

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

**ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA HUMEDAD EN ESPECÍMENES
DE TIERRA, CON LA INCORPORACIÓN EN LA MEZCLA O BAÑADO
EXTERNO DE ESTEARATO DE ZINC DILUIDO EN ACETONA.**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL

Presentado por:

RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ

Asesor:

Dr. MIGUEL ÁNGEL MOSQUEIRA MORENO

Cajamarca, Perú

2025

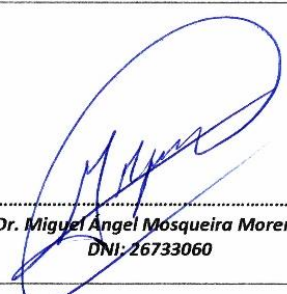
CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Ronald Mijail Cáceres Vásquez
DNI: 70202626
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Programa de Maestría en Ciencias. Mención: Ingeniería Civil
2. Asesor: Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☐ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☒ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:

Estudio de la resistencia a la humedad en especímenes de tierra, con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona.
6. Fecha de evaluación: **22/08/2025**
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **17%**
9. Código Documento: **3117:485701627**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ **APROBADO** ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **22 / 08 / 2025**

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*



.....
Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno
DNI: 26733060

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2025 by
RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ
Todos los derechos reservados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD

ESCUELA DE POSGRADO

CAJAMARCA – PERU

PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 3:15pm horas, del día 14 de Agosto de dos mil veinticinco, reunidos en el Aula 1Q-206 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por la **DRA. ROSA HAYDEE LLIQUE MONDRAGÓN, DR. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS, M. CS. PERLITA ROSMERY ESAINE BARRANTES**, y en calidad de Asesor el **DR. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestrías y Doctorados de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la TESIS titulada: **“ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA HUMEDAD EN ESPECÍMENES DE TIERRA, CON LA INCORPORACIÓN EN LA MEZCLA O BAÑADO EXTERNO DE ESTEARATO DE ZINC DILUIDO EN ACETONA”**, presentada por el bachiller en Ingeniería Civil **RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ**.

Realizada la exposición de la TESIS y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR con la calificación de Dieciocho (18) la mencionada TESIS; en tal virtud, el bachiller en Ingeniería Civil, **RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ**, se encuentra apto para recibir en ceremonia especial el **Diploma** que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **INGENIERÍA**, con mención en **INGENIERÍA CIVIL**.

Siendo las 4:00pm horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
Asesor

.....
Dra. Rosa Haydee Llique Mondragón
Jurado Evaluador

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

.....
M. Cs. Perlita Rosmery Esaine Barrantes
Jurado Evaluador

A:

Mi padre fallecido, el Profesor Máximo Cáceres Quiroz, cuyo aprecio y cariño por la Educación Básica Regular lo llevó a edificar escuelas de adobe y tapial donde trabajó en su juventud, y que siempre me dijo “Primero la obligación, después la diversión” cuyo recuerdo y enseñanzas siempre está en mi corazón y en el día a día.

A mi madre, la Profesora Hercilia Vásquez Medina, cuya sonrisa y alegría me ayudan a continuar en este camino llamado vida, además de su apoyo incondicional en todos mis proyectos personales y profesionales.

A mi tía madre, la Profesora Hermila Vásquez Medina, por estar ahí en todo momento para mí y para mis hermanos.

A mis hermanos, Filomena, Carlos, Fredy, cuyo amor, cariño y opiniones me han formado para la vida,

AGRADECIMIENTO

Expresar mi gratitud a todas las personas y describir sus cualidades en una sola página sería muy corta, ya que ellos me permitieron hacer posible este trabajo de investigación, que es un logro de todos aquellos que estuvieron ahí para mí.

Agradecer a Dios, cuya presencia, bendiciones y obstáculos a ser superados, han formado una fortaleza en mí para afrontar los momentos más desafiantes.

A mi familia, que son el cimiento fundamental, que creen en mí, a mi madre Hercilia Vásquez, que me ayudo en todo el proceso de fabricación de los especímenes cuyo amor incondicional y su sacrificio por inculcarme valores, perseverancia y esfuerzo.

A mis hermanos por su constante apoyo y ánimo, a mis sobrinos por ser una fuente de motivación, a Jhayr que participo en la preparación de las venoclisis para el goteo, al más pequeño de todos Max Adryel por ayudarme en la “tesish de aguas del papá Nonal” que cuyo entusiasmo de ser parte de los ensayos venía a casa, a Carla que sus preguntas sobre las “bolitas de barro” y que se sumergirán como en la piscina.

A mis amigos de aquí de Cajamarca y a aquellos que hice Buenos Aires que estamos en comunicación y que me dan ese apoyo incondicional en la distancia y que me impulsan a seguir haciendo estos trabajos.

Agradezco a la UNC – Laboratorio de materiales y a su personal por su colaboración, el acceso a recursos y la disposición de su equipo para brindar soporte técnico y logístico en el desarrollo de esta investigación.

La ingeniería es muy diferente de la ciencia. Los científicos tratan de entender la naturaleza. Los ingenieros tratan de hacer cosas que no existen en la naturaleza. Los ingenieros hacen hincapié en la invención.

-Yuan-Cheng Fung.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xv
LISTA DE ABREVIATURAS O SIGLAS.....	xvi
GLOSARIO.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
CAPITULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.1.1 Contextualización	1
1.1.2 Descripción del problema	6
1.1.3 Formulación del problema.....	10
1.2 Justificación e importancia	10
1.2.1 Justificación científica	10
1.3 Delimitación de la investigación	11
1.4 Limitaciones	12
1.5 Objetivos.....	13
1.5.1 Objetivo general.....	13
1.5.2 Objetivos específicos.....	13
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	14
2.1 Antecedentes de la investigación	14
2.2 Marco doctrinal de las teorías particulares en el campo de la ciencia en la que se ubica el objeto de estudio	23
2.2.1 Construcciones de tierra	23
2.2.2 Normativa en el mundo	26
2.2.3 Humedad en las estructuras, su daño y tratamiento.....	28

2.3 Marco conceptual	29
2.3.1 Prueba de Resistencia de Arcilla	29
2.3.2 Ensayos de absorción por sumergimiento y goteo	30
2.3.3 Ensayo de resistencia a compresión	31
2.3.4 Jabón metálico: estearato de zinc	32
2.4 Definición de términos básicos	34
CAPITULO III PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	35
3.1 Hipótesis	35
3.1.1 Hipótesis: general	35
3.2 Variables / categorías	35
3.2.1 Variable independiente	35
3.2.2 Variable dependiente	35
3.3 Operacionalización / categorización de los componentes de las hipótesis	36
CAPITULO IV MARCO METODOLÓGICO	37
4.1 Ubicación geográfica (de acuerdo a la naturaleza de la investigación) ...	37
4.2 Tipo de la investigación.....	40
4.3 Nivel de la investigación	40
4.4 Diseño de la Investigación.....	40
4.5 Métodos de investigación	44
4.6 Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación.....	45
4.7 Técnicas e instrumentos de recopilación de información	47
4.7.1 Técnicas.....	47
4.7.2 Instrumentos de recopilación de información	48
4.8 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	48
4.9 Equipos, materiales, insumos, etc.	48
4.10 Matriz de consistencia metodológica.	50
CAPITULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51

5.1	Presentación de Resultados	51
5.1.1	Ensayos de suelos.....	51
5.1.2	Ensayos de humedad	51
5.1.3	Ensayo mecánico.....	53
5.2	Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	54
5.2.1	Análisis de Resultados.....	54
5.2.2	Interpretación de resultados.....	58
5.2.3	Discusión de Resultados	60
5.3	Contrastación de hipótesis	65
CONCLUSIONES		67
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS		69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		71
APÉNDICES		76
Apéndice 1 Protocolo de Ensayo de Absorción por Sumergimiento		76
Apéndice 2 Protocolo de Ensayo de Absorción por Goteo 5 gotas/ minuto		80
Apéndice 3 Protocolo de Ensayo de Absorción por Goteo 10 gotas/ minuto		84
Apéndice 4 : Diseño de la investigación.....		88
Apéndice 5: Protocolo de toma de datos.....		89
Apéndice 6: Constancia de laboratorio ensayo de rotura.....		90
Apéndice 7: Resultados de laboratorio- Rotura a compresión.....		91
Apéndice 8: Resultados absorción por sumergimiento		94
Apéndice 9: Resultados absorción por goteo 5 gotas/ minuto		97
Apéndice 10: Resultados absorción por goteo 10 gotas/ minuto		100
Apéndice 11: Estudios de Suelos		103
Contenido de humedad		103
Granulometría por lavado.....		103
Límites de consistencia		104

Límite líquido	104
Límite plástico	105
Índice de plasticidad	105
Proctor modificado.....	107
ANEXOS	109
Anexo 1: Ensayo de absorción por sumergimiento.....	109
Anexo 2: Ensayo de goteo.....	112
Anexo 4: Referencias de figuras de los antecedentes.....	116
Anexo 5: Ficha técnica del estearato de zinc de Reactivos Química Meyer	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Construcciones de tierra en mundo por conservación y asentamiento humano.	24
Figura 2 Arquitectura con tierra en el mundo.....	24
Figura 3 Reglamentos alrededor del Mundo sobre Construcciones de Tierra	27
Figura 4 Realización de bolitas de tierra	30
Figura 5 Clasificación de la NFPA para el estearato de zinc	33
Figura 6 Ubicación geográfica de la cantera.	38
Figura 7 Ubicación geográfica de la Universidad Nacional de Cajamarca y del laboratorio de ensayo de materiales	39
Figura 8 Diagrama de flujo del diseño de la investigación	43
Figura 9 Porcentaje de absorción de agua mediante ensayo de sumergimiento	54
Figura 10 Tiempo en el que mantiene forma esférica durante el ensayo de sumergimiento	55
Figura 11 Porcentaje de absorción de agua mediante ensayo de goteo 5 gotas por minuto	55
Figura 12 Porcentaje de absorción de agua mediante ensayo de goteo 10 gotas por minuto	56
Figura 13 Ensayo Mecánico de rotura a compresión	57
Figura 14 Línea de tendencia, ecuación y ajuste lineal del ensayo de rotura a compresión	57
Figura 15 Protocolo de toma de datos para ensayos de absorción	89
Figura 16 Granulometría por Lavado	104
Figura 17 Límite líquido	105
Figura 18 Clasificación del suelo en la Carta de Plasticidad.....	106
Figura 19 Curva de Compactación	107
Figura 20 Ensayo de absorción por sumergimiento.....	109
Figura 21 Ensayo de absorción por sumergimiento inicial y final	109
Figura 22 Ensayo de absorción por sumergimiento rotura inicial de la capa por filtración	110
Figura 23 Ensayo de absorción por sumergimiento rotura final de la capa por filtración	111
Figura 24 Muestra del ensayo de goteo para 5 y 10 gotas por minuto	112
Figura 25 Especificación técnica de venoclisis y distancia de goteo	112
Figura 26 Vista de especímenes goteadas por 5 y 10 gotas	113

Figura 27 <i>Agua que está siendo repelida por la capa protectora del espécimen</i>	114
Figura 28 <i>Rotura a compresión de adobes cúbicos.....</i>	115
Figura 29 <i>Resultado de Ensayo de Absorción para relleno</i>	116
Figura 30 <i>Resultado de Ensayo de Absorción para empañetados</i>	116
Figura 31 <i>Resultados de los ensayos a compresión de las muestras</i>	117
Figura 32 <i>Resultados de los ensayos para determinar las propiedades mecánicas. ..</i>	118
Figura 33 <i>Ángulo de contacto de la prueba de permeabilidad</i>	119
Figura 34 <i>Canal U para los ensayos.</i>	120
Figura 35 <i>Ensayo de inundación de muros.</i>	121
Figura 36 <i>Ensayo erosión de la investigación.....</i>	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Consistencia y operacionalización de la investigación</i>	36
Tabla 2 <i>Ubicación geográfica de la tierra extraída para especímenes</i>	37
Tabla 3 <i>Ubicación geográfica de la Universidad Nacional de Cajamarca</i>	39
Tabla 4 <i>Tamaño de la muestra, tipos de especímenes y ensayos.</i>	46
Tabla 5 <i>Tamaño de muestra ensayos de rotura a compresión.</i>	47
Tabla 6 <i>Matriz de consistencia metodológica de la investigación</i>	50
Tabla 7 <i>Resultados de los ensayos de suelos</i>	51
Tabla 8 <i>Ensayo de sumergimiento de los especímenes</i>	51
Tabla 9 <i>Ensayo de goteo de 5 gotas por minuto x 10 min</i>	52
Tabla 10 <i>Ensayo de goteo de 10 gotas por minuto x 10 min</i>	52
Tabla 11 <i>Tiempo de evaluación de ensayo por sumergimiento</i>	53
Tabla 12 <i>Rotura a compresión</i>	53
Tabla 13 <i>Variación de absorción por sumergimiento respecto del patrón</i>	54
Tabla 14 <i>Variación de absorción por goteo de 5 gotas por minuto respecto del patrón</i>	56
Tabla 15 <i>Variación de absorción por goteo de 10 gotas por minuto respecto del patrón</i>	56
Tabla 16 <i>Variación de la resistencia a compresión respecto del patrón</i>	57
Tabla 17 <i>Diseño de la investigación</i>	88
Tabla 18 <i>Contenido de Humedad</i>	103
Tabla 19 <i>Granulometría por lavado</i>	103
Tabla 20 <i>Límite líquido</i>	104
Tabla 21 <i>Límite plástico</i>	105
Tabla 22 <i>Índice de Plasticidad</i>	105
Tabla 23 <i>Clasificación SUCS</i>	106
Tabla 24 <i>Proctor Modificado</i>	107
Tabla 25 <i>Valores Óptimos del Proctor Modificado</i>	108

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Absorción Abs</i>	31
Ecuación 2 <i>Resistencia a la compresión</i>	31

LISTA DE ABREVIATURAS O SIGLAS

INDECI

Instituto Nacional de Defensa Civil, 5

INEI

Instituto Nacional de Estadística e Informática., 6

NFPA

National Fire Protection Association - Asociación Nación de Protección al Fuego, 38

ONG

Organismo No Gubernamental, 1

SENAMHI

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 7

UNESCO

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura., 3

GLOSARIO

Adobe

Método constructivo y también unidad de albañilería de tierra arcillosa no cocida., 1

Casona

Casa grande, antigua y señorial., 4

Condado

Forma de división administrativa de algunos países de lengua inglesa., 3

Depresión geográfica

Zona de relieve terrestre a un nivel mas bajo que las circundantes., 2

Hidrofóbicos

Propiedad de los maeriales para repeler el agua., 13

Hiladas

Lamadas tambien hileras que es la disposición de unidades de albañilería una sobre otra logrando un tramado., 4

Mezquita

Lugar de culto de la fé islámica., 2

Oriundos

Originarios del lugar, de la zona., 3

Precaria

Poco estable, poco seguro o poco duradero., 4

Quincha

Entramado de caña o bambu revestido con tierra arcillosa para formar muros., 1

Tapial

Método constructivo con tierra arcillosa que se hace a manera de cajones., 1

RESUMEN

Las construcciones de tierra, como el adobe, tapial, barro y quincha, enfrentan un problema significativo debido a su baja resistencia al agua, lo que genera costos adicionales en protección y mantenimiento. Este desafío es especialmente relevante en casonas antiguas, edificaciones coloniales y estructuras históricas, que poseen un valor cultural y monumental. En el Perú, el Ministerio de Cultura y diversas ONG, tanto nacionales como extranjeras, trabajan activamente en la preservación y mantenimiento de estas construcciones, dado su carácter patrimonial. Y debido a ello se incorporan diferentes materiales al adobe para mejorar su resistencia a la humedad, en este caso se incorporó estearato de zinc diluido con acetona y se formuló el problema: ¿En cuánto varía la resistencia a la humedad en los especímenes de tierra, al incorporar en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona en dosis de 1%, 2% y 3% del peso del suelo? Los objetivos fueron determinar la resistencia a la humedad con cada tipo de porcentaje y modo: incorporado y bañado en los especímenes esféricos. Para ello se practicaron ensayos de sumergimiento y de goteo de 5 min y de 10 min, adicionalmente se realizó ensayo de rotura a compresión. En lo que refiere al sumergimiento, el que presentó la menor absorción y por ende mayor resistencia a la humedad es aquel de la incorporación del 3% del estearato de zinc diluido con acetona en la matriz con el 12.78%, en los ensayos de goteos, los mejores fueron aquellos bañados con el estearato de zinc diluido con acetona, con porcentajes de menos de 1% para 5 gotas por minuto y de menos de 1.75% para 10 gotas por minuto. En el caso de la rotura a compresión el mejor resultado se obtuvo con la incorporación del 1% estearato de zinc diluido en acetona cuyo resultado fue de 28.15 kg/cm^2 , que sobrepasa a la norma E0.80 de 10.2 kg/cm^2 , Con todos estos resultados se concluyó que la incorporación del estearato de zinc en los especímenes de tierra mejora su resistencia a la humedad como su resistencia mecánica, lo cual fue corroborado con los otros estudios referidos.

Palabras clave: hidrofobicidad en tierra, resistencia a la humedad, estearato de zinc diluido en acetona.

ABSTRACT

Earth constructions, such as adobe, rammed earth, mud, and wattle and daub, face a significant problem due to their low water resistance, which generates additional costs in protection and maintenance. This challenge is especially relevant in old mansions, colonial buildings, and historical structures, which possess cultural and monumental value. In Peru, the Ministry of Culture and various NGOs, both national and foreign, actively work on the preservation and maintenance of these constructions, given their heritage status. Due to this, different materials are incorporated into adobe to improve its moisture resistance. In this case, zinc stearate diluted with acetone was incorporated, and the problem was formulated: How much does the moisture resistance in earth specimens vary when zinc stearate diluted in acetone is incorporated into the mixture or applied as an external bath in doses of 1%, 2%, and 3% of the soil's weight? The objectives were to determine the moisture resistance for each type of percentage and mode: incorporated and coated on the spherical specimens. For this, submersion and dripping tests of 5 min and 10 min were carried out; additionally, a compression breaking test was performed. Regarding submersion, the one with the least absorption and therefore greatest moisture resistance is the one with the incorporation of 3% zinc stearate diluted with acetone in the matrix at 12.78%. In the dripping tests, the best results were those bathed with zinc stearate diluted with acetone, with percentages of less than 1% for 5 drops per minute and less than 1.75% for 10 drops per minute. In the case of compression breaking, the best result was obtained with the incorporation of 1% zinc stearate diluted in acetone, whose result was 28.15 kg/cm², which exceeds the E0.80 standard of 10.2 kg/cm². With all these results, it was concluded that the incorporation of zinc stearate in earth specimens improves their moisture resistance as well as their mechanical resistance, which was corroborated by other referred studies.

Keywords: hydrophobicity in earth, moisture resistance, zinc stearate diluted in acetone.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

1.1.1 Contextualización

Uno de los más grandes problemas que tienen las construcciones de tierra (adobe, tapial, barro y quincha) en todo el mundo, es la deficiente resistencia al agua que poseen dichas construcciones, a menudo generan acciones adicionales para su protección y mantenimiento que pueden ser desde simples reparaciones locales (agrietamientos o desgaste ocasionado por el clima y la intemperie) hasta el retiro y cambios completos de muros en estas construcciones, por ello existen actualmente instituciones públicas y privadas que se preocupan por la protección y mantenimiento de este tipo de construcciones ya que son de carácter histórico (casa de reunión, casas comunales, casa de personajes históricos) o monumental (hechos históricos sin precedentes), como es natural, en el Perú el Ministerio de Cultura es uno de ellos sin mencionar algunos otros Organismos no Gubernamentales (ONG) nacionales y extranjeros que tienen la misma preocupación en el territorio nacional. (Rodriguez Filho, 2007).

Las construcciones de tierra están presentes en todo el mundo, inclusive algunos países potencia forman relaciones de cooperación internacional mutua para mejorar la técnica y procesos de construcción, cooperación que tienen los países de Francia e Irán, que fortalecen el intercambio de conocimientos en asuntos de mantenimiento, protección y reparación de edificios de adobe. (HispanTV, 2015) Estos tratados de cooperación generan nuevos conocimientos, técnicas y procesos en la construcción con tierra, que van ocasionando interés por este material y su procedimiento constructivo, España se está extendiendo la construcción de viviendas con adobe y además que este país tiene de una

norma técnica para las construcciones de adobe, con influencia especialmente en las zonas de la depresión geográfica de Guadalquivir y en Sierra Nevada donde la presencia de la humedad es mayor y permanente frente a otras regiones de España. (Yuste, 2016)

Así como la existencia de áreas geográficas permanentemente húmedas, existen otras completamente contrarias, aparentemente muy secas, como es África Occidental, tomando como ejemplo a la Mezquita de Djingareyber de Tombuctú en Mali, esta mezquita fue construida en el año 1325 y hasta ahora mantiene su forma estructural y diseño arquitectónico gracias a la gran cantidad de sol y poca humedad que recibe por lo que solo se percibe algunos agrietamientos en los muros y en las torres de adobe por el accionar del viento. (Arkiplus, 2021)

Los conocimientos, hábitos y costumbres de nuestros antepasados se han arraigado a nuestra vida cotidiana. Del mismo modo en la coyuntura Norteamericana en el país Estados Unidos, donde se ubica al Pueblo de Taos en el condado Nuevo México, que tiene sus construcciones de tierra con la técnica de adobe, cuyas viviendas son de varios pisos (van entre 2 y 3 pisos), dicha ciudad ha sido habitada aproximadamente por más de 1000 años, esta ciudad cada año tiene que recubrir o en algunos casos cambiar los adobes deteriorados de las edificaciones por efecto de la humedad, ya que estas son erigidas a ambos lados del Rio del Pueblo de Taos. (Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura, 2021)

En América del Sur se ha visto que la técnica de construcción con adobe es más visible, como es el caso del país de Colombia, en la ciudad de Barichara que es una ciudad completamente construida con adobe y tapial, además de que es considerada de Interés Cultural de Carácter Nacional por poseer un alto grado de preservación arquitectónica de

estas estructuras de tierra. (Rivero Bolaños, 2021). En Brasil, donde las construcciones de adobe datan desde el siglo XVI, especialmente en regiones que son extremadamente pobres como en Jequitinhonha en el estado de Minas Gerais son de forma muy precaria sin embargo, existe una temperatura y clima propicio, donde la presencia de humedad no es un problema grave en sus edificaciones por lo que aparecen nuevas entidades y profesionales que están revalorando el uso del adobe como una forma sostenible de construcción debido a estas condiciones. (Rodriguez Filho, 2007)

En el Ecuador, La técnica diferenciada en este país colocan los bloques de adobe por encima de cimientos y sobrecimientos de piedra grande, esto con el fin de proteger a los adobes de la Humedad que va “subiendo” desde el suelo, es decir evitar que el agua ascienda por la propiedad capilaridad. Los vivientes de estas zonas alto andinas por experiencia propia y dentro de su conocimiento limitado, han determinado a la humedad como principal agente de daño a las estructuras de tierra. (Yepez Tambaco, 2021).

En Bolivia, ya que es uno de los países de la región en la que la presencia de edificaciones de tierra en sus ciudades es importante, como Chuquisaca tiene el 11% del total de las edificaciones de la ciudad son edificaciones de tierra, en La Paz se tiene un 37%, en Cochabamba el 16%, entre otras. La gran importancia de este tipo de edificaciones originó que en la Ciudad de la Paz se realicen seminarios, en la que se dieron cita técnicos, profesionales y científicos interesados por el gran potencial de este material a futuro, y el arco principal de estos seminarios la afectación por humedad, con el fin del mejorar la resistencia en este material y extender su durabilidad por más tiempo. (Facultad de Arquitectura Artes Diseño y Urbanismo, 2021)

En Perú las edificaciones de tierra también representan cultura e historia además que en la gran mayoría de las ciudades capitales de las regiones se encuentran ubicadas en la parte centro de la ciudad, teniendo un porcentaje considerable de este tipo de infraestructura de tierra, como lo indica el Instituto Nacional Defensa Civil - INDECI que informó al 30 de mayo del 2013, para ese mismo año, el 47.1% viviendas existentes son aquellas en las que predomina en sus paredes exteriores de adobe, tapia o quincha del mismo modo lo confirma el Instituto Nacional de Estadística e Informática -INEI. Con su barrido censal del 2014. (INEI, 2014). Teniendo en cuenta esta información sobre las viviendas de adobe y su gran presencia en el suelo nacional, se debe tomar en cuenta los efectos climatológicos que suceden en el país y que aportan un gran contenido de humedad en al ambiente, como es el caso del comúnmente llamado “Niño Costero” y el “Fenómeno del Niño” que son eventos climatológicos cíclicos. En referencia al “Niño Costero”, afectó el norte del país en los primeros meses del 2017, y que una de las regiones principalmente afectadas fue Piura, este fenómeno dejó un aproximado de cincuenta y nueve mil doscientos cincuenta y ocho (59 258) viviendas deterioradas en gran magnitud, según informe del Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) (TIEMPO, 2017).

Cabe resaltar que el Fenómeno del Niño no sólo afecta a la costa, sino también en mayor impacto a la sierra norte del país con lluvias de extrema intensidad y duración las cuales generan un aumento de la humedad y por ende más daño a las viviendas de adobe, tapial o quincha como son las casonas que están en los centros históricos que se han construido durante la época de los asentamientos españoles en el Perú, las cuales se mantuvieron durante la conquista, virreinato y actualmente en la etapa republicana y que necesitan de un mantenimiento perenne por el Instituto Nacional de Cultura (INC), por haberse declarado Patrimonio Histórico y Cultural de la Nación, cabe aclarar que en el

periodo de lluvias en la sierra comprende de tres (03) a cuatro (04) meses al año con lluvias de baja y alta intensidad de forma constante, añadiendo cierto porcentaje de humedad al ambiente, como lo puede confirmar las informaciones brindadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Estas edificaciones coloniales fueron construidas con la técnica el adobe tradicional, llamado adobón comúnmente mucho antes de que existiera alguna norma o reglamento técnico al respecto, como se observa en el centro histórico de Cuzco, en especial la Casona de la calle San Agustín, cuyos adobes de esta casona colonial y de las demás viviendas que se encuentran en dicha zona monumental son afectadas indudablemente por la humedad originada por las lluvias de todos los años, que provocan deterioros y desmoronamientos externos e internos en las edificaciones, y técnicamente se tratan de colocar apuntalamientos a los muros para evitar su colapso y mitigar el peligro de afectación a las vidas humanas hasta que sean reparados o resanados los desperfectos con nuevos adobes, sin embargo, estos no son realizados con alguna técnica que los haga hidrófoba y duradera con respecto a la humedad que los ataca (Diario Correo, 2015).

En Cajamarca la situación no es tan diferente a la de Cuzco, mediante información proporcionada por el Subgerente de Defensa Civil de Municipalidad Provincial de Cajamarca, David Mosqueira¹ afirmó que más del 50% de las edificaciones de tierra del centro histórico de Cajamarca estarían en peligro de colapso por las lluvias intensas de la época, afectando su durabilidad ya que se debe a la antigüedad de estas edificaciones y la falta de mantenimiento preventivo y correctivo de los titulares y propietarios de estos inmuebles, desde luego también se considera el deficiente drenaje interior del agua de lluvia dentro de estas edificaciones, ya que algunas de estas viviendas de tierra, poseen

¹ Fue Sub Gerente de esa área en el año 2012

áreas libres internas (patios internos) los cuales mantienen agua y humedad, propiciando un ataque de humedad en la parte interna de las edificaciones (RRP, 2012).

Como se ha notado por el momento, las construcciones con tierra existen alrededor del mundo y en el país muy en particular, además de que las instituciones fortalecen la prevención y el mantenimiento de un gran porcentaje del total de edificaciones que existen o que se construyen, no obstante, las normas para su construcción tanto en técnica como en métodos, no han tenido un crecimiento equivalente, existen métodos para control y verificación las propiedades mecánicas de las unidades, mas no mecanismos o ensayos normados para detener la vulnerabilidad hacia la humedad con el empleo de aditivos naturales o artificiales que se usen las construcciones de tierra tanto para la construcción como para los acabados (revoques), esto no quiere decir que, no se hayan hecho estudios, sino que falta especificar una lista de materiales para detener/aminorar este daño y así de esta manera brindar seguridad a las personas que habitan o puedan habitar este tipo de construcciones.

1.1.2 Descripción del problema

Los bloques de tierra elaborados de forma artesanal masificada utilizados en las construcciones de las edificaciones de tierra junto con sus acabados en vanos y muros van a soportar muchas patologías conforme a las condiciones climáticas a las que son sometidas, inclusive en muchas ocasiones a eventos extremos como inundaciones, huaycos, lluvias de gran intensidad, lo que provoca presencia de humedad en los muros de la edificación, además que las acciones atmosféricas (lluvia, granizo, nieve, viento, entre otros) proveen una humedad intersticial por la absorción natural del agua en estos elementos que puede provocar el deterioro del material de la cobertura y posteriormente los desprendimientos de este, llevando eventualmente a la pérdida o disminución de la

capacidad portante de la estructura, deformaciones y cambios de dimensión en los muros (asentamientos de puertas y/o ventanas), además de generar proliferación de otros organismos que pueden ocasionar daños a la salud a los ocupantes debido a la humedad. (Moyano & Moyano, 2014)

La humedad es el “*enemigo*” natural de las construcciones con tierra, esta genera que la resistencia tanto a compresión y al corte de las mamposterías de adobe se vean drásticamente disminuidas. La presencia de la humedad en las paredes tiene causas variadas como: inadecuada protección de los muros contra las lluvias, humedad excesiva en el suelo por una cimentación inadecuada o la ausencia de esta, algunas instalaciones de agua defectuosas empotradas en los muros, entre otras; por lo que la presencia de humedad es particularmente peligrosa cuando ocurre en la parte inferior de los muros, ya que estos se empiezan a dilatar de forma transversal ocasionando el colapso por el peso propio de la estructura. Sumado a lo anterior, la erosión producida por la acción del viento, las acciones del ser humano y de los animales que interactúan con la infraestructura van afectando los enlucidos y muros que van perdiendo la sección neta reduciendo su resistencia a las cargas verticales y al corte cuando ocurra un sismo. Los daños en estas estructuras en combinación de sismos y del deterioro por humedad o erosión se vuelve complejo de evaluar luego de los colapsos de las estructuras. (Torrealva Dávila, 2003)

Cuando se habla sobre los daños por humedad en las edificaciones de tierra, corresponde a la impregnación de líquido observable en alguna zona o parte de la edificación de tierra, lo que va modificando las propiedades estructurales conforme pase el tiempo y el grado de daño que este presentó, por ello se pueden distinguir los daños específicos como: ***Humedad en el piso interior***, este se encuentra relativamente alejado

de las paredes o muros y se reconoce por las manchas en el piso adicionando la sensación olfativa de la humedad; ***Humedad en la parte inferior del muro***, ocurre por la situación de capilaridad, pero esta vez en los muros que están expuestos a causa de las lluvias, salpicaduras producto del tránsito vehicular, canales de evacuación pluviales cerca o filtraciones de baños y cocinas; ***Humedad en zonas puntuales del muro***, aquellas provocadas por las filtraciones de las instalaciones de agua potable o de drenaje de lluvia; ***Humedad en la parte superior del muro***, proviene de las filtraciones que existen en la cubierta de la edificación (dependiendo del nivel) netamente ocasionadas por la lluvia. El daño a los muros se puede reparar con la incorporación de otros materiales como: yeso, cal con arena, arcilla con arena, colca (mezcla de cola, leche entera, cal y agua) y morteros con arena y ripio y con concreto. (Cooperación del Desarrollo Tecnológico, 2012)

Conociendo ya que la humedad es la patología más perjudicial para las edificaciones de tierra, es imperativo aclarar que la Región Cajamarca tiene doscientas sesenta y cuatro mil trescientos diez (264 310) viviendas particulares con ocupantes presentes con adobe o tapia predominante en las paredes exteriores lo que representa el 70.30% del total de viviendas, después de Huancavelica con el 82.4% (84 835 viviendas) y Apurímac con el 76.1% (91 752 viviendas) (INEI, 2018) , y por supuesto estas paredes exteriores son las que más sufren con las condiciones atmosféricas: lluvia, granizadas, neblinas y fuertes vientos y sobre todo las condiciones del fenómeno del Niño, dentro de este conjunto se encuentran las casas y casonas coloniales que forman parte de la historia del Perú, e inclusive en estas se han dado reuniones y acuerdos históricos, por lo que es necesario proteger este tipo de viviendas con ciertos materiales que puedan mejorar la resistencia a la humedad.

Al entender que la humedad es una de las principales patologías y sobre todo las más dañinas en las estructuras de tierra, se han realizado investigaciones y prácticas para mejorar la respuesta de estas ante su acción, con la incorporación de diferentes materiales en la tierra, los más populares son el cemento y cal. Si bien es cierto, se pueden utilizar estos materiales muy conocidos en la construcción y tienen gran afinidad por el agua, ya que este es su solvente por naturaleza, no obstante, se pueden utilizar otros materiales que deberían proveer una mejor resistencia a la humedad a los adobes y en especial a los acabados para que de alguna manera se vean menos afectados por las condiciones atmosféricas propias de la zona andina. Algunos de estos materiales son los llamados jabones metálicos, **que son hidrofóbicos**, es decir al contacto con el agua no se disuelven (estos son completamente insolubles en agua), sino que repelen completamente el agua, pero si son solubles en compuestos apolares (por ejemplo en los hidrocarburos aromáticos), uno de estos jabones metálicos es el **estearato de zinc**, por lo que su integración diluida con **acetona** en ciertos porcentajes a la tierra (formando parte de ella dentro de la mezcla o simplemente bañada por fuera) con la que se elaboran estas construcciones y acabados, puede mejorar la resistencia a la humedad, añadiéndole la característica de **hidrofóbica**.

Es por ello, que se pretende incluir el material comúnmente denominado jabón metálico diluido con acetona para asegurar su mejor integración con la tierra que se va a formar con la mezcla de agua, para que se integre de una manera más uniforme dentro de los especímenes que se van a elaborar, para luego someterlos a los ensayos correspondientes de humedad controlada y observar y medir las reacciones físicas que se producen.

1.1.3 Formulación del problema

¿En cuánto varía la resistencia a la humedad en los especímenes de tierra, al incorporar en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona en dosis de 1%, 2% y 3% del peso del suelo?

1.2 Justificación e importancia

1.2.1 Justificación científica

La investigación se realiza con la finalidad de contribuir al conocimiento sobre la utilización e incorporación de otros materiales en los procesos constructivos, en este caso el jabón metálico llamado estearato de zinc, que se puede incorporar a la tierra (de dos formas: un integrándola en la matriz y otra colocándola externamente, mediante un bañado), con la que se construye y se hacen los acabados en las edificaciones de tierra para que se puedan minimizar los daños ocasionados por la humedad en estas edificaciones.

Recordando que en nuestro país, y sobre todo la parte andina, los fenómenos naturales como lluvia, granizo, heladas, neblinas producen una gran concentración de humedad y afectan a las viviendas de tierra, que según el Instituto Nacional de Estadística e Informática tan solo en la región Cajamarca según el Censo del 2017, existen más de doscientas mil (200 000) viviendas con muros exteriores de tierra, esto incluye a las casonas coloniales ubicados en los centros históricos de las diferentes ciudades de las provincias de Cajamarca y más aún en nuestro propio Centro Histórico donde se dejan ver los serios problemas ocasionados por la humedad, que con el uso del estearato de zinc (jabón metálico) minimice dichos problemas.

También este trabajo de investigación, intenta fomentar el uso de otros materiales que se pueden incorporar en los procesos constructivos, añadiendo nuevas características a los elementos que tienen a la tierra como principal componente, en este caso la

incorporación de estearato de zinc diluido con acetona provee la característica hidrofóbica tanto incorporado en la mezcla como en el bañado de las muestras, lo que significa que en cierto modo mejorará la resistencia a la humedad tratando de repeler al agua y de esta manera se generen daños menores en la infraestructura y acabados de las edificaciones de tierra, aumentando la durabilidad de estas y en forma colateral generando la menor intervención humana para la rehabilitación de este tipo de edificaciones.

En cuanto a la justificación personal, esta investigación permite ganar experiencia y pericia en cuanto a la exploración de nuevos materiales a ser usados en la construcción, de esta forma asumir nuevos desafíos profesionales y que estos puedan ser afrontados con el conocimiento teórico y práctico que ha sido adquirido con la finalidad de aportar con un “granito de arena” al desarrollo de nuestra sociedad.

1.3 Delimitación de la investigación

- Para la elaboración de los especímenes se usó el método manual especificado en el Anexo N° 2 “Prueba de arcilla o Resistencia Seca” establecida en la norma E.080 “Diseño y Construcción con tierra Reforzada”.
- Se usó una tierra anteriormente estudiada del sector de Cruz Blanca de la Ciudad de Cajamarca, que es del tipo SP-SC, que a partir de sus datos de Proctor Modificado contenido óptimo de agua para hacer la mezcla y conformar los especímenes del estudio.
- Se realizó dos ensayos diferenciados en cuanto a la Resistencia a la humedad, **el primero** de absorción conforme a lo establecido en la norma E.070 “Albañilería” en el capítulo 3, artículo 5, inciso 5.4 literal a, en la que se requieren por control de calidad 5 especímenes para la prueba de absorción;

el segundo mediante la simulación de goteo controlado sobre los especímenes, del cual lamentablemente no existe norma a seguir.

- Se realizará el ensayo de **esfuerzo de rotura mínimo a compresión** en especímenes cúbicos de 0.1m de arista, con el material en el cual el químico diluido haya sido incorporado en la matriz del material, conforme lo especifica el Artículo 8, del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en la norma E0.80. “Diseño y construcción con tierra reforzada”

1.4 Limitaciones

La prueba del goteo controlado no se encuentra estandarizada en Perú y una máquina simuladora de lluvia es costosa, por lo que en esta investigación paralelamente, se pretende simular esta prueba con un goteo directo con la finalidad de que esta sirva a posteriores investigaciones relacionadas a la humedad y sus daños en las edificaciones de tierra.

El préstamo de balanzas calibradas de la UNC para las mediciones correspondientes tan solo tiene la **medición de gramos**, cuya medición en el peso del material a gran escala **no se tendrá error de medición** obteniendo certeza y confiabilidad de los datos obtenidos en los ensayos a realizar, no obstante, cuando se trate de ensayos de goteo por el tiempo establecido los datos no pesaje no podrán reflejarse de forma cuantitativa y precisa.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Determinar la variación de la Resistencia a la Humedad en especímenes de tierra con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona en dosis de 1%, 2% y 3% del peso del suelo.

1.5.2 Objetivos específicos

Determinar la resistencia a la humedad de los especímenes de tierra sin la incorporación o bañado externo del estearato de zinc diluido en acetona.

Determinar la resistencia a la humedad de los especímenes de tierra con la incorporación en la mezcla de estearato de zinc diluido en acetona en dosis del 1% 2% y 3% del peso del suelo.

Determinar la resistencia a la humedad de los especímenes de tierra con el bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona en dosis del 1% 2% y 3% del peso del suelo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

A nivel internacional

En la Investigación de Lanzón et al. (2017) titulada “*Use of zinc stearate to produce highly-hydrophobic adobe materials with extended durability to water and acid-rain*” [traducción: *Uso de estearato de zinc para producir materiales de adobe altamente hidrofóbicos con durabilidad prolongada para el agua y la lluvia ácida*] hace referencia a una inclusión del jabón metálico novedosa para aumentar la durabilidad de los materiales de adobe respecto a la humedad y sus resistencias mecánicas con estearato de zinc en dosis que van entre 0.25% y 2.00% del peso/peso, se realizaron mediciones de densidad aparente, velocidad de propagación ultrasónica y contracción en las muestras curadas. Además, las características de durabilidad y absorción de agua se determinaron mediante pruebas capilares, ensayándose en tubos Karsten, sumergimiento en agua y en soluciones de ácido clorhídrico (5% peso/peso) y ácido sulfúrico (5% peso/peso). El estudio de durabilidad se completó con ensayos de erosión por efecto de lluvia común y por lluvia ácida. La absorción de agua capilar fue semejante a la que poseen los revoques de cemento hidrofóbico y la erosión de la lluvia ácida fue ínfimo en muestras que incorporaban el 1.00 y 2.00% del peso/peso de estearato de zinc. Igualmente, en el examen Barrido Microscópico Electrónico confirmó la protección del estearato de zinc frente a la acción de la lluvia ácida. Para finalizar, se determinó que el estearato de zinc era una excelente opción para mejorar la durabilidad y otorgar cierta resistencia adicional a la tierra utilizada para fabricar adobe (Lanzón y otros, 2017).

Debido a que los antecedentes son escasos sobre el jabón metálico y su uso en elementos de tierra, se toman en consideración investigaciones importantes que tratan los temas de humedad en elementos/bloques de tierra:

En el artículo científico titulado: “***Is stabilization of earth bricks using low cement or lime contents relevant?***” [En español: *¿Es la estabilización de ladrillos de tierra con bajo contenido de cemento o cal. pertinente?*], establece que una construcción convencional produce entre el 9% al 10% de la emisión del gas CO₂, es por ello que han volteado hacia la construcción de edificaciones basadas en tierra, aunque es reconocido que este tipo de construcciones tiene vulnerabilidad frente al daño producido por el agua líquida, en ***efecto la alta humedad es causada potencialmente por las inundaciones, lluvias de gran intensidad o posibles fugas accidentales de agua***, que resultan deteriorando la fuerza de la estructura llegando a colapsar esta. El objetivo de este estudio está relacionado al rendimiento y resistencia al agua de los adobes estabilizados con bajo porcentaje, menos del 4% de contenido de aditivos de cemento y cal. Para las ***pruebas mecánicas*** se ensayó especímenes cilíndricos de diámetro de 50 mm y altura de 50 mm; y especímenes prismáticos de 150 mm de ancho y 50 mm de espesor para las ***pruebas higrótérmicas*** utilizando una prensa hidráulica, dichos especímenes se forman mezclando al suelo con al agua al 10% del contenido y almacenado en un bolsa de plástico sellada por 24 horas, para luego añadir la cantidad requerida de aglutinante y se homogenizó manualmente con inserción del agua restante para el mezclado mecánico. Todos los especímenes fueron secados con una humedad relativa del 50% y a una temperatura de 20°C, la variación del peso pasadas las 24 horas fue menor del 0.1% del peso. (Ouedraogo y otros, 2019)

El efecto del curado es necesario en los adobes que contienen cemento y cal se mantengan húmedos, lo cual les hizo ganar resistencia a la compresión a los 21 días, pasando de 5.7 MPa a 6.3Mpa en las muestras **con 4% de cemento** y de 3.5 MPa a 4.3 MPa para el **4% de cal**, sin embargo, los que se mantuvieron siempre secos a temperatura ambiente de 20°C y con una humedad relativa de 50% presentan mucho mayor resistencia (ver en anexos, **Figura 29**). (Ouedraogo y otros, 2019)

En cuanto a la resistencia a el agua, **se sumergieron los adobes durante 2 horas, y se procedió a la rotura**, alcanzado resistencias entre 0.2 y 0.6 MPa (Lo que es una prueba diferente que no se ha visto hasta el momento en investigaciones anteriores.) En la prueba de Valor de Buffer de Humedad, la adición de cemento y cal redujo el valor de amortiguación de humedad para ambos suelos, los especímenes estabilizados con cemento y cal aún son excelentes según el criterio Nordtest. También se observó que el suelo N (suelo arcilloso, de color beige) era más higroscópico (es la capacidad de algunas sustancias de absorber humedad del medio circundante) que el suelo B (parece una laterita, con un color rojo característico relacionado con la presencia de óxidos de hierro), dado por la diferente naturaleza de los minerales arcillosos contenidos en los dos suelos. (Ouedraogo y otros, 2019)

En el siguiente artículo científico titulado “**Ensayos a mezclas de barro estabilizadas para el relleno y empañetado de paredes de Bahareque**”(2016) hecho en Venezuela, menciona que la humedad es la que mayormente daña a las edificaciones de Bahareque, ya que las mezclas de tierra que se realizan no son adecuadas para estas edificaciones, dado que estas en los últimos años han generado un interés en el mundo por ser consideradas edificaciones sostenibles por emplear materiales naturales, es decir eco-amigables. Frente a la vulnerabilidad hacia la humedad que presentan estas

edificaciones, se propone realizar dosificaciones de cemento y cal para mezclar con la tierra para construir y reparar las paredes de Bahareque. Sin embargo, dichas dosificaciones de mezclas con tierra no están reglamentadas, por lo que basaron su dosificación en investigaciones previas de diferentes partes del mundo. Se planteó usar como máximo el 10% (en partes) de los aditivos de cemento y cal y la combinación de estos tanto para el relleno como para el empañetado, para determinar cuál de estas combinaciones generaría la menor absorción de agua durante los ensayos con la finalidad de ponerla en prácticas futuras (Hennenberg De León & Briceño, 2016).

En cuanto a los resultados del **Grupo A**, la arcilla es una vermiculita de alta plasticidad, la arena roja es una arena-limo-arcillosa con 2.63% de arcilla; y para el **Grupo C**, en cuanto a la *Mezcla propuesta para el relleno usando como aditivo el cemento utilizando el 10% en partes*, logra cierta impermeabilidad dentro de lo sostenible; en cuanto a la *mezcla propuesta para el relleno usando aditivo el cemento y la cal, manteniendo la proporción de 10% (en partes) usando el 5% de cada componente*, se mantuvo por debajo de la muestra patrón (barro sin aditivos) para la impermeabilidad. Para la *mezcla propuesta para el empañetado usando como aditivo el cemento y la cal*, con un 3% de cemento y 12% de cal, resultó cierta impermeabilización por debajo del patrón recomendando usar esta mezcla para el empañetado y por último para la *mezcla propuesta para el empañetado usando como aditivo cal*, superó la absorción de la muestra patrón, por lo que se no se recomienda este tipo de mezcla ya que aumenta la permeabilidad. (Hennenberg De León & Briceño, 2016).

Los autores definen el término “*cierta impermeabilidad*” en el ensayo de absorción que se mantienen en un rango de 9.97% y 22.10% conforme a sus resultados obtenidos, además especifican que los porcentajes añadidos de cemento y cal no son

totalmente críticos para ser denominados perjudiciales para la sostenibilidad y que tienen un impacto moderado hacia el ambiente por el uso de desperdicios de cemento y arcilla. (Hennenberg De León & Briceño, 2016).

Acorde al artículo científico titulado “*Eco-friendly modification of earthen construction with carrageenan: Water durability and mechanical assessment*” [En español: *Modificación ecológica de la Construcción de tierra con carragenina: durabilidad del agua y evaluación mecánica*]. Considera que estas construcciones presentan inconvenientes frente a la resistencia mecánica en efecto son los daños severos que se producen durante un sismo. En cuanto a la durabilidad con poca resistencia a la humedad y ataque de agua, ya que es menos durable que otros materiales de construcción, además de que la alta humedad y las lluvias generan efectos catastróficos en la estabilidad y fuerza de las construcciones de tierra, de la misma forma se considera que estas estructuras albergan plagas y que en ocasiones la erosión o rotura de los muros y revoques de tierra. (Nakamatsu y otros, 2017)

Frente a esto se han propuesto muchas técnicas de mejorar de las propiedades de estas construcciones, en las técnicas se determinan la incorporación de aditivos para generar la estabilización mecánica y contra la erosión producida por el agua, incrementando estas la resistencia a la compresión, la abrasión y además mejorando el aislamiento térmico, por lo que en esta investigación se añadió carragenina, que es un grupo natural de los polisacáridos y que están presentes en la alga roja, ya que su gran capacidad de gelificación (proceso de espesar y estabilizar soluciones líquidas, emulsiones y suspensiones), en este estudio se pretende medir los efectos de la adición del biopolímero en soluciones del 0.5% al 2% en la relación de masa a volumen de carragenina diluida en agua destilada, cuya adición en la elaboración de bloques de tierra

estudia su durabilidad contra el agua y sus resistencias mecánicas. (Nakamatsu y otros, 2017). Se emplearon los siguientes ensayos para medir la durabilidad frente al agua como: Permeabilidad de agua con un cierto ángulo de contacto, Erosión por agua mediante prueba de goteo, y Envejecimiento al aire libre con ángulo de contacto y prueba de goteo. Para la fabricación de los elementos de prueba se aplicaron de dos formas distintas, **la primera** se mezclaron los 3 tipos de soluciones (0.5%, 1% y 2% de en la relación de masa a volumen de carragenina diluida en agua destilada) con el material del suelo de forma manual por 5 minutos hasta obtener una mezcla homogénea, y en la **segunda**, se revistieron los elementos con la carragenina, simplemente sumergiéndolos en esta. Para los ensayos de durabilidad, se hicieron muestras cilíndricas de 55mm de diámetro y 10 mm de altura, dejadas bajo un ambiente controlado en 20°C y al 60% de humedad por una semana. Para el estudio de las propiedades mecánicas (ver Anexos **Figura 32**) solo se utilizó la Solución III (2%) en la fabricación de los especímenes, de los cuales los especímenes cilíndricos de 34 mm de diámetro y de 71 mm de altura fueron ensayados a compresión y en la prueba de Split, y para el ensayo de flexión de tres puntos fueron usados especímenes prismáticos de 42x44x125 mm, los cuales fueron secados en condiciones ambientales normales con un contenido de humedad relativo al 4%, recalcando que las muestras patrón y la sumergidas fueron solo elaboradas con tierra y agua. (Nakamatsu y otros, 2017) En la prueba de permeabilidad del agua y erosión, se midió el ángulo de contacto, donde las muestras de control sin carragenina el agua se absorbió inmediatamente y completamente por lo que no resistió a la erosión, en cambio los que fueron tratadas con recubrimiento de carragenina se obtuvo ángulos que van desde 101-104 (ver en Anexos **Figura 33**), **indicado hidrofobicidad**, mientras que por otro lado las muestras con incorporación de carragenina no mejoró la repelencia al agua. (Nakamatsu y otros, 2017) En cuanto al ensayo de erosión por agua, las muestras sin

carragenina luego de un minuto presentaron un daño completo perdiendo su figura, en el caso de las muestras en las que se han incorporado la carragenina, esta proveyó una mediana protección que es significativa contra este tipo de erosión y aquellas muestras en las que se revistió con carragenina, resistieron significativamente, que pasados los 4 minutos del ensayo aún mantenían su forma, pero ya estaban siendo dañados significativamente. Para los ensayos de las propiedades mecánicas, sólo se empleó la Solución III (2%), cuyo resultado fue un incremento del 85%, 33% y 52% para en ensayo a compresión, prueba Split y la de flexión respectivamente. (Nakamatsu y otros, 2017)

A nivel nacional

En nuestro país, también se desarrollan investigaciones diversas sobre la vulnerabilidad de las construcciones con tierra respecto de la humedad, no sólo como fenómenos climatológicos, sino de inundaciones, producto de las lluvias intensas.

Como se muestra en la tesis de investigación titulada “***Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones***” en la que se diseñaron cuatro (04) tipos de muros para ser sometidos a una inundación en un canal en U (ver en Anexos **Figura 34**) de concreto armado impermeabilizado de profundidad para el ensayo de treinta (30) centímetros. Los muros fueron, el muro patrón (MP), el muro con sobrecimiento de concreto simple (MC) y muro con base de adobe estabilizado con cemento (ME) y un muro tarrajado con concreto simple (MT). El canal U, está compuesto por cuatro (04) secciones de dimensiones iguales para cada lado y separados herméticamente uno del otro, logrando su independencia de agua con la finalidad de tener medidas precisas respecto de la

capilaridad, absorción y el desempeño en el tiempo en el que está sumergido el muro. (Cabrera Arias & Huaynate Granados, 2010)

La colocación de cada uno de los muros (todos ellos de 1.65m de largo, 1.50 m de alto y de 0.13 m de espesor de forma general), en los canales independientes con sus medidas de nivel de agua (ver Anexos **Figura 35**), permitió la evaluación de la afectación directa por el agua en el caso de una inundación, obteniendo que el muro patrón (MP) colapsó a los 20 minutos de iniciada la prueba, el muro con adobes estabilizados (ME) después de 17 días se demolió manualmente, donde el ascenso por capilaridad fue de un poco más de 6 hiladas en altura (3 de adobe estabilizado y 3 de adobe común); en el muro de sobrecimiento de concreto simple, el ascenso del agua se detuvo a los 9 cm por encima del nivel del agua, sin afectar el muro de adobes manteniéndose en pie por los 17 días; Ecuanto al muro tarrajado en su base, presentó un ascenso del agua por encima del tarrajeo (hilada 6) y desde la hilada tres (03) al partir retirar el tarrajeo se encontraron adobes completamente inconsistentes. (Cabrera Arias & Huaynate Granados, 2010)

En la siguiente investigación de posgrado titulada “**Estudio de las Propiedades Mecánicas y Físicas del Adobe con Biopolímeros de Fuentes Locales**” en el que se usa dos biopolímeros naturales de origen peruano que son la quitosana y la carragenina que son incluidas en el material para modificar las propiedades mecánicas y características físicas. La quitosana fue comprada de la empresa Sigma-Aldrich, este biopolímero fue incluido en soluciones de concentración entre el 1% y 3%; y la K-carragenina se adquirió del yuyo (*Chondracanthus chamissoi*) que es un alga común de color roja y que está suelta en agua de mar que es de fácil obtención. Se desarrollaron dos grupos de especímenes, **el primer grupo** se conformó mezclando una solución del 3% de quitosana con tres (03) partes de tierra. En el **segundo grupo** consistió en un recubrimiento de los especímenes con

soluciones acuosas de quitosana en concentraciones de 1% y 3% y de carragenina en 2%. Los especímenes patrón utilizados se formaron con agua destilada. (Ramírez Caparó, 2018). En esta investigación se empleó el **ensayo de Swinburne** modificado para medir la erosión acelerada en especímenes de 55 mm de diámetro y 7 mm de altura, es decir unas placas de tierra, obteniéndose que con la adición de las láminas que recubren los especímenes con quitosana y carragenina incrementa la impermeabilización de las superficies y la acción conjunta de incorporación de estos biopolímeros (ver en Anexos **Figura 36**) en la mezcla para elaborar los especímenes inclusive aumenta las resistencias mecánicas al doble de lo que la muestra patrón indica. (Ramírez Caparó, 2018)

A nivel local

En lo que respecta a investigaciones **de ámbito local**, se tienen algunas tesis en las que se hacen pruebas de humedad directamente a los “*Bloques de Tierra Comprimidos (BTC)*” que son estabilizados con algunos componentes orgánicos e inorgánicos, por lo que se presentarán a continuación las investigaciones realizadas en la ciudad de Cajamarca, de sus distintas universidades. En la investigación de pregrado titulada “***Propiedades Mecánicas e Hidrofóbicas de adobes compactados al incorporar estearato de zinc***” (2019), indica la que se incorporó a la tierra el estearato de zinc en porcentajes de 1%, 2% y 3% del peso del suelo usado en la elaboración de adobes compactados, donde las resistencias mecánicas a compresión fueron superiores a lo que la muestra patrón mostró, superiores en 26%, 14% y 3% más respectivamente al orden de los porcentajes en cuanto a la resistencia mecánica a tracción por flexión la incorporación del estearato de zinc, disminuyó la resistencia a 53%, 51% y 38% respecto del espécimen patrón, y para medir la hidrofobia se decidió aplicar el ensayo de albañilería de la Norma E0.70 – Albañilería sumergiendo las unidades el agua, se dejó notar que con la

incorporación del estearato de zinc en mayor porcentaje al 3% logró repeler el agua en más del 20% respecto del patrón, a pesar de que los elementos fueron desintegrándose al pasar las 24 horas, se registraron tiempos de ruptura/agrietamiento del adobe en 12 horas 25 minutos, 15 horas 17 minutos, 18 horas 46 minutos con los porcentajes de 1%, 2% y 3% del estearato de zinc, demostrando que esta incorporación aporta o genera cierta hidrofobicidad en estos elementos. (Cáceres Vásquez, 2019)

2.2 Marco doctrinal de las teorías particulares en el campo de la ciencia en la que se ubica el objeto de estudio

2.2.1 Construcciones de tierra

La tierra, como elemento de construcción ha sido un material tradicional predominante junto con las maderas y grandes hojas vegetales desde los tiempos remotos. Las construcciones de este material datan de más de 9 000 (nueve mil) años aproximadamente, ya que en Turquestán ubicada en Asia Central fueron descubiertas construcciones de tierra que hacían la función de vivienda que fueron datadas del 8 000 – 6 000 a.C. Otro aspecto importante de estas edificaciones, es que también fueron y son usadas hasta la fecha como lugares de culto, inclusive algunas son fortalezas. (CRAterre, 2021)

Figura 1

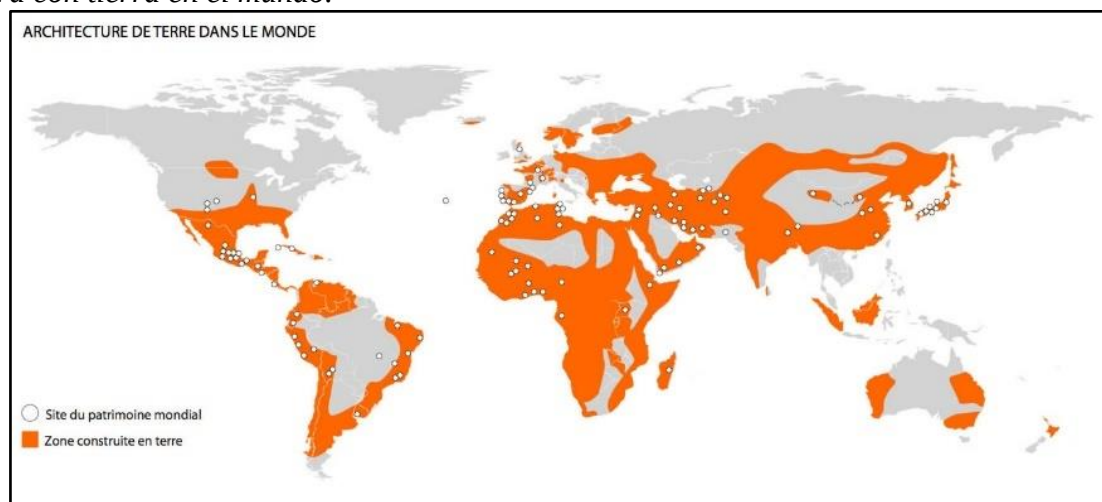
Construcciones de tierra en mundo por conservación y asentamiento humano.



Nota: El gráfico representa los diferentes puntos en el mundo en el que hay conservación de las construcciones de tierra y los establecimientos humanos. Adaptado de: “*Galería de Imágenes de CRAterre*” (CRAterre, 2021).

Figura 2

Arquitectura con tierra en el mundo.



Nota: El gráfico representa los diferentes zonas y puntos de patrimonio monumental en el mundo de las construcciones de tierra y. Adaptado de: “*Galería de Imágenes de CRAterre*” (CRAterre, 2021).

Al igual que CRAterre de Francia, alrededor del mundo existen instituciones y centros de investigación que estudian las mejoras en la calidad de las técnicas de

construcción en los materiales de tierra. Existen: la Universidad Católica de Kassel ubicado en Alemania; el Centre Cientifique et du Batiment Técnica ubicado en Paris, en Lyon el Institut National des Sciences Appliques; el Centro de Investigación y Aplicación del Material Tierra en Grenoble, todos ellos en Francia y además de la existencia de un centro en nuestro continente en Califoris Estados Unidos, llamado Cal-Earth que es el Instituto de California del Arte de la Tierra y Arquitectura. (Trigo Salas, 2015)

Las construcciones y edificaciones con tierra, presentan varias ventajas, respecto a la construcción de material noble (acero, concreto y ladrillo) como se describen a continuación: (Trigo Salas, 2015)

- **Inercia térmica:** la tierra hecha barro almacena calor para luego liberarla, lo que permite que el clima de las habitaciones se mantenga fresco.
- **Aislamiento acústico:** estas construcciones forman una barrera eficaz cuando ruidos ambientales son fuertes en el caso de rayos o lluvias intensas, ya que transmiten mal las ondas sonoras.
- **Sostenibilidad:** en el estado actual de calentamiento global, estas viviendas son de un material reutilizable, reciclable e inocuo.
- **Disponibilidad:** fácil de obtener de cualquier lugar y se le puede adicionar cualquier estabilizante orgánico o artificial para mejorar sus propiedades mecánicas.
- **Idóneo para la autoconstrucción:** las unidades de albañilería de este tipo de construcciones no se presta su elaboración la mano de obra calificada, pero para la construcción se requiere un personal capacitado y con experiencia en la construcción de estas.

2.2.2 Normativa en el mundo

Como se mencionó sobre la existencia de las construcciones de tierra en el mundo, también corresponde a hablar sobre la normativa vigente alrededor del mundo para las construcciones con tierra, las cuales que con criterios de ingeniería y basados en las experiencias de las investigaciones y de expertos en el tema se han ido formando.

Cabe rescatar, que es muy probable que a la fecha existan o se estén publicando nuevas normativas en algunos países, o modificaciones de las mismas por los entes gubernamentales que conforme a los estudios realizados por sus universidades más sobresalientes, pueden ir incorporando nuevas técnicas o materiales para mejorar las condiciones de las unidades y revestimientos de las construcciones de tierra. Un ejemplo claro es la norma peruana del Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E0.80, que en un primer momento se llamaba “E. 080 Adobe” y paso a llamarse “E.080 Diseño y Construcción con tierra”, para tal efecto se va a mostrar, un cuadro de recopilación de normas, como lo menciona Falcedo. J, Mazarrón, F y Cañas. I (2011) en su publicación llamada “Las normativas de construcción con tierra en el mundo”:

Figura 3

Reglamentos alrededor del Mundo sobre Construcciones de Tierra

País	Norma/Reglamento	Organismo	Estabilización	Adobe	BTC	Tapial	Notas
Brasil	NBR 8491, 1986.	ABNT	X		X		BTC Estabilizado con cemento específico, métodos de ensayo.
	NBR 8492, 1986.						Procedimiento fabricación BTC con prensa manual/hidráulica.
	NBR 10832, 1989.						Especificaciones y métodos de ensayo de bloques de suelo-cemento.
	NBR 10833, 1989.						
	NBR 10834, 1994.						Métodos de ensayo para suelo-cemento.
	NBR 10835, 1994.						
	NBR 10836, 1994.						
	NBR 12023, 1992.						
	NBR 12024, 1992.						
	NBR 12025, 1990.						
	NBR 13554, 1996.						
Colombia	NBR 13555, 1996.						Tapial con cemento.
	NBR 13553, 1996						
Colombia	NTC 5324, 2004.	ICONTEC	X		X		Estabilizado con cemento.
EE.UU	NMAC, 14.7.4, 2004	CID		X	X	X	Reglamento estatal de Nuevo México.
	ASTM E2392 M-10	ASTM		X		X	
España	UNE 41410:2008	AENOR			X		Primera norma Europea.
Francia	XP P13-901,2001	AFNOR			X		Norma Experimental.
India	IS 2110: 1980	BIS	X			X	Paredes de suelo-cemento
	IS 1725: 1982	BIS	X		X		
	IS 13827: 1993	BIS		X		X	Directrices resistencia a terremotos.
Italia	Ley n° 378, 2004			X	X	X	Leyes para la conservación del patrimonio de tierra.
	L.R 2/062 2006						
Kenya	KS 02-1070: 1999.	KEBS	X		X		
Nigeria	NIS 369:1997	SON	X		X		
Nueva Zelanda	NZS 4297, 1998.	SNZ		X	X	X	
	NZS 4298, 1998.						
	NZS 4299, 1999.						
Perú	NTE E.080, 2000	SENCICO		X			
	NTP 331.201, 1979.	INDECOPI	X	X			
	NTP 331.202, 1979.						
	NTP 331.203, 1979.						
Regional África	ARS 670, 1996.	ARSO			X		
	ARS 671, 1996.						
	ARS 672, 1996.						
	ARS 673, 1996.						
	ARS 674, 1996.						
	ARS 675, 1996.						
	ARS 676, 1996.						
	ARS 677, 1996.						
	ARS 678, 1996.						
	ARS 679, 1996.						
	ARS 680, 1996.						
	ARS 681, 1996.						
	ARS 682, 1996.						
	ARS 683, 1996.						
Sri Lanka	SLS 1382-1: 2009.	SLSI	X		X		Bloques de suelo comprimido estabilizados
	LSL 1382-2: 2009						
	LSL 1382-3:2009						
Túnez	NT 21.33.1996.	INNORPI			X		En francés.
	NT 21.35:1996						
Turquía	TS 537, 1985	TSE	X	X			En turco.
	TS 2514, 1985						
	TS 2515, 1985						
Zimbabue	SAZS 724, 2001	SAZ				X	

Nota: Normativas de la construcción de tierra en el mundo. Adaptado de: “*Las normativas de construcción con tierra en el mundo*” (Falceto, Mazarrón, & Cañas, 2011)

2.2.3 Humedad en las estructuras, su daño y tratamiento

El control de la humedad en las diversas estructuras como en cualquier edificación cumple un rol importante de proteger a los seres vivos que habitan en estas, protegiendo su salud de los efectos adversos en la salud que puede producir. La gran cantidad de humedad en las edificaciones castiga a las edificaciones en todo el mundo ya sea por las condiciones ambientales, por fugas de las instalaciones sanitarias o por goteras en las cubiertas y techos. La situación de humedad produce daños a la salud y a las edificaciones, en cuanto a los daños a la salud producidos en los seres humanos por la humedad son: tos, disnea, desarrollo de asma y la respiración dificultosa. Y en el daño a las edificaciones se detecta en la propagación de bacterias, hongos y moho en su parte superficial, en la parte interna de estas, la humedad puede dañar al acero por corrosión, erosiones y desprendimiento de los materiales de construcción, inclusive el colapso de revestimientos, pinturas, muros y de la edificación completa por la acción constante de la humedad, en muchos casos la humedad en los cimientos puede producir asentamientos diferenciales de toda las estructuras. (United States Environmental Protection Agency - EPA, 2016).

Para el tratamiento de la humedad y tener una edificación que perdure en el tiempo, se consideran tres principios, **la primera** es conservar el agua en estado líquido fuera de la construcción. controlando el movimiento de agua por drenes y evitar a toda costa las filtraciones de las lluvias o nevadas, y de tener un buen control sobre las instalaciones sanitarias en la edificación. **La segunda**, tiene que ser el control de la condensación tanto en interiores como en exteriores, ya que el viento lleva el vapor de agua y al descender la temperatura forma las gotículas que pueden afectar a las estructuras. **La tercera**, es la de usar materiales tolerantes a la humedad ya que de esta forma el daño de las áreas que tengan probabilidad de mojarse o que se mojen por

accidente no causen daños a la estructura. (United States Enviromental Protection Agency - EPA, 2016).

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Prueba de resistencia de arcilla

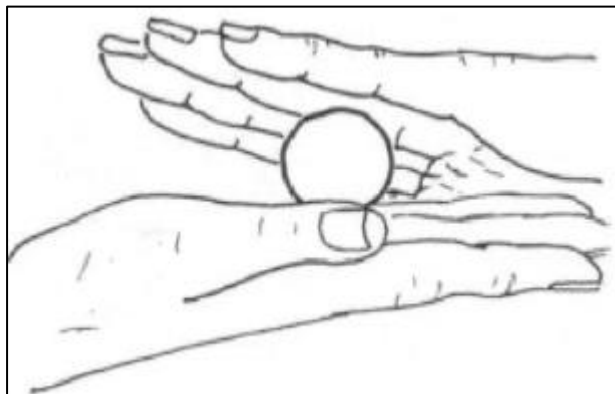
La norma técnica peruana Norma E.080 “Diseño y Construcción con tierra”, establece una aplicación obligatoria para la construcción de edificaciones de tierra reforzada, en lo que respecta al adobe reforzado y tapial reforzado, con la finalidad de otorgarle a estas edificaciones un comportamiento bueno frente a la acción de los sismos, que permita salvaguardar la vida de los ocupantes de la misma. Establece los requisitos mínimos y los criterios técnicos adecuados para la construcción de este tipo de viviendas, además de conceder cierta durabilidad a estas construcciones de tierra frente a los fenómenos naturales y antrópicos. (Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, 2017)

La norma considera ensayos de esfuerzo de rotura mínimos y esfuerzos admisibles para las unidades de adobe o tapial que se pueden realizar para garantizar la construcción segura de estas edificaciones, considerando una resistencia última a compresión en seis (6) especímenes de los cuales se tomarán los cuatro (4) mejores resultados para obtener un promedio.

Para la elaboración de los especímenes a desarrollados en la investigación se tomó en cuenta el Anexo N° 2 “Prueba de Presencia de Arcilla” o “Resistencia Seca”, de la norma E.080, y la referencia de 6 especímenes para cada uno de los ensayos y pruebas a realizar conforme está estipulado en la sección de muestras de esta investigación.

Figura 4

Realización de bolitas de tierra



Nota: Tomado de la Norma E0.80 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2017)

2.3.2 Ensayos de absorción por sumergimiento y goteo

Los ensayos de absorción en las unidades de albañilería de tierra, no se encuentran establecidas en ninguna norma, a pesar de que la humedad es la que más afecta a estas unidades, con lo que se puede tomar en consideración el ensayo de absorción que se hace para los ladrillos de arcilla cocida y otra que intentará simular el goteo y su contacto con el espécimen.

El ensayo de absorción por sumergimiento que se le hace a los ladrillos comprende en sumergir a la unidad en agua fría por veinticuatro (24) horas, siempre y cuando la unidad o espécimen ensayado no se haya deshecho. (Gallegos & Casabonne, 2005). El cálculo de este ensayo se muestra en el la Ecuación 1.

De la misma forma para el **ensayo de absorción por goteo**, se plantea realizar el ensayo mediante la caída libre de gotas de agua sobre los especímenes dosificando las gotas en dos ciclos distintos en 5 y 10 gotas/minuto hasta el primer desprendimiento del material, para luego hacer los cálculos respectivos de la absorción, conforme se presenta en la Ecuación 1.

Ecuación 1 *Absorción (Abs)*

$$Abs(\%) = \frac{P_2 - P_1}{P_1} * 100 \dots (1)$$

Donde: *Abs* → *Absorción (%)*

P₂ → *Peso de la Unidad Saturada (gr)*

P₁ → *Peso de la Unidad Seca(gr)*

Fuente: Gallegos & Casabonne

2.3.3 Ensayo de resistencia a compresión

La resistencia a la compresión (f'_b) para las unidades de ensayo está determinada por la carga de rotura (P_u) sobre el área de contacto bruta (A) de la unidad. Se considera el área bruta para evitar errores de cálculo y comprar las resistencias directamente (Gallegos & Casabonne, 2005).

Ecuación 2 *Resistencia a la compresión*

$$f'_b = \frac{P_u}{A} \dots (2)$$

Donde: f'_b → *Resistencia a la Compresión (kg/cm²)*

$P_u \rightarrow \text{Carga Aplicada en (kg)}$

$A \rightarrow \text{Área de aplicación de la carga (cm}^2\text{)}$

Fuente: Gallegos & Casabone

Donde las características mínimas que debe tener la unidad seca, según la norma E0.80 son las siguientes:

- La resistencia última se calcula conforme a la siguiente expresión $f_0 = 1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$.
- Los especímenes deben de cumplir con que el promedio de las cuatro mejores de seis muestras, sean iguales o mayores a lo establecido en la resistencia última indicada.

2.3.4 Jabón metálico: estearato de zinc

El estearato de zinc ($\text{C}_{36}\text{-H}_{70}\text{-O}_4\text{-Zn}$) es un polvo de color blanco que se produce de la reacción de sales de zinc y de un ácido graso, cuyo resultado es un jabón metálico, se usa como agente desmoldante, lubricante para metalurgia de polvos, estabilizante de plástico, mateante para pinturas y anti aglomerante para los extruidos de hule (Corporación Sierra Madre, 2021), este compuesto es comprado a la empresa Full S.A.C²

Este compuesto químico es insoluble en disolventes polares por ejemplo el agua, alcohol y éter de allí se nota la propiedad que repele al agua, que es llamada propiedad hidrofóbica, sin embargo, es soluble con los hidrocarburos aromáticos como el benceno (C_6H_6), la acetona ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) el cual vamos a usar en esta investigación, entre otros. Según la clasificación de riesgos de la National Fire Protection Association (NFPA), tiene

² Página web empresarial <http://www.fullcorporationperu.com/>

Peligro para la Salud de uno (1), peligro de inflamabilidad de uno (1), Riesgo de Inestabilidad de cero (0) y de Peligro especial ninguno (Reactivos Química Meyer, 2016), por lo que lo hace un componente de fácil uso y de menor riesgos para las construcciones de tierra.

Figura 5

Clasificación de la NFPA para el estearato de zinc



Nota: Adaptación de los estándares NFPA del Estearato de Zinc (Reactivos Química Meyer, 2016)

2.4 Definición de términos básicos

Para la investigación se han determinado los siguientes términos básicos a tener en cuenta conforme lo proyectado:

- **Acetona:** Líquido incoloro, volátil y de olor característico, que se emplea en esta ocasión como el disolvente del estearato de zinc. (Diccionario de la Real Academia Española, 2021)
- **Estearato de zinc:** Polvo blanco insoluble en agua, que tiene la capacidad de repeler totalmente a ésta, es el aditivo que se añadirá diluido en acetona tanto en la mezcla como en bañado. (Corporación Sierra Madre, 2021)
- **Resistencia a la humedad:** capacidad de un material o sistema para mantener sus propiedades y funcionalidad cuando se expone a la humedad o al agua. En otras palabras, es la resistencia que tiene un material a absorber agua y a deteriorarse por la acción de la humedad. (FDM, 2025).
- **Espécimen de Tierra:** Material de construcción que está compuesto de cuatro (4) componentes básicos: limo, arena fina, arcilla y arena gruesa. Del cual se realizará un espécimen esférico que se forma con la tierra humedecida, el cual será sometido a los ensayos de absorción por sumergimiento y goteo (Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, 2017)

CAPITULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis: general

Al incorporar estearato de zinc diluido con acetona en dosis de 1%, 2% y 3% del peso del suelo en mezcla o bañado externo a los especímenes de tierra, variará la resistencia a la humedad hasta en un 5%.

3.2 Variables / categorías

3.2.1 Variable independiente

% *Estearato de Zinc diluido en Acetona*: jabón metálico que es insoluble en disolventes polares como el alcohol y éter, pero soluble en hidrocarburos aromáticos como la acetona, no contiene electrolitos y tiene un efecto hidrofóbico.

3.2.2 Variable dependiente

Resistencia a la Humedad: Es aquella resistencia que presentan los especímenes de tierra con la incorporación de estearato de zinc diluido con acetona cuando se someten a la acción natural del agua, ya sea por contacto o por sumergimiento.

3.3 Operacionalización / categorización de los componentes de las hipótesis

Tabla 1

Consistencia y operacionalización de la investigación

<u>TÍTULO</u>	"Estudio de la resistencia a la humedad en especímenes de tierra, con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona."				
<u>HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN</u>	<u>OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES</u>				
	<u>TIPOS DE VARIABLES</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>UNIDAD DE MEDIDA</u>	<u>INDICADORES/ CUALIDADES</u>	<u>FUENTE DE RECOLECCIÓN DE DATOS</u>
Al incorporar estearato de zinc diluido en acetona con dosis entre el 1%, 2% y 3% del peso del suelo en la mezcla o bañado externo a los especímenes de tierra, variará la resistencia a la humedad hasta en un 5%.	<u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u>				
	Estearato de Zinc (1%, 2% y 3%) diluido en Acetona	Jabón metálico que es insoluble en disolventes polares como el alcohol y éter, pero soluble en hidrocarburos aromáticos como la acetona, no contiene electrolitos y tiene un efecto hidrofóbico.	Porcentaje (%) del peso del suelo	Cantidad de Estearato de Zinc con respecto al peso seco de la tierra, diluido en acetona. 0% de Estearato de Zinc diluido en Acetona 1% de Estearato de Zinc diluido con Acetona 2% de Estearato de Zinc diluido en Acetona 3% de Estearato de Zinc diluido en Acetona	Formatos de apuntes con los pesos del Estearato de Zinc, para ser diluidos en Acetona.
	<u>VARIABLE DEPENDIENTE</u>				
	Resistencia a la Humedad	Es aquella resistencia que presentan los especímenes de tierra con la incorporación de estearato de zinc diluido con acetona cuando se someten a la acción natural del agua, ya sea por contacto o por sumergimiento.	Porcentaje (%)	Variación de la Resistencia a la Humedad de los especímenes tratados.	Formatos de datos de las pruebas de inmersión en agua y de goteo para la determinación de la resistencia a la humedad de los especímenes.

CAPITULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1 Ubicación geográfica (de acuerdo a la naturaleza de la investigación)

Para la obtención de la tierra como insumo principal se obtuvo de la cantera de Cruz Blanca, previamente esta tierra ha sido estudiada con anterioridad (investigación anterior a esta, cuyos resultados y ensayos se encuentran en los anexos de este documento) y cuyos resultados se aplicarán para conformar los especímenes. La ubicación geográfica para la obtención de este material es:

Tabla 2

Ubicación geográfica de la tierra extraída para especímenes

Descripción	Dato/Información
Región / Departamento	Cajamarca
Provincia	Cajamarca
Distrito	Cajamarca
Coordenada E	774927.44
Coordenada N	9204417.81
Zona	17 S
Sistema de Coordenadas	UTM
Datum	WGS84

Figura 6

Ubicación geográfica de la cantera.



Nota: Imagen satelital tomada del Software Google Earth.

La investigación se realizó en la Universidad Nacional de Cajamarca como en el domicilio del tesista, para el cual se ha configurado un lugar especial donde se utilizan elementos necesarios para la elaboración de los especímenes, secado de los mismos y mediciones de masa correspondientes.

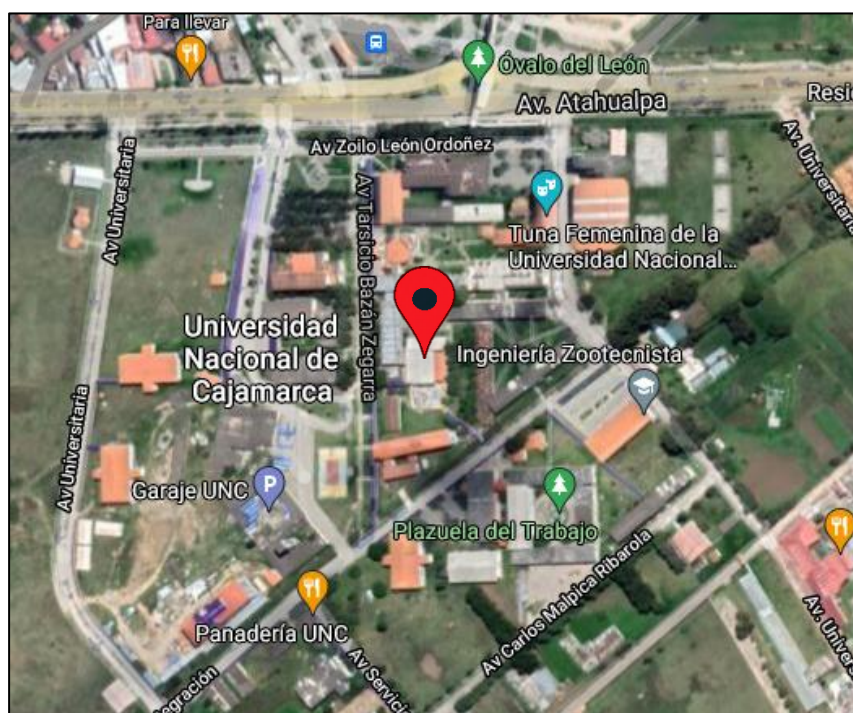
Tabla 3

Ubicación geográfica de la Universidad Nacional de Cajamarca

Región / Departamento	Universidad Nacional de Cajamarca	
Provincia	Cajamarca	
Distrito	Cajamarca	
Coordenada E	776494.43	
Coordenada N	9207078.33	
Zona	17 S	
Sistema de Coordenadas	UTM	
Datum	WGS84	
Dirección	Av. Atahualpa N° 1050	-

Figura 7

Ubicación geográfica de la Universidad Nacional de Cajamarca y del laboratorio de ensayo de materiales



Nota: Imagen satelital tomada de la aplicación Maps de Google.

4.2 Tipo de la investigación

La investigación es del tipo Aplicada, porque pretende resolver problemas en específico, debido a que emplea conocimientos ya existentes en cuanto al tema de hidrofobicidad de los especímenes de tierra a fabricar.

4.3 Nivel de la investigación

La investigación es del nivel Exploratorio, debido a que la incorporación de estearato de zinc diluido con acetona para mejorar la resistencia a la humedad en los especímenes de adobe es poco estudiada o en su defecto poco conocido.

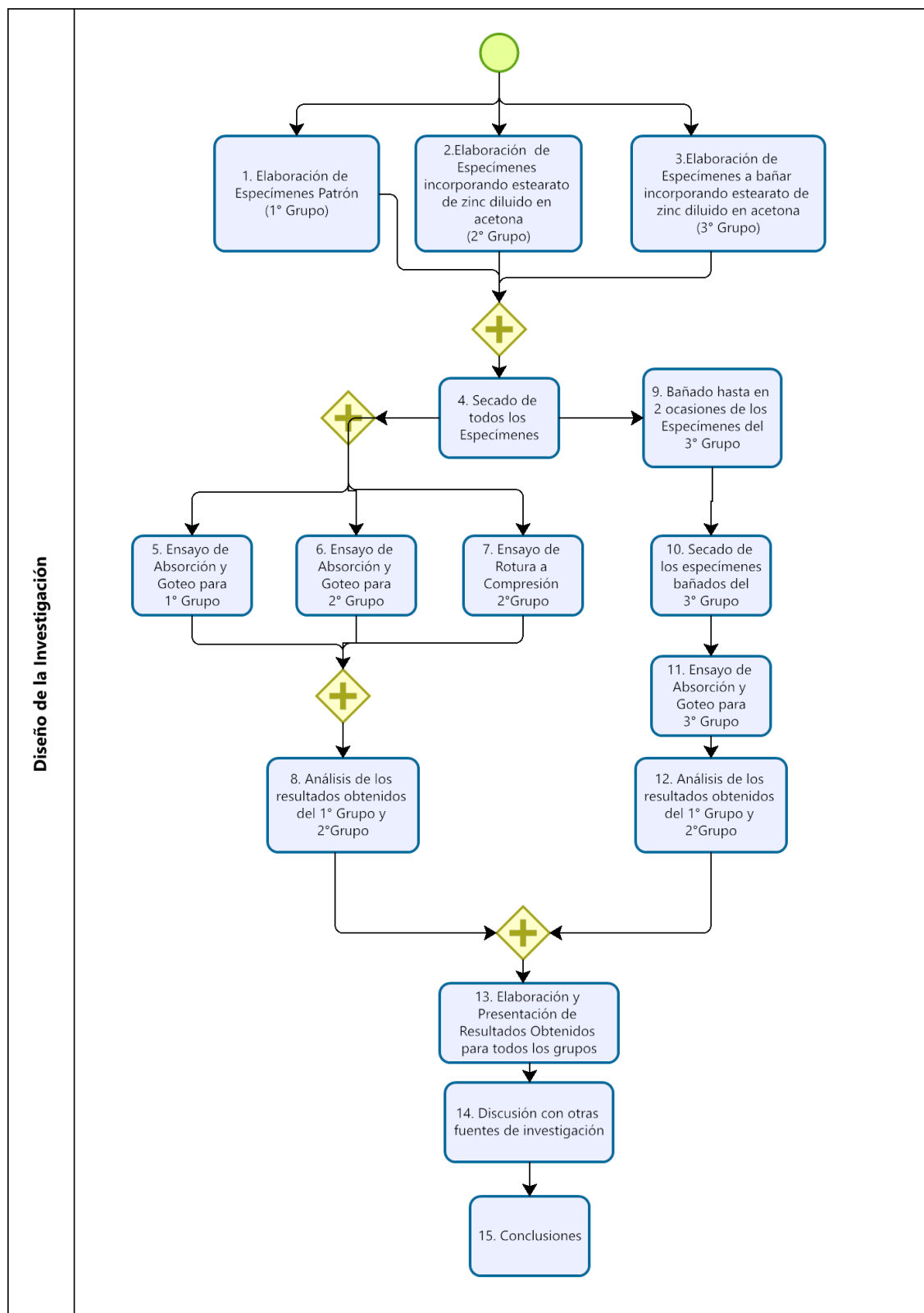
4.4 Diseño de la Investigación

La investigación es completamente Experimental y comprende los siguientes pasos ordenados para ser replicados:

- **Revisión bibliográfica:** A partir de la cual se obtiene información de investigaciones (tesis, artículos científicos entre otros) y experimentos relacionados al tema de investigación.
- **Aprovisionamiento de materiales:** Comprende la consecución de los insumos y equipos a utilizar, en este caso la tierra, agua, acetona y el estearato de zinc, balanzas y beakers calibrados y graduados respectivamente.
- **Elaboración de los especímenes:** Comprende la elaboración de las esferas del material (En referencia al Anexo N° 02 de la E.080 del RNE), tanto los especímenes patrón (primer grupo), especímenes (esféricos y cúbicos de arista 0.1m) con la incorporación del estearato de zinc diluido en acetona (segundo grupo), y aquellos para el bañado de los especímenes con el estearato de zinc diluido en acetona (tercer grupo), estos en dosis de 1%. 2% y 3% del peso del suelo.

- **Secado de los especímenes:** Comprende el secado de éstos en un ambiente con sombra y protección de la intemperie por veintiocho (28) días, tanto para el patrón (primer grupo), para aquellos que tienen la disolución incorporada (segundo grupo) y aquellos que van a ser bañados con la disolución (tercer grupo).
- **Ensayo de absorción y goteo para primer y segundo grupo:** Este ensayo se realizará después del secado en cinco (05) días solo para las muestras patrón y para los incorporados con la disolución y es aquí se toman los datos.
- **Ensayo de rotura a compresión** par el segundo grupo: Este ensayo se realizará despues del secado en sombra en veintiocho (28) días en el laboratorio de la UNC.
- **Bañado de los especímenes:** Se hará en paralelo con el paso anterior tomando el mismo tiempo de cinco (05) días, con esto se procede a completar los especímenes para los ensayos de absorción y goteo para el tercer grupo; y se hará este bañado hasta en dos ocasiones.
- **Análisis de datos y presentación de los resultados obtenidos primer y segundo grupo:** este paso comprende el análisis y la obtención de los resultados tanto del primer grupo como del segundo, tomándose un tiempo de veinte (20) días.
- **Secado de los especímenes del tercer grupo:** se hará en paralelo con el anterior paso, para asegurar el correcto secado de estos especímenes, tomándose para ello veinte (20) días.
- **Ensayo de absorción y goteo para el tercer grupo:** Este ensayo se realizará en cuatro (04) días solo para el tercer grupo, es decir las muestras bañadas con la disolución y aquí se toman los datos.

- **Análisis de datos y presentación de los resultados obtenidos tercer grupo:**
este paso comprende el análisis y la obtención de los resultados tercer grupo, tomándose un tiempo de quince (15) días.
- **Discusión y Conclusiones:** Se discuten los resultados obtenidos en la investigación frente a otras de similar índole, para obtener conclusiones importantes de la investigación.

Figura 8*Diagrama de flujo del diseño de la investigación*

4.5 Métodos de investigación

El método lógico de investigación es el ***hipotético deductivo***, ya que responde a los siguientes pasos:

- **Observación de los fenómenos a estudiar:** como es el desgaste del material de tierra en edificaciones y sus acabados por la humedad y el estearato de zinc un material completamente hidrofóbico que no es soluble en agua que añade su propiedad a los especímenes de tierra a elaborar.
- **Proposición de una hipótesis:** que surge con la idea de mezclar la tierra y el estearato de zinc diluido con acetona con la finalidad de integrar este en cierto porcentaje a la tierra y dotarle de propiedades hidrofóbicas es decir que repela al agua.
- **Verificación de la hipótesis propuesta mediante experimentación:** en la que se comprobará la característica hidrofóbica de los especímenes en los que se ha integrado o bañado con el estearato de zinc diluido en acetona, mediante los ensayos de absorción y goteo.

El método empírico de investigación está relacionado a la ***experimentación científica***, y responde a los siguiente:

- **Experimentación científica:** netamente dirigida al sumergimiento de los especímenes (patrón, integrados con la disolución y bañados con la disolución de 1%, 2 % y 3%) en agua para la absorción y la normalización del ensayo de goteo en las muestras, tomando como referencia al Ensayo de Swinburne y adaptándolo para este experimento.

4.6 Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

4.6.1 Población y muestra

Población

Son todos los especímenes elaborados con la tierra obtenida de la cantera de Cruz Blanca.

Muestra

Es tomada a conveniencia (seis (06) especímenes por cada muestra a ensayar) estos son determinados siguiendo y adaptando las recomendaciones de la Norma E0.80 del Reglamento Nacional de Edificaciones en su última versión (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2020), por lo que es de rasgo no probabilístico.

En estos especímenes se integra en el proceso mezcla y otros son bañados con los diferentes porcentajes de estearato de zinc diluido en acetona, para realizar los ensayos de absorción y goteo.

La distribución de los especímenes de tierra para los ensayos consignados se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4*Ensayos y cantidades de especímenes.*

Tipo de Ensayo	Especímenes Patrón	Incorporación en la mezcla de estearato de zinc en % del peso diluido en acetona			Bañado del espécimen con estearato de zinc en % del peso diluido en acetona			Subtotal
		1%	2%	3%	1%	2%	3%	
Absorción por sumergimiento.	6	6	6	6	6	6	6	42
Absorción por goteo. (5 gotas /minuto) por 10 minutos	6	6	6	6	6	6	6	42
Absorción por goteo. (10 gotas /minuto) por 10 minutos	6	6	6	6	6	6	6	42
Total								126

Nota: La cantidad de muestras son establecidas adaptando la norma E0.80 del RNE.

Tabla 5

Tamaño de muestra ensayos de rotura a compresión.

Tipo de Ensayo	Especímenes Patrón	Incorporación en la mezcla de estearato de zinc en % del peso diluido en acetona			Total
		1%	2%	3%	
Rotura a Compresión.	7	7	7	7	28

Nota: La cantidad de muestras son establecidas adaptando la norma E0.80 del RNE.

4.6.2 Unidad de Análisis

Es la resistencia a la humedad que presentan las viviendas y acabados elaborados con tierra.

4.6.3 Unidades de Observación

Son los especímenes sin incorporación, con la incorporación y bañado de estearato de zinc diluido en acetona (patrón, sumergimiento y goteo).

4.7 Técnicas e instrumentos de recopilación de información

4.7.1 Técnicas

Basada en la técnica del estudio experimental, fundamentado en la manipulación del porcentaje de adición del estearato de zinc diluido en acetona, que será incorporado a la mezcla del espécimen o bañando al espécimen en dosis de 1%, 2% y 3% del peso de la tierra.

4.7.2 Instrumentos de recopilación de información

Se ha desarrollado un protocolo de obtención de datos para el ensayo de absorción en sus modalidades de sumergimiento y goteo, el cual será validado por el técnico de laboratorio mediante la certificación y calibración, además que los resultados obtenidos serán validados y visados por el ingeniero asesor del maestrando. El protocolo de datos que se encuentra en el apartado de anexos, como se muestra en el **Apéndice 5: Protocolo de toma de datos**.

4.8 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

La investigación se enmarca en el análisis cuantitativo mediante la estadística inferencial con la información que se obtenga en los protocolos establecidos (ver Apéndices), serán procesados con ayuda del software computacional de Microsoft Excel que es una hoja de cálculo que permitirá la obtención de los gráficos y la fácil obtención del índice de confiabilidad r^2 , que este dentro de los parámetros estadísticos para la validación de la hipótesis planteada.

4.9 Equipos, materiales, insumos, etc.

4.9.1 Equipos

Malla de 3/8” para tamizar tierra.

Balanza con aproximación de 0.01 gr.

Beaker graduado de 250 y 500 ml

Probetas graduadas de 1000 ml

Recipientes tipo pipeta. (Agua oxigenada o de suero).

Vías endovenosas de uso médico. (para la prueba de goteo).

Recipientes de vidrio para el ensayo de absorción por sumergimiento.

4.9.2 Materiales

Tierra tamizada: Suelo de cantera adobera (Aproximadamente 100 kg).

Agua potable (Aproximadamente 100 litros).

Estearato de zinc (Aproximadamente 12 kg).

Acetona (Aproximadamente 10 litros)

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Presentación de Resultados

5.1.1 Ensayos de suelos

Tabla 7

Resultados de los ensayos de suelos

Nro.	Nombre del Ensayo	Resultado	Unidad de Medida	Anotación
1	Contenido de Humedad	6.66	%	-
2	Granulometría por Lavado	198.80 39.76	gr %	Pérdida por Lavado % pasa el Tamiz # 200
3	Límites de Consistencia			
3.1	Límite Líquido (LL)	31	%	Contenido de Humedad a 25 golpes
3.2	Límite Plástico (LP)	20	%	Promedio de Contenido de Humedad del Límite Plástico
3.3	Índice de Plasticidad (LL-LP)	11	%	Contenido de Humedad
3.4	Clasificación SUCS	SP-SC	SP SC	Arena Pobrementemente Graduada Con Arcilla de Baja Plasticidad
4	Proctor Modificado	12.60 1.963	% gr/cm ³	Contenido de Humedad Óptimo Densidad Seca Óptima

5.1.2 Ensayos de humedad

Tabla 8

Ensayo de sumergimiento de los especímenes

Tipo Especímen	%Abs (Prom.)
Patrón	32.20%
1%-QIA	19.28%
2%-QIA	15.40%
3%-QIA	12.78%
1%-QBA	28.74%
2%-QBA	27.16%
3%-QBA	26.04%

Nota: Los porcentajes mostrados corresponde al promedio de cuatro (04) unidades, ya que las otras dos (02) sus valores son excéntricos y han sido descartados. QIA: Químico Incorporado Añadido y QBA Químico Bañado Añadido.

Tabla 9*Ensayo de goteo de 5 gotas por minuto x 10 min*

Tipo Especimen	%Abs (Prom)
Patrón	0.65%
1%-QIA	0.35%
2%-QIA	0.21%
3%-QIA	0.00%
1%-QBA	0.00%
2%-QBA	0.00%
3%-QBA	0.00%

Nota: Los porcentajes mostrados corresponde al promedio de cuatro (04) unidades, ya que las otras dos (02) sus valores son excéntricos y han sido descartados. QIA: Químico Incorporado Añadido y QBA Químico Bañado Añadido.

Tabla 10*Ensayo de goteo de 10 gotas por minuto x 10 min*

Tipo Especimen	%Abs (Prom)
Patrón	1.72%
1%-QIA	1.43%
2%-QIA	1.39%
3%-QIA	1.35%
1%-QBA	0.42%
2%-QBA	0.09%
3%-QBA	0.00%

Nota: Los porcentajes mostrados corresponde al promedio de cuatro (04) unidades, ya que las otras dos (02) sus valores son excéntricos y han sido descartados. QIA: Químico Incorporado Añadido y QBA Químico Bañado Añadido.

Tabla 11*Tiempo de evaluación de ensayo por sumergimiento*

Tipo Especimen	Tiempo de medición humedad	Tiempo en la que mantiene cierta forma esférica
Patrón	20 min	03 h 20 min
1%-QIA	20 min	12 h 15 min
2%-QIA	20 min	14 h 30 min
3%-QIA	20 min	16 h 18 min
1%-QBA	20 min	03 h 30 min*
2%-QBA	20 min	03 h 30 min*
3%-QBA	20 min	03 h 30 min*

Nota: Todas las mediciones se hicieron a los 20 min, ya que el patrón se desintegraba de forma rápida y la disolución total o vuelta a tierra amorfa se da en la tercera columna. (*: Solo 10 min más que el patrón)

5.1.3 Ensayo mecánico

Tabla 12*Rotura a compresión*

Tipo Especimen	Kg/cm² (Prom)
Patrón	26.97
1%-QIA	28.15
2%-QIA	24.34
3%-QIA	17.76

Nota: Los porcentajes mostrados corresponde al promedio de cuatro (04) unidades, ya que las otras dos (03) sus valores son excéntricos y han sido descartados. QIA: Químico Incorporado Añadido.

5.2 Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.2.1 Análisis de Resultados

Los resultados obtenidos del ensayo de sumergimiento son promedio de cuatro (04) valores de seis (06), ya que al momento de obtener dichos valores estos porcentajes son excéntricos (resultados no son similares a los de la mayoría), esto va de la mano con lo referido a la Norma E0.80, que indica el proceso de eliminación de resultados para obtener un promedio de todos los especímenes ensayados tanto del patrón como de los incorporados y bañados con estearato de zinc diluido en acetona.

Figura 9

Porcentaje de absorción de agua mediante ensayo de sumergimiento

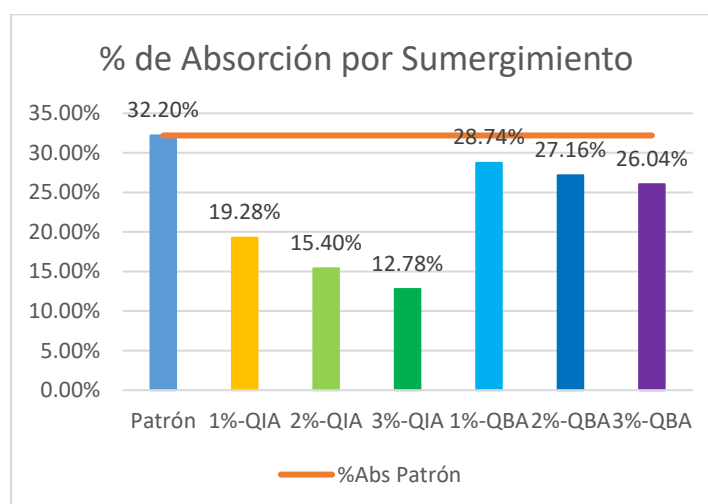


Tabla 13

Variación de absorción por sumergimiento respecto del patrón

Código	%Abs	%	Var. %Abs	Var %
Patrón	32.20%	100.00%	-	-
1%-QIA	19.28%	59.87%	12.92%	40.13%
2%-QIA	15.40%	47.82%	16.80%	52.18%
3%-QIA	12.78%	39.70%	19.42%	60.30%
1%-QBA	28.74%	89.24%	3.46%	10.76%
2%-QBA	27.16%	84.35%	5.04%	15.65%
3%-QBA	26.04%	80.86%	6.16%	19.14%

Figura 10
Tiempo en el que mantiene forma esférica durante el ensayo de sumergimiento

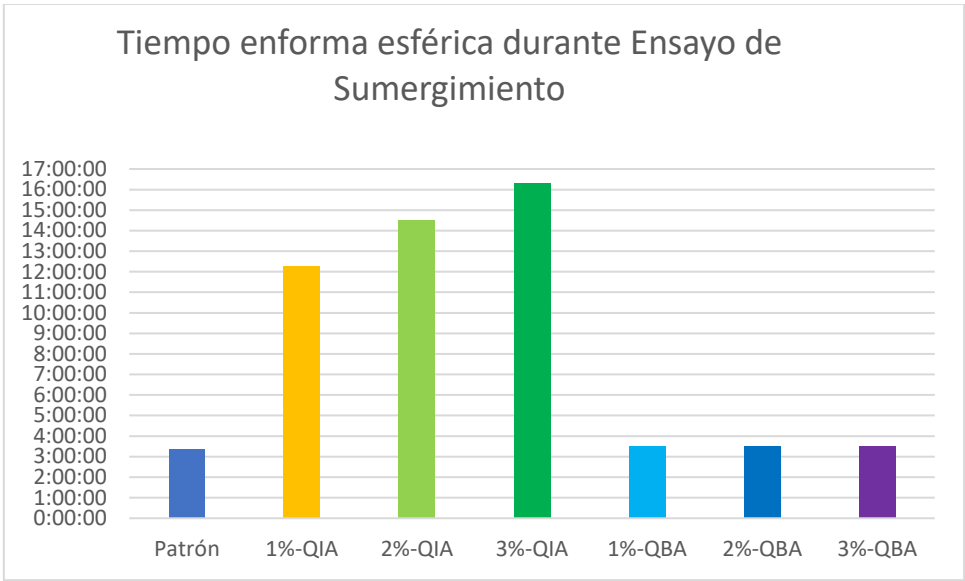


Figura 11
Porcentaje de absorción de agua mediante ensayo de goteo 5 gotas por minuto

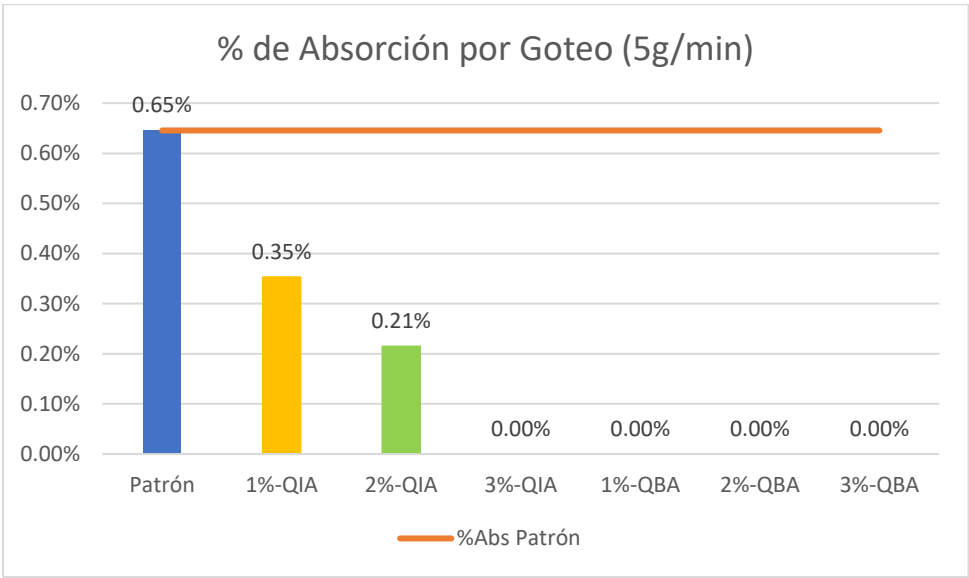


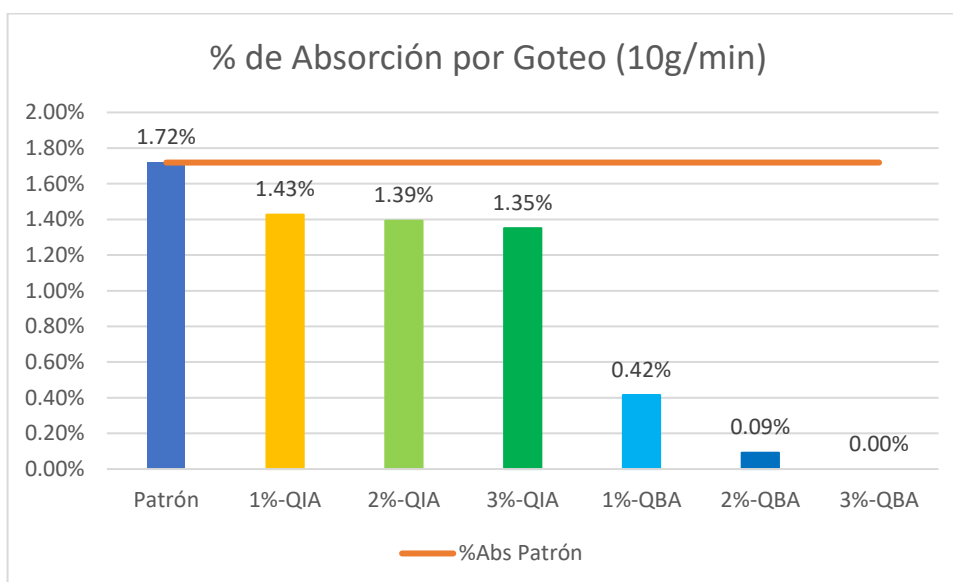
Tabla 14

Variación de absorción por goteo de 5 gotas por minuto respecto del patrón

Código	%Abs	%	Var. %Abs	Var %
Patrón	0.65%	100.00%	-	-
1%-QIA	0.35%	54.64%	0.29%	45.36%
2%-QIA	0.21%	33.23%	0.43%	66.77%
3%-QIA	0.00%	0.00%	0.65%	100.00%
1%-QBA	0.00%	0.00%	0.65%	100.00%
2%-QBA	0.00%	0.00%	0.65%	100.00%
3%-QBA	0.00%	0.00%	0.65%	100.00%

Figura 12

Porcentaje de absorción de agua mediante ensayo de goteo 10 gotas por minuto

**Tabla 15**

Variación de absorción por goteo de 10 gotas por minuto respecto del patrón

Código	%Abs	%	Var. %Abs	Var %
Patrón	1.72%	100.00%	-	-
1%-QIA	1.43%	83.01%	0.29%	16.99%
2%-QIA	1.39%	81.03%	0.33%	18.97%
3%-QIA	1.35%	78.59%	0.37%	21.41%
1%-QBA	0.42%	24.17%	1.30%	75.83%
2%-QBA	0.09%	5.33%	1.63%	94.67%
3%-QBA	0.00%	0.00%	1.72%	100.00%

Figura 13
Ensayo Mecánico de rotura a compresión

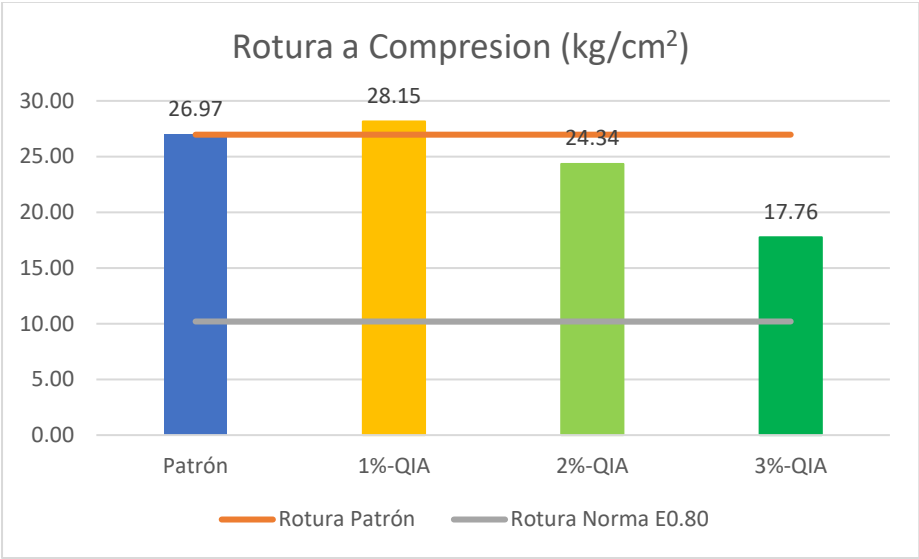
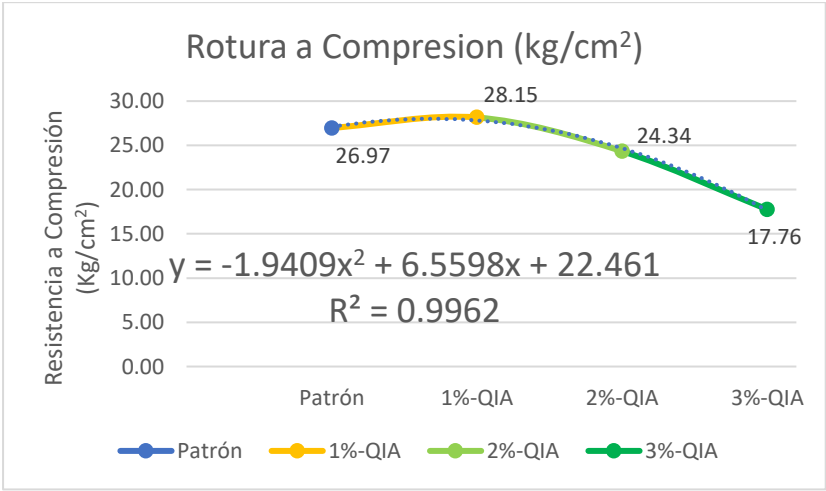


Tabla 16
Variación de la resistencia a compresión respecto del patrón

Código	Kg/cm2	%	Var	Var %
Patrón	26.97	100%	-	-
1%-QIA	28.15	104%	1.18	4%
2%-QIA	24.34	90%	-2.63	-10%
3%-QIA	17.76	66%	-9.21	-34%

Figura 14
Línea de tendencia, ecuación y ajuste lineal del ensayo de rotura a compresión



5.2.2 Interpretación de resultados

Se analizaron los resultados ensayo por ensayo, conforme al parámetro evaluado que es la resistencia a la humedad. Los resultados presentados anteriormente en las Tablas 8, 9, 10, 11 y 12 comprenden los valores promedios de los especímenes ensayados, como se deja notar en la norma E0.80 – Diseño y Construcción con Tierra Reforzada que se deben de cumplir con el promedio de las cuatro (04) mejores resultados de seis (06) es decir, que para este tipo de ensayo considerar mejores, indica eliminar los valores excéntricos obtenidos para de esta forma tener un resultado más centrado.

En cuanto al **ensayo de sumergimiento** como se observa en la **Tabla 8**, se puede decir que la incorporación del estearato de zinc diluido con acetona (QIA) en la mezcla está generando un resultado mejor respecto a la del patrón, y frente al bañado externo con el estearato de zinc diluido con acetona (QBA). Los especímenes QIA logra mejorar la performance de la resistencia a la humedad, con el 1% de estearato de zinc diluido con acetona, logra descender la humedad en 13 puntos porcentuales respecto del patrón, consecuentemente el porcentaje de humedad con el 2% se reduce en 4 puntos porcentuales respecto del 1%, y con el 3% de estearato de zinc diluido en acetona nuevamente se reduce en casi 3 puntos porcentuales, por lo que se deja notar claramente el comportamiento hidrofóbico del estearato de zinc diluido con acetona e incorporado en la matriz de formación del adobe. Respecto a los especímenes QBA, respecto del patrón, con el 1% reduce la humedad en casi 4 puntos porcentuales, y de allí en la comparación con los subsecuentes disminuyen en 1.5 puntos porcentuales aproximadamente. Este ensayo de sumergimiento como se especifica en la **Tabla 11** se midió luego de los 20 minutos de sumergidos, debido a que el patrón se empieza a disolver en el sumergimiento, luego de observó el tiempo en el que logran disolverse

completamente donde los patrones ya se encuentran amorfos y disueltos casi en su totalidad a las 3 horas y 20 min., los QIA con el 1%, a las 12 h y 15 min, los QIA del 2% a las 14 horas 30 min, y los QIA al 3% se desintegran a las 16 horas y 18 minutos, los QBA de cualquier porcentaje duran casi lo mismo que los especímenes patrón, solo aumenta su resistencia al sumergimiento inicial en 10 min.

Para los ensayos de goteo se aclara que se colocó todas las venoclisis a una altura de 12 cm, además indica en la venoclisis que 20 gotas forman 1 ml de agua. Por lo que si aplicamos la Energía de impacto es $E = mgh$, entonces 1 gota representa 1/20 g, equivalente a 0.00005 kg, $g=9.81 \text{ m/s}^2$ y $h=0.12\text{m}$, lo que nos da por impacto de gota un total de 0.00005886 Joules por gota, y son 50 / 100 gotas, lo que genera un total de energía de impacto de 0.002943 J / 0.005886J para 5 y 10 gotas respectivamente

En cuanto al **ensayo de goteo de 5 gotas por minuto en un tiempo de 10 minutos** como se visualiza en **Tabla 9**, configurado y calibrado con venoclisis clínicas, se sometió al ensayo a todos los tipos de especímenes. En cuanto al patrón en promedio obtuvo un 0.65% de absorción por goteo, generando un pequeño ahuecamiento / oquedad en los especímenes. En lo que se puede verificar en los especímenes QIA el porcentaje de absorción por el goteo es de 0.35% 0.21% para el 1% y 2% QIA respectivamente y desde el 3%QIA y los diferentes porcentajes los QBA se obtiene un 0% de absorción. En los QBA por la capa que tienen de estearato de zinc, no permite la intrusión de agua dentro del espécimen, logrando que las gotas “reboten” o queden en la superficie del espécimen.

En cuanto al **ensayo de goteo de 10 gotas por minuto en un tiempo de 10 minutos como se observa en la Tabla 10**, configurado y calibrado con venoclisis

clínicas, se sometió al ensayo a todos los tipos de especímenes. En cuanto al patrón en promedio obtuvo un 1.72% de absorción por goteo, generando un pequeño ahuecamiento / oquedad y parte disuelta sobre los especímenes. En lo que se puede verificar en los especímenes QIA el porcentaje de absorción por el goteo es de 1.43%, 1.39% y 1.35% para el 1%, 2% y 3% de los especímenes en los cuales se ha incluido en la matriz el estearato de zinc diluido en acetona. Para el 1% y 2% de QBA se encuentra cierto nivel de humedad debido a que el impacto de las gotas logro penetrar la capa de estearato de zinc, logrando penetrar en el espécimen y retener la humedad. En el 3% de QBA no retuvo ningún porcentaje de humedad, “rechazando” el agua que provenía del gotero.

Respecto al **ensayo de rotura a compresión en la Tabla 12**, solo se realizaron con los especímenes patrón y con los QIA, en especímenes cúbicos de 10cm por lado. El espécimen patrón alcanzó en promedio una resistencia a la compresión de 26.97 kg/cm², para el 1% de QIA obtuvo en promedio de 28.15 kg/cm², para el 2% de QIA obtuvo en promedio de 24.34 kg/cm², para el 3% de QIA obtuvo en promedio DE 17.76 kg/cm². Todos estos resultados superan lo que se especifica en la norma E0.80 que es de 10.2 kg/cm².

5.2.3 Discusión de Resultados

En cuanto al **sumergimiento en agua de los especímenes**, estos responden rápidamente a la desintegración por efecto del agua entrando por los poros visibles y no visibles del espécimen. En los especímenes patrón el agua empieza a generar daño desde el segundo de iniciado el sumergimiento y aquellos que tenían la inclusión del porcentaje de 1%, 2% y 3% del químico estearato de zinc diluido con acetona incluido en la matriz del elemento, presentaron cierto rechazo a la intromisión del agua dentro del material, y

los que fueron bañados con el estearato de zinc diluido con acetona, presentaron un rechazo absoluto a la intrusión del agua y se dio forma una película en el material que impide el paso del agua, no obstante por las fisuras en el material, el agua penetra en los especímenes y produce la desintegración, esa resistencia a la intromisión del agua duro aproximadamente 10 minutos, a partir del cual por la presión generada por el agua que logró filtrarse ocasionó que se “descascare” la capa protectora y el espécimen comience a desintegrarse.

Esto coincide con la investigación realizada por Lanzón, que generó también el sumergimiento, y por lo que se ve es de concordancia que la integración de estearato de zinc en los adobes o en cualquier construcción con tierra mejora la durabilidad y resistencia al agua por parte de estos elementos. Cabe resaltar que no indica con precisión el tiempo en que se van deteriorando, no obstante, en esta investigación se tomó el tiempo de desintegración inicial, parcial, donde la definición de parcial indica que el elemento aún tiene la forma con la que fue concebido y al tacto parece uniforme, sin embargo, la resistencia a alguna acción lo suficientemente puede romperlo o desintegrarlo. En esta investigación se vio como en los primeros 20 minutos los especímenes patrón empezaron a desintegrarse de forma rápida, lo cual en respuesta a ello se hizo un sifón para retirar toda el agua y realizar el peso de los elementos para determinar la humedad, y este fue el marcador inicial para los demás especímenes y realizar la medición.

Se demuestra en la investigaciones de Ouedrago y otros (2019) y también de Hennenberg De León & Briceño (2016) utilizaron la inclusión en % de peso del cemento con la tierra, en la investigación de Ouedrago sumergieron los adobes por dos **(2) horas y pasaron a la rotura, alcanzando hasta 0.6 MPa**, que casi el valor medio que indica

la norma E0.80 en estado seco y referente con esta investigación que a las 3 horas y 20 min (Ref. **Tabla 11**) los especímenes patrón ya no conforman una unidad apreciable, pero si casi en su totalidad deformada. No obstante, con los que tienen la **inclusión en la matriz del estearato de zinc diluido van entre las 12 horas y 16 horas** en que se puede apreciar la forma del elemento, entonces se podría decir que a las 2 horas los especímenes formados podrían soportar carga mayor, debido a que el cemento como insumo es hidrófilo, lo que genera una mayor desintegración de la tierra a diferencia del químico utilizado, que repele el agua. Para Hennenberg de León & Briceño, la mezcla con cemento y cal, también repele el agua, sin embargo, con el término que ellos emplean de “cierta impermeabilidad” indican que las absorciones producidas por el sumergimiento o contacto con el agua varían entre **9% y 22.10%, lo que se encuentra dentro los rangos de absorción que se plantean con la inclusión en la matriz de estearato de zinc diluido con acetona.**

Para el **ensayo de goteo de 5 gotas y 10 gotas por minuto**, el impacto es mínimo, considerando que, según los científicos, una gota de lluvia no cae en el mismo lugar, se está sometiendo a los especímenes a una “perforación hidráulica constante” y que cuyo experimento se detiene cuando ya se presenta una oquedad en el espécimen, por ello se consideró un tiempo corto de 10 minutos. Ocasionalmente ocasionó una oquedad de 1 /1.5-2 mm en los especímenes patrones, que para el tamaño del espécimen es despreciable. En el desarrollo de ensayo, en los especímenes patrón se empieza a notar la oquedad y la intrusión directa del agua en el espécimen, mientras que como vaya aumentando el porcentaje de estearato de zinc incluido en la matriz (QIA), el agua va recorriendo la superficie hasta introducirse en la unidad, esto es por el efecto de hidrofobicidad del compuesto adicionado.

Caso contrario ocurre en los bañados externamente (QBA) en los que el agua rebota directamente sobre la superficie, sin embargo, hubo dos especímenes, en la cual se pudo romper la capa protectora del espécimen y se logró filtrar cierta humedad, lo cual se reflejan en los datos para 10 gotas por minuto con 0.42% y 0.09% para 1%QBA y 2%QBA respectivamente. Se tiene que resaltar que la cobertura es producto de un proceso físico y no químico, que al evaporarse o difuminarse la acetona en el ambiente, el estearato de zinc regresa nuevamente a su estado normal, Se logra destacar que la inclusión como el bañado de estearato de zinc reducen la absorción de agua por goteo, como lo confirma la investigación de Lanzón y otros. Sin embargo, en dicha investigación también hacen prueba con ácido clorhídrico para simular goteos de lluvia ácida, no obstante, aún no se perciben lluvias ácidas en Cajamarca según el SENHAMI. En cuanto a las demás investigaciones citadas como Nakamautsu y otros; y de Hennenberg De León & Briceño, afirman que sus composiciones con carragenina y con adiciones de cemento respectivamente también mejoran la penetración del agua en los especímenes de tierra.

En lo que respecta al **ensayo de rotura por compresión**, solo se han ensayado los especímenes patrón y aquellos en los que se incluyó en la matriz el estearato de zinc diluido con acetona, debido a que los cubiertos con el químico detallado solo forman una capa de revestimiento frágil. El patrón llega a tener un valor promedio de resistencia a la compresión es de 26.97 kg/cm², para luego aumentar su valor con el 1%-QIA a 28.15 kg/cm², para descender consecuentemente con el 2%-QIA a 24.34 kg/cm² y siguiendo con el descenso con el 3%-QIA con 17.76 kg/cm², todo ello respecto del patrón. Este comportamiento también es corroborado por la investigación realizada por Cáceres, ya que en dicha investigación solo incluyó el estearato de zinc en polvo dentro de la matriz, La única diferencia es que en la investigación de Cáceres R. son Bloques de Tierra

Comprimidos (BTC) lo cual es muy diferente a la formación de estos que solo son hechos de forma natural sobre la gamera formadora de la unidad, sin embargo al usar el 2% QIA disminuye respecto del patrón y en la investigación citada cuando el estearato de zinc es integrado sin diluir aumenta el valor de la resistencia. Para el 3% disminuye completamente en ambas investigaciones. El factor R^2 para esta investigación en cuanto a la rotura a compresión es de 0.9962, lo cual es 0.0038 de diferencia para llegar a la unidad, por lo que se puede considerar que la rotura mecánica a compresión de las unidades de adobe cubico y sus valores estan dentro de verificable y aceptable. Lanzón tambien menciona que la resistencia aumenta al integrar materiales como el estearato de zinc a la tierra para la elaboración de especímenes.

5.3 Contrastación de hipótesis

Conforme el desarrollo de la investigación, se propuso que la resistencia en la humedad variará en un 5%, es decir que absorberá o dejará de absorber agua en ese porcentaje. Y en cuanto **al ensayo de absorción por sumergimiento**, la mayor variación de absorción positiva se encuentra con los especímenes en los que se han incorporado en la matriz el estearato de zinc diluido, mejoró la absorción en promedio de 12.92%, 16.80% y 19.42% para los especímenes de 1%, 2% y 3% QIA respectivamente, **superando positivamente y con alta variación respecto de la hipótesis**. No obstante, con los especímenes bañados externamente con estearato de zinc diluido con acetona, se encuentra dentro del parámetro previsto por la hipótesis, ya que presentan una variación del 3.46%, 5.04%, 6.16% del 1%, 2% y 3% QIA respectivamente, cabe mencionar que estos porcentajes son comparativos respecto del promedio del espécimen patrón, de igual modo **dentro del rango previsto por la hipótesis**, salvo el de 3% de QBA que es mayor en 1.16%,

Para el **ensayo de goteo de 5 gotas por minuto**, la variación es de menos de 1% respecto del patrón, aunque se presentan oquedades en los especímenes patrón; la variación es de 0.29% 0.46% y 0.65% para los especímenes del 1%, 2% y 3% QIA respectivamente. Para todos los especímenes bañados (QBA) la diferencia es el total de la absorción promedio del patrón, debido a que estos no presentan ninguna absorción por humedad, por el “rebote” de la gota al impactar con el espécimen. **Estos resultados se encuentran dentro del margen de la hipótesis planteada con un valor muy pequeño.**

Para el **ensayo de goteo de 10 gotas por minuto**, la variación es de menos de 1% respecto del patrón, la variación es de 0.29% 0.33% y 0.37% para los especímenes del 1%, 2% y 3% QIA respectivamente. Para los especímenes bañados (QBA) la diferencia es de 1.30%, 1.63% y de 1.72% de la absorción promedio del patrón, debido a que estos

no presentan ninguna absorción por humedad, por el “rebote” de la gota al impactar con el espécimen, no obstante, hubo dos especímenes del 1% y del % respectivamente en los que las gotas de impacto rompieron la capa protectora generando la absorción por humedad del espécimen. **Estos resultados se encuentran superando positivamente la hipótesis planteada con un valor muy pequeño.**

CONCLUSIONES

Se determinó la variación de la Resistencia a la humedad de los especímenes de tierra en diferentes ensayos, **el primero por sumergimiento**, en el cual se obtuvieron porcentajes (%) de Absorción de 32.20% en promedio para los patrones, que fue superado ampliamente por aquellos en que se incorporó estearato de zinc diluido con acetona en la matriz, denominados con el código QIA con el 19.28%, 15.40% y 12.78% para el 1% y 2% y 3% del peso de incorporación del químico respectivamente. Por otro lado, se reduce ligeramente este margen para los especímenes que fueron bañados con el estearato de zinc diluido con acetona, denominados con el código QBA con el 28.74%, 27.16% y 26.04% para el 1%, 2% y 3% del peso de bañado externo.

En el segundo ensayo **absorción por goteo de 5 gotas por minuto**, si bien es cierto los porcentajes son mínimos, el promedio para los especímenes patrón es de 0.65% de absorción y estos presentaron una leve oquedad de casi 1 mm, para los especímenes QIA el porcentaje es de 0.35%, 0.21% y 0% para el 1% y 2% y 3% del peso de incorporación del químico respectivamente, y para los especímenes de QBA todos de ellos presentan el 0% de absorción, ya que el químico hizo de barrera para proteger los especímenes.

En el tercer ensayo, **absorción por goteo de 10 gotas por minuto**, los porcentajes también son mínimos, el promedio para los especímenes patrón es de 1.72% de absorción y estos presentaron una leve oquedad de casi 1.5 mm, para los especímenes QIA el porcentaje es de 1.43%, 1.39% y 1.35% para el 1% y 2% y 3% del peso de incorporación del químico respectivamente, y para los especímenes de QBA de ellos presentaron el 0.42%, 0.09% y 0% de absorción para el 1%, 2% y 3% del peso de bañado externo. Se

reportan valores en los bañados debido a que en uno de ellos el agua rompió y penetró la cobertura, en cuanto a los demás el químico hizo de barrera para proteger los especímenes.

Debido a la información recopilada de los ensayos, se afirma con certeza que la incorporación de Estearato de Zinc diluido con acetona, incorporado en la matriz o con un bañado externo protegen a los especímenes de tierra, es decir otorgaron **un porcentaje de resistencia a la humedad** que mejoró la respuesta de los especímenes frente a la acción del agua, sin embargo, la capa externa formada por el bañado del químico es frágil, por lo que no aportara alguna resistencia mecánica.

También se desarrolló de forma consecuente adobes cúbicos para la **rotura mecánica a compresión**, como especifica la norma E0.80 de 10cm por lado, tan solo de los especímenes patrón y de los QIA, y se obtuvieron resultados alentadores sobre la resistencia mecánica a compresión, de 26.97 kg/cm² en promedio para los especímenes patrón y de 28.15 kg/cm², 24.34 kg/cm² y 17.76 kg/cm² en promedio para el 1%, 2% y 3% QIA respectivamente. Todos estos valores por encima de lo que especifica la norma de 10.2 kg/cm². El mejor resultado en la rotura está representado por el 1% del QIA.

Finalmente, en cuanto a los usos respectivos de este proyecto de investigación, se define con certeza que, los especímenes bañados con el estearato de zinc diluido con acetona, mínimamente con el 1% se pueden usar en las partes altas de las construcciones de tierra para proteger de las goteras o intemperie húmeda, los especímenes que tienen incluido el químico diluido, debido a sus resistencia a la compresión con el 1% se pueden usar en muros de carga o portantes, con el 2% en muros de amarre o mochetas y el de 3% como tabiquería, parapetos o divisores de espacios, debido a su resistencia mecánica.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

La acetona utilizada fue la comercial, empleada para cosméticos, debido a que era un disolvente apolar necesario generar una disolución que se pueda incorporar en la matriz de tierra y mezclarlo, además fácilmente adquirible y de cierta manera económico. Es probable que su evaporación sea muy rápida y genere fisuras en el material cuando es bañado con la disolución, a la misma vez la acetona 100% pura es un químico que necesita registro de uso por parte del estado, por sus posibles usos delictivos. Para un total de 96 kg de tierra, se empleó 1.716 kg de estearato de zinc, y 3 litros de acetona comercial.

A futuro, se podrían realizar adobes cúbicos y someterlos a rotura a compresión, luego de la absorción por sumergimiento pasados los 20 minutos para determinar la resistencia remanente de la unidad y así proponer mejoras en cuanto a su elaboración o integración de diferentes porcentajes de estearato de zinc.

El goteo se realizó con venoclisis, se espera es que se pueda mejorar con algún goteo controlado digitalmente para asegurar la dosificación de agua en tiempo y forma.

De la misma forma que lo anterior, no solo se podría utilizar agua, sino también otras soluciones como ácido clorhídrico (5% del peso de agua) o ácido sulfúrico (5% del peso de agua) para simular condiciones de lluvia ácida.

Se puede someter también a algún ensayo de erosión por viento o someterlo al ensayo de túnel de viento, que es propio de vehículos o de edificaciones en altura, de esta forma se pueden obtener datos sobre su resistencia a la erosión como material integral.

Por el momento estos especímenes dan una buena información para que se puedan realizar estos tipos de elementos para reconstruir o mejorar la resistencia a la humedad en centros históricos, ya que la gran mayoría de centros históricos en las ciudades del Perú son de construcción con tierra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arkiplus. (16 de Mayo de 2021). *Arkiplus Portal especializado en temas de arquitectura, construcción, paisajismo y arte*. Obtenido de <http://www.arkiplus.com/10-grandes-construcciones-con-ladrillos-de-barro>
- Cabrera Arias, D., & Huaynate Granados, W. (Diciembre de 2010). *Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/881>
- Cáceres Vásquez, R. M. (17 de Enero de 2019). *Propiedades mecánicas e hidrofóbicas de adobes compactados al incorporar estearato de zinc*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/14750>
- Cerna Chávez, R. (21 de Mayo de 2021). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/167229561/Secado-de-Materiales-de-Proceso>
- Construmática - Megaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. (21 de Mayo de 2021). *Construmática*. Obtenido de <https://www.construmatica.com/construpedia/Aditivo>
- Construmática Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. (21 de Mayo de 2021). *Construmática*. Obtenido de <https://www.construmatica.com/construpedia/Absorci%C3%B3n>
- Cooperación del Desarrollo Tecnológico. (2012). *Evaluación de Daños y Soluciones para Construcciones en Tierra Cruda Manual de Terreno*. Santiago de Chile: Gráfica Andes.
- Corporación Sierra Madre. (21 de Mayo de 2021). *Estearato de Zinc*. Obtenido de Estearato de Zinc: <https://corpsierramadre.com/estearatos/estearato-de-zinc/>
- CRAterre. (21 de Mayo de 2021). *CRAterre: Building cultures and sustainbale development*. Obtenido de http://craterre.org/accueil:galerie-des-images/default/gallery/38/gallery_view/Gallery#
- Definiciona. (21 de Mayo de 2021). *Definiciona*. Obtenido de <https://definiciona.com/sumergimiento/>

- Diario Correo. (30 de Enero de 2015). *Diario Correo*. Obtenido de Intervienen casona afectada por humedad: <https://diariocorreo.pe/peru/intervienen-casona-afectada-por-humedad-561379/>
- Diccionario de la Real Academia Española. (21 de Mayo de 2021). Obtenido de <https://dle.rae.es/goteo>
- Diccionario de la Real Academia Española. (21 de Mayo de 2021). *DLE - RAE*. Obtenido de <https://dle.rae.es/acetona>
- Facultad de Arquitectura Artes Diseño y Urbanismo, U. M. (24 de Abril de 2021). *FAADU*. Obtenido de <http://portal.faadu.edu.bo/faadu/index.php/portada>
- Falceto, J. C., Mazarrón, F. R., & Cañas, I. (Septiembre de 2011). *Las normativas de construcción con tierra en el mundo*. Obtenido de Research Gate: https://www.researchgate.net/publication/277834793_Las_normativas_de_construccion_con_tierra_en_el_mundo
- FDM. (21 de Mayo de 2025). *FDM Environment Makers*. Obtenido de www.dellamarca.it
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural*. En H. Gallegos, & C. Casabone. Lima: Fondo Editorial de la PUCP.
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural*. Lima: Fondo Editorial de la PUCP.
- Hennenberg De León, A. M., & Briceño, D. (Marzo de 2016). *Ensayos a mezclas de barro estabilizadas para el relleno y empañetado de paredes de Bahareque*. Obtenido de Ingeniería, Investigación y Tecnología: <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.01.013>
- HispanTV. (13 de Abril de 2015). *HispanTV Nexo Latino*. Obtenido de <http://www.hispantv.com/noticias/cultura/26535/iran-y-francia-colaboraran-en-arquitectura-de-adobe>
- INEI. (30 de Mayo de 2014). *INEI*. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/en-mas-de-3-millones-de-viviendas-predominan-paredes-de-materiales-vulnerables-a-movimientos-teluricos-7583>

- INEI. (23 de Marzo de 2016). *INEI*. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/inei-presento-los-principales-resultados-del-empadronamiento-de-poblacion-y-vivienda-en-el-ambito-de-influencia-de-los-tambos-2015-8974/>
- INEI. (Agosto de 2018). *INEI*. Obtenido de INEI: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf
- Lanzón, M., Martínez, E., Mestre, M., & Madrid, J. A. (14 de 11 de 2017). Obtenido de Science Direct: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817302416>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (7 de Abril de 2017). *Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada*. Obtenido de https://procurement-notice.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (29 de Julio de 2020). *Gobierno del Perú*. Obtenido de Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Moyano, C., & Moyano, J. (2014). *Issuu*. Obtenido de Issuu: https://issuu.com/elpandelmono/docs/patolog__as_en_construcciones_de_ad
- Nakamatsu, J., Suyeon, K., Ayarza, J., Ramirez, E., Elgegren, M., & Aguilar, R. (Mayo de 2017). “*Eco-friendly modification of earthen construction with carrageenan: Water durability and mechanical assessment*”. Obtenido de Construction and Building Materials: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.062>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. (16 de Mayo de 2021). *UNESCO*. Obtenido de <http://whc.unesco.org/es/list/492>
- Ouedraogo, K. A., Aubert, J.-E., Tribout, C., & Escadeillas, G. (Noviembre de 2019). “*Is stabilization of earth bricks using low cement or lime contents relevant?*” [En español: *Es la estabilización de ladrillos de tierra con bajo contenido de cemento o cal. ¿pertinente?*]. Obtenido de Construction and Building Materials (Vol. 236, Art. 117578): <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117578>

- PAQSA. (21 de Mayo de 2021). *PAQSA*. Obtenido de <http://blog.paqsa.com.mx/diferencia-entre-grieta-y-fisura/>
- Perú21. (26 de Febrero de 2016). *PERU21*. Obtenido de PERU21: <https://peru21.pe/lima/intensas-lluvias-provocaron-colapso-30-casas-piura-tumbes-fotos-211788>
- Ramírez Caparó, J. (23 de Mayo de 2018). *Estudio de las Propiedades Mecánicas y Físicas del Adobe con Biopolímeros de Fuentes Locales*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12054>
- Reactivos Química Meyer. (24 de Octubre de 2016). *Reactivos Meyer*. Obtenido de Reactivos Meyer: http://reactivosmeyer.com.mx/datos/pdf/reactivos/hds_2760.pdf
- Rivero Bolaños, S. (16 de Mayo de 2021). *SCIELO*. Obtenido de Apuntes: <http://www.scielo.org.co/pdf/apun/v20n2/v20n2a15.pdf>
- Rodriguez Filho, R. (2007). *El uso de la tierra como elemento constructivo en Brasil: un corto panorama del proceso histórico, manejo, usos, desafíos y paradigmas*. Obtenido de Apuntes: Revista De Estudios Sobre Patrimonio Cultural, 20(2): <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8979>
- RRP. (10 de Febrero de 2012). *RPP*. Obtenido de Cajamarca: Casonas del centro histórico en riesgo de colapsar: <http://rpp.pe/peru/actualidad/cajamarca-casonas-del-centro-historico-en-riesgo-de-colapsar-noticia-449965>
- RRP. (01 de Febrero de 2017). *Radio Programas del Perú*. Obtenido de <http://rpp.pe/peru/lambayeque/la-humedad-hara-colapsar-mas-casas-alerta-alcalde-del-distrito-de-pacora-noticia-1027802>
- TIEMPO, E. (08 de 09 de 2017). *EL TIEMPO PIURA*. Obtenido de EL TIEMPO PIURA: <http://eltiempo.pe/puedo-volver-habitar-casa-afectada-la-inundacion/>
- Torrealva Dávila, D. (Junio de 2003). *Pontifica Universidad Católica del Perú Departamento de Ingeniería Sección Ingeniería Civil*. Obtenido de <https://docplayer.es/7449073-Pontifica-universidad-catolica-del-peru-departamento-de-ingenieria-seccion-ingenieria-civil.html>

Trigo Salas, T. A. (Junio de 2015). *Universitat Politècnica de Catalunya*. Obtenido de Institut Universitari de Recerca en Ciència i Tecnologies de la Sostenibilitat: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78074/TFM_TTrigo_Junio%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

United States Environmental Protection Agency - EPA. (Abril de 2016). *Guía para el Control de la Humedad en el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Edificaciones*. Obtenido de EPA - Español: https://espanol.epa.gov/sites/production-es/files/2016-07/documents/moisture_control_guidance_spanish_april_2016_508_final.pdf

Yepez Tambaco, D. A. (16 de Mayo de 2021). *Academia*. Obtenido de Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador: Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable.: https://www.academia.edu/29898709/An%C3%A1lisis_de_la_arquitectura_vern%C3%A1cula_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contempor%C3%A1nea_sustentable

Yuste, B. (2016). *Arquitectura de Tierra: Caracterización de los tipos Edificatorios*. En B. Yuste. Cataluña: Universidad Politècnica de Catalunya.

APÉNDICES

Apéndice 1 Protocolo de Ensayo de Absorción por Sumergimiento

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA							
	PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ							
	ENSAYO:	ABSORCIÓN DE AGUA EN ESPECIMENES POR SUMERGIMIENTO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:				
	NORMAS REFEREN.	NTP 399.604 Y 399.1613.		AAE-PS-RMCV-UNCEP:				
PROYECTO:		Estudio de la resistencia a la humedad en especímenes de tierra, con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona						
CANTERA:	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra – Suelo para adobe					
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojizo					
FECHA DE ENSAYO: 14-15/10/2024		RESPONSABLE:	Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail					
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno					
Fecha: 15/10/2024 H.I: 12:00, Fecha: 15/10/2024 H.F: 12:30 Total: 30m (A los 10m rompió Q)								
		Absorción de Especímenes al 1%Q Bañados						
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	1%QBA-1	1%QBA-2	1%QBA-3	1%QBA-4	1%QBA-5	1%QBA-6	
Peso Seco del Espécimen (A)	gr							
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr							
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr							
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr							
% Absorción (E)=(D)/(A)	%							
		*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.				Prom.		
Fecha: 15/10/2024 H.I: 12:05, Fecha: 15/10/2024 H.F: 12:35 Total: 30m (A los 10m rompió Q)								
		Absorción de Especímenes al 2%Q Bañado						
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	2%QBA-1	2%QBA-2	2%QBA-3	2%QBA-4	2%QBA-5	2%QBA-6	
Peso Seco del Espécimen (A)	gr							
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr							
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr							
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr							
% Absorción (E)=(D)/(A)	%							
		*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.						Prom.
OBSERVACIONES:								
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR				
NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.		NOMBRE:		NOMBRE: Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel A.				
FECHA: 14-15 / 10 / 2024		FECHA:		FECHA: 14 – 15 / 10 / 2024				

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
	PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ		
	ENSAYO:	ABSORCIÓN DE AGUA EN ESPECÍMENES POR SUMERGIMIENTO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AAE-PS-RMCV-UNCEP:
	NORMAS REFEREN.	NTP 399.604 Y 399.1613.	
PROYECTO:		Estudio de la resistencia a la humedad en especímenes de tierra, con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona	
CANTERA:	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra – Suelo para adobe
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojizo
FECHA DE ENSAYO: 14-15/10/2024		RESPONSABLE:	Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Fecha: 14/10/2024 H.I: 16:20, Fecha: 15/10/2024 H.F: 06:46 Total: 14h 30m		Absorción de Especímenes al 2%Q Incorporado en la Mezcla					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	2%QIA-1	2%QIA-2	2%QIA-3	2%QIA-4	2%QIA-5	2%QIA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr						
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr						
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr						
% Absorción (E)=(D)/(A)	%						
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.							Prom.

Fecha: 14/10/2024 H.I: 16:20, Fecha: 15/10/2024 H.F: 08:38 Total: 16h 18m		Absorción de Especímenes al 3%Q Incorporado en la Mezcla					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	3%QIA-1	3%QIA-2	3%QIA-3	3%QIA-4	3%QIA-5	3%QIA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr						
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr						
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr						
% Absorción (E)=(D)/(A)	%						
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.							Prom.

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.	NOMBRE:	NOMBRE: Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel A.
FECHA: 14-15 / 10 / 2024	FECHA:	FECHA: 14 – 15 / 10 / 2024

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ						
	ENSAYO:	ABSORCIÓN DE AGUA EN ESPECÍMENES POR SUMERGIMIENTO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
	NORMAS REFEREN.	NTP 399.604 Y 399.1613.		AAE-PS-RMCV-UNCEP:			
PROYECTO:		Estudio de la resistencia a la humedad en especímenes de tierra, con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona					
CANTERA:	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra – Suelo para adobe				
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojizo				
FECHA DE ENSAYO: 14-15/10/2024		RESPONSABLE:	Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail				
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno				
FÓRMULA PARA CL CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE TIERRA $Abs (\%) = \frac{\text{Peso Húmedo del Especimen} - \text{Peso Seco del Especimen}}{\text{Peso Seco de la Unidad}} * 100$							
Fecha: 14/10/2024 H.I: 16:20, Fecha: 15/10/2024 H.F: 16:40, Final: 19:40 → 3h 20 min							
Absorción de los Especímenes Patrón							
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	PA-1	PA-2	PA-3	PA-4	PA-5	PA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr						
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr						
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr						
% Absorción (E)=(D)/(A)	%						
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.						Prom.	
Fecha: 14/10/2024 H.I: 16:20, Fecha: 15/10/2024 H.F: 04:35 Total: 12h 15m					Absorción de Especímenes al 1%Q Incorporado en la Mezcla		
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	1%QIA-1	1%QIA-2	1%QIA-3	1%QIA-4	1%QIA-5	1%QIA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr						
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr						
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr						
% Absorción (E)=(D)/(A)	%						
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.						Prom.	
OBSERVACIONES:							
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR			
NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.		NOMBRE:		NOMBRE: Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel A.			
FECHA: 14-15 / 10 / 2024		FECHA:		FECHA: 14 – 15 / 10 / 2024			

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ						
	ENSAYO:	ABSORCIÓN DE AGUA EN ESPECÍMENES POR SUMERGIMIENTO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
	NORMAS REFEREN.	NTP 399.604 Y 399.1613.		AAE-PS-RMCV-UNCEP:			
PROYECTO:		Estudio de la resistencia a la humedad en especímenes de tierra, con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona					
CANTERA:	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra – Suelo para adobe				
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojizo				
FECHA DE ENSAYO: 14-15/10/2024		RESPONSABLE:	Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail				
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno				
Fecha: 15/10/2024 H.I: 12:07, Fecha: 15/10/2024 H.F: 12:37 Total: 30m (A los 10m rompió Q)		Absorción de Especímenes al 3%Q Bañado					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	3%QBA-1	3%QBA-2	3%QBA-3	3%QBA-4	3%QBA-5	3%QBA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr						
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr						
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr						
% Absorción (E)=(D)/(A)	%						
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.						Prom.	
% de Absorción por Sumergimiento 							
OBSERVACIONES:							
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR			
NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.		NOMBRE:		NOMBRE: Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel A.			
FECHA: 14-15 / 10 / 2024		FECHA:		FECHA: 14 – 15 / 10 / 2024			

Apéndice 2 Protocolo de Ensayo de Absorción por Goteo 5 gotas/ minuto

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA							
	PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ							
	ENSAYO:	ABSORCIÓN DE AGUA EN ESPECÍMENES POR GOTEO 5GOTASXMIN			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AAE-PG5GXM-RMCV-UNCEP:			
	NORMAS REFEREN.							
PROYECTO:	Estudio de la resistencia a la humedad en especímenes de tierra, con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona.							
CANTERA:	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra – Suelo para adobe					
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojizo					
FECHA DE ENSAYO: 04/11/2024	RESPONSABLE:		Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail					
	REVISADO POR:		Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno					
Fecha: 04/11/2024 H.I: 13:34, Fecha: 04/11/2024 H.F: 13:44								
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN		Unidad de Medida	Absorción de Especímenes al 1%Q Bañados					
			1%QBA-1	1%QBA-2	1%QBA-3	1%QBA-4	1%QBA-5	1%QBA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr							
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr							
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr							
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr							
% Absorción (E)=(D)/(A)	%							
			Prom.					
Fecha: 04/11/2024 H.I: 13:47, Fecha: 04/11/2024 H.F: 13:57								
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN		Unidad de Medida	Absorción de Especímenes al 2%Q Bañado					
			2%QBA-1	2%QBA-2	2%QBA-3	2%QBA-4	2%QBA-5	2%QBA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr							
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr							
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr							
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr							
% Absorción (E)=(D)/(A)	%							
			Prom.					
OBSERVACIONES:								
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR		
NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.			NOMBRE:			NOMBRE: Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel A.		
FECHA: 04 / 11 / 2024			FECHA:			FECHA: 04 / 11 / 2024		

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
	PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ			
	ENSAYO:	ABSORCIÓN DE AGUA EN ESPÉCIMENES POR GOTEO 5GOTASXMIN		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AAE-PG5GXM-RMCV-UNCEP:
	NORMAS REFEREN.			
PROYECTO:		Estudio de la resistencia a la humedad en especímenes de tierra, con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona.		
CANTERA:	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra – Suelo para adobe	
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojizo	
FECHA DE ENSAYO: 04/11/2024		RESPONSABLE:	Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail	
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno	

Fecha: 04/11/2024 H.I: 12:36, Fecha: 04/11/2024 H.F: 12:46		Absorción de Especímenes al 2%Q Incorporado en la Mezcla					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	2%QIA-1	2%QIA-2	2%QIA-3	2%QIA-4	2%QIA-5	2%QIA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr						
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr						
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr						
% Absorción (E)=(D)/(A)	%						
						Prom.	

Fecha: 04/11/2024 H.I: 13:16, Fecha: 04/11/2024 H.F: 13:26		Absorción de Especímenes al 3%Q Incorporado en la Mezcla					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	3%QIA-1	3%QIA-2	3%QIA-3	3%QIA-4	3%QIA-5	3%QIA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr						
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr						
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr						
% Absorción (E)=(D)/(A)	%						
						Prom.	

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.	NOMBRE:	NOMBRE: Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel A.
FECHA: 04 / 11 / 2024	FECHA:	FECHA: 04 / 11 / 2024



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ

ENSAYO:	ABSORCIÓN DE AGUA EN ESPECÍMENES POR GOTEO 5GOTASXMIN		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMAS REFEREN.			AAE-PG5GXM-RMCV-UNCEP:
PROYECTO:	Estudio de la resistencia a la humedad en especímenes de tierra, con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona.		

CANTERA:	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra – Suelo para adobe
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojizo
FECHA DE ENSAYO:	04/11/2024	RESPONSABLE:	Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

FÓRMULA PARA CL CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE TIERRA

$Abs (\%) = \frac{Peso\ Húmedo\ del\ Especimen - Peso\ Seco\ del\ Especimen}{Peso\ Seco\ de\ la\ Unidad} * 100$

Fecha: 04/11/2024 H.I: 12:05,
Fecha: 04/11/2024 H.F: 12:15

Absorción de los Especímenes Patrón

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	PA-1	PA-2	PA-3	PA-4	PA-5	PA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr						
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr						
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr						
% Absorción (E)=(D)/(A)	%						
							Prom.

Fecha: 04/11/2024 H.I: 12:22,
Fecha: 04/11/2024 H.F: 12:32

Absorción de Especímenes al 1%Q Incorporado en la Mezcla

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	1%QIA-1	1%QIA-2	1%QIA-3	1%QIA-4	1%QIA-5	1%QIA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr						
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr						
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr						
% Absorción (E)=(D)/(A)	%						
							Prom.

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR

NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.	NOMBRE:	NOMBRE: Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel A.
FECHA: 04 / 11 / 2024	FECHA:	FECHA: 04 / 11 / 2024



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ

ENSAYO:	ABSORCIÓN DE AGUA EN ESPECÍMENES POR GOTEO 5GOTASXMIN		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMAS REFEREN.			AAE-PG5GXM-RMCV-UNCEP:
PROYECTO:	Estudio de la resistencia a la humedad en especímenes de tierra, con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona.		

CANTERA:	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra – Suelo para adobe
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojizo
FECHA DE ENSAYO:	04/11/2024	RESPONSABLE:	Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Fecha: 04/11/2024 H.I: 14:03,
Fecha: 04/11/2024 H.F: 14:13

Absorción de Especímenes al 3%Q Bañado

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	3%QBA-1	3%QBA-2	3%QBA-3	3%QBA-4	3%QBA-5	3%QBA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr						
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr						
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr						
% Absorción (E)=(D)/(A)	%						
Prom.							

% de Absorción por Goteo (5g/min)

0.70%
0.60%
0.50%
0.40%
0.30%
0.20%
0.10%
0.00%

Patrón1%-QIA2%-QIA3%-QIA1%-QBA2%-QBA3%-QBA

%Abs Patrón

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.	NOMBRE:	NOMBRE: Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel A.
FECHA: 04 / 11 / 2024	FECHA:	FECHA: 04 / 11 / 2024

Apéndice 3 Protocolo de Ensayo de Absorción por Goteo 10 gotas/ minuto

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA							
	PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ							
	ENSAYO:	ABSORCIÓN DE AGUA EN ESPECÍMENES POR GOTEO 10 GOTAS X MIN			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AAE-PG10GXM-RMCV-UNCEP:			
	NORMAS REFEREN.							
PROYECTO:	Estudio de la resistencia a la humedad en especímenes de tierra, con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona.							
CANTERA:	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra – Suelo para adobe					
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojizo					
FECHA DE ENSAYO:	04/11/2024		RESPONSABLE:	Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail				
			REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno				
Fecha: 04/11/2024 H.I: 13:34, Fecha: 04/11/2024 H.F: 13:44								
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN		Unidad de Medida	Absorción de Especímenes al 1%Q Bañados					
			1%QBA-1	1%QBA-2	1%QBA-3	1%QBA-4	1%QBA-5	1%QBA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr							
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr							
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr							
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr							
% Absorción (E)=(D)/(A)	%							
*PROMEDIO: El último espécimen se rompió la capa que cubría a la tierra							Prom.	
Fecha: 04/11/2024 H.I: 13:47, Fecha: 04/11/2024 H.F: 13:57								
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN		Unidad de Medida	Absorción de Especímenes al 2%Q Bañado					
			2%QBA-1	2%QBA-2	2%QBA-3	2%QBA-4	2%QBA-5	2%QBA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr							
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr							
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr							
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr							
% Absorción (E)=(D)/(A)	%							
*PROMEDIO: El primer espécimen se rompió la capa que cubría a la tierra.							Prom.	
OBSERVACIONES:								
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR		
NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.			NOMBRE:			NOMBRE: Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel A		
FECHA: 04 / 11 / 2024			FECHA:			FECHA: 04 / 11 / 2024		



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ

ENSAYO:

ABSORCIÓN DE AGUA EN ESPECÍMENES POR GOTEO 10 GOTAS X MIN

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
AAE-PG10GXM-RMCV-UNCEP:
.....

NORMAS REFEREN.

PROYECTO:

Estudio de la resistencia a la humedad en especímenes de tierra, con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona.

CANTERA:

Cruz Blanca

TIPO DE MATERIAL:

Tierra – Suelo para adobe

UBICACIÓN:

Cruz Blanca

COLOR DE MATERIAL:

Rojizo

FECHA DE ENSAYO:

04/11/2024

RESPONSABLE:

Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail

REVISADO POR:

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Fecha: 04/11/2024 H.I: 12:36,
Fecha: 04/11/2024 H.F: 12:46

Absorción de Especímenes al 2%Q Incorporado en la Mezcla

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	2%QIA-1	2%QIA-2	2%QIA-3	2%QIA-4	2%QIA-5	2%QIA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr						
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr						
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr						
% Absorción (E)=(D)/(A)	%						
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.							Prom.

Fecha: 04/11/2024 H.I: 13:16,
Fecha: 04/11/2024 H.F: 13:26

Absorción de Especímenes al 3%Q Incorporado en la Mezcla

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	3%QIA-1	3%QIA-2	3%QIA-3	3%QIA-4	3%QIA-5	3%QIA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr						
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr						
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr						
% Absorción (E)=(D)/(A)	%						
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.							Prom.

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO

COORDINADOR DE LABORATORIO

ASESOR

NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.

NOMBRE:

NOMBRE: Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel A

FECHA: 04 / 11 / 2024

FECHA:

FECHA: 04 / 11 / 2024

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
	PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ			
	ENSAYO:	ABSORCIÓN DE AGUA EN ESPECÍMENES POR GOTEO 10 GOTAS X MIN		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AAE-PG10GXM-RMCV-UNCEP:
	NORMAS REFEREN.			
PROYECTO:		Estudio de la resistencia a la humedad en especímenes de tierra, con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona.		
CANTERA:	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra – Suelo para adobe	
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojizo	
FECHA DE ENSAYO: 04/11/2024		RESPONSABLE:	Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail	
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno	

FÓRMULA PARA CL CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE TIERRA

$$Abs (\%) = \frac{Peso\ Húmedo\ del\ Especimen - Peso\ Seco\ del\ Especimen}{Peso\ Seco\ de\ la\ Unidad} * 100$$

Fecha: 04/11/2024 H.I: 12:05, Fecha: 04/11/2024 H.F: 12:15		Absorción de los Especímenes Patrón					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	PA-1	PA-2	PA-3	PA-4	PA-5	PA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr						
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr						
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr						
% Absorción (E)=(D)/(A)	%						
						Prom.	

Fecha: 04/11/2024 H.I: 12:22, Fecha: 04/11/2024 H.F: 12:32		Absorción de Especímenes al 1%Q Incorporado en la Mezcla					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	1%QIA-1	1%QIA-2	1%QIA-3	1%QIA-4	1%QIA-5	1%QIA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr						
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr						
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr						
% Absorción (E)=(D)/(A)	%						
						Prom.	

*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.	NOMBRE:	NOMBRE: Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel A
FECHA: 04 / 11 / 2024	FECHA:	FECHA: 04 / 11 / 2024



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ

ENSAYO: ABSORCIÓN DE AGUA EN ESPECÍMENES POR GOTEO 10 GOTAS X MIN

CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AAE-PG10GXM-RMCV-UNCEP:

NORMAS REFEREN.

Estudio de la resistencia a la humedad en especímenes de tierra, con la incorporación en la mezcla o bañado externo de estearato de zinc diluido en acetona.

PROYECTO:

CANTERA: Cruz Blanca

TIPO DE MATERIAL: Tierra – Suelo para adobe

UBICACIÓN: Cruz Blanca

COLOR DE MATERIAL: Rojizo

FECHA DE ENSAYO: 04/11/2024

RESPONSABLE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail

REVISADO POR: Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Fecha: 04/11/2024 H.I: 14:03, Fecha: 04/11/2024 H.F: 14:13

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN

Unidad de Medida

3%QBA-1

3%QBA-2

3%QBA-3

3%QBA-4

3%QBA-5

3%QBA-6

Peso Seco del Espécimen (A)

gr

Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)

gr

Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)

gr

Peso del Agua (D)=(B+C)-A

gr

% Absorción (E)=(D)/(A)

%

*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.

Prom.

% de Absorción por Goteo (10g/min)

2.00%

1.80%

1.60%

1.40%

1.20%

1.00%

0.80%

0.60%

0.40%

0.20%

0.00%

Patrón

1%-QJA

2%-QJA

3%-QJA

1%-QBA

2%-QBA

3%-QBA

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO

COORDINADOR DE LABORATORIO

ASESOR

NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.

NOMBRE:

NOMBRE: Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel A

FECHA: 04 / 11 / 2024

FECHA:

FECHA: 04 / 11 / 2024

Apéndice 4: Diseño de la investigación

Tabla 17

Diseño de la investigación

N°	Actividad	Días					
		1-2	3-30	31-35	36-56	57-60	61-75
1	Elaboración de especímenes patrón.	X					
2	Elaboración de especímenes incorporando estearato de zinc diluido en acetona.	X					
3	Elaboración de especímenes para bañar estearato de zinc diluido en acetona.	X					
4	Secado de todos los especímenes.		X				
5	Ensayo de absorción y de goteo para especímenes patrón (Primer grupo).			X			
6	Ensayo de absorción y de goteo para especímenes que tienen incorporado el estearato de zinc diluido en acetona (Segundo Grupo).			X			
7	Análisis de datos, y presentación de los resultados obtenidos del punto 5 y 6.				X		
8	Bañado de especímenes hasta en dos ocasiones con el estearato de zinc diluido en acetona (Tercer grupo)			X			
9	Secado de los especímenes bañados hasta en dos ocasiones con el estearato de zinc diluido en acetona.				X		
10	Ensayo de absorción y de goteo para especímenes que han sido bañados hasta en dos ocasiones con el estearato de zinc diluido en acetona.					X	
11	Análisis de datos, y presentación de los resultados obtenidos del punto 10.						X

Apéndice 5: Protocolo de toma de datos

Figura 15

Protocolo de toma de datos para ensayos de absorción

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA					
PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAL CÁCERES VÁSQUEZ					
ENSAYO:	ABSORCIÓN DE AGUA EN ESPECIMENES POR SUMERGIMIENTO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMAS REFEREN:	NTP 399.604 Y 399.1613.			AAE-PS-RMCV-UNCEP.	
PROYECTO:	Incorporación de Estabilizante de Zinc diluido con Acatona en la tierra usada para construcción y acabados de viviendas de tierra determinando su Resistencia a la Humedad				
CANTERA:	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra - Suelo para adobe		
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojo20		
FECHA DE ENSAYO:	/...../2021	RESPONSABLE:	Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijal		
		REVISADO POR:	Dr. Ing. XXXXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX		

FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN DE LOS ESPECIMENES DE TIERRA

$$Abs (\%) = \frac{\text{Peso Húmedo del Especimen} - \text{Peso Seco del Especimen}}{\text{Peso Seco de la Unidad}} \times 100$$

CÓDIGO DEL ESPECÍMEN	Unidad de Medida	Absorción de los Especímenes Patrón					
		PA-1	PA-2	PA-3	PA-4	PA-5	PA-6
Peso Seco del Especimen	gr						
Peso Húmedo del Especimen en Pie	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de 24 horas	gr						
Peso del Agua	gr						
% Absorción	%						
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los menores porcentajes de absorción para fijarse una meta con la incorporación del Estabilizante de Zinc.		Promi.					

CÓDIGO DEL ESPECÍMEN	Unidad de Medida	Absorción de Especímenes 1%Q incorporado en la mezcla					
		1%QIA-1	1%QIA-2	1%QIA-3	1%QIA-4	1%QIA-5	1%QIA-6
Peso Seco del Especimen	gr						
Peso Húmedo del Especimen en Pie	gr						
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de 24 horas	gr						
Peso del Agua	gr						
% Absorción	%						
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los menores porcentajes de absorción, para fijarse una meta con la incorporación del Estabilizante de Zinc.		Promi.					

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Cáceres Vásquez, Ronald M.	NOMBRE:	NOMBRE:

Se describe cada una de las partes del protocolo de toma de datos: la parte “a” corresponde a los datos generales del proyecto, el tipo de tierra, y la codificación del protocolo, en la parte “b” se ingresarán los datos que se van obteniendo de las mediciones de peso y su procesamiento para la obtención del promedio necesario para la comparación, y en la parte “c” se encuentra la validación del maestrando del técnico de laboratorio y del ingeniero asesor.

Apéndice 6: Constancia de laboratorio ensayo de rotura



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



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

CONSTANCIA

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

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo a compresión en unidades cubicas de adobe.

Para la Tesis Titulada: “INCORPORACIÓN DE ESTEARATO DE ZINC DILUIDO CON ACETONA EN LA TIERRA USADA PARA CONSTRUCCIÓN Y ACABADOS DE VIVIENDAS DE TIERRA DETERMINANDO SU RESISTENCIA A LA HUMEDAD”, Las actividades se desarrollaron el 11 de noviembre de 2024.

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

Cajamarca, 28 de noviembre de 2024.

Atentamente:

c.c. a:
_Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

 Ing. Mónica Contreras Vargas
 JEFE DEL LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

Apéndice 7: Resultados de laboratorio- Rotura a compresión

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ			
ENSAYO:	ESFUERZO DE ROTURA MÍNIMA A COMPRESIÓN		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMAS REFEREN.	RNE E0.80 – Art8.		ERMC-RMCV-UNCEP:
PROYECTO:	Incorporación de Estearato de Zinc diluido con Acetona en la tierra usada para construcción y acabados de viviendas de tierra determinando su Resistencia a la Humedad		
CANtera:	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra – Suelo para adobe
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojizo
FECHA DE ENSAYO:	11/11/2024	RESPONSABLE:	Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

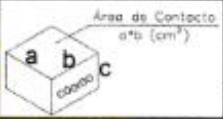
2% DEL QUÍMICO DILUIDO INCORPORADO EN LA MATRIZ							
Código	R (KN)	a (cm)	b (cm)	c (cm)	KN/cm²	MPa	kg/cm²
	-	-	-	-	R/(a*b)	-	-
AC1 - 2%	17.06	10.00	10.00	10.00	0.171	1.706	17.40
AC2 - 2%	23.55	10.00	10.00	10.00	0.235	2.355	24.01
AC3 - 2%	23.52	10.00	10.00	10.00	0.235	2.352	23.98
AC4 - 2%	24.67	10.00	10.00	10.00	0.247	2.467	25.16
AC5 - 2%	21.79	10.00	10.00	10.00	0.218	2.179	22.22
AC6 - 2%	19.10	10.00	10.00	10.00	0.191	1.910	19.47
AC7 - 2%	23.71	10.00	10.00	10.00	0.237	2.371	24.19
						Prom.	22.35
						Prom. (4)	24.34

3% DEL QUÍMICO DILUIDO INCORPORADO EN LA MATRIZ							
Código	R (KN)	a (cm)	b (cm)	c (cm)	KN/cm²	MPa	kg/cm²
	-	-	-	-	R/(a*b)	-	-
AC1 - 3%	15.41	10.00	10.00	10.00	0.177	1.771	18.06
AC2 - 3%	18.02	10.00	10.00	10.00	0.120	1.202	12.25
AC3 - 3%	18.97	10.00	10.00	10.00	0.184	1.887	18.73
AC4 - 3%	19.74	10.00	10.00	10.00	0.197	1.974	20.13
AC5 - 3%	17.04	10.00	10.00	10.00	0.170	1.704	17.38
AC6 - 3%	16.53	10.00	10.00	10.00	0.185	1.653	16.86
AC7 - 3%	12.43	10.00	10.00	10.00	0.124	1.243	12.68
						Prom.	16.58
						Prom. (4)	17.76

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.	NOMBRE: Ing. Chapo Mendoza, Edwin German	NOMBRE: Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel A
FECHA: 11 / 11 / 2024	FECHA: 11 / 11 / 2024	FECHA: 11 / 11 / 2024

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
	PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ			
	ENSAYO:	ESFUERZO DE ROTURA MÍNIMA A COMPRESIÓN		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMAS REFEREN.	RNE E0.80 – Art8.		ERM-CRCV-UNCEP:
PROYECTO:	Incorporación de Estearato de Zinc diluido con Acetona en la tierra usada para construcción y acabados de viviendas de tierra determinando su Resistencia a la Humedad			
CANTERA:	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra – Suelo para adobe	
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojizo	
FECHA DE ENSAYO:	11/11/2024		RESPONSABLE:	Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail
			REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosquera Moreno

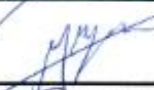
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULOS



ADOBE PATRÓN							
Código	R (KN)	a (cm)	b (cm)	c (cm)	KN/cm²	MPa	kg/cm²
	-	-	-	-	R/(a*b)	-	-
AC1 - 0%	34.05	10.00	10.00	10.00	0.340	3.405	34.72
AC2 - 0%	24.69	10.00	10.00	10.00	0.247	2.469	25.18
AC3 - 0%	30.99	10.00	10.00	10.00	0.310	3.099	31.60
AC4 - 0%	15.63	10.00	10.00	10.00	0.156	1.563	15.94
AC5 - 0%	26.48	10.00	10.00	10.00	0.261	2.613	26.65
AC6 - 0%	20.27	10.00	10.00	10.00	0.203	2.027	20.67
AC7 - 0%	26.97	10.00	10.00	10.00	0.240	2.397	24.44
					Prom.		25.60
					Prom. (4)		26.97

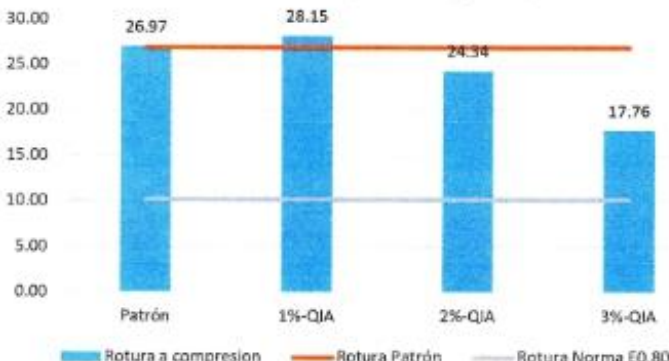
EFFECTO DEL QUÍMICO DILUIDO INCORPORADO EN LA MATRIZ							
Código	R (KN)	a (cm)	b (cm)	c (cm)	KN/cm²	MPa	kg/cm²
	-	-	-	-	R/(a*b)	-	-
AC1 - 1%	23.88	10.00	10.00	10.00	0.234	2.338	23.84
AC2 - 1%	25.1	10.00	10.00	10.00	0.251	2.511	25.60
AC3 - 1%	26.97	10.00	10.00	10.00	0.270	2.697	27.50
AC4 - 1%	26.06	10.00	10.00	10.00	0.261	2.606	26.57
AC5 - 1%	28.03	10.00	10.00	10.00	0.280	2.803	28.58
AC6 - 1%	29.37	10.00	10.00	10.00	0.294	2.937	29.95
AC7 - 1%	23.82	10.00	10.00	10.00	0.239	2.387	24.34
					Prom.		26.63
					Prom. (4)		28.15

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.	NOMBRE: Ing. Cárdeno Mendoza Edwin German	NOMBRE: Dr. Ing. Mosquera Moreno, Miguel A.
FECHA: 11 / 11 / 2024	FECHA: 11 / 11 / 2024	FECHA: 11 / 11 / 2024

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
	PROTOCOLO DE LABORATORIO ELABORADO POR RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ		
	ENSAYO:	ESFUERZO DE ROTURA MINIMA A COMPRESIÓN	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: ERMC-RMCV-UNCEP:
	NORMAS REFEREN.	RNE E0.80 – Art8.	
	PROYECTO: Incorporación de Estearato de Zinc diluido con Acetona en la tierra usada para construcción y acabados de viviendas de tierra determinando su Resistencia a la Humedad		
CANTERA:	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra – Suelo para adobe
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojizo
FECHA DE ENSAYO: 11/11/2024		RESPONSABLE:	Ing. Cáceres Vásquez, Ronald Mijail
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Rotura a Compresion (kg/cm²)



Muestra	Rotura a compresion (kg/cm²)
Patrón	26.97
1%-QJA	28.15
2%-QJA	24.34
3%-QJA	17.76

Rotura a compresion Rotura Patrón Rotura Norma E0.80



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA	
NOMBRE: Ing. Cáceres Vásquez, Ronald M.	NOMBRE: Ing. Carlos Moreno German	NOMBRE: Dr. Ing. Mosqueira Moreno, Miguel A.
FECHA: 11 / 11 / 2024	FECHA: 11/11/2024	FECHA: 11/ 11 / 2024

Apéndice 8: Resultados absorción por sumergimiento

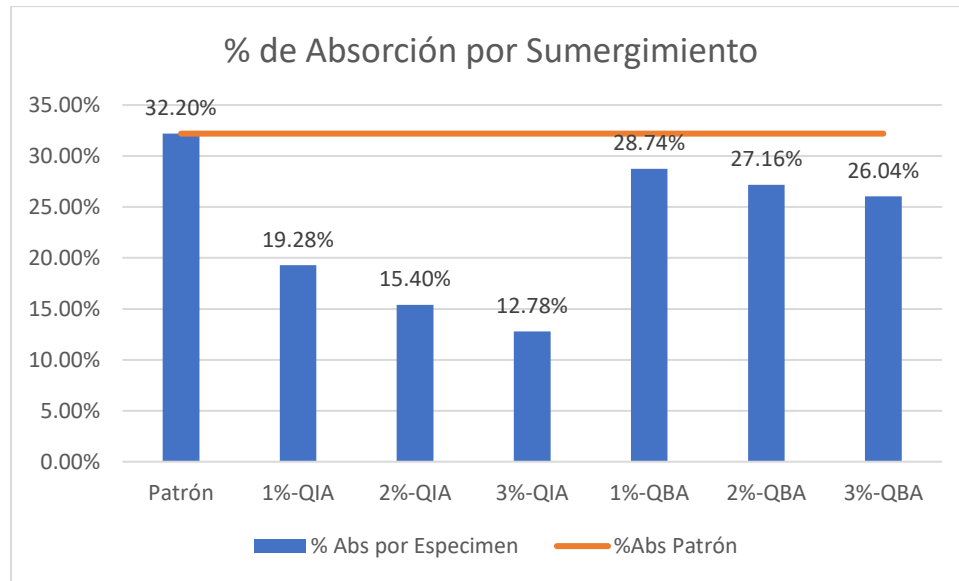
FÓRMULA PARA CL CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN DE LOS ESPÉCIMENES DE TIERRA

$$Abs (\%) = \frac{Peso\ Húmedo\ del\ Especimen - Peso\ Seco\ del\ Especimen}{Peso\ Seco\ de\ la\ Unidad} * 100$$

Fecha: 14/10/2024 H.I.: 16:20, Fecha: 15/10/2024 H.F.: 16:40, Final: 19:40 →3h 20 min		Absorción de los Especímenes Patrón					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	PA-1	PA-2	PA-3	PA-4	PA-5	PA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr	346.00	384.00	378.00	364.00	350.00	336.00
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr	416.00	450.00	445.00	424.00	427.00	395.00
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr	40.00	53.00	60.00	58.00	49.00	54.00
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr	110.00	119.00	127.00	118.00	126.00	113.00
% Absorción (E)=(D)/(A)	%	31.79%	30.99%	33.60%	32.42%	36.00%	33.63%
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.					Prom.	32.20%	

Fecha: 14/10/2024 H.I.: 16:20, Fecha: 15/10/2024 H.F.: 04:35 Total: 12h 15m		Absorción de Especímenes al 1%Q Incorporado en la Mezcla					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	1%QIA-1	1%QIA-2	1%QIA-3	1%QIA-4	1%QIA-5	1%QIA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr	301.00	323.00	332.00	341.00	333.00	332.00
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr	317.00	344.00	344.00	364.00	353.00	353.00
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr	44.00	41.00	46.00	42.00	43.00	38.00
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr	60.00	62.00	58.00	65.00	63.00	59.00
% Absorción (E)=(D)/(A)	%	19.93%	19.20%	17.47%	19.06%	18.92%	17.77%
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.					Prom.	19.28%	

Fecha: 14/10/2024 H.I.: 16:20, Fecha: 15/10/2024 H.F.: 06:46 Total: 14h 30m		Absorción de Especímenes al 2%Q Incorporado en la Mezcla					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	2%QIA-1	2%QIA-2	2%QIA-3	2%QIA-4	2%QIA-5	2%QIA-6
Peso Seco del Espécimen (A)	gr	298.00	334.00	312.00	320.00	314.00	321.00
Peso Húmedo del Espécimen en Pie (B)	gr	314.00	352.00	325.00	328.00	319.00	332.00
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr	38.00	41.00	40.00	39.00	42.00	37.00
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr	54.00	59.00	53.00	47.00	47.00	48.00
% Absorción (E)=(D)/(A)	%	18.12%	17.66%	16.99%	14.69%	14.97%	14.95%
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.					Prom.	15.40%	



Apéndice 9: Resultados absorción por goteo 5 gotas/ minuto**FÓRMULA PARA CL CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN DE LOS ESPÉCIMENES DE TIERRA**

$$Abs (\%) = \frac{\text{Peso Húmedo del Especimen} - \text{Peso Seco del Especimen}}{\text{Peso Seco de la Unidad}} * 100$$

Fecha: 04/11/2024 H.J: 12:05,
Fecha: 04/11/2024 H.F: 12:15

		Absorción de los Especímenes Patrón					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	PA-1	PA-2	PA-3	PA-4	PA-5	PA-6
Peso Seco del Especimen (A)	gr	333.00	365.00	385.00	355.00	413.00	343.00
Peso Húmedo del Especimen en Pie (B)	gr	336.00	368.00	387.00	357.00	415.00	345.00
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00
% Absorción (E)=(D)/(A)	%	0.90%	0.82%	0.52%	0.56%	0.48%	0.58%
						Prom.	<u>0.65%</u>

Fecha: 04/11/2024 H.J: 12:22,
Fecha: 04/11/2024 H.F: 12:32

		Absorción de Especímenes al 1%Q Incorporado en la Mezcla					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	1%QIA-1	1%QIA-2	1%QIA-3	1%QIA-4	1%QIA-5	1%QIA-6
Peso Seco del Especimen (A)	gr	321.00	339.00	304.00	335.00	356.00	345
Peso Húmedo del Especimen en Pie (B)	gr	323.00	340.00	305.00	336.00	357.00	346
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
% Absorción (E)=(D)/(A)	%	0.62%	0.29%	0.33%	0.30%	0.28%	0.29%
						Prom.	<u>0.35%</u>

Fecha: 04/11/2024 H.J: 12:36,
Fecha: 04/11/2024 H.F: 12:46

		Absorción de Especímenes al 2%Q Incorporado en la Mezcla					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	2%QIA-1	2%QIA-2	2%QIA-3	2%QIA-4	2%QIA-5	2%QIA-6
Peso Seco del Especimen (A)	gr	315.00	299.00	320.00	302.00	317.00	305
Peso Húmedo del Especimen en Pie (B)	gr	315.00	299.00	321.00	303.00	318.00	306
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
% Absorción (E)=(D)/(A)	%	0.00%	0.00%	0.31%	0.33%	0.32%	0.33%
						Prom.	<u>0.21%</u>

Fecha: 04/11/2024 H.J: 13:16,
Fecha: 04/11/2024 H.E: 13:26

		Absorción de Especímenes al 3%Q Incorporado en la Mezcla					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	3%QIA-1	3%QIA-2	3%QIA-3	3%QIA-4	3%QIA-5	3%QIA-6
Peso Seco del Especímen (A)	gr	287.00	290.00	301.00	274.00	288.00	334.00
Peso Húmedo del Especímen en Pie (B)	gr	287.00	290.00	301.00	274.00	288.00	334.00
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
% Absorción (E)=(D)/(A)	%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Prom.						0.00%	

Fecha: 04/11/2024 H.J: 13:34,
Fecha: 04/11/2024 H.E: 13:44

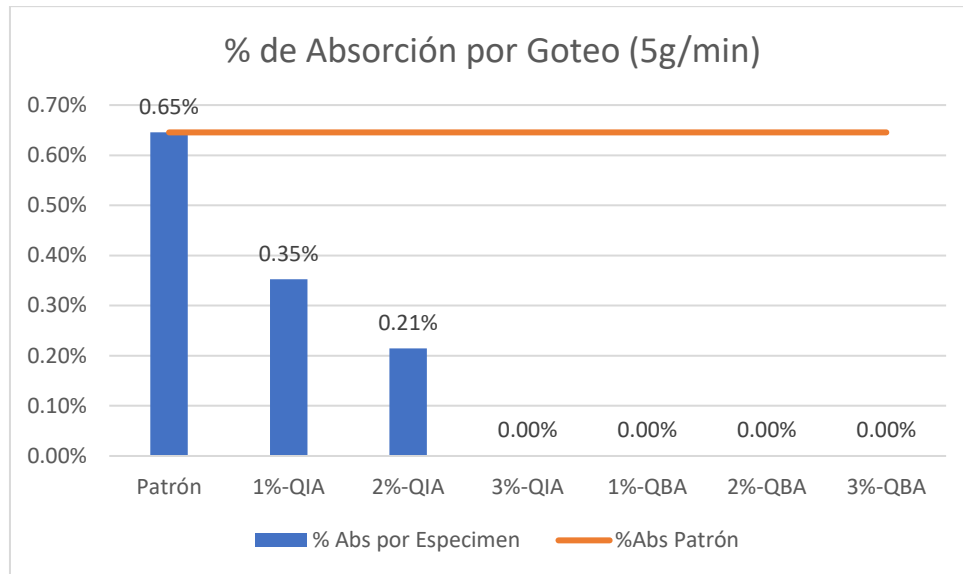
		Absorción de Especímenes al 1%Q Bañados					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	1%QBA-1	1%QBA-2	1%QBA-3	1%QBA-4	1%QBA-5	1%QBA-6
Peso Seco del Especímen (A)	gr	322.00	372.00	373.00	352.00	338.00	346.00
Peso Húmedo del Especímen en Pie (B)	gr	322.00	372.00	373.00	352.00	338.00	346.00
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
% Absorción (E)=(D)/(A)	%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Prom.						0.00%	

Fecha: 04/11/2024 H.J: 13:47,
Fecha: 04/11/2024 H.E: 13:57

		Absorción de Especímenes al 2%Q Bañado					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	2%QBA-1	2%QBA-2	2%QBA-3	2%QBA-4	2%QBA-5	2%QBA-6
Peso Seco del Especímen (A)	gr	305.00	319.00	348.00	353.00	313.00	341.00
Peso Húmedo del Especímen en Pie (B)	gr	305.00	319.00	348.00	353.00	313.00	341.00
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
% Absorción (E)=(D)/(A)	%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Prom.						0.00%	

Fecha: 04/11/2024 H.J: 14:03,
Fecha: 04/11/2024 H.E: 14:13

		Absorción de Especímenes al 3%Q Bañado					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	3%QBA-1	3%QBA-2	3%QBA-3	3%QBA-4	3%QBA-5	3%QBA-6
Peso Seco del Especímen (A)	gr	305.00	340.00	361.00	350.00	324.00	309.00
Peso Húmedo del Especímen en Pie (B)	gr	305.00	340.00	361.00	350.00	324.00	309.00
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
% Absorción (E)=(D)/(A)	%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Prom.						0.00%	



Apéndice 10: Resultados absorción por goteo 10 gotas/ minuto**FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE TIERRA**

$$Abs (\%) = \frac{\text{Peso Húmedo del Especimen} - \text{Peso Seco del Especimen}}{\text{Peso Seco de la Unidad}} * 100$$

Fecha: 04/11/2024 H.J: 12:05,
Fecha: 04/11/2024 H.F: 12:15

		Absorción de los Especímenes Patrón					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	PA-1	PA-2	PA-3	PA-4	PA-5	PA-6
Peso Seco del Especimen (A)	gr	330.00	344.00	331.00	335.00	340.00	356.00
Peso Húmedo del Especimen en Pie (B)	gr	335.00	350.00	337.00	341.00	346.00	362.00
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
% Absorción (E)=(D)/(A)	%	1.52%	1.74%	1.81%	1.79%	1.76%	1.69%
						Prom.	1.72%

Fecha: 04/11/2024 H.J: 12:22,
Fecha: 04/11/2024 H.F: 12:32

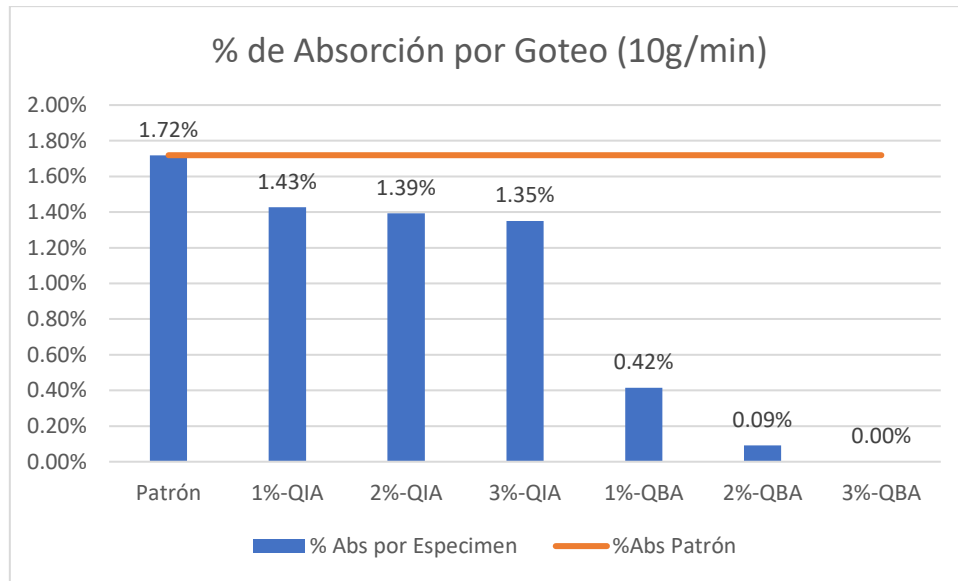
		Absorción de Especímenes al 1%Q Incorporado en la Mezcla					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	1%QIA-1	1%QIA-2	1%QIA-3	1%QIA-4	1%QIA-5	1%QIA-6
Peso Seco del Especimen (A)	gr	295.00	300.00	357.00	314.00	318.00	316.00
Peso Húmedo del Especimen en Pie (B)	gr	299.00	304.00	361.00	320.00	322.00	321.00
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr	4.00	4.00	4.00	6.00	4.00	5.00
% Absorción (E)=(D)/(A)	%	1.36%	1.33%	1.12%	1.91%	1.26%	1.58%
						Prom.	1.43%

*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.

Fecha: 04/11/2024 H.J: 12:36,
Fecha: 04/11/2024 H.F: 12:46

		Absorción de Especímenes al 2%Q Incorporado en la Mezcla					
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN	Unidad de Medida	2%QIA-1	2%QIA-2	2%QIA-3	2%QIA-4	2%QIA-5	2%QIA-6
Peso Seco del Especimen (A)	gr	306.00	326.00	297.00	296.00	324.00	322
Peso Húmedo del Especimen en Pie (B)	gr	310.00	330.00	302.00	300.00	328.00	327
Peso Húmedo del Material Acumulado en depósito luego de Drenaje (C)	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (D)=(B+C)-A	gr	4.00	4.00	5.00	4.00	4.00	5.00
% Absorción (E)=(D)/(A)	%	1.31%	1.23%	1.68%	1.35%	1.23%	1.55%
						Prom.	1.39%

*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los porcentajes de absorción similares, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc diluido en acetona.



Apéndice 11: Estudios de Suelos**Contenido de humedad**Temperatura de Secado

60 °C / 110 °C /Ambiente

Método

Horno 110 ± 5 °C

Tabla 18*Contenido de Humedad*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		TARA 1	TARA 2	TARA 3
B	Peso del recipiente	gr	143.90	144.10	145.10
C	Recipiente + suelo húmedo	gr	1801.70	2085.00	2048.20
D	Recipiente + suelo seco	gr	1691.00	1973.90	1928.00
E	Peso del agua (W _w) C – D	gr	110.70	111.10	120.20
F	Peso Suelo Seco (W _s) D – B	gr	1547.10	1829.80	1782.90
W %	Porcentaje de humedad (E / F) * 100	%	7.16	6.07	6.74
G	Promedio porcentaje humedad	%	6.66		

$$(W\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

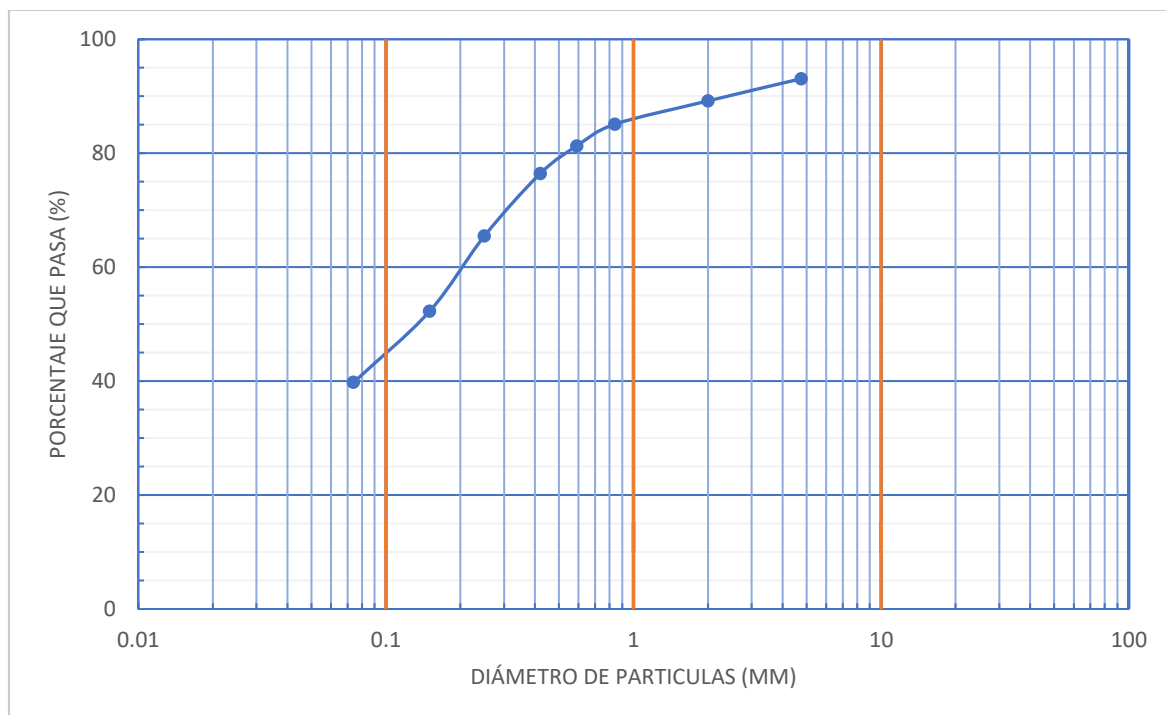
Granulometría por lavado

Peso de muestra seca; W_s 500 gr

Tabla 19*Granulometría por lavado*

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
N° 4	4,76	34.60	6.92	6.92	93.08
N°10	2	19.50	3.90	10.82	89.18
N°20	0,84	20.50	4.10	14.92	85.08
N°30	0,59	19.00	3.80	18.72	81.28
N°40	0,42	24.30	4.86	23.58	76.42
N°60	0,25	54.70	10.94	34.52	65.48
N°100	0,15	66.20	13.24	47.76	52.24
N°200	0,074	62.40	12.48	60.24	39.76
Perdida	Lavado	198.80	39.76	100.00	0.00
Total		500.00	100.00	-	-

Figura 16
Granulometría por Lavado



Límites de consistencia

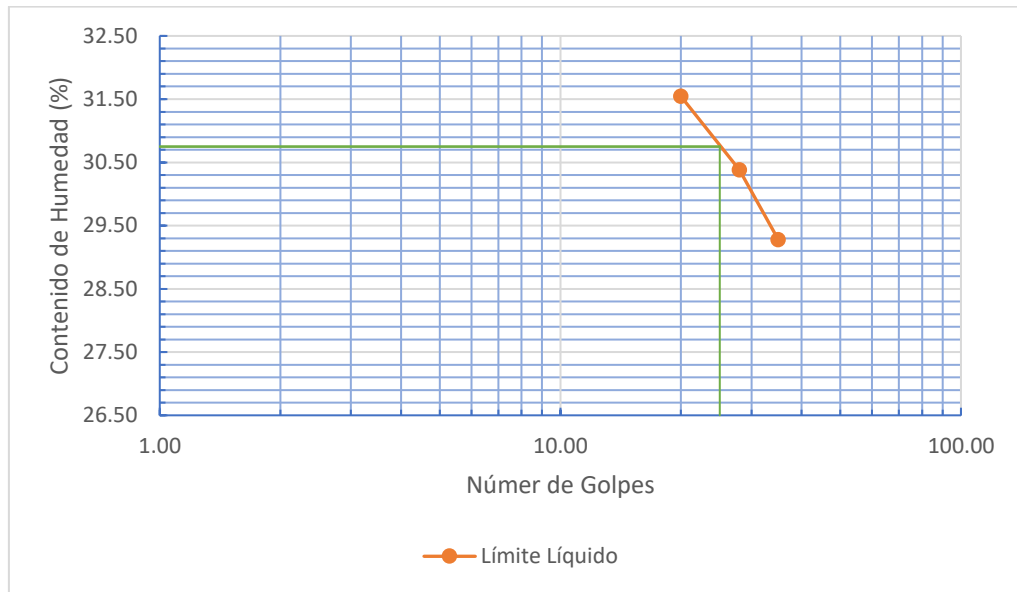
Límite líquido

Tabla 20

Límite líquido

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	identificación de Recipiente	Nº	T.Aux 3	T.Aux 5	T.Aux 1
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	47.00	48.40	45.20
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	42.30	43.60	41.35
D	Peso de Recipiente	gr	27.40	27.80	28.20
E	Peso del Agua	gr	4.70	4.80	3.85
F	Peso Suelo Seco	gr	14.90	15.80	13.15
G	Número de Golpes	N	20	28	35
H	Contenido de Humedad	%	31.54	30.38	29.28

Para 25 golpes, se obtiene un contenido de humedad de 30.75%, como se indica en la siguiente gráfica.

Figura 17*Límite líquido***Límite plástico****Tabla 21***Límite plástico*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de Recipiente	Nº	T.Aux 4	T.Aux 2
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	37.10	38.00
C	Suelo Seco + Tara	gr	35.50	36.30
D	Peso de Tara	gr	27.70	27.20
E	Peso del Agua	gr	1.60	1.70
F	Peso Suelo Seco	gr	7.80	9.10
G	Contenido de Humedad	%	20.51	18.68
H	Promedio Limite Plástico		19.60	

Índice de plasticidad**Tabla 22***Índice de Plasticidad*

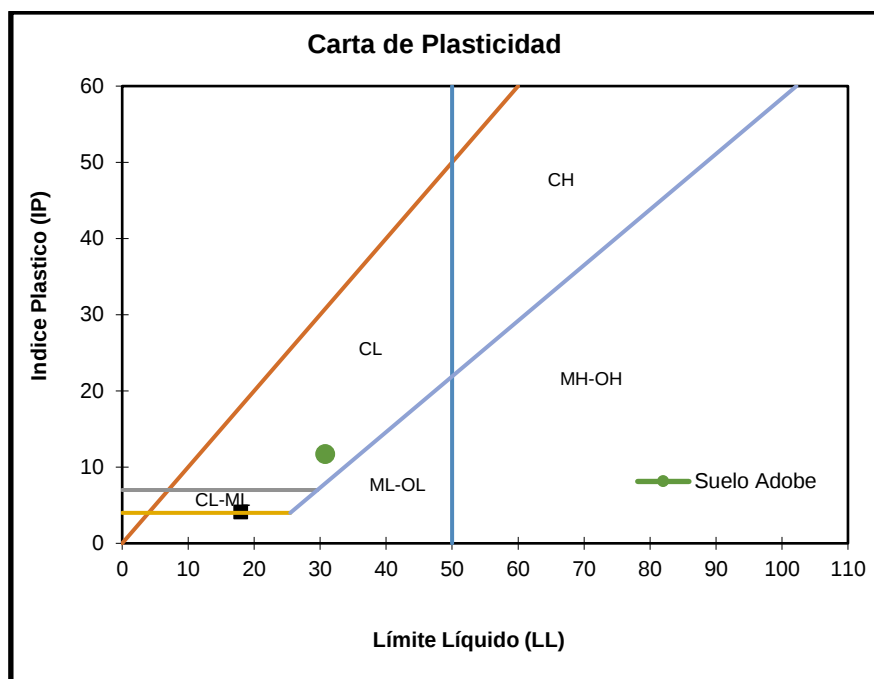
Datos	Nro. Golpes	w%
LL	25	31
LP	-	20
IP	LL-LP	11

Clasificación SUCS

Teniendo en cuenta el Índice Plástico obtenido, y el Límite Líquido, se clasifica en la Carta de Plasticidad, obteniendo el siguiente resultado:

Figura 18

Clasificación del suelo en la Carta de Plasticidad.



De lo que podemos definir lo siguiente:

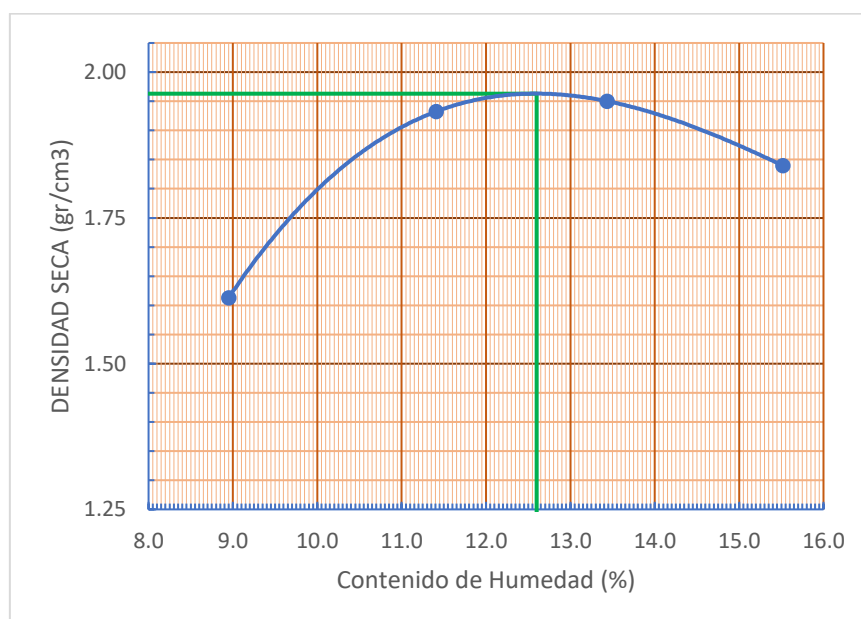
Tabla 23

Clasificación SUCS

Conclusión: Suelo es del tipo CL		
Material:	Grueso	
Tipo:	S	Arena
Gradación	P	Pobrementemente Graduada
Tipo de Suelo:	C	Arcilla
Subgrupo	L	Baja Plasticidad
Finalmente	SP-SC	Arena Pobrementemente graduada con Arcilla de baja Plasticidad

Proctor modificado**Tabla 24***Proctor Modificado*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4181.90		4181.90		4181.90		4181.90	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6206.60		6262.30		6180.50		5834.40	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	2024.70		2080.40		1998.60		1652.50	
D	Volumen Muestra húmeda	cm ³	81.07		81.07		81.07		81.07	
F	Densidad húmeda: Dh	gr/cm ³	24.97		25.66		24.65		20.38	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.30	27.30	27.30	27.60	27.20	27.20	27.30	27.30
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	228.40	235.30	221.40	248.90	230.90	211.20	213.50	210.00
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	207.90	213.90	198.40	222.70	203.30	186.70	198.30	194.90
K	Peso del Agua	gr	20.50	21.40	23.00	26.20	27.60	24.50	15.20	15.10
L	Peso Muestra seca	gr	180.60	186.60	171.10	195.10	176.10	159.50	171.00	167.60
M	Contenido de Humedad W%	%	11.35	11.47	13.44	13.43	15.67	15.36	8.89	9.01
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	11.41		13.44		15.52		8.95	
O	Densidad Seca Máxima: Ds	gr/cm ³	22.42		22.62		21.34		18.71	

Figura 19*Curva de Compactación*

Que a partir de la gráfica anterior podemos concluir lo siguiente:

Tabla 25

Valores Óptimos del Proctor Modificado

Humedad óptima	12.60	%
Densidad Seca	1.963	gr/cm3

ANEXOS**Anexo 1: Ensayo de absorción por sumergimiento****Figura 20***Ensayo de absorción por sumergimiento***Figura 21***Ensayo de absorción por sumergimiento inicial y final*

Figura 22

Ensayo de absorción por sumergimiento rotura inicial de la capa por filtración



Figura 23

Ensayo de absorción por sumergimiento rotura final de la capa por filtración



Anexo 2: Ensayo de goteo

Figura 24

Muestra del ensayo de goteo para 5 y 10 gotas por minuto



Figura 25

Especificación técnica de venoclisis y distancia de goteo



Figura 26

Vista de especímenes goteadas por 5 y 10 gotas



Figura 27

Agua que está siendo repelida por la capa protectora del espécimen

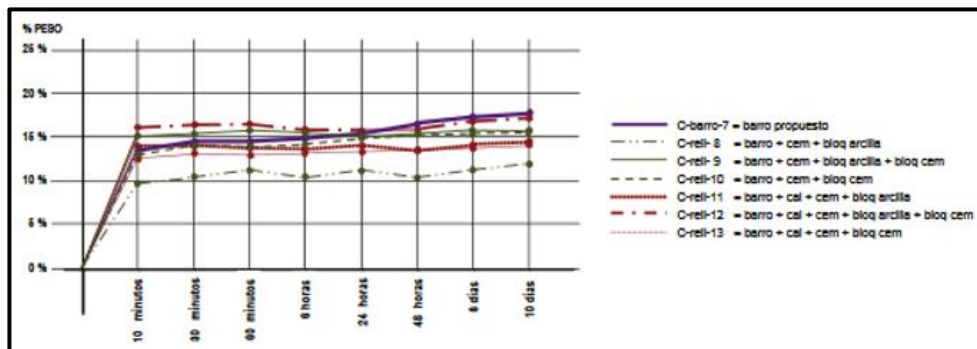


Anexo 3: Rotura de cubos de adobe**Figura 28***Rotura a compresión de adobes cúbicos*

Anexo 4: Referencias de figuras de los antecedentes

Figura 29

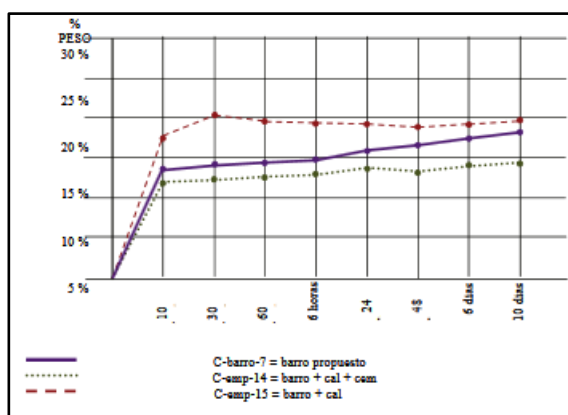
Resultado de Ensayo de Absorción para relleno



Nota: El gráfico representa el % de absorción de los diferentes tipos de mezclas y combinaciones para el relleno realizadas en la investigación. Adaptado de: *Ensayos a mezclas de barro estabilizadas para el relleno y empañetado de paredes de Bahareque*. (Hennenberg De León & Briceño, 2016).

Figura 30

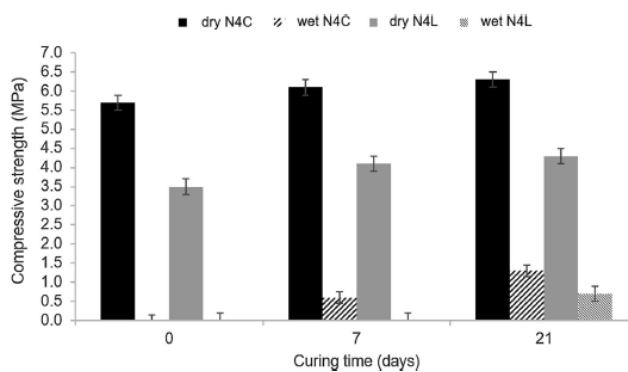
Resultado de Ensayo de Absorción para empañetados



Nota: El gráfico representa el % de absorción de los diferentes tipos de mezclas y combinaciones para el empañetado realizadas en la investigación. Adaptado de: *Ensayos a mezclas de barro estabilizadas para el relleno y empañetado de paredes de Bahareque* (Hennenberg De León & Briceño, 2016).

Figura 31

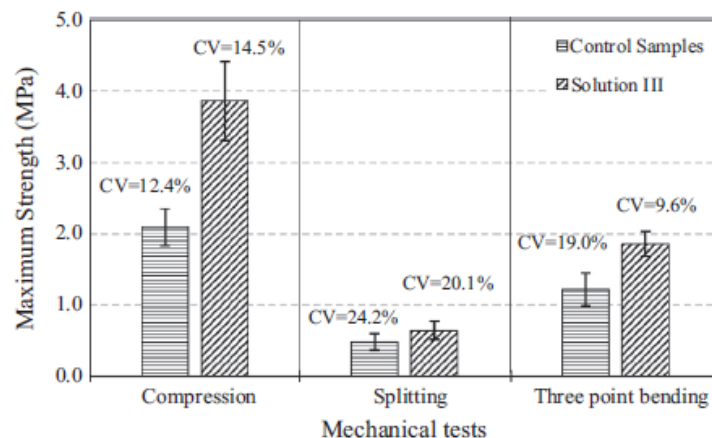
Resultados de los ensayos a compresión de las muestras



Nota: El gráfico representa las pruebas de compresión de los suelos B y N con 4% de concentración de cemento(C) Y Cal (L) tanto secos como húmedos. Adaptado de: *Is stabilization of earth bricks using low cement or lime contents relevant? [En español: ¿Es la estabilización de ladrillos de tierra con bajo contenido de cemento o cal pertinente?]*. De Kouka Amed Jeremy Ouedraogo, Jean-Emmanuel Aubert, Christelle Tribout, Gilles Escadeillas, 2019, Tomado de *Construction and Building Materials* (Vol. 236, Art. 117578), Science Direct.

Figura 32

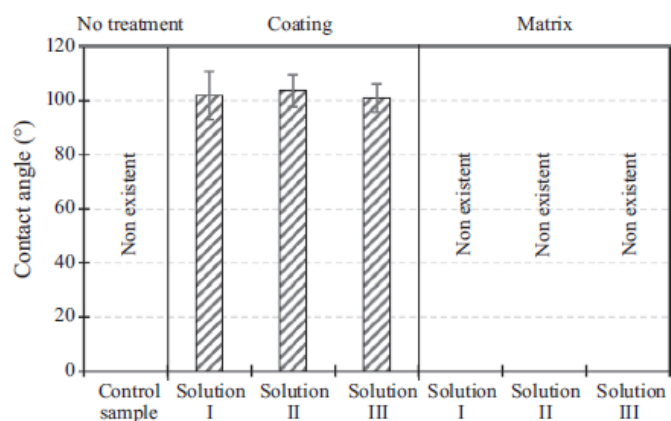
Resultados de los ensayos para determinar las propiedades mecánicas.



Nota: El gráfico representa las pruebas de compresión, split y flexión de tres puntos realizados a la muestra patrón y a la muestra con mezcla de Solución III. Adaptado de: *Eco-friendly modification of earthen construction with carrageenan: Water durability and mechanical assessment*. De Javier Nakamatsu, Suyeon Kim, Jorge Ayarza, Eduardo Ramírez, Mariela Elgegren, Rafael Aguilar, 2017, Tomado de *Construction and Building Materials* (Vol. 139, p.197), Science Direct.

Figura 33

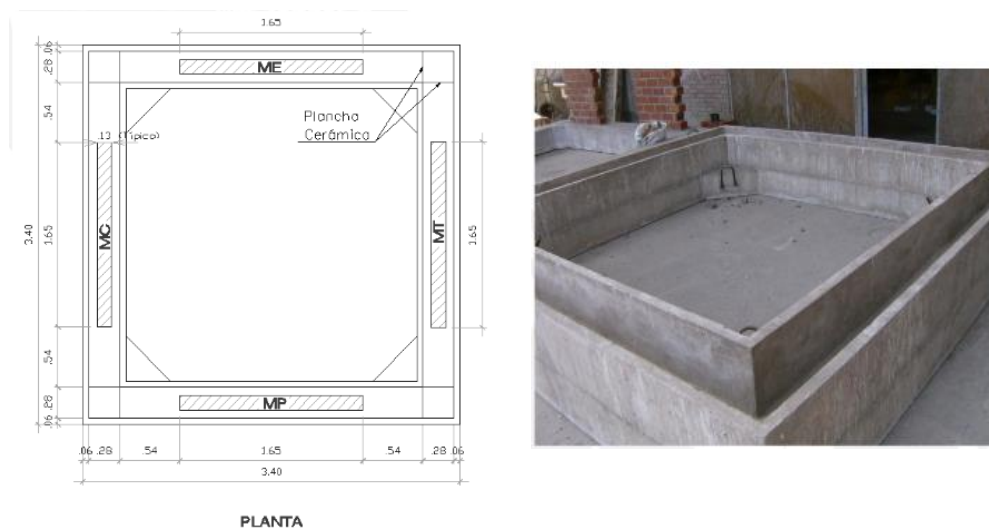
Ángulo de contacto de la prueba de permeabilidad



Nota: El gráfico representa el ángulo de contacto de la prueba de permeabilidad de las muestras patrón sin carragenina, de las revestidas y de las incorporadas con carragenina. Adaptado de: *Eco-friendly modification of earthen construction with carrageenan: Water durability and mechanical assessment*. De Javier Nakamatsu, Suyeon Kim, Jorge Ayarza, Eduardo Ramírez, Mariela Elgegren, Rafael Aguilar, 2017, Tomado de *Construction and Building Materials* (Vol. 139, p.197), Science Direct

Figura 34

Canal U para los ensayos.



Nota: La figura representa la vista en planta y la fotografía real del canal en U desarrollado para comprobar la afectación del agua en los muros. Adaptado de: “*Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones*”. De Daniel Cabrera Arias, Walter Huaynate Granados, 2010, Tomado de *Repositorio de Tesis de la Universidad Católica del Perú*. (p.13), Pontificia Universidad Católica del Perú

Figura 35

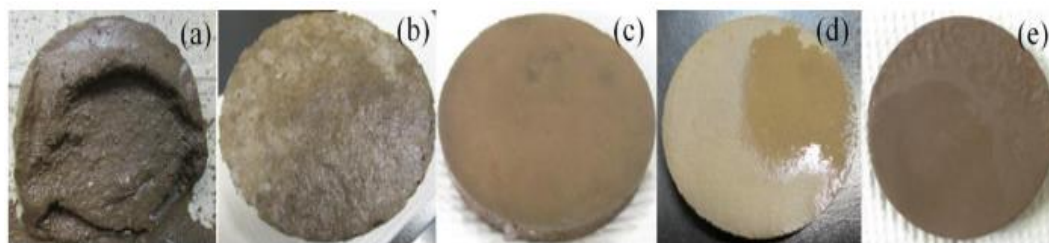
Ensayo de inundación de muros.



Nota: La figura representa la vista real del ensayo de inundación en cada uno de los muros edificados. Adaptado de: *“Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones”*. De Daniel Cabrera Arias, Walter Huaynate Granados, 2010, Tomado de *Repositorio de Tesis de la Universidad Católica del Perú*. (p.17), Pontificia Universidad Católica del Perú

Figura 36

Ensayo erosión de la investigación.



Nota: La figura representa la vista real del ensayo de los especímenes luego de 10 minutos de estar sometidos al ensayo de erosión: En la sección a) muestra patrón luego de 2.5 minutos de ensayo, b) incorporación de quitosana al 3%, c) superficie recubierta con quitosana al 3%, d) recubrimiento con quitosana al 1% y finalmente e) recubrimiento de carragenina al 2%. Adaptado de: “*Estudio de las Propiedades Mecánicas y Físicas del Adobe con Biopolímeros de Fuentes Locales*”. De Ramírez Caparó José Eduardo, 2018, Tomado de *Repositorio de Tesis de la Universidad Católica del Perú*. (p.8), Pontificia Universidad Católica del Perú

Anexo 5: Ficha técnica del estearato de zinc de Reactivos Química Meyer

Hoja de datos de seguridad
conforme a la NOM-018-STPS-2015



ESTEARATO DE ZINC

QUÍMICA SUASTES, S.A. DE C.V.

Calle Pámpano No. 7, Col. Del Mar, Delegación Tláhuac
C.P. 13270, Ciudad de México, México
Tel.: 5859 8976 / 5859 8975 Fax: 5859 8976

Código:

HDS 2760

Revisión No.:

02

Fecha de Elaboración:

12/02/2017

Fecha de Revisión:

02/03/2018

CENACOM: 01 800 00 41 300 sin costo y (55) 55 50 15 52, (55) 55 50 14 96 en la Cd. de México.

SETIQ: 01 800 00 214 00 sin costo, y (55) 55 59 15 88 en la Cd. de México.

COATEA: 01 800 710 49 43 sin costo y (55) 26 15 20 45 y (55) 54 49 63 91 en la Cd. de México.

1 Identificación del producto

Nombre químico:	Sinónimos:	Fórmula:	Peso Molecular:	Familia Química:
ESTEARATO DE ZINC	N/D	C₃₆H₇₀O₄Zn	632.33	N/D

Uso recomendado:

Uso analítico.

Restricciones de uso del producto:

Sin datos disponibles.

2 Identificación de peligro o peligros

Peligros Físicos:

N/D

Peligros para la Salud:

N/D

ELEMENTOS GHS [SISTEMA GLOBALMENTE ARMONIZADO]

Identificador SGA (Consejos de Precaución):



Palabras de advertencia: **Atención.**

P264	Lavar la piel concienzudamente tras la manipulación.
P270	No comer, beber ni fumar durante su utilización.
P273	Evitar su liberación al medio ambiente.
P280	Llevar gafas/ máscara de protección.
P305+P351+P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir enjuagando.
P337+P313	Si persiste la irritación ocular: Consultar a un médico.
P501	Eliminar el contenido/ el recipiente.

Hoja de datos de seguridad
conforme a la NOM-018-STPS-2015



ESTEARATO DE ZINC

Consejos de prudencia:

Prevención	Leer instrucciones y precauciones antes de manipular el producto. Conservar únicamente en el recipiente original. Lavarse después de la manipulación. No respirar humos/gases/nieblas/vapores/aerosoles. Utilizar sólo al aire libre o en un lugar ventilado. Usar guantes/ropa protectora/equipo de protección para los ojos/la cara.
Respuesta	Si se ingiere, dar a beber agrande cantidades de agua o leche para diluir. Llamar a un médico. En caso de irritación cutánea: Lavar inmediatamente durante 15 minutos, consultar a un médico. En caso de contacto con los ojos: Enjuagar inmediatamente durante 15 minutos, consultar a un médico. En caso de inhalación: retirarse al aire fresco. Si la persona no respira, dar respiración artificial. Si la respiración fuera difícil, dar oxígeno. Consiga atención médica.
Almacenamiento	Almacenar en un recipiente que sea apropiado y proteja del daño físico. Mantenga fuera de la luz solar directa, lejos del calor y materiales incompatibles. Mantener el producto en su envase original.
Eliminación	Eliminar el recipiente en una planta de tratamiento de residuos aprobada, con las características del producto en el momento de su eliminación.

Otros peligros:

Ninguno/a.

3 Composición/Información sobre los componentes

Identidad química:	No. ONU:	Sinónimos:	No. CAS:	Concentración:
ESTEARATO DE ZINC	NO REGULADO	N/D	557-05-1	95 – 100%

Impurezas y aditivos:

No contiene otros componentes o impurezas que puedan influir en la clasificación del producto.

4 Primeros auxilios

Descripción de los primeros auxilios:

Inhalación	En caso de inhalación retirarse al aire fresco. Si la persona no respira o la respiración fuera difícil, dar oxígeno. Busque atención médica.
Contacto con la piel	Lave la piel inmediatamente con agua abundante por lo menos 15 minutos. Quítese la ropa y zapatos contaminados. Busque atención médica. Lave la ropa antes de usarla nuevamente. Limpie los zapatos completamente antes de usarlos de nuevo.
Contacto con los ojos	Lave los ojos inmediatamente con abundante agua, por lo menos 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente. Busque atención médica.
Ingestión	Si se ingiere, dar a beber grandes cantidades de agua para diluir. Si ocurre vómito, mantenga la cabeza más abajo que las caderas para evitar la aspiración a los pulmones. Nunca administre nada por la boca a una persona inconsciente.

Síntomas y efectos más importantes, agudos o crónicos:

N/D

Indicación de la necesidad de recibir atención médica inmediata y, en su caso, de tratamiento especial:

No administrar nada por vía oral a una persona en estado inconsciente. En caso de malestar, acúdase al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta). Se recomienda el tratamiento sintomático. Los síntomas pueden ser retardados.



ESTEARATO DE ZINC

5 Medidas contra incendios

Medios de extinción:

Adecuados	Producto químico seco, agua, espuma, anhídrido carbónico. Usar el medio de extinción adecuado de acuerdo con los demás materiales del entorno.
Inadecuados	N/D

Peligros específicos de la sustancia química peligrosa o mezcla:

Combustible	Este producto no es considerado como combustible.
Productos de descomposición peligrosos	En un incendio pueden formarse gases peligrosos para la salud.

Medidas especiales que deberán seguir los grupos de combate contra incendio:

Protección en caso de incendio	Los bomberos o el personal capacitado deben utilizar equipo de protección estándar incluyendo, chaqueta ignífuga, casco con pantalla, guantes, botas de goma y en caso de espacios cerrados, equipo autónomo de respiración.
Procedimientos especiales	En el evento de un fuego, vestir protectores completos y aparato respiratorio autónomo con mascarilla completa operando en la demanda de presión u otro modo de presión positiva. La ropa protectora de los bomberos debe ser efectiva para incendios donde está presente este material. Evite que el agua de extinción del fuego afecte el entorno.

6 Medidas que deben tomarse en caso de derrame o fuga accidental

Precauciones personales, equipo de protección y procedimiento de emergencia:

Precauciones personales	Ventile el área donde ocurrió la fuga o derrame. Use el equipo de protección personal apropiado. Aísle el área de peligro. Evite la entrada de personal innecesario y no protegido.
Precauciones relativas al medio ambiente	No elimine en los drenaje ni cursos de agua o suelo.
Métodos y materiales para la contención y limpieza de derrames o fugas	Contenga y recupere el líquido cuando sea posible. Use herramientas y equipo que no formen chispas. Recoja el líquido en un recipiente apropiado o absórvalo con un material inerte (ej. Vermiculita, arena seca o tierra) y colóquelo en un recipiente para desechos químicos.

7 Manejo y almacenamiento

Precauciones que se deben tomar para garantizar un manejo seguro:

Manipulación	Utilizar un equipo de protección, según corresponda. Evitar el contacto en la piel, ojos y la ropa. Lavarse las manos a fondo después de manipular el producto. No comer, beber y fumar durante la utilización del producto. Quitarse la ropa y el equipo de protección personal contaminados al abandonar el área de trabajo o al ingresar a áreas destinadas al consumo de alimentos. Debe haber una ventilación general adecuada. Si es posible, use campana de extracción. Manipule los envases vacíos con cuidado porque los residuos son tóxicos.
Medidas de protección técnicas	Proteger de daños físicos, seguir las medidas adecuadas para evitar accidentes durante su manipulación o almacenamiento.
Precauciones especiales	N/D

Condiciones de almacenamiento seguro, incluida cualquier incompatibilidad:

Hoja de datos de seguridad
conforme a la NOM-018-STPS-2015



ESTEARATO DE ZINC

Almacenamiento	Mantener el envase cerrado herméticamente. Consérvese únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y ventilado.
Incompatibles	Mantenga fuera de la luz solar directa y lejos del calor. No lave el recipiente para utilizarlo con otros propósitos.

8 Controles de exposición / protección personal

Controles técnicos apropiados:

En caso de que la concentración se encuentre cerca de los límites de exposición, apoyarse de un sistema de ventilación como puede ser una campana de extracción o algún sistema de extracción o venteo local. Evitar contacto directo con el producto.

Parámetros de control:

Límites de exposición laboral: N/D

Medidas de protección individual (equipo de protección personal):

Protección de los ojos/la cara	Utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o un protector de cara completo donde el contacto no sea posible. Los lentes de contacto no deberían ser usados cuando se trabaje con este material.	
Protección de la piel	Usar ropa de protección adecuada y guantes de hule resistentes para evitar el contacto. En caso de contacto, lavarse rápidamente. Lavar la ropa y limpiar el equipo contaminado antes de usarlo de nuevo.	
Protección de las vías respiratorias	Si se excede el límite de exposición, se puede usar un respirador semifacial contra polvos/neblinas hasta diez veces el límite de exposición o la concentración máxima de utilización que especifica el organismo de control apropiado o el fabricante del respirador, lo que sea más bajo. Se puede usar un respirador facial.	

9 Propiedades físicas y químicas

Apariencia	→	Sólido, polvo
Olor	→	N/D
Umbral del olor	→	N/D
pH	→	N/D
Punto de fusión/punto de congelación	→	128 - 130 °C
Punto inicial e intervalo de ebullición	→	135 °C
Punto de inflamación	→	180 °C
Velocidad de evaporación	→	N/A
Inflamabilidad (sólido o gas)	→	N/A
Presión de vapor (mmHg)	→	N/D
Densidad de vapor (aire=1)	→	N/D

Hoja de datos de seguridad
conforme a la NOM-018-STPS-2015



ESTEARATO DE ZINC

Densidad relativa	→	N/D
Solubilidad(es)	→	N/D
Temperatura de ignición espontánea;	→	N/D
Temperatura de descomposición	→	N/D
Viscosidad	→	N/D
Peso molecular	→	632.33 g/mol ($C_{36}H_{70}O_4Zn$)

NA = No Aplica ND= No se Dispone

10 Estabilidad y reactividad

Reactividad	No se conoce reacciones peligrosas bajo condiciones de uso normal.
Estabilidad química	El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.
Posibilidad de reacciones peligrosas	La polimerización peligrosa no ocurre. No se conoce reacciones peligrosas bajo condiciones de uso normal.
Condiciones que deberán evitarse	Contacto con materiales incompatibles.
Incompatibles	Agentes oxidantes fuertes, Ácidos, Metales Alcalinos, Peróxido de hidrogeno, Halógenos, Compuestos orgánicos y álcalis.
Productos de descomposición peligrosos	En condiciones normales de almacenamiento y uso, no se deberían formar productos de descomposición peligrosos.

11 Información toxicológica

Información sobre los efectos toxicológicos.

Toxicidad aguda	Nocivo en caso de ingestión.
Oral (Producto):	DL50 Oral - Rata - > 10,000 mg/kg
Dérmico (Producto):	N/D
Inhalación (Producto):	N/D
Corrosión/irritación cutánea	N/D
Lesión ocular grave/irritación ocular	N/D
Sensibilización respiratoria o cutánea	No se conocen efectos significativos o riesgos de sensibilización respiratoria o cutánea.

Hoja de datos de seguridad
conforme a la NOM-018-STPS-2015



ESTEARATO DE ZINC

Mutagenicidad en células germinales	No se conocen efectos significativos o riesgos que lo clasifiquen como mutágeno en células germinales.
Carcinogenicidad	No se conocen efectos significativos o riesgos que lo clasifiquen como carcinógeno.
Toxicidad para la reproducción	N/D
Toxicidad sistémica específica del órgano blanco-Exposición única	N/D
Toxicidad sistémica específica del órgano blanco-Exposiciones repetidas	N/D
Peligro por aspiración	No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.
Otros efectos	N/D

12 Información ecotoxicológica

Toxicidad	N/D
Potencial de bioacumulación	N/D
Movilidad en el suelo	No hay datos disponibles sobre la bioacumulación o degradabilidad del producto.
Otros efectos adversos	Este producto no está clasificado como peligroso para el medio ambiente. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que una concentración elevada pueda afectar la flora y fauna de cualquier ecosistema. Grandes cantidades del producto pueden afectar el pH del agua.

13 Información relativa a la eliminación de los productos

Métodos de eliminación:

Generales	Se debe evitar o minimizar la generación de desechos cuando sea posible. No se deben utilizar los sistemas de alcantarillado de aguas residuales para deshacerse de cantidades significativas de desechos del producto, debiendo ser estos procesados en una planta de tratamiento de efluentes apropiada. La eliminación del producto sobrante y no reciclable debe realizarse a través del confinamiento de los residuos para su eliminación. La eliminación de este producto, sus soluciones y cualquier derivado deben cumplir siempre con los requisitos de la legislación de protección del medio ambiente y eliminación de desechos y todos los requisitos de las autoridades locales.
Especiales	Se debe evitar o minimizar la generación de desechos cuando sea posible. Los envases residuales deben reciclarse; deben ser vaciados de forma óptima para que tras un lavado correspondiente puedan reutilizarse. Sólo se deben contemplar la incineración o el enterramiento cuando el reciclaje no sea factible. Eliminar los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles. Deben tomarse precauciones cuando se manipulen recipientes vaciados que no hayan sido limpiados o enjuagados. Los envases vacíos o los revestimientos pueden retener residuos del producto. El vapor procedente de residuos del producto puede crear una atmósfera altamente inflamable o explosiva en el interior del recipiente. No cortar, soldar ni esmerilar recipientes usados salvo que se hayan limpiado a fondo por dentro. Evitar la dispersión del material derramado, su contacto con el suelo, el medio acuático, los desagües y las alcantarillas.

Hoja de datos de seguridad
conforme a la NOM-018-STPS-2015



ESTEARATO DE ZINC

14 Información relativa al transporte

Número ONU	N/D
Designación oficial de transporte	ESTEARATO DE ZINC
Clase(s) relativas al transporte	N/D
Grupo de embalaje / envasado, si se aplica	N/D
Riesgos ambientales	N/D
Precauciones especiales para el usuario	Las disposiciones concernientes a las mercancías que se deben cumplir dentro de las instalaciones laborales.

15 Información Reglamentaria

Reglamentos de seguridad, salud y medio ambiente específicas para el producto en cuestión México. Sustancias que están sujetas a ser reportadas en el registro de emisiones y transferencia de contaminantes (PRTR), No se aplica.
Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 que establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales.

- Ley General de Protección Civil.
- Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligroso.
- NOM-010-STPS-2014, Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral-Reconocimiento, evaluación y control.
- NOM-018-STPS-2015, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
- NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- NOM-002-SCT-2011, Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.
- NOM-005-SCT/2008, Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- NMX-R-019-SCFI-2011, Sistema armonizado de clasificación y comunicación de peligros de los productos químicos.

16 Otra información

La información se considera correcta, pero no es exhaustiva y se utilizará únicamente como orientación, la cual está basada en el conocimiento actual de la sustancia química o mezcla y es aplicable a las precauciones de seguridad apropiadas para el producto.

La información aquí contenida está basada en el conocimiento y experiencia actuales; no se acepta ninguna responsabilidad si es insuficiente o correcta en todos los casos. El usuario debe considerar estos datos como suplemento únicamente de otra información que haya obtenido por su propia experiencia para garantizar el uso y la eliminación apropiados de estos materiales, la seguridad y salud de empleados y clientes, así como la protección del medio ambiente.

Hoja de datos de seguridad
conforme a la NOM-018-STPS-2015



ESTEARATO DE ZINC

Clasificación de riesgo NFPA



Inflamabilidad
Salud
Reactividad
Peligro especial

Clase de peligro: 0 – Mínimo; 1 - Leve; 2 - Moderado; 3 - Serio; 4 – Grave.