales regionales para la construcción de viviendas, con bajo costo energético y ambiental y que puedan ser promovidos por medio de autoconstrucción. En la fabricación de los BTC se usó una prensa manual de volumen constante, aplicando una presión de compactación constante, y como aditivos se usaron la cal (5%), cuatro contenidos diferentes de ceniza de cáscara de arroz (2.5%, 5%, 7.5% y 10%) y dos contenidos diferentes de fibra de plátano (0.175% y 0.25 %). Los resultados muestran un aumento de la resistencia a la compresión y a la flexión del BTC cuando se adiciona, dentro de ciertos límites, la cal, ceniza de cáscara de arroz, y fibra de plátano; de hecho, la resistencia a la compresión del BTC obtenida adicionando diferentes combinaciones de aditivos naturales es comparable a los exigidos por algunos códigos de construcción con tierra para el BTC.

Álvarez. (2018). “*Comparación de las propiedades mecánicas de unidades y prismas de bloques de tierra comprimida estabilizada con cemento y geopolímero de puzolana*”. El objetivo de la investigación fue estudiar las propiedades mecánicas de bloques de tierra comprimida estabilizada interconectados (BTCEI) con dos tipos de sustancia estabilizante: cemento y geopolímero de puzolana, para su uso en la construcción de viviendas sociales ecosostenibles y resistentes. Concluye que, La resistencia a la compresión de BTCE con 8% de cemento y BTCE con 15% de geopolímero de puzolana a los 28 días resultó de 3.6 MPa y 2.4 MPa respectivamente y de BTC de 1.3 MPa. Los resultados del BTCE muestran un mejor resultado respecto a los BTC debido a la acción del agente estabilizante. La resistencia a la flexión del BTC fue de 0.1 MPa teniendo una relación con su resistencia a la compresión de 9.8%. Además, la resistencia a la flexión de BTCE con 8% de cemento fue de 0.7 MPa, donde la relación con su resistencia a la compresión es de 19%. Así mismo, la resistencia a la flexión de BTCE con 15% de geopolímero de puzolana fue de 0.20 MPa, donde la relación con su resistencia a la compresión es de 8.3%.

2.1.3. Antecedentes locales

Gaitán. (2022). “*Evaluación de bloques de tierra comprimida (BTC) con fines de albañilería, Tacabamba, Chota*”. El objetivo de la investigación fue determinar las características físicas y mecánicas de los bloques de tierra comprimida (BTC) elaborados con suelo de las canteras Succhapampa, Cumpampa y La Laguna, del distrito de Tacabamba, para verificar si cumplen los estándares de resistencia a la compresión de la norma E.080 (MVCS, 2021) y la norma UNE 41410 (2008). Y llegó a la conclusión que, Los BTC elaborados con suelo de las canteras Succhapampa, Cumpampa y La Laguna del distrito de

Tacabamba, son 69.70, 70.10 y 69.61% más resistentes que un adobe de 10.20 kg normado por la E.080 (MVCS, 2021); 30.64, 30.94, y 30.56% más resistentes que un BTC tipo 1 de 13.5 kg normado por la UNE 41410 (2008).

Infante. (2018). “*Resistente a la compresión y absorción en bloques de tierra comprimida, con adición de goma de aloe vera, Cajamarca 2018*”. El objetivo de esta tesis fue determinar cuál es la influencia de la adicción de goma aloe vera en los bloques de tierra comprimidos en cuanto a la resistencia a la compresión y la absorción. Y llego a la conclusión que, El aloe vera con adición de 3, 6 y 9%, aumenta su resistencia asta en un 42% con respecto a la muestra patrón sin adición. Y en lo que concierne a la absorción de agua en los bloques de tierra comprimida con adición de 3, 6 y 9% de aloe vera si resisten la prueba de absorción, pero los bloques de tierra comprimida de la muestra patrón no resistió la prueba de absorción.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Bloques de tierra comprimida (BTC)

El bloque de tierra comprimida es una unidad de albañilería que se utiliza en la edificación de muros, dinteles, arcos, bóvedas de cañón corrido, hiperboloides y cúpulas. Puede ser sólido, semihueco, con agujeros completos. (Rotondaro et. al., 2018). Y son piezas prismáticas de tierra las cuales se fabrican en moldes parecido al adobe. Aunque la característica fundamental del BTC es que cuando está dentro del molde la tierra es comprimida, incrementando su compacidad y así, su resistencia mecánica. (Pinos, 2015)

Figura 2: Bloque de tierra comprimida



2.2.2. Componentes de los bloques de tierra comprimida

A. Tierra

La tierra es un material que está compuesto de arcilla, limo y arena, pero también es posible que a veces puede contener grava y piedras. En el campo de la ingeniería sus partículas se clasifican dependiendo de su diámetro. Las partículas con diámetro menores a 0.02 mm son arcillas, cuando están entre 0.002 y 0.06 mm son limo, y por último las que están entre 0.06 y 2 mm es arena. Las partículas de mayor diámetro se denominan gravas y piedras. (Minke, 2005)

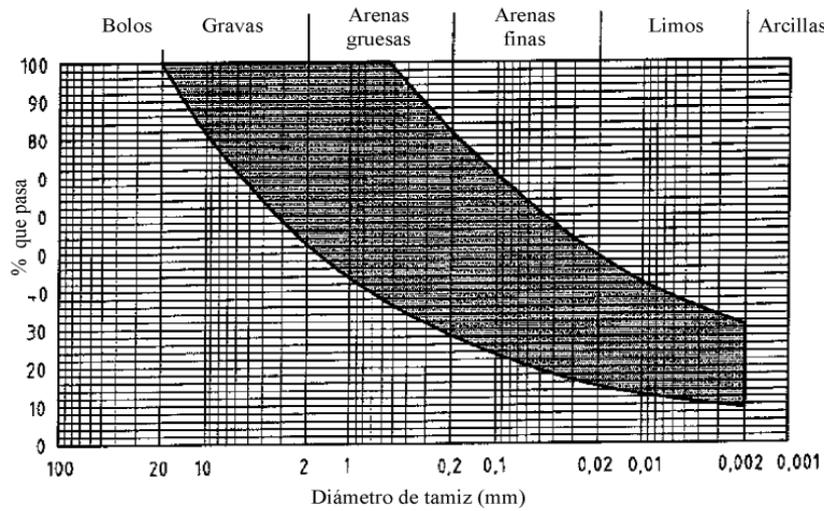
1. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades más importantes que debe considerarse del suelo, para la elaboración de los BTC son:

- **Granulometría**

Según lo que recomienda la Norma UNE 41410:2008 la granulometría para la elaboración de los BTC debe estar dentro de los márgenes del siguiente gráfico.

Figura 3: Granulometría recomendada para BTC

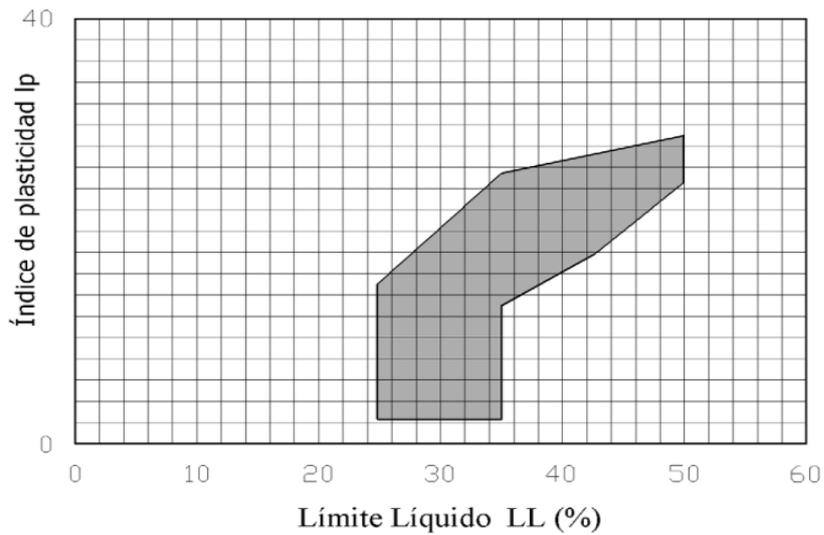


Fuente: Norma UNE 41410 - 2008

- **Plasticidad**

Para la elaboración de los BTC la Norma UNE 41410:2008 recomienda que la plasticidad se encuentre en el área sombreada de la gráfica que está a continuación.

Figura 4: Plasticidad recomendada para BTC



Fuente: Norma UNE 41410 – 2008

B. Agua

la cantidad de agua que se adiciona a la mezcla dependerá de la humedad natural que tenga la tierra utilizada. Lo más conveniente tener en cuenta el contenido óptimo de humedad, que se debe determinar por la prueba de Proctor, el que nos indicara la humedad optima de compactación de un suelo. (PDT, 2006)

C. Estabilizante

Según García (2019-2020), Es un producto que sirve para mejorar las características naturales de la tierra que se utiliza para la fabricación de los BTC. Pueden mejorar características como resistencia a compresión, los efectos de la retracción al secarse el agua y por lo tanto evitando su erosión, la resistencia a los agentes biológicos etc. Hay muchos materiales que se pueden usar como estabilizantes: cal, yeso, cemento, resinas, polímeros, aceites, grasas, emulsiones asfálticas, ceras, sosa, orín, estiércol, yema de huevo, caseína, puzolánicas, paja, pelo, crin, hierba, corteza de coco, algodón etc. Así como menciona la Norma UNE 41410:2008.

Las estabilizaciones se realizan mediante procesos homogéneos que consisten en adicionar el material faltante, si la tierra es poco cohesiva se le agrega arcilla y si es muy cohesiva se le agrega arena, dichos materiales se incorporan en seco y deben ser similares al material por estabilizar. En cambio, en el proceso heterogéneo se incorpora otro tipo de materiales que cumplan con la función de dar estabilidad al material natural. (Pinos, 2015)

- **Cascara de arroz**

Cascara de arroz o también llamado cascarilla es un tejido vegetal, la cual es un buen producto combustible, ya que este compuesto por celulosa y sílice

(Andaluz, 2022). La cual también es utilizada para la estabilización de suelo en la elaboración de BTC.

Figura 5: Cascara de arroz usada en investigación



- **Aserrín**

Es el resultado de los diferentes procesos que pasa la madera, y existen dos tipos de granos que son finos y gruesos, estos tipos se obtiene según el mecanismo y las sierras que se utilizan en dicho proceso. También existen en diferentes colores las cuales dependen de los tipos de madera que pueden ser cedro, eucalipto, nogal, pino, roble, etc. (Barrera, 2016).

Figura 6: Aserrín usada en la investigación



D. Maquina CINVA – RAM

Según Programa de Desarrollo Tecnológico (2006), dice que la maquina CINVA - RAM fue diseñada por el ing. Chileno Raúl Ramírez, Centro Interamericano de

Vivienda (CINVA), Bogotá, Colombia. La máquina consiste en una caja metálica de acero, con un pistón que se opera manualmente por medio de un brazo de compresión que cuando se hace palanca eleva la plataforma inferior comprimiendo el bloque contra la tapa.

La máquina utilizada en la investigación se opera manualmente por medio de una palanca y elabora bloques de uno en uno. La máquina cuenta con 4 diferentes tipos de modelos, por lo cual se puede obtener diferentes tipos de bloques.

Figura 7: Máquina (prensa manual)



2.2.3. Propiedades de los Bloques de Tierra Comprimida (BTC)

2.2.3.1. Propiedades físicas

A) Absorción por capilaridad

El ensayo de absorción por capilaridad consiste en determinar la cantidad de agua que absorbe el bloque en un tiempo definido, la cual se coloca en un recipiente hasta una cierta altura de agua. De donde se determinará el coeficiente C_b de la absorción de agua por capilaridad. (Mejía, 2018). No todas las normas hacen una clasificación de los resultados obtenidos del coeficiente C_b , solo la norma colombiana NTC 5324 (ICONTEC 2004) y la norma experimental francesa XP P13-901 (AFNOR 2001), hacen referencia a dos categorías de los valores del

coeficiente C_b , bloques débilmente capilares ($C_b \leq 20$) y bloques poco capilares ($C_b \leq 40$). (Cid, 2012)

$$C_b = \frac{M}{Sx\sqrt{t}} * 100 \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

M = la masa del agua absorbida (g)

S = la superficie de la cara sumergida (cm^2)

t = la duración de inmersión del bloque (10 min)

B) Absorción por inmersión total

Consiste en determinar la cantidad de agua que absorbe el bloque durante 24 horas, la cual se realiza sumergiendo completamente al bloque en el agua. Este ensayo se define en las normas internacionales como “water absorption” KS 02-1070 (KEBS 1999) o “total wáter absorption” SLS 1382-2 (SLSI 2009b) para bloques de tierra comprimida o adobe estabilizados. (Cid, 2012)

$$W_s(\%) = \frac{M_s - M_d}{M_d} * 100 \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

M_d = masa seca (g)

M_s = masa saturada (g)

W_s = Porcentaje de absorción (%)

C) Erosión

El ensayo de la erosión por caída de agua que se realiza mediante el procedimiento del ensayo de erosión acelerada Swinburne (SAET). La cual consiste en la liberación de agua desde un pequeño deposito elevado, hasta el bloque que se encuentra inclinado para permitir que se produzca necesariamente un humedecido, absorción, erosión y escorrentía. (Cid, 2012)

Tabla 1: Resistencia a la Erosión

| Propiedad | Criterio | Resultados |
|--|--------------------|-------------------|
| D, (profundidad de la oquedad, en mm) | $0 \leq D \leq 10$ | Bloque apto |
| | $D > 10$ | Bloque no apto |

Fuente: UNE 41410:2008

2.2.3.2. Propiedades mecánicas

A) Resistencia a compresión

Según Gallegos & Casabonne (2005), la carga de compresión se aplica en forma perpendicular a las caras de asiento, si el bloque es irregular se rellena o alisa para lograr el contacto uniforme con los cabezales de la máquina de compresión.

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

σ = esfuerzo a compresión (kg/cm²)

P = carga máxima de rotura(kgf)

A = área (cm²)

B) Resistencia a flexión

Según Gallegos & Casabonne (2005), el ensayo a flexión se efectúa en la máquina de compresión sobre el bloque entero la cual está apoyada en sus extremos con una luz no mayor a 18 cm y la carga se aplica en el centro del bloque.

$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

M_r = módulo de rotura (kg/cm^2)

P = carga máxima (kgf)

L = longitud del tramo

b = ancho del bloque

h = altura del bloque

2.3. Definición de términos básicos

A continuación se mencionará algunas definiciones más resaltantes de la investigación como son las siguientes:

- Arcilla: es el único material activo e indispensable del suelo. Cuando se pone en contacto con el agua permite su amado, y en consecuencia tiene un comportamiento plástico y puede cohesionar el resto de las partículas inertes del suelo formando el barro, que al secarse adquiere una resistencia seca que lo convierte en material constructivo. (E.080, 2020)
- Bloques de tierra comprimida (BTC): bloques con forma de paralelepípedo rectangular, conseguido por compresión estática o dinámica de tierra húmeda. (UNE 41410, 2008)
- Estabilizante: es un componente que se agrega para mejorar algunas de sus propiedades mecánicas. (Cid, Mazarrón & Cañas, 2011)
- Limo: Es un elemento inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, compuesto por partículas que tienen un tamaño entre 0.002 mm y 0.08 mm de roca. (E.080, 2020)
- Tierra: Es un material de construcción constituido de cuatro elementos básicos que son: arcilla, limo, arena fina y arena gruesa. (E.080, 2020)

CAPITULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Los bloques de tierra comprimida estabilizadas con cascara de arroz incrementa en más del 5% sus propiedades físicas-mecánicas que los bloques de tierra comprimida estabilizadas con aserrín.

3.2. Variables/categorías

3.2.1. Variable Independiente

- Porcentaje de cascara de arroz
- Porcentaje de aserrín

3.2.2. Variable dependiente

- Propiedades físico-mecánicas

3.3.Operacionalización/categorización del componente se la hipótesis

Tabla 2: Operacionalización/categorización del componente se la hipótesis

| Hipótesis | Definición conceptual de las variables | Definición operacional de la investigación | | | |
|--|--|--|--|---|---|
| | | Variables | Dimensiones | Indicadores | Fuente de recolección de datos |
| Los bloques de tierra comprimida estabilizadas con cascara de arroz incrementa en más del 5% sus propiedades físicas-mecánicas que los bloques de tierra comprimida estabilizadas con aserrín. | <p>Cascara de arroz Cascara de arroz o también llamado cascarilla es un tejido vegetal, la cual es un buen producto combustible, ya que este compuesto por celulosa y sílice. (Andaluz, 2022)</p> <p>Aserrín Es el resultado de los diferentes procesos que pasa la madera, y existen dos tipos de granos que son finos y gruesos, estos tipos se obtiene según el mecanismo y las sierras que se utilizan en dicho proceso. (Barrera, 2016)</p> | <p><u>Variable Independiente:</u></p> <p>Porcentaje de cascara de arroz</p> <p>Porcentaje de aserrín</p> | <p>Porcentaje (%)</p> <p>Porcentaje (%)</p> | <p>Cantidad de estabilizante con respecto al peso de la tierra seca:</p> <p>1% de cascara de arroz 3% de cascara de arroz 5% de cascara de arroz</p> <p>1% de aserrín 3 % de aserrín 5 % de aserrín</p> | <p>Fichas o formatos de recolección de datos de peso de los estabilizantes.</p> <p>Fichas o formatos de recolección de datos de los ensayos de las propiedades físico-mecánicas de los BTC.</p> |
| | <p><u>Propiedades físicas.</u> – son la absorción por capilaridad, absorción por inmersión total y erosión.</p> <p><u>Propiedades mecánicas.</u> –son la resistencia a compresión y a flexión.</p> | <p><u>Variable Dependiente</u></p> <p>Propiedades Físico-mecánicas</p> | <p>Absorción por capilaridad ($\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}^{0.5}$)</p> <p>Absorción por Inmersión Total (%)</p> <p>Erosión (mm)</p> <p>Resistencia a Compresión (Kg/cm^2)</p> <p>Resistencia a Flexión. (Kg/cm^2)</p> | <p>Incremento de las propiedades físico-mecánicas</p> | |

CAPITULO IV

MARCO METODOLÓGICO

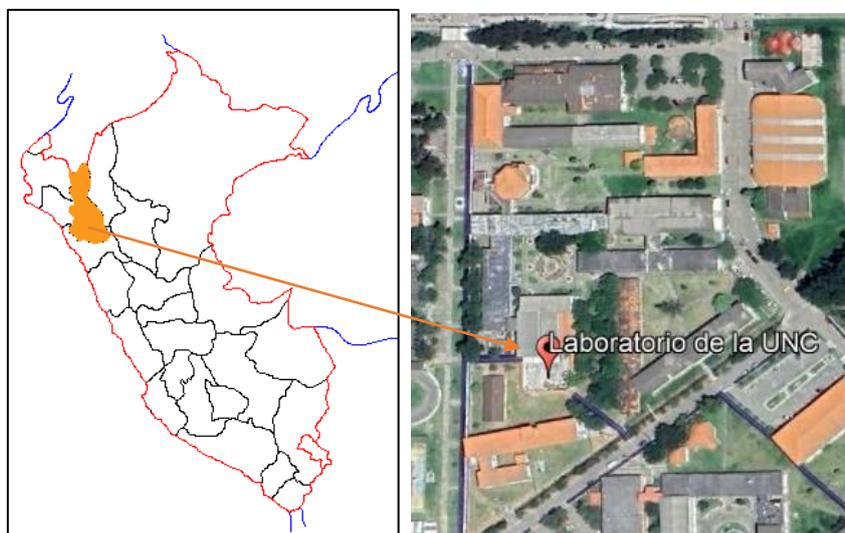
4.1. Ubicación geográfica

La investigación se realizó en el laboratorio de ensayos de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca y el laboratorio Guersan Ingenieros S.R.L, de la ciudad de Cajamarca.

Tabla 3: Coordenadas del laboratorio de la UNC

| Coordenadas UTM | |
|-----------------|--------------|
| Este | 776622 m |
| Norte | 9206984 m |
| Cota | 2682 m.s.n.m |

Figura 8: Ubicación del laboratorio de la UNC



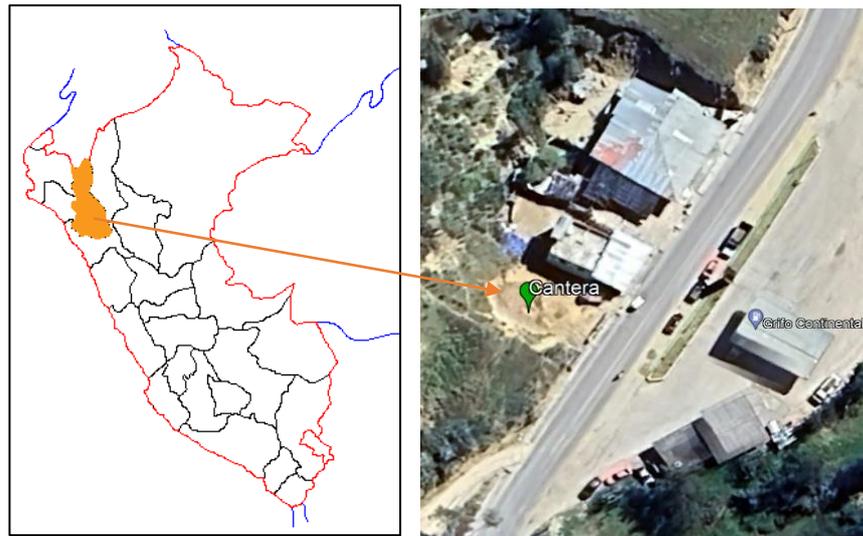
Fuente: Google Earth, 2024

El material (tierra) se extrajo de la cantera ubicada en la Cruz Blanca, el aserrín es de madera eucalipto proviene de un aserradero de la ciudad de Cajamarca y la cascara de arroz proviene del distrito de Pucara, provincia de Jaén, región Cajamarca.

Tabla 4: Coordenadas de la cantera

| Coordenadas UTM | |
|-----------------|--------------|
| Este | 774984 m |
| Norte | 9204371 m |
| Cota | 2851 m.s.n.m |

Figura 9: Ubicación de la cantera

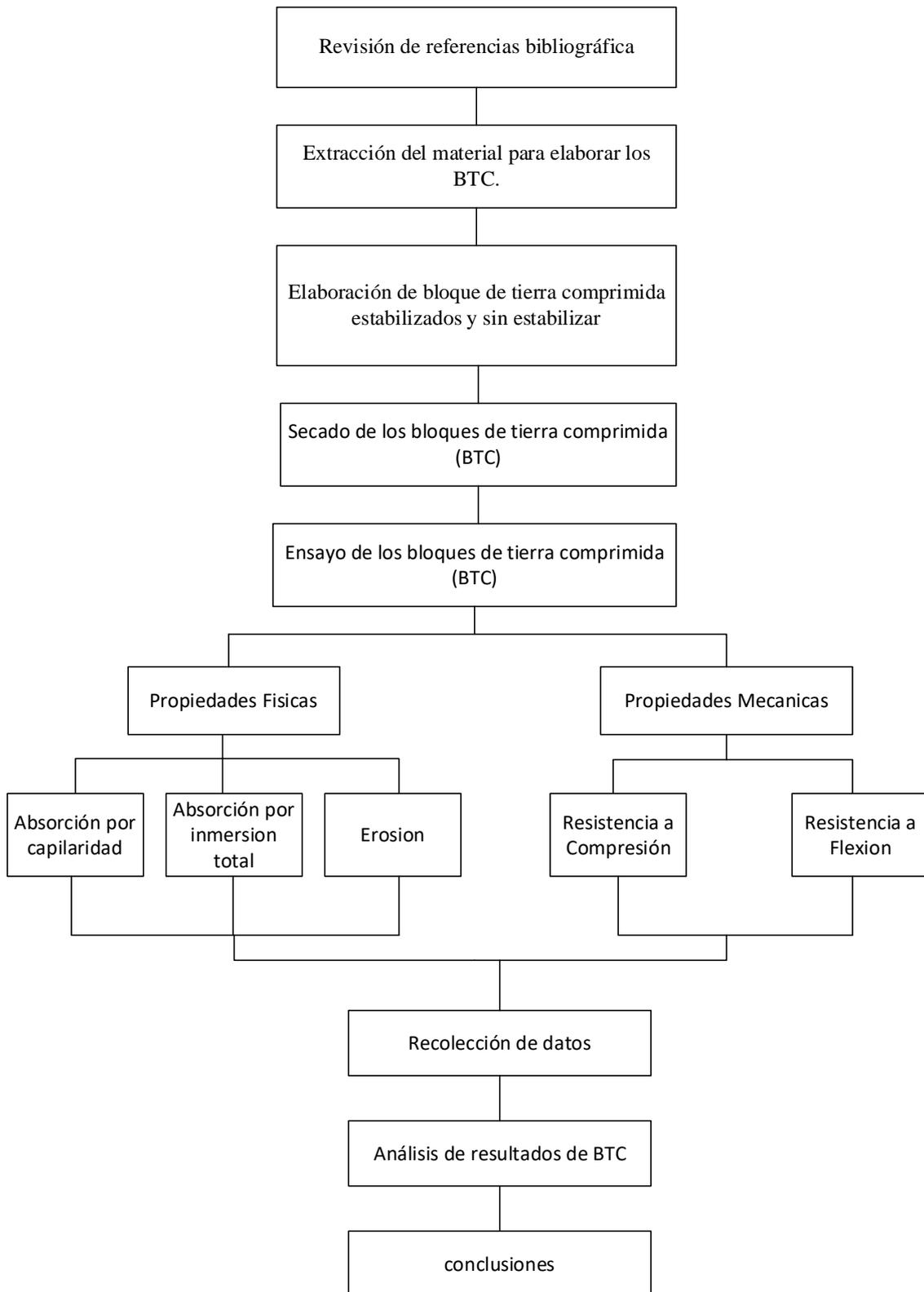


Fuente: Google Earth, 2024

4.2. Diseño de la investigación

Es experimental porque se estabilizo con el 1%, 3% y 5% de cascara de arroz y aserrín para cada bloque de tierra comprimida, para poder observar los efectos que causa en las propiedades físico-mecánicas.

Figura 10: Flujo de la investigación.



4.3. Métodos de investigación

En la presente investigación se aplicó el método hipotético-deductivo, este método científico tiene los siguientes pasos: Observación del fenómeno a estudiar, formulación de una hipótesis, deducción de consecuencias y contrastación del enunciado deducidos para determinar si se acepta o se rechaza la hipótesis.

Tabla 5: Tipo de la investigación según los diferentes criterios

| Criterio | Tipo de investigación |
|---------------------------|------------------------------|
| Propósito | Aplicada |
| Datos empleados | Cuantitativo |
| Objetivo | Correlacional |
| Manipulación de variables | Experimental |
| Temporalidad | Transversal |
| Inferencia | Hipotético-Deductivo |

4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

4.4.1. Población

Los bloques de tierra comprimida elaboradas con tierra de la cantera ubicada en la Cruz Blanca de la ciudad de Cajamarca.

4.4.2. Muestra

La cantidad de bloques de tierra comprimida de 300x150x80 mm se determinó teniendo en cuenta la recomendación de la Norma E.080, a continuación, se detallará la distribución de los bloques.

Tabla 6: Cantidad de BTC

| Cantidad de Bloques de Tierra Comprimida | | | | | | |
|---|----|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| Tipo | % | Propiedades Físicas | | Propiedades Mecánicas | | |
| | | Absorción por capilaridad | Absorción por inmersión total | Erosión | Resistencia a compresión | Resistencia a Flexión |
| BTC Patrón | 0% | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| BTC + | 1% | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Cascara de Arroz | 3% | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | 5% | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| BTC + Aserrín | 1% | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | 3% | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | 5% | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Parcial | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| Total | | | | 210 | | |

Por lo tanto, la cantidad total de bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizadas y sin estabilizar es de 210 las cuales están distribuidas en los diferentes ensayos como son: absorción por capilaridad, absorción por inmersión total, erosión, resistencia a compresión y resistencia a flexión.

4.4.3. Unidad de análisis

Propiedades físico-mecánicas de los bloques de tierra comprimida estabilizadas.

4.4.4. Unidad de observación

Bloque de tierra comprimida estabilizadas con cascara de arroz y aserrín.

4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

4.5.1. Técnicas de recopilación de información

Para la recopilación de la información se utilizó el método cuantitativo, debido a que se utilizó que medir las variables cuantitativas de estudio, que son los diferentes porcentajes de cascara de arroz y aserrín que se usó como

estabilizante en la elaboración de los bloques de tierra comprimida (BTC). A continuación, se describirá los pasos a seguir:

- Observación: se utilizó para conocer el comportamiento de los estabilizantes en las propiedades físicos-mecánicas de los bloques de tierra comprimida con la observación directa.
- Análisis de documentos: se utilizó para realizar la comparación de los resultados que se obtuvieron con otros estudios anteriores y que sean similares a la investigación.
- Experimentos: se utilizó para manipular las variables (porcentajes de cascara de arroz y aserrín).

Se realizaron los siguientes ensayos para el suelo y los bloques de tierra comprimida utilizando las normas ASTM, AASHTO, UNE, NTP y otras.

A) Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado

Normas de referencia

- ASTM D422

Procedimiento

- Primero secar la muestra en la estufa por 24 h y luego pesar la muestra seca.
- Colocamos la muestra en un recipiente, cubrir con agua y dejar durante algún tiempo.
- Tamizamos la muestra por la malla N° 200 mediante un chorro de agua, la muestra retenida en dicho tamiz se coloca en un recipiente y se deja secar en la estufa.
- Se realiza el tamizado de la muestra seca por el juego de tamices.

B) Límites de Atterberg

1. Limite liquido

Normas de referencia

- ASTM D4318

Procedimiento

- El suelo seco se tamiza por la malla N°40, el material que pasa es el cual se utiliza para el ensayo.
- Colocar la muestra tamizada en una capsula y adicionar agua mediante una espátula mezclar hasta obtener una mezcla uniforme.
- Se coloca la pasta en la Copa de Casagrande, nivelar usando la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm la cual será medida desde la base.
- Utilizando el acanalador hacer una ranura por el centro quedando dividida en dos partes.
- Usando la manivela se hace girar para elevar y caer a razón de dos caídas por segundo este procedimiento se realiza hasta que las dos mitades se cierre en el fondo de la ranura y a lo largo de 1.27 cm, contar el número de golpes que fueron necesarios.
- Retirar con la espátula una parte de la muestra que está en contacto en el fondo de la ranura y ponerlo en una tara para luego llevarlo a la estufa para así determinar su contenido de humedad de la muestra.
- El suelo sobrante se retira de la copa de Casagrande y colocar en la capsula, dependiendo de los resultados del ensayo anterior se adicionará agua o suelo según sea necesario. Este ensayo se debe repetir 2 veces más como mínimo.

2. Limite plástico

Normas de referencia

- ASTM D4318

Procedimiento

- Una parte de la mezcla preparada que se utilizó para el límite líquido (LL) se debe adicionar un poco de suelo seco tamizado en la malla N° 40 para que la mezcla baje su contenido de humedad y así poder realizar el ensayo.
- Una vez obtenida la mezcla óptima se realizará el enrollar con la mano sobre una placa de vidrio hasta tener rollitos de 3 mm de diámetro y así poder determinar su contenido de humedad, el ensayo debe repetirse como mínimo una vez más.

C) Proctor estándar

Normas de referencia

- AASHTO T-99 (método A)

Procedimiento

- Tener una muestra seca para el ensayo, según el método que se va utilizar.
- Realizar el tamizado del suelo por la malla N° 4 (4.75 mm)
- Se debe preparar 5 muestras con una cantidad de agua que haya sido determinada, de tal manera que el contenido de humedad de cada una de ellas varia aprox. en 1.5 % entre muestras.
- Acoplar el molde cilíndrico con la placa base y el collar de extensión que se utiliza para el ensayo de Proctor Estándar y colocar el papel filtro en el molde.
- Compactar cada muestra en 3 capas y cada capa con 25 golpes, al terminar de compactar la última capa, se debe retirar el collar de extensión para poder

enrasa con la espátula y por último determinar la densidad húmeda de la muestra.

D) Elaboración de bloques de tierra comprimida

Normas de referencia

- UNE 41410

Procedimiento

Para la fabricación de bloques de tierra comprimida (BTC) se seguirá el siguiente procedimiento que se describirá a continuación:

- Extracción de la tierra de la cantera ubicada en la Cruz Blanca.
- La cascara de arroz se obtuvo del distrito de Pucara, provincia de Jaén, región Cajamarca.
- El aserrín seco de eucalipto.
- Se procederá a romper los terrones que se han formado con un martillo de goma.
- Se extiende la tierra para que se pueda secar con el sol y luego se realizara el tamizado si fuera necesario.
- Se recomienda que la tierra este lo más seca posible para realizar el correcto mezclado con los estabilizantes como es la cascara de arroz y aserrín para así poder obtener una mezcla homogénea.
- Una vez mezclada la tierra se debe adicionar el agua (calculada en el Proctor estándar) hasta obtener el óptimo contenido de humedad.
- Una vez que se tiene la mezcla correcta se colocara en la máquina (prensa manual), la cual es comprima mediante un pistón que genera una presión sobre la masa de suelo contenida en el molde entre 10 a 20 kg/cm² aproximadamente.

- Luego retirar el bloque con mucho cuidado y se procede a secar al sol por 28 días.

E) Absorción por capilaridad

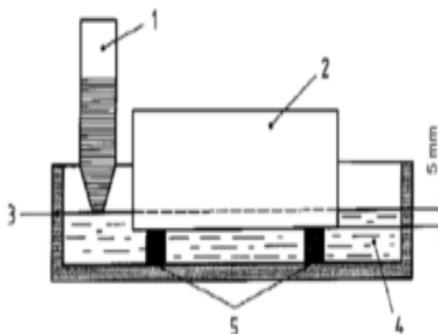
Normas de referencia

- UNE 41410 (AENOR 2008a) y NTC 5324 (ICONTEC 2004).

Procedimiento

- Se debe colocar el BTC sobre cuatro soportes que tengan la misma altura, con un nivel de agua que rebase el bloque en 5 mm y el tiempo de inmersión debe ser de 10 min aproximadamente.
- Después de la inmersión se retira el bloque para luego poner a secar.

Figura 11: Esquema de ensayo de capilaridad



Fuente: UNE 41410:2008

Donde:

- 1: deposito (nivel constante)
- 2: bloque
- 3: cubeta
- 4: agua potable
- 5: soportes regulables

F) Absorción por inmersión total

Normas de referencias

- ASTM C67 y NTP 399.613.

Procedimiento

- Se debe sumergir los bloques en un recipiente que permita la inmersión total durante 24 h.
- Retirar el bloque después de las 24 h, secar el agua superficial y por último pesar el bloque (masa saturada del bloque).
- Secar los bloques (masa seca del bloque).

G) Erosión (ensayo de erosión acelerada Swinburne SAET)

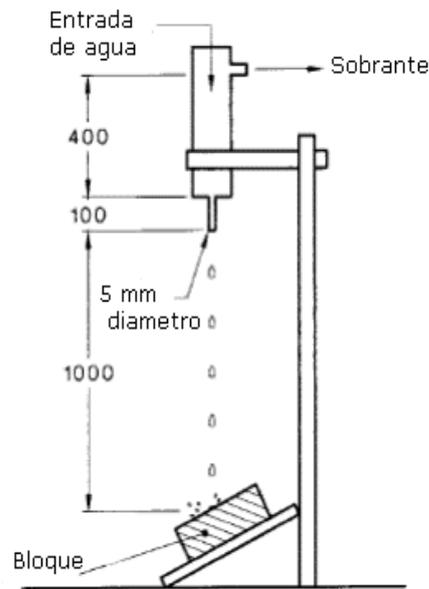
Norma de referencia

- UNE 41410 (AENOR 2008a).

Procedimiento

- Se debe dejar caer una corriente de agua continua sobre el bloque durante 10 min sobre una cara del bloque a través de un tubo de 5 mm de diámetro interior la cual está conectado a un tanque de agua que debe tener un nivel debe de ser constante.
- El bloque debe colocarse a una inclinación de 27° respecto de la horizontal.
- La profundidad de las oquedades (D) se debe medir con una varilla de $\Phi = 3$ mm.

Figura 12: Esquema de ensayo de erosión



Fuente: UNE 41410:2008

H) Resistencia a compresión

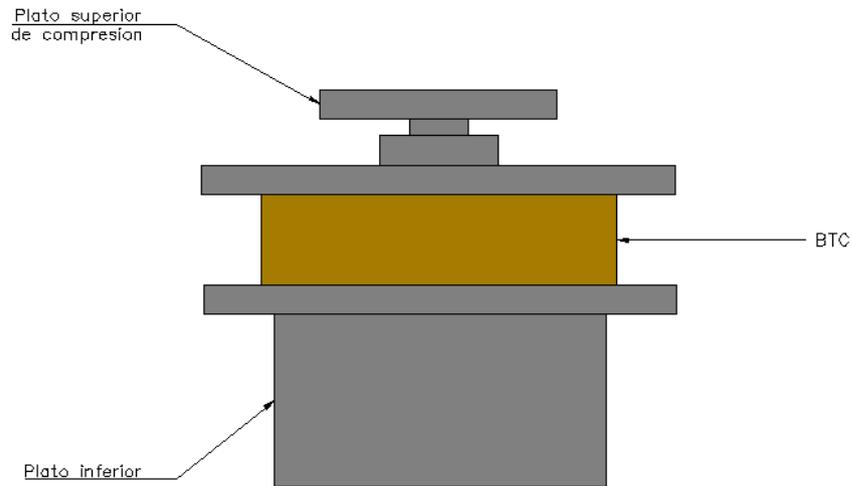
Norma de referencia

- ASTM C109, UNE 41410:2008 y NTP 399.604.

Procedimiento

- El ensayo a compresión se realizará de los bloques secos durante 28 días.
- Colocar el BTC en la máquina donde se realizará el ensayo y alinearla con los ejes del BTC con el centro de empuje.
- Verificar que el indicador de carga de la maquina este en cero, antes de iniciar el ensayo del BTC.
- La carga debe aplicarse con una velocidad constante y sin detenerse hasta la rotura.

Figura 13: Diagrama de ensayo a compresión



I) Resistencia a flexión

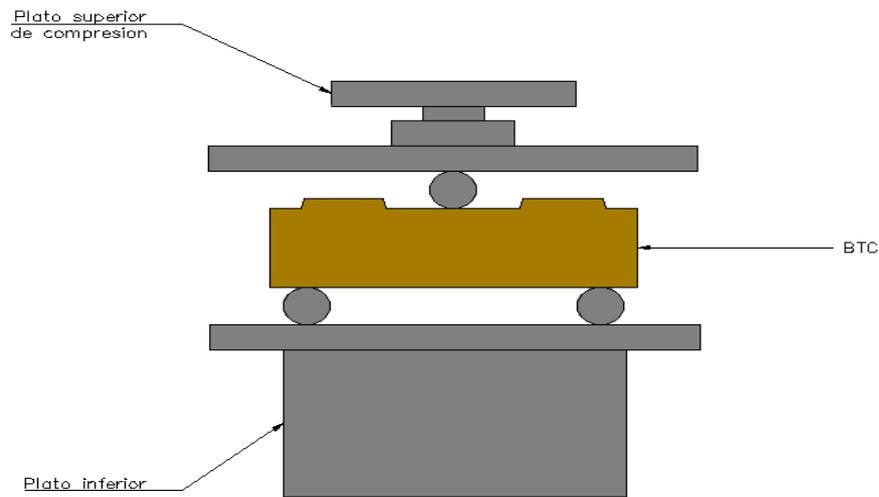
Norma de referencia

- ASTM C348 y NTP 339.079.

Procedimiento

- El ensayo a flexión se realizará de los bloques secos durante 28 días.
- Se centra el BTC sobre los apoyos. Centrar el sistema de carga con respecto a la fuerza aplicada. Llevar la parte de aplicación de la carga en contacto con la superficie del BTC en el centro y aplicar la carga.
- Verificar que el indicador de carga de la maquina este en cero, antes de iniciar el ensayo del BTC.
- La carga debe aplicarse con una velocidad constante y sin detenerse hasta la rotura.

Figura 14: Diagrama de ensayo a flexión



4.5.2. Instrumentos de recopilación de información

- Fichas o formatos de recolección de datos.
- Normas de ensayos de las propiedades físico-mecánicas de los BTC.

4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Para realizar el procesamiento de información que se recopiló de las variables de estudio de los bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizadas con cascara de arroz y aserrín con diferentes porcentajes, para determinar cómo influye estos porcentajes en las propiedades físicas-mecánicas la información obtenida se procesó utilizando métodos estadísticos más convenientes y obtener resultados que nos diga como varia las propiedades de los BTC. Para lo cual se utilizaron programas computacionales (software) como Microsoft Excel y Minitab.

4.7. Equipos, materiales, insumos, etc.

4.7.1. Equipos

- Maquina (prensa manual)
- Balanza
- Juego de tamices

- Estufa
- Copa de Casagrande
- Ranurador o acanalador
- Espátula
- Capsula de porcelana
- Taras
- Placa de vidrio
- Equipo de Proctor Estándar (molde cilíndrico, placa de base y anillo de extensión)
- Pistón o martillo Proctor Estándar
- Probeta de 1000 ml
- Regla
- Cronometro
- Depósito de vidrio rectangular
- Soportes regulables
- Soporte de ensayo de erosión
- Máquina de compresión universal
- Vernier

4.7.2. Materiales

- Tierra (Extraída de la cantera ubicada en la cruz blanca)
- Agua Potable
- Cascara de arroz
- Aserrín (eucalipto)
- Bloques de tierra comprimida

4.8. Matriz de consistencia metodológica

Tabla 7: Matriz de consistencia metodológica

| Formulación del problema | Objetivos | Hipótesis | Variables | Dimensiones | Indicadores | Fuente de recolección de datos | Metodología | Población, muestra y unidad de análisis. |
|--|--|--|---|--|--|--|---------------------|---|
| ¿Qué estabilizante genera mejores propiedades físico-mecánicas en los bloques de tierra comprimida con cascara de arroz y aserrín en comparación con los bloques de tierra comprimida sin estabilizante? | <p>Objetivo General: Comparar las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra comprimida estabilizada con cascara de arroz y aserrín.</p> | Los bloques de tierra comprimida estabilizadas con cascara de arroz incrementa en más del 5% sus propiedades físicas-mecánicas que los bloques de tierra comprimida estabilizadas con aserrín. | <p>Variable Independiente</p> <p>Porcentaje de cascara de arroz</p> <p>Porcentaje de aserrín</p> | <p>Porcentaje (%)</p> <p>Porcentaje (%)</p> | <p>1% de cascara de arroz</p> <p>3% de cascara de arroz</p> <p>5% de cascara de arroz</p> <p>1% de aserrín</p> <p>3 % de aserrín</p> <p>5 % de aserrín</p> | Fichas o formatos de recolección de datos de peso de los estabilizantes. | Método experimental | <p>Población: bloques de tierra comprimida estabilizadas y sin estabilizar.</p> <p>Muestra: la cantidad total de BTC es de 210.</p> <p>Unidad de análisis: bloques de tierra comprimida estabilizadas y sin estabilizar</p> |
| | <p>Objetivos Específicos:</p> <p>Analizar el comportamiento físico-mecánico de los bloques de tierra comprimida sin estabilizante.</p> <p>Analizar el comportamiento físico-mecánico de los bloques de tierra comprimida estabilizadas con 1%, 3% y 5% de cascara de arroz.</p> <p>Analizar el comportamiento físico-mecánico de los bloques de tierra comprimida estabilizadas con 1%, 3% y 5% de aserrín.</p> | | <p>Variable Dependiente</p> <p>Propiedades físico-mecánicas.</p> | <p>Absorción por capilaridad ($\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}^{0.5}$)</p> <p>Absorción por Inmersión Total (%)</p> <p>Erosión (mm)</p> <p>Resistencia a Compresión (Kg/cm^2)</p> <p>Resistencia a Flexión. (Kg/cm^2)</p> | <p>Incremento de las propiedades físico-mecánicas</p> | | | |

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de resultados

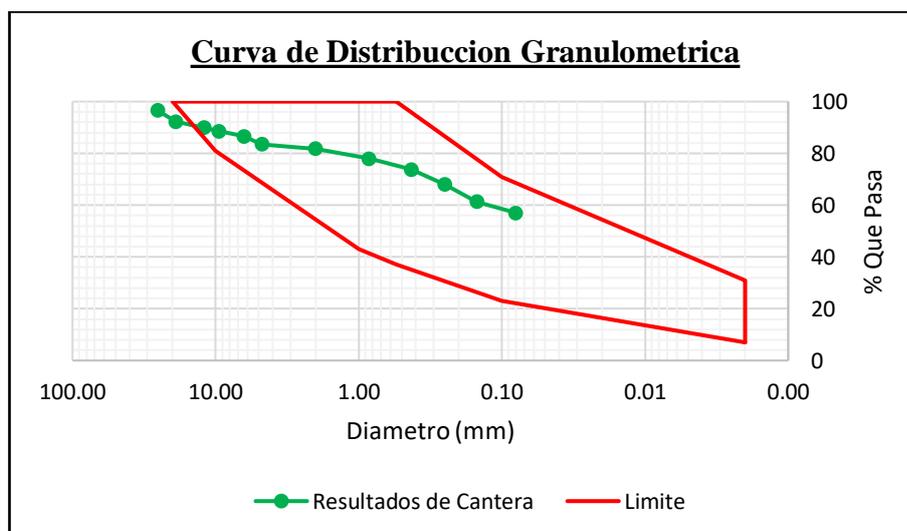
5.1.1. Determinación de las propiedades del suelo

A) Análisis Granulométrico

Tabla 8: Porcentaje que pasa de la muestra

| Granulometría | | | |
|--------------------------------|----------|---------------|--------|
| Tipo | Nº Tamiz | Abertura (mm) | % Pasa |
| Análisis de fracción gruesa | 3" | 73.15 | 100.00 |
| | 2 1/2" | 63.50 | 100.00 |
| | 2" | 50.80 | 100.00 |
| | 1 1/2" | 38.10 | 100.00 |
| | 1" | 25.40 | 96.53 |
| | 3/4" | 19.05 | 92.25 |
| | 1/2" | 12.07 | 89.96 |
| | 3/8" | 9.52 | 88.56 |
| | 1/4" | 6.35 | 86.63 |
| Análisis de fracción fina | Nº 4 | 4.75 | 83.55 |
| | Nº 10 | 2.00 | 81.79 |
| | Nº 20 | 0.85 | 78.01 |
| | Nº 40 | 0.43 | 73.74 |
| | Nº 60 | 0.25 | 68.03 |
| | Nº 100 | 0.15 | 61.29 |
| Nº 200 | 0.08 | 57.06 | |

Figura 15: Curva de distribución granulométrica



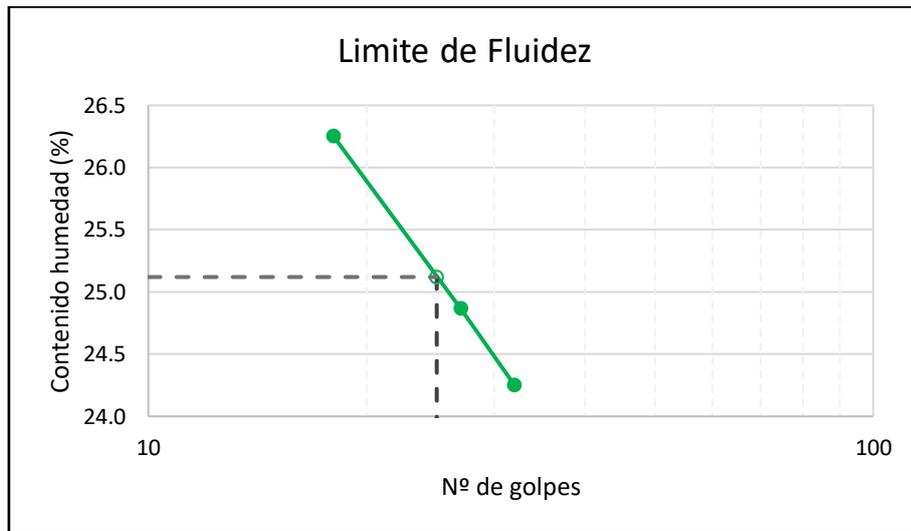
De la tabla 8 se observa que en la malla 25.40 mm de abertura es el primer retenido y haciendo uso de los límites que indica la norma UNE, para así poder determinar si en suelo es apto para la elaboración de BTC. Como se puede observar en la figura 15 que la curva de granulometría de la cantera no está por completo dentro del uso granulométrico que recomienda la norma (figura 3), y por consiguiente para utilización del suelo en la elaboración de los BTC se tiene que realizar el tamizado de la tierra previamente.

B) Límites de Atterberg

Tabla 9: Límite de Atterberg

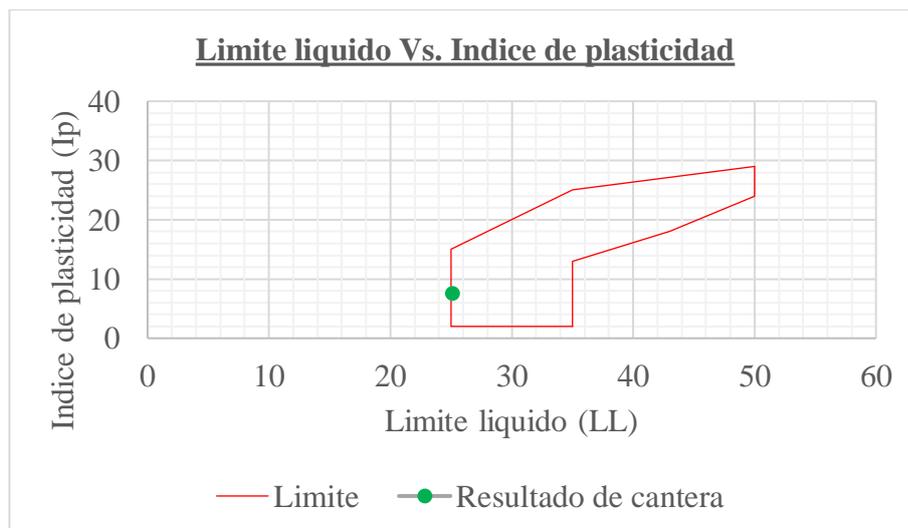
| LIMITES DE ATTERBERG | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-------|-------|------------------------|-------|
| Ensayo | Límite líquido | | | Límite Plástico | |
| Nº | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| P. del agua (g) | 3.97 | 5.60 | 5.03 | 1.88 | 2.03 |
| P. suelo (g) | 16.37 | 22.52 | 19.16 | 10.81 | 11.43 |
| N. de golpes | 32.00 | 27.00 | 18.00 | - | - |
| Cont. de humedad (%) | 24.25 | 24.87 | 26.25 | 17.39 | 17.76 |

Figura 16: Limite liquido



De los resultados de la tabla 9 se realizó la curva de fluidez (figura 16) con la cual se determinó que el límite líquido (LL) es de 25.12 %, el límite plástico (LP) es de 17.58 % y por último el índice de plasticidad es 7.54 %, una vez obtenido estos resultados se verificara si está dentro de los límites de plasticidad que recomienda la norma UNE.

Figura 17: Comparación del IP con la norma



De la figura 17 se observa que el suelo de cantera esta justo en el límite de plasticidad que se recomienda según la norma UNE 4141:2008 para la

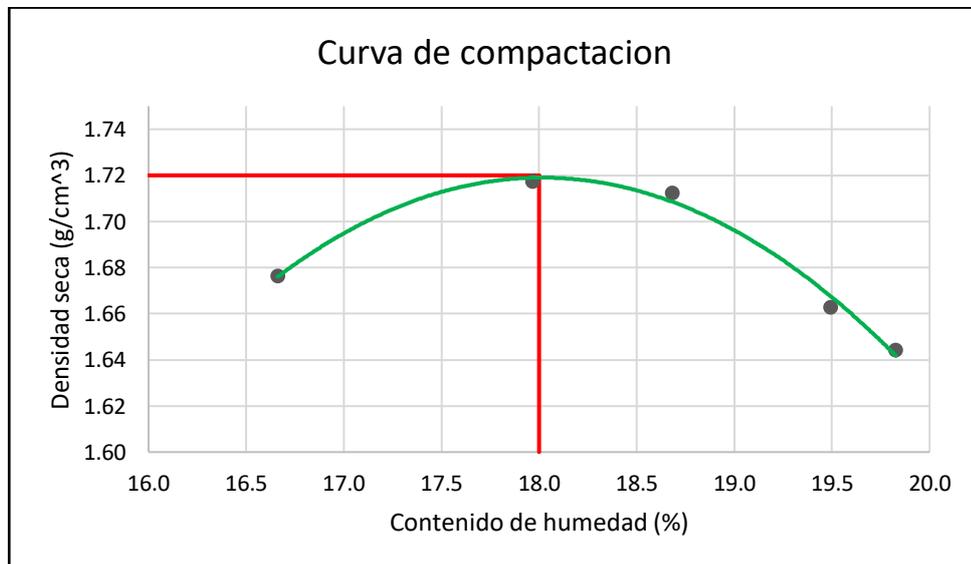
elaboración de los bloques de tierra comprimida (BTC). También se clasificó el suelo según SUCS la cual viene hacer un CL-ML (arcilla inorgánica de baja plasticidad – limo inorgánico de baja compresibilidad) y por AASHTO es un tipo de suelo A - 6 (6).

C) Proctor Estándar

Tabla 10: Proctor estándar

| DENSIDAD HÚMEDA | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Nº Molde | A | B | C | D | E |
| Dh (g/cm ³) | 1.955 | 2.025 | 2.031 | 1.986 | 1.964 |
| DENSIDAD SECA | | | | | |
| Nº muestra | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ds (g/cm ³) | 1.676 | 1.717 | 1.712 | 1.663 | 1.644 |

Figura 18: Curva de compactación



Con los resultados de la tabla 10 se realizó la curva de compactación (figura 18) con la cual se determinó el contenido óptimo de humedad que es de 18% y la densidad seca máxima ($D_{s_{max}}$) es 1.72 g/cm³ con estos resultados se realizó la elaboración de los BTC.

5.1.2. Determinación de las propiedades de los bloques de tierra comprimida (BTC).

A) Absorción por capilaridad

Tabla 11: Absorción por capilaridad de BTC

| N° | Absorción por Capilaridad de Bloques de Tierra Comprimida (BTC) (g/cm ² *min ^{0.5}) | | | | | | |
|----------|---|------------------|-------|-------|------|---------|-------|
| | Patrón | Cascara de Arroz | | | | Aserrín | |
| | 0% | 1% | 3% | 5% | 1% | 3% | 5% |
| 1 | 8.36 | 10.61 | 12.80 | 14.05 | 8.92 | 9.29 | 10.71 |
| 2 | 7.85 | 10.33 | 13.35 | 13.61 | 8.57 | 9.01 | 11.30 |
| 3 | 7.33 | 10.93 | 12.20 | 12.86 | 8.60 | 9.79 | 10.57 |
| 4 | 7.70 | 10.52 | 12.71 | 13.76 | 8.89 | 9.91 | 11.05 |
| 5 | 7.63 | 11.02 | 12.51 | 12.91 | 9.33 | 10.02 | 10.73 |
| 6 | 7.50 | 11.33 | 13.20 | 12.66 | 9.35 | 9.95 | 11.38 |
| Promedio | 7.73 | 10.79 | 12.79 | 13.31 | 8.95 | 9.66 | 10.96 |

Figura 19: Comparación de absorción por capilaridad de los BTC

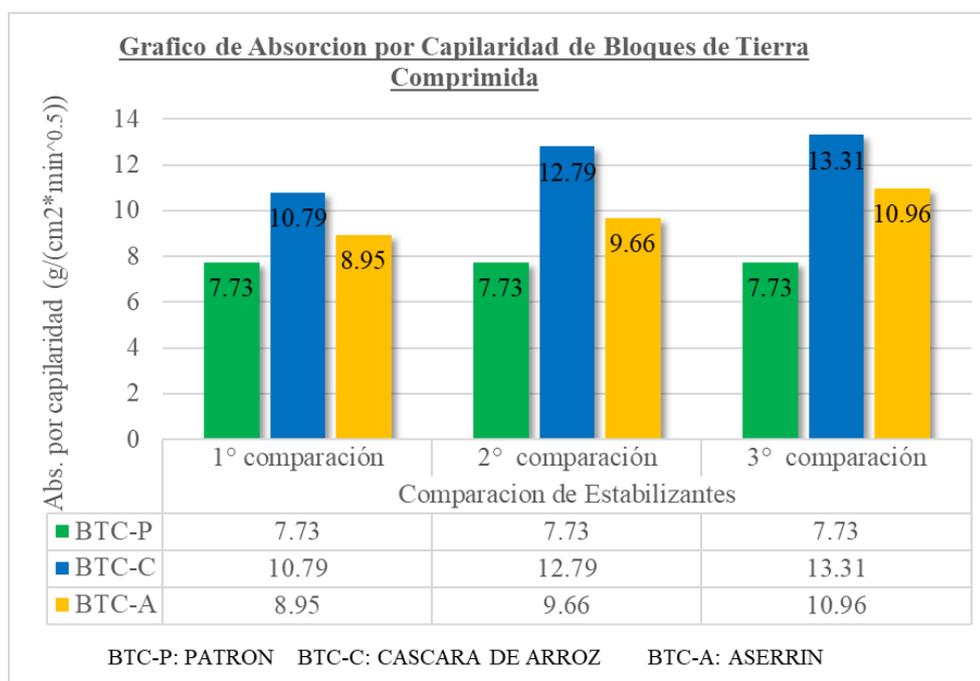
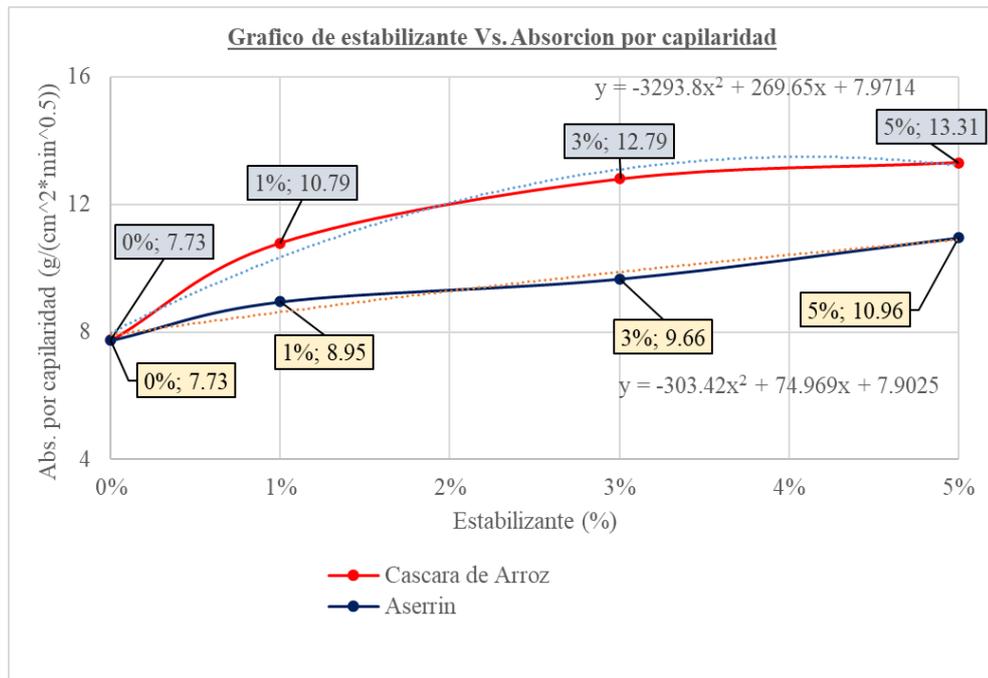


Figura 20: Estabilizante Vs. Absorción por capilaridad



De la tabla 11, la figura 19 y 20 se puede observar que el coeficiente (C_b) de la absorción por capilaridad de los BTC patrón (BTC-P) es de 7.73 g/cm²*min^{0.5}, los BTC estabilizados con cascara de arroz (BTC-C) en 1% es de 10.79 g/cm²*min^{0.5} y los BTC estabilizados con cascara de arroz (BTC-C) en 5% es de 13.31 g/cm²*min^{0.5}. En cambio, los BTC estabilizados con aserrín (BTC-A) en 1% es de 8.95 g/cm²*min^{0.5} y los BTC estabilizados con aserrín (BTC-A) en 5% es de 10.96 g/cm²*min^{0.5}, como todos los valores son menor igual a 20 ($C_b \leq 20$) entonces los bloques de tierra comprimida estabilizadas con cascara de arroz y aserrín son débilmente capilares.

B) Absorción por inmersión total

Tabla 12: Absorción por inmersión total de BTC

| N° | Absorción por Inmersión Total de Bloques de Tierra Comprimida (BTC) (%) | | | | | | |
|----------|---|------------------|-------|-------|-------|---------|-------|
| | Patrón | Cascara de Arroz | | | | Aserrín | |
| | 0% | 1% | 3% | 5% | 1% | 3% | 5% |
| 1 | 29.18 | 33.70 | 39.75 | 45.81 | 31.47 | 32.96 | 36.11 |
| 2 | 28.54 | 34.32 | 38.98 | 46.36 | 30.37 | 33.33 | 36.46 |
| 3 | 29.37 | 34.80 | 38.65 | 45.30 | 32.30 | 33.50 | 38.49 |
| 4 | 27.99 | 35.90 | 39.82 | 46.69 | 30.79 | 32.90 | 37.89 |
| 5 | 28.64 | 34.30 | 39.25 | 45.36 | 31.61 | 31.67 | 37.93 |
| 6 | 29.32 | 35.26 | 37.83 | 45.14 | 31.70 | 33.48 | 36.55 |
| Promedio | 28.84 | 34.71 | 39.05 | 45.78 | 31.37 | 32.97 | 37.24 |

Figura 21: Comparación de absorción por inmersión total de los BTC

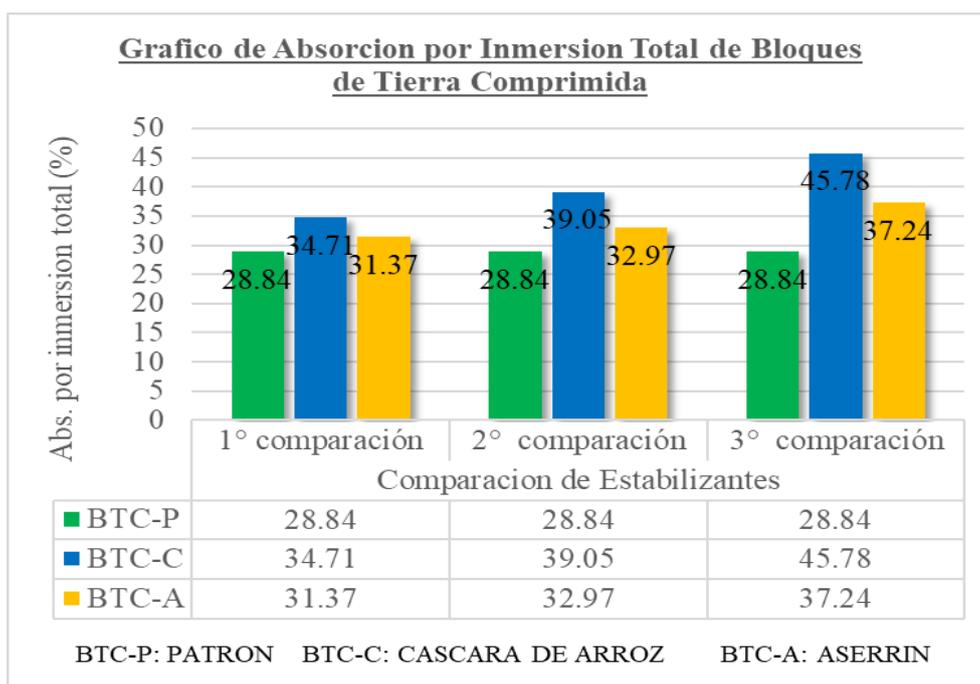
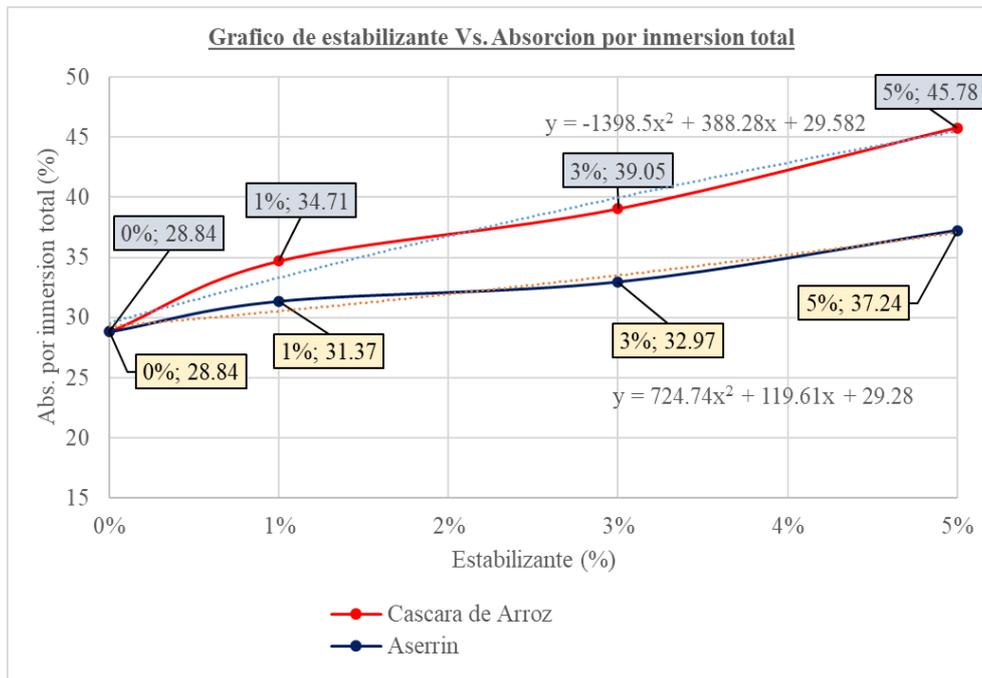


Figura 22: Estabilizante Vs. Absorción por inmersión total



De la tabla 12, la figura 21 y 22 se puede observar que la absorción por inmersión total de los BTC patrón (BTC-P) es de 28.84%, los BTC estabilizados con cascara de arroz (BTC-C) en 1% es de 34.71% y los BTC estabilizados con cascara de arroz (BTC-C) en 5% es de 45.78%. En cambio, los BTC estabilizados con aserrín (BTC-A) en 1% es de 31.37% y los BTC estabilizados con aserrín (BTC-A) en 5% es de 37.24%.

C) Erosión (erosión acelerada Swinburne SAET)

Tabla 13: Erosión de los BTC

| N° | Erosión de Bloques de Tierra Comprimida (BTC) (mm) | | | | | | |
|----------|--|------------------|------|------|------|---------|------|
| | Patrón | Cascara de Arroz | | | | Aserrín | |
| | 0% | 1% | 3% | 5% | 1% | 3% | 5% |
| 1 | 5.49 | 4.92 | 8.38 | 9.58 | 4.53 | 5.06 | 7.12 |
| 2 | 4.61 | 4.06 | 7.86 | 8.85 | 4.64 | 6.43 | 7.31 |
| 3 | 5.38 | 5.67 | 8.42 | 8.76 | 5.13 | 5.97 | 6.13 |
| 4 | 5.52 | 3.99 | 7.66 | 8.99 | 4.79 | 6.25 | 6.99 |
| 5 | 5.12 | 4.15 | 7.57 | 9.38 | 4.51 | 4.98 | 5.87 |
| 6 | 6.01 | 5.73 | 7.33 | 9.72 | 3.85 | 5.27 | 5.94 |
| Promedio | 5.36 | 4.75 | 7.87 | 9.21 | 4.58 | 5.66 | 6.56 |

Figura 23: Comparación de erosión de los BTC

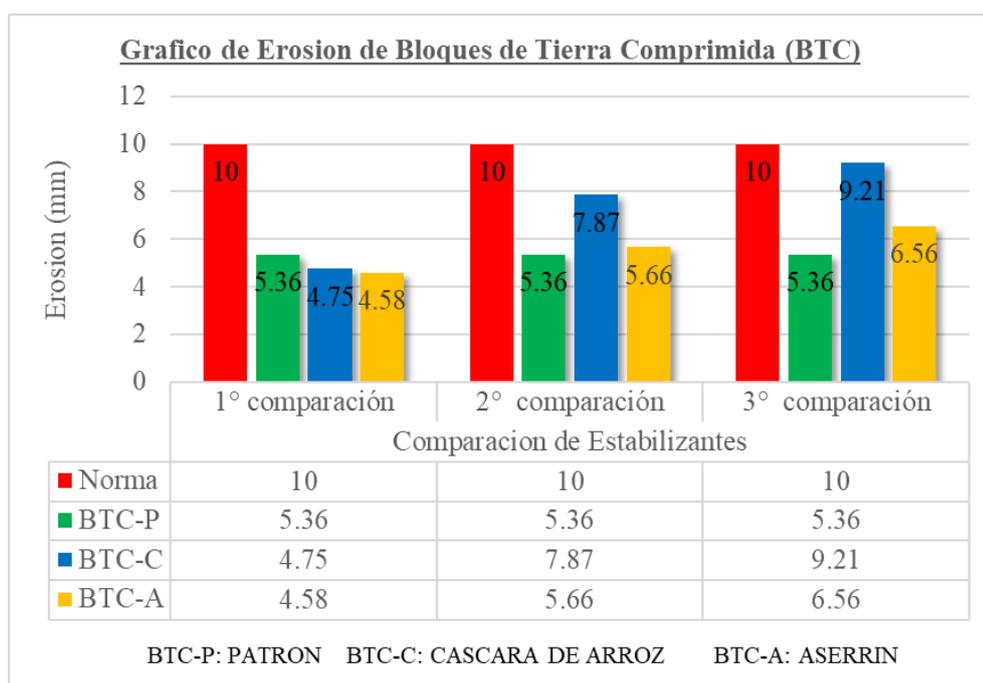
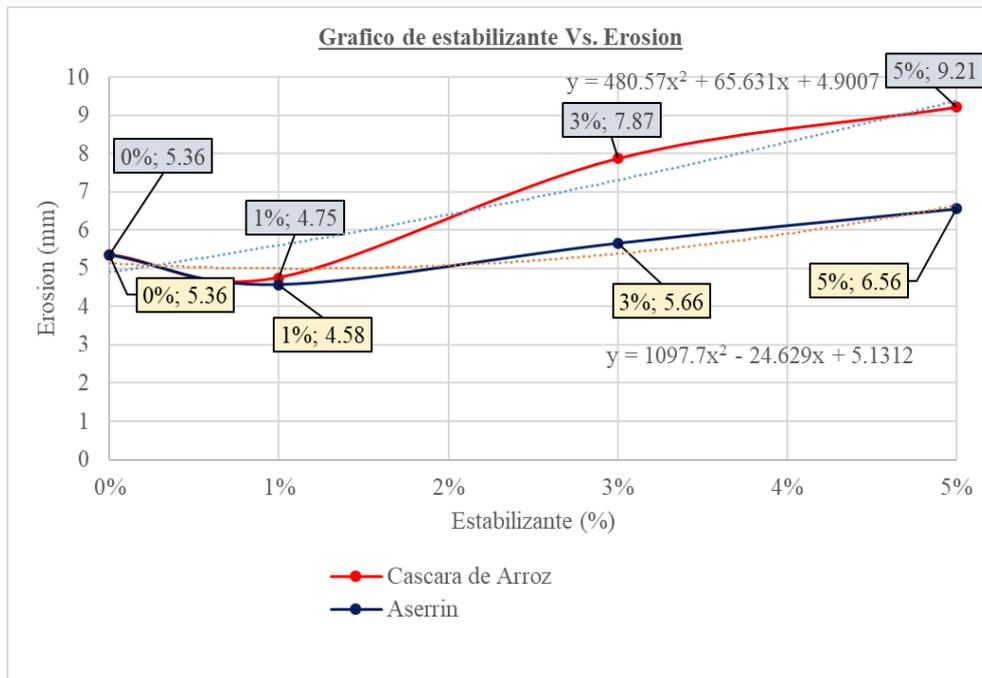


Figura 24: Estabilizante Vs. Erosión



De la tabla 13, la figura 23 y 24 se puede observar que la erosión de los BTC patrón (BTC-P) es de 5.36 mm, los BTC estabilizados con cascara de arroz (BTC-C) en 1% es de 4.75 mm y los BTC estabilizados con cascara de arroz (BTC-C) en 5% es de 9.21 mm. En cambio, los BTC estabilizados con aserrín (BTC-A) en 1% es de 4.58 mm y los BTC estabilizados con aserrín (BTC-A) en 5% es de 6.56 mm, como todos los valores son menores a 10 mm entonces los bloques de tierra comprimida y estabilizada con cascara de arroz y aserrín son aptos.

D) Resistencia a Compresión

Tabla 14: Resistencia a compresión de los BTC

| N° | Resistencia a Compresión de Bloques de Tierra Comprimida (BTC) (kg/cm ²) | | | | | | |
|----------|---|------------------|-------|-------|-------|---------|-------|
| | Patrón | Cascara de Arroz | | | | Aserrín | |
| | 0% | 1% | 3% | 5% | 1% | 3% | 5% |
| 1 | 15.86 | 22.44 | 25.25 | 32.11 | 21.29 | 21.43 | 26.12 |
| 2 | 15.44 | 21.08 | 24.97 | 30.81 | 22.00 | 22.13 | 25.79 |
| 3 | 16.42 | 22.38 | 24.36 | 28.57 | 21.14 | 22.68 | 26.03 |
| 4 | 15.05 | 21.16 | 24.53 | 29.59 | 21.08 | 21.62 | 25.36 |
| 5 | 15.81 | 23.03 | 24.66 | 29.38 | 21.46 | 21.54 | 26.72 |
| 6 | 16.18 | 21.55 | 23.50 | 30.65 | 20.74 | 22.10 | 25.97 |
| Promedio | 15.79 | 21.94 | 24.55 | 30.18 | 21.29 | 21.92 | 26.00 |

Figura 25: Comparación de la resistencia a compresión de los BTC

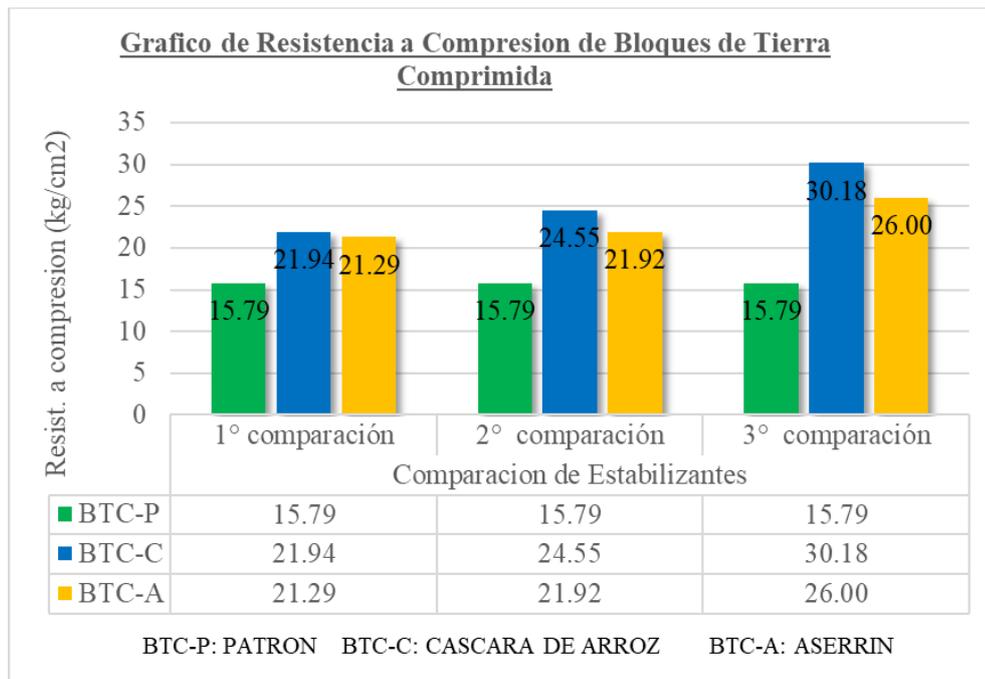
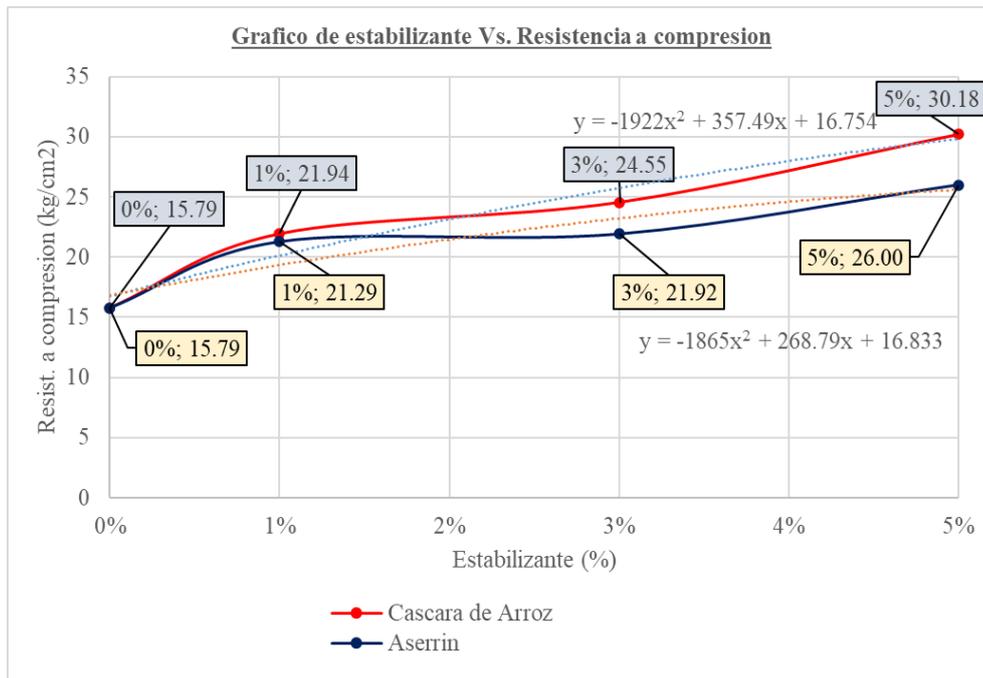


Figura 26: Grafico de estabilizante Vs. Resistencia a compresión



De la tabla 14, la figura 25 y 26 se puede observar que la resistencia a compresión de los BTC patrón (BTC-P) es de 15.79 kg/cm², los BTC estabilizados con cascara de arroz (BTC-C) en 1% es de 21.94 kg/cm² y los BTC estabilizados con cascara de arroz (BTC-C) en 5% es de 30.18 kg/cm². En cambio, los BTC estabilizados con aserrín (BTC-A) en 1% es de 21.29 kg/cm² y los BTC estabilizados con aserrín (BTC-A) en 5% es de 26 kg/cm².

E) Resistencia a Flexión

Tabla 15: Resistencia a flexión de los BTC

| N° | Resistencia a Flexión de Bloques de Tierra Comprimida (BTC) (kg/cm ²) | | | | | | |
|----------|--|------------------|------|------|---------|------|------|
| | Patrón | Cascara de Arroz | | | Aserrín | | |
| | 0% | 1% | 3% | 5% | 1% | 3% | 5% |
| 1 | 6.34 | 6.84 | 6.49 | 6.42 | 6.43 | 6.68 | 6.81 |
| 2 | 6.44 | 6.32 | 6.89 | 6.60 | 6.49 | 6.28 | 6.44 |
| 3 | 6.22 | 6.65 | 6.60 | 6.86 | 6.52 | 6.61 | 6.65 |
| 4 | 6.34 | 6.31 | 6.31 | 6.94 | 6.67 | 6.76 | 7.01 |
| 5 | 6.30 | 6.51 | 6.90 | 6.85 | 6.09 | 6.28 | 6.73 |
| 6 | 6.17 | 6.73 | 6.56 | 6.98 | 6.36 | 6.53 | 6.77 |
| Promedio | 6.30 | 6.56 | 6.63 | 6.78 | 6.43 | 6.52 | 6.74 |

Figura 27: Comparación de la resistencia a flexión de los BTC

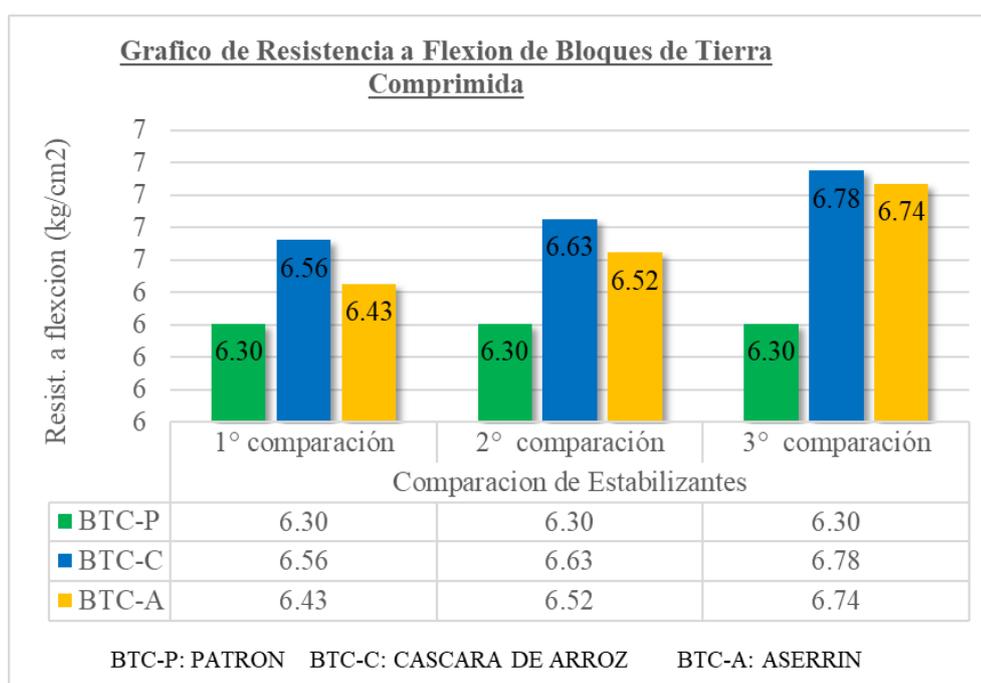
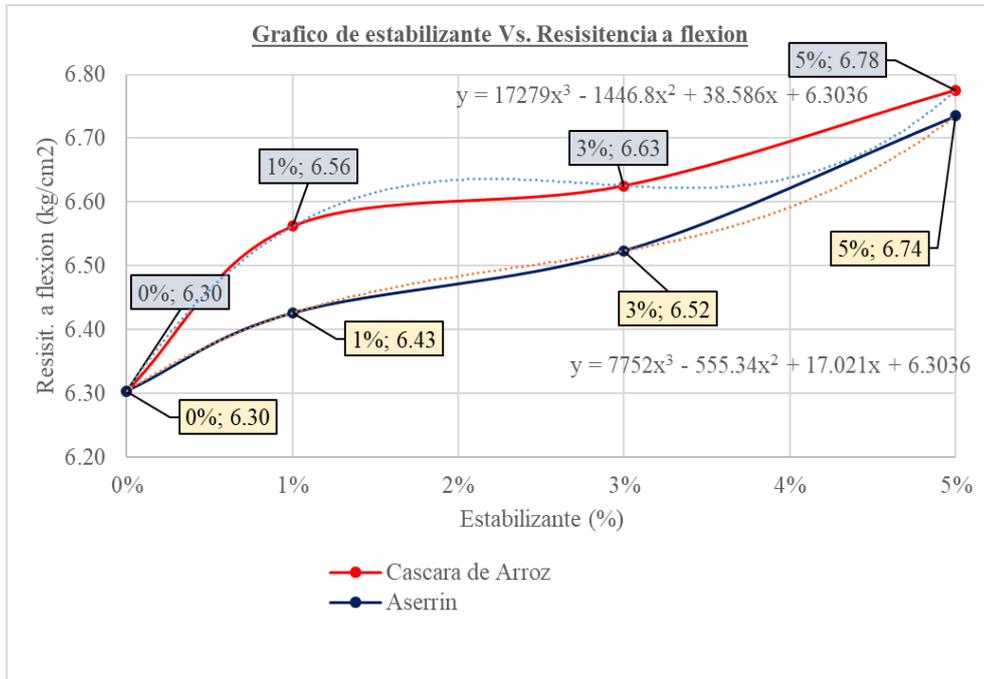


Figura 28: Gráfico de estabilizante Vs. Resistencia a flexión



De la tabla 15, la figura 27 y 28 se puede observar que la resistencia a flexión de los BTC patrón (BTC-P) es de 6.30 kg/cm², los BTC estabilizados con cascara de arroz (BTC-C) en 1% es de 6.56 kg/cm² y los BTC estabilizados con cascara de arroz (BTC-C) en 5% es de 6.78 kg/cm². En cambio, los BTC estabilizados con aserrín (BTC-A) en 1% es de 6.43 kg/cm² y los BTC estabilizados con aserrín (BTC-A) en 5% es de 6.76 kg/cm².

5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Se realizó el análisis estadístico utilizando el software Minitab, la interpretación de los resultados se hicieron de los gráficos que se obtuvieron después de ensayar los BTC, las cuales permiten una idea clara como influye los estabilizantes en las propiedades físico-mecánicas de los bloques de tierra comprimida.

El análisis de estadístico que se empleara será el ANOVA (Análisis de Varianza) la cual se aplicara para realizar el análisis a todos los resultados obtenidos en los ensayos de los BTC.

5.2.1. Análisis estadístico de los resultados de la Absorción por Capilaridad de los bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizadas con cascara de arroz.

Para aplicar el método estadístico ANOVA se verifico que los residuales poseen una distribución normal y existe homogeneidad de varianza, por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza.

1. Análisis de Varianza

Se realiza el Análisis de Varianza (ANOVA) ya que los residuales tienen una distribución normal y existe una homogeneidad de varianza. Por lo tanto, se determinará cuál de los diferentes porcentajes de cascara de arroz tiene más efecto en la absorción por capilaridad de los BTC.

Método

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales (no existe una diferencia significativa en la absorción por capilaridad de los BTC).

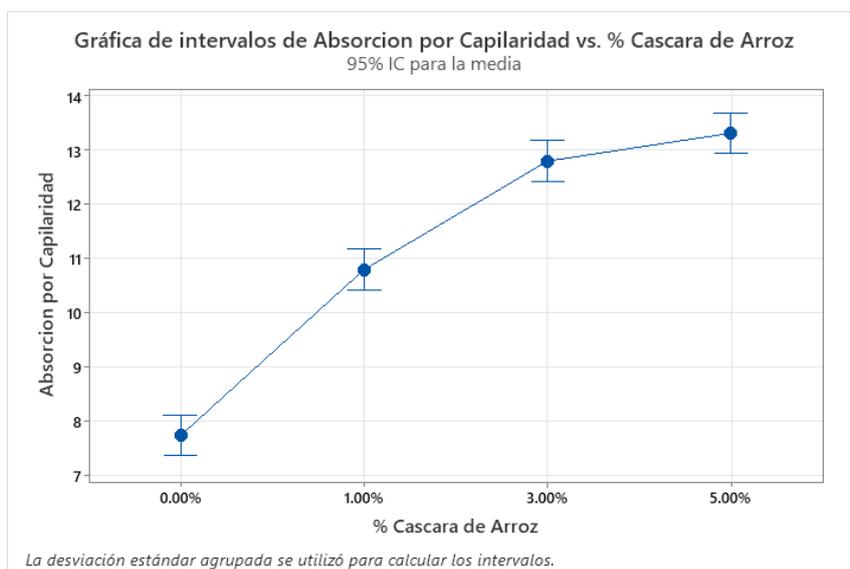
Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales (existe una diferencia significativa en la absorción por capilaridad de los BTC).

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 16: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con cascara de arroz

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|--------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| % Cascara de Arroz | 3 | 115.173 | 38.3911 | 198.67 | 0.000 |
| Error | 20 | 3.865 | 0.1932 | | |
| Total | 23 | 119.038 | | | |

Figura 29: Grafica de intervalos de absorción por capilaridad Vs. % Cascara de arroz



Interpretación:

De la tabla 16 y la figura 29 se observa que existe unas diferencias significativas entre las medias de los resultados de la absorción por capilaridad de los BTC estabilizados con cascara de arroz (0%, 1%, 3% y 5%), ya que el valor de probabilidad $P (<0.005)$ es menor al nivel de significancia (0.05) con un 95% de nivel de confianza, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula. Esto quiere decir que existe un porcentaje de cascara de arroz que tiene más efecto en la absorción por capilaridad de los BTC.

5.2.2. Análisis estadístico de los resultados de la Absorción por Capilaridad de los bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizadas con aserrín.

Para aplicar el método estadístico ANOVA se verifico que los residuales tienen una distribución normal y existe homogeneidad de varianza, por lo tanto, se procederá a realizar el análisis de varianza.

1. Análisis de Varianza

Se realiza el Análisis de Varianza (ANOVA) ya que los residuales tienen una distribución normal y existe una homogeneidad de varianza. Por lo tanto, se determinará cuál de los diferentes porcentajes de aserrín tiene más efecto en la absorción por capilaridad de los BTC.

Método

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales (no existe una diferencia significativa en la absorción por capilaridad de los BTC).

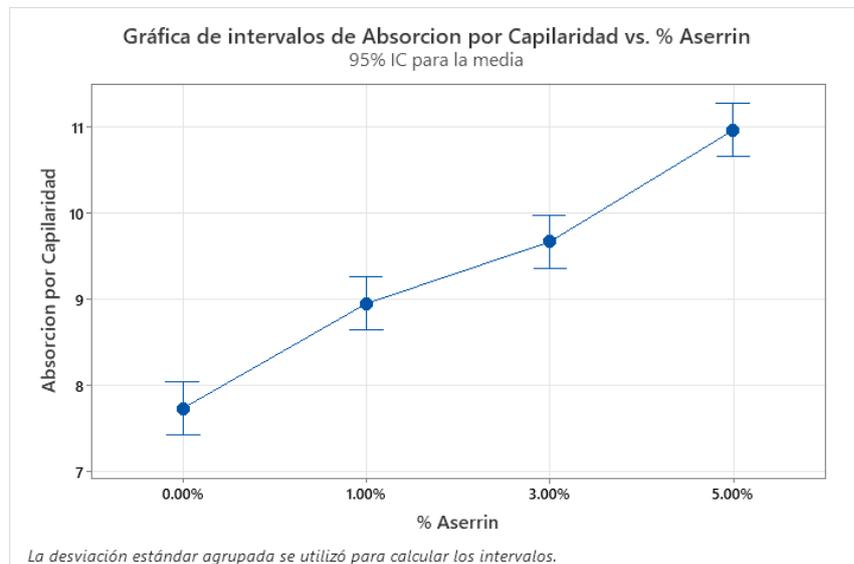
Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales (existe una diferencia significativa en la absorción por capilaridad de los BTC).

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 17: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con aserrín

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| % Aserrín | 3 | 32.797 | 10.9325 | 83.11 | 0.000 |
| Error | 20 | 2.631 | 0.1315 | | |
| Total | 23 | 35.428 | | | |

Figura 30: Gráfica de intervalos de Absorción por Capilaridad Vs. % Aserrín



Interpretación:

De la tabla 17 y la figura 30 se observa que existen diferencias significativas entre las medias de los resultados de la absorción por capilaridad de los BTC estabilizados con aserrín (0%, 1%, 3% y 5%), ya que el valor de probabilidad P (<0.005) es menor al nivel de significancia (0.05) con un 95% de nivel de confianza, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula. Esto quiere decir que existe un porcentaje de aserrín que tiene más efecto en la absorción por capilaridad de los BTC.

5.2.3. Análisis estadístico de los resultados de la Absorción por Inmersión Total de los bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizadas con cascara de arroz.

Para aplicar el método estadístico ANOVA se verifico que los residuales tienen una distribución normal y existe homogeneidad de varianza, por lo tanto, se procederá a realizar el análisis de varianza.

1. Análisis de Varianza

Se realiza el Análisis de Varianza (ANOVA) ya que los residuales tienen una distribución normal y existe una homogeneidad de varianza. Por lo tanto, se determinará cuál de los diferentes porcentajes de cascara de arroz tiene más efecto en la absorción por inmersión total de los BTC.

Método

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales (no existe una diferencia significativa en la absorción por inmersión total de los BTC).

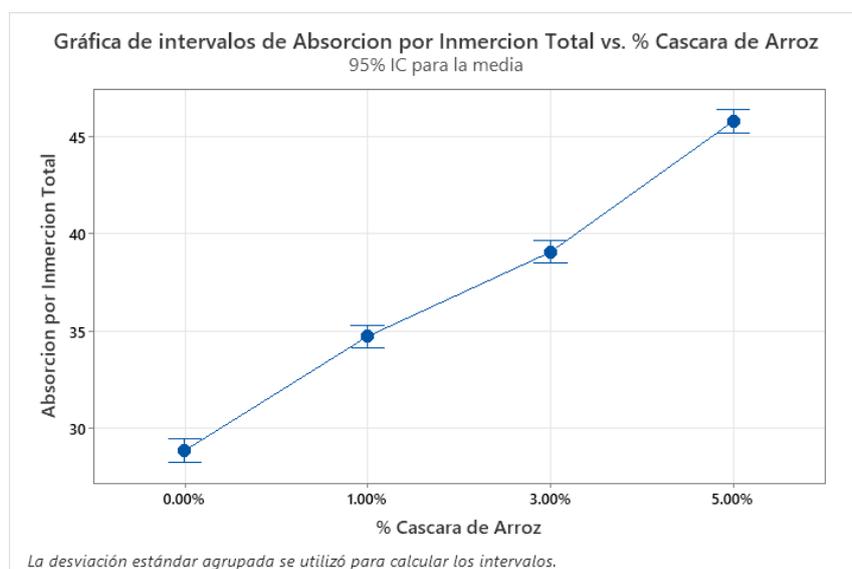
Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales (existe una diferencia significativa en la absorción por inmersión total de los BTC).

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 18: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con cascara de arroz

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|--------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| % Cascara de Arroz | 3 | 917.928 | 305.976 | 655.81 | 0.000 |
| Error | 20 | 9.331 | 0.467 | | |
| Total | 23 | 927.259 | | | |

Figura 31: Grafica de intervalos de Absorción por Inmersión Total Vs. % Cascara de Arroz



Interpretación:

De la tabla 18 y la figura 31 se observa que existen diferencias significativas entre las medias de los resultados de la absorción por inmersión total de los BTC estabilizados con cascara de arroz (0%, 1%, 3% y 5%), ya que el valor de probabilidad P (<0.005) es menor al nivel de significancia (0.05) con un 95% de nivel de confianza, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula. Esto quiere decir que existe un porcentaje de cascara de arroz que tiene más efecto en la absorción por inmersión total de los BTC.

5.2.4. Análisis estadístico de los resultados de la Absorción por Inmersión Total de los bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizadas con aserrín.

Para aplicar el método estadístico ANOVA se verifico que los residuales tienen una distribución normal y existe homogeneidad de varianza, por lo tanto, se procederá a realizar el análisis de varianza.

1. Análisis de Varianza

Se realiza el Análisis de Varianza (ANOVA) ya que los residuales tienen una distribución normal y existe una homogeneidad de varianza. Por lo tanto, se determinará cuál de los diferentes porcentajes de aserrín tiene más efecto en la absorción por inmersión total de los BTC.

Método

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales (no existe una diferencia significativa en la absorción por inmersión total de los BTC).

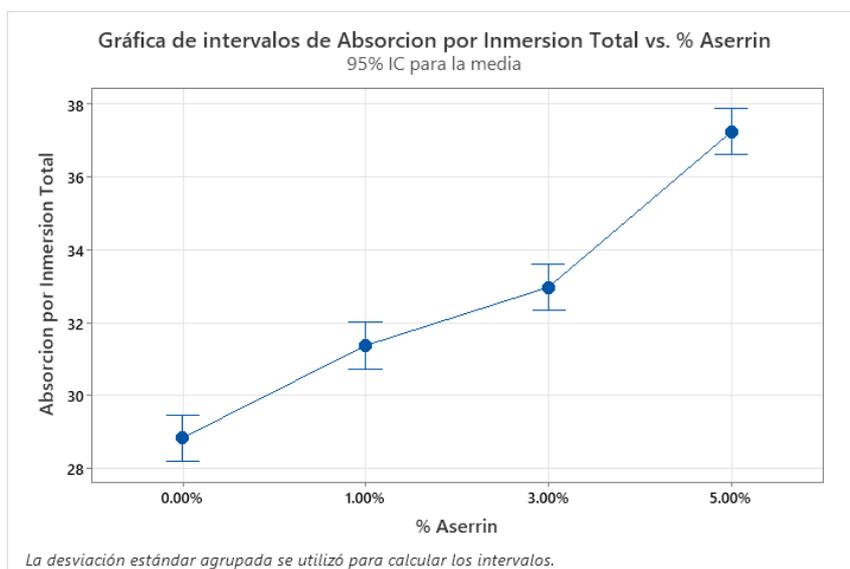
Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales (existe una diferencia significativa en la absorción por inmersión total de los BTC).

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 19: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con aserrín

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| % Aserrín | 3 | 223.67 | 74.5573 | 134.95 | 0.000 |
| Error | 20 | 11.05 | 0.5525 | | |
| Total | 23 | 234.72 | | | |

Figura 32: Grafica de intervalos de Absorción por Inmersión Total Vs. % Aserrín



Interpretación:

De la tabla 19 y la figura 32 se observa que existen diferencias significativas entre las medias de los resultados de la absorción por inmersión total de los BTC estabilizados con aserrín (0%, 1%, 3% y 5%), ya que el valor de probabilidad P (<0.005) es menor al nivel de significancia (0.05) con un 95% de nivel de confianza, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula. Esto quiere decir que existe un porcentaje de aserrín que tiene más efecto en la absorción por inmersión total de los BTC.

5.2.5. Análisis estadístico de los resultados de la Erosión de los bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizadas con cascara de arroz.

Para aplicar el método estadístico ANOVA se verificó que los residuales poseen una distribución normal y existe homogeneidad de varianza, por lo tanto, se procederá a realizar el análisis de varianza.

1. Análisis de Varianza

Se realiza el Análisis de Varianza (ANOVA) ya que los residuales tienen una distribución normal y existe una homogeneidad de varianza. Por lo tanto, se determinará cuál de los diferentes porcentajes de cascara de arroz tiene más efecto en la erosión de los BTC.

Método

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales (no existe una diferencia significativa en la erosión de los BTC).

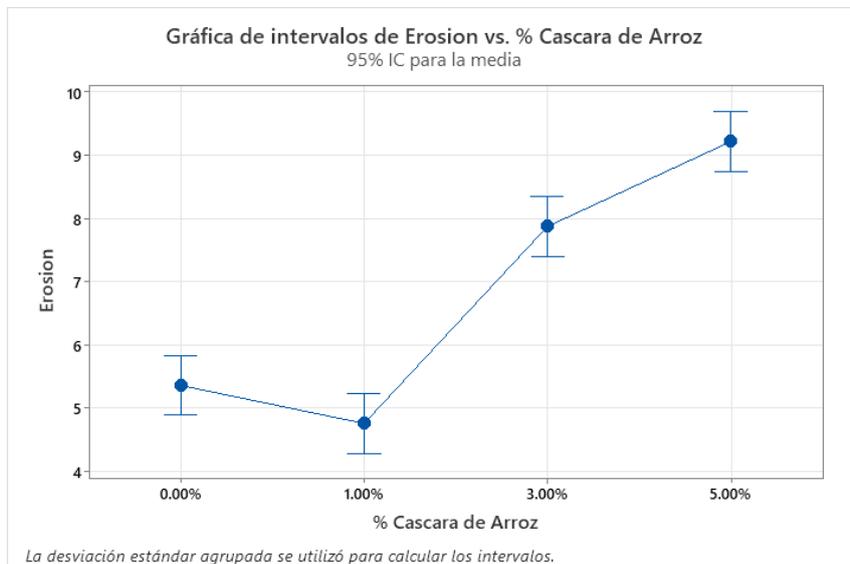
Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales (existe una diferencia significativa en la erosión de los BTC).

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 20: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con cascara de arroz

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|--------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| % Cascara de Arroz | 3 | 79.476 | 26.4919 | 86.44 | 0.000 |
| Error | 20 | 6.129 | 0.3065 | | |
| Total | 23 | 85.605 | | | |

Figura 33: Grafica de intervalos de Erosión Vs. % Cascara de Arroz



Interpretación:

De la tabla 20 y la figura 33 se observa que existen diferencias significativas entre las medias de los resultados de la erosión de los BTC estabilizados con cascara de arroz (0%, 1%, 3% y 5%), ya que el valor de probabilidad P (<0.005) es menor al nivel de significancia (0.05) con un 95% de nivel de confianza, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula. Esto quiere decir que existe un porcentaje de cascara de arroz que tiene más efecto en la erosión de los BTC.

5.2.6. Análisis estadístico de los resultados de la Erosión de los bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizadas con aserrín.

Para aplicar el método estadístico ANOVA se verifico que los residuales tienen una distribución normal y existe homogeneidad de varianza, por lo tanto, se procederá a realizar el análisis de varianza.

1. Análisis de Varianza

Se realiza el Análisis de Varianza (ANOVA) ya que los residuales tienen una distribución normal y existe una homogeneidad de varianza. Por lo tanto, se determinará cuál de los diferentes porcentajes de aserrín tiene más efecto en la erosión de los BTC.

Método

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales (no existe una diferencia significativa en la erosión de los BTC).

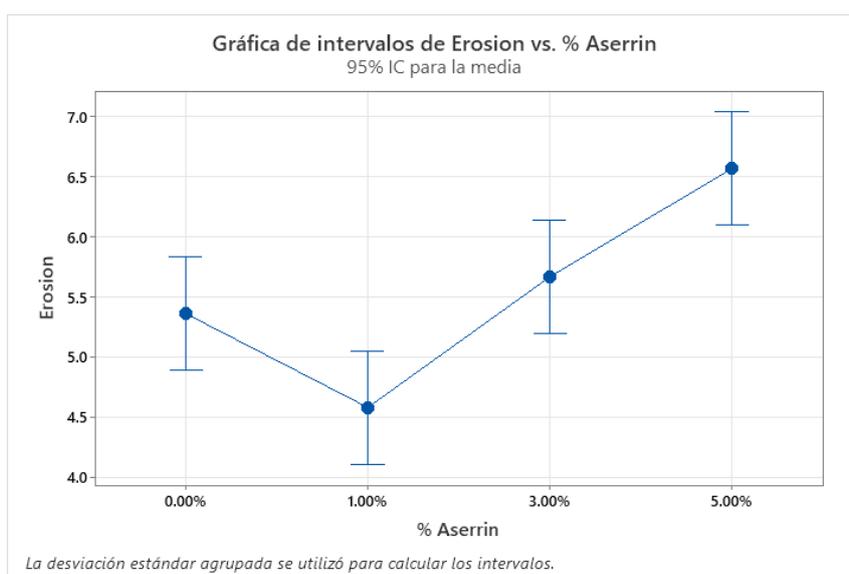
Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales (existe una diferencia significativa en la erosión de los BTC).

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 21: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con aserrín

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| % Aserrín | 3 | 12.121 | 4.0404 | 13.26 | 0.000 |
| Error | 20 | 6.094 | 0.3047 | | |
| Total | 23 | 18.215 | | | |

Figura 34: Grafica de intervalos de erosión Vs. % Aserrín



Interpretación:

De la tabla 21 y la figura 34 se observa que existen diferencias significativas entre las medias de los resultados de la erosión de los BTC estabilizados con aserrín (0%, 1%, 3% y 5%), ya que el valor de probabilidad P (<0.005) es menor al nivel de significancia (0.05) con un 95% de nivel de confianza, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula. Esto quiere decir que existe un porcentaje de aserrín que tiene más efecto en la erosión de los BTC.

5.2.7. Análisis estadístico de los resultados de la Resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizadas con cascara de arroz.

Para aplicar el método estadístico ANOVA se verifico que los residuales tienen una distribución normal y existe homogeneidad de varianza, por lo tanto, se procederá a realizar el análisis de varianza.

1. Análisis de Varianza

Se realiza el Análisis de Varianza (ANOVA) ya que los residuales tienen una distribución normal y existe una homogeneidad de varianza. Por lo tanto, se determinará cuál de los diferentes porcentajes de cascara de arroz tiene más efecto en la resistencia a compresión de los BTC.

Método

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales (no existe una diferencia significativa en la resistencia a compresión de los BTC).

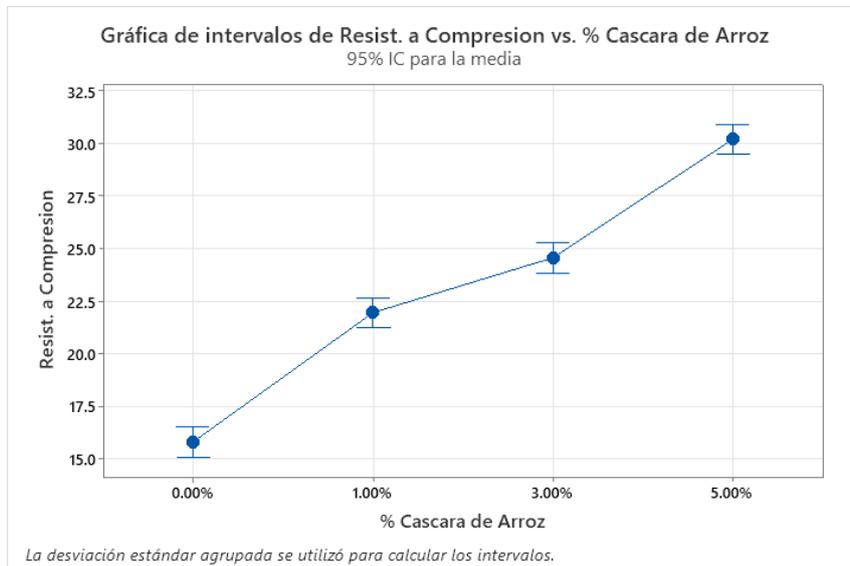
Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales (existe una diferencia significativa en la resistencia a compresión de los BTC).

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 22: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con cascara de arroz

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|--------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| % Cascara de Arroz | 3 | 642.15 | 214.049 | 303.53 | 0.000 |
| Error | 20 | 14.10 | 0.705 | | |
| Total | 23 | 656.25 | | | |

Figura 35: Grafica de intervalos de la Resistencia a Compresión Vs. % Cascara de Arroz



Interpretación:

De la tabla 22 y la figura 35 se observa que existen diferencias significativas entre las medias de los resultados de la resistencia a compresión de los BTC estabilizados con cascara de arroz (0%, 1%, 3% y 5%), ya que el valor de probabilidad P (<0.005) es menor al nivel de significancia (0.05) con un 95% de nivel de confianza, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula. Esto quiere decir que existe un porcentaje de cascara de arroz que tiene más efecto en la resistencia a compresión de los BTC.

5.2.8. Análisis estadístico de los resultados de la Resistencia a Compresión de los bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizadas con aserrín.

Para aplicar el método estadístico ANOVA se verifico que los residuales tienen una distribución normal y existe homogeneidad de varianza, por lo tanto, se procederá a realizar el análisis de varianza.

1. Análisis de Varianza

Se realiza el Análisis de Varianza (ANOVA) ya que los residuales tienen una distribución normal y existe una homogeneidad de varianza. Por lo tanto, se determinará cuál de los diferentes porcentajes de aserrín tiene más efecto en la resistencia a compresión de los BTC.

Método

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales (no existe una diferencia significativa en la resistencia a compresión de los BTC).

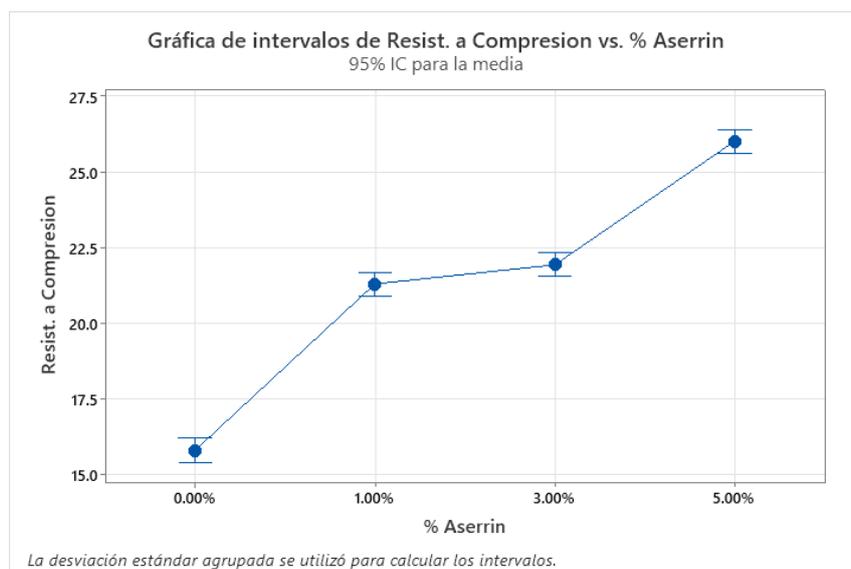
Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales (existe una diferencia significativa en la resistencia a compresión de los BTC).

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 23: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con aserrín

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| % Aserrín | 3 | 316.787 | 105.596 | 496.69 | 0.000 |
| Error | 20 | 4.252 | 0.213 | | |
| Total | 23 | 321.039 | | | |

Figura 36: Grafica de intervalos de Resistencia a Compresión Vs. % Aserrín



Interpretación:

De la tabla 23 y la figura 36 se observa que existen diferencias significativas entre las medias de los resultados de los BTC estabilizados con aserrín (0%, 1%, 3% y 5%), ya que el valor de probabilidad P (<0.005) es menor al nivel de significancia (0.05) con un 95% de nivel de confianza, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula. Esto quiere decir que existe un porcentaje de aserrín que tiene más efecto en la resistencia a compresión de los BTC.

5.2.9. Análisis estadístico de los resultados de la Resistencia a Flexión de los bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizadas con cascara de arroz.

Para aplicar el método estadístico ANOVA se verifico que los residuales tienen una distribución normal y existe homogeneidad de varianza, por lo tanto, se procederá a realizar el análisis de varianza.

1. Análisis de Varianza

Se realiza el Análisis de Varianza (ANOVA) ya que los residuales tienen una distribución normal y existe una homogeneidad de varianza. Por lo tanto, se

determinará cuál de los diferentes porcentajes de cascara de arroz tiene más efecto en la resistencia a flexión de los BTC.

Método

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales (no existe una diferencia significativa en la resistencia a compresión de los BTC).

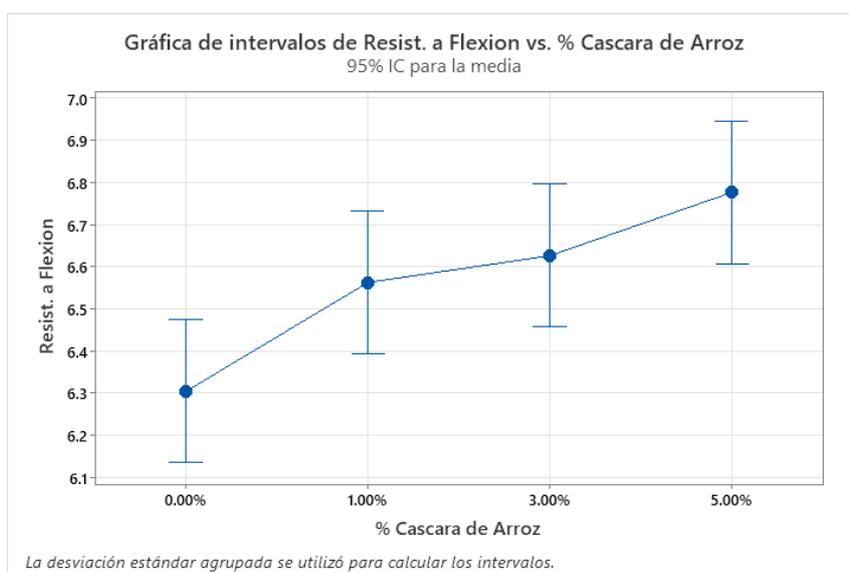
Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales (existe una diferencia significativa en la resistencia a compresión de los BTC).

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 24: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con cascara de arroz

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|--------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| % Cascara de Arroz | 3 | 0.6984 | 0.23280 | 5.88 | 0.005 |
| Error | 20 | 0.7913 | 0.03957 | | |
| Total | 23 | 1.4898 | | | |

Figura 37: Grafica de intervalos de la Resistencia a Flexión Vs. % Cascara de Arroz



Interpretación:

De la tabla 24 y la figura 37 se observa que existen diferencias significativas entre las medias de los resultados de la resistencia a flexión de los BTC estabilizados con cascara de arroz (0%, 1%, 3% y 5%), ya que el valor de probabilidad P (0.005) es menor al nivel de significancia (0.05) con un 95% de nivel de confianza, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula. Esto quiere decir que existe un porcentaje de cascara de arroz que tiene más efecto en la resistencia a flexión de los BTC.

5.2.10. Análisis estadístico de los resultados de la Resistencia a Flexión de los bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizadas con aserrín.

Para aplicar el método estadístico ANOVA se verifico que los residuales poseen una distribución normal y existe homogeneidad de varianza, por lo tanto, se procederá a realizar el análisis de varianza.

1. Análisis de Varianza

Se realiza el Análisis de Varianza (ANOVA) ya que los residuales tienen una distribución normal y existe una homogeneidad de varianza. Por lo tanto, se determinará cuál de los diferentes porcentajes de aserrín tiene más efecto en la resistencia a flexión de los BTC.

Método

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales (no existe una diferencia significativa en la resistencia a flexión de los BTC).

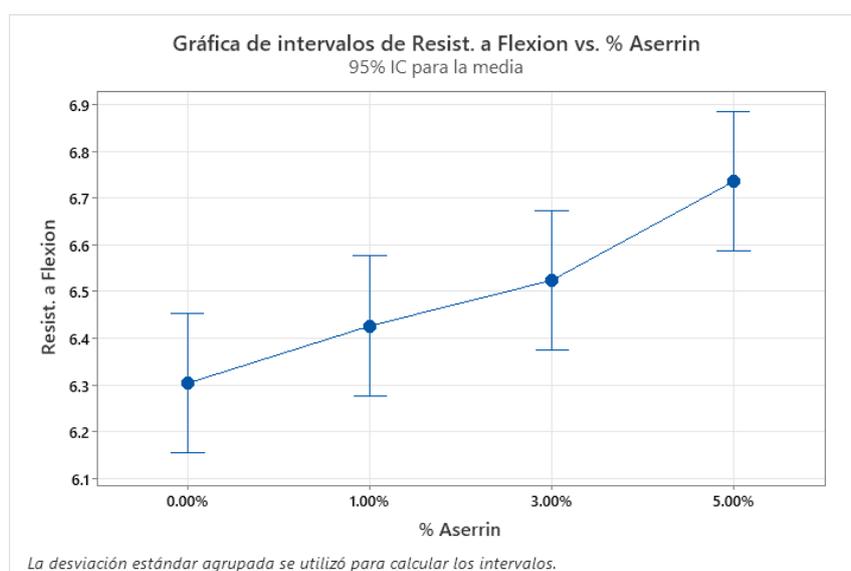
Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales (existe una diferencia significativa en la resistencia a flexión de los BTC).

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 25: Análisis de varianza de los BTC estabilizados con aserrín

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| % Aserrín | 3 | 0.5996 | 0.19986 | 6.46 | 0.003 |
| Error | 20 | 0.6185 | 0.03093 | | |
| Total | 23 | 1.2181 | | | |

Figura 38: Grafica de intervalos de Resistencia a Flexión Vs. % Aserrín



Interpretación:

De la tabla 25 y la figura 38 se observa que existen diferencias significativas entre las medias de los resultados de los BTC estabilizados con aserrín (0%, 1%, 3% y 5%), ya que el valor de probabilidad P (<0.005) es menor al nivel de significancia (0.05) con un 95% de nivel de confianza, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula. Esto quiere decir que existe un porcentaje de aserrín que tiene más efecto en la resistencia a flexión de los BTC.

5.3. Contrastación de hipótesis

La hipótesis general de la investigación es: “Los bloques de tierra comprimida estabilizadas con cascara de arroz incrementa en más del 5% sus propiedades físicas-mecánicas que los bloques de tierra comprimida estabilizadas con aserrín.”.

Contrastación de hipótesis: una vez realizada la investigación, se contrasta que dicha hipótesis se rechaza, debido a que la variación porcentual de las propiedades físicas de los BTC estabilizados con cascara de arroz (1%, 3% y 5%) de la absorción por capilaridad es de 39.61%, 65.52% y 72.19% respectivamente, la absorción por inmersión total es de 20.36%, 35.38% y 58.72% respectivamente, la erosión es -11.24%, 46.97% y 72.05% respectivamente; en cambio la variación porcentual de los resultados de las propiedades mecánicas como son la resistencia a compresión es de 38.92%, 55.44% y 91.13% respectivamente y la resistencia a flexión es de 4.10%, 5.11% y 7.49% respectivamente. Por otro lado la variación porcentual de las propiedades físicas de los BTC estabilizados con aserrín (1%, 3% y 5%) de la absorción por capilaridad es de 15.73%, 25.00% y 41.75% respectivamente, la absorción por inmersión total es de 8.77%, 14.32% y 29.11% respectivamente, la erosión es -14.57%, 5.70% y 22.50% respectivamente; en cambio la variación porcentual de los resultados de las propiedades mecánicas como son la resistencia a compresión es de 34.79%, 38.79% y 64.64% respectivamente y la resistencia a flexión es de 1.94%, 3.49% y 6.85% respectivamente. Finalmente se tiene que algunas propiedades físico-mecánicas no supera el 5% de variación porcentual.

CONCLUSIONES

- Los bloques de tierra comprimida (BTC) sin estabilizante tienen mejores propiedades físico-mecánicas que el adobe tradición. La resistencia a compresión de los BTC es superior al adobe que es de 12 kg/cm^2 según la norma E.080.
- Los BTC estabilizadas con 5% de cascara de arroz tienen un mayor incremento en la absorción por capilaridad de 72%, absorción por inmersión total de 58.72%, erosión de 72.05%, resistencia a la compresión de 91.13 % y la resistencia a la flexión de 7.49%, todos estos porcentajes son con respecto al BTC sin estabilizar. Por lo tanto, las propiedades físico-mecánicas supera a lo estableció en la norma UNE 41410: 2008 para los BTC 3.
- Los BTC estabilizadas con 5% de aserrín tienen un mayor incremento en la absorción por capilaridad de 41.75%, absorción por inmersión total de 29,11%, erosión de 22.50%, resistencia a la compresión de 64.64 % y la resistencia a la flexión de 6.85%, todos estos porcentajes son con respecto al BTC sin estabilizar. Por lo tanto, las propiedades físico-mecánicas supera a lo estableció en la norma UNE 41410: 2008 para los BTC 3.
- Finalmente se puede decir que los resultados de los diferentes ensayos de los BTC estabilizadas con cascara de arroz son mayores que los BTC estabilizados con aserrín, por lo cual BTC estabilizados con cascara de arroz son los más recomendables para la construcción de viviendas debido a que tienen mayor resistencia a compresión.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- Se recomienda que en futuras investigaciones utilizar otro tipo de estabilizantes, para determinar su influencia en las propiedades físico-mecánicas de los bloques de tierra comprimida.
- Se recomienda realizar ensayos para medir la influencia de la cascara de arroz y aserrín, en la resistencia a compresión de pilas y muretes de bloques de tierra comprimida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga, G., & Alvarado, J. (2019). *Mejora del bloque de tierra comprimida con aditivos regionales naturales para la auto construcción de viviendas (Tesis de Grado)*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Alvarez, S. (2018). *Comparación de las propiedades mecánicas de unidades y prisma de bloques de tierra comprimida estabilizada con cemento y geopolímero de puzolana (Tesis de Grado)*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Andaluz, R. (2022). *Estudio del efecto de la ceniza de cáscara de arroz en las propiedades físico-mecánicas en suelos finos de subrasante (Tesis de Titulación)*. Universidad Técnica de Amabto.
- Angulo, D., & Carreño, A. (2017, 14 de noviembre). El bloque de tierra comprimido o BTC una alternativa de construcción para la arquitectura contemporánea. *Revista nodo*, 31-37.
- Aranda, Y., & Garcia, V. (2016, enero-junio). Efecto de utilización de savias vegetales en bloques de tierra comprimida a la prueba de abrasión. *Legado de arquitectura y diseño*, 101-109.
- Arteaga, K., Medina, Ó., & Gutiérrez, J. (2011, julio-diciembre). Bloque de tierra comprimida como material constructivo. *Revista Facultad de Ingeniería*, 55-68. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=413940770005>
- Barrera, A. (2016). *El aserrín como material expresivo en el diseño interior*. Universidad del Azuay.
- Braja, D. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Cengage Learning.
- Cabrera, S. (2022). *Estudio de las características físicas, químicas y mecánicas del Bloque de Tierra Comprimida (BTC) con suelo-cal y adiciones minerales (tesis Doctoral)*. Universidad Tecnológica Nacional.
- Cid, J. (2012). *Durabilidad de los bloques de tierra comprimida. Evaluación recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción (Tesis Doctoral)*. Universidad Politécnica de Madrid.

- Cid, J., Mazarrón, F., & Cañas, I. (julio - septiembre de 2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. *63*, 159-169. doi:<https://doi.org/10.3989/ic.10.011>
- Coral, H. (2006). *Geotecnia I*. Universidad de Nariño.
- Corporacion de Desarrollo Tecnologico. (2012, julio). *Evaluación de Daños y Soluciones para Construcciones en Tierra Cruda*. Santiago de Chile.
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos u cimentaciones*. Limusa.
- Fratelli, M. (1993). *Suelos, fundaciones y muros*. Astrom.
- Gaitan, E. (2022). *Evaluacion de bloques de tierra comprimida (BTC) con fines de albañilería, Tacabamba, Chota*. Universidad Nacional Autonoma de Chota.
- Galarza, J. (2020). *Fábrica de tierra estabilizada con adición de fibra del Bagazo de caña aplicado a viviendas rurales (Tesis Doctoral)*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Galarza, J., Hernández, F., & Arcones, G. (2021,). Estabilización de bloques de tierra comprimida (BTC) por adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) y óxido de calcio recuperado de conchas marinas. *Anales de Edificación*, 30-40. doi:<https://doi.org/10.20868/ade.2021.4768>
- Gallegas, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural* (tercera ed.). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Garcia, L. (2019-2020). *Bloques de tierra comprimida. Estudio y optimizacion de prototipo para su comercializacion*. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Guzmán, S., & Iñiguez, M. (2016, julio-diciembre). Metodología para elección de estabilizante químicos para bloques de tierra. *Estoa*, 151-159. doi:<https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.12>
- Hernández, J. (2016). *Construcción con tierra: Análisis, conservacion y mejora. Uncaso práctico en Senegal. (Tesis de Grado)*. Universidad politécnica de Cataluya.
- Infante, A. (2018). *Resistencia a la compresion y absorcion en bloques de tierra comprimida, con adicion de goma de aloe vera, Cajamarca 2018*. Universidad Privada del Norte.

- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Perú: Perfil sociodemográfico, 2017*.
- Juárez, E., & Rico, A. (2005). *Mecánica de suelos* (Vol. I). Limusa.
- López, A. (2018). *Desarrollo de un nuevo bloque de tierra mejorada con la incorporación de aditivos de compuestos orgánicos (Tesis de Grado)*. Universidad Politécnica de Catalunya.
- Mejía, P. (2018). *Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador (Tesis de Grado)*. Universidad de Cuenca.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima - Peru.
- Minke, G. (2005). *Manual de construcción en tierra*. Editorial fin de siglo.
- Muñoz, S., & Rojas, M. (2021, enero-junio). Uso de la metodología de la tierra comprimida estabilizada para la fabricación de ladrillos. *Cátedra Villarreal*, 45-51. doi:<https://doi.org/10.24039/cv202191854>
- NTP 339.079. (2012). *Concreto: Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo*. INDECOPI.
- NTP 339.129. (2019). *Suelos: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite índice de plasticidad de suelos*. INACAL.
- Pinos, A. (2015). *Evaluación estructural del efecto del mortero de pega sobre probetas de muro de ladrillo de tierra compactada bajo esfuerzos de compresión axial (Tesis de Grado)*. Universidad de Cuenca.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2020). *Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada*. Sencico.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2017). *Adobe*. Megabyte s.a.c.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2020). *Albañilería*. Sencico.
- Rico, A. (2005). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres*. Limusa.

- Rotondaro, R., & Mandrini, M. (2018, noviembre). Bloques de tierra comprimida y tapia: dos técnicas con capacidad portante. *Bioarquitectura diseño y construcción con tierra*, 8-17.
- Roux, R., & Espuna, J. (2012). *Bloques de tierra comprimida adicionados con fibras naturales*. Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Ruiz, A. (2018). *Diseño y evaluación de un ladrillo de suelo estabilizado con escoria metalúrgica activa alcalinamente (Tesis de Grado)*. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Tecnológico, P. d. (2006). *Manual de bloques de tierra comprimida*. Universidad de la República.
- Toneu, L. (2019-2020). *Bloques de tierra comprimida. Estudio y optimización de prototipo para su comercialización (Tesis de Grado)*. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Trigo, T. (2015). *Estudio del comportamiento estructural de construcciones de tierra: La técnica constructiva Earthbag (Tesis de Grado)*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- UNE 41410. (2008, diciembre). *Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques: Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo*.

APÉNDICES

1. Datos de ensayos del suelo de la cantera ubicada en la cruz blanca.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO ASTM - D422

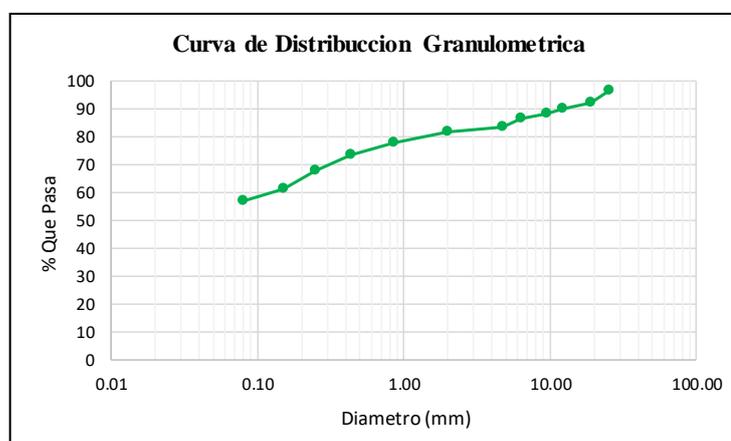
Proyecto: Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias
 Tesis: “Comparación de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra comprimida estabilizada con cascara de arroz y aserrín”
 Tesista: Javier Aquino Rafael
 Ubicación: Región, Provincia y distrito de Cajamarca
 Muestra: Extraída de la cantera del sector Cruz Blanca

Datos:

Peso seco inicial: 1200.00 g
 Peso seco final: 515.28 g
 Peso menor N° 200: 684.72 g

| Granulometría | | | | | | |
|---------------|------------|---------------|-----------------|----------------|------------------|--------|
| Tipo | N° Tamiz | Abertura (mm) | P. ret. Parcial | % Ret. Parcial | % Ret. Acumulado | % Pasa |
| Análisis de | 3" | 73.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| | 2 1/2" | 63.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| | 2" | 50.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| | 1 1/2" | 38.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| | 1" | 25.40 | 41.60 | 3.47 | 3.47 | 96.53 |
| | 3/4" | 19.05 | 51.40 | 4.28 | 7.75 | 92.25 |
| | 1/2" | 12.07 | 27.50 | 2.29 | 10.04 | 89.96 |
| | 3/8" | 9.52 | 16.80 | 1.40 | 11.44 | 88.56 |
| | 1/4" | 6.35 | 23.20 | 1.93 | 13.38 | 86.63 |
| | N° 4 | 4.75 | 36.90 | 3.08 | 16.45 | 83.55 |
| Análisis de | N° 10 | 2.00 | 21.10 | 1.76 | 18.21 | 81.79 |
| | N° 20 | 0.85 | 45.40 | 3.78 | 21.99 | 78.01 |
| | N° 40 | 0.43 | 51.20 | 4.27 | 26.26 | 73.74 |
| | N° 60 | 0.25 | 68.60 | 5.72 | 31.98 | 68.03 |
| | N° 100 | 0.15 | 80.88 | 6.74 | 38.72 | 61.29 |
| | N° 200 | 0.08 | 50.70 | 4.23 | 42.94 | 57.06 |
| | Perd. Lav. | | 684.72 | 57.06 | 100.00 | 0.00 |
| Total | | | 1200.00 | 100.00 | | |

Gráfica:



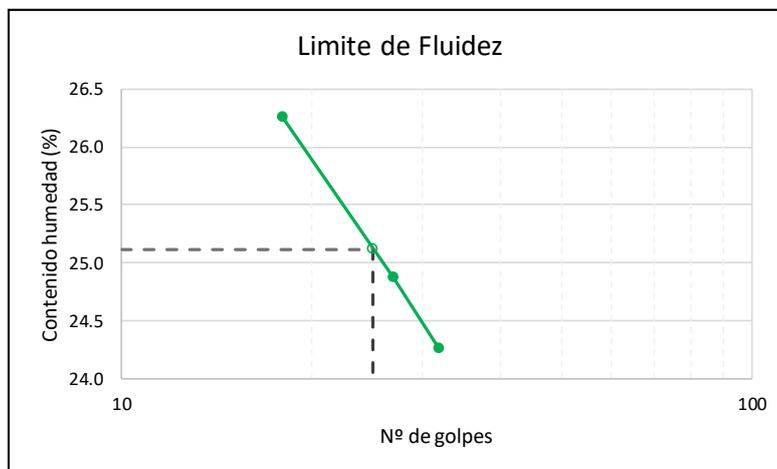
LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D4318

Proyecto: Tesis para optar el Grado Academico de Maestro en Ciencias
Tesis: "Comparación de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra comprimida estabilizada con cascara de arroz y aserrín"
Tesisista: Javier Aquino Rafael
Ubicación: Region, Provincia y distrito de Cajamarca
Muestra: Extraída de la cantera del sector Cruz Blanca

Calculo:

| LIMITES DE ATTERBERG | | | | | |
|--------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| Ensayo | Limite liquido | | | Limite Plastico | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Nº | | | | | |
| P. tara (g) | 21.53 | 22.47 | 21.29 | 21.16 | 21.78 |
| P. suelo hum. + tara (g) | 41.87 | 50.59 | 45.48 | 33.85 | 35.24 |
| P. suelo seco + tara (g) | 37.90 | 44.99 | 40.45 | 31.97 | 33.21 |
| P. del agua (g) | 3.97 | 5.60 | 5.03 | 1.88 | 2.03 |
| P. suelo (g) | 16.37 | 22.52 | 19.16 | 10.81 | 11.43 |
| N. de golpes | 32.00 | 27.00 | 18.00 | - | - |
| Cont. de humedad (%) | 24.25 | 24.87 | 26.25 | 17.39 | 17.76 |
| Promedio (%) | 25.12 | | | 17.58 | |

Grafica:



Resultados:

Limite Liquido: 25.12 %
Limite Plastico: 17.58 %
Indice Plastico: 7.54 %

Clasificacion del suelo:

SUCS: CL - ML
AASHTO: A - 6 (6)

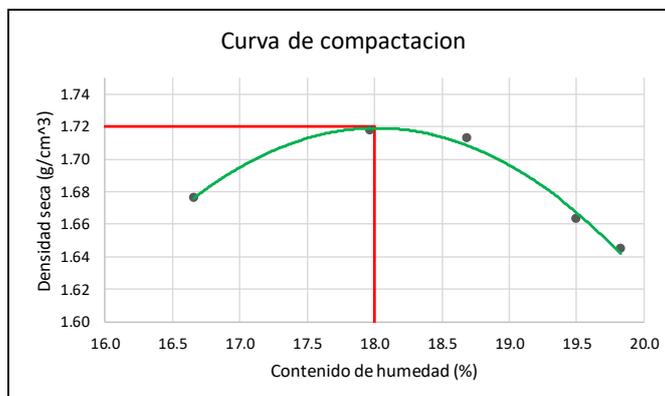
PROCTOR ESTANDAR - METODO A (AASHTO T-99)

Proyecto: Tesis para optar el Grado Academico de Maestro en Ciencias
 Tesis: "Comparación de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra comprimida estabilizada con cascara de arroz y aserrín"
 Tesista: Javier Aquino Rafael
 Ubicación: Region, Provincia y distrito de Cajamarca
 Muestra: Extraída de la cantera del sector Cruz Blanca

Calculo:

| DENSIDAD HUMEDA | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| Nº Molde | A | | B | | C | | D | | E | |
| Nº capas | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | |
| Nº golpes por capa | 25 | | 25 | | 25 | | 25 | | 25 | |
| P. molde (g) | 1786.00 | | 1786.00 | | 1786.00 | | 1786.00 | | 1786.00 | |
| Wmh + molde (g) | 3603.00 | | 3668.00 | | 3674.00 | | 3632.00 | | 3611.00 | |
| wmh (g) | 1817.00 | | 1882.00 | | 1888.00 | | 1846.00 | | 1825.00 | |
| Vmh (cm ³) | 929.40 | | 929.40 | | 929.40 | | 929.40 | | 929.40 | |
| Dh (g/cm ³) | 1.955 | | 2.025 | | 2.031 | | 1.986 | | 1.964 | |
| DENSIDAD SECA | | | | | | | | | | |
| Nº muestra | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| Nº recipientes | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j |
| Pt (g) | 25.67 | 22.36 | 23.78 | 23.87 | 23.84 | 25.77 | 24.59 | 22.69 | 25.93 | 27.06 |
| Wmh +t (g) | 168.14 | 183.33 | 173.73 | 179.95 | 173.00 | 167.08 | 170.54 | 184.97 | 177.25 | 188.16 |
| Wms +t (g) | 147.82 | 160.31 | 150.94 | 156.13 | 149.57 | 144.79 | 146.77 | 158.45 | 152.64 | 161.05 |
| Ww (g) | 20.32 | 23.02 | 22.79 | 23.82 | 23.43 | 22.29 | 23.77 | 26.52 | 24.61 | 27.11 |
| Wms(g) | 122.15 | 137.95 | 127.16 | 132.26 | 125.73 | 119.02 | 122.18 | 135.76 | 126.71 | 133.99 |
| W (%) | 16.64 | 16.69 | 17.92 | 18.01 | 18.64 | 18.73 | 19.45 | 19.53 | 19.42 | 20.23 |
| W prom. (%) | 16.66 | | 17.97 | | 18.68 | | 19.49 | | 19.83 | |
| Ds (g/cm ³) | 1.676 | | 1.717 | | 1.712 | | 1.663 | | 1.644 | |

Gráfico:



Resultados:

| | |
|---------|-------------------------|
| Dsmax = | 1.720 g/cm ³ |
| Wop = | 18 % |

2. Datos de ensayo de absorción por capilaridad de los BTC

| ABSORCION POR CAPILARIDAD DE BTC PATRON | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|---------|----------------|----------------|---|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | t (min) | Peso seco (kg) | Peso sat. (kg) | Abs. (g/cm ² *min ^{0.5}) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BP-01 | 296.13 | 145.89 | 78.71 | 69.93 | 69.77 | 355.38 | 0.00280 | 10.00 | 5.363 | 5.457 | 8.36 |
| BP-02 | 296.62 | 146.62 | 77.58 | 69.91 | 69.64 | 358.43 | 0.00278 | 10.00 | 5.285 | 5.374 | 7.85 |
| BP-03 | 297.02 | 146.23 | 78.62 | 69.83 | 69.68 | 357.90 | 0.00281 | 10.00 | 5.202 | 5.285 | 7.33 |
| BP-04 | 297.83 | 145.06 | 79.05 | 68.92 | 69.11 | 357.21 | 0.00282 | 10.00 | 5.206 | 5.293 | 7.70 |
| BP-05 | 296.53 | 147.01 | 78.16 | 69.89 | 68.53 | 360.68 | 0.00282 | 10.00 | 5.291 | 5.378 | 7.63 |
| BP-06 | 298.21 | 148.56 | 78.34 | 69.92 | 69.37 | 366.83 | 0.00287 | 10.00 | 5.355 | 5.442 | 7.50 |
| Suma | 1782.34 | 879.37 | 470.46 | 418.40 | 416.10 | 2156.44 | 0.01691 | 60.00 | 31.702 | 32.229 | 46.38 |
| Promedio | 297.06 | 146.56 | 78.41 | 69.73 | 69.35 | 359.41 | 0.00282 | 10.00 | 5.284 | 5.372 | 7.73 |

| ABSORCION POR CAPILARIDAD DE BTC + 1 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|---------|----------------|----------------|---|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | t (min) | Peso seco (kg) | Peso sat. (kg) | Abs. (g/cm ² *min ^{0.5}) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 297.16 | 149.18 | 79.63 | 69.70 | 70.12 | 366.53 | 0.00292 | 10.00 | 5.152 | 5.275 | 10.61 |
| BC-02 | 295.25 | 148.31 | 78.43 | 69.82 | 70.02 | 361.09 | 0.00283 | 10.00 | 5.145 | 5.263 | 10.33 |
| BC-03 | 297.04 | 149.72 | 80.08 | 70.24 | 70.07 | 367.42 | 0.00294 | 10.00 | 5.204 | 5.331 | 10.93 |
| BC-04 | 296.38 | 149.54 | 79.95 | 69.92 | 69.67 | 366.69 | 0.00293 | 10.00 | 5.292 | 5.414 | 10.52 |
| BC-05 | 297.81 | 150.09 | 77.20 | 69.78 | 70.21 | 370.02 | 0.00286 | 10.00 | 5.163 | 5.292 | 11.02 |
| BC-06 | 298.86 | 148.69 | 79.99 | 70.06 | 68.89 | 368.55 | 0.00295 | 10.00 | 5.295 | 5.427 | 11.33 |
| Suma | 1782.50 | 895.53 | 475.28 | 419.52 | 418.98 | 2200.30 | 0.01743 | 60.00 | 31.251 | 32.002 | 64.75 |
| Promedio | 297.08 | 149.26 | 79.21 | 69.92 | 69.83 | 366.72 | 0.00290 | 10.00 | 5.209 | 5.334 | 10.79 |

| ABSORCION POR CAPILARIDAD DE BTC + 3 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|---------|----------------|----------------|---|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | t (min) | Peso seco (kg) | Peso sat. (kg) | Abs. (g/cm ² *min ^{0.5}) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 295.18 | 149.62 | 79.49 | 70.62 | 70.86 | 363.04 | 0.00289 | 10.00 | 5.175 | 5.322 | 12.80 |
| BC-02 | 297.09 | 150.11 | 77.18 | 70.10 | 69.53 | 369.40 | 0.00285 | 10.00 | 5.110 | 5.266 | 13.35 |
| BC-03 | 296.57 | 149.83 | 79.86 | 69.24 | 70.06 | 368.15 | 0.00294 | 10.00 | 5.161 | 5.303 | 12.20 |
| BC-04 | 296.07 | 150.19 | 80.07 | 69.53 | 69.87 | 368.36 | 0.00295 | 10.00 | 5.095 | 5.243 | 12.71 |
| BC-05 | 297.99 | 149.75 | 79.71 | 70.33 | 69.86 | 369.06 | 0.00294 | 10.00 | 5.125 | 5.271 | 12.51 |
| BC-06 | 297.97 | 150.26 | 79.79 | 69.28 | 70.09 | 371.45 | 0.00296 | 10.00 | 5.109 | 5.264 | 13.20 |
| Suma | 1780.87 | 899.76 | 476.10 | 419.10 | 420.27 | 2209.45 | 0.01753 | 60.00 | 30.775 | 31.669 | 76.77 |
| Promedio | 296.81 | 149.96 | 79.35 | 69.85 | 70.05 | 368.24 | 0.00292 | 10.00 | 5.129 | 5.278 | 12.79 |

| ABSORCION POR CAPILARIDAD DE BTC + 5 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|---------|----------------|----------------|---|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | t (min) | Peso seco (kg) | Peso sat. (kg) | Abs. (g/cm ² *min ^{0.5}) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 295.91 | 149.58 | 79.49 | 71.45 | 69.57 | 364.51 | 0.00290 | 10.00 | 5.081 | 5.243 | 14.05 |
| BC-02 | 296.73 | 150.34 | 77.27 | 70.83 | 69.97 | 368.25 | 0.00285 | 10.00 | 4.973 | 5.132 | 13.61 |
| BC-03 | 295.96 | 149.98 | 78.46 | 70.68 | 69.75 | 366.43 | 0.00288 | 10.00 | 4.891 | 5.040 | 12.86 |
| BC-04 | 297.34 | 150.46 | 79.99 | 70.38 | 70.07 | 369.91 | 0.00296 | 10.00 | 5.060 | 5.221 | 13.76 |
| BC-05 | 295.91 | 149.38 | 76.49 | 69.87 | 70.18 | 365.01 | 0.00279 | 10.00 | 5.055 | 5.204 | 12.91 |
| BC-06 | 296.95 | 149.67 | 78.09 | 70.36 | 70.01 | 367.07 | 0.00287 | 10.00 | 5.006 | 5.153 | 12.66 |
| Suma | 1778.80 | 899.41 | 469.79 | 423.57 | 419.55 | 2201.19 | 0.01724 | 60.00 | 30.066 | 30.993 | 79.86 |
| Promedio | 296.47 | 149.90 | 78.30 | 70.60 | 69.93 | 366.86 | 0.00287 | 10.00 | 5.011 | 5.165 | 13.31 |

| ABSORCION POR CAPILARIDAD DE BTC + 1 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|---------|----------------|----------------|---|
| Nº Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | t (min) | Peso seco (kg) | Peso sat. (kg) | Abs. (g/cm ² *min ^{0.5}) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 296.19 | 146.72 | 78.56 | 69.77 | 69.68 | 358.20 | 0.00281 | 10.00 | 5.223 | 5.324 | 8.92 |
| BA-02 | 297.39 | 146.34 | 79.92 | 69.99 | 70.46 | 357.74 | 0.00286 | 10.00 | 5.340 | 5.437 | 8.57 |
| BA-03 | 295.15 | 149.02 | 79.65 | 69.75 | 69.29 | 363.91 | 0.00290 | 10.00 | 5.183 | 5.282 | 8.60 |
| BA-04 | 297.73 | 148.92 | 80.07 | 70.15 | 69.92 | 366.33 | 0.00293 | 10.00 | 5.277 | 5.380 | 8.89 |
| BA-05 | 295.38 | 150.06 | 79.91 | 70.06 | 70.31 | 365.87 | 0.00292 | 10.00 | 5.283 | 5.391 | 9.33 |
| BA-06 | 298.94 | 149.38 | 80.19 | 70.65 | 70.31 | 368.53 | 0.00296 | 10.00 | 5.201 | 5.310 | 9.35 |
| Suma | 1780.78 | 890.44 | 478.30 | 420.37 | 419.97 | 2180.59 | 0.01738 | 60.00 | 31.507 | 32.124 | 53.67 |
| Promedio | 296.80 | 148.41 | 79.72 | 70.06 | 70.00 | 363.43 | 0.00290 | 10.00 | 5.251 | 5.354 | 8.95 |

| ABSORCION POR CAPILARIDAD DE BTC + 3 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|---------|----------------|----------------|---|
| Nº Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | t (min) | Peso seco (kg) | Peso sat. (kg) | Abs. (g/cm ² *min ^{0.5}) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 296.31 | 148.29 | 77.24 | 68.90 | 69.39 | 364.30 | 0.00281 | 10.00 | 5.090 | 5.197 | 9.29 |
| BA-02 | 297.33 | 145.97 | 79.51 | 69.03 | 70.21 | 357.87 | 0.00285 | 10.00 | 5.123 | 5.225 | 9.01 |
| BA-03 | 297.21 | 150.49 | 80.94 | 70.06 | 69.03 | 371.30 | 0.00301 | 10.00 | 5.281 | 5.396 | 9.79 |
| BA-04 | 295.88 | 149.76 | 79.82 | 69.76 | 69.43 | 367.03 | 0.00293 | 10.00 | 5.173 | 5.288 | 9.91 |
| BA-05 | 295.01 | 148.21 | 78.12 | 70.62 | 69.87 | 359.72 | 0.00281 | 10.00 | 5.151 | 5.265 | 10.02 |
| BA-06 | 296.09 | 147.56 | 80.33 | 69.71 | 71.05 | 359.10 | 0.00288 | 10.00 | 5.180 | 5.293 | 9.95 |
| Suma | 1777.83 | 890.28 | 475.96 | 418.08 | 418.98 | 2179.31 | 0.01729 | 60.00 | 30.998 | 31.664 | 57.98 |
| Promedio | 296.31 | 148.38 | 79.33 | 69.68 | 69.83 | 363.22 | 0.00288 | 10.00 | 5.166 | 5.277 | 9.66 |

| ABSORCION POR CAPILARIDAD DE BTC + 5 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|---------|----------------|----------------|---|
| Nº Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | t (min) | Peso seco (kg) | Peso sat. (kg) | Abs. (g/cm ² *min ^{0.5}) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 296.13 | 148.42 | 79.63 | 69.86 | 69.70 | 363.03 | 0.00289 | 10.00 | 5.082 | 5.205 | 10.71 |
| BA-02 | 297.79 | 149.90 | 80.59 | 70.01 | 70.09 | 369.31 | 0.00298 | 10.00 | 5.117 | 5.249 | 11.30 |
| BA-03 | 296.07 | 150.61 | 79.95 | 68.03 | 70.21 | 370.85 | 0.00296 | 10.00 | 5.000 | 5.124 | 10.57 |
| BA-04 | 295.96 | 149.88 | 81.53 | 69.95 | 70.33 | 366.31 | 0.00299 | 10.00 | 5.032 | 5.160 | 11.05 |
| BA-05 | 295.91 | 150.01 | 78.92 | 70.51 | 70.68 | 365.61 | 0.00289 | 10.00 | 4.974 | 5.098 | 10.73 |
| BA-06 | 296.21 | 149.26 | 80.11 | 69.80 | 68.59 | 366.91 | 0.00294 | 10.00 | 5.085 | 5.217 | 11.38 |
| Suma | 1778.07 | 898.08 | 480.73 | 418.16 | 419.60 | 2202.01 | 0.01764 | 60.00 | 30.290 | 31.053 | 65.74 |
| Promedio | 296.35 | 149.68 | 80.12 | 69.69 | 69.93 | 367.00 | 0.00294 | 10.00 | 5.048 | 5.176 | 10.96 |

3. Datos de ensayo de absorción por inmersión total de los BTC

| ABSORCION POR INMERSION TOTAL DE BTC PATRON | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|--------|----------------|----------------|----------|
| Nº Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | t (h) | Peso seco (kg) | Peso sat. (kg) | Abs. (%) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BP-01 | 296.13 | 146.40 | 80.02 | 69.71 | 69.50 | 357.43 | 0.00286 | 24 | 5.315 | 6.866 | 29.18 |
| BP-02 | 296.19 | 145.98 | 79.57 | 69.68 | 70.31 | 355.42 | 0.00283 | 24 | 5.340 | 6.864 | 28.54 |
| BP-03 | 294.46 | 150.03 | 79.86 | 70.15 | 71.06 | 363.47 | 0.00290 | 24 | 5.373 | 6.951 | 29.37 |
| BP-04 | 293.59 | 149.76 | 78.46 | 68.94 | 69.99 | 363.88 | 0.00285 | 24 | 5.387 | 6.895 | 27.99 |
| BP-05 | 295.16 | 150.89 | 80.20 | 69.38 | 70.30 | 368.75 | 0.00296 | 24 | 5.384 | 6.926 | 28.64 |
| BP-06 | 297.90 | 149.71 | 79.81 | 70.23 | 70.09 | 368.66 | 0.00294 | 24 | 5.313 | 6.871 | 29.32 |
| Suma | 1773.43 | 892.77 | 477.92 | 418.09 | 421.25 | 2177.61 | 0.01735 | 144.00 | 32.112 | 41.373 | 173.05 |
| Promedio | 295.57 | 148.80 | 79.65 | 69.68 | 70.21 | 362.93 | 0.00289 | 24.00 | 5.352 | 6.896 | 28.84 |

| ABSORCION POR INMERSION TOTAL DE BTC + 1 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|--------|----------------|----------------|----------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | t (h) | Peso seco (kg) | Peso sat. (kg) | Abs. (%) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 296.37 | 147.19 | 78.64 | 70.73 | 69.54 | 358.96 | 0.00282 | 24 | 5.226 | 6.987 | 33.70 |
| BC-02 | 297.59 | 149.57 | 77.84 | 70.43 | 69.58 | 368.12 | 0.00287 | 24 | 5.254 | 7.057 | 34.32 |
| BC-03 | 298.79 | 148.73 | 80.27 | 69.52 | 69.14 | 368.89 | 0.00296 | 24 | 5.293 | 7.135 | 34.80 |
| BC-04 | 296.48 | 150.04 | 79.58 | 69.76 | 69.91 | 368.23 | 0.00293 | 24 | 5.281 | 7.177 | 35.90 |
| BC-05 | 295.27 | 148.68 | 79.50 | 70.51 | 70.79 | 360.60 | 0.00287 | 24 | 5.175 | 6.950 | 34.30 |
| BC-06 | 297.16 | 150.29 | 80.19 | 69.75 | 69.83 | 370.09 | 0.00297 | 24 | 5.195 | 7.027 | 35.26 |
| Suma | 1781.66 | 894.50 | 476.02 | 420.70 | 418.79 | 2194.89 | 0.01741 | 144.00 | 31.424 | 42.333 | 208.28 |
| Promedio | 296.94 | 149.08 | 79.34 | 70.12 | 69.80 | 365.82 | 0.00290 | 24.00 | 5.237 | 7.056 | 34.71 |

| ABSORCION POR INMERSION TOTAL DE BTC + 3 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|--------|----------------|----------------|----------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | t (h) | Peso seco (kg) | Peso sat. (kg) | Abs. (%) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 295.85 | 149.10 | 77.62 | 70.49 | 71.13 | 362.35 | 0.00281 | 24.00 | 5.160 | 7.211 | 39.75 |
| BC-02 | 296.61 | 150.60 | 79.82 | 69.43 | 69.31 | 371.10 | 0.00296 | 24.00 | 5.254 | 7.302 | 38.98 |
| BC-03 | 296.87 | 150.26 | 80.29 | 70.26 | 70.94 | 367.78 | 0.00295 | 24.00 | 5.190 | 7.196 | 38.65 |
| BC-04 | 295.46 | 149.28 | 78.82 | 71.09 | 70.51 | 362.32 | 0.00286 | 24.00 | 5.110 | 7.145 | 39.82 |
| BC-05 | 297.14 | 148.59 | 79.53 | 70.65 | 69.81 | 364.04 | 0.00290 | 24.00 | 5.203 | 7.245 | 39.25 |
| BC-06 | 297.73 | 149.79 | 80.16 | 69.42 | 69.01 | 370.72 | 0.00297 | 24.00 | 5.245 | 7.229 | 37.83 |
| Suma | 1779.66 | 897.62 | 476.24 | 421.34 | 420.71 | 2198.32 | 0.01745 | 144.00 | 31.162 | 43.328 | 234.28 |
| Promedio | 296.61 | 149.60 | 79.37 | 70.22 | 70.12 | 366.39 | 0.00291 | 24.00 | 5.194 | 7.221 | 39.05 |

| ABSORCION POR INMERSION TOTAL DE BTC + 5 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|--------|----------------|----------------|----------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | t (h) | Peso seco (kg) | Peso sat. (kg) | Abs. (%) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 295.38 | 149.76 | 77.47 | 69.82 | 71.13 | 364.34 | 0.00282 | 24.00 | 5.045 | 7.356 | 45.81 |
| BC-02 | 296.99 | 150.97 | 79.26 | 70.61 | 69.99 | 370.73 | 0.00294 | 24.00 | 5.054 | 7.397 | 46.36 |
| BC-03 | 295.31 | 150.07 | 80.51 | 70.34 | 69.95 | 365.88 | 0.00295 | 24.00 | 4.980 | 7.236 | 45.30 |
| BC-04 | 295.57 | 149.68 | 80.13 | 69.71 | 70.09 | 365.66 | 0.00293 | 24.00 | 5.095 | 7.474 | 46.69 |
| BC-05 | 296.69 | 150.64 | 78.62 | 69.52 | 69.07 | 371.51 | 0.00292 | 24.00 | 5.132 | 7.460 | 45.36 |
| BC-06 | 297.99 | 148.93 | 79.27 | 69.45 | 69.02 | 368.50 | 0.00292 | 24.00 | 4.971 | 7.215 | 45.14 |
| Suma | 1777.93 | 900.05 | 475.26 | 419.45 | 419.25 | 2206.62 | 0.01748 | 144.00 | 30.277 | 44.138 | 274.67 |
| Promedio | 296.32 | 150.01 | 79.21 | 69.91 | 69.88 | 367.77 | 0.00291 | 24.00 | 5.046 | 7.356 | 45.78 |

| ABSORCION POR INMERSION TOTAL DE BTC + 1 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|--------|----------------|----------------|----------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | t (h) | Peso seco (kg) | Peso sat. (kg) | Abs. (%) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 296.19 | 146.46 | 76.36 | 69.27 | 69.56 | 358.11 | 0.00273 | 24.00 | 5.195 | 6.830 | 31.47 |
| BA-02 | 297.11 | 149.86 | 79.52 | 69.13 | 69.67 | 369.59 | 0.00294 | 24.00 | 5.213 | 6.796 | 30.37 |
| BA-03 | 295.34 | 150.94 | 80.11 | 69.32 | 68.99 | 370.66 | 0.00297 | 24.00 | 5.270 | 6.972 | 32.30 |
| BA-04 | 297.53 | 149.26 | 78.53 | 70.12 | 71.09 | 365.78 | 0.00287 | 24.00 | 5.173 | 6.766 | 30.79 |
| BA-05 | 298.06 | 150.11 | 80.21 | 69.87 | 70.23 | 370.34 | 0.00297 | 24.00 | 5.271 | 6.937 | 31.61 |
| BA-06 | 295.81 | 147.62 | 78.66 | 69.20 | 69.53 | 361.10 | 0.00284 | 24.00 | 5.190 | 6.835 | 31.70 |
| Suma | 1780.04 | 894.25 | 473.39 | 416.91 | 419.07 | 2195.59 | 0.01733 | 144.00 | 31.312 | 41.136 | 188.23 |
| Promedio | 296.67 | 149.04 | 78.90 | 69.49 | 69.85 | 365.93 | 0.00289 | 24.00 | 5.219 | 6.856 | 31.37 |

| ABSORCION POR INMERSION TOTAL DE BTC + 3 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|--------|----------------|----------------|----------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | t (h) | Peso seco (kg) | Peso sat. (kg) | Abs. (%) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 297.61 | 146.42 | 78.60 | 69.22 | 69.86 | 359.80 | 0.00283 | 24.00 | 5.170 | 6.874 | 32.96 |
| BA-02 | 294.96 | 148.52 | 80.24 | 69.56 | 69.03 | 362.65 | 0.00291 | 24.00 | 5.206 | 6.941 | 33.33 |
| BA-03 | 294.52 | 149.12 | 79.88 | 69.73 | 70.21 | 362.28 | 0.00289 | 24.00 | 5.155 | 6.882 | 33.50 |
| BA-04 | 295.66 | 150.05 | 80.42 | 69.23 | 70.52 | 366.94 | 0.00295 | 24.00 | 5.143 | 6.835 | 32.90 |
| BA-05 | 293.31 | 148.96 | 79.52 | 70.22 | 69.11 | 360.68 | 0.00287 | 24.00 | 5.169 | 6.806 | 31.67 |
| BA-06 | 296.45 | 149.31 | 78.11 | 69.20 | 69.03 | 367.59 | 0.00287 | 24.00 | 5.120 | 6.834 | 33.48 |
| Suma | 1772.51 | 892.38 | 476.77 | 417.16 | 417.76 | 2179.94 | 0.01732 | 144.00 | 30.963 | 41.172 | 197.83 |
| Promedio | 295.42 | 148.73 | 79.46 | 69.53 | 69.63 | 363.32 | 0.00289 | 24.00 | 5.161 | 6.862 | 32.97 |

| ABSORCION POR INMERSION TOTAL DE BTC + 5 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|--------|----------------|----------------|----------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | t (h) | Peso seco (kg) | Peso sat. (kg) | Abs. (%) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 296.01 | 146.53 | 79.82 | 70.01 | 69.38 | 357.44 | 0.00285 | 24.00 | 5.085 | 6.921 | 36.11 |
| BA-02 | 294.44 | 148.34 | 79.66 | 69.75 | 70.99 | 358.98 | 0.00286 | 24.00 | 4.981 | 6.797 | 36.46 |
| BA-03 | 295.54 | 149.11 | 80.54 | 70.11 | 69.23 | 364.43 | 0.00294 | 24.00 | 5.100 | 7.063 | 38.49 |
| BA-04 | 297.68 | 150.44 | 80.11 | 69.54 | 69.03 | 372.42 | 0.00298 | 24.00 | 5.080 | 7.005 | 37.89 |
| BA-05 | 295.10 | 149.88 | 79.15 | 69.02 | 68.99 | 367.50 | 0.00291 | 24.00 | 4.991 | 6.884 | 37.93 |
| BA-06 | 296.63 | 150.24 | 80.10 | 69.32 | 70.51 | 368.87 | 0.00295 | 24.00 | 5.013 | 6.845 | 36.55 |
| Suma | 1775.40 | 894.54 | 479.38 | 417.75 | 418.13 | 2189.65 | 0.01749 | 144.00 | 30.250 | 41.515 | 223.42 |
| Promedio | 295.90 | 149.09 | 79.90 | 69.63 | 69.69 | 364.94 | 0.00292 | 24.00 | 5.042 | 6.919 | 37.24 |

4. Datos de ensayo de erosión de los BTC

| EROSION DE BTC PATRON | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|---------|--------------|-----------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | t (min) | Erosion (mm) | Condicion |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BP-01 | 297.90 | 146.70 | 76.78 | 69.13 | 69.89 | 361.12 | 0.00277 | 5.244 | 10 | 5.49 | Apto |
| BP-02 | 296.63 | 148.63 | 78.95 | 69.23 | 69.37 | 365.44 | 0.00289 | 5.370 | 10 | 4.61 | Apto |
| BP-03 | 297.83 | 147.25 | 79.20 | 69.36 | 69.72 | 362.59 | 0.00287 | 5.391 | 10 | 5.38 | Apto |
| BP-04 | 298.21 | 147.87 | 77.26 | 69.02 | 70.11 | 364.94 | 0.00282 | 5.346 | 10 | 5.52 | Apto |
| BP-05 | 297.81 | 149.03 | 78.25 | 70.03 | 69.81 | 367.03 | 0.00287 | 5.385 | 10 | 5.12 | Apto |
| BP-06 | 299.03 | 149.17 | 77.61 | 69.89 | 69.06 | 370.24 | 0.00287 | 5.268 | 10 | 6.01 | Apto |
| Suma | 1787.41 | 888.65 | 468.05 | 416.66 | 417.96 | 2191.38 | 0.01709 | 32.00 | 60.00 | 32.13 | |
| Promedio | 297.90 | 148.11 | 78.01 | 69.44 | 69.66 | 365.23 | 0.00285 | 5.334 | 10.00 | 5.36 | |

| EROSION DE BTC + 1 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|---------|--------------|-----------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | t (min) | Erosion (mm) | Condicion |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 296.32 | 147.73 | 78.68 | 70.24 | 70.64 | 359.81 | 0.00283 | 5.160 | 10 | 4.92 | Apto |
| BC-02 | 298.02 | 149.16 | 79.09 | 69.81 | 70.21 | 367.53 | 0.00291 | 5.243 | 10 | 4.06 | Apto |
| BC-03 | 295.68 | 149.86 | 79.16 | 69.51 | 70.64 | 365.97 | 0.00290 | 5.275 | 10 | 5.67 | Apto |
| BC-04 | 298.79 | 148.84 | 77.68 | 69.55 | 70.00 | 368.24 | 0.00286 | 5.177 | 10 | 3.99 | Apto |
| BC-05 | 297.27 | 147.99 | 76.35 | 70.03 | 69.88 | 363.06 | 0.00277 | 5.165 | 10 | 4.15 | Apto |
| BC-06 | 295.35 | 146.89 | 78.67 | 69.86 | 69.22 | 357.88 | 0.00282 | 5.213 | 10 | 5.73 | Apto |
| Suma | 1781.43 | 890.47 | 469.63 | 419.00 | 420.59 | 2182.50 | 0.01708 | 31.23 | 60.00 | 28.52 | |
| Promedio | 296.91 | 148.41 | 78.27 | 69.83 | 70.10 | 363.75 | 0.00285 | 5.206 | 10.00 | 4.75 | |

| EROSION DE BTC + 3 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|---------|--------------|-----------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | t (min) | Erosion (mm) | Condicion |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 295.11 | 148.77 | 79.32 | 69.86 | 70.68 | 361.47 | 0.00287 | 5.091 | 10 | 8.38 | Apto |
| BC-02 | 297.81 | 147.32 | 77.23 | 69.28 | 69.74 | 362.84 | 0.00280 | 5.010 | 10 | 7.86 | Apto |
| BC-03 | 294.75 | 146.29 | 78.31 | 70.52 | 69.83 | 353.83 | 0.00277 | 5.124 | 10 | 8.42 | Apto |
| BC-04 | 298.73 | 148.26 | 77.60 | 69.57 | 68.99 | 367.50 | 0.00285 | 5.147 | 10 | 7.66 | Apto |
| BC-05 | 296.51 | 149.76 | 79.16 | 69.34 | 69.87 | 367.95 | 0.00291 | 5.132 | 10 | 7.57 | Apto |
| BC-06 | 297.67 | 146.38 | 79.50 | 70.02 | 70.61 | 358.06 | 0.00285 | 5.100 | 10 | 7.33 | Apto |
| Suma | 1780.58 | 886.78 | 471.12 | 418.59 | 419.72 | 2171.66 | 0.01705 | 30.60 | 60.00 | 47.22 | |
| Promedio | 296.76 | 147.80 | 78.52 | 69.77 | 69.95 | 361.94 | 0.00284 | 5.101 | 10.00 | 7.87 | |

| EROSION DE BTC + 5 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|---------|--------------|-----------|
| Nº Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | t (min) | Erosion (mm) | Condicion |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 296.27 | 148.76 | 80.59 | 70.97 | 71.58 | 360.93 | 0.00291 | 5.113 | 10 | 9.58 | Apto |
| BC-02 | 295.34 | 149.65 | 79.05 | 70.16 | 71.21 | 363.49 | 0.00287 | 4.996 | 10 | 8.85 | Apto |
| BC-03 | 297.80 | 147.37 | 76.38 | 69.87 | 70.06 | 361.98 | 0.00276 | 5.089 | 10 | 8.76 | Apto |
| BC-04 | 295.09 | 147.68 | 78.49 | 70.68 | 69.73 | 358.36 | 0.00281 | 4.891 | 10 | 8.99 | Apto |
| BC-05 | 295.67 | 149.26 | 77.54 | 70.19 | 70.28 | 363.83 | 0.00282 | 5.022 | 10 | 9.38 | Apto |
| BC-06 | 297.24 | 148.27 | 78.51 | 70.06 | 69.87 | 363.83 | 0.00286 | 5.085 | 10 | 9.72 | Apto |
| Suma | 1777.41 | 890.99 | 470.56 | 421.93 | 422.73 | 2172.42 | 0.01704 | 30.20 | 60.00 | 55.28 | |
| Promedio | 296.24 | 148.50 | 78.43 | 70.32 | 70.46 | 362.07 | 0.00284 | 5.033 | 10.00 | 9.21 | |

| EROSION DE BTC + 1 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|---------|--------------|-----------|
| Nº Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | t (min) | Erosion (mm) | Condicion |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 295.82 | 146.48 | 77.89 | 68.51 | 69.14 | 358.91 | 0.00280 | 5.253 | 10 | 4.53 | Apto |
| BA-02 | 296.41 | 149.32 | 78.95 | 69.87 | 69.06 | 366.80 | 0.00290 | 5.280 | 10 | 4.64 | Apto |
| BA-03 | 297.64 | 147.09 | 79.81 | 69.78 | 70.01 | 361.06 | 0.00288 | 5.302 | 10 | 5.13 | Apto |
| BA-04 | 297.82 | 147.76 | 77.68 | 69.72 | 70.54 | 362.80 | 0.00282 | 5.266 | 10 | 4.79 | Apto |
| BA-05 | 296.96 | 148.37 | 77.38 | 69.76 | 69.83 | 364.08 | 0.00282 | 5.290 | 10 | 4.51 | Apto |
| BA-06 | 297.76 | 149.94 | 78.94 | 69.84 | 69.31 | 370.42 | 0.00292 | 5.175 | 10 | 3.85 | Apto |
| Suma | 1782.41 | 888.96 | 470.65 | 417.48 | 417.89 | 2184.07 | 0.01713 | 31.57 | 60.00 | 27.45 | |
| Promedio | 297.07 | 148.16 | 78.44 | 69.58 | 69.65 | 364.01 | 0.00286 | 5.261 | 10.00 | 4.58 | |

| EROSION DE BTC + 3 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|---------|--------------|-----------|
| Nº Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | t (min) | Erosion (mm) | Condicion |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 297.58 | 147.97 | 79.38 | 68.79 | 68.91 | 365.87 | 0.00290 | 5.193 | 10 | 5.06 | Apto |
| BA-02 | 296.31 | 148.34 | 79.52 | 69.53 | 69.81 | 363.30 | 0.00289 | 5.217 | 10 | 6.43 | Apto |
| BA-03 | 297.61 | 146.82 | 78.91 | 69.06 | 69.53 | 361.52 | 0.00285 | 5.110 | 10 | 5.97 | Apto |
| BA-04 | 296.67 | 148.67 | 79.16 | 69.84 | 69.34 | 364.99 | 0.00289 | 5.206 | 10 | 6.25 | Apto |
| BA-05 | 298.67 | 147.95 | 77.64 | 69.61 | 70.18 | 365.14 | 0.00283 | 5.191 | 10 | 4.98 | Apto |
| BA-06 | 297.60 | 149.87 | 79.61 | 70.54 | 70.12 | 368.32 | 0.00293 | 5.195 | 10 | 5.27 | Apto |
| Suma | 1784.44 | 889.62 | 474.22 | 417.37 | 417.89 | 2189.14 | 0.01730 | 31.11 | 60.00 | 33.96 | |
| Promedio | 297.41 | 148.27 | 79.04 | 69.56 | 69.65 | 364.86 | 0.00288 | 5.185 | 10.00 | 5.66 | |

| EROSION DE BTC + 5 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|---------|--------------|-----------|
| Nº Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | t (min) | Erosion (mm) | Condicion |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 297.86 | 146.97 | 76.44 | 69.70 | 69.27 | 361.92 | 0.00277 | 4.973 | 10 | 7.12 | Apto |
| BA-02 | 296.36 | 145.97 | 79.51 | 69.34 | 69.48 | 356.92 | 0.00284 | 5.091 | 10 | 7.31 | Apto |
| BA-03 | 297.93 | 148.37 | 77.59 | 69.80 | 69.06 | 366.32 | 0.00284 | 4.990 | 10 | 6.13 | Apto |
| BA-04 | 295.48 | 147.66 | 78.92 | 69.73 | 69.83 | 359.82 | 0.00284 | 5.066 | 10 | 6.99 | Apto |
| BA-05 | 298.11 | 146.97 | 78.52 | 69.75 | 69.31 | 362.19 | 0.00284 | 5.100 | 10 | 5.87 | Apto |
| BA-06 | 297.34 | 149.20 | 79.64 | 69.20 | 68.32 | 369.36 | 0.00294 | 5.050 | 10 | 5.94 | Apto |
| Suma | 1783.08 | 885.14 | 470.62 | 417.52 | 415.27 | 2176.53 | 0.01707 | 30.27 | 60.00 | 39.36 | |
| Promedio | 297.18 | 147.52 | 78.44 | 69.59 | 69.21 | 362.76 | 0.00285 | 5.045 | 10.00 | 6.56 | |

5. Datos de ensayo de resistencia a compresión de los BTC

| RESISTENCIA A COMPRESION DE BTC PATRON | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga Rot. (kN) | Carga Rot. (kg) | esfuerzo (kg/cm ²) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BP-01 | 297.35 | 147.19 | 78.98 | 69.26 | 70.65 | 360.79 | 0.00315 | 5.341 | 57.22 | 5722 | 15.86 |
| BP-02 | 296.63 | 148.04 | 78.03 | 69.78 | 70.43 | 361.93 | 0.00312 | 5.385 | 55.87 | 5587 | 15.44 |
| BP-03 | 295.76 | 147.08 | 76.94 | 69.57 | 69.37 | 359.20 | 0.00306 | 5.293 | 58.97 | 5897 | 16.42 |
| BP-04 | 293.75 | 149.02 | 79.13 | 69.74 | 69.09 | 362.06 | 0.00317 | 5.373 | 54.48 | 5448 | 15.05 |
| BP-05 | 296.26 | 146.79 | 77.93 | 69.43 | 69.42 | 359.17 | 0.00309 | 5.257 | 56.79 | 5679 | 15.81 |
| BP-06 | 298.57 | 147.30 | 79.04 | 70.35 | 69.45 | 363.04 | 0.00318 | 5.300 | 58.74 | 5874 | 16.18 |
| Suma | 1778.32 | 885.42 | 470.05 | 418.13 | 418.41 | 2166.19 | 0.01876 | 31.95 | 342.07 | 34207.00 | 94.75 |
| Promedio | 296.39 | 147.57 | 78.34 | 69.69 | 69.74 | 361.03 | 0.00313 | 5.325 | 57.01 | 5701.17 | 15.79 |

| RESISTENCIA A COMPRESION DE BTC + 1 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga Rot. (kN) | Carga Rot. (kg) | esfuerzo (kg/cm ²) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 296.80 | 147.11 | 78.16 | 70.92 | 70.11 | 358.51 | 0.00311 | 5.160 | 80.44 | 8044 | 22.44 |
| BC-02 | 296.66 | 147.43 | 77.84 | 69.65 | 70.21 | 360.55 | 0.00310 | 5.197 | 75.99 | 7599 | 21.08 |
| BC-03 | 293.51 | 146.82 | 78.25 | 70.21 | 69.43 | 354.36 | 0.00308 | 5.233 | 79.32 | 7932 | 22.38 |
| BC-04 | 297.56 | 148.74 | 78.36 | 70.33 | 70.11 | 365.14 | 0.00317 | 5.397 | 77.26 | 7726 | 21.16 |
| BC-05 | 295.98 | 146.45 | 76.53 | 69.42 | 70.32 | 356.78 | 0.00302 | 5.225 | 82.15 | 8215 | 23.03 |
| BC-06 | 298.46 | 148.37 | 77.42 | 70.20 | 70.64 | 364.93 | 0.00312 | 5.240 | 78.65 | 7865 | 21.55 |
| Suma | 1778.97 | 884.92 | 466.56 | 420.73 | 420.82 | 2160.26 | 0.01860 | 31.45 | 473.81 | 47381.00 | 131.63 |
| Promedio | 296.50 | 147.49 | 77.76 | 70.12 | 70.14 | 360.04 | 0.00310 | 5.242 | 78.97 | 7896.83 | 21.94 |

| RESISTENCIA A COMPRESION DE BTC + 3 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga Rot. (kN) | Carga Rot. (kg) | esfuerzo (kg/cm ²) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 296.29 | 149.91 | 79.90 | 71.10 | 71.13 | 364.73 | 0.00291 | 5.224 | 92.08 | 9208 | 25.25 |
| BC-02 | 296.43 | 147.69 | 78.73 | 70.43 | 71.94 | 358.19 | 0.00282 | 5.146 | 89.43 | 8943 | 24.97 |
| BC-03 | 297.31 | 147.98 | 79.63 | 69.43 | 70.23 | 363.36 | 0.00289 | 5.113 | 88.53 | 8853 | 24.36 |
| BC-04 | 295.04 | 148.77 | 77.06 | 70.43 | 79.54 | 350.28 | 0.00270 | 5.110 | 85.94 | 8594 | 24.53 |
| BC-05 | 298.61 | 147.38 | 79.40 | 71.03 | 69.43 | 362.61 | 0.00288 | 5.131 | 89.43 | 8943 | 24.66 |
| BC-06 | 296.89 | 148.62 | 77.43 | 69.98 | 70.33 | 363.93 | 0.00282 | 5.119 | 85.54 | 8554 | 23.50 |
| Suma | 1780.57 | 890.35 | 472.15 | 422.40 | 432.60 | 2163.10 | 0.01702 | 30.84 | 530.95 | 53095.00 | 147.28 |
| Promedio | 296.76 | 148.39 | 78.69 | 70.40 | 72.10 | 360.52 | 0.00284 | 5.141 | 88.49 | 8849.17 | 24.55 |

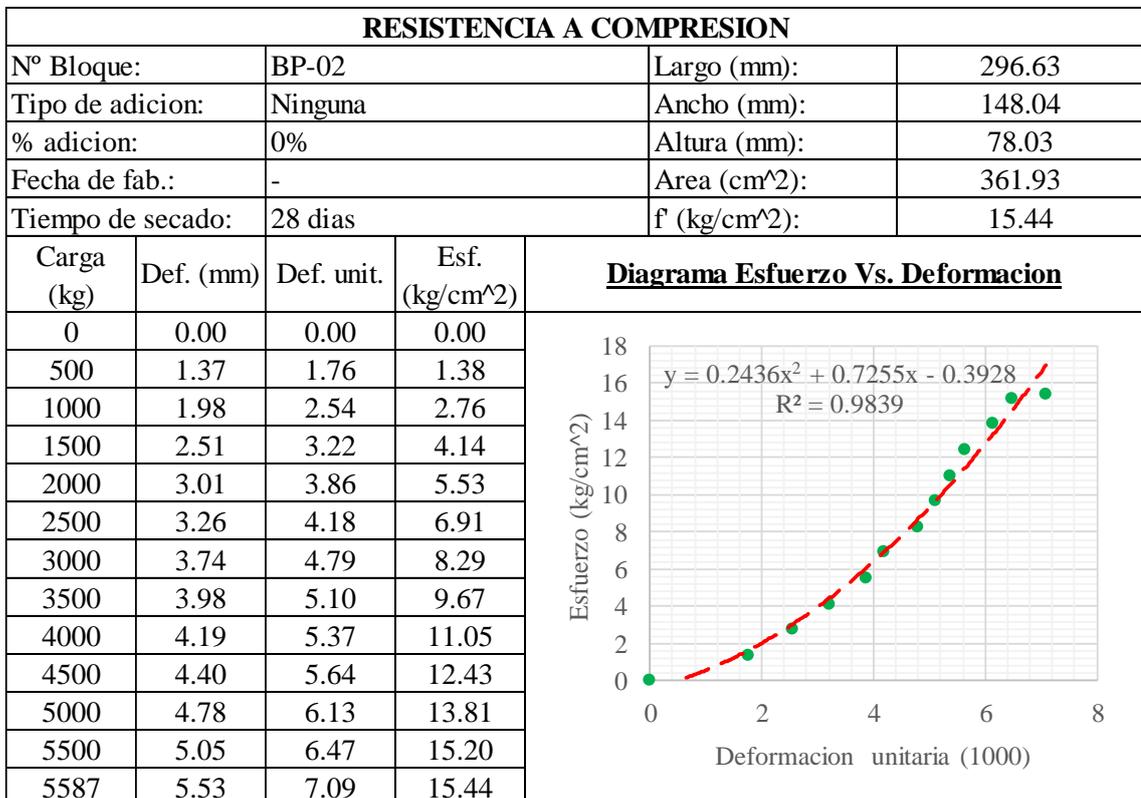
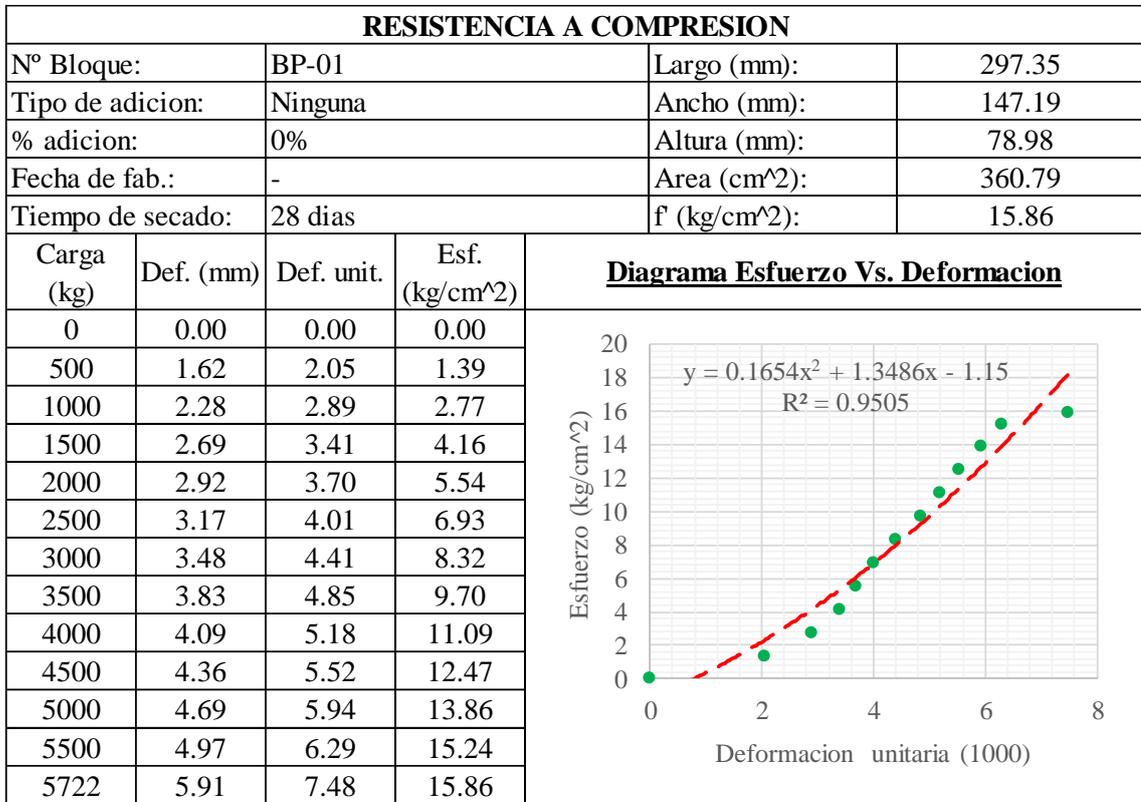
| RESISTENCIA A COMPRESION DE BTC + 5 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga Rot. (kN) | Carga Rot. (kg) | esfuerzo (kg/cm ²) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 295.09 | 145.28 | 80.57 | 70.52 | 70.12 | 351.03 | 0.00283 | 4.995 | 112.73 | 11273 | 32.11 |
| BC-02 | 296.83 | 147.39 | 79.43 | 70.43 | 71.43 | 358.47 | 0.00285 | 5.080 | 110.43 | 11043 | 30.81 |
| BC-03 | 298.41 | 149.47 | 77.92 | 71.54 | 69.82 | 367.55 | 0.00286 | 5.091 | 105.00 | 10500 | 28.57 |
| BC-04 | 297.54 | 148.65 | 79.41 | 69.84 | 70.43 | 365.03 | 0.00290 | 5.020 | 108.00 | 10800 | 29.59 |
| BC-05 | 296.83 | 149.83 | 78.53 | 70.53 | 71.29 | 365.75 | 0.00287 | 5.087 | 107.45 | 10745 | 29.38 |
| BC-06 | 295.54 | 147.57 | 78.95 | 70.31 | 70.73 | 358.01 | 0.00283 | 4.992 | 109.73 | 10973 | 30.65 |
| Suma | 1780.24 | 888.19 | 474.81 | 423.17 | 423.82 | 2165.84 | 0.01714 | 30.27 | 653.34 | 65334.00 | 181.10 |
| Promedio | 296.71 | 148.03 | 79.14 | 70.53 | 70.64 | 360.97 | 0.00286 | 5.044 | 108.89 | 10889.00 | 30.18 |

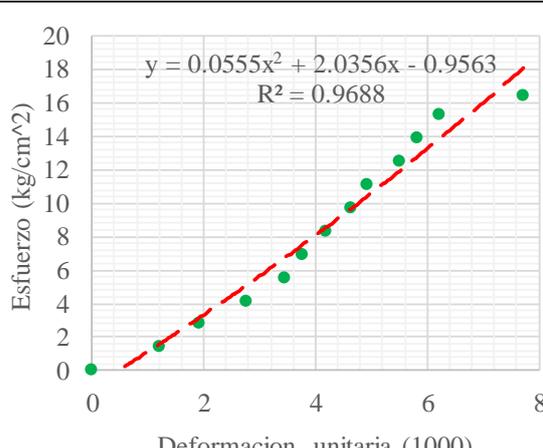
| RESISTENCIA A COMPRESION DE BTC + 1 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga Rot. (kN) | Carga Rot. (kg) | esfuerzo (kg/cm ²) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 296.18 | 148.28 | 78.19 | 70.57 | 70.38 | 361.16 | 0.00282 | 5.322 | 76.90 | 7690 | 21.29 |
| BA-02 | 296.38 | 147.83 | 79.41 | 70.42 | 69.84 | 360.88 | 0.00287 | 5.235 | 79.41 | 7941 | 22.00 |
| BA-03 | 297.74 | 149.82 | 77.84 | 70.58 | 69.97 | 368.50 | 0.00287 | 5.293 | 77.89 | 7789 | 21.14 |
| BA-04 | 297.67 | 148.69 | 77.93 | 70.95 | 69.99 | 364.60 | 0.00284 | 5.205 | 76.87 | 7687 | 21.08 |
| BA-05 | 296.63 | 147.63 | 78.51 | 69.05 | 70.53 | 361.40 | 0.00284 | 5.282 | 77.54 | 7754 | 21.46 |
| BA-06 | 297.86 | 148.92 | 77.98 | 69.53 | 70.64 | 366.41 | 0.00286 | 5.210 | 75.99 | 7599 | 20.74 |
| Suma | 1782.46 | 891.17 | 469.86 | 421.10 | 421.35 | 2182.94 | 0.01709 | 31.55 | 464.60 | 46460.00 | 127.71 |
| Promedio | 297.08 | 148.53 | 78.31 | 70.18 | 70.23 | 363.82 | 0.00285 | 5.258 | 77.43 | 7743.33 | 21.29 |

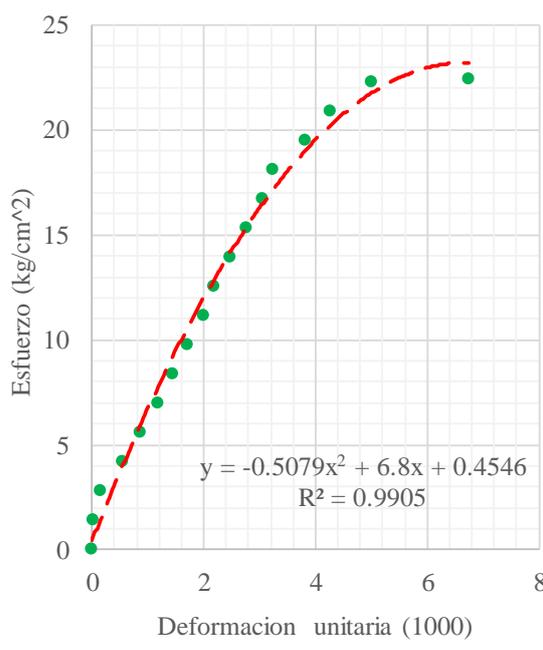
| RESISTENCIA A COMPRESION DE BTC + 3 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga Rot. (kN) | Carga Rot. (kg) | esfuerzo (kg/cm ²) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 296.19 | 147.16 | 77.18 | 71.06 | 70.42 | 357.27 | 0.00276 | 5.100 | 76.58 | 7658 | 21.43 |
| BA-02 | 296.83 | 149.62 | 79.83 | 70.94 | 71.68 | 364.24 | 0.00291 | 5.189 | 80.62 | 8062 | 22.13 |
| BA-03 | 294.67 | 146.93 | 78.66 | 69.94 | 70.63 | 355.36 | 0.00280 | 5.230 | 80.59 | 8059 | 22.68 |
| BA-04 | 297.69 | 148.73 | 76.89 | 70.52 | 71.28 | 363.79 | 0.00280 | 5.164 | 78.64 | 7864 | 21.62 |
| BA-05 | 296.78 | 149.86 | 77.47 | 71.53 | 69.83 | 366.27 | 0.00284 | 5.185 | 78.88 | 7888 | 21.54 |
| BA-06 | 298.09 | 148.76 | 76.84 | 69.86 | 70.67 | 365.88 | 0.00281 | 5.195 | 80.87 | 8087 | 22.10 |
| Suma | 1780.25 | 891.06 | 466.87 | 423.85 | 424.51 | 2172.81 | 0.01691 | 31.06 | 476.18 | 47618.00 | 131.50 |
| Promedio | 296.71 | 148.51 | 77.81 | 70.64 | 70.75 | 362.14 | 0.00282 | 5.177 | 79.36 | 7936.33 | 21.92 |

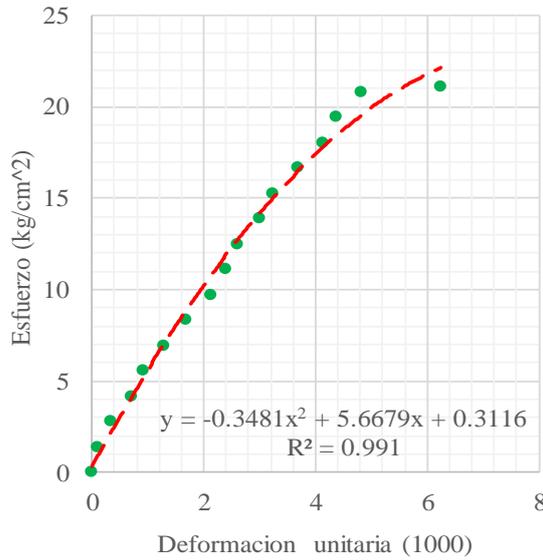
| RESISTENCIA A COMPRESION DE BTC + 5 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga Rot. (kN) | Carga Rot. (kg) | esfuerzo (kg/cm ²) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 294.58 | 147.17 | 77.18 | 71.75 | 70.46 | 354.11 | 0.00273 | 4.971 | 92.50 | 9250 | 26.12 |
| BA-02 | 296.72 | 148.93 | 78.34 | 70.82 | 70.84 | 363.10 | 0.00284 | 5.188 | 93.63 | 9363 | 25.79 |
| BA-03 | 298.59 | 147.86 | 79.42 | 69.89 | 71.36 | 363.14 | 0.00288 | 5.103 | 94.52 | 9452 | 26.03 |
| BA-04 | 297.46 | 149.27 | 77.35 | 71.82 | 69.27 | 365.82 | 0.00283 | 4.990 | 92.79 | 9279 | 25.36 |
| BA-05 | 295.78 | 146.73 | 76.88 | 70.31 | 70.03 | 356.65 | 0.00274 | 4.811 | 95.31 | 9531 | 26.72 |
| BA-06 | 294.97 | 148.62 | 78.22 | 70.16 | 69.44 | 361.85 | 0.00283 | 4.905 | 93.99 | 9399 | 25.97 |
| Suma | 1778.10 | 888.58 | 467.39 | 424.75 | 421.40 | 2164.67 | 0.01686 | 29.97 | 562.74 | 56274.00 | 156.00 |
| Promedio | 296.35 | 148.10 | 77.90 | 70.79 | 70.23 | 360.78 | 0.00281 | 4.995 | 93.79 | 9379.00 | 26.00 |

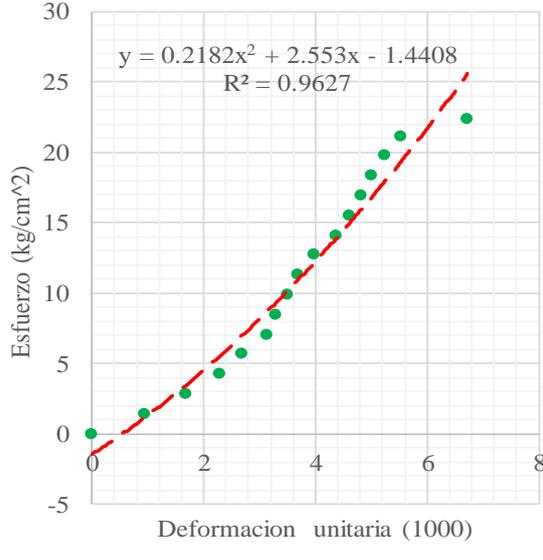
6. Grafica de esfuerzo Vs. Deformación de los BTC

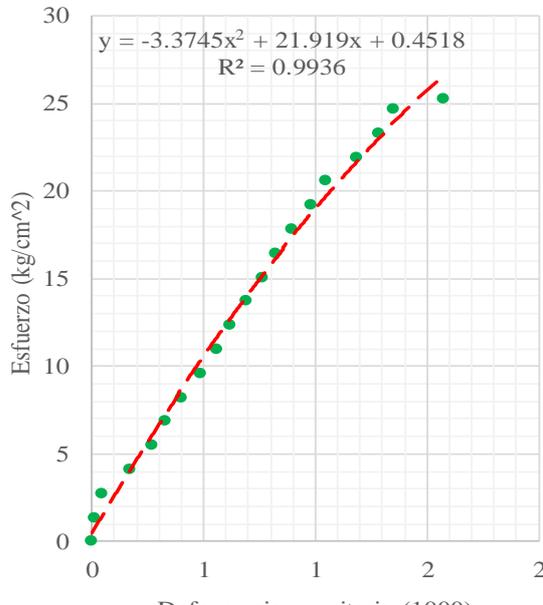


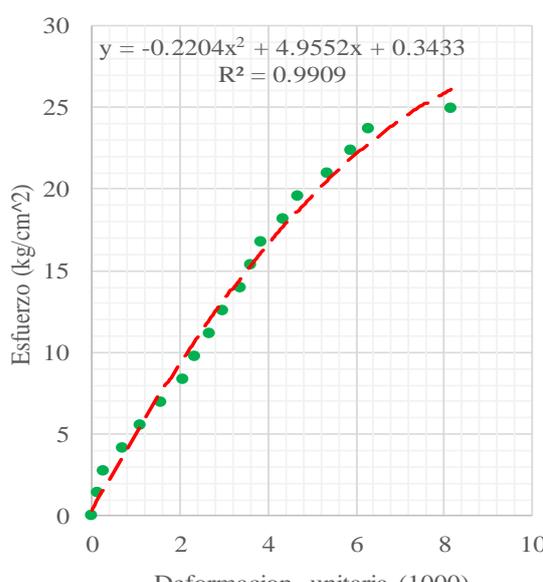
| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|-----------|------------|----------------------------|--|
| N° Bloque: | BP-03 | | Largo (mm): | 295.76 |
| Tipo de adicion: | Ninguna | | Ancho (mm): | 147.08 |
| % adicion: | 0% | | Altura (mm): | 76.94 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 359.20 |
| Tiempo de secado: | 28 dias | | f' (kg/cm ²): | 16.42 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion  |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 500 | 0.93 | 1.21 | 1.39 | |
| 1000 | 1.47 | 1.91 | 2.78 | |
| 1500 | 2.12 | 2.76 | 4.18 | |
| 2000 | 2.66 | 3.46 | 5.57 | |
| 2500 | 2.90 | 3.77 | 6.96 | |
| 3000 | 3.22 | 4.19 | 8.35 | |
| 3500 | 3.56 | 4.63 | 9.74 | |
| 4000 | 3.78 | 4.91 | 11.14 | |
| 4500 | 4.23 | 5.50 | 12.53 | |
| 5000 | 4.47 | 5.81 | 13.92 | |
| 5500 | 4.79 | 6.23 | 15.31 | |
| 5897 | 5.95 | 7.73 | 16.42 | |

| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|------------------|------------|----------------------------|--|
| N° Bloque: | BC-01 | | Largo (mm): | 296.80 |
| Tipo de adicion: | Cascara de Arroz | | Ancho (mm): | 147.11 |
| % adicion: | 1% | | Altura (mm): | 78.16 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 358.51 |
| Tiempo de secado: | 28 dias | | f' (kg/cm ²): | 22.44 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion  |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 500 | 0.01 | 0.01 | 1.39 | |
| 1000 | 0.11 | 0.14 | 2.79 | |
| 1500 | 0.42 | 0.54 | 4.18 | |
| 2000 | 0.68 | 0.87 | 5.58 | |
| 2500 | 0.93 | 1.19 | 6.97 | |
| 3000 | 1.12 | 1.43 | 8.37 | |
| 3500 | 1.34 | 1.71 | 9.76 | |
| 4000 | 1.55 | 1.98 | 11.16 | |
| 4500 | 1.71 | 2.19 | 12.55 | |
| 5000 | 1.93 | 2.47 | 13.95 | |
| 5500 | 2.16 | 2.76 | 15.34 | |
| 6000 | 2.39 | 3.06 | 16.74 | |
| 6500 | 2.52 | 3.22 | 18.13 | |
| 7000 | 2.98 | 3.81 | 19.53 | |
| 7500 | 3.34 | 4.27 | 20.92 | |
| 8000 | 3.91 | 5.00 | 22.31 | |
| 8044 | 5.27 | 6.74 | 22.44 | |

| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|------------------|------------|----------------------------|---|
| N° Bloque: | BC-02 | | Largo (mm): | 296.66 |
| Tipo de adicion: | Cascara de Arroz | | Ancho (mm): | 147.43 |
| % adicion: | 1% | | Altura (mm): | 77.84 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 360.55 |
| Tiempo de secado: | 28 dias | | f' (kg/cm ²): | 21.08 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion  |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 500 | 0.08 | 0.10 | 1.39 | |
| 1000 | 0.27 | 0.35 | 2.77 | |
| 1500 | 0.54 | 0.69 | 4.16 | |
| 2000 | 0.71 | 0.91 | 5.55 | |
| 2500 | 0.99 | 1.27 | 6.93 | |
| 3000 | 1.31 | 1.68 | 8.32 | |
| 3500 | 1.66 | 2.13 | 9.71 | |
| 4000 | 1.87 | 2.40 | 11.09 | |
| 4500 | 2.02 | 2.60 | 12.48 | |
| 5000 | 2.33 | 2.99 | 13.87 | |
| 5500 | 2.52 | 3.24 | 15.25 | |
| 6000 | 2.86 | 3.67 | 16.64 | |
| 6500 | 3.21 | 4.12 | 18.03 | |
| 7000 | 3.41 | 4.38 | 19.41 | |
| 7500 | 3.76 | 4.83 | 20.80 | |
| 7599 | 4.87 | 6.26 | 21.08 | |

| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|------------------|------------|----------------------------|--|
| N° Bloque: | BC-03 | | Largo (mm): | 293.51 |
| Tipo de adicion: | Cascara de Arroz | | Ancho (mm): | 146.82 |
| % adicion: | 1% | | Altura (mm): | 78.25 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 354.36 |
| Tiempo de secado: | 28 dias | | f' (kg/cm ²): | 22.38 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion  |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 500 | 0.73 | 0.93 | 1.41 | |
| 1000 | 1.32 | 1.69 | 2.82 | |
| 1500 | 1.79 | 2.29 | 4.23 | |
| 2000 | 2.10 | 2.68 | 5.64 | |
| 2500 | 2.45 | 3.13 | 7.06 | |
| 3000 | 2.58 | 3.30 | 8.47 | |
| 3500 | 2.74 | 3.50 | 9.88 | |
| 4000 | 2.89 | 3.69 | 11.29 | |
| 4500 | 3.12 | 3.99 | 12.70 | |
| 5000 | 3.42 | 4.37 | 14.11 | |
| 5500 | 3.61 | 4.61 | 15.52 | |
| 6000 | 3.78 | 4.83 | 16.93 | |
| 6500 | 3.92 | 5.01 | 18.34 | |
| 7000 | 4.11 | 5.25 | 19.75 | |
| 7500 | 4.33 | 5.53 | 21.17 | |
| 7932 | 5.26 | 6.72 | 22.38 | |

| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|------------------|------------|----------------------------|---|
| N° Bloque: | BC-01 | | Largo (mm): | 296.29 |
| Tipo de adicion: | Cascara de Arroz | | Ancho (mm): | 149.91 |
| % adicion: | 3% | | Altura (mm): | 79.90 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 364.73 |
| Tiempo de secado: | 28 dias | | f' (kg/cm ²): | 25.25 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion  |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 500 | 0.05 | 0.01 | 1.37 | |
| 1000 | 0.17 | 0.05 | 2.74 | |
| 1500 | 0.61 | 0.17 | 4.11 | |
| 2000 | 0.98 | 0.27 | 5.48 | |
| 2500 | 1.19 | 0.33 | 6.85 | |
| 3000 | 1.47 | 0.40 | 8.23 | |
| 3500 | 1.76 | 0.48 | 9.60 | |
| 4000 | 2.03 | 0.56 | 10.97 | |
| 4500 | 2.26 | 0.62 | 12.34 | |
| 5000 | 2.51 | 0.69 | 13.71 | |
| 5500 | 2.78 | 0.76 | 15.08 | |
| 6000 | 2.99 | 0.82 | 16.45 | |
| 6500 | 3.27 | 0.90 | 17.82 | |
| 7000 | 3.58 | 0.98 | 19.19 | |
| 7500 | 3.82 | 1.05 | 20.56 | |
| 8000 | 4.33 | 1.19 | 21.93 | |
| 8500 | 4.68 | 1.28 | 23.31 | |
| 9000 | 4.92 | 1.35 | 24.68 | |
| 9208 | 5.74 | 1.57 | 25.25 | |

| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|------------------|------------|----------------------------|--|
| N° Bloque: | BC-02 | | Largo (mm): | 296.43 |
| Tipo de adicion: | Cascara de Arroz | | Ancho (mm): | 147.69 |
| % adicion: | 3% | | Altura (mm): | 78.73 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 358.19 |
| Tiempo de secado: | 28 dias | | f' (kg/cm ²): | 24.97 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion  |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 500 | 0.09 | 0.11 | 1.40 | |
| 1000 | 0.21 | 0.27 | 2.79 | |
| 1500 | 0.54 | 0.69 | 4.19 | |
| 2000 | 0.86 | 1.09 | 5.58 | |
| 2500 | 1.23 | 1.56 | 6.98 | |
| 3000 | 1.62 | 2.06 | 8.38 | |
| 3500 | 1.84 | 2.34 | 9.77 | |
| 4000 | 2.11 | 2.68 | 11.17 | |
| 4500 | 2.33 | 2.96 | 12.56 | |
| 5000 | 2.65 | 3.37 | 13.96 | |
| 5500 | 2.83 | 3.59 | 15.35 | |
| 6000 | 3.01 | 3.82 | 16.75 | |
| 6500 | 3.41 | 4.33 | 18.15 | |
| 7000 | 3.67 | 4.66 | 19.54 | |
| 7500 | 4.21 | 5.35 | 20.94 | |
| 8000 | 4.63 | 5.88 | 22.33 | |
| 8500 | 4.96 | 6.30 | 23.73 | |
| 8943 | 6.42 | 8.15 | 24.97 | |

| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|------------------|------------|----------------------------|--|
| N° Bloque: | BC-03 | | Largo (mm): | 297.31 |
| Tipo de adicion: | Cascara de Arroz | | Ancho (mm): | 147.98 |
| % adicion: | 3% | | Altura (mm): | 79.63 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 363.36 |
| Tiempo de secado: | 28 dias | | f (kg/cm ²): | 24.36 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 500 | 0.01 | 0.01 | 1.38 | |
| 1000 | 0.07 | 0.09 | 2.75 | |
| 1500 | 0.14 | 0.18 | 4.13 | |
| 2000 | 0.53 | 0.67 | 5.50 | |
| 2500 | 0.81 | 1.02 | 6.88 | |
| 3000 | 1.36 | 1.71 | 8.26 | |
| 3500 | 1.88 | 2.36 | 9.63 | |
| 4000 | 2.13 | 2.67 | 11.01 | |
| 4500 | 2.35 | 2.95 | 12.38 | |
| 5000 | 2.66 | 3.34 | 13.76 | |
| 5500 | 2.82 | 3.54 | 15.14 | |
| 6000 | 3.01 | 3.78 | 16.51 | |
| 6500 | 3.34 | 4.19 | 17.89 | |
| 7000 | 3.45 | 4.33 | 19.26 | |
| 7500 | 3.56 | 4.47 | 20.64 | |
| 8000 | 3.76 | 4.72 | 22.02 | |
| 8500 | 3.99 | 5.01 | 23.39 | |
| 8853 | 4.69 | 5.89 | 24.36 | |

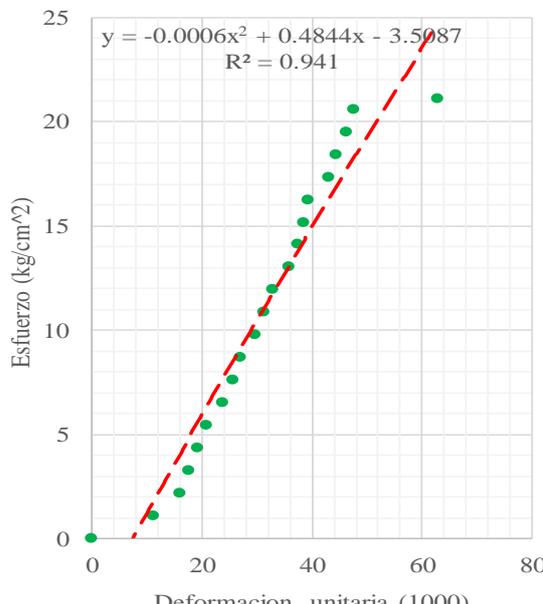
| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|------------------|------------|----------------------------|--|
| N° Bloque: | BC-01 | | Largo (mm): | 295.09 |
| Tipo de adicion: | Cascara de Arroz | | Ancho (mm): | 145.28 |
| % adicion: | 5% | | Altura (mm): | 80.57 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 351.03 |
| Tiempo de secado: | 28 dias | | f (kg/cm ²): | 32.11 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 500 | 0.86 | 1.07 | 1.42 | |
| 1000 | 1.52 | 1.89 | 2.85 | |
| 1500 | 1.81 | 2.25 | 4.27 | |
| 2000 | 2.29 | 2.84 | 5.70 | |
| 2500 | 2.57 | 3.19 | 7.12 | |
| 3000 | 2.93 | 3.64 | 8.55 | |
| 3500 | 3.28 | 4.07 | 9.97 | |
| 4000 | 3.56 | 4.42 | 11.39 | |
| 4500 | 3.84 | 4.77 | 12.82 | |
| 5000 | 4.09 | 5.08 | 14.24 | |
| 5500 | 4.37 | 5.42 | 15.67 | |
| 6000 | 4.61 | 5.72 | 17.09 | |
| 6500 | 4.88 | 6.06 | 18.52 | |
| 7000 | 5.17 | 6.42 | 19.94 | |
| 7500 | 5.49 | 6.81 | 21.37 | |
| 8000 | 5.81 | 7.21 | 22.79 | |
| 8500 | 6.18 | 7.67 | 24.21 | |
| 9000 | 6.63 | 8.23 | 25.64 | |
| 9500 | 7.16 | 8.89 | 27.06 | |
| 10000 | 7.82 | 9.71 | 28.49 | |
| 10500 | 8.22 | 10.20 | 29.91 | |
| 11000 | 9.10 | 11.29 | 31.34 | |
| 11273 | 10.83 | 13.44 | 32.11 | |

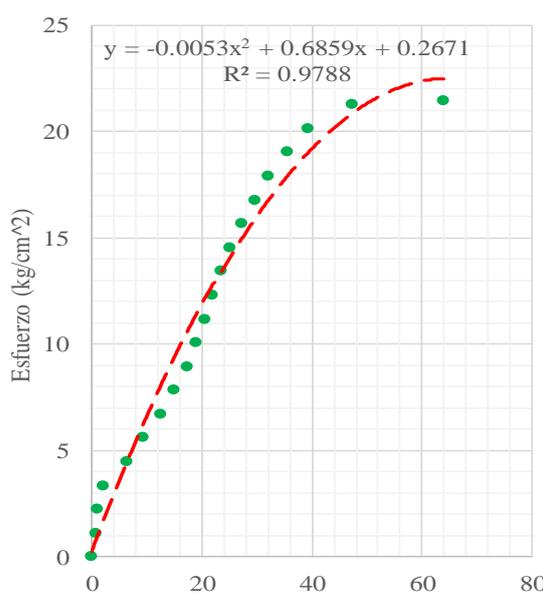
| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|------------------|------------|----------------------------|--|
| N° Bloque: | BC-02 | | Largo (mm): | 296.83 |
| Tipo de adicion: | Cascara de Arroz | | Ancho (mm): | 147.39 |
| % adicion: | 5% | | Altura (mm): | 79.43 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 358.47 |
| Tiempo de secado: | 28 dias | | f' (kg/cm ²): | 30.81 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 500 | 0.66 | 0.83 | 1.39 | |
| 1000 | 1.46 | 1.84 | 2.79 | |
| 1500 | 1.99 | 2.51 | 4.18 | |
| 2000 | 2.33 | 2.93 | 5.58 | |
| 2500 | 2.67 | 3.36 | 6.97 | |
| 3000 | 2.99 | 3.76 | 8.37 | |
| 3500 | 3.13 | 3.94 | 9.76 | |
| 4000 | 3.67 | 4.62 | 11.16 | |
| 4500 | 3.81 | 4.80 | 12.55 | |
| 5000 | 4.20 | 5.29 | 13.95 | |
| 5500 | 4.47 | 5.63 | 15.34 | |
| 6000 | 4.70 | 5.92 | 16.74 | |
| 6500 | 4.91 | 6.18 | 18.13 | |
| 7000 | 5.21 | 6.56 | 19.53 | |
| 7500 | 5.55 | 6.99 | 20.92 | |
| 8000 | 5.91 | 7.44 | 22.32 | |
| 8500 | 6.31 | 7.94 | 23.71 | |
| 9000 | 6.84 | 8.61 | 25.11 | |
| 9500 | 7.23 | 9.10 | 26.50 | |
| 10000 | 7.68 | 9.67 | 27.90 | |
| 10500 | 8.33 | 10.49 | 29.29 | |
| 11000 | 9.43 | 11.87 | 30.69 | |
| 11043 | 10.42 | 13.12 | 30.81 | |

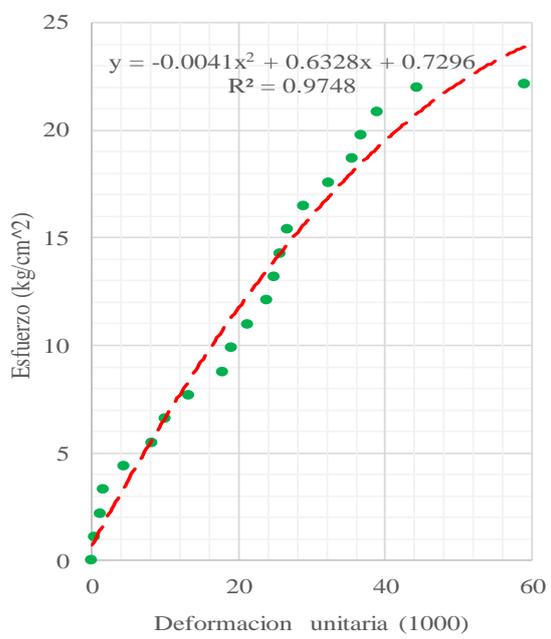
| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|------------------|------------|----------------------------|--|
| N° Bloque: | BC-03 | | Largo (mm): | 298.41 |
| Tipo de adicion: | Cascara de Arroz | | Ancho (mm): | 149.47 |
| % adicion: | 5% | | Altura (mm): | 77.92 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 367.55 |
| Tiempo de secado: | 28 dias | | f' (kg/cm ²): | 28.57 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 500 | 0.32 | 0.41 | 1.36 | |
| 1000 | 0.99 | 1.27 | 2.72 | |
| 1500 | 1.64 | 2.10 | 4.08 | |
| 2000 | 2.05 | 2.63 | 5.44 | |
| 2500 | 2.67 | 3.43 | 6.80 | |
| 3000 | 2.89 | 3.71 | 8.16 | |
| 3500 | 3.07 | 3.94 | 9.52 | |
| 4000 | 3.56 | 4.57 | 10.88 | |
| 4500 | 3.83 | 4.92 | 12.24 | |
| 5000 | 4.21 | 5.40 | 13.60 | |
| 5500 | 4.53 | 5.81 | 14.96 | |
| 6000 | 4.77 | 6.12 | 16.32 | |
| 6500 | 4.96 | 6.37 | 17.68 | |
| 7000 | 5.32 | 6.83 | 19.05 | |
| 7500 | 5.60 | 7.19 | 20.41 | |
| 8000 | 5.98 | 7.67 | 21.77 | |
| 8500 | 6.20 | 7.96 | 23.13 | |
| 9000 | 6.88 | 8.83 | 24.49 | |
| 9500 | 7.23 | 9.28 | 25.85 | |
| 10000 | 7.90 | 10.14 | 27.21 | |
| 10500 | 8.85 | 11.36 | 28.57 | |

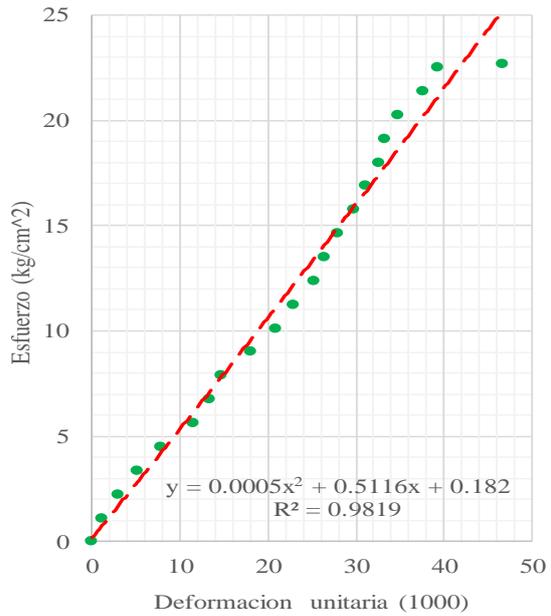
| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|-----------|------------|----------------------------|--|
| N° Bloque: | BA-01 | | Largo (mm): | 296.18 |
| Tipo de adicion: | Aserrin | | Ancho (mm): | 148.28 |
| % adicion: | 1% | | Altura (mm): | 78.19 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 361.16 |
| Tiempo de secado: | 28 dias | | f' (kg/cm ²): | 21.29 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 400 | 0.31 | 3.96 | 1.11 | |
| 800 | 0.74 | 9.46 | 2.22 | |
| 1200 | 1.02 | 13.05 | 3.32 | |
| 1600 | 1.22 | 15.60 | 4.43 | |
| 2000 | 1.39 | 17.78 | 5.54 | |
| 2400 | 1.56 | 19.95 | 6.65 | |
| 2800 | 1.72 | 22.00 | 7.75 | |
| 3200 | 1.84 | 23.53 | 8.86 | |
| 3600 | 2.00 | 25.58 | 9.97 | |
| 4000 | 2.12 | 27.11 | 11.08 | |
| 4400 | 2.28 | 29.16 | 12.18 | |
| 4800 | 2.41 | 30.82 | 13.29 | |
| 5200 | 2.53 | 32.36 | 14.40 | |
| 5600 | 2.67 | 34.15 | 15.51 | |
| 6000 | 2.81 | 35.94 | 16.61 | |
| 6400 | 2.95 | 37.73 | 17.72 | |
| 6800 | 3.12 | 39.90 | 18.83 | |
| 7200 | 3.30 | 42.20 | 19.94 | |
| 7600 | 3.58 | 45.79 | 21.04 | |
| 7690 | 4.55 | 58.19 | 21.29 | |

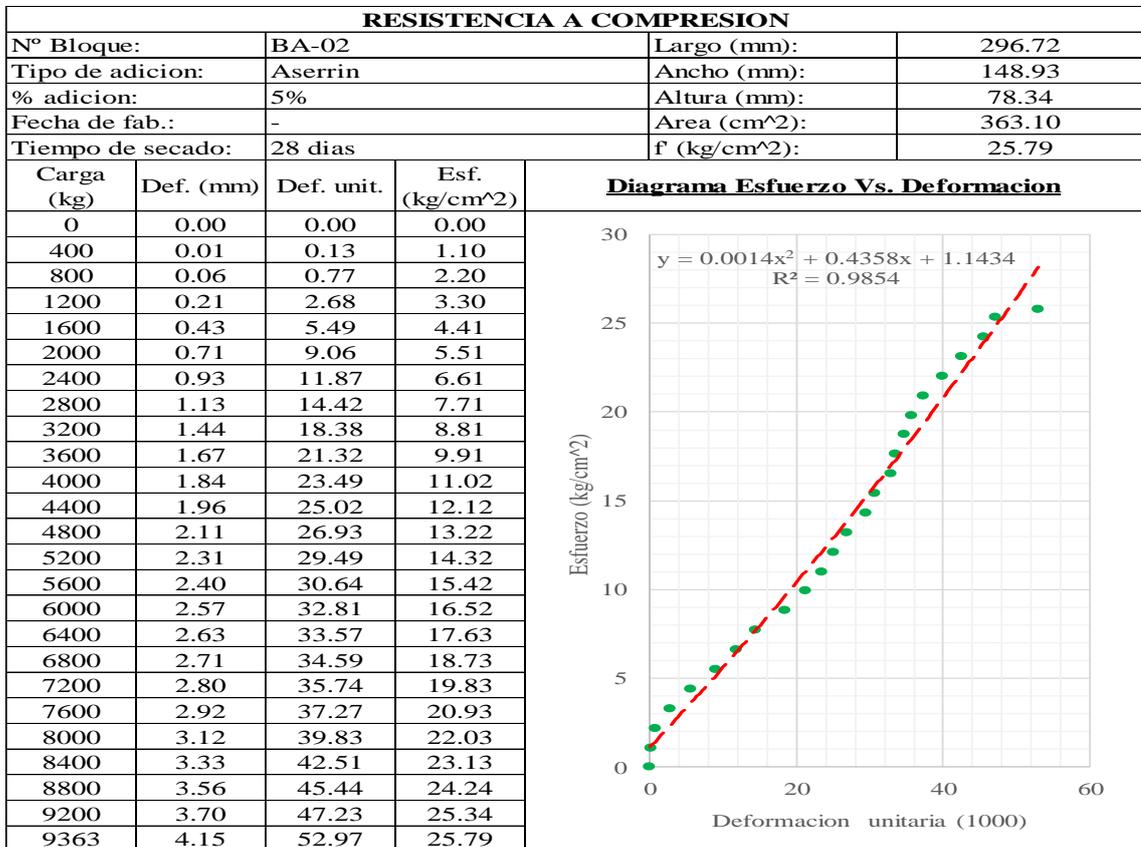
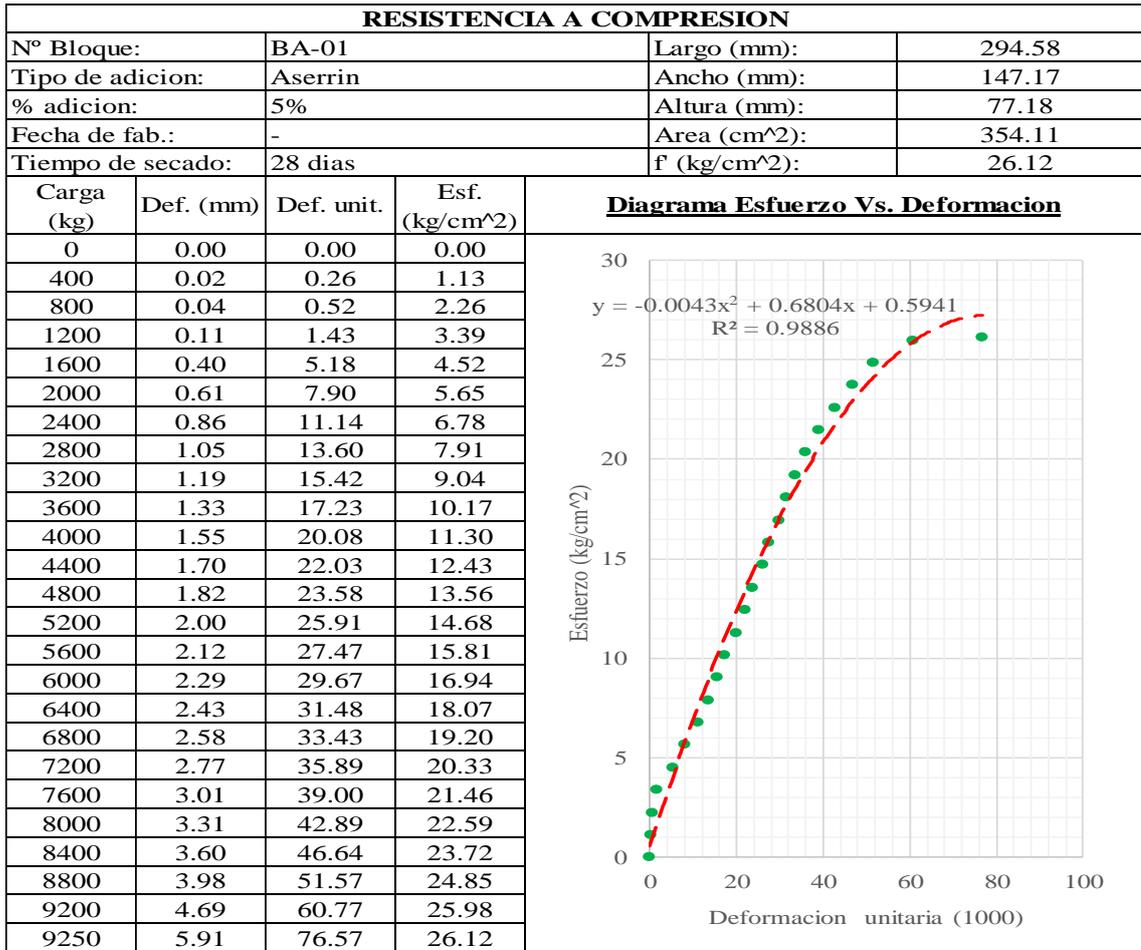
| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|-----------|------------|----------------------------|--|
| N° Bloque: | BA-02 | | Largo (mm): | 296.38 |
| Tipo de adicion: | Aserrin | | Ancho (mm): | 147.83 |
| % adicion: | 1% | | Altura (mm): | 79.41 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 360.88 |
| Tiempo de secado: | 28 dias | | f' (kg/cm ²): | 22.00 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 400 | 0.55 | 6.93 | 1.11 | |
| 800 | 0.82 | 10.33 | 2.22 | |
| 1200 | 1.24 | 15.62 | 3.33 | |
| 1600 | 1.36 | 17.13 | 4.43 | |
| 2000 | 1.42 | 17.88 | 5.54 | |
| 2400 | 1.67 | 21.03 | 6.65 | |
| 2800 | 1.73 | 21.79 | 7.76 | |
| 3200 | 1.97 | 24.81 | 8.87 | |
| 3600 | 2.13 | 26.82 | 9.98 | |
| 4000 | 2.24 | 28.21 | 11.08 | |
| 4400 | 2.38 | 29.97 | 12.19 | |
| 4800 | 2.54 | 31.99 | 13.30 | |
| 5200 | 2.67 | 33.62 | 14.41 | |
| 5600 | 2.84 | 35.76 | 15.52 | |
| 6000 | 2.99 | 37.65 | 16.63 | |
| 6400 | 3.06 | 38.53 | 17.73 | |
| 6800 | 3.25 | 40.93 | 18.84 | |
| 7200 | 3.41 | 42.94 | 19.95 | |
| 7600 | 3.56 | 44.83 | 21.06 | |
| 7941 | 4.37 | 55.03 | 22.00 | |

| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|-----------|------------|----------------------------|---|
| N° Bloque: | BA-03 | | Largo (mm): | 297.74 |
| Tipo de adicion: | Aserrin | | Ancho (mm): | 149.82 |
| % adicion: | 1% | | Altura (mm): | 77.84 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 368.50 |
| Tiempo de secado: | 28 dias | | f' (kg/cm ²): | 21.14 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion  |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 400 | 0.86 | 11.05 | 1.09 | |
| 800 | 1.24 | 15.93 | 2.17 | |
| 1200 | 1.37 | 17.60 | 3.26 | |
| 1600 | 1.49 | 19.14 | 4.34 | |
| 2000 | 1.61 | 20.68 | 5.43 | |
| 2400 | 1.84 | 23.64 | 6.51 | |
| 2800 | 1.99 | 25.57 | 7.60 | |
| 3200 | 2.09 | 26.85 | 8.68 | |
| 3600 | 2.31 | 29.68 | 9.77 | |
| 4000 | 2.44 | 31.35 | 10.85 | |
| 4400 | 2.56 | 32.89 | 11.94 | |
| 4800 | 2.78 | 35.71 | 13.03 | |
| 5200 | 2.91 | 37.38 | 14.11 | |
| 5600 | 2.99 | 38.41 | 15.20 | |
| 6000 | 3.06 | 39.31 | 16.28 | |
| 6400 | 3.35 | 43.04 | 17.37 | |
| 6800 | 3.46 | 44.45 | 18.45 | |
| 7200 | 3.61 | 46.38 | 19.54 | |
| 7600 | 3.70 | 47.53 | 20.62 | |
| 7789 | 4.90 | 62.95 | 21.14 | |

| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|-----------|------------|----------------------------|--|
| N° Bloque: | BA-01 | | Largo (mm): | 296.19 |
| Tipo de adicion: | Aserrin | | Ancho (mm): | 147.16 |
| % adicion: | 3% | | Altura (mm): | 77.18 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 357.27 |
| Tiempo de secado: | 28 dias | | f' (kg/cm ²): | 21.43 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion  |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 400 | 0.06 | 0.78 | 1.12 | |
| 800 | 0.08 | 1.04 | 2.24 | |
| 1200 | 0.16 | 2.07 | 3.36 | |
| 1600 | 0.49 | 6.35 | 4.48 | |
| 2000 | 0.71 | 9.20 | 5.60 | |
| 2400 | 0.96 | 12.44 | 6.72 | |
| 2800 | 1.16 | 15.03 | 7.84 | |
| 3200 | 1.33 | 17.23 | 8.96 | |
| 3600 | 1.46 | 18.92 | 10.08 | |
| 4000 | 1.58 | 20.47 | 11.20 | |
| 4400 | 1.69 | 21.90 | 12.32 | |
| 4800 | 1.81 | 23.45 | 13.44 | |
| 5200 | 1.93 | 25.01 | 14.55 | |
| 5600 | 2.11 | 27.34 | 15.67 | |
| 6000 | 2.29 | 29.67 | 16.79 | |
| 6400 | 2.48 | 32.13 | 17.91 | |
| 6800 | 2.74 | 35.50 | 19.03 | |
| 7200 | 3.03 | 39.26 | 20.15 | |
| 7600 | 3.66 | 47.42 | 21.27 | |
| 7658 | 4.93 | 63.88 | 21.43 | |

| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|-----------|------------|----------------------------|---|
| N° Bloque: | BA-02 | | Largo (mm): | 296.83 |
| Tipo de adición: | Aserrín | | Ancho (mm): | 149.62 |
| % adición: | 3% | | Altura (mm): | 79.83 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 364.24 |
| Tiempo de secado: | 28 días | | f' (kg/cm ²): | 22.13 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformación  |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 400 | 0.03 | 0.38 | 1.10 | |
| 800 | 0.09 | 1.13 | 2.20 | |
| 1200 | 0.13 | 1.63 | 3.29 | |
| 1600 | 0.35 | 4.38 | 4.39 | |
| 2000 | 0.66 | 8.27 | 5.49 | |
| 2400 | 0.80 | 10.02 | 6.59 | |
| 2800 | 1.06 | 13.28 | 7.69 | |
| 3200 | 1.42 | 17.79 | 8.79 | |
| 3600 | 1.52 | 19.04 | 9.88 | |
| 4000 | 1.70 | 21.30 | 10.98 | |
| 4400 | 1.91 | 23.93 | 12.08 | |
| 4800 | 1.99 | 24.93 | 13.18 | |
| 5200 | 2.04 | 25.55 | 14.28 | |
| 5600 | 2.12 | 26.56 | 15.37 | |
| 6000 | 2.31 | 28.94 | 16.47 | |
| 6400 | 2.57 | 32.19 | 17.57 | |
| 6800 | 2.83 | 35.45 | 18.67 | |
| 7200 | 2.93 | 36.70 | 19.77 | |
| 7600 | 3.11 | 38.96 | 20.87 | |
| 8000 | 3.54 | 44.34 | 21.96 | |
| 8062 | 4.71 | 59.00 | 22.13 | |

| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | |
|--------------------------|-----------|------------|----------------------------|--|
| N° Bloque: | BA-03 | | Largo (mm): | 294.67 |
| Tipo de adición: | Aserrín | | Ancho (mm): | 146.93 |
| % adición: | 3% | | Altura (mm): | 78.66 |
| Fecha de fab.: | - | | Area (cm ²): | 355.36 |
| Tiempo de secado: | 28 días | | f' (kg/cm ²): | 22.68 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformación  |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 400 | 0.09 | 1.14 | 1.13 | |
| 800 | 0.23 | 2.92 | 2.25 | |
| 1200 | 0.41 | 5.21 | 3.38 | |
| 1600 | 0.62 | 7.88 | 4.50 | |
| 2000 | 0.91 | 11.57 | 5.63 | |
| 2400 | 1.05 | 13.35 | 6.75 | |
| 2800 | 1.16 | 14.75 | 7.88 | |
| 3200 | 1.42 | 18.05 | 9.00 | |
| 3600 | 1.64 | 20.85 | 10.13 | |
| 4000 | 1.80 | 22.88 | 11.26 | |
| 4400 | 1.99 | 25.30 | 12.38 | |
| 4800 | 2.07 | 26.32 | 13.51 | |
| 5200 | 2.20 | 27.97 | 14.63 | |
| 5600 | 2.34 | 29.75 | 15.76 | |
| 6000 | 2.45 | 31.15 | 16.88 | |
| 6400 | 2.56 | 32.55 | 18.01 | |
| 6800 | 2.61 | 33.18 | 19.14 | |
| 7200 | 2.73 | 34.71 | 20.26 | |
| 7600 | 2.96 | 37.63 | 21.39 | |
| 8000 | 3.09 | 39.28 | 22.51 | |
| 8059 | 3.67 | 46.66 | 22.68 | |



| RESISTENCIA A COMPRESION | | | | | |
|---------------------------------|-----------|------------|----------------------------|--|--------|
| N° Bloque: | | BA-03 | | Largo (mm): | 298.59 |
| Tipo de adicion: | | Aserrin | | Ancho (mm): | 147.86 |
| % adicion: | | 5% | | Altura (mm): | 79.42 |
| Fecha de fab.: | | - | | Area (cm ²): | 363.14 |
| Tiempo de secado: | | 28 dias | | f' (kg/cm ²): | 26.03 |
| Carga (kg) | Def. (mm) | Def. unit. | Esf. (kg/cm ²) | Diagrama Esfuerzo Vs. Deformacion | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| 400 | 0.07 | 0.88 | 1.10 | | |
| 800 | 0.13 | 1.64 | 2.20 | | |
| 1200 | 0.22 | 2.77 | 3.30 | | |
| 1600 | 0.56 | 7.05 | 4.41 | | |
| 2000 | 0.73 | 9.19 | 5.51 | | |
| 2400 | 0.95 | 11.96 | 6.61 | | |
| 2800 | 1.00 | 12.59 | 7.71 | | |
| 3200 | 1.18 | 14.86 | 8.81 | | |
| 3600 | 1.25 | 15.74 | 9.91 | | |
| 4000 | 1.47 | 18.51 | 11.02 | | |
| 4400 | 1.77 | 22.29 | 12.12 | | |
| 4800 | 1.90 | 23.92 | 13.22 | | |
| 5200 | 2.21 | 27.83 | 14.32 | | |
| 5600 | 2.30 | 28.96 | 15.42 | | |
| 6000 | 2.39 | 30.09 | 16.52 | | |
| 6400 | 2.46 | 30.97 | 17.62 | | |
| 6800 | 2.55 | 32.11 | 18.73 | | |
| 7200 | 2.64 | 33.24 | 19.83 | | |
| 7600 | 2.73 | 34.37 | 20.93 | | |
| 8000 | 2.89 | 36.39 | 22.03 | | |
| 8400 | 3.07 | 38.66 | 23.13 | | |
| 8800 | 3.40 | 42.81 | 24.23 | | |
| 9200 | 3.80 | 47.85 | 25.33 | | |
| 9452 | 5.02 | 63.21 | 26.03 | | |

7. Datos de ensayo de resistencia a flexión de los BTC

| RESISTENCIA A FLEXION DE BTC PATRON | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga Rot. (kN) | Carga Rot. (kg) | esfuerzo (kg/cm ²) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BP-01 | 296.19 | 145.79 | 78.57 | 70.01 | 70.28 | 354.53 | 0.00279 | 5.296 | 1.61 | 161 | 6.34 |
| BP-02 | 296.48 | 146.82 | 77.48 | 70.81 | 69.46 | 358.02 | 0.00277 | 5.255 | 1.60 | 160 | 6.44 |
| BP-03 | 297.67 | 148.26 | 79.36 | 69.38 | 71.28 | 363.61 | 0.00289 | 5.373 | 1.63 | 163 | 6.22 |
| BP-04 | 296.83 | 146.92 | 78.58 | 71.28 | 69.42 | 358.35 | 0.00282 | 5.350 | 1.62 | 162 | 6.34 |
| BP-05 | 295.46 | 147.82 | 77.87 | 70.54 | 70.87 | 358.22 | 0.00279 | 5.388 | 1.60 | 160 | 6.30 |
| BP-06 | 296.78 | 148.73 | 79.65 | 70.37 | 69.09 | 365.02 | 0.00291 | 5.391 | 1.64 | 164 | 6.17 |
| Suma | 1779.41 | 884.34 | 471.51 | 422.39 | 420.40 | 2157.75 | 0.01696 | 32.05 | 9.70 | 970.00 | 37.82 |
| Promedio | 296.57 | 147.39 | 78.59 | 70.40 | 70.07 | 359.62 | 0.00283 | 5.342 | 1.62 | 161.67 | 6.30 |

| RESISTENCIA A FLEXION DE BTC + 1 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga Rot. (kN) | Carga Rot. (kg) | esfuerzo (kg/cm ²) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 295.99 | 146.58 | 76.53 | 70.05 | 70.01 | 356.83 | 0.00273 | 5.190 | 1.66 | 166 | 6.84 |
| BC-02 | 296.45 | 148.72 | 78.92 | 70.41 | 69.43 | 364.08 | 0.00287 | 5.273 | 1.65 | 165 | 6.32 |
| BC-03 | 295.69 | 147.62 | 77.53 | 69.88 | 70.41 | 359.21 | 0.00278 | 5.285 | 1.67 | 167 | 6.65 |
| BC-04 | 297.69 | 149.73 | 79.60 | 71.02 | 70.31 | 367.29 | 0.00292 | 5.292 | 1.68 | 168 | 6.31 |
| BC-05 | 296.70 | 147.69 | 78.54 | 69.57 | 70.67 | 360.96 | 0.00283 | 5.187 | 1.67 | 167 | 6.51 |
| BC-06 | 297.75 | 147.92 | 77.09 | 71.34 | 69.58 | 362.44 | 0.00279 | 5.195 | 1.66 | 166 | 6.73 |
| Suma | 1780.27 | 888.26 | 468.21 | 422.27 | 420.41 | 2170.80 | 0.01694 | 31.42 | 9.99 | 999.00 | 39.37 |
| Promedio | 296.71 | 148.04 | 78.04 | 70.38 | 70.07 | 361.80 | 0.00282 | 5.237 | 1.67 | 166.50 | 6.56 |

| RESISTENCIA A FLEXION DE BTC + 3 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga Rot. (kN) | Carga Rot. (kg) | esfuerzo (kg/cm ²) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 295.09 | 148.58 | 78.59 | 71.18 | 70.75 | 359.34 | 0.00282 | 5.163 | 1.69 | 169 | 6.49 |
| BC-02 | 297.86 | 146.79 | 76.99 | 70.53 | 69.94 | 359.74 | 0.00277 | 5.090 | 1.68 | 168 | 6.89 |
| BC-03 | 298.53 | 148.73 | 78.93 | 70.42 | 69.63 | 366.98 | 0.00290 | 5.196 | 1.71 | 171 | 6.60 |
| BC-04 | 296.74 | 149.76 | 79.47 | 71.06 | 70.31 | 365.91 | 0.00291 | 5.154 | 1.68 | 168 | 6.31 |
| BC-05 | 297.54 | 147.34 | 77.21 | 70.43 | 71.21 | 359.61 | 0.00278 | 5.169 | 1.70 | 170 | 6.90 |
| BC-06 | 295.68 | 148.39 | 78.32 | 69.43 | 69.86 | 362.57 | 0.00284 | 5.192 | 1.69 | 169 | 6.56 |
| Suma | 1781.44 | 889.59 | 469.51 | 423.05 | 421.70 | 2174.15 | 0.01701 | 30.96 | 10.15 | 1015.00 | 39.75 |
| Promedio | 296.91 | 148.27 | 78.25 | 70.51 | 70.28 | 362.36 | 0.00284 | 5.161 | 1.69 | 169.17 | 6.63 |

| RESISTENCIA A FLEXION DE BTC + 5 % DE CASCARA DE ARROZ | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga Rot. (kN) | Carga Rot. (kg) | esfuerzo (kg/cm ²) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BC-01 | 295.27 | 148.92 | 80.13 | 70.92 | 72.91 | 358.46 | 0.00287 | 5.013 | 1.74 | 174 | 6.42 |
| BC-02 | 297.15 | 149.07 | 79.32 | 69.43 | 70.92 | 365.60 | 0.00290 | 5.021 | 1.74 | 174 | 6.60 |
| BC-03 | 296.88 | 147.33 | 78.42 | 71.05 | 69.42 | 359.90 | 0.00282 | 5.045 | 1.75 | 175 | 6.86 |
| BC-04 | 298.72 | 146.71 | 77.99 | 70.60 | 70.52 | 360.05 | 0.00281 | 4.875 | 1.73 | 173 | 6.94 |
| BC-05 | 296.83 | 147.63 | 78.43 | 70.32 | 69.76 | 361.15 | 0.00283 | 5.103 | 1.75 | 175 | 6.85 |
| BC-06 | 296.77 | 148.04 | 77.32 | 69.83 | 70.33 | 362.19 | 0.00280 | 4.957 | 1.74 | 174 | 6.98 |
| Suma | 1781.62 | 887.70 | 471.61 | 422.15 | 423.86 | 2167.35 | 0.01704 | 30.01 | 10.45 | 1045.00 | 40.65 |
| Promedio | 296.94 | 147.95 | 78.60 | 70.36 | 70.64 | 361.22 | 0.00284 | 5.002 | 1.74 | 174.17 | 6.78 |

| RESISTENCIA A FLEXION DE BTC + 1 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga Rot. (kN) | Carga Rot. (kg) | esfuerzo (kg/cm ²) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 297.56 | 145.73 | 79.24 | 70.07 | 69.37 | 357.28 | 0.00283 | 5.285 | 1.65 | 165 | 6.43 |
| BA-02 | 296.74 | 148.72 | 77.69 | 69.83 | 70.13 | 364.39 | 0.00283 | 5.148 | 1.64 | 164 | 6.49 |
| BA-03 | 297.51 | 146.58 | 78.42 | 71.32 | 70.98 | 356.57 | 0.00280 | 5.220 | 1.65 | 165 | 6.52 |
| BA-04 | 295.69 | 148.92 | 76.38 | 70.66 | 69.74 | 362.93 | 0.00277 | 5.296 | 1.64 | 164 | 6.67 |
| BA-05 | 296.94 | 149.27 | 79.81 | 69.42 | 69.93 | 366.99 | 0.00293 | 5.351 | 1.63 | 163 | 6.09 |
| BA-06 | 297.81 | 146.86 | 78.93 | 71.05 | 70.52 | 358.66 | 0.00283 | 5.290 | 1.63 | 163 | 6.36 |
| Suma | 1782.25 | 886.08 | 470.47 | 422.35 | 420.67 | 2166.81 | 0.01699 | 31.59 | 9.84 | 984.00 | 38.56 |
| Promedio | 297.04 | 147.68 | 78.41 | 70.39 | 70.11 | 361.13 | 0.00283 | 5.265 | 1.64 | 164.00 | 6.43 |

| RESISTENCIA A FLEXION DE BTC + 3 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga Rot. (kN) | Carga Rot. (kg) | esfuerzo (kg/cm ²) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 296.19 | 146.76 | 77.93 | 69.58 | 69.06 | 359.21 | 0.00280 | 5.197 | 1.68 | 168 | 6.68 |
| BA-02 | 296.35 | 148.93 | 79.31 | 70.52 | 69.94 | 363.88 | 0.00289 | 5.253 | 1.66 | 166 | 6.28 |
| BA-03 | 298.09 | 147.76 | 78.36 | 71.06 | 70.36 | 361.92 | 0.00284 | 5.180 | 1.68 | 168 | 6.61 |
| BA-04 | 297.63 | 149.83 | 76.44 | 69.89 | 71.29 | 367.66 | 0.00281 | 5.175 | 1.66 | 166 | 6.76 |
| BA-05 | 295.63 | 146.90 | 79.52 | 69.59 | 70.92 | 356.74 | 0.00284 | 5.149 | 1.65 | 165 | 6.28 |
| BA-06 | 296.73 | 149.82 | 77.84 | 71.05 | 70.56 | 365.81 | 0.00285 | 5.201 | 1.67 | 167 | 6.53 |
| Suma | 1780.62 | 890.00 | 469.40 | 421.69 | 422.13 | 2175.21 | 0.01702 | 31.16 | 10.00 | 1000.00 | 39.14 |
| Promedio | 296.77 | 148.33 | 78.23 | 70.28 | 70.36 | 362.54 | 0.00284 | 5.193 | 1.67 | 166.67 | 6.52 |

| RESISTENCIA A FLEXION DE BTC + 5 % ASERRIN | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| N° Bloque | Dimensiones (mm) | | | | | Area (cm ²) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga Rot. (kN) | Carga Rot. (kg) | esfuerzo (kg/cm ²) |
| | Largo | Ancho | Altura | d1 | d2 | | | | | | |
| BA-01 | 295.76 | 147.15 | 77.93 | 70.65 | 70.61 | 356.85 | 0.00278 | 4.944 | 1.72 | 172 | 6.81 |
| BA-02 | 297.09 | 149.72 | 79.42 | 69.82 | 71.29 | 366.60 | 0.00291 | 5.127 | 1.71 | 171 | 6.44 |
| BA-03 | 295.96 | 148.73 | 78.93 | 71.63 | 70.85 | 360.46 | 0.00285 | 5.185 | 1.74 | 174 | 6.65 |
| BA-04 | 297.51 | 147.66 | 76.71 | 70.83 | 70.05 | 361.36 | 0.00277 | 4.981 | 1.71 | 171 | 7.01 |
| BA-05 | 296.73 | 146.84 | 78.82 | 70.93 | 69.72 | 358.03 | 0.00282 | 5.075 | 1.73 | 173 | 6.73 |
| BA-06 | 295.62 | 149.87 | 77.83 | 70.91 | 71.26 | 363.67 | 0.00283 | 5.090 | 1.74 | 174 | 6.77 |
| Suma | 1778.67 | 889.97 | 469.64 | 424.77 | 423.78 | 2166.97 | 0.01696 | 30.40 | 10.35 | 1035.00 | 40.41 |
| Promedio | 296.45 | 148.33 | 78.27 | 70.80 | 70.63 | 361.16 | 0.00283 | 5.067 | 1.73 | 172.50 | 6.74 |

8. Panel fotográfico

Figura 39: Cantera ubicada en la Cruz Blanca.



Figura 40: Extracción de muestra para el determinar las propiedades del suelo



Figura 41: Colocando las muestras a la estufa



Figura 42: Análisis granulométrico por el método de lavado



Figura 43: Determinación del límite líquido



Figura 44: Limite liquido



Figura 45: Determinación del límite plástico



Figura 46: Limite plástico



Figura 47: Preparación para el ensayo Proctor



Figura 48: Determinación del Proctor estándar



Figura 49: Proctor estándar



Figura 50: Extracción de la tierra para la elaboración de BTC



Figura 51: Pesando el aserrín



Figura 52: Pesando la cascara de arroz



Figura 53: Elaboración de BTC



Figura 54: Secado de bloques de BTC



Figura 55: Ensayos a compresión de BTC



Figura 56: Ensayos de BTC



Figura 57: BTC después del ensayo



Figura 58: Ensayos de BTC a Flexión



Figura 59: Ensayos a Flexión



Figura 60: Ensayos compresión de bloques



Figura 61: Ensayando el BTC



Figura 62: BTC ensayados



Figura 63: Midiendo los BTC



Figura 64: Ensayo de absorción por capilaridad de BTC



Figura 65: BTC después del ensayo.



Figura 66: Ensayo de absorción por inmersión total del BTC



Figura 67: bloques después de las 24h

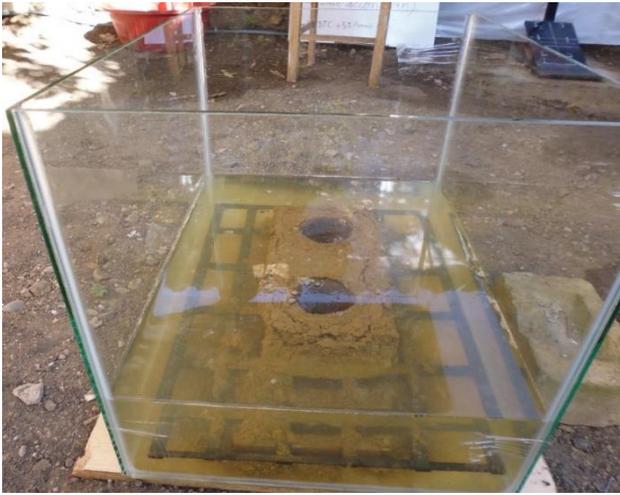


Figura 68: Ensayo a erosión de los BTC



Figura 69: Midiendo la profundidad de erosión del BTC



ANEXOS

1. Constancias de ensayos de laboratorios



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Norte de la Universidad Peruana
Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE INGENIERIA
Telefax Nº 0051-76-36-5976 Anexo Nº 129-130 / 147
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Certif. Nº 001 – 2024

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

CERTIFICA

Que el Ingeniero Civil **JAVIER AQUINO RAFAEL**, alumno de la Escuela De Post Grado de la Universidad Nacional de Cajamarca, según consta en el cuaderno de asistencia del Laboratorio de Mecánica de Suelos, ha registrado su asistencia a dicho Laboratorio para la elaboración de ensayos referente a la tesis profesional: **“COMPARACION DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECANICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CASCARA DE ARROZ Y ASERRIN”**, en el siguiente periodo:

Del 12 de abril del 2023 al 14 de abril del 2023

El Laboratorio no se responsabiliza por la ejecución y los resultados de los ensayos realizados.

Se expide el presente a solicitud verbal del interesado para los fines que estime por conveniente,

Cajamarca, 08 de enero del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos
ING. MARCO W. HOYOS SAUCEDO
Reg. CIP 28931



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Ensayo de Materiales



El jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:

CONSTANCIA

Al Ing. AQUINO RAFAEL, JAVIER, Exalumno de la Escuela de Posgrado – Maestría en Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, que ha realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz” las siguientes actividades:

| ÍTEM | DETALLE |
|------|---|
| 01 | Ensayo a compresión en bloques de tierra. |
| 02 | Ensayo a flexión en bloques de tierra. |

Para la Tesis Titulada: “COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CASCARA DE ARROZ Y ASERRÍN”.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 5 de enero de 2024.

Atentamente:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Mauro Centurión Vargas
JEFE DEL LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

c.c. a:
_Archivo



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
TELF: 076-633319

EL QUE SUSCRIBE: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA
EMPRESA GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

CONSTANCIA:

Que JAVIER AQUINO RAFAEL, ha realizado sus ensayos en el laboratorio GUERSAN INGENIEROS S.R.L, para la tesis de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, titulada "COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CASCARA DE ARROZ Y ASERRÍN". Dichos ensayos se realizaron el año 2022-2023.

Se expide la presente, para los fines que estime conveniente.

Cajamarca, 18 diciembre de 2023.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


.....
Johnny Vasquez Torres
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 255746