

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**Diseño y fabricación de un equipo para elaboración de
bloques de tierra, mecánicamente densificados**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Por:

Elvis Nina Chura

Asesor:

Ing. Rubén Fitzgerald Sosa Aquisé

Juliaca, febrero del 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Rubén Fitzgerald Sosa Aquisé, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN EQUIPO PARA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE TIERRA, MECÁNICAMENTE DENSIFICADOS”** constituye la memoria que presenta el Bachiller **Elvis Nina Chura** para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 10 días del mes de febrero del año 2022.



Ing. Rubén Fitzgerald Sosa Aquisé
Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 10 día(s) del mes de febrero del año 2022, siendo las 16:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Ing. Herson Duberly Cari Luis, el secretario: Mg. Efraim Velásquez Mamani y los demás miembros: Ing. Juana Beatriz Aquino Cari, Mg. Jose Pascari Pascari, Mg. Wilam Etema Carudes y el asesor Ing. Ruben Fitzgerald Sosa Aguirre

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: Diseño y fabricación de un equipo para elaboración de bloques de tierra, mecánicamente densificados.

de el(los)/a(las) bachiller(es): a) Elvis Nina Lhura b)

Ingeniero Civil (Nombre del Título Profesional)

con mención en

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Elvis Nina Lhura

Table with columns: CALIFICACIÓN, ESCALAS (Vigesimal, Literal, Cualitativa), Mérito. Values: Aprobado, 15, B-, Bueno, Muy Bueno.

Candidato (b):

Table with columns: CALIFICACIÓN, ESCALAS (Vigesimal, Literal, Cualitativa), Mérito. Values: empty.

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Signatures of: Presidente, Asesor, Candidato/a (a), Miembro, Secretario, and Candidato/a (b).

DEDICATORIA

A mi padre ZENÓN y a mi madre AGRIPINA, con todo mi amor y cariño, por ser mi fortaleza, por darme siempre su confianza y las ganas de salir adelante, a ustedes por siempre mi agradecimiento.

A mi hermano JUAN CARLOS, por estar siempre a mi lado y apoyarme como amigo.

A mi pareja AMPARO, por siempre estar a mi lado, no ha sido fácil terminar este proyecto, pero, siempre me motivabas y me decías que lo lograría.

A mi pequeña DAMARIS, gracias por llegar a mi vida y llenar de alegría mis días.

A mi hijo ANGEL, porque me siento feliz ver como creces y aprendes muchas cosas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Peruana Unión, a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, porque nos forma profesionales con valores, preparados para la vida y la sociedad.

A mis docentes, por transmitirme sus conocimientos y dedicación. Agradezco a mi Asesor de Tesis Ing. Rubén Fitzgerald Sosa Aquisé, a Ing. Beatriz Aquisé Pari, Ing. José Pacori Pacori, por su apoyo en la realización del presente trabajo de investigación.

A mi tío Eulogio agradecerle por las enseñanzas técnicas en el área de soldadura.

A mis segundos padres Gerónimo y Benigna por brindarme su apoyo y motivación para la culminación de mi proyecto de grado.

A mis hermanos y amigos agradecerles por tan gratos momentos.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
SÍMBOLOS USADOS	xii
NORMATIVAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Situación problemática	16
1.2. Interrogantes de la investigación	18
1.2.1. Problema general.....	18
1.2.2. Problema específico	18
1.3. Justificación	18
1.4. Objetivos.....	18
1.4.1 Objetivo general	18
1.4.2. Objetivos específicos.....	19
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Resultados anteriores de investigación relacionados al tema de estudio.....	20
2.2. Fundamentos del objeto de estudio.....	21
2.2.1. Hidráulica.	21
2.2.2. Principios de la hidráulica.	21
2.2.3. Componentes principales del sistema hidráulico.	22
2.2.3.1. <i>Bomba hidráulica.</i>	22
2.2.3.2. <i>Cilindro hidráulico.</i>	23

2.2.3.3. <i>Mando Hidráulico</i>	24
2.2.3.4. <i>Depósito de aceite</i>	24
2.2.3.5. <i>Tuberías</i>	24
2.2.4. Bloque de tierra comprimida (BTC) y bloque de suelo cemento (BSC)	25
2.2.5. Propiedades de la mezcla del BTC.....	25
2.2.6. Características de los componentes para los BTC.	26
2.2.6.1. <i>El suelo y el estabilizante</i>	26
2.2.6.2. <i>Estabilización mecánica</i>	28
2.2.6.3. <i>Cemento o aglomerante</i>	29
2.2.6.4. <i>Agua</i>	29
2.2.7. Dimensiones del bloque	29
2.2.8. Resistencia a la compresión de los BTC.	29
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS	32
3.1. Descripción del lugar de ejecución	32
3.2. Tipo de estudio.....	32
3.3. Formulación de Hipótesis	33
3.3.1. Hipótesis General.	33
3.3.2. Hipótesis específicos.....	33
3.4. Operacionalización de variables	33
3.5. Metodología estadística	34
3.5.1. Diseño completamente al azar (DCA).	34
3.5.2. Análisis de varianza.	35
3.5.3. Método de Tukey.	36
3.5.4. Prueba Dunnet.....	37
3.6. Método de análisis.	37
3.6.1. Metodología 1 - Cálculos de elementos del sistema hidráulico.....	37
3.6.1.1 <i>Cálculo del cilindro hidráulico</i>	38

3.6.1.2. Selección de mangueras hidráulicas.	45
3.6.1.3. Selección de la bomba hidráulica.	47
3.6.1.4. Potencia del motor eléctrico.	49
3.6.1.5. Depósito de Aceite.	49
3.6.2. Metodología 2 – Diseño del Equipo.....	50
3.6.3. Metodología 3 - Ensayos de laboratorio de los BTMD.	54
3.6.3.1. Contenido de humedad.	54
3.6.3.2. Análisis granulométrico.	54
3.6.3.3. Límites de consistencia.	55
3.6.3.4. Ensayo de compactación de suelos (Próctor Modificado).	57
3.6.3.5 Resistencia a la compresión.	58
3.6.3.6. Grado de adsorción de agua.	59
3.6.3.7. Capacidad volumétrica del equipo (Cv).	59
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
4.1. Resultados del Equipo hidráulico.	60
4.2. Resultados del Porcentaje de compactación.	61
4.3. Resultados de la caracterización física del suelo.	61
4.3.1. Análisis granulométrico.	61
4.3.2. Ensayo límites de consistencia.	62
4.3.3. Ensayo de Próctor modificado (compactación de suelos).	62
4.3.4. Ensayo de resistencia a la compresión del BTMD.	63
4.3.5. Ensayo de absorción.	69
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
5.1. CONCLUSIONES	70
5.2. RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
APÉNDICE	76

Apéndice A. Catálogo Cicrosa y Vickers	76
Apéndice B. Prensa Hidráulica Zeta 110 - JZonni	78
Apéndice C. Calculo de la longitud de pandeo.....	78
Apéndice D. Clasificación de suelos	80
Apéndice E. Clasificación SUCS.....	81
Apéndice F. Ensayos de laboratorio aplicados para la elaboración de BTMD	82
Apéndice H. Resultados de resistencia a la compresión para unidades de albañilería N.T.P. 339.613	89
Apéndice I. Análisis de Varianza	93
Apéndice J. Panel fotográfico del ensamblaje del equipo elaborador de BTMD	94
Apéndice K. Planos del equipo	103
Apéndice L. Constancia de laboratorio.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Fracciones recomendadas para la elaboración de mezcla de suelocemento .</i>	28
Tabla 2. <i>Resistencia a la compresión de BTC</i>	31
Tabla 3. <i>Resistencia a la compresión de varias técnicas</i>	31
Tabla 4. <i>Cuadro de operacionalización de variables.....</i>	33
Tabla 5. <i>Distribución de datos DCA</i>	35
Tabla 6. <i>Esquema ANVA</i>	35
Tabla 7. <i>Análisis de varianza modelo factorial de dos factores con replicas</i>	36
Tabla 8. <i>Módulo de elasticidad (Kg/mm²).....</i>	41
Tabla 9. <i>Eficiencia de bomba</i>	48
Tabla 10. <i>Resultados del diseño de la máquina hidráulica de BTMD</i>	60
Tabla 11. <i>Resultados del ensayo de granulometría por lavado de los suelos arcillosos.</i>	62
Tabla 12. <i>Límites de consistencia o Atterberg</i>	62
Tabla 13. <i>Contenidos de humedad</i>	63
Tabla 14. <i>Promedios de la Resistencia a la compresión de los BTMD a los 7, 14 y 28 días..</i>	63
Tabla 15. <i>Método Estadístico aplicado a la Resistencia a la compresión de los BTMD a los 7, 14 y 28 días.....</i>	65
Tabla 16. <i>Método Estadístico aplicado a las concentraciones de cemento y días de curado</i>	66

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Porcentaje de material predominante en el departamento de Puno.</i>	16
Figura 2. <i>Contaminación emitida por la cocción de ladrillos</i>	17
Figura 3. <i>Principio de pascal</i>	22
Figura 4. <i>Parámetros de las bombas de funcionamiento constante</i>	23
Figura 5. <i>Cilindro hidráulico de doble efecto</i>	24
Figura 6. <i>Mando hidráulico</i>	24
Figura 7. <i>Resistencia a compresión seca y húmeda</i>	26
Figura 8. <i>La resistencia a la compresión frente al contenido de arcilla de la mezcla.</i> 27	
Figura 9. <i>Nomenclatura de las superficies</i>	29
Figura 10. <i>Bloque sólido</i>	30
Figura 11. <i>Falla típica de un bloque solido presentando deformaciones laterales.</i>	30
Figura 12. <i>Diámetros normalizados</i>	39
Figura 13. <i>Diámetro mínimo de pandeo</i>	40
Figura 14. <i>Coficiente K</i>	41
Figura 15. <i>Coficiente S</i>	42
Figura 16. <i>Valores comerciales del cilindro hidráulico</i>	43
Figura 17. <i>Diámetro de tubería</i>	46
Figura 18. <i>Selección de mangueras</i>	46
Figura 19. <i>Dimensiones del BTMD</i>	50
Figura 20. <i>Diseño del circuito hidráulico empleado en la fabricación del equipo elaborador de BTMD</i>	54
Figura 21. <i>La humedad del suelo %W es en condición saturada</i>	55
Figura 22. <i>Carta de plasticidad de casa grande</i>	56
Figura 23. <i>Ensayo de resistencia a la compresión del BTMD (20x30x10cm)</i>	59
Figura 25. <i>Evolución de la resistencia a la compresión de los BTMD a los 7, 14 y 28 días</i>	64
Figura 26. <i>Fisuras presentadas en los lados laterales de los bloques</i>	68
Figura 27. <i>Ensayo de Absorción a los BTMD suelo – cemento</i>	69

SÍMBOLOS USADOS

ASTM	: American Society for Testing and Materials.
NTP	: Norma Técnica Peruana.
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación del Suelo.
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials.
BTC	: Bloque de Tierra Comprimida.
BTMD	: Bloque de tierra mecánicamente densificado.
BSC	: Bloque de suelo cemento.
CHO	: Contenido de humedad Óptima.
RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones.
HRB	: Highway Research Borad, Inglaterra.
UPME	: Unidad de Planeación Minero Energética

NORMATIVAS

ASTM D-2216, NTP 339.127	: Ensayo de Contenido de Humedad de Suelos.
ASTM D-422; AASHTO T88	: Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado.
ASTM C-117	: Ensayo de Granulometría por el Método de lavado para suelos más finos que la malla 0.075 mm.
ASTM D-423, AASHTO T89	: Ensayo de Límites de Consistencia, Límite Líquido.
ASTM D-424, AASHTO T90	: Ensayo de Límites de Consistencia, Límite Plástico.
MTC E 115-2000	: Ensayo de Compactación de Suelos, Proctor Modificado.
ASTM C31	: Práctica estándar para elaborar y curar cilindros de ensayo de concreto en campo.
ASTM C39	: Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.
NTP 399.613	: Ensayo de Resistencia a la compresión de unidades de Albañilería.
NTP 399.604	: Método de ensayo para la determinación de la capacidad de absorción de agua de los ladrillos.
E.080	: Adobe.

RESUMEN

Actualmente nos encontramos en una constante búsqueda de recursos y tecnologías que sean menos contaminantes y que consuman menos energía en la construcción, siendo los BTMD una alternativa efectiva. En este estudio se presentan los resultados del diseño y fabricación de una maquina hidráulica capaz de elaborar BTMD la cual tienen un rango de compresión superior a la utilizada en la prensa Cinva Ram lo que permite compactar el suelo por encima de lo necesario. El equipo hidráulico ejerce una presión de 70 bares como presión máxima al momento de densificar los bloques de tierra, un botellón hidráulico de 3.59 ton de capacidad máxima, un depósito de aceite con una capacidad de 15 litros, una bomba hidráulica de 3 kW e impulsado por un motor monofásico de 3HP, la medida de los bloques es de 30x20 cm y la altura se puede variar de 7 a 10 cm según el ajuste de la máquina. Para la validación del equipo se evaluó las siguientes combinaciones de suelo y cemento (suelo + 11% de cemento; suelo + 13% de cemento; suelo + 15% de cemento y suelo + 17% de cemento) para establecer las propiedades mecánicas del bloque, además los resultados de las pruebas mecánicas se compararon con la norma peruana E.080 y con investigaciones relacionadas al tema. En los resultados se observó que los bloques estabilizados a los 28 días de curado con un porcentaje de 17% de cemento obtuvo una resistencia de 103.03 Kgf/cm² la cual es altamente significativa con un nivel de confianza al 99% este valor supera la resistencia a la compresión de la muestra patrón con un 42.38 Kgf/cm² y a la resistencia mínima 10.2 Kgf/cm² de la norma E.080.

Palabras clave: Diseño, fabricación, BTMD, resistencia a la compresión, densificación, presión hidráulica.

ABSTRACT

We are currently in a constant search for resources and technologies that are less polluting and consume less energy in construction, BTMD being an effective alternative. This study presents the results of the design and manufacture of a hydraulic machine capable of producing BTMD which has a higher compression range than the one used in the Cinva Ram press, which allows compacting the soil above what is necessary. The hydraulic equipment exerts a pressure of 70 bars as maximum pressure when densifying the soil blocks, a hydraulic bottle of 3.59 ton of maximum capacity, an oil tank with a capacity of 15 liters, a hydraulic pump of 3 kW and driven by a 3HP single phase motor, the size of the blocks is 30x20 cm and the height can be varied from 7 to 10 cm according to the adjustment of the machine. For the validation of the equipment, the following combinations of soil and cement were evaluated (soil + 11% cement; soil + 13% cement; soil + 15% cement and soil + 17% cement) to establish the mechanical properties of the block, and the results of the mechanical tests were compared with the Peruvian standard E.080 and with related research. In the results it was observed that the stabilized blocks at 28 days of curing with a percentage of 17% cement obtained a resistance of 103.03 Kgf/cm² which is highly significant with a confidence level of 99%, this value exceeds the compressive strength of the standard sample with 42.38 Kgf/cm² and the minimum resistance of 10.2 Kgf/cm² of the E.080 standard.

Key words: Design, manufacture, BTMD, compressive strength, densification, hydraulic pressure.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

La tierra, siendo el material de construcción más usado desde épocas remotas y hasta la actualidad se emplea en procesos constructivos por su trabajabilidad y su bajo costo.

Actualmente los bloques de tierra comprimidos y estabilizados con cemento (BTC), son el producto de la mezcla de suelo, cemento y agua, los cuales tienen una dosificación preparada, luego de ser sometidos a la compresión son curados instantáneamente, para convertirse en un bloque compactado, siendo este material una de las alternativas en el proceso de construcción.

En las regiones rurales y la sierra en general, las construcciones con adobe son predominantes para la vivienda porque contienen propiedades térmicas manteniendo cálido en zonas de mucho friaje, ya que la tierra se encuentra fácilmente al alcance del poblador. En la región de Puno el adobe es un material predominante en un 59 %, como se observa en la siguiente figura.

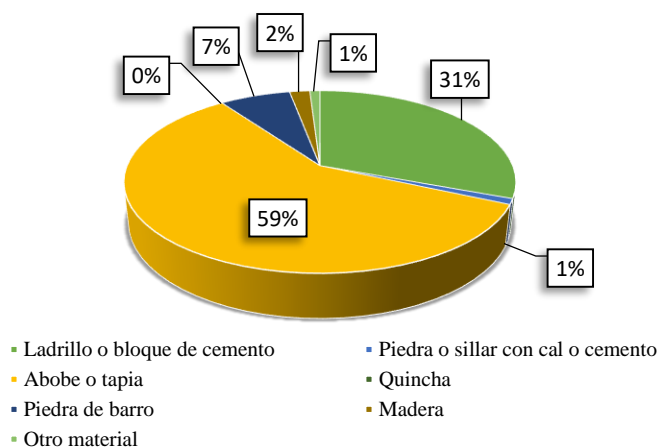


Figura 1. Porcentaje de material predominante en el departamento de Puno.

Nota: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material predominante en las paredes exteriores, según departamento, departamento de Puno (Censo INEI 2017).

El deterioro ambiental se ha venido agravando en las últimas décadas a nivel mundial, afectando principalmente a la naturaleza a través de elevados niveles de contaminación atmosférica, explotación de los recursos naturales, contaminación de los

recursos hidrobiológicos, todos ellos ocasionados por la acción del hombre (Galíndez, 2017) adaptado de Medina, 2020.

La arcilla es el material utilizado para la elaboración de ladrillos, estos son sometidos a cocción en hornos artesanales y emanando gases tóxicos como se ve en la figura 2, siendo el ladrillo un material muy utilizado en la construcción. Por tal motivo en la presente investigación se propuso fabricar un nuevo material de construcción, que tenga propiedades favorables al medio ambiente y también económicos.



Figura 2. Contaminación emitida por la cocción de ladrillos

Nota: investigación propia

Frente a este problema la presente investigación plantea diseñar y fabricar una máquina que elabore bloques de tierra mecánicamente densificados (BTMD), teniendo una combinación de suelo - cemento, dichos bloques serán sometidos a pruebas de resistencia a la compresión.

Con esta investigación se intenta ampliar los conocimientos teóricos y prácticos, mostrando que el trabajo hecho con bloques de tierra comprimida es un aporte importante al sector de la construcción, y que esta puede servir como iniciativa para proyectos futuros, con bajo costo económico y viable cumpliendo con la normativa técnica peruana. En la región de Puno la industria de la construcción va incrementándose, y se pretende crear una nueva alternativa de construcción principalmente a familias de escasos recursos.

1.2. Interrogantes de la investigación

1.2.1. Problema general.

- ¿Es posible diseñar y fabricar una maquina con un sistema hidráulico capaz de elaborar bloques de tierra mecánicamente densificados superiores a lo que establece la norma E.080?

1.2.2. Problema específico.

- ¿Sera posible diseñar y fabricar una maquina con un sistema hidráulico a una determinada presión específica para elaborar bloques de tierra mecánicamente densificados?
- ¿Cuál es el porcentaje de compactación que tienen los bloques durante la densificación mecánica con el equipo hidráulico?
- ¿Cuál será el incremento de la resistencia a la compresión de los bloques mecánicamente densificados, según los días de curado y el porcentaje de cemento teniendo en cuenta los parámetros que exige la norma E.080 para un determinado suelo específico?

1.3. Justificación

En sus comienzos los BTC, el prensado se realizaba manualmente operada mediante una máquina, y esto generaba una producción no homogénea, ya que la presión que se ejercía no era constante, y está dependía de la fuerza ejercida por el operario.

Actualmente existen maquinas especializadas en la industria de producción de bloques de tierra y que a la vez son de muy alto costo. Por lo tanto, se pretende diseñar y construir una maquina capaz de elaborar bloques, para obtener una producción final homogénea y a la vez que la población pueda contar con un nuevo producto alternativo de construcción.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

- Diseñar y fabricar un equipo con un sistema hidráulico capaz de elaborar bloques de tierra mecánicamente densificados superiores a lo que establece la norma E.080.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Diseñar y fabricar un equipo con un sistema hidráulico a una determinada presión específica para elaborar bloques de tierra mecánicamente densificados.
- Indicar el porcentaje de compactación que tienen los bloques durante la densificación mecánica con el equipo hidráulico.
- Evaluar el incremento de la resistencia a la compresión de los bloques mecánicamente densificados, según los días de curado y el porcentaje de cemento teniendo en cuenta los parámetros que exige la norma E.080 para un determinado suelo específico.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Resultados anteriores de investigación relacionados al tema de estudio

Arteaga *et al.*, (2011) en su investigación “Bloque de tierra comprimida como material constructivo”, realizo bloques de tierra comprimida con un material limo-arenoso de baja plasticidad, color café, límite líquido, LL (%): 19,20; límite plástico, LP (%): 0; un Índice de plasticidad, IP (%): NP y Clasificación: ML; cuyas medidas del bloque fueron de 35x25x10 cm y un peso promedio de 14 kg. Los BTC se obtuvieron mediante una dosificación de mezcla de tierra (82,75%), arena (6,20%) y cemento (11,03%), y sometidos al proceso de densificación mecánica, la resistencia a la compactación esta entre 2 a 4 Mpa, y según la norma; existe una clasificación por resistencia: si la resistencia mínima es de 2 Mpa es BSC (bloque suelo cemento) 20, si es de 4 Mpa es BSC 40, si es de 6 Mpa es BSC 60. En el ensayo, el bloque siempre pierde sus caras, pero conserva la forma inicial, se presenta una falla columnar que recorre todo el cilindro en sentido a la fuerza aplicada también se observa que los bloques más densos son aquellos que tienen mayor resistencia mecánica y mayor compactación. Si la tierra presenta una buena compactación en la realización del bloque, la resistencia y la densidad tienen una relación proporcional. Se concluye que, a mayor densidad de compactación, mayor resistencia.

Venkatarama y Latha (2013). En su investigación “Influencia de la clasificación del suelo en las características de los compactos de suelo estabilizado con cemento”, para los suelos de grano fino y el contenido de cemento en el rango de 5-10%, la máxima resistencia a la compresión está en el rango de 4.7 – 10 MPa, para suelos de grano grueso con contenidos de cemento en el rango de 4 – 10%, la resistencia a la compresión está en el rango de 2.4 – 6.5 MPa. La máxima resistencia a la compresión de los bloques de suelo con un 7% de cemento son: Para suelos de grano fino es de 6.3 y 10.8 Mpa, y para suelos de grano grueso son de 5 y 9 MPa. La resistencia a la compresión de los bloques que utilizan suelos de grano fino es mucho mayor a la de los que utilizan suelos de grano grueso, independientemente del contenido de cemento considerando un contenido de cemento del 4 al 10%. Las razones de la mayor resistencia a la compresión con un contenido óptimo de arcilla pueden explicarse a través de un análisis de proporción de vacíos, para un 7% de cemento utilizando suelos de grano fino (0.465) y suelos de grano grueso (0.532) los resultados representan claramente que los especímenes con suelos de grano fino muestran un índice de vacío menor y por lo tanto dan lugar a una mayor resistencia. La absorción del agua para los especímenes con

suelos de grano fino y grueso absorben agua a una velocidad más rápida inicialmente hasta los 60 minutos de duración de remojo y más tarde la tasa de adsorción se reduce, los especímenes alcanzan una saturación del 85 y el 90% en 60 minutos y una saturación completa a las 24 horas inmersos en agua fría. La absorción de agua aumenta con el aumento del contenido de arcilla ya que la arcilla tiene más afinidad con el agua, más arcilla significa más adsorción de agua, los valores de adsorción de agua oscilan entre el 18 y el 20% para suelos finos y del 13 al 16% para suelos de grano grueso.

2.2. Fundamentos del objeto de estudio

2.2.1. Hidráulica.

La Hidráulica es una rama de la ingeniería que abarca el estudio de la presión y caudal de los fluidos, así como sus aplicaciones; se puede dividir en Hidráulica de agua, aceite y neumática (Sohipren, 2005).

Se entiende que los fluidos a presión hacen las veces de medio de transmisión de energía (Renate, *et al.*, 2013). Todo sistema hidráulico consta de unos cuantos componentes relativamente simples y su funcionamiento es fácil de entender (Uribe, Hernández y Martínez, 2010).

2.2.2. Principios de la hidráulica.

La fuerza es toda acción capaz de cambiar de posición un objeto, por ejemplo, el peso de un cuerpo es la fuerza que ejerce, sobre el suelo, como se muestra en la ecuación (Uribe, Hernández y Martínez, 2010).

$$F = m * a$$

La presión es el resultado de dividir la fuerza por la superficie que tiene dicho objeto en contacto con el suelo como se muestra en la siguiente ecuación (Uribe, Hernández y Martínez, 2010).

$$P = \frac{F}{a} \text{ N/m}^2$$

El principio más importante de la hidráulica es el principio de Pascal (Uribe, Hernández y Martínez, 2010) ver Figura 3. El cual indica que un cambio de presión aplicado a un fluido en reposo dentro de un espacio confinado se transmite sin alteración a través de

todo el fluido y es igual en todas las direcciones ya que actúa mediante fuerzas perpendiculares a las paredes que lo contienen (Uribe, Hernández y Martínez, 2010).

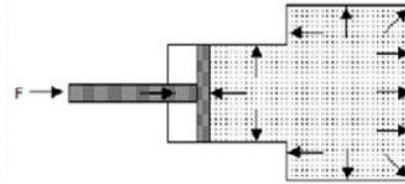


Figura 3. Principio de pascal

Nota: Uribe, Hernández y Martínez, (2010)

2.2.3. Componentes principales del sistema hidráulico.

2.2.3.1. Bomba hidráulica.

La bomba hidráulica convierte la energía mecánica en energía hidráulica (maquinarias pesadas.org, p.1). Es un dispositivo que toma energía de una fuente, por ejemplo, un motor mecánico o un motor eléctrico, y la convierte a una forma de energía hidráulica (Maquinariaspesadas.org, p. 1). La bomba toma aceite de un depósito de almacenamiento (un tanque) y lo envía como un flujo al sistema hidráulico (maquinarias pesadas.org, p. 1). En la figura 4 se observa las bombas más difundidas en el mercado.

a. Bomba de engranajes.

Son bombas rotatorias, de desplazamiento positivo, adecuadas para la transmisión de potencia, generalmente se les considera como bombas para líquidos viscosos y tiene como rendimiento volumétrico aproximado de 85 a 96%.

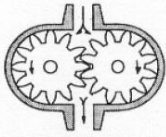

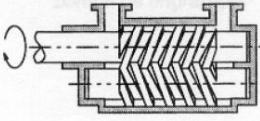
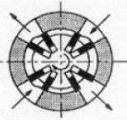
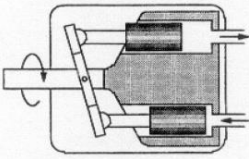
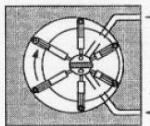
	Tipo de bomba	Margen de revoluciones r.p.m.	Volumen de expulsión (cm ³)	Presión nominal (bar)	Rendimiento
	Bomba de engranajes externos	500 - 3500	1,2 - 250	63 - 160	0,8 - 0,91
	Bomba de engranajes internos	500 - 3500	4 - 250	160 - 250	0,8 - 0,91
	Bomba helicoidal	500 - 4000	4 - 630	25 - 160	0,7 - 0,84
	Bomba de aletas celulares	960 - 3000	5 - 160	100 - 160	0,8 - 0,93
	Bomba de émbolos axiales - 3000	100	200	0,8 - 0,92
		750 - 3000	25 - 800	160 - 250	0,82 - 0,92
		750 - 3000	25 - 800	160 - 320	0,8 - 0,92
	Bomba de émbolos radiales	960 - 3000	5 - 160	160 - 320	0,90

Figura 4. Parámetros de las bombas de funcionamiento constante

Nota: Apuntes de Hidráulica FESTO Didactic.

2.2.3.2. Cilindro hidráulico.

Los cilindros hidráulicos de movimiento lineal son utilizados comúnmente en aplicaciones donde la fuerza de empuje del pistón y su desplazamiento son elevados (Creus, 2007).

a. Cilindro Hidráulico de doble efecto

Los cilindros hidráulicos de doble efecto requieren una potencia a la entrada y salida del vástago expuestas a una presión hidráulica, ver Figura 5.

1. Sello limpiador o rascador
2. Sello amortiguador
3. Émbolo
4. Anillo de desgaste del embolo
5. Vástago
6. Anillo de desgaste del vástago
7. Sello de la cabeza del cilindro

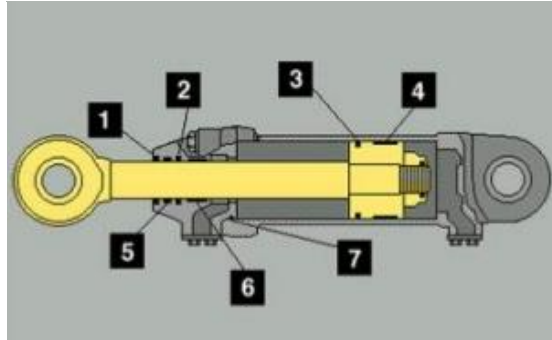


Figura 5. Cilindro hidráulico de doble efecto

Nota: Adaptado de Ceo Macrosup

2.2.3.3. Mando Hidráulico.

El aceite es utilizado a presión para hacer para el funcionamiento del cilindro hidráulico ver figura 6. Debido a que el caudal de pilotaje debe controlarse por la propia válvula direccional, las válvulas pilotadas hidráulicamente no pueden utilizarse aisladas (Quishpe, 2008).

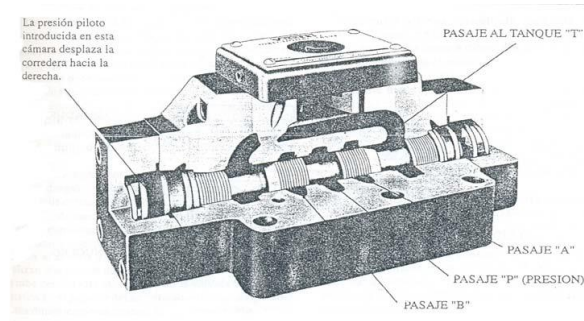


Figura 6. Mando hidráulico

2.2.3.4. Depósito de aceite.

El depósito está diseñado y construido para almacenar el flujo hidráulico, su diseño influye considerablemente en la función y rendimiento del sistema hidráulico (Quishpe, 2008). También denominado tanque hidráulico cumple las siguientes funciones:

- Almacenar el fluido hidráulico.
- Disipar el calor generado del sistema hidráulico.
- Separación del aire con el fluido.

2.2.3.5. Tuberías.

Las tuberías hidráulicas transportan el fluido hidráulico entre los componentes y las conexiones del sistema hidráulico. Utilizan principalmente, tres tipos de líneas de

conducción: tubos gas, tubos milimétricos y mangueras flexibles (Quishpe, 2008). Las tuberías empleadas son mangueras flexibles de polímeros reforzadas con espiral de acero y fibra de aramid.

2.2.4. Bloque de tierra comprimida (BTC) y bloque de suelo cemento (BSC).

Los bloques de tierra comprimida o BTC son bloques elaborados con tierra a los que se les ha aplicado una compresión que permita cohesionar de mejor manera las partículas de los componentes (Mejía, 2018).

La técnica de fabricación de los BTC es sencilla y no requiere el empleo de mano de obra calificada (Álvarez, 2018), tiene un bajo consumo de energía para su elaboración, no genera contaminación y principalmente se puede hacer uso del suelo del propio terreno (Pacheco y Jalali, 2012); (Choque y Huamán, 2009).

Los BTC ó BSC (bloque suelo cemento) suelen usar aditivos y estabilizadores para controlar la presencia de arcilla (Mejía, 2018). Si fuera necesario se cambia su granulometría o se estabiliza con cemento o cal. Se obtienen por compresión estática o dinámica del suelo en estado húmedo, seguido de un desmolde inmediato, llegando a tener una resistencia a la compresión entre 2 y 6 MPa (NTC 5324).

La forma y dimensión que tienen los bloques son de acuerdo al tipo de fabricación de la máquina, siendo los más comunes de 7.5 x 15 x 29 cm, y el de 10 x 20 x 40 cm. Sin embargo, el tamaño depende del molde que vaya a ser utilizado en los cuales se introduce la tierra estabilizada, y de la máquina que se disponga (Arteaga, Medina, y Gutierrez, 2011).

La norma E.080 en lo que se refiere a dimensiones nos dice que las unidades pueden ser de planta cuadrada o rectangular; en el caso de unidades cuadradas estas no deben de sobrepasar los 0.40 m de lado por razones de peso, en unidades rectangulares el largo debe de ser igual a dos veces su ancho y la altura de las unidades en general debe de estar entre 0.80 m y 0.12 m.

2.2.5. Propiedades de la mezcla del BTC.

Para el proceso de fabricación del BTC, se necesita que la tierra contenga humedad entre el 20 y 25 % (Mejía, 2018) y que presente una composición granulométrica fina con un diámetro máximo de partículas de 5 mm, en varios casos es necesario realizar la

estabilización del suelo mediante la adición de cal entre el 3 y 15% o cemento entre el 5 y 15%, son los que agregan resistencia e impermeabilidad a la unidad producida (Mejía, 2018).

Según investigaciones, mediante el tratamiento químico basado en la adición de aditivos como cal o cemento, se puede mejorar la resistencia a la compresión, alcanzando valores de hasta 75 Kg/cm² (Barbeta, 2002), (Aubert, Fabbri, Morel, y Maillard, 2013).

2.2.6. Características de los componentes para los BTC.

2.2.6.1. El suelo y el estabilizante.

El principal componente del suelo que permite su uso como material de construcción debido a su capacidad aglutinante es la arcilla, porque provee de cohesión y adherencia a los demás componentes, sin embargo, por la capacidad de absorción de agua y pérdida de humedad, aumenta y pierde volumen, lo que incrementa la presencia de fisuras (Mejía, 2018), la norma E.080 (2017) recomienda adicionar arena gruesa para el control del agrietamiento, la norma indica que el contenido de arena debe de ser como máximo 75%.

El cemento es el estabilizador más empleado para la elaboración de bloques mejorando sus propiedades mecánicas. Por ejemplo, Eires *et al.*, (2012) realizó ensayos en compresión en probetas cilíndricas fabricadas con suelo estabilizado con diferentes porcentajes de cemento (0%, 3%, 5%, 7% y 9%) donde obtuvo que la resistencia a compresión aumenta conforme se aumenta el porcentaje de cemento ver Figura 7.

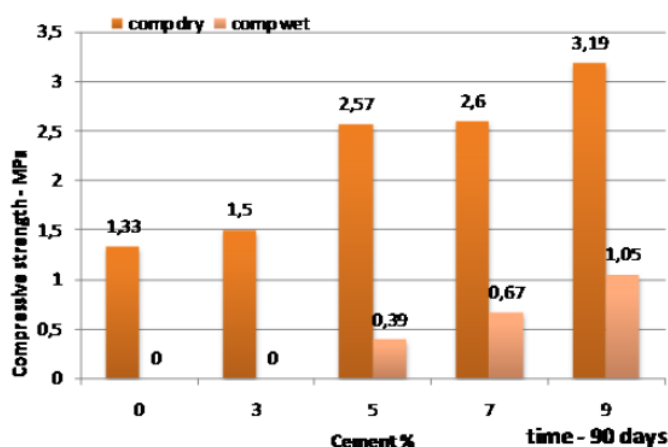


Figura 7. Resistencia a compresión seca y húmeda.

Nota: Resistencia a compresión seca y húmeda en probetas cilíndricas con 0, 3, 5, 7 y 9% de cemento (Eires *et al.*, 2012).

Adam y Agib (2001) mencionan que la estabilización con cemento mejora las propiedades de resistencia a la compresión y la resistencia a la abrasión. Si la estabilización del suelo es buena presentara mejoras evidentes:

- Se incrementará la resistencia.
- Se reduce la permeabilidad.
- Es repelente al agua.
- Se incrementa su durabilidad.

Por otro lado, se requiere una adecuada composición del suelo para que se forme una buena matriz suelo-estabilizador (Venkatarama *et al.*, 2007). En (Venkatarama & Latha, 2013) se ha evaluado la influencia de la composición del suelo en las propiedades mecánicas donde se encontró que el porcentaje óptimo de arcilla en el suelo que conduce a la máxima resistencia a compresión está entre el 10-14%, evaluado con porcentajes de cemento entre 4 y 10% ver Figura 8. Para una buena estabilización la cantidad de cemento está en el rango del 3% y 18% del peso (Riza y Rahman, 2014).

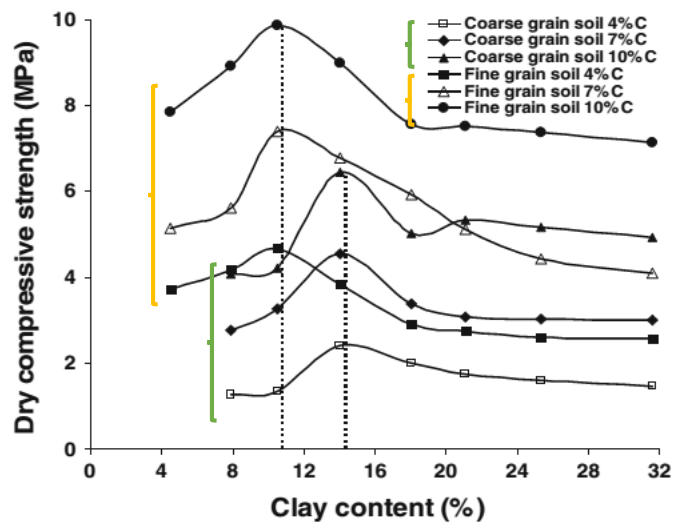


Figura 8. La resistencia a la compresión frente al contenido de arcilla de la mezcla.

Nota: Venkatarama *et al.*, 2007

Por otro lado, en (Nagaraj *et al.*, 2014) el alto contenido de arcilla puede proporcionar óptimos resultados si se emplea como estabilizador, además de cemento y cierto porcentaje de cal, ver Tabla 1.

Tabla 1.*Fracciones recomendadas para la elaboración de mezcla de suelo – cemento*

Criterios de autores	Composición porcentual		
	Arena	Arcilla	Limo
ICPA	70 - 85	5 - 10	10 - 20
Houben	40 - 70	20 - 30	0 - 30
CINVA	45 - 80	Suma de 20 - 55	
MERRIL	Más de 50	Suma menor de 50	

Nota. Vilcapaza, 2017.

Es importante tener en cuenta que toda variación que se produzca en el porcentaje de contenido de suelo implicará nuevas relaciones con respecto a la cantidad de cemento y humedad a emplear (Vilcapaza, 2017). Debe estar formado por una mezcla de arena, limo y arcilla; estos dos últimos en proporciones tal que de cohesión suficiente a la mezcla y buena composición granulométrica (Berlingieri y Irico, 2017)

2.2.6.2. Estabilización mecánica.

Consiste en la aplicación de una carga de compactación al momento de elaborar el bloque para que mediante la compresión se disminuya en la mayor cantidad posible la presencia de vacíos para así incrementar la densidad del suelo. Los efectos principales son el incrementar la resistencia a la compresión y reducir la permeabilidad (Riza y Rahman, 2014).

Dependerá mucho la composición, la humedad, y la fuerza de aplastamiento aplicada al suelo para determinar su resistencia a la compresión. Es recomendable utilizar estabilizantes de cemento o cal para obtener mejores resultados. Por ejemplo, una máquina para producción artesanal CINVA RAM ejerce una fuerza de compresión desde 2 bar hasta 4 bar, pero si se eleva la fuerza a 10 bar, se podría disminuir la cantidad del estabilizador por temas de ahorro económico. Así en el caso del cemento se puede bajar el contenido entre el 4% y 6% en suelos con un índice de contracción de hasta 25 mm (Kinuthia, 2014).

La función básica de la cementación es hacer que el suelo sea resistente al agua reduciendo el hinchamiento y aumentando su resistencia a la compresión. (Adam y Agib, 2001)

2.2.6.3. Cemento o aglomerante.

El cemento aporta durabilidad a los BTC cuando es usado en las cantidades correctas y apropiadas. El control de cantidad del cemento interviene en la durabilidad del BTC y no la calidad que este tenga. Entonces el reto de los fabricantes de BTC radica en asegurar que el cemento sea usado de manera para poder lograr la durabilidad esperada de los mampuestos (Mejía, 2018).

2.2.6.4. Agua.

La cantidad de agua que se agrega a la mezcla debe de ser la cantidad necesaria para reaccionar con el cemento y la trabajabilidad de la mezcla (Mejía, 2018). Como sabemos, el exceso de agua dentro de mezclas en las que interviene el cemento va en proporción directamente inversa a la resistencia final (Mejía, 2018).

2.2.7. Dimensiones del bloque

La forma que tienen los BTC es de un cubo rectangular ver Figura 9, siendo los lados uniformes para que puedan tener igualdad al momento de su empleo en la construcción, por lo cual el molde de fabricación para dicho bloque de tierra es homogéneo. Los bloques son macizos en su totalidad, sin agujeros en su interior y vienen dadas principalmente por: Largo = soga; Ancho = tizón; Altura = grueso

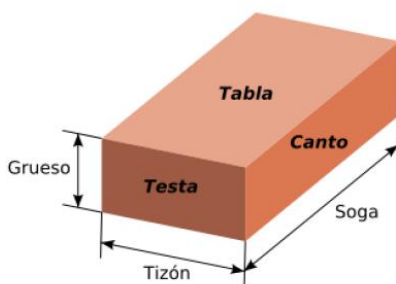


Figura 9. Nomenclatura de las superficies

Nota. Mejía, 2018.

2.2.8. Resistencia a la compresión de los BTC.

La resistencia a la compresión es una medida universal para aceptar la calidad de los BTC (Morel *et al.*, 2007).

En la Tabla 2 y Tabla 3, se observa los valores de resistencia a compresión seca (fb), encontradas en otros trabajos de investigación. Todos los valores observados en las tablas

son diferentes, esto depende mucho de las dimensiones del bloque, su forma, su composición y el procedimiento a ensayarse.

Según las normas técnicas y los manuales de construcción de tierra estabilizada, se considera que la resistencia mínima a la compresión en bloques, tenga un valor mayor o igual a 2 MPa, los bloques de tierra estabilizados con cemento tienden a presentar una falla frágil cuando son sometidos a compresión. Cuando el bloque es sólido, empiezan a aparecer fisuras verticales en los lados laterales del bloque ver Figura 10 (Hela *et al.*, 2016), esta es la principal falla al momento de la compresión. Cuando el bloque tiene perforaciones, se forman una especie de conos alrededor de cada perforación ver Figura 11 (Silva *et al.*, 2015) y (Sturm, 2014).. Este tipo de agrietamiento o deformaciones laterales experimenta el bloque al someterse a compresión. El proceso se inicia con pequeñas microfisuras que crecen por medio de la propagación longitudinal con respecto a la carga aplicada.

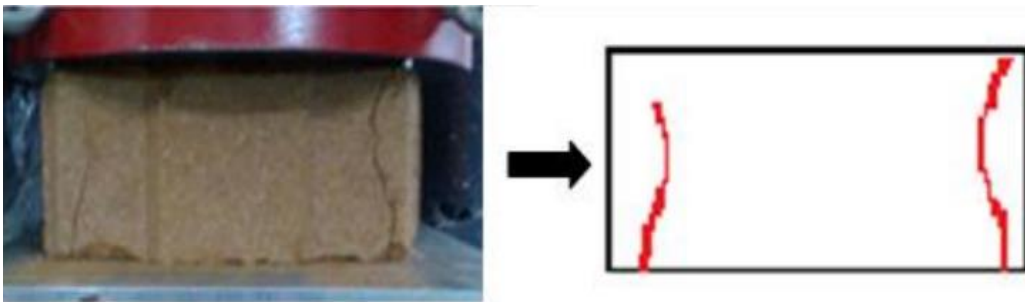


Figura 10. Bloque sólido

Nota: Hela *et al.*, 2016.



Figura 11. Falla típica de un bloque sólido presentando deformaciones laterales.

Nota: Silva *et al.*, 2015; Sturm, 2014.

Tabla 2.*Resistencia a la compresión de BTC*

Autor	Dimensiones de bloque	Estabilizador	Resistencia a la compresión seca(fb) Mpa
(Taallah <i>et al.</i> , 2014)	20x10x10 cm ²	8% de cemento + 0.005% fibra palmera datilera	12.8
(Donkor & Obonyo, 2015)	19.1x20.3x12.1 cm ² 22.9x20.3x12.1 cm ²	8% de cemento + 0.4% fibras de polipropileno	5.15
(Nagaraj <i>et al.</i> , 2014)	30.5x14.5x10 cm	4% cemento + 4% cal	-
		10% cal	16.5
(Alavéz <i>et al.</i> , 2012)	30x15x12 cm	10% cemento	23.5
		10% cal + 10% cenizas de bagazo de la caña de azúcar	21.3
(Venkatarama <i>et al.</i> , 2007)	30.5x14.3x9.6 cm	4% de cemento	8.33
		8% de cemento	12.4
(Sturm, 2014)	28x14x9 cm	5% de cemento	2.99

Nota: Recuperado de “Comparación de las propiedades mecánicas de unidades y prismas de bloques de tierra comprimida estabilizada con cemento y geopolímeros de puzolana” de Alvarez, S. Y., 2018. Adaptado de (Jayasinghe, 2007).

Tabla 3.*Resistencia a la compresión de varias técnicas*

Material	Densidad	Resistencia a compresión
Adobe	1200 – 1500 kg/m ³	5.40 – 17.54 kg/cm ²
Cob	1615 kg/m ³	10.20 kg/cm ²
BTC (tierra comprimida)	1700 – 2000 kg/m ³	10.20 – 50.99 kg/cm ²
BTC (estabilizado)	1787.5 kg/m ³	110.13 kg/cm ²
Tapial	1900 – 2200 kg/m ³	30.59 – 40.79 kg/cm ²

Nota: Recuperado de “Construcción con tierra en el siglo XXI” de Bestraten *et al.*, 2010, *Earthen construction in the 21st century*, p. 3. Universidad Politécnica de Cataluña.

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del lugar de ejecución

Taller de SOMAR S.A.C. SOLDADURAS METALICAS POR ARCO, donde se realizó el ensamblaje de la estructura de acero:

- Ubicación : Av. Tacna Mza. L Lote. 1 Urb. 09 de octubre
- Distrito : Juliaca
- Provincia : San Román
- Departamento : Puno
- Región : Puno

UNIVERSIDAD PERUANA UNION. Laboratorio de concreto y suelos. Donde se realizaron los ensayos y la fabricación de los BTMD.

- Localidad : Carretera salida a Arequipa Km. 6 Chullunquiani
- Distrito : Juliaca
- Provincia : San Román
- Departamento : Puno
- Región : Puno

3.2. Tipo de estudio

Este tipo de investigación es básica debido a que nos basamos en conocimientos o principios existentes para ampliar conocimientos a cerca de un equipo que elabora bloques de tierra comprimida.

También según la naturaleza de la investigación es experimental cuantitativa ya que para mejorar la resistencia a la compresión de los bloques se usan diferentes adiciones de cemento a diferentes días de curado (Canales, Alvarado & Pineda, 1994).

Según Carrasco (2006), la investigación básica no tiene propósitos aplicativos, ya que solo busca ampliar y profundizar los conocimientos científicos. Su objeto de estudio lo constituyen las teorías científicas” (pág. 42).

3.3. Formulación de Hipótesis

3.3.1. Hipótesis General.

Se diseñó y fabricó una maquina con un sistema hidráulico capaz de elaborar bloques de tierra mecánicamente densificados superiores a lo que establece la norma E.080.

3.3.2. Hipótesis específicos.

- Se diseñó y fabricó una maquina con un sistema hidráulico a una determinada presión específica para la elaboración de bloques de tierra mecánicamente densificados.
- Se indicó el porcentaje de compactación que tienen los bloques durante la densificación mecánica con el equipo hidráulico.
- El incremento de la resistencia a la compresión de los bloques mecánicamente densificados, según los días de curado y el porcentaje de cemento son diferentes teniendo en cuenta los parámetros que exige la norma E.080 para un determinado suelo específico.

3.4. Operacionalización de variables

Las variables dependientes e independientes que se consideró al momento de la elaboración de los bloques densificados mecánicamente, se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 4.

Cuadro de operacionalización de variables

	Definición del Problema	Hipótesis	Variabes o indicadores	Metodología
General	¿Es posible diseñar y fabricar una maquina con un sistema hidráulico capaz de elaborar bloques de tierra mecánicamente densificados superiores a lo que establece la norma E.080?	Se diseñó y fabricó una maquina con un sistema hidráulico capaz de elaborar bloques de tierra mecánicamente densificados superiores a lo que establece la norma E.080.	Independiente Maquina hidráulica Dependiente -bloque mecánicamente densificado	Diseño, cálculo y planos
Específico 1	¿Sera posible diseñar y fabricar una maquina con un sistema hidráulico a una determinada presión específica para elaborar bloques de tierra mecánicamente densificados?	Se diseñó y fabricó una maquina con un sistema hidráulico a una determinada presión específica para la elaboración de bloques de tierra mecánicamente densificados.	Independientes -bomba -botellón hidráulico -motor eléctrico -depósito de aceite Dependientes -Maquina con sistema hidráulico	Cálculos matemáticos

Específico 2	¿Cuál es el porcentaje de compactación que tiene la maquina diseñada con sistema hidráulico capaz de elaborar bloques de tierra mecánicamente densificado?	Se indicó el porcentaje de compactación que tienen los bloques durante la densificación mecánica con el equipo hidráulico.	Independientes -% de cemento -% de humedad -suelo Dependientes -maquina con sistema hidráulico	% de compactación
Específico 3	¿Cuál será el incremento de la resistencia a la compresión de los bloques mecánicamente densificados, según los días de curado y el porcentaje de cemento teniendo en cuenta los parámetros que exige la norma E.080 para un determinado suelo específico?	El incremento de la resistencia a la compresión de los bloques mecánicamente densificados, según los días de curado y el porcentaje de cemento son diferentes teniendo en cuenta los parámetros que exige la norma E.080 para un determinado suelo específico.	Independientes -% de cemento -% humedad -suelo Dependientes: -Bloque mecánicamente densificado	-Límites de atembreg -Granulometría -Próctor modificado -Contenido de humedad (%) -Resistencia a la compresión (Kgf/cm ²)

Nota: Propia de autor

3.5. Metodología estadística

3.5.1. Diseño completamente al azar (DCA).

Es un diseño útil cuando las unidades experimentales tienen variabilidades similares, es el diseño más simple de todos los tratamientos que se van a poner en estudio son distribuidos al azar sobre el total del material experimental disponible (Romaina, 2012). El número de observaciones por tratamiento pueden ser iguales o diferentes y aun en esta situación, el análisis estadístico es sencillo (Romaina, 2012).

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + D_j + CD_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

μ ; media de la población

τ_i ; efecto aditivo del i – ésimo porcentaje de cemento

ϵ_{ij} ; error aleatorio al que esta sujeto una observación.

La tabla 5 muestra los datos del experimento.

Tabla 5.*Distribución de datos DCA*

Repeticiones	Tramientos			Gran total
	1	2	... T	
1	Y ₁₁	Y ₂₁	... Y _{t1}	
2	Y ₁₂	Y ₂₂	... Y _{t2}	
·	·	·	·	
·	·	·	·	
·	·	·	·	
r	Y _{1r}	Y _{2r}	... Y _{tr}	
Total tratamiento	Y ₁	Y ₂	... Y _t	
Media	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	... \bar{Y}_t	$\bar{Y}_{..}$
Tamaño de muestra	<i>n</i>	<i>N</i>	... <i>n</i>	<i>N</i>

Nota: Romaina (2012).

3.5.2. Análisis de varianza.

El análisis de varianza es una técnica en la cual se prueban las medias de los tratamientos y se observa las fuentes de variabilidad de la variable de respuesta (Romaina, 2012), ver Tabla 6.

Tabla 6.*Esquema ANVA*

Fuente de variabilidad	G.L	S.C	C.M	F _c	F _t
Tratamiento	<i>t</i> - 1	$\frac{\sum Y_i^2}{r} - TC$	$\frac{SC_t}{t - 1}$	$\frac{CM_t}{CME}$	*
Error	<i>t</i> (<i>r</i> - 1)	<i>SCT</i> - <i>SCt</i>	$\frac{SCE}{t(r - 1)}$		**
Total	<i>rt</i> - 1	$\sum Y_{ij}^2 - TC$			

*Diferencia estadística significativa

**Diferencia estadística altamente significativa

Nota; Romaina (2012).

Donde:

T=N° de tratamientos*r*=N° de repeticiones*SCt*: Suma de cuadrado de tratamientos*SCT*: Suma de cuadrado de totales

SCE: Suma de cuadrados del error

CMt: Cuadrado medio del tratamiento

CME: Cuadrado medio del error

Tabla 7.

Análisis de varianza modelo factorial de dos factores con replicas

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio
Entre niveles del factor A	$(a - 1)$	$\frac{\sum Y_{i..}^2}{bn} - TC$	$\frac{SCA}{a - 1}$
Entre niveles del factor B	$(b - 1)$	$\frac{\sum Y_{.j.}^2}{an} - TC$	$\frac{SCB}{b - 1}$
Interacción de (AB)	$(a - 1)(b - 1)$	$\frac{\sum \sum Y_{ij.}^2}{n} - \left(\frac{\sum Y_{i..}^2}{bn} + \frac{\sum Y_{.j.}^2}{an} - TC \right)$	$\frac{SC(AB)}{(a - 1)(b - 1)}$
Error aleatorio	$ab(n - 1)$	$\sum \sum \sum Y_{ijk}^2 - \frac{\sum \sum Y_{ij.}^2}{n}$	$\frac{SCE}{ab(n - 1)}$
Total	$abn - 1$	$\sum \sum \sum Y_{ijk}^2 - TC$	

Nota: Romaina (2012).

3.5.3. Método de Tukey.

Este método fue desarrollado por J. W. Tukey, matemático norteamericano de la universidad de Princeton, en 1953 (Romaina, 2012), ver la siguiente ecuación:

$$\text{Alcance crítico} = T = q_{\alpha, c, n-c} \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

Siendo q la distribución de rangos estudiados, c y n-c grados de libertad, r el número de repeticiones por cada tratamiento y α el nivel de significación seleccionado. También, n es el total de unidades experimentales y c el número de tratamientos.

3.5.4. Prueba Dunnet.

El procedimiento para la comparación de cada medio experimental con la media de control se llama prueba Dunnett se lleva a cabo mediante una prueba t entre cada grupo experimental y el grupo control usando la fórmula:

$$t_d = \frac{M_i - M_c}{\sqrt{\frac{2MSE}{n_h}}}$$

Donde:

M_i = media del grupo experimental

M_c = media del grupo control

MSE = error cuadrático medio

n_h = media aritmética de las muestras del grupo experimental y el grupo control

3.6. Método de análisis.

3.6.1. Metodología 1 - Cálculos de elementos del sistema hidráulico.

Alternativas de Diseño

A continuación, mencionamos algunas bibliografías para el Diseño de máquinas de prensado hidráulico que elaboran bloques de suelo – cemento.

- Según la (UNESCO, 2001) la Prensa motorizada hidráulica **Quixote** puede transmitir presiones mayores de 20 bar.
- FESTO_Didactic Apuntes de hidráulica, en la Figura 4, muestra los parámetros de las bombas de funcionamiento constante más difundidas en el mercado menciona que la bomba hidráulica de engranajes externos puede transmitir la presión nominal entre 63 bar hasta 160 bar.
- Según la empresa argentina “**JZonni**” fabricante de prensas hidráulicas, menciona que el tipo de prensa hidráulica Zeta 110 ejerce una presión hidráulica de 150 bares y una fuerza de compactación de 6 ton ver Apéndice B.
- Según Arjona 2011, detalla la selección de elementos del pistón hidráulico, diámetro, área de trabajo, fuerza de compactación y presión de trabajo según el catálogo Vickers de pistones hidráulicos ver Apéndice A.

Para el diseño de la máquina se propuso trabajar con un botellón hidráulico que ejerce una fuerza de 3 a 4 ton tomándose en cuenta que este sea comercial en el mercado, la fuerza de compactación real será determinada mediante el catálogo Vickers de pistones hidráulicos ver Apéndice A.

La fuerza real del botellón hidráulico se determina por la siguiente ecuación.

$$1 \text{ KN} = 0.101972 \text{ Ton}$$

$$35.19 \text{ KN} = \mathbf{3.59 \text{ Ton}}$$

De este resultado obtenido se procederá a realizar los cálculos para el diseño y fabricación del equipo

A continuación, se detallan los cálculos matemáticos de: Presión hidráulica de compactación, cálculo del cilindro hidráulico, cálculo de la bomba hidráulica, cálculo del motor eléctrico, cálculo del depósito de aceite y mangueras de presión. La metodología aplicada para este sistema en conjunto con todos sus componentes hidráulicos es tomada de acuerdo a la guía metodológica de Prontuario - hidráulica industrial de José Roldán Vilorio, (2001).

3.6.1.1 Cálculo del cilindro hidráulico.

a. Presión Hidráulica.

La presión hidráulica del sistema de compactación, el diámetro del émbolo se determina de acuerdo al catálogo de cilindros hidráulicos ver Apéndice A.

$$P = \frac{F}{A} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

Donde:

P = Presión hidráulica en (bar)

F compactación= Fuerza de empuje de un cilindro hidráulico en (KN)

de = Diámetro del émbolo en (cm).

Reemplazando valores en la ecuación (1):

$$P = \frac{3.59 \text{ Ton}}{\pi \times \frac{(80 \text{ mm})^2}{4}}$$

$$P = \frac{3590 \text{ Kg}}{\pi \times \frac{(80 \text{ mm})^2}{4}}$$

$$P = 71.41 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad \text{ó} \quad P = 70.03 \text{ bar}$$

b. Longitud de carrera

La altura máxima será el doble de la altura final, y la altura mínima será la mitad de la altura total permitiendo determinar la longitud de carrera del vástago (Roldán, 2001) para el proceso como se muestra a continuación:

$$L_c = H_{max} - H_{min} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

Lc = Longitud de carrera

H max = Altura máxima

H min = altura mínima

$$L_c = 20 \text{ cm} - 5 \text{ cm} = 15 \text{ cm} * \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}}$$

$$L_c = 150 \text{ mm}$$

El valor encontrado de 150 mm, no es un valor comercial, siendo, el nuevo valor normado de **400 mm**, tal como se ve en la figura 12.

Carreras normalizadas según Cetop															
25	50	80	125	400	500	600	800	1.000	1.250	1.500	2.000	2.500	(mm)		
Bajo demanda se fabrican cilindros con otras carreras.															
Diámetros de pistones (émbolos)															
25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	(mm)		
Bajo demanda se fabrican cilindros con otros diámetros.															
Diámetros de los vástagos															
12	16	18	22	28	36	45	56	70	90	110	140	180	220	280	(mm)
Bajo demanda se fabrican cilindros con otros diámetros.															

Figura 12. Diámetros normalizados

Nota: Roldan (2001).

c. *Diámetro mínimo de Pandeo.*

El valor comercial de carrera del vástago es de 400 mm, con una carga máxima de 3590.00 kgf, y se evalúa en la figura 13:

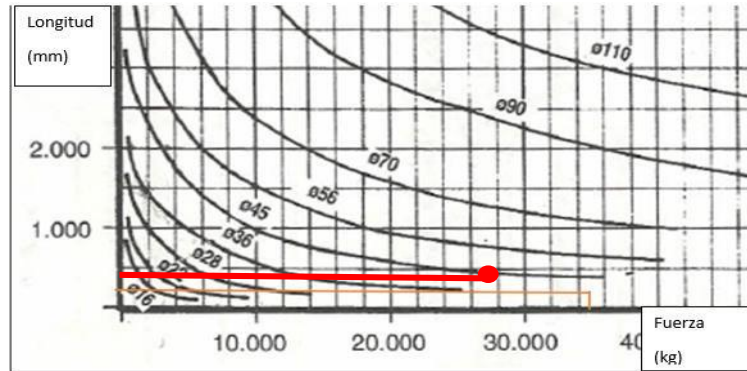


Figura 13. Diámetro mínimo de pandeo

Nota: Roldan (2001).

La Figura 13 muestra, el diámetro mínimo del pandeo del vástago es de 45 mm.

d. *Carga admisible del Vástago*

$$F = k * \frac{\pi^2 * I * E}{L^2} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

F = Fuerza máxima que soporta

I = Momento de inercia

E = Módulo de elasticidad (ver Tabla 4)

L = Longitud sometida al pandeo

k = Coeficiente según el tipo de fijación

El momento de inercia se determina por la siguiente ecuación;

$$I = D^4 * \frac{\pi}{64} \dots \dots \dots (4)$$

$$I = (45 \text{ mm})^4 * \frac{\pi}{64}$$

$$I = 201288.959 \text{ mm}^4$$

Tabla 8.

Módulo de elasticidad (Kg/mm²)

Hierro	20.000
Acero	22.000
Acero duro	22.000
Acero templado	22.000
Alambre de hierro	20.000
Alambre de acero	23.000
Fundicion de hierro	10.000

Nota: Roldán (2001).

Se optar por tomar un K=0,5 por tener una rigidez y fijación del cilindro hidráulico, como se aprecia en la figura 14.

CILINDROS HIDRÁULICOS			4
PANDEO DEL VÁSTAGO			107
E. COEFICIENTE k PARA CILINDROS DE ACUERDO AL SISTEMA DE FIJACIÓN ADOPTADO			
Fijación del cilindro	Representación esquemática de la aplicación	Fijación del extremo del vástago en la aplicación	k
Patae delante y atrás.		Fijo y rigidamente guiado.	0,5
			
		Articulado y rigidamente guiado.	0,7
			

Figura 14. Coeficiente K

Nota: Roldan (2001).

Después de determinar el coeficiente K=0,5 reemplazar en la siguiente fórmula:

$$L_i = C * k \quad \dots \dots \quad (5)$$

Donde:

Li= Longitud virtual del vástago del cilindro

C= Carrera cilindro Lc (ambos sentidos)

K= Coeficiente seleccionado

$$L_i = 800 \text{ mm} * 0.5 = 400 \text{ mm}$$

El coeficiente S se obtiene según la siguiente figura.

4		CILINDROS HIDRÁULICOS			
110		SOLICITUDES DEL VÁSTAGO, SEGÚN EULER			
	Caso 1	Caso 2 (básico)	Caso 3	Caso 4	
	Un extremo libre, Un extremo fijo	Doa extremos articulados	Un extremo articulado	Doa extremos fijos	
Gráfico					
Longitudinal línea de pandeo	$S = 2l$	$S = l$	$S = 0,7l$	$S = \frac{l}{2}$	
Situación del montaje del cilindro					
			Guiado cuidadoso de la carga. Posible bloqueo.	Desfavorable. Gran posibilidad de bloqueo.	

Figura 15. Coeficiente S

Nota: Roldán (2001). Prontuario de hidráulica industrial.

Caso1= K=S= ¼; Caso2= K=S= 1; Caso3= K=S= 2; Caso4= K=S= 4.

Se selecciona un coeficiente S=4 según el caso 4 de la Figura 15.

Reemplazando en la ecuación (3) se obtiene que:

$$F = k * \frac{\pi^2 * I * E}{L^2}$$

$$F = 4 * \frac{\pi^2 * 201288.959 \text{ mm}^4 * 22 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}{(400 \text{ mm})^2}$$

$$F = 1092.653 \text{ Kp} * \frac{0.0980665 \text{ KN}}{1 \text{ Kp}}$$

$$F = 107.15 \text{ KN}$$

El vástago soporta la fuerza máxima de 107.15 KN y la mínima fuerza de compactación del ladrillo es 35.19 KN, entendiendo esto no presentara fallas el diámetro del vástago.

e. Diámetro del émbolo y vástago,

Teniendo en cuenta la fuerza máxima de compactación (107.15 KN) para establecer los valores de diámetro del émbolo y vástago se recurre a catálogo comercial de Glual.

Bore	Rod	Área ratio	Bore	Areas Rod	Annulus	Force at 200 bar ¹			Flow at 0,1 m/s ²		
Kolben	Kolbenstange	Flächenverhältnis	Kolben	Flächen Stange	Ring.	Push	Regen.	Pull	Out	Regen.	In
Alesage	Tige	Rapport de section	Alesage	Sections Tige	Annulaire	Poussée	Diff.	Traction	Sortie	Diff.	Entrée
Pistón	Vástago	Relación secciones	Pistón	Sección Vástago	Anular	Fuerza a 200 bar			Caudal a 0,1 m/s ²		
AL	MM	Ø	A ₁	A ₂	A ₃	Empuje	Diferencial	Tracción	Salida	Diferencial	Entrada
Ø mm	Ø mm	A1/A3	cm ²	cm ²	cm ²	F ₁	F ₂	F ₃	q _{v1}	q _{v2}	q _{v3}
						KN	kN	KN	l/min	l/min	l/min
40	18 22 28	1,25 1,43 1,96	12,57	2,54 3,80 6,16	10,03 8,77 6,41	24,64	4,99 7,45 12,07	19,64 17,18 12,56	7,54	1,53 2,28 3,69	6,01 5,26 3,85
50	22 28 36	1,24 1,46 2,08	19,63	3,80 6,16 10,18	15,83 13,47 9,45	38,49	7,45 12,07 19,95	31,03 26,42 18,53	11,78	2,28 3,69 6,11	9,50 8,09 5,67
63	28 36 45	1,25 1,48 2,04	31,17	6,16 10,18 15,90	25,01 20,99 15,27	61,11	12,07 19,95 31,17	49,03 41,15 29,93	18,70	3,69 6,11 9,54	15,01 12,60 9,16
80	24 45 56	1,25 1,46 1,96	50,27	10,18 15,90 24,63	40,09 34,37 25,64	98,56	19,95 31,17 48,27	78,57 67,35 50,25	30,16	6,11 9,54 14,78	24,05 20,62 15,38
100	45 56 70	1,25 1,46 1,96	78,54	15,90 24,63 38,48	62,64 53,91 40,06	154,00	31,17 48,27 75,43	122,77 105,66 78,51	47,12	9,54 14,78 23,09	37,58 32,35 24,03
125	56 70 90	1,25 1,46 2,08	122,72	24,63 38,48 63,62	98,09 84,24 59,10	240,62	48,27 75,43 124,69	192,25 165,10 115,84	73,63	14,78 23,09 38,17	58,85 50,54 35,46
140	70 90 100	1,33 1,70 2,04	153,94	38,48 63,62 78,54	115,46 90,32 75,40	301,84	75,43 124,69 153,94	226,29 177,03 147,78	92,36	23,09 38,17 47,12	69,27 54,19 45,24

Figura 16. Valores comerciales del cilindro hidráulico

Nota: Cilindros hidráulicos GLUAL; GLUAL hidráulica.

Se conoce la presión del fluido (70 bar), y es reemplazado en la siguiente ecuación:

$$F = P * A \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

Donde:

F = Fuerza (KN)

P = Presion (bar)

A = Area de la placa (cm2)

$$F = P * \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * F}{\pi * P}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 35.168 \text{ KN}}{\pi * 70 \text{ bar}}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 7906.08 \text{ lbf}}{\pi * 1015.26 \text{ psi}}}$$

$$D = 3.15 \text{ in} * \frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ in}}$$

$$\mathbf{D = 80.01 \text{ mm}}$$

El diámetro hallado del émbolo es 80.01 mm, dicho valor encontrado se acerca a un estándar normalizado. En la Figura 12 y Figura 16, se selecciona los nuevos valores de diámetros:

$$\mathbf{\text{Diámetro del émbolo} = 80.00 \text{ mm} \quad \text{y} \quad \text{Diámetro del vástago} = 45.00 \text{ mm}}$$

f. Volumen del cilindro hidráulico.

Se determina el volumen necesario de aceite para avance y retroceso del cilindro hidráulico, según los valores obtenidos de (Diámetro del émbolo = 8 cm, Diámetro del vástago = 4.5 cm, Longitud de carrera = 40 cm) y se calculan mediante la siguiente ecuación;

$$\mathbf{V_A = A_A * L_c \quad \dots \dots \dots \quad (7)}$$

Donde:

V_A=Volumen de avance (cm³)

A_A=Area de avance (cm²)

L_c= Longitud de carrera (cm)

$$A_A = \pi * \frac{D_1^2}{4} = \pi * \frac{(8 \text{ cm})^2}{4} = \mathbf{50.27 \text{ cm}^2}$$

$$\mathbf{V_r = A_r * L_c \quad \dots \dots \dots \quad (8)}$$

Donde:

V_r=Volumen de retroceso (cm³)

A_r=Area de retroceso (cm²)

L_c= Longitud de carrera (cm)

$$A_r = \pi * \frac{D_1^2 - D_2^2}{4} = \pi * \frac{(8 \text{ cm})^2 - (4.5 \text{ cm})^2}{4} = \mathbf{34.36 \text{ cm}^2}$$

Reemplazando el valor de las Areas en las ecuaciones (7) y (8) el volumen se determinara de la siguiente forma:

$$V_A = 50.27 \text{ cm}^2 * 40 \text{ cm} = 2010.8 \text{ cm}^3 * \frac{0.00026417 \text{ gal}}{1 \text{ cm}^3} \Rightarrow V_A = \mathbf{0.53 \text{ gal}}$$

$$V_r = 34.36 \text{ cm}^2 * 40 \text{ cm} = 1374.4 \text{ cm}^3 * \frac{0.00026417 \text{ gal}}{1 \text{ cm}^3} \Rightarrow V_r = \mathbf{0.36 \text{ gal}}$$

g. Caudal de aceite hidráulico.

Se determina el caudal de aceite mediante otro parámetro de diseño que es el tiempo de recorrido del cilindro hidráulico.

$$Q = \frac{V_A}{t_A} \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

Donde:

Q = Caudal de aceite (lts/min)

V_A =Volumen de avance (cm³)

t_A = tiempo de recorrido (seg) $\Rightarrow t_A = 8 \text{ seg}$

$$Q = \frac{2010.8 \text{ cm}^3}{8 \text{ seg}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ lts}}{1000 \text{ cm}^3}$$

$$Q = \mathbf{15.08 \frac{lts}{min}} \quad \Rightarrow \quad Q_{max} = \mathbf{920.24 \frac{in^3}{min}}$$

De los cálculos obtenidos se selecciona un cilindro hidráulico de la serie 705/4 del catálogo CICROSA, ver Apéndice A.

3.6.1.2. Selección de mangueras hidráulicas.

Se obtiene el diámetro interno de la tubería según los valores calculados anteriormente. Para este sistema hidráulico el caudal máximo es (15.08 lts/min) y la presión es de 70 bares, dichos valores se ubican en las escalas correspondientes y se prolonga un cruce, obteniéndose el diámetro tal como se muestra en la Figura 17.

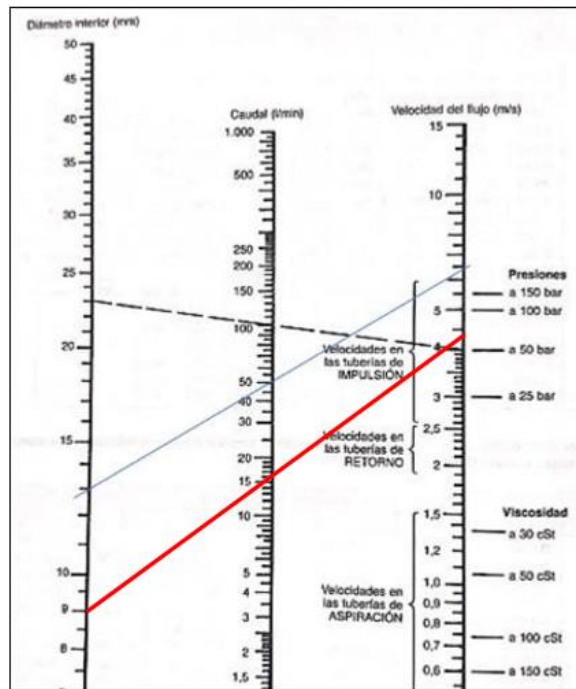


Figura 17. Diámetro de tubería

Nota: Roldán (2001).

Luego de obtener el diámetro de la tubería (9 mm) y la presión hidráulica (1015 psi o 70 bar), se hace la selección de mangueras según el catálogo general de mangueras hidráulicas como se observa en la Figura 18, determinando el nuevo diámetro igual a 3/8" o 10.0 mm, siendo este una medida comercial.

722 TC MANGUERA SAE 100R12



Manguera para aplicaciones hidráulicas de alta presión. Manguera con las características de una SAE 100R12 pero con la mitad del radio de curvatura de esta, lo que permite ahorrar manguera y dinero en sus instalaciones. Compatible con acoples serie 43.

Tubo : Hule sintético.
Refuerzo: 4 mallas en espiral
Cubierta : Hule sintético
Factor de seguridad : 4:1
Temperatura : -40°C a 125°C

Código	Diámetro interno		Presión trabajo PSI	Radio curvatura mm
	Pulgadas	mm		
001722TC06	3/8"	10	4000	125
001722TC08	1/2"	12.7	4000	90
001722TC10	5/8"	15.8	4000	100
001722TC12	3/4"	19	4000	120
001722TC16	1 "	25.4	4000	150
001722TC20	1 1/4"	31.8	3000	210

Figura 18. Selección de mangueras

Nota: Mangueras Parker.

a. *Velocidad del fluido hidráulico.*

Se calcula según la siguiente ecuación:

$$vt = \frac{Q}{St} \quad \dots \dots \dots \quad (10)$$

Donde:

Q = Caudal de aceite (lts/min)

vt = Velocidad tubería (cm/seg)

St = Sección de la tubería

El Caudal y la sección de la tubería serian:

$$Q = 0.251 \frac{lts}{seg} * \frac{1 cm^3}{0.001 lts} = 251 \frac{cm^3}{seg}$$

$$St = \frac{\pi * (1.00 cm)^2}{4} = 0.79 cm^2$$

El cálculo de la velocidad del fluido en la tubería a la salida del vástago está debidamente relacionado con el caudal del aceite (251 cm³/seg) y la sección de la tubería (0.79 cm²) se reemplaza en la ecuación (10).

$$vt = \frac{Q}{St}$$

$$vt = \frac{251 \frac{cm^3}{seg}}{0.79 cm^2}$$

$$vt = 317.72 \frac{cm}{seg} * \frac{1 m}{100 cm} = 3.18 \frac{m}{seg}$$

La velocidad del fluido de aceite es de 3.18 m/seg.

3.6.1.3. Selección de la bomba hidráulica.

La potencia transmitida a la bomba hidráulica para su accionamiento del sistema hidráulico, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{Hp * 1714 * \rho}{Pb} \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

$$Hp = \frac{Q * Pb}{1714 * \rho} \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

Hp = Potencia

Q = Caudal de la bomba en (Gpm)

Pb = Presión de la bomba (psi)

ρ = Eficiencia de la bomba

La eficiencia que tiene la bomba viene a ser según la Tabla 9.

Tabla 9.
Eficiencia de bomba

Druck - Pressure		Eingangsdruck Inlet pressure [bar]	η_{VN} [%]	Drehzahl [U/min] Speed [rev/min]			Temperatur Temperature [°C]	Viskosität Viscosity [mm ² /s]	Filtration Filtration [µm]
Pn [bar]	Pmax [bar]			n _n	n _{min}	n _{max}			
250	280	min. -0,3 max. 1,5	88	1500	1000	4500	-15 ... +80	12 ... 2000	20
			89						
			90		900	4000			
			91						
			92		800	3500			
			93						
			93,6		600	3000			
			94						
235	250		94,5			empfohlen recommended 0 ... +60	empfohlen recommended 25 ... 200		
200	220		95						
160	180		95,5	500	2500				
150	170		96						
140	160		97		2000				

Se necesita el caudal de la bomba que este en unidades de Gpm.

$$Q = 0.251 \frac{lbs}{seg} * \frac{15.85 Gpm}{1 \frac{lbs}{seg}} = 3.98 Gpm$$

Según la tabla 9, no se muestra la eficiencia de la bomba para presiones de 70 bares, por lo tanto, haciendo la interpolación de factores cercanos a la presión real se obtiene un resultado de 97.6 % de eficiencia en la bomba, por lo tanto, se reemplaza en la ecuación (12).

$$Hp = \frac{3.98 Gpm * 1015.26 psi}{1714 * 0.976}$$

$$Hp = 2.42 Hp \cong 3.0 Hp * \frac{0.7457 kW}{1 Hp}$$

$$Hp = 2.24 kW$$

La bomba hidráulica tiene una potencia de accionamiento requerida de (3.00 Hp ó 2.24 kW) se seleccionó una bomba CB 10/17, con una potencia de accionamiento de 3.00 kW.

3.6.1.4. Potencia del motor eléctrico.

Según la UPME la eficiencia eléctrica para motores trifásicos, está dado entre 0,6 - 0,9. Por lo cual el valor a utilizar es de 0,85 y es reemplazado a continuación:

$$Pot. motor electrico = \frac{Pot. bomba hidraulica}{eficiencia del motor} \dots \dots \dots (13)$$

$$Pot. motor electrico = \frac{2.42 Hp}{0.85} \cong 2.84 Hp$$

$$Pot. motor electrico = 3.00 Hp$$

Se selecciona un motor monofásico de 3.00 Hp marca Rexon.

3.6.1.5. Depósito de Aceite.

$$V aceite = 3.98 Gpm \cong 3.98 gal * \frac{3785.41 cm^3}{1 gal}$$

$$V aceite = 15065.93 cm^3 \cong V aceite = 15.07 lts$$

Luego de obtener el volumen de aceite se hace el dimensionamiento del depósito para dicho fluido, obteniendo lo siguiente:

$$V. deposito de aceite = Ancho x largo x Altura$$

$$V. deposito de aceite = 15.00 cm x 27.00 cm x 38.00 cm$$

$$V. deposito de aceite = 15390.00 cm^3$$

Por lo tanto, el depósito de aceite será de una capacidad de 15.00 litros.

3.6.2. Metodología 2 – Diseño del Equipo.

Para el ensamblaje del equipo se usó dos tipos de soldadura, Mig – Mag y soldadura en arco eléctrico. La soldadura Mig Mag permite realizar cordones de soldadura de forma continua, no presenta zonas imperfectas que afecta a su calidad, su uso es para estructuras muy pesadas obteniendo así una gran resistencia. La soldadura por arco eléctrico presenta soldaduras uniformes, resistentes a la ductilidad y se aplica a la gran mayoría de metales. El ensamblaje del equipo se puede apreciar en el apéndice J panel fotográfico y los planos del equipo en el apéndice K – L-1.

Para el dimensionamiento del bloque, la NORMA E.080 (2017) nos dice que la forma que tiene dicho elemento viene a ser de planta cuadrada o rectangular; para unidades cuadradas no deben de sobrepasar los 0.40 m de lado por razones de peso, en unidades rectangulares el largo debe ser igual a dos veces su ancho y la altura de las unidades en general debe de estar entre 0.80 y 0.12 m. En nuestro caso las medidas serán 0.30 x 0.20 x 0.10 m.

El dimensionamiento del BTMD se muestra en la Figura 19.

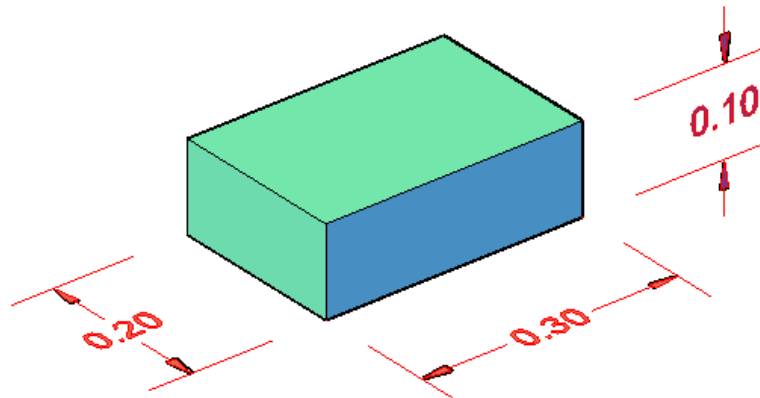


Figura 19. Dimensiones del BTMD

Nota: modelo propuesto

a. Sistema de almacenaje (Tolva de alimentación).

Es una de las partes del equipo, tiene la forma a un embudo de gran tamaño, cuya función es depositar y canalizar los materiales granulares o pulverizados. Consiste en una estructura metálica de forma trapezoide, aquí es donde ingresa el material seleccionando, tiene como función abastecer de material a la caja de alimentación movable ver apéndice K - L - 2

La tolva propuesta tiene las siguientes características y dimensiones:

Material: placas de acero liso con 1/8 de pulg. de espesor.

Largo = 53.00 cm; Ancho = 43.00 cm; Altura = 42.00 cm

b. Sistema de dosificado (Caja de alimentación movable).

Esta parte del equipo es la que entrega y suministra la cantidad de material necesario hacia la caja molde, se desplaza de manera horizontal, la fuerza que se aplica puede variar y la velocidad de desplace también ver Apéndice K – L-6 Las dimensiones que tiene la caja de alimentación movable son:

Material: planchas de acero liso de 1/4 de pulg de espesor.

B = 22.00 cm; L = 30.00 cm; H = 18.00 cm

c. Sistema de moldeo (Caja molde o base).

Mediante este proceso se introduce el material en una caja de acero cerrada y luego de enrasarse el material se aplicará una fuerza de compactación, para dicho bloque prensado tenga la forma deseada.

Es aquí donde se elabora los bloques comprimidos mediante el proceso de la densificación mecánica, accionado por una fuerza de compresión e impulsado por el cilindro hidráulico ver Apéndice K – L-4. Las dimensiones que tiene la caja molde son:

Largo = 32.00 cm; Ancho = 22.00 cm; Altura = 19.00 cm

El material utilizado para la caja de moldeo, es una plancha de acero liso con 1/2 de pulg. de espesor.

Los elementos que componen a este subsistema de moldeo son:

- **Tapa del moldeador de abertura y cierre:** Tiene la función de abrir y cerrar durante la elaboración del bloque, está sujeto por un eje liso negro con 3/4 de pulg. de espesor ver apéndice K - L-3. Las dimensiones que tiene la tapa de abertura y cierre son:

Largo = 34.00 cm; Ancho = 22.00 cm

El material utilizado para la tapa metálica de abertura y cierre, es una plancha de acero liso con 1/2 de pulg. de espesor.

- **Palanca de operación manual.** La palanca de operación manual está compuesta por dos tubos rectangulares de 60.00 mm x 40.00 mm x 2.00 mm de espesor, y un largo de 168.00 cm. También comprende de un tubo circular de 1 pulg. x 2.00 mm de espesor, y un largo de 58.00 cm, funciona como mango de operación ver Apéndice K - L-5.

d. Sistema Hidráulico.

d.1 Cilindro hidráulico.

Cumple la función de densificar mecánicamente la muestra de tierra, ver Apéndice K – L-7. Las dimensiones que tiene este componente hidráulico son:

Largo de eje a eje = 62.00 cm; Ancho = 10.00 cm.

La serie del cilindro hidráulico es de importación china según el catálogo general de CICROSA, es 705/4.

d.2 Bomba hidráulica.

Cumple la función de enviar el fluido hidráulico hacia el mando hidráulico, mediante las dos válvulas que tiene interiormente, de entrada y de salida. Es accionado por el motor eléctrico y conectado por dos mangueras hidráulicas de alta presión. Es de importación china marca Liangli CB 10/17 de 2700 r/min para una capacidad de 3 kW.

d.3 Mando hidráulico.

Tiene la función más importante del circuito hidráulico, consta de 3 cambios hidráulicos:

1. Estado Neutro, se abre el circuito no eleva y tampoco retrocede.
2. Estado de Avance, se cierra el circuito, se eleva de forma ascendente.
3. Estado de Retroceso, se cierra el circuito, se produce el retroceso de forma descendente.

Tiene 4 entradas conectado por 4 mangueras hidráulicas de alta presión, también de importación china.

d.4 Depósito de hidrolina.

Es el recipiente o contenedor del fluido hidráulico que transportará y retornará la hidrolina por mangueras de alta presión, tiene una capacidad total de 15 litros ver Apéndice K – L-8. Las dimensiones del depósito de hidrolina son:

$B = 15.00 \text{ cm}$; $L = 27.00 \text{ cm}$; $H = 38.00 \text{ cm}$

El material utilizado para la caja de alimentación móvil, es una plancha de acero liso con 1/20 de pulg. de espesor.

d.5 Mangueras hidráulicas de alta presión.

Tiene la función de transportar el fluido hidráulico interiormente en las tuberías de presión alta que soporta desde los 3000 psi hasta los 4000 psi. Tiene una longitud equivalente a 4.00 metros lineales y es de la marca Uniflex.

d.6 Manómetro de presión.

La lectura de presión hidráulica del equipo hidráulico es de 70.00 bares que es equivalente a 1015.26 psi, tiene una conexión directa con la bomba hidráulica y el mando hidráulico, con una capacidad máxima de presión igual a 5000.00 psi, y es de la marca Vaflex.

d.7 Motor eléctrico.

Para que funcionen los componentes hidráulicos, el motor eléctrico es quien cumple la función importante de impulsar una fuerza mecánica rotatoria igual a 3 HP de potencia, de baja revolución a 1750 r/min, monofásico, de la marca Rexon.

d.8 Arrancador eléctrico.

El arrancador eléctrico directo ALFE 1-D utilizado, de marca STRONGER de 17 – 25 Amperios para 220 VCA, acciona al motor eléctrico, su función de encendido y apagado. Tiene una capacidad máxima hasta 5 HP de potencia. Se puede observar el diseño del circuito hidráulico en la Figura 20.

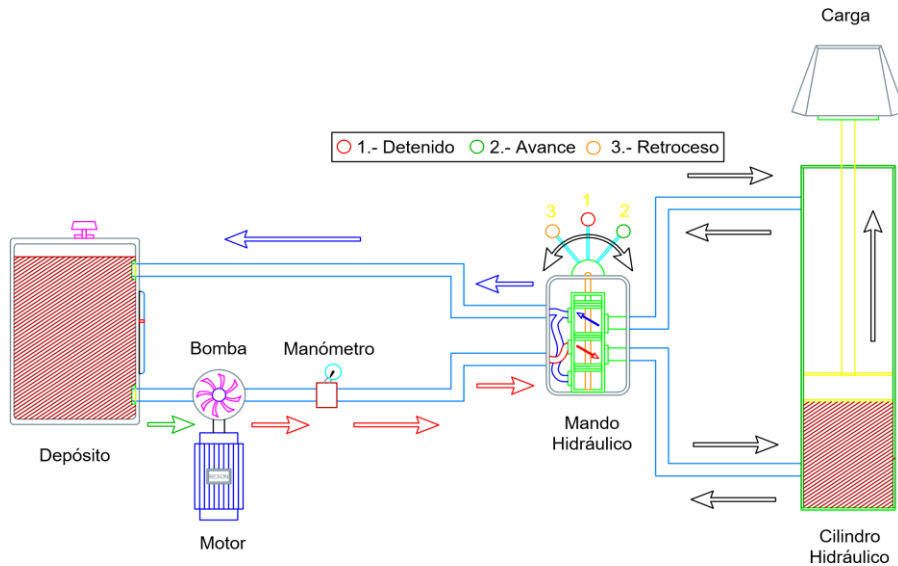


Figura 20. Diseño del circuito hidráulico empleado en la fabricación del equipo elaborador de BTMD

Nota. Propia de autor

3.6.3. Metodología 3 - Ensayos de laboratorio de los BTMD.

3.6.3.1. Contenido de humedad.

Para este tipo de ensayo se cumplió según lo que la norma NTP 339.127:1998 (1998) indica, siendo este un parámetro importante en la caracterización física del suelo.

$$W\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco}} * 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100$$

Dónde:

W% = Contenido de humedad (%)

W_h = Peso de la muestra húmeda en (gr)

W_s = Peso de la muestra seca (gr)

3.6.3.2. Análisis granulométrico.

Se cumple según lo que la norma NTP 339.128.1999 (2000) indica, que consiste en determinar cuantitativamente la distribución por tamaño mayor a 0.075 mm (retenidas en el tamiz N° 200) se efectúa por tamizado, en cambio las partículas menores a 0.075 se analizan mediante procesos de sedimentación basados en la ley de Stokes.

Tamizado por lavado: para este ensayo tomamos 200 g del suelo en estudio, lavamos la muestra sobre el tamiz N° 200 son frotar con la malla y con mucho cuidado de no perder la muestra retenida en el tamiz hasta que el agua se torne clara de restos de finos, luego la porción retenida se seca al horno a 105 °C por 24 h y finalmente se tamiza.

- Porcentaje retenido parcial

$$\% \text{Retenido parcial } i = \frac{\text{Peso ret. parcial } i}{\text{peso total}} \times 100$$

- Porcentaje retenido acumulado

$$\% \text{Ret. acum } i = \% \text{Ret. acum}(i - 1) + \% \text{Ret. parcial } i$$

- Porcentaje que pasa por el tamiz

$$\% \text{ Pasa tamiz } i = 100 - \% \text{Ret. acum } i$$

3.6.3.3. Límites de consistencia.

Se basa a lo que la norma NTP 339.129:1999 (2014) menciona, que se entiende por consistencia la relativa facilidad con que el suelo puede ser deformado.

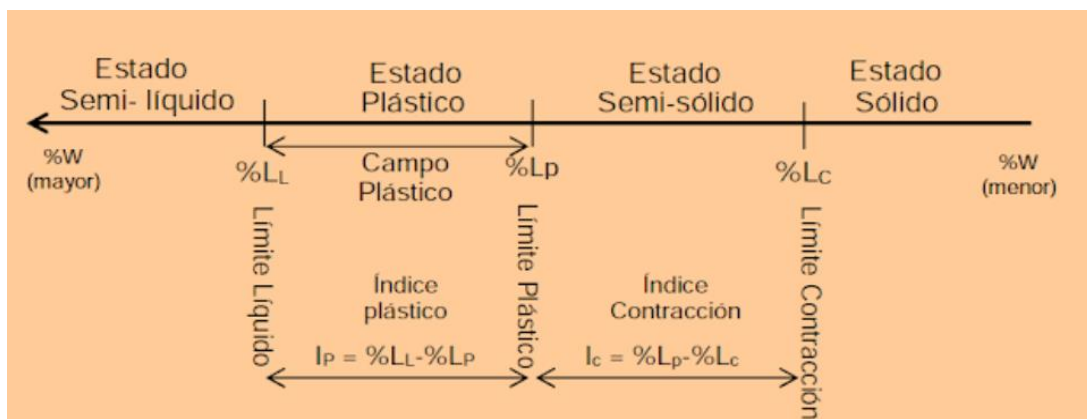


Figura 21. La humedad del suelo %W es en condición saturada

Nota: <https://www.libreriaingeniero.com/2017/09/limites-de-consistencia.html>

Ecuación del índice plástico o de elasticidad NTP 339.129-1999 (2014).

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP: índice plástico (%)

LL: limite liquido (%)

LP: limite plástico (%)

- *Clasificación del suelo.* La clasificación de suelos está dada según la norma NTP 339.134:1999 (1999), la cual está basada en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS, y menciona que para suelos que contienen el 15% o más de finos, se requiere la determinación del porcentaje de finos, porcentaje de arena y porcentaje de grava además de los valores del límite líquido y plástico. Teniendo los resultados de granulometría y plasticidad procedemos a verificar en primer lugar el pasante de la malla N° 200, si el porcentaje es menor de 50% el suelo se clasifica como grueso, por el contrario, si el porcentaje es mayor al 50% se clasifica como fino. Para ser consideradas arcillas las coordenadas graficas del límite liquido vs el índice de plasticidad, y si su límite liquido es mayor se considera una arcilla de alta plasticidad (CH) y si es menor arcilla de baja plasticidad o ligera o pobre (CL).

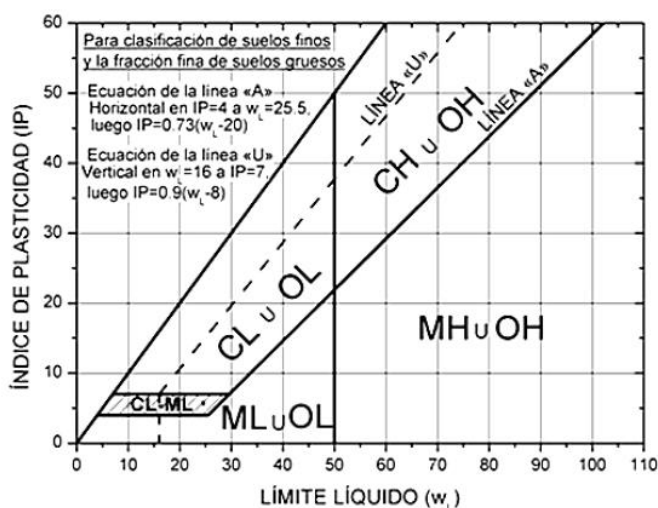


Figura 22. Carta de plasticidad de casa grande

Nota: NTP 339.134:1999 (1999)

Prosiguiendo con la sub clasificación de suelos gruesos tenemos que si retenido en la malla N° 4 (4.75mm) es mayor al 50% como grava, en cambio si el pasante en la malla N° 4 (4.75 mm) es mayor al 50% lo clasificamos como arena. Si el 12% o menos del suelo ensayado

pasa la malla N° 200 (75um), se deberá graficar la curva granulométrica y calcular el coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cc).

Ecuación de coeficiente de uniformidad. Fuente: NTP 339.134 (1999)

$$Cu = \frac{D60}{D10}$$

Ecuación de coeficiente de curvatura. Fuente: NTP 339.134 (1999)

$$Cc = \frac{D30^2}{D60 * D10}$$

Donde:

D60, D30 y D10. Son los diámetros efectivos del suelo por donde pasa el 60%, 30% y 10% respectivamente del material.

3.6.3.4. Ensayo de compactación de suelos (Próctor Modificado).

Para el ensayo de compactación Próctor modificado utilizamos la norma NTP 339.141:1999 (2000), la cual nos dice que la finalidad del ensayo de compactación en laboratorio es determinar la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca de los suelos, pudiendo entonces precisar un óptimo contenido de humedad para la densidad seca máxima.

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_h = \frac{\text{peso de la muestra húmeda}}{\text{volumen de la muestra}}$$

$$w\% = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso del suelo seco}} \times 100$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + w\%}$$

Donde:

γ_h : densidad húmeda del espécimen compactado (g/cm³)

γ_d : densidad seca del espécimen compactado (g/cm³)

w%: contenido de humedad del espécimen compactado (%)

3.6.3.5 Resistencia a la compresión.

Se cumple con lo que indica la norma **NTP 399.613:2005 (2005)**. El laboratorio de concreto cuenta con una máquina para ensayar muestras sometidas a compresión de marca FORNEY, y tiene un sistema hidráulico que permite la realización de ensayos convencionales de compresión de cilindros, cubos, bloques y vigas. Con una capacidad de compresión de 1100 kN y contiene un cubo de platino de 50 mm. El ensayo se realizó mediante la aplicación constante de la carga de desplazamiento a una velocidad de 1mm/min. Las muestras ensayadas vienen a ser los BTMD con adición de cemento al 11 %, 13 %, 15 % y 17 %, las dimensiones del BTMD son de 20x30x10cm, curado a los 7, 14 y 28 días de su elaboración. La superficie inferior y superior de los bloques que están en contacto con los platos de acero de la prensa hidráulica se engrasaron para buscar la uniformidad en la aplicación de la carga. Se colocó una plancha de acero de 15.875 mm de espesor. Las superficies de contacto resultante fueron paralelas entre sí y perpendiculares al eje vertical del transmisor de carga del equipo ver Figura 23.

$$f'c = \frac{W}{A}$$

Donde:

f'c: Resistencia a la compresión (Kg/cm²)

W: Máxima carga en la dirección normal N registrada en la maquina compresora

A: promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior (cm²)

La NORMA E.080 en su artículo 8, esfuerzos de rotura mínimos, ensayos de laboratorio considera lo siguiente:

- La resistencia a la compresión de la unidad se determinará ensayando cubos labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe (la cual es de 10 cm)
- Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de o f'c mínimo aceptable de 10.2 kg/cm².

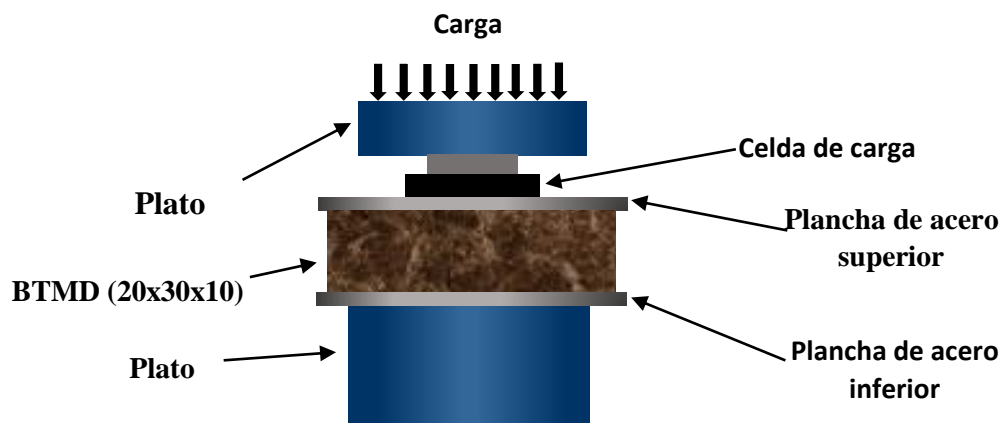


Figura 23. Ensayo de resistencia a la compresión del BTMD (20x30x10cm)

Nota: propia de autor.

Al no existir normas específicas para los BTC tomamos como referencia dichas normas, sin embargo, tomamos nuestro propio criterio mejorando siempre los mínimos indicados en estas.

3.6.3.6. Grado de adsorción de agua.

Según la norma NTP 399.613:2005 (2005) para unidades de albañilería. Primero pesamos los especímenes, luego los sumergimos en el agua por 24 horas; transcurrido ese tiempo si encontramos especímenes completos los pesamos en los 5 minutos siguientes y aplicamos la siguiente formula:

$$absorción \% = \frac{(w_s - w_d)}{w_d} \times 100$$

Dónde: w_d : peso seco del espécimen (g); w_s : peso saturado del espécimen (g)

3.6.3.7. Capacidad volumétrica del equipo (Cv).

La capacidad volumétrica está dada por:

$$Cv = \frac{volumen\ 2}{volumen\ 1} \times 100$$

Donde: Cv: Capacidad volumétrica (%); Volumen 1: Volumen de la caja molde(cm^3);
Volumen 2: Volumen del bloque compactado (cm^3).

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del Equipo hidráulico.

En la siguiente Tabla 10 se puede observar los resultados matemáticos hallados para el diseño de la máquina

Tabla 10.

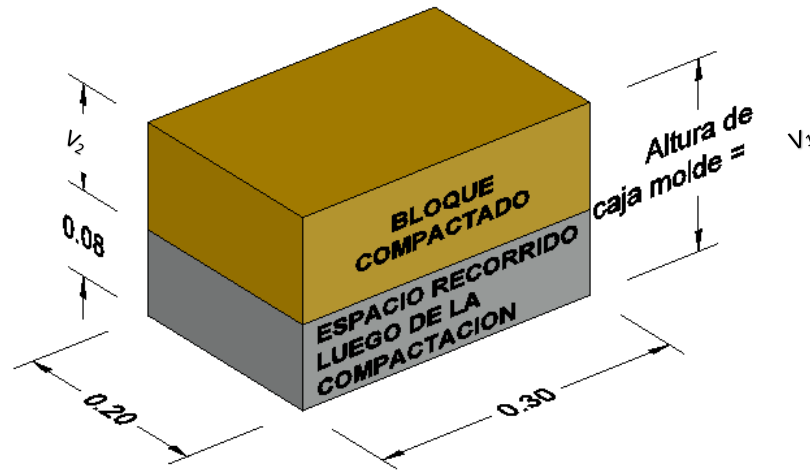
Resultados del diseño de la máquina hidráulica de BTMD

Descripción	Resultado
Diámetro del vástago (dv)	45.00 mm
Diámetro del embolo (de)	80.00 mm
Longitud de carrera del cilindro hidráulico (Z)	400.00 mm
Presión del cilindro hidráulico (P)	70.02 bar
Fuerza de compactación (Fc)	3.59 ton
Volumen de avance del pistón (Va)	2010.8 cm ³
Volumen de retroceso del pistón (Vr)	1374.4 cm ³
Caudal máximo del fluido hidráulico (Q máx)	920.24 pulg. ³ /min
Tiempo de salida del émbolo (T e)	8 seg
Diámetro de la tubería (Dt)	3/8 pulg.
Velocidad del fluido en la tubería (vt)	3.18 m/seg
Potencia de la bomba hidráulica (Hp)	3.00 KW
Potencia del motor eléctrico (P máx)	3.00 Hp
Volumen del Depósito de aceite	15.00 litros

La capacidad de compresión de un suelo depende fundamentalmente de su composición, la humedad y la fuerza aplicada durante la compresión. Según Martínez, 2012 y Kinuthia, 2014 mencionan que la máquina CINVA RAM operada manualmente puede llegar a ejercer compresiones de 20 bar hasta 60 bar dependiendo de la calibración, la fuerza de presión del cilindro hidráulico obtenida mediante la metodología de diseño para cilindros hidráulicos de doble efecto fue de 70.02 bar.

4.2. Resultados del Porcentaje de compactación.

En la Figura 24, se observa las dimensiones obtenidas del bloque luego de la densificación mecánica, también el volumen de fondo luego de la compactación.



Nota: Propia de autor

$$\% \text{ Compactación} = \frac{V_2}{V_1} \times 100$$

Donde:

V_1 = Altura de la caja molde

V_2 = Volumen del bloque compactado

$$V_1 = (30\text{cm} * 20\text{cm} * 18\text{cm}) = 10800 \text{ cm}^3$$

$$V_2 = (30\text{cm} * 20\text{cm} * 10\text{cm}) = 6000 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto, el Porcentaje de compactación sería:

$$\% \text{ Compactación} = \frac{6000 \text{ cm}^3}{10800 \text{ cm}^3} \times 100$$

$$\% \text{ Compactación} = 55.6\%$$

4.3. Resultados de la caracterización física del suelo.

4.3.1. Análisis granulométrico.

La granulometría se determinó por el método de lavado para suelos finos con la malla Nro. 200 (0.075 mm), que está sujeta bajo la norma ASTM C117.

Tabla 11.

Resultados del ensayo de granulometría por lavado de los suelos arcillosos.

SUELO	CANTIDAD
% de grabas	0.00
% de arenas	17.92
% de fino	82.08

Nota. Propia de autor.

Si bien cada suelo tiene particularidades propias es importante mencionar que toda variación que se produzca en el porcentaje de contenido de suelo implicara nuevas relaciones con respecto a la cantidad de cemento y agua a emplear (Houben, 1994).

4.3.2. Ensayo límites de consistencia.

Según la clasificación SUCS, la muestra de suelo es un (CL – arcilla ligera arenosa) con un I.P. > 7, ya que es un suelo con más contenido de plasticidad, pero considerando las proporciones de la arena y el limo.

Los resultados de los límites de consistencia son los siguientes:

Tabla 12.

Límites de consistencia o Atterberg

	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)
Suelo	31.39	23.44	7.95

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Ensayo de Próctor modificado (compactación de suelos).

Para este estudio se opta por utilizar adiciones de 11%, 13%, 15% y 17% de cemento relacionado con la cantidad del suelo; Riza y Rahman (2014) mencionan que el rango de cantidad de cemento para una buena estabilización de un suelo está entre el 3% y 18% del peso.

Para la fabricación de los bloques se necesita que el suelo contenga entre el 20 % y 25 % de humedad (Mejia, 2018), de acuerdo a esto las humedades encontradas en el ensayo

de proctor modificado se presentan en la Tabla 13 en donde para cada porcentaje de cemento se trabaja con una humedad óptima.

Tabla 13.

Contenidos de humedad

	Contenido de humedad (%)
Patrón (CL)	18.25
al 11 % de cemento	21.75
al 13 % de cemento	21.4
al 15 % de cemento	20.3
al 17 % de cemento	19.2

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4. Ensayo de resistencia a la compresión del BTMD.

La resistencia a la compresión estuvo sujeta bajo la norma NTP 399.613, donde las muestras ensayadas se desarrollaron para 7, 14 y 28 días de edad de los BTMD, y determinar así su máxima resistencia en el tiempo. Se muestran los resultados del ensayo a la compresión en la Tabla 14; y en la Figura 25 se puede observar la curva de evolución de resistencia a la compresión de los bloques en el tiempo.

Tabla 14.

Promedios de la Resistencia a la compresión de los BTMD a los 7, 14 y 28 días.

Muestras	Resistencia a la Compresión (Kgf/cm²)		
	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
Muestra patrón	-	-	42.376
11 % de cemento	37.945	63.766	73.643
13 % de cemento	60.972	70.051	82.103
15 % de cemento	56.942	84.086	85.342
17 % de cemento	69.583	80.096	103.026

Fuente: Elaboración propia.

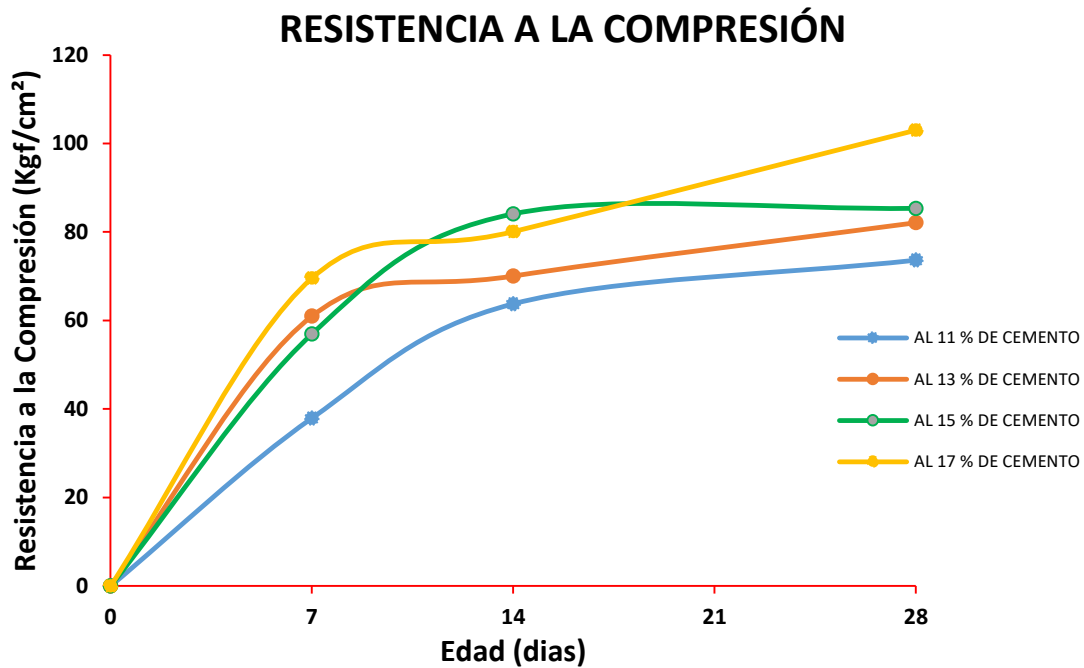


Figura 24. Evolución de la resistencia a la compresión de los BTMD a los 7, 14 y 28 días

Nota: Propia de autor

Según Venkatarama *et al.*, 2007 los BTC de 30.5x14.3x9.6 cm con porcentajes de cemento de 4 al 8% muestra valores de resistencia a la compresión de 84.942 y 122.774 kg/cm² por otro lado Sturm, 2014 los BTC de 28x14x9 cm con 5% de cemento muestra valores de 30.489 kg/cm². La empresa JZonni quienes elaboran ladrillos ecológicos de suelo cemento indican que sus bloques soportan 4 veces más compresión que un ladrillo convencional llegando hasta 110 kg/cm².

Los resultados obtenidos de los BTDM son de 103.026 kg/cm² como máximo y de un 37.945 kg/cm² como mínimo, según la norma E.080 de adobes estabilizados con cemento indica que el valor mínimo es de 10.2 kg/cm², por lo tanto, las resistencias de compresión obtenidas en esta investigación se encuentran por encima de lo que indica la norma E.080 y dentro de valores encontrados por los autores Venkatarama y Sturm.

4.3.5. Método estadístico aplicado a la Resistencia de compresión de los BTMD.

Se muestran los datos aplicados con el método estadístico diseño completamente al azar DCA y el análisis de varianza en el Apéndice I.

Tabla 15

Método Estadístico aplicado a la Resistencia a la compresión de los BTMD a los 7, 14 y 28 días.

Muestras	7 Dias			14 Dias			28 Dias		
	Promedio Resistencia a la Compresión (Kgf/cm ²)	Media	Desviación estándar	Promedio Resistencia a la Compresión (Kgf/cm ²)	Media	Desviación estándar	Promedio Resistencia a la Compresión (Kgf/cm ²)	Media	Desviación estándar
Muestra patron	-	-		-	-	-	42.376	42.38	2.13
11 % de cemento	37.945	37.95 ^{ns}	5.42	63.766	63.77 ^{**}	6.31	73.643	73.64 ^{**}	3.05
13 % de cemento	60.972	60.97 [*]	2.84	70.051	70.05 ^{**}	2.08	82.103	82.10 ^{**}	7.49
15 % de cemento	56.942	56.94 ^{ns}	16.63	84.086	84.09 ^{**}	0.24	85.342	85.34 ^{**}	4.81
17 % de cemento	69.583	69.58 ^{**}	9.80	80.096	80.10 ^{**}	4.57	103.026	103.03^{**}	5.76

Nota: propia de autor

Los resultados muestran las resistencias encontradas en las concentraciones de cemento del 11% y 15% curado a los 7 días no son significativas (ns), ya que son resistencias muy cercanas a la muestra patrón. La resistencia encontrada en una concentración de cemento del 13% curado a los 7 días, es una resistencia significativa a la muestra patrón (*). Las resistencias encontradas en las concentraciones de cemento del 11%,13%,15% y 17% curado a los 7, 14 y 28 días son muy significativas (**), ya que sobrepasan a la muestra patrón.

Los resultados obtenidos cuya interpretación sería que las resistencias de compresión en todas las concentraciones de cemento y los tiempos de curado son superables a la muestra patrón. Para la comparación de medias solo para concentraciones de cemento y días de curado se utilizó la prueba de TUKEY a un 95 % de confiabilidad, y se presentan a continuación.

Tabla 16.

Método Estadístico aplicado a las concentraciones de cemento y días de curado.

Resistencia a la compresión (Kg/cm²)		
Factor	Media	Desviación estandar
% de cemento		
11	58.45 ^c	16.57
13	71.04 ^b	10.07
15	75.46 ^{ab}	16.37
17	84.24 ^a	16.03
Días		
7	56.36 ^c	14.85
14	74.50 ^b	9.07
28	86.03 ^a	12.13

Nota: propia de autor

Las resistencias a la compresión según el tiempo de curado muestran que son muy diferentes a los 7, 14 y 28 días, a mayor tiempo de curado mejor será la resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión con concentración de cemento al 15 % viene a ser una combinación de concentraciones del 13% y el 17 % (ab) por lo que sería opcional de usar.

A continuación, se muestra las fisuras verticales observadas en los lados laterales de los BTMD siendo esta la principal falla al momento de la compresión, según Hela *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2015 y Sturn, 2014 indican que este tipo de agrietamientos o deformación lateral experimentan los BTC al someterse a fuertes compresiones ver Figura 26.

A los 7 días

11% de cemento



13% de cemento



15% de cemento



17% de cemento



A los 14 días

11% de cemento



13% de cemento



15% de cemento



17% de cemento



A los 28 días

11% de cemento



13 %de cemento



15 % de cemento



17% de cemento



Muestras Patrón



Figura 25. Fisuras presentadas en los lados laterales de los bloques

4.3.5. Ensayo de absorción.

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en el siguiente gráfico:

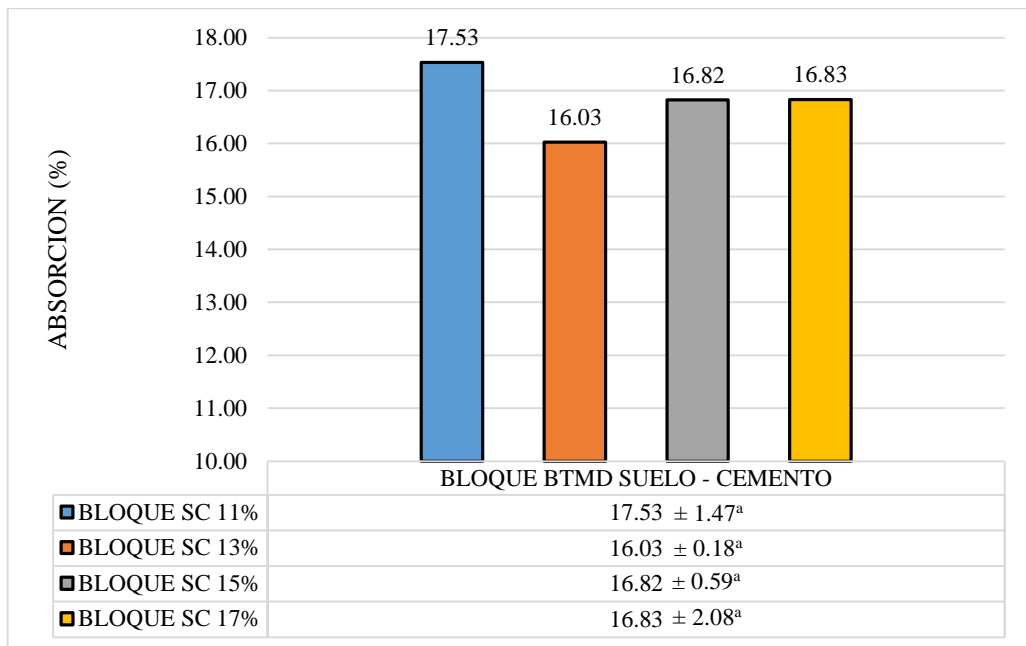


Figura 26. Ensayo de Absorción a los BTMD suelo – cemento

Los BTMD al 11%, 13%, 15%, 17% de cemento absorben el mismo porcentaje de agua ($p \geq 0.05$) debido a que el porcentaje de cemento añadido es bajo, ya que las propiedades del suelo al ser una arcilla ligera arenosa, esta tiende a absorber más cuando su porcentaje de cemento es menor.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- De la presente investigación se logró diseñar y fabricar un equipo hidráulico el cual es capaz de elaborar bloques de tierra las cuales presentan buenas resistencias a la compresión.
- El equipo hidráulico ejerce una presión hidráulica de 70 bares como presión máxima al momento de densificar los bloques de tierra, el equipo también consta de un depósito de aceite de 15 litros, una bomba hidráulica de 3 kW e impulsado por un motor monofásico de 3HP los cuales darán un buen funcionamiento del equipo.
- Se concluye que al momento de la densificación del suelo la capacidad de volumen compactado es de un 55.6% de su tamaño inicial demostrando así que a mayor densidad de compactación, mayor resistencia.
- De los bloques estabilizados se observó que a los 28 días de curado con un porcentaje de 17% de cemento se obtuvo una resistencia de 103.03 Kgf/cm² altamente significativa con un nivel de confianza al 99% este valor supera la resistencia a la compresión de la muestra patrón con un 42.38 Kgf/cm² y a la resistencia mínima 10.2 Kgf/cm² establecida por la norma E.080.

5.2. RECOMENDACIONES

- Los componentes del equipo fabricado deben de estar en una correcta posición ya que estas soportan directamente la carga de trabajo. Al iniciar el trabajo con el equipo se debe asegurar que no existan fugas de aceite, pernos sueltos, un flujo de corriente continuo ya que esto disminuye el rendimiento de trabajo y puede ocasionar accidentes durante la manipulación.
- Se recomienda fabricar maquinas con presión hidráulica mayores a los 70 bar para así obtener bloques más resistentes y para producción en cantidad.
- Se debe de tener en cuenta que al momento de la densificación el suelo debe de estar en una humedad óptima, si no es así la máquina no podrá realizar una buena compactación
- Se sugiere investigar con otros tipos de suelo y otras cantidades de cemento es conveniente que, a través de este estudio, aparezcan más normativas de bloques estabilizados y así poder construir infraestructuras más seguras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adam, E., y Agib, A. (2001). Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan, France: Graphoprint for the United Nations Educational Scientific and Cultural Organization.
- Alvarez, S. Y. (2018). Comparacion de las propiedades mecánicas de unidades y prismas de bloques de tierra comprimida estabilizada con cemento y geopolimero de puzolona. Pontificia Universidad Catolica del peru. Lima – San Miguel.
- Arteaga, K. T; Medina, O. H; Gutierrez, O. J (2011). Bloque de tierra comprimida como material constructivo. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con tierra (15°: 2015: Ecuador). Alcaldia de Pereira. Pereira rural y paisajística. Corregimiento De Arabia. 2009.
- Aubert, J. E., Fabbri, A., Morel, J. C.,y Maillard, P. (2013). An earth block with a compressive strength higher than 45 MPa! *Construction and Building Materials* (vol.47). Paises Bajos:Elsevier.
- Barbeta, G. (2002). Mejora de la tierra estabilizada en el desarrollo de una arquitectura sostenible hacia el siglo XXI.
- Berlingieri, R.R; Irico, P. (2017). Caracterización de bloques suelo cemento como mampuesto. Universidad Nacional de Cordoba.
- Canales, F.H; Alvarado, E.L; Pineda, E.B. (1994). Metodología de la investigación. Manual para el desarrollo de personal de salud.
- Caseres, D. P., Forero, R. J. (2012). Mejoramiento del ángulo de fricción interna en arenas arcillosas mediante la adición de geotextil tejido T-2400, 78.
- Cid-Falceto, J., Mazarrón, F. R., y Cañas, I. (2012). Assessment of compressed earth blocks made in Spain: International durability tests. *Construction and Building Materials*, 37, 738– 745.
- Carrillo, J. G. (2013). Correlaciones entre las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero. *Revista de ingeniería, investigación y tecnología*, 435-450.

Carrasco Díaz, S. (2006). Metodología de la investigación científica. Lima, Perú. Editorial San Marcos.

Choque, G. E; Huaman, J (2009). Adobes comprimidos Suelo- Cemento, una alternativa ecológica. CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA CIVIL: 2009: Lima.

Cicrosa (2014). Catálogo General – Todos los derechos reservados

Creus, A. (2007). Neumática e hidráulica. España marcombo. Disponible en: <http://es.slideshare.net/artemarbuques/neumatica-e-hidraulica-creus> ISBN: 84-267-1420-X.

Das, B. M. (1985). Fundamentos de Ingeniería geotécnica. Thomson Learning, 587. Gaggino,

Eires, R., Sturm, T., Camões, A., Ramos. L. (2012). Study of a new interlocking stabilised compressed earth masonry block. Research in Materials and Technology for Conservation and Contemporary Architecture. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/1822/21622>

Estela, D.M. (2016). Diseño del sistema de mando y control para optimizar la operatividad de una perforadora hidráulica en la región Lambayeque – 2016. Universidad Cesar Vallejo. Trujillo – Perú.

Hela. B, A., Oualid, L., Mohamed, A., Ahmed, J. (2016). Experimental and numerical study of Interlocking Stabilized Earth Blocks mechanical behavior. Journal of Building Engineering. <http://dx.doi.org/10.1016/j.job.2016.06.012>

ingemecanica.com

Jayasinghe, C. (2007). Characteristics of Different Masonry Units Manufactured with Stabilized Earth. International Symposium on Earthen Structures. Bangalore.

Kinuthia, J. M. (2014). The durability of compressed earth-based masonry blocks. Eco-efficient Masonry Bricks and Blocks: Design, Properties and Durability. Elsevier Ltd.

Kless Delia R., Natalini Mario B. (1999). reciclaje y reutilización de materiales residuales de construcción y demolición. Departamento de Estabilidad - Facultad de

Ingeniería - Universidad Nacional del Nordeste - Av. Las Heras 727 - CP (3500)
- Resistencia - Chaco - República Argentina.

- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Skokie, Illinois 60077 EE.UU: Portland Cement Association.
- Laguna, M. C. (2011). Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción. navarra: departamento de proyectos e ingeniería rural.
- Maquinarias pesadas. Bombas y motores hidráulicos. [en línea]. Disponible en: <http://www.maquinariaspesadas.org/cursos/fbsh/bombas-motores-hidraulicos>.
- Martínez, I. (2012). Hacia la determinación de la viabilidad ambiental de los sistemas constructivos: el caso de los BTC en la zona central de la República mexicana
- Mejía, P. J. (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. Universidad de Cuenca. Cuenca – Ecuador.
- Morel, J.C., Pkla, A., Walker, P., 2007. Compressive strength testing of compressed earth blocks. *Constr. Build. Mater.* 21, 303–309.
- Nagaraj, H. B., Sravan, M. V., Arun, T. G., Jagadish, K. S. (2014). Role of lime with cement in long – term strength of Compressed Stabilized Earth Blocks. *International Journal of Sustainable Built Environment* <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2014.03.001>.
- Ortiz, I. J. (2015). Desarrollo de prototipo de maquina molde de ladrillos de yeso. Córdoba, Argentina: director de proyecto integrador: Ing. pablo martinez.
- Pacheco, F., & Jalali, S. (2012). Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and Building Materials*, 29, 512–519. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054>
- Quishpe, W. O., Veloz, E. D. (2013). Diseño y construcción de un banco de pruebas de control electrohidráulico del laboratorio oleo neumático de la carrera de ingeniería electromecánica de la universidad técnica de Cotopaxi en el periodo 2012 – 2013. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga -Ecuador.

- Renate Aheimer. (2013). *Hidráulica Electrohidráulica Fundamentos*. Alemania: 2013. N° de artículo: 574182
- Riza, F. V., y Rahman, I. A. (2014). The properties of compressed earth-based (CEB) masonry blocks. *Eco-efficient Masonry Bricks and Blocks: Design, Properties and Durability*. Elsevier Ltd.
- Roemheld. (2012). Cosas interesantes a conocer sobre cilindros hidráulicos. Hilma. Stark, p.3, p.4, p.5.
- Roldán, V. J. (2001). *Prontuario de hidráulica industrial*. Electricidad aplicada. Editorial, Paraninfo. Divulgación general Neumática e hidráulica.
- Romana, J. C. (2012). *Estadística experimental. Herramientas para investigación*. FONDO EDITORIAL UPT-PERÚ UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
- Silva, R. A. M., Soares, E., Oliveira, D. V., Miranda, T. F., Cristelo, N., & Oliveira, J. V. (2015, June). CEBs stabilised with geopolymeric binders: mechanical performance of dry-stack masonry. In *WASCON 2015-9th International Conference on the Environmental and Technical Implications of Construction with Alternative Materials* (pp. 1-6).
- Sitton, J. D., y Story, B. A. (2016). Estimating Soil Classification Via Quantitative and Qualitative Field Testing for Use in Constructing Compressed Earth Blocks. *Procedia Engineering*, 145, 860–867.
- Sohipren S.A. (2005). *Manual básico de Oleohidraulica*. 2° edición mayo. córdoba – argentina.
- Sturm, T., Ramos, L. F., Lourenco, P. B. (2014). Characterization of dry – stack interlocking compressed earth blocks. *Materials and Structures*. DOI 10.1617/s11527-014-0379-3.
- Uribe, L., Hernandez, M., Martinez, J. (2010). *Diseño de un sistema automático para una compactadora de aluminio*. Escuela superior de ingeniería mecánica eléctrica. Distrito federal, Mexico.
- Venkatarama, B.V., Lal, R., Namjunda, K. S. (2007). Optimun Soil GRading for the Soil – Cement block. *Journal of Mate- rials in Civil Engineering*, Vol. 19, No. 2, February 1, 2007. ©ASCE, ISSN 0899-1561/2007/2-139–148/\$25.00.

Venkatarama, B. V., Latha.. M. S. (2013). Influence of soil grading on the characteristics of cement stabilised soil compacts. *Materials and Structures* DOI 10.1617/s11527-013-01421.

Vilcapaza, M (2017). Elaboración de unidades de albañilería hechas a base de suelo – cemento con materia prima proveniente del AA.HH. Alejandro Von Humboldt – Paucarpata. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

APÉNDICE

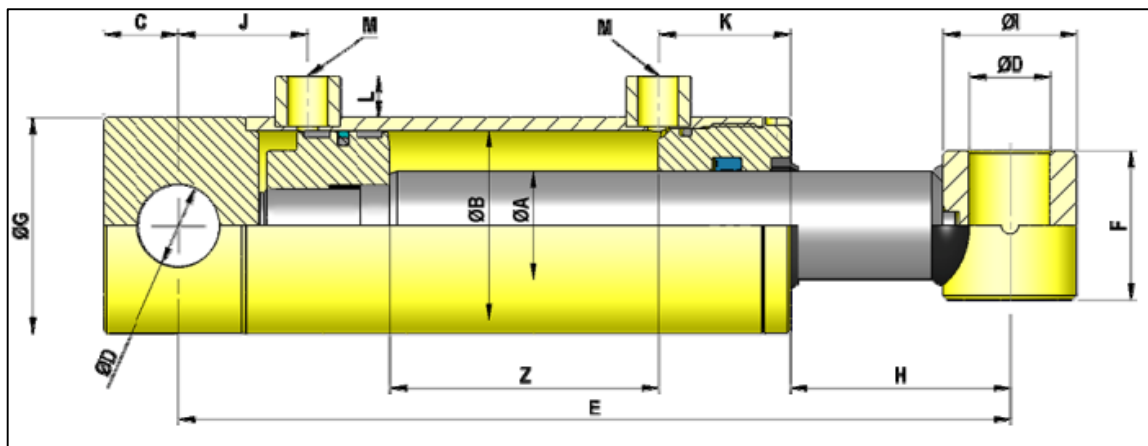
Apéndice A. Catálogo Cicrosa y Vickers



Cilindros estándar de doble efecto [Serie 700]

Double acting standard cylinders [Series 700] / Vérins standard double effet [Série 700]

REF.	Ø A	Ø B	Z CARRERA STROKE	E	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M	Vol. (L)	Peso Weight (kg)
700/05			50	205											0,04	1,7
700/10			100	255											0,08	2,0
700/15			150	305											0,12	2,3
700/20			200	355											0,16	2,6
700/250			250	405											0,20	2,9
700/30			300	455											0,24	3,2
700/350	20	32	350	505	16	16,2	35	40	28	30	47	35	9,5	1/4	0,28	3,4
700/400			400	555											0,32	3,6
700/500			500	655											0,40	4,2
700/600			600	755											0,48	4,8
700/700			700	855											0,56	5,3
700/900			900	1055											0,72	6,8
700/1000			1000	1155											0,80	7,2
705/100			100	310											0,50	10,4
705/2	40	80	200	410	28	30,5	55	90	70	50	48	54	15	3/8	1,01	12,0
705/250			250	460											1,26	13,0
705/3			300	510											1,51	14,0
705/350			350	560											1,76	15,1
705/4			400	610											2,01	16,0
705/5			500	710											2,51	18,1
705/6			600	810											3,02	20,1
705/7			700	910											3,52	22,1
705/800			800	1010											4,02	24,2
705/900			900	1110											4,52	26,6
705/1000			1000	1210											5,02	28,6



Catálogo Vickers de pistones hidráulicos

Pistón ø (mm)	Vástago ø(mm)	Área de trabajo (cm ²)	Fuerza máxima kN a Presión de trabajo (bar)						
			30 (bar)	50 (bar)	70 (bar)	100 (bar)	140 (bar)	160 (bar)	210 (bar)
25	-	4.9	1.47	2.45	3.44	4.91	6.87	7.85	10.31
	12	3.8	1.13	1.89	2.64	3.78	5.29	6.04	7.93
	18	2.4	0.71	1.18	1.65	2.36	3.31	3.78	4.96
32	-	8	2.41	4.02	5.63	8.04	11.26	12.87	16.89
	14	6.5	1.95	3.25	4.55	6.5	9.1	10.4	13.66
	22	4.2	1.27	2.12	2.97	4.24	5.94	6.79	8.91
40	-	12.6	3.77	6.28	8.8	12.57	17.59	20.11	26.39
	18	10	3.01	5.01	7.02	10.02	14.03	16.03	21.05
	22	8.8	2.63	4.38	6.14	8.77	12.27	14.03	18.41
50	28	6.4	1.92	3.2	4.49	6.41	8.97	10.25	13.46
	-	19.6	5.89	9.82	13.74	19.63	27.49	31.42	41.23
	22	15.8	4.75	7.92	11.08	15.83	22.17	25.33	33.25
	28	13.5	4.04	6.74	9.44	13.48	18.87	21.57	28.31
63	36	9.5	2.84	4.73	6.62	9.46	13.24	15.13	19.86
	-	31.2	9.35	15.59	21.82	31.17	43.64	49.88	65.46
	28	25	7.5	12.51	17.51	25.01	35.02	40.02	52.53
80	36	21	6.3	10.5	14.7	21	29.39	33.59	44.09
	45	15.3	4.58	7.63	10.69	15.27	21.38	24.43	32.06
	-	50.3	15.08	25.13	35.19	50.27	70.37	80.42	105.56
	36	40.1	12.03	20.04	28.06	40.09	56.12	64.14	84.18
100	45	34.4	10.31	17.18	24.06	34.37	48.11	54.99	72.17
	56	25.6	7.69	12.82	17.94	25.64	35.89	41.02	53.83
	-	78.5	23.56	39.27	54.98	78.54	109.96	125.66	164.93
	45	62.6	18.79	31.32	43.84	62.64	87.69	100.22	131.53
	56	53.9	16.18	26.96	37.74	53.92	75.48	86.27	113.23
125	70	40.1	12.02	20.03	28.04	40.06	56.08	64.09	84.12
	-	122.7	36.82	61.36	85.9	122.72	171.81	196.35	257.71
	56	98.1	29.43	49.04	68.66	98.09	137.32	156.94	205.99
	70	84.2	25.27	42.12	58.97	84.24	117.94	134.79	176.91
160	90	59.1	17.73	29.55	41.37	59.1	82.74	94.56	124.11
	-	201.1	60.32	100.53	140.74	201.06	281.49	321.7	422.23
	70	162.6	48.77	81.29	113.8	162.58	227.61	260.12	341.41
	90	137.5	41.24	68.73	96.22	137.46	192.45	219.94	288.67
200	110	106	31.81	53.01	74.22	106.03	148.44	169.65	222.66
	-	314.2	94.25	157.08	219.91	314.16	439.82	502.65	659.73
	90	250.5	75.16	125.27	175.38	250.54	350.76	400.87	526.14
	110	219.2	65.75	109.58	153.41	219.15	306.82	350.65	460.22
200	140	160.2	48.07	80.11	112.15	160.22	224.31	256.35	336.46

Apéndice B. Prensa Hidráulica Zeta 110 - JZonni

PRENSA HIDRÁULICA ZETA 110 (TRIFÁSICA)

CONSULTAR

La prensa es una estructura robusta de hierro IRAM 1010, de 150 kg, cuyo molde de tapa articulada determina las proporciones del ladrillo. (25 x 12,5 x 7cm.).

Autoportante sobre cuatro patas fijas, posee una tolva de acumulación y suministro de la mezcla, y una caja dosificadora desplazable en sentido longitudinal que proporciona el volumen exacto de material esponjado.

Su acabado de terminación se realiza en pintura epoxi horneada de alta resistencia que proporciona una prolongada durabilidad y evita la corrosión por contacto con la humedad de la mezcla.

Tiene regulación de relación volumétrica para diferentes compuestos de suelo acorde al material disponible en diversas regiones de aplicación.

La fuerza de compresión es realizada a través de un sistema hidráulico que consta de un depósito de 40 litros de capacidad de aceite hidráulico, el cual es impulsado por un motor trifásico de 5,5 HP (marca Weg), hacia un cilindro de 3" que produce el empuje y compacta a razón de 6 toneladas.

El mismo mecanismo hidráulico produce la expulsión de un ladrillo por vez, a una velocidad de 4 a 5 ladrillos por minuto, posibilitando una producción de 2000 ladrillos por jornada de 8 hs, con 3 operarios.



Apéndice C. Calculo de la longitud de pandeo

Solicitaciones según Euler				
Solicitaciones según Euler	Caso 1 Un extremo libre, un extremo fijo	Caso 2 (básico) Dos extremos articulados	Caso 3 Un extremo articulado, un extremo fijo	Caso 4 Dos extremos fijos
Gráfico				
Longitud libre de pandeo	$s_K = 2l$	$s_K = l$	$s_K = l \cdot \sqrt{\frac{1}{2}}$	$s_K = \frac{l}{2}$
Situación de montaje del cilindro	<p>Forma de sujeción C, D, F, H, K L, M, N, P, Q, T</p>	<p>Forma de sujeción B, E, G, R, S</p>	<p>Indicación: Guiado cuidadoso de la carga, posible bloqueo</p> <p>Forma de sujeción C, D, F, H, K L, M, N, P, Q, T</p>	<p>Indicación: Desfavorable; gran posibilidad de bloqueo</p> <p>Forma de sujeción C, D, F, H, K L, M, N, P, Q, T</p>

Nota: Ingemeconica.com

Apéndice D. Clasificación de suelos

HRB - CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS PARA SUBRASANTES (CON SUBGRUPOS)

CLASIFICACION GENERAL	SUELOS GRANULARES Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) hasta el 35 %							SUELOS ARCILLOSO - LIMOSO Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) más del 35 %			
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
CLASIFICACION POR GRUPOS	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5 A - 7 - 6
Ensayo de tamizado por vía húmeda. Porcentaje que pasa por:											
Tamiz IRAM de 2 mm. N° 10	Máx 50										
Tamiz IRAM de 425 micrómetros N° 40	Máx 30	Máx 50	Mín 51								
Tamiz IRAM de 75 micrómetros N° 200	Máx 15	Máx 25	Máx 10	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Mín 35	Mín 35	Mín 35	Mín 35
Características de la fracción que pasa por tamiz IRAM 425 micrómetros N° 40											
Límite Líquido (ω_L) (%)	-	-	-	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41
Índice de Plasticidad I_p (%)	Máximo 6		No plástico	Máx 10	Máx 10	Mín 11	Mín 11	Máx 10	Máx 10	Mín 11	Mín 11
Índice de Grupo IG	0	0	0	0	0	Máx 4	Máx 4	Máx 8	Máx 12	Máx 16	Máx 20
CONSTITUYENTES PRINCIPALES DE TIPOS MAS COMUNES	Fragmentos de rocas, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas arcillosas limosas				Suelos limosas		Suelos arcillosos	
COMPORTAMIENTO GENERAL COMO SUBRASANTE	Excelente a bueno						Regular a pobre				

El índice plástico del Sub - Grupo A - 7 -5 es igual o menor que Límite Líquido menos 30. ($I_p \leq (\omega_L - 30)$).

$$I_p = \omega_L - \omega_p \quad \omega_p = \text{Límite Plástico}$$

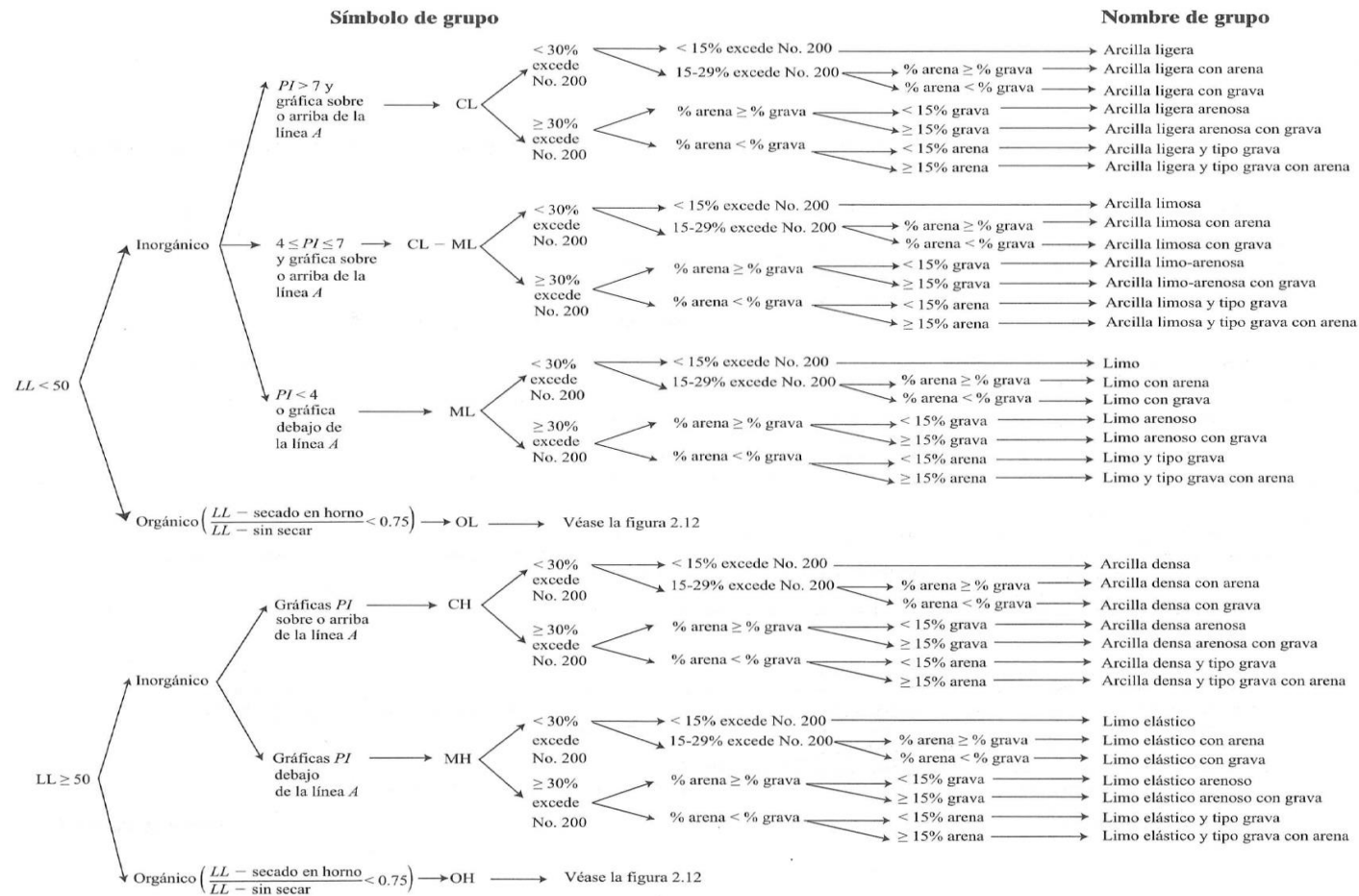
El índice plástico del Sub - Grupo A - 7 -6 es mayor que Límite Líquido menos 30. ($I_p > (\omega_L - 30)$).

El índice de Grupo debe ser indicado entre paréntesis después del símbolo del grupo (ej.: A-2-6 (3) y debe ser un número entero, si da menor que cero el IG es igual a cero. El IG no tiene límite pero se lo suele acotar a un valor máximo de 20.

$$IG = (F - 35) (0,2 + 0,005 (\omega_L - 40)) + 0,01 (F - 15) (I_p - 10)$$

F = % que pasa el tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200)

Apéndice E. Clasificación SUCS



Apéndice F. Ensayos de laboratorio aplicados para la elaboración de BTMD

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO DE LAVADO PARA SUELOS MÁS FINOS QUE LA MALLA N° 200 (0.075 mm)

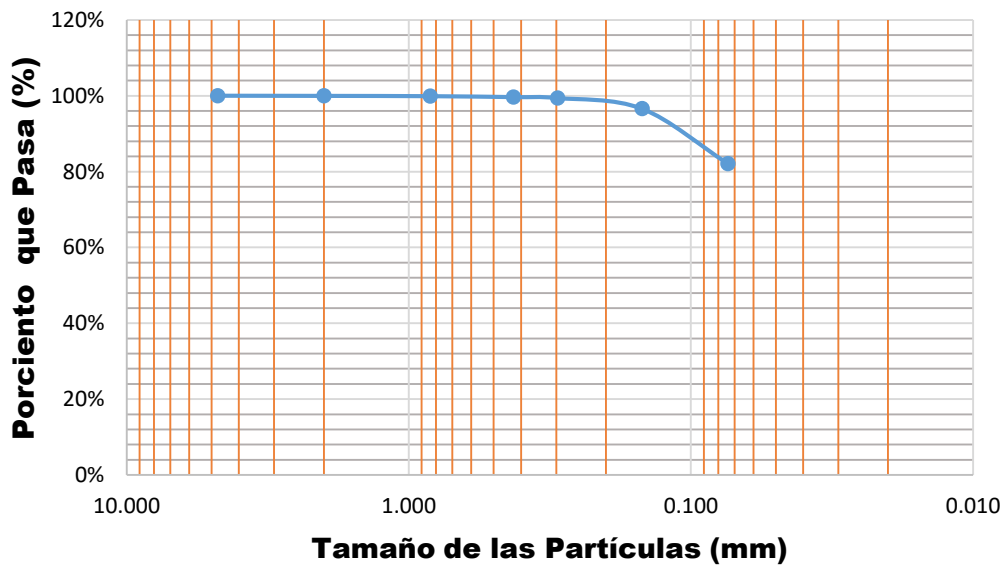
A.S.T.M. C 117 / NTP 400.018

Peso Inicial = 300 grs.

Peso Lavado = 53.77 grs.

Tamiz Nro.	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs.)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa
# 4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
# 10	2.000	0.12	0.04	0.04	99.96
# 20	0.840	0.24	0.08	0.12	99.88
# 40	0.426	0.74	0.25	0.37	99.63
# 50	0.297	0.75	0.25	0.62	99.38
# 100	0.149	8.46	2.82	3.44	96.56
# 200	0.074	43.46	14.49	17.93	82.07
FONDO	0.000	246.23	82.07	100.00	0.00
		300.00	100.00		

Curva Granulométrica



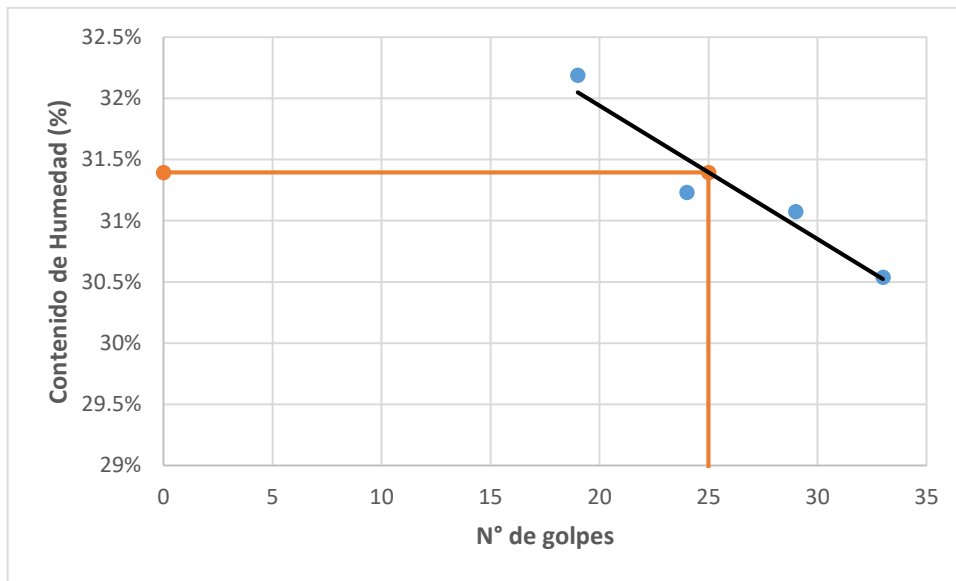
D10 =	0.00	D30 =	0.00	D60 =	0.00
	Cu =	0.00	Cc =	0.00	

LIMITES DE CONSISTENCIA

A.S.T.M. D 4318

Ensayo de Límites de Consistencia de Suelos

	Limite Liquido				Limite Plástico	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
N° tara	T-036	T-003	T-013	T-037	TT-006	TT-018
N° de golpes	19	24	29	33		
Peso de tara	16.47	16.39	16.02	16.38	10.97	7.88
Peso de tara + Muestra húmeda	33.8	34.08	34.58	37.24	13.31	10.8
Peso de tara + Muestra seca	29.58	29.87	30.18	32.36	12.87	10.24
Peso del agua	4.22	4.21	4.4	4.88	0.44	0.56
Peso de la Muestra Seca	13.11	13.48	14.16	15.98	1.9	2.36
Contenido de Humedad (%)	32.19	31.23	31.07	30.54	23.16	23.73
RESULTADO						23.44



Limite Liquido (L.L.)	31.39 %
Limite Plástico (L.P.)	23.44 %
Índice de Plasticidad (I.P.)	7.95 %

Según la Clasificación S.U.C.S. es un **CL = ARCILLA LIGERA ARENOSA**

Apéndice G. Ensayo de Compactación de suelos con Próctor modificado A.S.T.M.D 4318

BTMD (Muestra Patrón)

CONTROL DE DENSIDAD										
Ensayo N°	1		2		3		4		5	
Peso de Molde (gr)	4012		4012		4012		4012		4012	
Diametro del molde (cm)	10.15		10.15		10.15		10.15		10.15	
Altura del molde (cm)	11.67		11.67		11.67		11.67		11.67	
Volumen del Molde (cm³)	944.2626723		944.2626723		944.2626723		944.2626723		944.2626723	
Peso del Material + Molde (gr)	5754		5805		5854		5826		5790	
Peso del Material (gr)	1742		1793		1842		1814		1778	
Peso Volumetrico Humedo (gr)	1.844825652		1.898836047		1.950728387		1.921075621		1.882950637	
CONTROL DE LA HUMEDAD										
Numero de Tara	T - 004	T - 024	T - 035	T - 037	T - 046	T - 047	T - 026	T - 027	T - 005	T - 036
Peso de Tara (gr)	16.37	16.46	16.68	16.4	29.02	28.55	16.28	16.65	16.38	16.23
Peso de Tara + Suelo Humedo (gr)	53.1	59.25	47.92	54.98	98.07	91.32	52.35	54.55	56.23	54.93
Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	47.57	54.23	43.87	48.79	87.59	80.89	46.15	48.05	48.82	48.27
Peso del Agua (gr)	5.53	5.02	4.05	6.19	10.48	10.43	6.2	6.5	7.41	6.66
Peso del suelo seco (gr)	31.2	37.77	27.19	32.39	58.57	52.34	29.87	31.4	32.44	32.04
Contenido de Humedad (%)	17.724359	13.2909717	14.8951821	19.1108367	17.8931193	19.9273978	20.756612	20.7006369	22.8421702	20.7865169
Contenido de Humedad Final (%)	15.50766532		17.00300937		18.91025856		20.72862446		21.81434351	
Peso Volumetrico Seco (gr)	1.59714565		1.62289505		1.640504706		1.591234581		1.545754451	

TIPO DE BLOQUES: BTMD al 11% de Cemento

CONTROL DE DENSIDAD										
Ensayo N°	1	2	3	4	5					
Peso de Molde (gr)	4012	4012	4012	4012	4012					
Diámetro del molde (cm)	10.15	10.15	10.15	10.15	10.15					
Altura del molde (cm)	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67					
Volumen del Molde (cm³)	944.2626723	944.2626723	944.2626723	944.2626723	944.2626723					
Peso del Material + Molde (gr)	5753	5824	5830	5783	5743					
Peso del Material (gr)	1741	1812	1818	1771	1731					
Peso Volumétrico Húmedo (gr)	1.843766625	1.918957567	1.925311731	1.875537445	1.833176351					
CONTROL DE LA HUMEDAD										
Numero de Tara	T - 016	T - 018	T - 014	T - 033	T - 007	T - 028	T - 008	T - 032	T - 034	T - 039
Peso de Tara (gr)	16.75	16.51	16.64	15.93	18.48	20.79	16.26	16.33	16.52	15.82
Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	66.87	67.63	61.35	57.72	63.78	63.27	60.27	63.57	59.23	61.33
Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	58.53	59.08	53.58	50.4	55.27	55.12	51.33	53.95	49.9	51.41
Peso del Agua (gr)	8.34	8.55	7.77	7.32	8.51	8.15	8.94	9.62	9.33	9.92
Peso del suelo seco (gr)	41.78	42.57	36.94	34.47	36.79	34.33	35.07	37.62	33.38	35.59
Contenido de Humedad (%)	19.9617042	20.0845666	21.0341094	21.2358573	23.1312857	23.7401689	25.4918734	25.5715045	27.9508688	27.872998
Contenido de Humedad Final (%)	20.02313538	21.13498332	23.43572731	25.53168896	27.91193341					
Peso Volumétrico Seco (gr)	1.53617602	1.584148125	1.559768612	1.494074891	1.433155064					

TIPO DE BLOQUES: BTMD al 13% de Cemento

CONTROL DE DENSIDAD

Ensayo N °	1	2	3	4	5
Peso de Molde (gr)	4012	4012	4012	4012	4012
Diametro del molde (cm)	10.15	10.15	10.15	10.15	10.15
Altura del molde (cm)	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67
Volumen del Molde (cm ³)	944.2626723	944.2626723	944.2626723	944.2626723	944.2626723
Peso del Material + Molde (gr)	5729	5784	5836	5817	5777
Peso del Material (gr)	1717	1772	1824	1805	1765
Peso Volumetrico Húmedo (gr)	1.818349968	1.876596473	1.931665895	1.911544375	1.869183281

CONTROL DE LA HUMEDAD

Número de Tara	T - 047	T - 046	T - 041	T - 042	T - 022	T - 038	T - 025	T - 030	T - 003	T - 029
Peso de Tara (gr)	28.55	29.01	21.75	21.02	16.16	16.26	16.34	16.11	16.4	20.81
Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	92.99	100.66	59.58	57.42	56.57	59.94	68.07	56.31	59.05	67.71
Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	83.13	89.77	53.39	51.37	49.45	52.23	58.49	48.78	50.38	58.06
Peso del Agua (gr)	9.86	10.89	6.19	6.05	7.12	7.71	9.58	7.53	8.67	9.65
Peso del suelo seco (gr)	54.58	60.76	31.64	30.35	33.29	35.97	42.15	32.67	33.98	37.25
Contenido de Humedad (%)	18.0652254	17.9229756	19.5638432	19.9341021	21.3878041	21.4345288	22.7283511	23.0486685	25.5150088	25.9060403
Contenido de Humedad Final (%)	17.9941005	19.74897269	21.41116646	22.88850982	25.71052455					
Peso Volumétrico Seco (gr)	1.541051595	1.567108619	1.591011726	1.555511071	1.486894823					

TIPO DE BLOQUES: BTMD al 15% de Cemento

CONTROL DE DENSIDAD												
Ensayo N°	1	2	3	4	5	6						
Peso de Molde (gr)	4012	4012	4012	4012	4012	4012						
Diametro del molde (cm)	10.15	10.15	10.15	10.15	10.15	10.15						
Altura del molde (cm)	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67						
Volumen del Molde (cm³)	944.26	944.26	944.26	944.26	944.26	944.26						
Peso del Material + Molde (gr)	5672	5745	5793	5829	5817	5784						
Peso del Material (gr)	1660	1733	1781	1817	1805	1772						
Peso Volumetrico Humedo (gr)	1.76	1.84	1.89	1.92	1.91	1.88						
CONTROL DE LA HUMEDAD												
Numero de Tara	T - 006	T - 011	T - 001	T - 021	T - 010	T - 020	T - 002	T - 023	T - 012	T - 033	T - 016	T - 038
Peso de Tara (gr)	23.18	22.42	24.02	24.24	17.25	20.8	23.62	16.21	23.26	15.94	16.75	16.27
Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	72.42	74.82	71.91	72.51	64.58	62.61	71.36	58.77	58.47	47.33	55.06	59.6
Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	66	67.95	65.05	65.59	57.2	55.96	63.42	51.61	52.07	41.62	47.65	51.1
Peso del Agua (gr)	6.42	6.87	6.86	6.92	7.38	6.65	7.94	7.16	6.4	5.71	7.41	8.5
Peso del suelo seco (gr)	42.82	45.53	41.03	41.35	39.95	35.16	39.8	35.4	28.81	25.68	30.9	34.83
Contenido de Humedad (%)	14.99	15.09	16.72	16.74	18.47	18.91	19.95	20.23	22.21	22.24	23.98	24.40
Contenido de Humedad Final (%)	15.04	16.73	18.69	20.09	22.22	24.19						
Peso Volumetrico Seco (gr)	1.53	1.57	1.59	1.60	1.56	1.51						

TIPO DE BLOQUES: BTMD al 17% de Cemento

CONTROL DE DENSIDAD

Ensayo N °	1	2	3	4	5	6	7
Peso de Molde (gr)	4012	4012	4012	4012	4012	4012	4012
Diametro del molde (cm)	10.15	10.15	10.15	10.15	10.15	10.15	10.15
Altura del molde (cm)	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67
Volumen del Molde (cm³)	944.26	944.26	944.26	944.26	944.26	944.26	944.26
Peso del Material + Molde (gr)	5676	5734	5776	5802	5834	5818	5775
Peso del Material (gr)	1664	1722	1764	1790	1822	1806	1763
Peso Volumetrico Humedo (gr)	1.76	1.82	1.87	1.90	1.93	1.91	1.87

CONTROL DE LA HUMEDAD

Numero de Tara	T - 022	T - 025	T - 014	T - 034	T - 003	T - 030	T - 008	T - 039	T - 018	T - 032	T - 028	T - 029	T - 041	T - 042
Peso de Tara (gr)	16.15	16.33	16.63	16.52	16.41	16.1	16.27	15.83	16.52	16.34	20.8	20.83	21.76	21.03
Peso de Tara + Suelo Humedo (gr)	57.54	51.87	53.09	53.12	50.95	48.4	60.54	52.41	59.38	61.87	56.77	70.74	60.35	64.07
Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	52.18	47.28	47.86	47.91	45.92	43.52	53.89	46.76	52.72	54.45	50.33	61.73	52.74	55.74
Peso del Agua (gr)	5.36	4.59	5.23	5.21	5.03	4.88	6.65	5.65	6.66	7.42	6.44	9.01	7.61	8.33
Peso del suelo seco (gr)	36.03	30.95	31.23	31.39	29.51	27.42	37.62	30.93	36.2	38.11	29.53	40.9	30.98	34.71
Contenido de Humedad (%)	14.88	14.83	16.75	16.60	17.05	17.80	17.68	18.27	18.40	19.47	21.81	22.03	24.56	24.00
Contenido de Humedad Final (%)	14.85	16.67	17.42	17.97	18.93	21.92	24.28							
Peso Volumetrico Seco (gr)	1.53	1.56	1.59	1.61	1.62	1.57	1.50							

Apéndice H. Resultados de resistencia a la compresión para unidades de albañilería N.T.P. 339.613

TIPO DE BLOQUES: BTMD con adición de cemento – curado a los 7 días

CURADO A LOS 7 DIAS											
AL 11 % DE CEMENTO			AL 13 % DE CEMENTO			AL 15 % DE CEMENTO			AL 17 % DE CEMENTO		
MUESTRA N° 01	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 04	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 07	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 10	Largo (cm) =	30.2
	Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2
	Altura (cm) =	9.8		Altura (cm) =	9.6		Altura (cm) =	9		Altura (cm) =	10.2
	Peso (kg) =	10.339		Peso (kg) =	10.412		Peso (kg) =	9.459		Peso (kg) =	11.028
	AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04
	FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	26686.20		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	35479.80		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	44550.30		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	37795.80
	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	43.745		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	58.160		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	73.028		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	61.956
MUESTRA N° 02	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 05	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 08	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 11	Largo (cm) =	30.2
	Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2
	Altura (cm) =	9.7		Altura (cm) =	9.5		Altura (cm) =	9.4		Altura (cm) =	9.6
	Peso (kg) =	10.395		Peso (kg) =	10.237		Peso (kg) =	10.125		Peso (kg) =	10.548
	AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04
	FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	22622.90		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	38949.30		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	35375.90		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	49192.30
	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	37.084		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	63.847		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	57.989		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	80.638
MUESTRA N° 03	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 06	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 09	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 12	Largo (cm) =	30.2
	Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2
	Altura (cm) =	9.7		Altura (cm) =	9.5		Altura (cm) =	9.5		Altura (cm) =	10.1
	Peso (kg) =	10.217		Peso (kg) =	10.251		Peso (kg) =	9.788		Peso (kg) =	11.145
	AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04
	FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	20134.00		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	37157.80		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	24285.00		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	40357.90
	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	33.004		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	60.910		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	39.809		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	66.156

PROMEDIO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION AL 11 % (Kgf/cm²)	37.945	PROMEDIO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION AL 13 % (Kgf/cm²)	60.972	PROMEDIO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION AL 15 % (Kgf/cm²)	56.942	PROMEDIO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION AL 17 % (Kgf/cm²)	69.583
------------------------------------------------------------	---------------	------------------------------------------------------------	---------------	------------------------------------------------------------	---------------	------------------------------------------------------------	---------------

TIPO DE BLOQUES: BTMD con adición de cemento – curado a los 14 días

CURADO A LOS 14 DIAS											
AL 11 % DE CEMENTO			AL 13 % DE CEMENTO			AL 15 % DE CEMENTO			AL 17 % DE CEMENTO		
MUESTRA N° 13	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 16	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 19	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 22	Largo (cm) =	30.2
	Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2
	Altura (cm) =	9.7		Altura (cm) =	9.5		Altura (cm) =	9.5		Altura (cm) =	9.2
	Peso (kg) =	10.376		Peso (kg) =	9.922		Peso (kg) =	10.135		Peso (kg) =	9.767
	AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04
	FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	39458.00		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	42810.80		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	51171.30		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	51951.20
	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	64.681		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	70.177		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	83.882		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	85.160
MUESTRA N° 14	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 17	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 20	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 23	Largo (cm) =	30.2
	Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2
	Altura (cm) =	9.6		Altura (cm) =	9.4		Altura (cm) =	9.4		Altura (cm) =	9.6
	Peso (kg) =	10.162		Peso (kg) =	9.815		Peso (kg) =	10.076		Peso (kg) =	9.981
	AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04
	FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	34799.30		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	41430.40		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	51458.00		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	48100.50
	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	57.044		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	67.914		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	84.352		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	78.848
MUESTRA N° 15	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 18	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 21	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 24	Largo (cm) =	30.2
	Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2
	Altura (cm) =	9		Altura (cm) =	9.4		Altura (cm) =	9.5		Altura (cm) =	9.5
	Peso (kg) =	9.545		Peso (kg) =	9.816		Peso (kg) =	10.235		Peso (kg) =	9.839
	AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04
	FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	42442.10		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	43960.50		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	51257.50		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	46534.40
	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	69.573		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	72.062		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	84.023		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	76.281

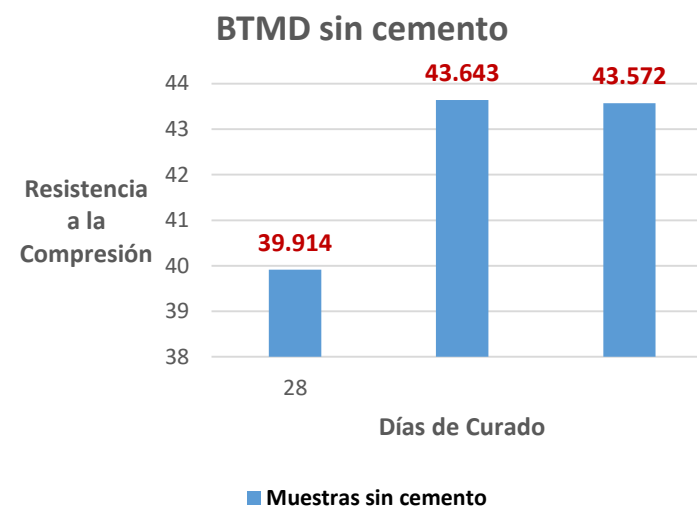
PROMEDIO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION AL 11 % (Kgf/cm²)	63.766	PROMEDIO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION AL 13 % (Kgf/cm²)	70.051	PROMEDIO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION AL 15 % (Kgf/cm²)	84.086	PROMEDIO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION AL 17 % (Kgf/cm²)	80.096
------------------------------------------------------------	---------------	------------------------------------------------------------	---------------	------------------------------------------------------------	---------------	------------------------------------------------------------	---------------

TIPO DE BLOQUES: BTMD con adición de cemento – curado a los 28 días

CURADO A LOS 28 DIAS											
AL 11 % DE CEMENTO			AL 13 % DE CEMENTO			AL 15 % DE CEMENTO			AL 17 % DE CEMENTO		
MUESTRA N° 25	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 28	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 31	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 34	Largo (cm) =	30.2
	Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2
	Altura (cm) =	9.5		Altura (cm) =	9.6		Altura (cm) =	9.6		Altura (cm) =	9.5
	Peso (kg) =	9.621		Peso (kg) =	9.531		Peso (kg) =	9.674		Peso (kg) =	9.534
	AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04
	FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	47075.30		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	46415.60		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	53973.40		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	59081.20
	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	77.168		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	76.086		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	88.475		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	96.848
MUESTRA N° 26	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 29	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 32	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 35	Largo (cm) =	30.2
	Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2
	Altura (cm) =	9.6		Altura (cm) =	9.3		Altura (cm) =	9.6		Altura (cm) =	9.4
	Peso (kg) =	9.776		Peso (kg) =	9.3		Peso (kg) =	9.622		Peso (kg) =	9.71
	AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04
	FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	43804.10		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	55206.60		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	48681.70		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	63436.40
	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	71.805		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	90.497		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	79.801		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	103.987
MUESTRA N° 27	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 30	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 33	Largo (cm) =	30.2	MUESTRA N° 36	Largo (cm) =	30.2
	Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2		Ancho (cm) =	20.2
	Altura (cm) =	9.4		Altura (cm) =	9.3		Altura (cm) =	9.6		Altura (cm) =	9.5
	Peso (kg) =	9.475		Peso (kg) =	9.242		Peso (kg) =	9.208		Peso (kg) =	9.677
	AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04		AREA (cm²) =	610.04
	FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	43896.00		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	48636.10		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	53531.80		FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	66031.70
	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	71.956		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	79.726		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	87.751		RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	108.242
PROMEDIO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION AL 11 % (Kgf/cm²)		73.643	PROMEDIO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION AL 13 % (Kgf/cm²)		82.103	PROMEDIO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION AL 15 % (Kgf/cm²)		85.342	PROMEDIO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION AL 17 % (Kgf/cm²)		103.026

BTMD (Muestra Patrón / sin cemento) – curado a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA LOS BLOQUES PATRON CURADO A LOS 28 DIAS		
MUESTRA N ° 01	Largo (cm) =	30.2
	Ancho (cm) =	20.2
	Altura (cm) =	9.5
	Peso (kg) =	9.16
	AREA (cm ²) =	610.04
	FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	24349.00
	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	39.914
MUESTRA N ° 02	Largo (cm) =	30.2
	Ancho (cm) =	20.2
	Altura (cm) =	9
	Peso (kg) =	8.734
	AREA (cm ²) =	610.04
	FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	26623.70
	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	43.643
MUESTRA N ° 03	Largo (cm) =	30.2
	Ancho (cm) =	20.2
	Altura (cm) =	9.6
	Peso (kg) =	9.16
	AREA (cm ²) =	610.04
	FUERZA A LA FALLA (Kgf)=	26580.50
	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf/cm²)	43.572
PROMEDIO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION DE MUESTRA PATRON (Kgf/cm²)		42.376



Apéndice I. Análisis de Varianza

Primer modelo general DCA de un Factor

Análisis de la varianza para porcentaje de absorción de agua según concentraciones de cemento

Fuente	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Ft		Pr > F	Sig.
					0.05	0.01		
Dosis de Cemento	3	1.30507539	0.43502513	0.44	6.59	16.59	0.7393	ns
Error	4	3.98998784	0.99749696					
Total corregido	7	5.29506323						
R ² : 0.25	CV: 4.13	Media transformada: 24.16		Media Real: 16.80 %				

Análisis de la varianza para resistencia a la compresión por según concentración de cemento, Día de curado y efecto combinado

Dunnett DCA 3x3; Tukey Modelo Generalizado DCA Factorial 3x3

Efecto	Numero de grados de libertad	Densidad de grados de libertad	F-Valor	Pr > F	Sig.	Prueba
DIA	2	24	53.94	<.0001	**	Tukey
CEMENTO	3	24	20.85	<.0001	**	Tukey
DIA*CEMENTO	6	24	2.16	0.0836	ns	
COMB	12	26	20.89	<.0001	**	Donnett

Apéndice J. Panel fotográfico del ensamblaje del equipo elaborador de BTMD



Fotografía 1. Se realiza los cortes respectivos de los perfiles de acero.



Fotografía 2. Armado y punteado de los perfiles de acero que han sido cortados.



Fotografía 3. Se realiza el quemado completo con soldadura eléctrica.



Fotografía 4. Instalación del Cilindro Hidráulico.



Fotografía 5. Construcción del depósito de hidrolina.



Fotografía 6. Acabado final del depósito de hidrolina.



Fotografía 7. Construcción de la caja de alimentación móvil.



Fotografía 8. Adaptación del motor eléctrico con la bomba hidráulica.



Fotografía 9. Construcción del soporte metálico para el cilindro hidráulico.



Fotografía 10. Instalación del cilindro hidráulico con la placa base dentro del soporte metálico.



Fotografía 11. Limpieza completa de óxidos con el esmeril portátil y escobillas de acero.



Fotografía 12. Pintado de base acrílica color gris claro a la estructura de metal.



Fotografía 13. Estructura metálica luego de ser pintada con la pintura base anticorrosiva.



Fotografía 14. Armado de los componentes mecánicos a la estructura metálica.



Fotografía 15. Pintado con esmalte acrílico de color caterpillar al equipo elaborador de BTMD.



Fotografía 16. Instalación de los componentes mecánicos e hidráulicos, con el motor eléctrico al equipo elaborador de BTMD.



Fotografía 17. Equipo hidráulico completamente terminado elaborando los BTMD.

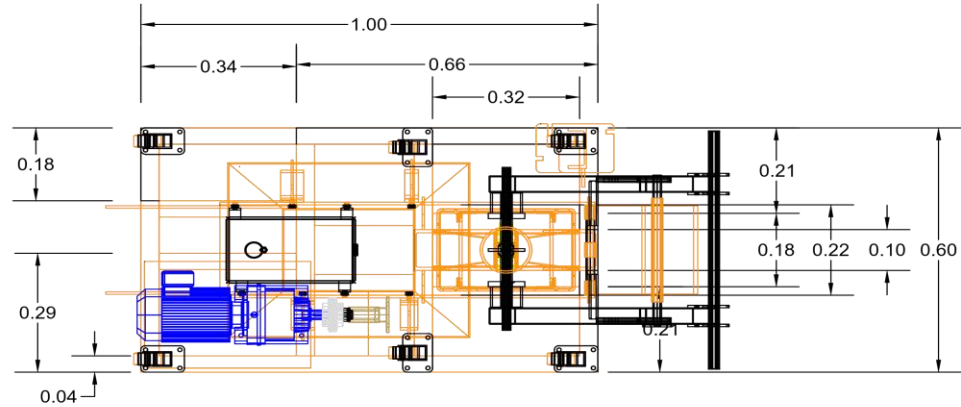


Fotografía 18. Fabricación de los bloques de tierra mecánicamente densificados, junto con el compañero Edosn Omar Canaza Parizaca.

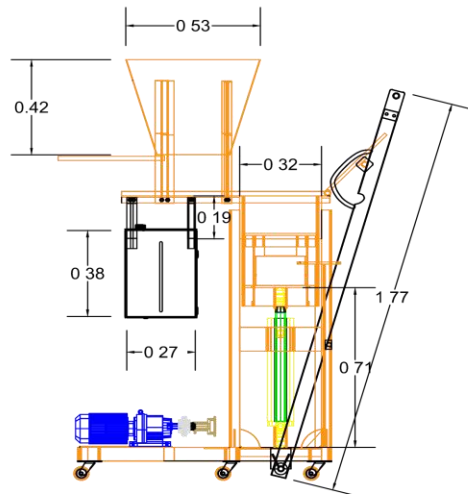
Apéndice K. Planos del equipo

Planos del equipo, (Vista Superior, Frontal, Lateral e
Isométrico)

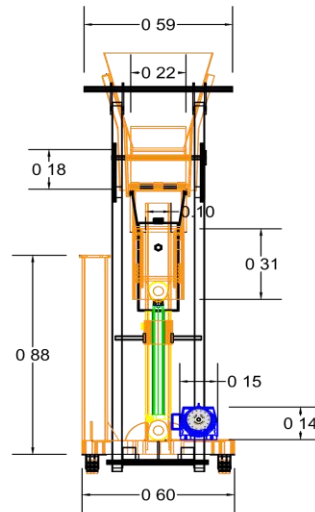
VISTA SUPERIOR



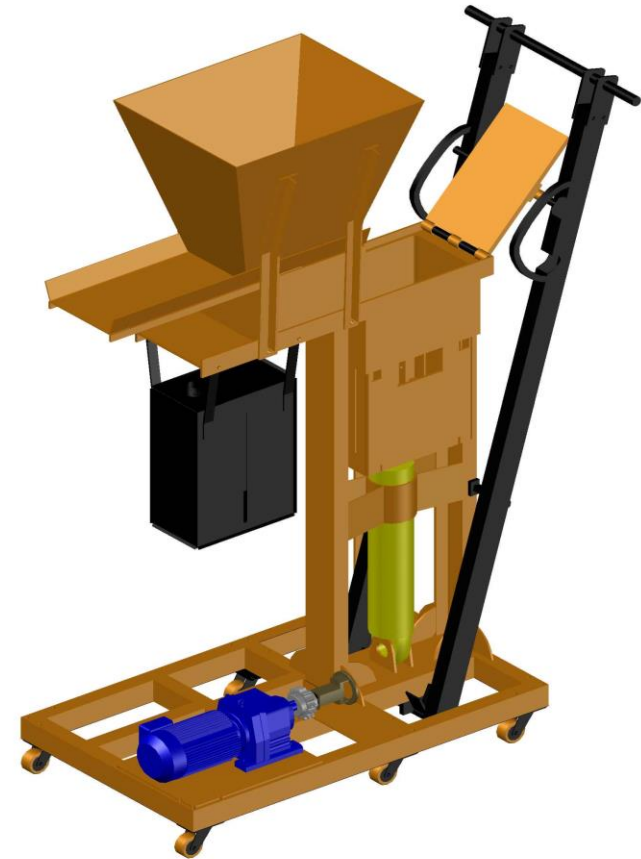
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICO

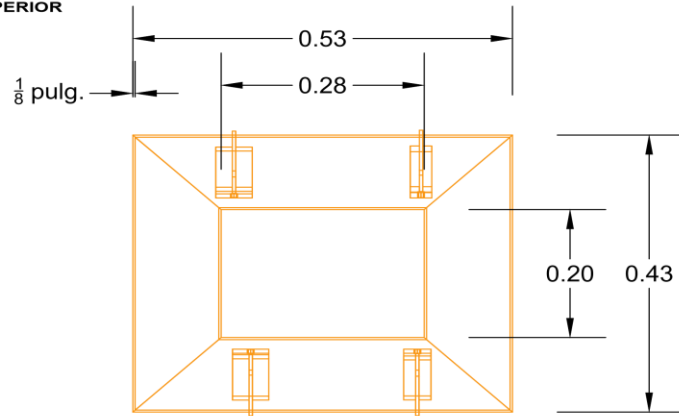


UPeU - UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

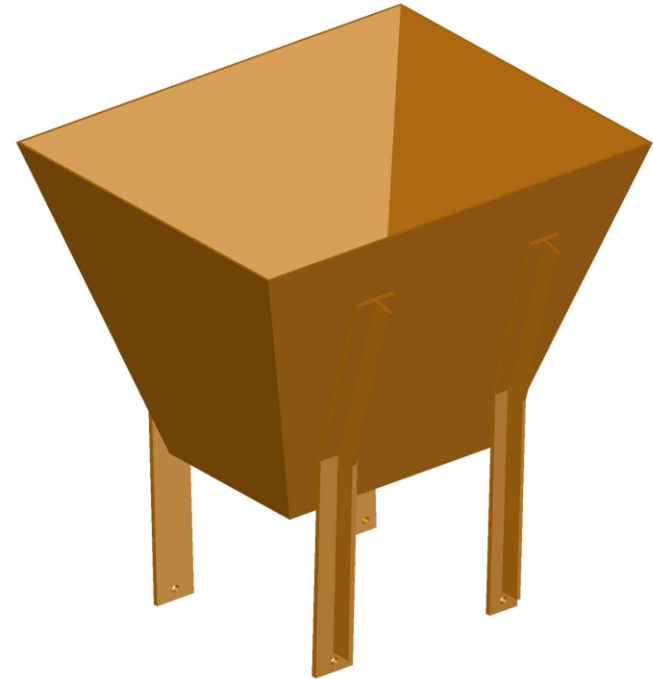
PROYECTO: "Diseño y fabricación de un equipo para elaboración de bloques de tierra, mecánicamente densificados"

ESTUDIANTE:	Bach. Elvis Nina Chura		
PLANO:	Diseño del equipo elaborador de BTMD		
DPTO:	Puno	PROVINCIA:	San Román
		DISTRITO:	Juliaca
ESCALA:	1:10	FECHA:	20/02/2020
		ARCHIVO:	DWG
		LÁMINA:	L-1

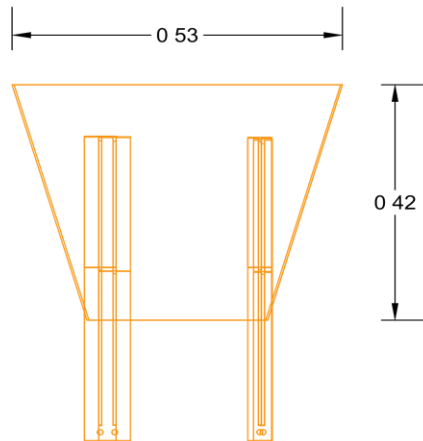
VISTA SUPERIOR



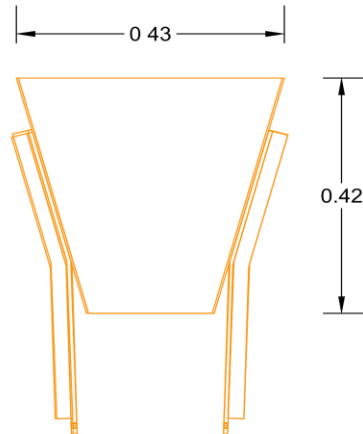
VISTA ISOMÉTRICO



VISTA FRONTAL

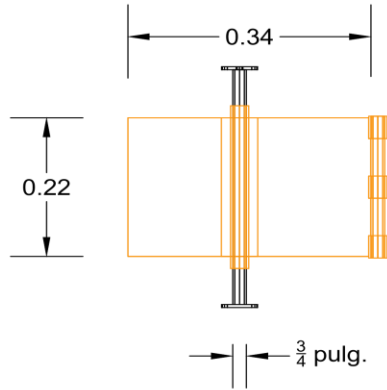


VISTA LATERAL

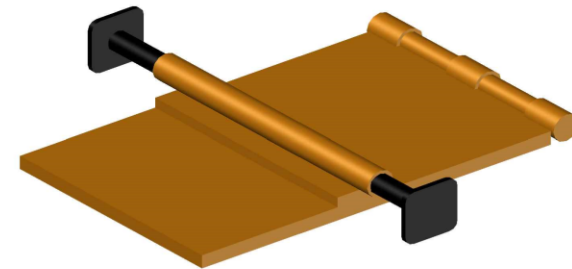


	UPeU - UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN			LÁMINA
	PROYECTO: "Diseño y fabricación de un equipo para elaboración de bloques de tierra, mecánicamente densificados"			
ESTUDIANTE: Bach. Elvis Nina Chura				
PLANO: Tolva de alimentación				
DPTO: Puno	PROVINCIA: San Román	DISTRITO: Juliaca		
ESCALA: 1:10	FECHA: 20/02/2020	ARCHIVO: DWG		

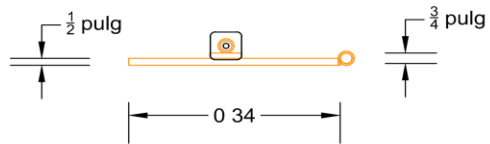
VISTA SUPERIOR



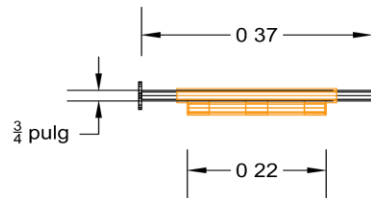
VISTA ISOMÉTRICO



VISTA FRONTAL

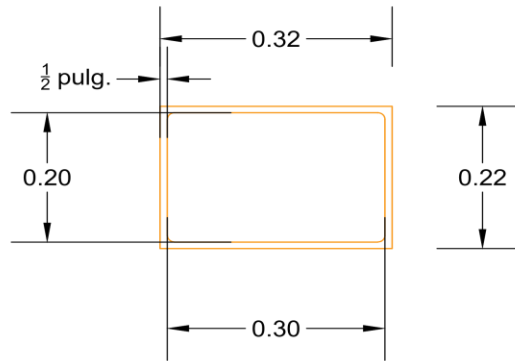


VISTA LATERAL

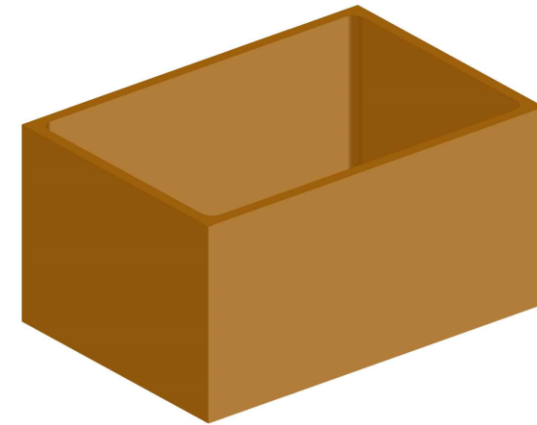


	UPeU - UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN		
	PROYECTO: "Diseño y fabricación de un equipo para elaboración de bloques de tierra, mecánicamente densificados"		
ESTUDIANTE: Bach. Elvis Nina Chura	PLANO: Tapa de abertura y cierre		
DPTO: Puno	PROVINCIA: San Román	DISTRITO: Juliaca	<small>LÁMINA</small>
ESCALA: 1:10	FECHA: 20/02/2020	ARCHIVO: DWG	L-3

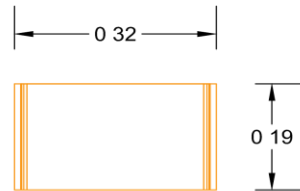
VISTA SUPERIOR



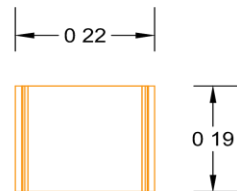
VISTA ISOMÉTRICO



VISTA FRONTAL

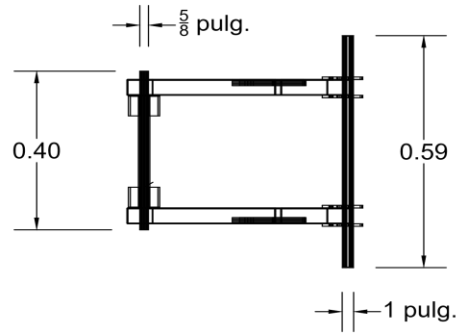


VISTA LATERAL



	UPeU - UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN				
	PROYECTO:			"Diseño y fabricación de un equipo para elaboración de bloques de tierra, mecánicamente densificados"	
ESTUDIANTE:		Bach. Elvis Nina Chura			
PLANO:		Caja molde o base			LÁMINA
DPTO:	Puno	PROVINCIA:	San Román	DISTRITO:	Juliaca
ESCALA:	1:10	FECHA:	20/02/2020	ARCHIVO:	DWG
L - 4					

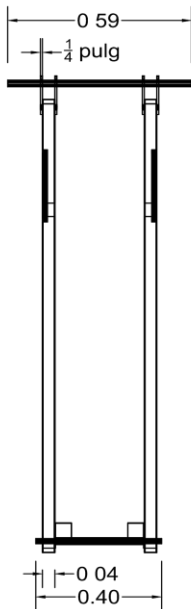
VISTA SUPERIOR



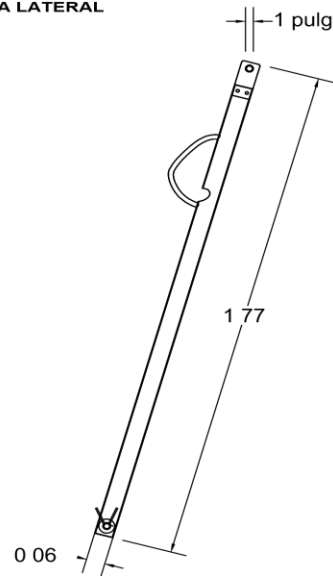
VISTA ISOMÉTRICO



VISTA FRONTAL

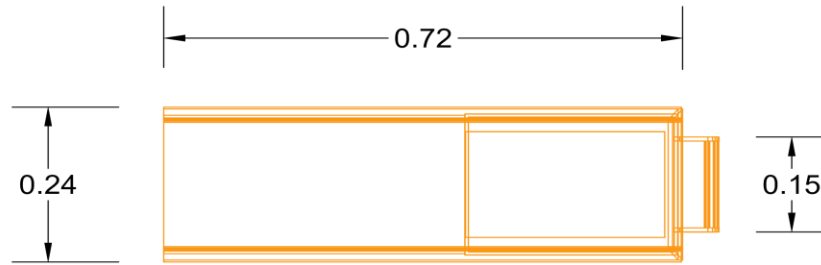


VISTA LATERAL

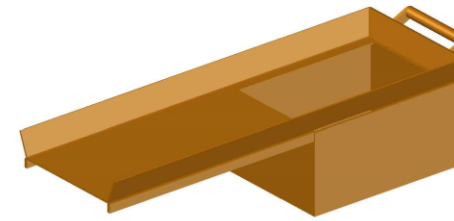


	UPeU - UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN			
	PROYECTO: "Diseño y fabricación de un equipo para elaboración de bloques de tierra, mecánicamente densificados"			
ESTUDIANTE: Bach. Elvis Nina Chura		PLANO: Palanca de operación manual		
DPTO: Puno	PROVINCIA: San Román	DISTRITO: Juliaca	LÁMINA	
ESCALA: 1:10	FECHA: 20/02/2020	ARCHIVO: DWG	L - 5	

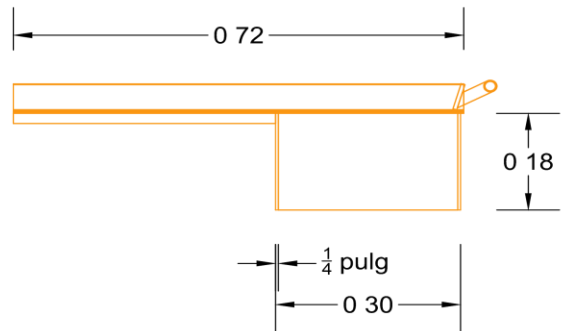
VISTA SUPERIOR



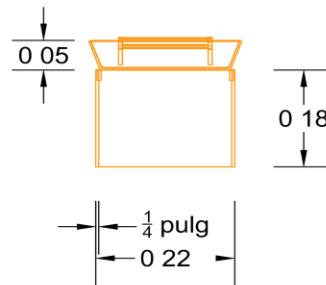
VISTA ISOMÉTRICO



VISTA LATERAL

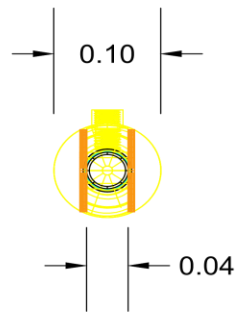


VISTA FRONTAL



	UPeU - UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN		
	PROYECTO: "Diseño y fabricación de un equipo para elaboración de bloques de tierra, mecánicamente densificados"		
ESTUDIANTE: Bach. Elvis Nina Chura			<small>LÁMINA</small>
PLANO: Caja de alimentación movable			L - 6
DPTO: Puno	PROVINCIA: San Román	DISTRITO: Juliaca	
ESCALA: 1:10	FECHA: 20/02/2020	ARCHIVO: DWG	

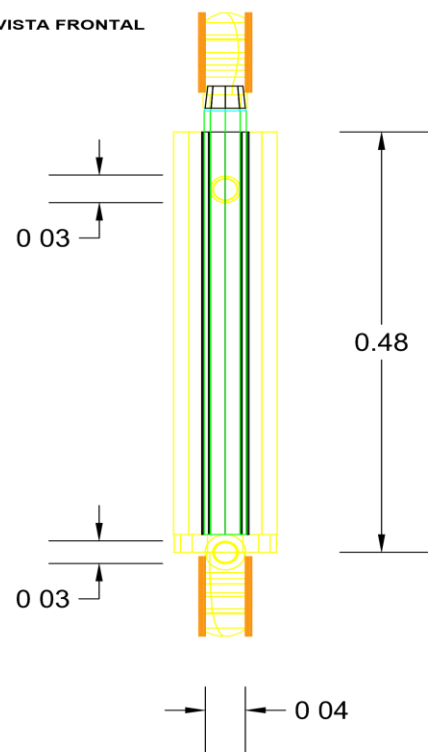
VISTA SUPERIOR



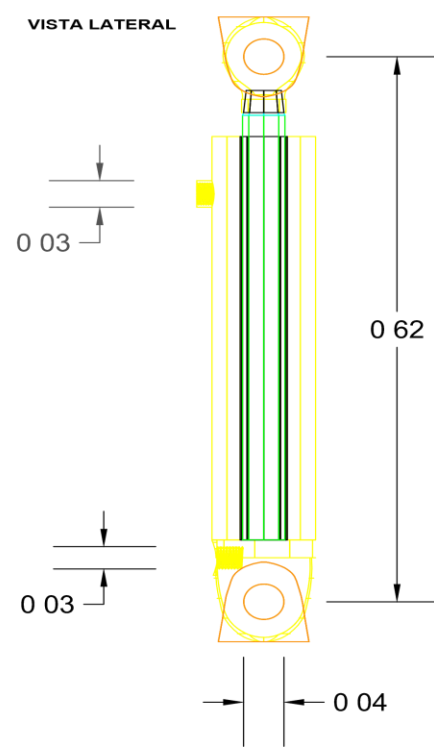
VISTA ISOMÉTRICO



VISTA FRONTAL

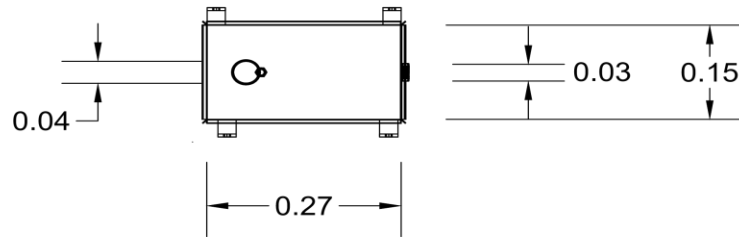


VISTA LATERAL

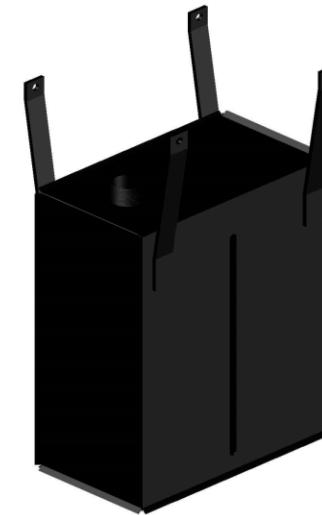


	UPeU - UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN			LÁMINA		
	PROYECTO: "Diseño y fabricación de un equipo para elaboración de bloques de tierra, mecánicamente densificados"					
ESTUDIANTE:	Bach. Elvis Nina Chura			L - 7		
PLANO:	Cilindro Hidráulico de doble efecto					
DPTO:	Puno	PROVINCIA:	San Román		DISTRITO:	Julica
ESCALA:	1:10	FECHA:	20/02/2020		ARCHIVO:	DWG

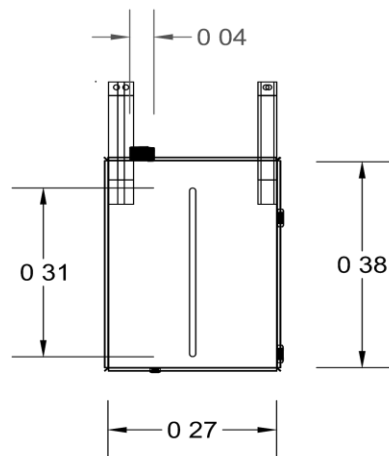
VISTA SUPERIOR



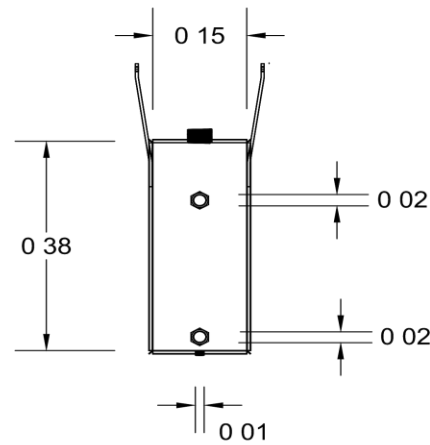
VISTA ISOMÉTRICO



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



	UPeU - UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN			LÁMINA
	PROYECTO: "Diseño y fabricación de un equipo para elaboración de bloques de tierra, mecánicamente densificados"			
ESTUDIANTE: Bach. Elvis Nina Chura				L - 8
PLANO: Depósito de HIDROLINA				
DPTO: Puno	PROVINCIA: San Román	DISTRITO: Juliaca		
ESCALA: 1:10	FECHA: 20/02/2020	ARCHIVO: DWG		

Apéndice L. Constancia de laboratorio



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CONSTANCIA

El que suscribe Ing. Herson Duberly Pari Cusi; Coordinador de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y el Jefe de laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión – Filial Juliaca.

HACE CONSTAR:

Que el Bachiller en Ingeniería Civil:

EIVIS NINA CHURA

Código universitario N° 200921241

Ha realizado ensayos en el Laboratorio de Tecnología del Concreto y Laboratorio de Mecánica de Suelos para completar su trabajo de tesis denominado: **“Diseño y fabricación de un equipo para la elaboración de bloques de tierra, mecánicamente densificados”** con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil. Los trabajos se realizaron entre 27/06/19 al 21/08/19.

Los ensayos efectuados por el tesista fueron los siguientes:

- ✓ 03 Ensayos de Límite Líquido
- ✓ 03 Ensayos de Límite Plástico
- ✓ 05 Ensayos de Análisis Granulométrico de Suelos
- ✓ 04 Ensayos de Proctor Modificado
- ✓ 01 Ensayo Cantidad de Material que pasa el tamiz N°200
- ✓ 40 Ensayos de Resistencia a la Compresión de Adobes

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime por conveniente.

Juliaca, Villa Chullunquiani, 08 de noviembre del 2021



Ing. Herson Duberly Pari Cusi
Coordinador E.P. de Ingeniería Civil



Ing. Yesenia Apaza Pinto
Jefe de Laboratorios

