

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA



**“COMPORTAMIENTO FÍSICO -MECÁNICO DEL LADRILLO DE
CONCRETO TIPO IV”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

THALILA JUDITH PEREZ CULQUECHICON

LIMA-PERÚ

2016

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, por ser los pilares más importantes y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mi hermana porque siempre estuvo ahí para alegrarme y brindarme la fuerza necesaria cada día.

AGRADECIMIENTOS

*Agradecer a mi asesor el Ing. Alfonso Cerna Vásquez por sus consejos y dedicación.
Reconocer la colaboración de mis amigos y profesores: el Dr. José Calle Maraví y el Ing. Carlos Bravo Aguilar por los consejos y apoyo brindado.*

Resaltar la ayuda brindada a los técnicos del Laboratorio de Prueba y Ensayo de Materiales, y del Laboratorio de Mecánica de Suelos: Walter Díaz, Fortunato Meza, Mario García, Marcos Meza y Cesar Flores, por su dedicación y apoyo en la ejecución de los ensayos mecánicos.

Finalmente agradecer a los profesores de la Facultad de Ingeniería Agrícola que nos impartieron sus conocimientos a través de las asignaturas.

ÍNDICE GENERAL

I.	RESUMEN.....	1
II.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.1.	Objetivos de la investigación.....	3
2.1.1.	Objetivo general.....	3
2.1.2.	Objetivo específico.....	3
III.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1.	Antecedentes.....	4
3.2.	Norma Técnica E.070 Albañilería.....	5
3.2.1.	Unidades de Albañilería.....	6
3.2.2.	Clasificación.....	6
3.2.3.	Limitaciones en su aplicación.....	6
3.2.4.	Aceptación de la unidad.....	8
3.3.	Unidades de albañilería de concreto.....	10
3.3.1.	Clasificación.....	10
3.3.2.	Ladrillos de concreto. NTP 399.601.....	11
3.4.	Ladrillos de arcilla. NTP 331.017.....	13
3.5.	Caracterización de los agregados.....	17
3.5.1.	Análisis granulométrico.....	17
3.5.2.	Peso específico.....	19
3.5.3.	Absorción.....	19
3.5.4.	Peso unitario.....	19
3.5.5.	Contenido de humedad.....	20
3.6.	Producción del ladrillo de concreto.....	20
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.7.	Ladrillos elaborados en laboratorio.....	24
3.7.1.	Materiales y herramientas.....	25
3.7.2.	Metodología.....	28
3.8.	Ladrillos industriales.....	33
3.8.1.	Materiales.....	33
3.8.2.	Metodología.....	34
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1.	Ladrillos elaborados en laboratorio.....	37

4.1.1.	Análisis del agregado fino	37
4.1.2.	Análisis del agregado grueso	38
4.1.3.	Ensayo de variación dimensional.	40
4.1.4.	Ensayo de alabeo.	42
4.1.5.	Ensayo de porcentaje de vacíos.	44
4.1.6.	Ensayo de absorción.	46
4.1.7.	Ensayo de resistencia a la compresión por unidad.	48
4.1.8.	Ensayo de resistencia a la compresión por pila.	49
4.2.	Ladrillos industriales.....	50
4.2.1.	Ensayo de variación dimensional.	50
4.2.2.	Ensayo de alabeo.	57
4.2.3.	Ensayo de porcentaje de vacíos.	62
4.2.4.	Ensayo de absorción.	66
4.2.5.	Ensayo de resistencia a la compresión por unidad.	70
4.2.6.	Ensayo de resistencia a la compresión por pila.	73
4.2.7.	Ensayo de resistencia a la compresión por murete.	74
V.	CONCLUSIONES	75
VI.	RECOMENDACIONES	77
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
VIII.	ANEXOS	81

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.	6
Cuadro 2: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales	7
Cuadro 3: Métodos para determinar f'_m y v'_m	8
Cuadro 4: Resistencias Características de la Albañilería en kg/cm^2	9
Cuadro 5: Factores de corrección f'_m por esbeltez.....	9
Cuadro 6: Requisitos de resistencia y absorción	12
Cuadro 7: Requisitos obligatorios	15
Cuadro 8: Absorción del ladrillo de arcilla	16
Cuadro 9: Huso granulométrico para el agregado fino.....	18
Cuadro 10: Husos granulométricos para el agregado grueso	18
Cuadro 11: NTP por ensayo de caracterización de agregados	28
Cuadro 12: Dosificación de mezcla.....	30
Cuadro 13: Número de muestras por ensayos realizados	31
Cuadro 14: Análisis granulométrico del agregado fino.....	37
Cuadro 15: Resultados del agregado fino analizado	38
Cuadro 16: Análisis granulométrico del agregado grueso	38
Cuadro 17: Resultados del agregado grueso analizado	39
Cuadro 18: Resumen de resultados del ensayo de variación dimensional. Ladrillos de concreto	40
Cuadro 19: Resumen de resultados del ensayo de alabeo. Ladrillo de concreto.....	42
Cuadro 20: Resumen de resultados del ensayo de porcentaje de vacíos. Ladrillo de concreto	44
Cuadro 21: Resumen de resultados del ensayo de absorción. Ladrillo de concreto.....	46
Cuadro 22: Resumen de resultados del ensayo a la compresión por unidad. Ladrillo de concreto	48
Cuadro 23: Resumen de resultados del ensayo a la compresión por pila. Ladrillo de concreto	49
Cuadro 24: Resumen de resultados del ensayo de variación dimensional. Ladrillos industriales de arcilla.....	50
Cuadro 25: Resumen de resultados del ensayo de variación dimensional. Ladrillos industriales de concreto vibrado.....	55
Cuadro 26: Resumen de resultados del ensayo de alabeo. Ladrillos industriales de arcilla	57

Cuadro 27: Resumen de resultados del ensayo de alabeo. Ladrillos industriales de concreto vibrado	60
Cuadro 28: Resumen de resultados del ensayo de porcentaje de vacíos. Ladrillos industriales de arcilla	62
Cuadro 29: Resumen de resultados del porcentaje de vacíos. Ladrillos industriales de concreto vibrado	64
Cuadro 30: Resumen de resultados del ensayo de porcentaje de absorción. Ladrillos industriales de arcilla	66
Cuadro 31: Resumen de resultados del ensayo de porcentaje de absorción. Ladrillos industriales de concreto vibrado	68
Cuadro 32: Resumen de resultados del ensayo de resistencia a la compresión por unidad. Ladrillos industriales de arcilla	70
Cuadro 33: Resumen de resultados del ensayo de compresión por unidad. Ladrillos industriales de concreto vibrado	72
Cuadro 34: Resumen de resultados del ensayo de resistencia a la compresión por pila. Ladrillos industriales de arcilla	73
Cuadro 35: Resumen de resultados del ensayo de resistencia a la compresión por pila. Ladrillos industriales de concreto vibrado	73
Cuadro 36: Resumen de resultados del ensayo de resistencia a la compresión por murete. Ladrillos industriales de arcilla	74
Cuadro 37: Resumen de resultados del ensayo de resistencia a la compresión por murete. Ladrillos industriales de concreto vibrado	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zonas Sísmicas del Territorio Nacional.....	7
Figura 2: Diagrama de producción de ladrillos de concreto.....	23
Figura 3: Traslado del agregado fino.....	25
Figura 4: Traslado del agregado grueso	26
Figura 5: Cemento Pórtland Tipo I.....	26
Figura 6: Herramientas usadas para producción de ladrillos.....	27
Figura 7: Molde metálico y molde dual de madera.....	27
Figura 8: Molde de Madera	29
Figura 9: Molde Metálico	29
Figura 10: Ladrillo de arcilla Marca A.....	33
Figura 11: Ladrillo de arcilla Marca B	33
Figura 12: Ladrillo de concreto vibrado	34
Figura 13: Curva Granulométrica del Agregado Fino.....	37
Figura 14: Curva Granulométrica del Agregado Grueso	39
Figura 15: Intervalos de confianza para el largo del ladrillo de concreto	41
Figura 16: Intervalos de confianza para el ancho del ladrillo de concreto	41
Figura 17: Intervalos de confianza para el ancho del ladrillo de concreto	41
Figura 18: Prueba de la media para la concavidad del ladrillo de concreto	43
Figura 19: Prueba de la media para la convexidad del ladrillo de concreto	43
Figura 20: Prueba t de student para el porcentaje de vacíos del ladrillo de concreto.....	45
Figura 21: Prueba t de student para el porcentaje de absorción del ladrillo de concreto	47
Figura 22: Resistencia a la compresión por unidad. Ladrillo de concreto	48
Figura 23: Variación dimensional del largo. Ladrillos industriales de arcilla.....	51
Figura 24: Variación dimensional del ancho. Ladrillos industriales de arcilla	51
Figura 25: Variación dimensional del alto. Ladrillos industriales de arcilla.....	52
Figura 26: Intervalos de confianza para el largo del ladrillo Marca A.....	52
Figura 27: Intervalos de confianza para el ancho del ladrillo Marca A	53
Figura 28: Intervalos de confianza para el alto del ladrillo Marca A	53
Figura 29: Intervalos de confianza para el largo del ladrillo Marca B	53
Figura 30: Intervalos de confianza para el ancho del ladrillo Marca B.....	54
Figura 31: Intervalos de confianza para el alto del ladrillo Marca B	54

Figura 32: Intervalos de confianza para el largo del ladrillo de concreto vibrado	56
Figura 33: Intervalos de confianza para el ancho del ladrillo de concreto vibrado.....	56
Figura 34: Intervalos de confianza para el alto del ladrillo de concreto vibrado	56
Figura 35: Prueba de la media para la concavidad del ladrillo Marca A.....	58
Figura 36: Prueba de la media para la convexidad del ladrillo Marca A	58
Figura 37: Prueba de la media para la concavidad del ladrillo Marca B.....	58
Figura 38: Prueba de la media para la convexidad del ladrillo Marca B.....	59
Figura 39: Prueba de la media para la concavidad del ladrillo de concreto vibrado.....	61
Figura 40: Prueba de la media para la convexidad del ladrillo de concreto vibrado.....	61
Figura 41: Prueba t de student para el porcentaje de vacíos del ladrillo Marca A	63
Figura 42: Prueba t de student para el porcentaje de vacíos del ladrillo Marca B	63
Figura 43: Prueba t de student para el porcentaje de vacíos del ladrillo de concreto vibrado	65
Figura 44: Prueba t de student para el porcentaje de absorción del ladrillo Marca A.....	67
Figura 45: Prueba t de student para el porcentaje de absorción del ladrillo Marca B.....	67
Figura 46: Prueba t de student para el porcentaje de absorción del ladrillo de concreto vibrado.....	69
Figura 47: Resistencia a la compresión por unidad. Ladrillos de arcilla.....	71

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO	82
ANEXO 2: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	85
ANEXO 3: PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO	88
ANEXO 4: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO	91
ANEXO 5: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO	93
ANEXO 6: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.....	95
ANEXO 7: PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO.....	98
ANEXO 8: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO.....	101
ANEXO 9: DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO.....	103
ANEXO 10: ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL	109
ANEXO 11: ALABEO	114
ANEXO 12: PORCENTAJE DE VACÍOS.....	117
ANEXO 13: PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.....	121
ANEXO 14: COMPRESIÓN POR UNIDAD.....	124
ANEXO 15: COMPRESIÓN POR PILA.....	127
ANEXO 16: COMPRESIÓN POR MURETE	130
ANEXO 17: FOTOS	133
ANEXO 18: MOLDE METÁLICO	142
ANEXO 19: RENDIMIENTOS	143
ANEXO 20: MEMORIA DE CÁLCULO DEL ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	144
ANEXO 21: ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS.....	147

I. RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo evaluar el ladrillo de concreto tipo IV de cuatro huecos que ha sido modelado y elaborado en el Laboratorio de Prueba y Ensayo de Materiales de la FIA - UNALM. La calidad de los ladrillos de concreto depende de cada etapa del proceso de elaboración; fundamentalmente de la cuidadosa selección de los agregados, la correcta determinación de la dosificación, una eficiente fabricación en lo referente al mezclado, moldeo y compactación, y de un adecuado curado. Los resultados obtenidos indican que estos ladrillos cumplen con los requerimientos físico - mecánicos establecidos en la Norma Técnica E.070 de Albañilería. Por otro lado, y a modo de comparación se evaluaron ladrillos industriales de arcilla de dos marcas; así como, ladrillos de concreto vibrado de una marca determinada, con el objetivo de evaluar la variabilidad con su ficha técnica. Los ladrillos de arcilla (Marca A y B) clasificaron como Tipo III (de resistencia y durabilidad media) y no como Tipo IV tal como lo afirman sus fabricantes, los resultados de la resistencia característica a la compresión (f'_b) fue de 105.89 kg/cm² para la Marca A y 120.27kg/cm² para la Marca B, por lo que confirma la necesidad del fabricante de controlar cada muestra. Por otra parte, los ladrillos de concreto vibrado para fines estructurales clasificaron como Tipo IV (de resistencia y durabilidad alta) debido a que su resistencia característica a la compresión por unidad (f'_b) fue de 172.41 kg/cm², por tanto no presentaron variabilidad con su ficha de fabricante.

II. INTRODUCCIÓN

El proyecto de elaboración de ladrillos de concreto está orientado a proponer y mejorar unidades constructivas de conveniente comportamiento a través de un diseño de mezcla de concreto, para obtener un ladrillo tipo IV que cumpla con los requerimientos que establece la Norma Técnica E.070 de Albañilería y las buenas prácticas constructivas.

El objetivo principal de esta investigación es la evaluación de las propiedades físico-mecánicas del ladrillo de concreto tipo IV de 4 huecos propuesto en el presente estudio. Para cumplir esto, se necesitan una serie de evaluaciones de ensayos tales como: evaluación de la variación dimensional, evaluación del alabeo, evaluación del porcentaje de vacíos, evaluación del porcentaje de absorción y evaluación de la resistencia a la fuerza compresiva por unidad y pila. Finalmente, también se realiza una evaluación de las propiedades de dos marcas de ladrillos King Kong de 18 huecos y de una marca de ladrillos de concreto vibrado de 4 huecos.

Los ladrillos de concreto son elementos modulares y premoldeados para ser utilizados tanto en los sistemas de albañilería confinada, como en tabiquería. Para su fabricación se requiere de materiales tales como cemento, agregados y agua. Los ladrillos de concreto vienen siendo utilizados en diversas zonas del país de manera artesanal y frecuentemente sin el aporte técnico adecuado.

En la actualidad, el ladrillo de arcilla se presenta como el material más utilizado para la construcción debido, en algunos casos, a su disponibilidad y a que el trabajador que labora en la construcción está familiarizado con las tareas de albañilería; sin embargo en otros casos significa aspectos desfavorables, la limitada disponibilidad de materia prima y equipamientos para fabricar unidades de calidad, además de ocasionar impacto ambiental

debido a los gases de efecto invernadero que se generan durante la quema. En todas estas situaciones es que se plantea la utilización de ladrillos de concreto como alternativa de construcción de una vivienda segura, de satisfactoria calidad y de menor impacto ambiental generado en su proceso de fabricación.

Lo que propone este trabajo de investigación es realizar un estudio experimental que permita definir la dosificación en volumen para fabricar ladrillos de concreto que cumplan las especificaciones de las normas y proporcionen un conveniente soporte técnico a esta modalidad de construcción. Las unidades de concreto son producidas en el Laboratorio de Prueba y Ensayo de Materiales de la FIA – UNALM.

2.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de los ladrillos de concreto tipo IV de 4 huecos del modelo propuesto.

2.1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Evaluar la variabilidad en las propiedades físico – mecánicas de dos marcas de ladrillos King Kong de 18 huecos y ladrillos de concreto vibrado de 4 huecos.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. ANTECEDENTES

Según cifras del INEI (2013) en el País existen 7'828,571 viviendas, de este total en 3'688,452 (47.1%) de viviendas predomina en sus paredes el adobe, tapia o quincha, piedra con barro, madera, estera u otros materiales que las hacen vulnerables a movimientos telúricos, lo que involucraría a 14'441,645 habitantes. Asimismo, 16.1 millones de habitantes residen en viviendas cuyas paredes son de ladrillo. Más de 22.9 millones de peruanos viven en el área urbana y 7.6 millones residen en la zona rural.

Las viviendas con albañilería de ladrillos de arcilla es el sistema estructural más usado en la construcción de viviendas en las zonas urbanas, pero que han sufrido serios daños durante los últimos eventos sísmicos, debido a falta de control de calidad de las unidades de albañilería o del trabajo en obra (Zavala et al., 2004). Por lo mencionado anteriormente se concluye que los ladrillos de concreto constituyen una gran alternativa para reemplazar a los de arcilla, tanto en muros portantes, como en tabiquería; por el hecho de no consumir suelo agrícola, ni combustible para su cocción y, por presentar adecuada resistencia y durabilidad para las viviendas.

Los ladrillos de concreto son elementos modulares, premoldeados, diseñados para ser utilizados en los sistemas de albañilería confinada y no confinada (Arrieta y Peñaherrera, 2001).

La utilización del ladrillo a nivel nacional es considerable. Esto debido a muchos factores, por ejemplo que es una unidad que cuenta con una gama de productos, calidad y variabilidad de costos en el mercado. En nuestro país se comercializan las unidades de

arcilla y de concreto vibrado para la ejecución de una vivienda convencional y son adquiridas en los centros de venta.

Los ladrillos de concreto se fabrican en los tipos sólido y hueco, y el color de las unidades es gris o gris verdoso. Lo peculiar de la fabricación de estas unidades es que las mezclas pueden ser dosificadas para producir unidades de resistencias variables dentro del mismo tipo de unidad (Seminario, 2013).

Actualmente se vienen elaborando ladrillos de concreto, de manufactura mecánica y artesanal, la primera se realiza en plantas industriales con equipos mecánico - eléctricos, donde las labores de mezclado, dosificación y curado son supervisadas constantemente. Sin embargo, otra es la realidad en el caso de los ladrillos de manufactura artesanal, donde la fabricación del ladrillo se realiza en precarias canchas de tierra, utilizando procedimientos rudimentarios y sin ningún tipo de control de la calidad del producto (Arcaya et al., 2004).

3.2. NORMA TÉCNICA E.070 ALBAÑILERÍA

Esta publicación (2006) establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad e inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados.

El comportamiento sísmico de las edificaciones depende de la calidad de los materiales empleados y de la técnica constructiva empleada, es por ello que en la norma se hace especial énfasis a dichos aspectos (San Bartolomé, 2005).

3.2.1. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

Las unidades empleadas en las construcciones de albañilería están básicamente hechas de arcilla, de concreto y sílice-cal. De acuerdo a su dimensión y peso, éstas son denominadas Ladrillos y Bloques. Se les llama ladrillos cuando pueden ser manipulados y asentados con una mano; y bloques, cuando por su peso y dimensiones se tiene que emplear ambas manos (San Bartolomé, 1994).

3.2.2. CLASIFICACIÓN

Para efectos de diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las siguientes características indicadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100mm	Hasta 150mm	Más de 150mm		
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	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Fuente: Norma Técnica E0.70 Albañilería

3.2.3. LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en el Cuadro 2. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño sismorresistente.

Cuadro 2: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas de grout	Sí Celdas parcialmente rellenas de grout	Sí Celdas parcialmente rellenas de grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta dos pisos

Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente.



Figura 1: Zonas Sísmicas del Territorio Nacional

La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica (Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente, 2003).

3.2.4. ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD

- Si la dispersión en los resultados (coeficiente de variación) no sea mayor del 20% para unidades producidas industrialmente, o 40% para unidades producidas artesanalmente.
- La absorción de las unidades de arcilla no será mayor que 22%. Y en las unidades de concreto no mayor que 12% de absorción.
- La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.
- La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

3.2.5. RESISTENCIA DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA

La resistencia característica a compresión axial (f'_m) y a corte (v'_m) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Métodos para determinar f'_m y v'_m

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MÁS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
f'_m	A	A	A	B	B	A	B	B	B
v'_m	A	A	A	B	A	A	B	B	A

Fuente: Norma Técnica E.070 Albañilería

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621

Los valores de f'_m y v'_m necesarios para el diseño estructural, pueden determinarse recurriendo al Cuadro 4 o mediante ensayos de laboratorio con tres pilas y tres muretes. Los prismas serán contruidos con mortero 1:4 (cemento:arena), con un refrentado 2:1 (cemento:yeso) con espesor que permita corregir la irregularidad superficial y podrán ensayarse a su edad nominal de 28 días. La resistencia característica f'_m y v'_m se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una la desviación estándar.

Cuadro 4: Resistencias Características de la Albañilería en kg/cm²

MATERIA PRIMA	DENOMINACIÓN	UNIDAD f'_b	PILAS f'_m	MURETES v'_m
Arcilla	King Kong Artesanal	55	35	5.1
	King Kong Industrial	145	65	8.1
	Rejilla Industrial	215	85	9.2
Sílice-cal	King Kong Normal	160	110	9.7
	Dédalo	145	95	9.7
	Estándar y mecano	145	110	9.2
Concreto	Bloque Tipo P	50	74	8.6
		65	85	9.2
		75	95	9.7
		85	120	10.9

Fuente: Norma Técnica E.070 Albañilería

El valor f'_m se obtienen contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en el Cuadro 5. Los factores de corrección por esbeltez (altura de la pila dividida entre su menor dimensión transversal) corresponden a los especificados en la Norma Técnica E.070 Albañilería (2006).

Cuadro 5: Factores de corrección 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

Cabe destacar que la falla ideal de las pilas de albañilería es una grieta vertical que corta unidades y mortero, producida por tracción lateral; en cambio, las fallas por trituración de la unidad son indeseables por ser muy frágiles, esta falla se presenta por lo general cuando se utiliza unidades huecas (Bonilla, 2006).

Por otro lado, el grado de optimización que se obtenga en la adherencia entre la unidad y el mortero se refleja en los ensayos de compresión diagonal de los muretes (Enciso, 2012). Así, cuando la adherencia es óptima, la falla atraviesa tanto a la unidad como al mortero, lográndose maximizar la resistencia a fuerza cortante; en cambio, cuando no se ha logrado optimizar la adherencia unidad - mortero la falla es escalonada a través de las juntas (Agüero y Fernández, 2011).

3.3. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO

3.3.1. CLASIFICACIÓN

Las unidades de albañilería de concreto se pueden fabricar de diferentes formas y tamaños. Sus características dependerán exclusivamente del molde utilizado, de allí que la variedad es muy grande. De acuerdo con la Normas Técnicas Peruanas 399.601, 399.600 y 399.602 las unidades de albañilería de concreto se clasifican en:

A. LADRILLOS DE CONCRETO

Unidad de albañilería de dimensiones modulares fabricado con cemento Portland, agua y agregados, que puede ser manipulada con una sola mano durante la operación de asentado (NTP 399.601, 2006).

De acuerdo con la NTP 399.601 las dimensiones máximas de los ladrillos de concreto serán:

- Largo: 290 mm
- Ancho: 190 mm
- Alto: 190 mm

B. BLOQUES DE CONCRETO

Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipulación durante la operación de asentado.

De acuerdo con las NTP 399.600 y 399.602 (2002) las dimensiones mínimas de los bloques de concreto serán:

- Largo: 290 mm
- Ancho: 190 mm
- Alto: 190 mm

3.3.2. LADRILLOS DE CONCRETO. NTP 399.601

A. DEFINICIÓN

Unidad de albañilería de dimensiones modulares fabricado con cemento portland, agua y agregados, que puede ser manipulada con una sola mano (San Bartolomé, 1944).

B. CLASIFICACIÓN

La NTP 399.601 (2006) clasifica los ladrillos de concreto de acuerdo al área de orificios y su resistencia a la compresión.

DE ACUERDO AL ÁREA DE ORIFICIOS

- Ladrillo macizo: Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- Ladrillo hueco: Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

DE ACUERDO A SU RESISTENCIA

Los ladrillos se clasifican por resistencia, indicando en su clasificación un número que representa la resistencia a la compresión en Megapascal (MPa). Se tienen cuatro tipos, tal como sigue:

- Tipo 24: Para su uso como unidades de enchape arquitectónico y muros exteriores sin revestimiento y para su uso donde se requiere alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.
- Tipo 17: Para su uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad.
- Tipo 14: Para su uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.
- Tipo 10: Para su uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

C. REQUISITOS

- **Resistencia a la compresión y absorción.**

Las unidades deben estar conforme a los requisitos prescritos en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Requisitos de resistencia y absorción

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa sobre área bruta			ABSORCIÓN Máximo en % (Promedio de 3 unidades)
Tipo	Promedio de 3 unidades	Unidad Individual	
24	24	21	8
17	17	14	10
14	14	10	12
10	10	8	12

Fuente: NTP 399.601

- **Variaciones permisibles en las dimensiones.**

Las dimensiones de ancho, alto y largo no deben diferir por más de $\pm 3,2$ mm de las dimensiones estándar especificadas por el fabricante.

A menos que sea especificado de otro modo, el ladrillo debe ser macizo o hueco. Ninguna parte de algún agujero debe estar a menos de 19.1 mm de algún borde del ladrillo.

- **Acabado y apariencia**

Todas las unidades deben estar en buenas condiciones y libres de grietas u otros defectos que podrán interferir con el adecuado empleo de la unidad o que podrían deteriorar significativamente la resistencia o la durabilidad de la construcción.

3.4. LADRILLOS DE ARCILLA. NTP 331.017

A. DEFINICIÓN

Es la unidad de albañilería fabricada de arcilla moldeada, extruida o prensada en forma de prisma rectangular y quemada o cocida en un horno (NTP 331.017, 2003).

MANUFACTURA

- Artesanal: Es el ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano o con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El procedimiento de moldaje exige que se use arena o agua para evitar que la arcilla se adhiera a los moldes dando un acabado característico al ladrillo. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad.
- Industrial: Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad.

DESIGNACIÓN

Es la manera elegida para denominar el ladrillo de acuerdo a sus características. El ladrillo se designará por su tipo, por su sección (macizo, perforado o alveolar) y por sus dimensiones (largo, ancho y alto).

B. CLASIFICACIÓN

La NTP 331.017 clasifica los ladrillos de arcilla de acuerdo al área de orificios y su resistencia a la compresión.

DE ACUERDO AL ÁREA DE ORIFICIOS

Dado que el criterio para esta clasificación es el comportamiento en la falla. El riesgo de una falla frágil se incrementa cuando el porcentaje de los orificios excede un determinado valor.

- Ladrillo macizo: Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- Ladrillo perforado: Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- Ladrillo tubular: Unidad con huecos paralelos a la superficie de asiento.

DE ACUERDO A SU RESISTENCIA

Se proponen 5 tipos denominados con números romanos, siendo el tipo I el de menor calidad y capacidad resistente.

Aunque la norma establece valores mínimos y máximos en cada uno de los parámetros considerados, no da mayor explicación sobre sus aplicaciones. Al respecto, San Bartolomé (1994) ofrece una descripción práctica sobre las aplicaciones de cada una de las categorías mencionadas, que se transcribe a continuación:

- Tipo I: Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad muy bajas; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencia mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.
- Tipo II: En esta categoría clasifican los ladrillos que tienen baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse en condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con lluvia, agua o el suelo).
- Tipo III: Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad; aptos para emplearse en construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo.
- Tipo IV: Estos ladrillos son de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser utilizados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.
- Tipo V: Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad elevada; son aptos para emplearse en condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo similares al Tipo IV.

El ladrillo Tipo III, Tipo IV, y Tipo V deberá satisfacer las siguientes condiciones generales. Para el ladrillo Tipo I y Tipo II estas condiciones se consideran como recomendaciones (NTP 331.017, 2003).

- El ladrillo no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- El ladrillo estará bien cocido, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeado con un martillo u objeto similar producirá un sonido metálico.
- El ladrillo no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia.
- El ladrillo no tendrá excesiva porosidad, ni tendrá manchas blanquesinas de origen salitroso o de otro tipo.

C. REQUISITOS

- **Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad.**

Los ladrillos de arcilla deberán cumplir con las especificaciones indicadas en el Cuadro 7.

Cuadro 7: Requisitos obligatorios

TIPO	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100mm	Hasta 150mm	Más de 150mm		
I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)

Fuente: NTP 331.017

- **Absorción**

Los ladrillos de arcilla deberán cumplir con las especificaciones indicadas en el Cuadro 8.

Cuadro 8: Absorción del ladrillo de arcilla

TIPO	ABSORCIÓN (máx. en %)
I	Sin Límite
II	Sin Límite
III	25
IV	22
V	22

Fuente: NTP 331.017

D. PROPIEDADES

- **Variación dimensional y alabeo**

En términos generales ningún ladrillo conforma perfectamente con sus dimensiones especificadas. Existen diferencias de largo, de ancho y alto, así como deformaciones de la superficie asimilables a concavidades o convexidades. El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes. A mayores imperfecciones mayores espesores de juntas.

En resumen, las imperfecciones geométricas del ladrillo inciden en la resistencia de la albañilería. A más y mayores imperfecciones menor resistencia de la albañilería.

- **Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión de las unidades de albañilería es su propiedad más importante. En términos generales, define no sólo el nivel de su calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro.

- **Absorción**

La absorción máxima del ladrillo es considerada como una medida de su impermeabilidad. Los valores indicados como máximos en la Norma se aplican a condiciones de uso en que se requiera utilizar el ladrillo en contacto constante con agua o con el terreno, sin recubrimiento protector.

3.5. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

Antes de comenzar la etapa de dosificación es fundamental conocer las principales características de los agregados, por lo que se realiza una serie de ensayos, entre ellos se tiene:

- Análisis granulométrico
- Peso específico
- Absorción
- Peso unitario
- Contenido de Humedad

3.5.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

La distribución de los tamaños del agregado, la granulometría está directamente relacionada con las características de manejabilidad del concreto en estado fresco, la demanda de agua, la compactación y la resistencia mecánica del concreto en estado endurecido (Huicho, 2011). Con este ensayo se puede determinar el módulo de fineza y el tamaño máximo, tanto para el agregado fino como para el agregado grueso respectivamente. La granulometría es determinada por análisis de tamices según la NTP 400.012.

A continuación se definen las características resultantes de este análisis:

- Módulo de Fineza: Es un número adimensional el cual nos indica que tan grandes o pequeñas son las partículas del agregado fino en estudio, es decir, mientras más grande es el módulo de fineza las partículas del agregado serán de mayor tamaño (Millones, 2008). Se calcula sumando los porcentajes acumulados retenidos en las mallas N° 3/8, 4, 8, 16, 30, 50 y 100 y posteriormente dividirlo entre 100.

Según la NTP 400.037 (2002), el módulo de fineza recomendable estará entre 2.3 y 3.1, inferior a 2.3 se trata de una arena fina y superior a 3.1 de una arena gruesa.

- Tamaño máximo: Es el menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso.

- Tamaño máximo nominal: Es la primera malla que produzca un retenido entre 5% y 10%, se analiza en el agregado grueso (Millones, 2008).
- Husos o límites granulométricos: Son series normalizadas que producen unas curvas límites del porcentaje que pasa para agregados finos y gruesos. Los agregados deben estar dentro de los límites granulométricos para poder usarse (Gamboa, 2005).

El huso granulométrico que recomienda la NTP 400.037 (2002) para el agregado fino se muestra en el Cuadro 9 y para el agregado grueso en el Cuadro 10.

Cuadro 9: Huso granulométrico para el agregado fino

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
3/8" (9.50 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	95 a 100
N° 8 (2.36 mm)	80 a 100
N° 16 (1.18 mm)	50 a 85
N° 30 (0.58 mm)	25 a 60
N° 50 (0.30 mm)	10 a 30
N° 100 (0.15 mm)	2 a 10

Fuente: NTP 400.037

Cuadro 10: Husos granulométricos para el agregado grueso

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	0.3 mm
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N°8	N°16	N°50
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 15	-	-	-	-	-	-
2	2 1/2" a 1 1/2"	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	2" a 1"	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	2" a N°4	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	0 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	1 1/2" a 3/4"	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	-	0 a 5	-	-	-	-
467	1 1/2" a N°4	-	-	-	-	100	95 a 100	-	30 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	1" a 1/2"	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	1" a 3/8"	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	1" a N°4	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	3/4" a 3/8"	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	3/4" a N°4	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	1/2" a N°4	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	3/8" a N°8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	3/8" a N°16	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 35	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	N°4 a N°16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.037

3.5.2. PESO ESPECÍFICO

El peso específico de los agregados adquiere importancia cuando se requiere que los ladrillos de concreto tengan un peso límite, sea máximo o mínimo (Arrieta y Peñaherrera, 2001). Además, el peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponde a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles.

Los pesos específicos del agregado fino y grueso utilizados en la investigación son determinados según la NTP 400.022 y 400.017 respectivamente.

3.5.3. ABSORCIÓN

La absorción es la capacidad que tienen los agregados de atrapar las moléculas de agua en sus poros, producido por la capilaridad. Su influencia radica en el aporte de agua al concreto haciendo variar las propiedades importantes como resistencia y trabajabilidad (Huincho, 2011).

La absorción del agregado fino y grueso son determinados según la NTP 400.022 y 400.017 respectivamente.

3.5.4. PESO UNITARIO

El peso unitario es el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Este valor es requerido cuando se trata de clasificar agregados ligeros o pesados, varía de acuerdo a condiciones intrínsecas, como la forma, granulometría y tamaño máximo. De acuerdo al tipo de consolidación hay dos tipos de peso unitario: suelto y compactado (Chumpitaz, 1995).

Los pesos unitarios del agregado fino y grueso utilizados en la investigación son determinados según la NTP 400.017.

3.5.5. CONTENIDO DE HUMEDAD

La cantidad de agua retenida por las partículas del agregado es el contenido de humedad, esta propiedad varía en función del tiempo y condiciones ambientales (Millones, 2008). El contenido de humedad del agregado fino y grueso es determinado según la NTP 339.185.

3.6. PRODUCCIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO

A. MOLDE

Paso previo para la elaboración de los ladrillos, consiste en fabricar un molde metálico para prevenir que el ladrillo presente muchas anomalías e irregularidades en su cara de asentado. En el caso del ladrillo de concreto propuesto cumplirá con las dimensiones estipuladas en la Norma Técnica Peruana 399.601 (2006).

En la Investigación los ladrillos de concreto tendrán las dimensiones de diseño de 23 x 13 x 9 cm, las cuales están dentro de los límites máximos establecidos por Norma.

B. PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

El mezclado de los materiales puede ser manual o mecánico. En esta investigación se realiza un mezclado manual, el cual primero se dispone de agregado fino, luego, encima el agregado grueso; seguidamente se agrega el cemento y se realiza el mezclado en seco empleando lampa. Después del mezclado se incorpora el agua en el centro del hoyo de la mezcla, luego se cubre el agua con el material seco de los costados, para finalmente mezclar todo uniformemente.

C. ACONDICIONAMIENTOS PREVIOS

Se elige una localización que cumpla lo siguiente: que sea uniforme y limpio, cubriendo la superficie con una delgada capa de arena fina, para evitar que el ladrillo se adhiera al suelo. A su vez dicha localización debe proteger del sol y de la lluvia.

D. MOLDEADO Y FRAGUADO DE LOS LADRILLOS

Previo a elaborar los ladrillo, se debió esparcir petróleo en el interior del molde para que se deslice el ladrillo al desmoldarlo; siendo posible el uso de un desmoldante. Se agrega la mezcla por capas (3 partes), con una varilla de fierro se consolida y se realiza un vibrado manual. Luego se enrasa con la varilla, eliminando los excesos y finalmente se desmolda en forma vertical la unidad de concreto.

Una vez fabricados los ladrillos, éstos deben permanecer en un lugar que les garantice protección del sol, vientos y/o lluvias, con la finalidad de que puedan fraguar.

El periodo de fraguado es de 4 a 8 horas, pero por recomendación de Arrieta y Peñaherrera (2001) es preferible dejar fraguar a los ladrillos de un día para otro. Por tanto, al término de 24 horas después de su moldeo, los ladrillos ya tienen la resistencia requerida para poder ser manipulados sin inconvenientes y ser llevados a la etapa de curado.

E. CURADO

El curado de los ladrillos consiste en mantener los bloques húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia especificada. Por esto es necesario curar los ladrillos como cualquier otro producto de concreto.

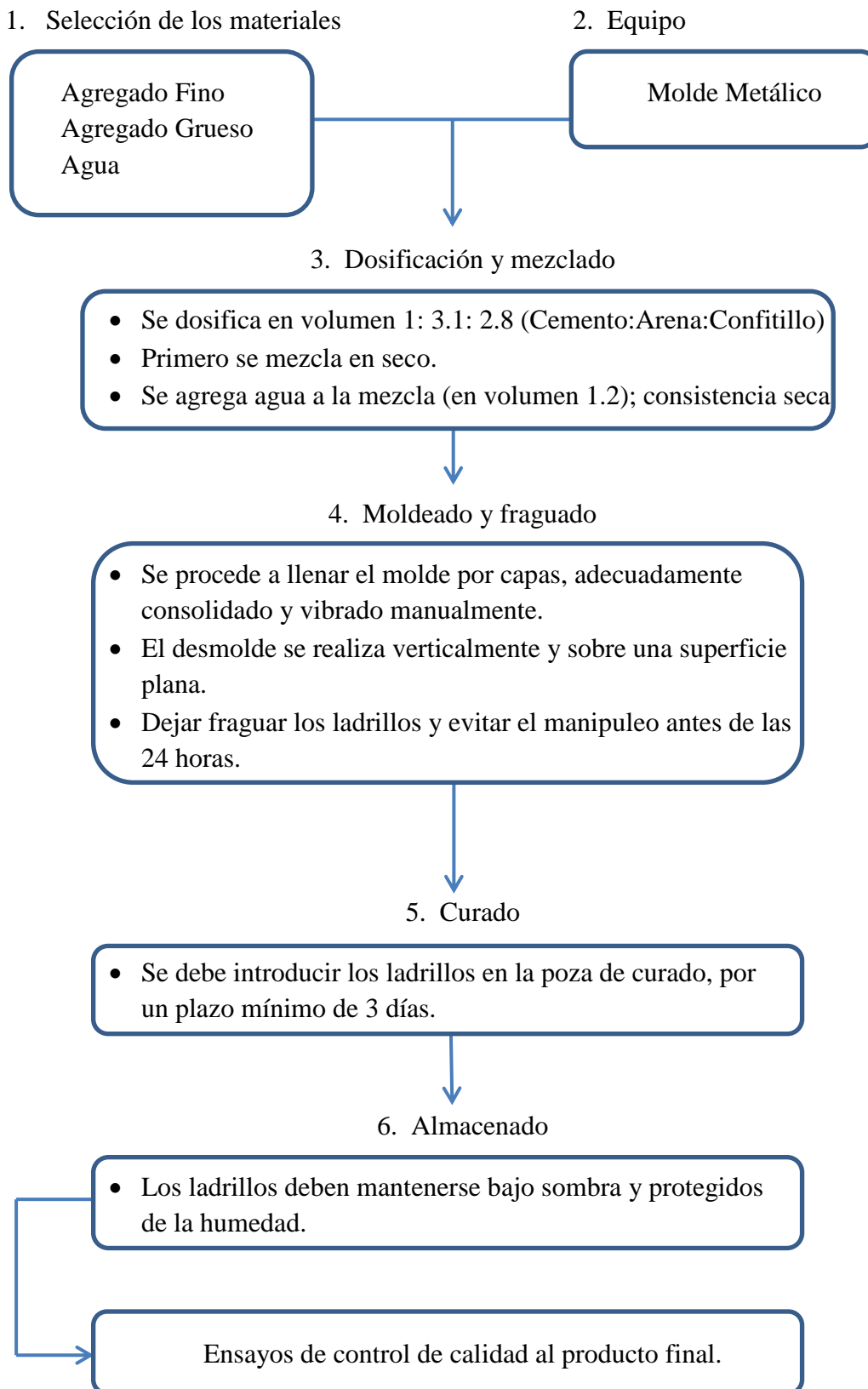
Lo más recomendado para el proceso de curado, es sumergir los ladrillos en un pozo o piscina llena de agua saturada con cal, durante un periodo de tres días (Arrieta y Peñaherrera, 2001). Pero el curado también se puede realizar regando periódicamente con agua durante siete días, se humedecen los ladrillos al menos tres veces al día o lo necesario para que no se comiencen a secar en los bordes y se les cubre con plásticos o costales húmedos para evitar que no se evapore fácilmente el agua (San Bartolomé, 1994).

F. ALMACENAMIENTO Y SECADO

Transcurridos los días de curado, se trasladan los ladrillos a la zona destinada para el almacenamiento, donde permanecen como parte del periodo de secado. Los ladrillos pueden utilizarse después de 28 días de su fabricación, según la Norma E.070 Albañilería.

Aunque los ladrillos elaborados presenten buena resistencia, se debe tener cuidado en su manejo y transporte. Deben ser manipulados y colocados de manera organizada, sin afectar su forma final.

Figura 2: Diagrama de producción de ladrillos de concreto



Fuente: Elaboración propia

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. LADRILLOS ELABORADOS EN LABORATORIO.

En esta investigación se evaluó el comportamiento físico – mecánico del ladrillo de concreto de 4 huecos. Para la elaboración de este ladrillo se seleccionó el agregado fino y grueso con los que se realizaron los ensayos de caracterización de agregados.

Una vez realizada la selección de agregados se elaboró el Diseño de Mezcla basada en el Informe del A.C.I. - Comité 211, mediante pruebas previas se verificó la resistencia a compresión y se procedió a la fabricación de los ladrillos de concreto.

Finalmente, después de 28 días se procedió a evaluar el comportamiento de las unidades elaboradas, mediante ensayos de variación dimensional, alabeo, porcentaje de vacíos, absorción, resistencia a la compresión por unidad y pila.

Para el desarrollo de la investigación se siguieron cuatro pasos:

1. Acopio y selección de materiales
2. Planteamiento de las dimensiones del ladrillo propuesto
3. Fabricación de moldes
4. Producción de ladrillos
5. Ensayos y análisis de resultados

4.1.1. MATERIALES Y HERRAMIENTAS

4.1.1.1. Agregado Fino

La selección del uso del agregado fino se realizó de acuerdo a algunos criterios como la cercanía, disponibilidad, facilidad de adquisición y traslado.

La muestra tomada para la investigación es perteneciente a una cantera de la Molina. La ubicación geográfica es la siguiente:

Latitud Sur: $12^{\circ}04'49.46''$

Latitud Oeste: $76^{\circ}57'1.09''$

Altitud: 236 m.s.n.m

El agregado fino seleccionado cumple con los requerimientos de granulometría especificados en la NTP 400.037, relacionado con el Huso granulométrico.

Figura 3: Traslado del agregado fino



Fuente: Elaboración propia

4.1.1.2. Agregado Grueso

La muestra tomada para la investigación, está localizada en una Cantera del Anexo 22 - CC de Jicamarca – San Juan de Lurigancho. La ubicación geográfica es la siguiente:

Latitud Sur: $11^{\circ}55'25.93''$

Latitud Oeste: $76^{\circ}57'2.06''$

Altitud: 619 m.s.n.m

El agregado grueso seleccionado cumple con los requerimientos de granulometría especificados en la NTP 400.037, relacionado con el huso granulométrico para agregado grueso.

Figura 4: Traslado del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Figura 5: Cemento Pórtland TIPO I

4.1.1.3. Cemento

Puede utilizarse cualquier cemento hidráulico para uso general en la construcción, aunque presta especial atención a la clase de resistencia del concreto. El cemento utilizado para fabricar este tipo de ladrillo es el cemento Pórtland TIPO I de 42.5 kg.



Fuente: Elaboración propia

4.1.1.4. Agua

El agua debe ser apta para el consumo humano, limpia, libre de materia orgánica, aceites, azúcares u otras sustancias que afecten la resistencia o durabilidad del ladrillo.

4.1.1.5. Lampa

4.1.1.6. Pico

4.1.1.7. Baldes

4.1.1.8. Cilindro

Figura 6: Herramientas usadas para producción de ladrillos



Fuente: Elaboración propia

4.1.1.9. Moldes Fabricados

Figura 7: Molde metálico y molde dual de madera



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. METODOLOGÍA

4.1.2.1. CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS

Se define los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento hidratada para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las 3/4 partes del volumen total por lo que su calidad influye considerablemente en el producto final. En tal razón conocer las propiedades físicas de los agregados constituyen un elemento importante en el diseño de los ladrillos.

En esta etapa se realizó la caracterización de los agregados en el Laboratorio de Prueba y Ensayo de Materiales de la UNALM. Dichos ensayos se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11: NTP por ensayo de caracterización de agregados

ENSAYO DE CARACTERIZACIÓN	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Análisis granulométrico	NTP 400.012	NTP 400.012
Peso específico	NTP 400.022	NTP 400.021
Porcentaje de absorción	NTP 400.022	NTP 400.021
Peso Unitario	NTP 400.017	NTP 400.017
Contenido de humedad	NTP 339.185	NTP 339.185

Fuente: Elaboración propia

Los resultados se muestran en los Cuadros 14, 15, 16 y 17 del capítulo de resultados. Los procedimientos de dichos ensayos se detallan en los ANEXOS 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

4.1.2.2. PLANTEAMIENTO DE LAS DIMENSIONES DEL LADRILLO PROPUESTO

Paso previo para el diseño de mezcla, consistió en plantear las dimensiones del ladrillo, las cuales deberán estar dentro de los límites máximos establecidos en la Norma Técnica Peruana 399.601. Respecto al porcentaje de vacíos, la norma establece un máximo de 30% para ladrillos macizos, por tanto para cumplir con este criterio se propuso 4 perforaciones de 7.5 x 2.5 cm cada una, lo que permitió obtener un porcentaje de vacíos teórico de 20%. Por otro lado, las dimensiones propuestas para el ladrillo fueron de 23 x 13 x 9 cm.

4.1.2.3. FABRICACIÓN DE MOLDES

El primer molde fabricado fue construido a base de madera, el cual dio como resultado una ligera deficiencia para la producción debido a la adherencia de la mezcla a la madera y presencia de algunas anomalías e irregularidades en la etapa del desmolde.

Figura 8: Molde de Madera



Fuente: Elaboración propia

También se propuso un molde metálico el cual tuvo una mejor performance. Este molde tiene un mecanismo de expulsión constituido por una platina adosada a unas asas rotatorias las cuales facilitan el desmolde. El diseño del molde se detalla en el ANEXO N°18.

Figura 9: Molde Metálico



Fuente: Elaboración propia

4.1.2.4. DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS Y PRODUCCIÓN DE LADRILLOS

A partir de los datos obtenidos en la caracterización de los agregados se trabajó con el Diseño de mezcla basado en el informe del A.C.I. - Comité 211 para la dosificación de mezclas (Cerna, 2016). Teniendo en cuenta que la mezcla debe ser relativamente seca es decir con slump de 1" (San Bartolomé, 2008) para que no se desmorone al desmoldar, así como evitar la formación de lechada de cemento en la superficie del ladrillo, lo cual disminuiría su adherencia con el mortero.

La dosificación se llevaría a proporciones posibles de ser replicadas, para lo cual se usó el valor del peso volumétrico de la arena, confitillo, cemento y agua.

Cuadro 12: Dosificación de mezcla

	A. FINO	A. GRUESO	CEMENTO	AGUA	VOL. TOTAL (cm ³)	PESO LADRILLO (kg)
VOLUMEN (cm ³)	1282.03	1170.98	418.19	514.53	3385.73	4.97
PESO (Kg)	2.20	1.63	0.63	0.51		
PROPORCION VOLUMETRICA	3.1	2.8	1	1.2		

El procedimiento de la dosificación de mezcla se detalla en el ANEXO 9.

Se realizó una mezcla manual, siendo posible el uso de una mezcladora. Primero se mezcló en seco el agregado fino, agregado grueso y cemento, luego se incorporó el agua en un hoyo en el centro de la mezcla y se mezcló todo uniformemente. Después se procedió a vaciar la mezcla dentro del molde metálico en capas, acomodando la mezcla con una varilla de fierro y vibrando manualmente hasta que aparezca una película de agua en la superficie, se espera unos minutos y finalmente se desmolda verticalmente.

Los ladrillos de concreto de 4 huecos se elaboraron en el Laboratorio de Prueba y Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional Agraria La Molina. El clima de la zona es de naturaleza mesotermal, durante la etapa de elaboración de los ladrillos la temperatura promedio fue de 21.3 °C, además con una humedad relativa del 75.4% durante esta época (fines de abril del 2016).

Previo al vaciado del material, se lubricó el interior del molde con petróleo y en el suelo se esparció una delgada capa de arena fina con el propósito de facilitar el desmolde, luego se procedió a echar la mezcla por capas, brindándole un vibrado manual con la ayuda de la varilla metálica, finalmente se niveló sacando los excesos y se desmoldó. Se debe mencionar que a las 24 horas pasado el desmolde, los ladrillos ingresaron a la poza de curado por un período de 3 días. Además la etapa de almacenamiento y secado también fue realizada en el Laboratorio de Prueba y Ensayo de Materiales, el clima tuvo una temperatura máxima de 29.6 °C y mínima de 14.8 °C, además de una humedad relativa de 77% y una presión de 984.9 mb (Mayo 2016).

Los ensayos requeridos para la evaluación del comportamiento de los ladrillos y el número de unidades necesarias para llevarlos a cabo están determinados en la NTP 399.613 y 399.605. Algunos de estos ensayos son no destructivos, como la variación dimensional, el alabeo, el porcentaje de vacíos y la absorción, por lo que estas mismas unidades fueron usadas en los ensayos destructivos tales como; compresión por unidad y pila. En el Cuadro 13 se muestran detalles de las unidades utilizadas en cada tipo de ensayo.

Cuadro 13: Número de muestras por ensayos realizados

TIPO DE ENSAYO	NÚMERO DE MUESTRAS
Variación dimensional	10
Alabeo	10
Porcentaje de vacíos	10
Absorción	10
Compresión por unidad	5
Compresión por pila	9

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.5. ENSAYOS

La Norma Técnica E.070 Albañilería (2006) establece las pruebas que deben ser aplicadas en las muestras para que se acepten como unidad de albañilería. La relación de ensayos fue la siguiente:

- **Variación dimensional**

Este ensayo se realizó con la finalidad de evaluar los incrementos y/o disminuciones de las dimensiones durante la etapa de desmolde y curado de las

muestras. El procedimiento se encuentra a detalle en el ANEXO 10 y los resultados en el Cuadro 18 del capítulo de resultados.

- **Alabeo**

Este ensayo se realizó con la finalidad de evaluar la concavidad y convexidad de las muestras sobre una superficie plana. El procedimiento se encuentra a detalle en el ANEXO 11 y los resultados en el Cuadro 19 del capítulo de resultados.

- **Vacíos**

La finalidad de este ensayo fue establecer el porcentaje de vacíos de cada una de las muestras. El procedimiento se encuentra a detalle en el ANEXO 12 y los resultados en el Cuadro 20 del capítulo de resultados.

- **Absorción**

El propósito del ensayo es establecer la capacidad o potencial de absorción de cada una de las muestras, ejecutado en un medio totalmente saturado. El procedimiento se encuentra a detalle en el ANEXO 13 y los resultados en el Cuadro 21 del capítulo de resultados.

- **Resistencia a la compresión**

Mediante este ensayo se evaluó la resistencia del ladrillo por unidad y pila sometido a cargas de compresión axial. Los procedimientos se encuentran en los ANEXOS 14 y 15 y los resultados en los Cuadros 22 y 23 del capítulo de resultados.

4.1.2.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se obtienen las siguientes variables estadísticas básicas: la media aritmética, la mediana, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

A su vez se basó en pruebas estadísticas, las cuales verifican que las hipótesis de los datos provienen de una distribución simétrica, por lo cual se aplicaron las pruebas de hipótesis **Wilcoxon** (Intervalos de confianza y Mediana de la Prueba) y **Prueba t student**, por medio del software Minitab. La hipótesis (H_0) se acepta, cuando el P-value es mayor o igual que el nivel de significancia (α), siendo $\alpha = 5 \%$, el cual da una confianza alcanzada del 95 %.

4.2. LADRILLOS INDUSTRIALES.

Con la finalidad de evitar la influencia de parámetros ajenos al segundo objetivo del estudio, se utilizaron materiales de calidad definida que se emplean en la construcción de muros portantes de albañilería armada y confinada. Los ensayos respectivos fueron ejecutados en el Laboratorio de Prueba y Ensayo de Materiales.

4.2.1. MATERIALES

4.2.1.1. Ladrillos de arcilla

Se utilizó ladrillos de arcilla industrial denominados King Kong 18 huecos provenientes de dos fábricas ladrilleras. Estas unidades son de dimensiones nominales de 23 cm x 12.5 cm x 9 cm y de perforaciones circulares perpendiculares a la cara de asiento (Figura 10 y 11).

Figura 10: Ladrillo de arcilla Marca A



Fuente: Elaboración propia

Figura 11: Ladrillo de arcilla Marca B



Fuente: Elaboración propia

Según ficha Técnica de los fabricantes, estos ladrillos de arcilla son clasificados como Tipo IV, aptos para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

4.2.1.2. Ladrillos de concreto vibrado

Se utilizó ladrillos de concreto industrial proveniente de una fábrica concretera. Estas unidades son de dimensiones nominales de 22 cm x 13 cm x 9 cm y de perforaciones perpendiculares a la cara de asiento (Figura 12).

Figura 12: Ladrillo de concreto vibrado



Fuente: Elaboración propia.

Estos ladrillos de concreto son clasificados como Tipo IV, sólidos y aptos para ser empleados en la construcción de muros portantes, confinados y por supuesto, en no portantes.

4.2.2. METODOLOGÍA

4.2.2.1. ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD

Son pruebas a las que se someten los ladrillos para poder limitar su aplicación en diseños estructurales. La Norma Técnica E.070 establece que para lotes de hasta 50 millares, debe seleccionarse como mínimo 10 unidades de albañilería. Para esta investigación se requirió de 152 unidades por cada marca de ladrillo, con la finalidad de tener un mejor control de calidad.

- **Variación dimensional**

Aunque es una propiedad física, influye en el comportamiento resistente del muro. Por lo que a mayor variación dimensional, mayor espesor de la junta y mientras mayor sea el espesor de la junta, menor será la resistencia a compresión del muro de albañilería.

El procedimiento se encuentra a detalle en el ANEXO 10 y los resultados en los Cuadros 24 y 25 del capítulo de resultados.

- **Alabeo**

El efecto es semejante al de la variación dimensional, puesto que el mayor alabeo del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta. Asimismo puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas horizontales alabeadas, afectando directamente la resistencia y la fuerza cortante del muro de albañilería.

El procedimiento se encuentra a detalle en el ANEXO 11 y los resultados en los Cuadros 26 y 27 del capítulo de resultados.

- **Vacíos**

Las perforaciones favorecen a la cocción de los ladrillos de arcilla y el curado en los ladrillos de concreto, sin embargo los debilitan ante los esfuerzos de compresión. Es por ello que las Normas Peruanas limitan dicho valor para ser utilizados como muros portantes.

El procedimiento se encuentra a detalle en el ANEXO 12 y los resultados en los Cuadros 28 y 29 del capítulo de resultados.

- **Absorción**

Está demostrado que con unidades que tienen una absorción excesiva al momento del asentado no se logra uniones adecuadas con el mortero. Cuando la absorción es muy alta, el mortero, debido a la rápida pérdida del agua que es absorbida por la unidad, se deforma y endurece, lo que impide un contacto complejo e íntimo con la cara de la siguiente unidad. El resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua.

El procedimiento se encuentra a detalle en el ANEXO 13 y los resultados en los Cuadros 30 y 31 del capítulo de resultados.

- **Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión axial de la unidad (f'_b) es, por sí sola, su principal propiedad y la que finalmente determina la resistencia a la compresión axial del muro de albañilería (f'_m) y a corte (v'_m). En general, valores altos de resistencia a la compresión señalan una buena calidad para todos los fines estructurales y de

exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable.

El procedimiento se encuentra a detalle en los ANEXOS 14, 15 y 16, y los resultados en los Cuadros 32, 33, 34, 35, 36 y 37 del capítulo de resultados.

4.2.2.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se obtienen las siguientes variables estadísticas básicas: la media aritmética, la mediana, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

A su vez se basó en pruebas estadísticas, las cuales verifican que las hipótesis de los datos provienen de una distribución simétrica, por lo cual se aplicaron las pruebas de hipótesis **Wilcoxon** (Intervalos de confianza y Mediana de la Prueba) y **Prueba t student**, por medio del software Minitab.

La hipótesis (H_0) se acepta, cuando el P-value es mayor o igual que el nivel de significancia (α), siendo $\alpha = 5 \%$, el cual da una confianza alcanzada del 95 %.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. LADRILLOS ELABORADOS EN LABORATORIO

5.1.1. ANÁLISIS DEL AGREGADO FINO

El agregado fino perteneciente a la cantera de la Molina fue seleccionado debido a la fácil disponibilidad durante época de la investigación. El análisis granulométrico del agregado fino se presenta en el Cuadro 14 y la Figura 13. Se puede observar que la arena presenta un módulo de fineza dentro del rango típico de 2.3 a 3.1, y cuya curva granulométrica cumple con los requerimientos de los husos granulométricos.

Cuadro 14: Análisis granulométrico del agregado fino

MALLA	DIÁMETRO (mm)	RETENCIÓN ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3/8"	9.500	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.02	99.98
Nº 8	2.360	0.16	99.84
Nº 16	1.180	35.03	64.97
Nº 30	0.580	58.26	41.74
Nº 50	0.300	78.60	21.40
Nº 100	0.150	92.47	7.53
Fondo		100.00	0.00
MÓDULO DE FINEZA		2.65	

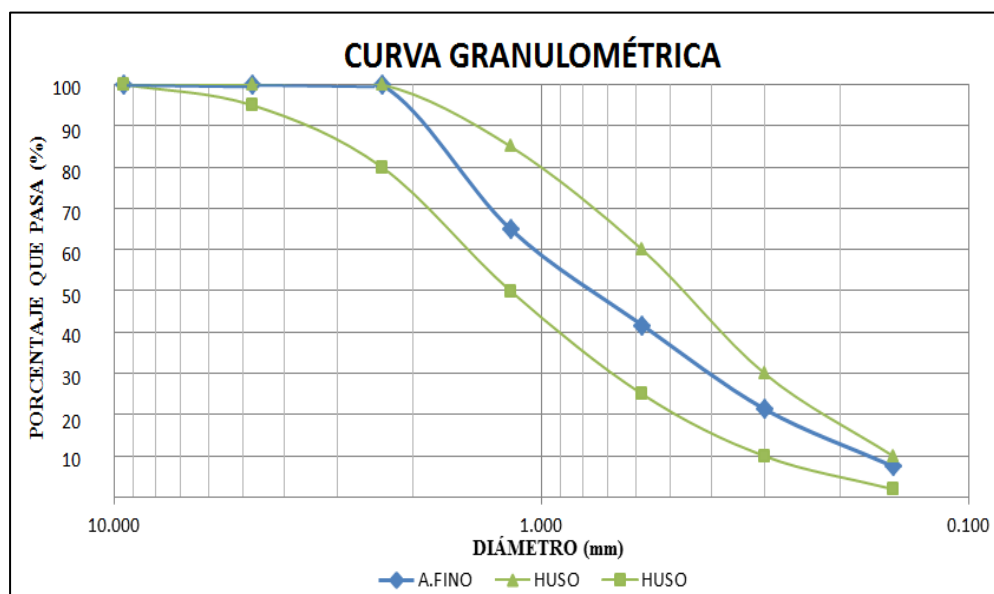


Figura 13: Curva Granulométrica del Agregado Fino

En el Cuadro 15 se muestran los resultados de los ensayos de caracterización realizados sobre el agregado fino.

Cuadro 15: Resultados del agregado fino analizado

	AGREGADO FINO
Peso saturado con superficie seca	2.61
Humedad (%)	1.07
Absorción (%)	3.16
Módulo de Fineza	2.65
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1726.10
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1847.39

5.1.2. ANÁLISIS DEL AGREGADO GRUESO

El agregado grueso fue tomado de la Cantera del Anexo 22 - CC de Jicamarca – San Juan de Lurigancho. El análisis granulométrico del agregado grueso se presenta en el Cuadro 16 y la Figura 14. Se puede observar que la curva granulométrica cumple con los requerimientos del huso granulométrico para el Tamaño Máximo Nominal de 3/8” (HUSO 8 del Cuadro 10).

Cuadro 16: Análisis granulométrico del agregado grueso

MALLA	DIÁMETRO (mm)	RETENCIÓN ACUMULADO (%)	% QUE PASA
1/2"	12.70	0.00	100.00
3/8"	9.53	7.07	92.93
Nº 4	4.750	88.43	11.57
Nº 8	2.360	99.92	0.08
Nº 16	1.180	100.00	0.00
Nº 30	0.580	100.00	0.00
Nº 50	0.300	100.00	0.00
Nº 100	0.150	100.00	0.00
FONDO		100.00	0.00
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			3/8"

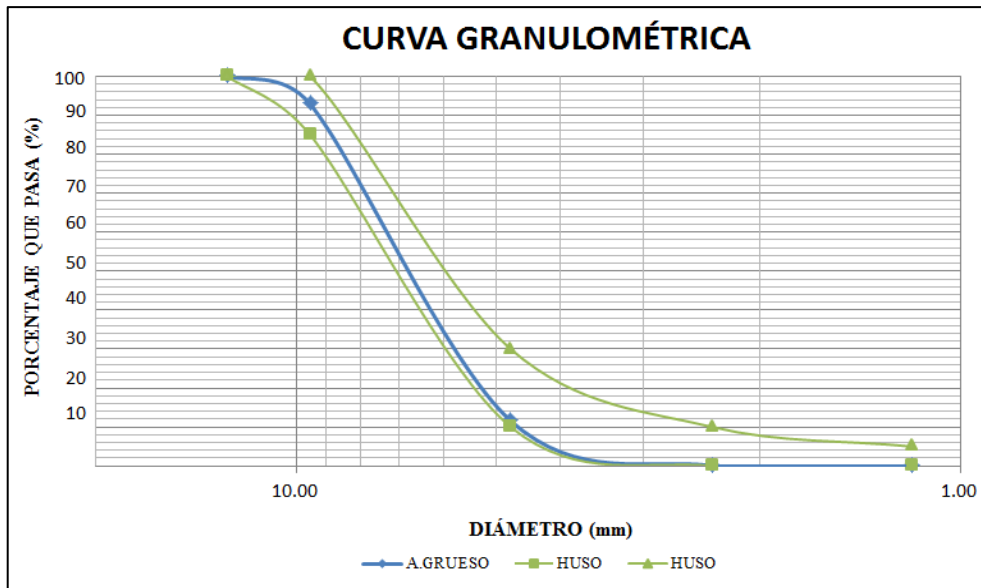


Figura 14: Curva Granulométrica del Agregado Grueso

En el Cuadro 17 se muestran los resultados de las distintas pruebas realizadas sobre el agregado grueso, muestra que es un agregado de buen comportamiento, es decir que no es absorbentes ni débil.

Cuadro 17: Resultados del agregado grueso analizado

	AGREGADO GRUESO
Peso saturado con superficie seca	2.65
Humedad (%)	0.75
Absorción (%)	2.20
Tamaño máximo nominal	3/8"
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1398.18
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1579.56

5.1.3. ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL.

En el Cuadro 18 se muestra los valores de las muestras con respecto al largo, ancho y alto, además del promedio, la variación porcentual y el coeficiente de variabilidad. Se debe señalar que las dimensiones analizadas son con respecto a las dimensiones del ladrillo propuesto (230 mm x 130 mm x 90 mm).

Cuadro 18: Resumen de resultados del ensayo de variación dimensional. Ladrillos de concreto

MUESTRA LADRILLO	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTO (mm)
M - 1	230.750	130.500	88.750
M - 2	231.250	130.375	87.375
M - 3	231.000	130.500	87.750
M - 4	231.000	130.500	87.250
M - 5	230.750	130.500	87.500
M - 6	231.250	130.250	87.000
M - 7	230.500	130.250	87.125
M - 8	230.250	130.125	88.000
M - 9	230.500	130.250	87.750
M - 10	231.250	130.750	87.375
PROMEDIO	230.850	130.400	87.588
VARIACIÓN (%)	0.370	0.308	-2.681
CV	0.15%	0.14%	0.58%

Para fines estructurales, la Norma E-070 de Albañilería establece para un ladrillo tipo IV la variación porcentual máxima de ± 2 para el largo, ± 3 para el ancho y ± 4 para el alto. Se puede observar en el Cuadro 18 que la variación porcentual de las dimensiones ladrillo de concreto cumple con las características indicadas en la normativa. Además, presentan coeficientes de variación por debajo del 1%, los cuales también determinan la aceptación de la unidad.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se debe mencionar que para el análisis estadístico se usó todos los datos de las dimensiones de los ladrillos de concreto.

Si el Intervalo de confianza se encuentra dentro del Intervalo teórico, la dimensión cumple con los requisitos establecidos en la Norma E.070 para ladrillos TIPO IV. Con un nivel de significación (α) de 0.05.

a. Largo

Intervalo teórico: < 225.4 mm; 234.6 mm>

Figura 15: Intervalos de confianza para el largo del ladrillo de concreto

		Mediana	Confianza	Intervalo de confianza	
	N	estimada	alcanzada	Inferior	Superior
C1	40	231.0	95.0	230.5	231.0

b. Ancho

Intervalo teórico: < 126.1 mm; 133.9 mm>

Figura 16: Intervalos de confianza para el ancho del ladrillo de concreto

		Mediana	Confianza	Intervalo de confianza	
	N	estimada	alcanzada	Inferior	Superior
C2	40	130.5	95.0	130.0	130.5

c. Alto

Intervalo teórico: < 86.4 mm; 93.6 mm>

Figura 17: Intervalos de confianza para el ancho del ladrillo de concreto

		Mediana	Confianza	Intervalo de confianza	
	N	estimada	alcanzada	Inferior	Superior
C3	40	87.50	95.0	87.50	87.75

Las figuras 15, 16 y 17 muestran que los intervalos de confianza se encuentran dentro de los intervalos teóricos de las variaciones dimensionales establecidos por norma. Con una confianza del 95% las medianas muestrales son de 231 mm, 130.5 mm y 87.5 mm, para el largo, ancho y alto respectivamente. Por tanto, la variación dimensional del ladrillo de concreto es aceptable y cumple con la Norma Técnica E.070.

5.1.4. ENSAYO DE ALABEO.

En el Cuadro 19 se muestra los valores de las muestras con respecto a la concavidad y convexidad del ladrillo propuesto, además del promedio y el coeficiente de variabilidad.

Cuadro 19: Resumen de resultados del ensayo de alabeo. Ladrillo de concreto

MUESTRA LADRILLO	CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)
M - 1	0.225	0.625
M - 2	0.175	0.325
M - 3	0.275	0.400
M - 4	0.150	0.700
M - 5	0.175	0.350
M - 6	0.250	0.725
M - 7	0.250	0.575
M - 8	0.125	0.325
M - 9	0.100	0.400
M - 10	0.100	0.775
PROMEDIO	0.183	0.520
CV	35.40%	34.36%

Según Normativa, el ladrillo tipo IV tendrá un alabeo máximo de 4 mm. Se puede observar en el Cuadro 19 que el alabeo del ladrillo de concreto en promedio cumple con las características indicadas en la normativa, al presentar un alabeo tanto en concavidad como en convexidad inferior a 4 mm. Además, presentan coeficientes de variación relativamente altos pero los cuales están por debajo del límite establecido de 40%.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se debe mencionar que para el análisis estadístico se usó todos los datos de la concavidad y convexidad de los ladrillos de concreto.

Prueba de la Mediana

Si: $H_0: \mu \leq 4 \text{ mm}$

$H_1: \mu > 4 \text{ mm}$

Y: $P\text{-value} \geq \alpha$, entonces se acepta la Hipótesis nula (H_0). Por tanto, se cumple con el requisito establecido en la Norma E.070 para ladrillos TIPO IV. Con un nivel de significación (α) de 0.05.

a. Concavidad

Figura 18: Prueba de la mediana para la concavidad del ladrillo de concreto

	N	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	P	Mediana estimada
C4	40	40	0.0	1.000	0.1500

b. Convexidad

Figura 19: Prueba de la mediana para la convexidad del ladrillo de concreto

	N	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	P	Mediana estimada
C5	40	40	0.0	1.000	0.5000

Las figuras 18 y 19 muestran que el P-value es mayor que $\alpha = 0,1$, por lo tanto sigue una distribución simétrica y se acepta la hipótesis nula (H_0).

Con una confianza del 95% las medianas muestrales son 0.15 mm y 0.5 mm para concavidad y convexidad respectivamente. El análisis estadístico permite concluir que el ladrillo de concreto si cumple con el requisito físico establecido en la Norma.

5.1.5. ENSAYO DE PORCENTAJE DE VACÍOS.

En el Cuadro 20 se muestra los valores de las muestras con respecto al porcentaje de vacíos, además del promedio y el coeficiente de variabilidad.

Cuadro 20: Resumen de resultados del ensayo de porcentaje de vacíos. Ladrillo de concreto

MUESTRA LADRILLO	PORCENTAJE DE VACÍOS
M-1	13.34
M-2	11.74
M-3	12.09
M-4	11.13
M-5	12.25
M-6	11.67
M-7	10.86
M-8	13.84
M-9	12.97
M-10	11.59
PROMEDIO	12.15
CV	7.93%

Se puede observar en el Cuadro 20 que el porcentaje de vacíos del ladrillo de concreto en promedio es inferior al 30% por lo que define al ladrillo como una unidad de albañilería maciza. Además, presenta un coeficiente de variación por debajo del 8%, el cual también determina la aceptación de su propiedad física.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Prueba t student

Si: $H_0: \mu \leq 30 \%$; clasifica como Ladrillo Macizo.

$H_1: \mu > 30 \%$; clasifica como Ladrillo Hueco.

Y: $P\text{-value} \geq \alpha$, entonces se acepta la Hipótesis nula (H_0). Por tanto, se cumple con el requisito de clasificación establecido en la Norma Técnica E.070. Con un nivel de significación (α) de 0.05.

Figura 20: Prueba t student para el porcentaje de vacíos del ladrillo de concreto

Prueba de $\mu = 30$ vs. > 30							
Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95%	T	P
C6	10	12.147	0.963	0.305	11.589	-58.62	1.000

La figura 20 infiere que el P-value es mayor que $\alpha = 0,1$, por lo tanto sigue una distribución simétrica y se acepta la hipótesis nula (H_0) con una confianza del 95%.

El análisis estadístico permite concluir que el porcentaje de vacíos del ladrillo de concreto es aceptable para clasificarse como Ladrillo Macizo y por tanto cumple con lo establecido en la Norma Técnica E.070.

5.1.6. ENSAYO DE ABSORCIÓN.

En el Cuadro 21 se muestra los valores de las muestras con respecto al porcentaje de absorción, además del promedio y el coeficiente de variabilidad.

Cuadro 21: Resumen de resultados del ensayo de absorción. Ladrillo de concreto

MUESTRA LADRILLO	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN
M-1	4.74
M-2	4.36
M-3	4.95
M-4	4.21
M-5	4.73
M-6	4.46
M-7	3.60
M-8	4.72
M-9	4.59
M-10	4.87
PROMEDIO	4.52
CV	8.77%

Para fines estructurales, la Norma E.070 de Albañilería establece para un ladrillo de concreto el porcentaje de absorción máxima de 12 %. Se puede observar en el Cuadro 21 que la absorción del ladrillo de concreto en promedio cumple con la característica indicada en la normativa. Además, presenta un coeficiente de variación por debajo del 9%, el cual también determina la aceptación de su propiedad física.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Prueba t student

Si: $H_0: \mu \leq 12 \%$

$H_1: \mu > 12 \%$

Y: $P\text{-value} \geq \alpha$, entonces se acepta la Hipótesis nula (H_0). Por tanto, se cumple con el requisito establecido en la Norma Técnica E0.70. Con un nivel de significación (α) de 0.05.

Figura 21: Prueba t student para el porcentaje de absorción del ladrillo de concreto

Prueba de $\mu = 12$ vs. > 12							
Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Limite inferior de 95%	T	P
C7	10	4.525	0.397	0.126	4.295	-59.54	1.000

La figura 21 muestra que el P-value es mayor que $\alpha = 0,1$, por lo tanto sigue una distribución simétrica y se acepta la hipótesis nula (H_0) con una confianza del 95%.

El análisis estadístico permite concluir que el porcentaje de absorción del ladrillo de concreto si cumple con la Norma E.070.

5.1.7. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR UNIDAD.

En el Cuadro 22 se muestra los valores de los ensayos de resistencia a la compresión por unidad, además del promedio, el coeficiente de variabilidad y la resistencia característica a compresión por unidad.

Cuadro 22: Resumen de resultados del ensayo a la compresión por unidad. Ladrillo de concreto

MUESTRA LADRILLO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN f_b (kg/cm ²)
M - 1	132.15
M - 2	134.80
M - 3	141.53
M - 4	133.81
M - 5	139.75
PROMEDIO	136.41
CV	2.95%
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f_b (kg/cm²)	132.38

Según la Norma E.070 de Albañilería, el ladrillo tipo IV tendrá una mínima resistencia característica a compresión de 130 kg/cm². Se puede observar en el Cuadro 22 que la resistencia a compresión del ladrillo de concreto cumple con la característica indicada en la normativa.

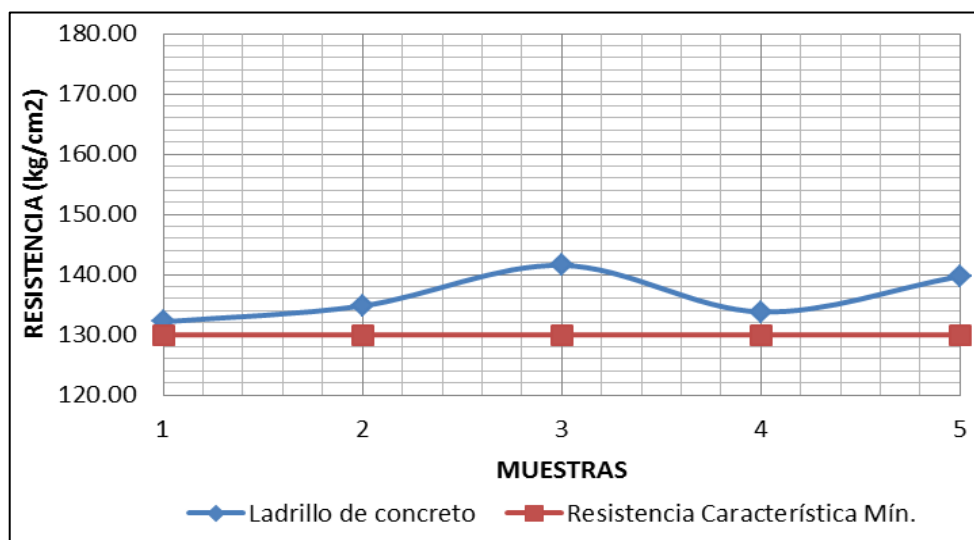


Figura 22: Resistencia a la compresión por unidad. Ladrillo de concreto

5.1.8. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR PILA.

En el Cuadro 23 se muestra los valores de las muestras de ladrillos de concreto, con respecto a la resistencia a la compresión, además del promedio, el coeficiente de variabilidad y la resistencia característica a compresión por pila.

Cuadro 23: Resumen de resultados del ensayo a la compresión por pila. Ladrillo de concreto

MUESTRA LADRILLO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN f_m (kg/cm²)
P - 1	116.81
P - 2	115.93
P - 3	118.05
PROMEDIO	116.93
CV	0.91%
RESISTENCIA CARACTERISTICA f'_m (kg/cm²)	115.86

Se puede observar en el Cuadro 23 que la resistencia característica a compresión por pila del ladrillo de concreto es de 115.86 kg/cm².

El restar la desviación estándar al valor promedio, estadísticamente significa que el 84% de los especímenes ensayados tendrán una resistencia superior al valor característico, o que se puede utilizar hasta un 16% de unidades defectuosas, porcentaje que está previsto dentro de los márgenes de seguridad establecidos en esta Norma para el diseño estructural.

5.2. LADRILLOS INDUSTRIALES

5.2.1. ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL.

En el Cuadro 24 se muestra los valores de las muestras de dos marcas de ladrillos de arcilla, con respecto al largo, ancho y alto, además del promedio, la variación porcentual y el coeficiente de variabilidad. Se debe señalar que las dimensiones analizadas son con respecto a las fichas técnicas de fabricante (230 mm x 125 mm x 90 mm).

Cuadro 24: Resumen de resultados del ensayo de variación dimensional. Ladrillos industriales de arcilla

MUESTRA LADRILLO	MARCA A			MARCA B		
	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTO (mm)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTO (mm)
M - 1	230.8	123.8	91.0	229.8	123.3	91.3
M - 2	229.5	123.3	91.5	226.3	123.3	91.3
M - 3	230.0	123.0	91.0	229.0	122.3	91.8
M - 4	231.3	123.8	90.8	227.5	122.0	91.3
M - 5	230.0	124.3	92.3	230.8	123.3	91.8
M - 6	230.8	124.3	90.8	226.0	122.3	91.3
M - 7	234.8	122.5	90.8	232.5	122.8	92.3
M - 8	229.3	124.0	92.0	230.3	121.5	91.8
M - 9	229.5	124.5	91.3	230.5	123.8	91.8
M - 10	231.3	123.5	91.0	230.5	122.0	91.8
PROMEDIO	230.7	123.7	91.2	229.3	122.6	91.6
VARIACIÓN (%)	0.304	-1.060	1.361	-0.304	-1.900	1.778
CV	0.69%	0.50%	0.58%	0.92%	0.59%	0.37%

Para fines estructurales, la Norma E.070 de Albañilería establece para un ladrillo tipo IV la variación porcentual máxima de ± 2 para el largo, ± 3 para el ancho y ± 4 para el alto. Se puede observar en el Cuadro 24 que la variación porcentual de los ladrillos de arcilla de ambas marcas cumplen con las características indicadas en la normativa.

Además, presentan coeficientes de variación por debajo del 1%, los cuales también determinan la aceptación de la unidad de albañilería.



Figura 23: Variación dimensional del largo. Ladrillos industriales de arcilla

De acuerdo a la Figura 23 se observa que la tendencia hacia la reducción del largo es mayor en la Marca B. Específicamente si se analiza la variación en promedio, la Marca A aumenta en 0.304% la dimensión del largo mientras que la Marca B disminuye en 0.304%.

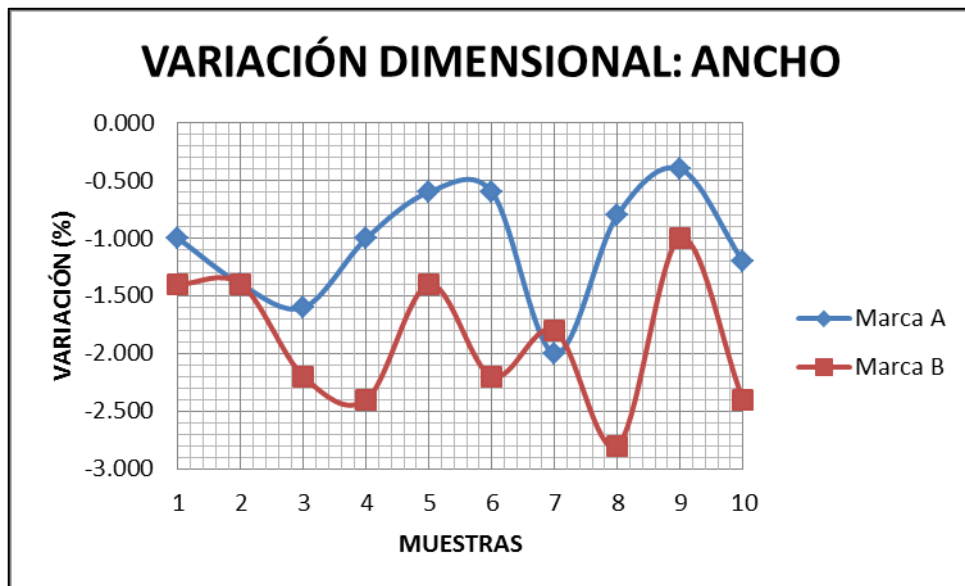


Figura 24: Variación dimensional del ancho. Ladrillos industriales de arcilla

La interpretación de la Figura 24 para el ancho es la siguiente, se puede determinar que la tendencia hacia la reducción del ancho es mayor en la Marca B. Si analizamos la variación en promedio, la Marca A disminuye en 1.060% la dimensión del ancho mientras que la Marca B disminuye en 1.900%.

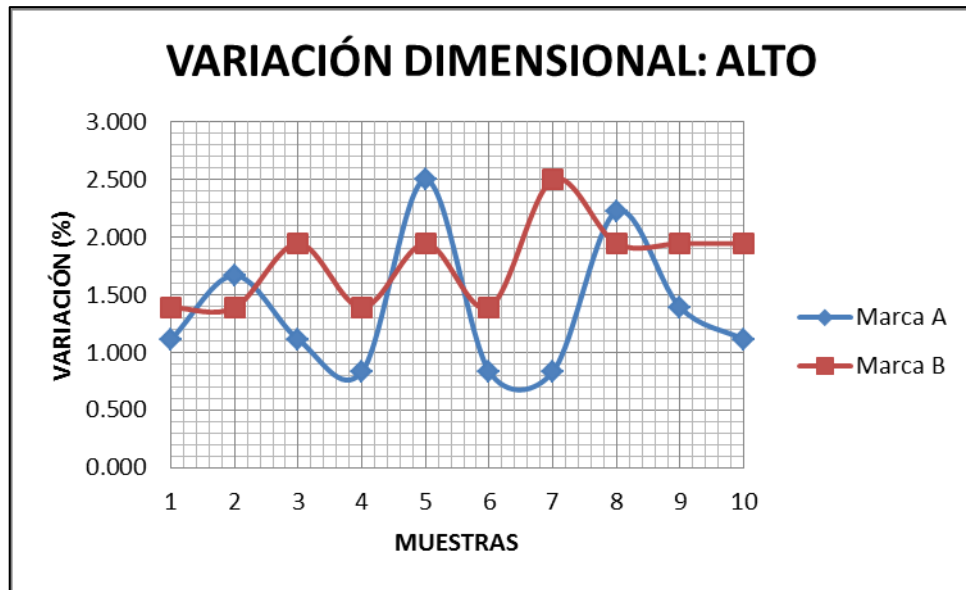


Figura 25: Variación dimensional del alto. Ladrillos industriales de arcilla

De acuerdo a la Figura 25 se observa que existe una mínima variación porcentual entre la Marca A y la Marca B. Específicamente si se analiza la variación porcentual en promedio, la Marca A aumenta en 1.361% la dimensión del largo mientras que la Marca B aumenta en 1.778%.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se debe mencionar que para el análisis estadístico se usó todos los datos de las dimensiones de los ladrillos de arcilla.

Si el Intervalo de confianza se encuentra dentro del Intervalo teórico, la dimensión cumple con los requisitos establecidos en la Norma E.070 para ladrillos TIPO IV. Con un nivel de significación (α) de 0.05.

- LADRILLO INDUSTRIAL DE ARCILLA MARCA A

a. Largo

Intervalo teórico: < 225.4 mm; 234.6 mm >

Figura 26: Intervalos de confianza para el largo del ladrillo Marca A

	Mediana	Confianza	Intervalo de confianza	
	N estimada	alcanzada	Inferior	Superior
C1	40	230.5	230.0	231.0

b. Ancho

Intervalo teórico: < 121.25 mm; 128.75 mm>

Figura 27: Intervalos de confianza para el ancho del ladrillo Marca A

		Mediana	Confianza	Intervalo de confianza	
	N	estimada	alcanzada	Inferior	Superior
C2	40	123.5	95.0	123.5	124.0

c. Alto

Intervalo teórico: < 86.4 mm; 93.6 mm>

Figura 28: Intervalos de confianza para el alto del ladrillo Marca A

		Mediana	Confianza	Intervalo de confianza	
	N	estimada	alcanzada	Inferior	Superior
C3	40	91.00	95.0	91.00	91.50

Las figuras 26, 27 y 28 muestran que los intervalos de confianza se encuentran dentro de los intervalos teóricos de las variaciones dimensionales establecidos por norma. Con una confianza del 95% las medianas muestrales son de 230.5 mm, 123.5 mm y 91 mm, para el largo, ancho y alto respectivamente. Por tanto, la variación dimensional del ladrillo Marca A es aceptable y cumple con la Norma Técnica E.070.

- LADRILLO INDUSTRIAL DE ARCILLA MARCA B

a. Largo

Intervalo teórico: < 225.4 ; 234.6 >

Figura 29: Intervalos de confianza para el largo del ladrillo Marca B

		Mediana	Confianza	Intervalo de confianza	
	N	estimada	alcanzada	Inferior	Superior
C1	40	229.5	95.0	228.5	230.0

b. Ancho

Intervalo teórico: < 121.25 ; 128.75 >

Figura 30: Intervalos de confianza para el ancho del ladrillo Marca B

		Mediana	Confianza	Intervalo de confianza	
	N	estimada	alcanzada	Inferior	Superior
C2	40	122.5	95.0	122.5	123.0

c. Alto

Intervalo teórico: < 86.4 ; 93.6 >

Figura 31: Intervalos de confianza para el alto del ladrillo Marca B

		Mediana	Confianza	Intervalo de confianza	
	N	estimada	alcanzada	Inferior	Superior
C3	40	91.50	95.0	91.50	92.00

Las figuras 29, 30 y 31 muestran que los intervalos de confianza se encuentran dentro de los intervalos teóricos de las variaciones dimensionales establecidos por norma. Con una confianza del 95% las medianas muestrales son de 229.5 mm, 122.5 mm y 91.5 mm, para el largo, ancho y alto respectivamente. Por tanto, la variación dimensional del ladrillo Marca B es aceptable y cumple con la Norma Técnica E.070.

En el Cuadro 25 se muestra los valores de las muestras de una marca de ladrillo de concreto vibrado, con respecto al largo, ancho y alto, además del promedio, la variación porcentual y el coeficiente de variabilidad. Se debe señalar que las dimensiones analizadas son con respecto a su ficha técnica de fabricante (220 mm x 130 mm x 90 mm).

Cuadro 25: Resumen de resultados del ensayo de variación dimensional. Ladrillos industriales de concreto vibrado

MUESTRA LADRILLO	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTO (mm)
M - 1	221.500	130.000	90.000
M - 2	222.250	130.000	89.500
M - 3	221.750	130.250	90.250
M - 4	221.750	130.250	90.750
M - 5	221.250	130.000	89.750
M - 6	221.750	130.000	90.250
M - 7	221.750	130.000	90.250
M - 8	222.000	130.000	90.000
M - 9	221.500	130.000	89.750
M - 10	221.250	130.000	89.750
PROMEDIO	221.675	130.050	90.025
VARIACIÓN (%)	0.761	0.038	0.028
CV	0.14%	0.08%	0.40%

Se puede observar en el Cuadro 25 que la variación porcentual de los ladrillos de concreto vibrado cumplen con las características indicadas en la Norma E.070 para un ladrillo tipo IV, es decir con variaciones inferiores a $\pm 4\%$ para el alto, $\pm 3\%$ para el ancho y $\pm 2\%$ para el largo. Además, presentan coeficientes de variación por debajo del 1%, los cuales también determinan la aceptación de la unidad de albañilería.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se debe mencionar que para el análisis estadístico se usó todos los datos de las dimensiones de los ladrillos de concreto vibrado.

Si el Intervalo de confianza se encuentra dentro del Intervalo teórico, la dimensión cumple con los requisitos establecidos en la Norma E.070 para ladrillos TIPO IV. Con un nivel de significación (α) de 0.05.

a. Largo

Intervalo teórico: < 215.6 ; 224.4 >

Figura 32: Intervalos de confianza para el largo del ladrillo de concreto vibrado

		Mediana	Confianza	Intervalo de confianza	
	N	estimada	alcanzada	Inferior	Superior
C1	40	221.5	95.0	221.5	222.0

b. Ancho

Intervalo teórico: < 126.1 ; 133.9 >

Figura 33: Intervalos de confianza para el ancho del ladrillo de concreto vibrado

		Mediana	Confianza	Intervalo de confianza	
	N	estimada	alcanzada	Inferior	Superior
C2	40	130.0	95.0	130.0	130.0

c. Alto

Intervalo teórico: < 86.4 ; 93.6 >

Figura 34: Intervalos de confianza para el alto del ladrillo de concreto vibrado

		Mediana	Confianza	Intervalo de confianza	
	N	estimada	alcanzada	Inferior	Superior
C3	40	90.00	95.0	90.00	90.00

Las figuras 32, 33 y 34 muestran que los intervalos de confianza se encuentran dentro de los intervalos teóricos de las variaciones dimensionales establecidos por norma. Con una confianza del 95% las medianas muestrales son de 221.5 mm, 130 mm y 90 mm, para el largo, ancho y alto respectivamente. Por tanto, la variación dimensional del ladrillo de concreto vibrado es aceptable y cumple con la Norma Técnica E.070.

5.2.2. ENSAYO DE ALABEO.

En el Cuadro 26 se muestra los valores de las muestras de dos marcas de ladrillos de arcilla, con respecto a la concavidad y convexidad, además del promedio y el coeficiente de variabilidad.

Cuadro 26: Resumen de resultados del ensayo de alabeo. Ladrillos industriales de arcilla

MUESTRA LADRILLO	MARCA A		MARCA B	
	CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)	CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)
M - 1	0.60	0.08	0.44	0.10
M - 2	0.50	0.23	0.18	0.04
M - 3	0.40	0.08	0.18	0.18
M - 4	0.55	0.20	0.40	0.26
M - 5	0.50	0.05	0.38	0.26
M - 6	0.58	0.13	0.28	0.28
M - 7	0.60	0.08	0.40	0.16
M - 8	0.63	0.18	0.15	0.18
M - 9	0.35	0.15	0.20	0.30
M - 10	0.53	0.20	0.23	0.12
PROMEDIO	0.52	0.14	0.28	0.19
CV	17.10%	47.27%	39.49%	45.74%

Según la Norma E.070 de Albañilería, el ladrillo tipo IV tendrá un alabeo máximo de 4 mm. Se puede observar en el Cuadro 26 que el alabeo en promedio de los ladrillos de arcilla de ambas marcas cumplen con las características indicadas en la normativa. Sin embargo, sólo la Marca A respecto a concavidad presentó menos del 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), por lo que no se está cumpliendo con esta variable estadística.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se debe mencionar que para el análisis estadístico se usó todos los datos de la concavidad y convexidad de los ladrillos de arcilla.

Prueba de la Mediana

Si: $H_0: \mu \leq 4 \text{ mm}$

$H_1: \mu > 4 \text{ mm}$

Y: $P\text{-value} \geq \alpha$, entonces se acepta la Hipótesis nula (H_0). Por tanto, se cumple con el requisito establecido en la Norma E.070 para ladrillos TIPO IV. Con un nivel de significación (α) de 0.05.

- LADRILLO INDUSTRIAL DE ARCILLA MARCA A
 - a. Concavidad

Figura 35: Prueba de la mediana para la concavidad del ladrillo Marca A

	N	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	P	Mediana estimada
C4	40	40	0.0	1.000	0.5500

- b. Convexidad

Figura 36: Prueba de la mediana para la convexidad del ladrillo Marca A

	N	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	P	Mediana estimada
C6	40	40	0.0	1.000	0.1000

Las figuras 35 y 36 muestran que el P-value es mayor que $\alpha = 0,1$, por lo tanto sigue una distribución simétrica y se acepta la hipótesis nula (H_0).

Con una confianza del 95% las medianas muestrales son 0.55 mm y 0.1 mm para concavidad y convexidad respectivamente. El análisis estadístico permite concluir que el ladrillo Marca A si cumple con el requisito físico establecido en la Norma.

- LADRILLO INDUSTRIAL DE ARCILLA MARCA B
 - a. Concavidad

Figura 37: Prueba de la mediana para la concavidad del ladrillo Marca B

	N	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	P	Mediana estimada
C4	40	40	0.0	1.000	0.2750

b. Convexidad

Figura 38: Prueba de la mediana para la convexidad del ladrillo Marca B

	N	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	P	Mediana estimada
C5	40	40	0.0	1.000	0.1500

Las figuras 37 y 38 muestran que el P-value es mayor que $\alpha = 0,1$, por lo tanto sigue una distribución simétrica y se acepta la hipótesis nula (H_0).

Con una confianza del 95% las medianas muestrales son 0.27 mm y 0.15 mm para concavidad y convexidad respectivamente. El análisis estadístico permite concluir que el ladrillo Marca B si cumple con el requisito físico establecido en la Norma.

En el Cuadro 27 se muestra los valores de las muestras de ladrillo de concreto vibrado, con respecto a la concavidad y convexidad, además del promedio y el coeficiente de variabilidad.

Cuadro 27: Resumen de resultados del ensayo de alabeo. Ladrillos industriales de concreto vibrado

MUESTRA LADRILLO	CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)
M - 1	0.075	0.000
M - 2	0.000	0.000
M - 3	0.075	0.000
M - 4	0.000	0.000
M - 5	0.050	0.000
M - 6	0.150	0.000
M - 7	0.000	0.025
M - 8	0.075	0.000
M - 9	0.050	0.000
M - 10	0.000	0.025
PROMEDIO	0.048	0.005
CV	103.64%	210.82%

Para fines estructurales, la Norma E.070 de Albañilería establece para un ladrillo tipo IV el alabeo máximo de 4mm. Se puede observar en el Cuadro 27 que el alabeo del ladrillo de concreto vibrado cumple con la característica indicada en la normativa. Sin embargo, la muestra presenta más del 20% de dispersión en los resultados, por lo que no se está cumpliendo con esta variable estadística.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se debe mencionar que para el análisis estadístico se usó todos los datos de la concavidad y convexidad de los ladrillos de concreto vibrado.

Prueba de la Mediana

Si: $H_0: \mu \leq 4 \text{ mm}$

$H_1: \mu > 4 \text{ mm}$

Y: $P\text{-value} \geq \alpha$, entonces se acepta la Hipótesis nula (H_0). Por tanto, se cumple con el requisito establecido en la Norma E.070 para ladrillos TIPO IV. Con un nivel de significación (α) de 0.05.

a. Concavidad

Figura 39: Prueba de la mediana para la concavidad del ladrillo de concreto vibrado

	N	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	P	Mediana estimada
C4	40	40	0.0	1.000	0.05000

b. Convexidad

Figura 40: Prueba de la mediana para la convexidad del ladrillo de concreto vibrado

	N	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	P	Mediana estimada
C5	40	40	0.0	1.000	0.000000000

Las figuras 39 y 40 muestran que el P-value es mayor que $\alpha = 0,1$, por lo tanto sigue una distribución simétrica y se acepta la hipótesis nula (H_0).

Con una confianza del 95% las medianas muestrales son 0.05 mm y 0 mm para concavidad y convexidad respectivamente. El análisis estadístico permite concluir que el ladrillo de concreto vibrado si cumple con el requisito físico establecido en la Norma.

5.2.3. ENSAYO DE PORCENTAJE DE VACÍOS.

En el Cuadro 28 se muestra los valores de las muestras de dos marcas de ladrillos de arcilla, con respecto al porcentaje de vacíos, además del promedio y el coeficiente de variabilidad.

Cuadro 28: Resumen de resultados del ensayo de porcentaje de vacíos. Ladrillos industriales de arcilla

MUESTRA LADRILLO	MARCA A	MARCA B
	VACÍOS (%)	VACÍOS (%)
M-1	45.20	44.57
M-2	46.31	44.90
M-3	46.40	44.11
M-4	46.49	44.40
M-5	44.46	44.95
M-6	44.37	45.61
M-7	43.54	43.58
M-8	44.41	43.72
M-9	44.88	44.17
M-10	47.14	43.23
PROMEDIO	45.32	44.32
CV	2.62%	1.62%

Se puede observar en el Cuadro 28 que el porcentaje de vacíos de los ladrillos de ambas marcas en promedio son superiores al 30% por lo que clasifican como unidades de albañilería hueca según la Normativa. Además, presenta un coeficiente de variación por debajo del 3%, el cual también determina la aceptación de su propiedad física.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Prueba t student

Si: $H_0: \mu \leq 30\%$; clasifica como Ladrillo Macizo.

$H_1: \mu > 30\%$; clasifica como Ladrillo Hueco.

Y: $P\text{-value} \geq \alpha$, entonces se acepta la Hipótesis nula (H_0). Por tanto, se cumple con el requisito de clasificación establecido en la Norma Técnica E.070. Con un nivel de significación (α) de 0.05.

- LADRILLO INDUSTRIAL DE ARCILLA MARCA A

Figura 41: Prueba t student para el porcentaje de vacíos del ladrillo Marca A

Prueba de $\mu = 30$ vs. > 30							
Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95%	T	P
C5	10	45.320	1.187	0.375	44.632	40.80	0.000

- LADRILLO INDUSTRIAL DE ARCILLA MARCA B

Figura 42: Prueba t student para el porcentaje de vacíos del ladrillo Marca B

Prueba de $\mu = 30$ vs. > 30							
Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95%	T	P
C6	10	44.324	0.716	0.226	43.909	63.25	0.000

Las figuras 41 y 42 infieren que el P-value es menor que $\alpha = 0,1$, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) con una confianza del 95%.

El análisis estadístico permite concluir que el porcentaje de vacíos de los ladrillos de arcilla de ambas marcas clasifica a sus unidades como Ladrillos Huecos.

En el cuadro 29 se muestra los valores de las muestras de ladrillo de concreto vibrado, con respecto al porcentaje de vacíos, además del promedio y el coeficiente de variabilidad.

Cuadro 29: Resumen de resultados del porcentaje de vacíos. Ladrillos industriales de concreto vibrado

MUESTRA LADRILLO	PORCENTAJE DE VACÍOS
M-1	19.82
M-2	20.95
M-3	19.81
M-4	21.34
M-5	20.99
M-6	20.71
M-7	19.90
M-8	20.38
M-9	20.92
M-10	20.59
PROMEDIO	20.54
CV	2.66%

Se puede observar en el Cuadro 29 que el porcentaje de vacíos del ladrillo de concreto vibrado en promedio es inferior al 30% por lo que la normativa define a este ladrillo como una unidad de albañilería maciza.

Además, presenta un coeficiente de variación por debajo del 3%, el cual también determina la aceptación de su propiedad física.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Prueba t student

Si: $H_0: \mu \leq 30\%$; clasifica como Ladrillo Macizo.

$H_1: \mu > 30\%$; clasifica como Ladrillo Hueco.

Y: $P\text{-value} \geq \alpha$, entonces se acepta la Hipótesis nula (H_0). Por tanto, se cumple con el requisito de clasificación establecido en la Norma Técnica E.070. Con un nivel de significación (α) de 0.05.

Figura 43: Prueba t student para el porcentaje de vacíos del ladrillo de concreto vibrado

Prueba de $\mu = 30$ vs. > 30							
Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95%	T	P
C6	10	20.541	0.546	0.173	20.225	-54.81	1.000

La figura 43 infiere que el P-value es mayor que $\alpha = 0,1$, por lo tanto sigue una distribución simétrica y se acepta la hipótesis nula (H_0) con una confianza del 95%.

El análisis estadístico permite concluir que el porcentaje de vacíos del ladrillo de concreto clasifica a su unidad como Ladrillo Macizo y por tanto cumple con lo establecido en la Norma Técnica E.070.

5.2.4. ENSAYO DE ABSORCIÓN.

En el cuadro 30 se muestra los valores de las muestras de dos marcas de ladrillos de arcilla, con respecto al porcentaje de absorción, además del promedio y el coeficiente de variabilidad.

Cuadro 30: Resumen de resultados del ensayo de porcentaje de absorción. Ladrillos industriales de arcilla

MUESTRA LADRILLO	MARCA A	MARCA B
	ABSORCIÓN (%)	ABSORCIÓN (%)
M-1	14.44	11.42
M-2	14.84	12.15
M-3	14.40	10.69
M-4	13.59	9.96
M-5	13.98	11.10
M-6	14.37	10.88
M-7	14.17	11.37
M-8	13.69	12.12
M-9	13.99	10.21
M-10	14.13	10.22
PROMEDIO	14.16	11.01
CV	2.63%	6.97%

Para fines estructurales, la Norma E.070 de Albañilería establece para un ladrillo de arcilla tipo IV el porcentaje de absorción máxima de 22 %. Se puede observar en el Cuadro 30 que la absorción de los ladrillos de arcilla de ambas marcas en promedio cumplen con la característica indicada en la normativa. Además, presenta un coeficiente de variación por debajo del 7%, el cual también determina la aceptación de su propiedad física.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Prueba t student

Si: $H_0: \mu \leq 22 \%$

$H_1: \mu > 22 \%$

Y: $P\text{-value} \geq \alpha$, entonces se acepta la Hipótesis nula (H_0). Por tanto, se cumple con el requisito establecido en la Norma E.070. Con un nivel de significación (α) de 0.05.

- LADRILLO DE ARCILLA MARCA A

Figura 44: Prueba t student para el porcentaje de absorción del ladrillo Marca A

Prueba de $\mu = 22$ vs. > 22								
Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95%	T	P	
C7	10	14.160	0.372	0.118	13.944	-66.66	1.000	

- LADRILLO DE ARCILLA MARCA B

Figura 45: Prueba t student para el porcentaje de absorción del ladrillo Marca B

Prueba de $\mu = 22$ vs. > 22								
Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95%	T	P	
C7	10	11.013	0.768	0.243	10.568	-45.25	1.000	

Las figuras 44 y 45 muestran que el P-value es mayor que $\alpha = 0,1$, por lo tanto sigue una distribución simétrica y se acepta la hipótesis nula (H_0) con una confianza del 95%.

El análisis estadístico permite concluir que el porcentaje de absorción de los ladrillos de arcilla de ambas marcas si cumplen con el requisito especificado en la Norma E.070.

En el cuadro 31 se muestra los valores de las muestras una marca de ladrillo de concreto vibrado, con respecto al porcentaje de absorción, además del promedio y el coeficiente de variabilidad.

Cuadro 31: Resumen de resultados del ensayo de porcentaje de absorción. Ladrillos industriales de concreto vibrado

MUESTRA LADRILLO	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN
M-1	3.41
M-2	3.78
M-3	4.51
M-4	3.82
M-5	4.26
M-6	4.47
M-7	4.66
M-8	4.70
M-9	4.65
M-10	4.60
PROMEDIO	4.29
CV	10.61%

Para fines estructurales, la Norma E.070 de Albañilería establece para un ladrillo de concreto el porcentaje de absorción máxima de 12 %. Se puede observar en el Cuadro 31 que la absorción del ladrillo de concreto vibrado cumple con la característica indicada en la normativa. Además, presenta un coeficiente de variación por debajo del 11%, el cual también determina la aceptación de su propiedad física.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Prueba t student

Si: $H_0: \mu \leq 12 \%$

$H_1: \mu > 12 \%$

Y: $P\text{-value} \geq \alpha$, entonces se acepta la Hipótesis nula (H_0). Por tanto, se cumple con el requisito establecido en la Norma E.070. Con un nivel de significación (α) de 0.05.

Figura 46: Prueba t student para el porcentaje de absorción del ladrillo de concreto vibrado

Prueba de $\mu = 12$ vs. > 12							
Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95%	T	P
C7	10	4.286	0.455	0.144	4.022	-53.66	1.000

La figura 46 muestra que el P-value es mayor que $\alpha = 0,1$, por lo tanto sigue una distribución simétrica y se acepta la hipótesis nula (H_0) con una confianza del 95%.

El análisis estadístico permite concluir que el porcentaje de absorción del ladrillo de concreto vibrado si cumple con el requisito especificado en la Norma E.070.

5.2.5. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR UNIDAD.

En el cuadro 32 se muestra los valores de las muestras de dos marcas de ladrillos de arcilla, con respecto a la resistencia a la compresión, además del promedio, la variación porcentual, el coeficiente de variabilidad y la resistencia característica a compresión por unidad. Se debe señalar que variación porcentual es con respecto a las resistencias especificadas en las fichas técnicas de fabricante (Marca A: 143.17 kg/cm²; Marca B: 137 kg/cm²).

Cuadro 32: Resumen de resultados del ensayo de resistencia a la compresión por unidad. Ladrillos industriales de arcilla

MUESTRA LADRILLO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN f_b (kg/cm ²)	
	MARCA A	MARCA B
1	104.75	142.38
2	120.13	112.18
3	107.16	145.38
4	115.19	129.01
5	125.21	140.64
PROMEDIO	114.49	133.92
VARIACIÓN (%)	-20.03	-2.25
CV	7.51%	10.19%
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f_b (kg/cm²)	105.89	120.27

Se puede observar en el Cuadro 32 que la resistencia a la compresión por unidad de la Marca A presenta un mayor porcentaje de variación en promedio de -20.03% respecto a su ficha de fabricante. Ambas marcas presentan menos del 20% de dispersión en los resultados y a su vez la resistencia característica mínima establecida en la Norma E.070 los clasifica como unidades Tipo III.

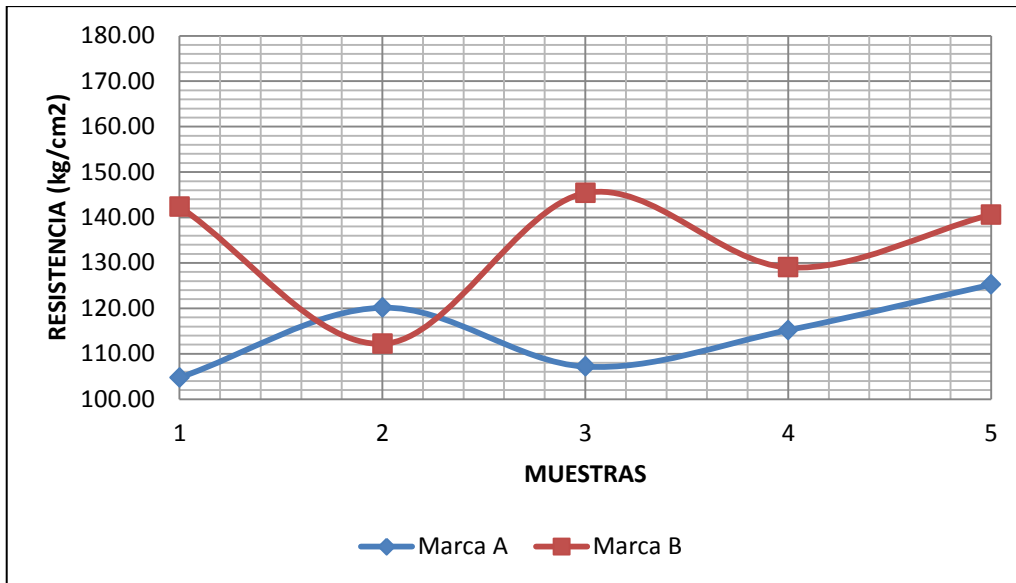


Figura 47: Resistencia a la compresión por unidad. Ladrillos de arcilla

La interpretación de la Figura 47 para la resistencia a la compresión por unidad es la siguiente, se puede visualizar que existe una significativa variación entre en ambas marcas, por lo que la Marca A resistencias más altas que la Marca B. A su vez, la Marca B no supera la resistencia característica de 130 kg/cm^2 para ser clasificado como Tipo IV.

En el Cuadro 33 se muestra los valores de las muestras de una marca de ladrillo de concreto vibrado, con respecto a la resistencia a la compresión, además del promedio, el coeficiente de variabilidad y la resistencia característica a compresión por unidad.

Cuadro 33: Resumen de resultados del ensayo de compresión por unidad. Ladrillos industriales de concreto vibrado

MUESTRA LADRILLO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN f_b (kg/cm²)
M - 1	195.32
M - 2	193.68
M - 3	218.74
M - 4	231.29
M - 5	159.91
PROMEDIO	199.79
CV	13.70%
RESISTENCIA CARACTERISTICA f'_b (kg/cm²)	172.41

Para fines estructurales, la Norma E.070 de Albañilería clasifica a un ladrillo tipo IV cuando presenta una resistencia característica a compresión mínima de 130 kg/cm². Se puede observar en el Cuadro 33 que los ladrillos de concreto vibrado clasifican como tipo IV y tipo 17 según la NTP 399.601, por tanto cumplen con su ficha de fabricante. Estos ladrillos presentan menos del 20% de dispersión en los resultados.

5.2.6. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR PILA.

En el Cuadro 34 y 35, se muestra los valores de las muestras de ladrillos de arcilla y de concreto vibrados respectivamente, con respecto a la resistencia a la compresión, además del promedio, el coeficiente de variabilidad y la resistencia característica a compresión por pila.

Cuadro 34: Resumen de resultados del ensayo de resistencia a la compresión por pila. Ladrillos industriales de arcilla

MUESTRA LADRILLO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN f_m (kg/cm ²)	
	MARCA A	MARCA B
1	69.26	63.03
2	66.69	84.73
3	72.25	67.62
PROMEDIO	69.40	71.62
CV	4.01%	16.10%
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f_m (kg/cm²)	66.62	60.09

Cuadro 35: Resumen de resultados del ensayo de resistencia a la compresión por pila. Ladrillos industriales de concreto vibrado

MUESTRA LADRILLO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN f_m (kg/cm ²)
M - 1	131.89
M - 2	141.75
M - 3	151.76
PROMEDIO	141.80
CV	7.00%
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f_m (kg/cm²)	131.87

Se puede observar en los Cuadros 34 y 35, sólo la Marca A cumple con la resistencia característica mínima establecida de 65 kg/cm² para ladrillos King Kong Industrial. La resistencia característica de los ladrillos de concreto vibrado es de 131.87 kg/cm², la cual se puede referenciar con la resistencia característica mínima del Bloque Tipo P de 120 kg/cm² indicada en la normativa.

5.2.7. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR MURETE.

En el Cuadro 36 y 37 se muestra los valores de las muestras de ladrillos de arcilla y de concreto vibrados respectivamente, con respecto a la resistencia a la compresión, además del promedio, el coeficiente de variabilidad y la resistencia característica a compresión por murete.

Cuadro 36: Resumen de resultados del ensayo de resistencia a la compresión por murete. Ladrillos industriales de arcilla

MUESTRA LADRILLO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN v_m (kg/cm ²)	
	MARCA A	MARCA B
1	5.02	6.53
2	3.89	5.37
3	4.77	5.08
PROMEDIO	4.56	5.66
CV	13.01%	13.60%
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA v'_m (kg/cm²)	3.97	4.89

Cuadro 37: Resumen de resultados del ensayo de resistencia a la compresión por murete. Ladrillos industriales de concreto vibrado

MUESTRA LADRILLO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN v_m (kg/cm ²)
1	16.26
2	15.65
3	15.20
PROMEDIO	15.71
CV	3.38%
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA v'_m (kg/cm²)	15.18

Se puede observar en los Cuadros 36 y 37, las marcas de arcilla no cumplen con la resistencia característica mínima establecida de 8.1 kg/cm² para ladrillos King Kong Industrial. La resistencia característica de los ladrillos de concreto vibrado es de 15.18 kg/cm², la cual se puede referenciar con la resistencia característica mínima del Bloque Tipo P de 9.7 kg/cm² indicada en la normativa.

VI. CONCLUSIONES

- Los ladrillos de concreto del modelo propuesto fabricados en el laboratorio cumplen con los requisitos físico-mecánicos establecidos en la Norma Técnica E.070 de Albañilería para ser clasificados como ladrillos Tipo IV (de resistencia y durabilidad altas). La resistencia característica a la compresión por unidad (f'_b) del modelo propuesto fue de 132.38 kg/cm^2 , superando la mínima resistencia especificada en dicha Norma.
- Los ladrillos de arcilla (Marca A y B) clasificaron como Tipo III (de resistencia y durabilidad media) y no como tipo IV tal como lo afirman sus fabricantes. Por otro lado, los ladrillos de concreto vibrado para fines estructurales clasificaron como Tipo IV (de resistencia y durabilidad alta) debido a que su resistencia característica a la compresión por unidad (f'_b) fue de 172.41 kg/cm^2 .

También se concluye, que tanto las unidades de arcilla como las de concreto vibrado cumplen con los otros requisitos físicos obligatorios: variación dimensional, alabeo, absorción.

En resumen, los ladrillos de arcilla marca A y B evaluados presentan variabilidad con su ficha de fabricante y no cumplen con los requerimientos para ser usados como ladrillos tipo IV, a diferencia de los ladrillos de concreto vibrado que si cumplen con la norma.

- Los costos han sido calculados bajo las siguientes consideraciones:
 1. El ejecutor cuenta con una cancha de trabajo con las condiciones necesarias para la producción de ladrillos.
 2. El rendimiento propuesto es de 190 UND/día para ladrillos producidos con molde metálico y 260 UND/día para ladrillos producidos con molde dual de madera (Ver Anexo 19).

- El costo unitario del ladrillo de concreto propuesto - Tipo IV de 4 huecos, producido con el molde metálico es de S/. 0.756 y con el molde dual de madera S/. 0.661. Considerando la mano de obra como aporte comunal o familiar, el costo unitario es de S/. 0.403, por lo que es viable su utilización en obras rurales mediante el sistema de autoconstrucción (Ver Anexo 21).

VII. RECOMENDACIONES

- Incentivar el uso de ladrillos de concreto, ahorrando en energía de cocción y con menores efectos de impacto ambiental a comparación de los que producen los ladrillos de arcilla.
- Controlar la dosificación de la mezcla durante la producción, los cuales se recomiendan que sean por peso, sin embargo podría realizarse por volumen.
- Limpiar y aceitar la placa inferior del molde metálico cada 5 ladrillos producidos para evitar futuras anomalías en las dimensiones de los ladrillos de concreto.
- El transporte o movimiento de las pilas y muretes se debe realizar con extremo cuidado.
- Investigar sobre nuevas tecnologías que mejoren las condiciones y cualidades en la construcción de viviendas con ladrillos de concreto en el Perú.
- Investigar el comportamiento del ladrillo tipo IV de 4 huecos elaborados con molde metálico y mesa vibradora.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero, A; Fernández, M. 2011. Estudio de un nuevo ladrillo de concreto y de la influencia de la cal en el mortero en el comportamiento sísmico de muros confinados. Tesis Ing. Civil, Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Arcaya, P; Collao, F; Yucra, F. 2008. Bloqueta artesanal en la zona de cono sur de la ciudad de Tacna. Tesis Ing. Civil, Universidad Privada de Tacna. Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
- Arrieta, J; Peñaherrera, 2001. E. Programa Científico PC - CISMID. Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora. Lima, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Bonilla, D. 2006. Factores de corrección de la resistencia en compresión de prismas de albañilería por efectos de esbeltez. Tesis Ing. Civil, Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Chumpitaz, S. 1995. Bloques de concreto con dolomita. Tesis Ing. Civil, Lima, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Enciso, F. 2012. Ensayos a la unidad de albañilería. Consultado 5 mar. 2016. Disponible en: <http://www.academia.edu/10643669/ensayosalaunidaddealbañileria>

- Gamboa, O. 2005. Optimización del proceso de fabricación de bloques de concreto del estándar 15x20x40 cm con grado de resistencia 28 kg/cm², caso específico fuerte-block máquinas N°1 y N°2. Tesis Ing. Industrial, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Huincho, E. 2011. Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsílice y nanosílice con cemento portland Tipo I. Tesis Ing. Civil, Lima, Universidad de Ingeniería.

- Millones, A. 2008. Estudio de Agregados. Tesis Ing. Civil, Lima, Universidad Ricardo Palma. Escuela de Ingeniería Civil. Capítulo III.

- Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y SENCICO. Norma Técnica de Edificaciones E.070 Albañilería. Lima - Perú.

- Cerna, A. 2016. Diseño de Mezclas basado en el informe del A.C.I. - Comité 211. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina.

- San Bartolomé, A. 2005. Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.070 albañilería. Informe final (capítulos 1 a 10). Lima, SENCICO.

- San Bartolomé, A. 1994. Construcciones de albañilería. Comportamiento sísmico y diseño estructural. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú. Pág. 120 – 131.

- San Bartolomé, A. 2008. Manual de construcción, estructuración y pre-dimensionamiento en albañilería armada hecha con bloques de concreto vibrado. Lima, SENCICO. Pág. 8 – 9.

- Seminario, R. 2013. Variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de 18 huecos en la ciudad de Piura. Tesis Ing. Civil, Universidad de Piura.

- Zavala, C. 2004. Guía para la construcción con albañilería. Construyendo edificaciones de albañilería con tecnologías aplicadas. Lima, Universidad Nacional de Ingeniería.

IX. ANEXOS

ANEXO 1: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO (NTP 400.012)

Este es un ensayo que permite cuantificar la distribución de las partículas del agregado fino. Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de agregado que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 0.15 mm (N° 100).

Se tomó una muestra del agregado seleccionado de aproximadamente unos 5 kg, los cuales fueron mezclados hasta lograr su homogeneidad, siendo cuarteados hasta tres veces. Al final dicha labor, se separó una muestra de 1 kg para el ensayo de granulometría. Según la NTP 400.012, la cantidad de muestra del agregado fino es de 300 g como mínimo.

MATERIALES

- Juego de Mallas estándar
- Balanza con sensibilidad de 0.1 gramo
- Horno de secado
- Cepillo para mallas
- Taras y recipientes
- Cucharón metálico
- Muestra representativa del agregado

PROCEDIMIENTO

1. Preparar la muestra.

- Mezclar la muestra, hasta obtener una muestra uniforme.
- Cuarteado, tomar dos de las cuatro partes y mezclar. De esta forma reducir la muestra hasta tener el peso requerido, aproximadamente de 1 kg.

2. Secado en el Horno

- Se introdujo la muestra al horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta lograr peso constante, aproximadamente 24 horas.
- Una vez seca la muestra, se pesó 500 g.

3. Tamizado de la muestra

- La muestra se vierte por la parte superior de la serie de tamices, en nuestro caso inicia en el tamiz de 3/8" y luego se agita. Se debe tener cuidado de no perder material durante esta etapa.

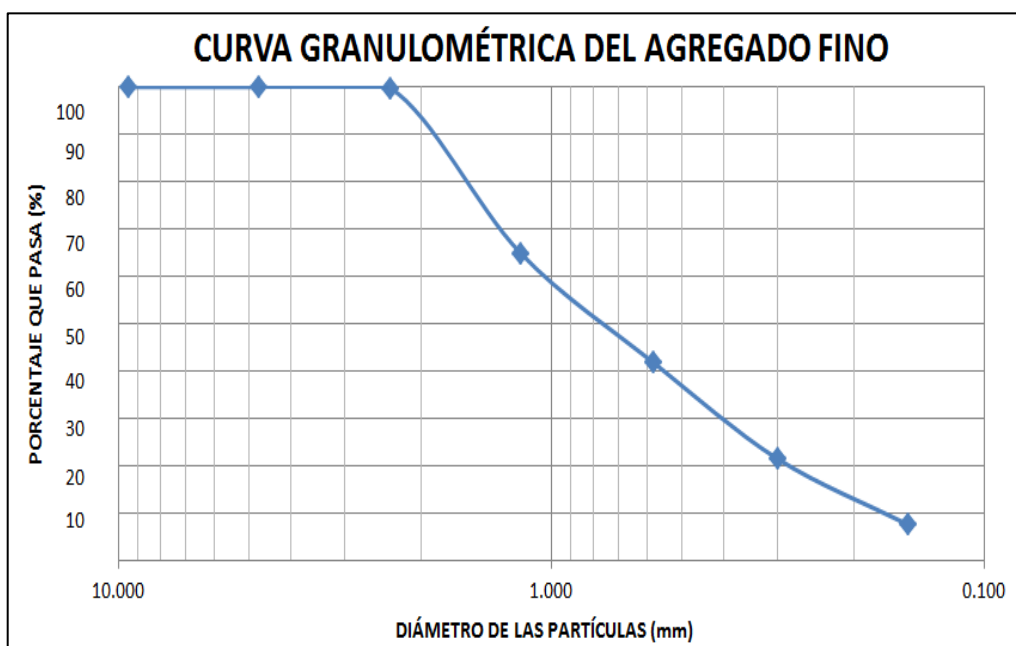
4. Pesado de material retenido

- Se procede a pesar el material retenido en cada malla.

CUADRO ANALÍTICO

MALLA	DIÁMETRO (mm)	RETENCIÓN (gr)	RETENCIÓN (%)	RETENCIÓN ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.08	0.02	0.02	99.98
Nº 8	2.360	0.70	0.14	0.16	99.84
Nº 16	1.180	174.20	34.87	35.03	64.97
Nº 30	0.580	116.10	23.24	58.26	41.74
Nº 50	0.300	101.60	20.34	78.60	21.40
Nº 100	0.150	69.30	13.87	92.47	7.53
FONDO		37.60	7.53	100.00	0.00
		499.58			

Error Total	0.08%	< 1%
-------------	-------	------



$$MF = \frac{0.00 + 0.02 + 0.16 + 35.03 + 58.26 + 78.60 + 92.47}{100} = 2.65$$

MÓDULO DE FINEZA DEL A. FINO	2.65
-------------------------------------	------

ANEXO 2: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022)

DEFINICIÓN

Peso específico. Es la relación de la masa de una unidad de volumen de sólido respecto a una masa de agua del mismo volumen a una temperatura determinada.

Absorción. Es la relación de la disminución de masa respecto a la masa de la muestra seca.

MATERIALES

- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Picnómetro de 500 ml
- Molde cónico
- Varilla para apisonado de $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$ de peso
- Horno o Estufa, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes
- Pipeta
- Cucharon metálico
- Bandejas metálicas
- Muestra representativa del agregado

PROCEDIMIENTO

1. Se selecciona por el método del cuarteo, una cantidad de aproximadamente 1 kg del agregado fino.
2. Se cura la muestra completamente con agua y se la deja así sumergida durante 24 horas.
3. Después del periodo de inmersión, se decanta cuidadosamente el agua para evitar la pérdida de finos y se extiende la muestra sobre una bandeja, ésta se lleva al exterior para que el material seque a temperatura de ambiente hasta que las partículas puedan fluir libremente.
4. Cuando se empieza a observar visualmente que el agregado esté próxima a secarse, se sujeta firmemente el molde cónico con su diámetro mayor apoyado sobre una superficie plana no absorbente, echando en su interior una cantidad de muestra suficiente, que se apisona ligeramente con 25 golpes de la avarilla, levantando a continuación, con cuidado, verticalmente el molde. Si la superficie de las partículas conserva aún exceso de humedad, el cono de agregado mantendrá su forma original, por lo que se continuará secando la muestra, realizando frecuentemente la prueba del cono hasta que se produzca un primer desmoronamiento superficial, indicativo de que finalmente ha alcanzado el agregado la condición de superficie seca.
5. Inmediatamente, se introduce en el picnómetro previamente tarado, 500g del agregado fino, y se le añade agua hasta un 90 por ciento de su capacidad; para eliminar el aire atrapado se rueda el picnómetro sobre una superficie plana, e incluso agitando o invirtiéndolo si es preciso y se deja reposar durante 1 hora, transcurrida la cual se enrasa con agua y se determina su peso total.
6. Se saca la muestra del picnómetro y se introdujo al horno a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, hasta lograr peso constante y finalmente se determina su peso seco.

CÁLCULOS

$$Pe\ SSS = \frac{W1}{W1 + W2 - W3}$$

$$Pe = \frac{W}{W1 + W2 - W3}$$

$$\% A = \frac{W1 - W}{W} \times 100$$

Donde:

PeSSS = Peso específico de masa saturada con superficie seca

W1 = Peso de muestra saturada con superficie seca del agregado fino (500 g)

W2 = Peso de picnómetro + agua

W3 = Peso de picnómetro + agua + muestra

Pe = Peso específico

W = Peso seco del agregado fino

CUADRO DE RESULTADOS

Pe SSS	2.61
Pe	2.53
% A	3.16

ANEXO 3: PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

(NTP 400.017)

El Peso Unitario o Densidad de Masa del agregado fino, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, representará el peso unitario expresado en kg/m³.

El Peso Unitario depende de lo compactado que esté el agregado y de la distribución de formas y tamaños de las partículas. Por ello, la N.T.P. 400.017 reconoce dos formas: suelto y compactado.

1. **Peso Unitario Suelto (PUS).**- Cuando para determinarlo se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela a ras una varilla.

El concepto de PUS es importante cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento del agregado fino debido a que estos hacen en estado suelto.

2. **Peso Unitario Compactado (PUC).**- Cuando las partículas han sido sometidas a compactación incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas del agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria. El PUC es de utilidad extraordinaria para el cálculo de por ciento de vacíos de los materiales.

MATERIALES

- Balanza con sensibilidad de 0.05 kg
- Varilla compactadora de 5/8" y de 60 cm de largo
- Molde cilíndrico
- Cucharon metálico
- Pesas
- Muestra representativa del agregado

PROCEDIMIENTO

PESO UNITARIO SUELTO

1. Se prepara la muestra de aproximadamente 5 kg de agregado fino por el método del Cuarteo, tomar dos de las cuatro partes y mezclar.
2. Se procede a tarar el recipiente cilíndrico en la balanza.
3. Luego, sobre el recipiente cilíndrico se agrega el agregado fino en forma helicoidal a una altura no mayor de 5cm de la superficie del recipiente, hasta que esté totalmente lleno.
4. Posteriormente con la varilla de acero se enrasa el exceso de agregado del recipiente.
5. Finalmente se procede a pesar el recipiente cilíndrico con la muestra del agregado fino.

PESO UNITARIO COMPACTADO

1. Se procede a tarar el recipiente cilíndrico en la balanza.
2. Luego se introduce el agregado fino al molde cilíndrico hasta $\frac{1}{3}$ de su capacidad. Seguidamente con una varilla de acero de $\frac{3}{8}$ " se procede a golpear 25 veces en forma helicoidal.
3. A continuación, se sigue adicionando el agregado hasta los $\frac{2}{3}$ de su capacidad y también se procede a compactar con la varilla de acero los 25 golpes en forma helicoidal.
4. Se llena el recipiente cilíndrico, incluso un poco más y se procede al compactado del mismo con 25 golpes en forma helicoidal.
5. Posteriormente con la varilla de acero se procede a enrasar el exceso de agregado del recipiente.

6. Finalmente se procede a pesar el recipiente cilíndrico con la muestra del agregado fino.

CÁLCULOS

$$\gamma_s = \frac{M_s}{V_r}$$

$$\gamma_c = \frac{M_c}{V_r}$$

Donde:

γ_s = Peso unitario suelto en kg/m^3

M_s = Peso del material suelto en kg

V_r = Volumen del recipiente cilíndrico

γ_c = Peso unitario compactado en kg/m^3

M_c = Peso del material compacto en kg

CUADRO DE RESULTADOS

γ_s	1726.10	kg/m^3
γ_c	1847.39	kg/m^3

ANEXO 4: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (NTP 339.185)

Es la cantidad de agua retenida por las partículas del agregado fino. Viene a ser la diferencia entre el estado actual de humedad y el estado seco.

Si el agregado fino tiene una humedad inferior a la absorción, se debe agregar más agua al concreto para compensar lo que absorbe el agregado. Por el contrario, si la humedad está por encima de la absorción, el agua a agregar al concreto será menor, ya que el agregado aportará agua. Debemos ajustar la cantidad de agua a agregar al concreto teniendo en cuenta la humedad de los agregados en el momento de elaborar el concreto, ya que, si la humedad es alta, aumentará la relación agua-cemento y disminuirá la resistencia, y si es baja, no se logrará la trabajabilidad deseada.

MATERIALES

- Balanza con sensibilidad de 0.1 gramo
- Cucharon metálico
- Horno de secado
- Bandejas metálicas
- Recipientes
- Muestra representativa del agregado

PROCEDIMIENTO

1. Se prepara la muestra de 500 g de agregado fino por el método del Cuarteo, tomar dos de las cuatro partes y mezclar.
2. Se introduce la muestra en un recipiente previamente pesado. El recipiente debe estar limpio y seco.
3. Se pesa la muestra conjuntamente con el recipiente, luego se llevan a proceso de secado en horno por un tiempo de 24 horas a 110 °C aproximadamente.
4. Finalmente se pesa el conjunto de muestra más recipiente.

CÁLCULOS

$$\% H = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Donde:

% H = Contenido de Humedad

Ph = Peso húmedo en g

Ps = Peso seco en g

CUADRO DE RESULTADOS

%H	1.07
-----------	------

ANEXO 5: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO (NTP 400.012)

Este es un ensayo que permite cuantificar la distribución de las partículas del agregado grueso. Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de agregado que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo.

Se tomó una muestra del agregado seleccionado de aproximadamente unos 5 kg, los cuales fueron mezclados hasta lograr su homogeneidad, siendo cuarteados hasta tres veces.

Según la NTP 400.012, la cantidad de muestra del agregado grueso es conforme al Tamaño Máximo Nominal del agregado, para este caso se empleó 1 kg por presentar un TMN de 3/8 pulg.

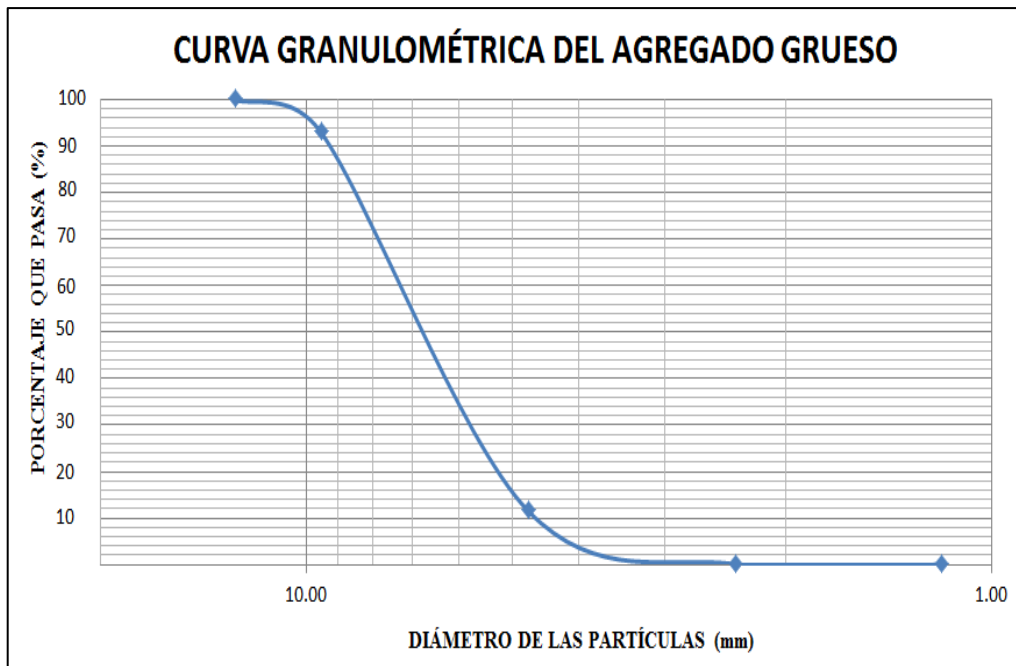
MATERIALES

- Juego de Mallas estándar
- Balanza con sensibilidad de 0.1 gramo
- Horno de secado
- Cepillo para mallas
- Taras y recipientes
- Cucharon metálico
- Muestra representativa del agregado

CUADRO ANALÍTICO

MALLA	DIÁMETRO (mm)	RETENCIÓN (gr)	RETENCIÓN (%)	RETENCIÓN ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	70.70	7.07	7.07	92.93
Nº 4	4.750	813.20	81.35	88.43	11.57
Nº 8	2.360	114.90	11.49	99.92	0.08
Nº 16	1.180	0.80	0.08	100.00	0.00
Nº 30	0.580	0.00	0.00	100.00	0.00
Nº 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
Nº 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
FONDO		0.00	0.00	100.00	0.00
		999.60			

Error Total	0.04%	< 1%
-------------	-------	------



ANEXO 6: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021)

El peso específico del agregado grueso, adquiere importancia en la construcción cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite. Además, el peso específico es un indicador de la calidad, en cuanto los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que un peso bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles.

El peso específico de masa de la mayoría de los agregados comunes empleados está comprendido dentro de los límites de 2.6 a 3.00.

Por otro lado, se entiende por absorción al contenido de humedad total interna de un agregado que está en la condición de saturado superficialmente seco. La capacidad de absorción del agregado se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua y secada superficialmente. Esta condición se supone representa la que adquiere el agregado en el interior de una mezcla de concreto.

MATERIALES

- Balanza con sensibilidad de 0.5 gramo
- Cesta con malla de alambre
- Depósito de agua
- Horno o Estufa, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes
- Cucharón metálico
- Bandejas metálicas
- Muestra representativa del agregado

PROCEDIMIENTO

1. Se prepara la muestra de aproximadamente 5 kg de agregado grueso por el método del Cuarteo.
2. Se procede a lavar la muestra hasta que el agua alcance una transparencia y luego se sumerge en agua a temperatura de ambiente por un periodo de 24 horas.
3. Después del periodo de inmersión, se extrae la muestra del agua y se secan las partículas sobre un paño absorbente de gran tamaño, hasta que elimine el agua superficial visible, secando individualmente los fragmentos mayores. Se pesó 4 kg de la muestra, peso bajo la condición de saturación con superficie seca.
4. Calibrar la balanza con la cesta con malla de alambre.
5. Colocar inmediatamente la muestra de agregado grueso en estado saturado superficialmente seco en la cesta y determinar su peso sumergido en el agua, a la temperatura entre $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1.7$. se tomaran precauciones necesarias para evitar la inclusión de aire en la muestra sumergida, agitando constantemente.
6. La cesta y la muestra deberán quedar completamente sumergidas durante el pesado y el hilo de suspensión será lo más delgado posible para que su inmersión no afecte los pesos.
7. Finalmente llevar la muestra al horno a una temperatura de $100\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, enfriarla al temperatura de ambiente durante 1 a 3 horas y se determina su peso seco.

CÁLCULOS

$$Pe\ SSS = \frac{W_s}{W_s - W_a}$$

$$Pe = \frac{W_{seco}}{W_s - W_a}$$

$$\% A = \frac{W_s - W_{seco}}{W\ seco} \times 100$$

Donde:

PeSSS = Peso específico de masa saturada con superficie seca

Ws = Peso de muestra saturada con superficie seca del agregado grueso (4 kg)

Wa = Peso de la muestra en el agua

Wseco = Peso seco del agregado grueso

Pe = Peso específico

CUADRO DE RESULTADOS

Pe SSS	2.65
Pe	2.60
% A	2.20

ANEXO 7: PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO
(NTP 400.017)

El Peso Unitario o Densidad de Masa del agregado grueso, es el peso del agregado ya sea suelto o compactado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, representará el peso unitario expresado en kg/m³.

MATERIALES

- Balanza con sensibilidad de 0.05 kg

- Varilla compactadora de 5/8" y de 60cm de largo

- Molde cilíndrico

- Cucharon metálico

- Pesas

- Muestra representativa del agregado

PROCEDIMIENTO

PESO UNITARIO SUELTO

1. Se prepara la muestra de aproximadamente 5 kg de agregado grueso por el método del Cuarteo, tomar dos de las cuatro partes y mezclar.
2. Se procede a tarar el recipiente cilíndrico en la balanza.
3. Luego, sobre el recipiente cilíndrico se agrega el agregado grueso en forma helicoidal a una altura no mayor de 5cm de la superficie del recipiente, hasta que esté totalmente lleno.
4. Posteriormente con la varilla de acero se enrasa el exceso de agregado del recipiente.
5. Finalmente se procede a pesar el recipiente cilíndrico con la muestra del agregado grueso.

PESO UNITARIO COMPACTADO

1. Se procede a tarar el recipiente cilíndrico en la balanza.
2. Luego se introduce el agregado grueso al molde cilíndrico hasta $\frac{1}{3}$ de su capacidad. Seguidamente con una varilla de acero de $\frac{3}{8}$ " se procede a golpear 25 veces en forma helicoidal.
3. A continuación, se sigue adicionando el agregado hasta los $\frac{2}{3}$ de su capacidad y también se procede a compactar con la varilla de acero los 25 golpes en forma helicoidal.
4. Se llena el recipiente cilíndrico, incluso un poco más y se procede al compactado del mismo con 25 golpes en forma helicoidal.
5. Posteriormente con la varilla de acero se procede a enrasar el exceso de agregado del recipiente.

6. Finalmente se procede a pesar el recipiente cilíndrico con la muestra del agregado grueso.

CÁLCULOS

$$\gamma_s = \frac{M_s}{V_r}$$

$$\gamma_c = \frac{M_c}{V_r}$$

Donde:

γ_s = Peso unitario suelto en kg/m^3

M_s = Peso del material suelto en kg

V_r = Volumen del recipiente cilíndrico

γ_c = Peso unitario compactado en kg/m^3

M_c = Peso del material compacto en kg

CUADRO DE RESULTADOS

γ_s	1398.18	kg/m^3
γ_c	1579.56	kg/m^3

ANEXO 8: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

(NTP 339.185)

DEFINICIÓN

Contenido de Humedad. Es el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%).

El grado de humedad está directamente relacionado con la porosidad de las partículas. La porosidad esta también relacionado con el tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de los poros.

El agregado tiene cuatro estados:

- Seco: se consigue mediante un horno a 110 °C
- Parcialmente Seco: a temperatura de ambiente
- Saturado Superficialmente Seco (SSS): es un estado ideal, se da cuando sus poros están llenos de agua y están secos superficialmente.
- Húmedo: cuando los poros y superficie están llenos de agua.

MATERIALES

- Balanza con sensibilidad de 0.1 gramo
- Cucharon metálico
- Horno de secado
- Bandejas metálicas
- Recipientes
- Muestra representativa del agregado

PROCEDIMIENTO

1. Se prepara la muestra de 500 g de agregado grueso por el método del Cuarteo, tomar dos de las cuatro partes y mezclar.
2. Se introduce la muestra en un recipiente previamente pesado. El recipiente debe estar limpio y seco.
3. Se pesa la muestra conjuntamente con el recipiente, luego se llevan a proceso de secado en horno por un tiempo de 24 horas a 110 °C aproximadamente.
4. Finalmente se pesa el conjunto de muestra del agregado más recipiente.

CÁLCULOS

$$\% H = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Donde:

% H = Contenido de Humedad

Ph = Peso húmedo en g

Ps = Peso seco en g

CUADRO DE RESULTADOS

%H	0.75
-----------	------

**ANEXO 9: DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO
(MÉTODO DEL A.C.I.)**

1. DATOS INICIALES

1.1. Datos de Agregados y Cemento

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS			
	CEMENTO	A.FINO	A. GRUESO
P.E.	3.15		
P.E.SSS.	1510	2.61	2.65
% H		1.07	0.75
% A		3.16	2.2
M.F.		2.65	
T.M.N.			3/8"
P.U.S.		1726.10	1398.18
P.U.C.		1847.39	1579.56

1.2. Datos de Concreto para fabricar el ladrillo tipo IV de 4 huecos

$$f'c = 130 \text{ kg/cm}^2, \text{ asentamiento de } 1''$$

2. SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA

A continuación se presenta la tabla que establece los factores K de incremento a un $f'_{cr} = K * f'_c$

CONDICIONES	K
Materiales de calidad muy controlada, dosificación por pesado, supervisión especializada constante.	1.15
Materiales de calidad controlada, dosificación por volumen, supervisión especializada esporádica.	1.25
Materiales de calidad controlada, dosificación por volumen, sin supervisión especializada.	1.35
Materiales variables, dosificación por volumen, sin supervisión especializada.	1.5

$$f'c = 130 \text{ kg/cm}^2 \quad \rightarrow \quad f'_{cr} = 1.5 * 130 \text{ kg/cm}^2 = 195 \text{ kg/cm}^2$$

3. ESTIMACIÓN DE AGUA DE MEZCLADO

SLUMP	Agua en l/m ³ , para Tamaño Máximo Nominales de agregado grueso y Consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Porcentaje del aire atrapado (%)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2

- Contenido de Agua = 207 l
- Porcentaje del aire atrapado = 3 %

4. SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA – CEMENTO

Resistencia (kg/cm ²)	Relación Agua – Cemento en peso
450	0.38
400	0.43
350	0.48
300	0.55
250	0.62
200	0.7
150	0.8

Interpolación:

200	0.7
195	a/c = 0.71
150	0.8

5. CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

- Peso de Cemento = $\frac{\text{Agua de mezclado}}{\text{relación a/c}} = \frac{207}{0.71} = 291.55 \text{ kg}$

6. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Usando M.F. = 2.65 y T.M.N. = 3/8"

Cantidad de agregado grueso = Volumen_{A.G.Tabla} * P.U.C._{A.G.}

Tamaño Máximo de Agregado	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diversos Módulos de Fineza			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.78	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Interpolación:

2.60	0.48
2.65	Volumen _{A.G.Tabla} = 0.475 m³
2.80	0.46

- Cantidad de A.Grueso = $1579.56 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.475 \text{ m}^3 = 750.29 \text{ kg}$

7. CALCULO DEL CONTENIDO DE AGREGADO FINO

- Volumen Absoluto_{AGUA} = $207/1000 = 0.207 \text{ m}^3$
- Volumen Absoluto_{AIRE} = $3/100 = 0.030 \text{ m}^3$
- Volumen Absoluto_{CEMENTO} = $\frac{\text{Peso}_C}{\text{P.E.C} * 1000} = \frac{291.55}{(3.15 * 1000)} = 0.093 \text{ m}^3$
- Volumen Absoluto_{A.G.} = $\frac{\text{Peso}_{A.G.}}{\text{P.E.SSS}_{A.G.} * 1000} = \frac{750.29}{(2.65 * 1000)} = 0.283 \text{ m}^3$
- Volumen Absoluto_{A.F.} = $1 - (V.A._{agua} + V.A._{aire} + V.A._{cemento} + V.A._{A.grueso})$

$$\text{Volumen Absoluto}_{A.F.} = 1 - (0.207 + 0.03 + 0.093 + 0.283) = 0.387 \text{ m}^3$$

- Cantidad de A.Fino = Volumen absoluto_{A.F.} * (P.E.SSS_{A.F.} * 1000)

$$\text{Cantidad de A.Fino} = 0.387 \text{ m}^3 * (2.61 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 1000) = 1010.89 \text{ kg}$$

8. AJUSTE POR CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

8.1. PESO HUMEDO DE LOS AGREGADOS

- $\text{Peso H.}_{A.G.} = \text{Cantidad}_{A.G.} * (1 + \frac{\%H_{A.G.}}{100})$

$$\text{Peso}_{A.G.} = 750.29 \text{ kg} * (1 + \frac{0.75}{100}) = 755.92 \text{ kg}$$

- $\text{Peso H.}_{A.F.} = \text{Cantidad}_{A.F.} * (1 + \frac{\%H_{A.F.}}{100})$

$$\text{Peso}_{A.F.} = 1010.89 \text{ kg} * (1 + \frac{1.07}{100}) = 1021.71 \text{ kg}$$

8.2. CORRECCIÓN DE AGUA DE MEZCLADO

- $\text{Agua en A.G.} = \text{Peso}_{A.G.} * (\frac{\%H_{A.G.} - \%A_{A.G.}}{100})$

$$\text{Agua en A.G.} = 750.29 \text{ kg} (\frac{0.75-2.2}{100}) = -10.88 \text{ l}$$

- $\text{Agua en A.F.} = \text{Peso}_{A.F.} * (\frac{\%H_{A.F.} - \%A_{A.F.}}{100})$

$$\text{Agua en A.F.} = 1010.89 \text{ kg} (\frac{1.07-3.16}{100}) = -21.13 \text{ l}$$

$$\text{AGUA EFECTIVA} = 207 - (-10.88 - 21.13) = 239.01 \text{ l}$$

9. RESUMEN

9.1. DOSIFICACIÓN EN PESO

- Cemento = 291.55 kg (6.86 bolsas)
- A. Fino = 1021.71kg
- A. Grueso = 755.92 kg
- Agua = 239.01 l

Peso del m³ de concreto = 2308.19 kg

PROPORCIÓN EN PESO:

C : Arena : Confitillo / Agua

$$\frac{291.55}{291.55} : \frac{1021.71}{291.55} : \frac{755.92}{291.55} / \frac{239.01}{291.55}$$

$$1 : 3.50 : 2.59 / 0.82$$

9.2. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

- Cemento = $\text{Peso}_C / \text{P.E.SSS}_C = 291.55 / 1510 = 0.19 \text{ m}^3$
- A. Fino = $\text{Peso}_{A.F} / \text{P.U.S.}_{A.F} = 1021.71 / 1726.10 = 0.59 \text{ m}^3$
- A. Grueso = $\text{Peso}_{A.G} / \text{P.U.S.}_{A.G} = 755.92 / 1398.18 = 0.54 \text{ m}^3$
- Agua = $\text{Agua}_{\text{Efectiva}} / 1000 = 239.01 / 1000 = 0.24 \text{ m}^3$

PROPORCIÓN EN VOLUMEN

$$\frac{0.19}{0.19} : \frac{0.59}{0.19} : \frac{0.54}{0.19} / \frac{0.24}{0.19}$$

$$1 : 3.07 : 2.80 / 1.24$$

9.3. CANTIDADES PARA ELABORAR UN LADRILLO DE CONCRETO

$$\text{Volumen para 1 ladrillo} = 23*13*9 - 0.20*23*13*9 = 0.002153 \text{ m}^3$$

Donde: 20% representa el Porcentaje de vacíos del ladrillo

- $\text{Cemento} = 291.55 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.002153 \text{ m}^3 = 0.628 \text{ kg}$
- $\text{Fino} = 1021.71 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.002153 \text{ m}^3 = 2.200 \text{ kg}$
- $\text{Grueso} = 755.92 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.002153 \text{ m}^3 = 1.627 \text{ kg}$
- $\text{Agua} = 239.01 \frac{\text{l}}{\text{m}^3} * 0.002153 \text{ m}^3 = 0.515 \text{ l}$

$$\text{Peso del ladrillo} = 4.969 \text{ kg}$$

9.4. CANTIDADES PARA UNA TANDA DE MATERIALES

Considerando la proporción por volumen de 1: 3.07: 2.80 / 1.24, la tanda que corresponde medido con balde de 20 litros es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= 1 * 0.02 \text{ m}^3 = 0.020 \text{ m}^3 \rightarrow \text{Peso}_C = 0.020 * 1510 = 30.20 \text{ kg} \\ \text{Fino} &= 3.07 * 0.02 \text{ m}^3 = 0.061 \text{ m}^3 \rightarrow \text{Peso}_{A.F.} = 0.061 * 1726.10 = 105.83 \text{ kg} \\ \text{Grueso} &= 2.80 * 0.02 \text{ m}^3 = 0.056 \text{ m}^3 \rightarrow \text{Peso}_{A.G.} = 0.056 * 1398.18 = 78.30 \text{ kg} \\ \text{Agua} &= 1.24 * 0.02 \text{ m}^3 = 0.025 \text{ m}^3 \rightarrow \text{Peso}_{AGUA} = 0.025 * 1000 = 24.76 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Peso de Tanda} = 239.09 \text{ kg}$$

1 Ladrillo		4.969 kg
X		239.09 kg

$$X = 48 \text{ Ladrillos/Tanda}$$

ANEXO 10: ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

(NTP 399.613 y NTP 399.604)

OBJETO

Determinación de la variación de dimensional de los ladrillos con los procedimientos de fabricación.

MATERIALES

- Ladrillos de concreto
- Ladrillos industriales de arcilla marca A
- Ladrillos industriales de arcilla marca B
- Ladrillos industriales de concreto vibrado
- Regla metálica de 30 cm

PROCEDIMIENTO

Se ejecutaron cuatro tomas de medidas de largo, cuatro tomas de medida de ancho y cuatro tomas de medida de alto para cada unidad de ladrillo, con una precisión de 0.01 mm.

RESULTADOS

Se obtuvo la medida promedio de cada una de las dimensiones para cada unidad de ladrillo, previamente codificada. La diferencia entre la dimensión de fabricación y la medida promedio correspondiente se expresa en porcentaje, respecto a la dimensión utilizando la siguiente expresión:

$$\text{VARIACIÓN}\% = \frac{\text{ME} - \text{MP}}{\text{ME}} * 100$$

Donde:

VARIACIÓN% = Variación de la dimensión (porcentaje)

ME = Medida especificada por el fabricante (mm)

MP = Medida promedio (mm)

a. Ladrillos de concreto

Código	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	PROM LARGO	PROM ANCHO	PROM ALTO	VARIACIÓN (%)		
							LARGO	ANCHO	ALTO
M -1	230.0	131.0	89.0	230.8	130.5	88.8	0.326	0.385	-1.389
	231.0	131.0	89.0						
	231.0	130.0	89.0						
	231.0	130.0	88.0						
M -2	230.0	130.0	88.0	231.3	130.4	87.4	0.543	0.288	-2.917
	231.0	131.5	87.5						
	232.0	130.0	87.0						
	232.0	130.0	87.0						
M -3	230.0	131.0	87.5	231.0	130.5	87.8	0.435	0.385	-2.500
	231.0	131.0	87.5						
	232.0	130.0	88.0						
	231.0	130.0	88.0						
M -4	230.0	130.0	87.0	231.0	130.5	87.3	0.435	0.385	-3.056
	230.0	131.0	87.0						
	232.0	131.0	87.0						
	232.0	130.0	88.0						
M -5	230.0	131.0	87.0	230.8	130.5	87.5	0.326	0.385	-2.778
	231.0	131.0	87.0						
	231.0	130.0	88.0						
	231.0	130.0	88.0						
M -6	230.0	130.0	87.0	231.3	130.3	87.0	0.543	0.192	-3.333
	231.0	131.0	87.0						
	232.0	130.0	87.0						
	232.0	130.0	87.0						
M -7	229.0	129.0	87.0	230.5	130.3	87.1	0.217	0.192	-3.194
	230.0	130.0	87.0						
	232.0	131.0	87.0						
	231.0	131.0	87.5						
M -8	230.0	130.0	89.0	230.3	130.1	88.0	0.109	0.096	-2.222
	230.0	130.5	88.0						
	230.0	130.0	88.0						
	231.0	130.0	87.0						
M -9	230.0	130.0	87.0	230.5	130.3	87.8	0.217	0.192	-2.500
	230.0	131.0	88.0						
	231.0	130.0	88.0						
	231.0	130.0	88.0						
M -10	230.0	130.0	87.0	231.3	130.8	87.4	0.543	0.577	-2.917
	231.0	131.0	87.0						
	232.0	131.0	87.5						
	232.0	131.0	88.0						

b. Ladrillos industriales de arcilla marca A

Código	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	PROM LARGO	PROM ANCHO	PROM ALTO	VARIACIÓN (%)		
							LARGO	ANCHO	ALTO
M -1	231.0	124.0	92.0	230.8	123.8	91.0	0.326	-1.000	1.111
	231.0	124.0	91.0						
	231.0	123.0	90.0						
	230.0	124.0	91.0						
M -2	230.0	123.0	91.0	229.5	123.3	91.5	-0.217	-1.400	1.667
	230.0	124.0	91.0						
	229.0	123.0	92.0						
	229.0	123.0	92.0						
M -3	230.0	123.0	91.0	230.0	123.0	91.0	0.000	-1.600	1.111
	229.0	122.0	91.0						
	231.0	123.0	91.0						
	230.0	124.0	91.0						
M -4	233.0	123.0	90.0	231.3	123.8	90.8	0.543	-1.000	0.833
	230.0	123.0	91.0						
	231.0	124.0	91.0						
	231.0	125.0	91.0						
M -5	230.0	125.0	92.0	230.0	124.3	92.3	0.000	-0.600	2.500
	230.0	124.0	93.0						
	230.0	124.0	92.0						
	230.0	124.0	92.0						
M -6	231.0	124.0	91.0	230.8	124.3	90.8	0.326	-0.600	0.833
	230.0	124.0	90.0						
	233.0	124.0	91.0						
	229.0	125.0	91.0						
M -7	232.0	122.0	91.0	234.8	122.5	90.8	2.065	-2.000	0.833
	235.0	123.0	91.0						
	236.0	122.0	90.0						
	236.0	123.0	91.0						
M -8	229.0	125.0	91.0	229.3	124.0	92.0	-0.326	-0.800	2.222
	229.0	123.0	93.0						
	230.0	124.0	92.0						
	229.0	124.0	92.0						
M -9	229.0	125.0	92.0	229.5	124.5	91.3	-0.217	-0.400	1.389
	228.0	124.0	91.0						
	231.0	125.0	91.0						
	230.0	124.0	91.0						
M -10	230.0	123.0	90.0	231.3	123.5	91.0	0.543	-1.200	1.111
	233.0	123.0	91.0						
	232.0	124.0	93.0						
	230.0	124.0	90.0						

c. Ladrillos industriales de arcilla marca B

Código	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	PROM LARGO	PROM ANCHO	PROM ALTO	VARIACIÓN (%)		
							LARGO	ANCHO	ALTO
M -1	230.0	123.0	90.0	229.8	123.3	91.3	-0.109	-1.400	1.389
	230.0	123.0	91.0						
	229.0	124.0	93.0						
	230.0	123.0	91.0						
M -2	225.0	123.0	91.0	226.3	123.3	91.3	-1.630	-1.400	1.389
	226.0	123.0	90.0						
	227.0	122.0	92.0						
	227.0	125.0	92.0						
M -3	227.0	121.0	92.0	229.0	122.3	91.8	-0.435	-2.200	1.944
	228.0	124.0	91.0						
	230.0	121.0	91.0						
	231.0	123.0	93.0						
M -4	229.0	121.0	92.0	227.5	122.0	91.3	-1.087	-2.400	1.389
	225.0	123.0	92.0						
	226.0	123.0	91.0						
	230.0	121.0	90.0						
M -5	230.0	123.0	91.0	230.8	123.3	91.8	0.326	-1.400	1.944
	230.0	124.0	92.0						
	232.0	123.0	92.0						
	231.0	123.0	92.0						
M -6	225.0	122.0	92.0	226.0	122.3	91.3	-1.739	-2.200	1.389
	226.0	122.0	91.0						
	227.0	122.0	91.0						
	226.0	123.0	91.0						
M -7	234.0	122.0	93.0	232.5	122.8	92.3	1.087	-1.800	2.500
	232.0	123.0	92.0						
	232.0	123.0	92.0						
	232.0	123.0	92.0						
M -8	230.0	121.0	93.0	230.3	121.5	91.8	0.109	-2.800	1.944
	229.0	122.0	91.0						
	230.0	122.0	91.0						
	232.0	121.0	92.0						
M -9	231.0	124.0	92.0	230.5	123.8	91.8	0.217	-1.000	1.944
	229.0	124.0	91.0						
	230.0	124.0	92.0						
	232.0	123.0	92.0						
M -10	230.0	122.0	92.0	230.5	122.0	91.8	0.217	-2.400	1.944
	231.0	122.0	92.0						
	231.0	122.0	92.0						
	230.0	122.0	91.0						

d. Ladrillos industriales de concreto vibrado

Código	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	PROM LARGO	PROM ANCHO	PROM ALTO	VARIACIÓN (%)		
							LARGO	ANCHO	ALTO
M -1	222.0	130.0	90.0	221.5	130.0	90.0	0.682	0.000	0.000
	221.0	130.0	90.0						
	222.0	130.0	90.0						
	221.0	130.0	90.0						
M -2	223.0	130.0	89.0	222.3	130.0	89.5	1.023	0.000	-0.556
	222.0	130.0	90.0						
	222.0	130.0	89.0						
	222.0	130.0	90.0						
M -3	221.0	130.0	90.0	221.8	130.3	90.3	0.795	0.192	0.278
	222.0	131.0	91.0						
	222.0	130.0	90.0						
	222.0	130.0	90.0						
M -4	222.0	130.0	91.0	221.8	130.3	90.8	0.795	0.192	0.833
	222.0	130.0	91.0						
	222.0	130.0	90.0						
	221.0	131.0	91.0						
M -5	222.0	130.0	90.0	221.3	130.0	89.8	0.568	0.000	-0.278
	221.0	130.0	90.0						
	221.0	130.0	89.0						
	221.0	130.0	90.0						
M -6	222.0	130.0	90.0	221.8	130.0	90.3	0.795	0.000	0.278
	222.0	130.0	90.0						
	222.0	130.0	90.0						
	221.0	130.0	91.0						
M -7	222.0	130.0	91.0	221.8	130.0	90.3	0.795	0.000	0.278
	222.0	130.0	90.0						
	222.0	130.0	90.0						
	221.0	130.0	90.0						
M -8	222.0	130.0	90.0	222.0	130.0	90.0	0.909	0.000	0.000
	222.0	130.0	90.0						
	222.0	130.0	90.0						
	222.0	130.0	90.0						
M -9	222.0	130.0	88.0	221.5	130.0	89.8	0.682	0.000	-0.278
	222.0	130.0	91.0						
	221.0	130.0	90.0						
	221.0	130.0	90.0						
M -10	221.0	130.0	89.0	221.3	130.0	89.8	0.568	0.000	-0.278
	221.0	130.0	91.0						
	222.0	130.0	90.0						
	221.0	130.0	89.0						

ANEXO 11: ALABEO
(NTP 399.613 y NTP 399.604)

OBJETO

Determinación del alabeo de las unidades de albañilería, busca comprobar cuan cóncavo o convexo es la unidad.

MATERIALES

- Ladrillos de concreto

- Ladrillos industriales de arcilla marca A

- Ladrillos industriales de arcilla marca B

- Ladrillos industriales de concreto vibrado

- Regla graduada de acero con divisiones desde un extremo

- Regla metálica de 30 cm

PROCEDIMIENTO

Se colocó la regla metálica en cada una de las caras del ladrillo, de tal forma que ésta vaya de una arista a otra opuesta diagonalmente. Luego se colocó la regla graduada de acero en la zona central y en los lados extremos.

Es necesario colocar la regla graduada de acero en la zona central, cuando el ladrillo presentaba forma cóncava, mientras que cuando a los extremos se tiene una luz entre la regla y la unidad, la cara de la unidad ensayada tiene forma convexa.

a. Ladrillos de concreto

CÓDIGO	CONCAVIDAD					CONVEXIDAD					
	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		PROM	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		PROM	
M - 1	0.00	0.00	0.50	0.40	0.23	0.80	0.90	0.50	0.30	0.63	
M - 2	0.00	0.10	0.40	0.20	0.18	0.60	0.40	0.10	0.20	0.33	
M - 3	0.10	0.00	0.50	0.50	0.28	0.30	0.40	0.50	0.40	0.40	
M - 4	0.10	0.10	0.20	0.20	0.15	1.00	1.00	0.50	0.30	0.70	
M - 5	0.00	0.10	0.40	0.20	0.18	0.60	0.50	0.20	0.10	0.35	
M - 6	0.10	0.00	0.40	0.50	0.25	0.40	0.60	1.00	0.90	0.73	
M - 7	0.20	0.00	0.40	0.40	0.25	0.20	0.30	0.80	1.00	0.58	
M - 8	0.10	0.10	0.10	0.20	0.13	0.30	0.30	0.30	0.40	0.33	
M - 9	0.00	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.40	0.50	0.50	0.40	
M - 10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.80	0.90	0.80	0.60	0.78	
PROMEDIO (mm)					0.2	PROMEDIO (mm)					0.5

b. Ladrillos industriales de arcilla marca A

CÓDIGO	CONCAVIDAD					CONVEXIDAD					
	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		PROM	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		PROM	
M - 1	0.90	0.90	0.30	0.30	0.60	0.00	0.00	0.20	0.10	0.08	
M - 2	0.90	0.90	0.00	0.20	0.50	0.00	0.30	0.40	0.20	0.23	
M - 3	0.00	0.00	0.80	0.80	0.40	0.10	0.10	0.10	0.00	0.08	
M - 4	0.90	0.90	0.20	0.20	0.55	0.20	0.50	0.00	0.10	0.20	
M - 5	0.70	0.90	0.20	0.20	0.50	0.10	0.00	0.00	0.10	0.05	
M - 6	0.20	0.20	1.00	0.90	0.58	0.30	0.00	0.10	0.10	0.13	
M - 7	0.50	0.50	0.70	0.70	0.60	0.10	0.00	0.10	0.10	0.08	
M - 8	0.30	0.20	1.00	1.00	0.63	0.10	0.30	0.10	0.10	0.15	
M - 9	0.40	0.30	0.30	0.40	0.35	0.30	0.30	0.00	0.00	0.15	
M - 10	1.00	1.00	0.00	0.10	0.53	0.30	0.20	0.20	0.10	0.20	
PROMEDIO					0.5	PROMEDIO					0.1

c. Ladrillos industriales de arcilla marca B

CÓDIGO	CONCAVIDAD					CONVEXIDAD					
	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		PROM	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		PROM	
M - 1	0.40	0.50	0.40	0.45	0.44	0.30	0.00	0.00	0.10	0.10	
M - 2	0.20	0.20	0.20	0.10	0.18	0.00	0.00	0.10	0.10	0.05	
M - 3	0.10	0.20	0.20	0.20	0.18	0.10	0.30	0.00	0.20	0.15	
M - 4	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.30	0.30	0.00	0.25	
M - 5	0.30	0.20	0.50	0.50	0.38	0.50	0.30	0.10	0.00	0.23	
M - 6	0.30	0.40	0.20	0.20	0.28	0.80	0.30	0.00	0.00	0.28	
M - 7	0.70	0.60	0.10	0.20	0.40	0.50	0.10	0.00	0.10	0.18	
M - 8	0.20	0.30	0.00	0.10	0.15	0.10	0.20	0.10	0.30	0.18	
M - 9	0.20	0.30	0.10	0.20	0.20	0.40	0.30	0.50	0.00	0.30	
M - 10	0.30	0.20	0.20	0.20	0.23	0.40	0.00	0.10	0.00	0.13	
PROMEDIO					0.3	PROMEDIO					0.2

d. Ladrillos industriales de concreto vibrado

MUESTRA	CONCAVIDAD					CONVEXIDAD					
	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		PROM	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		PROM	
M - 1	0.00	0.10	0.00	0.20	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M - 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M - 3	0.00	0.00	0.10	0.20	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M - 5	0.10	0.00	0.10	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M - 6	0.10	0.30	0.10	0.10	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M - 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.03	
M - 8	0.10	0.00	0.10	0.10	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M - 9	0.10	0.00	0.10	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M - 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.03	
PROMEDIO					0.0	PROMEDIO					0.0

ANEXO 12: PORCENTAJE DE VACÍOS

(NTP 399.613 y NTP 399.604)

OBJETO

Determinación del porcentaje de vacíos que presentan los ladrillos con los procedimientos de fabricación.

MATERIALES

- Ladrillos de concreto

- Ladrillos industriales de arcilla marca A

- Ladrillos industriales de arcilla marca B

- Ladrillos industriales de concreto vibrado

- Regla metálica de 30 cm

- Arena Calibrada

- Hojas de Papel

- Escobilla de cerda suave

- Balanza de aproximación de 0.5 gr

PROCEDIMIENTO

1. Se registraron las medidas promedio de cada una de las dimensiones de las unidades de ladrillo, determinadas en el ensayo de dimensionamiento.

2. Sobre la hoja de papel se colocó el espécimen a ser ensayado, ubicándolo con los ejes de las perforaciones en sentido vertical.

3. Se rellenaron las perforaciones con arena, dejándola caer de forma natural. No se debe forzar la presencia de este elemento en los núcleos. Con la regla metálica se niveló la arena en las perforaciones.
4. Con la escobilla, se removió todo exceso de arena de la parte superior del espécimen y de la hoja de papel.
5. Se levantó el espécimen posibilitando que la arena de las perforaciones caiga sobre la hoja de papel.
6. Se transfirió la arena de la hoja de papel a la balanza y se anota su peso con una aproximación a 0.5gr.

RESULTADOS

El porcentaje de vacíos se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Vacíos (\%)} = \frac{\text{Volumen Total de Hueco}}{\text{Volumen de la Unidad}} * 100$$

Donde:

$$\text{Volumen total de hueco} = \frac{\text{Peso de arena en el Hueco}}{\text{Densidad real de la arena}}$$

Densidad real de la arena = 1.46 g/cm³

a. Ladrillos de concreto

CÓDIGO	LARGO cm	ALTO cm	ANCHO cm	VOLUMEN TOTAL cm³	PESO ARENA EN EL HUECO gr	VOLUMEN DE HUECO cm³	% VACIO
M-1	23.1	8.9	13.1	2672.5	517.4	356.4	13.34
M-2	23.1	8.7	13.0	2634.3	449.0	309.3	11.74
M-3	23.1	8.8	13.1	2645.3	464.3	319.8	12.09
M-4	23.1	8.7	13.1	2630.2	424.8	292.6	11.13
M-5	23.1	8.8	13.1	2634.9	468.5	322.7	12.25
M-6	23.1	8.7	13.0	2620.5	444.1	305.9	11.67
M-7	23.1	8.7	13.0	2615.7	412.5	284.1	10.86
M-8	23.0	8.8	13.0	2636.6	529.7	364.9	13.84
M-9	23.1	8.8	13.0	2634.5	495.9	341.6	12.97
M-10	23.1	8.7	13.1	2641.9	444.7	306.3	11.59
PROMEDIO	230.9	8.8	13.0	2636.6	465.1	320.4	12.15

b. Ladrillos industriales de arcilla marca A

CÓDIGO	LARGO cm	ALTO cm	ANCHO cm	VOLUMEN TOTAL cm³	PESO ARENA EN EL HUECO gr	VOLUMEN DE HUECO cm³	% VACIO
M - 1	23.1	9.1	12.4	2598.5	1714.7	1174.5	45.20
M - 2	23.0	9.2	12.3	2588.2	1750.0	1198.6	46.31
M - 3	23.0	9.1	12.3	2574.4	1744.0	1194.5	46.40
M - 4	23.1	9.1	12.3	2586.5	1755.7	1202.5	46.49
M - 5	23.0	9.2	12.4	2636.3	1711.1	1172.0	44.46
M - 6	23.1	9.1	12.4	2601.9	1685.6	1154.5	44.37
M - 7	23.5	9.1	12.3	2609.7	1658.8	1136.2	43.54
M - 8	22.9	9.2	12.4	2615.3	1695.8	1161.5	44.41
M - 9	23.0	9.1	12.5	2607.3	1708.4	1170.1	44.88
M - 10	23.1	9.1	12.4	2598.9	1788.6	1225.1	47.14
PROMEDIO	23.1	9.1	12.4	2601.7	1721.3	1179.0	45.32

c. Ladrillos industriales de arcilla marca B

CÓDIGO	LARGO cm	ALTO cm	ANCHO cm	VOLUMEN TOTAL cm³	PESO ARENA EN EL HUECO gr	VOLUMEN DE HUECO cm³	% VACIO
M - 1	23.0	9.1	12.3	2583.9	1681.3	1151.6	44.57
M - 2	22.6	9.1	12.3	2544.5	1667.9	1142.4	44.90
M - 3	22.9	9.2	12.2	2568.6	1654.3	1133.1	44.11
M - 4	22.8	9.1	12.2	2532.6	1641.6	1124.4	44.40
M - 5	23.1	9.2	12.3	2609.4	1712.3	1172.8	44.95
M - 6	22.6	9.1	12.2	2521.1	1679.0	1150.0	45.61
M - 7	23.3	9.2	12.3	2632.8	1675.2	1147.4	43.58
M - 8	23.0	9.2	12.2	2566.7	1638.4	1122.2	43.72
M - 9	23.1	9.2	12.4	2617.1	1687.8	1156.0	44.17
M - 10	23.1	9.2	12.2	2580.1	1628.6	1115.5	43.23
PROMEDIO	22.9	9.2	12.3	2575.7	1666.6	1141.5	44.32

d. Ladrillos industriales de concreto vibrado

CÓDIGO	LARGO cm	ALTO cm	ANCHO cm	VOLUMEN TOTAL cm³	PESO ARENA EN EL HUECO gr	VOLUMEN DE HUECO cm³	% VACIO
M-1	22.2	9.0	13.0	2584.4	747.8	512.2	19.82
M-2	22.2	9.0	13.0	2593.1	793.3	543.4	20.95
M-3	22.2	9.0	13.0	2599.5	752.0	515.1	19.81
M-4	22.2	9.0	13.0	2606.7	812.3	556.4	21.34
M-5	22.1	9.0	13.0	2595.8	795.4	544.8	20.99
M-6	22.2	9.0	13.0	2587.3	782.2	535.8	20.71
M-7	22.2	9.1	13.0	2616.1	759.9	520.5	19.90
M-8	22.2	9.0	13.0	2604.6	774.9	530.8	20.38
M-9	22.2	9.0	13.0	2577.2	787.1	539.1	20.92
M-10	22.1	9.0	13.0	2581.4	776.2	531.6	20.59
PROMEDIO	22.2	9.0	13.0	2594.6	778.1	533.0	20.54

ANEXO 13: PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

(NTP 399.613 y NTP 399.604)

OBJETO

Determinación del porcentaje de absorción de agua que presentan los ladrillos a las 24 horas de inmersión en agua.

MATERIALES

- Ladrillos de concreto

- Ladrillos industriales de arcilla marca A

- Ladrillos industriales de arcilla marca B

- Ladrillos industriales de concreto vibrado

- Horno de secado

- Balanza de aproximación de 0.5 gr

- Hojas de Papel

PROCEDIMIENTO

1. Se sumergió totalmente cada ladrillo en agua potable por espacio de 24 horas, la temperatura del agua deberá estar entre 15 a 30 °C.

2. Cumplido el tiempo, se retiró el espécimen del baño de agua y se secó con un trapo húmedo, antes de los 5 min. Después, se procedió a pesar con una balanza de aproximación de 0.5 gr.

3. Luego se colocó cada espécimen en el horno de secado a 110 °C por 24 horas.

4. Finalmente, se procedió a sacar el espécimen del horno y a pesar con la balanza.

RESULTADOS

Los resultados se expresan mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{\text{Peso saturado} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

- a. Ladrillos de concreto

CÓDIGO	PESO SECO gr	PESO SATURADO gr	ABSORCIÓN (%)
M-1	5116.1	5358.8	4.74
M-2	5068.3	5289.5	4.36
M-3	4985.0	5232.0	4.95
M-4	5044.0	5256.2	4.21
M-5	5082.1	5322.4	4.73
M-6	5029.0	5253.5	4.46
M-7	5030.4	5211.6	3.60
M-8	5015.6	5252.4	4.72
M-9	5109.0	5343.7	4.59
M-10	5123.2	5372.7	4.87
PROMEDIO	5060.3	5289.3	4.52

- b. Ladrillos industriales de arcilla marca A

CÓDIGO	PESO SECO gr	PESO SATURADO gr	ABSORCIÓN (%)
M-1	2548.7	2916.7	14.44
M-2	2617.2	3005.5	14.84
M-3	2632.5	3011.5	14.40
M-4	2654.5	3015.2	13.59
M-5	2731.1	3112.9	13.98
M-6	2614.1	2989.8	14.37
M-7	2637.6	3011.4	14.17
M-8	2768.2	3147.2	13.69
M-9	2690.3	3066.7	13.99
M-10	2679.5	3058.1	14.13
PROMEDIO	2657.4	3033.5	14.16

c. Ladrillos industriales de arcilla marca B

CÓDIGO	PESO SECO gr	PESO SATURADO gr	ABSORCIÓN (%)
M-1	2843.4	3168.1	11.42
M-2	2728.6	3060.0	12.15
M-3	2760.6	3055.6	10.69
M-4	2791.2	3069.3	9.96
M-5	2803.4	3114.7	11.10
M-6	2793.2	3097.2	10.88
M-7	2776.1	3091.7	11.37
M-8	2759.7	3094.3	12.12
M-9	2857.7	3149.6	10.21
M-10	2731.1	3010.3	10.22
PROMEDIO	2784.5	3091.1	11.01

d. Ladrillos industriales de concreto vibrado

CÓDIGO	PESO SECO gr	PESO SATURADO gr	ABSORCIÓN (%)
M-1	4758.5	4921.0	3.41
M-2	4684.9	4862.0	3.78
M-3	4625.3	4834.0	4.51
M-4	4716.9	4897.0	3.82
M-5	4561.8	4756.0	4.26
M-6	4619.7	4826.0	4.47
M-7	4564.3	4777.0	4.66
M-8	4607.5	4824.0	4.70
M-9	4620.9	4836.0	4.65
M-10	4549.9	4759.0	4.60
PROMEDIO	4631.0	4829.2	4.29

ANEXO 14: COMPRESIÓN POR UNIDAD

(NTP 399.613 y NTP 399.604)

OBJETO

Determinación de la resistencia a la fuerza compresiva de las unidades de albañilería.

MATERIALES

- Ladrillos de concreto
- Ladrillos industriales de arcilla marca A
- Ladrillos industriales de arcilla marca B
- Ladrillos industriales de concreto vibrado
- Máquina para ensayo de compresión
- Yeso
- Cemento

PROCEDIMIENTO

1. Para la realización de este ensayo se utilizaron 5 unidades secas y limpias. A éstas se les colocó, tanto en la parte superior como inferior un capping de yeso-cemento (1:2), para uniformizar las superficies de contacto con el cabezal por donde se transmite la carga y la base donde se apoya el ladrillo y se las dejó reposar 48 horas.
2. Se colocó el espécimen debajo del apoyo superior (bloque metálico endurecido).
3. Se aplicó la carga hasta la mitad de la máxima carga esperada, con cualquier velocidad adecuada.
4. Luego, se ajustó los controles de la máquina aplicando la carga a una velocidad uniforme no menos de un minuto ni en más de dos minutos.
5. Finalmente, se registró la máxima carga de rotura de cada unidad de albañilería.

RESULTADOS

La resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (f_b) se determina de la siguiente manera:

$$f_b = \frac{P_m}{A_b}$$

Dónde:

f_b = Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm^2)

P_m = Carga máxima de rotura (kg)

A_b = Área bruta de la unidad de albañilería (cm^2)

Mientras que la resistencia a la compresión característica (f'_b) se obtiene:

$$f'_b = f_b \text{ promedio} - \sigma$$

Dónde:

f'_b = Resistencia característica a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm^2)

$f_b \text{ promedio}$ = Resistencia promedio a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm^2)

σ = Desviación estándar

a. Ladrillos de concreto

CÓDIGO	LARGO cm	ALTO cm	ANCHO cm	AREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA f_b kg/cm ²
M - 1	23.1	8.9	13.1	300.80	39752.21	132.15
M - 2	23.1	8.7	13.0	300.68	40532.76	134.80
M - 3	23.2	8.7	13.1	304.21	43055.81	141.53
M - 4	23.1	8.9	13.0	300.23	40173.06	133.81
M - 5	23.1	8.8	13.0	301.20	42091.83	139.75
PROMEDIO						136.41
DESVIACIÓN ESTANDAR						4.03
RESISTENCIA f'_b kg/cm²						132.38

b. Ladrillos de arcilla marca A

CÓDIGO	LARGO cm	ALTO cm	ANCHO cm	AREA cm²	CARGA kg	RESISTENCIA f_b kg/cm²
M - 1	23.0	8.9	12.3	282.90	33985.69	120.13
M - 2	22.9	9.0	12.3	281.67	30184.82	107.16
M - 3	23.1	9.2	12.3	284.13	32728.24	115.19
M - 4	23.1	9.1	12.2	281.82	35286.95	125.21
M - 5	22.9	9.0	12.1	277.09	29026.22	104.75
PROMEDIO						114.49
DESVIACIÓN ESTANDAR						8.60
RESISTENCIA f'_b kg/cm²						105.89

c. Ladrillos de arcilla marca B

CÓDIGO	LARGO cm	ALTO cm	ANCHO cm	AREA cm²	CARGA kg	RESISTENCIA f_b kg/cm²
M - 1	23.0	9.1	12.1	278.30	39623.82	142.38
M - 2	23.1	9.0	12.1	279.51	31355.65	112.18
M - 3	22.9	9.0	12.2	279.38	40615.30	145.38
M - 4	23.0	9.0	12.2	280.60	36199.98	129.01
M - 5	23.1	8.9	12.2	281.82	39634.01	140.64
PROMEDIO						133.92
DESVIACIÓN ESTANDAR						13.64
RESISTENCIA f'_b kg/cm²						120.27

d. Ladrillos de concreto vibrado

CÓDIGO	LARGO cm	ALTO cm	ANCHO cm	AREA cm²	CARGA kg	RESISTENCIA f_b kg/cm²
M - 1	22.1	9.0	13.0	287.30	56114.29	195.32
M - 2	22.0	9.0	13.1	288.20	55818.78	193.68
M - 3	22.1	9.0	13.0	287.30	62843.77	218.74
M - 4	22.1	9.1	13.0	287.56	66509.11	231.29
M - 5	22.1	9.0	13.0	287.82	46026.19	159.91
PROMEDIO						199.79
DESVIACIÓN ESTANDAR						27.38
RESISTENCIA f'_b kg/cm²						172.41

ANEXO 15: COMPRESIÓN POR PILA

(NTP 399.605)

OBJETO

Determinación de la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería.

MATERIALES

- Ladrillos de concreto
- Ladrillos industriales de arcilla marca A
- Ladrillos industriales de arcilla marca B
- Ladrillos industriales de concreto vibrado
- Máquina para ensayo de compresión
- Arena
- Yeso
- Cemento

PROCEDIMIENTO

1. Se saturó las unidades antes de la construcción de las pilas de albañilería durante media hora.
2. Se preparó un mortero en proporción volumétrica cemento - arena de 1:4.
3. La construcción se realizó de acuerdo al procedimiento estándar, controlando el alineamiento horizontal mediante el cordel, la altura con una regla metálica y la verticalidad con un nivel y plomada. El espesor de las juntas de mortero fue de 1.5 cm y se controló este grosor con una regla metálica.
4. Las pilas fueron almacenadas a temperatura ambiente cuidando de que no estén sometidos a gradientes térmicas muy pronunciadas, lo ideal es ensayar las pilas a los 28 días pero la norma permite el ensayo a una edad de no menor de 14 días.

5. Una semana antes del día de ensayo, para eliminar irregularidades de las superficies en contacto con el equipo de ensayo, se elaboró un capping de yeso-cemento (1:2) superior e inferior a las pilas de albañilería.
6. Se tomó la medida de altura, ancho y largo de las pilas de albañilería antes de ser ensayadas.

RESULTADOS

Se registró la carga máxima soportada por cada pila y la resistencia se calcula de la siguiente manera:

$$f_m = \frac{P_{max}}{A_b}$$

Donde:

f_m = Resistencia a compresión axial en pila (kg/cm^2)

P_{max} = Carga máxima que resiste la pila (kg)

A_b = Área bruta transversal a la fuerza (cm^2)

Esta resistencia se tiene que corregir por la esbeltez de la pila mediante factores que se obtienen de la Tabla 6.1 que proporciona la Norma E.070.

Tabla 6.1. FACTORES DE CORRECCIÓN SEGÚN LA NORMA E.070

Factores de corrección de f_m por esbeltez						
Esbeltez	2	2.5	3	4	4.5	5
Factor	0.73	0.8	0.91	0.95	0.98	1

La resistencia característica se calculó con la siguiente expresión:

$$f'_m = f_m \text{ prom. corregida} - \sigma$$

Dónde:

f'_m = Resistencia característica a compresión axial en pila (kg/cm^2)

$f_m \text{ prom. corregida}$ = Resistencia promedio corregida a compresión axial en pila (kg/cm^2)

σ = Desviación estándar

a. Ladrillos de concreto

CÓDIGO	LARGO cm	ALTO cm	ANCHO cm	AREA cm	CARGA kg	fm kg/cm2	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	fm c. kg/cm2
P - 1	23.1	30.3	13.0	301.36	45716.42	151.70	2.3	0.77	116.81
P - 2	23.1	30.5	13.1	301.24	45353.65	150.56	2.3	0.77	115.93
P - 3	23.1	29.5	13.0	300.96	46141.34	153.31	2.3	0.77	118.05
RESISTENCIA fm p.c. kg/cm2									116.93
DESVIACIÓN ESTANDAR									1.07
RESISTENCIA f'm kg/cm2									115.86

b. Ladrillos de arcilla marca A

CÓDIGO	LARGO cm	ALTO cm	ANCHO cm	AREA cm	CARGA kg	fm kg/cm2	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	fm c. kg/cm2
P - 1	23.1	30.5	12.2	281.82	24395.88	86.57	2.5	0.80	69.26
P - 2	23.0	31.9	12.3	282.90	23006.98	81.33	2.6	0.82	66.69
P - 3	22.9	31.5	12.2	279.38	24614.96	88.11	2.6	0.82	72.25
RESISTENCIA fm p.c. kg/cm2									69.40
DESVIACIÓN ESTANDAR									2.78
RESISTENCIA f'm kg/cm2									66.62

c. Ladrillos de arcilla marca B

CÓDIGO	LARGO cm	ALTO cm	ANCHO cm	AREA cm	CARGA kg	fm kg/cm2	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	fm c. kg/cm2
P - 1	23.0	31.3	12.5	286.88	6422.96	78.79	2.5	0.80	63.03
P - 2	23.0	30.9	12.1	278.30	8634.05	103.33	2.6	0.82	84.73
P - 3	22.6	31.2	12.2	275.72	6838.39	81.84	2.6	0.82	67.11
RESISTENCIA fm p.c. kg/cm2									71.62
DESVIACIÓN ESTANDAR									11.53
RESISTENCIA f'm kg/cm2									60.09

d. Ladrillos de concreto vibrado

CÓDIGO	LARGO cm	ALTO cm	ANCHO cm	AREA cm	CARGA kg	fm kg/cm2	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	fm c. kg/cm2
P - 1	22.0	29.5	12.9	283.80	48611.40	171.29	2.3	0.77	131.89
P - 2	22.0	29.8	13.0	286.00	52650.71	184.09	2.3	0.77	141.75
P - 3	22.0	29.6	13.0	284.90	56149.96	197.09	2.3	0.77	151.76
RESISTENCIA fm p.c. kg/cm2									141.80
DESVIACIÓN ESTANDAR									9.93
RESISTENCIA f'm kg/cm2									131.87

ANEXO 16: COMPRESIÓN POR MURETE

(NTP 399.621)

OBJETO

Determinación de la resistencia a la fuerza compresiva diagonal (corte) en muretes de albañilería.

MATERIALES

- Ladrillos de arcilla marca A
- Ladrillos de arcilla marca B
- Ladrillos de concreto vibrado
- Máquina para ensayo de compresión diagonal
- Arena
- Cemento

PROCEDIMIENTO

1. Se seleccionaron los ladrillos eliminando los que tenían esquinas defectuosas o rajaduras, posteriormente se efectuó el corte de las unidades para el asentado de las mismas.
2. El mortero utilizado fue cemento - arena en una proporción de 1:4.
3. En el asentado de las unidades se trató de controlar la verticalidad de los muros, los espesores de juntas, y las alturas de las hiladas. Las longitudes serán como mínimo de 60 x 60 y un máximo de 68 x 68 aproximadamente. Colocados en 6 hiladas de 2.5 ladrillos por hilada aproximadamente con una junta de 1.5 cm.
4. Los muretes fueron almacenados a temperatura ambiente cuidando de que no estén sometidos a gradientes térmicas muy pronunciadas, se ensayó los muretes a los 28 días de edad.
5. De cada murete se midió las longitudes de sus lados y la longitud de la diagonal.

6. Se trasladó los muretes desde el lugar de construcción, hacia el laboratorio evitando sacudidas, saltos y volteos.
7. Se preparó el equipo a compresión y se colocó el murete verificando la posición correcta del mismo, centrando los cabezales tanto superior como inferior.
Para el montaje de los muretes no se empleó ningún instrumento adicional. Se aplicó la fuerza de manera continua a una velocidad constante.

RESULTADOS

Se registró la carga máxima soportada por cada murete y la resistencia a compresión diagonal se calcula de la siguiente manera:

$$v_m = \frac{P_{\max}}{A}$$

Donde: v_m = Resistencia a la compresión diagonal en murete (kg/cm²)

P_{\max} = Carga máxima que resiste el murete (kg)

A = Área de la diagonal (cm²)

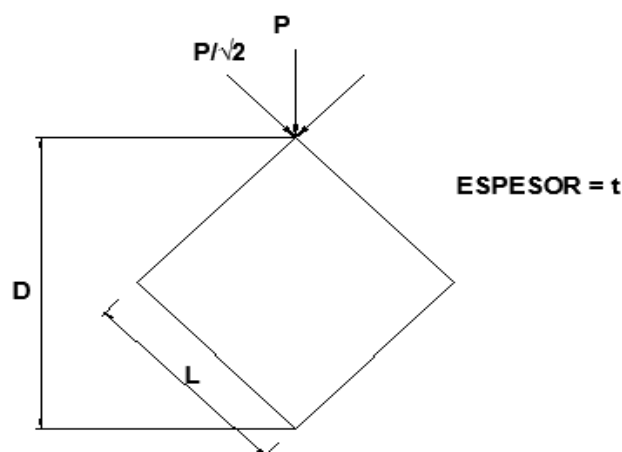
$$D = \sqrt{L_p^2 + H_p^2}$$

D = Dimensión diagonal

L_p y H_p = Lados del murete

$$A = D * t_p$$

t_p = Espesor del murete



La resistencia característica (v'_m) de cada marca de ladrillo se halló restando una desviación estándar (σ) al valor promedio de los 3 muretes ensayados.

$$v'_m = v_m \text{ promedio} - \sigma$$

a. Ladrillos de arcilla marca A

CÓDIGO	LARGO cm	ANCHO cm	ESPESOR cm	DIAGONAL cm	AREA cm²	CARGA kg	RESISTENCIA ν m kg/cm²
L - 1	61.2	61.8	12.4	87.0	1078.49	5420	5.03
L - 2	61.4	61.6	12.4	87.0	1078.48	4200	3.89
L - 3	61.3	61.6	12.3	86.9	1068.87	5100	4.77
RESISTENCIA ν m kg/cm²							4.56
DESVIACIÓN ESTANDAR							0.59
RESISTENCIA ν' m kg/cm²							3.97

b. Ladrillos de arcilla marca B

CÓDIGO	LARGO cm	ANCHO cm	ESPESOR cm	DIAGONAL cm	AREA cm²	CARGA kg	RESISTENCIA ν m kg/cm²
P - 1	61.8	61.7	12.1	87.3	1056.67	6900	6.53
P - 2	61.8	61.1	12.0	86.9	1042.86	5600	5.37
P - 3	60.8	62.3	12.2	87.1	1062.03	5390	5.08
RESISTENCIA ν m kg/cm²							5.66
DESVIACIÓN ESTANDAR							0.77
RESISTENCIA ν' m kg/cm²							4.89

c. Ladrillos de concreto vibrado

CÓDIGO	LARGO cm	ANCHO cm	ESPESOR cm	DIAGONAL cm	AREA cm²	CARGA kg	RESISTENCIA ν m kg/cm²
KK - 1	59.2	61.2	13.0	85.1	1106.92	18000	16.26
KK - 2	59.0	61.2	13.0	85.0	1105.11	17300	15.65
KK - 3	59.2	61.0	13.0	85.0	1105.05	16800	15.20
RESISTENCIA ν m kg/cm²							15.71
DESVIACIÓN ESTANDAR							0.53
RESISTENCIA ν' m kg/cm²							15.18

ANEXO 17: FOTOS



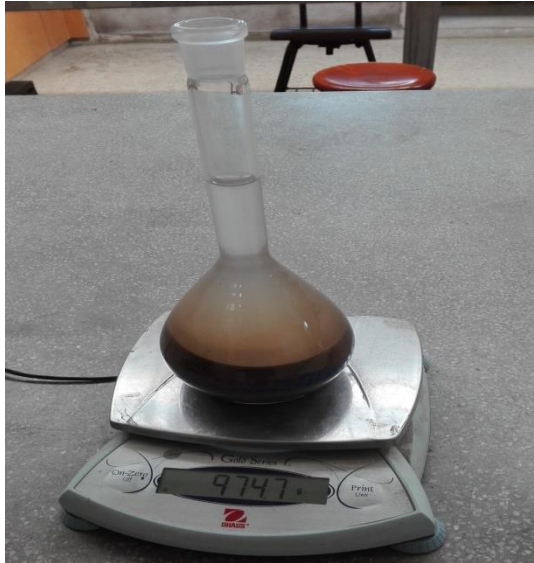
Agregado Fino



Agregado Grueso



Ensayo de Granulometría



Ensayo de Peso Específico del agregado fino



Ensayo de Absorción del agregado fino



Ensayo de Peso Unitario del agregado fino



Ensayo de Peso Específico del agregado grueso



Ensayo de Absorción del agregado grueso



Ensayo de Peso Unitario del agregado grueso



Medición de materiales



Mezcla húmuda de los materiales



Proceso de Llenado



Proceso de Nivelado



Proceso de Desmolde



Proceso de Fraguado



Proceso de Curado



Ladrillos al cumplir 28 días de edad



Ensayo de Variación Dimensional



Ensayo de Alabeo



Ensayo de Absorción



Ensayo de Porcentaje de Vacíos



Ensayo de Compresión por unidad



Rotura de Muestras



Ensayo de Compresión por pila



Rotura de Pilas



Las pilas presentaron falla en forma de grietas verticales



Ladrillos Marca A



Ladrillos Marca A



Ensayo de Porcentaje de Vacíos



Ensayo de Compresión por Unidad



Ensayo de Compresión por pila



Ensayo de Compresión por Murete



Ladrillos de concreto vibrado



Ensayo de Porcentaje de vacíos



Ladrillos de Compresión por unidad



Ensayo de Compresión por pila

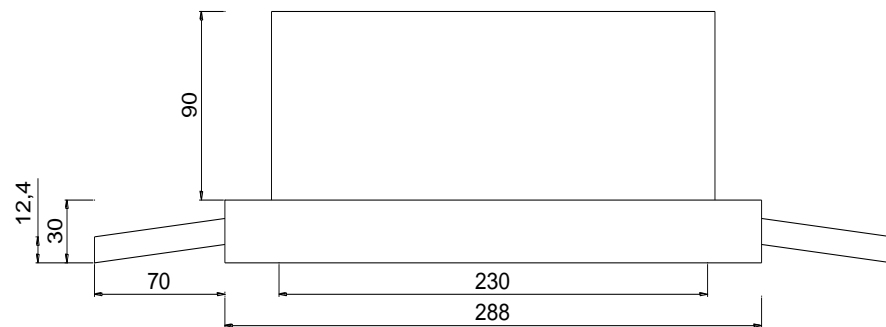


Ensayo de Compresión por murete

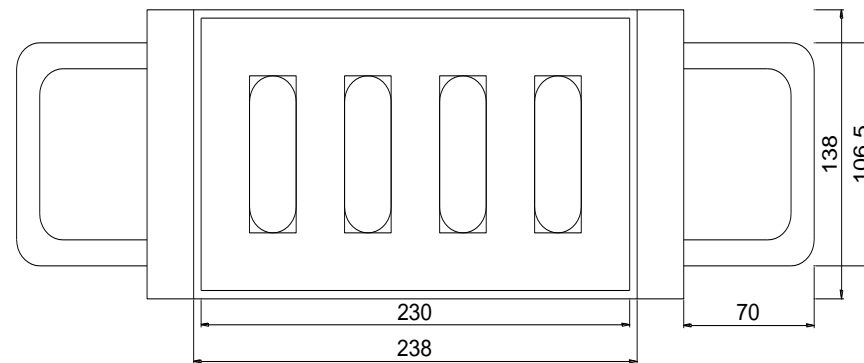


Rendimientos de producción

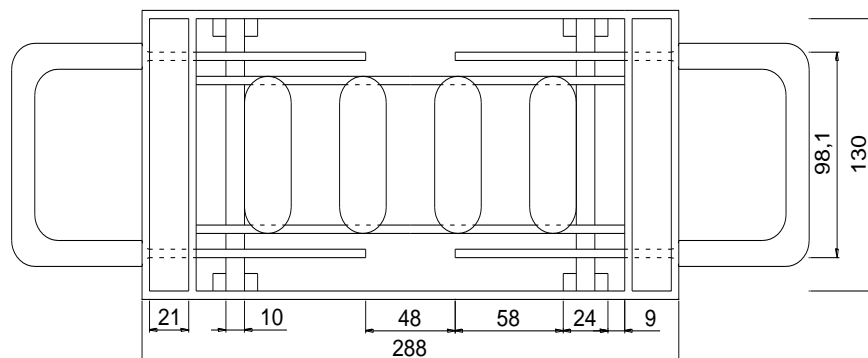
ANEXO 18: MOLDE METÁLICO



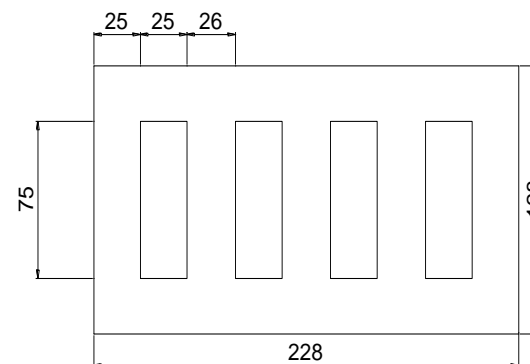
VISTA DE PERFIL



VISTA HORIZONTAL



MOLDE



PLACA

ANEXO 19: RENDIMIENTOS

ACTIVIDAD	Observador:				Estudio N°:		
Producción de Ladrillos de concreto Tipo IV con molde metálico	Perez Culquechicon Thalila Judith				1		
	Fecha:	22/08/2016		HI:	08:00 a.m.	HF:	05:00 p.m.
	Cuadrilla N°:						
	Obrero 1/cargo: Ryan Llanto/operario						
ELEMENTO:	Fecha:	22/08/2016		Registro de tiempos (min)			
Medición de Materiales	HI:	08:00 a.m.	HF:	08:16 a.m.	T1:	16	
	HI:	01:00 p.m.	HF:	01:17 p.m.	T1':	17	
Mezclado de Materiales	HI:	08:16 a.m.	HF:	08:28 a.m.	T2:	12	
	HI:	01:17 p.m.	HF:	01:31 p.m.	T2':	14	
Moldeado y Desmolde de ladrillos	HI:	08:28 a.m.	HF:	12:00 m.	T3:	212	
	HI:	01:31 p.m.	HF:	05:00 p.m.	T3':	209	
Total de ladrillos producidos en 1 Jornal						184	

ACTIVIDAD	Observador:				Estudio N°:		
Producción de Ladrillos de concreto Tipo IV con molde metálico	Perez Culquechicon Thalila Judith				2		
	Fecha:	23/08/2016		HI:	08:00 a.m.	HF:	05:00 p.m.
	Cuadrilla N°:						
	Obrero 1/cargo: Ryan Llanto/operario						
ELEMENTO:	Fecha:	23/08/2016		Registro de tiempos (min)			
Medición de Materiales	HI:	08:00 a.m.	HF:	08:11 a.m.	T1:	11	
	HI:	01:00 p.m.	HF:	01:13 p.m.	T1':	13	
Mezclado de Materiales	HI:	08:11 a.m.	HF:	08:20 a.m.	T2:	9	
	HI:	01:13 p.m.	HF:	01:23 p.m.	T2':	10	
Moldeado y Desmolde de ladrillos	HI:	08:20 a.m.	HF:	12:00 m.	T3:	220	
	HI:	01:23 p.m.	HF:	05:00 p.m.	T3':	217	
Total de ladrillos producidos en 1 Jornal						196	

ACTIVIDAD	Observador:				Estudio N°:		
Producción de Ladrillos de concreto Tipo IV con molde metálico	Perez Culquechicon Thalila Judith				3		
	Fecha:	24/08/2016		HI:	08:00 a.m.	HF:	05:00 p.m.
	Cuadrilla N°:						
	Obrero 1/cargo: Ryan Llanto/operario						
ELEMENTO:	Fecha:	24/08/2016		Registro de tiempos (min)			
Medición de Materiales	HI:	08:00 a.m.	HF:	08:13 a.m.	T1:	13	
	HI:	01:00 p.m.	HF:	01:14 p.m.	T1':	14	
Mezclado de Materiales	HI:	08:13 a.m.	HF:	08:23 a.m.	T2:	10	
	HI:	01:14 p.m.	HF:	01:27 p.m.	T2':	13	
Moldeado y Desmolde de ladrillos	HI:	08:23 a.m.	HF:	12:00 m.	T3:	217	
	HI:	01:27 p.m.	HF:	05:00 p.m.	T3':	213	
Total de ladrillos producidos en 1 Jornal						190	
RENDIMIENTO PROMEDIO (Ladrillos/Jornal)						190	

ACTIVIDAD	Observador:				Estudio N°:		
Producción de Ladrillos de concreto Tipo IV con molde dual de madera	Perez Culquechicon Thalila Judith				1		
	Fecha:	25/08/2016		HI:	08:00 a.m.	HF:	05:00 p.m.
	Cuadrilla N°:						
	Obrero 1/cargo: Ryan Llanto/operario						
ELEMENTO:	Fecha:	25/08/2016		Registro de tiempos (min)			
Medición de Materiales	HI:	08:00 a.m.	HF:	08:17 a.m.	T1:	17	
	HI:	01:00 p.m.	HF:	01:19 p.m.	T1':	19	
Mezclado de Materiales	HI:	08:17 a.m.	HF:	08:33 a.m.	T2:	16	
	HI:	01:19 p.m.	HF:	01:38 p.m.	T2':	19	
Moldeado y Desmolde de ladrillos	HI:	08:33 a.m.	HF:	12:00 m.	T3:	207	
	HI:	01:38 p.m.	HF:	05:00 p.m.	T3':	202	
RENDIMIENTO (Ladrillos/Jornal)						260	

ANEXO 20: MEMORIA DE CÁLCULO DEL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Dosificación por 1 m³ de concreto:

AGUA	0.2390	m ³
CEMENTO	291.55	kg
A. FINO	0.5955	m ³
A. GRUESO	0.5439	m ³

Volumen para 1 ladrillo

$$V = 0.002153 \text{ m}^3$$

Volumen con desperdicio (5%) para 1 ladrillo:

$$V = 0.002287 \text{ m}^3$$

Dosificación por ladrillo

- CEMENTO = $291.55 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.002287 \text{ m}^3 = 0.66688 \frac{\text{kg}}{\text{ladrillo}} \cong 0.01569 \frac{\text{bolsa}}{\text{ladrillo}}$
- A. FINO = $0.5955 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} * 0.002287 \text{ m}^3 = 0.00136 \frac{\text{m}^3}{\text{ladrillo}}$
- A. GRUESO = $0.5439 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} * 0.002287 \text{ m}^3 = 0.00124 \frac{\text{m}^3}{\text{ladrillo}}$
- AGUA = $0.2390 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} * 0.002287 \text{ m}^3 = 0.00055 \frac{\text{m}^3}{\text{ladrillo}}$

1. LADRILLO TIPO IV FABRICADO CON MOLDE METÁLICO

Cantidades

CEMENTO	0.01569	bolsa/ladrillo
A. FINO	0.00136	m ³ /ladrillo
A. GRUESO (CONFITILLO)	0.00124	m ³ /ladrillo
AGUA	0.00055	m ³ /ladrillo
ARENA FINA	0.00003	m ³ /ladrillo
ACEITE LUBRICANTE	0.00043	gln/ladrillo

Precios Unitarios

CEMENTO	S/. 19.50	/bolsa
A. FINO	S/. 30.00	/m ³
A. GRUESO (CONFITILLO)	S/. 30.00	/m ³
AGUA	S/. 5.00	/m ³
ARENA FINA	S/. 48.00	/m ³
ACEITE LUBRICANTE	S/. 10.00	/gln

1.1. MATERIALES

- CEMENTO = 0.01569 bolsa/ladrillo x 19.50 = S/. 0.3060
 - A. FINO = 0.00136 m³/ladrillo x 30.00 = S/. 0.0409
 - A. GRUESO = 0.00124 m³/ladrillo x 30.00 = S/. 0.0373
 - AGUA= 0.00055 m³/ladrillo x 5.00 = S/. 0.0027
 - ARENA FINA = 0.00003 m³/ladrillo x 48.00 = S/. 0.0013
 - ACEITE LUBRICANTE = 0.00043 gln/ladrillo x 10.00 = S/. 0.0043
-
- Total = S/. 0.393/ladrillo**

1.2. MANO DE OBRA

- OPERARIO = $\frac{1 \times 8h \times 8.38}{190} = \text{S/. } 0.353/\text{ladrillo}$

1.3. HERRAMIENTAS (3% Mano de Obra)

Herramientas: Lampa, pico, cilindro, molde metálico

- HERRAMIENTAS = 0.03 x 0.353 = **S/. 0.011/ladrillo**

COSTO TOTAL = S/. 0.756/ladrillo

2. LADRILLO TIPO IV FABRICADO CON MOLDE DUAL DE MADERA

Cantidades

CEMENTO	0.01569	bolsa/ladrillo
A. FINO	0.00136	m3/ladrillo
A. GRUESO (CONFITILLO)	0.00124	m3/ladrillo
AGUA	0.00055	m3/ladrillo
ARENA FINA	0.00004	m3/ladrillo
ACEITE LUBRICANTE	0.00064	gln/ladrillo

Precios Unitarios

CEMENTO	S/. 19.50	/bolsa
A. FINO	S/. 30.00	/m3
A. GRUESO (CONFITILLO)	S/. 30.00	/m3
AGUA	S/. 5.00	/m3
ARENA FINA	S/. 48.00	/m3
ACEITE LUBRICANTE	S/. 10.00	/gln

2.1. MATERIALES

- CEMENTO = 0.01569 bolsa/ladrillo x 19.50 = S/. 0.3060
- A. FINO = 0.00136 m3/ladrillo x 30.00 = S/. 0.0409
- A. GRUESO = 0.00124 m3/ladrillo x 30.00 = S/. 0.0373
- AGUA = 0.00055 m3/ladrillo x 5.00 = S/. 0.0027
- ARENA FINA = 0.00004 m3/ladrillo x 48.00 = S/. 0.0018
- ACEITE LUBRICANTE = 0.00064 gln/ladrillo x 10.00 = S/. 0.0064

Total = S/. 0.395/ladrillo

2.2. MANO DE OBRA

- OPERARIO = $\frac{1 \times 8h \times 8.38}{260} = \text{S/. } 0.258/\text{ladrillo}$


2.3. HERRAMIENTAS (3% Mano de Obra)


Herramientas: Lampa, pico, cilindro, molde metálico


- HERRAMIENTAS = 0.03 x 0.258 = S/. 0.008/ladrillo


COSTO TOTAL = S/. 0.661/ladrillo

ANEXO 21: ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
					
PARTIDA N°: 1	Producción de ladrillos de concreto tipo IV de cuatro huecos.				
Especificaciones:	Medición de materiales por volumen, mezcla manual de materiales, moldeado y desmolde de ladrillos con molde metálico.				
Cuadrilla:	1	operario			
Rendimiento:	190	ladrillos/día			
Unidad:	Und. de ladrillos (UND)				
Descripción	Unid.	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	Total
MATERIALES					
Aceite de lubricación	gln	0.00043	10.00	0.0043	
Agua	m3	0.00055	5.00	0.0027	
Arena	m3	0.00136	30.00	0.0409	
Arena Fina	m3	0.00003	48.00	0.0013	
Cemento Portland tipo I	bls	0.01569	19.50	0.3060	
Confitillo	m3	0.00124	30.00	0.0373	
Costo de Material (S./.)					0.393
MANO DE OBRA					
Operario	hh	0.04211	8.38	0.3526	
Costo de Mano de Obra (S./.)					0.353
HERRAMIENTAS					
Herramientas: 3% Mano de Obra Lampa, pico, cilindro, molde metálico		0.03000	0.35	0.0106	
Costo de Herramientas (S./.)					0.011
TOTAL (S./.)					0.756

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
					
PARTIDA N°: 2	Producción de ladrillos de concreto tipo IV de cuatro huecos con aporte comunal.				
Especificaciones:	Medición de materiales por volumen, mezcla manual de materiales, moldeado y desmolde de ladrillos con molde metálico.				
Cuadrilla:	1	operario			
Rendimiento:	190	ladrillos/día			
Unidad:	Und. de ladrillos (UND)				
Descripción	Unid.	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	Total
MATERIALES					
Aceite de lubricación	gln	0.00043	10.00	0.0043	
Agua	m3	0.00055	5.00	0.0027	
Arena	m3	0.00136	30.00	0.0409	
Arena Fina	m3	0.00003	48.00	0.0013	
Cemento Portland tipo I	bls	0.01569	19.50	0.3060	
Confitillo	m3	0.00124	30.00	0.0373	
Costo de Material (S./.)					0.393
MANO DE OBRA					
Aporte Comunal	hh	0.00000	0.00	0.0000	
Costo de Mano de Obra (S./.)					0.000
HERRAMIENTAS					
Herramientas: 3% Mano de Obra Lampa, pico, cilindro, molde metálico	glb	-	-	0.0106	
Costo de Herramientas (S./.)					0.011
TOTAL (S./.)					0.403

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
					
PARTIDA N°: 3	Producción de ladrillos de concreto tipo IV de cuatro huecos.				
Especificaciones:	Medición de materiales por volumen, mezcla manual de materiales, moldeado y desmolde de ladrillos con molde dual de madera.				
Cuadrilla:	1	operario			
Rendimiento:	260	ladrillos/día			
Unidad:	Und. de ladrillos (UND)				
Descripción	Unid.	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	Total
MATERIALES					
Aceite de lubricación	gln	0.00064	10.00	0.0064	
Agua	m3	0.00055	5.00	0.0027	
Arena	m3	0.00136	30.00	0.0409	
Arena Fina	m3	0.00004	48.00	0.0018	
Cemento Portland tipo I	bls	0.01569	19.50	0.3060	
Confitillo	m3	0.00124	30.00	0.0373	
Costo de Material (S./)					
MANO DE OBRA					
Operario	hh	0.03077	8.38	0.2577	
Costo de Mano de Obra (S./)					
HERRAMIENTAS					
Herramientas: 3% Mano de Obra Lampa, pico, cilindro, molde dual de madera		0.03000	0.26	0.0077	
Costo de Herramientas (S./)					
TOTAL (S./)					0.661

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
					
PARTIDA N°: 4	Producción de ladrillos de concreto tipo IV de cuatro huecos con aporte comunal.				
Especificaciones:	Medición de materiales por volumen, mezcla manual de materiales, moldeado y desmolde de ladrillos con molde dual de madera.				
Cuadrilla:	1	operario			
Rendimiento:	260	ladrillos/día			
Unidad:	Und. de ladrillos (UND)				
Descripción	Unid.	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	Total
MATERIALES					
Aceite de lubricación	gln	0.00064	10.00	0.0064	
Agua	m3	0.00055	5.00	0.0027	
Arena	m3	0.00136	30.00	0.0409	
Arena Fina	m3	0.00004	48.00	0.0018	
Cemento Portland tipo I	bls	0.01569	19.50	0.3060	
Confitillo	m3	0.00124	30.00	0.0373	
Costo de Material (S./)					
MANO DE OBRA					
Aporte Comunal	hh	0.00000	0.00	0.0000	
Costo de Mano de Obra (S./)					
HERRAMIENTAS					
Herramientas: 3% Mano de Obra Lampa, pico, cilindro, molde dual de madera	glb	-	-	0.0077	
Costo de Herramientas (S./)					
TOTAL (S./)					0.403