

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN PRISMAS DE
ALBAÑILERÍA CON LADRILLO TIPO IV Y JUNTA DE
MORTERO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CAL”**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autores: Bach. Káterin Yedalita Hernández Camacho

Bach. Edinson Aldair Sánchez Coronel

Asesor: M. Sc. Ing. Edinson Viamney Llamgo Goicochea.

JAÉN - PERÚ, JULIO, 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

“Año de la Universalización de la Salud”



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 10 de julio del año 2020; siendo las 17:00 horas, se reunieron de manera virtual los integrantes del Jurado:

Presidente **Dr. Manuel Emilio Milla Pino**
Secretario **Mg. Zaidith Nancy Garrido Campaña**
Vocal **Mg. Marco Antonio Martínez Serrano**

Para evaluar la Sustentación de:

- () Trabajo de Investigación
(X) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

“COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN PRISMAS DE ALBAÑILERÍA CON LADRILLO TIPO IV Y JUNTA DE MORTERO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CAL”, presentado por los **Bachilleres Káterin Yedalita Hernández Camacho y Edinson Aldair Sánchez Coronel** de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, los Jurado acuerda:

(x) Aprobar () Desaprobar (x) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

a) Excelente	18, 19, 20	()
b) Muy bueno	16, 17	(16)
c) Bueno	14, 15	()
d) Regular	13	()
e) Desaprobado	12 o menos	()

Siendo las 18:00 horas del mismo día, los Miembros del Jurado Evaluador concluyen el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente

Presidente

Secretario

Vocal

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	VI
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.2.1. Antecedentes internacionales.....	3
1.2.2. Antecedentes nacionales.....	3
1.3. MARCO TEÓRICO.....	4
1.3.1. Aspectos generales.....	4
1.3.2. Definición de albañilería.....	5
1.3.3. Tipos de albañilería.....	5
1.3.4. Unidades de albañilería.....	6
1.3.5. Mortero.....	9
1.3.6. Propiedades de la albañilería simple.....	13
II. OBJETIVOS.....	19
2.1.1. Objetivo general.....	19
2.1.2. Objetivos específicos.....	19
III. MATERIALES Y METODOS.....	20
3.1. MATERIALES EMPLEADOS.....	20
3.1.1. Unidad de albañilería.....	20
3.1.2. Cemento.....	20
3.1.3. Cal.....	21
3.1.4. Arena.....	22
3.1.5. Agua.....	22
3.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	22
3.2.1. Concreto.....	22
3.2.2. Albañilería.....	22
3.3. PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	22
3.3.1. Determinación de la mejor dosificación de mortero.....	22
3.3.2. Determinación de parámetros de unidades de albañilería.....	27
3.3.3. Resistencia a la compresión (pilas).....	32

3.3.4.	Resistencia al corte (muretes).....	39
3.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS.....	46
3.4.1.	Pilas.....	46
3.4.2.	Muretes.....	46
3.5.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS.	46
IV.	RESULTADOS.....	48
4.1.	CONCRETO.	48
4.1.1.	Ensayos en agregados.	48
4.1.2.	Resistencia a la compresión en probetas de mortero.	49
4.2.	ALBAÑILERÍA.	51
4.2.1.	Unidades de albañilería.....	51
4.2.2.	Resistencia a la compresión de pilas.....	55
4.2.3.	Resistencia a compresión diagonal de muretes.	57
4.3.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	60
4.3.1.	Pilas.....	60
4.3.2.	Muretes.....	60
4.4.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS.	61
V.	DISCUSIÓN	63
5.1.	CONCRETO.	63
5.1.1.	Ensayos en agregados.	63
5.1.2.	Resistencia a la compresión en probetas de mortero.	63
5.2.	ALBAÑILERÍA	64
5.2.1.	Unidades de albañilería.....	64
5.2.2.	Resistencia a la compresión de pilas.....	65
5.2.3.	Resistencia a compresión diagonal de muretes.	66
5.3.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	68
5.3.1.	Pilas.....	68
5.3.2.	Muretes.....	68
5.4.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS.	68
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
6.1.	CONCLUSIONES.....	69
6.2.	RECOMENDACIONES.	70
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
	AGRADECIMIENTO	74
	DEDICATORIA.....	75
	ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Características y clasificación de las unidades de albañilería para fines estructurales.	9
Tabla 2: Requisitos granulométricos de arena para mortero.	12
Tabla 3: Proporciones de Morteros.	12
Tabla 4: Factores de corrección por esbeltez en pilas.	14
Tabla 5: Incrementos de resistencia a la compresión y por corte de prismas de albañilería.	14
Tabla 6: Ficha técnica del ladrillo King Kong 30%.	20
Tabla 7: Identificación de testigos de mortero.	25
Tabla 8: identificación de especímenes (pilas).	32
Tabla 9: Identificación de especímenes.	39
Tabla 10: Análisis granulométrico de suelos por tamizado.	48
Tabla 11: Compresión de testigos de mortero con 10% de adición de cal.	49
Tabla 12: Compresión de testigos de mortero con 17% de adición de cal.	49
Tabla 13: Compresión de testigos de mortero con 24% de adición de cal.	50
Tabla 14: Resumen de resultados del ensayo a compresión de probetas de mortero.	50
Tabla 15: Clasificación de la unidad de albañilería por variación dimensional según norma E.070.	51
Tabla 16: Variacion dimensional.	52
Tabla 17: Absorción de unidades de albañilería.	53
Tabla 18: Resultados de ensayo de absorción de la unidad de albañilería.	53
Tabla 19: Succión en unidades de albañilería.	53
Tabla 20: Resistencia a la compresión de unidades de albañilería.	54
Tabla 21: Porcentaje de área de vacíos en unidades de albañilería.	54
Tabla 22: Resultados ensayo de compresión de pilas.	55
Tabla 23: Resultados de compresión simple en pilas.	56
Tabla 24: Resultado ensayo de compresión diagonal en muretes.	58
Tabla 25: Resultados ensayo a compresión diagonal en muretes.	58
Tabla 26: Resultados de significancia de la prueba de Mann Whitney para la resistencia y el módulo de elasticidad para pilas.	60
Tabla 27: Resultados de significancia de la prueba T student para la resistencia a la compresión diagonal y el módulo de corte para muretes.	60
Tabla 28: Costo por metro cuadrado de muro de albañilería.	61

Tabla 29: Comparación de costo de elaboración de la albañilería.	62
Tabla 30: Prueba de normalidad	78
Tabla 31: Prueba de Mann-Whitney para la resistencia a la compresión de pilas.	78
Tabla 32: Prueba de Mann-Whitney para el módulo de elasticidad de pilas.	79
Tabla 33: Prueba t para muestras independientes (muretes).	80
Tabla 34: Sumatoria de rangos.	81
Tabla 35: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°01.	83
Tabla 36: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°02	84
Tabla 37: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°03	85
Tabla 38: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°04	86
Tabla 39: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°05	87
Tabla 40: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°06	88
Tabla 41: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°07	89
Tabla 42: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°08	90
Tabla 43: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°09	91
Tabla 44: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°10	92
Tabla 45: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°11	93
Tabla 46: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°12	94
Tabla 47: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°13	95
Tabla 48: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°14	96
Tabla 49: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°01	97
Tabla 50: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°02	98
Tabla 51: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°03	99
Tabla 52: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°04	100
Tabla 53: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°05	102
Tabla 54: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°06	103
Tabla 55: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°07	104
Tabla 56: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°08	105
Tabla 57: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°09	106
Tabla 58: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°10	107
Tabla 59: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°11	108

Tabla 60: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°12	109
Tabla 61: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°13	110
Tabla 62: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°14	111

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1 y Figura 2: Falla escalonada en pórticos de albañilería en el sismo de Chile en el año 2010....	2
Figura 3: Unidades solidas de arcilla.	7
Figura 4: Unidades huecas de arcilla.	7
Figura 5: Unidades de albañilería tubulares (ladrillo pandereta).	8
Figura 6: Prismas estándar para ensayos a compresión.	13
Figura 7 y Figura 8: Falla ideal de una pila (Izquierda) falla por trituración de ladrillos huecos (Derecha).	15
Figura 9: Espécimen y dispositivo para ensayo a tracción diagonal.	16
Figura 10 y Figura 11 : Falla por tracción diagonal en murete (izquierda) y en muro (derecha).	17
Figura 12 y Figura 13: falla escalonada en murete (izquierda) y en muro (derecha).	17
Figura 14: Falla por deslizamiento en muretes.	18
Figura 15: Cemento extraforte.	21
Figura 16: Cal hidratada.	21
Figura 17 y Figura 18: Tamizado de arena a través de la malla #4.	23
Figura 19 y Figura 20: Ensayo de granulometría de la arena.	23
Figura 21: Mezclado de mortero proporción 1:31/2, se toma como medida un balde lleno.	24
Figura 22 : Testigos de mortero identificados y sumergidos en agua potable durante 28 días.	25
Figura 23, Figura 24 : Testigos de concreto con adición de cal 17% (izquierda), 24% (derecha), colocados en la máquina de ensayo.	26
Figura 25, Figura 26: Carga máxima registrada por la máquina para testigos de concreto con adición de cal 10% (izquierda), 24% (derecha).	26
Figura 27 y Figura 28: Medida de la concavidad y convexidad de la albañilería.	28
Figura 29: Ladrillos de arcilla sumergidos en agua limpia.	31
Figura 30: Toma de peso saturado de la unidad de albañilería.	31
Figura 31: Geometría de pilas de albañilería.	33
Figura 32 y Figura 33 : Selección de ladrillos que se utilizaron en la elaboración de pilas.	33
Figura 34 y Figura 35: Control de verticalidad y altura en pilas haciendo uso de plomada y un escantillón.	34
Figura 36 y Figura 37 : Instrumentación de una pila. Se observa un deformímetro en la parte inferior de la máquina de compresión axial.	35
Figura 38: Esfuerzos en el ladrillo y mortero por acción de la carga axial.	36
Figura 39 y Figura 40: Prismas utilizados en ensayos para albañilería simple.	36

Figura 41 y Figura 42: Instrumentación de una pila. Se observa un deformímetro en la parte inferior de la máquina de compresión axial.....	37
Figura 43 y Figura 44: Forma de falla P – 03 (Se aprecia grietas verticales en la cara de menor dimensión).....	38
Figura 45 y Figura 46: Forma de falla P – 06 (Se aprecia grietas verticales en la cara de menor dimensión).....	38
Figura 47: Geometría de muretes de albañilería	40
Figura 48 y Figura 49: Selección de ladrillos que se utilizaron en la elaboración de muretes.	40
Figura 50 y Figura 51: Se aprecia que el mortero cubre toda la superficie de asiento del murete.....	41
Figura 52 y Figura 53: Instrumentación de una pila. Se observa un deformímetro en la parte superior de la máquina de compresión diagonal.....	42
Figura 54 y Figura 55: Prismas utilizados en ensayos en albañilería simple.	43
Figura 56 y Figura 57: Muretes instrumentados y colocados en la máquina de ensayo.	44
Figura 58 y Figura 59: En ambas figuras se puede apreciar la falla mixta, la grieta atraviesa los ladrillos (parte superior e inferior) y las juntas (parte intermedia).	45
Figura 60 y Figura 61: En ambas figuras se puede apreciar una falla por tracción diagonal, la grieta atraviesa tanto a la unidad de albañilería como al mortero.	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 1: Resistencia a la compresión de probetas de mortero.	50
Gráfico 2: Resistencia normalizada a la dosificación patrón.....	51
Gráfico 3: Resistencia a la compresión de pilas.	56
Gráfico 4: Módulo de elasticidad de pilas.....	57
Gráfico 5: Resistencia a la compresión diagonal en muretes.	59
Gráfico 6: Módulo de corte en muretes.....	59
Gráfico 8: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°01	83
Gráfico 9: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°02.....	84
Gráfico 10: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°03.....	85
Gráfico 11: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°04.....	86
Gráfico 12: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°05.....	87
Gráfico 13: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°06.....	88
Gráfico 14: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°07.....	89
Gráfico 15: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°08.....	91
Gráfico 16: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°09.....	92
Gráfico 17: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°10.....	93
Gráfico 18: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°11.....	94
Gráfico 19: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°12.....	95
Gráfico 20: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°13.....	96
Gráfico 21: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°14.....	97
Gráfico 22: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°01	98
Gráfico 23: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°02.....	99
Gráfico 24: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°04.....	100
Gráfico 25: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°04.....	101
Gráfico 26: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°05.....	102
Gráfico 27: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°06.....	104
Gráfico 28: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°07.....	105
Gráfico 29: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°08.....	106
Gráfico 30: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°09.....	107
Gráfico 31: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°10.....	108
Gráfico 32: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°11.....	109
Gráfico 33: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°12.....	110

Gráfico 34: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°13	111
Gráfico 35: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°14.....	112

RESUMEN

La investigación “COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN PRISMAS DE ALBAÑILERÍA CON LADRILLO TIPO IV Y JUNTA DE MORTERO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CAL” se ubica en la línea de investigación de mecánica y análisis de estructuras, en el cual se utilizó la metodología de ensayos según normas NTP 399.613, NTP 399.605 y NTP 399.621(ensayos en unidades, pilas y muretes de albañilería) con la finalidad de determinar el comportamiento estructural de prismas de albañilería.

Se buscó mejorar la resistencia a fuerza cortante y compresión de la albañilería, para esto se hizo un estudio previo para elegir el mejor porcentaje de adición de cal a la mezcla de mortero que se utilizara posteriormente en la elaboración de pilas y muretes. Para la elección del mejor porcentaje de adición de cal se elaboraron testigos de mortero utilizando tres dosificaciones diferentes:

Dosificación 1 (patrón): proporción volumétrica 1:10%:3¹/₂ (Cemento-Cal-Arena).

Dosificación 2: proporción volumétrica 1:17%:3¹/₂ (Cemento-Cal-Arena).

Dosificación 3: proporción volumétrica 1:24%:3¹/₂ (Cemento-Cal-Arena).

Por cada proporción de mezcla se elaboraron y ensayaron 4 probetas de mortero, en total se construyeron 12 testigos para elegir la mejor dosificación. De los resultados obtenidos los valores más altos en cuanto a resistencia a la compresión se alcanzan con la Dosificación 2 que contiene un 17% de adición de cal.

Se elaboraron pilas y muretes de albañilería para medir la resistencia a la compresión y al corte, así como módulo de elasticidad y módulo de corte, utilizando dos dosificaciones de mortero:

Dosificación A (patrón): Elaboración de pilas y muretes con ladrillo tipo IV Y mortero con proporción volumétrica 1:3¹/₂ (Cemento-Arena). Esta técnica fue empleada como patrón de comparación.

Dosificación B: Elaboración de pilas y muretes con ladrillo tipo IV Y mortero con proporción volumétrica 1:17%:3¹/₂ (Cemento-Cal-Arena).

Por cada dosificación se ensayaron 7 pilas y 7 muretes. En total se construyeron 14 pilas y 14 muretes. Además se emplearon 20 ladrillos para someterlos a ensayos de compresión, porcentaje de ranuras, variabilidad dimensional, alabeo, succión y absorción.

Como resultado de los ensayos se comprobó que las pilas y muretes construidos con mortero modificado con 17% de adición de cal sobresale de manera clara en valores de resistencia a compresión axial, módulo de elasticidad, compresión diagonal y módulo de corte respecto a las pilas y muretes construidos con mortero sin adición de cal.

Palabras clave: pilas, muretes, resistencia, ladrillo, cal.

ABSTRACT

The investigation "STRUCTURAL BEHAVIOR IN MASONRY PRISMS WITH TYPE IV BRICK AND MODIFIED MORTAR BOARD WITH ADDITION OF LIME" is located in the line of mechanics research and structure analysis, in which the methodology of tests according to standards was used NTP 399.613, NTP 399.605 and NTP 399.621 (tests on masonry units, piles and walls) in order to determine the structural behavior of masonry prisms.

We sought to improve the resistance to shear force and compression of the masonry, for this, a prior study was made to choose the best percentage of lime addition to the mortar mixture that would be used later in the preparation of piles and low walls. For the choice of the best percentage of lime addition, mortar cores were prepared using three different dosages:

Dosage 1 (standard): volumetric ratio 1: 10%: 31/2 (Cement-Lime-Sand).

Dosage 2: volume ratio 1: 17%: 31/2 (Cement-Lime-Sand).

Dosage 3: 1: 24% volume ratio: 31/2 (Cement-Lime-Sand).

For each mixing ratio, 4 mortar specimens were made and tested, in total 12 controls were built to choose the best dosage. From the results obtained, the highest values in terms of compressive strength are reached with Dosage 2, which contains 17% addition of lime.

Masonry piles and low walls were made to measure the resistance to compression and shear, as well as modulus of elasticity and shear modulus, using two mortar dosages:

Dosage A (standard): Preparation of piles and low walls with type IV brick AND mortar with a volumetric ratio of 1: 31/2 (Cement-Sand). This technique was used as a comparison standard.

Dosage B: Preparation of piles and low walls with type IV brick AND mortar with a volumetric ratio of 1: 17%: 31/2 (Cement-Lime-Sand).

For each dosage 7 piles and 7 low walls were tested. In total 14 piles and 14 low walls were built. In addition, 20 bricks were used to subject them to compression tests, percentage of grooves, dimensional variability, warp, suction and absorption.

As a result of the tests, it was found that the piles and low walls made with modified mortar with 17% lime addition clearly stand out in values of resistance to axial compression, modulus of elasticity, diagonal compression and shear modulus with respect to the piles and walls built with mortar without the addition of lime.

Keywords: piles, walls, resistance, brick, lime.

I. INTRODUCCIÓN.

El trabajo de tesis, “COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN PRISMAS DE ALBAÑILERÍA CON LADRILLO TIPO IV Y JUNTA DE MORTERO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CAL”; se orienta al estudio problema que presentan la edificaciones ante sollicitaciones sísmicas por esto se requiere que estas tengan un buen comportamiento ante esfuerzos cortantes, esta propiedad de la albañilería se define principalmente por la *adherencia* entre el mortero y unidades de albañilería, por tal motivo en esta investigación se pretende mejorar este factor con la incorporación de un determinado porcentaje cal a la mezcla de mortero.

Respecto a lo anterior el año 2018, Alejandro Navas y Ana Campos estudiaron la influencia de la cal en el mortero de pega para mampostería, llegando a lograr con la adición de cal mejoras de retención de agua, trabajabilidad, *adherencia* y en algunos casos incremento de la resistencia a la compresión de prismas (pilas y muretes de albañilería).

La razón de elaborar este proyecto de investigación, se fundamenta en evaluar la influencia del mortero modificado con la incorporación de cal al 10%, 17% y 24%, del conjunto de probetas (testigos), en las roturas de ensayos de resistencia a compresión, donde se obtuvo el valor más alto al 17%, de cal en mortero. Se realiza mortero de pega al 17% de cal, obteniéndose el esfuerzo cortante y de compresión, en prismas de albañilería, con ladrillo tipo IV.

La investigación es aplicada, con una metodología explicativa o experimental, porque se modifica el mortero con cal, los protocolos de los ensayos han sido siguiendo la Norma E.070 del Reglamento Nacional de edificaciones, asumiendo sus parámetros de comparación como patrones de medida. La observación, como elemento fundamental, en los diferentes ensayos de laboratorio, desde lo deductivo e inductivo. La línea de investigación se enmarca en la mecánica y análisis de estructuras.

1.1. Planteamiento del problema.

Según norma técnica E.030, la provincia de Jaén se encuentra ubicada en una zona de sismicidad media - alta (zona 2 y zona 3), por lo que es muy latente el riesgo de ocurrencia de sismos, pudiendo verse afectada la mayor parte de la infraestructura e incluso llegar a colapsar.

El comportamiento de la albañilería ante esfuerzos cortantes provocados por solicitaciones sísmicas se define por la interacción entre unidades y mortero, por ejemplo, el terremoto de Ecuador en el año 2016 de magnitud 7.8 Mw, terremoto del 27 de febrero del 2010, con una magnitud de 8,8 Mw, afectó con diversos grados de daño a los conjuntos de viviendas situados en la zona centro sur de Chile, construidos principalmente en albañilería, en las que se observan distintas fallas. En la Figura 1, se puede apreciar fallas escalonadas de la albañilería, lo que es un indicio de la mala adherencia entre ladrillo y mortero, es por esto que en este trabajo de tesis se busca mejorar la adherencia entre estos dos elementos, mediante la incorporación de cal al mortero, puesto que, su uso está justificado en la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Figura 1 y Figura 2: Falla escalonada en pórticos de albañilería en el sismo de Chile en el año 2010.



FUENTE: (Lambrecht, 2012).

¿La adición de cal al mortero para la elaboración prismas de albañilería con ladrillo tipo IV, ayudan a mejorar el comportamiento de éstos a esfuerzos cortantes y de compresión además que cumplan con los parámetros especificados en la Norma E.070 del Reglamento Nacional de edificaciones?

1.2. Antecedentes de la investigación.

1.2.1. Antecedentes internacionales.

(Navas y Campos, 2018) Estudiaron la “Influencia de la Cal en el Mortero de Pega para Mampostería”, para esto fabricaron morteros con y sin cal en proporciones volumétricas brindadas por el Código Sísmico de Costa Rica, realizando ensayos de resistencia a la compresión, porcentaje de retención de agua, contenido de aire y trabajabilidad, llegando a lograr con la adición de cal mejoras de retención de agua, trabajabilidad, adherencia y en algunos casos incremento de la resistencia a la compresión de prismas.

(Lesueur, Peter, Lorgouilloux y Moreno, 2018) Estudiaron cales aéreas especiales para morteros tradicionales de mampostería, donde evaluaron propiedades como: retención de agua, resistencia a la flexión y compresión, encontrando que la cal hidratada genera un impacto positivo en la mejora de la retención de agua, sin afectar las resistencias mecánicas de resistencia a la compresión y flexión.

1.2.2. Antecedentes nacionales.

(Meza, 2004) En su investigación titulada “estudio del mortero de mediana a baja resistencia de cemento con adición de cal aérea”, elaboró especímenes con diferentes cantidades de adición de cal en reemplazo de cemento que va desde un 0% hasta un 80% ensayados a diferentes edades, encontrando que varían propiedades como: incremento de trabajabilidad, disminución de peso unitario y permeabilidad, mayor retentividad de agua lo que genera retardo de tiempo de fragua que va desde un 22% hasta un 100% respecto al mortero tradicional. Para morteros con un 25% de contenido de cal encontró mejores comportamientos mecánicos como: resistencia a la compresión, tracción y flexión, además de una gran adherencia inicial.

(San Bartolomé y Castro, 2016) investigaron la influencia de cinco parámetros sobre la resistencia a compresión axial y diagonal de la albañilería construida con unidades de arcilla, siendo uno de las variables el uso de cal en el mortero. Para el desarrollo del estudio se elaboraron morteros sin cal y con cal hidratada y normalizada. El mortero sin cal tuvo una proporción volumétrica cemento-arena 1:4, mientras que para el caso del mortero con cal se utilizó una proporción de 1:1:4. Finalmente concluyeron que la adición de cal a la mezcla afecta directamente la resistencia a la compresión del mortero, pilas de albañilería, así como la resistencia a compresión diagonal de muretes.

(Morante, 2011) investigo como mejorar la adherencia mortero – ladrillo de concreto, para esto elaboró y ensayó 12 pilas y 12 muretes con juntas de mortero con y sin cal, como resultado de los ensayos se comprobó que los muretes con juntas mortero – cal presentan un aumento en su resistencia al corte de un 9% respecto a los muretes con morteros sin cal.

(Gallegos y Casabonne, 2005) en su libro albañilería estructural, hablan de que la adición de cal al mortero le proporciona plasticidad y retentividad, por lo que se logran mejores resultados en ensayos de muros.

1.3. Marco teórico.

1.3.1. Aspectos generales.

La norma E.070 establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados, apoyándose en la norma E.030 para el diseño resistente y en la norma E.060 para elementos de concreto armado utilizados en la albañilería. Esta norma indica dimensiones y requisitos de carácter mínimos y no eximen de manera alguna del análisis, cálculo y diseño correspondiente, que serán los que deben definir las dimensiones y requisitos a usarse de acuerdo con la función real de los elementos y de la construcción.

1.3.2. Definición de albañilería.

La albañilería se define como un material estructural formado por un conjunto de unidades trabadas o adheridas con mortero, siendo la unión mortero - unidades la que definirá las propiedades más importantes de la albañilería como la resistencia a la compresión, tracción, corte y flexión.

1.3.3. Tipos de albañilería.

1.3.3.1. Por la Función Estructural o Solicitaciones Actuantes.

A. Muros No Portantes

Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos (E.070, 2016).

B. Muros Portantes.

Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical (E.070, 2016).

1.3.3.2. Por la Distribución del Refuerzo.

A. Muros No Reforzados o de Albañilería Simple.

Son aquellos muros que carecen de refuerzo; o que teniéndolo, no cumplen con las especificaciones mínimas reglamentarias que debe tener todo muro reforzado (San Bartolomé, 1998).

B. Muros Reforzados (Armados, Laminares y Confinados).

a) Muros armados.

Según San Bartolomé (1998), los muros armados se caracterizan por llevar el refuerzo en el interior de la albañilería, distribuido a lo largo de la altura del muro (refuerzo horizontal) como de su longitud (refuerzo vertical).

b) Muros confinados.

Para San Bartolomé (1998), la albañilería confinada es aquella que está compuesta por un muro de albañilería simple enmarcada por una cadena de concreto armado (columnas y viga de confinamiento), vaciadas con posterioridad a la construcción del muro, que sirven para dar ductilidad al sistema.

1.3.4. Unidades de albañilería.

Es un componente básico de la albañilería y se pueden denominar como ladrillos y bloques elaborados de diferentes materias primas (arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal), puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular.

Las unidades de albañilería se pueden denominar como ladrillos o bloques, esta diferencia radica principalmente en la facilidad que se tiene al momento del asentado. Los ladrillos por su tamaño y peso pueden ser manipulados con una sola mano, en cambio los bloques al ser de mayor tamaño y peso se requiere de las dos manos para ser manipulado (E.070, 2016).

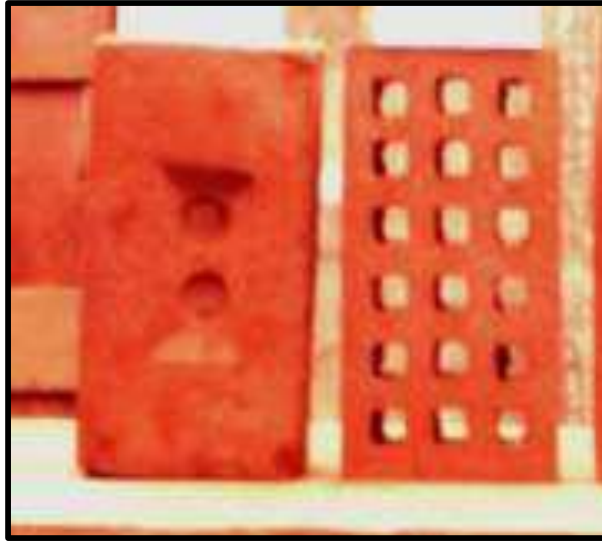
1.3.4.1. Tipos de unidades de albañilería.

La tipología de las unidades de albañilería está basada en la proporción del área neta respecto al área bruta de la cara de asiento y en las características de las perforaciones.

A. Unidades sólidas o macizas.

Son aquellas unidades que no tienen huecos, o en el caso que los tuviesen, estos alveolos necesariamente perpendiculares a la cara de asiento, no superan el 30% del área de la sección bruta.

Figura 3: Unidades solidas de arcilla.



FUENTE: Comentarios a la norma E.070 por Ángel San Bartolomé

B. Unidades huecas.

En las unidades huecas el área alveolar excede el 30% del área bruta y los alveolos tienen dimensiones tales que pueden llenarse con concreto líquido (Gallegos & Casabonne, 2005).

Figura 4: Unidades huecas de arcilla.



FUENTE: Comentarios a la norma E.070 por Ángel San Bartolomé.

C. Unidades tubulares.

Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento (E.070, 2016).

Figura 5: Unidades de albañilería tubulares (ladrillo pandereta).



FUENTE: Comentarios a la norma E.070 por Ángel San Bartolomé.

1.3.4.2. Propiedades de las unidades de albañilería.

Resistencia a la compresión (NTP 339.613 y NTP 339.604).

Variación dimensional (NTP 339.613 y NTP 339.604).

Alabeo (NTP 339.613).

Absorción (NTP 339.613 y NTP 339.604).

Succión o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento (NTP 339.613).

1.3.4.3. Clasificación para fines estructurales.

Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote (E.070, 2016).

La absorción de las unidades de arcilla y sílico - calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto, tendrá una absorción no mayor que 12%. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15% (E.070, 2016).

Respecto a lo anterior en el año 2008 San Bartolomé, comenta que cuanto más elevada sea la absorción la unidad será más porosa y por ende menos resistente a la acción de la intemperie.

Tabla 1: Características y clasificación de las unidades de albañilería para fines estructurales.

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f _b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes.

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

FUENTE: E.070 albañilería, del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

La mayor variación de dimensión y alabeo en las unidades hacen que la junta presente un mayor grosor, según Bartolomé y Castro (2016), en su investigación efecto de cinco variables sobre la resistencia de la albañilería, encontraron que a mayor espesor de la junta de mortero la resistencia a compresión y tracción de la albañilería disminuye.

1.3.5. Mortero.

Según norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), se puede definir al mortero como una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima

cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, que sirve como adhesivo para unir las unidades de albañilería y así formar un conjunto durable y resistente.

1.3.5.1. Tipos de mortero.

A. Morteros de cemento y arena.

Está compuesto por una mezcla de cemento, agua y agregados se caracteriza principalmente por alcanzar resistencias altas a la compresión, su trabajabilidad varía de acuerdo a las proporciones de cemento agregados a utilizar en la mezcla.

Para Traversa (2011), los morteros con presencia de cemento presentan altas resistencias y una elevada contracción por secado, pero presentan una trabajabilidad relativamente baja.

Meza (2004) sostiene que no es conveniente usar en albañilería morteros muy ricos en cantidad de cemento, ya que pueden ser demasiado resistentes y con alta retracción al secado, pueden agrietarse fácilmente.

B. Morteros de cemento cal y arena.

Este tipo de mortero es el resultado de la mezcla en proporciones determinadas de cemento, cal, arena y agua, se caracterizan principalmente por tener buena trabajabilidad, buena retentividad de agua.

Costa, Herrero, Rosel y Sanz (2013), sostienen que la incorporación de cal al mortero proporciona: mayor adherencia, mayor plasticidad, incremento de la permeabilidad al vapor, disminución de eflorescencias menor retracción y fisuración.

Navas y Campos (2018) en su estudio la “Influencia de la Cal en el Mortero de Pega para Mampostería”, en la cual concluyen que con la incorporación de cal al mortero se pueden lograr mejoras de retención de agua, trabajabilidad, adherencia y en algunos casos incremento de la resistencia a la compresión de prismas.

Meza (2004) en su investigación titulada “estudio del mortero de mediana a baja resistencia de cemento con adición de cal aérea”, encontró que para morteros con un 25% de contenido de cal se logran mejores comportamientos mecánicos como: resistencia a la compresión, tracción y flexión, además de una gran adherencia inicial.

1.3.5.2. Componentes del mortero.

A. Cemento.

Es el elemento que se encarga de darle resistencia a la mezcla, además de reaccionar con el agua para formar una pasta capaz de unir partículas de origen diferente

B. Cal.

San Bartolomé (1998) recomienda que, de emplearse cal en el mortero, ésta debe ser hidratada y normalizada; la razón por la cual la cal debe ser normalizada es que pueden existir partículas muy finas, que en vez de funcionar como aglomerante lo hacen como residuos inertes.

C. Agua.

Es el disolvente universal cuya función principal es la de reaccionar químicamente con el material cementante para hidratarlo y formar la pasta que conforma el mortero, esta debe ser potable, libre de materia orgánica, libre de sólidos en suspensión y otros elementos que puedan influir en el tiempo de fraguado.

D. Arena.

Según norma E. 070 del RNE el agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales. Meza (2004) sostiene que al ser los agregados los de mayor volumen en la mezcla de mortero, estos deben contener granos grandes y pequeños. Si el agregado está compuesto sólo de granos finos, se requerirá más pasta, incrementándose el costo. Si el agregado contiene granos gruesos, consiguiéndose un mortero más trabajable y plástico.

Es importante que la arena tenga poco polvo para evitar el fraguado rápido de la mezcla, ya que al endurecer el mortero disminuiría su adherencia con la unidad inmediata superior.

Tabla 2: Requisitos granulométricos de arena para mortero.

GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA	
MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 a 100
N° 16 (1,18 mm)	70 a 100
N° 30 (0,60 mm)	40 a 75
N° 50 (0,30 mm)	10 a 35
N° 100 (0,15 mm)	2 a 15
N° 200 (0,075 mm)	Menos de 2

FUENTE: Norma E. 070 del Reglamento Nacional de edificaciones.

1.3.5.3. Proporciones o dosificaciones de mortero.

Tabla 3: Proporciones de Morteros.

TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	USOS
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Fuente: Norma técnica E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones

Respecto a la cantidad de agua la Norma E.070 del RNE recomienda que esta sea añadida al mortero en la cantidad necesaria para alcanzar una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado.

1.3.5.4. Mezclado.

Existen dos modalidades para el mezclado de mortero. Una consiste en colocar todos los ingredientes incluyendo el agua en la mezcladora. En la otra se mezclan solo los ingredientes secos (Gallegos & Casabonne, 2005).

Según Gallegos y Casabonne (2005), el albañil define la consistencia del mortero con el que va a trabajar, añadiéndole la cantidad de agua que considere necesaria, para alcanzar una mezcla heterogénea, plástica y trabajable.

1.3.5.5. Normas aplicadas a mortero.

Mortero (NTP 339.607 y NTP 339.610).

Cemento portland tipo I y II (NTP 334.009).

Cal (ASTM C-207).

Arena (E. 070).

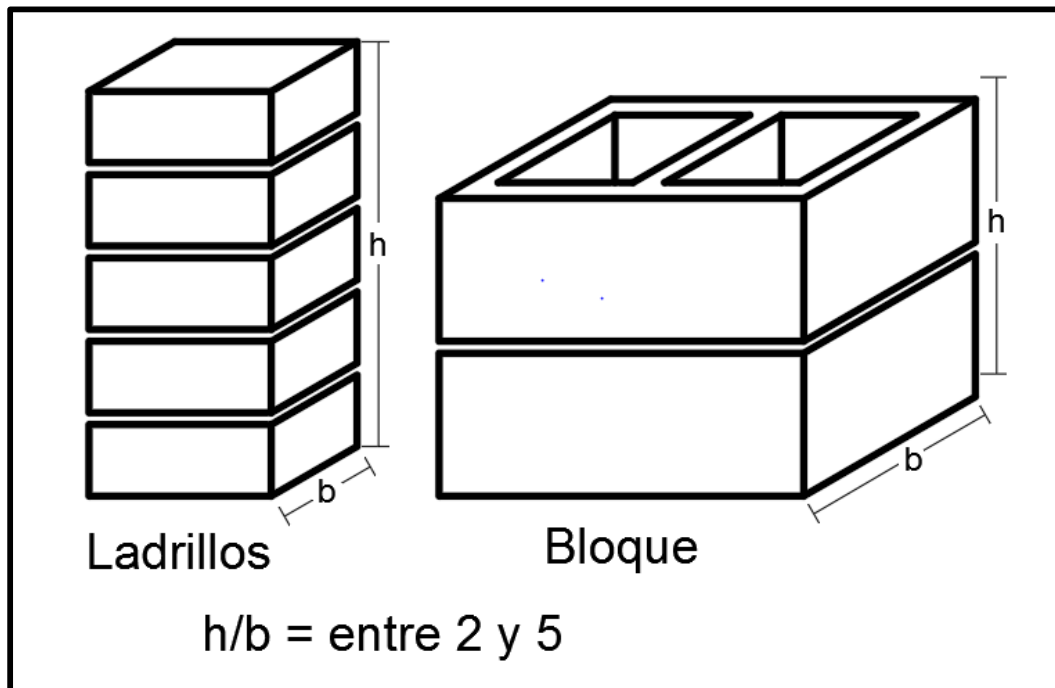
1.3.6. Propiedades de la albañilería simple.

1.3.6.1. Resistencia a la compresión de pilas de albañilería.

A. Selección de espécimen.

El espécimen para determinar la resistencia a la compresión de la albañilería, consiste en un prisma de unidades enteras (ladrillos o bloques) asentadas una sobre otra, que puede estar compuesta por dos o más hiladas.

Figura 6: Prismas estándar para ensayos a compresión.



Fuente: Propia.

B. Refrentado (CAAPING).

El Capping se aplica en zonas del prisma en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo y tiene un grosor de aproximadamente 3mm.

En el caso de prismas construidos con unidades alveolares, la norma E.070 recomienda que estos alveolos se llenen con concreto líquido.

C. Esbeltez de la pila.

La esbeltez se define como la relación entre la altura de la pila y su espesor.

Tabla 4: Factores de corrección por esbeltez en pilas.

FACTORES DE CORRECCIÓN DE $f'm$ POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

Fuente: Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

D. Edad de los especímenes para ser ensayados.

Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días, pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la tabla 5 (E.070, 2016).

Tabla 5: Incrementos de resistencia a la compresión y por corte de prismas de albañilería.

INCREMENTO DE $f'm$ y $v'm$ POR EDAD				
		Edad	14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla		1,15	1,05
	Bloques de concreto		1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto		1,10	1,00

Fuente: Norma técnica E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

E. Tipos de falla.

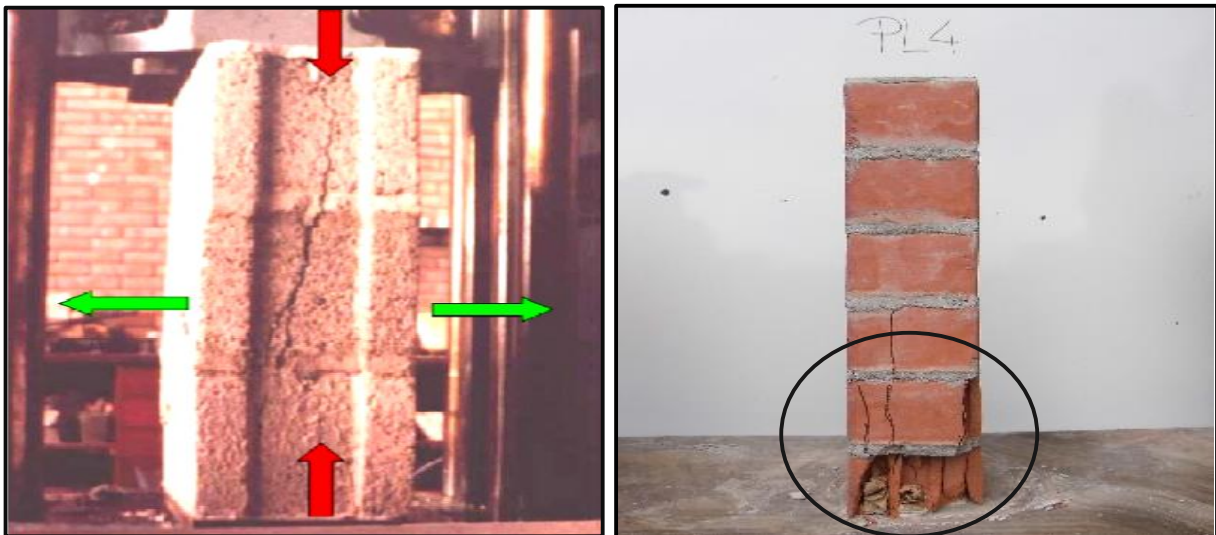
a) Falla ideal.

Es una grieta vertical en la cara de menor dimensión que corta unidades y mortero, producida por tracción debida a expansión lateral.

a) Falla por trituración

Son indeseable por ser frágiles, explosivas y se presenta cuando se utilizan unidades huecas, es decir, materiales frágiles no reforzados.

Figura 7 y Figura 8: Falla ideal de una pila (Izquierda) falla por trituración de ladrillos huecos (Derecha).



FUENTE: Comentarios a la norma E.070.

FUENTE: (Ruiz, 2017)

F. Elementos influyentes en la resistencia a la compresión de pilas.

a) Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (ladrillo).

Según Gallegos y Casabonne (2005), la resistencia del prisma aumenta con la resistencia del ladrillo, esta aumenta con la raíz cuadrada de la resistencia del ladrillo en compresión, de modo tal que la duplicación de este valor solo conduce a un aumento del 40% en la resistencia del prisma.

b) Tipo de ladrillo.

Gallegos y Casabonne (2005) sostienen que los ladrillos que tienen huecos o perforaciones importantes sufren severas concentraciones de esfuerzos transversales, que reducen la resistencia y conducen a fallas frágiles.

c) Tipo de mortero.

Morteros de mayor resistencia producen prismas de más resistencia con el mismo tipo de ladrillo.

d) Espesor de la junta.

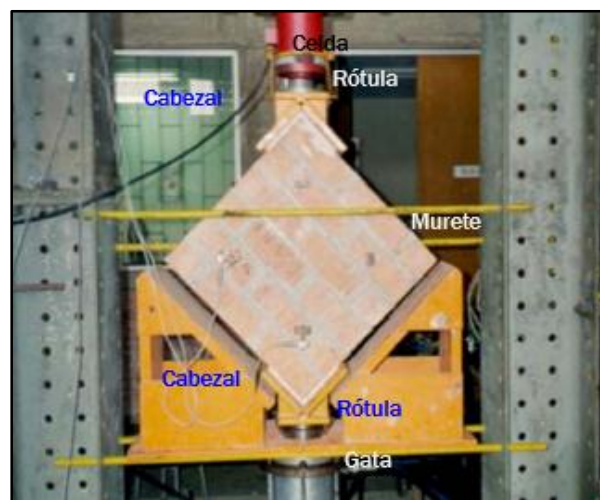
El aumento del espesor de la junta disminuye la resistencia de prismas, puesto que el esfuerzo de confinamiento en el ladrillo aumenta con la cantidad de mortero que este debe confinar.

1.3.6.2. Resistencia a la tracción diagonal de muretes de albañilería.

A. Testigo.

El testigo estándar es un murete cuadrado cuyo lado nominal mínimo es 0.60 m.

Figura 9: Especimen y dispositivo para ensayo a tracción diagonal.



FUENTE: Comentarios a la norma E.070 por Ángel San Bartolomé.

a) Tipos de falla.

❖ Falla por tracción diagonal.

Cuando la adherencia mortero – unidades de albañilería es óptima, la falla atraviesa tanto la unidad como al mortero lográndose maximizar la resistencia a fuerza cortante.

Figura 10 y Figura 11 : Falla por tracción diagonal en murete (izquierda) y en muro (derecha).



FUENTE: Comentarios a la norma E.070 por Ángel San Bartolomé.

❖ Falla escalonada.

Sucede cuando no se ha logrado optimizar la adherencia unidad – mortero, ocurriendo una falla a través de las juntas.

Figura 12 y Figura 13: falla escalonada en murete (izquierda) y en muro (derecha).



FUENTE: comentarios a la norma E.070 por Ángel San Bartolomé.

❖ Fallas mixtas.

Sucede una falla escalonada, pero cortando algunas unidades de albañilería.

❖ Fallas por deslizamiento.

Sucede cuando la adherencia unidad mortero en la junta horizontal es muy débil.

Figura 14: Falla por deslizamiento en muretes.



FUENTE: comentarios a la norma E.070 por Ángel San Bartolomé.

❖ Fallas por trituración local de la unidad.

Este tipo de falla sucede en la zona de contacto con el cabezal angular del equipo de ensayo, debido a que las unidades de albañilería presentan alveolos o perforaciones representativas.

II. OBJETIVOS.

2.1.1. Objetivo general.

Determinar el comportamiento estructural en prismas de albañilería construidos con ladrillo tipo IV y juntas de mortero modificado con adición de cal, según Norma Técnica Peruana E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.1.2. Objetivos específicos.

Determinar la mejor resistencia a compresión del mortero modificado, adicionando cal en porcentajes de 10%, 17%, 24%.

Clasificar las unidades de albañilería según parámetros de norma E.070.

Medir la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería con junta de mortero modificado con adición de cal y sus características de falla.

Medir la resistencia a compresión diagonal de un murete de ladrillo con junta de mortero modificado con adición de cal y sus características de falla.

Determinar gráficos de esfuerzo vs deformación unitaria de pilas para conocer el módulo de elasticidad.

Determinar gráficos de esfuerzo vs deformación unitaria de muretes para conocer el módulo de corte.

Comparar el costo de la utilización de mortero modificado con adición de cal y mortero sin adición de cal, en la construcción de albañilería.

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Materiales empleados.

3.1.1. Unidad de albañilería.

Se utilizará ladrillo marca *LARK* tipo IV de arcilla, denominado por el fabricante ladrillo King Kong, que cumpla con la normativa vigente.

El ladrillo de arcilla presenta 18 orificios perpendiculares a la cara de asiento. Se eliminaron aquellas unidades que tenían rajaduras o esquinas dañadas tratando de uniformizar todos los especímenes, para obtener resultados confiables.

Tabla 6: Ficha técnica del ladrillo King Kong 30%.

Tipo de unidad de albañilería	Ladrillo King Kong 30%
	Ancho: 12.5 cm
Dimensiones	Alto: 9 cm Largo: 23 cm
Absorción	13.20 %
Resistencia a la compresión	311.2 Kg/cm ²
Usos y aplicaciones	Construcción de muros portantes.

Fuente: www.ladrilloslark.com.pe

3.1.2. Cemento.

Se utilizó cemento Extraforte marca *Pacasmayo*.

Figura 15: Cemento extraforte.



FUENTE: <https://www.promart.pe/busca?ft=CEMENTO%20EXTRAFORTE>

3.1.3. Cal.

Se usó cal hidratada y normalizada marca *Hades* para la elaboración de testigos de concreto pilas y muretes de albañilería.

Figura 16: Cal hidratada.



FUENTE: <https://www.promart.pe/cal-de-obra-en-bolsa-x-20-kg/p>

3.1.4. Arena.

La arena será libre de materia orgánica, proveniente de la cantera Josecito – Jaén, que cumpla con los requerimientos granulométricos de la norma E – 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

3.1.5. Agua.

Se utilizó agua proveniente del servicio público que cumplía con los requisitos de ser bebible, limpia, libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

3.2. Técnicas de recolección de datos

3.2.1. Concreto.

Granulometría de la arena para la elaboración de mortero (NTP 400.012).

Ensayo a compresión del mortero (NTP 339.183) Norma peruana E.060.

3.2.2. Albañilería.

3.2.2.1. Unidades de albañilería.

Ensayos de compresión, variabilidad dimensional, alabeo, absorción, succión y compresión simple en unidades de albañilería.

3.2.2.2. Prismas de albañilería.

Ensayo de compresión de pilas (NTP 399.605).

Ensayo de compresión diagonal de muretes (NTP 399.621).

3.3. Procedimientos para la recolección de datos.

3.3.1. Determinación de la mejor dosificación de mortero.

3.3.1.1. Evaluación de requerimientos granulométricos para la arena según normativa E.070.

La arena fue libre de materia orgánica, proveniente de la cantera Josecito – Jaén, fue necesario tamizar la arena a través de la malla #4 (figura 17 y 18) para que cumpla con los requerimientos granulométricos de la norma E – 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

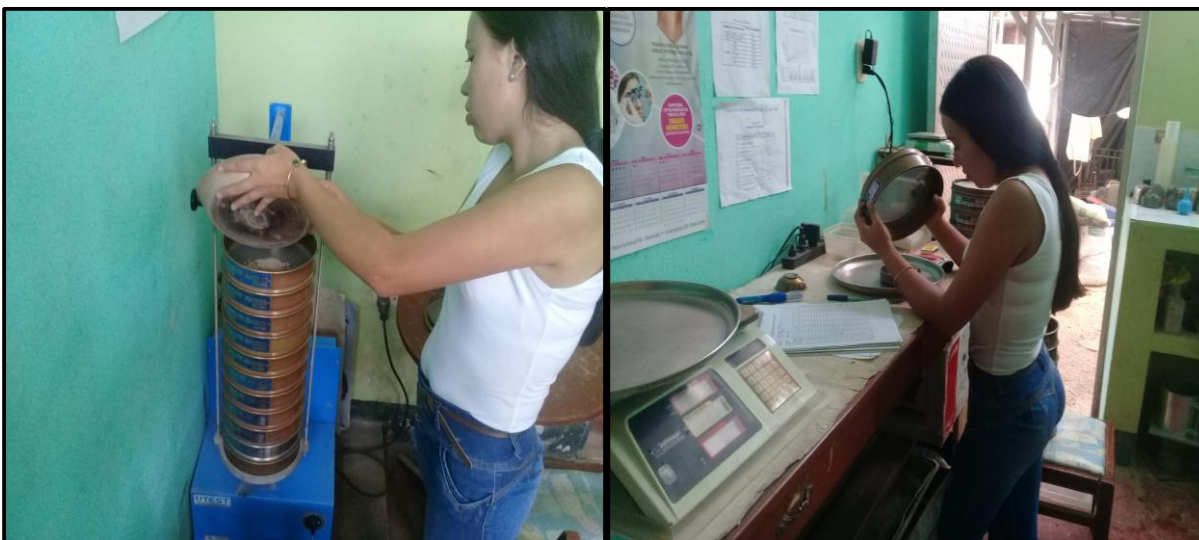
Figura 17 y Figura 18: Tamizado de arena a través de la malla #4.



FUENTE: tratamiento de arena en laboratorio Jaén 14/08/2019.

La arena fue sometida al ensayo de granulometría (Figura 19 y Figura 20) obteniéndose la curva granulométrica y su módulo de fineza. Los resultados se encuentran en la tabla 11.

Figura 19 y Figura 20: Ensayo de granulometría de la arena.



FUENTE: tratamiento de arena en laboratorio Jaén 14/08/2019.

3.3.1.2. Mortero.

Elaboración de probetas de mortero con dosificación en volumen 1: 3 ½ (cemento – arena) con adición de cal al 10%, 17% y 24%, cuatro especímenes por cada dosificación, en total 12 testigos.

Se elaboraron testigos de mortero estándar de 15.2 cm de diámetro, según lo dispuesto por la norma técnica peruana NTP 339.183.

Para conocer las propiedades del mortero se realizó el ensayo a compresión de testigos de mortero.

Figura 21: Mezclado de mortero proporción 1:31/2, se toma como medida un balde lleno.



FUENTE: tratamiento de mortero en laboratorio Jaén 14/08/2019.

A. Compresión de testigos de mortero.

Se sometieron a compresión 12 probetas de mortero (cuatro testigos por cada dosificación de mortero) de acuerdo al siguiente procedimiento:

Se limpió el molde y se aplicó una capa de aceite en las superficies de contacto.

En cada molde se colocó mortero en tres capas y se compactó con una varilla de acero liso y un martillo de goma. Esta compactación se efectuó con una cantidad de 25 golpes adyacentes

repartidos en la superficie del mortero de manera perpendicular y entre 10 a 15 golpes en la parte lateral del molde con un martillo de goma. Finalmente se enrasó la superficie con respecto al borde superior del molde.

Después de 24 horas se retiraron las probetas del molde y se colocó su código según tabla 7.

Tabla 7: Identificación de testigos de mortero.

DOSIFICACIÓN: PROPORCIÓN C:C:A	TESTIGOS DE MORTERO
DOSIFICACIÓN 1 (1:10%:3 ½)	T1,T2,T3,T4
DOSIFICACIÓN 2 (1:17%:3 ½)	T1,T2,T3,T4
DOSIFICACIÓN 3 (1:24%:3 ½)	T1,T2,T3,T4

FUENTE: Propia

Después de 24 horas se retiraron las probetas del molde y se sumergieron en agua limpia.

Figura 22 : Testigos de mortero identificados y sumergidos en agua potable durante 28 días.

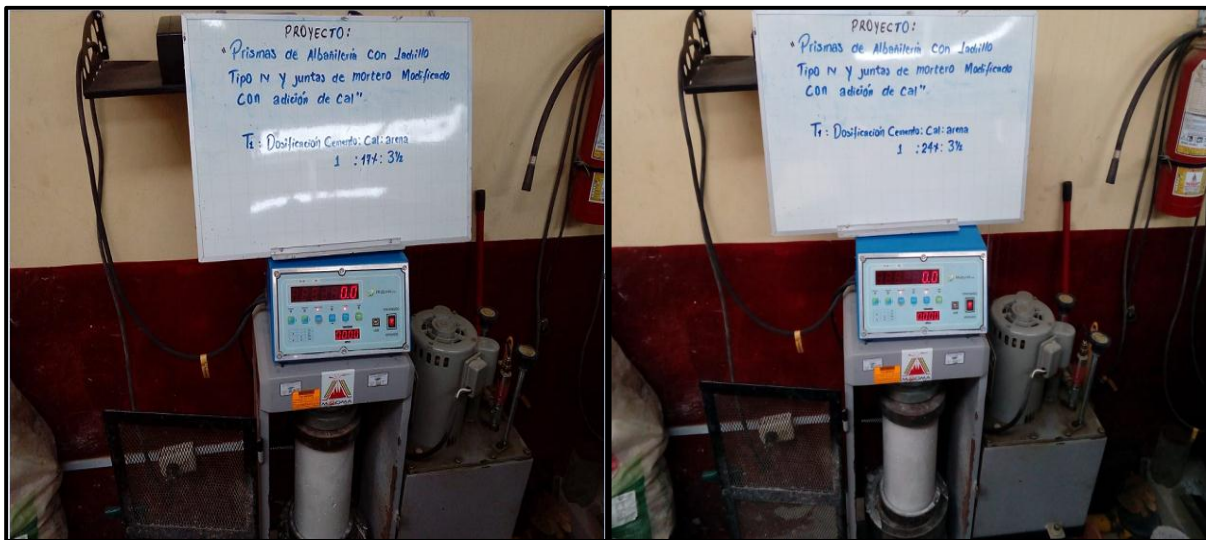


FUENTE: Tratamiento de probetas en laboratorio Jaén 14/08/2019.

El ensayo de compresión se realizó a los 28 días, sacando los testigos de mortero superficialmente, quitando los granos de arena de las caras que están en contacto con los cabezales de la máquina.

La probeta se colocó centrándolo en el cabezal inferior de la máquina de compresión. La velocidad de rotura o desplazamiento fue de 2 KN/s.

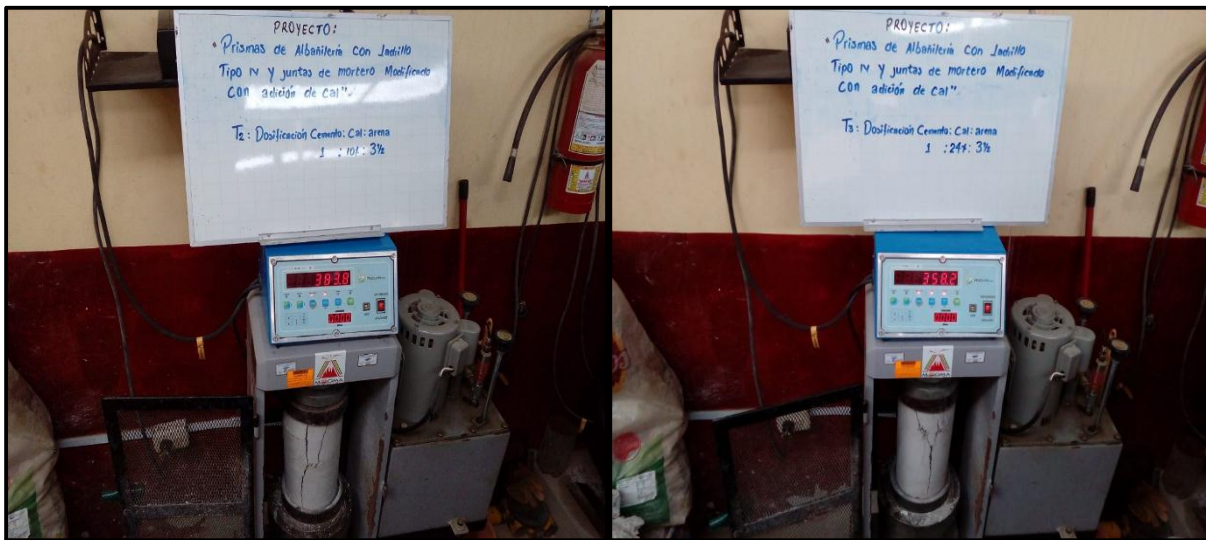
Figura 23, Figura 24 : Testigos de concreto con adición de cal 17% (izquierda), 24% (derecha), colocados en la máquina de ensayo.



FUENTE: tratamiento de probetas en laboratorio Jaén 11/09/2019.

Finalmente se tomó nota de la carga máxima registrada por la máquina de ensayo.

Figura 25, Figura 26: Carga máxima registrada por la máquina para testigos de concreto con adición de cal 10% (izquierda), 24% (derecha).



FUENTE: tratamiento de probetas en laboratorio Jaén 11/09/2019.

Para el cálculo de la resistencia a la compresión se usó la siguiente fórmula.

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A}$$

Donde:

P_u = Carga máxima registrada.

A = Área de la sección transversal de la probeta.

σ_u = Resistencia a la compresión.

Finalmente se realizó el tratamiento de datos, encontrando que el 17% de adición de cal a la mezcla de mortero genera la mayor resistencia a la compresión.

3.3.2. Determinación de parámetros de unidades de albañilería.

3.3.2.1. Ensayos clasificatorios de la unidad de albañilería.

A. Ensayo de variación dimensional (NTP 339.613).

La variabilidad dimensional tiene influencia directa en el espesor de las juntas y como consecuencia con la altura de las hiladas de muretes y pilas. La mayor variabilidad de las dimensiones de las unidades de albañilería generará juntas más gruesas, lo que afectaría directamente en la disminución de la resistencia al corte y compresión de la albañilería.

Este ensayo se realizó sobre 10 unidades de ladrillos LARK enteras y secas. A continuación, se describe el procedimiento del ensayo:

Con la ayuda de una brocha se procedió a limpiar el polvo y partículas sueltas en la unidad.

Se procedió a secar las unidades en un horno durante 24 horas a una temperatura de 110°C.

Se tomó la dimensión de las 12 aristas de la unidad (largo, ancho y altura), se tomó el valor promedio de las cuatro medidas en milímetros, por cada arista se calculó el valor promedio (V_p) de toda la muestra (ver tabla 16), este valor se le resta a la dimensión especificada por el fabricante (V_f) y se divide entre V_f .

B. Ensayo de alabeo (NTP 339.613).

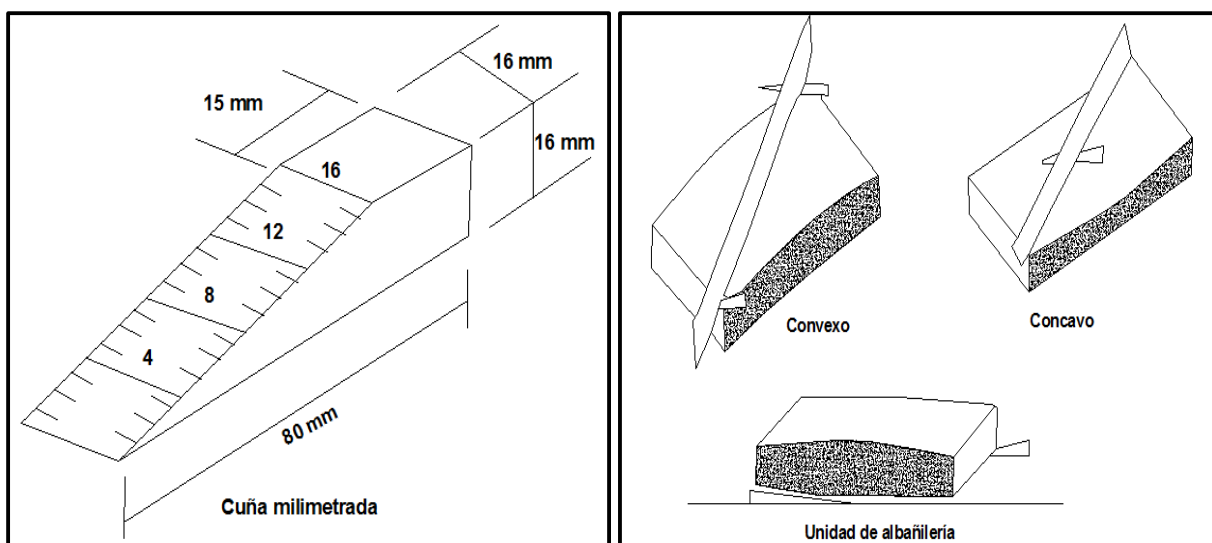
La concavidad y convexidad del ladrillo genera un aumento en el espesor de la junta y la adherencia con el mortero, formando vacíos en las zonas alabeadas, lo que trae por consecuencia, una reducción significativa de la resistencia a compresión y a fuerza cortante en la albañilería.

Este ensayo se realizó sobre 10 unidades de ladrillos LARK enteras y secas. A continuación, se describe el procedimiento del ensayo:

Se colocó la cara de asiento de las unidades de arcilla sobre una superficie plana, se colocó una regla de metal en los extremos diagonalmente opuestos de la unidad y finalmente se colocó una cuña metálica graduada al milímetro en la zona más alabeada.

El resultado para cada una de las 10 unidades ensayadas es una concavidad y convexidad nula.

Figura 27 y Figura 28: Medida de la concavidad y convexidad de la albañilería.



Fuente: norma NTP 339.613.

C. Ensayo a compresión simple en unidades de albañilería.

En este ensayo se utilizaron 5 ladrillos secos enteros, siguiendo el siguiente procedimiento:

Se eliminaron aquellas unidades que presentaron betas blanquecinas, esquinas rotas y se midió el largo y ancho de las dos superficies de asiento.

En la parte superior e inferior de la máquina se colocaron dos planchas cuadradas de hierro fundido de 2" de espesor, se colocó la muestra sobre la plancha de hierro y el apoyo de la máquina de ensayo haciendo que los ejes de la muestra coincidan con los ejes del apoyo y se hizo descender el cabezal hasta obtener un contacto perfecto sobre la cara superior de la muestra.

Se aplicó carga a la velocidad de 2 KN/s, hasta alcanzar la falla de la unidad de albañilería.

Para calcular la resistencia a la compresión de la unidad se dividió la carga máxima registrada en la máquina de ensayo entre el promedio del área bruta de las caras de asiento del ladrillo.

La resistencia característica a compresión axial (f'_b) fue calculada restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

Los resultados de este ensayo se encuentran en la Tabla 20.

D. Ensayo medida de área de vacíos en unidades perforadas.

En este ensayo se utilizaron 10 ladrillos secos enteros, siguiendo el siguiente procedimiento:

Se registró el largo, ancho y altura de la unidad de albañilería.

Se colocó la unidad de albañilería en una superficie lisa con las perforaciones verticales.

Se procedió a rellenar las perforaciones con arena, permitiendo que esta caiga libremente. Se niveló la arena en las perforaciones, con una brocha se limpió los excesos de la parte superior de la unidad de albañilería.

Se levantó el espécimen permitiendo que la arena caiga sobre una bandeja, para posteriormente registrar su peso.

Se dejó caer libremente una porción de arena hasta 500 ml en una probeta graduada, posteriormente se registró su peso.

Los cálculos se hicieron según la fórmula de la norma NTP 339.613.

E. Ensayo de succión (NTP 339.613).

La succión es la medida de la velocidad de absorción de agua por el ladrillo, si la succión es muy alta produce una mala unión entre mortero – ladrillo. El resultado es una adherencia pobre y por lo tanto la resistencia de la albañilería al corte disminuye notablemente.

Este ensayo se realizó sobre 10 unidades de ladrillos LARK enteras y secas. A continuación, se describe el procedimiento del ensayo:

Usando un vernier se registró el ancho y el largo de la superficie de asiento de la unidad de albañilería.

Se secaron los ladrillos en el horno durante 24 horas a una temperatura de 110°C, luego se dejaron enfriar y se pesaron. Se registró el peso seco.

En una bandeja totalmente plana se colocan los soportes (varillas de acero rígidas) para el ladrillo totalmente niveladas. Sobre estos soportes se coloca la muestra y se adiciona agua con una precisión de 3mm sobre los soportes por un periodo de un minuto. Durante el tiempo de contacto (1 minuto) se mantuvo el nivel de agua original de la bandeja agregando agua.

Después de transcurrido el tiempo de un minuto se retira la unidad, se secó el agua superficial con un paño húmedo e inmediatamente se registra el dato de su peso húmedo.

Los cálculos se hicieron según la fórmula de la norma NTP 339.613.

F. Ensayo de absorción (NTP 339.613).

La absorción es la medida de la permeabilidad de la unidad, cuanto más permeable sea la muestra será menos resistente a la acción de cargas y menos durable.

Este ensayo se realizó sobre cinco unidades de ladrillos LARK enteras y secas. A continuación, se describe el procedimiento del ensayo:

Se secaron las unidades de arcilla en el horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas, se retiraron del horno, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se registró su peso seco.

Las unidades secas se sumergieron totalmente en un recipiente con agua durante 24 horas, asegurándose de que la temperatura del agua no sea mayor a 30°C ni menor a 15°C (se registró la temperatura al inicio y al final del ensayo).

Figura 29: Ladrillos de arcilla sumergidos en agua limpia.



FUENTE: tratamiento de unidades de albañilería en laboratorio Jaén 20/08/2019.

Después de transcurridas las 24 horas se procedió a retirar las unidades del recipiente, secando el agua superficial con un paño húmedo y se registró su peso saturado, dentro de un intervalo de tiempo de cinco minutos a partir del momento de la extracción del recipiente.

Figura 30: Toma de peso saturado de la unidad de albañilería.



FUENTE: Tratamiento de unidades de albañilería en laboratorio Jaén 21/08/2019.

Los cálculos se hicieron según la fórmula de la norma NTP 339.613.

3.3.3. Resistencia a la compresión (pilas).

Se construyeron *pilas* con el objetivo de analizar el comportamiento de la albañilería hecha con unidades de arcilla ante esfuerzos de compresión.

Se usaron dos tipos de dosificación, tomándose como patrón de comparación la dosificación cemento – arena.

A. Dosificación A (Patrón).

Limpieza y humedecimiento de las unidades de albañilería para luego ser asentadas con mortero en proporción volumétrica 1:3 $\frac{1}{2}$ (cemento – arena). Esta técnica fue empleada como técnica patrón.

B. Dosificación B.

Similar a la dosificación A, pero se usó mortero con cal en proporción volumétrica 1:17%:3 $\frac{1}{2}$ (cemento – cal – arena).

Se construyeron 14 pilas, divididas en 2 grupos (A, B) de acuerdo a la dosificación de mortero para su construcción y se tomó como patrón de comparación a la dosificación A.

Tabla 8: identificación de especímenes (pilas).

DOSIFICACIÓN	PILAS	MORTERO
A	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7.	1:3 $\frac{1}{2}$
B	P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14.	1:17%:3 $\frac{1}{2}$

FUENTE: Propia.

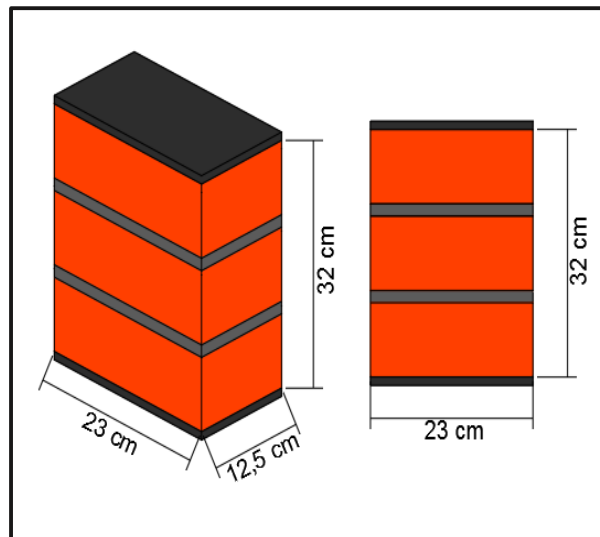
Los dos grupos de 7 muestras cada uno fueron construidos en un día de trabajo, y fueron ensayados a la edad de 28 días.

3.3.3.1. Geometría de las pilas.

Cada pila estaba compuesta por 3 ladrillos de arcilla y se usó una junta de 1.5cm de espesor, lo que da una altura total de 32 cm y una esbeltez de 2.63.

En la Figura 34 se muestra a detalle la geometría de las pilas de albañilería.

Figura 31: Geometría de pilas de albañilería.



FUENTE: Propia.

3.3.3.2. Proceso constructivo de una pila de albañilería.

Se seleccionaron los ladrillos eliminando los que tenían esquinas defectuosas o rajaduras y excesiva variabilidad dimensional, con el fin de obtener resultados confiables.

Figura 32 y Figura 33 : Selección de ladrillos que se utilizaron en la elaboración de pilas.



FUENTE: Medidas de unidades de albañilería en laboratorio. Cajamarca 24/11/2019.

Se preparó suficiente mortero para usarse en 45 minutos de trabajo, de acuerdo con el tipo de dosificación, tanto con adición de cal, así como sin adición de cal.

Posteriormente se llevó a cabo el control de verticalidad de la pila por medio de una plomada, así como la altura de las pilas y espesor de juntas por medio de un escantillón.

Figura 34 y Figura 35: Control de verticalidad y altura en pilas haciendo uso de plomada y un escantillón.



FUENTE: Medidas de pilas de albañilería en laboratorio. Cajamarca 24/11/2019.

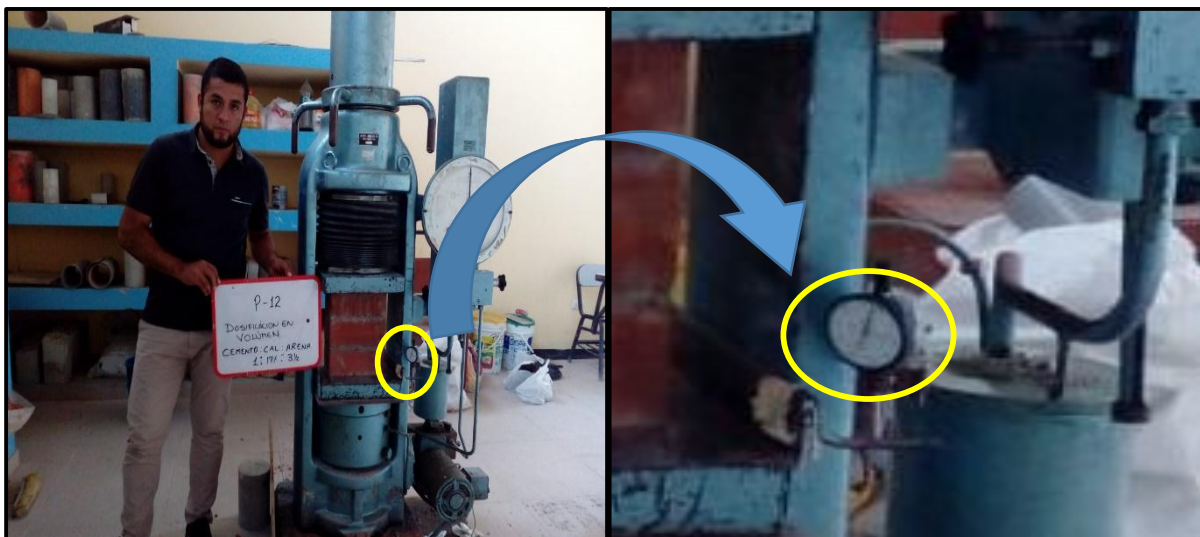
Después de tres horas del asentado se procedió a curar las juntas con agua, este proceso se hizo durante cinco días.

Después de 23 días de construidas las pilas se procedió al llenado con concreto líquido de los alveolos de las unidades en contacto con los cabezales de la máquina de ensayo, seguido de un refrentado con cemento – yeso con la finalidad de corregir la irregularidad superficial de la albañilería.

3.3.3.3. Técnica de ensayo.

Para obtener el módulo de elasticidad (E_m) se colocó un deformímetro en forma vertical y se tomó registro de las deformaciones cada 1000 Kg de fuerza a la que era sometida la pila en el momento del ensayo (Figura 36 y Figura 37).

Figura 36 y Figura 37 : Instrumentación de una pila. Se observa un deformímetro en la parte inferior de la máquina de compresión axial.



FUENTE: Ensayo de pilas en laboratorio. Cajamarca 22/12/2019.

Se tomaron las lecturas en milímetros para las deformaciones y en Toneladas para la carga.

Los cabezales de la máquina de ensayo tenían una rótula que permitía la aplicación axial de la carga y entre la pila y los cabezales se usaron dos planchas de acero cuadradas de una pulgada de espesor con un área mayor al de la sección transversal de las pilas.

3.3.3.4. Comportamiento teórico a compresión.

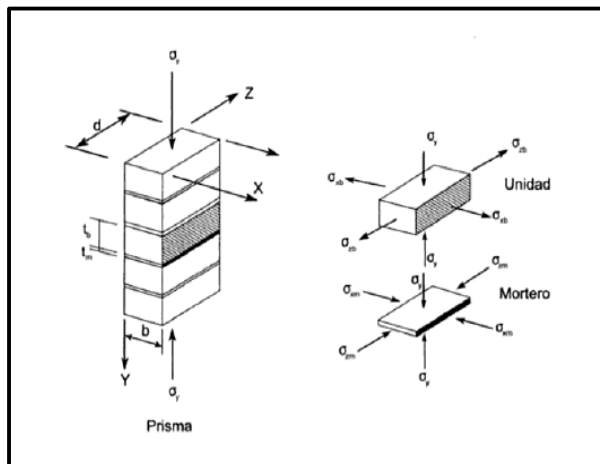
El espécimen utilizado para determinar la resistencia a compresión de la albañilería, es un prisma de ladrillos (pilas) pegados con mortero uno sobre otro. Los prismas no se llenaron con concreto líquido porque se intenta repetir lo que se hace en construcciones informales en la ciudad de Jaén.

El comportamiento y la forma de falla del prisma depende de la interacción ladrillo – mortero en las zonas de contacto. Al ser el ladrillo más resistente y rígido que el mortero, ante un mismo esfuerzo de compresión se deforman de manera distinta.

A partir de aproximadamente el 70% de la carga última comienzan a aparecer grietas verticales en los ladrillos, debido a la deformación lateral del mortero y el concreto líquido. El ladrillo restringe las deformaciones laterales del mortero y el concreto líquido produciendo en este

último, esfuerzos de compresión en dirección transversal y el mortero produce en el ladrillo esfuerzos de tensión en dirección transversal.

Figura 38: Esfuerzos en el ladrillo y mortero por acción de la carga axial.



FUENTE: (Gallegos & Casabonne, 2005)

3.3.3.5. Ensayo de compresión de pilas (NTP 399.605 y NTP 399.621)

Para realizar el ensayo a compresión se elaboraron siete pilas utilizando juntas de cemento – arena y siete pilas elaboradas con juntas de cemento – arena y 17% de cal adicionado, de esta manera se evaluó el comportamiento a la compresión para ambos métodos.

Figura 39 y Figura 40: Prismas utilizados en ensayos para albañilería simple.



FUENTE: elaboración de pilas en laboratorio. Cajamarca 24/11/2019.

Se transportaron las pilas desde el lugar de construcción hacia el laboratorio evitando volteos, o golpes que puedan interferir en los resultados del ensayo. Se colocaron las pilas en la máquina de ensayo apoyándolo en la plancha inferior y se centró los ejes del espécimen con los ejes de la plancha de apoyo. Se instrumentó la pila con un deformímetro y se acercó el cabezal hasta hacer contacto con la parte superior de la pila (Figura 41 y Figura 42).

Figura 41 y Figura 42: Instrumentación de una pila. Se observa un deformímetro en la parte inferior de la máquina de compresión axial.



FUENTE: Instrumentación de pilas en laboratorio. Cajamarca 22/12/2019

Se aplicó carga hasta alcanzar la falla a una velocidad de una Tonelada por minuto.

Los resultados de los ensayos se encuentran en la Tabla 22.

3.3.3.6. Tipos de falla.

La falla más común fue por tracción debida a la expansión lateral de la pila, manifestada a través de grietas verticales en la cara de menor dimensión que corta unidades y mortero.

A continuación, se presenta el tipo de falla de las pilas ensayadas a compresión:

A. Dosificación A (pilas sin adición de cal).

En todas las pilas de este grupo (P – 1 a P – 7) se presentó una falla dúctil, con sonidos crujientes al momento de la aparición de las primeras grietas verticales.

Figura 43 y Figura 44: Forma de falla P – 03 (Se aprecia grietas verticales en la cara de menor dimensión).



FUENTE: ensayo de pilas en laboratorio. Cajamarca 22/12/2019

Figura 45 y Figura 46: Forma de falla P – 06 (Se aprecia grietas verticales en la cara de menor dimensión).



FUENTE: Instrumentación de pilas en laboratorio. Cajamarca 22/12/2019

B. Dosificación B (pilas con adición de cal).

Al igual que todas las pilas de la dosificación A, en este grupo (P – 8 a P – 14) se presentó una falla dúctil, con sonidos crujientes al momento de la aparición de las primeras grietas verticales.

3.3.4. Resistencia al corte (muretes).

Se construyeron *muretes* con el objetivo de analizar el comportamiento a la compresión diagonal (resistencia al corte puro o resistencia a la tracción diagonal) de la albañilería hecha con unidades de arcilla.

Al igual que en el caso de las pilas se usaron dos tipos de dosificación, tomándose como patrón de comparación la dosificación cemento – arena.

A. Dosificación A (Patrón).

Limpieza y humedecimiento de las unidades de albañilería para luego ser asentadas con mortero en proporción volumétrica 1:3 1/2 (cemento – arena). Esta técnica fue empleada como técnica patrón.

B. Dosificación B.

Similar a la dosificación A, pero se usó mortero con cal en proporción volumétrica 1:17%:3 1/2 (cemento – cal – arena).

Se construyeron 14 muretes, divididos de acuerdo a la dosificación de mortero para su construcción en 2 grupos (A, B) y se tomó como patrón de comparación a la dosificación A.

Tabla 9: Identificación de especímenes.

DOSIFICACIÓN	MURETE	MORTERO
A	M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7.	1:3 1/2
B	M8, M9, M10, M11, M12, M13, M14.	1:17%:3 1/2

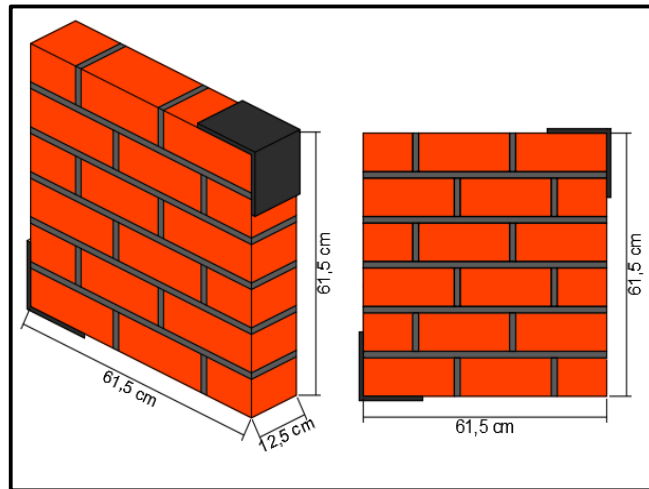
FUENTE: Propia.

Los dos grupos de 7 muestras cada uno fueron construidos en un día de trabajo y ensayados a la edad de 28 días.

3.3.4.1. Geometría.

Cada muestra estaba formada por seis hiladas con 2.5 ladrillos por hilada unidos con una junta vertical y horizontal de 1.5cm de espesor, lo que da un murete cuadrado de 61.5 cm de lado.

Figura 47: Geometría de muretes de albañilería

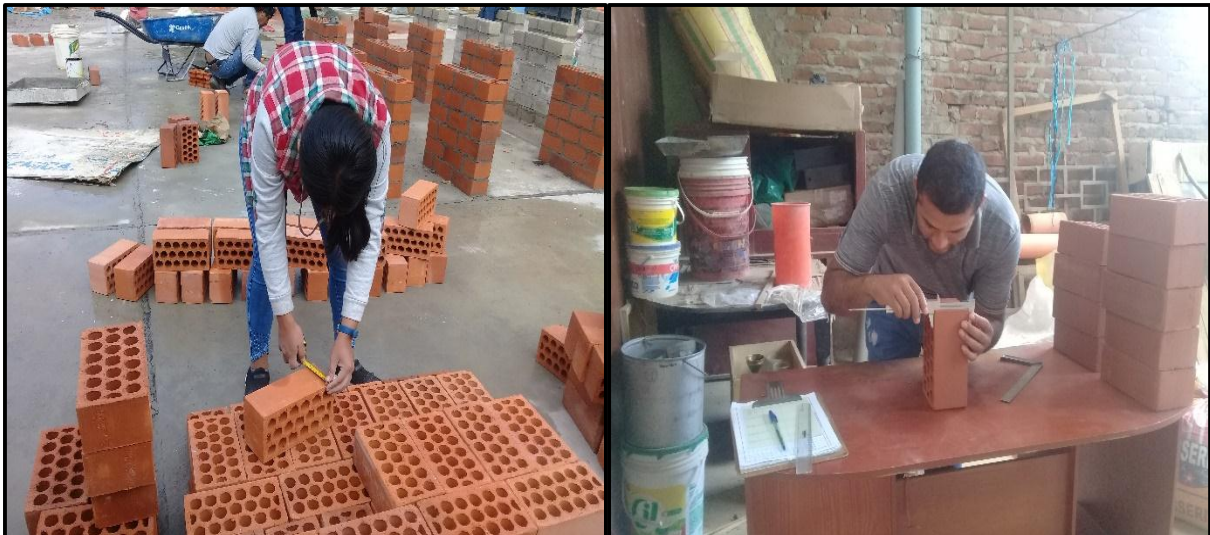


FUENTE: propia según dimensiones en laboratorio.

3.3.4.2. Proceso constructivo de un murete de albañilería.

Se seleccionó cuidadosamente los ladrillos, eliminando los que tenían esquinas defectuosas o rajaduras.

Figura 48 y Figura 49: Selección de ladrillos que se utilizaron en la elaboración de muretes.



FUENTE: medidas de unidades de albañilería en laboratorio. Cajamarca 24/11/2019.

En la Figura 50 y Figura 51 se puede apreciar que para el asentado de unidades de albañilería se colocó primero una capa de mortero que cubría toda la superficie de asiento y luego se colocó el ladrillo.

Figura 50 y Figura 51: Se aprecia que el mortero cubre toda la superficie de asiento del murete.



FUENTE: elaboración de muretes en laboratorio. Cajamarca 24/11/2019.

Posteriormente se llevó a cabo el control de verticalidad del murete por medio de una plomada, así como el control de altura de las hiladas y de la junta por medio de un escantillón.

Después de tres horas del asentado se procedió a curar las juntas con agua, este proceso se hizo durante cinco días.

Después de 23 días de construidas los muretes se colocó en sus esquinas diametralmente opuestas un capping (refrentado) con cemento – yeso con la finalidad de corregir la irregularidad superficial de la albañilería en contacto con los cabezales de carga.

3.3.4.3. Técnica de ensayo.

Para obtener el módulo de corte (Gm) se colocó un deformímetro en forma vertical y se tomó registro de las deformaciones cada 200 Kg de fuerza a la que era sometida el murete en el momento del ensayo (Figura 52).

Figura 52 y Figura 53: Instrumentación de una pila. Se observa un deformímetro en la parte superior de la máquina de compresión diagonal.



FUENTE: instrumentación de muretes en laboratorio. Cajamarca 22/12/2019.

Las lecturas se tomaron en milímetros para las deformaciones y en Kilogramos para la carga.

Los cabezales son ángulos metálicos de 1" de espesor provisto de una rótula para aplicar una carga concéntrica. En la parte superior (Figura 53) se encuentra el controlador manual que registra la carga aplicada, manipulado por el responsable del laboratorio de ensayo de materiales.

3.3.4.4. Comportamiento teórico a compresión diagonal.

El ensayo más utilizado para determinar la resistencia al corte (resistencia a la tracción diagonal) es el de corte o compresión diagonal, probablemente por su similitud de falla con los muros de albañilería de algunas edificaciones debido a sollicitaciones sísmicas y asentamientos diferenciales.

El modelo que se utiliza para determinar la resistencia al corte es un murete cuadrado de 60cm de lado como mínimo. El ensayo consistió en aplicar una carga vertical de en sus esquinas diametralmente opuestas produciendo esfuerzos de compresión y al mismo tiempo produce esfuerzos de tracción en la diagonal perpendicular a la carga.

El modo de falla del murete es por general por corte o tracción diagonal, dependiendo principalmente del grado de adherencia en la *interfase unidad – mortero*, si esta no es adecuada puede presentar una falla escalonada que atraviesa solo las juntas de mortero, en cambio si la adherencia es buena la falla atravesara cortando tanto unidades de albañilería como al mortero, logrando su máximo valor de resistencia al corte del espécimen.

3.3.4.5. Ensayo de compresión diagonal (NTP 399.621).

Para realizar el ensayo a compresión diagonal se elaboraron siete muretes cuadrados de 61.5 cm de lado y espesor 12.5 cm utilizando juntas de mortero cemento – arena y siete muretes elaboradas con juntas de mortero cemento – arena y 17% de cal adicionado, de esta manera se evaluó el comportamiento a la compresión diagonal para ambos métodos.

Figura 54 y Figura 55: Prismas utilizados en ensayos en albañilería simple.



FUENTE: Elaboracion de muretes en laboratorio. Cajamarca 24/11/2019

Se transportaron los muretes desde el lugar de construcción hacia la máquina de ensayo en el laboratorio de ensayo de materiales, evitando volteos, en donde se procedió a ubicar el deformímetro para medir deformaciones verticales.

Se centraron los cabezales de carga superior e inferior con respecto a las superficies superior e inferior de la máquina de ensayo, utilizando una plomada y un nivel para lograr que el prisma este centrado tanto vertical como horizontalmente con respecto a la superficie del equipo de ensayo y de esta manera inducirlo a la falla diagonal.

Figura 56 y Figura 57: Muretes instrumentados y colocados en la máquina de ensayo.



FUENTE: instrumentación de muretes en laboratorio. Cajamarca 24/11/2019

Se aplicó la carga de manera continua a una velocidad de una Tonelada por minuto hasta alcanzar la carga máxima.

3.3.4.6. Tipos de falla.

Las fallas más comunes que se produjeron fueron por tracción diagonal y falla mixta manifestada a través de grietas en ladrillos como en el mortero.

A continuación, se presentan los tipos de falla de los muretes en el ensayo de compresión diagonal.

A. Dosificación A (Muretes sin cal).

Los muretes de este grupo (MU - 1 a MU - 7), tuvieron un tipo de falla mixta, por lo que en esta técnica la adherencia mortero - ladrillo calificó como intermedia.

Figura 58 y Figura 59: En ambas figuras se puede apreciar la falla mixta, la grieta atraviesa los ladrillos (parte superior e inferior) y las juntas (parte intermedia).



FUENTE: ensayo a compresion diagonal de muretes en laboratorio. Cajamarca 22/12/2019

B. Dosificación B (muretes con cal).

Los muretes de este grupo presentaron un tipo de falla por tracción diagonal, por lo que la adherencia ladrillo – mortero fue calificada como alta.

Figura 60 y Figura 61: En ambas figuras se puede apreciar una falla por tracción diagonal, la grieta atraviesa tanto a la unidad de albañilería como al mortero.



FUENTE: Ensayo a compresion diagonal de muretes en laboratorio. Cajamarca 22/12/2019.

3.4. Análisis estadístico de datos.

El análisis de datos se hizo con la ayuda del software SPSS.

3.4.1. Pilas.

En este caso se compararon dos grupos: pilas con adición de cal y sin adición de cal. Para validar si existen diferencias significativas se utilizó la prueba estadística de *Mann-Whitney*.

Se utilizó la prueba *Mann-Whitney* porque se comparó dos grupos (pilas con adición de cal y muretes sin adición de cal) con variables cuantitativas no relacionadas que seguían una distribución no paramétrica.

La prueba de normalidad utilizada fue *Shapiro Wilk*, esto debido a que se trabajó con una muestra menor a 30 datos.

3.4.2. Muretes.

En este caso se compararon dos grupos: muretes con adición de cal y sin adición de cal. Para validar si existen diferencias significativas se utilizó la prueba estadística *T - student*.

Se utilizó la prueba *T - student* porque se comparó dos grupos (muretes con adición de cal y muretes sin adición de cal) con variables cuantitativas no relacionadas que seguían una distribución paramétrica.

La prueba de normalidad utilizada fue *Shapiro Wilk*, esto debido a que se trabajó con una muestra menor a 30 datos.

3.5. Análisis comparativo de costos.

En esta sección se comparó el costo de construcción de un murete correspondiente a cada dosificación de construcción. Para este análisis se usó el área de un murete (0.3782 m²) como unidad de medida y los siguientes precios de materiales y mano de obra:

01 bolsa de cemento (42.5 kg) marca Pacasmayo S/ 24

01 m³ de arena S/ 46

01 kg de cal S/ 0.70

01 ladrillo KK 18 huecos S/ 0.95

01 hora hombre de operario S/ 21.83

01 hora hombre de peón S/ 15.96

El volumen de mortero utilizado en cada murete es de 0.0078 m³.

El costo de las herramientas se tomó como un porcentaje de la mano de obra (3%).

En el análisis de costos no se ha tomado en cuenta el costo de cortar los ladrillos por la mitad (mano de obra y maquinaria), ni tampoco el costo de la limpieza de los ladrillos, ya que son comunes para las 2 dosificaciones.

IV. RESULTADOS

4.1. Concreto.

4.1.1. Ensayos en agregados.

4.1.1.1. Análisis granulométrico.

El agregado fino para mortero fue sometido a este ensayo para determinar la distribución del tamaño de sus partículas mediante tamizado, teniendo en cuenta lo indicado en la NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

Tabla 10: Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

Abertura de Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones E.070
Pulg.	mm.					
N° 4	4.76				100.00	100
N° 8	2.38	21.00	4.20	4.20	95.80	95 - 100
N° 10	2.00	16.21	3.24	7.44	92.56	
N° 16	1.19	54.07	10.81	18.26	81.74	70 - 100
N° 20	0.84	50.00	10.00	28.26	71.74	
N° 30	0.59	60.13	12.03	40.28	59.72	40 - 75
N° 40	0.42	72.05	14.41	54.69	45.31	
N° 50	0.30	85.37	17.07	71.77	28.23	10 - 35
N° 80	0.18	57.91	11.58	83.35	16.65	
N° 100	0.15	19.61	3.92	87.27	12.73	2 - 15
N° 200	0.07	60.77	12.15	99.43	0.57	0 - 3
< N° 200		2.87	0.57	100.00	0.00	
Peso Inicial		500.0				

FUENTE: Propia según datos obtenidos en el laboratorio MAGMA SAC-Jaén 14/08/2019.

4.1.2. Resistencia a la compresión en probetas de mortero.

Los ensayos de compresión a los testigos de mortero, de la presente investigación se realizaron según la NTP 339.034. Se ensayaron 12 probetas, dosificación en volumen 1: 31/2 (cemento arena) con adición de cal de 10%, 17%, 24%.

Tabla 11: Compresión de testigos de mortero con 10% de adición de cal.

Especímen	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Resistencia Kg/cm ²
				KN	Kg.f.	
T1	30.00	15.20	181.46	375.20	38,260	211
T2	30.00	15.20	181.46	383.80	39,137	216
T3	30.00	15.20	181.46	377.50	38,494	212
T4	30.00	15.20	181.46	390.00	39,769	219
Resistencia promedio						214 Kg/cm²
Desviación Estándar						±3.74 Kg/cm²
Coefficiente de Variación						1.7%

FUENTE: Propia según datos obtenidos en el laboratorio MAGMA SAC-Jaén 11/09/2019.

Tabla 12: Compresión de testigos de mortero con 17% de adición de cal.

Especímen	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Resistencia Kg/cm ²
				KN	Kg.f.	
T1	30.00	15.20	181.46	419.10	42,736	236
T2	30.00	15.20	181.46	418.70	42,696	235
T3	30.00	15.20	181.46	405.00	41,299	228
T4	30.00	15.20	181.46	415.10	42,328	233
Resistencia promedio						233 Kg/cm²
Desviación Estándar						±3.69 Kg/cm²
Coefficiente de Variación						1.6%

Fuente: Propia según datos obtenidos en el laboratorio MAGMA SAC-Jaén 11/09/2019.

Tabla 13: Compresión de testigos de mortero con 24% de adición de cal.

Especimen	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Resistencia Kg/cm ²
				KN	Kg.f.	
T1	30.00	15.20	181.46	356.80	36,383	201
T2	30.00	15.20	181.46	349.80	35,670	197
T3	30.00	15.20	181.46	358.20	36,526	201
T4	30.00	15.20	181.46	366.30	37,352	206

Resistencia promedio **201 Kg/cm²**
Desviación Estándar **±3.8 Kg/cm²**
Coefficiente de Variación **1.9%**

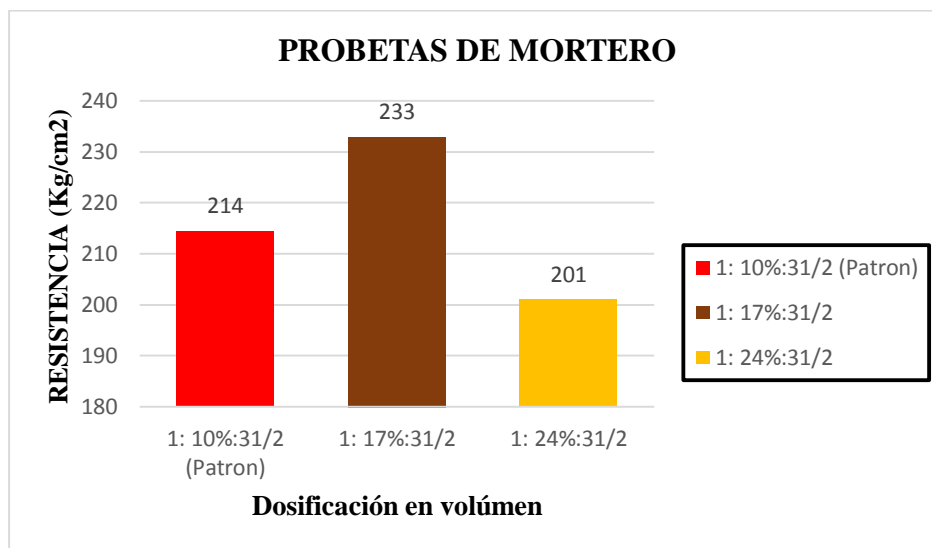
Fuente: propia según datos obtenidos en el laboratorio MAGMA SAC-Jaén 11/09/2019.

Tabla 14: Resumen de resultados del ensayo a compresión de probetas de mortero.

Dosificación en Vol. Cemento: Cal: Arena	f'm (Kg/cm ²)	φ (%)	CV (%)
Dosificación 1: (1: 10%:3 ¹ / ₂ (Patrón))	214	100.00	1.7
Dosificación 2: (1: 17%:3 ¹ / ₂)	233	108.61	1.6
Dosificación 3: (1: 24%:3 ¹ / ₂)	201	93.75	1.9

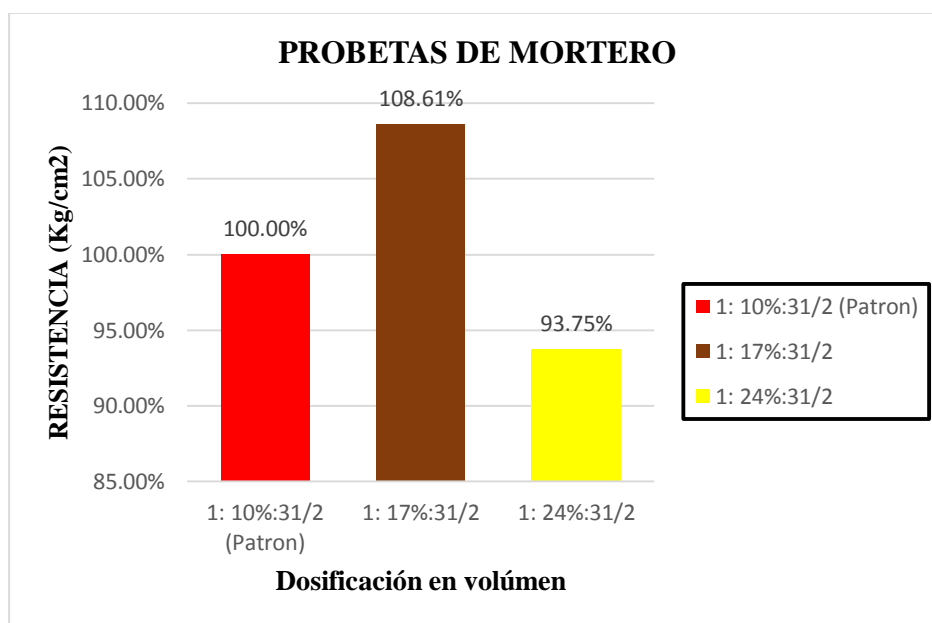
FUENTE: propia para análisis de resultados.

Gráfico 1: Resistencia a la compresión de probetas de mortero.



FUENTE: propia para análisis de resultados.

Gráfico 2: Resistencia normalizada a la dosificación patrón



FUENTE: propia para análisis de resultados.

4.2. Albañilería.

4.2.1. Unidades de albañilería.

Los ensayos en las unidades de albañilería se hicieron con el objetivo clasificar y validar los requerimientos de la norma E.070, teniendo en cuenta el procedimiento estipulado en la NTP 399.613.

4.2.1.1. Variación dimensional

Los resultados se encuentran en la Tabla 15.

Tabla 15: Clasificación de la unidad de albañilería por variación dimensional según norma E.070.

	Largo	Ancho	Altura
Dimensión Promedio (mm)	227.95	122.30	91.03
Dimensión Nominal (mm)	230.00	125.00	90.00
Variación Dimensional (%)	0.89	2.16	-1.14
Clasificación según E.070	Tipo V	Tipo IV	Tipo V

FUENTE: propia para análisis de resultados.

Tabla 16: *Variación dimensional.*

Especímen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)						
	A1	A2	A3	A4	A prom.	A1	A2	A3	A4	A prom.	A1	A2	A3	A4	A prom.		
UN - 1	227.00	226.00	225.00	227.00	226.25	123.00	122.70	123.00	123.20	122.98	91.10	90.20	90.00	91.45	90.69		
UN - 2	228.00	227.00	222.00	228.00	226.25	119.65	118.55	120.70	120.30	119.80	90.00	89.50	90.70	90.90	90.28		
UN - 3	229.00	230.00	230.00	229.00	229.50	125.90	125.75	125.80	125.35	125.70	90.00	90.00	91.00	90.00	90.25		
UN - 4	231.00	227.00	231.00	228.00	229.25	121.10	121.40	122.40	121.90	121.70	93.55	92.70	93.30	93.40	93.24		
UN - 5	228.00	227.00	228.00	226.00	227.25	122.80	123.10	123.00	122.70	122.90	90.40	89.10	89.10	97.00	91.40		
UN - 6	229.00	226.00	229.00	227.00	227.75	122.00	122.00	120.60	120.70	121.33	90.35	91.65	91.65	90.45	91.03		
UN - 7	226.00	225.00	228.00	225.00	226.00	120.00	119.70	121.35	119.80	120.21	91.10	90.30	89.65	90.50	90.39		
UN - 8	227.00	230.00	225.00	230.00	228.00	120.50	119.20	121.00	121.70	120.60	92.55	91.40	92.00	92.00	91.99		
UN - 9	230.00	230.00	229.00	229.00	229.50	124.00	124.00	123.50	123.50	123.75	92.00	90.60	91.40	90.50	91.13		
UN - 10	229.00	230.00	230.00	230.00	229.75	124.00	123.70	124.20	124.20	124.03	90.50	90.00	89.70	89.50	89.93		
Largo Promedio (mm)					227.95	Ancho Promedio (mm)					122.30	Altura Promedio (mm)					91.03
										Largo	Ancho	Altura					
										Dimensión Promedio (mm)	227.95	122.30	91.03				
										Dimensión Nominal (mm)	230.00	125.00	90.00				
										V %	0.89	2.16	-1.14				

FUENTE: propia según datos obtenidos en el laboratorio MAGMA SAC-Jaén 20/09/2019.

4.2.1.2. Alabeo.

Para cada una de las 10 unidades ensayadas, se encontró concavidad y convexidad nula.

4.2.1.3. Absorción.

Tabla 17: Absorción de unidades de albañilería.

MUESTRA	PESO (gr)		ABSORCIÓN (%)	ABSORCIÓN PROMEDIO
	SECO	SATURADO		
M1	2714.20	2983.70	9.93%	
M2	2681.70	2938.40	9.57%	
M3	2762.50	3058.10	10.70%	9.95%
M4	2665.00	2923.00	9.68%	
M5	2766.70	3039.30	9.85%	

FUENTE: Propia según datos obtenidos en el laboratorio MAGMA SAC-Jaén 20/09/2019.

Tabla 18: Resultados de ensayo de absorción de la unidad de albañilería.

Absorción Promedio (%)	9.95	Según norma E.070 la absorción de las unidades de arcilla no será mayor que 22%
Desviación Estándar	0.004	
Coefficiente de Variación (%)	4.46	

FUENTE: propia para análisis de resultados.

4.2.1.4. Succión de unidades.

Tabla 19: Succión en unidades de albañilería.

SUCCIÓN EN LADRILLOS						
Muestra	Largo	Ancho	Peso seco	Peso húmedo.	Diferencia de pesos (W)	succión (gr/200cm ² -min)
S1	23.00	12.50	2681.00	2702.00	21.00	14.61
S2	22.50	12.20	2754.00	2781.00	27.00	19.67
S3	23.20	12.50	2767.00	2784.00	17.00	11.72
S4	22.80	12.40	2732.00	2756.00	24.00	16.98
S5	23.00	12.30	2678.00	2704.00	26.00	18.38
Succión promedio (gr/200cm²-min)						16.27

FUENTE: Propia según datos obtenidos en el laboratorio MAGMA SAC-Jaén 20/09/2019.

4.2.1.5. Resistencia a la compresión.

Tabla 20: Resistencia a la compresión de unidades de albañilería.

UND	LARGO (mm)			ANCHO (mm)			ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA		f'_b (Kg/cm ²)
	L1	L2	Lprom	A1	A2	Aprom		KN	Kg	
M1	230	229.5	229.8	122	122.5	122.3	281.0	362.1	36930.1	131.4
M2	224	226	225	123	124	123.5	277.9	360.2	36736.4	132.2
M3	227	227.5	227.3	121	122	121.5	276.2	376.5	38398.8	139.0
M4	226	227	226.5	124	123	123.5	279.7	385.3	39296.3	140.5
M5	227	228	227.5	122	123.5	122.8	279.4	375.2	38266.2	137.0

Resistencia Promedio (Kg/cm²)	136.02
Desviación Estándar	±4.06
Resistencia Característica (Kg/cm²)	131.96
Coefficiente de Variación (%)	2.98
Clasificación según E.070	Tipo IV

FUENTE: propia según datos obtenidos en el laboratorio MAGMA SAC-Jaén 20/09/2019.

4.2.1.6. Porcentaje de área de vacíos.

Tabla 21: Porcentaje de área de vacíos en unidades de albañilería.

PORCENTAJE DE VACIOS								
Muestra	Largo	Ancho	Altura	Sc (gr)	Su(gr)	Vs	Vu	% Área de vacíos
S1	23.00	12.50	9.00	940.00	1835.00	976.06	2587.50	37.72
S2	22.50	12.20	9.20	940.00	1671.00	888.83	2525.40	35.20
S3	22.80	12.40	9.00	940.00	1791.00	952.66	2544.48	37.44
S4	23.20	12.40	9.20	940.00	1869.00	994.15	2646.66	37.56
S5	23.00	12.30	9.10	940.00	1747.00	929.26	2574.39	36.10
S6	22.70	12.40	9.00	940.00	1753.00	932.45	2533.32	36.81
S7	23.00	12.50	9.10	940.00	1795.00	954.79	2616.25	36.49
S8	22.50	12.30	9.20	940.00	1724.00	917.02	2546.10	36.02
S9	22.80	12.40	9.00	940.00	1731.00	920.74	2544.48	36.19
S10	22.60	12.50	9.00	940.00	1742.00	926.60	2542.50	36.44
% área de vacíos promedio								36.60

FUENTE: propia según datos obtenidos en el laboratorio MAGMA SAC-Jaén 20/09/2019.

4.2.2. Resistencia a la compresión de pilas.

Tabla 22: Resultados ensayo de compresión de pilas.

DOSIFICACION CEMENTO: ARENA: 1:31/2																					
PILAS	DIMENSIONES															AREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESBELTEZ ht/tp	COEF. DE CORREC. SEGÚN E.070	f'm (Kg/cm²)	Em (Kg/cm²)
	L(mm)		Lprom		t(mm)		t(prom)		H(mm)		Hprom										
P1	229	228	228	227	228	123	123	123	123	123	313.3	310.6	310.0	314.4	312	280.38	23000.00	2.54	0.808	66.30	5806.70
P2	228	229	227	228	228	122	122	121	122	122	310.0	308.5	312.1	312.7	311	277.42	22000.00	2.55	0.812	64.39	5665.20
P3	229	230	228	227	229	123	124	122	124	123	310.0	310.0	313.0	310.0	311	281.63	24000.00	2.52	0.805	68.57	5939.90
P4	231	227	231	228	229	121	121	122	122	122	320.7	318.1	319.9	320.2	320	279.00	22000.00	2.63	0.828	65.29	5637.50
P5	228	227	228	229	228	123	123	123	123	123	311.2	307.3	307.3	331.0	314	280.21	22700.00	2.56	0.812	65.82	5763.30
P6	230	228	226	228	228	123	122	122	124	123	311.1	315.0	315.0	311.4	313	279.87	22500.00	2.55	0.811	65.21	5691.30
P7	229	227	227	229	228	124	120	124	123	123	313.3	310.9	309.0	311.5	311	279.87	23500.00	2.53	0.808	67.82	5899.30
DOSIFICACION CEMENTO: CAL: ARENA: 1:17%:31/2																					
PILAS	DIMENSIONES															AREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESBELTEZ H/t	COEF. DE CORREC. SEGÚN E.070	f'm (Kg/cm²)	Em (Kg/cm²)
	L(mm)		Lprom		t(mm)		t(prom)		H(mm)		Hprom										
P8	229	226	229	227	228	122	122	122	121	122	317.7	314.2	316.0	316.0	316	277.11	25000.00	2.60	0.821	74.09	6664.80
P9	227	226	228	229	228	123	122	121	122	122	312.0	311.8	312.2	311.5	312	277.75	26200.00	2.55	0.812	76.60	7313.50
P10	227	230	225	230	228	121	123	121	122	122	311.5	310.0	309.1	308.5	310	277.13	25500.00	2.55	0.811	74.59	6760.80
P11	229	228	229	229	229	122	123	122	121	122	314.2	311.8	310.0	311.5	312	279.08	26100.00	2.56	0.812	75.98	7284.30
P12	229	228	230	229	229	121	123	122	122	122	317.7	316.0	311.5	314.2	315	279.38	26800.00	2.58	0.818	78.44	7504.80
P13	228	228	227	228	228	122	123	122	121	122	316.0	314.2	309.1	310.0	312	277.86	26600.00	2.56	0.813	77.85	7431.50
P14	229	227	229	228	228	124	124	122	122	123	316.0	311.5	308.5	311.5	312	280.75	27000.00	2.54	0.808	77.69	7639.50

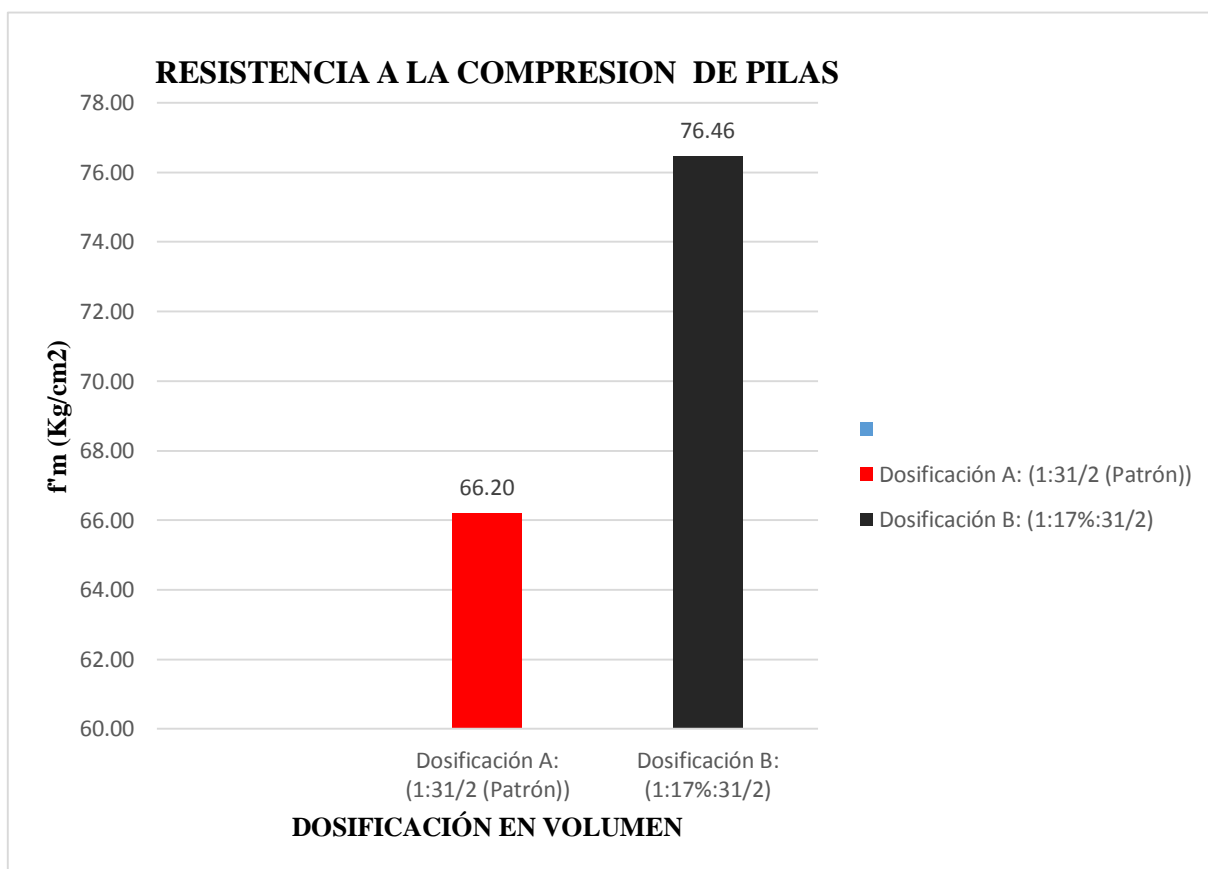
FUENTE: propia según datos obtenidos en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. 22/12/2019.

Tabla 23: Resultados de compresión simple en pilas.

Pilas	$f'm$ (Kg/cm ²)	ϕ (%)	CV (%)	Em (Kg/cm ²)	μ (%)	Em/ $f'm$
Dosificación A: (1:3 ¹ / ₂ (Patrón))	66.20	100.00%	2.27	5771.89	100.00%	87
Dosificación B: (1:17%:3 ¹ / ₂)	76.46	115.50%	2.18	7228.46	125.24%	94

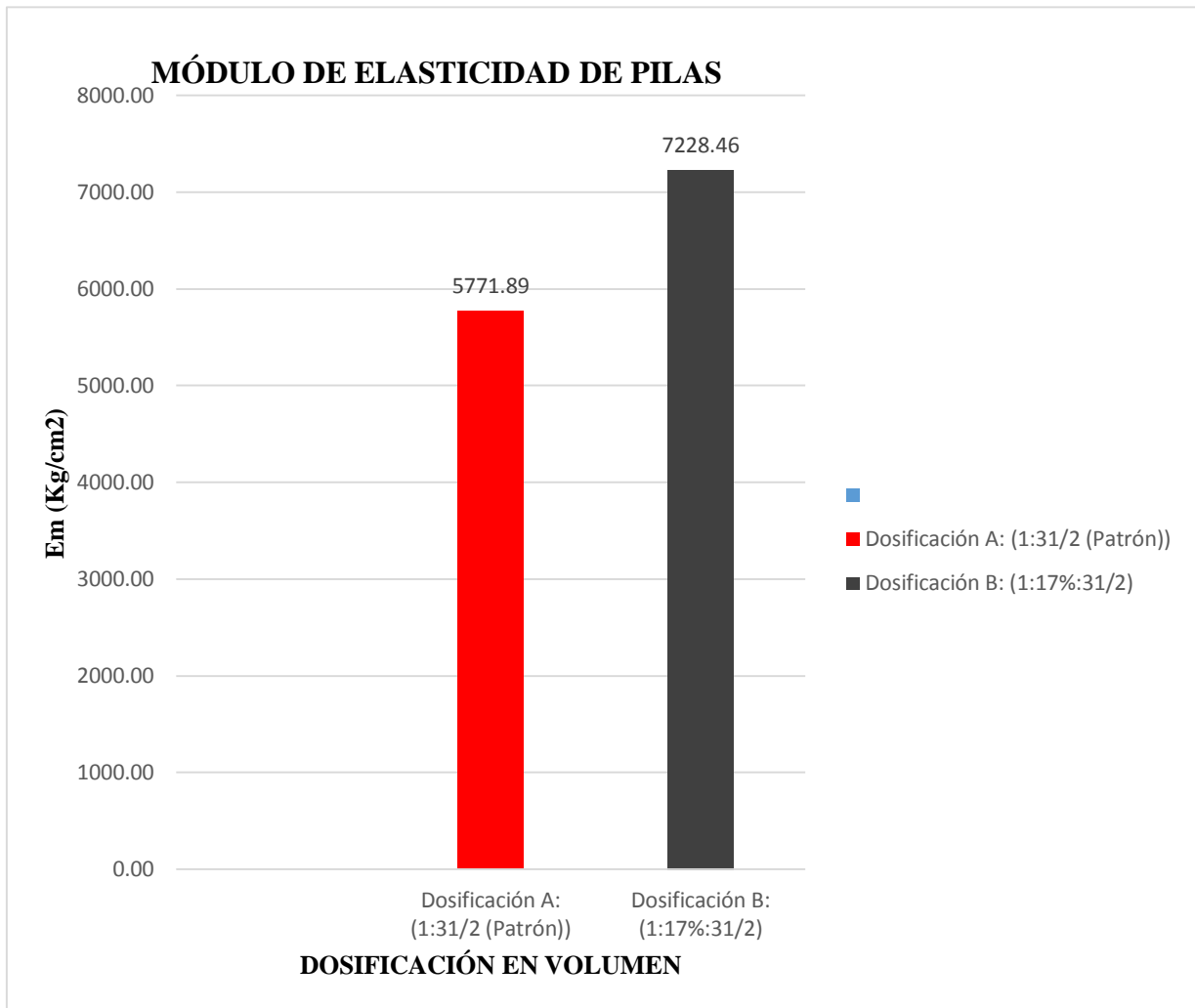
FUENTE: propia para análisis de resultados.

Gráfico 3: Resistencia a la compresión de pilas.



FUENTE: propia para análisis de resultados.

Gráfico 4: Módulo de elasticidad de pilas.



FUENTE: propia para análisis de resultados.

4.2.3. Resistencia a compresión diagonal de muretes.

Este ensayo se efectuó con una muestra de 14 muretes con el objetivo de conocer el comportamiento de la albañilería ante esfuerzos cortantes, teniendo en cuenta el procedimiento estipulado en la NTP 399.621.

Tabla 24: Resultado ensayo de compresión diagonal en muretes.

DOSIFICACION CEMENTO: ARENA: 1:31/2										
MURETES	DIMENSIONES			DIMENSIONES CON REFRENTADO			AREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	V'm (Kg/cm2)	Gm (Kg/cm2)
	L(mm)	A(mm)	t(mm)	L ₀ (mm)	A ₀ (mm)	D (mm)				
MU - 1	615	615	125	625	625	884	1104.85	8000.00	7.24	858.25
MU - 2	615	615	124	625	625	884	1096.02	8500.00	7.76	1081.60
MU - 3	615	615	125	625	625	884	1104.85	9000.00	8.15	1224.20
MU - 4	615	615	123	625	625	884	1087.18	8600.00	7.91	1107.20
MU - 5	615	615	125	625	625	884	1104.85	8800.00	7.96	1132.60
MU - 6	615	615	124	625	625	884	1096.02	9240.00	8.43	1242.10
MU - 7	615	615	123	625	625	884	1087.18	8750.00	8.05	1128.90

DOSIFICACION CEMENTO: CAL: ARENA: 1:17%:31/2										
MURETES	DIMENSIONES			DIMENSIONES CON REFRENTADO			AREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	V'm (Kg/cm2)	Gm (Kg/cm2)
	L(mm)	A(mm)	t(mm)	L ₀ (mm)	A ₀ (mm)	D				
MU - 8	615	615	123	625	625	884	1087.18	9600.00	8.83	1531.80
MU - 9	615	615	120	625	625	884	1057.57	9400.00	8.89	1441.30
MU - 10	615	615	126	625	625	884	1112.81	9800.00	8.81	1590.60
MU - 11	615	615	121	625	625	884	1070.38	9520.00	8.89	1455.40
MU - 12	615	615	123	625	625	884	1085.41	10220.00	9.42	1634.50
MU - 13	615	615	122	625	625	884	1078.34	9700.00	9.00	1560.30
MU - 14	615	615	120	625	625	884	1060.66	9120.00	8.60	1412.50

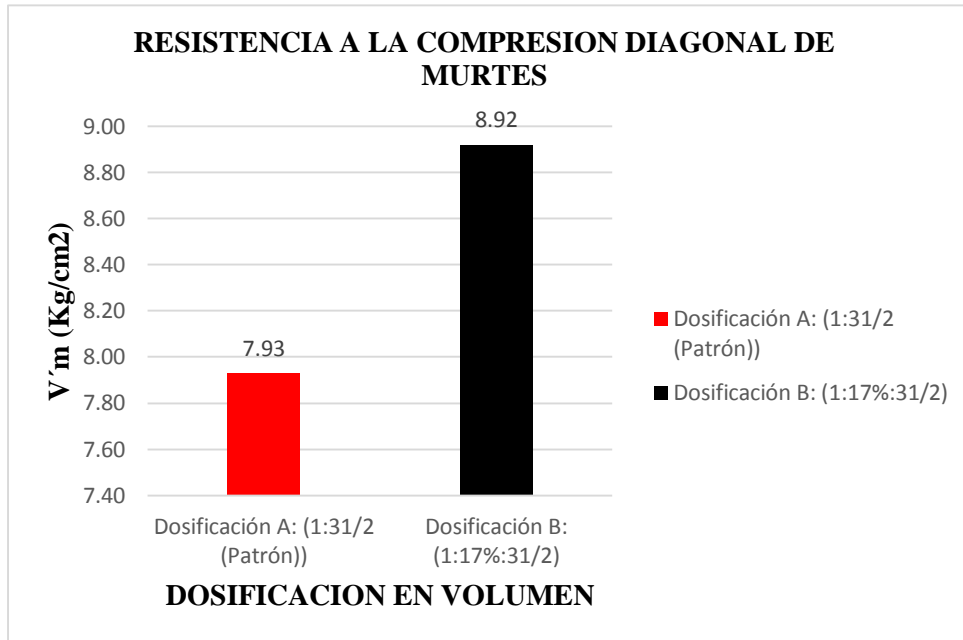
FUENTE: propia según datos obtenidos en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. 22/12/2019.

Tabla 25: Resultados ensayo a compresión diagonal en muretes.

Muretes	V'm (Kg/cm ²)	φ (%)	CV (%)	Gm (Kg/cm ²)	μ (%)
Dosificación A: (1:3 ¹ / ₂ (Patrón))	7.93	100.00%	4.66	1110.69	100.00%
Dosificación B: (1:17%:3 ¹ / ₂)	8.92	112.49%	2.81	1518.06	136.68%

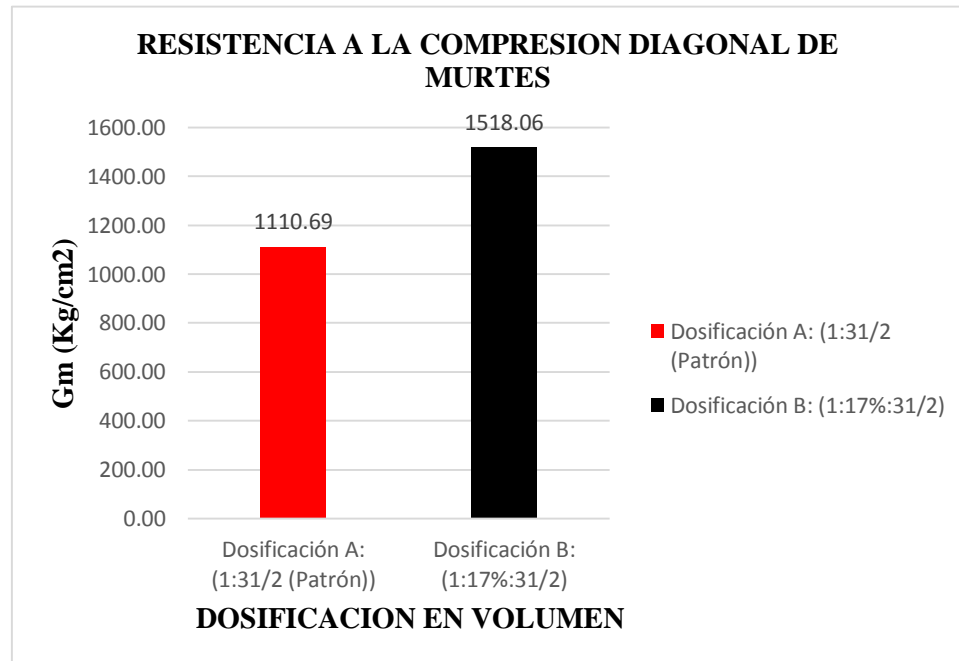
FUENTE: Propia para análisis de resultados.

Gráfico 5: Resistencia a la compresión diagonal en muretes.



FUENTE: propia para análisis de resultados.

Gráfico 6: Módulo de corte en muretes.



FUENTE: propia para análisis de resultados.

4.3. Análisis estadístico.

4.3.1. Pilas.

Tabla 26: Resultados de significancia de la prueba de Mann Whitney para la resistencia y el módulo de elasticidad para pilas.

Tratamiento	Resistencia	Módulo de Elasticidad
	Mediana	Mediana
0% de cal	65.82 ^b	5763.3 ^b
17% de cal	76.60 ^a	7313.50 ^a

Nota: a,b letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas.
FUENTE: Propia procesamiento de datos.

a,b letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas.

4.3.2. Muretes.

Tabla 27: Resultados de significancia de la prueba T student para la resistencia a la compresión diagonal y el módulo de corte para muretes.

Tratamiento	Resistencia	Módulo de Corte
0% de cal	7.93±0.37 ^b	1110.69±126.19 ^b
17% de cal	8.92±0.25 ^a	1518.06±83.42 ^a

Nota: Promedio ± desviación estándar.

a,b letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas.

FUENTE: Propia procesamiento de datos.

4.4. Análisis comparativo de costos.

Tabla 28: Costo por metro cuadrado de muro de albañilería.

MURETE DE LADRILLO KING KONG DE ARCILLA 18 H APAREJO DE SOGA JUNTA 1.5 cm. MORTERO 1:17%3.5 (Cemento: Cal: Arena)				
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra				
Operario	hh	0.3185	21.83	6.95
Peón	hh	0.1593	15.96	2.54
				9.49
Materiales				
Arena gruesa (cantera Josecito)	m3	0.0092	46.00	0.42
Cal hidratada normalizada (marca hades)	Kg	0.4940	0.70	0.35
Cemento Extraforte Pacasmayo (42.5 kg)	bol	0.0651	24.00	1.56
Ladrillo KK 18 huecos 9x12.5x23 cm	und	15.000	0.95	14.25
				16.58
Equipos				
Herramientas manuales	% mo	3.000	9.88	0.30
				0.30
Total costo por murete				S/. 26.37
Total costo por m²				S/. 69.72
MURETE DE LADRILLO KING KONG DE ARCILLA 18 H APAREJO DE SOGA JUNTA 1.5 cm. MORTERO 1:3.5 (Cemento: Arena)				
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra				
Operario	hh	0.3185	21.83	6.95
Peón	hh	0.1593	15.96	2.54
				9.49
Materiales				
Arena gruesa (cantera Josecito)	m3	0.0101	46.00	0.47
Cemento Extraforte Pacasmayo (42.5 kg)	bol	0.0712	24.00	1.71
Ladrillo KK 18 huecos 9x12.5x23 cm	und	15.000	0.95	14.25
				16.42
Equipos				
Herramientas manuales	% mo	3.000	9.88	0.30
				0.30
Total costo por murete				S/. 26.22
Total costo por m²				S/. 69.31

FUENTE: propia para análisis de resultados.

Tabla 29: Comparación de costo de elaboración de la albañilería.

DOSIFICACION	COSTO (soles/m2)	VARIACION DE COSTO S/	% COSTO RESPECTO AL PATRON
A (1:3.5 Cemento: Arena (Patrón))	69.31	0	100%
B (1:17%:3.5 Cemento: Cal :Arena)	69.72	0.41	100.59%

FUENTE: propia para análisis de resultados.

V. DISCUSIÓN

5.1. Concreto.

5.1.1. Ensayos en agregados.

5.1.1.1. Análisis granulométrico.

Para la investigación el agregado se obtuvo de la cantera Josecito. La granulometría y el módulo de finura se ajustan a las especificaciones expresadas en la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

5.1.2. Resistencia a la compresión en probetas de mortero.

Para las probetas de mortero se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 14, donde "fm" representa la resistencia a la compresión promedio, " ϕ " representa la resistencia normalizada a la dosificación patrón, "CV" representa el coeficiente de variación en la resistencia de las probetas de mortero.

En la Tabla 14 se observa que las diferencias de resistencia entre las tres dosificaciones son significativas, ya que estas están fuera del rango de dispersión de resultados obtenidos para cada dosificación, por lo tanto, se puede decir que la adición de cal al mortero ayuda a mejorar la resistencia a compresión hasta un determinado porcentaje de adición de cal.

En el Gráfico 1 y Gráfico 2 se aprecia que los valores más altos se alcanzan con la dosificación 2 experimentando un aumento de resistencia del 8.61% y los valores más bajos en la dosificación 3, experimentando un decremento de resistencia de 6.25% con respecto a la dosificación patrón.

5.2. Albañilería

5.2.1. Unidades de albañilería.

5.2.1.1. Variación dimensional

La unidad de albañilería que se utilizó califica como Tipo IV, ésta se obtuvo comparando la Tabla 16 (resultados de variabilidad dimensional) con la Tabla 1 (clases de unidad de albañilería según norma E 070).

En cuanto a la altura, concavidad y convexidad de las unidades de albañilería en la Tabla 16 se puede observar que la diferencia dimensional no es significativa, ya que según San Bartolomé (2008), la variación de dimensiones mayores a 10 mm generaría grandes dificultades en la junta, aumentando su espesor y en consecuencia disminuiría la resistencia a compresión y a fuerza cortante de la albañilería.

5.2.1.2. Alabeo

Las unidades de albañilería presentaron concavidad y convexidad nula puesto que son de origen industrial, y la variabilidad en su forma color y textura no es considerable.

5.2.1.3. Absorción de unidades de albañilería

Según la norma E.070, la absorción de la unidad de albañilería de arcilla no debe sobrepasar el 22%. De la Tabla 17 se observa que la unidad de albañilería no sobrepasa lo exigido por la norma E.070 ($9.95\% < 22\%$), según San Bartolomé (2008), cuanto más elevada sea la absorción de la unidad, ésta será más porosa y, por tanto, menos resistente a la acción de la intemperie.

5.2.1.4. Succión de unidades de albañilería

En la Tabla 19 se muestra que la succión promedio de las unidades de albañilería es de $16.27 \text{ gr}/200\text{cm}^2 - \text{min}$, valor que se encuentra dentro de los límites permisibles por la norma E.070.

5.2.1.5. Resistencia a la Compresión de la unidad de Albañilería (f_b)

Según la Tabla 20 nos muestra que las resistencias a la compresión de las unidades de albañilería superan la resistencia mínima que exige la norma E.070 para un ladrillo tipo IV, pero no alcanza la resistencia mínima para un ladrillo King Kong industrial.

5.2.1.6. Porcentaje de área de vacíos.

En la Tabla 21 se puede observar que el ladrillo tiene un porcentaje de vacíos de 36.60%, por lo cual esta unidad de albañilería califica como alveolar según clasificación de norma E.070.

5.2.2. Resistencia a la compresión de pilas.

Para las pilas se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 23, donde " f_m " representa la resistencia promedio, " ϕ " representa la resistencia normalizada a la técnica patrón, "CV" representa el coeficiente de variación en la resistencia de las pilas, " E_m " representa el módulo de elasticidad promedio, " μ " representa el módulo de elasticidad normalizado a la técnica patrón en porcentaje.

En la Tabla 23 se observa que las diferencias de resistencia entre la dosificación A y la dosificación B son significativas, ya que estas están fuera del rango de dispersión de resultados obtenidos para cada dosificación, por lo tanto, se puede decir que la adición de cal al mortero ayuda a mejorar la resistencia a compresión de pilas de albañilería. En el Gráfico 3 se aprecia que los valores más altos se alcanzan con la dosificación B, experimentado un aumento de resistencia de 15.50% con respecto a la dosificación patrón, lo que era de esperarse ya que según Gallegos y Cassabone (2005), la presencia de cal en la mezcla de mortero mejora la adherencia de este con las unidades de albañilería, lo que estaría ocasionando mejores comportamientos a compresión de pilas.

De acuerdo a la Norma E.070, para pilas construidas con ladrillo de arcilla King Kong industrial esta debe alcanzar una resistencia característica mínima a fuerza a la compresión de 65 Kg/cm², este resultado es menor que los valores hallados para la dosificación A (mortero sin adición de cal) (66.20 Kg/cm²) y B (mortero con adición de cal) (76.46 Kg/cm²) por tanto, se puede decir

que la adición de cal al mortero es un factor influyente para el mejor comportamiento de la albañilería ante esfuerzos de compresión.

El coeficiente de variación (CV) indica que hay una mayor dispersión de resultados con respecto a la media en la dosificación A, seguida de la dosificación B, entonces se puede decir que la adición de cal al mortero ayuda a disminuir el coeficiente de variación en los resultados obtenidos, por lo tanto, el coeficiente de confiabilidad de estos aumenta.

En cuanto al módulo de elasticidad (Tabla 23), también puede decirse que existe diferencia entre la dosificación A y la dosificación B, puesto que sus diferencias no están dentro de la dispersión de resultados obtenidos para cada dosificación.

En el Gráfico 4 se aprecia que los valores más altos de módulo de elasticidad se alcanzan con la dosificación B, experimentado un aumento de resistencia de 25.24% con respecto a la dosificación patrón.

Debe indicarse que en la Norma E.070, se especifica que para unidades de arcilla se emplee 500 f^m Kg/cm² valor que es distinto al hallado en este proyecto.

5.2.3. Resistencia a compresión diagonal de muretes.

Para los muretes se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 25, donde "V'm" representa la resistencia a la compresión diagonal promedio, "φ" representa la resistencia normalizada a la técnica patrón, "CV" representa el coeficiente de variación en la resistencia a la compresión diagonal de muretes, "Gm" representa el módulo de corte promedio, "μ" representa el módulo de corte normalizado a la técnica patrón en porcentaje.

En la Tabla 25 se observa que las diferencias de resistencia a la compresión diagonal de muretes entre la dosificación A y la dosificación B son significativas, ya que estas están fuera del rango de dispersión de resultados obtenidos para cada dosificación, por lo tanto, se puede decir que la adición de cal al mortero ayuda a mejorar la resistencia a compresión diagonal en los muretes de albañilería.

En el Gráfico 5 se aprecia que los valores más altos se alcanzan con la dosificación B, experimentado un aumento de resistencia de 12.49% con respecto a la dosificación patrón, esto producto de que la adición de cal al mortero hizo una mezcla más retentiva y plástica lo que produjo una mejor adherencia entre unidades y mortero, debido a esto las fallas en los muretes fueron por tracción diagonal (muretes con adición de cal al mortero) y falla mixta (muretes sin adición de cal al mortero), esto coincide con lo dicho por San Bartolomé (2008) en donde expresa que cuando la adherencia es ideal, la falla atraviesa tanto a la unidad como al mortero (falla por tracción diagonal) lográndose maximizar la resistencia a fuerza cortante; en cambio, cuando no se ha logrado optimizar la adherencia unidad-mortero la falla es a través de las juntas, Morante (2011) encontró que la adición de cal al mortero aumenta la resistencia en un 9% en muretes con respecto a los especímenes construidos sin adición de cal a la mezcla de mortero.

Debe indicarse que en la Norma E.070 se especifica que para unidades de arcilla (King Kong industrial) la resistencia característica a la compresión diagonal se emplee 8.1 Kg/cm^2 valor que es distinto al hallado en este proyecto, además se observa que por una variación de 0.17 Kg/cm^2 la resistencia de los muretes construidos con el mortero patrón no alcanzan lo especificado en norma, a diferencia de los muretes construidos con 17% de cal adicionada al mortero la resistencia sobreesa en 0.82 Kg/cm^2 a lo especificado por norma.

De acuerdo a la Norma E.070, para fines de diseño debe emplearse una resistencia característica a fuerza cortante $v'm \leq (f'm)^{1/2} = (76.46)^{1/2} \approx 8.74 \text{ Kg/cm}^2$, este resultado es mayor que el valor hallado para la dosificación A (7.93 Kg/cm^2) y menor que el valor hallado para la dosificación B (8.92 Kg/cm^2), por tanto, si se usara mortero sin adición de cal mandaría $v'm = 7.93 \text{ Kg/cm}^2$ y si se usara mortero con adición de cal mandaría $v'm = 8.74 \text{ Kg/cm}^2$.

El coeficiente de variación (CV) indica que hay una mayor dispersión de resultados con respecto a la media en la dosificación A, seguida de la dosificación B, entonces se puede decir que la adición de cal al mortero ayuda a disminuir el coeficiente de variación en los resultados obtenidos, por lo tanto, el coeficiente de confiabilidad de estos aumenta.

En cuanto al módulo de corte (Tabla 25), también puede decirse que existen diferencias entre la dosificación A y la dosificación B, puesto que sus diferencias no están dentro de la dispersión

de resultados obtenidos para cada dosificación. En el Gráfico 6 se aprecia que los valores más altos de módulo de corte se alcanzan con la dosificación B, experimentado un aumento de resistencia de 36.68% con respecto a la dosificación patrón.

5.3. Análisis estadístico.

5.3.1. Pilas.

De la Tabla 26 se puede decir que al encontrar (a, b) letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, por lo tanto se afirma que la pila que contiene un 17% de adición de cal produce mayor resistencia y mayor módulo de elasticidad en comparación a la pila sin adición de cal en el mortero a un nivel de significancia del 0.05

5.3.2. Muretes.

De la Tabla 27 se puede decir que al encontrar (a, b) letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, por lo tanto se afirma que los muretes que contiene un 17% de adición de cal produce mayor resistencia y mayor módulo de elasticidad en comparación de los muretes sin adición de cal en el mortero a un nivel de significancia del 0.05

5.4. Análisis comparativo de costos.

En la tabla 29 se puede observar que construcción de albañilería con mortero sin adición de cal es más económica (0.59%) que un mortero con adición de cal, lo cual coincide con lo expuesto por Morante (2011), el cual encontró un aumento de costo en producción de mortero con adición de cal en un 0.13% con respecto a un mortero sin adición de cal.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

Se obtuvo la mejor resistencia a la compresión en los especímenes elaborados con 17% de adición de cal a la mezcla de mortero.

Las características físicas y mecánicas obtenidas en laboratorio de las unidades de albañilería la clasifican como una unidad alveolar tipo IV según norma E.070.

Las pilas construidas con mortero modificado con la adición de 17% de cal a la mezcla presentaron mayor resistencia a la compresión axial que las pilas elaboradas con mortero sin adición de cal a mezcla, mostrando el mismo tipo de falla (falla por tracción debido a la expansión lateral de la pila).

Los muretes construidos con mortero modificado con la adición de 17% de cal a la mezcla presentaron mayor resistencia a la compresión diagonal que los muretes elaborados con mortero sin adición de cal a mezcla, mostrando una falla por tracción diagonal y falla mixta respectivamente.

Del análisis de los gráficos de esfuerzo versus deformación unitaria, se obtuvo un mayor módulo de elasticidad en pilas construidas con mortero modificado con la adición de 17% de cal a la mezcla con respecto a las pilas elaboradas con mortero sin adición de cal a mezcla.

Del análisis de los gráficos de esfuerzo versus deformación unitaria, se obtuvo un mayor módulo de corte en muretes construidos con mortero modificado con la adición de 17% de cal a la mezcla con respecto a los muretes elaboradas con mortero sin adición de cal a mezcla.

Tomando en consideración el aumento de resistencia a compresión diagonal (12.49%) y el bajo incremento en el costo (0.59%), se concluye que la construcción de albañilería con mortero modificado con 17% de adición de cal, es la más adecuada.

6.2. Recomendaciones.

Estudiar el comportamiento del mortero con adición de cal en un intervalo más cercano alrededor del 17%, puesto que aquí alcanza su valor más alto en cuanto a resistencia a la compresión.

Es indispensable encontrar los parámetros de clasificación y resistencia de las unidades de albañilería, para evitar que estos influyan negativamente en los resultados en pilas y muretes y obtener así resultados más confiables.

En esta investigación se utilizó un ladrillo perforado y no se rellenó los orificios con concreto líquido con el objetivo de repetir lo que se hace en las construcciones comunes en la provincia de Jaén, para futuras investigaciones construir pilas y muretes rellenos de concreto líquido o Grout para evaluar cuál es el comportamiento de la albañilería en estas condiciones.

Para evaluar los parámetros de módulo de elasticidad y de corte, se debería construir pilas y muretes rellenos con concreto líquido o Grout recomendado por norma E.070, lo cual influencia directamente en estos resultados.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril, M. L., & Ramos, A. M. (8 de Diciembre de 2017). Identificación de la variación en la resistencia del concreto debido al origen del agregado grueso: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de Sitio Web de la Universidad Católica de Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15280/1/IDENTIFICACION%20DE%20LA%20VARIACION%20EN%20LA%20RESISTENCIA%20DEL%20CONCRETO%20DEBIDO%20AL%20ORIGEN%20DEL%20AGREGADO%20GRUES.pdf>
- E.030 Diseño Sismoresistente (22 de Enero 2016). Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Ministerio de Construcción y Saneamiento.
- E.060 Concreto Armado (22 de Enero 2016). Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Ministerio de Construcción y Saneamiento.
- E.070 Albañilería (22 Enero de 2016). Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Ministerio de Construcción y Saneamiento.
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). Albañilería Estructural. Lima: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- León, M. P., & Ramírez, F. (10 de Abril de 2010). Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante análisis de imágenes: Scientific Electronic Library Online. Obtenido de Sitio Web de Scientific Electronic Library Online: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v25n2/art03.pdf>
- Lesueur, D., Peter, U., Lorgouilloux, M., & Moreno, F. (2018). Cales aéreas especiales para morteros: el ejemplo de morteros de relleno para túneles. FICAL, 53 - 63.

- Meza, F. (20 de Enero de 2004). Estudio del mortero de mediana a baja resistencia de cemento con adición de cal aérea: Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de Sitio Web del Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Ingeniería: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3119>
- Morante, Á. (5 de Septiembre de 2011). Mejora de la adherencia mortero-ladrillo de concreto: Repositorio Digital de Tesis de la Pontificie Universidad Católica del Perú. Obtenido de Sitio Web del Repositorio Digital de Tesis de la Pontificie Universidad Católica del Perú: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/176>
- Navas , A., & Campos , A. (23 de Abril de 2018). Influencia de la cal en el mortero de pega para mampostería. Métodos & Materiales, VIII, 1-11. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/16232>
- Orozco, M., Avila, Y., Restrepo, S., & Parody, A. (12 de Noviembre de 2017). Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón: Scientific Electronic Library Online . Obtenido de Sitio Web de Scientific Electronic Library Online : <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v33n2/0718-5073-ric-33-02-00161.pdf>
- Rosell, J., & Bosch, M. (2018). Hormigones de cal: nuevos "viejos" materiales. FICAL, 76 - 86.
- Salamanca, R. (2001). La tecnología de los morteros. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 41-48.
- Sampedro, Á. (2018). Aplicaciones de la cal en la ingeniería civil. FICAL, 87 - 95.
- San Bartolomé, A. (1998). Construcciones de Albañilería, Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. Lima: Fondo Editorial de la Póntificia Universidad Católica del Perú.
- San Bartolomé, Á. (29 de Enero de 2008). Comentarios a la norma técnica de edificación e.070 “albañilería: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de Sitio Web de la Pontificia Universidad Católica del Perú: <http://blog.pucp.edu.pe/albanileria>

San Bartolomé, A., & Castro, M. (20 de Abril de 2016). Efecto de Cinco Variables Sobre la Resistencia de la Albañilería: Bloq Pontifia Universidad Católica del Perú. Obtenido de Sitio Web Bloq Pontifia Universidad Católica del Perú: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2007/04/Efectos-de-5-par%C3%A1metros.pdf>

Traversa, L. (8 de Agosto de 2011). Determinación de la composición de morteros endurecidos de cal, híbridos y de cemento portland: Repositorio Institucional Comision de Investigaciones Científicas. Obtenido de Sitio Web del Repositorio Institucional Comision de Investigaciones Científicas: <https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/424>

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por darnos las fuerzas necesarias en momentos difíciles en el transcurso de nuestras vidas.

A nuestro asesor, M. Sc. Ing. Edinson V. Llamo Goicochea por el trabajo, tiempo y dedicación para la elaboración y concepción de este trabajo de investigación.

A nuestros amigos, familiares que ya no están con nosotros pero que desde donde se encuentren nos protegen y nos dan la fuerza para continuar en los momentos más difíciles.

A nuestra Universidad Nacional de Jaén y a todos sus docentes, por habernos dado la oportunidad de formarse como personas y como profesionales.

DEDICATORIA

A mi familia por el apoyo incondicional durante mi formación como persona y como profesional, ya que sin ellos nada de esto fuera posible.

A **Juan Pérez** por haberme regalado su amistad durante muchos años y que por cuestiones de la vida ya no está con nosotros, pero donde estés gracias por haberme ayudado a ser mejor persona.

EDINSON SÁNCHEZ

A mis padres y hermanos por el apoyo incondicional durante todo este proceso de formación tanto como persona como profesional, ya que sin ellos nada de esto sería posible.

KATERIN HERNÁNDEZ

ANEXOS

ANEXO 1. Resultados estadísticos.

Tabla 30: Prueba de normalidad

Variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia pila	0.848	14	0.021
Módulo			
Elasticidad pila	0.831	14	0.012
Resistencia muretes	0.963	14	0.768
Módulo de corte muretes	0.937	14	0.386

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

FUENTE: Propia

En la Tabla 30 se observa que los valores de significancia para las variables resistencia murete y elasticidad murete son mayores a 0.05, por lo que se concluye que dichas variables siguen una distribución normal, mientras que las demás variables la significancia es menor a 0.05 y por lo tanto no siguen una distribución normal, a un nivel de confianza del 95%.

Tabla 31: Prueba de Mann-Whitney para la resistencia a la compresión de pilas.

Estadísticas descriptivas		
Muestra	N	Mediana
Sin cal	7	65.8159
Con cal	7	76.5952

Estimación de la diferencia		
Diferencia	Límite superior para a diferencia	Confianza lograda
-10.1995	-8.77726	95.17%

Hipótesis a contrastar

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Valor W	Valor p
28	0.001

FUENTE: Propia

Conclusión: Como el Valor p (0.001) es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que la pila que contiene un 17% de adición de cal produce mayor resistencia en comparación a la pila sin cal aun nivel de significancia del 0.05

Tabla 32: Prueba de Mann-Whitney para el módulo de elasticidad de pilas.

Estadísticas descriptivas		
Muestra	N	Mediana
Sin cal	7	5763.3
Con cal	7	7313.5

Estimación de la diferencia		
Diferencia	Límite superior para a diferencia	Confianza lograda
-1564.9	-1069.5	95.17%

Prueba a contrastar	
Hipótesis nula	$H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$
Valor W	Valor p
28	0.001

FUENTE: Propia

Conclusión: Como el Valor p (0.001) es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que la pila que contiene un 17% de adición de cal produce mayor módulo de elasticidad en comparación a la pila sin cal aun nivel de significancia del 0.05.

Tabla 33: Prueba t para muestras independientes (muretes).

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior	
Resistencia al corte muretes	Se asumen varianzas iguales	0.556	0.470	-5.87	12	0.000**	-0.99035	0.16873	-1.35799	-0.62272
	No se asumen varianzas iguales			-5.87	10.565	0.000**	-0.99035	0.16873	-1.36361	-0.61710
Módulo de corte muretes	Se asumen varianzas iguales	0.097	0.761	-7.13	12	0.000**	- 407.36429	57.17636	- 531.94088	- 282.78769
	No se asumen varianzas iguales			-7.13	10.403	0.000**	- 407.36429	57.17636	- 534.09519	- 280.63339

Nota: ** diferencias altamente significativas

FUENTE: Propia.

Análisis estadístico (pilas).

Tabla 34: Sumatoria de rangos.

Rangos				
Tratamiento		N	Rango promedio	Suma de rangos
Resistencia pila	Sin cal	7	4.00	28.00
	Con cal	7	11.00	77.00
	Total	14		
Elasticidad pila	Sin cal	7	4.00	28.00
	Con cal	7	11.00	77.00
	Total	14		
Estadísticos de prueba^a				
		Resistencia pila	Elasticidad pila	
U de Mann-Whitney		0.000	0.000	
W de Wilcoxon		28.000	28.000	
Z		-3.130	-3.130	
Sig. asintótica(bilateral)		0.002	0.002	
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]		,001 ^b	,001 ^b	

a. Variable de agrupación: Tratamiento

b. No corregido para empates.

FUENTE: Propia

ANEXO 2. Procesamiento de datos pilas y muretes

Calculo de módulo de elasticidad en pilas sin adición de cal.

Tabla 35: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°01.

PILA N° 01							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)
0	0.00	0.0000	0.00	12000	1.69	0.0054	34.59
1000	0.10	0.0003	2.88	13000	1.78	0.0057	37.48
2000	0.28	0.0009	5.77	14000	1.91	0.0061	40.36
3000	0.54	0.0017	8.65	15000	2.14	0.0069	43.24
4000	0.69	0.0022	11.53	16000	2.36	0.0076	46.12
5000	0.81	0.0026	14.41	17000	2.61	0.0084	49.01
6000	0.96	0.0031	17.30	18000	2.74	0.0088	51.89
7000	1.07	0.0034	20.18	19000	2.89	0.0093	54.77
8000	1.18	0.0038	23.06	20000	3.05	0.0098	57.65
9000	1.30	0.0042	25.94	21000	3.28	0.0105	60.54
10000	1.42	0.0046	28.83	22000	3.51	0.0112	63.42
11000	1.53	0.0049	31.71	23000	3.62	0.0116	66.30

Gráfico 7: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°01

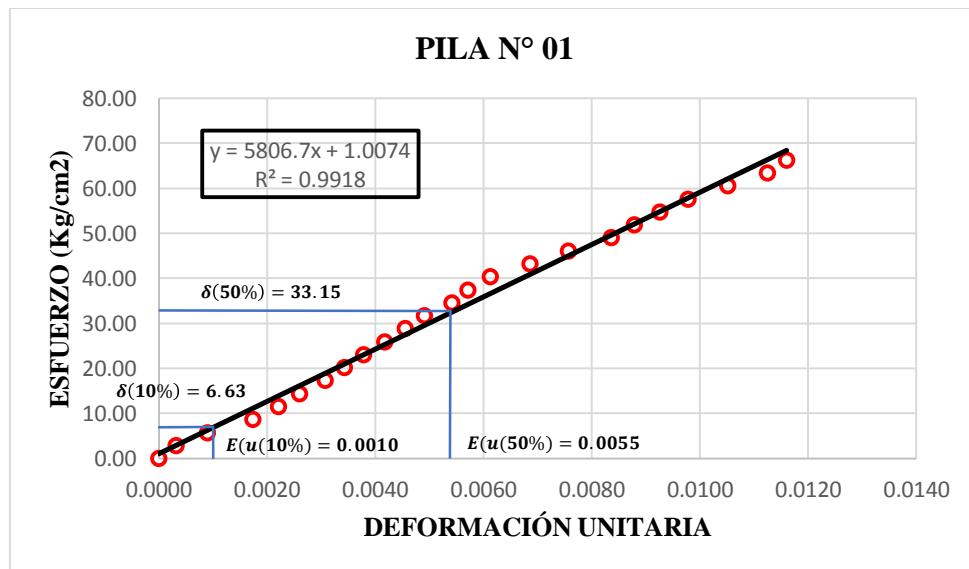


Tabla 36: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°02

PILA N° 02							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)
0	0	0.0000	0.00	12000	2.14	0.0069	35.12
1000	0.11	0.0004	2.93	13000	2.27	0.0073	38.05
2000	0.23	0.0007	5.85	14000	2.38	0.0077	40.98
3000	0.52	0.0017	8.78	15000	2.47	0.0079	43.90
4000	0.72	0.0023	11.71	16000	2.65	0.0085	46.83
5000	0.80	0.0026	14.63	17000	2.81	0.0090	49.76
6000	0.97	0.0031	17.56	18000	2.89	0.0093	52.69
7000	1.14	0.0037	20.49	19000	2.98	0.0096	55.61
8000	1.32	0.0042	23.42	20000	3.08	0.0099	58.54
9000	1.48	0.0048	26.34	21000	3.24	0.0104	61.47
10000	1.68	0.0054	29.27	22000	3.50	0.0113	64.39
11000	1.95	0.0063	32.20				

Gráfico 8: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°02

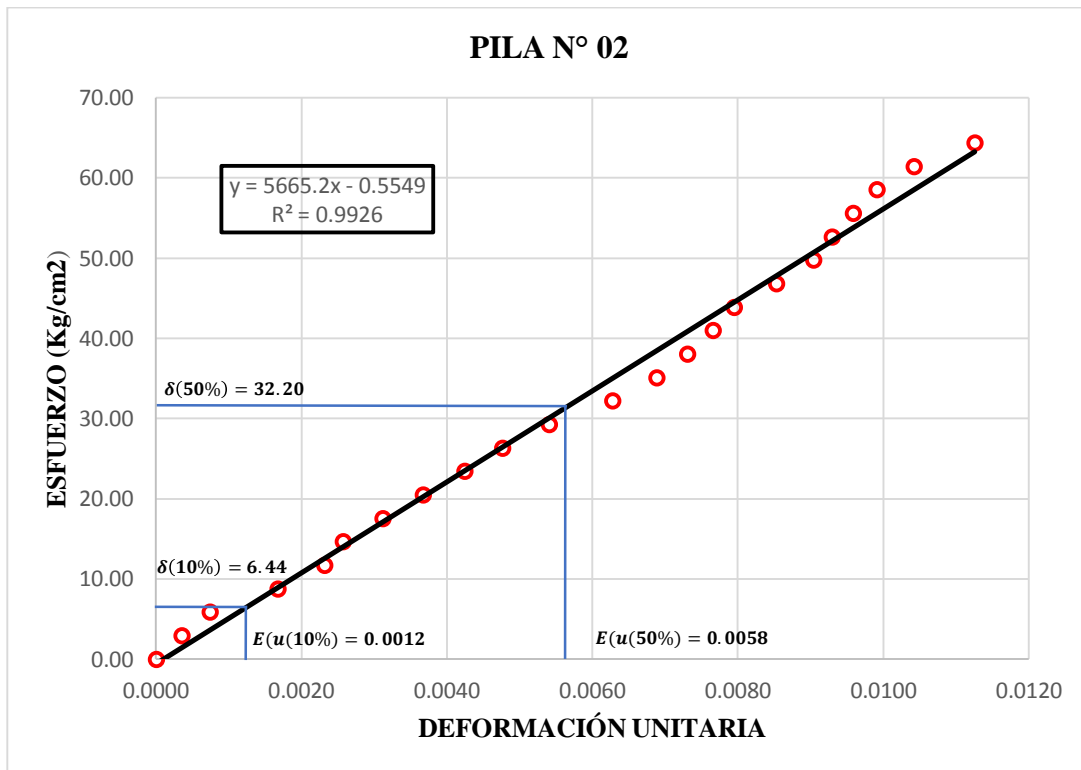


Tabla 37: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°03

PILA N° 03							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)
0	0.00	0	0.00	13000	2.18	0.0070	37.14
1000	0.09	0.0003	2.86	14000	2.35	0.0076	40.00
2000	0.18	0.0006	5.71	15000	2.48	0.0080	42.86
3000	0.36	0.0012	8.57	16000	2.57	0.0083	45.72
4000	0.55	0.0018	11.43	17000	2.67	0.0086	48.57
5000	0.70	0.0023	14.29	18000	2.74	0.0088	51.43
6000	0.90	0.0029	17.14	19000	2.81	0.0090	54.29
7000	1.02	0.0033	20.00	20000	2.90	0.0093	57.15
8000	1.16	0.0037	22.86	21000	3.00	0.0097	60.00
9000	1.31	0.0042	25.72	22000	3.10	0.0100	62.86
10000	1.46	0.0047	28.57	23000	3.20	0.0103	65.72
11000	1.69	0.0054	31.43	24000	3.30	0.0106	68.57
12000	1.94	0.0062	34.29				

Gráfico 9: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°03

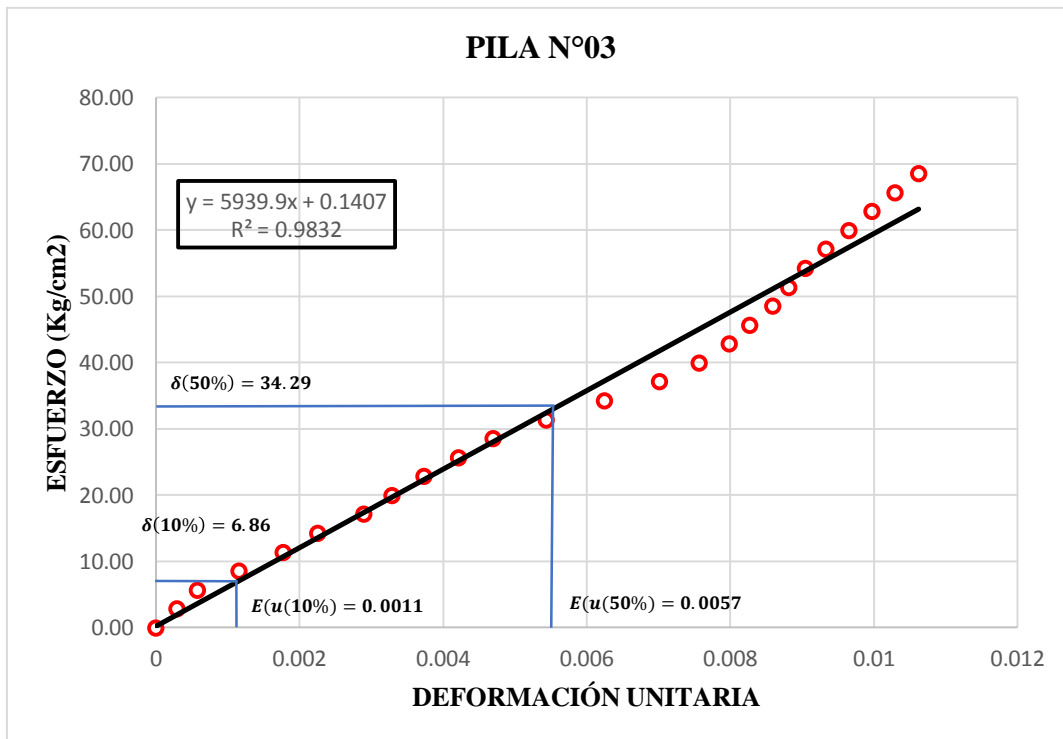


Tabla 38: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°04

PILA N° 04							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)
0	0.00	0.0000	0.00	12000	2.13	0.0067	34.29
1000	0.12	0.0004	2.86	13000	2.26	0.0071	37.14
2000	0.20	0.0006	5.71	14000	2.37	0.0074	40.00
3000	0.49	0.0015	8.57	15000	2.47	0.0077	42.86
4000	0.69	0.0022	11.43	16000	2.65	0.0083	45.72
5000	0.78	0.0024	14.29	17000	2.81	0.0088	48.57
6000	0.95	0.0030	17.14	18000	2.90	0.0091	51.43
7000	1.12	0.0035	20.00	19000	2.99	0.0094	54.29
8000	1.31	0.0041	22.86	20000	3.09	0.0097	57.15
9000	1.47	0.0046	25.72	21000	3.26	0.0102	60.00
10000	1.67	0.0052	28.57	22000	3.52	0.0110	62.86
11000	1.94	0.0061	31.43				

Gráfico 10: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°04

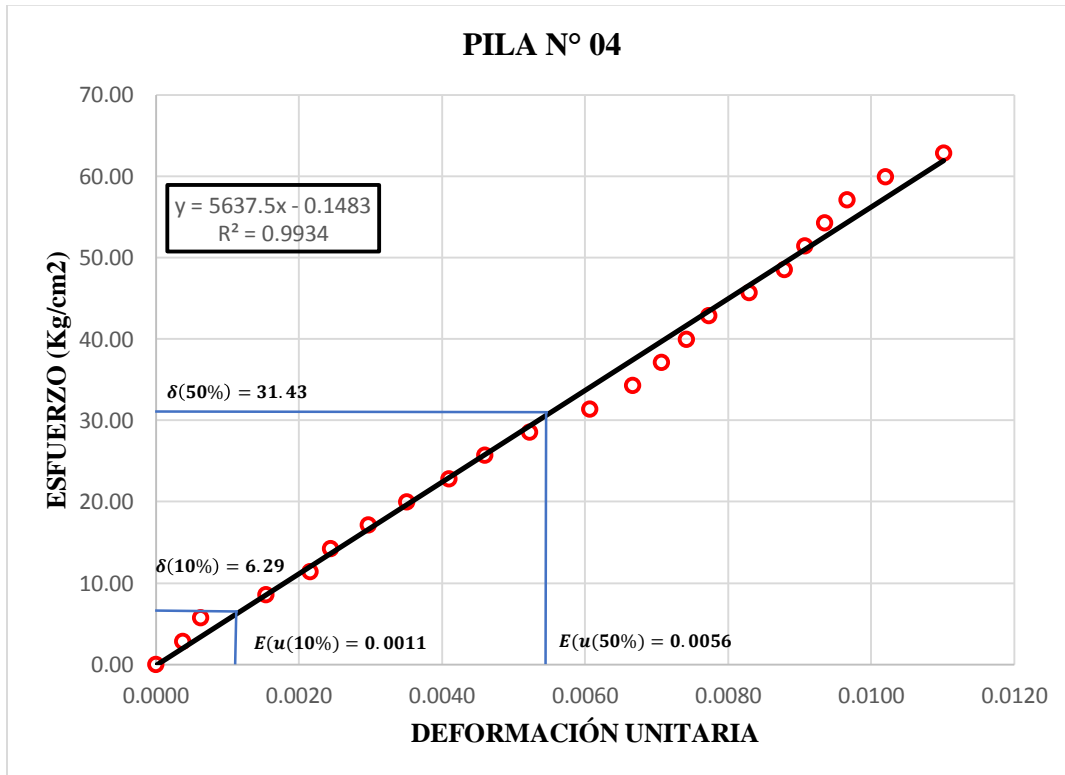


Tabla 39: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación pila N°05

PILA N° 05							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)
0	0.00	0.0000	0.00	12000	2.20	0.0070	34.79
1000	0.10	0.0003	2.90	13000	2.36	0.0075	37.69
2000	0.27	0.0009	5.80	14000	2.46	0.0078	40.59
3000	0.45	0.0014	8.70	15000	2.53	0.0081	43.49
4000	0.61	0.0019	11.60	16000	2.59	0.0082	46.39
5000	0.71	0.0023	14.50	17000	2.64	0.0084	49.29
6000	0.93	0.0030	17.40	18000	2.71	0.0086	52.19
7000	1.11	0.0035	20.30	19000	2.81	0.0089	55.09
8000	1.42	0.0045	23.20	20000	2.93	0.0093	57.99
9000	1.66	0.0053	26.09	21000	3.15	0.0100	60.89
10000	1.87	0.0060	28.99	22000	3.38	0.0108	63.79
11000	2.03	0.0065	31.89	22700	3.65	0.0116	65.82

Gráfico 11: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°05

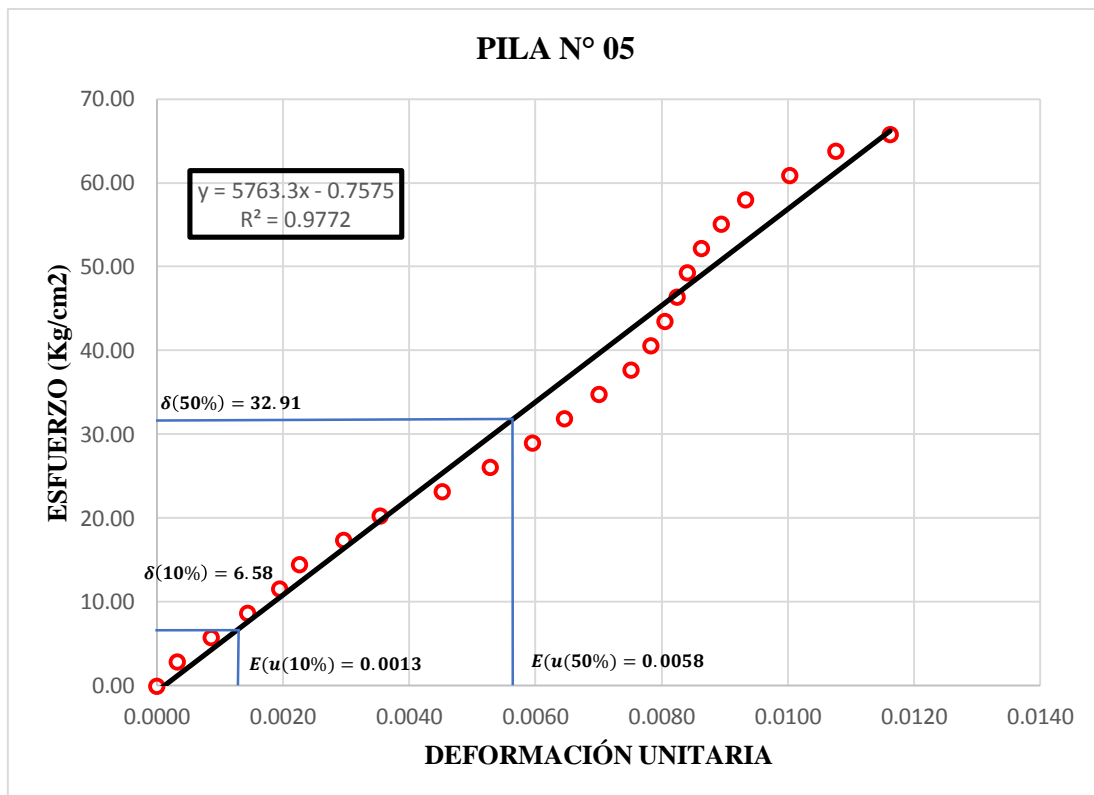


Tabla 40: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación pila N°06

PILA N° 06							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)
0	0.00	0.0000	0.00	12000	2.03	0.0065	34.78
1000	0.06	0.0002	2.90	13000	2.20	0.0070	37.68
2000	0.16	0.0005	5.80	14000	2.31	0.0074	40.57
3000	0.31	0.0010	8.69	15000	2.41	0.0077	43.47
4000	0.52	0.0017	11.59	16000	2.53	0.0081	46.37
5000	0.77	0.0025	14.49	17000	2.62	0.0084	49.27
6000	1.10	0.0035	17.39	18000	2.74	0.0088	52.17
7000	1.34	0.0043	20.29	19000	2.91	0.0093	55.07
8000	1.50	0.0048	23.19	20000	3.08	0.0098	57.96
9000	1.67	0.0053	26.08	21000	3.26	0.0104	60.86
10000	1.81	0.0058	28.98	22000	3.35	0.0107	63.76
11000	1.93	0.0062	31.88	22500	3.67	0.0117	65.21

Gráfico 12: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°06

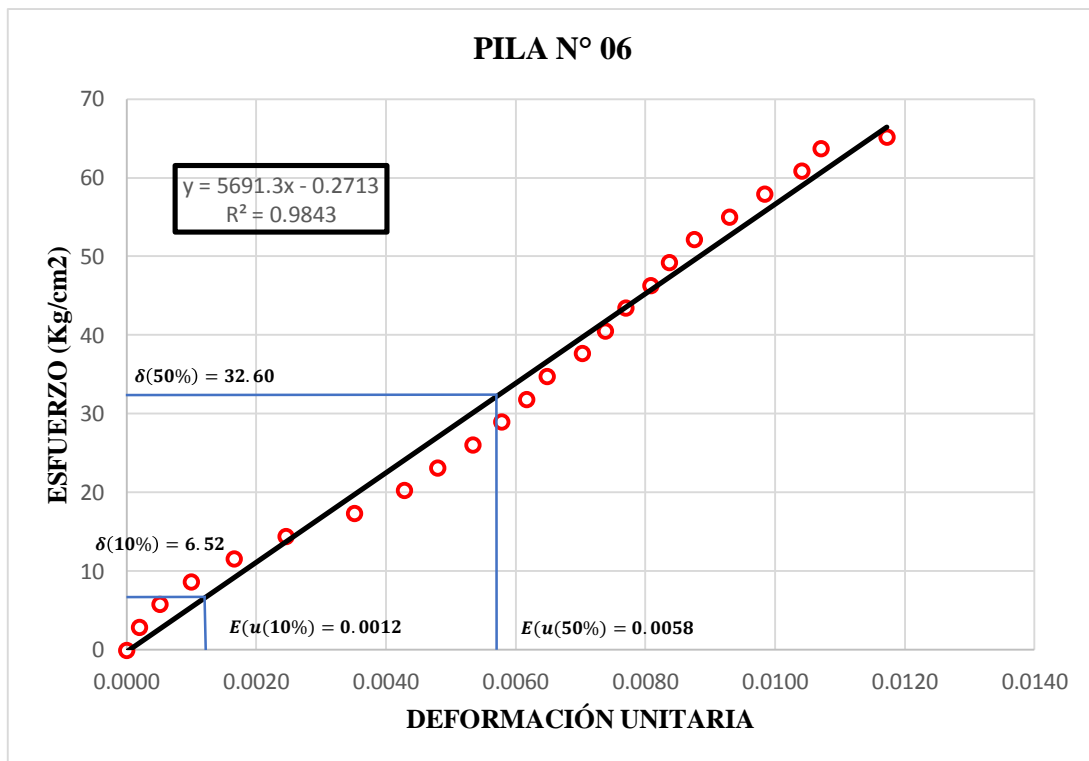
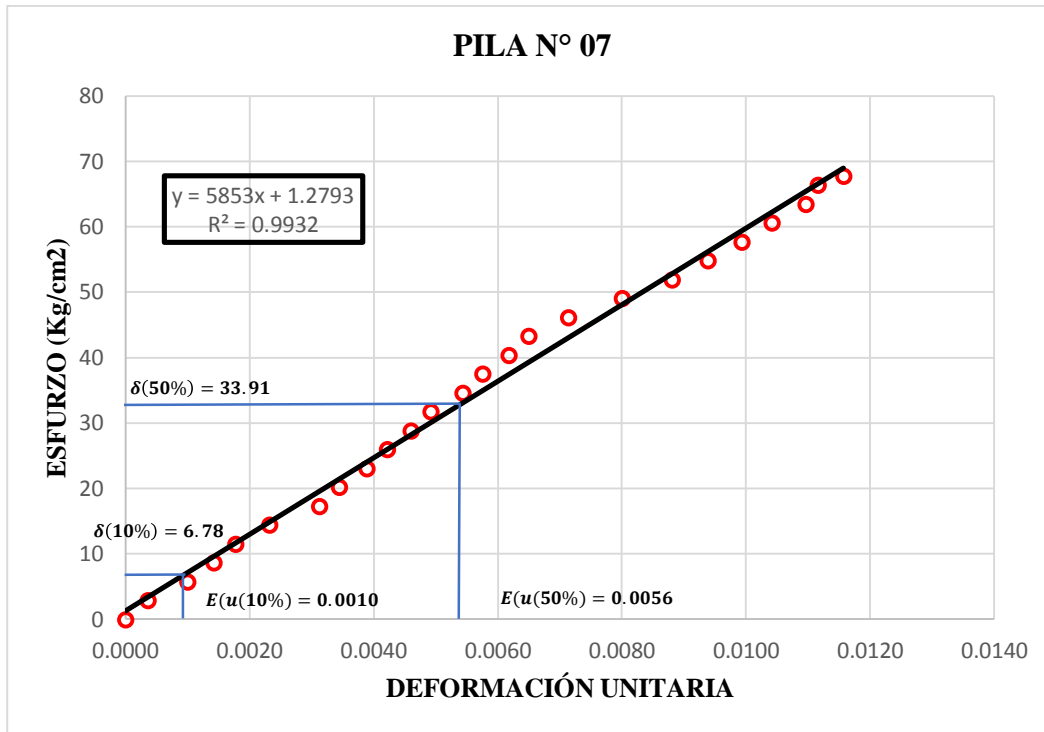


Tabla 41: *Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°07*

PILA N° 07							
CARGA	DEF.	DEFO.	ESF.	CARGA	DEF.	DEFO.	ESF.
(Kg)	(mm)	UNIT	(Kg/cm2)	(Kg)	(mm)	UNIT	(Kg/cm2)
0	0.00	0.0000	0.00	13000	1.79	0.0058	37.52
1000	0.11	0.0004	2.89	14000	1.92	0.0062	40.40
2000	0.31	0.0010	5.77	15000	2.02	0.0065	43.29
3000	0.44	0.0014	8.66	16000	2.22	0.0071	46.17
4000	0.55	0.0018	11.54	17000	2.49	0.0080	49.06
5000	0.72	0.0023	14.43	18000	2.74	0.0088	51.95
6000	0.97	0.0031	17.32	19000	2.92	0.0094	54.83
7000	1.07	0.0034	20.20	20000	3.09	0.0099	57.72
8000	1.21	0.0039	23.09	21000	3.24	0.0104	60.60
9000	1.31	0.0042	25.97	22000	3.41	0.0110	63.49
10000	1.43	0.0046	28.86	23000	3.47	0.0112	66.38
11000	1.53	0.0049	31.75	23500	3.60	0.0116	67.82
12000	1.69	0.0054	34.63				

Gráfico 13: *Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°07*



Cálculo de módulo de elasticidad en pilas con 17% de adición de cal

Tabla 42: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°08

PILA N° 08							
CARGA	DEF.	DEFO.	ESF.	CARGA	DEF.	DEFO.	ESF.
(Kg)	(mm)	UNIT	(Kg/cm2)	(Kg)	(mm)	UNIT	(Kg/cm2)
0	0.00	0.0000	0.00	13000	1.85	0.0059	38.53
1000	0.10	0.0003	2.96	14000	1.97	0.0062	41.49
2000	0.31	0.0010	5.93	15000	2.14	0.0068	44.46
3000	0.49	0.0016	8.89	16000	2.26	0.0072	47.42
4000	0.64	0.0020	11.85	17000	2.40	0.0076	50.38
5000	0.77	0.0024	14.82	18000	2.51	0.0079	53.35
6000	0.89	0.0028	17.78	19000	2.63	0.0083	56.31
7000	1.03	0.0033	20.75	20000	2.79	0.0088	59.27
8000	1.14	0.0036	23.71	21000	3.03	0.0096	62.24
9000	1.25	0.0040	26.67	22000	3.14	0.0099	65.20
10000	1.38	0.0044	29.64	23000	3.24	0.0103	68.17
11000	1.53	0.0048	32.60	24000	3.44	0.0109	71.13

12000	1.68	0.0053	35.56	25000	3.60	0.0114	74.09
-------	------	--------	-------	-------	------	--------	-------

Gráfico 14: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°08

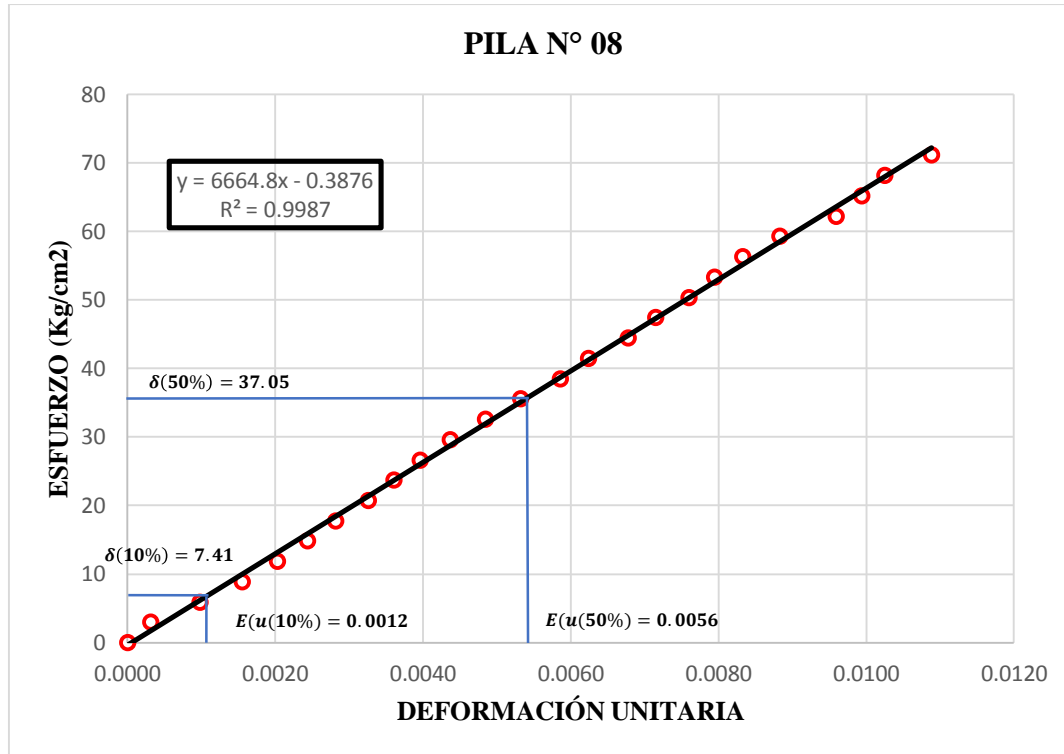


Tabla 43: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación pila N°09

PILA N° 09							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)
0	0.00	0.0000	0.00	14000	1.63	0.0052	40.93
1000	0.07	0.0002	2.92	15000	1.76	0.0056	43.85
2000	0.20	0.0006	5.85	16000	1.94	0.0062	46.78
3000	0.30	0.0010	8.77	17000	2.04	0.0065	49.70
4000	0.42	0.0013	11.69	18000	2.14	0.0069	52.62
5000	0.56	0.0018	14.62	19000	2.24	0.0072	55.55
6000	0.67	0.0021	17.54	20000	2.37	0.0076	58.47
7000	0.77	0.0025	20.46	21000	2.49	0.0080	61.39
8000	0.88	0.0028	23.39	22000	2.61	0.0084	64.32
9000	1.00	0.0032	26.31	23000	2.77	0.0089	67.24
10000	1.10	0.0035	29.23	24000	2.87	0.0092	70.16
11000	1.21	0.0039	32.16	25000	3.07	0.0098	73.09
12000	1.33	0.0043	35.08	26000	3.21	0.0103	76.01

13000 1.48 0.0047 38.01 26200 3.30 0.0106 76.60

Gráfico 15: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°09

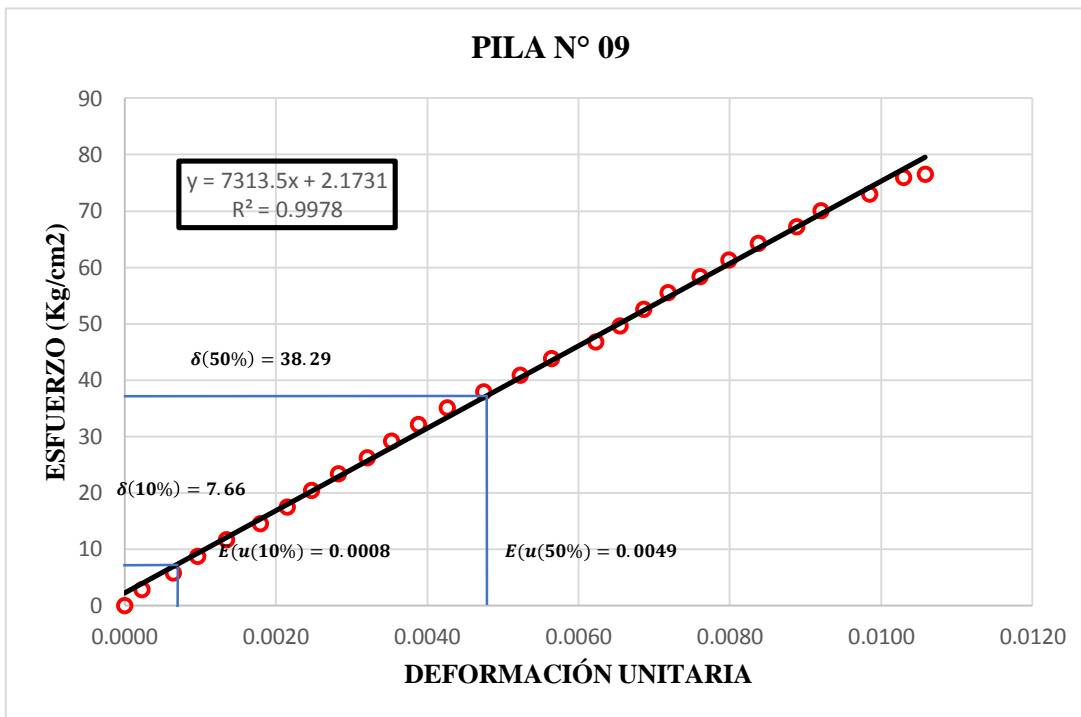


Tabla 44: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°10

PILA N° 10							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)
0	0.00	0.0000	0.00	14000	1.90	0.0061	40.95
1000	0.13	0.0004	2.93	15000	2.06	0.0066	43.88
2000	0.25	0.0008	5.85	16000	2.22	0.0072	46.80
3000	0.41	0.0013	8.78	17000	2.34	0.0076	49.73
4000	0.52	0.0017	11.70	18000	2.45	0.0079	52.65
5000	0.68	0.0022	14.63	19000	2.57	0.0083	55.58
6000	0.83	0.0027	17.55	20000	2.68	0.0087	58.50
7000	0.99	0.0032	20.48	21000	2.79	0.0090	61.43
8000	1.14	0.0037	23.40	22000	2.94	0.0095	64.35
9000	1.26	0.0041	26.33	23000	3.07	0.0099	67.28
10000	1.38	0.0045	29.25	24000	3.19	0.0103	70.21

11000	1.49	0.0048	32.18	25000	3.31	0.0107	73.13
12000	1.63	0.0053	35.10	25500	3.50	0.0113	74.59
13000	1.76	0.0057	38.03				

Gráfico 16: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°10

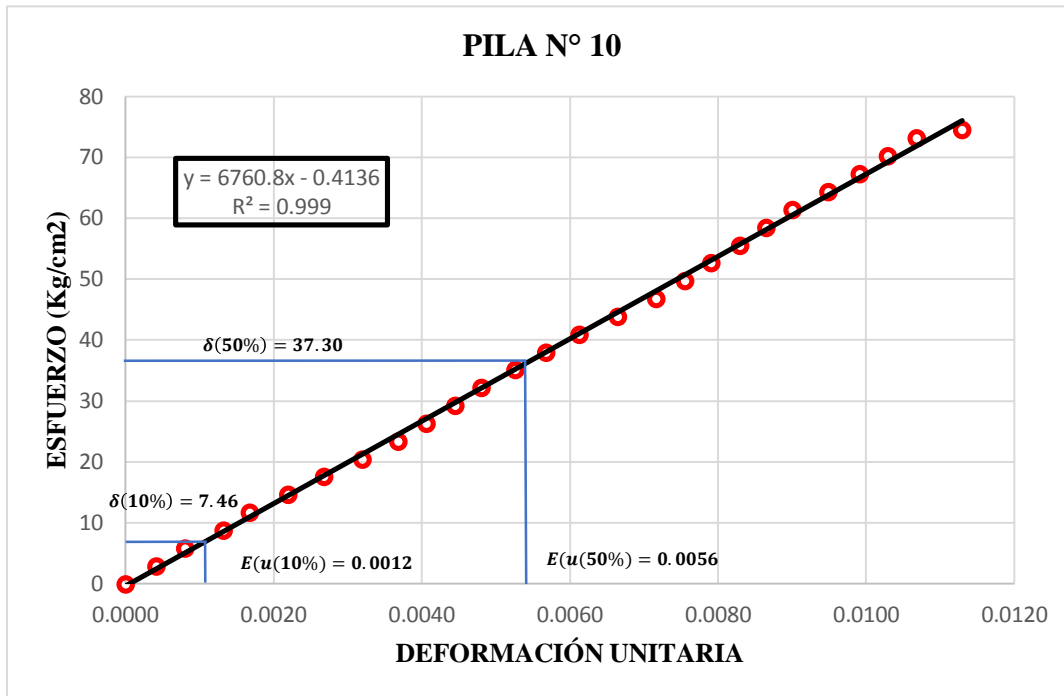


Tabla 45: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°11

PILA N° 11							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)
0	0.00	0.0000	0.00	14000	1.84	0.0059	40.75
1000	0.09	0.0003	2.91	15000	1.92	0.0062	43.67
2000	0.22	0.0007	5.82	16000	2.02	0.0065	46.58
3000	0.35	0.0011	8.73	17000	2.18	0.0070	49.49
4000	0.49	0.0016	11.64	18000	2.29	0.0073	52.40
5000	0.62	0.0020	14.56	19000	2.39	0.0077	55.31
6000	0.75	0.0024	17.47	20000	2.49	0.0080	58.22
7000	0.91	0.0029	20.38	21000	2.59	0.0083	61.13
8000	1.07	0.0034	23.29	22000	2.70	0.0087	64.04
9000	1.21	0.0039	26.20	23000	2.81	0.0090	66.95

10000	1.38	0.0044	29.11	24000	2.93	0.0094	69.86
11000	1.49	0.0048	32.02	25000	3.13	0.0100	72.78
12000	1.59	0.0051	34.93	26000	3.30	0.0106	75.69
13000	1.72	0.0055	37.84	26100	3.40	0.0109	75.98

Gráfico 17: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°11

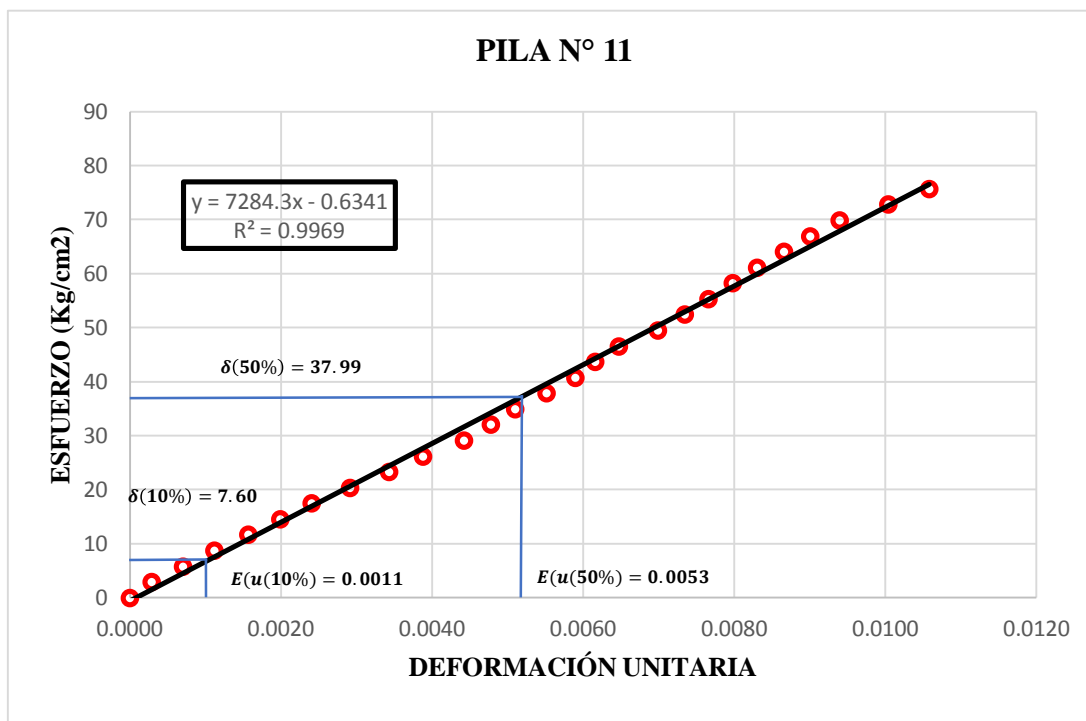


Tabla 46: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°12

PILA N° 12							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)
0	0.00	0.0000	0.00	14000	1.89	0.0060	40.98
1000	0.09	0.0003	2.93	15000	1.98	0.0063	43.90
2000	0.15	0.0005	5.85	16000	2.06	0.0065	46.83
3000	0.24	0.0008	8.78	17000	2.14	0.0068	49.76
4000	0.36	0.0011	11.71	18000	2.22	0.0071	52.69
5000	0.46	0.0015	14.63	19000	2.30	0.0073	55.61
6000	0.59	0.0019	17.56	20000	2.39	0.0076	58.54
7000	0.75	0.0024	20.49	21000	2.47	0.0078	61.47

8000	0.86	0.0027	23.42	22000	2.54	0.0081	64.39
9000	0.99	0.0031	26.34	23000	2.65	0.0084	67.32
10000	1.21	0.0038	29.27	24000	2.76	0.0088	70.25
11000	1.42	0.0045	32.20	25000	2.87	0.0091	73.17
12000	1.56	0.0050	35.12	26000	3.04	0.0097	76.10
13000	1.71	0.0054	38.05	26800	3.23	0.0103	78.44

Gráfico 18: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°12

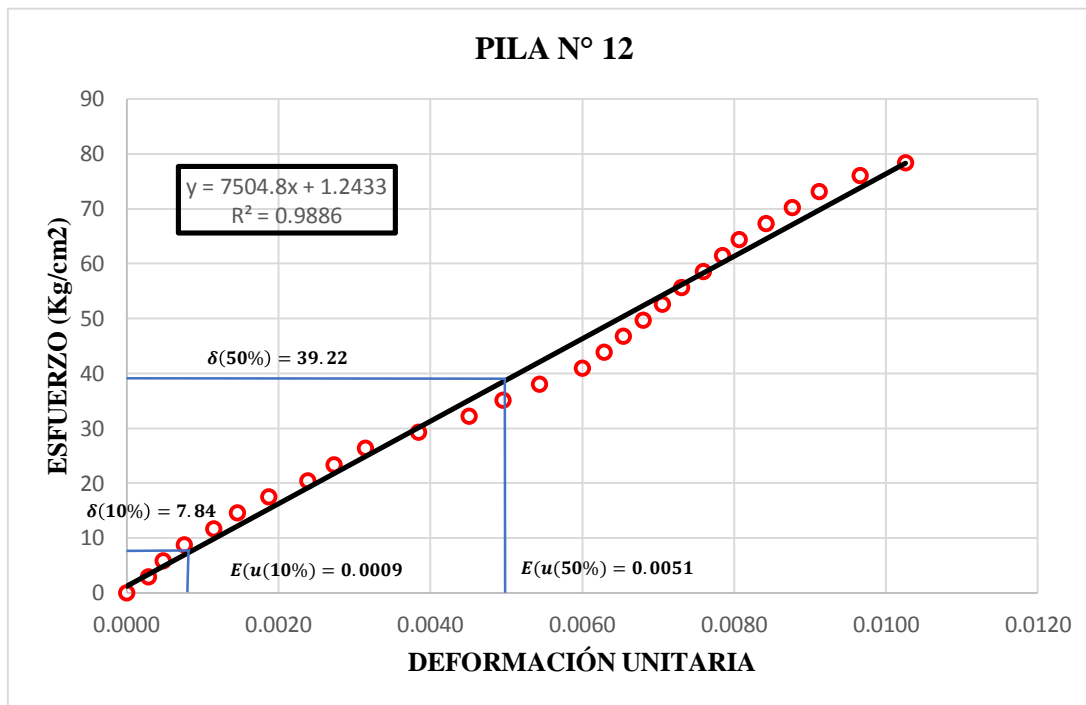


Tabla 47: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación pila N°13

PILA N° 13

CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm²)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm²)
0	0.00	0.0000	0.00	14000	1.81	0.0058	40.97
1000	0.05	0.0002	2.93	15000	1.93	0.0062	43.90
2000	0.18	0.0006	5.85	16000	2.02	0.0065	46.83
3000	0.27	0.0009	8.78	17000	2.11	0.0068	49.75
4000	0.39	0.0012	11.71	18000	2.20	0.0070	52.68
5000	0.49	0.0016	14.63	19000	2.29	0.0073	55.61
6000	0.63	0.0020	17.56	20000	2.37	0.0076	58.53

7000	0.78	0.0025	20.49	21000	2.46	0.0079	61.46
8000	0.86	0.0028	23.41	22000	2.57	0.0082	64.39
9000	0.97	0.0031	26.34	23000	2.66	0.0085	67.31
10000	1.08	0.0035	29.27	24000	2.78	0.0089	70.24
11000	1.24	0.0040	32.19	25000	2.91	0.0093	73.17
12000	1.41	0.0045	35.12	26000	3.08	0.0099	76.10
13000	1.67	0.0053	38.05	26600	3.26	0.0104	77.85

Gráfico 19: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°13

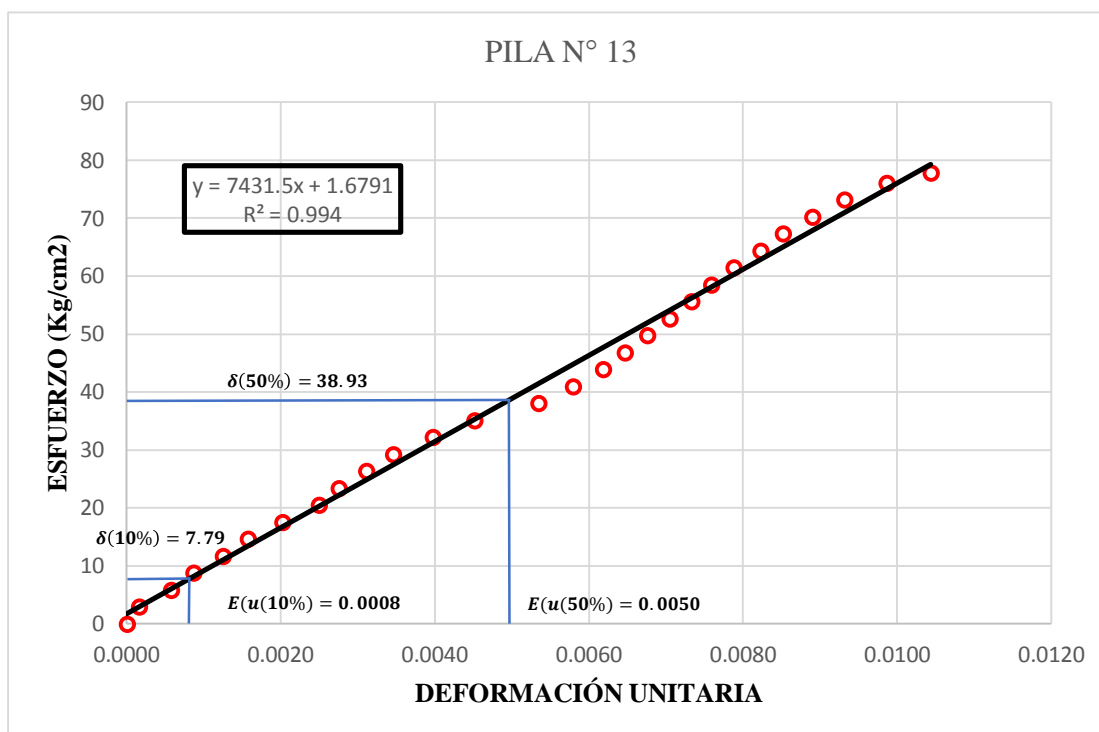
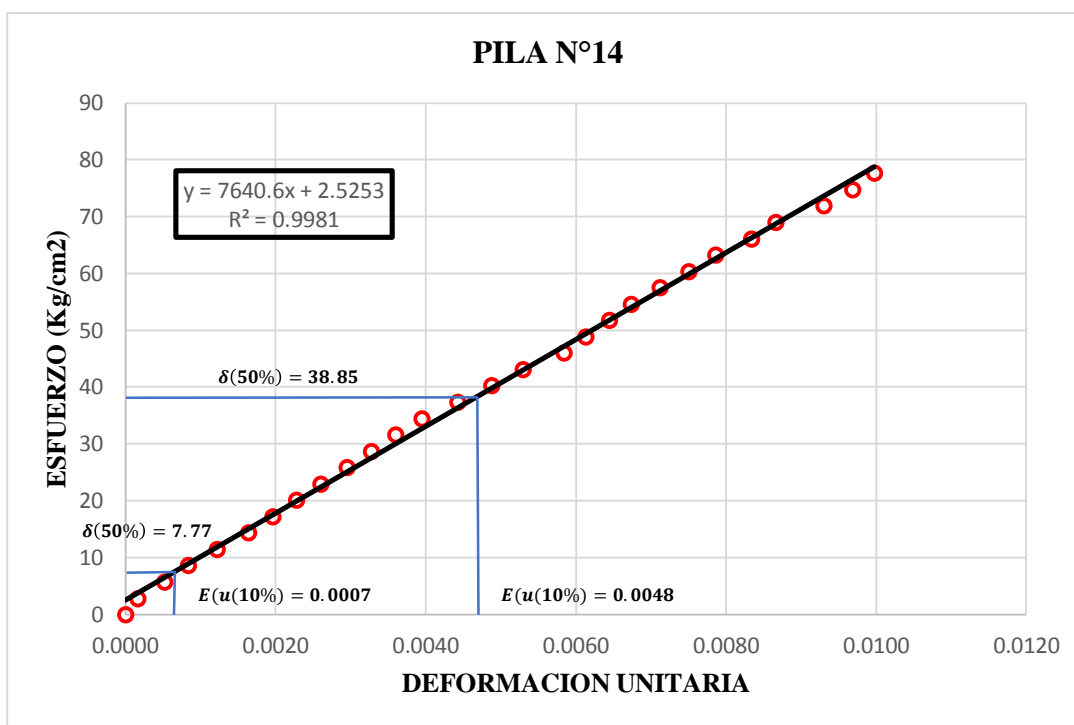


Tabla 48: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación pila N°14

PILA N° 14							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)
0	0.00	0.0000	0.00	14000	1.52	0.0049	40.28
1000	0.05	0.0002	2.88	15000	1.65	0.0053	43.16
2000	0.16	0.0005	5.75	16000	1.82	0.0058	46.04
3000	0.26	0.0008	8.63	17000	1.91	0.0061	48.92
4000	0.38	0.0012	11.51	18000	2.01	0.0064	51.79

5000	0.51	0.0016	14.39	19000	2.10	0.0067	54.67
6000	0.61	0.0020	17.26	20000	2.22	0.0071	57.55
7000	0.71	0.0023	20.14	21000	2.34	0.0075	60.43
8000	0.81	0.0026	23.02	22000	2.45	0.0079	63.30
9000	0.92	0.0029	25.90	23000	2.60	0.0083	66.18
10000	1.02	0.0033	28.77	24000	2.70	0.0087	69.06
11000	1.12	0.0036	31.65	25000	2.90	0.0093	71.94
12000	1.23	0.0039	34.53	26000	3.02	0.0097	74.81
13000	1.38	0.0044	37.41	27000	3.11	0.0100	77.69

Gráfico 20: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°14



Cálculo de módulo de elasticidad en muretes sin adición de cal

Tabla 49: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación murete N°01

MURETE N° 01							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)
0	0.00	0.0000	0.00	4200	3.96	0.0045	3.80
200	0.01	0.0000	0.18	4400	4.34	0.0049	3.98

400	0.07	0.0001	0.36	4600	4.63	0.0052	4.16
600	0.17	0.0002	0.54	4800	4.64	0.0052	4.34
800	0.30	0.0003	0.72	5000	4.79	0.0054	4.53
1000	0.42	0.0005	0.91	5200	4.78	0.0054	4.71
1200	0.51	0.0006	1.09	5400	4.79	0.0054	4.89
1400	0.64	0.0007	1.27	5600	5.03	0.0057	5.07
1600	0.74	0.0008	1.45	5800	5.05	0.0057	5.25
1800	0.88	0.0010	1.63	6000	5.05	0.0057	5.43
2000	1.04	0.0012	1.81	6200	5.40	0.0061	5.61
2200	1.26	0.0014	1.99	6400	5.37	0.0061	5.79
2400	1.46	0.0017	2.17	6600	5.38	0.0061	5.97
2600	1.63	0.0018	2.35	6800	5.82	0.0066	6.15
2800	1.90	0.0021	2.53	7000	5.82	0.0066	6.34
3000	2.31	0.0026	2.72	7200	5.83	0.0066	6.52
3200	2.74	0.0031	2.90	7400	6.08	0.0069	6.70
3400	3.09	0.0035	3.08	7600	6.11	0.0069	6.88
3600	3.47	0.0039	3.26	7800	6.32	0.0072	7.06
3800	3.47	0.0039	3.44	8000	6.50	0.0074	7.24
4000	3.95	0.0045	3.62				

Gráfico 21: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°01

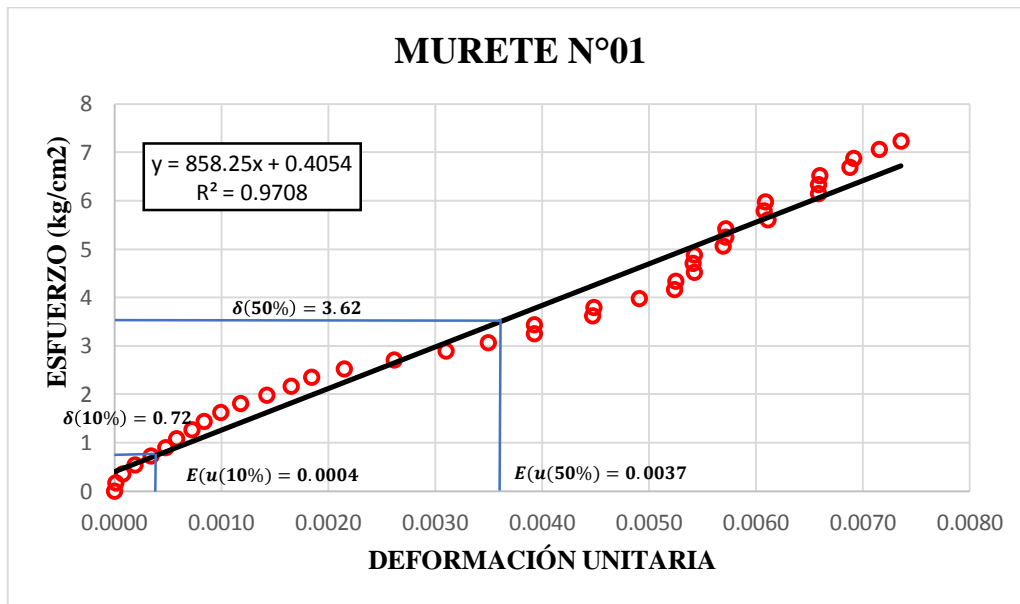


Tabla 50: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación murete N°02

MURETE N° 02							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)
0	0.00	0.0000	0.00	4400	2.88	0.0033	4.01

200	0.06	0.0001	0.18	4600	3.03	0.0034	4.20
400	0.16	0.0002	0.36	4800	3.19	0.0036	4.38
600	0.27	0.0003	0.55	5000	3.44	0.0039	4.56
800	0.37	0.0004	0.73	5200	3.70	0.0042	4.74
1000	0.48	0.0005	0.91	5400	3.88	0.0044	4.93
1200	0.62	0.0007	1.09	5600	4.13	0.0047	5.11
1400	0.73	0.0008	1.28	5800	4.32	0.0049	5.29
1600	0.89	0.0010	1.46	6000	4.43	0.0050	5.47
1800	1.03	0.0012	1.64	6200	4.55	0.0051	5.66
2000	1.16	0.0013	1.82	6400	4.64	0.0052	5.84
2200	1.35	0.0015	2.01	6600	4.74	0.0054	6.02
2400	1.51	0.0017	2.19	6800	4.82	0.0055	6.20
2600	1.66	0.0019	2.37	7000	4.93	0.0056	6.39
2800	1.75	0.0020	2.55	7200	5.03	0.0057	6.57
3000	1.85	0.0021	2.74	7400	5.14	0.0058	6.75
3200	1.94	0.0022	2.92	7600	5.25	0.0059	6.93
3400	2.01	0.0023	3.10	7800	5.41	0.0061	7.12
3600	2.18	0.0025	3.28	8000	5.55	0.0063	7.30
3800	2.38	0.0027	3.47	8200	5.72	0.0065	7.48
4000	2.55	0.0029	3.65	8400	5.87	0.0066	7.66
4200	2.73	0.0031	3.83	8500	6.35	0.0072	7.76

Gráfico 22: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°02

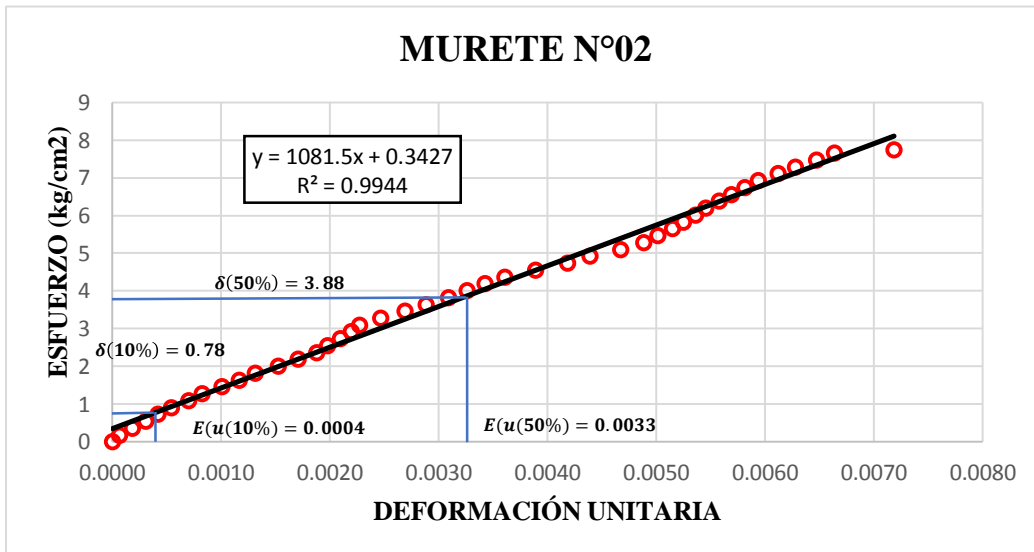


Tabla 51: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación murete N°03

MURETE N° 03

CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)
0	0.00	0.0000	0.00	4600	2.61	0.0030	4.16
200	0.02	0.0000	0.18	4800	2.80	0.0032	4.34
400	0.07	0.0001	0.36	5000	2.94	0.0033	4.53
600	0.14	0.0002	0.54	5200	3.14	0.0036	4.71
800	0.21	0.0002	0.72	5400	3.27	0.0037	4.89
1000	0.28	0.0003	0.91	5600	3.49	0.0039	5.07
1200	0.38	0.0004	1.09	5800	3.64	0.0041	5.25
1400	0.46	0.0005	1.27	6000	3.74	0.0042	5.43
1600	0.56	0.0006	1.45	6200	3.84	0.0043	5.61
1800	0.65	0.0007	1.63	6400	3.94	0.0045	5.79
2000	0.78	0.0009	1.81	6600	4.04	0.0046	5.97
2200	0.95	0.0011	1.99	6800	4.18	0.0047	6.15
2400	1.10	0.0012	2.17	7000	4.27	0.0048	6.34
2600	1.23	0.0014	2.35	7200	4.32	0.0049	6.52
2800	1.36	0.0015	2.53	7400	4.40	0.0050	6.70
3000	1.41	0.0016	2.72	7600	4.49	0.0051	6.88
3200	1.51	0.0017	2.90	7800	4.56	0.0052	7.06
3400	1.58	0.0018	3.08	8000	4.79	0.0054	7.24
3600	1.65	0.0019	3.26	8200	4.86	0.0055	7.42
3800	1.72	0.0019	3.44	8400	4.92	0.0056	7.60
4000	1.92	0.0022	3.62	8600	5.08	0.0057	7.78
4200	2.11	0.0024	3.80	8800	5.24	0.0059	7.96
4400	2.35	0.0027	3.98	9000	5.50	0.0062	8.15

Gráfico 23: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°04

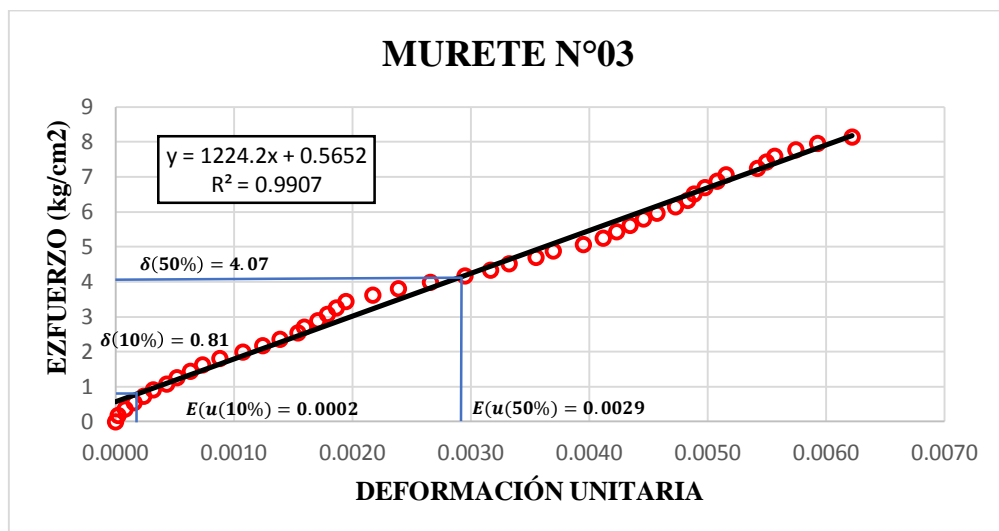


Tabla 52: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°04

MURETE N° 04							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)
0	0.00	0.0000	0.00	4400	3.13	0.0035	4.05
200	0.01	0.0000	0.18	4600	3.25	0.0037	4.23
400	0.05	0.0001	0.37	4800	3.31	0.0037	4.42
600	0.09	0.0001	0.55	5000	3.41	0.0039	4.60
800	0.16	0.0002	0.74	5200	3.55	0.0040	4.78
1000	0.26	0.0003	0.92	5400	3.70	0.0042	4.97
1200	0.30	0.0003	1.10	5600	3.86	0.0044	5.15
1400	0.40	0.0005	1.29	5800	4.04	0.0046	5.33
1600	0.51	0.0006	1.47	6000	4.04	0.0046	5.52
1800	0.59	0.0007	1.66	6200	4.16	0.0047	5.70
2000	0.71	0.0008	1.84	6400	4.17	0.0047	5.89
2200	0.82	0.0009	2.02	6600	4.33	0.0049	6.07
2400	0.89	0.0010	2.21	6800	4.36	0.0049	6.25
2600	1.02	0.0012	2.39	7000	4.46	0.0050	6.44
2800	1.14	0.0013	2.58	7200	4.62	0.0052	6.62
3000	1.26	0.0014	2.76	7400	4.75	0.0054	6.81
3200	1.41	0.0016	2.94	7600	4.88	0.0055	6.99
3400	1.60	0.0018	3.13	7800	5.01	0.0057	7.17
3600	2.00	0.0023	3.31	8000	5.18	0.0059	7.36
3800	2.47	0.0028	3.50	8200	5.25	0.0059	7.54
4000	2.65	0.0030	3.68	8400	5.36	0.0061	7.73
4200	2.92	0.0033	3.86	8600	5.70	0.0064	7.91

Gráfico 24: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°04

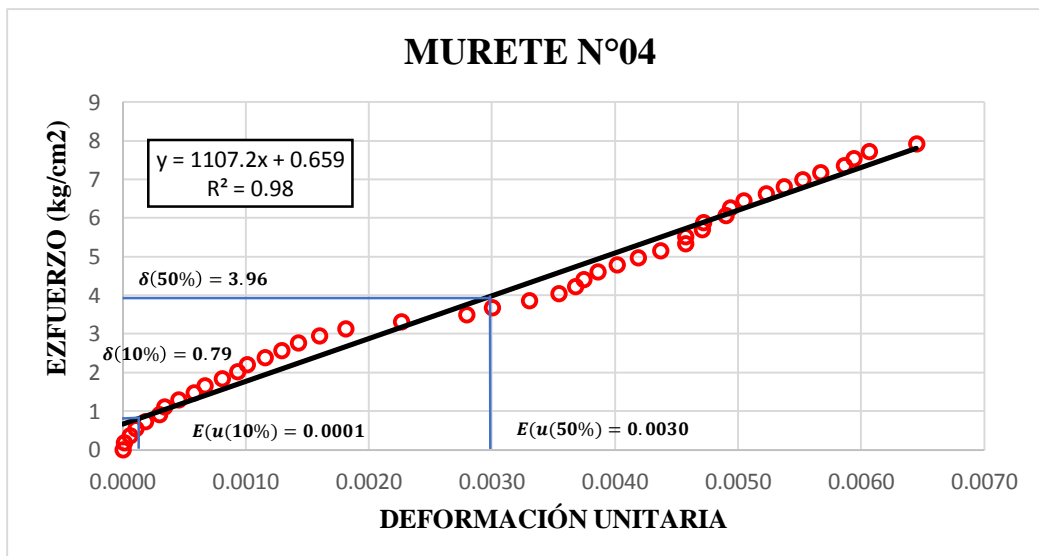


Tabla 53: Datos procesados para la obtención del grafico esfuerzo vs deformación murete N°05

MURETE N° 05							
CARGA	DEF.	DEFO.	ESF.	CARGA	DEF.	DEFO.	ESF.
(Kg)	(mm)	UNIT	(Kg/cm2)	(Kg)	(mm)	UNIT	(Kg/cm2)
0	0.00	0.0000	0.00	4600	2.96	0.0033	4.16
200	0.01	0.0000	0.18	4800	3.17	0.0036	4.34
400	0.06	0.0001	0.36	5000	3.36	0.0038	4.53
600	0.11	0.0001	0.54	5200	3.53	0.0040	4.71
800	0.18	0.0002	0.72	5400	3.70	0.0042	4.89
1000	0.30	0.0003	0.91	5600	3.80	0.0043	5.07
1200	0.40	0.0005	1.09	5800	3.91	0.0044	5.25
1400	0.47	0.0005	1.27	6000	4.02	0.0045	5.43
1600	0.54	0.0006	1.45	6200	4.12	0.0047	5.61
1800	0.67	0.0008	1.63	6400	4.21	0.0048	5.79
2000	0.78	0.0009	1.81	6600	4.29	0.0049	5.97
2200	0.88	0.0010	1.99	6800	4.36	0.0049	6.15
2400	0.98	0.0011	2.17	7000	4.44	0.0050	6.34
2600	1.07	0.0012	2.35	7200	4.51	0.0051	6.52
2800	1.19	0.0013	2.53	7400	4.57	0.0052	6.70
3000	1.31	0.0015	2.72	7600	4.67	0.0053	6.88
3200	1.45	0.0016	2.90	7800	4.83	0.0055	7.06
3400	1.57	0.0018	3.08	8000	4.97	0.0056	7.24
3600	1.72	0.0019	3.26	8200	5.14	0.0058	7.42
3800	1.93	0.0022	3.44	8400	5.30	0.0060	7.60
4000	2.19	0.0025	3.62	8600	5.45	0.0062	7.78
4200	2.45	0.0028	3.80	8800	5.60	0.0063	7.96
4400	2.65	0.0030	3.98				

Gráfico 25: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°05

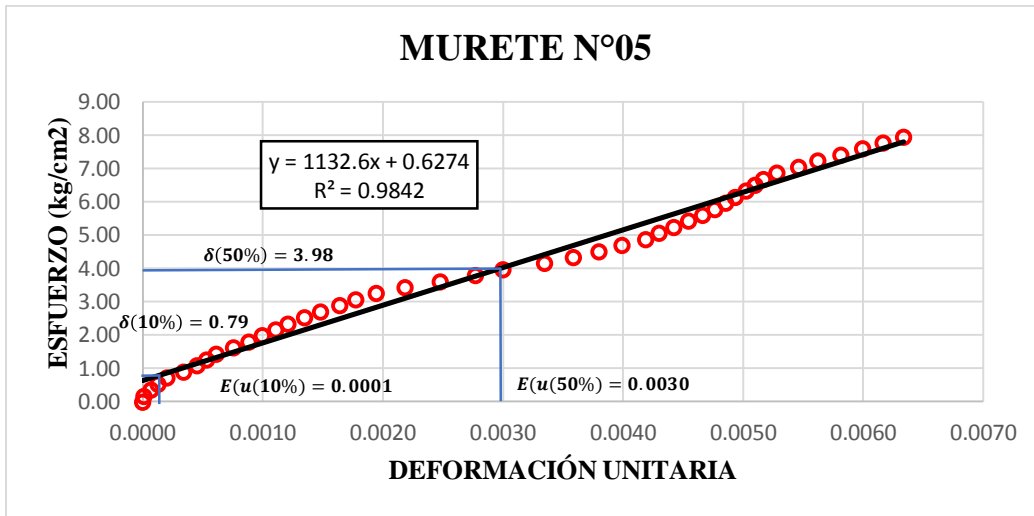


Tabla 54: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación murete N°06

MURETE N° 06							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)
0	0.00	0.0000	0.00	4800	3.24	0.0037	4.38
200	0.03	0.0000	0.18	5000	3.46	0.0039	4.56
400	0.13	0.0001	0.36	5200	3.69	0.0042	4.74
600	0.20	0.0002	0.55	5400	3.84	0.0043	4.93
800	0.27	0.0003	0.73	5600	3.95	0.0045	5.11
1000	0.32	0.0004	0.91	5800	4.05	0.0046	5.29
1200	0.43	0.0005	1.09	6000	4.09	0.0046	5.47
1400	0.52	0.0006	1.28	6200	4.12	0.0047	5.66
1600	0.63	0.0007	1.46	6400	4.16	0.0047	5.84
1800	0.73	0.0008	1.64	6600	4.22	0.0048	6.02
2000	0.86	0.0010	1.82	6800	4.26	0.0048	6.20
2200	0.96	0.0011	2.01	7000	4.33	0.0049	6.39
2400	1.06	0.0012	2.19	7200	4.38	0.0050	6.57
2600	1.21	0.0014	2.37	7400	4.43	0.0050	6.75
2800	1.34	0.0015	2.55	7600	4.54	0.0051	6.93
3000	1.45	0.0016	2.74	7800	4.58	0.0052	7.12
3200	1.57	0.0018	2.92	8000	4.65	0.0053	7.30
3400	1.78	0.0020	3.10	8200	4.71	0.0053	7.48
3600	1.99	0.0023	3.28	8400	4.79	0.0054	7.66
3800	2.16	0.0024	3.47	8600	5.00	0.0057	7.85
4000	2.33	0.0026	3.65	8800	5.11	0.0058	8.03
4200	2.52	0.0029	3.83	9000	5.20	0.0059	8.21
4400	2.72	0.0031	4.01	9200	5.30	0.0060	8.39

4600 2.95 0.0033 4.20 9240 5.40 0.0061 8.43

Gráfico 26: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°06

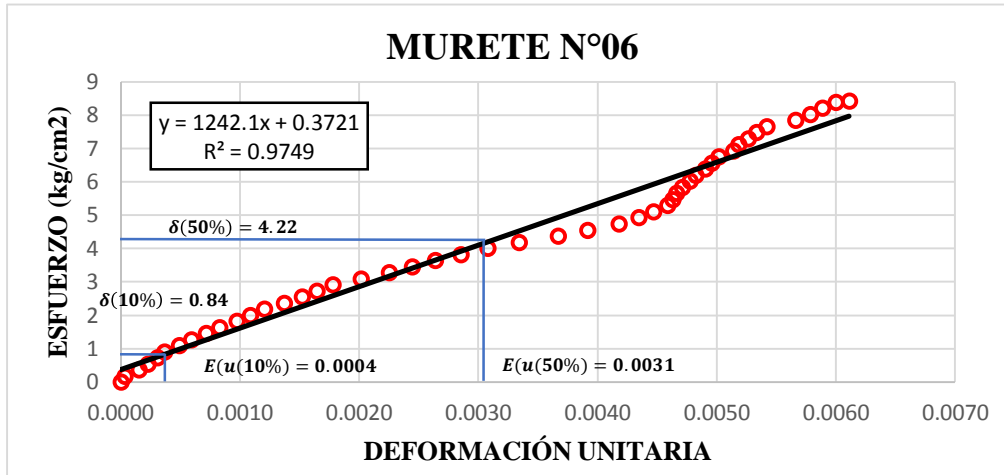
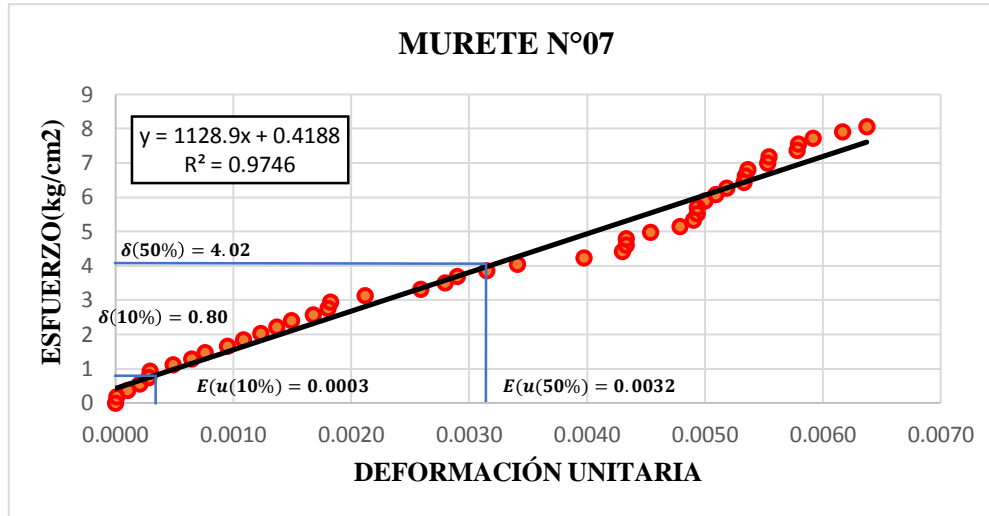


Tabla 55: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación murete N°07

MURETE N° 07							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)
0	0.00	0.0000	0.00	4600	3.51	0.0040	4.23
200	0.01	0.0000	0.18	4800	3.80	0.0043	4.42
400	0.09	0.0001	0.37	5000	3.83	0.0043	4.60
600	0.18	0.0002	0.55	5200	3.83	0.0043	4.78
800	0.25	0.0003	0.74	5400	4.01	0.0045	4.97
1000	0.26	0.0003	0.92	5600	4.23	0.0048	5.15
1200	0.43	0.0005	1.10	5800	4.33	0.0049	5.33
1400	0.57	0.0006	1.29	6000	4.36	0.0049	5.52
1600	0.67	0.0008	1.47	6200	4.36	0.0049	5.70
1800	0.84	0.0010	1.66	6400	4.42	0.0050	5.89
2000	0.96	0.0011	1.84	6600	4.50	0.0051	6.07
2200	1.09	0.0012	2.02	6800	4.58	0.0052	6.25
2400	1.21	0.0014	2.21	7000	4.71	0.0053	6.44
2600	1.32	0.0015	2.39	7200	4.72	0.0053	6.62
2800	1.48	0.0017	2.58	7400	4.74	0.0054	6.81
3000	1.59	0.0018	2.76	7600	4.89	0.0055	6.99
3200	1.61	0.0018	2.94	7800	4.90	0.0055	7.17
3400	1.87	0.0021	3.13	8000	5.11	0.0058	7.36
3600	2.29	0.0026	3.31	8200	5.12	0.0058	7.54
3800	2.47	0.0028	3.50	8400	5.23	0.0059	7.73
4000	2.56	0.0029	3.68	8600	5.45	0.0062	7.91

4200	2.78	0.0031	3.86	8750	5.63	0.0064	8.05
4400	3.01	0.0034	4.05				

Gráfico 27: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°07



Cálculo de módulo de elasticidad en muretes con 17% de adición de cal

Tabla 56: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación murete N°08

MURETE N° 08							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm2)
0	0.00	0.0000	0.00	5000	2.77	0.0031	4.60
200	0.09	0.0001	0.18	5200	2.99	0.0034	4.78
400	0.18	0.0002	0.37	5400	2.97	0.0034	4.97
600	0.27	0.0003	0.55	5600	2.95	0.0033	5.15
800	0.34	0.0004	0.74	5800	3.19	0.0036	5.33
1000	0.43	0.0005	0.92	6000	3.25	0.0037	5.52
1200	0.52	0.0006	1.10	6200	3.37	0.0038	5.70
1400	0.60	0.0007	1.29	6400	3.34	0.0038	5.89
1600	0.69	0.0008	1.47	6600	3.50	0.0040	6.07
1800	0.75	0.0008	1.66	6800	3.58	0.0041	6.25
2000	0.86	0.0010	1.84	7000	3.63	0.0041	6.44
2200	0.96	0.0011	2.02	7200	3.62	0.0041	6.62
2400	1.02	0.0012	2.21	7400	3.60	0.0041	6.81
2600	1.13	0.0013	2.39	7600	3.72	0.0042	6.99
2800	1.22	0.0014	2.58	7800	3.82	0.0043	7.17
3000	1.34	0.0015	2.76	8000	3.98	0.0045	7.36
3200	1.45	0.0016	2.94	8200	4.07	0.0046	7.54
3400	1.57	0.0018	3.13	8400	4.21	0.0048	7.73
3600	1.69	0.0019	3.31	8600	4.28	0.0048	7.91
3800	1.82	0.0021	3.50	8800	4.35	0.0049	8.09
4000	2.00	0.0023	3.68	9000	4.47	0.0051	8.28

4200	2.16	0.0024	3.86	9200	4.59	0.0052	8.46
4400	2.35	0.0027	4.05	9400	4.92	0.0056	8.65
4600	2.49	0.0028	4.23	9600	5.34	0.0060	8.83
4800	2.62	0.0030	4.42				

Gráfico 28: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°08

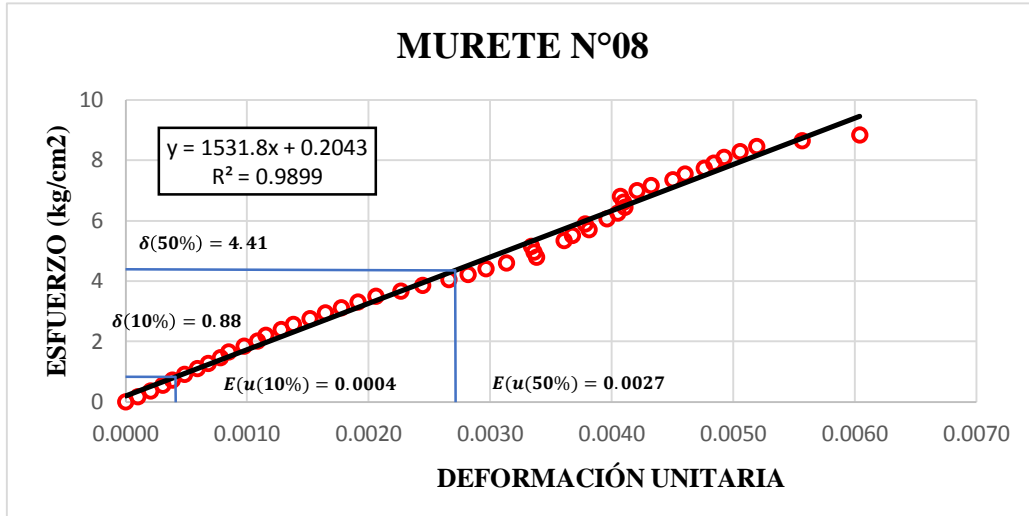


Tabla 57: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación murete N°09

MURETE N° 09							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)
0	0.00	0.0000	0.00	4800	3.35	0.0038	4.54
200	0.01	0.0000	0.19	5000	3.34	0.0038	4.73
400	0.08	0.0001	0.38	5200	3.32	0.0038	4.92
600	0.17	0.0002	0.57	5400	3.32	0.0038	5.11
800	0.24	0.0003	0.76	5600	3.43	0.0039	5.30
1000	0.35	0.0004	0.95	5800	3.63	0.0041	5.48
1200	0.40	0.0005	1.13	6000	3.68	0.0042	5.67
1400	0.57	0.0006	1.32	6200	3.69	0.0042	5.86
1600	0.63	0.0007	1.51	6400	3.79	0.0043	6.05
1800	0.86	0.0010	1.70	6600	3.95	0.0045	6.24
2000	1.05	0.0012	1.89	6800	3.94	0.0045	6.43
2200	1.22	0.0014	2.08	7000	3.92	0.0044	6.62
2400	1.47	0.0017	2.27	7200	4.09	0.0046	6.81
2600	1.61	0.0018	2.46	7400	4.18	0.0047	7.00
2800	1.83	0.0021	2.65	7600	4.31	0.0049	7.19
3000	1.89	0.0021	2.84	7800	4.29	0.0049	7.38
3200	2.04	0.0023	3.03	8000	4.30	0.0049	7.56
3400	2.15	0.0024	3.21	8200	4.42	0.0050	7.75
3600	2.36	0.0027	3.40	8400	4.51	0.0051	7.94
3800	2.58	0.0029	3.59	8600	4.63	0.0052	8.13

4000	2.68	0.0030	3.78	8800	4.63	0.0052	8.32
4200	2.84	0.0032	3.97	9000	4.90	0.0055	8.51
4400	2.98	0.0034	4.16	9200	4.99	0.0056	8.70
4600	3.12	0.0035	4.35	9400	5.40	0.0061	8.89

Gráfico 29: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°09

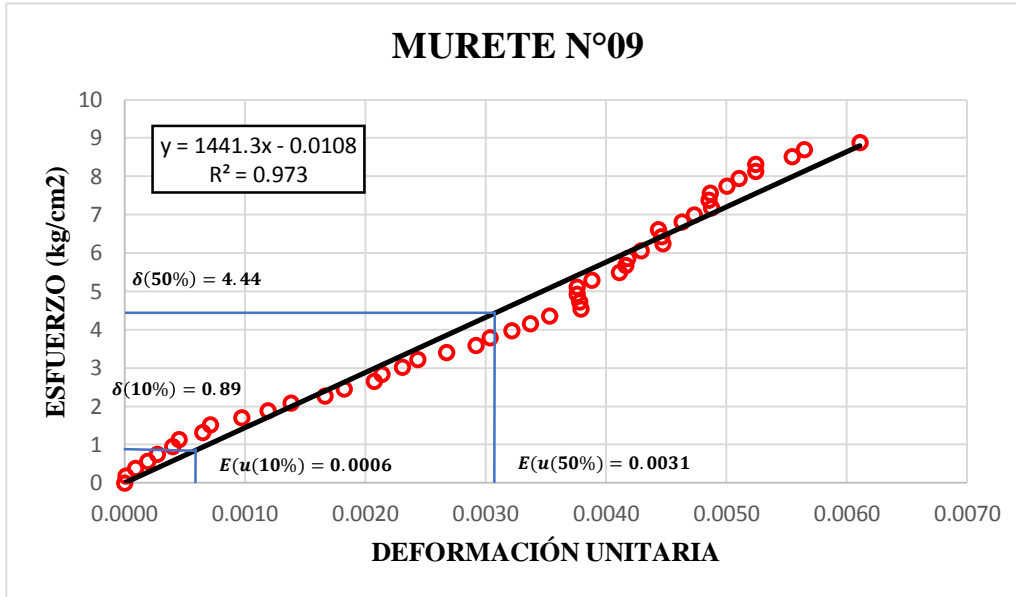


Tabla 58: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación murete N°10

MURETE N° 10							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)
0	0.00	0.0000	0.00	5000	1.98	0.0022	4.49
200	0.03	0.0000	0.18	5200	2.12	0.0024	4.67
400	0.05	0.0001	0.36	5400	2.22	0.0025	4.85
600	0.13	0.0001	0.54	5600	2.32	0.0026	5.03
800	0.21	0.0002	0.72	5800	2.42	0.0027	5.21
1000	0.28	0.0003	0.90	6000	2.78	0.0031	5.39
1200	0.35	0.0004	1.08	6200	2.93	0.0033	5.57
1400	0.41	0.0005	1.26	6400	2.91	0.0033	5.75
1600	0.46	0.0005	1.44	6600	2.91	0.0033	5.93
1800	0.63	0.0007	1.62	6800	2.92	0.0033	6.11
2000	0.65	0.0007	1.80	7000	3.07	0.0035	6.29
2200	0.73	0.0008	1.98	7200	3.16	0.0036	6.47
2400	0.88	0.0010	2.16	7400	3.25	0.0037	6.65
2600	0.86	0.0010	2.34	7600	3.41	0.0039	6.83
2800	0.86	0.0010	2.52	7800	3.41	0.0039	7.01
3000	1.01	0.0011	2.70	8000	3.40	0.0038	7.19
3200	1.24	0.0014	2.88	8200	3.41	0.0039	7.37
3400	1.28	0.0014	3.06	8400	3.61	0.0041	7.55

3600	1.38	0.0016	3.24	8600	3.79	0.0043	7.73
3800	1.43	0.0016	3.41	8800	3.99	0.0045	7.91
4000	1.44	0.0016	3.59	9000	4.17	0.0047	8.09
4200	1.62	0.0018	3.77	9200	4.36	0.0049	8.27
4400	1.80	0.0020	3.95	9400	4.53	0.0051	8.45
4600	1.91	0.0022	4.13	9600	4.88	0.0055	8.63
4800	1.97	0.0022	4.31	9800	5.20	0.0059	8.81

Gráfico 30: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°10

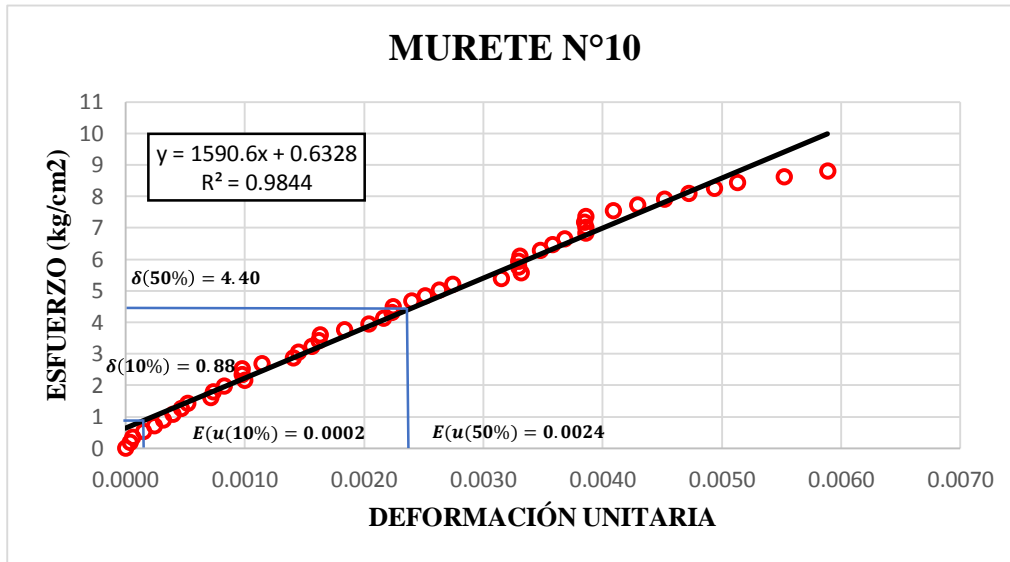


Tabla 59: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación murete N°11

MURETE N° 11							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)
0	0.00	0.0000	0.00	5000	3.05	0.0034	4.67
200	0.05	0.0001	0.19	5200	3.03	0.0034	4.86
400	0.08	0.0001	0.37	5400	3.04	0.0034	5.04
600	0.11	0.0001	0.56	5600	3.02	0.0034	5.23
800	0.40	0.0005	0.75	5800	3.19	0.0036	5.42
1000	0.48	0.0005	0.93	6000	3.39	0.0038	5.61
1200	0.54	0.0006	1.12	6200	3.40	0.0038	5.79
1400	0.64	0.0007	1.31	6400	3.40	0.0038	5.98
1600	0.85	0.0010	1.49	6600	3.56	0.0040	6.17
1800	0.91	0.0010	1.68	6800	3.65	0.0041	6.35
2000	1.00	0.0011	1.87	7000	3.82	0.0043	6.54
2200	0.99	0.0011	2.06	7200	4.02	0.0045	6.73
2400	1.10	0.0012	2.24	7400	4.21	0.0048	6.91
2600	1.30	0.0015	2.43	7600	4.22	0.0048	7.10
2800	1.35	0.0015	2.62	7800	4.22	0.0048	7.29
3000	1.53	0.0017	2.80	8000	4.44	0.0050	7.47

3200	1.61	0.0018	2.99	8200	4.55	0.0051	7.66
3400	1.71	0.0019	3.18	8400	4.62	0.0052	7.85
3600	1.81	0.0020	3.36	8600	4.74	0.0054	8.03
3800	2.04	0.0023	3.55	8800	4.74	0.0054	8.22
4000	2.40	0.0027	3.74	9000	4.85	0.0055	8.41
4200	2.62	0.0030	3.92	9200	5.01	0.0057	8.60
4400	2.67	0.0030	4.11	9400	5.01	0.0057	8.78
4600	2.85	0.0032	4.30	9520	5.37	0.0061	8.89
4800	2.93	0.0033	4.48				

Gráfico 31: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°11

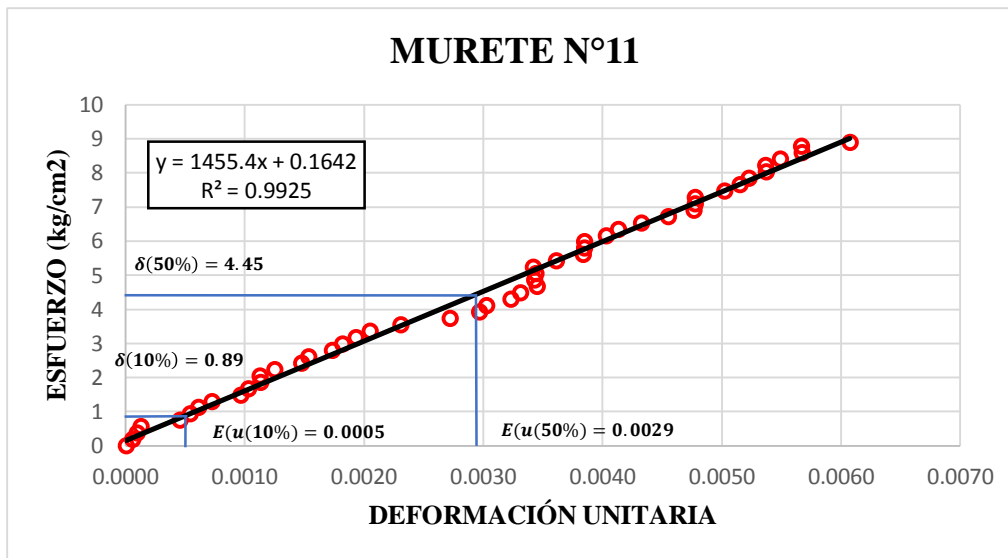


Tabla 60: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación murete N°12

MURETE N° 12							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)
0	0.00	0.0000	0.00	5400	2.59	0.0029	4.98
200	0.14	0.0002	0.18	5600	2.76	0.0031	5.16
400	0.29	0.0003	0.37	5800	2.93	0.0033	5.34
600	0.35	0.0004	0.55	6000	3.16	0.0036	5.53
800	0.45	0.0005	0.74	6200	3.13	0.0035	5.71
1000	0.54	0.0006	0.92	6400	3.12	0.0035	5.90
1200	0.63	0.0007	1.11	6600	3.26	0.0037	6.08
1400	0.73	0.0008	1.29	6800	3.39	0.0038	6.26
1600	0.76	0.0009	1.47	7000	3.51	0.0040	6.45
1800	0.82	0.0009	1.66	7200	3.64	0.0041	6.63
2000	0.88	0.0010	1.84	7400	3.79	0.0043	6.82
2200	0.95	0.0011	2.03	7600	3.94	0.0045	7.00
2400	1.00	0.0011	2.21	7800	3.97	0.0045	7.19
2600	1.09	0.0012	2.40	8000	3.97	0.0045	7.37

2800	1.13	0.0013	2.58	8200	3.95	0.0045	7.55
3000	1.22	0.0014	2.76	8400	4.07	0.0046	7.74
3200	1.25	0.0014	2.95	8600	4.17	0.0047	7.92
3400	1.32	0.0015	3.13	8800	4.33	0.0049	8.11
3600	1.41	0.0016	3.32	9000	4.47	0.0051	8.29
3800	1.46	0.0017	3.50	9200	4.47	0.0051	8.48
4000	1.70	0.0019	3.69	9400	4.45	0.0050	8.66
4200	1.82	0.0021	3.87	9600	4.43	0.0050	8.84
4400	1.96	0.0022	4.05	9800	4.57	0.0052	9.03
4600	2.09	0.0024	4.24	10000	4.70	0.0053	9.21
4800	2.31	0.0026	4.42	10200	4.74	0.0054	9.40
5000	2.51	0.0028	4.61	10220	5.07	0.0057	9.42
5200	2.60	0.0029	4.79				

Gráfico 32: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°12

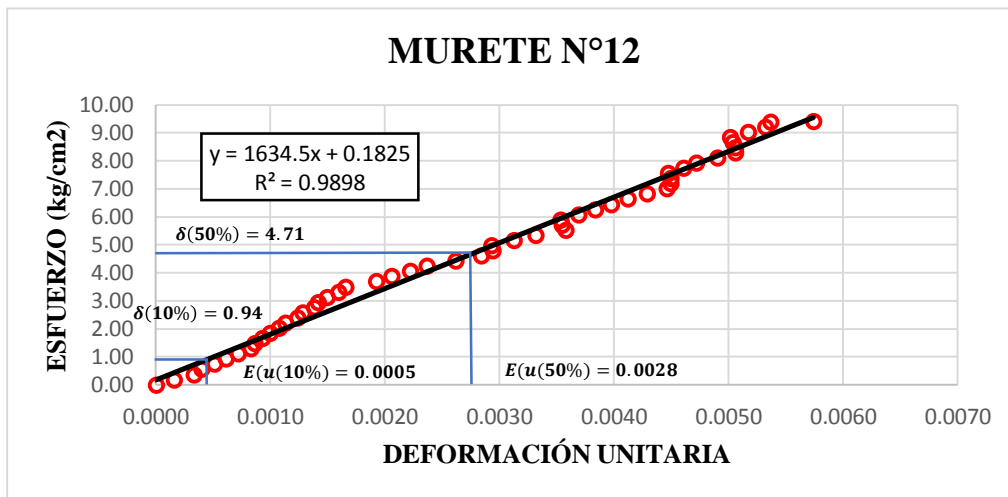


Tabla 61: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación murete N°13

MURETE N° 13							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)
0	0.00	0.0000	0.00	5000	2.13	0.0024	4.64
200	0.10	0.0001	0.19	5200	2.28	0.0026	4.82
400	0.18	0.0002	0.37	5400	2.44	0.0028	5.01
600	0.25	0.0003	0.56	5600	2.70	0.0031	5.19
800	0.35	0.0004	0.74	5800	2.92	0.0033	5.38
1000	0.41	0.0005	0.93	6000	3.05	0.0035	5.56
1200	0.47	0.0005	1.11	6200	3.27	0.0037	5.75
1400	0.53	0.0006	1.30	6400	3.25	0.0037	5.94
1600	0.59	0.0007	1.48	6600	3.26	0.0037	6.12
1800	0.68	0.0008	1.67	6800	3.29	0.0037	6.31
2000	0.71	0.0008	1.85	7000	3.55	0.0040	6.49
2200	0.78	0.0009	2.04	7200	3.55	0.0040	6.68

2400	0.84	0.0010	2.23	7400	3.64	0.0041	6.86
2600	0.94	0.0011	2.41	7600	3.63	0.0041	7.05
2800	0.98	0.0011	2.60	7800	3.72	0.0042	7.23
3000	1.08	0.0012	2.78	8000	3.84	0.0043	7.42
3200	1.13	0.0013	2.97	8200	3.96	0.0045	7.60
3400	1.23	0.0014	3.15	8400	4.07	0.0046	7.79
3600	1.26	0.0014	3.34	8600	4.06	0.0046	7.98
3800	1.38	0.0016	3.52	8800	4.05	0.0046	8.16
4000	1.38	0.0016	3.71	9000	4.12	0.0047	8.35
4200	1.48	0.0017	3.89	9200	4.32	0.0049	8.53
4400	1.67	0.0019	4.08	9400	4.47	0.0051	8.72
4600	1.78	0.0020	4.27	9600	4.83	0.0055	8.90
4800	1.99	0.0023	4.45	9700	5.30	0.0060	9.00

Gráfico 33: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la murete N°13

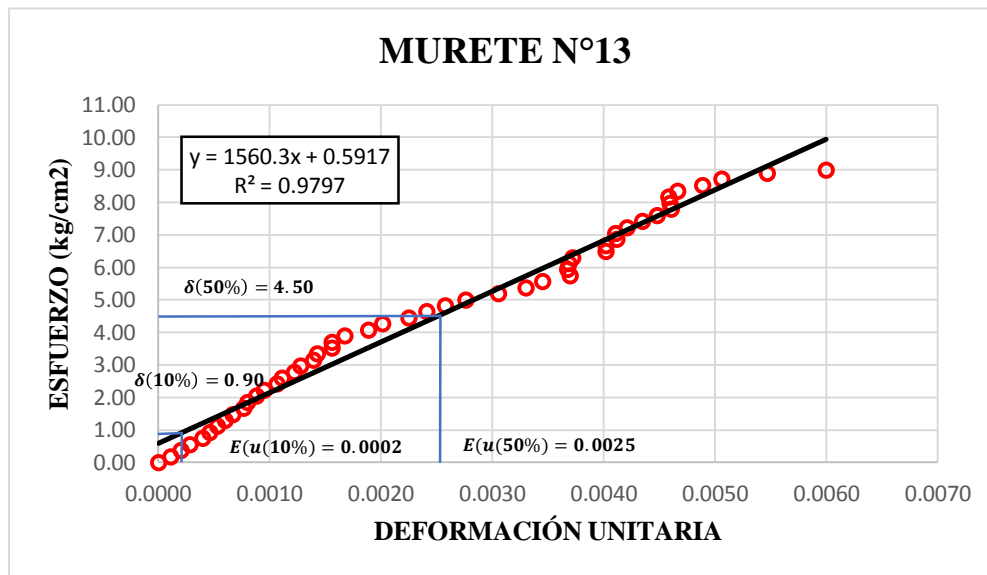
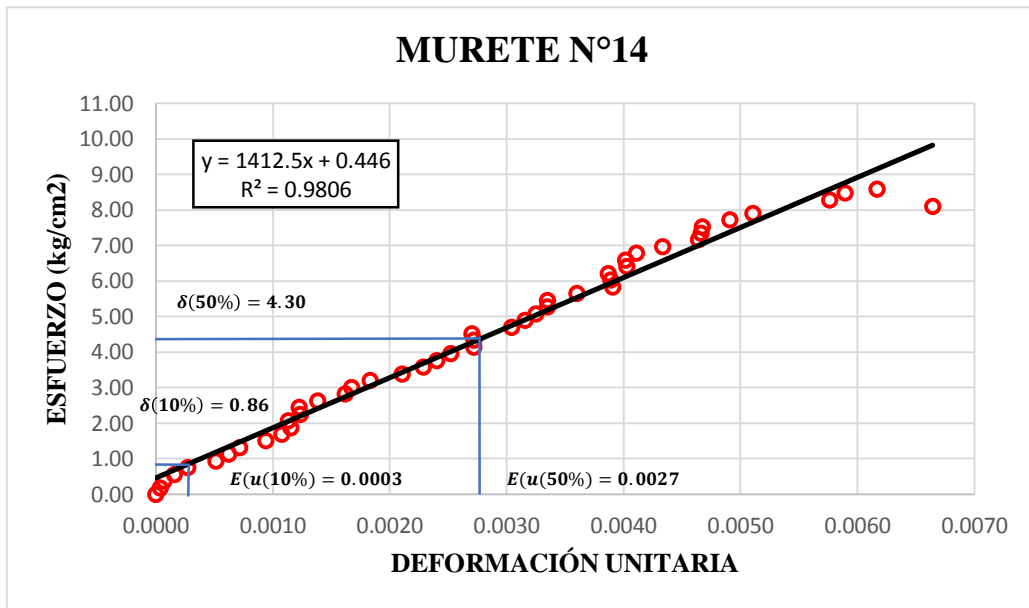


Tabla 62: Datos procesados para la obtención del gráfico esfuerzo vs deformación murete N°14

MURETE N° 14							
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)	CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEFO. UNIT	ESF. (Kg/cm ²)
0	0.00	0.0000	0.00	4800	2.39	0.0027	4.53
200	0.03	0.0000	0.19	5000	2.69	0.0030	4.71
400	0.06	0.0001	0.38	5200	2.79	0.0032	4.90
600	0.14	0.0002	0.57	5400	2.87	0.0032	5.09
800	0.24	0.0003	0.75	5600	2.96	0.0033	5.28
1000	0.45	0.0005	0.94	5800	2.96	0.0033	5.47
1200	0.55	0.0006	1.13	6000	3.18	0.0036	5.66
1400	0.63	0.0007	1.32	6200	3.45	0.0039	5.85
1600	0.83	0.0009	1.51	6400	3.44	0.0039	6.03
1800	0.95	0.0011	1.70	6600	3.42	0.0039	6.22

2000	1.02	0.0012	1.89	6800	3.56	0.0040	6.41
2200	1.00	0.0011	2.07	7000	3.55	0.0040	6.60
2400	1.09	0.0012	2.26	7200	3.63	0.0041	6.79
2600	1.08	0.0012	2.45	7400	3.83	0.0043	6.98
2800	1.22	0.0014	2.64	7600	4.10	0.0046	7.17
3000	1.43	0.0016	2.83	7800	4.12	0.0047	7.35
3200	1.48	0.0017	3.02	8000	4.13	0.0047	7.54
3400	1.62	0.0018	3.21	8200	4.34	0.0049	7.73
3600	1.86	0.0021	3.39	8400	4.51	0.0051	7.92
3800	2.02	0.0023	3.58	8600	5.87	0.0066	8.11
4000	2.12	0.0024	3.77	8800	5.09	0.0058	8.30
4200	2.23	0.0025	3.96	9000	5.21	0.0059	8.49
4400	2.40	0.0027	4.15	9120	5.45	0.0062	8.60
4600	2.40	0.0027	4.34				

Gráfico 34: Esfuerzo Vs deformación unitaria de la pila N°14



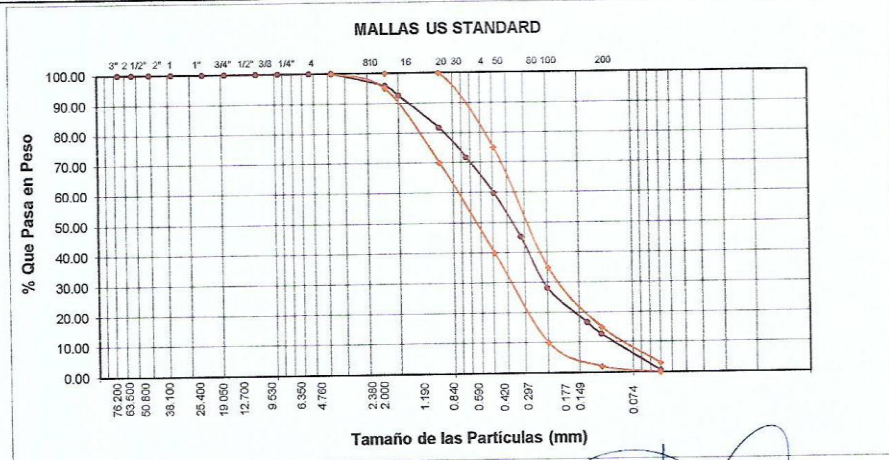
ANEXO 3. Resultados de ensayo en agregado

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA ASTM D422

TESISTA : KATERIN YEDALITA HERNANDE CAMACHO
: EDINSON ALDAIR SANCHEZ CORONEL
TESIS : "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EM PRISMAS DE ALBAÑILERÍA CON LADRILLO TIPO IV Y JUNTA DE MORTERO
MODIFICADO CON ADICION DE CAL"
UBICACIÓN : JAEN - JAEN - CAJAMARCA
FECHA : SETIEMBRE DEL 2019

MUESTRA N°: M - 01

Abertura Malla	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.20					AGREGADO FINO PARA ELABORACION DE CONCRETO L.L. : L.P. : I.P. : CLASIFICACION AASHTO : Módulo de Fineza: 2.22 Humedad Natural : 1.12 %
2 1/2"	63.50					
2"	50.80					
1 1/2"	38.10					
1"	25.40					
3/4"	19.05					
1/2"	12.70					
3/8"	9.53					
1/4"	6.35					
N° 04	4.76			100.00	100	
N° 08	2.38	21.00	4.20	95.80	95 - 100	OBSERVACIONES: Arena procedente de la cantera Josecito - Río chamaya para elaboracion de mortero Muestras proporcionadas por el solicitante. El contenido de finos excede los valores máximos permitidos.
N° 10	2.00	16.21	3.24	92.56		
N° 16	1.19	54.07	10.81	81.74	70 - 100	
N° 20	0.84	50.00	10.00	71.74		
N° 30	0.59	60.13	12.03	59.72	40 - 75	
N° 40	0.42	72.05	14.41	45.31		
N° 50	0.30	85.37	17.07	28.23	10 - 35	
N° 80	0.18	57.91	11.58	83.35		
N° 100	0.15	19.61	3.92	87.27	2 - 15	
N° 200	0.07	60.77	12.15	99.43	0 - 3	
<N° 200		2.87	0.57	100.00	0.00	
Peso Inicial	500.00					



MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
X
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Luis G. Meléndez Tuesta
ING. RESPONSABLE - CIP 58121

ANEXO 4. Resultados de ensayo a la compresión de testigos

***ANEXO 5. Resultados de
ensayos en prismas de
albañilería***



Universidad Nacional de Cajamarca

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Ensayo de Materiales

ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS (ALBAÑILERÍA)

Solicitado Por:

HERNÁNDEZ CAMACHO KÁTERIN YEDALITA
SÁNCHEZ CORONEL EDINSON ALDAIR

Proyecto:

**TESIS: "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN PRISMAS DE ALBAÑILERÍA
CON LADRILLO TIPO IV Y JUNTA DE MORTERO MODIFICADO CON
ADICIÓN DE CAL"**

Muestra:

PILAS DE ALBAÑILERÍA

Fecha:

Noviembre de 2019.



Universidad Nacional de Cajamarca

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Ensayo de Materiales

1. Consideraciones

- Se cuenta con 14 pilas de albañilería.

Nota:

- Los testigos fueron elaborados por los solicitantes.
- Para cada ensayo se ha registrado carga vs deformación. Los parámetros calculados han sido procesados por los solicitantes.

PILAS SIN CAL (DOSIFICACION CA: 1 : 3 1/2)							
PILA N° 01		PILA N° 02		PILA N° 03		PILA N° 04	
CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)
0	0.00	0	0	0	0.00	0	0.00
1000	0.10	1000	0.11	1000	0.09	1000	0.12
2000	0.28	2000	0.23	2000	0.18	2000	0.20
3000	0.54	3000	0.52	3000	0.36	3000	0.49
4000	0.69	4000	0.72	4000	0.55	4000	0.69
5000	0.81	5000	0.80	5000	0.70	5000	0.78
6000	0.96	6000	0.97	6000	0.90	6000	0.95
7000	1.07	7000	1.14	7000	1.02	7000	1.12
8000	1.18	8000	1.32	8000	1.16	8000	1.31
9000	1.30	9000	1.48	9000	1.31	9000	1.47
10000	1.42	10000	1.68	10000	1.46	10000	1.67
11000	1.53	11000	1.95	11000	1.69	11000	1.94
12000	1.69	12000	2.14	12000	1.94	12000	2.13
13000	1.78	13000	2.27	13000	2.18	13000	2.26
14000	1.91	14000	2.38	14000	2.35	14000	2.37
15000	2.14	15000	2.47	15000	2.48	15000	2.47
16000	2.36	16000	2.65	16000	2.57	16000	2.65
17000	2.61	17000	2.81	17000	2.67	17000	2.81
18000	2.74	18000	2.89	18000	2.74	18000	2.90
19000	2.89	19000	2.98	19000	2.81	19000	2.99
20000	3.05	20000	3.08	20000	2.90	20000	3.09
21000	3.28	21000	3.24	21000	3.00	21000	3.26
22000	3.51	22000	3.50	22000	3.10	22000	3.52
23000	3.62			23000	3.20		
				24000	3.30		

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
[Firma]
Carmelo Zúñiga Méndez
ING. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Av. Atahualpa N° 1050 carretera a Baños del Inca-Cajamarca
LEM



Universidad Nacional de Cajamarca

FACULTAD DE INGENIERÍA

Laboratorio de Ensayo de Materiales

PILAS SIN CAL (DOSIFICACION CA: 1 : 3 1/2)					
PILA N° 05		PILA N° 06		PILA N° 07	
CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)
0	0.00	0	0.00	0	0.00
1000	0.10	1000	0.06	1000	0.11
2000	0.27	2000	0.16	2000	0.31
3000	0.45	3000	0.31	3000	0.44
4000	0.61	4000	0.52	4000	0.55
5000	0.71	5000	0.77	5000	0.72
6000	0.93	6000	1.10	6000	0.97
7000	1.11	7000	1.34	7000	1.07
8000	1.42	8000	1.50	8000	1.21
9000	1.66	9000	1.67	9000	1.31
10000	1.87	10000	1.81	10000	1.43
11000	2.03	11000	1.93	11000	1.53
12000	2.20	12000	2.03	12000	1.69
13000	2.36	13000	2.20	13000	1.79
14000	2.46	14000	2.31	14000	1.92
15000	2.53	15000	2.41	15000	2.02
16000	2.59	16000	2.53	16000	2.22
17000	2.64	17000	2.62	17000	2.49
18000	2.71	18000	2.74	18000	2.74
19000	2.81	19000	2.91	19000	2.92
20000	2.93	20000	3.08	20000	3.09
21000	3.15	21000	3.26	21000	3.24
22000	3.38	22000	3.35	22000	3.41
22700	3.65	22500	3.67	23000	3.47
				23500	3.60

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Gerardo Chetto
Gerardo Chetto
INGENIERO
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Av. Atahualpa N° 1050 carretera a Baños del Inca-Cajamarca
LEM



Universidad Nacional de Cajamarca

FACULTAD DE INGENIERÍA

Laboratorio de Ensayo de Materiales

PILAS CON CAL (DOSIFICACION CCA: 1:17%:3 1/2)							
PILA N° 08		PILA N° 09		PILA N° 10		PILA N° 11	
CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)
0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
1000	0.10	1000	0.07	1000	0.13	1000	0.09
2000	0.31	2000	0.20	2000	0.25	2000	0.22
3000	0.49	3000	0.30	3000	0.41	3000	0.35
4000	0.64	4000	0.42	4000	0.52	4000	0.49
5000	0.77	5000	0.56	5000	0.68	5000	0.62
6000	0.89	6000	0.67	6000	0.83	6000	0.75
7000	1.03	7000	0.77	7000	0.99	7000	0.91
8000	1.14	8000	0.88	8000	1.14	8000	1.07
9000	1.25	9000	1.00	9000	1.26	9000	1.21
10000	1.38	10000	1.10	10000	1.38	10000	1.38
11000	1.53	11000	1.21	11000	1.49	11000	1.49
12000	1.68	12000	1.33	12000	1.63	12000	1.59
13000	1.85	13000	1.48	13000	1.76	13000	1.72
14000	1.97	14000	1.63	14000	1.90	14000	1.84
15000	2.14	15000	1.76	15000	2.06	15000	1.92
16000	2.26	16000	1.94	16000	2.22	16000	2.02
17000	2.40	17000	2.04	17000	2.34	17000	2.18
18000	2.51	18000	2.14	18000	2.45	18000	2.29
19000	2.63	19000	2.24	19000	2.57	19000	2.39
20000	2.79	20000	2.37	20000	2.68	20000	2.49
21000	3.03	21000	2.49	21000	2.79	21000	2.59
22000	3.14	22000	2.61	22000	2.94	22000	2.70
23000	3.24	23000	2.77	23000	3.07	23000	2.81
24000	3.44	24000	2.87	24000	3.19	24000	2.93
25000	3.60	25000	3.07	25000	3.31	25000	3.13
		26000	3.21	25500	3.50	26000	3.30
		26200	3.30			26100	3.40

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

 Gerardo Valle Hernández
 INGENIERO EN MATERIALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 Av. Atahualpa N° 1050 carretera a Baños del Inca-Cajamarca
 LEM



Universidad Nacional de Cajamarca

FACULTAD DE INGENIERÍA

Laboratorio de Ensayo de Materiales

PILAS CON CAL (DOSIFICACION CCA: 1:17%:3 1/2)					
PILA N° 12		PILA N° 13		PILA N° 14	
CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)
0	0.00	0	0.00	0	0.00
1000	0.09	1000	0.05	1000	0.05
2000	0.15	2000	0.18	2000	0.16
3000	0.24	3000	0.27	3000	0.26
4000	0.36	4000	0.39	4000	0.38
5000	0.46	5000	0.49	5000	0.51
6000	0.59	6000	0.63	6000	0.61
7000	0.75	7000	0.78	7000	0.71
8000	0.86	8000	0.86	8000	0.81
9000	0.99	9000	0.97	9000	0.92
10000	1.21	10000	1.08	10000	1.02
11000	1.42	11000	1.24	11000	1.12
12000	1.56	12000	1.41	12000	1.29
13000	1.71	13000	1.67	13000	1.58
14000	1.89	14000	1.81	14000	1.52
15000	1.98	15000	1.93	15000	1.65
16000	2.06	16000	2.02	16000	1.82
17000	2.14	17000	2.11	17000	1.91
18000	2.22	18000	2.20	18000	2.01
19000	2.30	19000	2.29	19000	2.10
20000	2.39	20000	2.37	20000	2.22
21000	2.47	21000	2.46	21000	2.34
22000	2.54	22000	2.57	22000	2.45
23000	2.65	23000	2.66	23000	2.60
24000	2.76	24000	2.78	24000	2.70
25000	2.87	25000	2.91	25000	2.90
26000	3.04	26000	3.08	26000	3.02
26800	3.23	26600	3.26	27000	3.11

RELACIÓN DE EQUIPOS	
NOMBRE	IDENTIFICADOR
PRENSA	ALFRED J. AMSLER (79/228)
CALIBRADOR DIGITAL	CALDI-6MP
RELOJ COMPARADOR	MITUTOYO 2046S
NORMA DE REFERENCIA	NTP: 339.605

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

 Gerardo Chacabarro
 INGENIERO EN MATERIALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 Av. Atahualpa N° 1050 carretera a Baños del Inca-Cajamarca
 LEM



Universidad Nacional de Cajamarca

FACULTAD DE INGENIERÍA

Laboratorio de Ensayo de Materiales

**ENSAYO A COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES
(ALBAÑILERÍA)**

Solicitado Por:

**HERNÁNDEZ CAMACHO KÁTERIN YEDALITA
SÁNCHEZ CORONEL EDINSON ALDAIR**

Proyecto:

**TESIS: "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN PRISMAS DE ALBAÑILERÍA
CON LADRILLO TIPO IV Y JUNTA DE MORTERO MODIFICADO CON
ADICIÓN DE CAL"**

Muestra:

MURETES DE ALBAÑILERÍA

Fecha:

Noviembre de 2019.



Universidad Nacional de Cajamarca

FACULTAD DE INGENIERÍA

Laboratorio de Ensayo de Materiales

1. Consideraciones

- Se cuenta con 14 muretes de albañilería.

Nota:

- Los testigos fueron elaborados por los solicitantes.
- Para cada ensayo se ha registrado carga vs deformación. Los parámetros calculados han sido procesados por los solicitantes.

MURETES SIN CAL (DOSIFICACION CA: 1 : 3 1/2)							
PILA N° 01		PILA N° 02		PILA N° 03		PILA N° 04	
CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)
0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
200	0.01	200	0.06	200	0.02	200	0.01
400	0.07	400	0.16	400	0.07	400	0.05
600	0.17	600	0.27	600	0.14	600	0.09
800	0.30	800	0.37	800	0.21	800	0.16
1000	0.42	1000	0.48	1000	0.28	1000	0.26
1200	0.51	1200	0.62	1200	0.38	1200	0.30
1400	0.64	1400	0.73	1400	0.46	1400	0.40
1600	0.74	1600	0.89	1600	0.56	1600	0.51
1800	0.88	1800	1.03	1800	0.65	1800	0.59
2000	1.04	2000	1.16	2000	0.78	2000	0.71
2200	1.26	2200	1.35	2200	0.95	2200	0.82
2400	1.46	2400	1.51	2400	1.10	2400	0.89
2600	1.63	2600	1.66	2600	1.23	2600	1.02
2800	1.90	2800	1.75	2800	1.36	2800	1.14
3000	2.31	3000	1.85	3000	1.41	3000	1.26
3200	2.74	3200	1.94	3200	1.51	3200	1.41
3400	3.09	3400	2.01	3400	1.58	3400	1.60
3600	3.47	3600	2.18	3600	1.65	3600	2.00
3800	3.47	3800	2.38	3800	1.72	3800	2.47
4000	3.95	4000	2.55	4000	1.92	4000	2.65
4200	3.96	4200	2.75	4200	2.11	4200	2.92
4400	4.34	4400	2.88	4400	2.35	4400	3.13
4600	4.63	4600	3.03	4600	2.61	4600	3.25
4800	4.64	4800	3.19	4800	2.80	4800	3.31
5000	4.79	5000	3.44	5000	2.94	5000	3.41
5200	4.78	5200	3.70	5200	3.14	5200	3.55
5400	4.79	5400	3.88	5400	3.27	5400	3.70
5600	5.03	5600	4.13	5600	3.49	5600	3.86
5800	5.05	5800	4.32	5800	3.64	5800	4.04
6000	5.05	6000	4.43	6000	3.74	6000	4.04
6200	5.40	6200	4.55	6200	3.84	6200	4.16
6400	5.37	6400	4.64	6400	3.94	6400	4.17

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Av. Atahualpa N° 1050 carretera a Baños del Inca-Cajamarca
LEM

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Gerardo Chafiz
Gerardo Chafiz Rendón
TEC. LABORATORIO ENsayo DE MATERIALES



Universidad Nacional de Cajamarca

FACULTAD DE INGENIERÍA

Laboratorio de Ensayo de Materiales

6600	5.38	6600	4.74	6600	4.04	6600	4.33
6800	5.82	6800	4.82	6800	4.18	6800	4.36
7000	5.82	7000	4.93	7000	4.27	7000	4.46
7200	5.83	7200	5.03	7200	4.32	7200	4.62
7400	6.08	7400	5.14	7400	4.40	7400	4.75
7600	6.11	7600	5.25	7600	4.49	7600	4.88
7800	6.32	7800	5.41	7800	4.56	7800	5.01
8000	6.50	8000	5.55	8000	4.79	8000	5.18
		8200	5.72	8200	4.86	8200	5.25
		8400	5.87	8400	4.92	8400	5.36
		8500	6.35	8600	5.08	8600	5.70
				8800	5.24		
				9000	5.50		

MURETES SIN CAL (DOSIFICACION CA: 1 : 3 1/2)					
PILA N° 05		PILA N° 06		PILA N° 07	
CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)
0	0.00	0	0.00	0	0.00
200	0.01	200	0.03	200	0.01
400	0.06	400	0.13	400	0.09
600	0.11	600	0.20	600	0.18
800	0.18	800	0.27	800	0.25
1000	0.30	1000	0.32	1000	0.26
1200	0.40	1200	0.43	1200	0.43
1400	0.47	1400	0.52	1400	0.57
1600	0.54	1600	0.63	1600	0.67
1800	0.67	1800	0.73	1800	0.84
2000	0.78	2000	0.86	2000	0.96
2200	0.88	2200	0.96	2200	1.09
2400	0.98	2400	1.06	2400	1.21
2600	1.07	2600	1.21	2600	1.32
2800	1.19	2800	1.34	2800	1.48
3000	1.31	3000	1.45	3000	1.59
3200	1.45	3200	1.57	3200	1.61
3400	1.57	3400	1.78	3400	1.87
3600	1.72	3600	1.99	3600	2.29
3800	1.93	3800	2.16	3800	2.47
4000	2.19	4000	2.33	4000	2.56
4200	2.45	4200	2.52	4200	2.78
4400	2.65	4400	2.72	4400	3.01
4600	2.96	4600	2.95	4600	3.51
4800	3.17	4800	3.24	4800	3.80
5000	3.36	5000	3.46	5000	3.83
5200	3.53	5200	3.69	5200	3.83

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 Av. Atahualpa N° 1050 carretera a Baños del Inca-Cajamarca
 LEM

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

 Gerardo Cofre Miranda
 REC. LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES



Universidad Nacional de Cajamarca

FACULTAD DE INGENIERÍA

Laboratorio de Ensayo de Materiales

5400	3.70	5400	3.84	5400	4.01
5600	3.80	5600	3.95	5600	4.23
5800	3.91	5800	4.05	5800	4.33
6000	4.02	6000	4.09	6000	4.36
6200	4.12	6200	4.12	6200	4.36
6400	4.21	6400	4.16	6400	4.42
6600	4.29	6600	4.22	6600	4.50
6800	4.36	6800	4.26	6800	4.58
7000	4.44	7000	4.33	7000	4.71
7200	4.51	7200	4.38	7200	4.72
7400	4.57	7400	4.43	7400	4.74
7600	4.67	7600	4.54	7600	4.89
7800	4.83	7800	4.58	7800	4.90
8000	4.97	8000	4.65	8000	5.11
8200	5.14	8200	4.71	8200	5.12
8400	5.30	8400	4.79	8400	5.23
8600	5.45	8600	5.00	8600	5.45
8800	5.60	8800	5.11	8750	5.63
		9000	5.20		
		9200	5.30		
		9240	5.40		

MURETES CON CAL (DOSIFICACION CCA: 1:17%:3 1/2)							
PILA N° 08		PILA N° 09		PILA N° 10		PILA N° 11	
CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)
0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
200	0.09	200	0.01	200	0.03	200	0.05
400	0.18	400	0.08	400	0.05	400	0.08
600	0.27	600	0.17	600	0.13	600	0.11
800	0.34	800	0.24	800	0.21	800	0.40
1000	0.43	1000	0.35	1000	0.28	1000	0.48
1200	0.52	1200	0.40	1200	0.35	1200	0.54
1400	0.60	1400	0.57	1400	0.41	1400	0.64
1600	0.69	1600	0.63	1600	0.46	1600	0.85
1800	0.75	1800	0.86	1800	0.63	1800	0.91
2000	0.86	2000	1.05	2000	0.65	2000	1.00
2200	0.96	2200	1.22	2200	0.73	2200	0.99
2400	1.02	2400	1.47	2400	0.88	2400	1.10
2600	1.13	2600	1.61	2600	0.86	2600	1.30
2800	1.22	2800	1.83	2800	0.86	2800	1.35
3000	1.34	3000	1.89	3000	1.01	3000	1.33
3200	1.45	3200	2.04	3200	1.24	3200	1.61
3400	1.57	3400	2.15	3400	1.28	3400	1.71
3600	1.69	3600	2.36	3600	1.38	3600	1.81
3800	1.82	3800	2.58	3800	1.43	3800	2.04
4000	2.00	4000	2.68	4000	1.44	4000	2.40
4200	2.16	4200	2.84	4200	1.62	4200	2.62

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 Av. Atahualpa N° 1050 carretera a Baños del Inca-Cajamarca
 LEM

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERIA

 Germán Chaffin Mendizola
 TECNOLÓGICO LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



Universidad Nacional de Cajamarca

FACULTAD DE INGENIERÍA

Laboratorio de Ensayo de Materiales

4400	2.35	4400	2.98	4400	1.80	4400	2.67
4600	2.49	4600	3.12	4600	1.91	4600	2.85
4800	2.62	4800	3.35	4800	1.97	4800	2.93
5000	2.77	5000	3.34	5000	1.98	5000	3.05
5200	2.99	5200	3.32	5200	2.12	5200	3.03
5400	2.97	5400	3.32	5400	2.22	5400	3.04
5600	2.95	5600	3.43	5600	2.32	5600	3.02
5800	3.19	5800	3.63	5800	2.42	5800	3.19
6000	3.25	6000	3.68	6000	2.78	6000	3.39
6200	3.37	6200	3.69	6200	2.93	6200	3.40
6400	3.34	6400	3.79	6400	2.91	6400	3.40
6600	3.50	6600	3.95	6600	2.91	6600	3.56
6800	3.58	6800	3.94	6800	2.92	6800	3.65
7000	3.65	7000	3.92	7000	3.07	7000	3.82
7200	3.62	7200	4.09	7200	3.16	7200	4.02
7400	3.60	7400	4.18	7400	3.25	7400	4.21
7600	3.72	7600	4.31	7600	3.41	7600	4.22
7800	3.82	7800	4.39	7800	3.41	7800	4.22
8000	3.98	8000	4.30	8000	3.40	8000	4.44
8200	4.07	8200	4.42	8200	3.41	8200	4.55
8400	4.21	8400	4.51	8400	3.61	8400	4.62
8600	4.28	8600	4.63	8600	3.79	8600	4.74
8800	4.35	8800	4.63	8800	3.99	8800	4.74
9000	4.47	9000	4.90	9000	4.17	9000	4.85
9200	4.59	9200	4.99	9200	4.36	9200	5.01
9400	4.92	9400	5.40	9400	4.53	9400	5.01
9600	5.34			9600	4.88	9520	5.37
				9800	5.20		

MURETES CON CAL (DOSIFICACION CCA: 1:17%:3 1/2)					
PILA N° 12		PILA N° 13		PILA N° 14	
CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)
0	0.00	0	0.00	0	0.00
200	0.14	200	0.10	200	0.03
400	0.29	400	0.18	400	0.06
600	0.35	600	0.25	600	0.14
800	0.45	800	0.35	800	0.24
1000	0.54	1000	0.41	1000	0.45
1200	0.63	1200	0.47	1200	0.55
1400	0.73	1400	0.53	1400	0.63
1600	0.76	1600	0.59	1600	0.83
1800	0.82	1800	0.68	1800	0.95
2000	0.88	2000	0.71	2000	1.02
2200	0.95	2200	0.78	2200	1.00
2400	1.00	2400	0.84	2400	1.09
2600	1.09	2600	0.94	2600	1.08
2800	1.13	2800	0.98	2800	1.22

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Av. Atahualpa N° 1050 carretera a Baños del Inca-Cajamarca
LEM

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Gerardo Chiff
Gerardo Chiff Rendón
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



Universidad Nacional de Cajamarca

FACULTAD DE INGENIERÍA

Laboratorio de Ensayo de Materiales

5000	1.22	5000	1.08	5000	1.48
5200	1.25	5200	1.13	5200	1.48
5400	1.32	5400	1.13	5400	1.62
5600	1.41	5600	1.26	5600	1.86
5800	1.46	5800	1.38	5800	2.02
4000	1.70	4000	1.58	4000	2.12
4200	1.82	4200	1.48	4200	2.23
4400	1.96	4400	1.67	4400	2.40
4600	2.09	4600	1.78	4600	2.40
4800	2.31	4800	1.99	4800	2.39
5000	2.51	5000	2.13	5000	2.69
5200	2.60	5200	2.28	5200	2.79
5400	2.59	5400	2.44	5400	2.87
5600	2.76	5600	2.70	5600	2.96
5800	2.93	5800	2.92	5800	2.96
6000	3.16	6000	3.05	6000	3.18
6200	3.13	6200	3.27	6200	3.45
6400	3.12	6400	3.25	6400	3.44
6600	3.26	6600	3.26	6600	3.42
6800	3.39	6800	3.29	6800	3.56
7000	3.51	7000	3.55	7000	3.55
7200	3.64	7200	3.55	7200	3.63
7400	3.79	7400	3.64	7400	3.83
7600	3.94	7600	3.63	7600	4.10
7800	3.97	7800	3.72	7800	4.12
8000	3.97	8000	3.84	8000	4.13
8200	3.95	8200	3.96	8200	4.34
8400	4.07	8400	4.07	8400	4.51
8600	4.17	8600	4.06	8600	5.87
8800	4.33	8800	4.05	8800	5.09
9000	4.47	9000	4.12	9000	5.21
9200	4.47	9200	4.32	9120	5.45
9400	4.45	9400	4.47		
9600	4.43	9600	4.83		
9800	4.57	9700	5.30		
10000	4.70				
10200	4.74				
10220	5.07				

RELACIÓN DE EQUIPOS	
NOMBRE	IDENTIFICADOR
MARCO DE CARGA	ALFRED J. AMSLER (107/7)
CALIBRADOR DIGITAL	CALDI-6MP
RELOJ COMPARADOR	MITUTOYO 2046S
NORMA DE REFERENCIA	NTP: 339.621

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 Av. Atahualpa N° 1050 carretera a Baños del Inca-Cajamarca
 LEM

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

 Gerardo Castro
 IEC LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

ANEXO 6. Panel fotográfico

Foto 01 y 02: Elaboración de mezcla de mortero y encofrado de testigos.



Foto 03 y 04: Desencofrado y curado de testigos de mortero con 10%, 17% y 24% de cal.



Foto 05 y 06: Prueba de resistencia de testigos de mortero con 10% de cal adicionada.



Foto 07 y 08: Prueba de resistencia de testigos de mortero con 17% de cal adicionada.

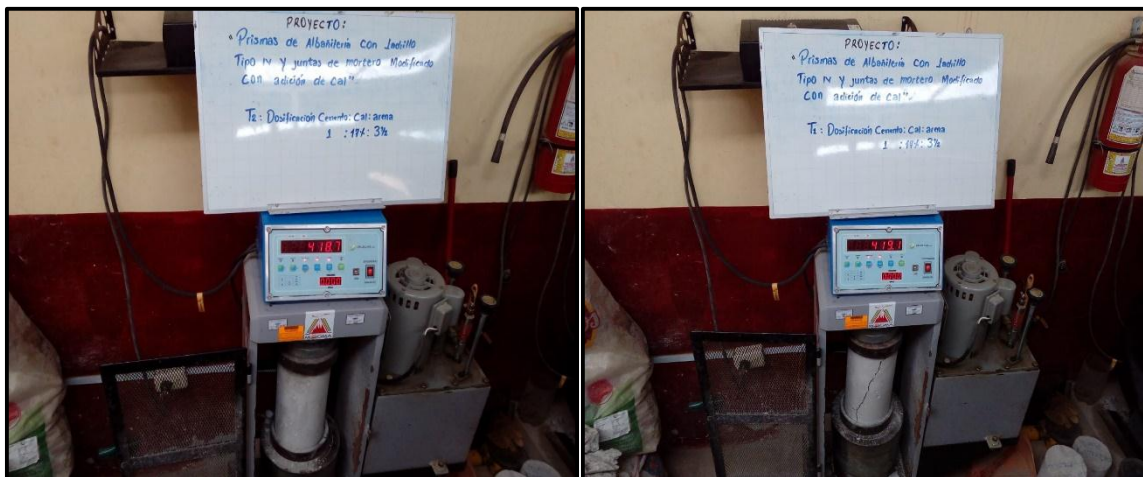


Foto 09 y 10: Prueba de resistencia de testigos de mortero con 24% de cal adicionada.



Foto 11 y 12: Alabeo y variación dimensional en las unidades de albañilería utilizadas.



Foto 13 y 14: Ensayo para cálculo de absorción de 5 unidades patrón de albañilería.



Foto 15 y 16: Secado y prueba de succión en 5 unidades patrón de albañilería.

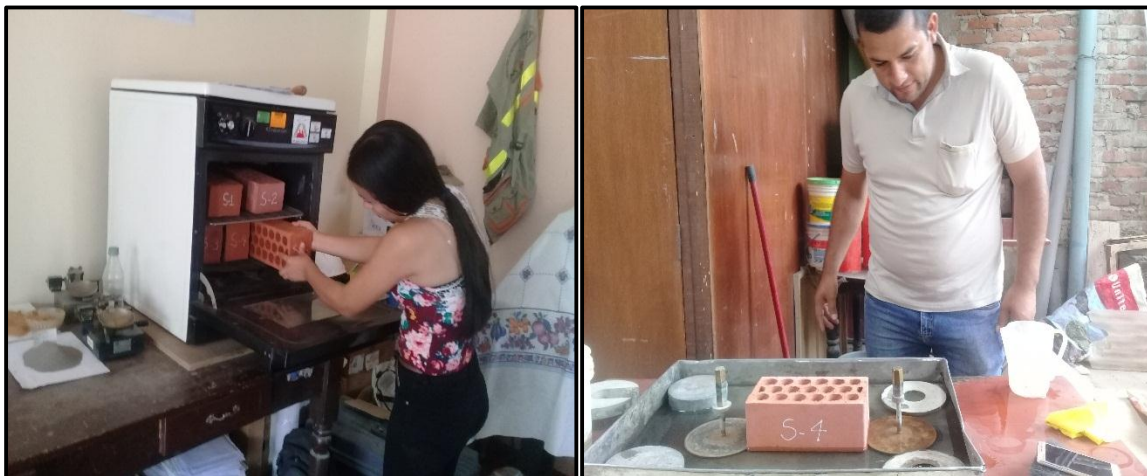


Foto 17 y 18: Procedimiento para calcular el porcentaje de vacíos en 10 unidades.



Foto 19 y 20: Prueba de resistencia a la compresión en unidades de albañilería.



Foto 21 y 22: Selección de ladrillos y construcción de pilas sin cal y pilas con 17% de cal.



Foto 23 y 24: Control de verticalidad y tamaño de junta en pilas de albañilería.



Foto 25 y 26: Resistencia a la compresión de la pila N°2 sin adición de cal.

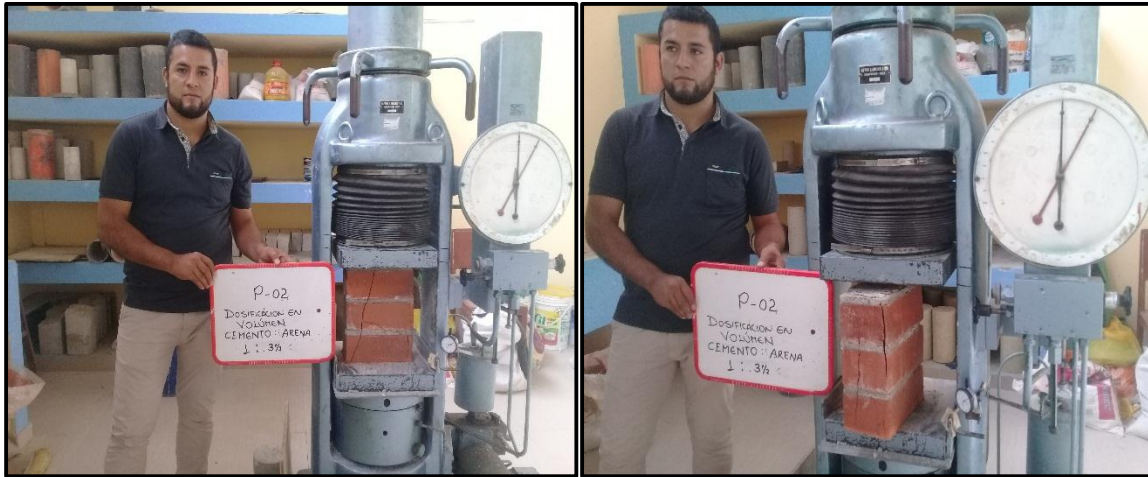


Foto 27 y 28: Resistencia a la compresión de la pila N°5 sin adición de cal.



Foto 29 y 30: Resistencia a la compresión de la pila N°6 sin adición de cal.



Foto 31 y 32: Resistencia a la compresión de la pila N°8 con 17% de adición de cal.

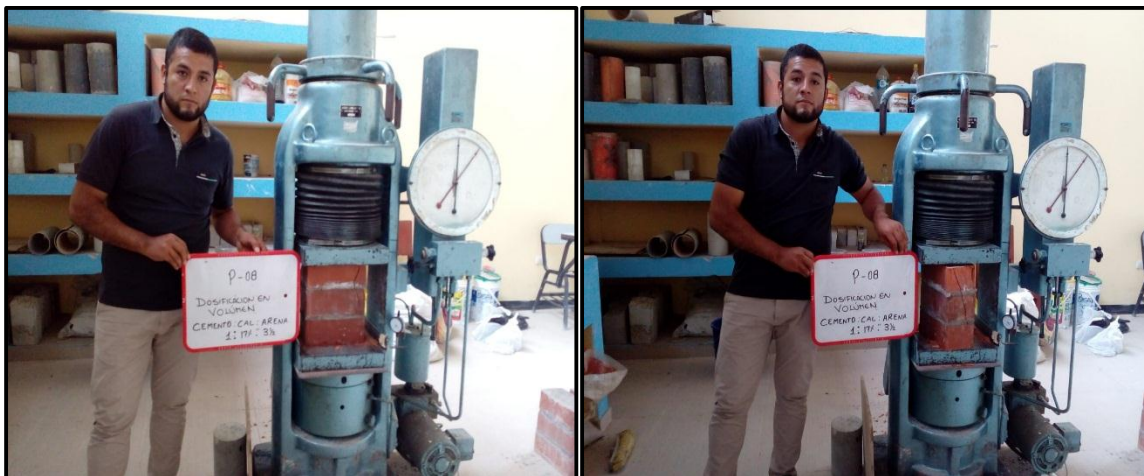


Foto 33 y 34: Resistencia a la compresión de la pila N°12 con 17% de adición de cal.



Foto 35 y 36: Resistencia a la compresión de la pila N°14 con 17% de adición de cal.



Foto 37 y 38: Selección y corte de ladrillos utilizados en la elaboración de muretes.



Foto 39 y 40: Construcción de muretes de 62.5x62.5cm de sección y 1.5cm de junta.



Foto 41 y 42: Control de altura de junta y verticalidad de muretes con y sin adición de cal.



Foto 43 y 44: Ubicación del murete para medir carga y deformaciones.



Foto 45 y 46: Prueba de Resistencia a la compresión diagonal en muretes sin adición de cal.



Foto 47 y 48: Compresión diagonal en muretes con 17% de adición de cal.



Foto 49 y 50: Falla típica en muretes con 17% de adición de cal.



Foto 51 y 52: Deformación de muretes con 17% de adición de cal.

