

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN MURO DE TIERRA, REFORZADOS CON
POLIETILENO EN ZONA DE ARRIOSTRAMIENTO BAJO CARGA LATERAL
DINÁMICA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN

AUTORES:

BR. RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, LESLEY MELISA.

BR. ZVALETA LOPEZ, MICHAEL ADAN.

ASESOR:

ING. GALICIA GUARNIZ, WILLIAM CONRAD

TRUJILLO - PERÚ

2020

MIEMBROS DEL JURADO CALIFICADOR

**Tesis: COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN MURO DE TIERRA,
REFORZADOS CON POLIETILENO EN ZONA DE ARRIOSTRAMIENTO BAJO
CARGA LATERAL DINÁMICA.**

Presentada por:

BR. RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, LESLEY MELISA.

BR. ZAVALA LOPEZ, MICHAEL ADAN.

Aprobado por el jurado:

**ING. OSWALDO HURTADO ZAMORA
PRESIDENTE**

**ING. MARCELO EDMUNDO MERINO MARTINEZ
SECRETARIO**

**ING. EIREN J. REBAZA SANCHEZ
VOCAL**

**ING. WILLIAM CONRAD GALICIA GUARNIZ
ASESOR**

DEDICATORIA

Agradezco a Dios en primer lugar, a mis ángeles que están en el cielo, a mis padres, mis hermanas y demás familiares por su apoyo constante durante los años de estudios universitarios; a su vez por los ánimos a no decaer en este camino de superación personal, así también, en el culmino de este proyecto de investigación, agradezco a todas las personas que aportaron con sus conocimientos brindados.

Br. Lesley Melisa Rodríguez Sánchez

Agradezco a Dios, A mis Padres por el apoyo constante hacia mi persona durante mi formación Académica, apoyo emocional y amical. Agradezco a mis hermanos menores y Familiares que me brindaron su aliento y apoyo durante mi proceso hasta la culminación de mi Tesis.

El agradecimiento a mi pareja por estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas y siempre ver su apoyo hacia mi persona y por la familia que muy pronto iremos a formar.

Br. Michael Adan Zavaleta Lopez

AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor Ing. William Conrad Galicia Guarniz por ofrecernos gran parte de su tiempo y sus habilidades, por guiarnos durante el desarrollo de nuestra tesis.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, que impartieron sus conocimientos en estos años de carrera universitaria.

A las personas que compartieron sus conocimientos para la realización de dicho proyecto, tanto profesionales como amicales.

RESUMEN

Nuestro proyecto de investigación es de carácter experimental, ya que tomamos como referencia principal la utilización del material de adobe, que sigue siendo uno de las materias primas principales para la construcción de viviendas, en zonas altas o rurales en el Perú. Es por ello que teniendo como referencia los cambios que ejercen en el transcurrir del tiempo planteamos la forma de mejorar su interacción entre unidades de albañilería aplicando el Polietileno PEBD en sus arriostres dando más sostenibilidad al muro, bajo ensayos de carga lateral dinámica.

Para lo cual, realizaremos los ensayos de resistencia de la compresión axial de la unidad ($f'b$), resistencia a la compresión axial en pila ($f'm$), de tracción diagonal ($v'm$); con estos resultados realizaremos un prototipo de muro de tierra con polietileno PEBD en sus arriostres de confinamiento con 20%(14x19x0.5) cm, 40%(15x12x0.5) cm y 60%(23x16x0.5) cm de la longitud del muro.

Los resultados de estos ensayos a escala reducida, se realizarán a través de una mesa vibratoria (Tesis "ENSAYO DE PÓRTICO A ESCALA EN MESA DE VIBRACIÓN DE 1 GRADO DE LIBERTAD", de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil), implementándole un sensor de efecto hall donde se encontrará el desplazamiento lateral máximo y mínimo para así calcular la fuerza lateral y la rigidez de la estructura.

ABSTRACT

Our research project is experimental in nature, since we take as a main reference the use of adobe material, which remains one of the main raw materials for housing construction, in high or rural areas in Peru. That is why, taking as a reference the changes that they exert over time, we propose how to improve their interaction between masonry units by applying PEBD Polyethylene in their bracing, giving more sustainability to the wall, under dynamic lateral load tests.

For which, we will perform the tests of resistance of the axial compression of the unit ($f'b$), resistance to axial compression in stack ($f'm$), of diagonal traction ($v'm$); With these results we will make a prototype of a PEBD polyethylene ground wall in its confinement bracing with 20% (14x19x0.5) cm, 40% (15x12x0.5) cm and 60% (23x16x0.5) cm of the wall length.

The results of these small-scale tests are carried out through a vibrating table (Thesis "1 DEGREE FREEDOM VIBRATION TABLE ON A SCALE PORCH", from the Professional School of Civil Engineering), implementing a hall effect sensor where the maximum and minimum lateral displacement is selected for thus calculate the lateral force and stiffness of the structure.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el reglamento de Grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el reglamento interno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, ponemos a vuestra disposición el presente trabajo de suficiencia profesional titulado: **COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN MURO DE TIERRA, REFORZADOS CON POLIETILENO EN ZONA DE ARRIOSTRAMIENTO BAJO CARGA LATERAL DINÁMICA.**

Para obtener el título profesional de ingeniero civil, así como algunas experiencias para el desarrollo de la ingeniería.

Consideramos señores miembros del jurado que con vuestras sugerencias y recomendaciones este trabajo pueda mejorarse y contribuir a la difusión de la investigación de nuestra Universidad.

ÍNDICE

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN	I
MIEMBROS DEL JURADO CALIFICADOR	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT	VI
PRESENTACIÓN	VII
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE FOTOS.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad Problemática	2
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.4. Justificación del estudio	4
2. MARCO DE REFERENCIA	5
2.1. Antecedentes del estudio	5
2.2. Marco Teórico	7
2.3. Marco Conceptual	16
2.4. Hipótesis.....	18
2.4.1. Hipótesis general.....	18
2.5. Variables:.....	18
2.5.1. Variable independiente	18
2.5.2. Variable dependiente.....	18
3. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y nivel de investigación	19
3.2. Población y muestra.....	19
3.3. Técnicas e instrumentos de investigación.....	19
3.4. Diseño de Investigación	19
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	19

4. RESULTADOS	20
4.1. Análisis e interpretación de resultados	20
4.1.1. Diseño de la Unidad de Albañilería	20
4.1.2. Equipo moldeador para la elaboración del ladrillo de albañilería.....	22
4.1.3. Recolección de material	23
4.1.4. Trituración de ladrillos y obtención del material	25
4.1.5. Preparación del equipo moldeador	26
4.1.6. Obtención del Material a ser Implementado	27
4.1.7. Diseño de Mezclas	29
4.1.8. Obtención del Mortero a Utilizar.....	30
4.2. Procedimiento de análisis y ensayos:	31
4.2.1. Prototipos:.....	31
4.3. Ensayos de resistencia a la compresión	36
4.3.1. Resistencia a compresión de las unidades ($f'b$):.....	36
4.3.2. Resistencia a la compresión de las Pilas de Adobe ($f'm$)	39
4.3.3. Resistencia a la compresión de Tracción Diagonal ($v'm$)......	41
4.4. Ensayos de Tracción Diagonal	43
4.5. Ensayos de prototipos de muro de tierra con polietileno.	46
4.6. Análisis del Comportamiento Cíclico en una Fuerza Lateral.	51
4.7. Prueba de hipótesis	61
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
5.1. Resistencia a la compresión axial de la unidad ($f'b$)......	61
5.2. Resistencia a la compresión axial en pila ($f'm$).....	63
5.3. Resistencia a la tracción diagonal ($v'm$)......	64
5.4. Análisis del comportamiento cíclico en una fuerza lateral	65
6. CONCLUSIONES:.....	67
7. RECOMENDACIONES:	68
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	69
LINKOGRAFIA.....	70
9. ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº 01 Reseña histórica en esquema del polietileno.....	8
Tabla Nº 02 Esquema de variables.....	18
Tabla Nº 03 Muestra de Prototipos Nº 01.....	32
Tabla Nº 04 Muestra de Prototipos Nº 02.....	32
Tabla Nº 05 Muestra de Prototipos Nº 03.....	32
Tabla Nº 06 Muestra de Prototipos Nº 04.....	33
Tabla Nº 07 Muestra de Prototipos Nº 05.....	33
Tabla Nº 08 Muestra de Prototipos Nº 06.....	33
Tabla Nº 09 Muestra de Prototipos Nº 07.....	34
Tabla Nº 10 Muestra de Prototipos Nº 08.....	34
Tabla Nº 11 Muestra de Prototipos Nº 09.....	34
Tabla Nº 12 Muestra de Prototipos Nº 10.....	35
Tabla Nº 13 Muestra de Prototipos Nº 11.....	35
Tabla Nº 14 Muestra de Prototipos Nº 12.....	35
Tabla Nº 15 Resultados de la resistencia a la compresión de unidades.....	38
Tabla Nº 16 Resultados de la resistencia a la compresión de pilas.....	41
Tabla Nº 17 Resultados de la resistencia a la compresión en tracción diagonal con polietileno	44
Tabla Nº 18 Resultados de la resistencia a la compresión en tracción diagonal sin polietileno.	45
Tabla Nº 19 Cuadro resumen de muros a ensayar.	47
Tabla Nº 20 Cálculo de la rigidez máxima con el sensor de efecto hall.....	48
Tabla Nº 21 Cálculo de la rigidez mínima con el sensor de efecto hall.....	48
Tabla Nº 22 Resultados de ensayo; resistencia a compresión axial de la unidad (f´b)...	62
Tabla Nº 23 Resultados de ensayo, resistencia de compresión axial en pila (f´m).....	63
Tabla Nº 24 Resultados de ensayo, resistencia a tracción diagonal (v´m)	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Reseña histórica en esquema del polietileno.	8
Figura N° 02: Diagrama del sistema dinámico con amortiguación.	15
Figura N° 03: Diagrama de cuerpo libre.	16
Figura N° 04: Esquema de Variables.	18
Figura N° 05: Proyección de ladrillos a escala reducida.	21
Figura N° 06: Formulario de resistencia a compresión.	39
Figura N° 07: Resultados de la resistencia a la compresión de pilas.	41
Figura N° 08: Formulario de resistencia a compresión.	42
Figura N° 09: Resultados de la resistencia a la compresión en tracción diagonal con polietileno.	44
Figura N° 10: Resultados de la resistencia a tracción diagonal son polietileno.	45
Figura N° 11: Cuadro resumen de muros a ensayar.	47
Figura N° 12: Cálculo de la rigidez máxima con el sensor de efecto Hall.	48
Figura N° 13: Cálculo de la rigidez mínima con el sensor de efecto Hall.	48
Figura N° 14: Ensayos efecto Hall y MPU-6050 de prototipos con polietileno.	53
Figura N° 15: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1min con 20 HZ.	53
Figura N° 16: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1min con 40 HZ.	54
Figura N° 17: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1min con 60 HZ.	54
Figura N° 18: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1.30 min con 20 HZ.	55
Figura N° 19: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1.30 min con 40 HZ.	55
Figura N° 20: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1.30 min con 60 HZ.	56
Figura N° 21: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1 min con 20 HZ.	56
Figura N° 22: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1.30 min con 20 HZ.	57

Figura N° 23: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1 min con 20 HZ.	57
Figura N° 24: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1.30 min con 20 HZ.....	58
Figura N° 25: Análisis obtenidos de control de movimiento MPU-6050 a un tiempo de 1 min con 20 HZ.....	58
Figura N° 26: Análisis obtenidos de control de movimiento MPU-6050 a un tiempo de 1.30 min con 20 HZ.....	59
Figura N° 27: Análisis obtenidos de control de movimiento MPU-6050 a un tiempo de 1 min con 20 HZ.....	59
Figura N° 28: Análisis obtenidos de control de movimiento MPU-6050 a un tiempo de 1.30 min con 20 HZ.....	60
Figura N° 29: Análisis obtenidos de control de movimiento MPU-6050 a un tiempo de 1 min con 20 HZ.....	60
Figura N° 30: Análisis obtenidos de control de movimiento MPU-6050 a un tiempo de 1.30 min con 20 HZ.....	61
Figura N° 31: Resultados de ensayo; resistencia a compresión axial de la unidad (f'_{b})....	62
Figura N° 32: Formulario de resistencia a compresión.	62
Figura N° 33: Formulario de resistencia a compresión.	63
Figura N° 34: Resistencia de compresión axial en pila (f'_{m}).....	63
Figura N° 35: Datos de resistencia a la tracción diagonal (v'_{m}).	64
Figura N° 36: Resultados de ensayo, resistencia a tracción diagonal (v'_{m}).	64

ÍNDICE DE FOTOS

Foto N° 01: Ladrillo de tierra a escala real.	22
Foto N° 02: Molde para unidades de albañilería.	23
Foto N° 03: Traslado de material.	24
Foto N° 04: Triturando el adobe para obtener el material a usar.....	25
Foto N° 05: Tamizando el material en malla N° 16.	26
Foto N° 06: Añadiendo petróleo para evitar el pegado de la mezcla en el molde.	27
Foto N° 07: Material obtenido después de pasar por el tamiz.	28
Foto N° 08: Agregado Grueso-Cantera de Moche.....	29
Foto N° 09: Material triturado, peso necesario para lograr hacer la mezcla.	30
Foto N° 10: Muro a escala de adobe.....	31
Foto N° 11: Medición del ancho de la unidad de adobe.....	36
Foto N° 12: Medición del largo de la unidad de adobe.....	37
Foto N° 13: Display del software de la prensa hidráulica, aplicado al ensayo de la unidad (Unidad L-04)	38
Foto N° 14: Display del software de la prensa hidráulica, aplicado en el ensayo de pila (Pila P4)	40
Foto N° 15: Display del software de la prensa hidráulica, aplicado en el Ensayo de Tracción Diagonal. – Tracción diagonal M4.....	43
Foto N° 16: Display del software de la prensa hidráulica, aplicado en el Ensayo de Tracción Diagonal. – Tracción Diagonal M3.	44
Foto N° 17: Proceso Constructivo de Muros de Adobe a Escala Reducida $\frac{1}{4}$	46
Foto N° 18: Obteniendo el peso del muro y con Polietileno indicado en la muestra M-3... ..	49
Foto N° 19: Obteniendo el peso del muro y con Polietileno indicado en la muestra M-1... ..	50
Foto N° 20: Realizando los ensayos en mesa vibratoria.	51
Foto N° 21: Ensayo HALL, que mide la amplitud del campo magnético, la cual se convierte en desplazamiento	52
Foto N° 22: Arduino de Control de Movimiento MPU 6050; unidad de medición inercial que combina un acelerómetro de 3 ejes y un giroscopio de 3 ejes.	52
Foto N° 23: Ensayo de muro de tierra con polietileno.	65
Foto N° 24: Muestreo ensayo a de Hall y MPU-6050.....	66

Foto N° 25: Apilamiento de muestras a escala reducida.	71
Foto N° 26: Secado a la intemperie, adobes a escala reducida.	71
Foto N° 27: Muestra de ensayo de la unidad L-4 Laboratorio de suelos.	72
Foto N° 28: Ensayo de laboratorio en prototipo de pila a escala reducida.	72
Foto N° 29: Elaborando los prototipos a escala reducida con arriostre de polietileno.	72
Foto N° 30: Medidas a escala de polietileno para prototipos.	72
Foto N° 31: Ensayos de prototipos con polietileno a escala reducida en proceso de secado.	72
Foto N° 32: Ensayo HALL, que mide la amplitud del campo magnético, la cual se convierte en desplazamiento y el Ensayo MPU-6050, que mide la frecuencia de oscilamiento.	72
Foto N° 33: Ensayo de muro de tierra a escala reducida en mesa vibratoria.	72

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la industria de la construcción en el Perú, nos muestra que hay pocos estudios relacionados a la mejora del adobe, ya que, a lo largo de la historia, el adobe ha sido uno de los recursos más empleado en la construcción de viviendas en zonas precarias por su bajo coste y fácil adquisición, además se ha modificado su composición para su mejor resistencia a las cargas de gravedad añadiendo nuevos elementos tales como la paja, bagazo de caña, entre otros elementos, los cuales han logrado buenos resultados.

En nuestro proyecto hacemos un realce a la sostenibilidad del polietileno PEBD siendo este un derivado de la fibra vegetal del caucho, por ende, al ser elemento elástico, hemos supuesto que aportará elasticidad a las estructuras que se encontrarán bajo cargas laterales y de gravedad sin afectar su resistencia a la tracción diagonal.

Por ende, se decidió incluir un reforzamiento en la colocación de los adobes (escala reducida), siendo un plástico de Polietileno PEBD que es un material que genera una contaminación al encontrarse en acumulación y de degradación lenta, siendo nuestra finalidad dar una mejor alternativa para el uso del Polietileno PEBD.

Para realizar nuestros ensayos exitosamente se hicieron prototipos a una escala reducida 1:400 con diferentes porcentajes de Polietileno PEBD, mediante lo cual fueron sometidos a cargas a compresión, para lo cual se procederá a realizar el siguiente ensayo que consistió el uso de una mesa vibratoria, para concluir dichos ensayos.

Durante la investigación no hemos tenido ningún tipo de limitaciones, por lo que se contó con los materiales y equipos disponibles y necesarios para comprobar nuestra hipótesis.

1.1. Realidad Problemática

Hoy en día la tecnología en materiales de construcción avanza con el tiempo, pero la utilización de la tierra “adobe”, sigue siendo uno de los materiales principales para la construcción de viviendas, más usado en zonas altas o rurales en el Perú (Fuente propia).

Actualmente, este tipo de material en la industria de la construcción es de gran utilidad por ser una solución de bajo poder adquisitivo y costo mínimo siendo a la vez un elemento ecológico para el ambiente.

Esta materia prima contiene ya elementos para su fabricación siendo tales como la arena y arcilla que presenta en la tierra, a lo cual se le añade una porción de agua para su dicha preparación y hacer barro moldeable.

Actualmente en la preparación del adobe se le añade nuevos elementos tales como la paja, bagazo de caña u otros elementos, con el propósito de aumentar su cohesión y su resistencia para la construcción de viviendas. Pero en varias ocasiones este material presenta fallas (roturas, fisuras, entre otras), en los muros de tierra puede ser ocasionada por el mal procedimiento constructivo del material como también la colocación.

Es por eso, teniendo como referencia esos daños en viviendas ya construidas tanto en esta zona como en la parte alta (Sierra) se propone una investigación con reciclaje de bolsitas (polietileno PEBD). Para fines constructivos, ya que esa implementación se añadiría en hileras evitando las rajaduras, fisuras entre otros.

Pero cabe recalcar que estos muros de tierra, al no tener un mantenimiento preventivo por la baja resistencia que presentan, cuentan con un grave peligro para los habitantes al momento de ocurrir un terremoto, estos tienden a colapsar.

Por ello se están buscando métodos para reforzar viviendas nuevas con muros de tierra las cuales sean baratas y accesibles.

Esta investigación evaluará el comportamiento estructural en muros de tierra a escala reducida, aplicando polietileno en el arriostre de dicho muro, bajo una carga para así conseguir un mejor comportamiento de un muro al ser sometido a una simulación de sismo.

Para dicha investigación se analizará la resistencia a compresión, tracción diagonal y una carga lateral dinámica para la comprobación si el nuevo elemento añadido será efectivo en lo mencionado anteriormente.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la incidencia del comportamiento estructural a carga lateral dinámica en el muro de tierra, al reforzar en la zona de arrostramiento?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es a la resistencia de la compresión axial de la unidad (f'_b)?
- ¿Cuál es la resistencia a la compresión axial en pila (f'_m)?
- ¿Cuál es de tracción diagonal (v'_m)?
- ¿Cómo es el comportamiento de los prototipos de muro de tierra con polietileno en la zona de confinamiento con 20%, 40% y 60% de la longitud del muro?
- ¿De qué manera se puede evaluar el comportamiento cíclico en una fuerza lateral?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Analizar el comportamiento estructural en los muros de tierra, en la zona de arrostramiento, aplicando polietileno PEBD en longitudes variables, bajo ensayos de carga lateral dinámica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar a la resistencia de la compresión axial de la unidad ($f'b$).
- Analizar a la resistencia a la compresión axial en pila ($f'm$).
- Analizar de tracción diagonal ($v'm$).
- Ensayar prototipos de muro de tierra con polietileno en la zona de confinamiento con 20%, 40% y 60% de la longitud del muro.
- Analizar el comportamiento cíclico en una fuerza lateral, inducida por una mesa vibratoria; elaborada por una investigación de tesis "Ensayo de Pórtico a escala en Mesa de Vibración de 1 Grado de Libertad" de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

1.4. Justificación del estudio

En la actualidad, nos damos cuenta que en el transcurso de los años se ha venido utilizando ladrillos convencionales en la construcción de viviendas y edificios; para la utilización de este prototipo de esta investigación, se implementará el polietileno PEBD para lograr un nuevo muro de tierra.

Se justifica porque la construcción en el Perú, no utiliza el reforzamiento con polietileno en el arriostre de un muro de tierra, debido a ello se realiza la presente investigación con el fin de obtener viviendas seguras ante un sismo.

Para que el sector de la construcción en especial en las zonas Rurales, eleven su estándar de calidad y reducir los daños ocasionados por un sismo que existe en el Perú; es por eso que nuestra investigación se basa en el comportamiento de los muretes de tierra con confinamiento en los arriostres, mitigando las cargas cíclicas con el polietileno.

Es necesario el desarrollo y aplicación de este nuevo método, para obtener un muro resistente mediante la obtención de datos a escalas reales. En este tipo de análisis se comprobará la cantidad requerida de refuerzos principalmente en el uso del polietileno.

Se justifica, además, por interés de los tesisistas, por conocer una nueva técnica que permita un mejor comportamiento estructural en un muro de tierra utilizando polietileno, y por ser un método accesible a los habitantes de bajos recursos con un trabajo a escala semejándose a los muros reales.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Nacional

ANTECEDENTE 1: “PROTOTIPO DE VIVIENDA CON ADOBE MEJORADO EN EL DISTRITO DE CHUPA – AZÁNGARO”, Universidad Nacional del Altiplano – Puno 2017, Autor: Mamani Condori Roel Edison. (Mamani Condori, 2018).

- Resumen:

El proyecto de investigación denominado “PROTOTIPO DE VIVIENDA CON ADOBE MEJORADO EN EL DISTRITO DE CHUPA - AZANGARO”, en dicho proyecto arquitectónico fue logrado con la finalidad de mejorar el estilo de vida de los pobladores del distrito de Chupa, utilizando métodos y técnicas para su diseño, pero conservando la forma constructiva empírica y artesanal del Adobe como la materia prima en su estructura y siendo hasta un elemento empleado por Milenios y conservando el equilibrio ambiental.

Este proyecto se encuentra ubicado en el altiplano peruano en la región de Puno, en donde los Tesisistas dan a prevalecer y conservar los aportes brindados una mejor viabilidad a favor de los pobladores, contribuyendo así al desarrollo sostenible del distrito de Chupa y de nuestro país.

2.1.2. Local

ANTECEDENTE 2: “METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE LA VLNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES DE ADOBRE A NIVEL LOCAL”, Universidad Nacional de Ingeniería – Lima 2013, Autor: Isabel Moromi Nakata.

- **Resumen:**

En el proyecto propuesto por los investigadores proponen la evaluación de la vulnerabilidad del tipo de edificaciones ante un sismo para tomar medidas de prevención para luego ser aplicadas en el régimen constructivo.

Dar a conocer una nueva metodología dentro de la evaluación de la vulnerabilidad para generar un reforzamiento en muros de adobe a nivel local.

2.1.3. Internacional

ANTECEDENTE 3: “ESTANDARIZACION DE TENICAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE MUROS DE TIERRA REFORZADA CON LLANTAS DE DESECHO”, Universidad Nacional de Colombia – Medellín Junio 2016, Autor: Oscar Egidio Rodríguez González.

- **Resumen:**

El propuesto proyecto da a conocer los problemas actuales que existe en el mundo entero uno de los grandes contaminantes más peligrosos son las llantas ya que su degradación tarda aproximadamente 500 años para su descomposición; actualmente este tipo de

producción son las más altas en el mercado automovilístico.

Para el presente proyecto lo que buscan los autores de esta investigación es dar una solución a todo ello. Por ello se construirá pavimentos, construcción de pisos, etc. Lo que ellos proponen es la construcción de estructuras de contención.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Polietileno

2.2.1.1. Reseña Histórica:

En 1898, el químico Alemán Hans Von Pechmann, fue el primero en crear por accidente mientras estaba calentando diazometano y estando presentes sus compañeros Eugen Bamberger y Friedrich Tschirner definieron el componente como una sustancia blanca y con aspecto de cera, descubriendo en su composición química grandes cadenas compuestas por -CH₂- llamándolo Polietileno.

Se formalizo el 27 de marzo de 1933, como hoy en día lo conocemos por Reginald Gibson y Eric Fawcett en Inglaterra, ellos trabajaban en los laboratorios ICI y llegando a una medida de presión aproximadamente de 140 bar y una temperatura 170 °C, siendo el primer polietileno con Aplicaciones Industriales.

Transcurriendo el tiempo y paralizando por la Segunda Guerra Mundial, no obstante, el Alemán Kall Ziedk y el Italiano Giulion Natta, dan origen a los catalizadores Ziegler-Natta, obtuvieron el premio nobel en 1963 por su aporte

científico a la química, logrando la Polimerización a presión normal.

En 1976, el Alemán Walter Kaminsky y Hansjors Sinn. Siendo catalizadores metalocénicos estandarizaron al polietileno como polietileno de ultra baja densidad y los polietilenos lineales. (<http://www.packsys.com/blog/breve-historia-del-polietileno/>, s.f.).

Tabla N° 01

Reseña histórica en esquema del polietileno.

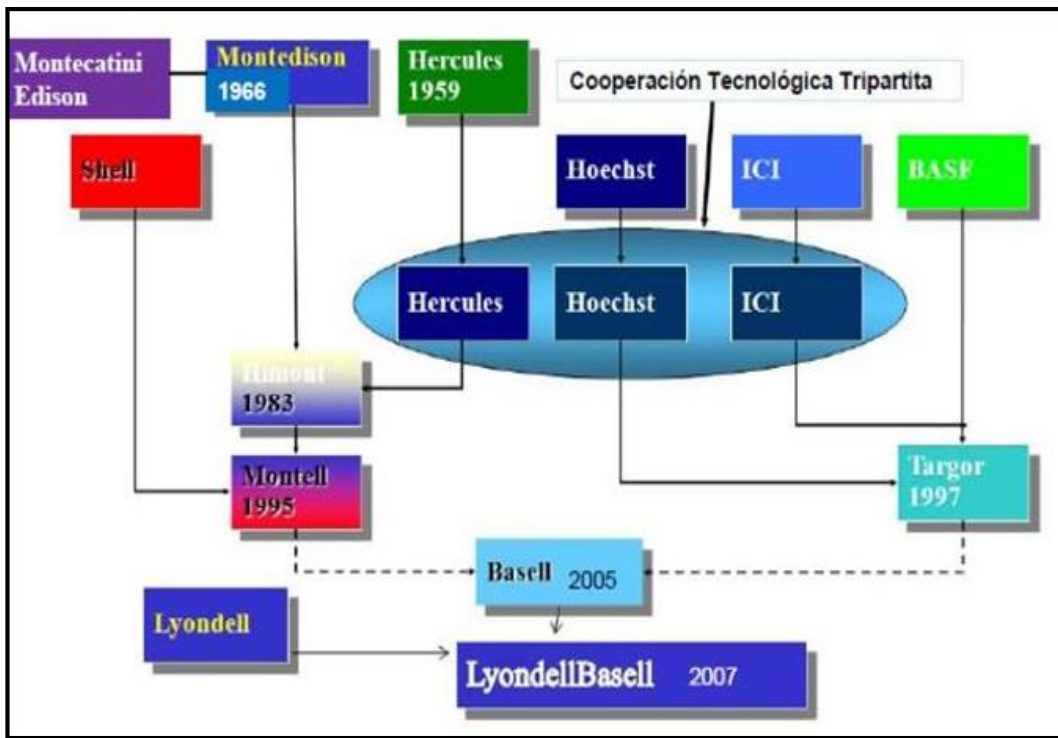


Figura N° 01: Reseña histórica en esquema del polietileno.

Fuente: Blog: Pcksys.com

2.2.1.2. Definición

Los polímeros son compuestos formados por la unión de monómeros. De acuerdo a su origen o a otras características, es posible hablar de polímeros sintéticos, polímeros naturales y otros tipos.

Entre los polímeros sintéticos, se encuentra el polietileno, que se obtiene mediante la polimerización de eteno (un compuesto también conocido como etileno). El polietileno se usa para la producción de una gran cantidad de productos, como caños, recipientes, bolsas, cables y otros. (<https://www.quiminet.com/articulos/caracteristicas-y-aplicaciones-del-polietileno-de-baja-densidad-ldpe-2663472.htm>, s.f.).

2.2.1.3. Propiedades

- Propiedades Físicas

Encontramos que el Polímero termoplástico es un polímero que está compuesto extensas cadenas de hidrocarburos, siendo la temperatura del polietileno variable por haber varios tipos de polietilenos. Siendo para el comercio un polímero de media y alta densidad, con un punto de fusión a un rango de 120 a 130°C (248 a 266°F) siendo un promedio de fusión para una baja densidad comercial comúnmente de 105 a 115°C (221 a 239°F).

2.2.1.4. Características

- Alta resistencia al impacto.
- Resistencia térmica.
- Resistencia química.
- Se puede procesar por inyección o extrusión.
- Tiene una mayor flexibilidad en comparación con el polietileno de alta densidad.
- Su coloración es transparente, aunque se opaca a medida que aumenta su espesor.

- Difícilmente permite que se imprima, pegue o pinte en su superficie.

(<https://www.quiminet.com/articulos/caracteristicas-y-aplicaciones-del-polietileno-de-baja-densidad-ldpe-2663472.htm>, s.f.).

2.2.2. Muro de Tierra

El uso de la tierra en la construcción se inicia en el periodo pre cerámico al emplearse como argamasa (para unir piedras campestres más adelante alrededor del 1000 ac.; en lo formativo se empleará esta tierra en la fabricación de adobes), posiblemente para reemplazar en forma directa a las piedras. Este elemento innovador evolucionara en cuanto a formas dimensiones permitiendo la edificación de múltiples formas arquitectónicas los diversos tipos de adobes utilizados a lo largo de la historia de nuestra cultura.

A. Ventajas:

- El precio.
- Permite realizar formas suaves y redondeadas.
- Permite un bajo consumo energético por sus cualidades aislantes.
- Resulta fácil de modificar en futuras reformas de muros y muy versátil para las instalaciones de tuberías y red eléctrica.
- No deja entrar los ruidos externos.

B. Desventajas

- No es adecuado para la construcción en vertical, ni para zonas muy húmedas (lluvia o ambiental) o con movimientos sísmicos frecuentes.

- Por el espesor de sus muros, requiere disponer de cierto espacio, por lo que no es adecuado para viviendas en zonas de alta densidad constructiva.

(http://www.academia.edu/13338127/HISTORIA_DEL_ADOBE, s.f.).

2.2.3. Madera

2.2.3.1. Reseña Histórica

Hace muchos años la madera es uno de los primeros materiales empleados por el hombre la cual fueron empleados en la construcción de sus chozas por la necesidad de ellos mismos, el cual hoy en día la madera es de uso cotidiano, pero por el tiempo es peligroso ya que es un material inflamable.

El uso de la madera son empleados por arquitectos para que la presentación de sus maquetas. Los ingenieros utilizan la madera para el encofrado. En el hogar son utilizados para calentar y coser la comida.

(<https://es.scribd.com/doc/86973140/HISTORIA-de-LA-MADERA-Materiales-de-Construccion>, s.f.).

2.2.3.2. Características

La madera es poroso, combustible, higroscópica y deformable por los cambios de humedad ambiental, sufre alteraciones químicas por efectos del sol, y es atacable por mohos, insectos y otros seres vivos.

La madera se caracteriza por tener y contar con color, olor, textura, veteado y la orientación de fibra.

(<https://es.slideshare.net/tvsantana/la-madera-caracteristicas-y-propiedades>, s.f.)

2.2.3.3. Tipos

Los árboles suelen ocupar el mayor porcentaje de espacio encontrados en cualquier parte del mundo, entre el tipo de maderas tenemos:

- Pino.
- Cedro.
- Abeto.

2.2.3.4. Ventajas

- La madera es un material de fácil obtención y bajo costo.
- El material es de uso múltiple.

2.2.3.5. Desventajas

- El peligro más común de la madera es que viene a ser un material muy poca resistencia ante el fuego. (<http://www.bindack.com/2012/06/ventajas-y-desventajas-de-la.html>, s.f.).

2.2.4. Resistencia a la Compresión ($f'b$)

La resistencia a la compresión ($f'b$) se determina de la siguiente manera:

$$f'b = \frac{Pm}{A}$$

Donde:

$f'b$ = Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm²).

Pm = Carga máxima de rotura (kg).

A = Área de la unidad de albañilería (cm²).

2.2.5. Fuerza Axial

Una fuerza axial es una fuerza que actúa directamente sobre el centro axial de un objeto en la dirección del eje longitudinal. Estas fuerzas pueden ser de compresión o de tensión, dependiendo de la dirección de la fuerza. Cuando una fuerza axial actúa a lo largo del eje longitudinal y este eje pasa por el centro geométrico del objeto, será además una fuerza concéntrica; en caso contrario será una fuerza excéntrica. Las fuerzas perpendiculares al eje longitudinal del objeto se denominan normalmente como fuerzas verticales.

Una de las partes importantes al analizar una fuerza axial es el concepto de centro geométrico y de centro axial. El centro geométrico es un punto dentro del espacio delimitado por la forma del objeto y que es el centro perfecto de su masa, en otras palabras, desde este punto encontraremos la misma cantidad de masa del objeto en cualquier dirección. En un objeto simple y simétrico, como un cilindro, es fácil encontrar exactamente el centro geométrico realizando unas simples medidas de sus lados. En un objeto complejo, por ejemplo, una bicicleta, encontrar el centro geométrico es mucho más complicado; para encontrarlo existen series de ecuaciones matemáticas realmente complejas.

El centro geométrico en un objeto complejo puede estar prácticamente en cualquier lugar dentro del espacio definido por su forma, esto incluye espacio no ocupado por masa del objeto. Por ejemplo, el centro geométrico de una bicicleta podría estar en el espacio entre los tubos de la estructura central. Factores como la densidad, que puede ser no homogénea en todo el objeto, y estructuras no simétricas pueden hacer que el centro geométrico se sitúe en el interior de la forma, en su superficie e incluso fuera.

El eje axial de un objeto va de un lado a otro del objeto pasando por el llamado centro axial. Esta línea depende de la forma del objeto y no

de su masa. Por tanto, el centro axial y el centro geométrico pueden coincidir en el mismo punto o puede que no.

Cuándo una fuerza actúa directamente sobre el centro axial, coincide o no con el centro geométrico, es una fuerza axial. Una fuerza axial actúa comprimiendo o tensionando (estirando) el eje axial en dos direcciones opuestas. Una fuerza axial, por tanto, no hace moverse al objeto. (<https://curiosoando.com/que-es-una-fuerza-axial>, s.f.).

2.2.6. Tracción Diagonal

Los esfuerzos de tracción, que son de especial interés por la baja resistencia a la tracción del concreto, no están limitados a los esfuerzos horizontales de tracción f causados por flexión pura. Existen esfuerzos de tracción con varias inclinaciones y magnitudes, que resultan del cortante sólo (en el eje neutro) o de la combinación de cortante y flexión, y estos se presentan en toda la viga y pueden afectar su integridad si no se consideran adecuadamente.

Por consiguiente, los esfuerzos de tracción inclinados, conocidos como esfuerzos de tracción diagonal, deben tenerse en cuenta de manera cuidadosa en el diseño del concreto reforzado. (<https://es.scribd.com/presentation/245707776/Concreto-Armado-Cortante-y-Traccion-Diagonal-en-Vigas>, s.f.).

2.2.7. Análisis estructural dinámico

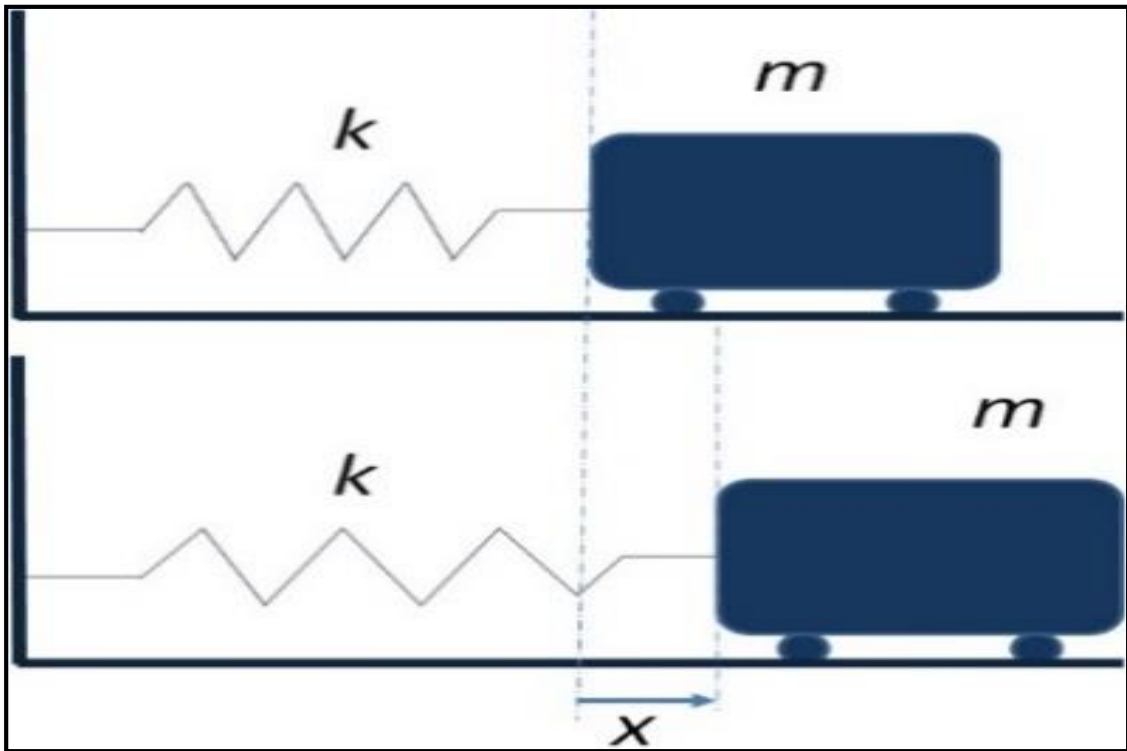


Figura N° 02: Diagrama del sistema dinámico con amortiguación.
Fuente: Masa-Resorte-Amortiguador.

Iniciaremos nuestro estudio de dinámica estructural con el análisis de un sistema simple y fundamental, el sistema con un grado de libertad en el cual despreciamos las fuerzas de amortiguación. Además, vamos a considerar a este sistema como si estuviera libre de la acción de fuerzas exteriores durante su movimiento vibratorio. En estas condiciones, el sistema en movimiento estaría gobernado solo por la influencia de las llamadas condiciones iniciales, o sea el desplazamiento y la velocidad especificados, en el instante $t=0$, cuando se inicia el estudio del sistema. Este sistema con un grado de libertad se conoce como oscilador simple sin amortiguación.

A partir del diagrama de cuerpo libre que incluye la fuerza de inercia f_I , la ecuación de equilibrio dinámico es:

$$f_I + f_D + f_S = 0$$

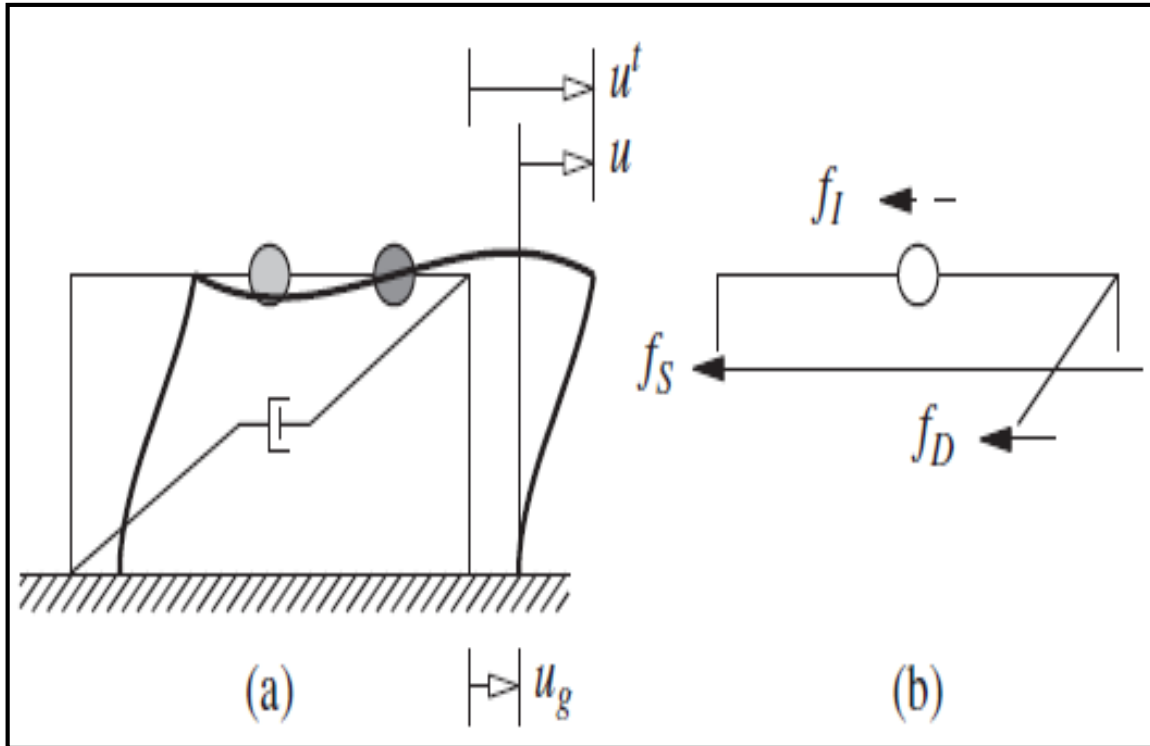


Figura N° 03: Diagrama de cuerpo libre.

Fuente: Análisis de edificios en altura. Universidad de Valencia.

2.3. Marco Conceptual

- **Arcilla.** - Único material activo e indispensable del suelo. En contacto con el agua permite su amasado, se comporta plásticamente y puede cohesionar el resto de partículas inertes del suelo formando el barro, que al secarse adquiere una resistencia seca que lo convierte en material constructivo. Tiene partículas menores a dos micras (0.002 mm).
- **Arena fina.** - Es un componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendido entre 0.08 mm y 0.50 mm. Como el limo puede contribuir a lograr una mayor compacidad del suelo, en ciertas circunstancias.
- **Arena gruesa.** - Es un componente inerte, estable en contacto con el agua, sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca comprendidas entre 0.6 mm y 4.75 mm (según Normas Técnica y/o

con mallas N°30 y N° 4 ASTM) que conforman la estructura granular resistente del barro en su proceso de secado. La adición de arena gruesa a suelos arcillosos, disminuye el número y espesor de las fisuras creadas en el proceso de secado, lo que significa un aumento de la resistencia del barro seco según se ha comprobado en el laboratorio.

- **Arriostre.** - Componente que impide significativamente el libre desplazamiento del borde de muro, considerándose un apoyo. El arriostre puede ser vertical (muro transversal o contrafuerte) u horizontal.
- **Esbeltez.** - Relación entre las dimensiones del muro y su máximo espesor. Hay dos tipos de esbeltez de muros: La esbeltez vertical (λ_v), que es la relación entre la altura libre del muro y su máximo espesor, y La esbeltez horizontal (λ_h), que es la relación entre el largo efectivo del muro y su espesor.
- **Mazo o pisón.** - Dispositivo de madera utilizado en la técnica del tapial para compactar la tierra húmeda colocada entre los tableros (moldes o encofrados). Puede haber varios tipos de mazos: para los bordes, para el centro y para la superficie final de las capas. Su peso es de alrededor de 10 kg.
- **Mortero.** - Material de unión de los adobes en una albañilería. Debe ser de barro mezclado con paja o con arena gruesa y eventualmente con otras sustancias naturales espesas para controlar las fisuras del proceso de secado (cal, mucílagos de cactus, y otros comprobados).
- **Muro.** - Es un muro arriostrado cuya estabilidad lateral está confiada a elementos de arriostre horizontales y/o verticales y que incluye refuerzos.
- **Refuerzos.** - Elementos constituidos por materiales con alta capacidad de tracción, que sirven para controlar los desplazamientos de muros en caso de fisuras estructurales. Deben ser compatibles

con el material de la tierra, es decir, flexibles y de baja dureza para no dañarlo, incluso durante las vibraciones que producen los sismos.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Con la implementación del polietileno bajo carga lateral, se mejorara la resistencia a la tracción diagonal de 1.42 kg.f/cm² sin perjudicar su comportamiento estructural.

2.5. Variables:

Operacionalización de la variable.

2.5.1. Variable independiente

- Dimensión del polietileno PEBD en cada arrostramiento con un porcentaje variado.

2.5.2. Variable dependiente

- Relación a la tracción diagonal (v'm).
- Figuración del muro en la zona de arriostre.

Tabla N° 02
Esquema de variables.

Variabes	Tipo	Dimensión	Indicador	Unidad	Instrumento
Propiedades mecánicas	Dependiente	v'm	Carga/área	Kg/cm ²	Máquina de prueba a compresión
Comportamiento estructural del polietileno que se añade a las hiladas de muros y pilas de adobe	Independiente	-	$\frac{\text{Peso de polietileno}}{\text{Peso de bloque}} \times 100$	Adimensional	Cálculo en Gabinete

Figura N° 04: Esquema de Variables.
Fuente: Autoría propia.

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

- Investigación Exploratoria.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población:

- Pilas, muros y unidades de adobe convencionales a escala reducida (1/400).

3.2.2. Muestra:

- Prototipos de muros de tierra a escala con la implementación de polietileno PEBD que será añadido en zona de arrostroamiento.

3.3. Técnicas e instrumentos de investigación

- Las recolecciones de datos se realizarán mediante ensayos en la Universidad Privada Antenor Orrego.
- Ensayos a realizar en la máquina de compresión.
- Cámaras fotográficas y videos.

3.4. Diseño de Investigación

- Investigación Experimental.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Se medirá cuanto el esfuerzo aplicado se vea reflejado en el agrietamiento de muro y pilares a escala, mediante una máquina de prueba donde se analizará la compresión y tracción diagonal, dicha información será procesada en los siguientes softwares:

- Microsoft Excel: Para el desarrollo de hojas de cálculo.
- Microsoft Word: Para la redacción y modificaciones del proyecto.
- Microsoft PowerPoint: Para sustentación de resultados.

4. RESULTADOS

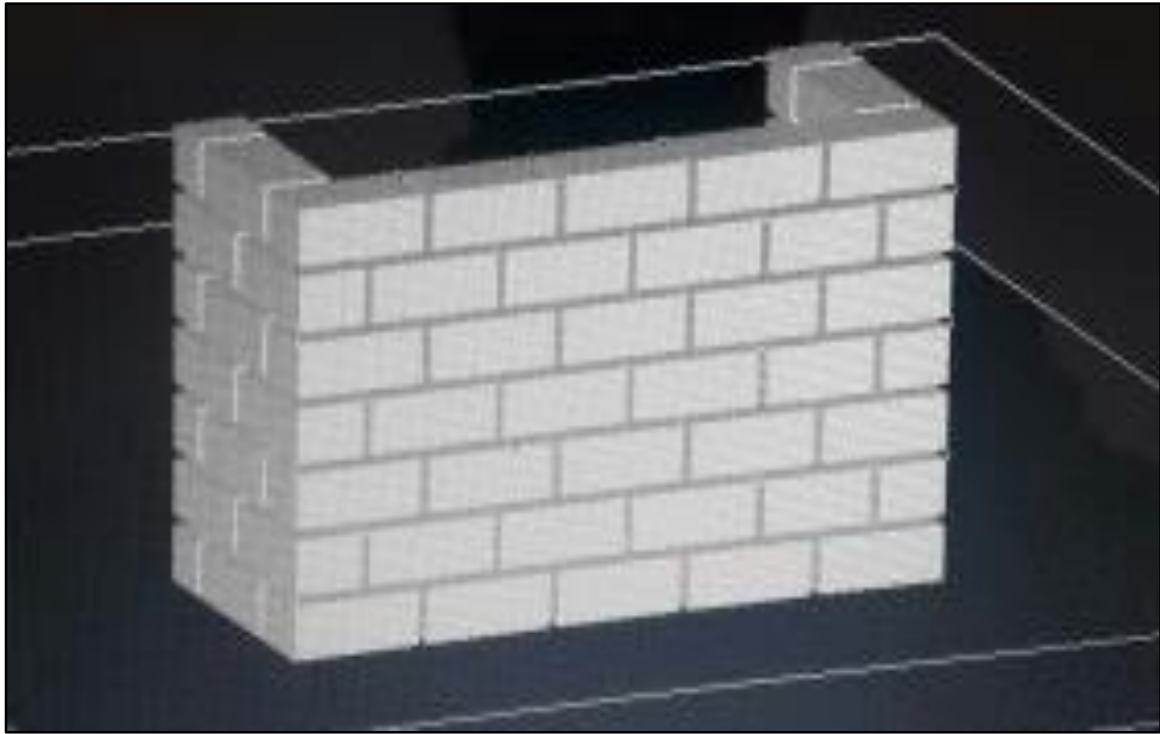
4.1. Análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Diseño de la Unidad de Albañilería

Para dar inicio se toma muestra de un ladrillo artesanal (crudo), siendo este una de las muestras no utilizadas por los Tesistas anteriores (tesis “Efecto de los arriostres en la resistencia para muros a base de tierra bajo carga perpendicular a su plano” por Castañeda García, Angélica Solange y Muñoz Rengifo, Yomira Esperanza), por ahora ya tituladas, trabajando con las muestras a escala real y de dichos ensayos nos servirá como comparación de datos a nuestros resultados a realizar.

Como recalcamos en nuestro tema, el ladrillo (Adobe artesanal) se trabajará a escala reducida, que nos permitirá simular un sismo provocado con ayuda de una mesa vibratoria, que también fue proyecto de Tesis y donado a la escuela de Ingeniería.

Con ayuda del programa AutoCAD 3D, nos facilitó en el diseño y modelado del ladrillo, y calculando a que escala se podría trabajar en dicho proyecto, como cave recalcar se trabajará a una escala reducida de $\frac{1}{4}$. Con estos resultados obtenidos podemos proceder a inicial el proyecto y tener una noción más amplia al proyecto.



*Figura N° 05: Proyección de ladrillos a escala reducida.
Fuente: Autoría propia.*

Al tener esa ayuda se obtuvo las dimensiones para crear nuestros prototipos a escala reducida.

En la cual, se corroboró con la NORMA E0.80 DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA REFORZADA con la “*nota 2: La expresión IV relaciona la esbeltez vertical ($\lambda_v = H/e$) con la esbeltez horizontal ($\lambda_h = L/e$), de modo que se debe cumplir la expresión: $\lambda_h + 1.25 \lambda_v \leq 17.5$ ”.*



*Foto N° 01: Ladrillo de tierra a escala real.
Fuente: Autoría Propia.*

Con este cálculo, se definió el uso de trabajo a escala reducida de $\frac{1}{4}$; luego se vio en diseñar un molde para obtener las muestras respectivas y poder hacer el levantamiento del muro de adobe.

4.1.2. Equipo moldeador para la elaboración del ladrillo de albañilería

El equipo moldeador fue elaborado con la ayuda de un carpintero en la maderera. El cual se le presentó el diseño de nuestro molde con medidas: espesor 3cm, largo 66cm y ancho 13.5cm; para obtener 30 unidades de ladrillo de barro a la escala reducida.



*Foto N° 02: Molde para unidades de albañilería.
Fuente: Autoría propia.*

El molde está diseñado de Caoba que se encuentra en el grupo B y por recomendación del carpintero de la maderera, nos indicó que fuera roseada con petróleo para evitar la adherencia de las muestras.

4.1.3. Recolección de material

Continuando con el procedimiento de los datos y mencionado anteriormente, acudimos a nuestros compañeros de tesis (tesis “Efecto de los arriostres en la resistencia para muros a base de tierra bajo carga perpendicular a su plano” por Castañeda García, Angélica Solange y Muñoz Rengifo, Yomira Esperanza), para que nos brinden sus resultados a escala real y proceder con la comparación a escala reducida.

Con estas muestras que describiremos; se podrá lograr resultados más precisos a los ensayos en escala reducida, donde estos nos servirá como referencia a más estudios en lo que respecta al muro de Adobe.



*Foto N° 03: Traslado de material.
Fuente: Autoría propia.*

Prosiguiendo con la recolección del ladrillo (adobe); siendo este el material principal para nuestras muestras; lo trasladamos a la vivienda más cercana donde se llevará a cabo la fabricación de las muestras a escala reducida.

4.1.4. Trituración de ladrillos y obtención del material

Se procede a la trituración de los bloques de ladrillos, donde obtendremos la materia prima que nos servirá en la fabricación de nuestras muestras.



*Foto N° 04: Triturando el adobe para obtener el material a usar
Fuente: Autoría Propia.*

Una vez obtenida la trituración del ladrillo, se observa que tiene residuos sólidos como, piedras, plástico, papel, etc; se procede a

pasar por el tamizaje correspondiente, donde se utilizó una malla N°30. Este nos sirvió para inhibir lo orgánico y lo inorgánico, obteniendo así, el material fino y manejable para la elaboración de nuestras muestras.



*Foto N° 05: Tamizando el material en malla N° 16.
Fuente: Autoría Propia.*

4.1.5. Preparación del equipo moldeador

Para dar el inicio de la elaboración a nuestro muestreo, el equipo moldeador es añadido petróleo (Diesel, agente aislante) para evitar el adherir la materia granulada o tamizada en el molde de madera.



*Foto N° 06: Añadiendo petróleo para evitar el pegado de la mezcla en el molde.
Fuente: Autoría Propia.*

4.1.6. Obtención del Material a ser Implementado

- **Material de ladrillo molido**

Con el material obtenido por el tamiz se obtuvo una porción poco soluble a adherente para la construcción de los ladrillos a escala reducida, donde lo corroboramos con ayuda de la Norma E 080.



*Foto N° 07: Material obtenido después de pasar por el tamiz.
Fuente: Autoría Propia.*

- **Agregado Grueso**

Con este material obtenido de la cantera ubicado Moche, nos sirvió para dar consistencia a nuestros ladrillos (adobe). Llegando a ocupar para nuestras muestras, un saco aproximadamente de Arena gruesa.



*Foto N° 08: Agregado Grueso-Cantera de Moche.
Fuente: Autoría Propia.*

4.1.7. Diseño de Mezclas

Según la norma E 080, el material a utilizar para la fabricación del ladrillo, nos indica que debe tener una relación de la misma cantidad a emplear. Entendemos que, si añadimos 1kg de material de ladrillo molido, se le añade 1kg de arena gruesa y 250 lt. de agua.



*Foto N° 09: Material triturado, peso necesario para lograr hacer la mezcla.
Fuente: Autoría propia.*

4.1.8. Obtención del Mortero a Utilizar

- De la albañilería ya diseñada, se ha tomado material a y se ha procedido a triturar con la finalidad de obtener partículas pequeñas para que pueda pasar por un tamiz número 16.
- Una vez que realizó el paso el paso del tamiz, el material que cumplía con las condiciones, se procedió a pesar en función a la dosificación indicada en la norma E-080.
- Las cantidades son: 1Kg del material preparado, y 250 ml de agua.
- Posteriormente dicho material se aisló y se colocó en un recipiente al cual se le agregó gradualmente la cantidad de agua indicada, con la finalidad de obtener una mezcla trabajable y homogénea.
- El espesor de las juntas para el murete, se consideró teniendo en cuenta lo estipulado en la Norma E-080, ítem 19.2, que nos

indica acerca de la altura máxima y mínima que debe tener el mortero, la cual se encontrará entre 0.005m y 0.02m.

- Partiendo de la escala, 1:4 determinamos que el espesor para nuestro murete será de 0.005mm que es la cuarta parte del espesor máximo según norma.



*Foto N° 10: Muro a escala de adobe.
Fuente: Autoría propia.*

4.2. Procedimiento de análisis y ensayos:

4.2.1. Prototipos:

Con estos ensayos a los prototipos, procederemos a analizar las medidas y pesos de cada uno de ellos para luego hacer los ensayos correspondientes con el fin de corroborar los datos que nos señala la Norma Técnica E080.

Tabla N° 03
Muestra de Prototipos N° 01.

PARÁMETROS	DIMENSIÓN
Altura de prototipo	19 cm
Longitud 1	22 cm
Longitud 2	13 cm
Material del prototipo	Barro
Peso de pósito	7300 g

Fuente: Autoría propia.

Tabla N° 04
Muestra de Prototipos N° 02.

PARÁMETROS	DIMENSIÓN
Altura de prototipo	19 cm
Longitud 1	22 cm
Longitud 2	13 cm
Material del prototipo	Barro
Peso de pósito	7000 g

Fuente: Autoría propia.

Tabla N° 05
Muestra de Prototipos N° 03.

PARÁMETROS	DIMENSIÓN
Altura de prototipo	19 cm
Longitud 1	22 cm
Longitud 2	13 cm
Material del prototipo	Barro
Peso de pósito	7100 g

Fuente: Autoría propia.

Tabla N° 06
Muestra de Prototipos N° 04.

PARÁMETROS	DIMENSIÓN
Altura de prototipo	19 cm
Longitud 1	22 cm
Longitud 2	13 cm
Material del prototipo	Barro
Peso de pósito	6900 g

Fuente: Autoría propia.

Tabla N° 07
Muestra de Prototipos N° 05.

PARÁMETROS	DIMENSIÓN
Altura de prototipo	19 cm
Longitud 1	22 cm
Longitud 2	13 cm
Material del prototipo	Barro
Peso de pósito	6500 g

Fuente: Autoría propia.

Tabla N° 08
Muestra de Prototipos N° 06.

PARÁMETROS	DIMENSIÓN
Altura de prototipo	19 cm
Longitud 1	22 cm
Longitud 2	13 cm
Material del prototipo	Barro
Peso de pósito	6700 g

Fuente: Autoría propia.

Tabla N° 09
Muestra de Prototipos N° 07.

PARÁMETROS	DIMENSIÓN
Altura de prototipo	19 cm
Longitud 1	22 cm
Longitud 2	13 cm
Material del prototipo	Barro
Peso de pósito	6800 g

Fuente: Autoría propia.

Tabla N° 10
Muestra de Prototipos N° 08.

PARÁMETROS	DIMENSIÓN
Altura de prototipo	19 cm
Longitud 1	22 cm
Longitud 2	13 cm
Material del prototipo	Barro
Peso de pósito	6900 g

Fuente: Autoría propia.

Tabla N° 11
Muestra de Prototipos N° 09.

PARÁMETROS	DIMENSIÓN
Altura de prototipo	19 cm
Longitud 1	22 cm
Longitud 2	13 cm
Material del prototipo	Barro
Peso de pósito	7000 g

Fuente: Autoría propia.

Tabla N° 12
Muestra de Prototipos N° 10.

PARÁMETROS	DIMENSIÓN
Altura de prototipo	19 cm
Longitud 1	22 cm
Longitud 2	13 cm
Material del prototipo	Barro
Peso de pósito	7000 g

Fuente: Autoría propia.

Tabla N° 13
Muestra de Prototipos N° 11.

PARÁMETROS	DIMENSIÓN
Altura de prototipo	19 cm
Longitud 1	22 cm
Longitud 2	13 cm
Material del prototipo	Barro
Peso de pósito	6800 g

Fuente: Autoría propia.

Tabla N° 14
Muestra de Prototipos N° 12.

PARÁMETROS	DIMENSIÓN
Altura de prototipo	19 cm
Longitud 1	22 cm
Longitud 2	13 cm
Material del prototipo	Barro
Peso de pósito	6600 g

Fuente: Autoría propia.

4.3. Ensayos de resistencia a la compresión

4.3.1. Resistencia a compresión de las unidades ($f'b$):

Se pusieron a prueba 05 unidades de adobe, las cuales fueron sometidas a esfuerzos de compresión mediante una compresora hidráulica modelo HM-397- Gilson, antes de ser ensayadas, los testigos fueron medidos con vernier digital para obtener con precisión las medidas de sus lados.



*Foto N° 11: Medición del ancho de la unidad de adobe.
Fuente: Autoría propia.*

Como se puede verificar, la longitud del lado más corto de la unidad es de 28.67 mm o 2.867 cm.



Foto N° 12: Medición del largo de la unidad de adobe.
Fuente: Autoría propia.

También se ha medido el largo de la unidad siendo de 53.70mm o 5.37 cm con la intención de obtener el área de la sección perpendicular a la carga, todo esto para finalmente calcular es esfuerzo que tendría que llevarse a cabo en la sección de la unidad para llegar al fallo de ésta.

Finalmente, el esfuerzo axial en la unidad se determina por:

$$f'b = \frac{P}{(AxL)}$$

Luego:

$$f'b = \frac{159.656kg}{(2.87cm \times 5.38cm)}$$

$$f'b = 10.34 \text{ kg/cm}^2$$

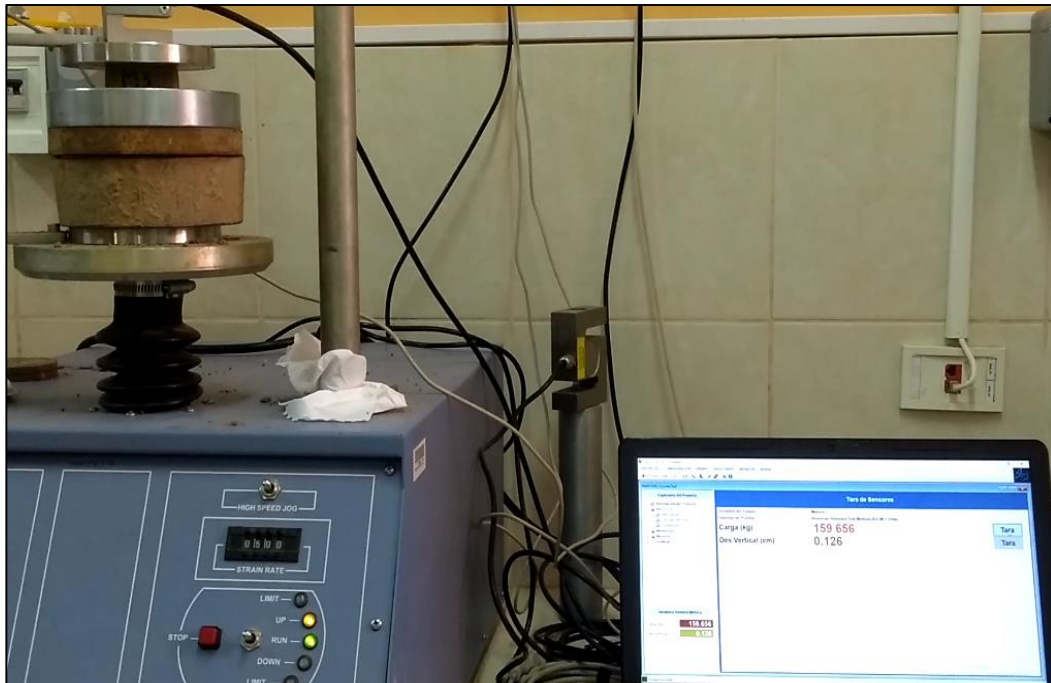


Foto N° 13: Display del software de la prensa hidráulica, aplicado al ensayo de la unidad (Unidad L-04)

Fuente: Autoría propia.

Luego se obtiene el siguiente cuadro de datos:

Tabla N° 15

Resultados de la resistencia a la compresión de unidades.

UNIDAD	PESO (kg)	ALTO (cm)	CARGA (kg)	DESP. VERTICAL	Area (cm ²)	$E = \frac{P \times L}{A \times \Delta} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$	$\delta = \frac{P \times L}{E \times A} (\text{cm})$	f' b (kg/cm ²)
L1	0.0533	2.07	204.342	0.095	15.4406	288.3634465	0.095	13.234
L2	0.058	2.07	202.43	0.134	15.4406	202.523885	0.134	13.11
L3	0.058	2.07	126.491	0.099	15.4406	171.2894459	0.099	8.192
L4	0.057	2.07	143.884	0.004	15.4406	4822.34952	0.004	9.318
L5	0.058	2.07	159.656	0.126	15.4406	169.8716371	0.126	10.34

Fuente: Autoría propia.

4.3.2. Resistencia a la compresión de las Pilas de Adobe (f'm)

Se construyeron 5 pilas compuestas por 4 ladrillos de adobe (escala reducida) y se usó una junta horizontal de 0.5cm de espesor, lo que dio una altura de 10cm y una esbeltez de 2.87cm.

En proceso constructivo inicio con la selección de los ladrillos eliminando los que tenían rajaduras y esquinas defectuosas, luego fueron limpiadas y separadas de las otras. Para el asentado se colocó en la parte base un taco de madera.

Al dar inicio del asentado del ladrillo de adobe se colocó una capa de mortero que cubriría toda la superficie de asiento y luego asentar el siguiente ladrillo. Con ayuda de unas escuadras hubo facilidad en la respectiva plomada de las pilas, con que fue controlada la verticalidad y gracias a una wincha se controló la altura de cada hilada.

La resistencia a la compresión (f'b) se determina de la siguiente manera:

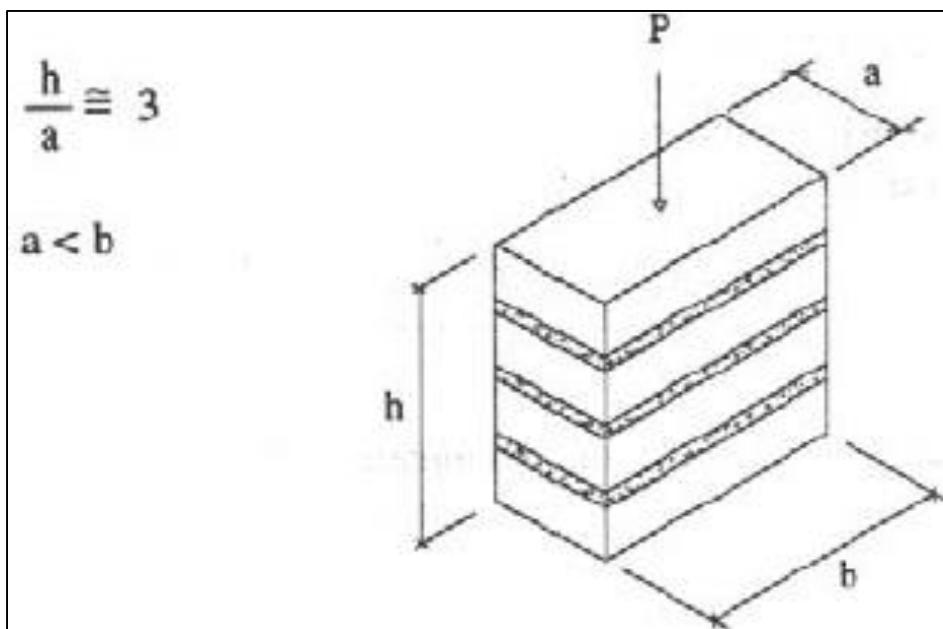


Figura Nº 06: Formulario de resistencia a compresión.
Fuente: Norma Técnica E080.

Resistencia a la compresión admisible de albañilería:

$$f'm = P/axb$$

Resistencia a la compresión de la albañilería:

$$fm = 0.4f'm$$

Resistencia a la compresión por aplastamiento:

$$1.25 fm$$

Se sometieron a ensayo 05 pilas, las cuales se tienen registradas a continuación.

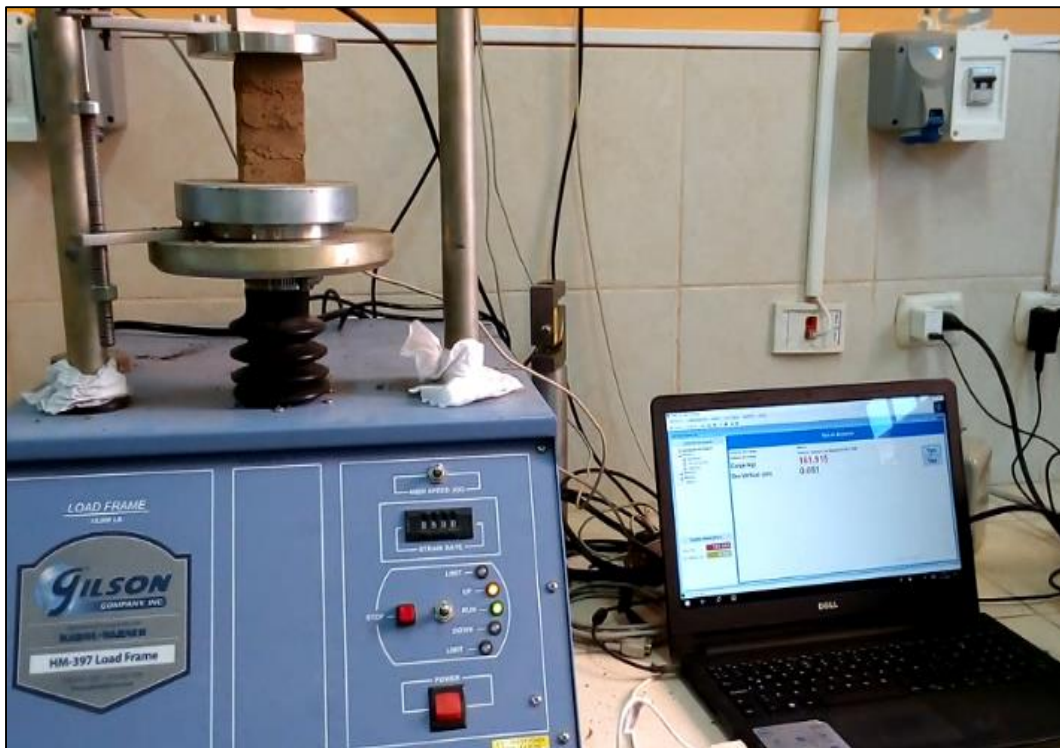


Foto N° 14: Display del software de la prensa hidráulica, aplicado en el ensayo de pila (Pila P4)
Fuente: Autoría propia.

Finalmente, el esfuerzo axial en el muro se determina por:

$$f'm = P/axb$$

Luego:

$$f'm = \frac{161.915 \text{ kg}}{2.87 \text{ cm} * 5.38 \text{ cm}}$$

$$f'm = 10.486 \text{ kg/cm}^2$$

Luego se obtiene el siguiente cuadro de datos:

Tabla N° 16

Resultados de la resistencia a la compresión de pilas.

UNIDAD	PESO (kg)	ALTO (cm)	CARGA (kg)	DESP. VERTICAL L (cm)	Area (cm ²)	f'm adm. (kg/cm ²)	f'm Kg/cm ²	Resist. a comp. por aplastamiento Kg/cm ²	$E = \frac{P \times L}{A \times \Delta} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)$	$\delta = \frac{P \times L}{E \times A} (\text{cm})$
P1	0.258	9.3	188.543	0.099	50.034	12.211	4.884	6.105	353.9915887	0.099
P2	0.290	10	156.146	0.144	53.800	10.113	4.045	5.056	201.5515283	0.144
P3	0.280	9.8	143.77	0.198	52.724	9.311	3.724	4.656	134.9648905	0.198
P4	0.275	9.66	161.915	0.194	51.971	10.486	4.195	5.243	155.1326026	0.194
P5	0.265	9.6	188.289	0.051	51.648	12.194	4.878	6.097	686.2344194	0.051

Figura N° 07: Resultados de la resistencia a la compresión de pilas.

Fuente: Autoría Propia.

4.3.3. Resistencia a la compresión de Tracción Diagonal (v'm).

Se construyeron 5 muretes compuestas por 10 ladrillos de adobe (escala reducida) y se usó una junta horizontal de 0.5 cm de espesor, lo que dio una altura de 12 cm, un ancho de 11cm y una esbeltez de 2.87 cm.

En proceso constructivo inicio con la selección de los ladrillos eliminando los que tenían rajaduras y esquinas defectuosas, luego fueron limpiadas y separadas de las otras. Para el asentado se colocó en la parte base un taco de madera.

Al dar inicio del asentado del ladrillo de adobe se colocó una capa de mortero que cubriría toda la superficie de asiento y luego asentar el siguiente ladrillo. Con ayuda de unas escuadras hubo facilidad en la respectiva plomada de las pilas, con que fue controlada la verticalidad y gracias a una wincha se controló la altura de cada hilada.

Luego de culminar los muretes se procedió a incluir el polietileno en el arriostre haciendo 5 muestras más. Para obtener la diferencia de cargas a incluir el nuevo material al murete.

La resistencia a la compresión diagonal ($v'm$) se determina de la siguiente manera:

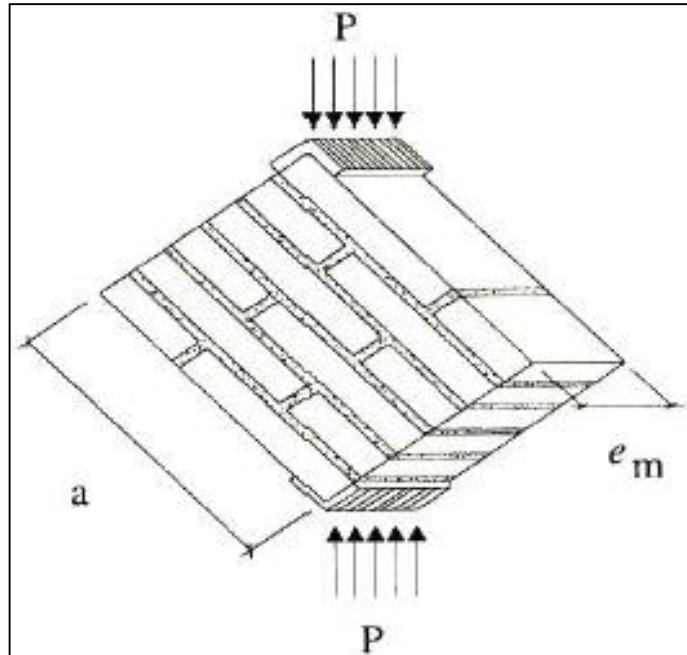


Figura Nº 08: Formulario de resistencia a compresión.
Fuente: Norma Técnica E080.

$$f't = \frac{P}{2aem}$$

Donde:

P = Carga máxima de rotura (kg)

a = ancho del murete (cm)

e_m = esbeltez del murete (cm)

- Resistencia a la compresión diagonal ($v'm$):

$$V'm = 0.4 f$$

4.4. Ensayos de Tracción Diagonal

- Con polietileno:



Foto N° 15: Display del software de la prensa hidráulica, aplicado en el Ensayo de Tracción Diagonal. – Tracción diagonal M4.
Fuente: Autoría propia.

Para el ensayo se obtuvieron los siguientes resultados:

Carga (kg): 60.486

Des. Vertical (cm): 0.345

a : 11 cm

em : 2.87 cm

$$f't = \frac{P}{2aem}$$

$$f't = \frac{60.486 \text{ (kg)}}{2(11 \text{ cm}) * (2.87 \text{ cm})}$$

$$f't = 0.958 \text{ kg/cm}^2$$

$$v'm = 0.4 f't$$

$$v'm = 0.4 (0.958 \text{ kg/cm}^2)$$

$$v'm = 0.383 \text{ kg/cm}^2$$

Luego se obtiene el siguiente cuadro de datos:

Tabla N° 17

Resultados de la resistencia a la compresión en tracción diagonal con polietileno.

UNIDAD	PESO (kg)	ALTO (cm)	CARGA (kg)	DESP. VERTICAL (cm)	Area (cm ²)	ft Kg/cm ²	v'm Kg/cm ²	$E = \frac{P \times L}{A \times \Delta} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$	$\delta = \frac{P \times L}{E \times A} \text{ (cm)}$
M1	0.706	11.900	68.094	0.555	130.900	1.078	0.431	11.154	0.555
M2	0.733	12.000	74.104	0.208	132.000	1.174	0.469	32.388	0.208
M3	0.743	12.500	67.757	0.757	137.500	1.073	0.429	8.137	0.757
M4	0.701	11.800	60.486	0.345	129.800	0.958	0.383	15.938	0.345
M5	0.703	11.900	59.995	0.875	130.900	0.950	0.380	6.233	0.875

Figura N° 09: Resultados de la resistencia a la compresión en tracción diagonal con polietileno.

Fuente: Autoría Propia.

- Sin polietileno:



Foto N° 16: Display del software de la prensa hidráulica, aplicado en el Ensayo de Tracción Diagonal. – Tracción Diagonal M3.

Fuente: Autoría propia.

Para el ensayo se obtuvieron los siguientes resultados:

Carga (kg): 55.579

Des. Vertical (cm): 0.457

a : 11 cm

em : 2.87 cm

$$f't = \frac{P}{2aem}$$

$$f't = \frac{55.579 \text{ (kg)}}{2(11 \text{ cm}) * (2.87 \text{ cm})}$$

$$f't = 0.880 \text{ kg/cm}^2$$

$$v'm = 0.4 f't$$

$$v'm = 0.4 (0.880 \text{ kg/cm}^2)$$

$$v'm = 0.352 \text{ kg/cm}^2$$

Luego se obtiene el siguiente cuadro de datos:

Tabla N° 18

Resultados de la resistencia a tracción diagonal sin polietileno.

UNIDAD	PESO (gr)	ALTO (cm)	CARGA (kg)	DESP. VERTICA L (cm)	Area (cm ²)	f't Kg/cm ²	v'm Kg/cm ²	$E = \frac{P \times L}{A \times \Delta} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)$	$\delta = \frac{P \times L}{E \times A} \text{ (cm)}$
M1	0.681	11.94	60.486	0.345	131.340	0.958	0.383	15.938	0.345
M2	0.683	11.98	54.8648	0.238	131.780	0.869	0.348	20.957	0.238
M3	0.697	12.487	55.579	0.457	137.357	0.880	0.352	11.056	0.457
M4	0.698	11.816	32.689	0.227	129.976	0.518	0.207	13.091	0.227
M5	0.710	11.936	36.248	0.325	131.296	0.574	0.230	10.139	0.325

Figura N° 10: Resultados de la resistencia a tracción diagonal son polietileno.

Fuente: Autoría propia.

4.5. Ensayos de prototipos de muro de tierra con polietileno.



Foto N° 17: Proceso Constructivo de Muros de Adobe a Escala Reducida ¼.
Fuente: Autoría propia.

Al realizar el proceso constructivo de los prototipos de muro de tierra, trazamos las medidas en un triplay fenólico de 9mm de espesor delimitando los extremos en la parte horizontal con 28cm y lateral con 11cm seguidamente se procede a colocar los ángulos que servirá como base de nuestro muro de tierra a escala reducida; así mismo se implementó un porcentaje de Polietileno en los prototipos, dichos resultados son mostrado en el siguiente cuadro:

Tabla N° 19
Cuadro resumen de muros a ensayar.

	Masa (g)	Volumen (cm3)	densidad (g/cm3)	bol./ arriostre (cm)	Porcentaje (%)
M - 1	7300.000	2358.272	3.0955	14 x 19 x 0.5	20
M - 2	7000.000	2382.800	2.9377	15 x 12 x 0.5	40
M - 3	7100.000	2469.600	2.8750	23 x 16 x 0.5	60
M - 4	6900.000	2237.760	3.0834	15 x 12 x 0.5	40
M - 5	6500.000	2492.000	2.6083	14 x 19 x 0.5	20
M - 6	6700.000	2217.168	3.0219	23 x 16 x 0.5	60
M - 7	6800.000	2364.432	2.8760	14 x 19 x 0.5	20
M - 8	6900.000	2245.376	3.0730	15 x 12 x 0.5	40
M - 9	7000.000	2365.440	2.9593	15 x 12 x 0.5	40
M - 10	7000.000	2207.520	3.1710	23 x 16 x 0.5	60
M - 11	6800.000	2286.568	2.9739	23 x 16 x 0.5	60
M - 12	6600.000	2318.400	2.8468	14 x 19 x 0.5	20

Figura N° 11: Cuadro resumen de muros a ensayar.
Fuente: Autoría propia.

CALCULO DE RIGIDEZ DEL MURO (K):

$$K = \frac{EtL}{H(3 + 4(\frac{H}{L})^2)}$$

Donde:

- E: Módulo de elasticidad
- t: Espesor
- L: Longitud
- H: Altura
- K: Rigidez.

Determinación de la carga lateral para el desplazamiento máximo con el sensor de efecto Hall en tiempo de 1 min 60 HZ.

Tabla N° 20

Cálculo de la rigidez máxima con el sensor de efecto hall.

MUESTRA MAX				
	$K = \frac{EtL}{H(3 + 4(\frac{H}{L})^2)}$			
t	3 cm espeso			
L	22 cm longitud			
H	19 cm alto			
E	1775 Kg/cm ² modulo			
K	0 986.068 Kg/cm	0 098.607 Tn/m		
Fuerza Lateral	572.4126268	f. SCA	2289.65051 kg	2.28965051 Tn
Desplazamiento	0.58050 cm			

*Figura N° 12: Cálculo de la rigidez máxima con el sensor de efecto Hall.
Fuente: Autoría propia.*

Determinación de la carga lateral para el desplazamiento mínimo con el sensor de efecto Hall en tiempo de 1 min 60 HZ.

Tabla N° 21

Cálculo de la rigidez mínima con el sensor de efecto hall.

MUESTRA MIN				
	$K = \frac{EtL}{H(3 + 4(\frac{H}{L})^2)}$			
t	3 cm espeso			
L	22 cm longitud			
H	19 cm alto			
E	1775 Kg/cm ² modulo			
K	0 986.068 Kg/cm	0 098.607 Tn/m		
Fuerza Lateral	415.7263797	f. SCA	1662.90552 kg	1.66290552 Tn
Desplazamiento	0.42160 cm			

*Figura N° 13: Cálculo de la rigidez mínima con el sensor de efecto Hall.
Fuente: Autoría propia.*



*Foto N° 18: Obteniendo el peso del muro y con Polietileno indicado en la muestra M-3.
Fuente: Autoría propia.*



*Foto N° 19: Obteniendo el peso del muro y con Polietileno indicado en la muestra M-1.
Fuente: Autoría propia.*

4.6. Análisis del Comportamiento Cíclico en una Fuerza Lateral.



*Foto N° 20: Realizando los ensayos en mesa vibratoria.
Fuente: Autoría propia.*

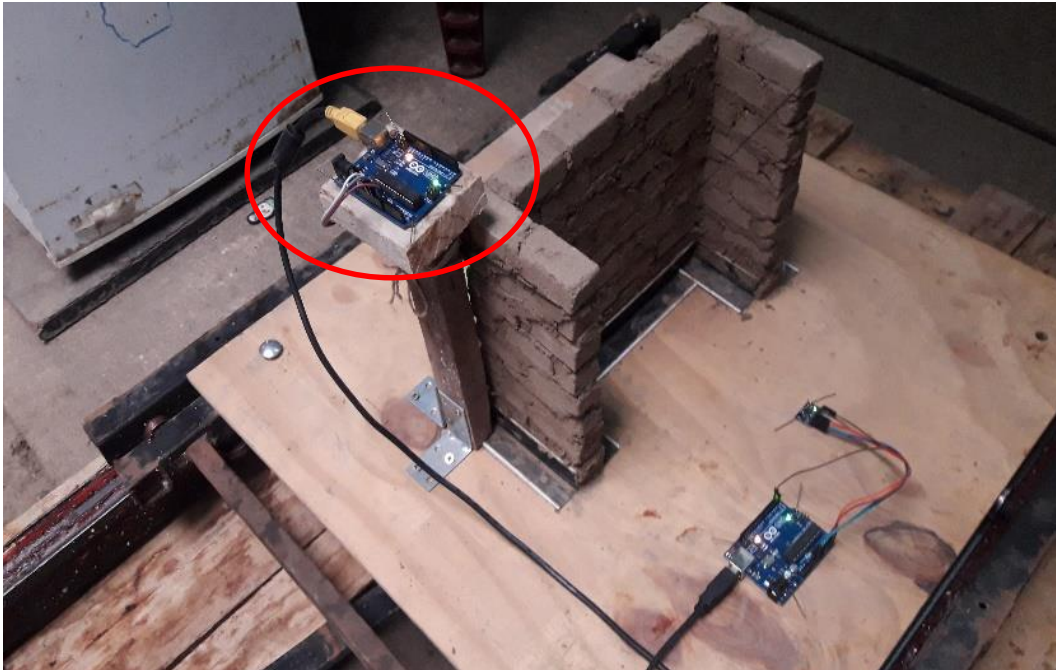


Foto N° 21: Ensayo HALL, que mide la amplitud del campo magnético, la cual se convierte en desplazamiento
Fuente: Autoría propia.

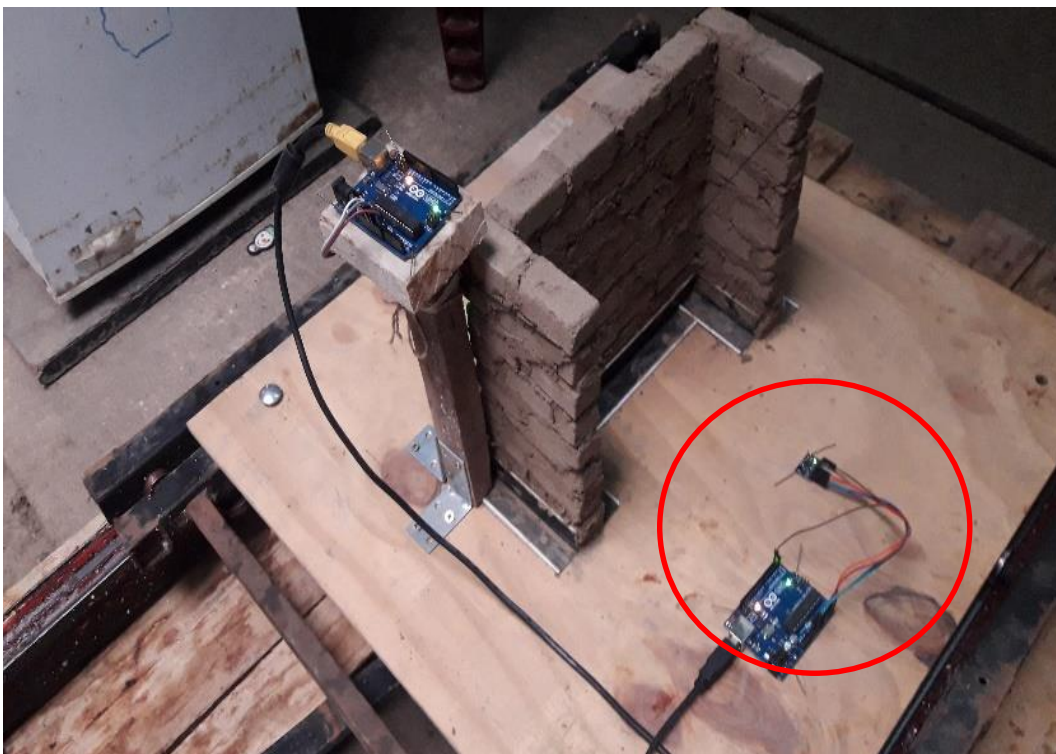


Foto N° 22: Arduino de Control de Movimiento MPU 6050; unidad de medición inercial que combina un acelerómetro de 3 ejes y un giroscopio de 3 ejes.
Fuente: Autoría Propia.

MUESTRA N° 01 (20% de Polietileno).

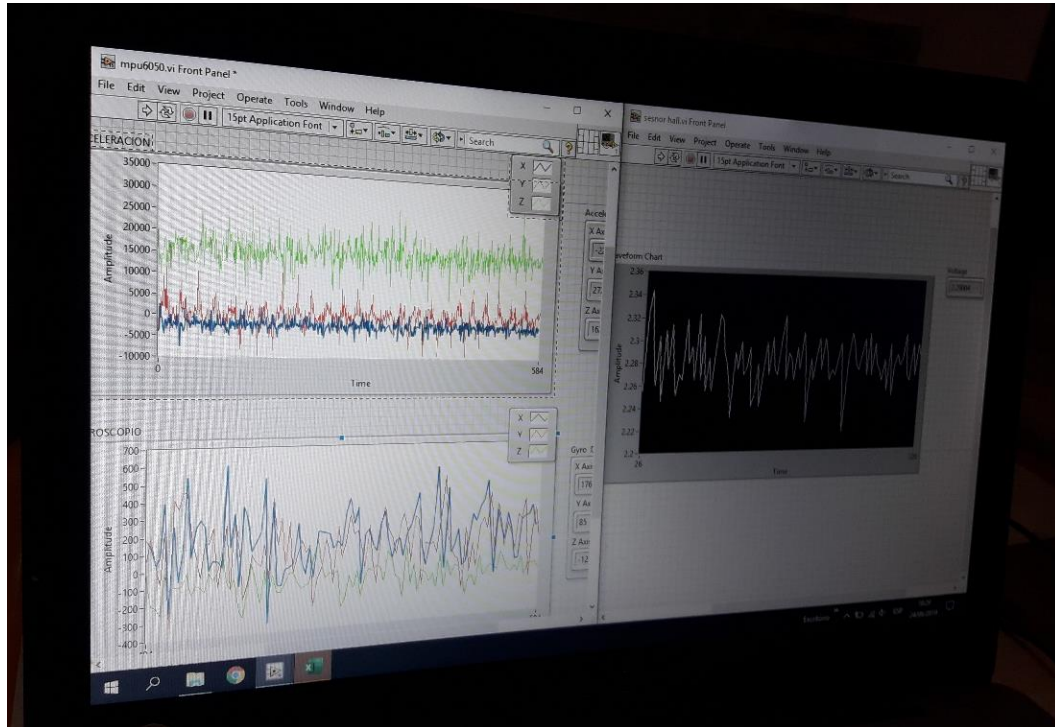


Figura N° 14: Ensayos efecto Hall y MPU-6050 de prototipos con polietileno.
Fuente: Autoría propia.

Ensayo: 1 min 20 HZ.

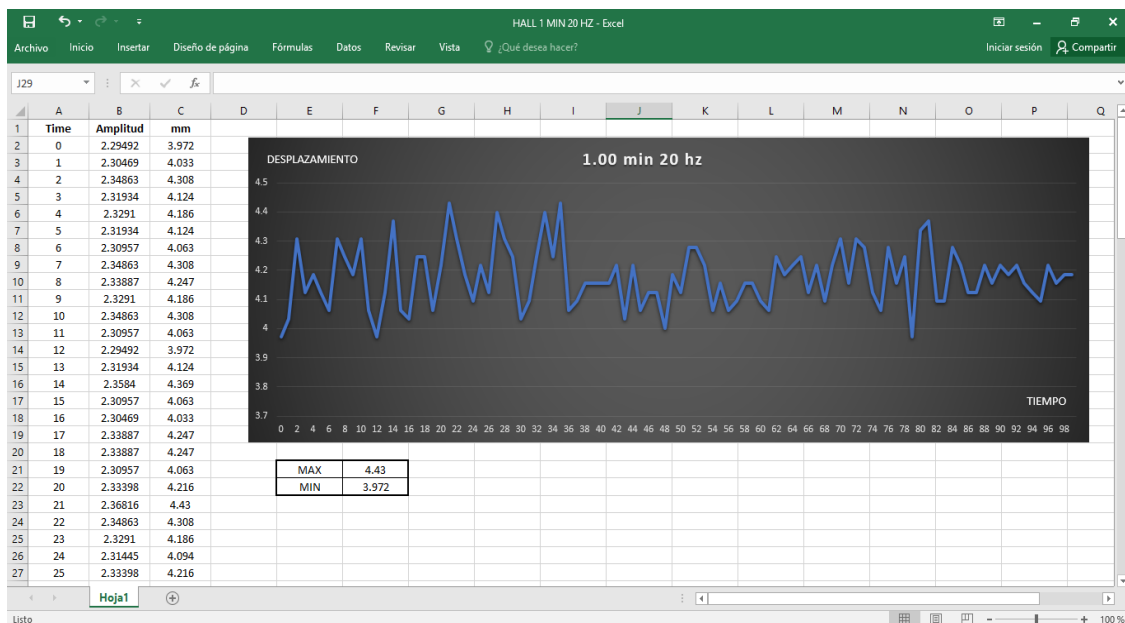


Figura N° 15: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1min con 20 HZ.
Fuente: Autoría propia.

Ensayo: 1 min 40 HZ.

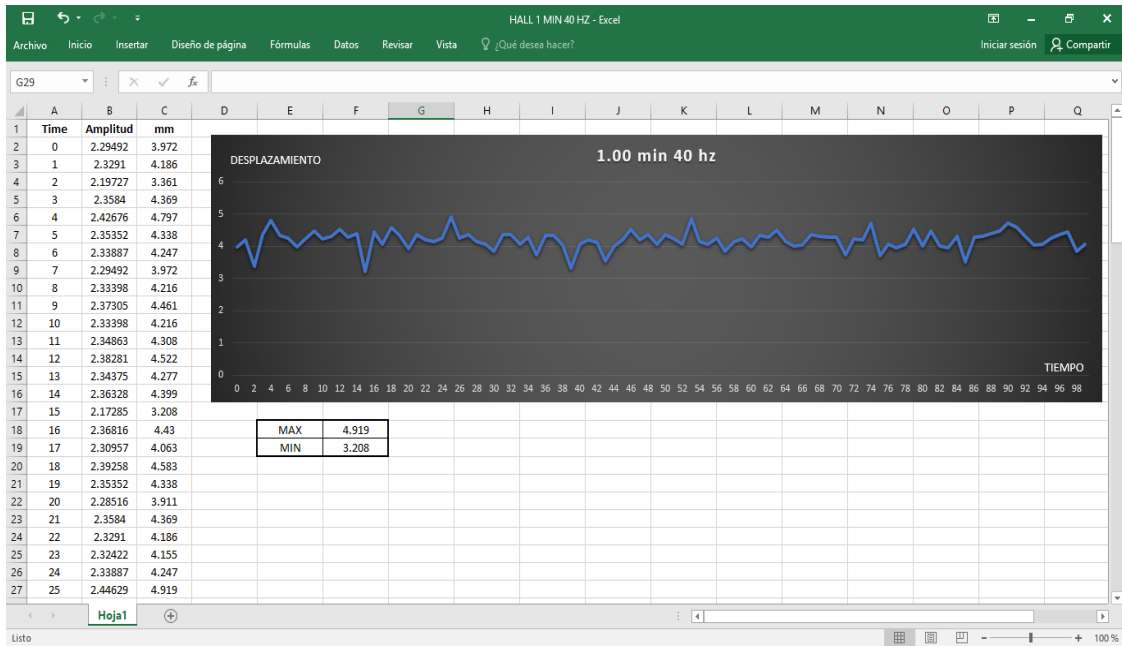


Figura N° 16: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1min con 40 HZ.
Fuente: Autoría propia.

Ensayo: 1 min 60 HZ.

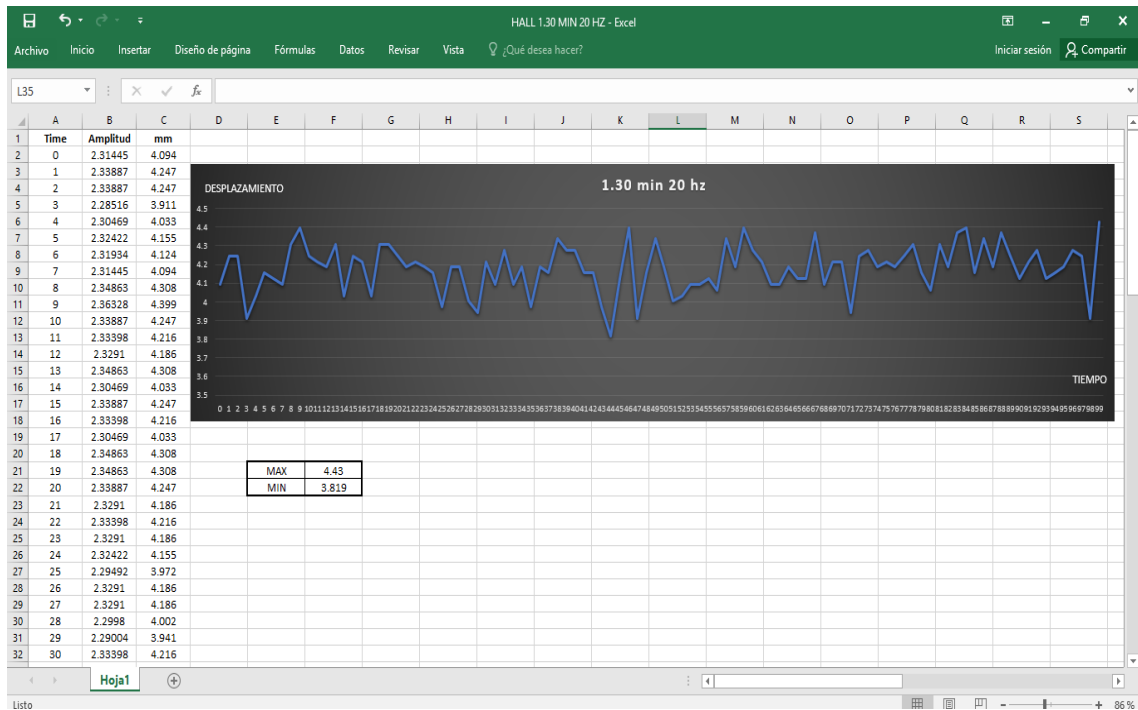


Figura N° 17: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1min con 60 HZ.
Fuente: Autoría propia.

Ensayo: 1.30 min 20 HZ.

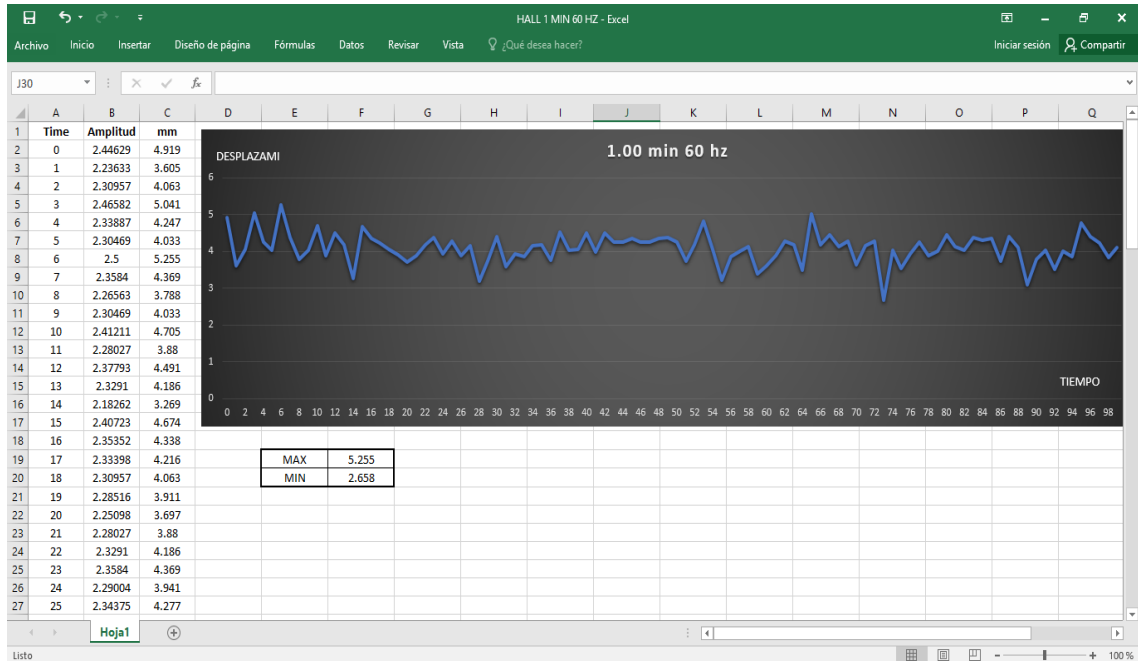


Figura N° 18: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1.30 min con 20 HZ.
Fuente: Autoría propia.

Ensayo: 1.30 min 40 HZ.

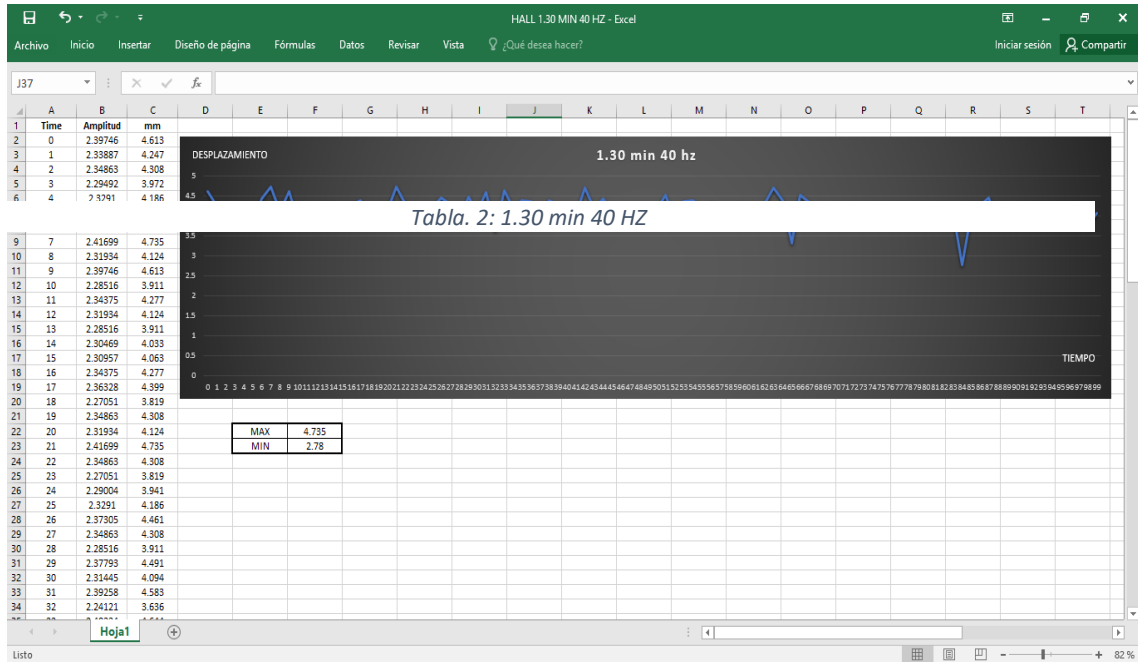


Figura N° 19: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1.30 min con 40 HZ.
Fuente: Autoría propia.

Ensayo: 1.30 min 60 HZ.

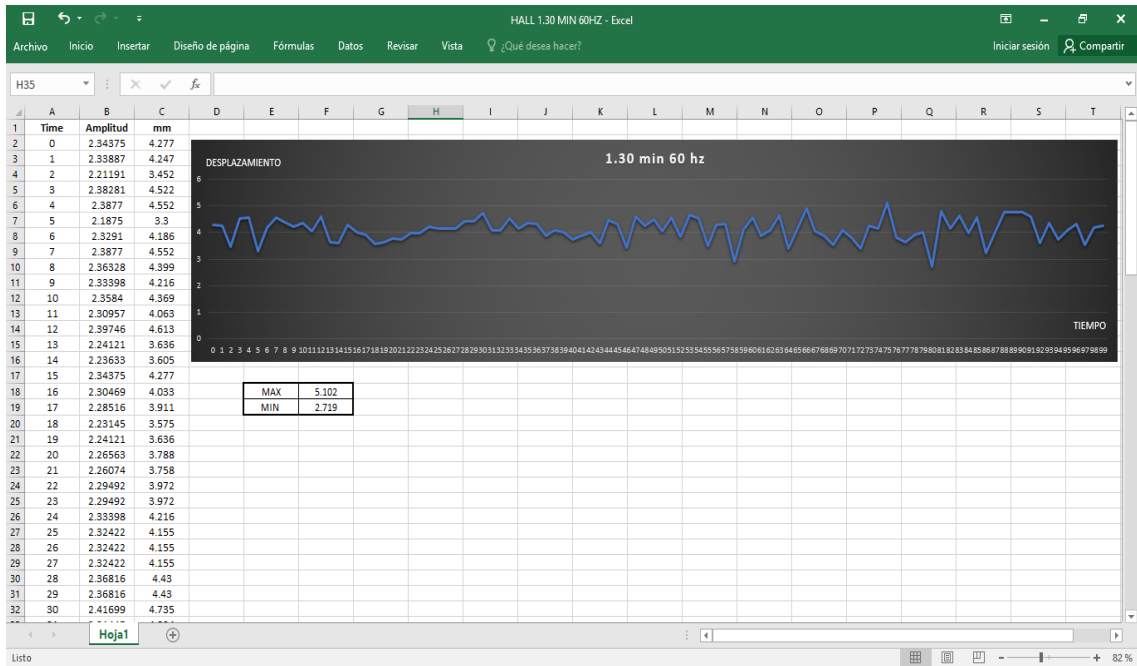


Figura N° 20: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1.30 min con 60 HZ.
Fuente: Autoría Propia.

MUESTRA N° 02 (40% de Polietileno)

Ensayo: 1 min 20 HZ.

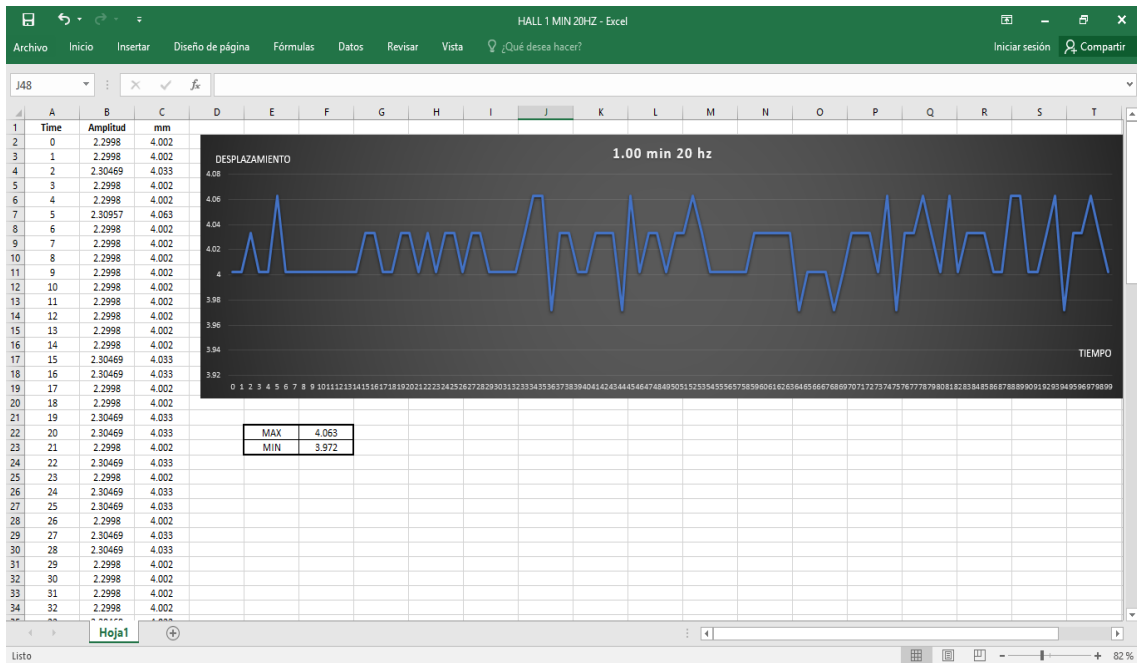


Figura N° 21: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1 min con 20 HZ.
Fuente: Autoría propia.

Ensayo: 1.30 min 20 HZ.

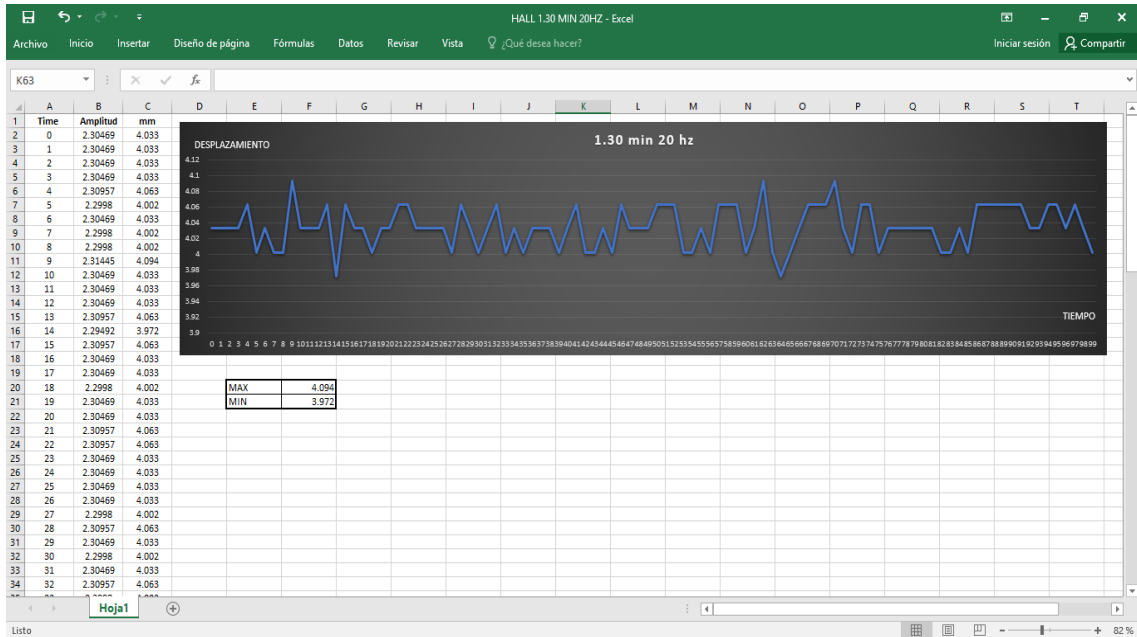


Figura N° 22: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1.30 min con 20 HZ.
Fuente: Autoría propia.

MUESTRA N° 03 (60% de Polietileno)

Ensayo: 1 min 20 HZ.

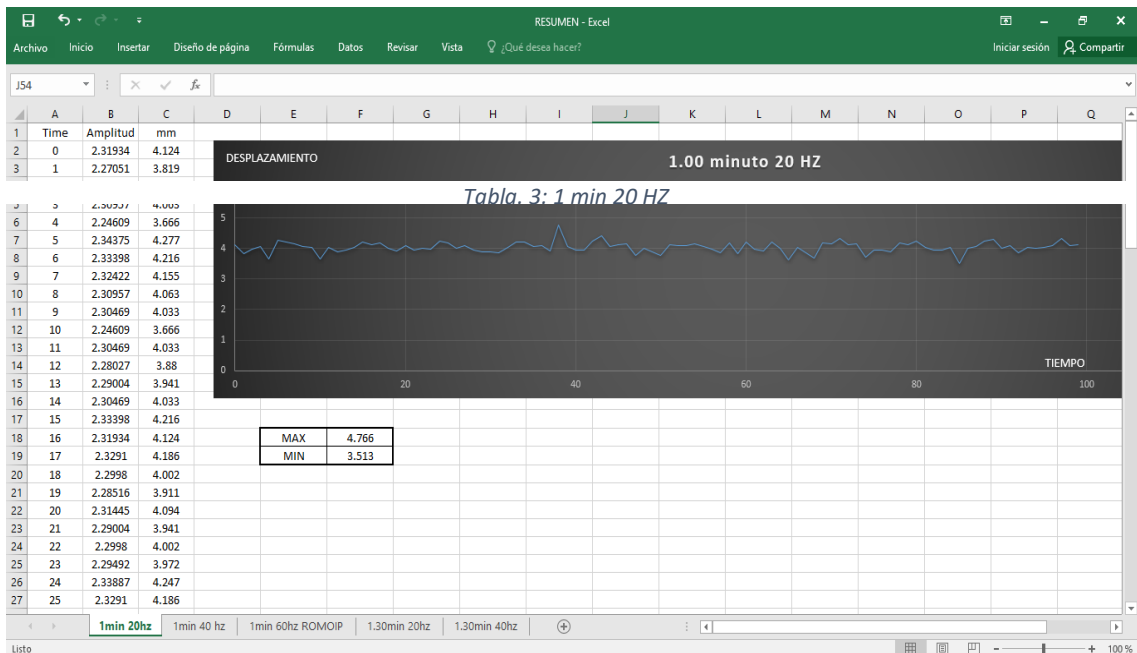


Figura N° 23: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1 min con 20 HZ.
Fuente: Autoría Propia.

Ensayo: 1.30 min 20 HZ.

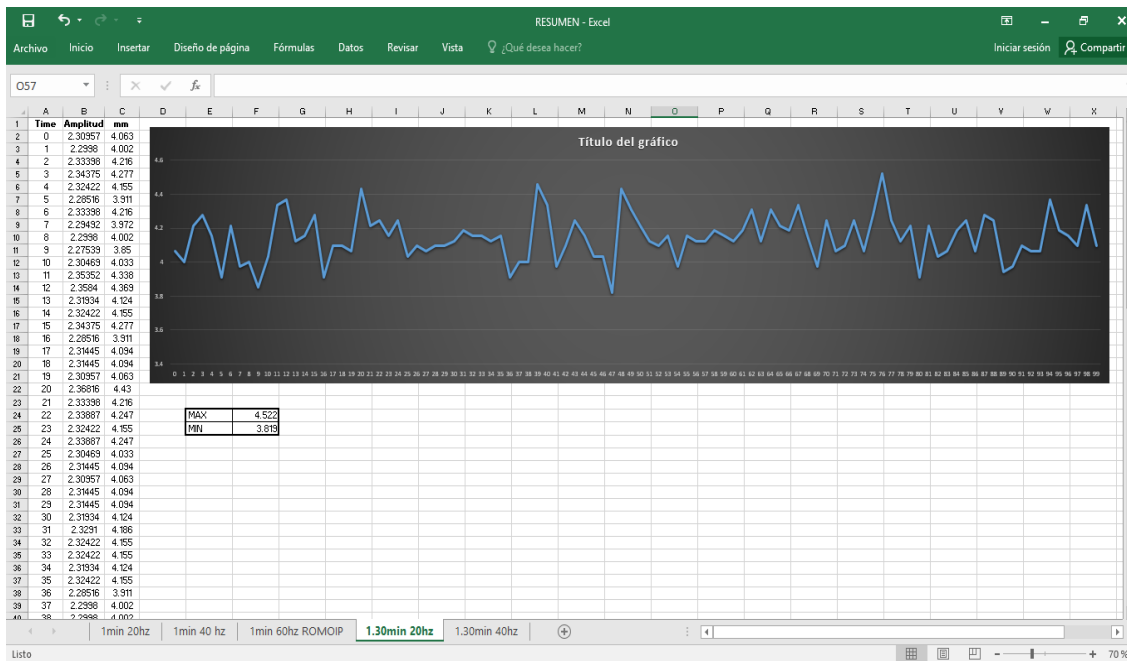


Figura N° 24: Análisis obtenido con el sensor de efecto Hall a un tiempo de 1.30 min con 20 HZ.
Fuente: Autoría propia.

MUESTRA N° 01 (20% de Polietileno)-CONTROL DE MOVIMIENTO MPU-6050.

Ensayo: 1 min 20 HZ.

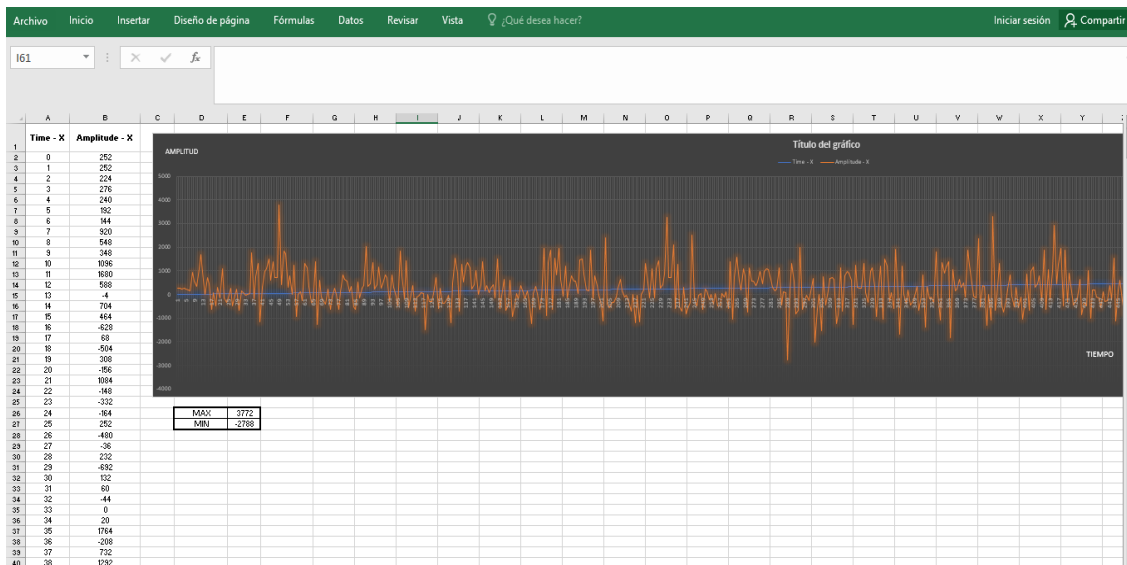


Figura N° 25: Análisis obtenidos de control de movimiento MPU-6050 a un tiempo de 1 min con 20 HZ.
Fuente: Autoría propia.

Ensayo: 1.30 min 20 HZ.

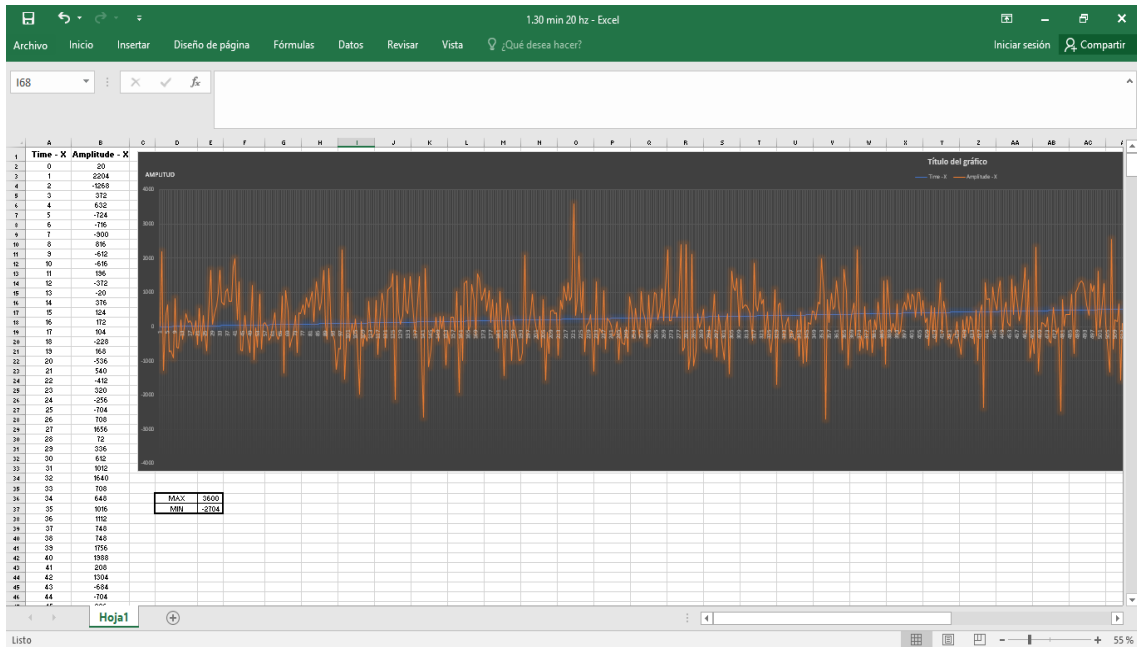


Figura N° 26: Análisis obtenidos de control de movimiento MPU-6050 a un tiempo de 1.30 min con 20 HZ.

Fuente: Autoría propia.

MUESTRA N° 02 (40% de Polietileno)

Ensayo: 1 min 20 HZ

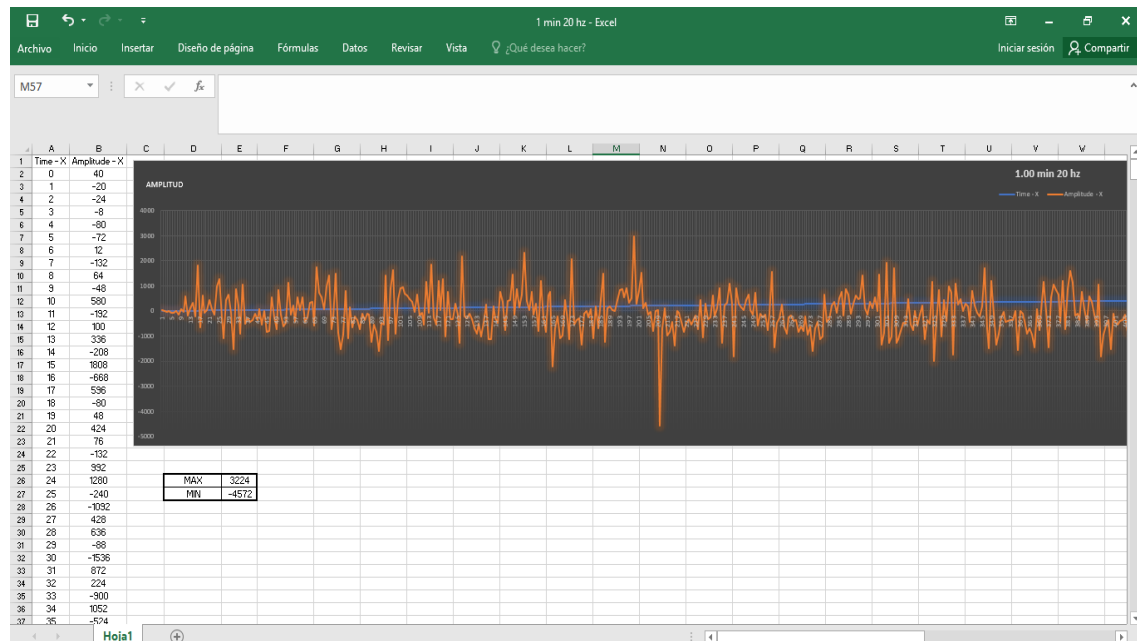


Figura N° 27: Análisis obtenidos de control de movimiento MPU-6050 a un tiempo de 1 min con 20 HZ.

Fuente: Autoría propia.

Ensayo: 1.30 min 20 HZ.

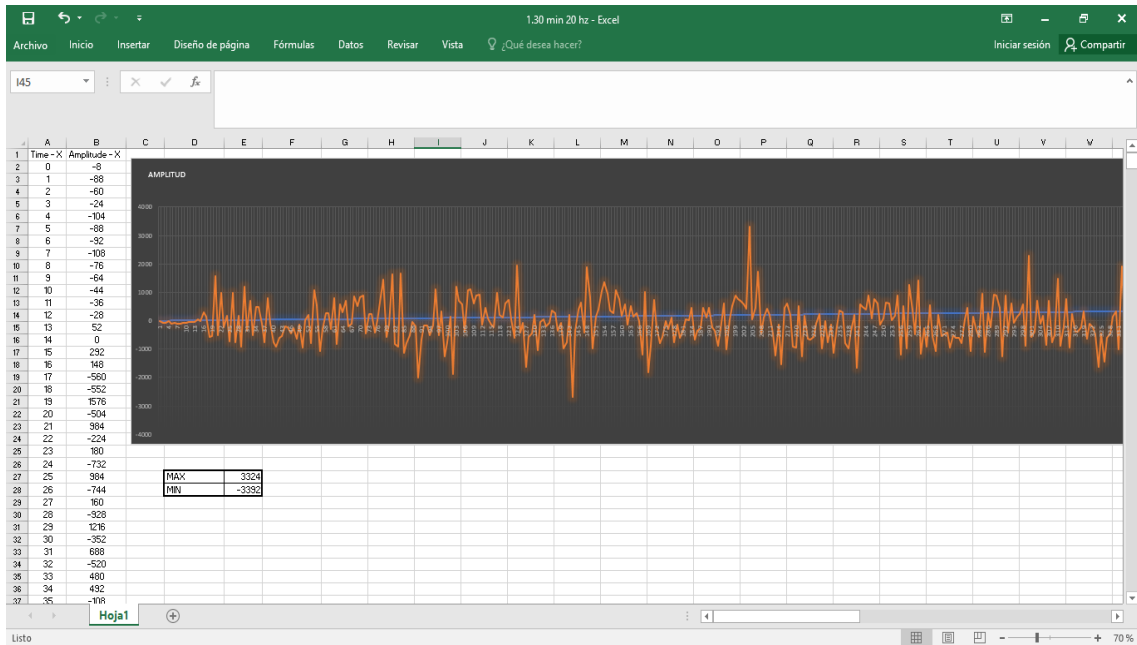


Figura N° 28: Análisis obtenidos de control de movimiento MPU-6050 a un tiempo de 1.30 min con 20 HZ.
Fuente: Autoría propia.

MUESTRA N°3 (60% de Polietileno)

Ensayo: 1 min 20 HZ.

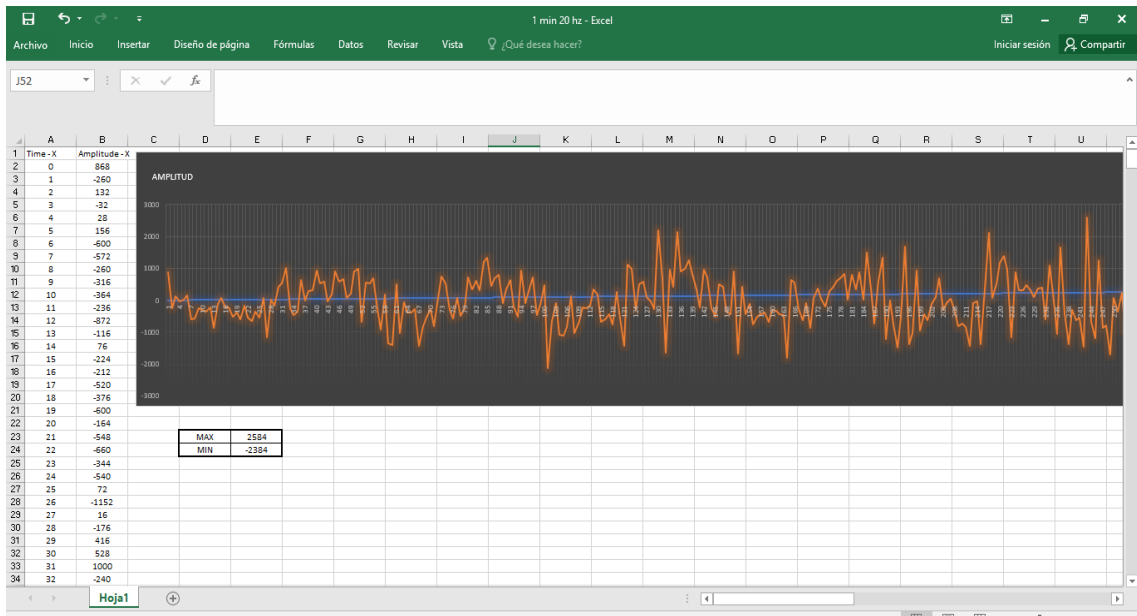


Figura N° 29: Análisis obtenidos de control de movimiento MPU-6050 a un tiempo de 1 min con 20 HZ.
Fuente: Autoría propia.

Ensayo: 1.30 min 20 HZ.

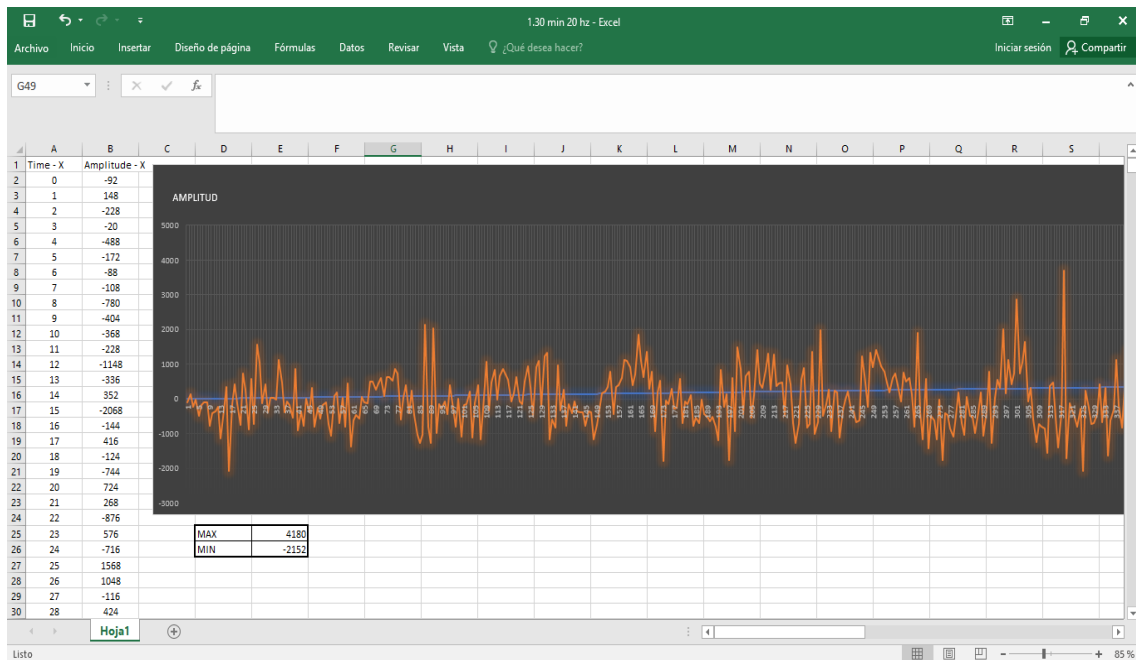


Figura N° 30: Análisis obtenidos de control de movimiento MPU-6050 a un tiempo de 1.30 min con 20 HZ.

Fuente: Autoría Propia.

4.7. Prueba de hipótesis

Con la implementación del polietileno bajo carga lateral, no se llegó a mejorar la resistencia a la tracción diagonal de 1.42 kg.f/cm² sin alterar su comportamiento estructural, sin embargo se tuvo gran ventaja en la resistencia a cargas laterales.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Resistencia a la compresión axial de la unidad (f'_b).

Al realizar el análisis de la resistencia a compresión axial de la unidad (f'_b), rescatamos los valores más representativos que son 13.11 kg/cm² y 13.234 kg/cm², los cuales indica que se ha superado con creces los valores teóricos propuestos en la norma E.080, esto indica que nuestras unidades de albañilería se encuentran trabajando en el más óptimos de los desempeños para lo cual han sido diseñados. Para ello se hace una

comparación de la resistencia ultima de los ensayos y la norma E.080 con la resistencia ya especificada.

Datos desarrollados:

Tabla N° 22

Resultados de ensayo; resistencia a compresión axial de la unidad ($f'b$).

UNIDAD	PESO (kg)	ALTO (cm)	CARGA (kg)	DESP. VERTICAL	Area (cm ²)	$E = \frac{P \times L}{A \times \Delta} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)$	$\delta = \frac{P \times L}{E \times A} (\text{cm})$	$f'b$ (kg/cm ²)
L1	0.0533	2.07	204.342	0.095	15.4406	288.3634465	0.095	13.234
L2	0.058	2.07	202.43	0.134	15.4406	202.523885	0.134	13.11
L3	0.058	2.07	126.491	0.099	15.4406	171.2894459	0.099	8.192
L4	0.057	2.07	143.884	0.004	15.4406	4822.34952	0.004	9.318
L5	0.058	2.07	159.656	0.126	15.4406	169.8716371	0.126	10.34

Figura N° 31: Resultados de ensayo; resistencia a compresión axial de la unidad ($f'b$).

Fuente: Autoría Propia.

Norma E.080

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

- La resistencia se debe medir mediante el ensayo de morteros a tracción indirecta, en probetas de dos adobes unidos por mortero de barro con o sin aditivos naturales, sujetos a compresión de manera similar al ensayo brasileño.
- La resistencia última es de 0.012 MPa = 0.12 kgf/cm².
- Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.

Figura N° 32: Formulario de resistencia a compresión.

Fuente: Norma Técnica E080.

5.2. Resistencia a la compresión axial en pila ($f'm$).

Se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión en pilas esperando obtener resultados satisfactorios que cumplan con las exigencias mínimas de norma E.080 de los cuales son:

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

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

Figura N° 33: Formulario de resistencia a compresión.

Fuente: Norma Técnica E080.

Tabla N° 23

Resultados de ensayo, resistencia de compresión axial en pila ($f'm$).

UNIDAD	PESO (kg)	ALTO (cm)	CARGA (kg)	DESP. VERTICA L (cm)	Area (cm ²)	f'm adm. (kg/cm ²)	f'm Kg/cm ²	Resist. a comp. por aplastamiento Kg/cm ²	$E = \frac{P \times L}{A \times \Delta} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$	$\delta = \frac{P \times L}{E \times A} (\text{cm})$
P1	0.258	9.3	188.543	0.099	50.034	12.211	4.884	6.105	353.9915887	0.099
P2	0.290	10	156.146	0.144	53.800	10.113	4.045	5.056	201.5515283	0.144
P3	0.280	9.8	143.77	0.198	52.724	9.311	3.724	4.656	134.9648905	0.198
P4	0.275	9.66	161.915	0.194	51.971	10.486	4.195	5.243	155.1326026	0.194
P5	0.265	9.6	188.289	0.051	51.648	12.194	4.878	6.097	686.2344194	0.051

Figura N° 34: Resistencia de compresión axial en pila ($f'm$).

Fuente: Autoría propia.

Por lo tanto, según lo expuesto en las imágenes superiores no se ha logrado superar los valores propuestos por la norma E.080 aunque, se ha tenido valores muy cercanos de hasta 4.88 kg/cm²; siendo 6,12 kg/cm² el limite a superar.

5.3. Resistencia a la tracción diagonal (v'm).

Finalmente se realizaron los ensayos de tracción diagonal ante los cuales se esperaron obtener los resultados mínimos estipulados en la norma E.080 los cuales se describen a continuación:

La resistencia de muros a tracción por flexión, tiene una resistencia última¹ 0.14 MPa = 1.42 kgf/cm².
 Mientras no se cuente con resultados de ensayos experimentales para el módulo de elasticidad de los muros de tierra, se usa el valor de 200 MPa = 2040 kgf/cm².
 Para la resistencia de las cañas, se considera:

a) Guadua: Resistencia última 100 MPa = 1020 kgf/cm².
 b) Carrizo o Caña Brava: Resistencia última 40 MPa = 408 kgf/cm².

Figura N° 35: Datos de resistencia a la tracción diagonal (v'm).
 Fuente: Norma Técnica E080.

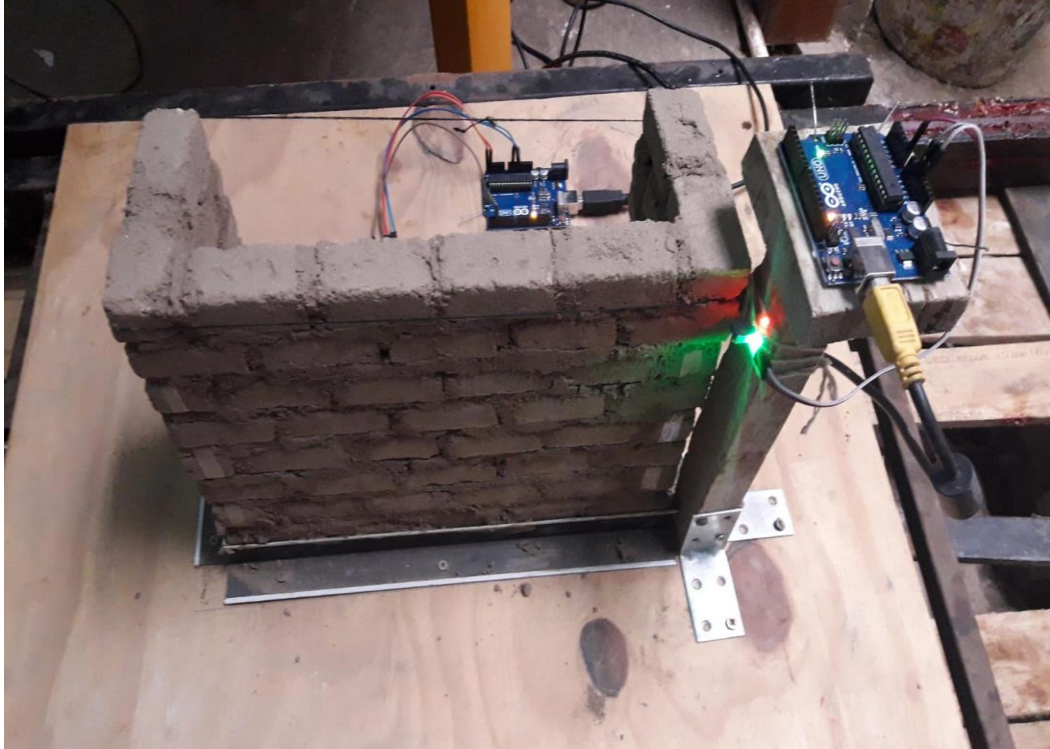
Tabla N° 24
 Resultados de ensayo, resistencia a tracción diagonal (v'm)

UNIDAD	PESO (kg)	ALTO (cm)	CARGA (kg)	DESP. VERTICAL (cm)	Area (cm ²)	f't Kg/cm ²	v'm Kg/cm ²	$E = \frac{P \times L}{A \times \Delta} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)$	$\delta = \frac{P \times L}{E \times A} (\text{cm})$
M1	0.706	11.900	68.094	0.555	130.900	1.078	0.431	11.154	0.555
M2	0.733	12.000	74.104	0.208	132.000	1.174	0.469	32.388	0.208
M3	0.743	12.500	67.757	0.757	137.500	1.073	0.429	8.137	0.757
M4	0.701	11.800	60.486	0.345	129.800	0.958	0.383	15.938	0.345
M5	0.703	11.900	59.995	0.875	130.900	0.950	0.380	6.233	0.875

Figura N° 36: Resultados de ensayo, resistencia a tracción diagonal (v'm).
 Fuente: Autoría propia.

A pesar de no haberse superado los valores mínimos establecidos, se han tenido valores muy aproximados los cuales a nuestro criterio resulta ser satisfactorio debido a que el polietileno aporta flexibilidad suficiente al muro para resistir las cargas dinámicas laterales.

Por lo cual, hemos tenido una mayor dedicación para la construcción de los muros de tierra con Polietileno a dicha escala, que se espera obtener resultados satisfactorios dentro de los ensayos de los prototipos.



*Foto N° 23: Ensayo de muro de tierra con polietileno.
Fuente: Autoría propia.*

5.4. Análisis del comportamiento cíclico en una fuerza lateral

Para lo cual se realizó los ensayos en dicha mesa vibratoria, que fue implementado por los tesisistas anteriores (Tesis “ENSAYO DE PÓRTICO A ESCALA EN MESA DE VIBRACIÓN DE 1 GRADO DE LIBERTAD”, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil), lo cual se procedió calcular los datos para un comportamiento cíclico en los muros.

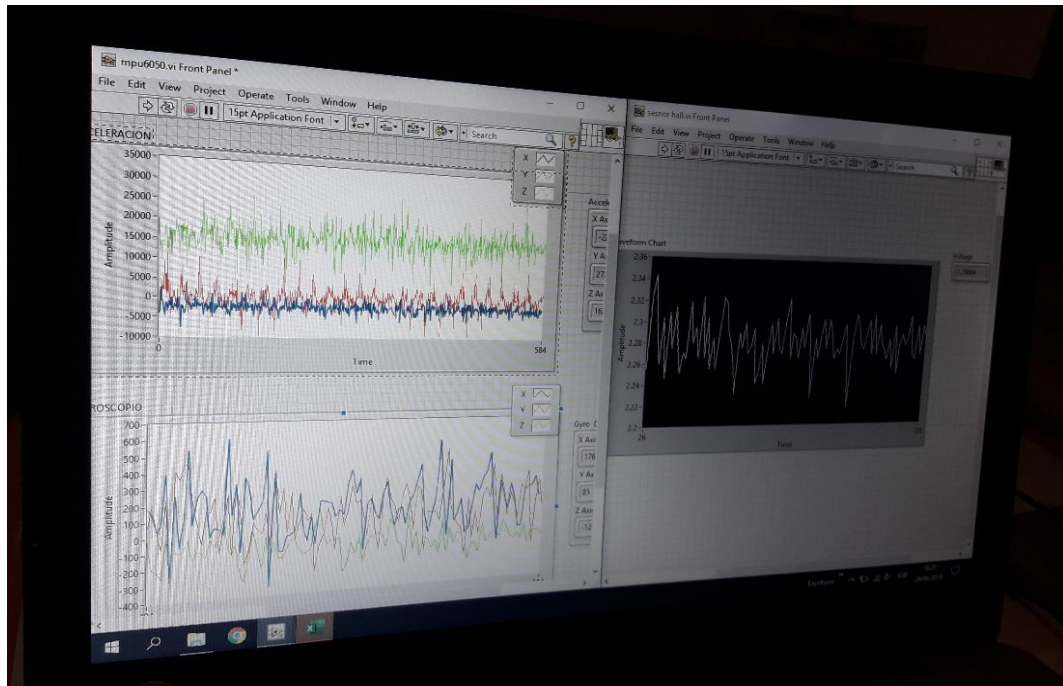


Foto N° 24: Muestreo ensayo a de Hall y MPU-6050.
Fuente: Autoría propia.

Se realizaron los ensayos con programas y sensores de movimiento para lo cual nos fueron de gran ayuda para la obtención de los datos.

Conseguimos así; cálculos representativos de los prototipos con distintos comportamientos, pero a pesar de no haber obtenido datos satisfactorios en los ensayos de los prototipos, podemos decir que; para el comportamiento cíclico los ensayos de los prototipos se han comportado de una manera satisfactoria al obtener datos de la rigidez lateral de los muros de tierra en máximo y mínimo a escala reducida de 1/400.

6. CONCLUSIONES:

- Se realizó el ensayo en una mesa vibratoria implementándolo un sensor de efecto hall encontrando el desplazamiento lateral, para cual se procedió a calcular la fuerza lateral y la rigidez de la estructura. Con los datos obtenidos de dichas muestras se calcularon el valor máximo y mínimo, siendo los valores: Un desplazamiento máximo de 0.58050 cm, una Fuerza Lateral de 572.412 kg, obteniendo la carga en escala real es de 2289.65 kg ó 2.28965 Tn. Un desplazamiento mínimo de 0.42160 cm, una Fuerza Lateral de 415.7263797 kg, obteniendo una carga a escala real de 1662.90552 kg ó 1.6629 Tn. Siendo la Rigidez de la Estructura de 985.068 kg/cm².
- Se realizó el ensayo de compresión axial de la unidad (f'b) encontrando un esfuerzo mínimo de 8.192 kg/cm² y un esfuerzo máximo de 13.234 kg/cm².
- Se llevó acabo el ensayo de compresión axial en pila (f'm) y se encontró el esfuerzo mínimo de 3.724 kg/cm² y un esfuerzo máximo de 4.884 kg/cm².
- Se realizó el ensayo de tracción diagonal (V'm) para el cual se obtuvieron los valores: mínimo de 0.380 kg/cm² y un valor máximo de 0.469 kg/cm².
- Para el proceso constructivo de los muros, se realizó el corte del Polietileno a una escala calculada para lo cual fue implementado un porcentaje variado de 20%(14x19x0.5) cm, 40%(15x12x0.5) cm y 60%(23x16x0.5) cm, para una mejor obtención de datos.

7. RECOMENDACIONES:

- Para obtener mejores resultados se recomienda plantear el ensayo del muro sin contemplar escala, puesto que así se obtendrían valores de esfuerzo y desplazamiento mucho más cercanos a los valores reales en los cuales se desempeñaría el muro bajo condiciones de carga lateral.
- Se recomienda realizar un ensayo de interacción del muro con un sistema estructural basado en elementos de su misma naturaleza con la intención de evaluar su comportamiento bajo sollicitaciones sísmicas en conjunto.
- Para evaluar el comportamiento del muro en mejores condiciones podríamos someterlo sin escala a una plataforma en la cual se considere la naturaleza multidireccional de un sismo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

[1] Mamani Condori Roel Edison. (2017). "PROTOTIPO DE VIVIENDA CON ADOBE MEJORADO EN EL DISTRITO DE CHUPA – AZÁNGARO". 2018, de universidad Nacional del Altiplano Sitio web: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5388/Mamani_Con_dori_Roel_Edison.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[2] Sergio Astorga Pantoja. (2011). ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE MUROS DE ADOBE REFORZADOS CON GEOMALLA ANTE ESFUERZOS CÍCLICOS LATERALES. 2011, de UNIVERSIDAD DE SEVILLA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Sitio web: <http://bibinq.us.es/proyectos/abreproy/5023/fichero/3.-Documentos%252FMemoria.pdf>

[3] Silvana Faride Ojeda Simborth. (2012). Evaluación del Comportamiento Estructural de Módulos de Adobe durante Ensayos de Simulación Sísmica. 2013, de PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ ESCUELA DE POSGRADO Sitio web: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/9112/OJEDA_SILVANA_COMPORTAMIENTO_ESTRUCTURAL_ADOBE_SIMULACION_SISMICA%20%281%29.pdf?sequence=6&isAllowed=y

[4] Blondet, Torrealva, Villa, Gionocchio. (2006). "Refuerzo de construcciones de adobe con elementos producidos industrialmente. Estudio preliminar". Lima- Perú.

[5] Lidia A. Juarez Ruiz. (2016). "Ensayo de flexión lateral en muretes de adobe compactado reforzados con mallas de acero". Oaxaca-México.

[6] Norma Técnica de Edificación. (Diciembre de 1999). E.080 ADOBE.

[7] Solís, M., Torrealva, D., Santillán, P., Montoya, G. (2015). "Análisis del comportamiento a flexión de muros de adobe reforzados con geomallas". Sevilla-España.

LINKOGRAFIA

- [8] <http://www.packsys.com/blog/breve-historia-del-polietileno/>
- [9] <https://definicion.de/polietileno/>
- [10] <https://www.quiminet.com/articulos/caracteristicas-y-aplicaciones-del-polietileno-de-baja-densidad-ldpe-2663472.htm>
- [11] <https://comunidad.leroymerlin.es/t5/Bricopedia-Construcci%C3%B3n-y/Qu%C3%A9-es-y-para-qué-se-usa-el-polietileno/ta-p/79702>
- [12] <https://geotexan.com/ventajas-y-desventajas-de-los-tipos-comunes-de-geomembrana/>
- [13] http://www.academia.edu/13338127/HISTORIA_DEL_ADOBE
- [14] <https://es.scribd.com/doc/86973140/HISTORIA-de-LA-MADERA-Materiales-de-Construccion>
- [15] <https://es.slideshare.net/tvsantana/la-madera-caracteristicas-y-propiedades>
- [16] <http://www.bindack.com/2012/06/ventajas-y-desventajas-de-la.html>
- [17] <https://curiosoando.com/que-es-una-fuerza-axial>
- [18] <https://es.scribd.com/presentation/245707776/Concreto-Armado-Cortante-y-Traccion-Diagonal-en-Vigas>

9. ANEXOS



Foto N° 26: Secado a la intemperie, adobes a escala reducida.
Fuente: Autoría propia.



Foto N° 25: Apilamiento de muestras a escala reducida.
Fuente: Autoría propia.

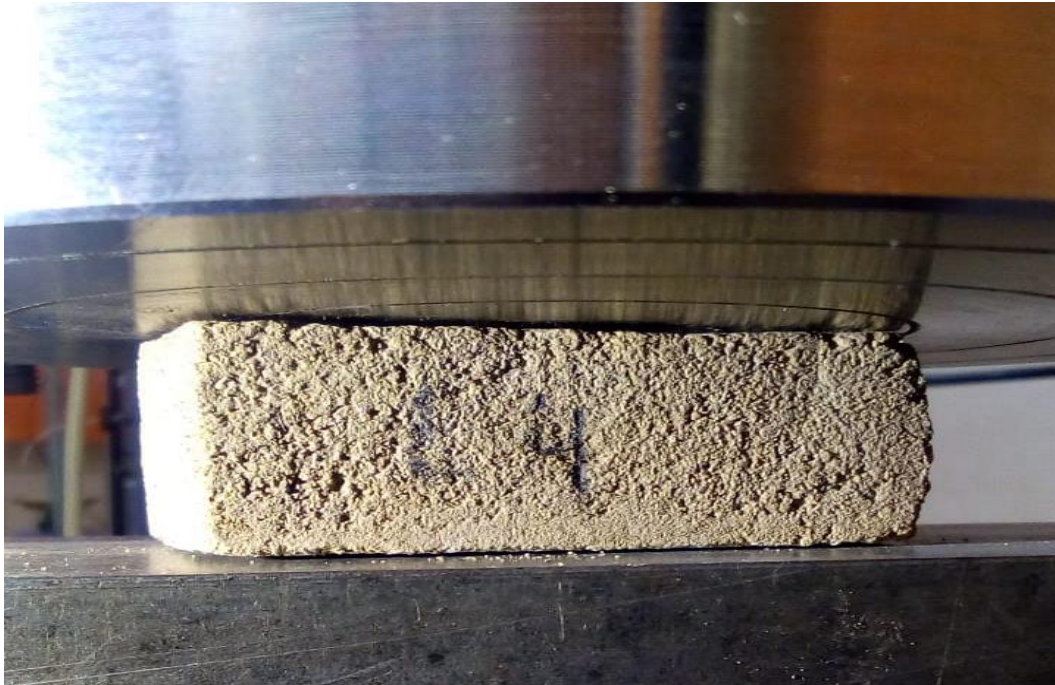


Foto N° 27: Muestra de ensayo de la unidad L-4 Laboratorio de suelos.
Fuente: Autoría propia.



Foto N° 28: Ensayo de laboratorio en prototipo de pila a escala reducida.
Fuente: Autoría propia



*Foto N° 30: Medidas a escala de polietileno para prototipos.
Fuente: Autoría propia.*



*Foto N° 29: Elaborando los prototipos a escala reducida con arriostre de polietileno.
Fuente: Autoría propia.*



Foto N° 31: Ensayos de prototipos con polietileno a escala reducida en proceso de secado.
Fuente: Autoría propia.

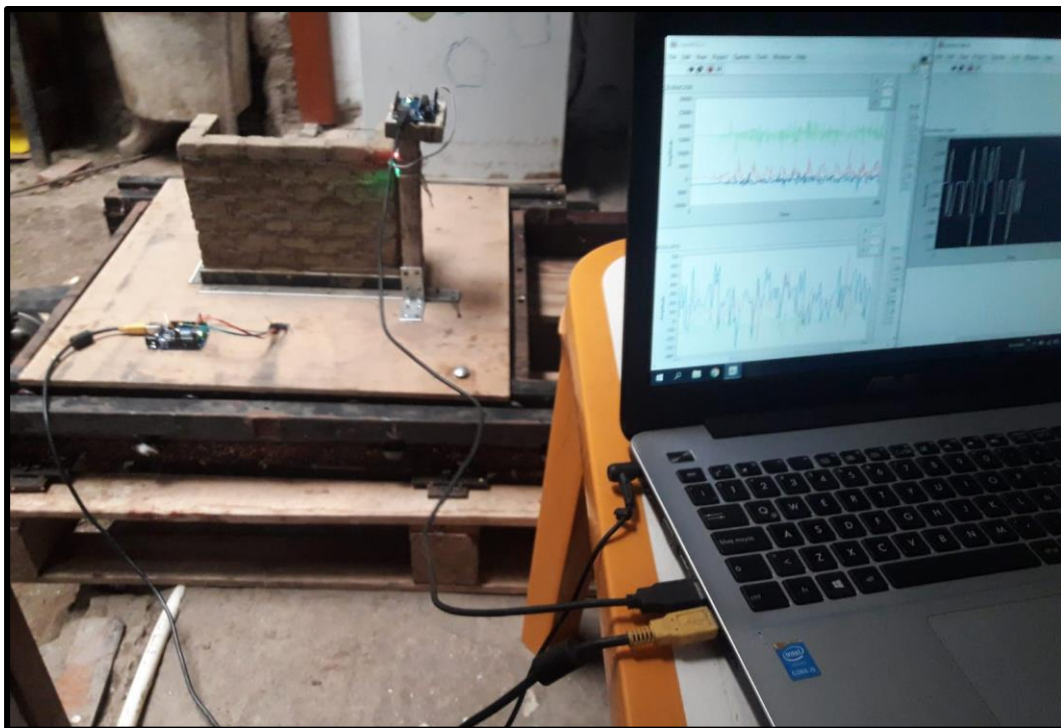


Foto N° 32: Ensayo HALL, que mide la amplitud del campo magnético, la cual se convierte en desplazamiento y el Ensayo MPU-6050, que mide la frecuencia de oscilamiento.
Fuente: Autoría propia.



*Foto N° 33: Ensayo de muro de tierra a escala reducida en mesa vibratoria.
Fuente: Autoría propia.*